

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** N0715A270012S  
**Studijní specializace:** Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Optimalizace procesu sledování hmotnosti komponent kolejových vozidel v daném podniku**

**Autor:** Bc. Kirill LESH  
**Vedoucí práce:** Ing. Bc. Miroslav MALAGA, Ph.D.

Akademický rok 2023/2024

## Zadání DP

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kirill LESH**  
Osobní číslo: **S21N0004K**  
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Optimalizace procesu sledování hmotnosti komponent kolejových vozidel v daném podniku**  
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

### Zásady pro vypracování

- Úvod do problematiky
- Představení společnosti
- Analýza současného stavu
- Návrh optimalizaci databáze hmotnosti komponent
- Vypracování směrnice pro jednotlivé úseky/pracoviště
- Ověření přínosu
- Vyhodnocení a závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**  
Rozsah grafických prací: **–**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KERZNER, Harold, 2022. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. Thirteenth. Hoboken, New Jersey: Wiley.
2. FIŠER, Roman. Procesní řízení pro manažery: jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli. Praha: Grada, 2014. Manažer. ISBN 978-80-247-5038-5.
3. KLIMEŠ, Cyril, Modelování podnikových procesů, Ostrava 2014
4. DOLEŽAL, Jan. Projektový management. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2023.
5. SMITH, Richard. The Effective Change Manager's Handbook: Essential Guidance to the Change Management Body of Knowledge. London, Great Britain: Kogan Page, 2014. ISBN 9780749473075.
6. SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Expert (Grada). Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bc. Miroslav Malaga**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Josef Vavřínska**  
Škoda Transportation a.s.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
děkan

---

**Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Bc. Miroslavu Malagovi, Ph.D., za jeho čas, trpělivost, ochotu a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této práce.

Zároveň chci poděkovat panu Ing. Josefu Vavřínkovi, panu Ing. Jiří Čackému a celému kolektivu Rolling stock and Service – Tramway Platform a Process Tools and Methodology za podporu při zpracování práce a obrovské množství zkušeností předaných během dlouhých let spolupráce.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Lesh	<b>Jméno</b> Kirill	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	N0715A270012S Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Bc. Malaga, Ph.D.	<b>Jméno</b> Miroslav	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Optimalizace procesu sledování hmotnosti komponent kolejových vozidel v daném podniku		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	101	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	101	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci procesu sledování hmotnosti kolejových vozidel v celosvětově známém podniku. Hlavním cílem bylo navrhnout nástroje pro zjištění a maximální snížení odchylky mezi předpokládanou vypočtenou hmotností a hmotností hotového vozidla. Teoretická část se zabývá podstatou podnikových procesů a procesního řízení, popisuje metody projektového managementu a zlepšení procesů v organizaci. Praktická část je věnována optimalizaci samotného procesu ve fabrice a návržení metod potřebných pro jeho fungování. Mezi výstupy z práce patří vnitropodniková směrnice s instrukcemi pro každý úsek pracující s hmotností, návrh implementace nového softwaru pro výpočet a návrh databáze pro sledování reálné hmotnosti komponent.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	proces, optimalizace, procesní řízení, procesní mapy, kolejová vozidla, hmotnost komponentů, vnitropodniková směrnice, databáze

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Lesh		Name Kirill	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	N0715A270012S Industrial Engineering and Management			
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bc. Malaga, Ph.D.		Name Miroslav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Process optimization of monitoring the weight of components of rail vehicles in the given company.			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2024
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	101	<b>TEXT PART</b>	101	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The diploma thesis focuses on optimizing the process of monitoring the weight of rail vehicles in a globally recognized company. The main objective was to design tools for detecting and minimizing the deviation between the estimated calculated weight and the weight of the finished vehicle. The theoretical part addresses the essence of business processes and process management, describing methods of project management and process improvement within the organization. The practical section is dedicated to optimizing the process itself within the factory and proposing methods necessary for its functioning. Outputs of the thesis include an intra-company directive with instructions for each section dealing with weight, a proposal for implementing new software for calculation, and a design for a database to track the actual weight of components.
<b>KEY WORDS</b>	process, optimization, process management, process maps, rail vehicles, component weight, internal directive, database

## Obsah

Zadání DP.....	2
Přehled použitých zkratk a symbolů.....	10
Seznam obrázků .....	11
Seznam tabulek .....	12
Úvod.....	13
1 Proces a jeho zlepšování .....	15
1.1 Definice procesu .....	15
1.1.1 Typy procesů.....	15
1.1.2 Mapování procesu .....	16
1.1.3 Modelování procesu .....	16
1.2 Procesní řízení .....	17
1.3 Procesní maturita .....	18
1.3.1 Organizační struktura .....	18
1.3.2 Kultura organizace .....	19
1.3.3 Manažerský styl.....	20
1.3.4 Trojúhelník SSK.....	21
1.3.5 Pyramida procesní maturity .....	22
1.4 Zavádění procesního řízení.....	24
1.5 Zlepšování podnikových procesů .....	24
1.5.1 Lean Six Sigma .....	25
1.5.2 Poznávací procesy .....	26
1.6 Křivka změny .....	26
2 Projektový management.....	29
2.1 Řízení organizačních změn a firemní kultury.....	30
2.2 Funkční tým.....	30
2.3 Vnitřní partnerství.....	31
2.4 Projektové techniky .....	32
2.4.1 Brainstorming.....	33
2.4.2 Diagram příčin a následků.....	33
2.4.3 Demingův cyklus.....	34
2.4.4 Myšlenkové mapy .....	35
2.4.5 Síťový graf .....	35
2.4.6 Ganttův diagram.....	36
3 Popis stávajícího stavu .....	38



3.1	Představení společnosti.....	38
3.2	Hmotnost kolejových vozidel.....	39
3.3	Stávající proces.....	40
4	Analýza současného stavu.....	42
4.1	Definice problému.....	42
4.2	Návrhy pro řešení problematiky.....	44
4.3	Rozdělení problematiky.....	45
5	Optimalizace procesů dle etapy výroby.....	47
5.1	Nabídková fáze.....	47
5.2	Předprojekt.....	48
5.3	Projekt.....	50
5.4	Konstrukce.....	52
5.5	Výroba.....	53
5.6	Sumarizace.....	54
6	Nástroje pro fungování procesů.....	56
6.1	Software pro výpočet.....	56
6.2	Návrh databáze pro verifikaci reálné hmotnosti.....	63
6.3	Návrh vnitropodnikové směrnice.....	66
7	Ověření přínosů.....	67
7.1	Zkušební provoz databáze.....	67
7.2	Výsledky výpočtu v WDT 3.....	70
	Závěr.....	72
	Seznam použitých zdrojů.....	74
	PŘÍLOHA č. 1.....	i
	PŘÍLOHA č. 2.....	i
	PŘÍLOHA č. 3.....	i

## Přehled použitých zkratk a symbolů

3D	Three-dimensional
ARIS	Architektura integrovaných informačních systémů
BOM	Bill of materials
BPD	Business Process Diagram
BPML	Business Process Modeling Language
BPMN	Business Process Model and Notation
CAX	Computer-aided technologies
CEO	Chief executive officer
CPM	Critical Path Method
ČSN	Česká technická norma
DMADV	Define-Measure-Analyze-Design-Verify
DMAIC	Define-Measure-Analyze-Improve-Control
FAI	First Article Inspection
HS	Hrubá stavba
ISO	International Organization for Standardization
MBS	Multi-body system
MEE	Main Electrical Engineer
MME	Main Mechanical Engineer
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PDSA	Plan-Do-Study-Act
PLM	Product Lifecycle Management
PM	Project manager
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
QM	Quality Manager
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
SCORE	Select-Clarify-Organize-Run-Evaluate
SSK	Struktura – Styl - Kultura
SW	Software
UML	Unified Modeling Language
WDT	Weight Data Tool
WM	Weight Manager

## Seznam obrázků

Obr. 1: Vzor procesní mapy – prodej auta [4].....	16
Obr. 2: Základní elementy diagramu aktivit [4].....	17
Obr. 3: Funkční organizační struktura [9].....	18
Obr. 4: Schematické znázornění organizačních struktur [11].....	20
Obr. 5: Manažerská mřížka [8] .....	20
Obr. 6: Trojúhelník SSK [8].....	21
Obr. 7: Pyramida procesní maturity [8] .....	22
Obr. 8: Pět stupňů zralosti projektu [12].....	23
Obr. 9: Schéma neustálého zlepšování procesu [4].....	24
Obr. 10: Cyklus DMAIC [3] .....	26
Obr. 11: Křivka změny [13] .....	27
Obr. 12: Přehled řízení projektu [12] .....	29
Obr. 13: Vstupy do metodologie [12] .....	30
Obr. 14: Síla partnerství [12].....	32
Obr. 15: Příklad diagramu příčin a následků – zmetkovitost ve výrobě [16] .....	33
Obr. 16: Demingův cyklus [18].....	34
Obr. 17: Shrnutí knihy ve formě myšlenkové mapy [20] .....	35
Obr. 18: Vzor síťového grafu s vyznačenou kritickou cestou [22].....	36
Obr. 19: Ganttův diagram [24].....	37
Obr. 20: ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [26].....	38
Obr. 21: Tramvaj 41T pro město Bonn [29] .....	39
Obr. 22: Tramvaj EVO1 [30] .....	40
Obr. 23 Aktuální proces práce s hmotností [zdroj: vlastní zpracování].....	40
Obr. 24: Definice problému – Ishikawa diagram [zdroj: vlastní zpracování].....	42
Obr. 25: Metody řešení problematiky – myšlenková mapa [zdroj: vlastní zpracování] .....	45
Obr. 26: Rozdělení příčin vzniku problematiky dle etapy [zdroj: vlastní zpracování] .....	46
Obr. 27: Procesní mapa – Nabídka [zdroj: vlastní zpracování] .....	48
Obr. 28: Procesní mapa – Před-projekt [zdroj: vlastní zpracování].....	49
Obr. 29: Procesní mapa – Projekt [zdroj: vlastní zpracování] .....	51
Obr. 30: Vzor položky v PLM .....	52
Obr. 31: Procesní mapa – Konstrukce [zdroj: vlastní zpracování] .....	53
Obr. 32: Procesní mapa – Výroba [zdroj: vlastní zpracování].....	54
Obr. 33: Procesní mapa – Sumarizace [zdroj: vlastní zpracování] .....	55
Obr. 34: Vzor zadaných parametrů vozidla a vstupních dat – detail .....	57

Obr. 35: Vzor výsledků .....	58
Obr. 36: Detail vzorců ve vstupních datech .....	60
Obr. 37: Vzor zobrazení projektu v WeightDataTool 3 .....	62
Obr. 38: Vzor dat k položce v databázi .....	63
Obr. 39: Vzor dat k položce v databázi – Realita a Vyhodnocení .....	64
Obr. 40: Vzor dat k položce – list Limity .....	64
Obr. 41: Vzor dat k položce – list Zvážené položky .....	64
Obr. 42: Vzor dat k položce – list Položky ke zvážení .....	65
Obr. 43: Vzor dat k vozidlu – list Přehled.....	65
Obr. 44: Vzor dat k položce – tabulka Verifikace.....	65
Obr. 45: Statistika zvážených položek .....	67

## Seznam tabulek

Tab. 1: Hlavní znaky a porovnání Lean a Six Sigma [3] .....	25
Tab. 2: Příčiny chyb výpočtů [zdroj: vlastní zpracování] .....	43
Tab. 3: Příčiny nepřesného odhadu hmotnosti komponent [zdroj: vlastní zpracování].....	43
Tab. 4: Problémy při zjištění reálné hmotnosti [zdroj: vlastní zpracování] .....	43
Tab. 5: Příčiny skupiny Procesy [zdroj: vlastní zpracování] .....	44
Tab. 6: Rozdělení příčin vzniku problematiky [zdroj: vlastní zpracování].....	44
Tab. 7: Výsledky vážení vozidla [zdroj: vlastní zpracování].....	68
Tab. 8: Výsledky výpočtu hmotnosti pro prázdné vozidlo [zdroj: vlastní zpracování] .....	70
Tab. 9: Výsledky výpočtu hmotnosti pro plně naložené vozidlo [zdroj: vlastní zpracování]..	71

## Úvod

Není možné si představit správné fungování dnešní společnosti bez alespoň částečné orientace na proces, důležitost procesů je neoddiskutovatelná. Lze to ukázat na příkladu profesora managementu Charlese Finese, který učí na prestižním Massachusettském technologickém institutu. K nejvýznamnějším inovacím v oblasti manažerského myšlení během dvacátého století patřily:

- vynález pohyblivé výrobní linky a standardizace práce (Henry Ford);
- statistická kontrola kvality (Edwards Deming, Joseph Juran);
- štíhlá výroba (Sakichi Toyoda – CEO Toyota Motor Corp.);
- teorie omezení (Eliyahu Goldratt);
- orientace na proces (Michael Hammer, James Champy, Roger Burlton, Peter Fingar, Howard Smith, August Wilhelm Scheer). [1]

ISO 9001:2015 definuje pro jako soubor vzájemně provázaných činností využívajících vstupy k dosahování zamýšleného výsledku, přitom vstupy a výstupy mohou být hmotné (například materiál, součástky nebo vybavení), nebo nehmotné (například data, informace nebo znalosti). [2]

Za posledních 20–30 let se procesy staly jedním z hlavních nástrojů pro řízení chodu všech společností. Procesy existují a probíhají v každém podniku bez ohledu na to, jestli jsou zdokumentované a doplněné do vnitropodnikových návodů a směrnic. Nepopsané procesy často také dosahují svých cílů, ale většinou se zpožděním nebo s vynaložením většího úsilí nebo nákladů. Například když dva pracovníci budou mít za úkol svařit rám nákladního auta, ale nebudou mít k dispozici podrobný technologický návod, každému to zabere jiné množství času a možná i materiálů, tím podnik přijde o potenciální zisk. Řízení všech procesů v podniku vede k jejich zefektivnění a ke zvýšení efektivity a zisku organizace.

Tato práce je zaměřena na zefektivnění procesu sledování hmotnosti kolejových vozidel ve společnosti ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Proces je aktuálně řízen náměty a pokyny specialistů a samotné sledování většinou spadá do kompetence jednotlivých konstruktérů. Proces se aktuálně považuje za neřízený a nikde nepopsaný, fungování a spolupráce nemá dostatečnou efektivitu. Součástí práce je zpracování návrhu vnitropodnikové směrnice, popisující proces sledování hmotnosti vozidla od spuštění nabídkového řízení pro získání tendru až po finální verifikaci hmotnosti u vyrobeného vozidla. Takový proces u každého projektu trvá 3 až 4 roky.

Sledování tak důležitého parametru jako hmotnost vyžaduje obsírnou a neustále doplňovanou databázi. Všechny položky, ze kterých se skládá výrobek, jsou samozřejmě vedeny v PLM systému spolu se zadanou hmotností, která ale většinou není ničím ověřena, proto je součástí práce také vypracování nástrojů pro zpětné zadávání reálné navážené hmotnosti jednotlivých komponent na každém projektu do PLM systému.

Tato práce se skládá z teoretické části, zabývající se podstatou podnikových procesů a procesního řízení, popisuje metody projektového managementu nutné pro zavedení a zlepšení jednotlivých procesů v organizaci a nakonec popisuje podnik a podstatu procesu, kterým se zabývá práce.

Druhou polovinu práce tvoří praktická část, která se zabývá optimalizací procesu sledování hmotnosti ve firmě. Zálležitosti spojené s řízením projektu a návrhem a optimalizací procesu byly provedeny dle teorie zpracované v teoretické části. Byly připraveny procesní mapy pro práci s hmotností pro každou etapu vývoje a výroby vozidla.

Na základě zjištěných potřeb pro správné fungování nově navržených procesů byly následně připraveny nové nezbytné nástroje. Na závěr byl proveden zkušební provoz nového procesu a navržených nástrojů, byl ověřen přínos a stanoven další postup pro zajištění největší přesnosti při sledování hmotnosti kolejových vozidel.

# 1 Proces a jeho zlepšování

Slovo „proces“ je tak běžné v našem každodenním životě, že si často ani neuvědomujeme široké spektrum jeho významů. Děti procházejí vzdělávacím procesem, postupně získávají vědomosti nezbytné pro život a budoucí povolání. V oblasti podnikového řízení jsou výrobní procesy a jejich plynulost či efektivnost častým tématem porad mezi podnikovými manažery. S rostoucí úrovní automatizace a sledování pracovních postupů je nezbytné detailně mapovat a integrovat specifické procesy do technologické infrastruktury, a to i v moderních nemocnicích, úřadech státní správy nebo řetězcích supermarketů.

Každý proces vždycky jednou za nějakou dobu vyžaduje změnu z důvodu úpravy vnějších nebo vnitřních faktorů. Zlepšování procesů vychází z poznání stávajícího postupu, jak je zachycen v příslušné procesní dokumentaci nebo ve znalostech účastníků procesu. Druhá možnost je uvedena z důvodu, že není vyloučena, ale obvykle není praktická pro komplexní procesy s větším počtem účastníků. [3]

## 1.1 Definice procesu

Norma pro řízení jakosti ISO 9001 definuje proces jako soubor vzájemně provázaných činností využívajících vstupy k dosahování zamýšleného výsledku. [2]

Výše uvedený popis konstatuje, že proces je sled aktivit prováděných za účelem dosažení stanoveného cíle. Tento cíl může spočívat například v přípravě oběda.

Alternativně lze říci, že proces je podobný jakési kuchařce, která detailně popisuje postup. Ti, kdo znají tento postup, nemusí jej aplikovat každodenně, ale ti, kdo s ním nejsou obeznámeni, budou na začátku striktně následovat jeho pokyny.

V rámci procesu jsou specifikovány vstupy, které v praxi mohou zahrnovat dokumenty, polotovary, stroje, a dokonce i jednotlivce.

Cílem procesu je detailně charakterizovat specifické chování a postupy společnosti. Zásadní je si uvědomit, že klíčovým cílem je popsat pouze jednu konkrétní oblast soustředěnou na specifický výstup. [4]

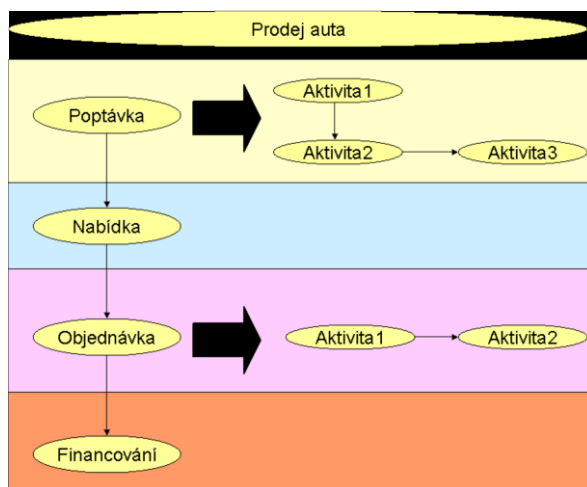
### 1.1.1 Typy procesů

Existují tři základní druhy procesů:

- Hlavní procesy – tyto procesy jsou klíčové pro každou společnost, jen ty přinášejí firmě přímý zisk. Obvykle jsou komplikované a jejich výsledky jsou navenek viditelné. Hlavní procesy jsou jednoduše identifikovatelné managementem společnosti.
- Řídící procesy – provozní aktivity společnosti nezbytné pro její fungování. Tyto aktivity samy o sobě neslouží k vytváření zisku pro společnost.
- Podpůrné procesy – tyto aktivity samy o sobě nevytvářejí přímý zisk. Jsou však zásadní pro celkovou funkcionalitu společnosti. Podpůrné procesy vytvářejí prostředí nezbytné pro úspěšné provedení hlavních procesů. [4]

### 1.1.2 Mapování procesu

V oblasti procesního řízení a modelování procesů je klíčovým termínem procesní mapa.



Obr. 1: Vzor procesní mapy – prodej auta [4]

Každá organizace spravuje rozsáhlou škálu procesů, přičemž cílem je udržet tyto procesy srozumitelné. Když počet procesů dosáhne kritické úrovně, stává se obtížným udržovat přehlednost a čitelnost.

Z toho důvodu je možné organizovat procesy do skupin, přičemž každá skupina je reprezentována jedním nadřazeným procesem. Tímto způsobem lze vytvořit hierarchii procesů, jak je znázorněno na následujícím obrázku.

Procesní mapa poskytuje možnost zkoumat procesy z různých perspektiv. Cílem je zlepšit přehlednost a usnadnit orientaci i pro jedince, který není obeznámen s chodem společnosti. [4]

### 1.1.3 Modelování procesu

Procesní model poskytuje formální popis toho, co by se mělo v organizaci odehrávat. První fáze modelu poskytuje přehled o struktuře a operacích podniku, zatímco druhá slouží jako základ pro efektivní rozvoj firemních činností a eliminaci neproduktivních aktivit. Při každé změně jsou známy všechny relevantní souvislosti, jako jsou organizační struktura a procesy.

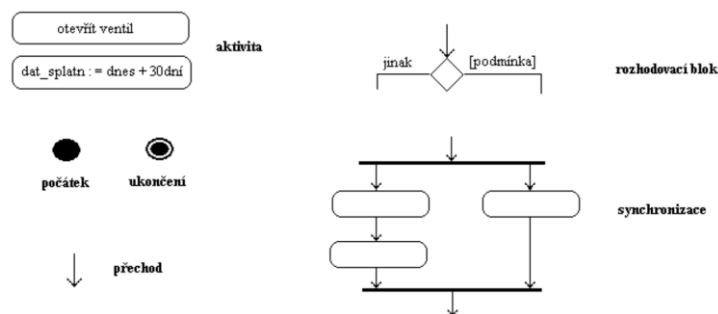
Model musí plně odpovídat skutečnosti a být kompletní, aby rozhodnutí založená na něm byla správná. Přejít k procesně orientovanému systému řízení představuje organizační a metodickou výzvu, přičemž se jedná o změny ve způsobu myšlení.

Klíčový je kontinuální proces vyhodnocování a porovnávání každého projektu s modelem. V případě odchylek je nezbytné aktualizovat procesní model. Pro vizuální zachycení modelu se využívají vizuální nástroje, které umožňují statický i dynamický pohled na proces. [4]

Pro vizuální zobrazení je klíčové, aby nástroj obsahoval notaci základních prvků procesů, včetně procesů, aktivit, zdrojů a dokumentů. K tomu lze využít dva druhy nástrojů:

- „univerzální“ modelovací nástroje, primárně určené k modelování systémů:
  - UML (Unified Modeling Language) – specifikuje se vytvořením přesných, jednoznačných a úplných grafických modelů. Pro popis procesů je nejvhodnější diagram aktivit, který popisuje podnikové procesy skrze jeho stavy, které jsou znázorněny vykonáváním aktivit a pomocí přechodů mezi těmito stavy způsobených ukončením těchto aktivit. [5]





Obr. 2: Základní elementy diagramu aktivit [4]

- Petriho sítě (Petri Nets) – vycházejí z konečných automatů, což představuje formalizovanou metodiku. Tyto sítě poskytují velmi přehledné grafické znázornění a zároveň disponují matematickým aparátém. Princip spočívá ve vztazích mezi přechody a místy, které jsou definovány polohou tokenů (znaků) v celé síti. [4]
- specializované nástroje jsou vytvořeny specificky pro popis a modelování procesů, kterými jsou například:
  - BPMN (Business Process Model and Notation) je standardem pro grafickou reprezentaci firemních procesů v diagramech. Tento standard je doplněn o jazyk Business Process Modeling Language (BPML), který slouží pro modelování a popis procesu. Výstupem standardu BPMN je Business Process Diagram (BPD). Tento diagram vychází z vývojových diagramů a je upraven pro tvorbu vizuálních modelů operací v podnikových procesech. Model obchodního procesu je pak sestaven z grafických objektů (aktivit) a řídicích toků, které stanovují pořadí provedení aktivit. [4],[6]
  - ARIS (Architektura integrovaných informačních systémů) nabízí řadu nástrojů pro procesní řízení. ARIS Toolset – využívá se k vytváření metodik, analýz a správy databáze procesního modelu. ARIS Easy Design – slouží k vytváření a aktualizaci procesního modelu organizace a rovněž pro tvorbu dokumentace. Výhoda nástrojů ARIS spočívá v těsném propojení s informačním systémem SAP. V praxi to znamená, že proces, který byl definován a detailně popsán v ARIS, umožňuje přímo spouštět funkce v informačním systému a naopak. [4]

## 1.2 Procesní řízení

Procesním řízením se rozumí řízení firmy takovým způsobem, v němž business (podnikové) procesy hrají klíčovou roli. [7]

**Procesní řízení** postupem času získalo pověst administrativně náročného přístupu. Tento přístup detailně předepisuje, jak by měli lidé strávit každou minutu na pracovišti, což může omezovat tvořivost a často brání celkové schopnosti firmy flexibilně reagovat na změny v okolí. Nelze opomenout, že díky „synergickému“ působení systémů řízení kvality, které v rámci procesního řízení nacházejí způsob, jak detailně dokumentovat a zakotvit v řízené dokumentaci, a díky stále sofistikovanějším programům pro mapování a analýzu procesů, kterým rozumí jen omezený okruh lidí ve firmě, tento názor může být často oprávněný. [8]

**Řízení procesu** je činnost, která využívá znalosti, schopnosti, metody, nástroje a systémy k tomu, aby identifikovala, popisovala, měřila, řídila, hodnotila a zlepšovala procesy se záměrem efektivního pokrytí potřeb zákazníka procesu. Všechny tyto činnosti jsou podrobeny standardnímu strategickému řízení, které respektuje potřeby zákazníků a požadavky tržního

prostředí, a dále jsou podrobeny dalším metodám řízení, jako je například projektový management využívaný pro správu individuálních zlepšovatelských iniciativ. [3]

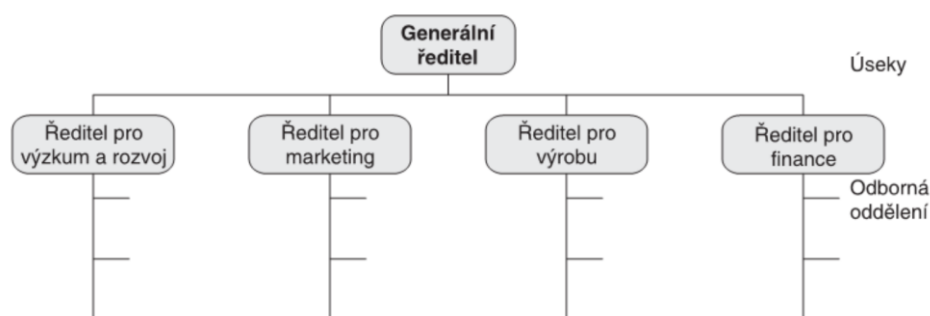
Řízení procesu je pak něco úplně jiného než pouhé synonymum pro procesní řízení. Jinak řečeno, podnikové procesy ani jejich řízení není nic nového, vždy nějak probíhaly a byly i nějak řízeny. Podnikové řízení přináší do organizace něco nového, jiný typ řízení celku pomocí procesu. Řízení procesu na rozdíl od podnikového řízení je úplně běžná věc, která se skládá ze souboru činností potřebných pro řízení jednotlivých procesů ve firmě, přitom firma nemusí být kompletně procesně řízená. [7]

### 1.3 Procesní maturita

Procesní řízení by mělo v podniku zvýšit efektivitu, podporovat spolupráci mezi zaměstnanci a umožnit flexibilní reakce na změny v konkurenčním prostředí. Úspěšná implementace těchto principů je však v praxi vzácná, závisí na schopnosti aplikovat teoretické poznatky a nástroje podle specifických podmínek firmy. Transformace je komplexní proces, vyžadující teoretické znalosti, praktické zkušenosti a uvážlivý přístup manažerů. Autor knihy „Procesní řízení pro manažery“ nazývá tento postup „procesní maturitou“, což odkazuje na znalosti, lidskou zralost a vyspělost. Organizační struktura, firemní kultura a manažerský styl jsou tři klíčové proměnné ovlivňující úspěch procesního řízení. [8]

#### 1.3.1 Organizační struktura

Pravděpodobně nejrozšířenější organizační strukturou v České republice je tzv. funkční organizační struktura. Tento přístup řízení představuje základní formu uspořádání, kde jsou zaměstnanci, kteří vykonávají podobné úkoly, disponují podobnými schopnostmi nebo vykonávají podobné aktivity, zařazeni do jednotlivých skupin. Principem funkční struktury je shlukování pracovníků s podobnými úkoly v rámci konkrétního úseku podniku, jak je demonstrováno na obrázku 3.



