



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

# PROCESNÍ ŘÍZENÍ PROTOTYPOVÉ VÝROBY VE FORMULA STUDENT

PROCESS MANAGEMENT OF PROTOTYPE PRODUCTION IN FORMULA STUDENT

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ema Záhová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav managementu
Studentka:	<b>Emma Záňová</b>
Vedoucí práce:	<b>Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	Procesní management

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

## **Procesní řízení prototypové výroby ve Formula Student**

### **Charakteristika problematiky úkolu:**

Úvod  
Vymezení problému a cíle práce  
Teoretická východiska práce  
Analýza problému a současné situace  
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení  
Závěr  
Seznam použitých zdrojů  
Přílohy

### **Cíle, kterých má být dosaženo:**

Cílem práce je analýza současného stavu procesů a návrh vytvoření znalostní báze použitelné v dalších projektech.

### **Základní literární prameny:**

GILLOT, J. N. The Complete Guide to Business Process Management. Lulu.com: Independently published, 2008. ISBN 978-2952826624.

JUROVÁ, M. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

LIKER, J. K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

MADISON, D. Process Mapping, Process Improvement and Process Management. New York: Paton Professional, 2005. ISBN 978-1932828047.

ŘEPA, V. Procesně řízená organizace. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4128-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně dne 5.2.2023

L. S.

---

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

---

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Bakalárska práca sa zaoberá témou Procesného riadenia v oblasti prototypovej výroby. V teoretickej časti je spracovaná literárna rešerš k danej problematike. Praktická časť analyzuje súčasný stav procesného vedenia určitých výrobných procesov v univerzitnom projekte Formula Student, konkrétne v tíme TU Brno Racing. Na základe spoznania súčasného stavu sú navrhnuté opatrenia vedúce k podmieneniu vzniku procesného manažmentu v tomto projekte a jeho možnému následnému doplneniu o iné metódy.

## **Klíčovú slova**

proces, procesné riadenie, prototyp, výroba, plánovanie, projekt

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with the topic of Process Management in the field of prototype production. In the theoretical part, the literary research on the given issue is processed. The practical part analyzes the current state of process management of certain production processes in the Formula Student university project, specifically in the TU Brno Racing team. Based on the recognition of the current state, measures leading to creation of process management in this project and possible involvement of other methods.

## **Keywords**

process, process management, prototype, manufacturing, planning, project



### **Bibliografická citácia bakalárskej práce**

ZÁŇOVÁ, Ema. Procesní řízení prototypové výroby ve Formula Student. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/152229>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Pavel Juřica.

### **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som vo svojej práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 10.5.2023

-----  
Ema Záhová

autor

## **Pod'akovanie**

Týmto by som chcela poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce, pánovi Ing. et Ing. Pavlovi Juřicovi, Ph.D., za pomoc, vedenie a cenné rady v priebehu písania tejto práce. Ďalej by som sa chcela poďakovať univerzitnému projektu Formula Student na Vysokom učení technickom v Brne za možnosť byť jeho súčasťou, kontinuálne sa vzdelávať a získať tak potrebné informácie na vypracovanie práce. Nakoniec by som chcela poďakovať svojej rodine a priateľom za prejavenu podporu v priebehu štúdia.

## OBSAH

ÚVOD .....	7
VYMEDZENIE PROBLÉMU A CIELE PRÁCE .....	8
1 Teoretické východiská práce .....	9
1.1 Proces .....	9
1.2 Rozdelenie procesov .....	11
1.3 Procesné riadenie .....	11
1.4 Rozdelenie procesov .....	11
1.5 Procesný manažment.....	12
1.6 Metódy procesného manažmentu.....	12
1.7 Analytické nástroje a techniky procesného manažmentu .....	18
2 Charakteristika prostredia riešenej problematiky .....	24
2.1 Súťaž Formula Student .....	24
2.1.1 História .....	24
2.1.2 Súčasnosť.....	25
2.1.3 Disciplíny .....	25
2.2 Tím TU Brno Racing .....	27
2.2.1 História tímu TU Brno Racing .....	27
2.2.2 Organizačná štruktúra.....	27
2.2.3 Konkurencia .....	28
2.2.4 Financovanie a iné zdroje.....	29
2.2.5 Pravidlá súťaže Formula Student .....	29
2.2.6 Informačný systém .....	30
3 Analýza problému a súčasnej situácie .....	31
3.1 Prototypová dielňa .....	31
3.1.1 Layout.....	32
3.1.2 Analýza súčasného layout-u .....	33
3.2 Predstavenie produkcie tímu .....	34
3.2.1 Monopost Dragon e2 .....	34
3.2.2 Časový plán vývoja a výroby .....	35
3.2.3 Proces vývoja a výroby monopostu eD2 .....	36
3.2.4 Návrhová fáza.....	36
3.2.5 Testovacia fáza .....	37
3.2.6 Výrobná fáza .....	37
3.2.7 Funkčná fáza.....	38
3.2.8 Bezpečnostné kontroly .....	38
3.3 Predpisy a normy vo Formula Student.....	38
3.4 Aktuálna dostupnosť materiálu a súčiastok .....	39
3.5 Vyhodnotenie analytickej časti .....	40
4 Súčasnú použitie metód procesného managementu v projekte.....	42
4.1 Teória obmedzení.....	42
4.2 Metóda 5S .....	43

4.3	Metóda Poka-Yoke .....	43
4.4	Metóda Jishuken .....	44
5	Vlastný návrh znalostnej základne procesného riadenia projektu .....	45
5.1	Tvorba procesných a vývojových diagramov.....	45
5.1.1	DMAIC Diagram .....	45
5.1.2	BPMN Diagram .....	46
5.1.3	Mapovanie Hodnotového Toku .....	46
5.1.4	Technika rybacej kosti .....	47
5.1.5	Ganttov Diagram.....	48
5.2	Aplikácia RASIC Matice.....	49
5.3	Zmena organizácie a pôdorysu prototypovej dielne.....	50
5.4	Technologické postupy a ich potenciál v TU Brno Racing.....	52
5.5	Prínos návrhov riešení .....	54
5.5.1	Podmienky realizácie .....	55
	ZÁVER.....	57
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....	59
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZNAKOV .....	61
	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	62
	ZOZNAM TABULIEK.....	63
	ZOZNAM PRÍLOH .....	64

## ÚVOD

Automobilový priemysel je jedným z najinovatívnejších odvetví sveta so schopnosťou doručiť produkty v požadovanej kvalite, cene a čase pri plne automatizovaných výrobných úkonoch. A to všetko najmä kvôli procesnému inžinierstvu a manažmentu.

Aj v tíme TU Brno Racing, ktorý je súčasťou súťaže Formula Student, sa chcú jeho členovia a zároveň študenti Vysokého učení technického v Brne priblížiť čo najviac k profesionalite tohto inovatívneho prostredia. Majú avšak jednu prekážku – miesto sériovej výroby automobilov pre svetový trh, navrhujú, vyrábajú, testujú a pretekajú s prototypovým jednomiestnym monopostom elektrického pohonu. Ako teda sklbiť požadovanú kvalitu, nízky čas, vysokú efektivitu a čo najnižšie náklady s niečím ako je kusová prototypová výroba?

S odpovedaním na túto otázku nám pomôže výskum a analýza využitia procesného riadenia a adaptácia jej rôznych metód na prototypovej výrobe tohto univerzitného tímu. Keďže je v prvom rade nutné predložiť prekážky použitia procesného manažmentu v tomto type výroby, jednou z najväčších je práve nízka opakovateľnosť použitej technológie a materiálu, častá obmena pracovníkov, ich skúseností, zručností, znalostí a nestály finančný kapitál tímu.

Ďalšími možnými problémami je každoročná zmena pravidiel príslušnej súťaže a chuť študentov zlepšovať svoje návrhy, čo má v konečnom dôsledku za príčinu prílišné odlišnosti a inovácie na výrobkoch v krátkom časovom období.

V práci sa zameriame na analýzu a návrh procesov v tíme TU Brno Racing, pričom využijeme princípy BPMN a štandardy pre procesné riadenie. Cieľom bude identifikovať oblasti, v ktorých je možné rôzne metódy aplikovať, zlepšiť a optimalizovať, aby sme zvýšili efektivitu výroby a znížili náklady.

Výsledkom tejto práce bude návrh nových a vylepšených procesných metód a techník, ktoré budú zahrnuté do súčasného procesného modelu tímu TU Brno Racing. Tento návrh bude prinášať potenciál nielen zlepšiť výsledky tímu v súťaži Formula Student, ale aj zvýšiť efektivitu a kvalitu výroby a tým prispieť k inovačnému pokroku v prototypovom odvetví výrobného a návrhového priemyslu.

## VYMEDZENIE PROBLÉMU A CIELE PRÁCE

Problematikou, ktorú skúma táto bakalárska práca, je zlepšenie procesného riadenia tímu TU Brno Racing, ktorý sa zaoberá výrobou prototypových pretekárskych monopostov a je aktívnym účastníkom celosvetovej súťaže Formula Student. Konkrétne ide o návrh vytvorenia znalostnej bázy procesného manažmentu, ktorá bude použiteľná nielen v ďalších výrobných projektoch tímu TU Brno Racing, ale aj v nevýrobných činnostiach tímu a v iných univerzitných projektoch s podobnou charakteristikou.

Postup práce bude nasledovný:

- Získanie teoretických poznatkov v oblasti procesného riadenia.
- Predstavenie charakteristík súťaže Formula Student.
- Predstavenie charakteristík tímu TU Brno Racing.
- Zbieranie informácií o súčasnom stave procesov a procesného riadenia tímu.
- Identifikovanie metód procesného riadenia použitých v súčasnosti
- Analyzovanie získaných informácií a následné identifikovanie oblastí potenciálneho zlepšenia za použitia metód procesného manažmentu.
- Návrh znalostnej základne procesného riadenia daného projektu použiteľnej taktiež v ďalších projektoch.

Pri spracovaní práce budú použité metódy ako analýza procesov a súčasného procesného riadenia, metódy procesného manažmentu pre identifikovanie oblastí potenciálneho zlepšenia, ktoré budú vysvetlené v teoretickej časti práce. Pri spracovaní súčasného stavu tímu odhalíme aktuálne využitie rôznych metód a techník procesného manažmentu, ktoré tvoria základnú znalostnú bázu tejto problematiky v danom tíme. Táto základňa tvorí fundament tímových poznatkov v skúmanej oblasti, od ktorých je odvodená potreba navyšovania vedomostí a schopností a brať ich v úvahu pri tvorení návrhu vlastných riešení.

Cieľom návrhovej časti znalostnej bázy bude odporučiť čo najlepšie možné riešenia v oblasti procesného riadenia na zistené problémy, ktoré budú vytvorené na základe vlastných skúseností, získaných informácií a prevedených analýz. Následne budú konkrétne opatrenia popísané a ich prínosy budú vysvetlené.

# 1 Teoretické východiská práce

## 1.1 Proces

**Definícia procesu:** Proces je súbor krokov alebo činností, ktoré vedú k dosiahnutiu konkrétneho výstupu alebo cieľa. Každý proces má svoje vlastné vstupy, činnosti a výstupy, ktoré tvoria jeho definíciu. Podľa Martyna A. Oulda (2005) je proces *"súbor zoskupení aktivít, ktoré sa vykonávajú v organizácii, aby sa dosiahol konkrétny cieľ alebo výstup."* (Ould, 2005, p. 12)

**Vlastnosti procesov:** Vlastnosti procesov sú črty, ktoré charakterizujú kvalitu a efektivitu procesu. Patria sem rýchlosť, presnosť, spoľahlivosť, opakovateľnosť a podobne.

- Procesy sú dynamické: Procesy sa menia v čase a prispôbujú sa novým podmienkam a potrebám organizácie.
- Procesy sú opakujúce sa: Procesy sa vykonávajú opakovane s cieľom dosiahnuť rovnaký výsledok.
- Procesy majú vstupy a výstupy: Každý proces má určité vstupy a výstupy, ktoré ovplyvňujú jeho priebeh a výsledok.
- Procesy sú prepojené: Procesy v organizácii sú často prepojené a ovplyvňujú sa navzájom.
- Procesy majú výkonové ukazovatele: Procesy môžu byť monitorované a merané pomocou výkonových ukazovateľov, ktoré umožňujú sledovať ich efektivitu a efektívnosť. (Hammer & Champy, 2006)

**Cieľ existencie procesu:** Ciele procesov vo všeobecnosti zahŕňajú zlepšenie efektivity, zvýšenie kvality a spokojnosti zákazníka, znižovanie nákladov, zlepšenie riadenia rizika, zníženie výrobného času a podobne. Konkrétne podľa Jamesa Harringtona (1991) sú ciele procesov *"zlepšenie produktivity, kvality, flexibility, spoľahlivosti a zákazníckej spokojnosti."* (Harrington, 1991, p. 47)

**Analýza procesu:** Pri analýze procesu je dôležité zamerať sa na identifikáciu nedostatkov a slabých miest v procese. Analýza procesov je kritickou súčasťou procesného riadenia, pretože umožňuje organizácii pochopiť, ako proces funguje a kde sú príležitosti na zlepšenie. Analýza procesov sa zvyčajne začína mapovaním procesu a identifikáciou príležitostí na zlepšenie. Analýza procesov by mala zahŕňať nielen mapovanie procesu, ale aj analýzu dát a vyhodnotenie výkonnosti procesu. *"Výsledky analýzy procesu by mali slúžiť ako identifikácia príležitostí na zlepšenie a návrh nových alebo vylepšených procesov."* (Weske, 2007, p. 6)



**Návrh a implementácia procesu:** Po analýze procesu je nutné navrhnuť zlepšenia a následne ich implementovať. Tento krok môže byť náročný a vždy si vyžaduje spoluprácu viacerých oddelení a zamestnancov.

Podľa knihy Mathiasa Weskeho, návrh a implementácia procesu zahŕňa nasledujúce kroky:

1. Definovanie procesných cieľov a kritérií úspechu
2. Navrhnutie nového alebo zlepšeného procesu
3. Výber nástrojov na podporu procesu
4. Implementácia procesu
5. Testovanie procesu
6. Školenie zamestnancov a udržiavanie procesu

(Weske, 2007)

Návrh a implementácia procesu by mali byť realizované s cieľom dosiahnuť nielen lepšie výsledky procesu, ale aj zlepšenie produktivity a efektívnosti. Pri návrhu a implementácii procesu by mala byť zohľadnená nielen samotná implementácia procesu, ale aj sledovanie a kontrola výsledkov procesu. (Boutros & Purdie, 2013)

**Monitorovanie a hodnotenie procesu:** Monitorovanie a hodnotenie procesu znamená sledovanie jeho výsledkov a vyhodnocovanie jeho účinnosti. Táto fáza umožňuje identifikovať problémy a slabé miesta v procese a zabezpečiť jeho neustále zlepšovanie.

Monitorovanie procesov znamená zbierať údaje o behu procesu a umožňuje ich následnú analýzu. Na základe týchto údajov môže byť zistená odchýlka od predpokladaného priebehu procesu. V závislosti od typu procesu a jeho vlastností môže byť monitorovanie realizované buď automaticky alebo manuálne. Hodnotenie procesov znamená analyzovať údaje získané monitorovaním a poskytnúť zodpovedajúce informácie, ktoré sú potrebné pre optimalizáciu a zlepšenie procesov. (Anupindi, et al., 2016)

*"Na základe zhromaždených údajov by mali byť vypočítané metriky procesného výkonu. Metriky by mali byť zvolené tak, aby zodpovedali cieľom procesu a mali by poskytovať informácie o efektívnosti procesu. Metriky by mali byť vypočítané a zobrazované v reálnom čase, aby bolo možné okamžite identifikovať potenciálne problémy a prijímať opatrenia na ich riešenie."* (Dumas, et al., 2013, p. 37)

Výsledky monitorovania a hodnotenia procesu by mali byť prezentované vo forme správ, ktoré sú ľahko pochopiteľné a zahŕňujú informácie, ktoré sú relevantné pre konkrétnych používateľov.

## 1.2 Rozdelenie procesov

Existujú rôzne typy procesov, ktoré organizácia používa na dosiahnutie svojich cieľov. Typy procesov sa líšia podľa svojho účelu, zamerania a zodpovednosti. Medzi hlavné typy procesov patria riadiace, operačné a podporné procesy.

**Riadiace procesy:** Riadiace procesy sú zamerané na riadenie činností organizácie. Zabezpečujú koordináciu a kontrolu všetkých procesov v organizácii. Riadiace procesy sú dôležité pre dosiahnutie správneho zamerania a cieľov organizácie.

**Operačné procesy:** Operačné procesy sú zamerané na výrobu a predaj produktov alebo služieb organizácie. Tieto procesy sú zodpovedné za realizáciu cieľov organizácie a zvyčajne sú priamo spojené s výrobnými procesmi. V prototypovej výrobe sa operačné procesy zameriavajú na testovanie a vývoj nových produktov a technológií.

**Podporné procesy:** Podporné procesy sú zodpovedné za zabezpečenie podpory operačných procesov. Tieto procesy sa zameriavajú na poskytovanie podpory v oblastiach, ako sú financie, zdroje, technická podpora a podobne. V prototypovej výrobe by podporné procesy zahŕňali návrh a vývoj nových technológií a postupov, ktoré by pomohli zlepšiť operačné procesy a zabezpečili úspešné výsledky.

## 1.3 Procesné riadenie

Procesné riadenie je kľúčovým faktorom úspechu v akomkoľvek podnikaní. Jeho hlavnou úlohou je zabezpečiť efektívne riadenie procesov v rámci organizácie, a to tak, aby boli zabezpečené kvalitné výsledky a maximálne využitie zdrojov.

Základné pojmy a princípy procesného riadenia:

## 1.4 Rozdelenie procesov

Existujú rôzne typy procesov, ktoré organizácia používa na dosiahnutie svojich cieľov. Typy procesov sa líšia podľa svojho účelu, zamerania a zodpovednosti. Medzi hlavné typy procesov patria riadiace, operačné a podporné procesy.

**Riadiace procesy:** Riadiace procesy sú zamerané na riadenie činností organizácie. Zabezpečujú koordináciu a kontrolu všetkých procesov v organizácii. Riadiace procesy sú dôležité pre dosiahnutie správneho zamerania a cieľov organizácie.

**Operačné procesy:** Operačné procesy sú zamerané na výrobu a predaj produktov alebo služieb organizácie. Tieto procesy sú zodpovedné za realizáciu cieľov organizácie a zvyčajne

sú priamo spojené s výrobnými procesmi. V prototypovej výrobe sa operačné procesy zameriavajú na testovanie a vývoj nových produktov a technológií.

**Podporné procesy:** Podporné procesy sú zodpovedné za zabezpečenie podpory operačných procesov. Tieto procesy sa zameriavajú na poskytovanie podpory v oblastiach, ako sú financie, zdroje, technická podpora a podobne. V prototypovej výrobe by podporné procesy zahŕňali návrh a vývoj nových technológií a postupov, ktoré by pomohli zlepšiť operačné procesy a zabezpečili úspešné výsledky. (Palmes, 2009)

## 1.5 Procesný manažment

Procesný manažment je manažérska disciplína, ktorá sa zameriava na riadenie a optimalizáciu podnikových procesov. Hlavným cieľom procesného manažmentu je zlepšenie výkonnosti podniku a zvýšenie jeho efektívnosti prostredníctvom lepšieho riadenia a optimalizácie podnikových procesov.

V prototypovej výrobe je procesný manažment veľmi dôležitý, pretože umožňuje lepšiu koordináciu a plánovanie jednotlivých fáz vývoja produktu. Pomocou procesného manažmentu sa dá dosiahnuť lepšia kontrola a sledovanie procesov v prototypovej výrobe, čo znižuje riziko zlyhania projektu a zvyšuje pravdepodobnosť úspechu.

Základné princípy procesného manažmentu zahŕňajú identifikáciu, analýzu, návrh, implementáciu, monitorovanie a hodnotenie procesov. Tieto kroky umožňujú manažérom lepšie chápať a riadiť procesy v ich podniku, čo vedie k zlepšeniu výkonnosti a efektívnosti podniku.

Jednou z kľúčových výhod procesného manažmentu je jeho využitie v praxi. Pri použití správnej metodológie a nástrojov sa môžu procesy zefektívniť a zlepšiť, čo môže mať pozitívny vplyv na výkonnosť podniku. Niektoré z nástrojov používaných v procesnom manažmente sú procesné mapovanie, Six Sigma, Lean management a podobne. (Womack & Jones, 2003)

## 1.6 Metódy procesného manažmentu

V prototypovej výrobe môžu byť použité rôzne metódy procesného manažmentu na zlepšenie efektivity a kvality výroby prototypov. Tu je niekoľko metód, ktoré môžu byť použité v prototypovej výrobe:

**Six Sigma:** Six Sigma je systematický prístup k procesnému manažmentu, ktorý sa zameriava na dosiahnutie vysokého stupňa presnosti a spoľahlivosti procesov v organizácii.

Táto metóda sa zakladá na poznaní, že každý proces má určitú mieru variability a chýb, ktoré by mohli mať vplyv na kvalitu výstupu. Cieľom Six Sigma je minimalizovať tieto variability a chyby a dosiahnuť tak vysokú úroveň kvality.

Jedným z najdôležitejších aspektov Six Sigma je jeho prístup k riadeniu zmien. V rámci tejto metódy sú zmeny zavedené len po dôkladnej analýze a testovaní, aby sa minimalizovalo riziko neúspechu. Zmeny sú tiež monitorované, aby sa zabezpečilo, že cieľ Six Sigma - dosiahnutie maximálnej presnosti a spoľahlivosti procesov – nebol porušený.

Metóda Six Sigma má široké uplatnenie v rôznych oblastiach, vrátane priemyslu, služieb a verejnej správy. Organizácie, ktoré zavádzajú Six Sigma, zvyčajne dosahujú významné zlepšenie svojich procesov a výsledkov, čo vedie k zvýšeniu spokojnosti zákazníkov, zvýšeniu produktivity a nižším nákladom. (Harry & Schroeder, 2006)

**Total Quality Management (TQM):** TQM je metóda, ktorá sa zameriava na dosiahnutie vysokého stupňa kvality v organizácii. Zahŕňa systematický prístup k zlepšeniu procesov a produktov a podporuje trvalé zlepšovanie. TQM sa líši od iných prístupov k zlepšeniu kvality tým, že zahŕňa celú organizáciu a jej procesy, a nie len špecifické oddelenia alebo časti organizácie.

Podľa Feigenbauma (1983) sa TQM zakladá na štyroch základných princípoch: zameranie na zákazníka, zapojenie zamestnancov, trvalé zlepšovanie a riadenie procesov:

- Zákazník sa považuje za najdôležitejšieho člena organizácie a všetky procesy sú navrhnuté a implementované tak, aby zabezpečili jeho spokojnosť.
- Zamestnanci sú považovaní za kľúčových “hráčov“ v dosahovaní vysokého stupňa kvality, pretože sú to oni, kto sú zodpovední za implementáciu procesov a za poskytovanie služieb zákazníkom. TQM podporuje zapojenie zamestnancov a ich motiváciu k trvalému zlepšovaniu.
- Trvalé zlepšovanie sa považuje za základný prvok TQM a zahŕňa systematický prístup k zlepšovaniu procesov a produktov. TQM podporuje používanie štatistických metód a nástrojov, ako napríklad Six Sigma, pre zlepšenie procesov a zvýšenie kvality produktov. Trvalé zlepšovanie sa však nevzťahuje len na procesy a produkty, ale aj na kultúru organizácie a na vzťahy medzi zamestnancami.
- Riadenie procesov sa považuje za kľúčový prvok TQM, pretože procesy sú kľúčové pre dosiahnutie vysokého stupňa kvality. Riadenie procesov zahŕňa monitorovanie procesov, identifikovanie problémov a zlepšovanie procesov. TQM podporuje

využívanie metodiky PDCA (plan-do-check-act), ktorá je cyklickým procesom, ktorý sa používa na zlepšenie procesov.

TQM má široké uplatnenie v rôznych oblastiach, vrátane priemyslu, služieb a verejnej správy. Organizácie, ktoré zavádzajú TQM, zvyčajne dosahujú významné zlepšenie svojich výsledkov a konkurencieschopnosti. TQM pomáha organizáciám znižovať náklady, zvyšovať efektivitu a zlepšovať spokojnosť zákazníkov. (Feigenbaum, 1983)

**Business Process Reengineering (BPR):** BPR je metóda, ktorá sa vo svojej podstate zameriava na radikálne zmeny procesov, ktoré sú nevyhnutné pre dosiahnutie určených cieľov organizácie. Táto metóda je preto vhodná pre organizácie, ktoré chcú dosiahnuť výrazné zmeny v procesoch a zlepšiť svoje výsledky.

Implementácia BPR zahŕňa niekoľko krokov, vrátane identifikácie problémov v súčasných procesoch, navrhovania nových procesov, testovania nových procesov a ich implementácie. Tieto kroky vyžadujú úzku spoluprácu s rôznymi zainteresovanými stranami a zabezpečenie, aby boli nové procesy správne navrhnuté a implementované.

BPR prináša organizáciám výhody, ako napríklad zvýšenie produktivity, znižovanie nákladov, zlepšenie kvality a konkurencieschopnosti, a to v krátkom čase. Avšak, BPR môže byť náročný a zložitý proces a môže vyžadovať vysoké investície v krátkom čase. Preto je dôležité, aby organizácie starostlivo zvážili, či je BPR správnou metódou pre ich potreby a či majú dostatočné zdroje na jeho implementáciu. (Patching, 1995)

**Lean Management:** Lean Management je moderná metóda riadenia procesov a manažmentu kvality, ktorá bola vytvorená na základe skúseností a poznatkov získaných v japonských spoločnostiach, kde bola známa ako "Toyota Production System". Táto metóda sa zameriava na minimalizovanie všetkých druhov odpadu a maximalizovanie hodnoty pre zákazníka, čo zabezpečuje zvýšenie efektívnosti a zlepšenie konkurencieschopnosti organizácie.

Lean Management sa opiera o niekoľko princípov, ktoré sa používajú na dosiahnutie efektívnosti v procesoch a zlepšenie kvality produktov a služieb. Jedným z týchto princípov je postupné zlepšovanie, ktoré znamená neustále hľadať možnosti na zlepšenie procesov a postupne ich implementovať. Ďalším princípom je zákaznícky zameraný prístup, ktorý sa sústreďuje na požiadavky a potreby zákazníka a zabezpečuje, aby sa procesy prispôbili týmto požiadavkám. Zjednodušenie procesov je tretím princípom, ktorý sa zameriava na

minimalizovanie komplikovanosti procesov a odstraňovanie všetkých krokov, ktoré nepridávajú hodnotu pre zákazníka.

Metóda Lean Management využíva rôzne nástroje a techniky, ktoré sa používajú na identifikovanie a odstránenie odpadu a zvýšenie efektívnosti procesov. Jedným z týchto nástrojov je Kanban, ktorý umožňuje sledovať pohyb materiálu a informácií v procese a zabezpečuje správnu a včasnú dodávku výrobkov a služieb. Ďalším nástrojom je Poka-Yoke, ktorý slúži na minimalizovanie chýb v procesoch a zabezpečuje, že sa nebudú opakovať.

Využitie metódy Lean Management prináša organizáciám množstvo výhod, ako sú zníženie nákladov, zvýšenie produktivity, zlepšenie kvality, zvýšenie spokojnosti zákazníkov a zlepšenie konkurencieschopnosti organizácie. V dnešnej dobe je táto metóda veľmi populárna v priemysle a službách a stáva sa neoddeliteľnou súčasťou moderného manažmentu procesov a kvality. (Womack, et al., 1990)

**Agile:** Agilný prístup vychádza z agilného manifestu, ktorý vznikol v roku 2001 a definuje základné hodnoty a princípy agilnosti. Táto metóda sa zameriava na rýchle iterácie, časté feedbacky a pružné prispôsobovanie sa zmenám v prostredí. V agilnom prístupe sa často využívajú agilné metodológie, ako napríklad Scrum, Kanban, Extreme Programming (XP) a ďalšie.

Agilný prístup sa snaží minimalizovať byrokráciu a hierarchiu v procesoch a nekladie dôraz iba na výsledok. Táto metóda si kladie za cieľ zvýšiť spokojnosť zákazníka tým, že s ním komunikuje, berie do úvahy jeho potreby a prispôsobuje sa ich zmenám. V agilnom prístupe sa tiež kladie dôraz na prácu v tíme, ktorý spolupracuje na dosahovaní spoločného cieľa a pracuje na zlepšovaní svojich výkonov.

Agilný prístup sa ukazuje ako veľmi úspešný pre organizácie, ktoré potrebujú rýchle a pružné prispôsobovanie sa zmenám v prostredí a na trhu. Táto metóda sa často používa v softvérovom vývoji, ale môže byť aplikovaná aj na iné oblasti. (Fowler, 2002)

**Kaizen:** Kaizen je japonský výraz, ktorý znamená "trvalé zlepšovanie". Táto metóda si zakladá na tom, že zlepšenia sa nedosahujú len veľkými krokmi, ale aj malými zmenami, ktoré môžu mať veľký vplyv na výkon organizácie. Kaizen prináša zmenu kultúry organizácie, keďže zamestnanci sú zapojení do procesu zlepšovania a majú možnosť vyjadriť svoje názory a nápady na zlepšenie.

Kaizen sa skladá z niekoľkých krokov:

- Prvým krokom je identifikovať oblasť, ktorá potrebuje zlepšenie.

- Druhým krokom je analýza a hodnotenie problému a navrhnutie riešenia.
- Tretím krokom je implementácia navrhnutého riešenia a jeho následná kontrola.
- Ak sa ukáže, že zlepšenie bolo úspešné, nasleduje štvrtý krok, ktorým je neustále sledovanie a udržiavanie zlepšenia.

Výsledkom Kaizenu je neustále zlepšovanie procesov, ktoré v konečnom dôsledku vedie k zvyšovaniu konkurencieschopnosti organizácie (zlepšenie kvality produktov alebo služieb, zvýšenie produktivity, zlepšenie efektívnosti procesov a motivácia zamestnancov). (Imai, 1986)

**Business Process Management (BPM):** BPM je komplexná metóda procesného manažmentu, ktorá zahŕňa celú organizáciu a jej procesy. Pre úspešné riadenie procesov v rámci BPM je dôležité mať podrobný prehľad o fungovaní jednotlivých procesov a vzájomnom prepojení medzi nimi. BPM zahŕňa celý proces od identifikácie problému a návrhu riešenia až po implementáciu, monitorovanie a optimalizáciu. V rámci BPM sa používajú rôzne nástroje a technológie (automatizáciu procesov, workflow manažment, simulácie procesov, business intelligence, cloudové riešenia a mnoho ďalších), ktoré pomáhajú v procese riadenia a zlepšovania procesov. Jedným z kľúčových prístupov pri BPM je zameranie na zákazníka a jeho potreby a očakávania. Vhodné aplikovanie metódy BPM prináša mnoho výhod pre organizáciu, vrátane zvýšenia efektívnosti, zlepšenia kvality, znižovania nákladov a zvýšenia spokojnosti zákazníkov. (Jeston & Nelis, 2006)

**Teória obmedzení (Theory of Constraints):** je metóda, ktorá sa zameriava na identifikáciu hlavných obmedzení v procese výroby a ich následnú elimináciu. Táto metóda používa analytické nástroje na identifikáciu fľačikov v procese výroby a zameriava sa na ich odstránenie.

Teória obmedzení funguje na 5 základných inštrukciách:

**Krok 1:** Identifikovať systémové obmedzenie (na dosiahnutie väčšieho počtu produktov – v našom prípade vyššej kvality produktu)

**Krok 2:** Využitie (nie premrhanie) systémové obmedzenie

**Krok 3:** Podriadenie všetkého ostatného tomuto obmedzeniu

**Krok 4:** Odstránenie obmedzenia – to znamená zvýšenie výrobnej kvality

**Krok 5:** Opakovanie cyklu

(Dettmer, 1997)

**Metóda 5S:** je metóda, ktorá sa zameriava na zlepšenie organizácie a úpravu pracovného prostredia. Táto metóda sa snaží minimalizovať nepotrebné veci v pracovnom prostredí a zlepšiť organizáciu pracovného priestoru.

Princípy metódy, ktorá bola pôvodne vyvinutá Hiroyukim Hiranom na riadenie spoločnosti v Japonsku sa veľmi dobre prenášajú do výrobného priemyslu takmer všetkého druhu. Každé pracovné prostredie vie ťažiť zo štruktúry a efektívnosti, ktoré táto metóda poskytuje.

5S sa niekedy nazýva aj metódou piatich pilierov, pretože rovnako ako fyzické stĺpy, ktoré držia štruktúru, 5S má päť prvkov, ktoré podopierajú efektívnosť systému daného podniku. (King, 2019)

**Poka-Yoke:** Poka-Yoke je japonský výraz pre "prevenciu chýb" a je jednou z kľúčových metód v rámci kontroly kvality. Táto metóda sa zameriava na zlepšenie kvality a produktivity tým, že minimalizuje pravdepodobnosť chýb v procese výroby. Poka-Yoke sa opiera o predpoklad, že väčšina chýb v procese výroby sa vyskytuje kvôli nedostatkom v procesoch, pracovných nástrojoch a technológiách, a nie kvôli zlyhaniu zamestnancov.

Poka-Yoke nástroje a techniky sú navrhované tak, aby prevenciu chýb v procese výroby robili jednoduchou a účinnou. Niektoré príklady zahŕňujú zjednodušenie procesov a pracovných postupov, implementáciu kontrolných mechanizmov a špeciálnych nástrojov, ktoré umožňujú zamedziť chybám a minimalizovať ich dopad.

Táto metóda je považovaná za dôležitú súčasť každej organizácie, ktorá sa zameriava na kontinuálne zlepšovanie kvality a efektívnosti svojich procesov. (Womack, et al., 1990)

**Jishuken:** Jishuken je japonský výraz, ktorý znamená "tréning na mieste". Táto metóda sa zameriava na zlepšenie procesov výroby tým, že zamestnanci sú zapojení do riešenia problémov v procese. Jishuken umožňuje zamestnancom aktívne sa podieľať na identifikácii problémov, ich analýze a následnej implementácii riešení. Zamestnanci sú trénovaní na spoluprácu a tímovú prácu, čím sa zlepšuje komunikácia v rámci organizácie a prenášajú sa vedomosti a skúsenosti medzi zamestnancami. Týmto spôsobom sa dosahuje trvalé zlepšovanie procesov a zvyšuje sa efektívnosť výroby. (Womack, et al., 1990)

Všetky vyššie vypísané metódy sa zameriavajú na zlepšenie kvality a efektivity výroby, avšak nie všetky môžu byť plne použité v prototypovej výrobe. Použitie týchto metód závisí od konkrétnej organizácie, situácie a cieľov výroby prototypov.



## 1.7 Analytické nástroje a techniky procesného manažmentu

Analytické nástroje a techniky procesného manažmentu sú nevyhnutné pre správne riadenie a optimalizáciu výrobných procesov. Nasledujú niektoré z týchto nástrojov a techník, ktoré sú použiteľné v prototypovej výrobe:

**Flowcharting (Procesné diagramy):** sú grafické nástroje, ktoré umožňujú vizualizovať a pochopiť tok práce a postupov v procese. Táto metóda slúži na identifikáciu kritických bodov v procese a príležitostí na zlepšenie procesu. Sú používané v mnohých odvetviach priemyslu, akými sú napríklad automobilový, výrobný alebo farmaceutický priemysel. Vytvorenie procesného diagramu je často prvým krokom pri analýze a zlepšovaní procesu. Jedným z hlavných prínosov procesných diagramov je, že umožňujú zlepšiť komunikáciu medzi členmi tímu, upresniť zodpovednosť za jeho časti a zvýšiť tak celkové porozumenie procesu. (Jacka & Keller, 2000)

**Procesné mapy:** Procesné mapy, tiež známe ako Process Landscape's, sú dôležitým nástrojom v procesnom manažmente. Tieto mapy sa používajú na vizualizáciu a porozumenie celkového obrazu toku práce a postupov v procese.

V procesnom manažmente sú procesné mapy často používané na získanie uceleného prehľadu nad procesmi a na návrh nových procesov v úzkych miestach. Pomocou procesných máp je možné zistiť nedostatky najmä v spolupráci viacerých oddelení a internej/externej komunikácií. (Arribas, 1992)

Existuje množstvo softvérových nástrojov, ktoré umožňujú vytvárať procesné mapy. Niektoré z nich sú:

- Microsoft Visio
- Lucidchart
- Gliffy
- Bizagi Modeler
- ARIS Express
- Signavio
- Visual Paradigm
- Edraw Max
- ProcessMaker
- IBM Blueworks Live

- Viflow
- Creately

Medzi tieto softvéry patrí celá škála nástrojov od platených po bezplatné, od on-premises po cloud-based. Každý softvér má svoje vlastné výhody a nevýhody a je dôležité zvážiť potreby organizácie a typ procesov, ktoré sa majú mapovať, pred výberom vhodného nástroja na vytváranie procesných máp.