Obr. 3: Funkční organizační struktura [9]

Funkční organizace má sklon centralizovat procesy rozhodování na nejvyšší úrovni podniku. Rozhodnutí ohledně koordinace činností v jednotlivých odděleních vycházejí z vrcholového vedení podniku. Top management se zároveň podílí na řešení sporů, které mohou vzniknout při interakcích mezi jednotlivými vedoucími oddělení. Rozsah řízení v rámci jednotlivých úseků je rozsáhlý, a to kvůli hlubokým znalostem vedoucích o úkolech, které musí podřízení plnit, a využívání sdílených znalostí a odborností. Funkční struktura organizací má mnoho výhod, ale zároveň nese i některá omezení. [9]

Hlavní nevýhodou funkční organizační struktury je způsob přidělování práce, který často vede k vnitřnímu konkurenčnímu boji a ztrátě energie na úkor skutečné konkurenční výhody firmy. Funkční řízení nedokáže propojit výkony jednotlivých organizačních jednotek pro celkové zlepšení výkonu firmy. Naopak procesní řízení se soustřeďuje na optimalizaci zdrojů pro

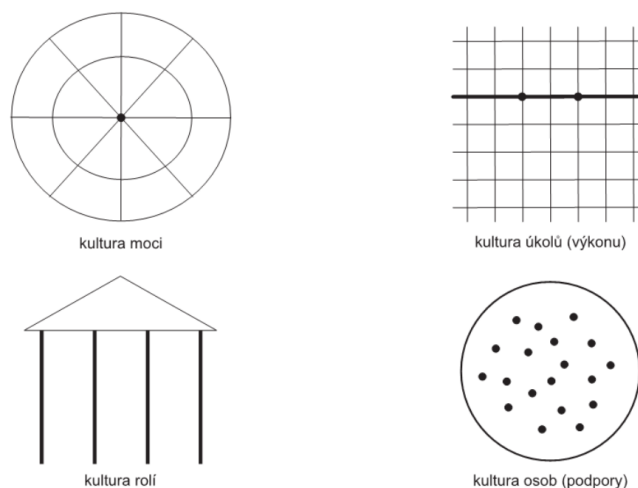
efektivní provedení strukturovaných činností, tj. procesů, a nevnímá pracovní pozice jako primární prvky řízení. Tím vzniká přirozené rozhraní mezi pozicemi a organizačními jednotkami, řízené potřebami procesů, nikoli vnitřní soutěživostí manažerů. V rámci rozvoje procesní vyspělosti je klíčové nejen definovat pracovní úkoly, ale i efektivně řídit jejich provedení. [8]

### 1.3.2 Kultura organizace

Zkušenosti s implementací procesního řízení jasně ukazují, že hlavní výzvou při přechodu z funkčního na procesní řízení není pouze samotné vytvoření popisu procesů a jejich přidělení organizačním jednotkám a pozicím. Klíčový problém je skrytý ve vnímání lidí, v jejich ochotě, nebo neochotě transformovat své ustálené stereotypy chování, které jsou hluboce zakotveny v bezpečném prostředí funkčního řízení. Pro pojmenování a účinné ovlivnění takového chování lidí je užitečné porozumět konceptu organizační kultury. Organizační kulturu můžeme definovat jako soubor hodnot, norem, zvyků a rituálů, které se projevují ve vzorcích chování a jednání všech zaměstnanců. [8]

Problematika firemní kultury byla dlouhá léta zkoumána a popsána v mnoha teoretických pracích. Existuje mnoho přístupů ke klasifikaci různých typů organizačních kultur, přičemž každý z těchto přístupů nese potenciál pro praktické využití. Pro potřeby řízení procesů lze využít klasifikaci firemní kultury, jak ji představil Charles Handy (1985), který identifikoval čtyři základní typy organizačních kultur:

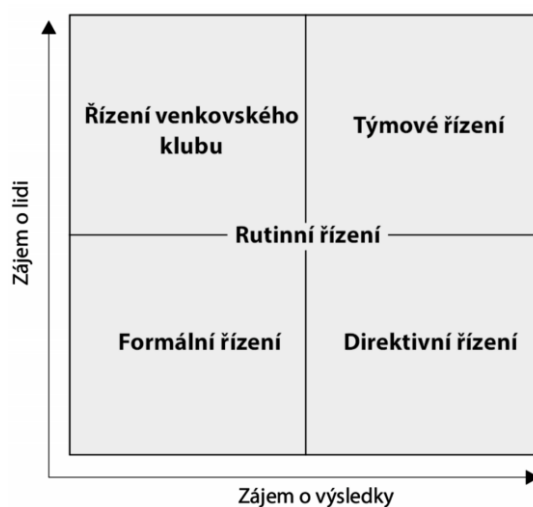
- Kultura moci v organizacích, kde jednotlivci dominují a mají klíčové postavení v jádru, se projevuje typickou organizační strukturou nazývanou pavučina. V této struktuře představují vlákna pavučiny „paprsky“ síly a vlivu, propojené specializacemi a funkčními vztahy. Kultura moci je silná a relativně flexibilní, schopná efektivně reagovat na hrozby a nebezpečí. Problémem může být velikost organizace, protože pavučina může „prasknout“, pokud se rozprostírá příliš široce přes mnoho aktivit nebo velké geografické území.
- Kultura funkcí je založena na pravidlech, postupech, normách, plánech, logice a racionalitě. Zaměstnanecké chování v dané pozici se vnímá jako role s pevně stanovenými pravidly popisu práce, rozdělením odpovědností a normami. Hierarchická struktura přirovnávaná k řeckému chrámu odpovídá této kultuře, kde nejvyšší management firmy koordinuje nižší úrovně. Síla organizace spočívá v základních pilířích – funkcích a specializacích, jako jsou výroba a finance. Typickými příklady jsou státní správa, armáda a velké komerční organizace.
- Kultura výsledků je zaměřena na plnění konkrétních úkolů a realizaci projektů. Strukturálním základem této kultury je obvykle síť nebo matice, kde některá propojení jsou výraznější než jiná. Pravomoc je spíše spojena s odborností než s konkrétní pozicí a lokalizuje se do průsečíků této sítě nebo matice. Management působící v této kultuře má za úkol soustředit se na individuální projekty, vybírat vhodné lidi, sestavovat týmy a přidělovat zdroje tak, aby projekty byly úspěšně dokončeny. Kultura úkolů je vhodná tam, kde je klíčová pružnost a přizpůsobivost tržnímu prostředí.
- Kultura osobností – kultura zaměřená na jednotlivce vzniká, když skupina jednotlivců (např. právníků, architektů, lékařů) rozhodne, že je pro ně výhodné spojit síly a sdílet náklady spojené s provozem, vybavením, administrativou atd. Lze ji schematicky zobrazit jako seskupení, kde žádný jednotlivec nemá dominantní postavení, a vztahy mezi členy jsou považovány za partnerské. Členové této kultury jsou autonomní a pravomoci jsou v rámci organizace rozděleny. [10]



Obr. 4: Schematické znázornění organizačních struktur [11]

### 1.3.3 Manažerský styl

Pod termínem manažerský styl si lze představit způsob, jakým manažer předává úkoly svým podřízeným a následně hodnotí, jak jsou splněny. Manažerský styl je ovlivňován různými faktory, včetně osobnosti manažera a charakteru úkolů nebo aktuální situace ve firmě. Odborná literatura nabízí mnoho klasifikací a teorií manažerských stylů, pro účely této práce však postačí tradiční nástroj známý jako manažerská mřížka.



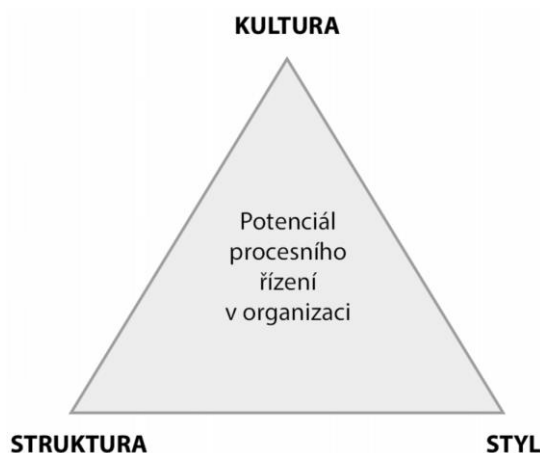
Obr. 5: Manažerská mřížka [8]

- Formální styl řízení je charakterizován minimálním zájmem o výsledek i minimálním zájmem o lidi. Manažer, který uplatňuje tento styl, často mechanicky prosazuje firemní pravidla a procedury, přičemž dodržování těchto pravidel považuje za důležitější než dosažené výsledky nebo názory lidí. Tento manažerský styl se nejčastěji vyskytuje v organizacích s kulturou funkcí.
- Direktivní styl řízení uplatňují manažeři, kteří upřednostňují dosažení výsledku bez ohledu na zátěž a názory svých podřízených. Tento řídicí přístup má dlouhodobě demotivační účinky a manažer při svých rozhodnutích přehlíží názory svých podřízených, kteří často lépe rozumějí své práci než on sám. Direktivní styl vyžaduje vysokou úroveň kontroly, což činí manažera časově náročným a obvykle ho zavádí do režimu krátkodobého operativního rozhodování, jemuž schází nadhled a dlouhodobé koncepční myšlení.

- Týmový styl řízení nejen klade důraz na dosažené výsledky, ale také na to, aby jednotlivci během tohoto procesu byli spokojeni. Zahrnuje to takové zadávání a hodnocení úkolů, do kterých se podřízení manažera zapojují, rozumí účelu a smyslu své práce a vytvářejí se zde vztahy založené na spolupráci a vzájemné podpoře. Týmový styl bude potřebný, když ve firmě bude snaha o vybudování kultury výsledků.
- Řízení venkovského klubu, tento styl v podstatě hovoří o absenci tradičního řízení, kde vše podléhá udržení pozitivních vztahů a uspokojení jednotlivců. V organizacích, které směřují k efektivnějšímu fungování, je jeho praktické využití pravděpodobně omezeno. Nicméně je užitečné, abychom byli schopni tento styl identifikovat a navrhnout opatření, která by vedla k tomu, aby daný manažer začal skutečně aktivněji řídit. [8]

### 1.3.4 Trojúhelník SSK

V předešlých kapitolách byly představeny tři klíčové proměnné ovlivňující úspěšnost zavádění procesního řízení v organizaci – způsob organizování (STRUKTURA), způsob vykonávání úloh (KULTURA) a způsob řízení (STYL).



Obr. 6: Trojúhelník SSK [8]

Jak ukazuje obrázek 6, všechny tyto tři faktory jsou vzájemně propojeny a společně utvářejí podmínky v organizaci, které buď poskytnou vhodné podmínky pro přínosy procesního řízení, nebo naopak mohou zvýšit neefektivitu a nepružnost celé struktury. Pokud se rozhodneme využít procesní řízení k optimalizaci výkonu naší firmy, měli bychom mít hluboké porozumění tomu, jak tyto faktory ve firmě fungují a jak je systematicky analyzovat a ovlivňovat.

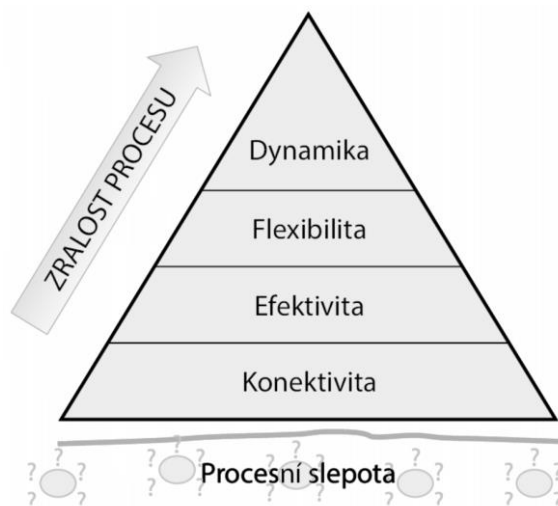
- Struktura vyjadřuje rozdělení odpovědností a pravomocí na konkrétní pracovní pozice a jejich umístění v celkové organizační struktuře firmy. Přístup k vytváření struktury může být funkční, kdy postupuje od vytváření pozic k jejich obsazení povinnostmi a pravomocemi, nebo procesní, kdy začíná na identifikaci procesů a činností, které mají být provedeny, a pokračuje přiřazováním těchto procesů organizačním jednotkám, pozicím a konkrétním jednotlivcům.
- Styl řízení označuje převládající způsob zadávání a hodnocení úkolů. Pro docílení procesního řízení by měli manažeři usilovat o uplatnění týmového stylu řízení. Na úrovni manažerského stylu je změna podstatně složitější. Z hlediska implementace procesního řízení jsou tři styly relevantní:
  - formální, který klade důraz na dodržování formálních pravidel a postupů;
  - direktivní, který se zaměřuje na dosahování výsledků bez ohledu na účast a spokojenost lidí;

- týmový, který dbá jak na výsledky, tak na spokojenost lidí;
- Na úrovni manažerského stylu je změna podstatně složitější. Pro docílení procesního řízení by manažeři měli usilovat o uplatnění týmového stylu řízení.
- Kultura organizace nám následně představuje, jak se lidé skutečně chovají při plnění úkolů. V kultuře funkcí klade důraz především na dodržování pravidel a funkční hierarchii. V kultuře moci vyžadují neustálý přísun příkazů a důslednou kontrolu. Naopak v kultuře výsledků spolupracují na dosažení cílů, často i mimo rámec formálních postupů, pravidel a přímých pokynů nadřízených. Pokud je zájem o změnu firemní kultury, je nezbytné definovat, jak se tato změna projeví v každodenním chování lidí, a stanovit způsoby měření a hodnocení těchto projevů. Zároveň bychom měli vytvořit prostředí, které motivuje lidi ve firmě aktivně přispívat k vytváření nové kultury.

Prvky trojúhelníku SSK identifikované písmenem S, tedy struktura a styl, jsou skutečně ovladatelné a podléhají změnám. Kultura se postupně začne transformovat na základě modifikací v organizaci a v metodě řízení. Dosáhnout kultury zaměřené na výsledky, což je bezesporu žádoucí z hlediska potenciálu procesního řízení, je tedy dlouhodobým důsledkem změn ve způsobu organizace (STRUKTURA) a řízení (STYL) – jde to vyjádřit jako  $S + S \Rightarrow K$ . Skutečné proměny v organizační kultuře mohou nastat v průběhu měsíců až let. Stejný časový rámec by se měl brát v úvahu při očekávání maximálních přínosů z procesního řízení. [8]

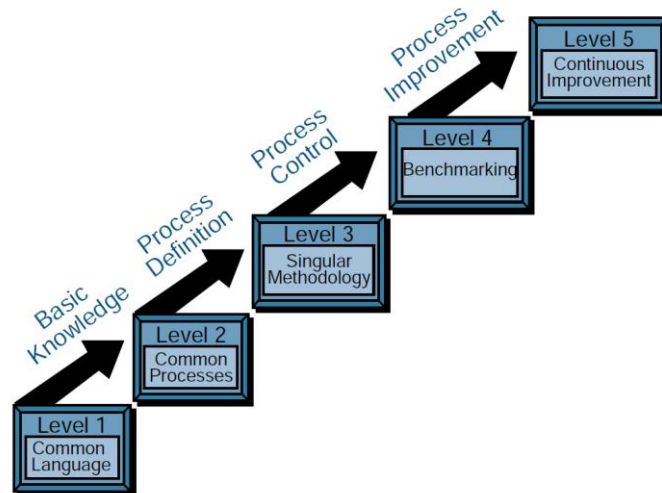
### 1.3.5 Pyramida procesní maturity

Jak bylo naznačeno v předešlé části, procesní řízení přináší svůj prospěch již od samých počátků implementace, přičemž očekávání a tempo implementace by měly být přizpůsobeny třem proměnným v rámci trojúhelníku SSK. Zavádění procesního řízení lze realizovat postupně, přičemž jednotlivé fáze mohou být řízeny podle dosažené úrovně zralosti procesů, jak je definoval do pyramidy procesní maturity Roman Fišer ve svém vydání Procesní řízení pro manažery, 2014. [8]



Obr. 7: Pyramida procesní maturity [8]

Význam jednotlivých stupňů pyramidy, definovaných R. Fišerem, se dobře vysvětluje na základě teorie příbuzné procesní maturitě. Jedná se o Project management maturity model (PMMM) neboli Model zralosti řízení projektů. Zavádění nového procesu nebo optimalizace stávajícího procesu ve firmě je vždycky řízeno jako projekt.



Obr. 8: Pět stupňů zralosti projektu [12]

1. Stupeň – Common Language (česky obecná řeč), což můžeme přirovnat k procesní slepotě dle Fišera – na této úrovni organizace uznává důležitost projektového řízení a potřebu dobrého porozumění základním znalostem projektového řízení spolu s příslušným jazykem/terminologií.
2. Stupeň – Common Processes (česky společné procesy), což můžeme přirovnat ke konektivě dle Fišera – na této úrovni organizace uznává, že je třeba definovat a rozvíjet společné procesy tak, aby úspěchy dosažené v jednom projektu mohly být opakovány v dalších projektech. Tato úroveň zahrnuje i poznání, že principy projektového řízení lze aplikovat a tím podporovat další metodiky používané společností.
3. Stupeň – Singular Methodology (česky jednotná metodika), což můžeme přirovnat k efektivitě dle Fišera – na této úrovni organizace rozpoznává synergický efekt spojení všech firemních metodik do jediné, kde středem je projektové řízení. Synergetické účinky také usnadňují kontrolu procesu s jedinou metodikou než s více metodikami.
4. Stupeň – Benchmarking, což můžeme přirovnat k flexibilitě dle Fišera – tato úroveň zahrnuje rozpoznání, že je nezbytné provádět neustálé zdokonalování procesů pro udržení konkurenční výhody. Benchmarking musí probíhat neustále. Společnost musí rozhodnout, koho a co bude předmětem benchmarkingu.
5. Stupeň – Continuous improvement (česky neustálé zlepšování), což můžeme přirovnat k dynamice dle Fišera – na této úrovni organizace hodnotí informace získané pomocí benchmarkingu a musí poté rozhodnout, zda tyto informace posílí jednotnou metodologii. [12]

Je důležité si uvědomit, že ne všechny procesy vyžadují dosažení vysoké úrovně flexibility nebo dynamiky. V každé organizaci existuje řada procesů, kde je dostatečná dosažená úroveň efektivity, nebo dokonce pouze jasná definice konektivity (vstupy a výstupy) procesu. Toto pochopení může být při implementaci procesního řízení výrazně užitečné, umožňuje ušetřit významné úsilí a minimalizovat zbytečné problémy. [8]

## 1.4 Zavádění procesního řízení

Při zavádění procesního řízení ve firmě, je nutné projít určitými kroky pro vystoupení až na vrchol pyramidy procesní maturity. Týká se to jak celkového přechodu firmy na procesní řízení, tak i jednotlivých procesů v průběhu, například, nového projektu.

Na úrovni konektivity je firma nahlížena jako soubor dějů, které jsou v ní prováděny – procesů.

Na úrovni budování efektivity jsou vybrané procesy detailně popsány, analyzovány a je navržena jejich optimální podoba.

Při rozvoji flexibility jsou procesům přidávány nové vlastnosti – pružnost. Jsou jim dodávány systémy cílů a zpětné vazby, jsou učeny reagovat na změny požadavků zákazníků a na interní podněty ke zlepšení.

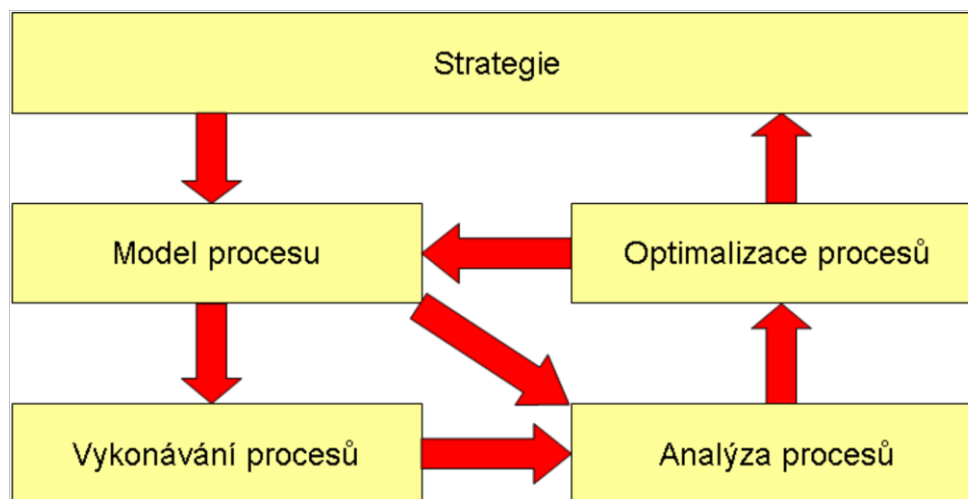
Vytvářením dynamiky je dokončována stavba pyramidy procesní vyspělosti.

Je důležité si být vědom toho, že ve firmě mohou být procesy na různých úrovních vyspělosti koexistovány. [8]

## 1.5 Zlepšování podnikových procesů

Optimalizace podnikových procesů je aktivitou směřující k postupnému zvyšování kvality, produktivity nebo efektivity zpracování podnikového procesu prostřednictvím eliminace neefektivních činností a nákladů.

Tato optimalizace vychází z detailní znalosti stávajícího procesu, jak je dokumentován v příslušné procesní dokumentaci nebo v celkovém povědomí účastníků procesu. Zmiňujeme druhou možnost, protože i když není vyloučena, bývá obvykle použitelná pouze u velmi jednoduchých procesů, do nichž není zapojeno příliš mnoho účastníků.



Obr. 9: Schéma neustálého zlepšování procesu [4]

Minimalizace prostřednictvím odstranění patrných zdrojů plýtvání a zdokonalení vnitřního sladění procesů byla rovněž prvním přístupem šířitelů Lean metodických postupů. Vzhledem k tomu, že tržní poptávka ve světě průmyslové výroby vedla k vyšší efektivitě, stále rostl tlak na zlepšené procesní řízení zejména v tomto odvětví. Jakmile bylo dosaženo masových objemů výroby prostřednictvím používání pouze Lean, myslitelé dospěli k závěru, že pouhá rychlejší a levnější výroba nestačí. Nastoupila éra zkoumání, jak dosáhnout i lepší produkce – to znamená s vyšší kvalitou, nižším výskytem vad, které by zatěžovaly procesy a firmu jak zpožděním, tak finančními ztrátami. Podniky s vhodnými podmínkami pro určování trendů postupně vyvinuly další metodologii, známou dnes jako Six Sigma. Potom co metody Lean



a Six Sigma prošly rozsáhlým vývojem, vznikla kombinovaná komplexní metoda Lean Six Sigma. [3]

### 1.5.1 Lean Six Sigma

Integrované postupy Lean Six Sigma systematicky využívají výhody obou dříve zmíněných metod, tj. Lean a Six Sigma. Toto se děje prostřednictvím strukturovaného DMAIC procesu a řízení zlepšovateckých iniciativ soustředěných do projektů. Tyto postupy zahrnují širokou paletu analytických a statistických nástrojů k identifikaci původu problémů a sofistikované vzdělávací systémy přenesené z Six Sigma. Taktéž implementují cyklické aplikace iniciativ zaměřených na zlepšení, a to s důrazem na potřeby zákazníka a eliminaci plýtvání, jak je doporučováno metodou Lean.

Hlavním přínosem spojení obou metodologií do jediného komplexu spočívá v synergii, která vzniká z paralelního zaměření na efektivitu procesu, spolu s konzistentní kvalitou jejich výsledků, využitím standardních postupů a analytických nástrojů. Výčet hlavních charakteristik s jejich vzájemným srovnáním, jak je uvedeno v tabulce 1, ilustruje sílu tohoto komplexu.

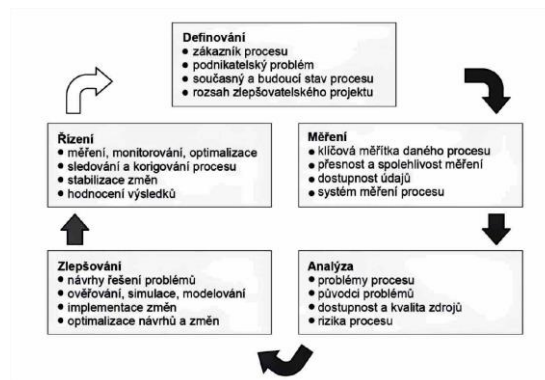
Tab. 1: Hlavní znaky a porovnání Lean a Six Sigma [3]

	Lean	Six Sigma
<b>Záměr</b>	Efektivní vytvoření hodnoty, která je definována na základě znalosti požadavků zákazníka.	Efektivní zajištění kvality, která je vymezena kritickými vlastnostmi předmětu podle definice zákazníka.
<b>Cesta</b>	Odstranění plýtvání.	Snížení variability.
<b>Předmět zkoumání</b>	Horizontální pohled na zkoumání a souhrn procesních toků.	Vertikální pohled na vyhledávání a eliminaci problémových míst v procesech.
<b>Hlavní předpoklady</b>	Odstranění plýtvání ovlivní celkovou výkonnost procesu. Opakovaná malá zlepšení přinášejí jistější úspěchy a méně rizik než jedna rozsáhlá změna.	Odstranění variability procesu zvýší celkovou kvalitu jeho výstupů. Poznání vycházející z faktů je obrovskou hodnotou.
<b>Nejvýraznější přínos</b>	Zkrácení doby trvání procesu.	Zvýšená uniformita výstupů procesu.
<b>Další přínosy</b>	Omezení plýtvání. Zrychlený průchod. Snížení provozních zásob. Řízení prostřednictvím měření procesů. Zvýšená kvalita zajištěná prostřednictvím zlepšování toku činností.	Omezení variability výstupů. Stabilita kvality výstupů. Snížení provozních zásob. Řízení prostřednictvím měření chybovosti. Zvýšená kvalita zajištěná prostřednictvím odstraňování rušivých vlivů.
<b>Organizace cyklu projektu</b>	Cyklický/iterativní PDCA/PDSA, <i>Naplánuj–Udělej–Zkontroluj–Zasáhni.</i>	Přímý DMAIC, <i>Definuj–Měř–Analyzuj–Zlepši–Kontroluj.</i>
<b>Organizace týmů</b>	Integrované zlepšovatecké týmy.	Integrované zlepšovatecké týmy s doporučenou strukturou rolí.
<b>Klíčové metody</b>	Mapování a měření procesních toků. Optimalizace procesních toků.	Měření výskytů a četností. Analýzy příčin a důsledků.

## 1.5.2 Poznávací procesy

V projektech zaměřených na zlepšování se většinou opakují některé ustálené postupy, v nichž jsou jednotlivé fáze poznávání a aplikace získaných znalostí o průběhu procesu a jeho možných problémech systematicky uspořádány a zařazeny do konkrétních sekvencí, které byly ověřeny mnoha opakováními. Nejčastěji se setkáváme s následujícími modely:

- PDCA/PDSA – dnes již klasický Deming-Shewhartův model Naplánuj–Udělej–Zkontroluj–Zasáhni (angl. Plan-Do-Check-Act). PDSA je obdobou PDCA s tím, že krok kontroly je zaměněn za Studium problému (angl. Plan-Do-Study-Act). S tímto cyklem se často setkáváme právě ve zlepšovateckých projektech.
- DMAIC – základní cyklus pevně spojený s každým zlepšovateckým projektem v oblasti Six Sigma a většinou projektů Lean Six Sigma. Cyklus představuje fáze Definování–Měření–Analyzování–Zlepšování– Řízení.



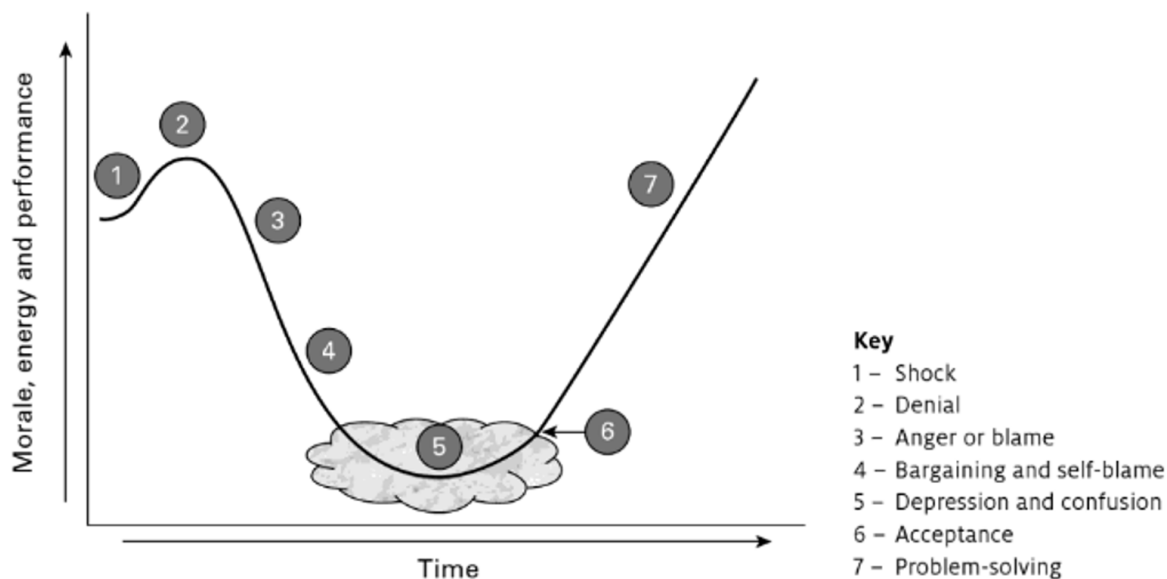
Obr. 10: Cyklus DMAIC [3]

- DMADV – je velmi podobný DMAIC s tím, že se používá především pro nově navrhované a implementované procesy zaručující kvalitu respektující pravidla Six Sigma.
- SCORE (angl. Select-Clarify-Organize-Run-Evaluate) – cyklus užívaný pro akce Kaizen, zrychlené nebo též bleskové zlepšování procesů, které se zaměřuje na odstranění plýtvání v cílené oblasti procesu, na zvýšení výkonnosti a na její udržení. [3]

## 1.6 Křivka změny

Jedním velmi užitečným způsobem, jak porozumět procesu změny u jednotlivců nebo skupin, je „křivka změny“, někdy nazývaná také „přechodová křivka“, „kopingový cyklus“ nebo „lidská reakce na změnu“. Tato koncepce vychází z práce Elisabeth Kübler-Ross (1969), která pozorovala lidi v procesu zvládnání smrti a smutku. Veškerá změna zahrnuje aspekty opouštění minulosti a angažování se v odlišné budoucnosti; proto vzory, které pozorovala, nabízejí cenné poznatky o lidech stojících před změnou. Další autoři, zejména Adams, Hayes a Hopson (1976) a Parker a Lewis (1981), dále rozvinuli Kübler-Rossovou myšlenku pro různé životní změny. Diskuze zde uplatňuje její přístup způsobem relevantním pro různé situace změny.

I když někteří výzkumníci zpochybňují výzkum, který tuto křivku aplikuje na organizační situace, zůstává to užitečným způsobem, jak nahlížet na změnu. Je snadno sdělitelná a pomáhá vysvětlit mnoho charakteristických vzorů reakcí pozorovaných v procesech změn. Obrázek 11 ukazuje, jak se osobní výkon, energie a charakteristicky nálada mění během normálního procesu lidské změny. [13]



Obr. 11: Křivka změny [13]

- 1. Šok a 2. Odmítání – po počátečním „šoku“ (1) z toho, že je konfrontován se změnou, se jednotlivec (nebo skupina) často brání zapojit se do změny, jako by se snažil dokázat, že změna je buď nereálná, nebo zbytečná. Tato fáze „odmítání“ (2) je charakterizována výbuchem další (obránné) energie, která má tendenci dočasně zvýšit výkon i náladu.

Šokový prvek je minimalizován efektivní a včasnou komunikací. Pokud je to jen trochu možné, je nutné zapojit lidi do procesu plánování. Jakmile je změna oznámena, uvědomte si známky toho, že ji lidé neberou úplně vážně, prokazujte jak empatii, tak pevné odhodlání.

- 3. Zlost – za předpokladu, že změna je skutečná a bude pokračovat, nastává bod, kdy se ti, kteří změnu zažívají, již nemohou vyhnout tomu, aby se s ní zabývali. V tomto bodě popírání často ustupuje hněvu nebo obviňování (3).

Toto je čas pro empatii a pro pomoc lidem realisticky zvážit dopad, který na ně změny budou mít individuálně. Není cílem minimalizovat ztráty, které lidé zažijí – potřebují vědět, že náklady na změnu pro ně osobně byly dobře pochopeny.

- 4. Vyjednávání a sebeobviňování – jak nálada a výkon dále klesají, vina se může obrátit na sebe a objeví se prvky vyjednávání (4). Důležitá zůstává osobní podpora a empatie. Efektivní reakce bude zahrnovat efektivní liniové řízení, sdílení obav ve skupinách vrstevníků a příležitosti k tomu přispívat k plánování, jak jsou změny implementovány. Dobré aktivní naslouchání může být mocným nástrojem, který lidem pomůže vypořádat se s jakýmkoli nežádoucími důsledky změny.
- 5. Deprese a zmatek – proces až do tohoto bodu byl charakterizován snahou udržet si stávající nebo dřívější situaci nebo se k ní vrátit. Energie, morálka a výkon mohou kolísat – ale všechny se týkají „downswingové“ strany křivky, mezi hněvem /obviňováním druhých a sebeobviňováním/smlouváním. Uvědomění si, že všechny tyto snahy selžou, nechává lidi na nejnižším bodě výkonnosti, energie a morálky, zmatek, smutek, dokonce deprese jsou charakteristické pro toto období (5), empatie, aktivní naslouchání a dobré podpůrné struktury jsou pravděpodobně nejúčinnějšími reakcemi pro tuto fázi změny.

- 6. Přijetí a 7. Řešení problému – aby někdo prošel tímto obdobím, vyžaduje bod přijetí. Je to bod, kdy člověk na hluboké úrovni akceptuje, že se dějí změny, a rozhodl se řešit tuto „novou budoucnost“ (6). U významných změn nemusí člověk dosáhnout tohoto bodu rychle – a v některých případech ho nemusí dosáhnout vůbec – ale žádné skutečné chování orientované na budoucnost nezačne, dokud nedojde ke skutečnému přijetí toho, co se změnilo. V návaznosti na tento bod se lidé začnou zapojovat do chování při řešení problémů (7): jak mohu nakonfigurovat tento nový pracovní systém, aby mi usnadnil život. To lidem umožňuje zkoušet nové přístupy, dělat nové objevy a nakonec je integrovat do svého nového „způsobu bytí“. [13]

## 2 Projektový management

Implementace nebo optimalizace jakéhokoliv procesu ve firmě probíhá a je řízená jako projekt. Pro dosažení úspěchu v této věci je také nutné znát i základy projektového řízení.

Pro pochopení řízení projektu je třeba začít jeho definicí. Projekt lze považovat za jakoukoliv sérii aktivit a úkolů, které:

- Mají specifický cíl, který má být dokončen v určitých specifikacích.
- Mají definovaná data zahájení a ukončení.
- Mají omezení finančních prostředků (pokud je to případ).
- Spotřebovávají lidské a nemateriální zdroje (tj. peníze, lidé, vybavení).
- Jsou multifunkční (tj. překračují několik funkčních oblastí). [12]

Řízení projektu na druhou stranu zahrnuje pět procesních skupin, jak je identifikováno v PMBOK® Guide:

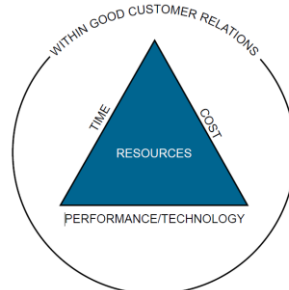
- Zahájení projektu.
- Plánování projektu.
- Realizace projektu.
- Monitorování a kontrola projektu.
- Uzavření projektu.

Úspěšné řízení projektu lze poté definovat jako dosažení cílů projektu:

- Včas.
- V rámci nákladů.
- Na požadované úrovni výkonu/technologie.
- Při efektivním a m využití přidělených prostředků.
- Přijatých zákazníkem. [14]

Řízení projektu představuje plánování, organizaci, řízení a kontrolu firemních zdrojů směřujících k dosažení relativně krátkodobého cíle, který byl stanoven k dosažení konkrétních cílů a úkolů. Kromě toho využívá řízení projektu systémový přístup k řízení tým, že přiděluje funkční personál (vertikální hierarchie) k určitému projektu (horizontální hierarchie).

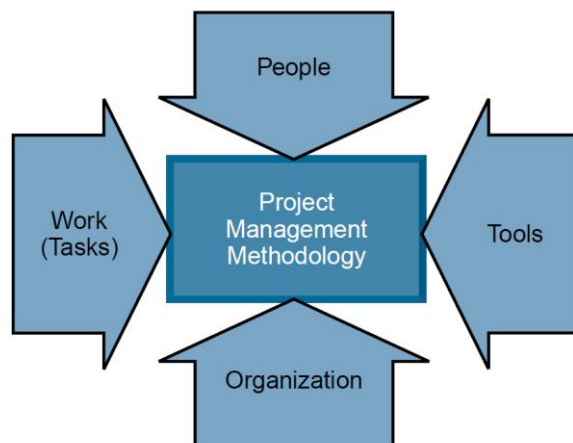
Obrázek 12 znázorňuje řízení projektu graficky. Cílem schématu je ukázat, že řízení projektu je navrženo k řízení nebo kontrole firemních zdrojů v rámci určité aktivity, v rámci času, nákladů a výkonnosti. Čas, náklady a výkonnost jsou omezeními projektu. Pokud má být projekt dokončen pro externího zákazníka, má projekt čtvrté omezení: dobré vztahy se zákazníkem. [12]



Obr. 12: Přehled řízení projektu [12]

## 2.1 Řízení organizačních změn a firemní kultury

Často se říká, že nejtěžší projekty na řízení jsou ty, které zahrnují řízení změny, týká se to i případu probíraného v této diplomové práci. Obrázek 13 ukazuje čtyři základní vstupy potřebné k vytvoření metodologie řízení projektu. Každý z nich má „lidský“ aspekt, který může vyžadovat změnu u lidí.



Obr. 13: Vstupy do metodologie [12]

Úspěšný vývoj a implementace metodologie projektového řízení vyžaduje:

- Identifikace nejčastějších důvodů změn v projektovém řízení;
- Identifikace způsobů překonání odporu vůči změně;
- Použití principů řízení organizačních změn k zajištění vytvoření a udržení žádoucího prostředí pro projektové řízení. [12]

## 2.2 Funkční tým

Tým projektu se skládá z projektového manažera, kanceláře projektu (jejíž členové mohou nebo nemusí přímo podléhat projektovému manažerovi) a členů funkčního týmu (kteří musí hlásit jak horizontálně, tak vertikálně pro zajištění správného toku informací). Členové funkčního týmu jsou často zobrazeni na organizačních schématech jako členové týmu kanceláře projektu. To se obvykle dělá pro splnění požadavků zákazníka. Vedoucí management může mít vstup do procesu výběru členů funkčního týmu, ale neměl by se aktivně zapojovat, pokud se projektoví a funkční manažeři nemohou shodnout. Funkční management musí být zastoupen na všech jednáních o obsazení pracovních míst, protože je přímo závislé na požadavcích projektu a protože:

- Vedoucí funkce obvykle mají více odborných znalostí a dokážou identifikovat oblasti s vysokým rizikem;
- Vedoucí funkce musí vyvinout pozitivní postoj k úspěchu projektu. Toho je nejlépe dosaženo jejich zapojením do raných aktivit plánovací fáze.

Členové funkčního týmu nejsou vždy na plný úvazek. Mohou být na plný nebo částečný úvazek buď po dobu celého projektu, nebo pouze v jeho konkrétních fázích.

Proces výběru jak pro člena funkčního týmu, tak pro kancelář projektu musí zahrnovat hodnocení jakýchkoli speciálních požadavků. Nejčastějšími speciálními požadavky jsou:

- Změny v technických specifikacích;
- Speciální požadavky zákazníka;
- Organizační restrukturalizace kvůli odchylkám od existujících politik;
- Kompatibilita s projektovou kanceláří zákazníka.

Projektová kancelář může typicky zahrnovat deset až třicet členů, zatímco celkový projektový tým může tvořit sto lidí, což může způsobit pomalý tok informací.

Jak projektový manažer, tak členové týmu musí plně rozumět odpovědnostem a funkcím každého člena týmu, aby mohlo být dosaženo rychlé a efektivní integrace. U programů v oblasti vysokých technologií přebírá hlavní projektový inženýr roli zástupce projektového manažera. Projektoví manažeři musí rozumět problémům, kterým čelí linioví manažeři při výběru a přiřazování personálu k projektu. Linioví manažeři se snaží obsadit tým lidmi, kteří rozumí potřebě týmové práce.

Když jsou zaměstnanci přiděleni k projektu, projektový manažer musí identifikovat „hvězdné“ zaměstnance. Jsou to zaměstnanci, kteří jsou klíčoví pro úspěch projektu a kteří mohou buď projektovému manažerovi pomoci, nebo mu uškodit. Většinou jsou zaměstnanci hvězdného kalibru v liniové organizaci, ne v projektové kanceláři.

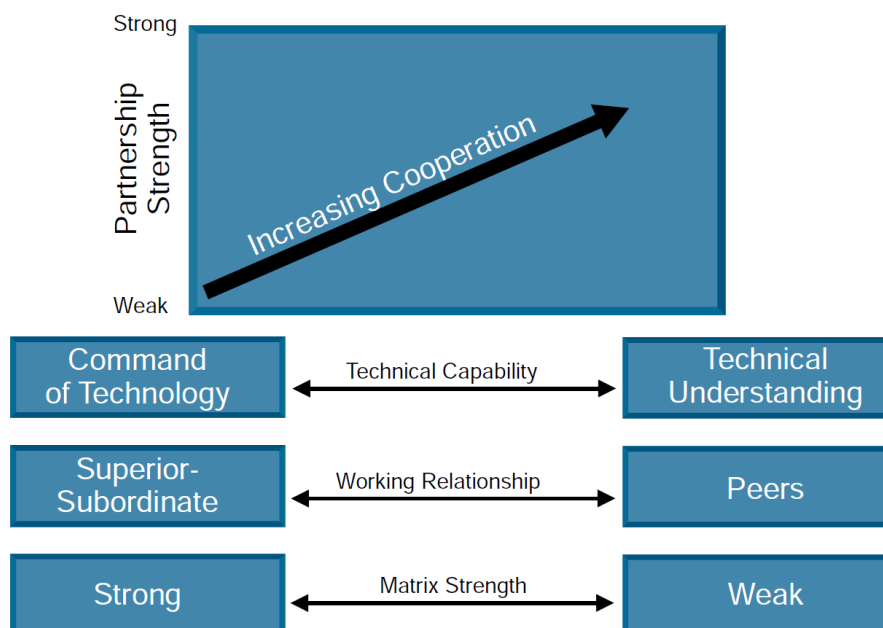
Jako závěrečný bod mohou projektoví manažeři přidělovat zaměstnancům v rámci projektu další odpovědnosti. Pokud mohou dodatečné odpovědnosti vést k povýšení, měl by projektový manažer takové situace konzultovat s liniovým manažerem ještě před zahájením projektu. Velmi často linioví manažeři (nebo dokonce personální zástupci) do projektů posílají „kontrolní“ lidi, aby ověřili, že zaměstnanci vykonávají práci na správném stupni odměňování. To je velmi důležité při práci s manuálními pracovníky, kteří musí být podle smluvních dohod s odbory placeni na úrovni odpovídající vykonávané práci.

Projektoví manažeři musí být ochotni uvolnit zdroje, když nejsou již potřebné. Pokud projektový manažer neustále volá o pomoc v situaci, kdy problém ve skutečnosti neexistuje, liniový manažer jednoduše odejme zdroje (což je právo liniového manažera) a bude to mít za následek zhoršující se pracovní vztah. [14]

## 2.3 Vnitřní partnerství

Partnerství je skupina dvou nebo více jednotlivců pracujících společně na dosažení společného cíle. V řízení projektů je udržování vynikajících pracovních vztahů s vnitřními partnery klíčové. Interně je klíčový vztah mezi projektovým a liniovým manažerem.

V počátcích řízení projektů byla volba osoby, která bude sloužit jako projektový manažer, nejčastěji závislá na tom, kdo měl největší znalosti v oblasti technologie. Výsledkem, jak ukazuje obrázek 14, byl velmi slabý pracovní vztah mezi projektovým a liniovým manažerem. Linioví manažeři viděli projektové manažery jako hrozbu a jejich vztah se vyvinul do soutěživého vztahu nadřízený–podřízený. Nejběžnější formou organizační struktury byla velmi silná matice, kde měl projektový manažer, považovaný za odborníka v oblasti technologie, větší vliv na přidělené zaměstnance než jejich řádný manažer. [12]



Obr. 14: Síla partnerství [12]

Ukázalo se, že s rostoucí velikostí a technickou složitostí projektů nemohou projektoví manažeři udržet vládu nad technologií ve všech aspektech projektu. Byli vnímáni spíše jako ti, kdo rozumí technologii než jako ti, kdo ji ovládají. Stali se více závislími na liniových manažerech pro technickou podporu. Projektový manažer se pak ocitl uprostřed slabé matice, kde zaměstnanci dostávali většinu své technické orientace od liniových manažerů.

Jak se rozvíjelo partnerství mezi projektovými a liniovými manažery, vedení si uvědomilo, že partnerství fungují nejlépe na bázi rovnocennosti. Projektoví a linioví manažeři začali vnímat jeden druhého jako rovnocenné partnery a sdílet pravomoci, odpovědnosti a zodpovědnosti potřebné pro zajištění úspěchu projektu. Dobré metodiky řízení projektů zdůrazňují kooperativní pracovní vztah, který musí existovat mezi projektovými a liniovými manažery. [12]

## 2.4 Projektové techniky

Schopnost rychle a efektivně identifikovat a řešit problémy související s průběhem změny je nezbytná pro každého, kdo pracuje v oblasti řízení projektu nebo zlepšování procesů. Statistická kontrola kvality se však může pro průměrného člověka rychle stát složitou a nepraktickou, což ztěžuje školení a škálovatelnost zajišťování kvality.

Projektové řízení disponuje různými technikami, které usnadňují práci. Některé pomáhají s plánováním, některé s řízením kapacit, některé s hledáním nových nápadů.

S těmito základními nástroji kvality ve svém arzenálu se dá snadno řídit kvalita svého produktu nebo procesu bez ohledu na odvětví.



### 2.4.1 Brainstorming

Brainstorming patří mezi nejrozšířenější kreativní metody. Klíčová pravidla zahrnují:

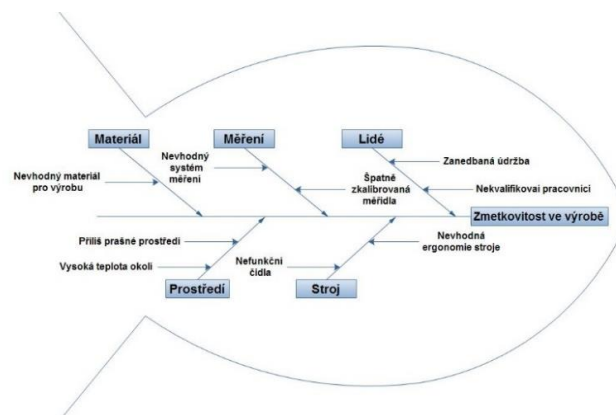
- Optimální velikost skupiny 3–12 účastníků.
- Přítomnost moderátora, který dohlíží na dodržování pravidel a zaznamenává (ideálně přede všemi) předložené nápady.
- Jasná komunikace tématu a metody před samotným brainstormingem; pro méně zkušené účastníky může moderátor objasnit pravidla.
- Zásada kolektivního vlastnictví nápadů, nikoliv individuálního autorského práva.

Samotný brainstorming probíhá takto:

- Účastníci prezentují nápady spontánně, bez hodnocení či posuzování během generování.
- Pokud tok nápadů ustane, moderátor podněcuje jejich další vznik, dokud spontánní generace neustane.
- Po skončení brainstormingu je třeba vybrat nejlepší nápad z prezentovaných. Skupina může provést výběr sama, ale není to podmínkou. Konsolidace a výběr nemusí následovat bezprostředně po samotném brainstormingu. [15]

### 2.4.2 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků neboli Ishikawa diagram podle jména svého autora Kaoru Ishikawa nebo též díky vzhledu Diagram rybí kosti se využívá při identifikování problému. K přesné definici a vyřešení problému je nutné zjistit skutečné příčiny způsobující odchylku. Jednotlivé vlivy a děje jsou zobrazované jako jednotlivé kosti skeletu ryby, samotný problém, jehož řešení hledáme, je představován rybí hlavou.



Obr. 15: Příklad diagramu příčin a následků – zmetkovitost ve výrobě [16]

Proces analýzy se často uskutečňuje skrze brainstorming a zahrnuje následující kroky:

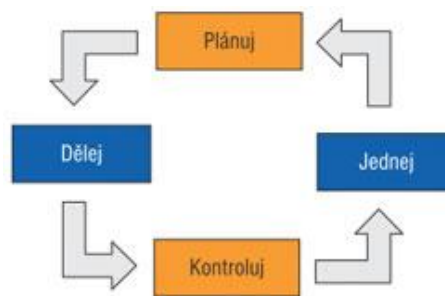
1. Identifikace problému – označení jevu, v němž zkoumáme nedostatky a hledáme příčiny.
2. Zjištění hlavních vlivů – třídění příčin, které ovlivňují vznik problematické situace.
3. Seznam dalších možných jevů, jež mohou dále ovlivnit situaci.
4. Sestavení diagramu s kontrolou úplnosti a zastoupení všech klíčových kategorií vlivů.
5. Analýza jednotlivých příčin a kvantifikace jejich podílu na problematické situaci.
6. Formulace doporučení pro změnu stavu.

Ishikawa diagram má následující výhody:

- vizuální znázornění diagramu propojených jevů a příčin;
- systematický přístup k řešení problému;
- vhodnost pro využití při brainstormingu a týmových diskusích;
- jednoduchost úprav a snadné doplnění dalších detailů. [17]

### 2.4.3 Demingův cyklus

Demingův cyklus, známý také jako PDCA cyklus, představuje metodu gradování kvality jako například kvalita výrobků, služeb, procesů nebo aplikací. Tato metoda spočívá v průběžném opakování čtyř akcí.



Obr. 16: Demingův cyklus [18]

Tato metoda spočívá v opakovaném provádění čtyř základních aktivit:

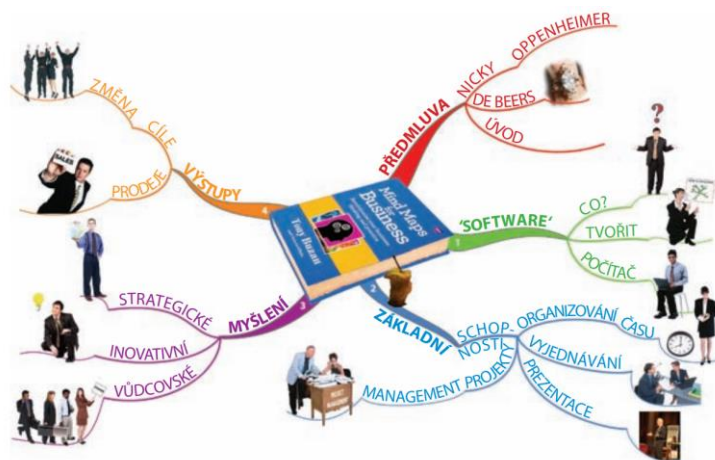
- plan (plánují) – vytvoření plánu zamýšleného zlepšení (záměr);
- do (dělej) – provedení plánu;
- check (kontroluj) – ověření výsledků realizace v porovnání s původním záměrem;
- act (jednej) – úpravy záměru a provedení na základě ověření, následované širokou implementací vylepšení do praxe.

PDCA cyklus představuje jednu z klíčových a základních manažerských zásad. V podstatě reflektuje síly, které nastartují inovační mechanismus, který pohání neustálé zlepšování. V zásadě lze říci, že Demingův cyklus představuje totožný koncept jako principy TQM, Kaizen a dalších podobných metod. Slouží jako přesně definovaná a cyklicky se opakující posloupnost kroků a aktivit při implementaci inovací a zvyšování kvality, především v oblasti výroby. [19]

Při řízení a zavádění změn se používá metoda podobná PDCA – cyklus DMAIC, který již byl popsán v jedné z předchozích kapitol.

#### 2.4.4 Myšlenkové mapy

Myšlenkové mapy (mind maps) výrazně podporují kreativní formu myšlení, což znamená prozkoumávání souvislostí. Jde o odlišný přístup než hledání řešení v existujících rámcích a systémech, postupné vyvozování řešení nebo přístupem příčina–následek.



Obr. 17: Shrnutí knihy ve formě myšlenkové mapy [20]

Základní postup při vytváření myšlenkových map může být následující:

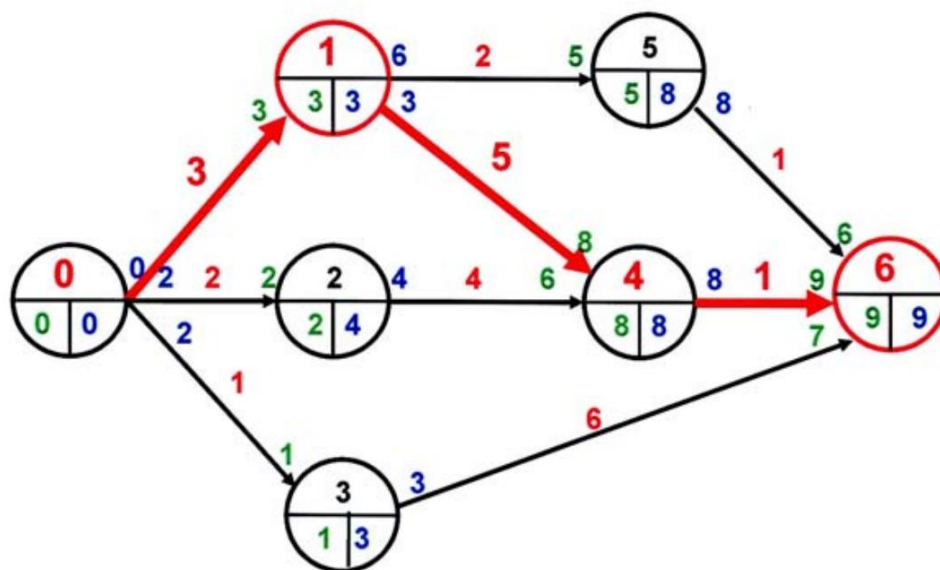
1. Na střed tabule (flipchartu) se zapíše hlavní téma.
2. Subtémata první úrovně se spojí čarami s hlavním tématem a mohou být vzájemně propojena.
3. Účastníci jsou přizváni ke generování nápadů spojených s daným tématem.
4. Následně se postupuje podobným způsobem do dalších úrovní témat, přičemž je nyní možné propojovat témata různých úrovní mezi sebou.

Tuto techniku myšlenkových map lze využít nejen k podpoře kreativního myšlení, ale také k organizaci myšlenek. Je vhodná nejen pro skupinové práce, ale i pro individuální podporu vlastního myšlení. Mnozí projektoví manažeři ji uplatňují jako první nástroj při tvorbě projektového plánu. [15]

#### 2.4.5 Síťový graf

Síťový graf slouží k vizualizaci jednotlivých úkonů projektu a vzájemných vazeb mezi nimi. Jednotlivé etapy projektu jsou obvykle reprezentovány vrcholy na síťovém diagramu. Aktivity jsou zpravidla znázorněny jako orientované hrany v grafu. Trvání jednotlivých činností je poté vyjádřeno hodnotou přiřazenou příslušné hraně.