**Statistical Process Control (SPC):** SPC je metóda, ktorá umožňuje monitorovať a kontrolovať kvalitu procesov prostredníctvom štatistickej analýzy dát. Využíva sa na identifikáciu potenciálnych problémov v procesoch, ako aj na poskytovanie návodov na riešenie týchto problémov. Cieľom SPC je minimalizovať variáciu procesu a zabezpečiť, aby výstup bol v súlade s požadovanou kvalitou. (Wheeler, 2010)

V SPC sa používajú Sigma zóny, ktoré slúžia na meranie variability procesu a určenie jeho kvality. Sigma zóny sú rozdelené podľa štandardnej odchýlky a označujú sa Sigma 1 až Sigma 6. Vyššie sigma hodnoty znamenajú menšiu variabilitu v procese a vyššiu kvalitu výsledného produktu alebo služby. Percentá a sigma zóny v rámci SPC sú založené na normálnom rozdelení a môžu byť vyjadrené konkrétnymi číslami. Tu je prehľad sigma zón a príslušného percenta výskytu v normálnom rozdelení:

- Sigma 1 (68,27%) - obsahuje hodnoty od  $-1\sigma$  do  $+1\sigma$
- Sigma 2 (95,45%) - obsahuje hodnoty od  $-2\sigma$  do  $+2\sigma$
- Sigma 3 (99,73%) - obsahuje hodnoty od  $-3\sigma$  do  $+3\sigma$
- Sigma 4 (99,993%) - obsahuje hodnoty od  $-4\sigma$  do  $+4\sigma$
- Sigma 5 (99,99994%) - obsahuje hodnoty od  $-5\sigma$  do  $+5\sigma$

Ak je výsledok procesu v sigma zóne 3 a viac, považuje sa za proces s vysokou kvalitou a minimálnym výskytom chýb. Naopak, ak je výsledok procesu mimo sigma zóny 3 (viac ako 0,27% produktov alebo služieb obsahuje vadu), môže to naznačovať problémy v procese a potrebu zlepšenia. (Wheeler, 1993)

**Root Cause Analysis (RCA):** Root Cause Analysis (RCA) je metóda, ktorá sa používa na hlbšiu analýzu problémov v procesoch a následné identifikovanie ich základných príčin. RCA je často spojená s procesným manažmentom a kvalitou, a je široko používaná v mnohých odvetviach.

Existuje niekoľko krokov v procese RCA, ktoré sa môžu líšiť podľa konkrétnej metodiky. Jedným z bežných prístupov je 5x prečo, ktorý spočíva v opakovanej otázke "prečo" na identifikovanie základnej príčiny problému. Ďalšie kroky môžu zahŕňať zhromažďovanie a analýzu dát, vizualizáciu procesu a identifikáciu rizík.

RCA sa často využíva v kombinácii s ďalšími nástrojmi, ako je napríklad Ishikawa diagram, ktorý pomáha identifikovať možné príčiny problému.

Hodnotenie závažnosti problému a jeho príčin sa často vykonáva pomocou stupnice od 1 do 10, kde 10 znamená veľmi závažný problém a 1 znamená malý problém. Podľa Andersen a Fagerhauga (2006) sa v RCA často používa metóda FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), ktorá pomáha identifikovať a hodnotiť potenciálne problémy v procesoch.

Celkovým cieľom RCA je odstrániť základné príčiny problému a zabrániť ich opakovaniu. RCA je preto považovaná za dôležitý nástroj pre zlepšenie procesov a zvyšovanie kvality v rôznych odvetviach. (Andersen & Fagerhaug, 2006)

**RASIC Matica:** je nástroj na zosúladenie zodpovedností v rámci procesov. Táto matica prináša štruktúru opisu úloh, ktoré zainteresované strany zohrávajú v rámci projektu a objasňuje zodpovednosti.

Skratka RASIC teda predstavuje nasledovných päť postavení zainteresovaných strán:

- R – Responsible (Zodpovedný)
- A – Approving (Potvrdzujúci)
- S – Supporting (Podporujúci)
- I – Informed (Informovaný)
- C – Consulted (Konzultujúci)

Rozdelenie zodpovedností v RASIC matici môže byť rôzne. Napríklad, zodpovedný môže byť pracovník, ktorý má za úlohu vykonávať danú činnosť. Zodpovedný za rozhodovanie môže byť manažér, ktorý rozhoduje o prioritách a plánoch. Podporná zodpovednosť môže byť pridelená tímu, ktorý poskytuje podporu pri realizácii úloh. Zodpovednosť informovania môže byť pridelená osobám, ktoré musia byť informované o výsledkoch daného procesu. Zodpovednosť konzultovania môže byť pridelená osobe, ktorá je odborníkom v danej oblasti a môže poskytnúť odborné poradenstvo.

**Value Stream Mapping (VSM):** Mapovanie hodnotového toku je účinný nástroj používaný na vizualizáciu a analýzu toku materiálu a informácií v rámci procesov. Tento

nástroj umožňuje identifikovať plytvanie v procesoch a navrhnúť zlepšenia, čím zvyšuje výkonnosť a efektívnosť procesov. Vytvorenie VSM obvykle začína identifikáciou začiatku a konca procesu, pričom sú zahrnuté všetky aktivity a činnosti medzi nimi. Potom sú do mapy vložené informácie o tokoch materiálu a informácií, časoch vykonávania jednotlivých krokov, skladovacích priestoroch a ďalších relevantných faktoroch.

VSM sa často používa ako súčasť metodológií ako Lean Management alebo Six Sigma a môže byť doplnený o kalkulácie a vzorce na meranie efektívnosti procesov, napríklad časový cyklus, priepustnosť alebo celkovú dobu trvania procesu. (Rother, et al., 1999)

**Process Mining:** Process Mining je analytický nástroj, ktorý sa používa na vizualizáciu a analýzu procesov na základe skutočných dát z informačných systémov a logov. Proces sa zobrazuje ako séria krokov a krok za krokom sa analyzujú dáta z každého jednotlivého kroku procesu. Výsledkom je grafické znázornenie, ktoré umožňuje efektívne vizualizovať, analyzovať a pochopiť celkový proces.

Pri analýze procesu sa využívajú metriky, ktoré sú definované v rámci procesov, ako napríklad doba trvania procesu, počet krokov v procese, výkonnosť zdrojov a množstvo plytvania. Na základe týchto metrik sa potom môže identifikovať miesto príležitostí na zlepšenie procesov. Výhodou použitia Process Miningu je fakt, že umožňuje aj výpočet ukazovateľov ako Return on Investment (ROI) a Cost-Benefit Analysis (CBA), ktoré môžu pomôcť v rozhodovacom procese pri implementácii zlepšení. (Aalst, 2016)

**Optimalizácia pôdorysu výrobného priestoru:** Optimalizácia pôdorysu výrobného priestoru je dôležitý nástroj pre zlepšenie účinnosti a produktivity vo výrobe. Táto technika sa zameriava na vylepšenie priestorového plánovania, čím minimalizuje prekážky a maximalizuje účinnosť. To sa dosahuje tým, že sa analyzujú rôzne faktory, ako napríklad tok materiálov, prevádzka strojov a pracovné postupy, a potom sa na základe týchto údajov navrhne optimálny pôdorys pre výrobný priestor.

Pri optimalizácii pôdorysu výrobného priestoru sa používajú kalkulácie a vzorce na určenie najlepších možností usporiadania priestoru a na výpočet času cyklov. Táto technika je veľmi užitočná pre prototypovú výrobu, pretože zvyčajne zahŕňa rýchle zmeny vo výrobných postupoch. Optimalizácia pôdorysu výrobného priestoru tiež pomáha minimalizovať riziko nehôd na pracovisku a zlepšuje ergonómiu pre pracovníkov. (Francis & White, 1992)

**Process Capability Analysis (PCA):** Process Capability Analysis (PCA) je nástroj, ktorý sa používa na hodnotenie schopností procesu produkovať výstupy, ktoré splňajú

požiadavky zákazníka. PCA sa využíva v rôznych priemyselných odvetviach, najmä v oblastiach s vysokou presnosťou a špecifickými zákazníkymi požiadavkami.

Proces PCA pozostáva z niekoľkých krokov, vrátane definovania procesu, zberu dát, analýzy dát a interpretácie výsledkov. Analýza dát sa zvyčajne vykonáva pomocou štatistických nástrojov, ako je napríklad histogram, kontrolný diagram alebo procesná analýza. Výsledky sa potom porovnávajú s požiadavkami zákazníka, aby sa určilo, či je proces schopný produkovať výstupy, ktoré splňajú tieto podmienky.

Použitie PCA môže pomôcť firmám identifikovať oblasti, v ktorých je potrebné zlepšiť procesy, aby sa dosiahla lepšia kvalita výroby a zákaznickej spokojnosti. Tento nástroj tiež pomáha monitorovať výkonnosť procesov v čase a určiť, či zlepšenia prinášajú pozitívne výsledky. (Wheeler, 2010)

**Vylepšenie technologických postupov:** Vylepšenie technologických postupov je dôležitá technika pre zlepšenie výrobných procesov, v ktorej ide o postup, ktorý zahŕňa analýzu a meranie času, ktorý sa vynakladá na každú činnosť v procese a následnú identifikáciu príležitostí na zlepšenie týchto postupov.

Pri vytváraní technologických postupov sa často používa metóda hodnotenia času (Time Study), ktorá umožňuje merať čas na vykonanie jednotlivých operácií a tým identifikovať príležitosti na zlepšenie procesov. Taktiež sa používajú rôzne analytické nástroje, ako napríklad metóda príčinnno-dôsledkového diagramu (Fishbone diagram) alebo metóda 5S, ktoré pomáhajú identifikovať a riešiť problémy v procesoch.

Dôležitou súčasťou vylepšenia technologických postupov je aj zavedenie nových technológií a nových postupov výroby, ktoré môžu viesť k zlepšeniu produktivity a kvality výrobkov. (Shingo, 1985)

**Design of Experiments (DOE):** V rámci Design of Experiments (DOE) sa využíva systematický plán, ktorý umožňuje testovať rôzne kombinácie faktorov a ich vplyv na výstup procesu. Ideálne by sa mali zvoliť relevantné faktory a ich úrovne, aby bolo možné získať presné výsledky. Postupne sa potom uskutočňujú experimenty a zhromažďujú sa dáta, ktoré sa následne analyzujú a vyhodnocujú.

Analýza dát z experimentov môže zahŕňať rôzne štatistické techniky, ako napríklad analýzu rozptylu (ANOVA) a regresiu. Pomocou týchto techník sa dá zistiť, ktoré faktory majú signifikantný vplyv na proces a ako ich kombinácia ovplyvňuje výstup.

Používa sa najmä v oblastiach, kde existuje veľké množstvo faktorov ovplyvňujúcich proces a ich vzájomných interakcií, ako napríklad v automobilovom priemysle a výrobe farmaceutických výrobkov. (Montgomery, 2017)

**Failure Mode and Effects Analysis (FMEA):** Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) je kvalitatívna metóda, ktorá sa používa na identifikáciu potenciálnych chýb a ich možných dôsledkov v procesoch pred ich výskytom. Tento nástroj umožňuje zistiť, ako závažné by boli dôsledky chýb a určiť ich pravdepodobnosť výskytu.

Ideálny postup FMEA zahŕňa vytvorenie tímu, ktorý bude zodpovedný za analýzu procesov, identifikáciu potenciálnych chýb a ich príčin, a následné zavedenie preventívnych opatrení. Tento tím by mal zahrňovať odborníkov z rôznych oblastí a mala by sa uskutočniť systematická analýza procesov, aby sa zistila eliminácia potenciálnych chýb. Potom sa každá identifikovaná chyba hodnotí podľa jej pravdepodobnosti výskytu, závažnosti a detekovateľnosti. Na základe týchto kritérií sa určujú priority pre preventívne opatrenia. (Stamatis., 2003)

## **2 Charakteristika prostredia riešenej problematiky**

### **2.1 Súťaž Formula Student**

Formula Student, tiež známa ako Formula SAE, je medzinárodná súťaž, ktorej cieľom je inšpirovať a rozvíjať praktické vedomosti mladých študentov technických vysokých škôl z celého sveta. Súťaž vyzýva tímy na stavbu jednomiestneho pretekárskeho monopostu formulového typu, ktorý bude súťažiť v statických a dynamických disciplínach, kde otestujú jeho spoľahlivosť a výkon. Súťaž ponúka študentom bakalárskeho a magisterského štúdia možnosť aplikovať teóriu z výuky v technických, manažérskych a finančných oblastiach. Takto získané praktické skúsenosti sú najlepším vstupom do budúceho zamestnania a to najmä v odvetviach súvisiacich s výrobou a teda v strojárstve, elektrotechnike či v samotnom motoršporte.

Do súťaže sa zapája viac ako 700 tímov z rôznych vysokých škôl z celého sveta, Každý tím má jeden kalendárny rok na navrhnutie, skonštruovanie, otestovanie a následné pretekanie s ich prototypovým monopostom. Tie sa delia na 3 základné kategórie – elektrické, spaľovacie a hybridné. Preteky sú rozdelené na rôzne kontinenty a regióny, vždy v iných termínoch konania. Priemerný tím sa po zostavení monopostu zúčastní štyroch týždňových závodov, na ktorých sa snaží získať čo najväčší počet bodov.

#### **2.1.1 História**

Súťaž Formula Student vznikla v roku 1981 v Spojených štátoch amerických na podnet vyučujúcich, ktorí vnímali nízku praktickú skúsenosť študentov v porovnaní s ich teoretickými znalosťami. Vytvorili prvé pravidlá a podmienky pre tímy, ktoré popri štúdiu konštruovali veľmi jednoduché monoposty. V roku 1998 sa konala prvá súťaž, ktorej sa zúčastnili 3 americké a 4 britské univerzitné tímy. Od roku 2000 sa začalo zapájať oveľa viac európskych tímov, najmä z Nemecka a Anglicka, čo malo za následok vznik nových pretekov na anglickom okruhu Silverstone a taktiež vznikla súťaž v Austrálii.

V roku 2005 vznikla organizácia Formula Student Germany (FSG), ktorá zaviedla prvé preteky Formula Student konceptu na Hockenheimringu. Tento míľnik znamenal pre Európu obrovský príliv nových tímov a bol začiatkom dominancie nemeckých a rakúskych tímov vo svetových rebríčkoch.

Od roku 2005 vzniklo viac ako 15 oficiálnych pretekov, medzi ktoré patria napríklad Formula Student Austria (RedBull Ring), Formula Student East (Hungaroring), Formula

Student Czech Republic (Most), Formula Student Japan, Formula Student Bharat, Formula Student Switzerland atď.

V roku 2020 sa z dôvodu pandémie sezóna prerušila a preteky sa nekonali. Tímom bolo umožnené použiť monoposty zo sezóny 2020 v následnej sezóne 2021.

### **2.1.2 Súčasnosť**

Od roku 2015 pozorujeme apelovanie zo strany asociácie FSG, ktorá súťaž v Európe vedie, na zrušenie spaľovacej kategórie vozidiel. Mnoho tímov teda prechádza do elektrickej, poprípade hybridnej kategórie a na pretekoch môžeme vidieť obrovské množstvo elektrických monopostov.

Presmerovávanie tímov do elektrickej/hybridnej kategórie má jednoduchý dôvod. Koncept Formula Student je na jednej strane o všeobecnom vzdelávaní študentov po praktickej stránke avšak taktiež o možnosti prinášať inovácie do sveta automobilového priemyslu. Študenti majú možnosť navrhnuť vlastné komponenty, ktoré sa dajú ďalej využiť v tomto priemysle a to napríklad v sériovo vyrábaných automobiloch či v samotnej elektronike.

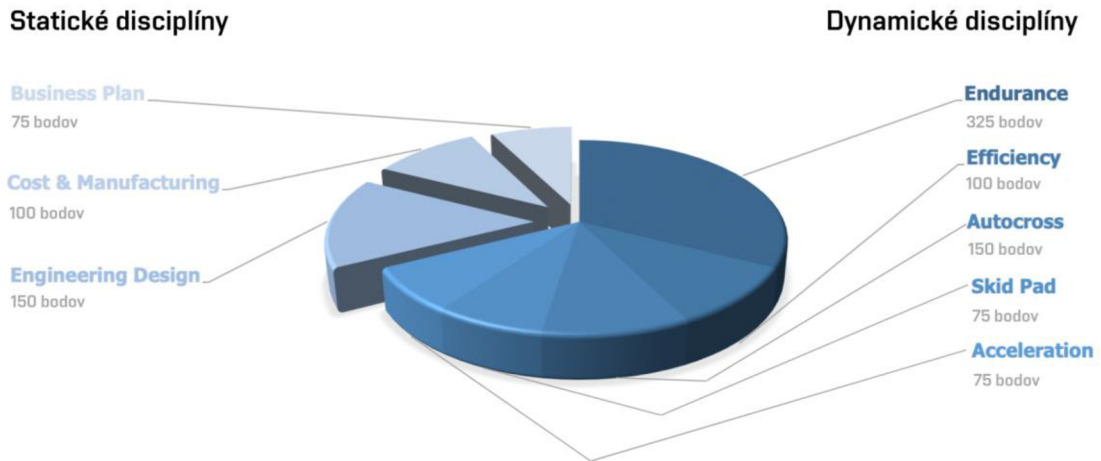
Organizácia FSG spôsobila obrovský presun tímov do tejto kategórie, čím dosiahla aj oveľa vyššiu vzdelanosť budúcich inžinierov v oblasti elektromobility.

Okrem základných troch kategórií ďalej delíme monoposty na autonómne (driverless) a manuálne riadené. Do autonómnej kategórie sa taktiež zapája čoraz viac a viac tímov (v minulej sezóne 2021/2022 to bolo 18%), keďže je možné dostať za preukázanie autonómnej jazdy vozidla až o 15% bodov viac ako iba za manuálnu jazdu.

### **2.1.3 Disciplíny**

Prototyp pretekárskeho auta je hodnotený v rôznych disciplínach, rozdelených do dvoch tried: statické a dynamické. Statické disciplíny sa skladajú z troch rôznych podujatí: Engineering Design (inžiniersky dizajn), Cost & Manufacturing (náklady a výroba) a Business Plan (podnikateľský plán). Dynamická časť pretekov sa skladá z piatich rôznych disciplín: Endurance (vytrvalosť), Efficiency (efektivita), Autocross (autokros) Skid-Pad (Ustálené zatačanie) a Acceleration (zrýchlenie). Pre každú disciplínu sú priradené nasledovné body:





Obrázok č. 1: Bodovanie disciplín Formula Student

**Vytrvalosť** (325 bodov): Pozostáva z 22 km v 20 kolách so zastávkou na kontrolu vozidla a zmenou jazdca na 11. km. Vytrvalosť je pre tímy najzložitejšia disciplína, pretože k dosiahnutiu cieľa vyžaduje vysoký stupeň spoľahlivosti každej súčiastky na vyvinutom vozidle. Dokončenie tejto disciplíny považuje väčšina tímov za najväčší úspech preteku.