Výchozí bod grafu je vrchol, ze kterého vedou pouze orientované hrany, a symbolizuje výchozí stav projektu. Cílový bod grafu je vrchol, do kterého vedou pouze orientované hrany, a reprezentuje konečný stav projektu. [21]



Obr. 18: Vzor síťového grafu s vyznačenou kritickou cestou [22]

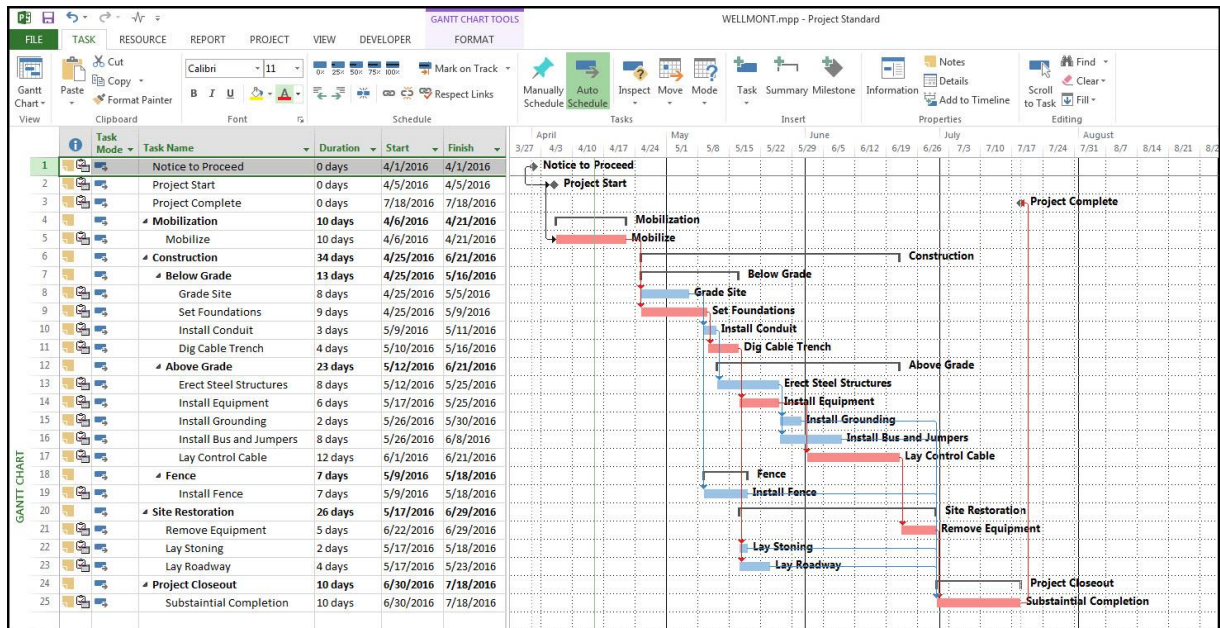
Na obrázku 18 je představen vzor síťového grafu metody CPM. Metoda CPM neboli metoda kritické cesty je základem síťové analýzy. CPM spočívá ve vizuálním znázornění řešení dané úlohy prostřednictvím síťového grafu, přitom činnosti, které nedisponují časovou rezervou, jsou vyznačeny jako kritické a leží na tzv. kritické cestě. [22]

#### 2.4.6 Ganttův diagram

Ganttův diagram, také nazývaný Gantt Chart, je prakticky synonymem pro grafické znázornění plánované posloupnosti činností v čase, což se využívá při řízení projektů nebo procesů. Jeho tvůrcem je Henry Laurence Gantt. Tento diagram prezentuje časová období ve sloupcích (horizontálně) v rámci plánovaného projektu. Podle délky plánovaného projektu se období zobrazuje s odpovídající podrobností (roky, měsíce, týdny, dny). V řádcích (vertikálně) jsou pak znázorněny dílčí aktivity (někdy označované jako úkoly) – tedy kroky, činnosti nebo podprojekty v logickém sledu plánovaného projektu. Trvání každé aktivity je pak vyjádřeno vzhledem k časovému období.

V praxi se Ganttův diagram nejčastěji využívá při plánování aktivit v rámci projektu nebo při koordinaci projektů v rámci nějakého programu. Jednodušší formu lze vytvořit pomocí tabulky v kancelářských aplikacích, zatímco komplexnější varianta zahrnuje návaznosti (kapacitní, věcné, technologické atd.) mezi aktivitami a vychází z metody kritické cesty CPM. K tomu slouží specializované nástroje pro řízení projektů.

V řádcích Ganttova diagramu mohou být specifikovány činnosti, kroky, projekty nebo subprojekty, zatímco ve sloupcích mohou být zobrazeny roky, měsíce, týdny, dny a v některých případech i hodiny. Uvedený příklad Ganttova diagramu ilustruje realizaci projektu Informační strategie prostřednictvím propojených projektů. Některé projekty obsahují klíčové kroky nebo podprojekty. Sloupce v diagramu zobrazují název aktivity, délku trvání, termín zahájení, termín dokončení a grafické znázornění. Tento konkrétní příklad byl vytvořen v nástroji Microsoft Project. [23]



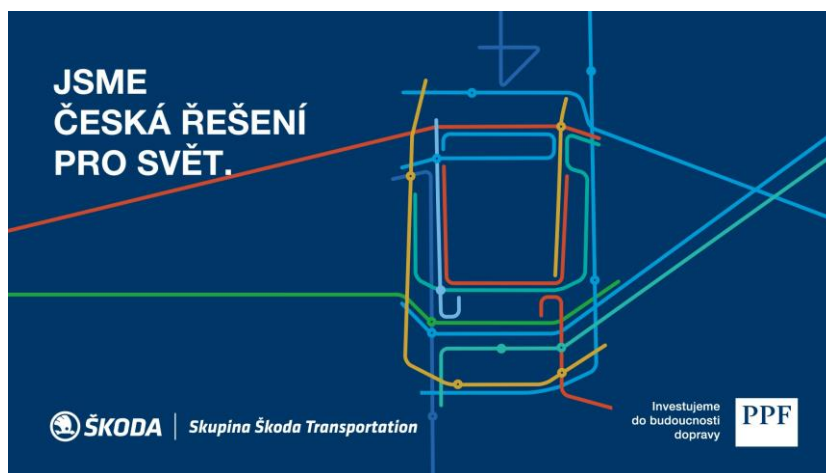
Obr. 19: Ganttův diagram [24]

### 3 Popis stávajícího stavu

Tato kapitola je věnována popisu problematiky a stávajících procesů, které budou dál řešeny v rámci praktické části.

#### 3.1 Představení společnosti

Společnost ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je český výrobní podnik se sídlem v Plzni. Firma poskytuje řešení pro výrobu a vývoj tramvají, trolejbusů a hybridních vozidel s nízkopodlažní konstrukcí, které slouží jako ekologicky šetrná alternativa veřejné dopravy v evropských městech. Firma se také zaměřuje na výrobu různých typů vlaků a lokomotiv. [25]



Obr. 20: ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [26]

Společnost ŠKODA TRANSPORTATION, přední evropský výrobce vozidel pro městskou a železniční dopravu, je dynamickou a rychle rostoucí společností s rozsáhlou tradicí výroby přesahující více než 150 let. Společnost se soustředí na produkci kolejových vozidel různé koncepce, zejména lokomotiv. Jedinečné know-how ŠKODY TRANSPORTATION navazuje na silnou tradici, díky které se stala světově uznávaným dodavatelem elektrických lokomotiv, kterých za svoji historii vyrobila přes pět tisíc kusů. Další strategickou oblastí pro ŠKODU TRANSPORTATION je trh s elektrickými vozidly pro dálkovou, regionální, příměstskou i městskou dopravu. ŠKODA TRANSPORTATION nabízí špičková řešení elektrických jednotek, souprav metra a nízkopodlažních tramvají pro vysoce efektivní a ekologicky šetrnou veřejnou dopravu. [27]

Největší výhrou společnosti posledních měsíců je obdržení zakázky od pražského dopravního podniku na dodávku tramvají pro hlavní město Česka. Firma ŠKODA TRANSPORTATION získala veřejnou zakázku na nákup až 200 jednosměrných vícečlánkových tramvají. Jejich 100% nízkopodlažní vozidlo s pracovním názvem Škoda ForCity Plus bylo vybráno jako vítězná nabídka na základě deseti hodnotících kritérií, což ji ekonomicky zařadilo jako nejvýhodnější. Celková cena této nabídky na celou veřejnou zakázku činila 16,602 miliard korun, přičemž jednotková cena tramvaje dosahovala 82,5 milionů korun. [28]



Obr. 21: Tramvaj 41T pro město Bonn [29]

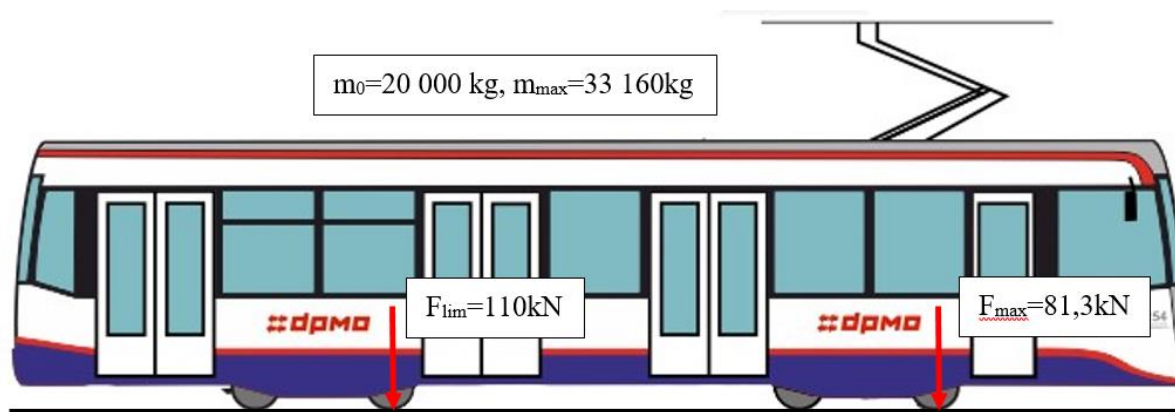
Právě na příkladu tramvajových projektů společnosti proběhne optimalizace procesu zkoumaného v rámci diplomové práce.

### 3.2 Hmotnost kolejových vozidel

Pro obvyčejného uživatele kolejové dopravy je hmotnost tramvaje nebo železničního vagonu velmi často nezajímavou hodnotou. Na rozdíl od cestujících je pro provozovatele a výrobce techniky limit hmotnosti přetrvávající problém. Každý objednatel vozidla definuje maximální možnou hmotnost buď prázdného, nebo plně loženého vozidla. Nemalou roli potom také hraje maximální dovolený nápravový tlak, tedy hmotnost připadající na jeden pár kol z celkové hmotnosti vozidla. Tato hodnota je také většinou zadána dopravním podnikem, případně bývá definována mezinárodními normami nebo vnitrostátními normami.

Limity a striktní požadavky od zákazníka jsou většinou dané okolní infrastrukturou, ve které bude vozidlo provozováno, například únosnost tratě, nosnost zvedáku v dílnách nebo nosnost nouzových prvků pro vyproštění v případě havárie). Někoho může napadnout otázka, proč infrastruktura není dělána s rezervou nebo proč je občas problematické splnit limity. Odpověď je docela jednoduchá – infrastruktura má často 50 i více let, přitom nároky na vybavenost (klimatizace, bateriový provoz, různé pomocné systémy apod.) a obsaditelnost neustále rostou.

Hmotnost je důležitá nejen pro zákazníka, ale také pro výrobce. Na odhadovanou hmotnost vozidla je vázána řada výpočtů probíhajících během vývoje vozidla. Pokud původně odhadovaná hmotnost, když ještě vozidlo neexistuje ani na papíře, bude nižší než u hotového vozidla, může to způsobit řadu problémů. Například vozidlo nebude moct dosáhnout požadované rychlosti rozjezdu, nesplní limit pro brzdnou dráhu nebo nevyhoví požadavkům zákazníka a nebude ani převzato. Na druhou stranu, pokud původně uvažovaná hmotnost vozidla bude značně větší než u hotového, pro výrobce to znamená finanční ztráty. Větší hmotnost v pevnostních výpočtech vyvolá požadavky na tlustší materiál v některých místech nebo na více materiálu na skříní pro splnění koeficientu bezpečnosti nebo silnější a tím dražší brzdy pro zastavení těžšího vozidla, které ve finále nebude tak těžké. V nejhorsím případě nabídka ani nemusí být podána, pokud manažer hmotnosti nebude mít jistotu, že hotové vozidlo splní požadavky zákazníka.

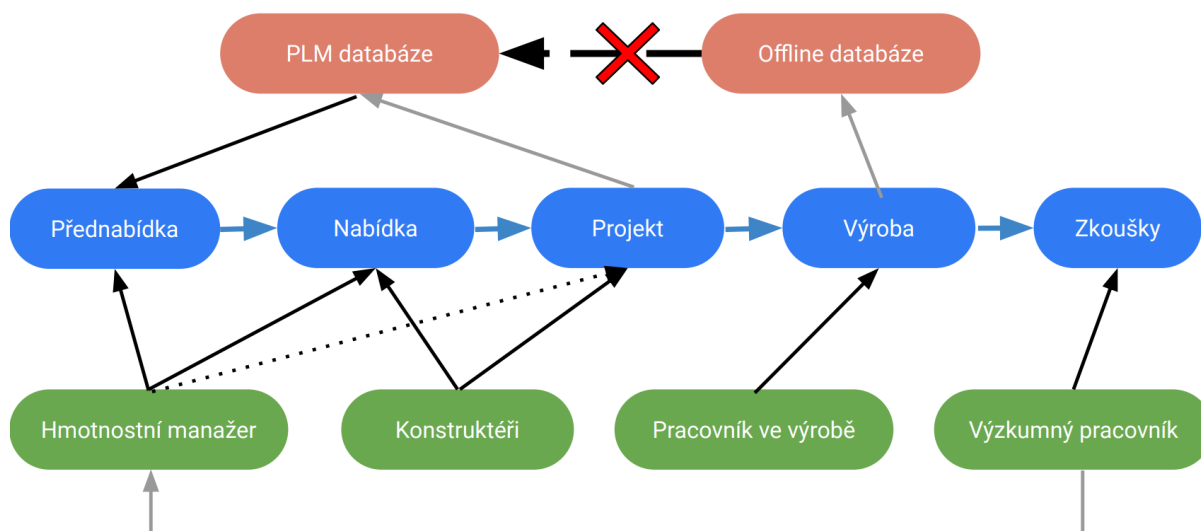


Obr. 22: Tramvaj EVO1 [30]

Je vhodné ukázat dříve popsané hmotnostní parametry na konkrétním případě. Na obrázku 22 je zobrazená tramvaj EVO1 provozovaná ostravským dopravním podnikem. Vlastní hmotnost prázdného vozidla v tomto případě je 20 000 kg a plně obsazeného 33 160 kg, v případě kapacity 30 sedících cestujících a 158 cestujících při naplněnosti 8 osob/m<sup>2</sup>. Výrobce uvádí, že rozložení hmotnosti mezi 4 nápravy vozidla by mělo být rovnoměrné, což znamená maximální nápravový tlak plně loženého vozidla kolem 8 290 kg. Pro tento projekt limitní hodnotu stanovenou jak zadavatelem, tak i normou ČSN 28 1300 Tramvajová vozidla – Technické požadavky a zkoušky je maximální dovolené nápravové zatížení 110 kN, což se rovná přibližně 11 216 kg. Tentokrát byly všechny požadované parametry splněné s rezervou, ale u dnešních vícečlávkových vozidel s větším nárokem na množství cestujících to nebývá tak jednoduché.

### 3.3 Stávající proces

Aktuálně lze práci s hmotností jednotlivých komponentů, tak i celého vozidla rozdělit do 5 etap podle toho, jak vozidlo prochází vývojem.



Obr. 23 Aktuální proces práce s hmotností [zdroj: vlastní zpracování]

Jak je vidět na obrázku 23, jsou čtyři hlavní účastníci v procesu práce s hmotností během vývoje a výroby vozidla. V přednabídkové fázi hmotnostní manažer zpracuje odhad hmotnosti vozidla na základě dat z předchozích projektů firmy, které jsou v PLM databázi. Až se potvrdí účast v nabídkovém řízení, zapojují se do procesu konstruktéři, spolu s hmotnostním manažerem aktualizují a upřesňují odhad. Zatím po výhře nabídky běží projekt vývoje, tj. příprava



konstrukční dokumentace. Během té doby na základě zpracovaných 3D modelů a hmotnosti komponent od dodavatelů konstruktéři doplňují položky nového projektu do PLM databáze. Na etapě projektu hmotnostní manažer jen dohlíží, aby hmotnost v té době aktuální nepřekračovala původní odhad. Po přípravě konstrukční dokumentace jde vozidlo do výroby, na této etapě už začíná probíhat vážení dílů vyráběných ve firmě a také dodávaných komponent. Tato data jsou zadávána do samostatné tabulky uložené na sdíleném disku, přitom vážení bývá často vynecháno, jelikož není nikde definováno, které přesně díly a sestavy se musí zvážít. Když je vozidlo hotové, oborový výzkum provede zkoušku, zváží celé hotové vozidlo a získaná data předá hmotnostnímu manažerovi.

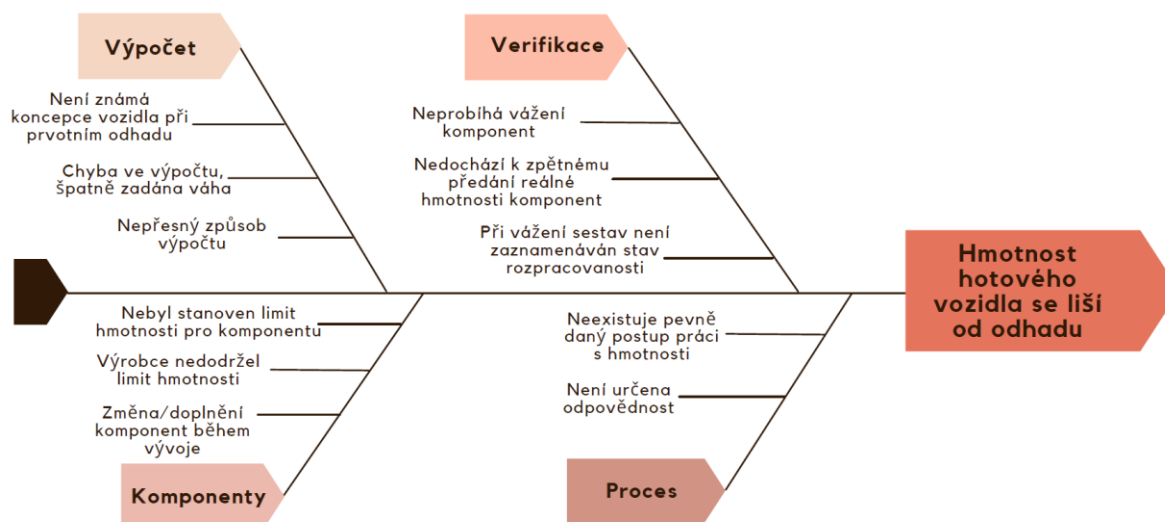
Tento proces má jednu obrovskou nevýhodu, kvůli které aktuálně některé kroky vypadají jako zbytečné. Jelikož vyplňovaná tabulka leží někde samostatně na disku, reálná data z vážení komponent se nepropíší do PLM systému a neproběhne kontrola, jestli byla hmotnost zadaná na etapě projektu správná. Až hmotnostní manažer dostane data z vážení hotového vozidla, tak je porovná se svým odhadem, ale v případě odchylky skoro nemá možnost zjistit, hmotnost které části nebo kterého komponentu tuto odchylku způsobila.

## 4 Analýza současného stavu

V minulé kapitole byly již nastíněny některé problémy při práci s hmotností vozidla během všech fází vývoje a výroby. Pro řešení jednotlivých problémů a následnou optimalizaci celého procesu je nutné správně definovat problém, určit možné příčiny, roztrždit je a navrhnout možná řešení.

### 4.1 Definice problému

Hlavní příčinou, proč se firma potřebuje zabývat danou problematikou a optimalizovat proces sledování hmotnosti, je, že finální hmotnost vyrobeného vozidla nikdy neodpovídá prvotnímu odhadu a zatím neexistují prostředky pro zjištění důvodů. Častěji se stává, že vyrobená vozidla jsou lehčí než odhad, což nemá velké následky pro firmu, ale již se staly případy, kdy první kus byl těžší, než bylo povoleno zákazníkem. V takových případech se musel prototyp přepracovat s využitím lehčích a dražších materiálů, což způsobilo firmě obrovské vícenáklady. Pro určení příčin vzniku tohoto jevu je vhodné využít jednu z projektových technik popsanych v kapitole 2.4, tj. diagram příčin a následků od Kaoru Ishikawy. Diagram příčin a následků připomíná vzhledem rybí kost, kde pomyslná hlava kosti představuje hlavní, již definovaný problém, a na jednotlivé kosti se zapisují možné příčiny vzniku hlavního problému.



Obr. 24: Definice problému – Ishikawa diagram [zdroj: vlastní zpracování]

Hlavní problém, který je potřeba vyřešit, je rozdílná hmotnost hotového vozidla, než jaký byl odhad.

Nejprve jsem na základě zkušeností na pozici hmotnostního manažera vyjmenoval menší problémy a nesrovnalosti v odhadech, které se objevily na předchozích projektech. O stejný výčet problémů s odhadem hmotnosti byl požádán kolega na stejné pozici. Potom byla provedena sumarizace obou seznamů podle delfské metody. Následná redukce a formulace konkrétních příčin probíhala ve spolupráci s hlavními inženýry projektů s mnohaletými zkušenostmi.

Finálně bylo vybráno 11 příčin vzniku tohoto problému, které se rozdělily do 4 obecných skupin.

První skupina problémů se týká výpočtu, který se skládá ze součtu hmotností jednotlivých komponent a výpočtu nápravových tlaků pomocí silových momentů. Příčiny jsou uvedeny v následující tabulce, viz tab. 2.

**Tab. 2: Příčiny chyb výpočtů [zdroj: vlastní zpracování]**

1. Není známá koncepce vozidla při prvotním odhadu	2. Chyba ve výpočtu, špatně zadaná váha	3. Nepřesný způsob výpočtu
Dokud nezačne komunikace se zákazníkem po vyhlášení výherce, není možné určit všechny detaily a specifické požadavky, tím není možné určit všechny komponenty a jejich hmotnost.	Chyba na straně zaměstnance, například hmotnostního manažera nebo konstruktéra.	Zastaralý způsob výpočtu nápravových tlaků pomocí excel tabulky a momentové rovnováhy. Bylo ověřeno pomocí MBS simulace, že rozložení sil mezi nápravy vypočtené v tabulce není přesné.

Druhá skupina popisuje problematiku s komponenty vozidla. Hmotnost dílů často neodpovídá prvotnímu odhadu. Příčiny jsou uvedeny v následující tabulce, viz tab. 3.

**Tab. 3: Příčiny nepřesného odhadu hmotnosti komponent [zdroj: vlastní zpracování]**

1. Nebyl stanoven limit hmotnosti pro komponenty	2. Výrobce nedodržel limit hmotnosti	3. Změna/doplnění komponent během vývoje
Konstruktér neměl určený limit, který musí ve své skupině dodržet a nepřizpůsobil tomu výběr materiálu nebo konstrukce	Dodavatel materiálů nebo dílů nedodržel zakázkou předepsaný limit hmotnosti, proto musí být přísně stanovené sankce.	Podobně jako v případě koncepce není možné určit všechny detaily a specifické požadavky před zahájením spolupráce se zákazníkem.

Třetí skupina je verifikace. Během verifikace by mělo probíhat ověření reálné hmotnosti komponent a porovnání s odhadovanou hmotností, případně hmotností slíbenou dodavatelem dílu. Příčiny jsou uvedeny v následující tabulce, viz tab. 4.

**Tab. 4: Problémy při zjištění reálné hmotnosti [zdroj: vlastní zpracování]**

1. Nepochází vážení komponent	2. Nepochází ke zpětnému předání reálné hmotnosti komponent	3. Při vážení sestav není zaznamenáván stav rozpracovanosti
Není přesně určen seznam dílů, které se musí zvážet. Není určena osoba, která zodpovídá za vážení. Neexistují postupy pro vážení sestav skládaných až na vozidle (kabeláž, izolace atd.).	Nejsou předávány zpět a nahrávány do PLM reálné hmotnosti sestav a dílů.	Data z vážení velkých sestav často přicházejí nekompletní, nejsou předané informace o rozpracovanosti. Příklad informace: „váha článku A – 5700 kg“, ale není určeno, jestli je to čistě hrubá stavba, nebo již natřená hrubá stavba s podlahou a zasklením.

Čtvrtá skupina jsou procesy. Postupy práce s hmotností nejsou přesně definovány. Příčiny jsou uvedeny v následující tabulce, viz tab. 5.

**Tab. 5: Příčiny skupiny Procesy [zdroj: vlastní zpracování]**

1. Neexistuje pevně daný postup práce s hmotností	2. Není určena odpovědnost.
Většina lidí pracuje podle zvyku nebo svých uvážení, nikde není popsán celý proces sledování během chodu projektu.	Není stanoveno, kdo během výroby odpovídá za vážení; není stanoveno, kdo má sledovat hmotnost jednotlivých komponent během vývoje; není stanoveno, kdo má kontrolovat hmotnost komponent od dodavatelů.

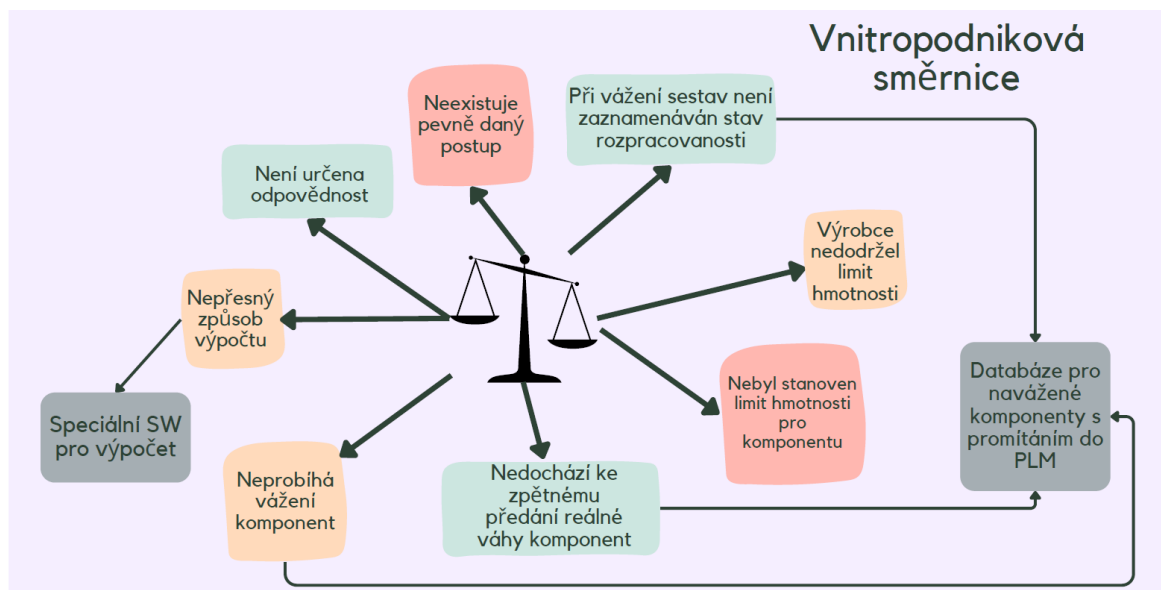
## 4.2 Návrhy pro řešení problematiky

Pro vyřešení problému umístěného v hlavě ryby v Ishikawa diagramu je nutné vzít vyjmenované příčiny jeho vzniku a pokusit se najít způsoby, jak předejít takovým jevům. Nejdříve je nutné rozdělit příčiny na vnitřní a vnější. Vnitřní příčiny vznikají uvnitř podniku a je možné je napravit nebo ovlivnit, zatímco vnější příčiny závisí na zákazníkovi vyráběného vozidla a není možnost je ovlivnit.

**Tab. 6: Rozdělení příčin vzniku problematiky [zdroj: vlastní zpracování]**

Vnitřní	Vnější
Chyba ve výpočtu, špatně zadána váha	Není známa koncepce vozidla při prvotním odhadu
Nepřesný způsob výpočtu	Změna/doplnění komponent během vývoje
Nebyl stanoven limit hmotnosti pro komponenty	
Výrobce nedodržel limit hmotnosti	
Neprobíhá vážení komponent	
Nedochází ke zpětnému předání reálné hmotnosti komponent	
Při vážení sestav není zaznamenáván stav rozpracovanosti	
Neexistuje pevně daný postup práce s hmotností	
Není určena odpovědnost	

9 z 11 příčin vzniku neshody hmotnosti hotové tramvaje s prvotním odhadem je vnitřních a měly by se řešit uvnitř firmy pomocí různých opatření. Pro hledání možností odstranění jednotlivých příčin byla využita metoda myšlenkových map. Po několika pokusech a odstranění nevhodných metod byla vytvořena mapa zobrazená na obrázku 25.



Obr. 25: Metody řešení problematiky – myšlenková mapa [zdroj: vlastní zpracování]

Hlavním nástrojem, který by měl pokrýt všechny příčiny a zastřešit správné fungování celého procesu, bude vnitropodniková směrnice. Zdokumentované procesy by měly přispět k lepšímu sledování hmotnosti na již běžících projektech a zjištěné informace pomohou v budoucnu snížit možnou odchylku hmotnosti u nově vyráběných tramvajů.

Za účelem lepšího sledování reálné váhy jednotlivých komponent a sestav bude připravena fyzická databáze pro vyplňování ve výrobě. Ta bude následně porovnávat tuto hodnotu se zadanou v PLM systému a s váhou vypočtenou u 3D modelu daného dílu dle určeného materiálu. Díly s odchylkou budou muset být překontrolovány.

K opravě nepřesného způsobu výpočtu bude zakoupen speciální software, který umí zohlednit více aspektů konstrukce tramvajů, na nichž záleží rozložení zatížení mezi jednotlivými nápravami, na rozdíl od dosud používané excelové tabulky.

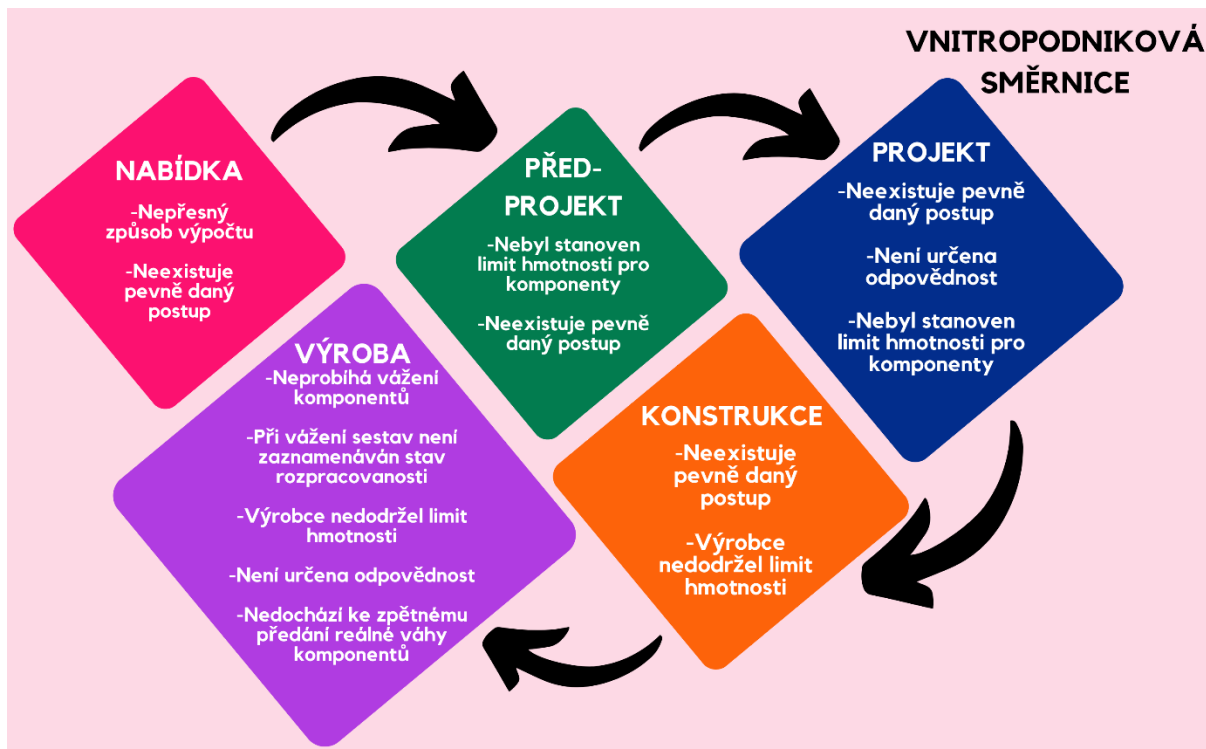
### 4.3 Rozdělení problematiky

Celkový proces sledování hmotnosti během vývoje a výroby tramvaje je velice obšírný a měl by být rozdělen na jednotlivé etapy. Příčiny vzniku řešené problematiky popsané v předchozích kapitolách se neprojevují všechny najednou, ale vznikají postupně během vývoje a výroby.

Celý projekt výroby nového vozidla ve firmě je rozdělen na samostatné části:

1. Group Tender Review (Nabídková fáze)
2. Conceptual Design Freeze (Předprojekt)
3. Preliminary Design Freeze (Projekční fáze)
4. Detailed Design Freeze (Konstrukční fáze)
5. Go To Validation (Stavba prototypu a validace SW)

Příčiny vzniku odchylky hmotnosti hotového vozidla od prvotního odhadu zjištěné pomocí Ishikawa diagramu většinou přísluší k jednotlivým fázím projektu. Vnitropodniková směrnice by měla být nastavena tak, aby pokrývala všechny etapy vývoje a výroby a aby zároveň během rozboru těchto etap vyřešila příčiny vzniku problematiky.



Obr. 26: Rozdělení příčin vzniku problematiky dle etapy [zdroj: vlastní zpracování]

Jak je vidět z grafu na obrázku 26, většina příčin spadá do poslední etapy, tedy do výroby. Některé příčiny se ale týkají všech etap. V rámci zpracování směrnice by měly být nastaveny procesy pro jednotlivé etapy a tím by se mělo předejít vzniku jednotlivých příčin.

## 5 Optimalizace procesů dle etapy výroby

Každá etapa vývoje a výroby vozidla vyžaduje své předpoklady pro správné fungování procesu sledování hmotnosti. Mezi hlavní podmínky lze zařadit: správně určené účastníky, požadované vstupy a výstupy, přesně definovaný postup. Tato kapitola je zaměřena na sestavení procesních map pro každou fázi projektu nové tramvaje se stanovením přesných kritérií pro fungování procesu.

### 5.1 Nabídková fáze

Fáze nabídky je prvopočátkem každé konkrétní zakázky tramvaje pro určené město. Všechny nabídky se dají rozdělit do tří skupin:

- Existující vozidlo – bude se nabízet již jednou vyrobené vozidlo jen s drobnými změnami. Např. jiné rozmístění sedadel nebo informačních transparentů, jiný výkon motoru nebo maximální doba bateriového pojezdu. Teoreticky by 90 % dat pro výpočet hmotnosti pro takovou nabídku mělo být již k dispozici, jelikož hlavní celky vozidla byly už jednou vyrobeny, nicméně k tomu v praxi bohužel nedochází.
- Stejná koncepce – bude se nabízet vozidlo odvozené z již existujícího vozidla. Změní se třeba délky článků, množství podvozků, konfigurace střešní výzbroje nebo dojde k přepracování z jednosměrného vozidla na obousměrné. Hmotnostní rozbor pro takovou nabídku se odvozuje z již existujících dat vozidla stejné koncepce procentuálním navýšením nebo snížením hmotnosti. Z teoretického hlediska by 50 % dat pro výpočet hmotnosti této nabídky mělo být už k dispozici, protože se jedná o stejnou koncepci.
- Nové vozidlo – bude se nabízet typ vozidla, který zatím firma nevyráběla nebo je předchozí podobné vozidlo příliš zastaralé. V takovém případě se pro hmotnostní rozbor rovněž využívají data z předchozích projektů, ale odvozování správné hmotnosti je složitější a je na uvážení hmotnostního manažera, jak se k tomu bude přistupovat. Z existujících dat se beze změn přebírají jen jednotlivé komponenty, ne již vyrobené celky, proto je k dispozici přibližně jen 10 % přesných dat.

Mezi bezpodmínečné účastníky vytvoření hmotnostního rozboru ve fázi nabídky musí být zařazeni tito pracovníci:

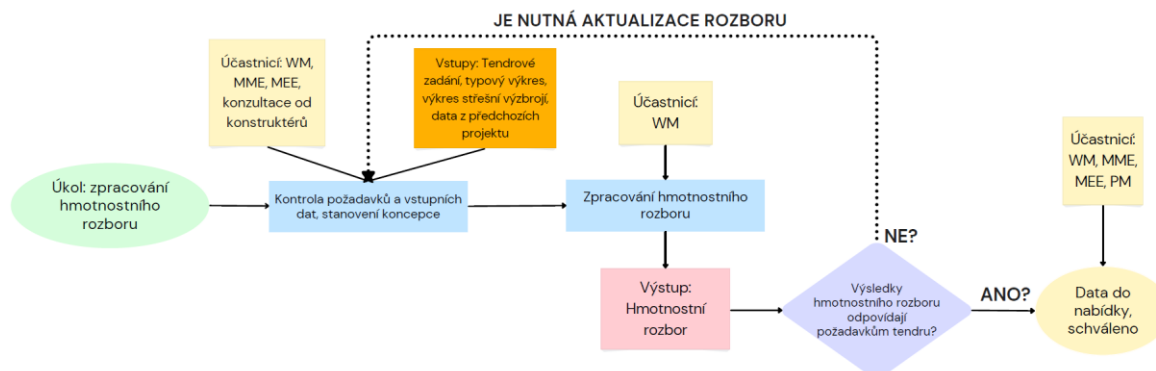
- Weight Manager (WM) – hmotnostní manažer; osoba zpracovávající hmotnostní rozbor a výpočet nápravových tlaků;
- Main Mechanical Engineer (MME) – hlavní inženýr projektu; odpovídá za mechanickou část vozidla;
- Main Electrical Engineer (MEE) – hlavní inženýr projektu; odpovídá za elektrickou část vozidla;
- Project manager (PM) – projektový manažer, osoba zastřešující chod celé nabídky a tvořící spojení mezi jednotlivými odděleními firmy;
- Konstrukteři jednotlivých skupin vozidla na této etapě většinou vystupují jen jako konzultanti.

Ve fázi nabídky je množství vstupních dat omezené:

- Technické zadání tendru;
- Typový výkres;
- Výkres rozložení střešní výzbroje;
- Data z hmotnostních rozborů předchozích projektů;
- Data z položek předchozích projektů v PLM systému.

Dnešní systém sledování hmotnosti na projektech bohužel není stoprocentně funkční, a proto hmotnost zadaná do položek v PLM systému často neodpovídá údajům zadaným do hmotnostních rozborů. Toto je jeden z důvodů vzniku odchylky výsledků výpočtu s reálnou hmotností hotového vozidla.

Na základě pracovních zkušeností a konzultací se stávajícími hmotnostními manažery firmy byla vytvořena procesní mapa (obr. 27) pro proces práce s hmotností ve fázi nabídky.



Obr. 27: Procesní mapa – Nabídka [zdroj: vlastní zpracování]

Hlavním úkolem této etapy je zpracovat hmotnostní rozbor pro ověření, jestli nabízené vozidlo splní požadavky tendru, případně norem platných v místě určení:

1. krokem se musí ověřit požadavky tendru, tj. limitní hmotnost a nápravové tlaky. MME a MEE ve spolupráci s konstruktéry určí koncepci vozidla: výchozí vozidlo nebo platforma, typový výkres, výkres střešní výzbroje.
2. krokem WM zpracuje na základě obdržených vstupů hmotnostní rozbor vozidla. Jelikož na této etapě většinou nejsou určeni konstruktéři zodpovědní za konstrukční skupiny, rozhodnutí o zadávané hmotnosti a těžišti jednotlivých sestav nebo komponentů je za WM. Hmotnostní rozbor může být zpracován pomocí excelové šablony nebo pomocí softwaru WeightDataTool 3. Následně je vhodné provést vzájemné ověření pomocí druhé metody.
3. krokem se provádí kontrola výsledků. PM ve spolupráci s MME, MEE, WM zkontroluje finální hodnoty a zapracuje je do nabídky pro zákazníka. Pokud výsledky nejsou vyhovující, je nutné se vrátit k prvnímu kroku, upravit koncepci a přepracovat hmotnostní rozbor.

Pro správné fungování tohoto procesu a zajištění přesnosti prvotního odhadu je nutné opravit stávající problém, kdy nedochází ke zpětné verifikaci reálné hmotnosti komponent. WM při přebírání hmotnosti z PLM systému nebo hmotnostních rozborů předchozích vozidel nemá jistotu, že tato hmotnost byla ověřena na fyzických komponentech. Nápravě této problematiky je věnována jedna z dalších kapitol, přednostně by se mělo řešit stanovením procesu v rámci etapy výroby.

## 5.2 Předprojekt

Tato fáze nastává po výhře v tendru a podepsání zakázky s objednavatelem. Během této fáze jsou zpracovány koncepční 3D modely, určuje se základní materiál a tvar hlavních komponentů vozidla. Jsou připravovány poptávky pro externě objednávané díly.

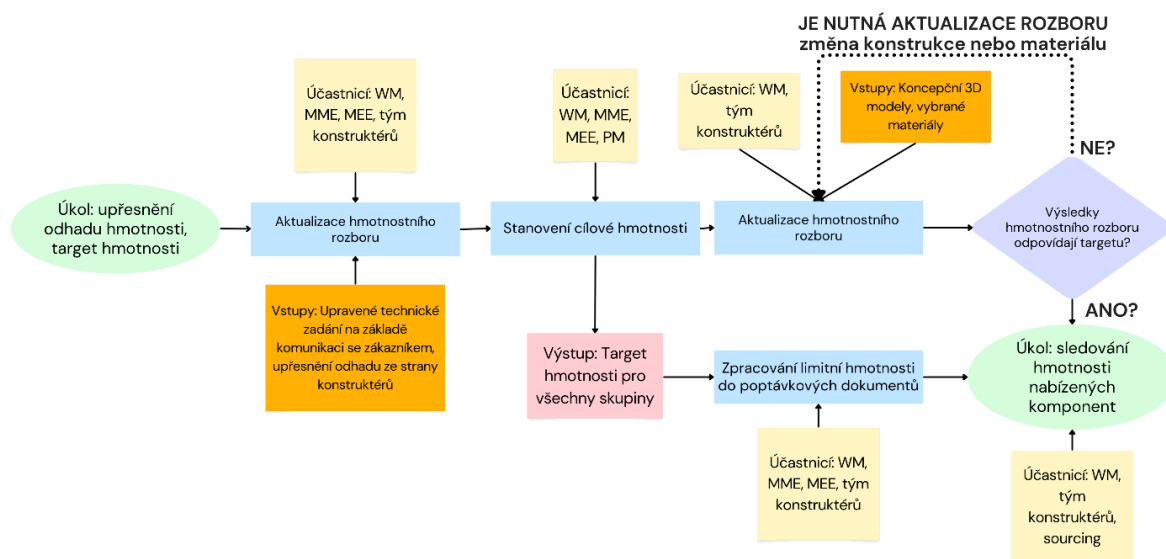


Mezi bezpodmínečné účastníky vytvoření hmotnostního rozboru ve fázi předprojektu musí být zařazeni:

- Weight Manager (WM);
- Main Mechanical Engineer (MME);
- Main Electrical Engineer (MEE);
- Project manager (PM);
- Konstrukteři – v této etapě jsou již přiřazeni konstruktéři zastřešující jednotlivé konstrukční skupiny;
- Sourcing – oddělení firmy, které má na starosti poptávání nových a nestandardizovaných dílů.

Během etapy před-projektu je množství vstupních dat větší:

- Technické zadání tendru;
- Upřesněné požadavky zákazníka vozidla zohledňující specifiku města;
- Typový výkres;
- Výkres rozložení střešní výzbroje;
- Data z hmotnostních rozborů předchozích projektů;
- Data z položek předchozích projektů v PLM systému;
- Koncepční 3D modely.



Obr. 28: Procesní mapa – Před-projekt [zdroj: vlastní zpracování]

Hlavním úkolem etapy předprojektu při práci s hmotností vozidla je aktualizace odhadu hmotnosti po nabídce ve spolupráci s určeným týmem konstruktérů a na základě specifických požadavků od zákazníka. Po podpisu smlouvy, návštěvě depa a jednání se zákazníkem dochází často k úpravě požadavků daných tendrem. Zákazníci například mají většinou již svého dodavatele jízdenkových a informačních systémů nebo potřebují použít určené sedačky a podlahovou krytinu pro sjednocení se stávajícím vozovým parkem.

Po aktualizaci hmotnostního rozboru v prvním kroku určí hmotnostní manažer ve spolupráci s vedoucími inženýry projektu cílové hmotnosti pro jednotlivé skupiny, tj. hrubá stavba, podvozek, interiér a další. Cílová hmotnost vozidla by se měla odvíjet od požadavků tendru, možnosti použité trakční výzbroje a brzd, specifických požadavků vedení projektu. Cílová

hmotnost nesmí být příliš nízká, pokud to nevyžaduje tendr, aby nedocházelo k využití lehčích a tím dražších materiálů. Zodpovědní konstruktéři musí rozdělit celkovou povolenou maximální hmotnost jejich skupin na jednotlivé díly a podle toho zadat maximální hmotnost určeného dílu do poptávkových dokumentů.

Po stanovení targetu hmotnosti musí proběhnout aktualizace hmotnostního rozboru na základě návrhu pro dosažení cílové hmotnosti, například konstrukční změny, jiné materiály, upřesnění odhadu na základě propracování koncepce. Aktualizace musí probíhat do té doby, dokud navržené změny u komponentů nedovolí dosáhnout targetové hmotnosti. Musí být brán zřetel i na vytvořenou rezervu k limitu danému tendrem, jelikož během vývoje projektu může dojít v budoucnu k navýšení hmotnosti po výsledcích pevnostních výpočtů a dalších okolnostech.

### 5.3 Projekt

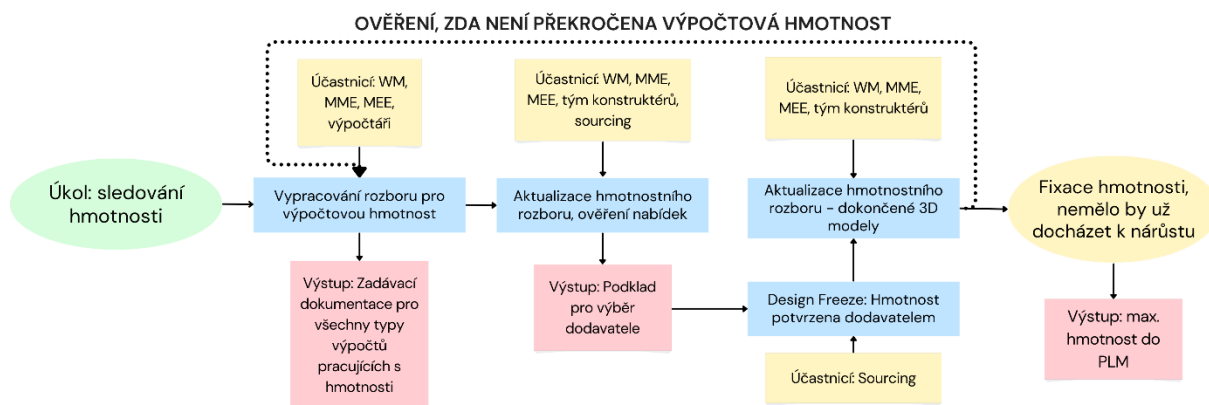
Během této fáze dochází k podrobnějšímu rozpracování 3D modelů a konstrukci jednotlivých uzlů. Jsou získávána a kontrolována data k nakupovaným položkám. Hmotnost vozidla a vnášená zatížení na jednotlivé uzly jsou častěji využívána pro výpočty různých druhů: trakční výpočty, výpočet pro dimenzování brzdy, pevnostní výpočty podvozků a hrubé stavby, crash-výpočet, výpočet chodových vlastností.

Mezi bezpodmínečné účastníky vytvoření hmotnostního rozboru ve fázi projektu musí být zařazeni:

- Weight Manager (WM);
- Main Mechanical Engineer (MME);
- Main Electrical Engineer (MEE);
- Project manager (PM);
- Konstruktéři;
- Sourcing – oddělení firmy, které má na starosti poptávání nových a nestandardizovaných dílů;
- Výpočtáři – výzkumní a vývojoví pracovníci zabývající se provedením výpočtů různého druhu za účelem správného dimenzování jednotlivých uzlů;
- Dodavatelé – občas je potřeba zahájit spolupráci s dodavatelem a prošetřit možnosti snížení hmotnosti jimi nabízených komponent.

Během etapy projektu by měla být k dispozici následující vstupní data:

- Technická specifikace tendru;
- Typový výkres, případná aktualizace;
- Výkres rozložení střešní výzbroje, případná aktualizace;
- Propracované 3D modely;
- Data z nabídek nakupovaných komponent.



**Obr. 29: Procesní mapa – Projekt [zdroj: vlastní zpracování]**

Etapa Projekt je hlavní etapou pro určení finální hmotnosti vozidla, jelikož dochází k finalizaci 3D modelů a provedení Design Freeze s dodavatelem. Než k tomu ale dojde, musí být provedeno několik důležitých kroků.

Na začátku této etapy se musí provést stanovení výpočtových hmotností pro jednotlivé druhy výpočtů. Zpracuje se hmotnostní rozbor pro nominální hmotnost vozidla, většinou odpovídá limitní hmotnosti podle tendru. Pak se zpracuje hmotnostní rozbor se zapracováním minimální a maximální tolerance, určuje se vedoucími inženýři projektu, nejčastěji je tolerance rovna 5 %. Výpočtáři použijí potřebnou iteraci výpočtové hmotnosti na základě vlastního rozhodnutí podle toho, jestli je pro jejich druh výpočtu náročnější splnit požadavky s lehčím, nebo těžším vozidlem.

Již začínají přicházet nabídky jednotlivých komponentů podle poptávkových dokumentů zpracovaných během minulé etapy. Jedním z podkladů pro výběr dodavatele jakýchkoliv komponentů je hmotnost, kterou slibuje splnit. Pokud dodavatel ve své nabídce překračuje limitní hmotnost, ale nabízí jiné výhody, například dodací lhůtu nebo cenu výrobku, je nutné provést kontrolu hmotnostního rozboru a rozhodnout, jestli je možné k takovému nárůstu přistoupit.

Po výběru dodavatelů dochází k finálnímu zhotovení 3D modelů a aktualizaci hmotnostního rozboru. V dalších krocích by už nemělo docházet k velkému navýšení hmotnosti vozidla. Aktuální hmotnost se v tu chvíli zadá jako maximální pro dané položky do PLM systému pro následné porovnání v dalších etapách.

Skupina položek	MJ zásob	Kód výběru	Typ výrobku
Výráběná položka	520N	ks	
Nakupovaná položka			
Konečný materiál			Váhová MJ
Výchozí materiál			Max. hmotnost
TDP (požad. mat.)			Hrubá hmotnost
Rozměr (polotovar)			Čistá hmotnost
Norma (požadovaná)			Vypočtená hmotnost

Obr. 30: Vzor položky v PLM

Zároveň musí proběhnout kontrola, jestli odhadovaná finální hmotnost nepřekročila výpočtovou hmotnost určenou dříve během této etapy, případně jestli jednotlivé změny nemají vliv na výpočty.

## 5.4 Konstrukce

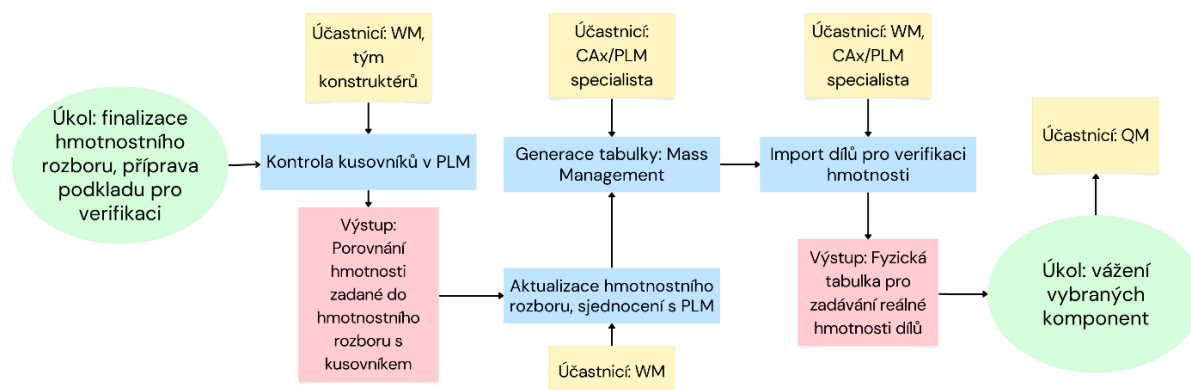
Během této fáze dochází ke zpracování konstrukčních výrobních výkresů dle již dokončených 3D modelů, vytváří se kusovníky. Připravují se podklady pro výrobu jednotlivých prvků a následně větších celků.

Mezi bezpodmínečné účastníky sledování hmotnosti ve fázi konstrukce musí být zařazeni:

- Weight Manager (WM);
- Project manager (PM);
- Konstrukční inženýři;
- Quality manager (QM) – manažer kvality projektu, ve většině případů vystupuje spojením úseku Technika s výrobou;
- CAx/PLM specialista.

Během etapy konstrukce by měla být k dispozici následující vstupní data:

- Technická specifikace, případná aktualizace;
- Typový výkres, případná aktualizace;
- Výkres rozložení střešní výzbroje, případná aktualizace;
- Propracované 3D modely;
- Dodavatelské výkresy;
- Kusovníky v PLM systému.



Obr. 31: Procesní mapa – Konstrukce [zdroj: vlastní zpracování]

Po dokončení 3D modelů dochází k propracování kusovníků jednotlivých sestav do posledního šroubu. Na začátku etapy Konstrukce WM ve spolupráci s konstruktéry se musí provést kontrola kusovníků a potvrdit, že vypočtená hmotnost položek sestav v PLM odpovídá dříve zadanému odhadu do hmotnostního rozboru. Data musí být sjednocena pro porovnání během další etapy.

Za kontrolou kusovníku a aktualizací rozboru následuje vytváření databáze Mass management na základě dat z PLM systému, databáze je představena excelovou tabulkou s podporou maker pro aktualizaci dat z PLM. Podrobnější informace k této databázi jsou představeny v kapitole 6.3.

Dle určených kritérií z databáze Mass management se vygeneruje seznam dílů ke zvážení ve výrobě. Tato fyzická tabulka se jmenuje Verifikace. WM předává tabulku manažerovi kvality projektu. QM zajistí vážení komponent ve výrobě.

## 5.5 Výroba

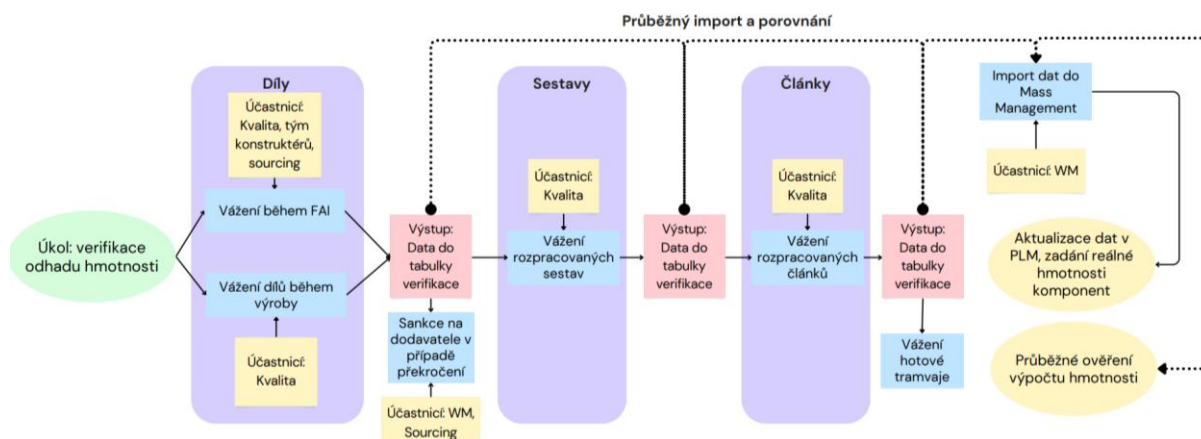
Do této fáze spadají všechny aktivity od vstupní kontroly nakupovaných dílů a výroby vlastních součástí až po vážení hotového vozidla. Během ní probíhá kontrola, jestli původně uvažovaná hmotnost jednotlivých komponent a větších celků odpovídá realu.

Mezi bezpodmínečné účastníky sledování hmotnosti ve fázi výroby musí být zařazeni:

- Weight Manager (WM);
- Project manager (PM);
- Sourcing – oddělení firmy, které má na starosti poptávání nových a nestandardizovaných dílů;
- Quality manager (QM) – manažer kvality projektu, ve většině případů vystupuje spojením úseku Technika s výrobou;
- CAx/PLM specialista;
- Konstruktéři.

Během etapy konstrukce by měla být k dispozici následující vstupní data:

- Data z reálných vážení komponentů;
- Dodavatelské výkresy;
- Kusovníky v PLM systému.



Obr. 32: Procesní mapa – Výroba [zdroj: vlastní zpracování]

Práce s hmotností během etapy Výroba se dá rozdělit do 4 částí.

Začíná se vážením dílů. Vážení dílů od dodavatelů probíhá při FAI (First Article Inspection – Kontrola prvního kusu). FAI může probíhat jak u výrobce, tak ve fabrice při převímce první dodávky od dodavatele. Přitom při FAI musí být zváženy všechny díly obsažené v protokolu převímky. Překročení hmotnosti u dílů od dodavatele musí být vyhodnoceno, jestli je překročení v rámci tolerančního pole, nebo není. V případě větší odchylky nahoru by Sourcing měl zahájit jednání s dodavatelem a dohodnout se na nápravě a možných sankcích. Díly vyráběné ve fabrice jsou váženy podle toho, jestli jsou zařazeny do tabulky verifikace, nebo nejsou.