**Efektívnosť** (100 bodov): Hodnotenie efektívnosti je založené na elektrickej energii popr. palive, ktorú auto spotrebuje vo vytrvalostných pretekoch.

**Autokros** (100 bodov): Autokros je najťažšou dynamickou disciplínou, v ktorej je potreba s vozidlom prejsť jednu okružnú dráhu v čo najkratšom čase a kvalifikovať sa tak do Vytrvalostnej disciplíny na čo najlepšom mieste. Vodič má 4 pokusy.

**Skid Pad** (75 bodov): Skúška ustáleného zatáčania vozidla v oboch smeroch ukáže ako dobre študenti navrhli jazdnú dynamiku monopostu.

**Zrýchlenie** (75 bodov): Podstatou je mať čo najväčšie zrýchlenie t.j. najmenší čas na trati dlhej 75 m.

**Inžiniersky návrh** (150 bodov): Toto je najprestížnejšie statické podujatie, ktoré pozostáva zo 40 minútovej prezentácie lídrov sekcií s podrobným vysvetlením celého procesu návrhu. Výhra na tomto podujatí svedčí, že tím má najvyššie inžinierske znalosti a preto je popredné umiestnenie naozaj dôležité pre tím.

**Náklady a výroba** (100 bodov): Tímy musia detailne dokumentovať náklady na každý diel a súčiastku auta, ktoré sú vyrobené vo vlastnej dielni a aj diely pochádzajúce od externého dodávateľa.

**Podnikateľský plán** (75 bodov): Prezentácia podnikateľského plánu pozostáva z 10 minútovej prezentácie, kde majú tímy za úlohu presvedčiť porotu – „potenciálnych investorov“, aby investovali do nápadu vyrábať xy kusov monopostov ročne - sériovo.

## **2.2 Tím TU Brno Racing**

TU Brno Racing je univerzitný tím Vysokého učení technického v Brne účastníci sa súťaže Formula Student. Tím sídli na Fakulte strojného inžinierstva, pod ktorú originálne patrí. V súčasnosti tím spolupracuje so všetkými fakultami VUT a taktiež samotným rektorátom univerzity.

### **2.2.1 História tímu TU Brno Racing**

Tím vznikol v roku 2010, kedy dokázal postaviť hneď svoj prvý spaľovací model, ktorý dostal názov Dragon 1. V roku 2013 sa tím po prvý krát zúčastnil pretekov s monopostom Dragon 3.

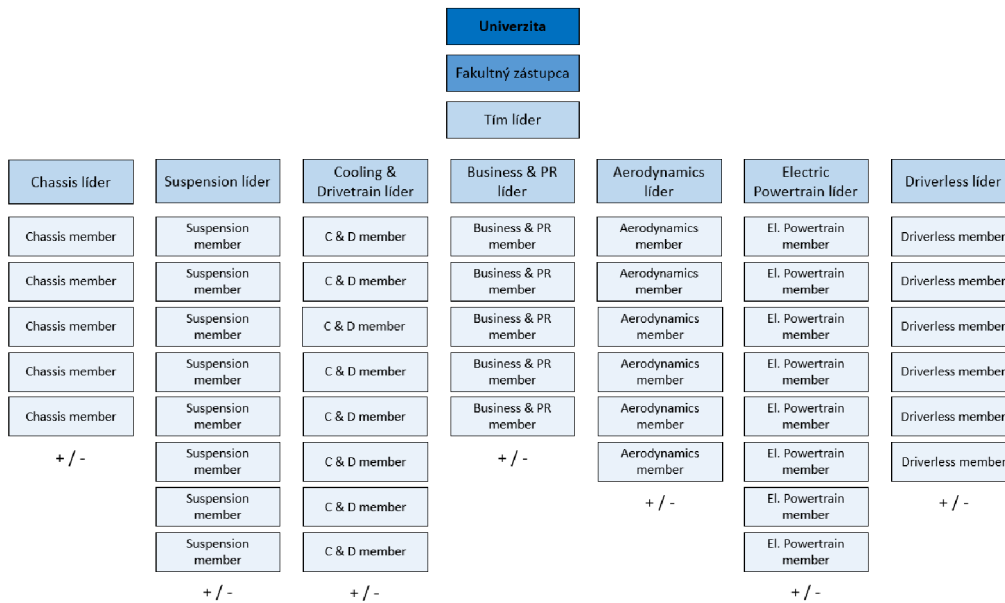
Prelomovým bol rok 2006, kedy tím prvý krát použil turbodúchadlo vlastného návrhu na jednovalcový motor a stal sa ikonickým vo svete súťaže Formula Student. Tím celkovo postavil 10 spaľovacích monopostov a v roku 2021 sa modelom Dragon X rozlúčil s touto kategóriou.

Tím cítil, že potrebuje zmenu, preto začal ešte v roku 2019 s návrhom prvého elektrického monopostu Dragon e1, s ktorým v roku 2021 súťažil na domácich pretekoch Formula Student Czech Republic.

Posledným, najrevolučnejším modelom je Dragon e2 zo sezóny 2022, na ktorom pracovalo 70 študentov zo 4 fakúlt VUT.

### **2.2.2 Organizačná štruktúra**

Organizačná štruktúra, ktorou sa projekt riadi, je znázornená na nasledujúcej schéme:



**Obrázok č. 2: Organizačná schéma**

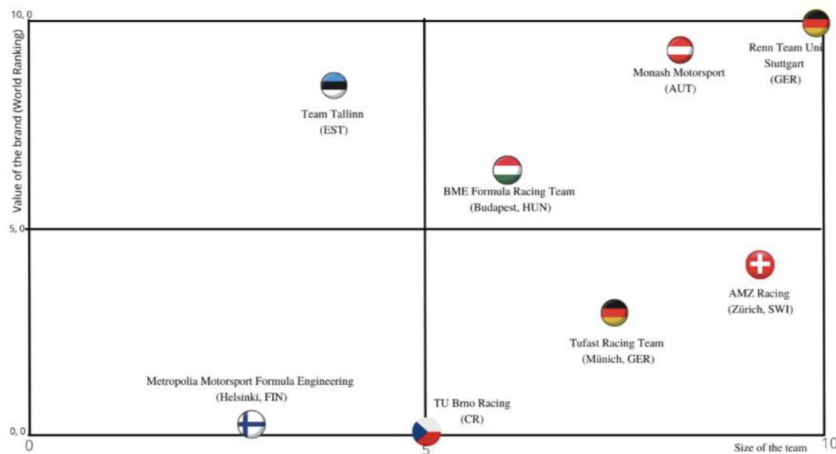
Na schéme je možné vidieť, že projekt spadá priamo pod univerzitu, kde ju má ďalej na starosti fakultný zástupca. Priamo s fakultným zástupcom rokuje Tím líder, ktorý organizačne riadi celý projekt. Tím TU Brno Racing sa ďalej člení na 7 sekcií, pričom má každá svojho lídra, ktorý je zodpovedný za svojich členov.

### 2.2.3 Konkurencia

Vo svetovom rebríčku elektrických monopostov tím po sezóne 2021/2022 obsadil celkové 30. miesto, čo udáva priamych 29 konkurentov.

Z týchto tímov vieme systematicky vyradiť tímy, ktoré sú vo výsledkoch nekonzistentné a naopak pridať tímy, ktoré síce skončili na horšom ako 30. mieste ale podľa minulých výsledkov a ich postupného napredovania vieme určiť ich konkurencieschopnosť.

Podľa týchto parametrov sme si určili BCG maticu hlavných konkurentov, ktorá je závislá na veľkosti tímu:



Obrázok č. 3: Graf konkurencieschopnosti v závislosti na veľkosti tímu

### 2.2.4 Financovanie a iné zdroje

Financovanie tímu v súťaži Formula Student zvyčajne pochádza z viacerých zdrojov. Najčastejšími zdrojmi financovania a materiálov sú sponzori a univerzita.

Sponzorstvá sú pre TU Brno Racing najväčším zdrojom materiálových prostriedkov. Sponzormi sú v tomto prípade rôzne spoločnosti, ktoré majú záujem o propagáciu svojho produktu alebo služby medzi mladými ľuďmi a získanie mladých talentov do svojich radov. Výhodou pre sponzorov je tiež možnosť využiť vedomosti a skúsenosti tímu pri riešení problémov a vývoji nových produktov.

Univerzita pre tím poskytuje okrem priestorov a energií aj finančné prostriedky na nákup materiálov, nástrojov, registračných poplatkov a podobne. Okrem toho môže tím od univerzity získať prístup k laboratóriám a technológiám, ktoré by inak boli pre súkromné použitie nedostupné.

Je dôležité poznamenať, že financovanie tímu v súťaži Formula Student je veľmi náročné a často závisí od aktivity tímu a jeho schopnosti získať sponzorov a rôzne finančné granty. Preto tímy, ktoré majú efektívne procesy a výkonný tím, majú väčšiu pravdepodobnosť rozširovať partnerstvá a spoluprácu s fakultami/univerzitou.

### 2.2.5 Pravidlá súťaže Formula Student

Stanovenie cieľov a analýza pravidiel, ktoré každoročne vychádzajú pred sezónou musia byť prvým ktorom pri návrhu nového monopostu. Pravidlá súťaže majú zvyčajne 130 strán a charakteristikou sú podobné pravidlám súťaže Formula 1.

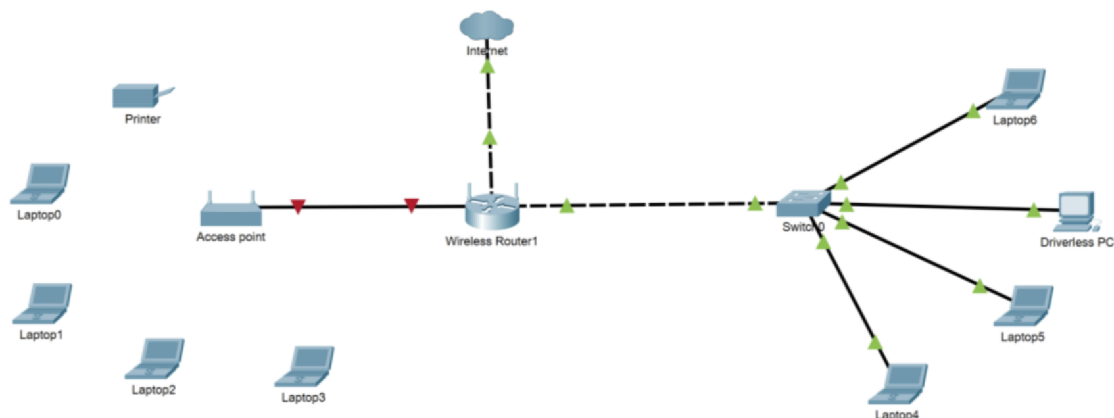
Pravidlá popisujú všetky detaily od kvalifikácie na preteky, statické a dynamické disciplíny, všetky technické regulácie monopostu, športové správanie a špecializujú aj oficiálny jazyk, miesto a časovú zónu.

Pokiaľ monopost nespĺňa pravidlá, je tím zo súťaže vyradený. Pokiaľ poruší pravidlo statickej alebo dynamickej disciplíny, budú tímu udelené trestné body.

### 2.2.6 Informačný systém

IS tímu je rozdelený na komunikačné kanály – aplikácie bežiacie na VUT serveri – Teams, Messenger, Whatsapp, Maily a úložisko dát Google Disk (po novom One Drive).

Sieť projektu, na ktorej IS funguje, neobsahuje vlastný server. V rámci siete VUT funguje projekt na interne zapojených routeroch, ktoré umožňujú pripojenie do internej siete z celého prostredia rozsiahlej haly. Pripojenie je možné cez sieťové káble a Wi-Fi. Na nasledovnom obrázku je znázornená zjednodušená schéma siete, momentálne využívaná v tomto projekte.



Obrázok č. 4: Zjednodušená schéma siete TU Brno Racing

### **3 Analýza problému a súčasnej situácie**

Tím TU Brno Racing doposiaľ vo svojom fungovaní aplikuje procesné riadenie (procesný manažment) len čiastočne. Individuálne sledovanie a zdokonaľovanie postupov vnútri projektu s cieľom zlepšovania celkovej časovej a zdrojovej efektívnosti pomocou manuálov, video-návodov, školení, prezentácií a pod. doposiaľ nebolo implementované v úmernosti k potenciálu tejto oblasti.

Procesné riadenie projektu vyrábajúceho prototypy je náročné na realizáciu a jeho uskutočnenie vyžaduje určitú úroveň vzdelania v procesnom manažmente a značné poznanie vnútorného organizačného systému daného projektu.

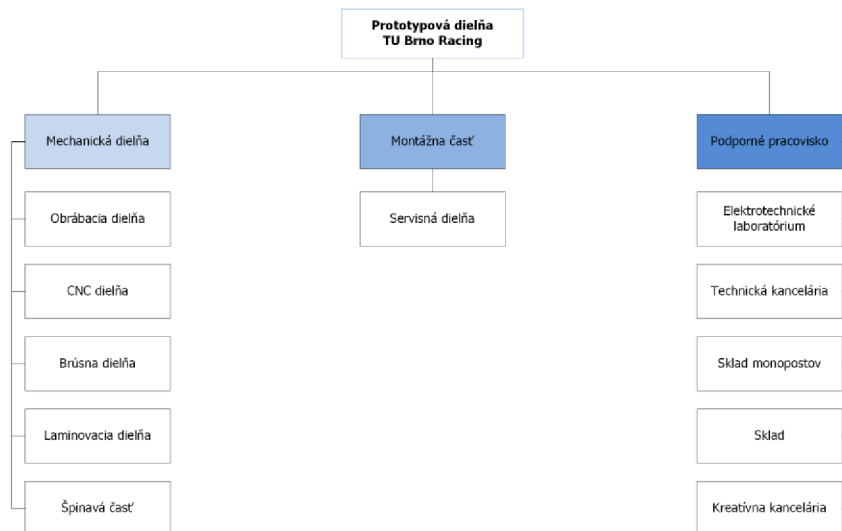
Dvojročné pôsobenie v tíme mi umožnilo skúmať možnosti riadenia projektu a prísť k záveru, že procesné riadenie sústredené najmä na všeobecné procesy vývoja, výroby, testovania, financií a personalistiky budú užitočné iba v prípade, ak bude umožnené procesné diagramy a ich riešenia aplikovať opakovane. V analýze procesného riadenia prototypovej výroby vo Formula Student sa okrem návrhu makroprocesu výroby celého monopostu zameriam aj na návrhy podprocesov časových fáz návrhu, testovania a výroby, v ktorých bude skúmaný potenciál aplikácie procesného riadenia.

Výsledok efektívnosti procesného riadenia a vytvárania procesných diagramov a inej súvisiacej dokumentácie bude následne skúmaný vo vlastných riešeniach danej problematiky.

Procesné riadenie je zabezpečené pomocou modelovania diagramov v softvéri MS Visio, v ktorom bola vytvorená jednotná šablóna a pomocou vytvárania tabuliek v MS Excel.

#### **3.1 Prototypová dielňa**

Dielňa slúžiaca na výrobu prototypov zabezpečuje prípravu, výrobu a montáž jednotlivých dielov, sústav dielov a celku monopostu. Na základe technickej dokumentácie – výkresov, modelov a programových návrhov je v prototypovej dielni možné vyrobiť a zmontovať diely, súčiastky a celky prototypového monopostu. Prototypová dielňa tímu TU Brno Racing sa delí na jedenásť častí, zobrazených na obr. č. 5:



**Obrázok č. 5: Rozdelenie prototypovej dielne**

### 3.1.1 Layout



**Obrázok č. 6: Vizualizácia prototypovej dielne**

Na obrázku č. 6 je znázornené súčasné usporiadanie jedenástich potrebných oblastí dielne o celkovej rozlohe približne 400 m<sup>2</sup>, ktoré sú aktívne využívané. Tento layout sa začal formovať v roku 2016, odvtedy prešiel miernymi modifikáciami a to kvôli prechodu na

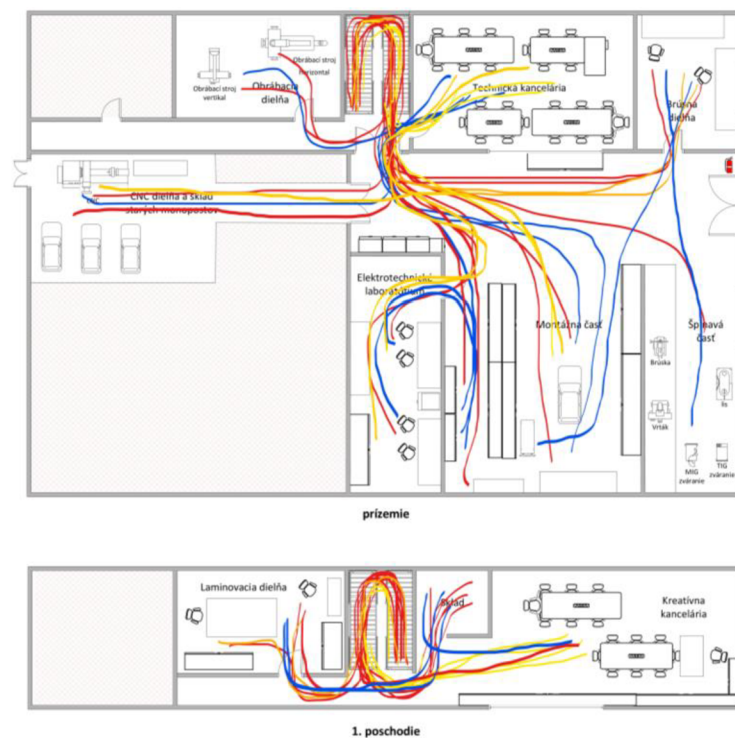
výrobu elektrických monopostov, vzniku sekcie Driverless a taktiež zvýšeniu členov sekcie Business and PR.

Po zvážení situácie a viditeľnej neefektívnosti rozloženia dielne, som súčasnú situáciu analyzovala pomocou špagetového diagramu.

### 3.1.2 Analýza súčasného layout-u

Teória špagetového diagramu spočíva v tom, že vizuálne zobrazuje tok procesu, pracovníkov alebo systému pomocou zvlnených a prepletených línií, ktoré pripomínajú špagety. Takýto diagram zobrazuje krok za krokom, ako prebieha proces, aké sú vzťahy medzi krokmi a aký je tok materiálu, informácií alebo osôb v procese.

V tomto prípade je použitý na identifikáciu možných obmedzení, zistenie neefektívnych krokov, zbytočných krokov alebo prebytočných prechodov v procese, čo môže pomôcť pri návrhu optimalizovaného rozloženia miestností.



**Obrázok č. 7: Špagetový diagram toku na prototypovej dielni**

Analýza bola spracovaná na náhodných pracovníkoch v 3 rôznych pracovných dňoch a to nasledovným postupom:

1. Každý pracovník musel zakresliť svoje bežné cesty v daný deň do pôdorysu dielne.



2. Neobvyklé cesty pracovníkov boli zapísané pozorovateľom, ktorý analyzoval pohyby členov sekcií, ich interakcií a potrieb.
3. Zakreslenie toku do pôdorysu bolo farebne rozlíšené na červenú – nadbytočný pohyb, žltú – neefektívny pohyb, modrú – neutrálny pohyb a zelenú – efektívny pohyb.

### **3.2 Predstavenie produkcie tímu**

Tím z Vysokého učení technického v Brne produkuje hlavné a vedľajšie výrobky. Hlavným produktom je každoročne jednomiestny monopost formulového typu. Do vedľajších produktov zahrňame náhradné diely, podporné diely potrebné pre výrobu, technickú dokumentáciu, softwarové modely, prezentačné predmety, reprezentatívne dokumenty a marketingové vizualizácie.

#### **3.2.1 Monopost Dragon e2**

Dragon e2 je hlavným produktom tímu TU Brno Racing v sezóne 2021/2022, celkovo dvanástym monopostom z dielne tohoto tímu a zároveň druhým elektrickým vozidlom. Tento prototyp bol vyvinutý a vyrobený 70 študentami univerzity VUT za podpory približne 120 partnerov projektu. Parametre monopostu Dragon e2:

- Rok výroby: 2022
- Absolvované preteky: FS Czech Republic, FS EAST, FS Alpe Adria
- Hmotnosť: 183 kg
- Maximálna rýchlosť: 120 km/h
- Motor: 2x 35 kw, 3-fázový synchronný motor s permanentnými magnetmi
- Menič: Semicustom 100 kW
- Batéria: 600 V, 9,4 kWh, 136 sériovo zapojených vreckových článkov Grepow 175175 + kompozitný aramidový obal batérie
- Elektronika: Dosky plošných spojov vlastnej výroby, na mieru vyrobený káblový zväzok
- Prevodovka: Elektronicky softvérovo ovládaný diferenciál, stupňovitá planétová prevodovka s priamym ozubením, prevodový pomer 12:1
- Šasi: Ľahký karbónový celokompozitný monokok s torznou tuhosťou 2840 Nm/°

- Aeropaket: Viacelementové predné a zadné krídlo, bočné podlahy, prítlak 730 N (60 km/h)
- Zavesenie: Dvojité lichobežníkové, CFRP A-ramená s lepenými hliníkovými inzertmi
- Odpruženie: roll-heave - Pull rod vpredu, push rod vzadu - tlmič Öhlins TTX 25 Mk II FSAE
- Brzdy: Strmene Brembo, P4 24 4-piestkové axiálne vpredu, P2 24 2-piestkové axiálne vzadu, plávajúce oceľové kotúče vlastnej výroby, vpredu priemer 185 mm, vzadu priemer 180 mm
- Kolesá: 10" Karbónový ráfik vlastného návrhu s hliníkovým stredom, nízko profilové pneumatiky Hoosier 16x7,5 - 10
- Driverless: Auto je pripravené na autonómne riadenie

### 3.2.2 Časový plán vývoja a výroby

Jednoduché zobrazenie časovej postupnosti je pozorovateľné na nasledovnom Ganttovom diagrame (šablóna použitá z kapitoly 5.1.5):

Tabuľka č. 1: Časový plán sezóny 2022

ID	Sezóna 2022 – TU Brno Racing	Start	Finish	Duration	Q3 21	Q4 21				Q1 22			Q2 22			Q3 22	
					Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
1	Organizačné a Marketingové aktivity	01.09.2021	01.09.2022	366d	[Gantt bar spanning from Sep 2021 to Aug 2022]												
2	Analýza nového konceptu	01.09.2021	01.10.2021	31d	[Gantt bar from Sep to Oct 2021]												
3	Fáza návrhu a simulácií	01.09.2021	01.01.2022	123d	[Gantt bar from Sep 2021 to Jan 2022]												
4	Fáza nákupu materiálu a komponentov	01.11.2021	01.02.2022	93d	[Gantt bar from Nov 2021 to Feb 2022]												
5	Fáza výroby	10.01.2022	25.03.2022	75d	[Gantt bar from Jan to Mar 2022]												
6	Fáza montáže	10.03.2022	20.04.2022	42d	[Gantt bar from Mar to Apr 2022]												
7	Fáza testovania	10.05.2022	15.08.2022	98d	[Gantt bar from May to Aug 2022]												
8	Pretekové kempy	15.06.2022	30.06.2022	16d	[Gantt bar from Jun to Jun 2022]												
9	Preteky Formula Student	01.07.2022	29.08.2022	60d	[Gantt bar from Jul to Aug 2022]												

Míľniky relevantnej sezóny:

- 01.09. – Začiatok sezóny, analýza základného konceptu
- 21.09. – Nábör nových členov
- 01.01. – Uzatvorenie celkového návrhu produktu
- 20.04. – Finalizácia výroby, montáže a predstavenie produktu Dragon e2
- 10.05. – Testovanie dielov a monopostu Dragon e2
- 15.06. – Začiatok pretekovej sezóny

- 29.08. – Koniec pretekovej sezóny

### **3.2.3 Proces vývoja a výroby monopostu eD2**

Proces vývoja a výroby nového, inovovaného prototypového výrobku je riadený proces s viacerými časovými fázami a integrovaním medzi rôznymi internými oddeleniami a externými spoločnosťami.

Vývoj monopostu novej generácie je kombináciou vstupných dát z predošlého modelu, zmenou v pravidlách, kreativitou inžinierskeho myslenia, dostupnosťou výrobných technológií, materiálu, času a financií.

Výroba monopostu musí spĺňať stanovené časové kritéria, technologické normy a štandardy, výslednú kvalitu a životnosť.

V prílohe č. I je na procesnom diagrame znázornený detailný proces vývoja a výroby monopostu Dragon e2.

### **3.2.4 Návrhová fáza**

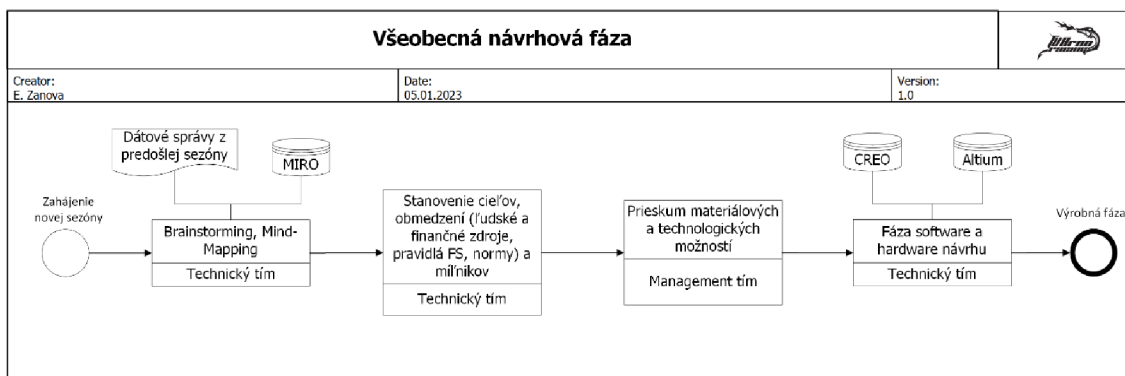
Rýchlosť zmien v technológiách a teda aj vo vývoji monopostov sa zvyšuje a rovnako aj obťažnosť výziev, ktoré sprevádzajú ich návrh. V dnešnom svete súťaže Formula Student sú každoročne očakávané vyššie technické znalosti, komplexnosť, použitie originálnych/nových technológií, využitie kreativity pri návrhu a celkovo je prihliadané na veľkosť snahy priniesť inováciu na trh.

Celý životný cyklus monopostu/technológie, od surovín a globálnych dodávateľských reťazcov až po funkčnú fázu a recykláciu/likvidáciu, musí byť taktiež zohľadnený v akomkoľvek návrhovom koncepte. Je potrebné vziať do úvahy aj podmienkové a trhové ekosystémy vrátane faktorov ako kritické množstvo pracovnej sily, finančná podpora či dostupnosť materiálu.

Konkurencia je silnejšia ako kedykoľvek predtým, čo prináša množstvo pozitív - informácie na internete (bakalárske a diplomové práce študentov z iných Formula Student tímov) a negatív – menšia šanca originálneho návrhu.

Všeobecná návrhová fáza mechanických a elektrotechnických dielov v tíme TU Brno Racing sa skladá zo štyroch základných aktivít a je za ňu zodpovedný hlavne Technický tím. Technický tím tvoria členovia, ktorí sú zodpovední za inžiniersky návrh a ich vedomosti

v daných oblastiach sú na vysokej úrovni. Znázornenie tohto procesu je na obr. č. 8.

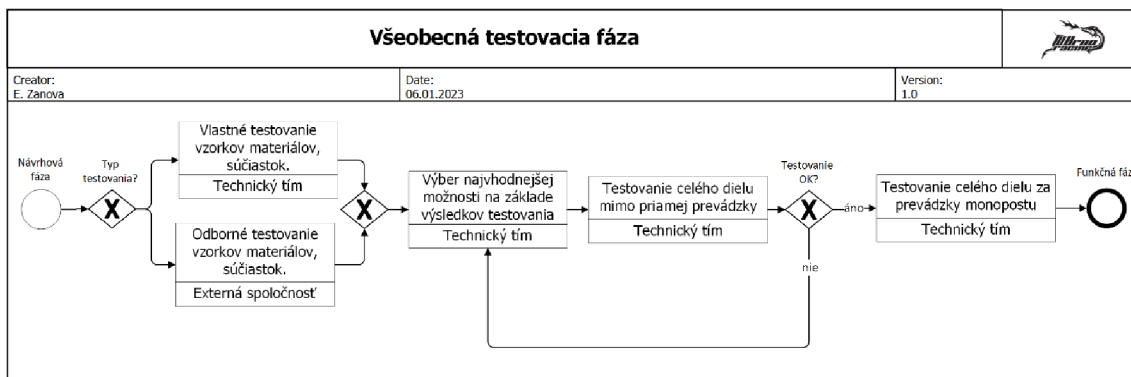


Obrázok č. 8: Procesný diagram všeobecnej návrhovej fázy

### 3.2.5 Testovacia fáza

Testovacia fáza vývoja produktu zabezpečuje, že vzorka/diel funguje podľa očakávania. Táto fáza začína po implementácii požiadaviek, ktoré od komponentu očakávame. V tíme sa využíva Agilná metodika testovania, v ktorej komponent vystavíme testovaniu hneď po vytvorení funkčnej požiadavky – teda už cez návrhovú fázu.

Počas testovacej fázy použije Technický tím množstvo metód, aby zabezpečil, že produkt bude fungovať podľa očakávania. Testerí môžu používať vlastné „testovacie prípady“ a ich cieľ je nájsť všetky možné situácie, ktoré by ukázali medzery v kvalite.



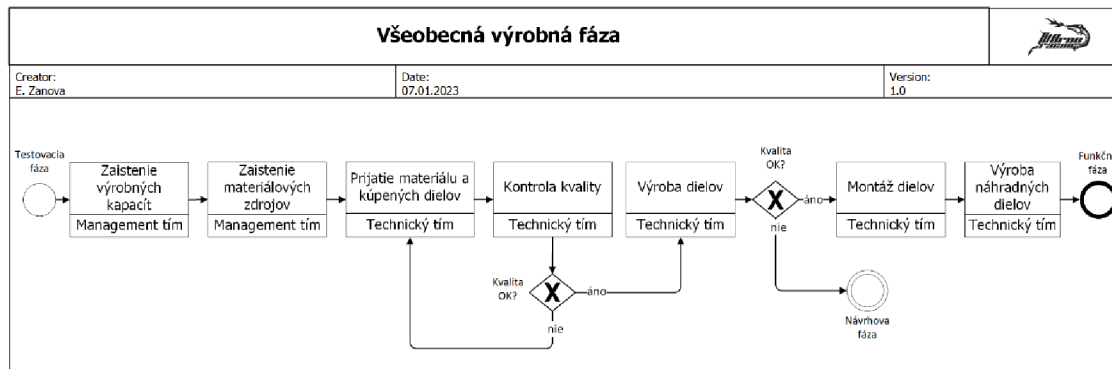
Obrázok č. 9: Procesný diagram všeobecnej testovacej fázy

### 3.2.6 Výrobná fáza

Posledná, výrobná fáza, je zhmotnením navrhnutého prototypu (popr. náhradných dielov) a vždy sprevádzaná kontrolou kvality materiálu, z ktorého prototyp vznikne, a kontrolou samotného výsledného dielu.

Výrobu finálnych produktov delíme **podľa miesta**:

1. **Interná produkcia** – spájkovanie, 3D tlač plastu, laminácia kompozitov, brúsenie, vrtanie, rezanie, TIG a MIG zvaranie, CNC obrábanie, sústruženie.
2. **Externá produkcia** – všetky zvyšné potrebné technológie – 3D tlač kovu, výroba DPS, odlievanie, použitie autoklávu, ultrazvukové zvaranie, ohýbanie kovu, obrábanie a sústruženie s veľkou presnosťou.



Obrázok č. 10: Procesný diagram všeobecnej výrobnéj fázy

### 3.2.7 Funkčná fáza

Táto fáza nasleduje po zavedení celého produktu – monopostu do funkčného stavu. V jej období musí byť pripravený a vyprodukovaný dostatočný počet náhradných kusov dielov, ktoré majú najväčšiu pravdepodobnosť zlyhania – najnižšiu životnosť. Vo funkčnej fáze monopostu očakávame ideálny počet 600 najazdených kilometrov, z toho 450 kilometrov v plnom nasadení s nulovou poruchovosťou.

Úspešnosť monopostu v neskoršej funkčnej fáze priamo úmerne odráža úspešnosť a vyspelosť inžinierskeho návrhu študentov.

### 3.2.8 Bezpečnostné kontroly

Počas funkčnej fázy je dôležité dbať na pravidelné aj náhodné bezpečnostné kontroly dielov s najväčšou pravdepodobnosťou poruchy alebo s najvyššou mierou nebezpečnosti. Tím TU Brno Racing dokáže bezpečnostnými kontrolami jednoducho predísť chybe a neporušiť funkčnú fázu, teda zabezpečiť úspešnosť monopostu na pretekoch Formula Student.

## 3.3 Predpisy a normy vo Formula Student

V návrhovej fáze nám limity nového dielu určujú pravidlá Formula Student, výroiteľnosť, materiálová dostupnosť, ľudské a finančné zdroje a predpisy a normy. Normatívne riešenie a splnenie daných bezpečnostných predpisov/štandardov totižto ponúka minimálnu hodnotu spoľahlivosti a akosti riešenia problému. Dodržanie normy je minimom,

ktoré musí príslušný budúci inžinier urobiť pre bezpečnosť daného riešenia. Predpisy a normy stanovené pre monopost, diely a prácu členov sú vymedzené pomocou pravidiel Formula Student a vnútorných predpisov/noriem v rámci Vysokého učení technického v Brne.

Názorné citácie z Formula Student Rules 2023:

*„An appropriate Electrical System Officer Qualification (ESOQ) requires the proof of a practical and theoretical training for working with HV power systems. Regarding content, the training should be on the basis of DGUV 209-093 stage 2E/3E1 and held by an external expert.“* (FSG, 2022, p. 12)

*„All threaded critical fasteners must be of the type hexagon bolts (ISO 4017, ISO 4014 or an equivalent standard.) or socket head cap screws (ISO 4762, DIN 7984, ISO 7379 or an equivalent standard.) including their fine-pitch thread versions.“* (FSG, 2022, p. 53)

*„Nylon lock nuts (ISO 7040, ISO 10512, EN 1663 or an equivalent standard) for locations where no temperature rating above 80 °C is required. Prevailing torque lock nuts (DIN 980, ISO 7042 or an equivalent standard, and jet nuts or K-nuts).“* (FSG, 2022, p. 53)

*„Snap or retaining rings according to DIN 471, DIN 472, or equivalent standard are permitted in OEM applications and for securing bearings and springs given that they do not bear any loads under normal driving conditions.“* (FSG, 2022, p. 53)

*„The IMD must be a Bender A-ISOMETER® iso-F1 IR155-3203 or -3204 or equivalent IMD approved for automotive use.“* (FSG, 2022, p. 93)

*„The TSMS must be marked with “TS” and a symbol according to “ISO 7010-W012” (triangle with a black lightning bolt on yellow background).“* (FSG, 2022, p. 93)

### **3.4 Aktuálna dostupnosť materiálu a súčiastok**

Kríza surovín, súčiastok, dielov a komponentov spôsobená pandémiou a vojnovým konfliktom výrazne zasiahla trh sériových výrobných spoločností (narušenie princípu “Just in Time“) a teda aj kusových odberateľov, ktorým je tím TU Brno Racing. Od roku 2020 je jedným z vážnych obmedzení pri výrobe nového modelu monopostu pretrvávajúca nedostupnosť či príliš vysoká cena materiálov a súčiastok. Táto skutočnosť zapríčinila zmenu v procese návrhu nového monopostu a jeho dielov. Technický tím musí požiadať Management tím o overenie dostupnosti materiálu/súčiastky pred alebo v začiatkovej fáze jeho návrhu. Touto aktivitou sa zaisťuje časová efektívnosť pri návrhu a istota vyrobiteľnosti/použiteľnosti výsledného komponentu vozidla.

Nedostatky s najväčším vplyvom na TU Brno Racing:

1. **Nedostatok polovodičov:** komponentov každého elektronického zariadenia - teda materiálov potrebných na vytvorenie základných prvkov všetkých mikročipov. Polovodiče sú kľúčom k svetu elektroniky a všetkým jeho strategickým rozvojovým oblastiam: AI, cloud, IoT, elektrické vozidlá atď.
2. **Nedostatok gumy:** zapríčinil v minulej sezóne tímu TU Brno Racing oneskorenú testovaciu dobu o 4 týždne z dôvodu nedodržania dodacej doby.
3. **Nedostatok uhlíkových vlákien:** spôsobil zastavenie výroby uhlíkových látok, používaných v tíme na výrobu kompozitových dielov – monokok, aeropaket, obal battery pack-u, volant, sedačka, rôzne zavesenia a držiaky.
4. **Nedostatok automobilových konektorov:** donútil tím k používaniu plastových, menej spoľahlivých, väčších a ťažších konektorov, ktoré sú náchylné na poškodenie.
5. **Chemické výrobky:** lepidlám, epoxidom, čistidlám, mazivám a pod., používaným v automobilovom priemysle a špecializovane pri výrobe kompozitových dielov sa enormne navýšila dodacia doba, ceny a znížil počet povolených kusov v jednej objednávke.