Po vážení dílů následuje vážení sestav, jež jsou vyjmenovány v tabulce verifikace. Jedná se o svařované sestavy, sestavy podvozků a další sestavy, které se smontují vně vozidla a je možné je zvážít. Například sestavu vnitřního obložení bočnic nejde zvážít vně vozidla, jelikož jednotlivé díly se smontují až uvnitř článků, ale díly musí být zváženy v rámci FAI.

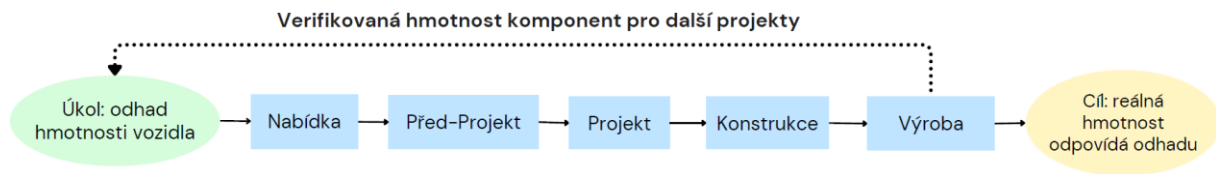
Až jsou jednotlivé sestavy hrubé stavby svařeny dohromady do celé hrubé stavby, je nutné zahájit vážení článků, které musí probíhat po krocích se zaznamenáváním stavu rozpracovanosti HS. Například nejdřív se zváží svařená HS, následně HS s navařenými návarky, potom natřená HS, HS s nalepenou podlahou a tak dále až do hotových článků.

Po spojení článků mezi sebou a zavázání podvozků musí proběhnout vážení hotového vozidla, při němž musí být také zaznamenán stav rozpracovanosti. Hmota chybějících dílů musí být doplněna závažím podle hmotnosti těchto dílů v kusovníku. Finálně hotové vozidlo musí projít zkouškou hmotnosti, při zkoušce musí být hmotnost vozidla navýšena o hmotnost řidiče a objem všech provozních náplní musí být 100 %.

Během etapy Výroby vozidla WM provádí neustálé porovnávání zvážených hodnot s hmotností zadanou do PLM systému. Data zadaná ve výrobě do tabulky Verifikace jsou zpětně nahrávána do databáze Mass management, kde se provádí automatické porovnání a přepočítání celkové hmotnosti vozidla.

## 5.6 Sumarizace

Procesy navržené pro jednotlivé fáze výroby a vývoje v rámci předchozích kapitol na sebe musí navazovat a vytvářet jeden celkový proces, který následně přispěje k větší přesnosti odhadu pro další projekty. Velký počet komponentů je přebírán mezi projekty, případně jejich koncepce je dost podobná, proto je důležité provádět pravidelnou aktualizaci hmotnostních rozborů vozidel a verifikaci reálné hmotnosti komponentů. Postupné ověření reálné hmotnosti komponentů a naplnění databáze v PLM systému přispěje k přesnějšímu odhadu při navrhování nových vozidel a ve fázi nabídky.



**Obr. 33: Procesní mapa – Sumarizace [zdroj: vlastní zpracování]**

Procesy budou odzkoušené na několika zkušebních projektech a před plošným zavedením budou upravené a schválené v rámci všech úseků, které se na tom podílejí.

## 6 Nástroje pro fungování procesů

Pro správné fungování jednotlivých procesů navržených v předchozí kapitole a také pro celkové sledování hmotnosti ve fabrice jsou nutné některé nové nástroje, případně úprava stávajících.

Je samozřejmé, že hlavním nástrojem v každé firmě jsou lidé, ale pracovníci nemohou fungovat bez přesně daných postupů a speciálních nástrojů, jinak vznikají časové ztráty a práce je neefektivní.

V prvé řadě je důležitá evidence reálné hmotnosti. Pro tuto problematiku byla vytvořena speciální databáze. Verifikace hmotnosti již používaných komponent by měla přispět k přesnějšímu odhadu hmotnosti na nových projektech.

Dalším důležitým nástrojem, který je vhodné implementovat, je nový software pro výpočet hmotnosti, který by měl přispět k přesnosti výpočtu.

Nejdůležitějším nástrojem v tomto případě je vnitropodniková směrnice, která určí přesný postup pro každé oddělení a pracovní pozici.

### 6.1 Software pro výpočet

Jak již bylo zmíněno v rámci definice příčin vzniku odchylky hmotnosti hotového vozidla, aktuální způsob výpočtu hmotnosti a nápravových tlaků vozidla je zastaralý a je již prokázána jeho nepřesnost.

Dnes probíhá výpočet pomocí výpočtu silových momentů v excelové šabloně, která se připravuje pro každý projekt odvozováním ze stávajících rozborů. Vstupní data (obr. 34) a výstupní výsledky (obr. 35) jsou na samostatných listech.



Jen modré údaje lze měnit!		
Počet osob na m2	6,670	osob/m2 (Nutno počítat s řidičem!)
Hmotnost osoby	76,50	kg
Rozchod	1000	mm
Celkem osob	218,75	osob
Celkem osob - korekce	218	osob
Počet článků	3	ks
Korekce na článek	0,25	osob
Korekce na článek	19,15	kg
? Dovážení celkem	0	kg
Celkem ELE	39090	kg
Odchylka Q <sub>s</sub> a Q <sub>p</sub>	5	%
Vehicle width	2300	mm
Zatížení na m2	510,3	kg/m2

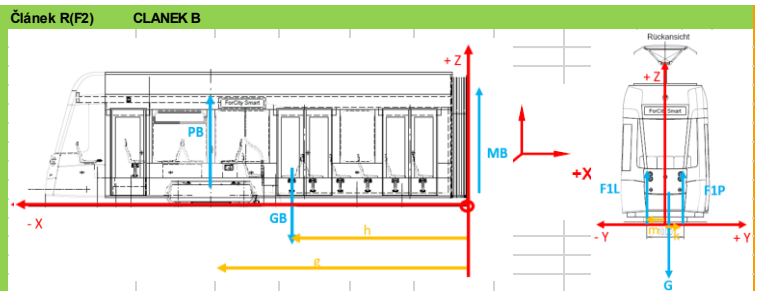
Článek B R (F2)		
Obsaditelnost - F	Plocha:Počet	
Sedící	23	
Stojící	67,37	###
...na m2	6,67	
sedící sklopné	4	

Článek C H		
Obsaditelnost - F	Plocha:Počet	
Sedící	12	
Stojící	33,35	5,00
...na m2	6,67	
Sedící sklopné	0	

Článek A (F1)		
Obsaditelnost - F	Plocha:Počet	
Sedící	19	
Stojící	68,03	###
...na m2	6,67	
Sedící sklopné	4	

passenger weight	750,47	N
	76,50	kg
loading on Standing area	5005,6	N/m2
	510,26	kg/m2
	6,6700	os/m2

		NAME - EN	Vehicle
1	A	Vozidlo	sand
		písek	
		náplň do mazání okolků	
		náplň do mazání kolejnice	
		řidič	
1	B	Skříň vozidla	Vehicle body
2	B	BA BA	Vehicle body
3	B	BA BA01	Vehicle body with weld-on parts, addition
2	B	BB BB	Underframe
3	B	BB BB00	Underframe, main frame
3	B	BC BC	Side walls
3	B	BC BC00	Side walls
3	B	BC BC01	Side wall without doors
3	B	BC BC02	Side wall with doors



Článek zatížení GC			
Souřadnice (zatížení) =	x	y	z
extreme point	-11480		
g (PB)=	-6965		
h(GB)=	-5760		
h(GBc)=	-5848		
h(GBz)=	-4769		
starting point (MB)	0		
m (FP)=			500
m (FL)=			-500
k(GR)=			33
k(GRc)=			33
k(GRz)=			55

Celkem G			
Load for PB	17956	-6965	
Load for PBP	9563		500
Load for PBL	8393		-500
Reaction MB	3756		0
Celkem G	21711,7	-5760	33 1202 -1,25E+08 707246 26094440

vybavení	Hmotnost kg	Souřadnice			Momenty			Kvadratický moment		
		x	y	z	mx	my	mz	lx	ly	lz
Podvozky	4976	-6965	0	300	-34657840	0	1492800			
Bogie R1	4976	-6965	0	300	-34657840	0	1492800			

Článek GC			
Load for PBc	8247		0
Load for PBPc	4398		500
Load for PBLc	3848		-500
Reaction MBc	1576		0
with bogie	14799	-6223,3	22,1456 1237,99 -92095920 327724 18320574
Článek GBc	9823	-5848	33 1713 -57438080 327724 16827774

		NAME - EN	Vehicle
?	Dovážení	57	
		57	-6950 0 1000 -396150 0 57000
		0	0 0 0 0 0 0
		0	0 0 0 0 0 0
		0	0 0 0 0 0 0
1	B	B B	3667
2	B	BA BA	0
3	B	BA BA01	0
2	B	BB BB	1430
3	B	BB BB00	1430
3	B	BC BC	1079
3	B	BC BC00	0
3	B	BC BC01	575
3	B	BC BC02	505

Obr. 34: Vzor zadaných parametrů vozidla a vstupních dat – detail

		B			C			A				
<b>Empty vehicle (ELE)</b>												
Total weight	kg	39 100										
Section weight	kg	9 823			5 381			10 661				
Section reaction	kg	8 247		1 576	8 301		1 344	9 317				
Bogie weight	kg	4 976			3 252			5 007				
Bogie load distribution	kg	2 488	2 488		1 626		1 626	2 504	2 504			
Axle reaction (ELE)	kg	6 611		6 611		5 777		5 777		7 162	7 162	
Odchylnka QL a QP		nesplněno 13 223			0,14	nesplněno 11 553			###	0,15	nesplněno 14 324	
Adhesion ratio	70,45											
Position		3615	4515	5415	11480	13580	14480	15380	17480	23545	24445	25345
LS Axle reaction (ELX)	kN:	64,86	64,86		56,67		56,67	70,26		70,26		
limit from concept:	kN	68,00	68,00		59,60		59,60	70,00		70,00		
actual loading to the limit (max. loading):	kN	3,14	3,14		2,93		2,93	-0,26		-0,26		
<b>Pay loading</b>												
Occupancy	pers./m2	6,670										
Person weight	kg	76,50										
Total weight	kg	16 734										
Total capacity	pers.	218,8										
Section		B			C			A				
Sitting person	pers.	23,0			12,0			15,0				
Sitting pers.weight	kg	1 760			918			1 148				
Floor area	m2	10,10			5,00			10,20				
Standing person	pers.	67,4			33,4			68,0				
Standing person weight	kg	5 154			2 551			5 205				
Total capacity	pers.	90,4			45,4			83,0				
Pay loading	kg	6 913			3 469			6 352				
Section reaction	kg	4 733		2 180	3 469		2 822	3 530				
Position		4515	11480		13580	14480	15380	17480	23545	24445	25345	
<b>Total weight</b>												
Total weight	kg	55 834										
Total weight	kg	16 736			8 850			17 013				
Section reaction	kg	12 980		3 756	16 772		4 166	12 847				
Bogie weight	kg	4 976			3 252			5 007				
Bogie load distribution	kg	2 488	2 488		1 626		1 626	2 504	2 504			
Axle reaction (ELX)	kg	8 978		8 978		10 012		10 012		8 927	8 927	
Odchylnka QL a QP		nesplněno 17 956			0,11	nesplněno 20 024			0	0,11	nesplněno 17 854	

Obr. 35: Vzor výsledků

Na základě vlastních zkušeností při práci s hmotnostními rozbory podle daného vzoru a po projednání s kolegy byly vydefinované následující hlavní nevýhody stávající metody:

- Je nutné ručně konfigurovat vzor podle množství článků a rozmístění podvozků, velké riziko chyb při stanovení sil přenášených z článků na sousední článek přes mezičláňkové spojení.
- List se vstupními údaji obsahuje 700 řádků a 50 sloupců.
- Velké množství ručně zadávaných provázaných vzorců, chyba v jakémkoliv způsobí nepřesnost ve výpočtu.

													Load for PC	=V46+J43+AH43	=W27
													Load for PCP	=V40*(X32+X30)/(X30+X3	
													Load for PCL	=V40-V41	
Reaction MB	=J46-J37	=K\$28							MB=GB-PB						
Celkem G	=J51+J65+J656	=N46/J46	=O46/J46	=P46/J46	=N51+N65+N656	=O51+O65+O656	=P51+P65+P656						Celkem G	=V51+V65+V656	=Z46/V46
vybavení	Hmotnost kg	Souřadnice			Momenty			lický				Část, zařízení, vybavení	Hmotnost kg	x	
		x	y mm	z	mx	my kg*mm	mz	lx	ly						
Podvozky	=SUMA(J52:J53)	=N51/J51	=O51/J51	=P51/J51	=SUMA(N52:N53)	=SUMA(O52:O53)	=SUMA(P52:P53)					Podvozky	=SUMA(V52:V53)	=Z51/V51	
Bogie R1	=4946+30	-6965	0	300	=J52*K52	=J52*L52	=J52*M52					Bogie C1	=3222+30	0	
Článek GC												Článek GC			
Load for PBc	=J65*K\$26/K\$23	=K43				PBc=GBc*h/g						Reaction MC1c	=AH62		
Load for PBPC	=J56*(L\$29+L\$32)/(L\$29		=L\$29			PBPC=GBc*(m+k)/(m+						Reaction MC2c	=J62		
Load for PBLc	=J56-J57		=-L\$29			PBLc=GBc-PBPC						Load for PCc	=V65+J62+AH62	=W46	
												Load for PCPc	=V59*(X33+X30)/(X30+X3		
												Load for PCLc	=V59-V60		
Reaction MBc	=J65-J56	=K\$28				MBc=GBc-PBc									
with bogie	=J65+J51	=N64/\$J\$64	=O64/\$J\$64	=P64/\$J\$64	=N65+N52	=O65+O52	=P65+P52						=V65+V51	=Z64/\$V\$64	
Článek GBc	=J66+J67+J74+J105+J1	=N65/J65	=O65/J65	=P65/J65	=SUMA(N66:N646)	=SUMA(O66:O646)	=SUMA(P66:P646)					Článek GCc	=V66+V67+V74+V105+V1	=Z65/V65	
? Dovážení	0	-11285	0	0	=J66*K66	=J66*L66	=J66*M66				? Dovážení	0	0		
	=SUMA(J68:J73)											=SUMA(V68:V73)			
	0	0	0	0	=J68*K68	=J68*L68	=J68*M68					0	0		
	=19*1,5*2	-6950	0	1000	=J69*K69	=J69*L69	=J69*M69					0	0		
	0	0	0	0	=J70*K70	=J70*L70	=J70*M70					0	0		
	0	0	0	0	=J71*K71	=J71*L71	=J71*M71					0	0		
	0	0	0	0	=J72*K72	=J72*L72	=J72*M72					0	0		
	0	0	0	0	=J73*K73	=J73*L73	=J73*M73					0	0		

Obr. 36: Detail vzorců ve vstupních datech

Mezi další nevýhody se dají zařadit:

- Není možnost započíst rozdíly v přenášených silách přes mezičlánková spojení v závislosti na stupních volnosti horních spojení článků. Celá tramvaj se uvažuje jako jeden nosník na podpěrách (podvozcích).
- Struktura zadávaných dat neodpovídá položkové struktuře vozidla v PLM systému, je nutné spoléhat jen na data vstupující do rozboru, která předává konstruktér.
- Pro výpočet každého zátěžného stavu (počet cestujících na m<sup>2</sup>, hmotnost cestujících atd.) je nutné vytvářet samostatný list pro výsledky. Riziko chyby ve stanovení vazby mezi listem s výsledky a výstupy.
- Jednotlivé revize výpočtu na jednom projektu nejsou mezi sebou provázané. Sledování změn se provádí jenom ručně.
- Vzhledem k tomu, že struktura vstupů neodpovídá položkové struktuře, není možnost jednoduše provést zpětnou kontrolu po verifikaci reálné hmotnosti komponentů.

Společnost ŠKODA TRANSPORTATION a.s. již v minulosti na jednom z projektů spolupracovala s firmou TGM Lightweight Solutions GmbH ohledně snížení hmotnosti tramvajových vozidel. Firma TGM zároveň nabízí i vlastní nástroj pro výpočet hmotnosti – WeightDataTool 3, jedna plná licence byla zakoupena pro vyzkoušení v rámci firmy.

Tato aplikace byla vyzkoušena na třech běžících tramvajových projektech a na několika nabídkách v průběhu 1 roku. Během zkušebního období byly zjištěny následující výhody nového softwaru vůči stávajícímu výpočtu v Excelu:

- Rozbory všech vozidel a všechny revize jednotlivých rozborů jsou na jednom místě.
- Možnost konfigurace vozidla jen zadáváním délek jednotlivých modulů a poloh podvozků. Software sám vytváří grafický model vozidla. Není nutné určovat vzorce a jiné vazby při přenesení sil. Chyby jsou vyloučeny.
- Vozidlo se skládá z 5 druhů modulů – kabina, článek, podvozek, mezičlánkové spojení a opce. Modul opce se dá použít podle vlastního uvážení, například pro nějaké varianty jednoho vozidla nebo pro oddělení určitých komponent.
- Moduly vytvořené v rámci jednoho vozidla se dají následně použít pro vytváření dalších vozidel. Tyto moduly přitom mohou zůstat provázané, aby se automaticky aktualizovaly při změnách u jednoho z vozidel, případně se dají zkopírovat tak, aby byly nezávislé.
- Struktura vozidla v hmotnostním rozboru v aplikaci WDT se dá přizpůsobit kusovníkové struktuře, což dovoluje provádět kontrolu dle položek v PLM a následnou verifikaci u jednotlivých dílů.
- Software obsahuje v sobě databázi jednotlivých dílů, které se přiřazují k modulům, proto je možné použít i stejné díly v rámci několika vozidel. Export z PLM systému je jednoduchý, dají se kopírovat celé kusovníky.
- S aplikací pracuje jen WM, jako výstup slouží protokol, který se generuje automaticky v softwaru, přitom protokol v sobě zahrnuje rovnou všechny zátěžové stavy.

V rámci zkušební doby byla také ověřena přesnost výpočtu pomocí softwaru WDT, vzorem vystupoval výpočet pomocí stejných vstupních dat provedení v simulačním SW MSC.Adams. Odchylka ve vypočtených nápravových tlacích mezi WDT a MSC.Adams je kolem 0,2–0,5 %, výpočet v Excelu vykazuje odchylku vůči MSC.Adams 2–3 %. Nápravové tlaky naloženého vozidla se pohybují kolem 11 000 kg, proto odchylka o 2 % je v tomto případě dost důležitá. Vzhledem k tomu, že zatím firma disponuje jen jednou licencí a kompletně je proškolen jen jeden zaměstnanec, bylo rozhodnuto, že software WDT bude vystupovat jako kontrolní na všech projektech. Proškolený zaměstnanec bude vést své projekty kompletně ve WDT, včetně vývoje nové platformy, kde jsou desítky možných kombinací vozidel.

**Structure Browser**

VH: 41T Bonn  
 SC: 41T Bonn

Module Catalog

- 41T Bonn
  - 1 Section A
    - 1 Bonn Modul Kopf
      - 1 Bonn Kopf AB
      - 2 Kopf A (active)
      - 3 Cab B (inactive)
    - 2 Bonn Modul AB
      - 1 Bonn Segment AB
      - 2 Bonn FW 1
      - 3 Bonn FW 2
      - 4 Option A (active)
      - 5 Option B (inactive)
    - 3 Bonn Modul Gelenk (secondary)
      - 4 CS A
      - 5 CS G
    - 2 Section C
      - 1 Bonn Modul Gelenk
      - 2 Bonn Modul C
      - 3 Bonn Modul Gelenk (1)
      - 4 CS C
      - 5 CS C2
    - 3 Section B
      - 9999 Unassigned

R/W: 41T Bonn

41T Bonn	ID	Designation (DE)	Designation (EN)	No.	Comment (EN)	M-S [kg]	M-R [kg]	M-W [kg]	Xs-S [mm]	Ys-S [mm]	Zs-S [mm]	Xs-R [mm]	Ys-R [mm]	Zs-R [mm]	Sort	Date mod.	Tar	Targ	Target M
3.3.1	SE00	Towing gear (emergency coupl...	Abschlepprichtung (Notkupplun...	1		106,500			-10 857	23	513					2022-11-11			
1.1.1	SE00	Towing gear (emergency coupl...	Abschlepprichtung (Notkupplun...	1		106,500			10 857	-23	513					2022-11-11			
1.2.1	DF00	Fire extinguishers	Additional equipment	1		4,000			6 958	651	1 045					2021-01-25			
3.2.1	DF00	Fire extinguishers	Additional equipment	1		4,000			-6 958	-651	1 045					2021-01-25			
3.2.5	JE00		Antena I	1		1,000			-8 670	0	0					2021-01-22			
3.3.3	JE00 2		Antena II	1		2,000			-9 670	0	0					2021-01-22			
1.2.1	BG03	Weld-on parts	Aufschweißteile	1		50,000			6 187	19	1 332					2021-01-22			
3.2.1	BG03	Weld-on parts	Aufschweißteile	1		50,000			-6 187	-19	1 332					2021-01-22			
2.2.1	BG03 C	Weld-on parts	Aufschweißteile	1		20,000			68	26	1 551					2021-01-22			
3.3.1	NB03	Exterior door to cab	Außentüre in die Kabine	1		54,500			-10 200	-1 000	1 800					2022-11-11			
1.1.1	NB03	Exterior door to cab	Außentüre in die Kabine	1		54,500			10 200	1 000	1 800					2022-11-11			
3.3.1	CF04	Outer head covers	Außere Stürmteilverkleidungen	1		181,000			-10 688	43	1 724					2022-11-11			
1.1.1	CF04	Outer head covers	Außere Stürmteilverkleidungen	1		181,000			10 688	-43	1 724					2022-11-11			
1.2.4	HC00	Battery device	Batterieeinrichtung	1		360,000			5 156	100	3 200					2021-01-22			
2.2.1	DB01	Disabled person support	Behindertentelne	1		12,000			0	0	1 120					2021-01-22			
1.2.1	BG04	Riveting nut	Blindnietmutter	1		20,000			5 045	0	1 500					2021-01-22			
3.2.1	BG04	Riveting nut	Blindnietmutter	1		20,000			-5 045	0	1 500					2021-01-22			
2.2.1	BG04 C	Riveting nut	Blindnietmutter	1		5,000			0	0	1 500					2021-01-22			
1.2.4	FB04	Lighting arrester	Blitzableiter	1		3,000			2 412	300	3 100					2020-09-16			
3.2.5	FD04	Brake resistor	Bremswiderstand	1		85,000			-4 197	-45	3 200					2021-01-22			
1.2.1	FD04	Brake resistor	Bremswiderstand	1		85,000			8 076	45	3 200					2021-01-22			
3.2.1	FD04	Brake resistor	Bremswiderstand	1		85,000			-8 076	-45	3 200					2021-01-22			
1.2.4	FD04	Brake resistor	Bremswiderstand	1		85,000			3 361	0	3 200					2021-01-22			
3.2.5	JF00 B	Radio station	Communication equipment	1		14,000			-11 500	0	1 000					2021-01-25			
1.1.2	JF00 A	Radio station	Communication equipment	1		2,000			11 500	0	1 000					2021-01-25			
1.2.1	BD00	Roof	Dach	1		229,000			5 244	0	2 888					2021-01-22			

Basic Mass: W [kg]: 47 460,870 X [mm]: 43 sW [kg]: - sX [mm]:

Sub-Items  R/O Actions  Editor  R/W: Master item list  R/W: 41T Bonn

Vehicle Configurator: 41T Bonn

Zoom help Switch Vehicle 0 Warnings Configure Update Help

Obr. 37: Vzor zobrazení projektu v WeightDataTool 3

## 6.2 Návrh databáze pro verifikaci reálné hmotnosti

Ke správnému odhadu hmotnosti při prvním výpočtu na etapě nabídky by měla nejvíc přispět znalost reálné hmotnosti komponent z předchozích hotových projektů. Proces evidování a kontroly reálné hmotnosti ve firmě je pojmenován jako verifikace, ale zatím se moc neprováděl. Zaprvé, nebyl k tomu určen přesný postup a odpovědnosti, tomu by mělo pomoci vytváření vnitropodnikové směrnice popsané v kapitole 6.1. Druhou příčinou je absence nástroje pro evidenci zvážených hodnot a zpětné nahrávání do PLM systému.

Vážení komponent, jedná se o díly od dodavatelů, díly vyráběné ve fabrice a také sestavy skládané ve fabrice, probíhá za různých podmínek. Dodavatelské díly se převážně váží při FAI u dodavatele nebo u příjemce ve výrobě, díly a sestavy vlastní výroby se většinou váží při manipulaci, proto není možnost zajistit, aby přitom vždy byl přítomen pracovník s přístupem do PLM systému, který by doplnil reálnou hmotnost do položky daného dílu. Kromě toho byla zjištěna potřeba v nástroji, který by automaticky porovnával hmotnost zadanou jako aktuální a reálnou naváženou hmotnost a následně přepočítával možné výchyly v hmotnosti vrcholových sestav a celého vozidla.

Ve spolupráci s CAx/PLM specialistou byla vytvořena šablona pro databázi hmotnosti projektu. Data do databáze se exportují přímo z PLM systému z kusovníku vozidla. Všechny položky se exportují včetně dat o hmotnosti již zadané do systému. Mezi tato data patří:

- Množství na vozidle, případně v sestavě;
- Limit hmotnosti, tj. maximální hmotnost dané položky zadaná do PLM;
- Vypočtená hmotnost PLM, u dílů je to hmotnost vypočtená z objemu modelu dle zadaného materiálu, u sestavy je to součet z vypočtené hmotnosti, případně čisté hmotnosti dílů;
- Čistá hmotnost PLM, tj. hmotnost zadaná ručně v PLM systému dle dokumentace. Většinou se používá u nakupovaných dílů, kde není možnost spočítat hmotnost z objemu;
- Vypočtená hmotnost skupiny, používá se u sestav na rozdíl od vypočtené hmotnosti PLM, bere v potaz jen objem dílů v sestavě a zadaný materiál.

Základní údaje							Hmotnosti [kg]						
							Výchozí	SmarTeam			Realita		
Úroveň	ID	Index	Název	Množství	Jednotky	Skupina položek	Limit hmotnosti [kg]	Vypočtená hmotnost PLM [kg]	Čistá hmotnost PLM [kg]	Vypočtená hmotnost skupiny [kg]	Počet uvaž. Komp.	Zváženo [kg]	Index [-]
7	DO681441		ČELNIK	1	ks	510N	0	214,400	0,000	214,352	33 (33)	0,000	X
8	DO613835	b	KONZOLA	1	ks	272	0	0,000	40,800	0,000	0 (0)	0,000	X

Obr. 38: Vzor dat k položce v databázi

Údaje ke každé položce jsou rozšířeny o potřebná pole pro verifikaci a porovnání hmotnosti. Mezi tato pole patří:

- Zváženo, reálně navážená hmotnost;
- Rozdíl hmotnosti SmT, rozdíl mezi zváženou hmotností a vypočtenou hmotností PLM;
- Podíl hmotnosti PLM, podíl hmotnosti dané položky na vozidle;
- Rozdíl vypočtené hmotnosti skupiny, rozdíl mezi zváženou hmotností a vypočtenou hmotností skupiny;
- Podíl vypočtené hmotnosti skupiny, podíl hmotnosti dané položky na vozidle.

Základní údaje				Realita			Vyhodnocení				
Úroveň	ID	Index	Název	Počet uvaž. Komp.	Zváženo [kg]	Index [-]	Rozdíl hmotnosti PLM [kg]	Podíl hmotnosti PLM [%]	Rozdíl vyp. hmotn. skupiny [kg]	Podíl vyp. hmotn. skupiny [%]	Komentář
7	DO681441		ČELNÍK	33 (33)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven
8	DO613835	b	KONZOLA	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven

Obr. 39: Vzor dat k položce v databázi – Realita a Vyhodnocení

Celkem vytvořená šablona databáze hmotnosti pro jednotlivé projekty obsahuje 6 listů:

1. Limity, seznam položek, u kterých je zadána maximální hmotnost v PLM systému. Cílem je dosáhnout toho, aby pro 100 % položek na vozidle byla zadána limitní hmotnost.