### 3.5 Vyhodnotenie analytickej časti

Procesné riadenie a jeho zlepšenie predstavuje kľúčový prvok pre úspech akéhokoľvek projektu. Analytická časť poskytla ucelený pohľad na aktuálny stav tímu TU Brno Racing, zahŕňajúc analýzu prototypovej dielne, predstavenie tímu a súčasných podmienok v súťaži Formula Student a poskytla náhľad do dostupnosti výrobného materiálu. Z týchto informácií je možné bezprostredne usúdiť, že zlepšenie procesného riadenia by mohlo pomôcť v dosahovaní lepších výsledkov a zvýšení kvality, časovej a zdrojovej efektivity projektu.

Procesné riadenie predstavuje súbor opatrení a technológií, ktoré sa zameriavajú na riadenie a zlepšovanie procesov v organizácii. Jednou z metód, ktorá sa v tomto konkrétnom prípade javí ako ideálna, je používanie procesných diagramov a ich analýza tak, ako je pozorovateľné v prílohe č.I. Tieto diagramy slúžia na vizuálnu reprezentáciu procesov a umožňujú ich lepšie pochopenie. Ich použitie môže pomôcť pri identifikácii slabých miest v procesoch a umožniť ich zlepšenie. Analytická časť už poskytla pohľad na celkové procesy

projektu, no bližšia analýza pomocou novo-vytvorených procesných diagramov môže pomôcť v identifikácii konkrétnych miest, ktoré treba zlepšiť.

Okrem toho by bolo v tomto konkrétnom prípade vhodné použiť aj iné metódy procesného manažmentu, ako je napríklad RASIC matica, VSM metóda, DMAIC matica alebo Ishikawov diagram. Tieto metódy sa zameriavajú na zlepšenie efektivity a štandardizácie v oblasti riadenia ľudských a materiálových zdrojov.

Transformácia prototypovej dielne sa javí ako potencionálny krok pre zlepšenie pracovaného toku v mieste zázemia a jej efektívne použitie by docielilo zvýšenie produktivity členov tímu. Táto transformácia môže zahŕňať lepšiu organizáciu dielne, optimalizáciu pracovného priestoru a implementáciu lepších procesov riadenia materiálu. Zlepšenie toku pracovníkov môže viesť k zníženiu času potrebného na výrobu, zvýšeniu kvality a zlepšeniu celkového výkonu projektu.

Okrem toho by sa mohlo zvážiť aj využitie interných technologických postupov a softvérových nástrojov, ako napríklad automatizovaného procesného riadenia alebo softvérových nástrojov na správu projektov, aby sa zabezpečila väčšia transparentnosť, sledovateľnosť a účinnosť v riadení projektu.

Je dôležité zdôrazniť, že zlepšenie procesného riadenia, ktoré bude tvoriť návrh znalostnej báze použiteľnej v ďalších projektoch tímu TU Brno Racing je kľúčové pre zvýšenie úspešnosti projektu. Implementácia týchto metód môže pomôcť tímu zlepšiť efektivitu, zvýšiť produktivitu a kvalitu práce, čím by sa dosiahlo lepšie postavenie v súťaži, zvýšila by sa vzdelávacia úroveň tímu a získalo by sa uznanie od odborníkov v danej oblasti.



## 4 Súčasné použitie metód procesného managementu v projekte

Existuje viacero definícií BPM (Business Process Management), avšak vo všeobecnosti ide o súbor metód – nástrojov a technológií, používaných na navrhovanie, analýzu a riadenie prevádzkových procesov. V projekte TU Brno Racing je momentálne aktívne aplikovaných a využívaných 5 rôznych nástrojov BPM, ktoré slúžia k aktívnej analýze súčasného stavu a nasledovných návrhov na jeho zlepšenie. Popis a analýza týchto nasledovných metód je základom pre určenie vlastných návrhov riešení (vylúčenie duplikovania už použitej metódy v projekte):

### 4.1 Teória obmedzení

Teória obmedzení slúži v projekte na poukázanie úzkeho miesta, ktorý obmedzuje fungovanie celého tímu. Toto úzke miesto môže mať mnoho podôb, napríklad jeden konkrétny výrobný stroj, nesprávna organizačná schéma, nevhodný dodávateľský reťazec a podobne. Aj v tíme TU Brno Racing narážame na obmedzenia zasahujúce do každodenného fungovania, preto v Teórii obmedzení skúmame vždy momentálne ten najväčší.

Na nasledovnej tabuľke vidíme použitie Teórie obmedzení, ktorá bola vypracovaná kvôli obmedzeniu – Nedostatok voľných financií. Môžeme teda vidieť, že použitie relevantnej metódy je v praxi využívané a využiteľné aj v budúcnosti, teda vylučujeme jeho spracovanie do vlastného návrhu riešení.

Tabuľka č. 2: Teória obmedzení analyzujúca problém nedostatku voľných financií

	Inštrukcia	Kontent - čo ?	Dôvod - prečo?	Operácia - ako?	
Teória obmedzení	krok 1	Identifikácia obmedzenia;	Nedostatok voľných financií	Odchod partnerov počas globálnej krízy v priemysle	Nárazový odchod v jendom období bez možnosti konzultácie
	krok 2	Maximálne využitie tohto obmedzenia;	Maximálna snaha budúcich inžinierov prísť na inovované spôsoby použitia lacnejšieho materiálu alebo staršej technológie.	Zachovanie stájej kvality, rovnakej hmotnosti a inžinierskej vyspelosti aj s menším rozpočtom	Navýšenie pracovnej doby pri návrhu aj výrobe
	krok 3	Podriadenie ostatných častí tomuto obmedzeniu;	Šetrenie na netechnických výdavkoch	Snaha docieľiť možnosť náhradného dielu vyrobeného z drahšieho materiálu	Pridanie kontrolnej osoby na každú finančú transakciu
	krok 4	Odstránenie obmedzenia;	Management tím zvýši výkon pri hľadaní nového partnera skrz Marketingovú kampaň založenú na vyzdvihnutí inžinierskych schopností študentov v tíme	Nový partner = viac financií	Kampaň so študentami využívajúcimi minimálne zdroje s potrebou zapojiť maximálnu kreativitu inžinierskej schopnosti zaujme priemyselné firmy
	krok 5	návrat k 1. kroku a cyklus zopakovať.			

## 4.2 Metóda 5S

Pomocou aplikácii týchto piatich stupňov v projekte a prototypovej dielni TU Brno Racing je zaistená lepšia organizácia pracoviska vedúca k eliminácii plytvania, zvýšeniu produktivity a bezpečnosti na pracovisku. Metóda 5S sa aplikuje pomocou nasledovných bodov:

1. **Seiri:** vytriedenie a odstránenie nepotrebných vecí:
  - Urobiť poriadok (nepotrebné diely, náradie a odkladacie plochy, ...).
  - To čo nie je potrebné, sa ihneď vyhodí.
  
2. **Seiso:** vyčistenie pracoviska
  - Pracovníci čistia svoje pracoviská a svoje stroje sami.
  - Nedostatky v kvalite a na zariadeniach sa včas odhalia (čistenie je skúšanie).
  
3. **Seiton:** usporiadanie potrebných vecí
  - Označenie a unifikácia pracovných prostriedkov a odstavných plôch.
  - Označiť zhromažďovacie plochy, vozovky a chodníky.
  
4. **Seiketsu:** ustanoviť pravidlá
  - Pravidlá sa štandardizujú a zviditeľnia na pracovisku.
  - Predpokladom je disciplína a tréning.
  
5. **Shitsuku:** všetky body dodržiavať a vylepšovať
  - Štandardy sa dodržiavajú a stále vylepšujú.
  - Manažéri vytvoria rámcové podmienky pre udržiavanie stavu a pri odchýlkach iniciujú aktivitu.

## 4.3 Metóda Poka-Yoke

V univerzitnom tímu, tvorenom študentami ide najmä o vzdelávanie sa a nadobúdanie skúseností v odbore, čo sa nezaobíde bez výroby chybných kusov, zničeného materiálu, nástrojov alebo zlých prvotných návrhov. Chybovosť je pri procese výroby či montáže vo svete Formula Student bežná, preto sa daný tím musí snažiť chybovosť obmedziť na čo najmenšiu.

Metóda Poka-Yoke priniesla pomerne jednoduchú a zároveň veľmi účinnú prevenciu proti chybám, ktorá je interne rozdelená na POKA-YOKE konštrukcie (designu) a POKA-YOKE procesu. V tíme TU Brno Racing je aktívne využívaný najmä pri elektrotechnických komponentoch ako DPS, tlačidlách na zapnutie vysokého napätia, napájanie batérie či zaistenie pilota.

Na obrázku č. 10 je pozorovateľný vlastný návrh dosiek plošných spojov, ktoré majú vždy dodržané pravidlo rôznych konektorov. V prípade, že prichádza k zapájaniu konektorov, je nemožné nesprávne zapojenie a funkcia DPS zostane vždy správna.



Obrázok č. 11: Demonštrácia použitia metódy POKA-YOKE na DPS

#### 4.4 Metóda Jishuken

Ako bolo vysvetlené v teoretickej časti, metóda sa opiera o základný systém Kanban a v tíme TU Brno Racing sa ňou docieľuje vznik a fungovanie samo-študijných skupín. Vedúci sekcií a lídri tímu sú vedení k priamemu styku s učením sa o procesoch, za ktorý sú v konečnom dôsledku zodpovední.

Najväčšou výhodou Jishuken je jeho primárna zameranosť na aktivity lídrov a vedenia, ktorý najčastejšie zavádzajú Kaizen opatrenia do výroby, avšak nikdy ju neabsolvujú.

Táto metóda je v tíme TU Brno Racing využívaná často a na základe pomoci vedenia vo výrobe, montáži či pri iných technických/manuálnych prácach majú možnosť lídri skupín sami zaznamenať posun v efektívite zlepšenia procesov skrz ich reálne poznanie.

## **5 Vlastný návrh znalostnej základne procesného riadenia projektu**

V predošlých kapitolách boli teoreticky a analyticky preskúmané možnosti, ktoré v súčasnosti sú alebo naopak doposiaľ nie sú v rámci procesného riadenia projektu TU Brno Racing využívané. Nie všetky sa dajú v prototypovej výrobe využívať ako vzorové metodiky a konkrétne v tomto tíme sú špecifiká používania BPM nástrojov ešte dôraznejšie.

Návrhy na zlepšenie procesného riadenia projektu TU Brno Racing, vyplývajúce z doposiaľ nadobudnutých zistení, klasifikujem do 5 nasledovných podkapitol:

### **5.1 Tvorba procesných a vývojových diagramov**

Zlepšovanie procesov je pre tento univerzitný tím evolučným prvkom a vyžaduje si systematický prístup – zachytenie procesu „tak, ako je“, dostatočne podrobne s relevantnými aktivitami, určenou zodpovednosťou a ich prepojením.

Existuje mnoho typov BPMN schém, ktoré sa dajú použiť na rôzne typy procesov. Niektoré schémy poskytujú lepšiu flexibilitu ako iné, niektoré zase väčšiu detailnosť alebo určenie zodpovedností. Ideálne je teda použiť kombináciu viacerých schém, poprípade opakovanou realizáciou v praxi nájsť typ, ktorý bude do projektu TU Brno Racing prinášať najväčšiu efektívnosť a kontinuálne zlepšovať dané špecifické procesy.

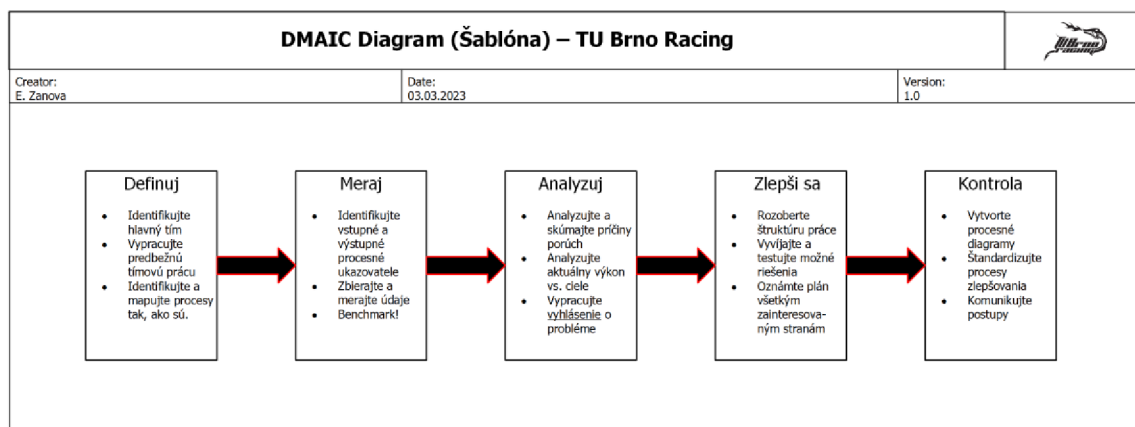
Medzi ideálne procesné a vývojové diagramy vhodné pre účely prototypového prostredia, akým je TU Brno Racing, patrí:

#### **5.1.1 DMAIC Diagram**

DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) je klasická metodika Six Sigma, ktorá sa zaoberá zlepšením produktivity (koľko), financií (ako veľa peňazí), kvality (ako dobre) a venovaného času (ako rýchlo) – PFQT.

Prístup DMAIC je navrhnutý tak, aby v prípade potreby umožňoval flexibilitu a opakovaný cyklus, ktorým docielime neustále zlepšovanie procesu.

Táto metodika sa dá v prototypovej výrobe využiť najmä kvôli dostatočnému času medzi nasledovnou výrobou.

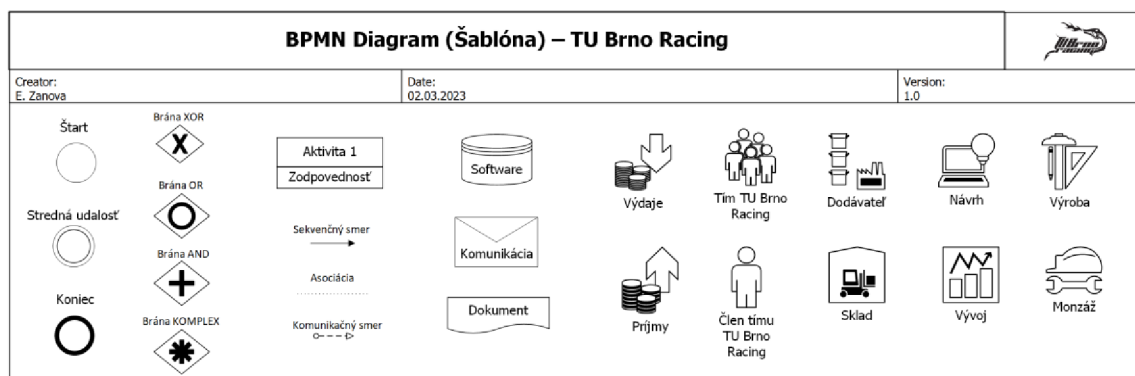


Obrázok č. 12: Šablóna DMAIC diagramu

### 5.1.2 BPMN Diagram

Vývoj BPMN diagramov je proces zachytávania všetkých relevantných informácií, ktoré vstupujú do procesu: kto je zapojený, za čo je zodpovedný, aké aktivity proces obsahuje, kde sa vykonávajú a pod.. Prvou fázou modelovania pracovných tokov v TU Brno Racing je zhromažďovanie práve týchto relevantných informácií pomocou DMAIC Diagramu a následne ich modelovanie do BPMN Diagramu.

Tento pracovný proces dokážeme modelovať pomocou stanovených typov objektov modelu (viď. obrázok č. 13). Nový pracovný postup, zostavený z aktivít, brán, udalostí, dráh, artefaktov, a prvkov sa testuje, implementuje, monitoruje a podľa potreby následne opakovane upravuje.

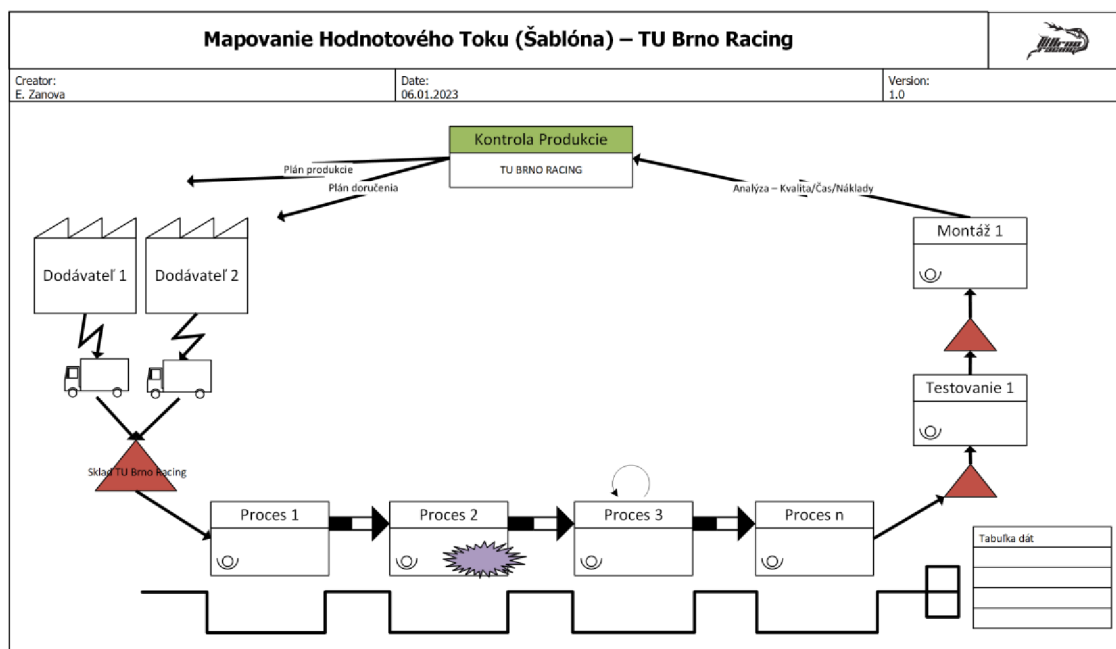


Obrázok č. 13: Šablóna BPMN diagramu

### 5.1.3 Mapovanie Hodnotového Tokú

Mapa toku hodnôt poskytuje grafický prehľad toku materiálu a informácií vo výrobnom procese. Je dobrým základom pre pochopenie toho, ako sú činnosti a operácie prepojené keďže tvorí základ pre nasledovné analýzy procesu. Teda je dôležité poznamenať, že na rozdiel od BPMN diagramov, ktoré slúžia najmä ako informatívny prvok, význam

mapovania hodnotového toku je najmä v zlepšovaní daného výrobného procesu. Táto metóda nie je doposiaľ oficiálne štandardizovaná, takže bolo vytvorenie vlastnej šablóny obzvlášť dôležité.