Komponenty				Základní údaje				
ID	Název	Stav	Sestava Detail	Limit hmotnosti [kg]	Kritická položka	Možnost zvážít	Zjištěná hmotnost [kg]	Původní limit hmotnosti [kg]
82055773	ČTEČKA KARET-JEDNOTKA ŘÍDÍCI	Platná	Detail	0,6 NE		ANO	-	0
82061671	KABEL PŘIPOJOVACÍ, 5m, M8	Založená	Detail	0,1 NE		ANO	-	0

Obr. 40: Vzor dat k položce – list Limity

2. Hmotnosti BOM, seznam položek z kusovníku vozidla s potřebnými údaji o hmotnosti.
3. Zvážené položky, seznam již zvážených položek se zaznamenanou reálnou hmotností.

Základní údaje			Hmotnosti			Vyhodnocení		
ID	Index	Název	Limit hmotnosti [kg]	Kritická položka	Zvážená hmotnost [kg]	Rozdíl hmotnosti [kg]	Podíl Hmotnosti [kg]	Komentář

Obr. 41: Vzor dat k položce – list Zvážené položky

Položky ke zvážení, seznam položek, které se musí zvážít v rámci výroby projektu. Do tohoto seznamu není možné zařadit úplně všechny položky na vozidle z různých důvodů. Standardizované díly, například šrouby, matice, podložky atd. se nemusí vážit, jelikož jejich hmotnost je dávno zjištěna. Vážení také nemohou podléhat sestavy, které se skládají dohromady až uvnitř vozidla.

Pro zkušební provoz této databáze a metody verifikace byla vydefinovaná následující kritéria pro výběr položek ke zvážení:

- Hmotnost vyráběného dílu větší než 15 kg;
- Hmotnost nakupovaného dílu větší než 15 kg;
- Souhrn položek na vozidle větší než 50 kg;
- Hmotnost svařované sestavy větší než 150 kg.



Po zkušebním provozu mohou být kritéria upravena, případně lze přidat do seznamu i jakoukoliv položku manuálně.

Základní údaje				Hmotnosti		
Skupina	ID	Název	Sestava Detail	Limit hmotnosti [kg]	Kritická položka	Hmotnost PLM [kg]
BRZDA KOLEJNICOVÁ	82078467	BRZDA KOLEJNICOVÁ	Detail	0,000	NE	99,000
BRZDA KOTOUČOVÁ	82078485	TŘMEN BRZDOVÝ	Detail	0,000	NE	36,000

Obr. 42: Vzor dat k položce – list Položky ke zvážení

- Nejtěžší položky, seznam položek vozidla seřazených podle podílu na celkové hmotnosti vozidla s přehledem zadané a navážené hmotnosti a s datem její aktualizace.
- Přehled naplnění údajů v databázi, včetně přepočtu celkové hmotnosti vozidla.

Přehled						
Podrobnosti			Hmotnost RF		Hmotnost BOM	
Údaj	Počet	Podíl	Stav	Počet z ID	Stav	Počet z ID
Počet řádků kusovníku	9979	-	Limit hmotnosti nestanoven	326	Limit hmotnosti dle PLM dodržen	96
Počet položek kusovníku	3511	-	<b>Celkem</b>	<b>326</b>	Limit hmotnosti nestanoven	9883
Počet sestav	845	24%			<b>Celkem</b>	<b>9979</b>
Udán limit hmotnosti	34	4%				
Udána čistá hmotnost	1157	33%				
Udána vypočtená hmotnost	2274	65%				
Udána hmotnost všech komponentů sestavy	704	83%				
<b>Výsledná hmotnost produktu</b>						
Hmotnost projektovaná	48200					
Aktuální kalkulovaná hmotnost	34581					

Obr. 43: Vzor dat k vozidlu – list Přehled

Celá databáze je vázána na PLM systém a prvotní naplnění a aktualizace probíhá pomocí zmáčknutí pár tlačítek, ale jen za podmínky, že soubor nebude nijak nedovoleně upraven. Z toho důvodu zápis navážených hodnot není možné provádět napřímo do této databáze.

Pro vyplnění hodnot z vážení komponent ve výrobě nebo v jiných částech firmy probíhá import listu Položky ke zvážení do samostatného dokumentu Verifikace. Dokument obsahuje pole pro vyplnění reálné navážené hmotnosti a dat ohledně samotného vážení, tj. data vážení a osoby, která to provedla. Reálná hmotnost se vyplňuje v tabulce ručně.

Verifikace dílů 41T										HMOTNOST			PROVEDL		
ID	Index	Název	Stav	Sestava / Detail	ořízek	Dodavatel	Skupina	Celkové množství	MJ	SmT (kg)	Realita (kg)	Odchylka	Datum	Jméno	Zodpovědnost za zvážení
82059208	c	LOŽISKO NÁPRAVOVÉ	Platná	Detail	N		138	16 ks		19,760	19,6	-0,8%	15.06.2021	Ženíšek	TKV

Obr. 44: Vzor dat k položce – tabulka Verifikace

Data vyplněná do tabulky Verifikace se následně automaticky importují do databáze hmotnosti vozidla. Po provedení kontroly od WM se dají aktualizovat aktuální hmotnosti u položek v PLM. Správná hmotnost jednotlivých komponent v PLM zaručuje to, že při odhadu hmotnosti dalších projektů bude použita správná hodnota.

Šablony Databáze hmotnosti (PŘÍLOHA č. 2) a tabulky Verifikace (PŘÍLOHA č. 3) jsou představeny v přílohách této práci.

### 6.3 Návrh vnitropodnikové směrnice

Procesy definované v kapitole 5 je nutné zpřístupnit každému zaměstnanci, proto byla pro tento účel vytvořena vnitropodniková směrnice, která je přílohou této práce. Vnitropodniková směrnice je metodickým doporučením přispívajícím ke správnému sledování hmotnosti na projektech. Směrnice svou osnovou odpovídá kapitole 5, včetně stejných procesních map, a popisuje sledování hmotnosti podle etapy projektu. Metodické doporučení na rozdíl od této práce je doplněno o specifikum fungování společnosti a konkrétní terminologii, používanou jen uvnitř firmy. Všechny tyto údaje nejsou podstatné pro optimalizaci procesů a problematiku řešenou v rámci této práce.

Vnitropodniková směrnice musí před začátkem využití v celé firmě projít schvalovacím procesem, jehož součástí je kontrola od vedoucího jednotlivých zapojených oddělení a vyzkoušení v rámci jednoho nebo více projektů.

Poslední aktuální verze vnitropodnikové směrnice „Analýza hmotnosti a těžišť“, je představena v příloze této práce (PŘÍLOHA č. 1). Po provedení kontroly a opravy dle vzniklých požadavků během zkušební doby projde směrnice finálním schválením a bude zveřejněna v rámci vnitřní databáze metodických doporučení – EasyArchiv.

## 7 Ověření přínosů

V rámci zpracování diplomové práce byl dle časových možností zároveň ověřen přínos nově navržených nástrojů a optimalizovaného procesu.

Vnitropodniková směrnice prošla několika iteracemi kontrol od přímého nadřízeného a dalších pracovníků, kteří se budou podílet na integraci směrnice uvnitř svých oddělení. Aktualizace směrnice probíhala ve spolupráci s jinými hmotnostními manažery firmy, paralelně s úpravami navržených procesů práce s hmotností dle etapy výroby. Finální varianty procesních map byly představeny v kapitole 5. Ve vnitropodnikové směrnici jsou zároveň zmíněny způsoby práce s navrženou databází a novou aplikací pro zpracování hmotnostního rozboru. Poslední revize vnitropodnikové směrnice je představena v příloze této diplomové práce (PŘÍLOHA č. 1).

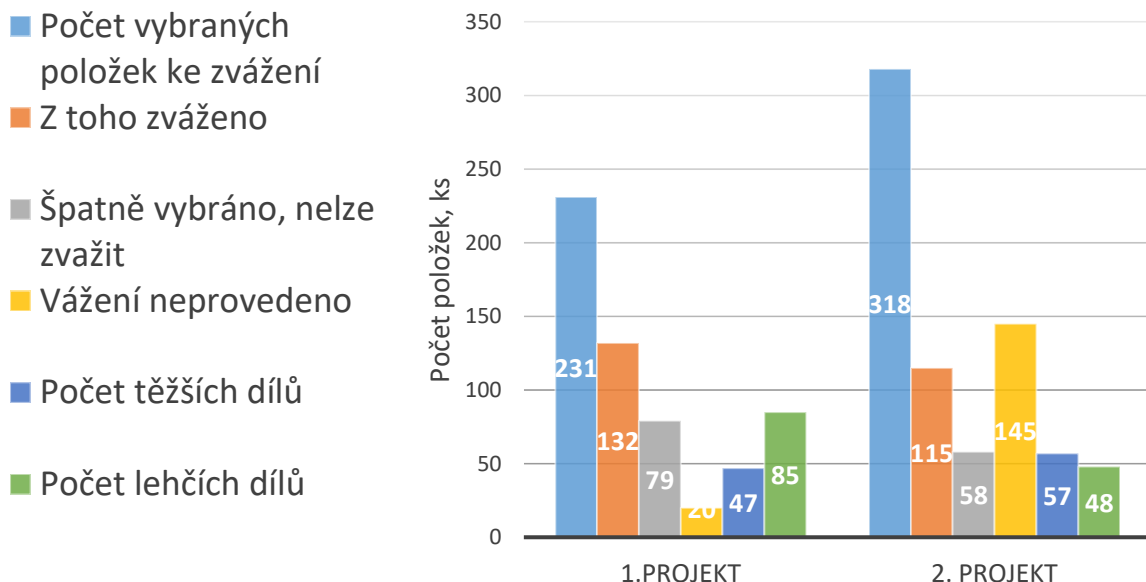
Dále byl proveden zkušební provoz databází pro sledování hmotnosti na projektu a byl zpracován hmotnostní rozbor několika vozidel v rámci softwaru WDT.

### 7.1 Zkušební provoz databáze

Po provedení návrhu databáze pro sledování hmotnosti na jednotlivých projektech byly vygenerovány tabulky Verifikace pro dva projekty, aby v rámci přejímky dílů a výroby byly zváženy určené díly a sestavy. Výběr položek pro vážení probíhal dle kritérií popsaných v kapitole 6.2 bod 3. Po předání tabulky Verifikace do úseku kvality byly přiřazeny odpovědnosti za vážení a byla provedena jednotlivá vážení dílů a sestav. Proces byl řízen dle pokynů uvedených v návrhu vnitropodnikové směrnice.

Je nutné podotknout, že projekt 1 je v pokročilejším stavu zpracování, jsou vyrobena již tři vozidla a výroba měla více času k navážení dílů. U projektu 2 je vyroben jen první prototyp ve velké časové tísni.

### Statistika zvážených položek



Obr. 45: Statistika zvážených položek

Dle následujících kritérií byla celkem vybrána ke zvážení 231 položka pro 1. projekt a 318 položek pro 2. projekt.

- Hmotnost vyráběného dílu větší než 15 kg;
- Hmotnost nakupovaného dílu větší než 15 kg;
- Souhrn položek na vozidle větší než 50 kg;
- Hmotnost svařované sestavy větší než 150 kg.

Po předání seznamu položek ke zvážení do výroby bylo zjištěno, že některé položky exportované dle kritérií nejdou zvážít, konkrétně 79 položek pro 1. projekt a 58 položek pro 2. projekt. Tyto položky nejdou zvážít z toho důvodu, že dané sestavy se montují dohromady až na vozidle, případně seznam obsahoval položky, které dodavatel již montuje dohromady do jedné větší sestavy. Následně budou upravena kritéria pro exportování položek ke zvážení.

V rámci provedených přejímek dílů a výroby prvních vozidel byly zváženy 132 položky pro 1. projekt a 115 položek pro 2. projekt.

Při verifikaci nebylo zváženo 20 položek pro 1. projekt a 145 položek pro 2. projekt. Vážení neproběhlo z několika důvodů:

- Nebyla určena zodpovědná osoba;
- Nebyl včas předán úkol zodpovědné osobě;
- Nebyl časový prostor pro vážení;
- Lidská chyba.

Implementace vnitropodnikové směrnice s přesnou definicí odpovědnosti a postupu práci s hmotností by měla přispět ke snížení počtu nezvážených položek během verifikace.

Celkem 47 položek je těžších a 85 položek je lehčích, než bylo udáno v dokumentaci pro první projekt. Finální průměrná odchylka v hmotnosti zvážených komponent pro 1. projekt je -1,5 %, tj. celkově všechny zvážené díly jsou lehčí. Po vynásobení počtem dílů použitých na vozidle bylo zjištěno, že celkově zvážené díly jsou o 450 kg lehčí, než se předpokládalo.

Celkem 57 položek je těžších a 48 položek je lehčích, než bylo udáno v dokumentaci pro druhý projekt. Finální průměrná odchylka v hmotnosti zvážených komponent pro 2. projekt je -6,8 %, tj. celkově všechny zvážené díly jsou lehčí. Po vynásobení počtem dílů použitých na vozidle bylo zjištěno, že celkově jsou zvážené díly o 78 kg lehčí, než se předpokládalo.

Po dostavbě prototypů na obou projektech bylo provedeno vážení hotového vozidla, v obou případech byla zjištěna odchylka mezi odhadovanou hmotností a hmotností hotového vozidla. Výsledky jsou představeny v následující tabulce (Tab. 7).

Tab. 7: Výsledky vážení vozidla [zdroj: vlastní zpracování]

	1. projekt	2. projekt
<b>Odhadovaná hmotnost, kg</b>	45 285	37 662
<b>Zvážený prototyp, kg</b>	43 885	36 635
<b>Odchylka, kg</b>	-1 400	-1 027
<b>Odchylka, %</b>	3,2%	2,8%
<b>Zjištěná odchylka zvážených dílů, kg</b>	450	78
<b>Zjištěný podíl od celkové odchylky, %</b>	32,1%	7,6%

V obou případech při vážení prototypů bylo zjištěno, že odhad hmotnosti byl větší, než reálná hmotnost hotového vozidla. Pro 1. projekt odchylka se rovná 1 400 kg (3,2% od odhadované hmotnosti), u 2. projektu odchylka se rovná 1 027 kg (2,8% od odhadované hmotnosti). U výpočtu hmotnosti s velkým množstvím proměnných odchylka kolem 3% je přípustná, ale pro

firmu je důležité vědět, na kterých dílech tato odchylka vznikla, aby se dalo předejít hmotnostnímu rozdílu na dalších projektech. Zavedení řízení verifikaci hmotnosti dle navržené směrnice a vytváření databázi Mass management u těchto dvou projektů dovolilo aspoň částečně zjistit díly, na kterých tato odchylka vznikla. Díky zavedení vážení ve výrobě dle tabulky Verifikace aktuálně víme, že 132 zvážené položky společně u 1. projektu jsou o 450 kg lehčí, než se předpokládalo. Tím samým se dá objasnit 32,1% od celkové zjištěné odchylky 1400 kg mezi odhadovanou hmotností a hmotností prototypu.

Bohužel v rámci výroby prototypu 2. projektu nebyl ke dni provedení tohoto vyhodnocení zvážen dostatečný počet dílů. Celkově zvážené díly 2. projektu jsou o 78 kg lehčí, než se předpokládalo. 115 zvážených položek aktuálně objasňuje jen 7,6% z celkové odchylky 1 027 kg. Prototyp se vyráběl ve velké časové tísní. Dovážení dílů proběhne při výrobě dalších vozidel tohoto modelu. Ve verifikaci hmotností dílů se bude pokračovat za účelem zjištění důvodů odchylky reálné hmotnosti.

Aktuálně se zpracovávají nové nabídky tramvají pro další města vycházející z projektu 1. a 2., hodnoty o reálné hmotnosti komponent přispěly k přesnějšímu odhadu hmotnosti a v rámci jedné z nabídek úspora hmotnosti dovolila vejít se do limitu tendru. Bez znalosti reálné hmotnosti se předpokládala potřeba využití dražších materiálů, aby se splnily všechny požadavky.


## 7.2 Výsledky výpočtu v WDT 3

Pro ověření přínosu implementace softwaru Weight Data Tool 3 byl proveden výpočet hmotnosti stejného vozidla třemi různými způsoby:

1. Výpočet „po staru“ – výpočet pomocí excelové šablony, která se používala ve firmě posledních 5–6 let;
2. Výpočet v WDT 3 – nově zakoupený software pro práci s hmotností vozidla;
3. Výpočet v MS.Adams – software používaný pro výpočet dynamického chování vozidla, tzv. Multi body simulace (MBS). Výsledky tohoto výpočtu se braly jako vzorové pro porovnání, jelikož v danou chvíli je to nejpřesnější metoda výpočtu nápravových tlaků, kterou disponuje firma. Ve vstupním dokumentu pro dynamický výpočet vozidla jsou podrobně popsány části vozidla, jako jsou podvozek a mezičlánková spojení. MBS model je vytvářen na základě těchto vstupních parametrů a tím pádem dává přesný popis rozložení kolových sil s respektováním všech důležitých kinematických vazeb a silových prvků mezi tělesy vozidla.

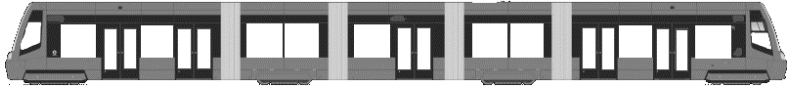
V následujících tabulkách jsou představeny výsledky výpočtu nápravových tlaků tramvaje jednoho z hlavních hodnotících kritérií od zákazníka. Nápravový tlak je slovní vyjádření pro zatížení vnášené jedním párem kol do koleje. Tabulka 7 obsahuje výsledky pro prázdné vozidlo a Tabulka 8 pro plně naložené vozidlo.

Tab. 8: Výsledky výpočtu hmotnosti pro prázdné vozidlo [zdroj: vlastní zpracování]

 Prázdné vozidlo									
Druh výpočtu / Číslo nápravy	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Hmotnost vozidla, kg
Výpočet MS.Adams, kg	5918	5848	6804	6792	6809	6816	5140	5143	<b>49270</b>
Excel výpočet, kg	5770	5770	6916	6916	6909	6909	5040	5040	<b>49270</b>
Odchylka, %	2,50	1,33	1,62	1,79	1,45	1,35	1,95	2,00	
WDT 3, kg	5881	5881	6809	6809	6809	6809	5137	5137	<b>49272</b>
Odchylka, %	0,63	0,56	0,07	0,25	0,00	0,10	0,06	0,12	

Jak je vidět z výsledků představených v tabulce 7, procentuální odchylka výpočtu v excelu je výrazně větší než odchylka mezi výsledky WDT a MS.Adams. V průměru se nápravové tlaky spočtené pomocí excelové šablony liší od MBS simulace o 1,75 %. Výsledky spočtené v WDT 3 odpovídají MBS simulaci mnohem víc, průměrná odchylka je jenom 0,22 %.

Tab. 9: Výsledky výpočtu hmotnosti pro plně naložené vozidlo [zdroj: vlastní zpracování]

 Plně naložené vozidlo									
Druh výpočtu / Číslo nápravy	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Hmotnost vozidla, kg
Výpočet MS.Adams, kg	7753	7665	11075	11007	10845	10909	7161	7187	<b>73602</b>
Excel výpočet, kg	7401	7401	11337	11337	11262	11262	6802	6802	<b>73604</b>
Odchylka, %	4,54	3,44	2,31	2,91	3,70	3,13	5,01	5,36	
WDT 3, kg	7708	7708	11038	11038	10882	10882	7175	7175	<b>73606</b>
Odchylka, %	0,58	0,56	0,33	0,28	0,34	0,25	0,20	0,17	

Výsledky výpočtu nápravových tlaků pro plně naložené vozidlo, v tomto případě se jedná o vlastní hmotnost vozidla doplněnou o hmotnost sedících a stojících cestujících při obsazenosti 8 osob/m<sup>2</sup>, potvrzují větší odchylku u excel výpočtu. Průměrná odchylka u excelové šablony se rovná 3,8 %, na rozdíl od softwaru WDT 3, kde je odchylka jenom 0,34 % v průměru.

Z důvodu tak velké odchylky u výpočtu pomocí excelové šablony se bude provádět porovnání i na dalších nově vyvíjených projektech s následným ověřením u hotového vozidla. Pokud se potvrdí tak velký rozdíl mezi reálnou hodnotou a stávajícím způsobem výpočtu, všichni hmotnostní manažeři budou muset přejít na nový software Weight Data Tool 3, ale aktuálně firma disponuje jen jednou plnou licenci.

## Závěr

Diplomová práce se zaměřuje na zefektivnění procesu sledování hmotnosti kolejových vozidel ve společnosti ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Proces před začátkem zpracování práce byl řízen náměty a pokyny specialistů a samotné sledování většinou spadalo do kompetence jednotlivých konstruktérů. Hlavním cílem bylo navrhnout nástroje pro zjištění a maximální snížení odchylky mezi předpokládanou vypočtenou hmotností a hmotností hotového vozidla.

Celá práce je rozdělená do dvou velkých bloků. První je zaměřen na zpracování teoretických podkladů pro následující optimalizaci procesu. Druhý blok je věnován praktickému zpracování optimalizace procesu a jeho implementaci.

První část teoretického bloku se zabývá procesem a jeho optimalizací, popisuje typy procesů, způsoby jejich mapování a modelování. Pozornost byla také věnována způsobům zavádění procesního řízení ve firmách a znalostem k tomu nutným, například organizační kultuře, manažerským stylům, procesní maturitě a jeho zlepšování v podniku.

Druhá část je zaměřena na projektový management, jelikož implementace každého procesu je řízena jako projekt a tyto oblasti jsou si velmi blízké. Tato část je převážně věnována projektovým technikám, například brainstormingu, Demingovu cyklu, diagramu příčin a následků apod.

Poslední kapitola teoretického bloku se zabývá popisem stávajícího stavu procesu, který byl následně optimalizován v rámci praktické části. Byla představena společnost, kde proces probíhá, tj. ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Zbytek kapitoly je věnován popisu současného procesu práce s hmotností vozidel.

Druhý velký blok tvoří praktická část diplomové práce, tento blok je věnován optimalizaci samotného procesu ve fabrice a navržení metod potřebných pro jeho fungování.

První kapitola praktické části se zabývá analýzou současného stavu a definicí hlavního problému. Pomocí Ishikawa diagramu byly stanoveny možné příčiny vzniku odchylky hmotnosti hotového vozidla od vypočteného odhadu. Následně byly pomocí myšlenkových map navrženy možné metody pro řešení problematiky.

Další kapitola je věnovaná optimalizaci procesů sledování hmotnosti pro každou etapu vývoje a výroby vozidla. Byly zpracovány procesní mapy pro jednotlivé etapy, definovány postupy, účastníci, úkoly, vstupy a výstupy. Byly navrženy nástroje pro správné fungování procesů. Při správném fungování procesů během jednotlivých etap vývoje a návaznosti mezi nimi by mělo dojít k verifikaci reálné hmotnosti komponent. Tyto znalosti o reálné hmotnosti by měly přispět k přesnějšímu odhadu při navrhování nových vozidel.

Třetí část praktického bloku se věnovala zpracování návrhů nástrojů pro fungování optimalizovaných procesů. Nejdůležitější je evidence reálné hmotnosti. Pro tento účel byla vytvořena speciální databáze. Verifikace hmotnosti již používaných komponent by měla přispět k přesnějšímu odhadu hmotnosti na nových projektech. Dalším nově navrženým nástrojem je speciální software pro výpočet hmotnosti, který by měl přispět k vyšší přesnosti výpočtu. Nejdůležitějším nástrojem pro firmu v danou chvíli je vnitropodniková směrnice, která určí přesný postup pro každé oddělení a pracovní pozici.

Nakonec byl proveden zkušební provoz optimalizovaného procesu a nových nástrojů. Vnitropodniková směrnice prošla několika kroky vnitřní kontroly a je momentálně ve fázi přípravy k vydání uvnitř firmy. Navržená databáze pro sledování reálné hmotnosti byla otestována v rámci dvou projektů, přičemž během zkušebního provozu bylo zváženo 250 položek. U 237 z nich byla zjištěna odchylka od spočtené hmotnosti nebo hmotnosti, kterou slíbil dodavatel. V obou případech však hmotnost hotového vozidla byla nižší, než se původně



předpokládalo. Evidence reálné hmotnosti komponent pomohla zjistit příčiny této odchylky. Zároveň se odzkoušel nový software pro výpočet nápravových tlaků, výsledky byly porovnány se stávajícími metodami a byla potvrzena vyšší přesnost než u dosavadně používaného výpočtu v excelové šabloně.

Spolu s ostatními zaměstnanci společnosti zapojenými do sledování hmotnosti bude pokračováno v optimalizaci a implementaci nových procesů. Nové nástroje budou nadále testovány a upravovány tak, aby plně vyhovovaly potřebám společnosti. Hlavním cílem zůstává nastavení systému tak, aby byla k dispozici dostatečně ověřená data pro přesný odhad hmotnosti během fáze nabídky a minimalizace rozdílu oproti hmotnosti hotového vozidla na konci vývoje.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] HAMMER, M. The transformative Power of Process. Předneseno na 10. mezinárodní konferenci Process World 2003, Bonn, SRN, [cit. 2023-11-16].
- [2] ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality - Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2015.
- [3] SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Expert (Grada). Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [4] KLIMEŠ, Cyril. *MODELOVÁNÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ*. Online. Roč. 2014. Dostupné z: <https://web.osu.cz/~Zacek/mopop/mopop.pdf>. [cit. 2023-11-29].
- [5] VONDRÁK, Ivo. *Úvod do softwarového inženýrství*. Online. Ostrava, 2002. Dostupné z: [Úvod do softwarového inženýrství - prof. Ing. IVO VONDRÁK, CSc. \(yumpu.com\)](http://www.yumpu.com). [cit. 2023-11-28].
- [6] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Management v informační společnosti. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [7] ŘEPA, Václav. *Procesně řízená organizace*. Management v informační společnosti. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4128-4.
- [8] FIŠER, Roman. *Procesní řízení pro manažery: jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli*. Praha: Grada, 2014. Manažer. ISBN 978-80-247-5038-5
- [9] CEJTHAMR, Václav a DĚDINA, Jiří. *Management a organizační chování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Expert (Grada). Praha: Grada, c2010. ISBN 978-80-247-3348-7.
- [10] LUKÁŠOVÁ, Růžena. *Organizační kultura a její změna*. Expert (Grada). Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2951-0.
- [11] HANDY, Charles. *Understanding Organizations*. 4. Harmondsworth: Penguin Books, 1993. ISBN 9780140156034.
- [12] KERZNER, Harold, 2022. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. Thirteenth. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- [13] SMITH, Richard. *The Effective Change Manager's Handbook: Essential Guidance to the Change Management Body of Knowledge*. London, Great Britain: Kogan Page, 2014. ISBN 9780749473075.
- [14] *A guide to the project management body of knowledge: (PMBOK guide)*. 4th ed. Newton Square: Project Management Institute, c2008. ISBN 978-1-933890-51-7.

- [15] DOLEŽAL, Jan. *Projektový management*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2023. Dostupné také z: <https://go.exlibris.link/PwKbJtSg>.
- [16] *Analýza příčin*. Online. Lean Six Sigma. 2023. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/analyza-pricin/>. [cit. 2023-11-28].
- [17] SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0075-0.
- [18] SEDLÁČEK, Miroslav. Demingův cyklus PDCA a norma ISO/IEC 20000-1:2011. Online. *IT Systems*. 12/2011n. 1., roč. 12/2011. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/sprava-it/deminguv-cyklus-pdca.htm>. [cit. 2023-11-28].
- [19] *Demingův cyklus (Deming Cycle, PDCA Cycle)*. Online. ManagementMania.com. Wilmington (DE) 2011-2023, 01.11.2016. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/deminguv-cyklus>. [cit. 2023-11-28].
- [20] BUZAN, Tony a GRIFFITHS, Chris. *Myšlenkové mapy v byznysu: revoluce ve vaší práci a podnikání*. 2. vyd. Přeložil Michal KAŠPÁREK. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0129-9.
- [21] DORDA, Michal. Řízení projektů. Online. S. 16-32. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace2\\_1.pdf](http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace2_1.pdf). [cit. 2023-11-28].
- [22] PACINDA, Štefan. SÍŤOVÁ ANALÝZA A METODA KARS. Online. *THE SCIENCE FOR POPULATION PROTECTION*. Roč. 2010, č. 1. ISSN 1803-635X. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/8/56.pdf>. [cit. 2023-11-28].
- [23] *Ganttův diagram (Gantt Chart)*. Online. ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2023, 30.07.2015. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram>. [cit. 2023-11-28].
- [24] *DISPLAYING TWO GANTT CHART BASELINES IN MICROSOFT PROJECT*. Online. Ten Six. 06.2016n. 1. Dostupné z: <https://tensix.com/displaying-two-gantt-chart-baselines-in-microsoft-project/>. [cit. 2023-11-28].
- [25] TRAMVAJ.CZ. *Představení výrobců tramvají se sídlem v České republice*. Online. Dostupné z: <https://www.tramvaj.cz/vyrobci/>. [cit. 2024-05-12].
- [26] *Škoda Group*. Online. In: PPF. Dostupné z: <https://www.ppf.eu/nase-spolecnosti/skoda-group>. [cit. 2023-11-28].
- [27] Inspired by move. Online. *ŠKODA TRANSPORTATION*. S. 4. Dostupné z: <https://docplayer.cz/2680001-Inspired-by-move-the-new-evolution-series-products-profil-skupiny-www-skoda-cz.html>. [cit. 2023-11-28].