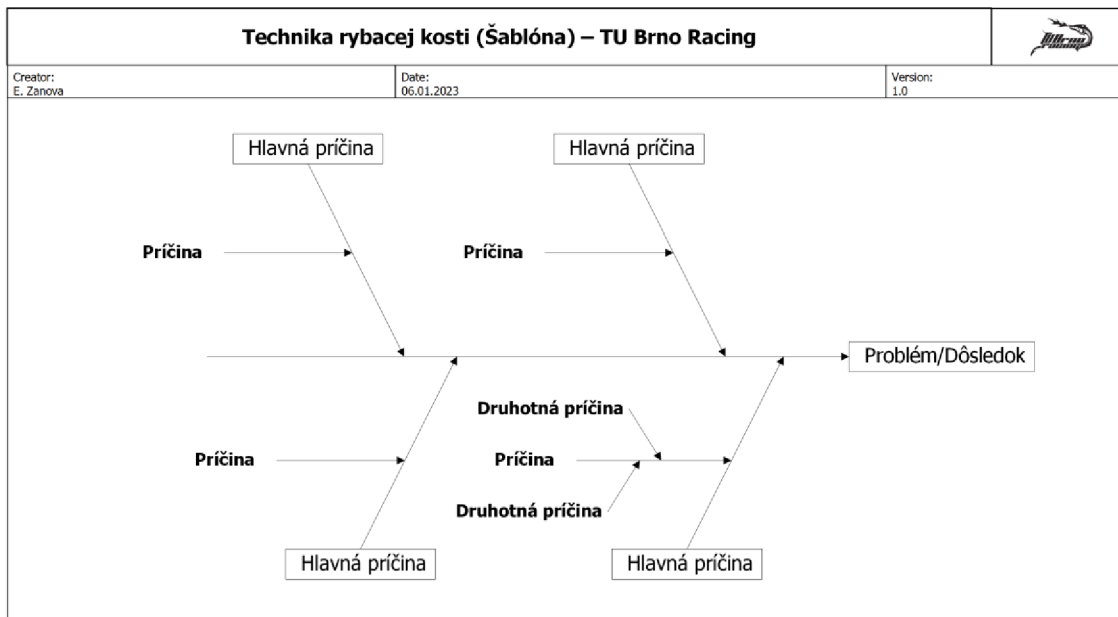


Obrázok č. 14: Šablóna Mapovania Hodnotového Tokú (VSM)

#### 5.1.4 Technika rybacej kosti

Analýza príčin a následkov (Technika rybacej kosti) pomôže v tomto univerzitnom projekte prepracovať sa cez možné „základné faktory“ problému tj. možné prispievajúce a kauzálne faktory (nielen symptómy), predtým než sa začne pracovať na návrhu efektívnych riešení.

Práca prostredníctvom analýzy príčin a následkov umožňuje zúčastneným vytvoriť snímku kolektívnej znalosti tímu o problematike, získať spoločný pohľad na problém a začať zvažovať návrh možných vylepšení/riešení.




Obrázok č. 15: Šablóna techniky rybecej kosti (Ishikawa diagram)

### 5.1.5 Ganttov Diagram

Ganttov diagram je jednoduchá, intuitívna, praktická a užitočná vizuálna reprezentácia projektových aktivít a ich jednotlivého trvania, ktorou je možné jednoducho vysvetliť progres a vývoj projektového úseku v danom časovom období, poprípade potrebu jeho úpravy. Ganttov diagram je ďalej nástrojom na zlepšenie kognitívnej schopnosti členov tímu TU Brno Racing vyrovnat' sa so štruktúrnou zložitou – koordináciou veľkého množstva rôznorodých a vzájomne závislých úloh.

Tabuľka č. 3: Šablóna Gantt diagramu

Gantt Diagram (Šablóna) – TU Brno Racing		
Creator: E. Zanova	Date: 03.03.2023	Version: 1.0

ID	Task Name	Start	Finish	Duration	Mar 2023																											
					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Úloha 1	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
2	Úloha 2	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
3	Úloha 3	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
4	Úloha 4	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
5	Úloha 5	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
6	Úloha 6	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
7	Úloha 7	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
8	Úloha 8	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
9	Úloha 9	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											
10	Úloha n	03.03.2023	03.03.2023	1d	■																											

V prototypovom odvetví, do ktorého jednoznačne patrí aj TU Brno Racing, môže byť použitie Gantt diagramu veľmi užitočné, pretože má nasledovné pozitívne prínosy použitia:

- Lepšia organizácia práce: Gantt diagram umožňuje vizuálne zobrazenie úloh a ich závislostí, čo umožňuje lepšie plánovanie a organizovanie práce v prototypovej dielni. Tým sa zabezpečuje, že všetky úlohy sú dokončené včas a správne zapracované do celkového projektu.
- Časové plánovanie: Gantt diagram umožňuje určiť časové rámce pre jednotlivé úlohy a zabezpečiť, aby boli dokončené v stanovenom čase. To môže pomôcť zabrániť oneskoreniu projektu
- Sledovanie pokroku projektu: Gantt diagram umožňuje sledovať pokrok projektu a porovnať skutočný časový harmonogram s plánovaným harmonogramom. Tým sa zabezpečuje priebeh projektu podľa plánu.
- Zlepšenie komunikácie: Gantt diagram môže taktiež slúžiť ako nástroj pre komunikáciu a koordináciu práce medzi členmi tímu. Zobrazuje úlohy a závislosti medzi nimi, čo umožňuje členom tímu lepšie pochopiť a koordinovať svoju prácu.

## 5.2 Aplikácia RASIC Matice

Matica RASIC je tabuľka priradenia zodpovednosti, ktorá mapuje každú úlohu, míľnik alebo kľúčové rozhodnutie spojené s dokončením projektu a poverením jednotlivcov, členov tímu, k ich príslušným povinnostiam.

V prílohe č. II je k videniu špecializovaná RASIC Matica, vytvorená presne pre potreby tímu TU Brno Racing. Jej základným prvkom je rozdelenie každého projektu v tíme do štyroch fáz – prípravná, plánovacia, realizačná a fáza uzatvárania. Okrem toho sa do ľavej časti matice vkladajú hlavné dáta aj poznámky.

V pravej časti matice je pripravená šablóna na výber konkrétnej pozície v tíme a jej nasledovné pridelenie jednej z piatich postavení v projekte.

V druhom liste tohto MS Excel dokumentu nájdeme inštrukčnú k používaniu.

Na priloženej tabuľke č. 4 je čiastočne znázornená popisovaná šablóna RASIC Matice:



## Tabuľka č. 4: Šablóna RASIC matice

**PROJECT RESPONSIBILITY ASSIGNMENT - RASIC MATRIX**

Project: XYZ  
07.03.2023

**RASIC Legend:**  
 R – Responsible  
 A – Approving  
 S – Supporting  
 I – Informed  
 C – Consulted

Project Deliverable	Project Participants											
	Project Leadership			Project Team Members			External			Affected Departments		
<b>Initiation Phase</b> (Optional RASIC for planning phase)												
Project scope definition												
General milestones / deliverables definition												
Clear definition of work packages (high level tasks breakdown)												
Involved department (Generic resource)												
Funding source												
<b>Planning Phase</b>												
Create Project Team												
Integration of initiation elements (Milestones/ Tasks breakdown/ Generic resources)												
Create Inquiry												
Create detailed engineering plan												
Budgeting - Partner Process												
Define organizational programme												
Contact with Project Partner												
Define rules of relevant project												
Allocate members from sections												
Project initiation based on available capacity check												
Budget planning phase												
Forecast and Whatif analysis												
Project approval												
Provide overview of material/machine capacity												

Použitie RASIC matice v tomto tíme môže mať niekoľko pozitívnych prínosov, medzi ktoré patria:

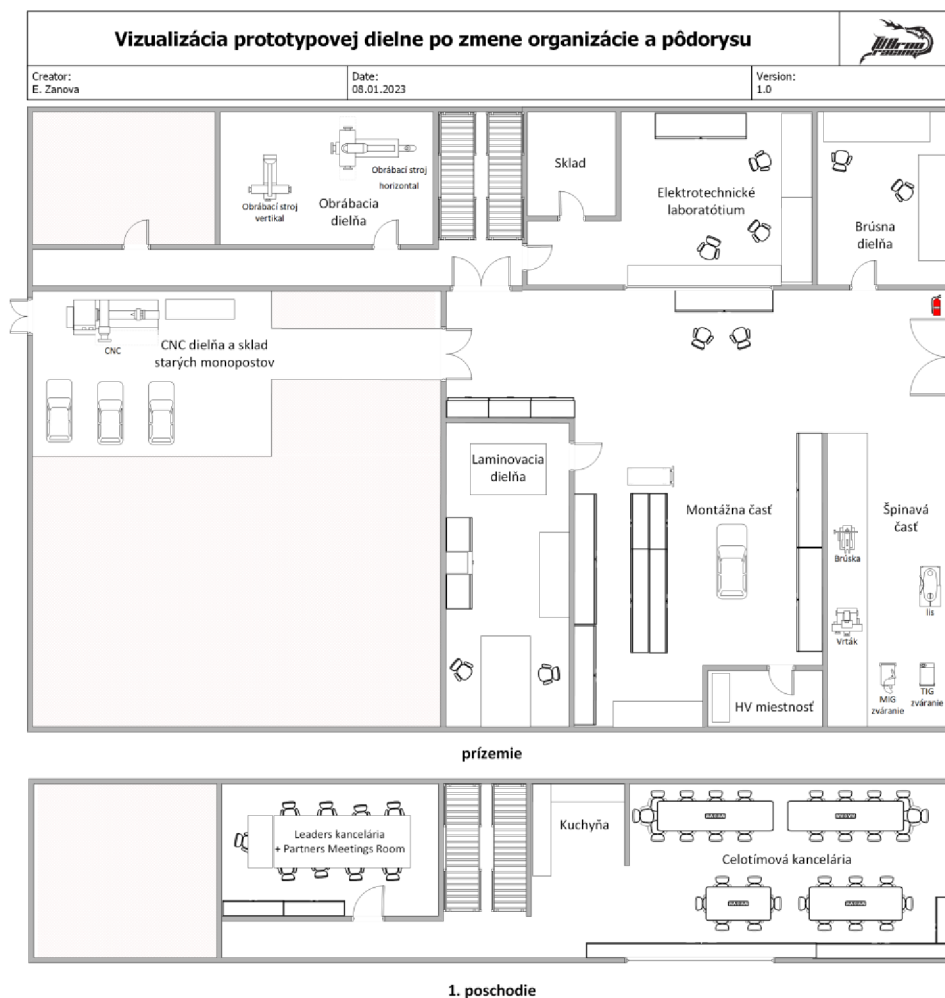
- Zlepšenie organizácie a plánovania podprojektov: RASIC matica pomáha určiť jednotlivé zodpovednosti a úlohy pre každého člena tímu, čo vedie k lepšej organizácii podprojektov a rýchlejšiemu plánovaniu.
- Zvýšenie efektivity: Tím, ktorý používa RASIC maticu, môže zlepšiť svoju produktivitu a efektivitu tým, že sa jasne definujú úlohy a zodpovednosti každého člena príslušnej sekcie.
- Zlepšenie komunikácie: Použitie RASIC matice vedie k jasnejšiemu a efektívnejšiemu komunikačnému procesu, kde každý vie, kto je zodpovedný za ktorú časť podprojektu.
- Zníženie rizika chýb: RASIC matica pomáha minimalizovať riziko chýb a zlepšuje kvalitu výsledného produktu.
- Zlepšenie spolupráce: Použitie RASIC matice môže pomôcť zlepšiť spoluprácu medzi členmi tímu, pretože každý vie, kto je zodpovedný za akú časť podprojektu a ako sa to vzťahuje k ostatným úlohám v podprojekte.

### 5.3 Zmena organizácie a pôdorysu prototypovej dielne

Zlá organizácia a umiestnenie zariadení vo výrobnéj dielni, ako aj nekontrolovaný tok zamestnancov a zlé využitie priestoru, majú nepriaznivé dopady a v konečnom dôsledku dostávajú dynamiku výrobného systému do ohrozenia. Zmenou usporiadania a pôdorysu môžeme aj v prototypovej dielni získať lepší tok materiálu, členov a samotnej práce. Vďaka aplikácii systematického plánovania rozloženia (SLP) a používania analytických nástrojov

v MS Visio je zrejme, že zlepšenie usporiadania fyzického priestoru a teda zlepšenie toku procesov v príslušnej prototypovej dielni by prinieslo pozitívne výsledky a zmenou organizácie a pôdorysu dokáže tento univerzitný tím ušetriť energiu, znižovať vzdialenosť pracovísk a zlepšiť komunikáciu aj organizáciu tímu.

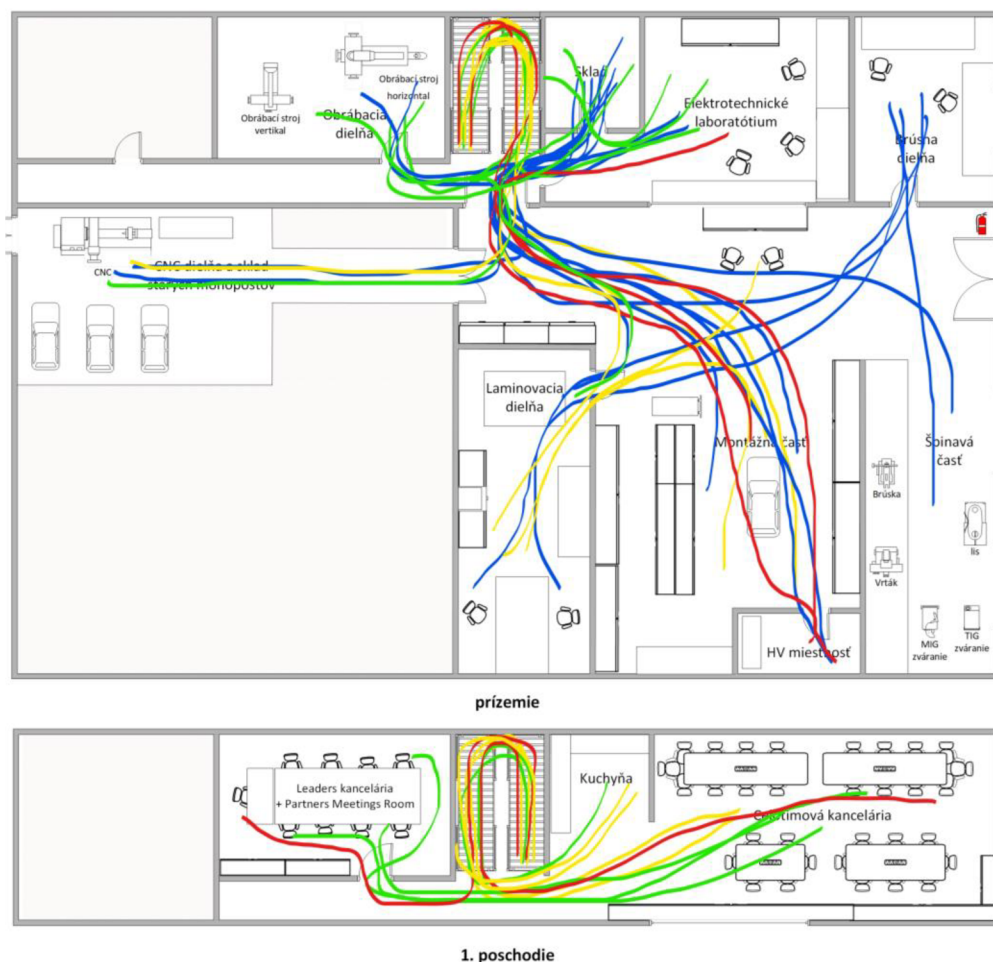
Na obrázku č. 16 je pozorovateľné najmä rozdelenie na pracovnú časť – prízemie a kancelársku časť – 1.poschodie. Oddelením čistej a špinavej práce medzi poschodiami urýchlime presuny materiálu a pracovníkov. Pomocou zoskupenej kancelárskej časti docielime lepšiu komunikáciu medzi členmi, najmä medzi jednotlivými sekciami. Miestnosť na vysoké napätie bola pridaná z dôvodu bezpečnosti členov a priestorov Fakulty strojného inžinierstva.



**Obrázok č. 16: Vizualizácia prototypovej dielne po zmenách**

Po aplikácii zmien sme vytvorili teoretickú analýzu pomocou špagetového diagramu. Tie isté trasy, ktoré boli odporozované pred zmenou boli zapísané do nového pôdorysu po

zмене. Špagetový diagram, zobrazený na obrázku č. 17. je zafarbený najmä modrou a zelenou, čo poukazuje na zvýšenie efektívnosti toku a pohybu v prototypovej dielni.



**Obrázok č. 17: Špagetový diagram toku na prototypovej dielni po zmenách**

Zakreslenie toku do pôdorysu bolo farebne rozlíšené na červenú – nadbytočný pohyb, žltú – neefektívny pohyb, modrú – neutrálny pohyb a zelenú – efektívny pohyb.

#### 5.4 Technologické postupy a ich potenciál v TU Brno Racing

V záujme trvalej finálnej kvality a funkčnej spoľahlivosti výrobkov (komponentov, súboru komponentov, monopostu) je nutné dodržať pri výrobe určité podmienky a spôsoby vykonania prác.

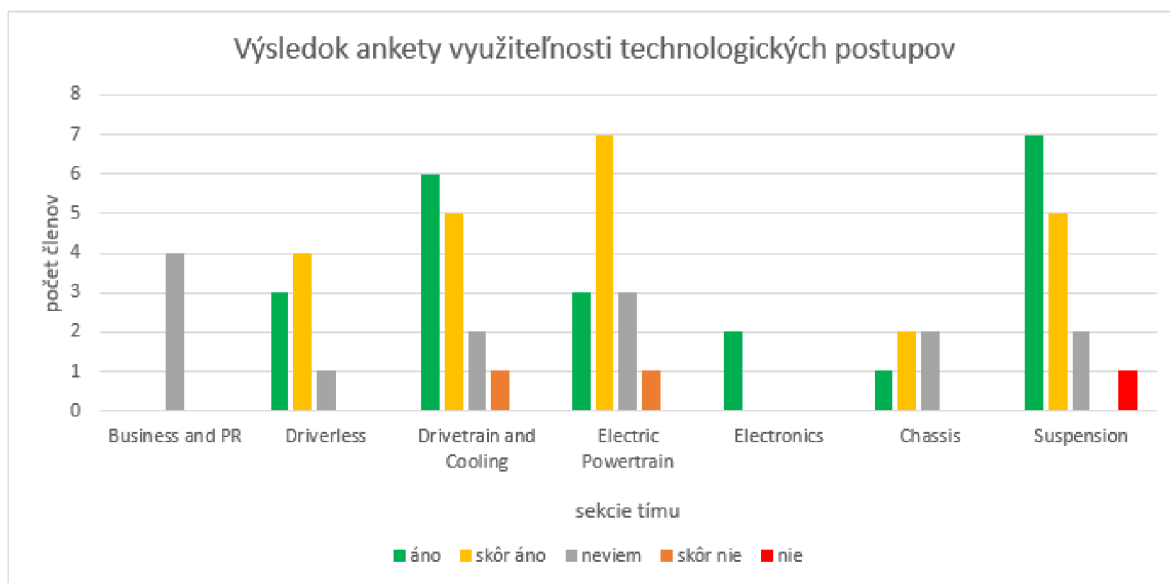
Najmä pri uplatňovaní nových technológií v praxi nadobúda na význame plná informovanosť Výrobného tímu. Pre bezprostrednú podporu riadenia výroby navrhujem pre tím TU Brno Racing využitie technologických postupov pri všetkých opakovaných výrobných procesoch.

Technologický postup tímu musí obsahovať nasledujúce základné parametre:

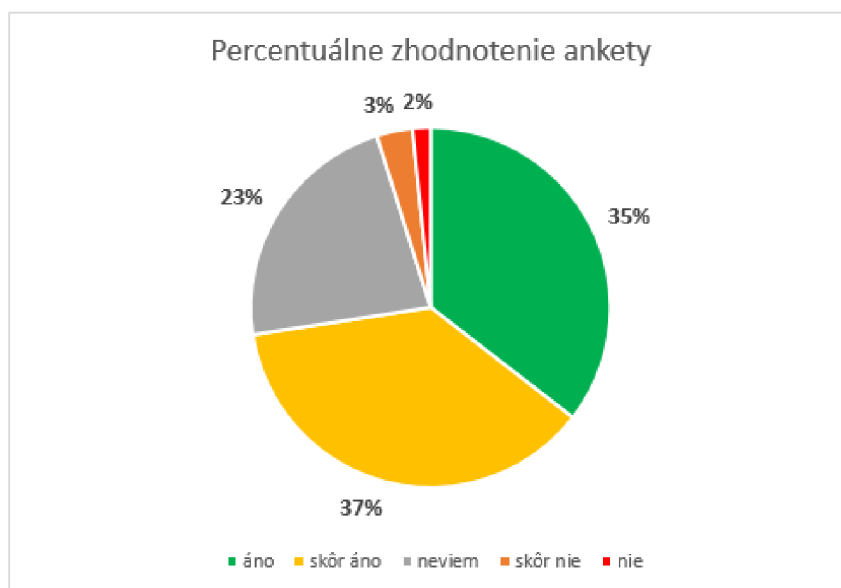
1. výrobné prostriedky, tj. výrobné zariadenia, prípravky, nástroje a meradlá
2. sled operácií vrátane popisu práce
3. počet vyrábaných kusov (náhradné diely)
4. technologické podmienky vrátane režimov práce strojov
5. jednotlivé operačné rozmery
6. odhadované pracovné časy pri jednotlivých operáciách

Technologický postup má potenciál stať sa v tíme TU Brno Racing rovnako platným ako technický výkres a slúžiť ako výmena presných informácií medzi Technickým tímom, ktorý je zodpovedný za návrh a Výrobným tímom, ktorý je zodpovedný za vlastnú výrobu.

Podľa ankety v tíme TU Brno Racing môžeme vidieť pozitívny potenciál tejto metódy vnímaný členmi rôznych sekcií (pokladaná otázka ankety mala znenie – Vnímate využitie vypracovania a používania technologických postupov v tíme TU Brno Racing ako využiteľnú v praxi pre zlepšenie fungovania výrobnéj časti tímu?):



Obrázok č. 18: Stĺpcový graf využiteľnosti technologických postupov



**Obrázok č. 19: Koláčový graf percentuálneho výsledku využiteľnosti technologických postupov**

S respondentami, ktorí v ankete odpovedali pozitívne, teda odpoveďou “áno“ a “skôr áno“ boli vypracované dôsledky, ktoré by využitie tejto metódy prinieslo (dôsledky sú zoradené zostupne podľa frekvencie opakovania odpovede):

1. Rýchlejšia a efektívnejšia komunikácia
2. Zníženie počtu zmätkov
3. Zlepšenie kvality
4. Zníženie výrobného času
5. Zníženie výrobných nákladov
6. Zlepšená spolupráca a organizácia

### 5.5 Prínos návrhov riešení

Navrhované riešenia pre riadenie procesov pre projekt TU Brno Racing sú podrobne popísané pri jednotlivých návrhoch, avšak vo všeobecnosti môžu priniesť nasledujúce výhody:

- Zlepšená efektívnosť a účinnosť procesov: Vytvorením diagramov procesov a ich následným vývojom, ideálne optimalizáciou, môže tím identifikovať kritické miesta a oblasti na zlepšenie. To môže pomôcť tímu zefektívňovať procesy, znížiť chyby a zvýšiť celkovú produktivitu.

- Lepšia komunikácia a spolupráca: Procesné a vývojové diagramy poskytujú vizuálnu reprezentáciu projektu a jeho komponentov, čo môže pomôcť členom tímu porozumieť ich rolám a zodpovednostiam. To môže zlepšiť komunikáciu a spoluprácu medzi členmi/sekciami tímu, znížiť nedorozumenia a chyby a zvýšiť celkovú efektívnosť.
- Nepretržitá optimalizácia procesov: Použitím diagramu DMAIC a BPMN môže tím implementovať cyklus neustáleho zlepšovania na monitorovanie, analýzu a optimalizáciu procesov. To môže pomôcť tímu dosiahnuť lepšie výsledky v čase, znížiť náklady a zlepšiť spokojnosť zákazníka, ktorým je v tomto prípade univerzita a partneri projektu.
- Lepšie rozhodovanie: Použitím systematického prístupu k riadeniu procesov môže tím robiť informovanejšie rozhodnutia na základe dát a analýzy. To môže pomôcť tímu identifikovať riziká a príležitosti a urobiť lepšie rozhodnutia pre budúcnosť projektu.
- Štandardizácia a konzistencia: Vytvorením štandardizovanej dokumentácie môže tím zabezpečiť konzistenciu a normalizáciu v rámci projektu. To môže pomôcť tímu znížiť chyby, zlepšiť kvalitu a zabezpečiť, že všetci pracujú na rovnakom ciele.

### 5.5.1 Podmienky realizácie

Hlavnými podmienkami správnej implementácie riešení správy procesov sú optimalizácia zdrojov a zlepšenie celkovej efektívnosti projektu. Projekt čelí obmedzujúcim faktorom, akými sú najmä ľudské zdroje, čas, financie, materiálne a znalostné zdroje. Práve efektívne riadenie týchto zdrojov je tým, čo zabezpečuje úspech projektu. Implementáciou systematického a štruktúrovaného prístupu k riadeniu procesov môže projekt doceliť účinnú alokáciu zdrojov a dosiahnutie cieľov v daných podmienkach a náročných obmedzeniach.

Pokiaľ ide o schopnosť projektu prispôbiť sa týmto navrhovaným riešeniam a efektívne ich využívať, je kritická ochota tímu prijať zmeny a nové spôsoby práce. Implementácia týchto riešení bude vyžadovať významnú investíciu času a úsilia od všetkých členov tímu a je nevyhnutné, aby sa každý zaviazal k procesu, za ktorý je zodpovedný a bol ochotný učiť sa a prispôbovať sa novým metódam.

Tím musí mať taktiež prístup k potrebným nástrojom a zdrojom, ako je softvér na mapovanie procesov, tréningové materiály a podpora od odborníkov na riadenie procesov – v tomto prípade stačí aktívna kooperácia so študentami vyšších ročníkov odboru Procesní manažment na Fakulte podnikateľskej. Okrem toho je dôležité stanoviť jasné komunikačné

kanály v tíme, aby bola zabezpečená informovanosť o navrhovaných riešeniach a porozumenie úlohám pri ich implementácii.

Celkovo navrhované riešenia pre procesné riadenie projektu TU Brno Racing poskytujú štruktúrovaný a štandardizovaný prístup k optimalizácii procesov, čo vedie k väčšej efektívnosti, produktivite a optimalizácii zdrojov. Úspech týchto riešení však závisí od ochoty tímu prijať zmeny a prijať nové pracovné metódy, ako aj od dostupnosti potrebných zdrojov a podpory.

## ZÁVER

Cieľom predloženej bakalárskej práce bola analýza súčasného stavu procesov a návrh vytvorenia znalostnej bázy použiteľnej v univerzitnom tíme TU Brno Racing a v ďalších projektoch. V úvode práce bola okrem teoretického podkladu práce spracovaná charakteristika celosvetovej súťaže Formula Student. Táto časť má za úlohu vysvetliť jej základné špecifiká a tak následne priblížiť organizáciu, stratégiu, analýzy a význam riešení v tíme TU Brno Racing, ktorý je súčasťou danej súťaže. Na základe dostupných informácií a vlastných skúseností bol ďalej spracovaný podrobný interný popis tímu z Vysokého učení technického v Brne tak, aby bol zachytený každý potrebný aspekt projektu pre ďalšie spracovanie.

Ako napovedá názov práce „*Procesní řízení prototypové výroby ve Formula Student*“, bola nevyhnutná analýza súčasného stavu procesného riadenia a výrobného procesu pre získanie základu práce. Základ práce teda spočíva v predstavi kompletnej produkcie tímu TU Brno Racing – jeho výrobného miesta, časového plánu a výrobku.

Analýza procesu špecializovaného na monopost Dragon e2 poukazuje na dostatočný priestor pre procesné riadenie tohto projektu, jeho potenciál a jednoduchosť spracovania. Proces je analyzovaný pomocou troch opakovateľných fáz, z hľadiska dostupnosti materiálu a súčiastok a v neposlednom rade prihliadajúc na bezpečnosť, ktorá je dôležitou časťou súťaže Formula Student, Vysokého učení technického v Brne a interných regulácií daného tímu.

Okrem samotného procesného riadenia pomocou BPMN diagramov, aké bolo znázornené v 3. kapitole, je taktiež možné a veľmi prospešné pre prototypovú výrobu využitie iných metód procesného managementu. Každá popísaná metóda sa v projekte TU Brno Racing analyzovala a jej výhody či nevýhody z hľadiska odborného odhadu boli popísané v príslušných podkapitolách.

Po vyhodnotení všetkých predošlých faktorov ovplyvňujúcich organizáciu projektu, orientujúceho sa na prototypovú výrobu, vznikli návrhy na zlepšenie jeho procesného riadenia. Návrhom, ktorý má pravdepodobnosť najsilnejšieho pozitívneho účinku (zvýšenie kvality, zníženie pracovného času, určenie zodpovednosti, zjednodušenie vedenia projektov, zníženie chybovosti, a pod.) je samotná tvorba procesných a vývojových diagramov, ktorá ďalej obsahuje 5 typológií diagramov s detailným spracovaním šablón, vhodných na bezprostredné použitie.



Ďalšie tri návrhy, konkrétne aplikácia RASIC Matice, zmena organizácie a pôdorysu prototypovej dielne a technologické postupy a ich potenciál, sú podpornými časťami hlavného návrhu a ich využitie zabezpečí opakovaný progres a docielenie kontrolovaného procesného riadenia v prototypovej výrobe.

Výsledné návrhy tejto bakalárskej práce sú spracované ako šablónové dokumenty v softvérových programoch MS Visio a MS Office.

## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- Aalst, W. v. d., 2016. *Process Mining: Data Science in Action*. Berlin: Springer.
- Andersen, B. & Fagerhaug, T., 2006. *Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques*. Boca Raton: CRC Press..
- Anupindi, R. a iní, 2016. *Managing Business Process Flows*. Boston: Pearson in Boston..
- Appelbaum, E., Bailey, T., Berg, P. & Kalleberg, A. L., 1999. *Manufacturing Advantage: Why High Performance Work Systems Pay Off*. s.l.:IRL Press.
- Arribas, G., 1992. *Flowcharting: A Tool for Understanding Computer Logic*. New York: Wiley.
- Black, J. T., 1991. *The Design of the Factory With a Future*. s.l.:McGraw-Hill College.
- Boutros, T. & Purdie, T., 2013. *The Process Improvement Handbook: A Blueprint for Managing Change and Increasing Organizational Performance*. New York: McGraw-Hill.
- Davenport, T. H., 1992. *Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology*. s.l.:Harvard Business Review Press.
- Dettmer, W. H., 1997. *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement*. s.l.:Asq Pr.
- Dumas, M., Rosa, M. L., Mendling, J. & Reijers, H. A., 2013. *Fundamentals of Business Process Management*. Berlin: Springer.
- Feigenbaum, A. V., 1983. *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Fowler, M., 2002. *Agile Software Development: Principles, Patterns, and Practices*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Francis, R. L. & White, J. A., 1992. *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*. s.l.:Prentice Hall.
- Frigon, N. L. & Mathews, D., 1996. *Practical Guide to Experimental Design*. s.l.:s.n.
- FSG, 2022. *Formula Student Germany Rules*. [Online] Available at: <https://www.formulastudent.de/fsg/rules/>
- Germany, F. S., 2022. *FSG Rules 2022*, s.l.: Formula Student Germany GmbH.
- Gillot, J. N., 2008. *The Complete Guide to Business Process Management*. s.l.:Independently published.
- Goldratt, E. M., 1992. *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. s.l.:North River Press.
- Grout, J. & Langkamp, D. K., 2015. *Mistake-Proofing for Lean Healthcare*. s.l.:Productivity Press.
- Hammer, M. & Champy, J., 2006. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: HarperBusiness.
- Harrington, J., 1991. *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. New York: McGraw-Hill.
- Harry, M. J. & Schroeder, R., 2006. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York: Doubleday.
- Hirano, H., 1996. *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. s.l.:Productivity Press.
- Imai, M., 1986. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill.
- Jacka, J. M. & Keller, P. J., 2000. *Business Process Mapping: Improving Customer Satisfaction*. New York: Wiley.

- Jeston, J. & Nelis, J., 2006. *Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations..* Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Jurová, M., 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou.* Brno: BizBooks.
- King, P. L., 2019. *Lean for the Process Industries.* New York: Productivity Press.
- Liker, J., 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.* s.l.:McGraw Hill.
- Madison, D., 2005. *Process Mapping, Process Improvement and Process Management: A Practical Guide to Enhancing Work Flow and Information Flow.* s.l.:Paton Professional.
- Montgomery, D. C., 2017. *Design and Analysis of Experiments..* Hoboken(USA): Wiley.
- Narusawa, T., Shook, J. & Womack, J., 2009. *Kaizen Express: Fundamentals for Your Lean Journey.* Bilingual edition ed. s.l.:Lean Enterprises Inst.
- Ould, M. A., 2005. *Business Process Management: A Rigorous Approach.* s.l.:Meghan Kiffer Pr .
- Palmes, P. C., 2009. *Process Driven Comprehensive Auditing: A New Way to Conduct ISO 9001:2008 Internal Audits.* ASQ Quality Press; Second edition: s.n.
- Patching, D., 1995. *Business Process Re-engineering: Getting to the Heart of the Matter.* s.l.:SSETS.
- Productivity Press Team, 1997. *Mistake-Proofing for Operators: The ZQC System.* s.l.:Productivity Press.
- Rother, M., Shook, J., Womack, J. & Jones, D., 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA.* s.l.:Lean Enterprise Institute.
- Rummler, G. A. & Brache, A. P., 1995. *Improving Performance: How to Manage the White Space in the Organization Chart.* 2nd edition ed. s.l.:Jossey-Bass.
- Řepa, V., 2012.. *Procesně řízená organizace.* Praha: Grada.
- Shingo, S., 1985. *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint.* s.l.:Productivity Press.
- Stamatis., D. H., 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution..* Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Weske, M., 2007. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures..* New York: Springer.
- Wheeler, D. J., 1993. *Understanding Variation: The Key to Managing Chaos..* 2 ed. s.l.:SPC Press.
- Wheeler, D. J., 2010. *Understanding Statistical Process Control and Process Capability Analysis.* s.l.:SPC PRESS.
- Womack, J. P. & Jones, D. T., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* 2nd edition ed. s.l.:Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D., 1990. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production..* New York: Free Press.

## ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZNAKOV

<b>Symbol</b>	<b>Skratka</b>
<i>DPS</i>	Dosky plošných spojov
<i>eD2</i>	Elektrický Dragon 2
<i>FS</i>	Formula Student
<i>FSG</i>	Formula Student Germany
<i>VUT</i>	Vysoké učení technické v Brne

## ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obrázok č. 1: Bodovanie disciplín Formula Student
- Obrázok č. 2: Organizačná schéma
- Obrázok č. 3: Graf konkurencieschopnosti v závislosti na veľkosti tímu
- Obrázok č. 4: Zjednodušená schéma siete TU Brno Racing
- Obrázok č. 5: Rozdelenie prototypovej dielne
- Obrázok č. 6: Vizualizácia prototypovej dielne
- Obrázok č. 7: Špagetový diagram toku na prototypovej dielni
- Obrázok č. 8: Procesný diagram všeobecnej návrhovej fázy
- Obrázok č. 9: Procesný diagram všeobecnej testovacej fázy
- Obrázok č. 10: Procesný diagram všeobecnej výrobnjej fázy
- Obrázok č. 11: Demonštrácia použitia metódy POKA-YOKE na DPS
- Obrázok č. 12: Šablóna DMAIC diagramu
- Obrázok č. 13: Šablóna BPMN diagramu
- Obrázok č. 14: Šablóna Mapovania Hodnotového Tokú (VSM)
- Obrázok č. 15: Šablóna techniky rybacej kosti (Ishikawa diagram)
- Obrázok č. 16: Vizualizácia prototypovej dielne po zmenách
- Obrázok č. 17: Špagetový diagram toku na prototypovej dielni po zmenách
- Obrázok č. 18: Stĺpcový graf využiteľnosti technologických postupov
- Obrázok č. 19: Koláčový graf percentuálneho výsledku využiteľnosti technologických postupov

## ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka č. 1: Časový plán sezóny 2022.....	35
Tabuľka č. 2: Teória obmedzení analyzujúca problém nedostatku voľných financií ..	42
Tabuľka č. 3: Šablóna Gantt diagramu.....	48
Tabuľka č. 4: Šablóna RASIC matice .....	50

## **ZOZNAM PRÍLOH**

- I. Procesný diagram vývoja, výroby a testovania monopostu Dragon e2
- II. RASIC Matica - šablóna