- [28] DPP vybral dodavatele nových tramvají pro Prahu. Online. Roč. 11/2023. Dostupné z: DPP, [https://www.dpp.cz/spolecnost/pro-media/tiskove-zpravy/detail/278\\_2380-dpp-vybral-dodavatele-novych-tramvaji-pro-prahu](https://www.dpp.cz/spolecnost/pro-media/tiskove-zpravy/detail/278_2380-dpp-vybral-dodavatele-novych-tramvaji-pro-prahu). [cit. 2023-11-28].
- [29] ŠIMÁNA, Karel. *Škoda 41T ForCity Smart*. Online. In: . Dostupné z: <https://transphoto.org/photo/1680086/?vid=557935>. [cit. 2023-11-28].
- [30] *Nové tramvaje EVO1 a EVO1/o v DPMO*. Online. In: Dopravní podnik města Olomouce, a.s. 2018. Dostupné z: <https://www.dpmo.cz/informace-pro-cestujici/aktuality/?id=172>. [cit. 2023-11-28].

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Vnitropodniková směrnice - Weight and center of gravity analysis / Analýza hmotnosti a těžiště**

**VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE – 2024-XX**

Weight and center of gravity analysis / Analýza hmotnosti a těžiště

---

**REVIZE:**            **Předběžně**

**Zpracoval:**        **Lesh Kirill**  
Weight Manager

**Spolupracoval:**   **Tomáš Pilný**  
Weight Manager

**Josef Vavřínska**  
Leader of Project Support

PŘEDBĚŽNĚ

---

## OBSAH

---

1. Účel vydání Vnitropodnikové směrnice .....	3
2. Odpovědnosti.....	3
3. Základní ustanovení.....	3
4. Obecné podmínky práce s hmotností.....	4
5. Analýza dle etapy vývoje a výroby .....	4
5.1 ..QG0 - Group Tender review (Nabídková fáze).....	4
5.2 ..QG3 - Conceptual Design Freeze (předprojekt).....	5
5.3 ..QG4 - Preliminary Design Freeze (projekční fáze) .....	7
5.4 ..QG5 – Detailed Design Freeze (Konstrukční fáze).....	8
5.5 ..QG6 – Go To Validation (Stavba prototypu a validace SW) .....	10
6. Vstupy do analýzy hmotnosti a těžiště .....	11
6.1 ..Požadavky na vstupy od jednotlivých úseků.....	11
6.1.1 Od konstrukce a projekce.....	11
6.1.2 Od technologie .....	11
6.1.3 Od nákupu a dodavatelů .....	12
6.1.4 Od kvality .....	12
6.2 ..Doporučené praktiky & časté chyby při zadávání dat do PLM a dokumentace .....	12
7. Verifikace na prototypu (QG6) .....	13
7.1.1 Verifikace hmotnosti HS a článků v různých stádiích výroby .....	13
7.1.2 Verifikace pro dodavatelské komponenty .....	13
7.1.3 Verifikace hmotnosti elektrokabeláže .....	13
8. Nástroje pro analýzu hmotnosti .....	14
9. Závěrečná ustanovení .....	14

**1. Účel vydání Vnitropodnikové směrnice**

Popsat zásady pro práci s hmotností vozidla a jeho komponenty během vývoje a výroby vozidla. Přispět k přesnosti odhadu hmotnosti a těžiště, zlepšit kvalitu vstupních dat a následnou verifikaci hmotnosti.

**2. Odpovědnosti**

Za udržování této směrnice je zodpovědný hmotnostní specialista.

**3. Základní ustanovení**

Tato vnitropodniková směrnice je závazná pro hmotnostní specialisty v RSD a oddělení, které jim dodávají a verifikují data (MS, ES, TE, Q)

Základní pojmy a zkratky

HS	Hrubá stavba
MBS	Multi-body system
MEE	Main Electrical Engineer
MME	Main Mechanical Engineer
P&PE	Product & Project Engineering Management
PLM	Product Lifecycle Management
PM	Project manager
Q	Quality
QG	Quality Gate
QG0	QG - Group Tender review (Nabídková fáze)
QG3	QG - Conceptual Design Freeze (před-projekt)
QG4	QG - Preliminary Design Freeze (projekční fáze)
QG5	QG – Detailed Design Freeze (Konstrukční fáze)
QG6	QG – Go To Validation (Stavba prototypu a validace SW)
QM	Quality Manager
RSD	Rolling Stock Development
SW	Software
TE	Technologie
WDT	Weight Data Tool
WM	Weight Manager (Hmotnostní specialista)
MS	Oddělení Mechanical Systems
ES	Oddělení Electrical Systems



#### 4. Obecné podmínky práce s hmotností

Provedení hmotnostní analýzy je součástí každého nově nabízeného vozidla a následná aktualizace analýzy se provádí na všech etapách vývoje a výroby vozidla. Analýza hmotnosti, těžiště a nápravových tlaků se provádí za účelem kontroly plnění požadavků zákazníka na maximální hmotnost vozidla a na maximální zatížení na infrastrukturu, kromě toho hmotnost vozidla je důležitá pro interní potřeby ŠT, například, výpočet pevnosti nosných konstrukcí, výpočet trakce a brzdy, výpočet absorpčních prvků nárazníku a další.

Hlavními vstupními údaji do hmotnostní analýzy jsou hmotnosti jednotlivých dílů, případně skupin dílů, a jejich těžiště na příslušném článku.

Hlavními výstupy hmotnostní analýzy jsou celková hmotnost vozidla a nápravové tlaky za různých režimů zatížení. Analýza hmotnosti a těžiště se provádí po krocích dle etapy vývoje a výroby vozidla (QG0 – QG6).

#### 5. Analýza dle etapy vývoje a výroby

Analýza hmotnosti a těžiště se provádí po krocích dle etapy vývoje a výroby vozidla (QG0 – QG6). Pro každou etapu jsou stanovené vlastní postup, podmínky a požadavky na zpracování.

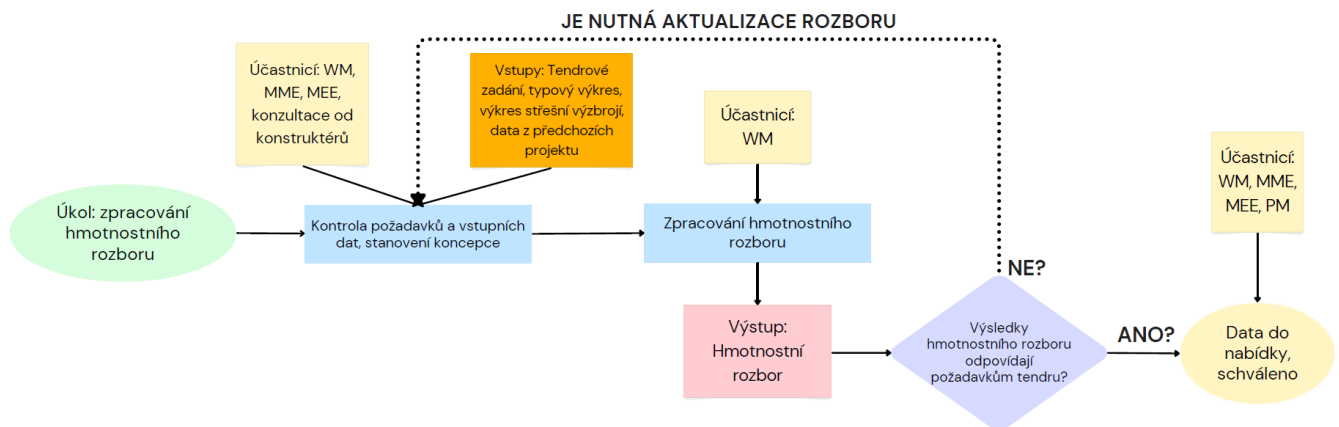
##### 5.1 QG0 - Group Tender review (Nabídková fáze)

Zpracování hmotnostního rozboru vozidla na základě existujících dat z předchozích projektů (hmotnostní rozbor, PLM systém) s přehledem k specifickým požadavkům tendru.

Účastníci:

- Weight Manager (WM) – hmotnostní manažer; osoba zpracovávající hmotnostní rozbor a výpočet nápravových tlaků;
- Main Mechanical Engineer (MME) – hlavní inženýr projektu; odpovídá za mechanickou část vozidla;
- Main Electrical Engineer (MEE) – hlavní inženýr projektu; odpovídá za elektrickou část vozidla.
- Project manager (PM) – projektový manažer, osoba zastřešující chod celé nabídky a tvořící spojení mezi jednotlivými odděleními firmy;
- Konstrukteři jednotlivých skupin vozidla – konzultace, případně postupné zapojení během zpracování nabídky.

Proces zpracování hmotnostního rozboru během QG0 je řízen podle následujícího schématu. Aktualizace hmotnostního rozboru musí probíhat, dokud nebudou splněny požadavky zákazníka pomocí změny konceptu, konstrukce atd., nebo dokud MME nebo PM nerozhodne, že výsledky jsou vyhovující.



Pro zpracování hmotnostní rozboru k dispozici musí být následující data:

- Technické zadání tendru;
- Typový výkres;
- Výkres rozložení střešní výzbroje;
- Data z hmotnostních rozborů předchozích projektů;
- Data z položek předchozích projektů v PLM systému.

Mezi výstupy zpracování hmotnostního rozboru během etapy QG0 patří:

- Hmotnostní rozbor s vypočtenými nápravnými tlaky za všech potřebných režimů zatížení;
- Vstupní data do technického popisu nabídky dle požadavků MME, případně zákazníka.

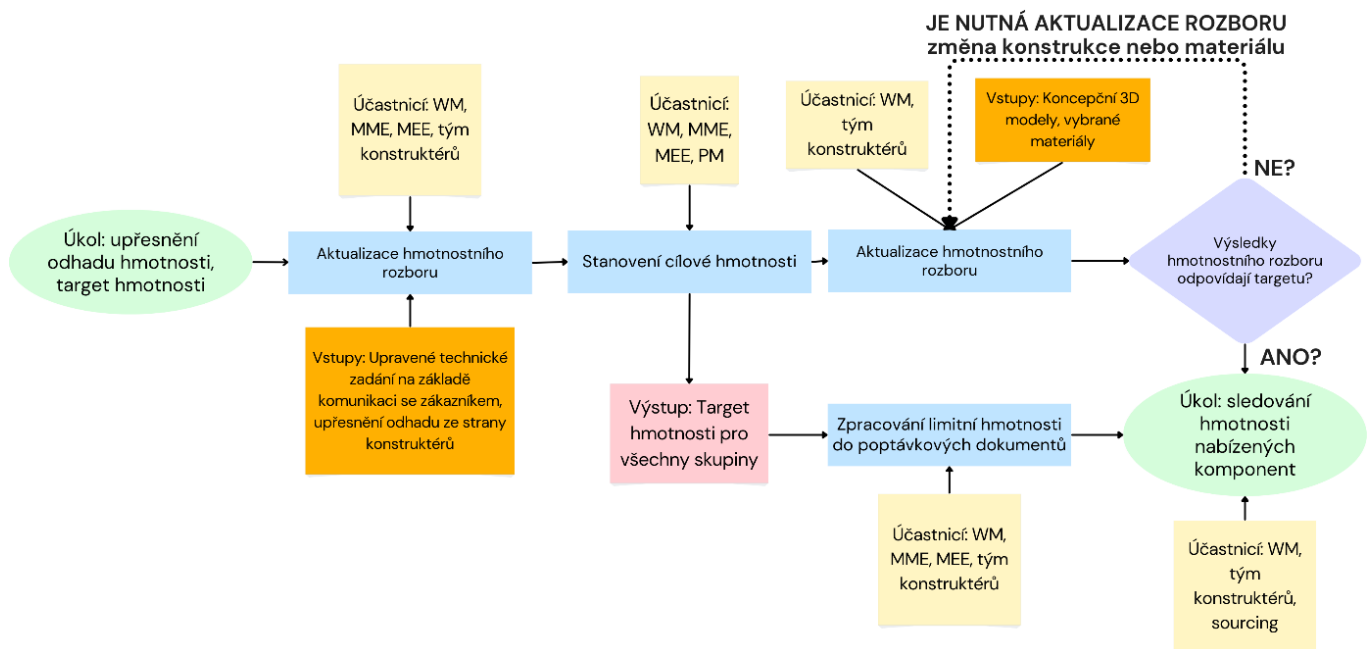
## 5.2 QG3 - Conceptual Design Freeze (předprojekt)

Postupná aktualizace hmotnostního rozboru po výhře v tendru, případně po vyhlášení rozhodnutí o začátku předprojektu. Během této fáze jsou zpracovány koncepční 3D modely, určuje se základní materiál a tvar hlavních komponentů vozidla. Jsou připravovány poptávky pro externě objednané díly. Aktualizace probíhá na základě dat od konstruktérů, případně z důvodu změn v koncepci vozidla.

Účastníci:

- Weight Manager (WM);
- Main Mechanical Engineer (MME);
- Main Electrical Engineer (MEE);
- Project manager (PM);
- Konstruktéři jednotlivých skupin vozidla – povinná účast;
- Sourcing.

Proces zpracování hmotnostního rozboru během QG3 je řízen podle následujícího schématu. Aktualizace hmotnostního rozboru probíhá v časových intervalech (2-4 týdny) dle pokroku v zpracování Předprojektu.



Po aktualizaci hmotnostního rozboru v prvním kroku určí hmotnostní manažer ve spolupráci s vedoucími inženýry projektu cílové hmotnosti pro jednotlivé skupiny, tj. hrubá stavba, podvozek, interiér a další. Cílová hmotnost vozidla by se měla odvíjet od požadavků tendru, možnosti použité trakční výzbroje a brzd, specifických požadavků vedení projektu. Cílová hmotnost nesmí být příliš nízká, pokud to nevyžaduje tendr, aby nedocházelo k využití lehčích a tím dražších materiálů. Zodpovědní konstruktéři musí rozdělit celkovou povolenou maximální hmotnost jejich skupin na jednotlivé díly a podle toho zadat maximální hmotnost určeného dílu do poptávkových dokumentů.

Aktualizace hmotnostního rozboru musí probíhat, dokud nebudou splněné targetové hmotnosti nebo skupiny se k tomu maximálně nepřiblíží, případně dokud MME nebo PM nerozhodne jinak.

Pro zpracování hmotnostního rozboru k dispozici musí být následující data:

- Technické zadání tendru;
- Upřesněné požadavky zákazníka vozidla zohledňující specifiku města;
- Typový výkres;
- Výkres rozložení střešní výzbroje;
- Data z hmotnostních rozborů předchozích projektů;
- Data z položek předchozích projektů v PLM systému;
- Koncepční 3D modely.

Mezi výstupy zpracování hmotnostního rozboru během etapy QG3 patří:

- Aktualizovaný hmotnostní rozbor s vypočtenými nápravnými tlaky za všech potřebných režimů zatížení;
- Targetová hmotnost každé skupiny a vozidla celkově.

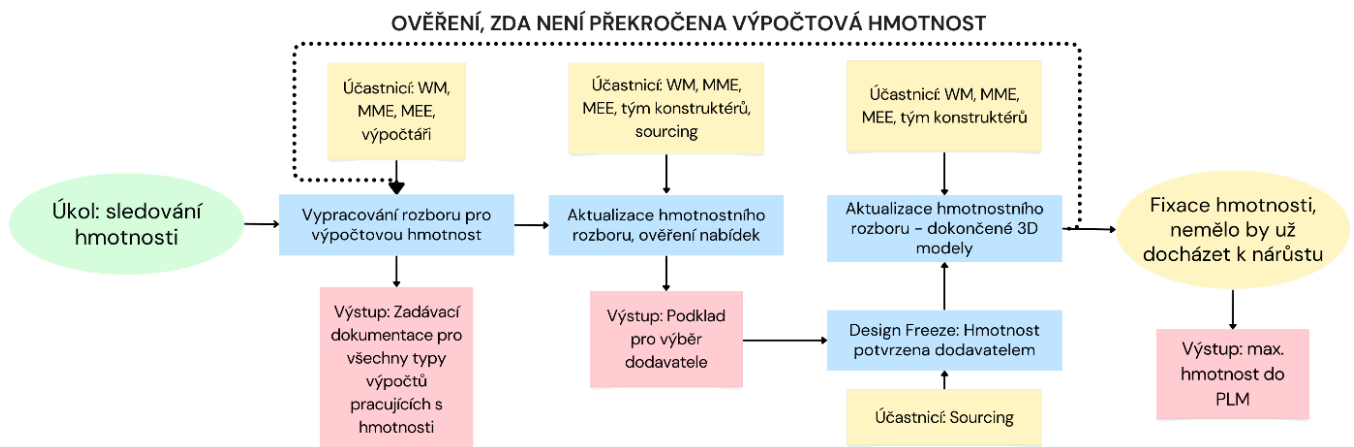
### 5.3 QG4 - Preliminary Design Freeze (projekční fáze)

Postupná aktualizace hmotnostního rozboru dle zpracování 3D modelů, obdržení nabídek jednotlivých komponent, dopracování koncepce.

Účastníci:

- Weight Manager (WM);
- Main Mechanical Engineer (MME);
- Main Electrical Engineer (MEE);
- Project manager (PM);
- Konstrukteři;
- Sourcing;
- Výpočtáři – výzkumní a vývojoví pracovníci zabývající se provedením výpočtů různého druhu za účelem správného dimenzování jednotlivých uzlů;
- Dodavatele – spolupráce s dodavatelem a prošetření možnosti snížení hmotnosti nabízených komponent.

Proces zpracování hmotnostního rozboru během QG4 je řízen podle následujícího schématu. Aktualizace hmotnostního rozboru probíhá v časových intervalech (2-4 týdny) dle pokroku v zpracování Projektu, pro ověření možnosti využití nabízených komponent.



Na začátku této etapy se musí provést stanovení výpočtových hmotností pro jednotlivé druhy výpočtů. Zpracuje se hmotnostní rozbor pro nominální hmotnost vozidla, většinou odpovídá limitní hmotnosti podle tendru. Pak se zpracuje hmotnostní rozbor se zpracováním minimální a maximální tolerance, určuje se vedoucími inženýři projektu, nejčastěji je tolerance rovna 5 %. Výpočtáři použijí potřebnou iteraci výpočtové hmotnosti na základě vlastního rozhodnutí podle toho, jestli je pro jejich druh výpočtu náročnější splnit požadavky s lehčím, nebo těžším vozidlem.

Dál musí probíhat ověření hmotnosti nově nabízených komponent, hmotnost nabízené komponenty se žádá do hmotnostního výpočtu vozidla. Dle výsledků rozložení hmotnosti a nápravových tlaků se rozhodne o možnosti využití daného dílu, případně kombinaci různých dílů. Pokud dodavatel ve své nabídce překračuje limitní hmotnost, ale nabízí

jiné výhody, například dodací lhůtu nebo cenu výrobku, je nutné provést kontrolu hmotnostního rozboru a rozhodnout, jestli je možné k takovému nárůstu přistoupit.

Po výběru dodavatelů dochází k finálnímu zhotovení 3D modelů a aktualizaci hmotnostního rozboru. V dalších krocích by už nemělo docházet k velkému navýšení hmotnosti vozidla. Aktuální hmotnost se v tu chvíli zadá jako maximální pro dané položky do PLM systému pro následné porovnání v dalších etapách.

**Položka**

Identifikace \* DO678170 Platnost od

Revize \* Stav Založená Platnost do

Společnost DOP Předběžně zplatněno  Sestava/Detail S

Název ZAŘÍZENÍ KABINY

Název - jiný jazyk

Rozšířený popis

Omezení položky  Blokována

Informace	Skupina položek	MJ zásob	Kód výběru	Typ výrobku
Výroběná položka	520N	ks		
Nakupovaná položka				
Konečný materiál			Váhová MJ	kg
Výchozí materiál			Max. hmotnost	20
TDP (požad. mat.)			Hrubá hmotnost	
Rozměr (polotovar)			Čistá hmotnost	
Norma (požadovaná)			Vypočtená hmotnost	19.6

Kritická konstrukce \*  (ostatní)

Složen z

Použit v

Pro zpracování hmotnostního rozboru k dispozici musí být následující data:

- Technická specifikace tendru;
- Typový výkres, případná aktualizace;
- Výkres rozložení střešní výzbroje, případná aktualizace;
- Propracované 3D modely;
- Data z nabídek nakupovaných komponent.

Mezi výstupy zpracování hmotnostního rozboru během etapy QG4 patří:

- Aktualizovaný hmotnostní rozbor s vypočtenými nápravovými tlaky za všech potřebných režimů zatížení;
- Hmotnostní rozbor pro výpočtovou hmotnost;
- Podklady pro výběr dodavatelů;
- Evidence max. hmotnosti v PLM.

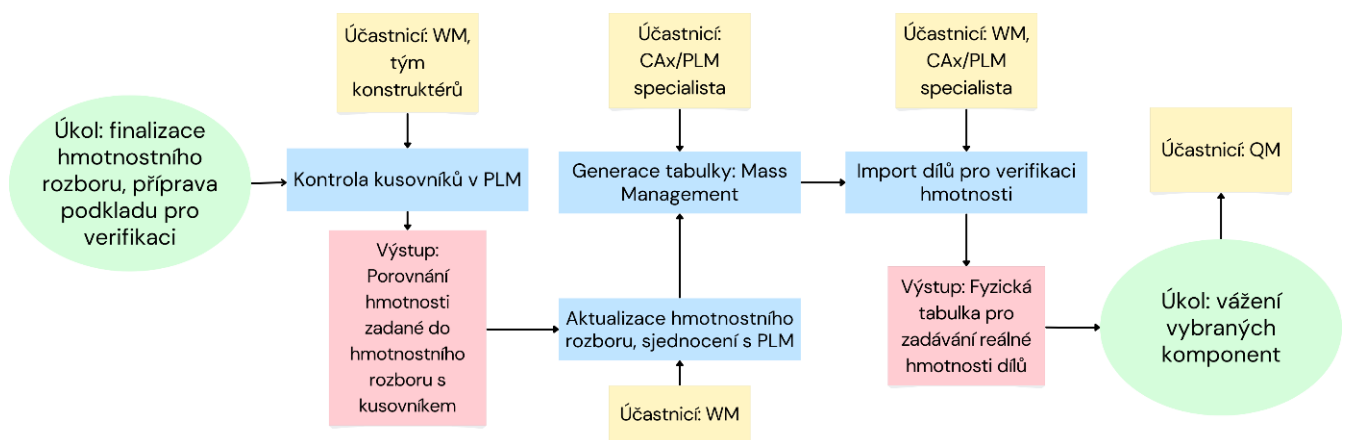
#### 5.4 QG5 – Detailed Design Freeze (Konstrukční fáze)

Aktualizace hmotnostního rozboru probíhá v případě změn v konstrukci a upřesnění hmotnosti, jinak by nemělo docházet výrazným změnám. Musí být provedena kontrola hmotnosti v kusovníku v PLM systému a zpracovány podklady pro verifikaci hmotnosti při FAI a výrobě prototypu.

Účastníci:

- Weight Manager (WM);
- Project manager (PM);
- Konstruktéři;
- Quality manager (QM);
- CAx/PLM specialista.

Proces zpracování hmotnostního rozboru během QG5 je řízen podle následujícího schématu.



Prvním krokem WM ve spolupráci s konstruktéry se musí provést kontrola kusovníků a potvrdit, že vypočtená hmotnost položek sestav v PLM odpovídá dříve zadanému odhadu do hmotnostního rozboru. Data musí být sjednocena pro porovnání během další etapy.

Dalším krokem WM ve spolupráci s CAx/PLM specialistou vygeneruje databázi Mass management a vybere díly ke zvážení. Vygenerovaný seznam dílů ke zvážení – tabulka Verifikace. WM předá tabulku manažeru kvality projektu a uloží na příslušné místo na disku S:.. QM zajistí vážení komponent ve výrobě.

Pro práci s hmotností během této etapy k dispozici musí být následující data:

- Technická specifikace, případná aktualizace;
- Typový výkres, případná aktualizace;
- Výkres rozložení střešní výzbroje, případná aktualizace;
- Propracované 3D modely;
- Dodavatelské výkresy;
- Kusovníky v PLM systému.

Mezi výstupy při práci s hmotností během etapy QG5 patří:

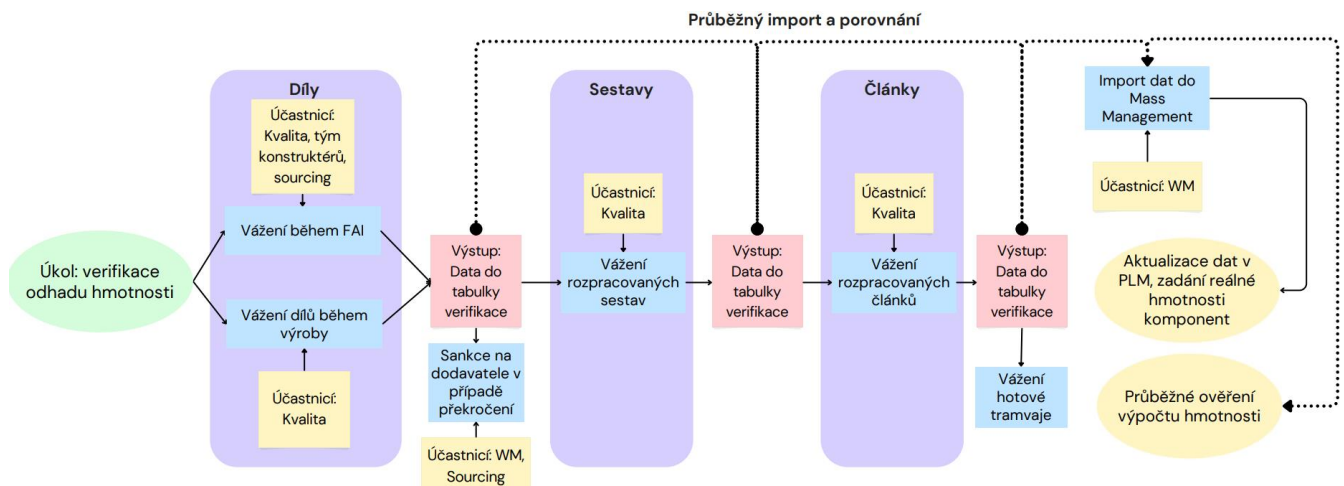
- Aktualizovaný hmotnostní rozbor s vypočtenými nápravovými tlaky za všech potřebných režimů zatížení;
- Sjednocení dat v kusovníku a hmotnostním rozboru;
- Databáze Mass management;
- Tabulka Verifikace - seznam dílů ke zvážení.

### 5.5 QG6 – Go To Validation (Stavba prototypu a validace SW)

Hlavním cílem této etapy práce s hmotností je verifikovat reálnou hmotnost komponent a vozidla celkově. Aktualizace hmotnostního rozboru probíhá v případě zjištěné odchylky mezi reálnou hmotností a hmotností zadanou do hmotnostního rozboru.

Účastníci:

- Weight Manager (WM);
- Project manager (PM);
- Sourcing;
- Quality manager (QM);
- CAx/PLM specialista;
- Konstrukteři.



Verifikace hmotnosti probíhá v 4 krocích:

1. Vážení dílů od dodavatelů probíhá při FAI (First Article Inspection – Kontrola prvního kusu). FAI může probíhat jak u výrobce, tak ve fabrice při přejímce první dodávky od dodavatele. Přitom při FAI musí být zváženy všechny díly obsažené v protokolu přejímky. Překročení hmotnosti u dílů od dodavatele musí být vyhodnoceno, jestli je překročení v rámci tolerančního pole, nebo není. V případě větší odchylky nahoru by Sourcing měl zahájit jednání s dodavatelem

a dohodnout se na nápravě a možných sankcích. Díly vyráběné ve fabrice jsou váženy podle toho, jestli jsou zařazeny do tabulky verifikace, nebo nejsou.

2. Vážení sestav, jež jsou vyjmenovány v tabulce verifikace. Jedná se o svařované sestavy, sestavy podvozků a další sestavy, které se smontují vně vozidla a je možné je zvážít.
3. Po svaření sestav HS dohromady, je nutné zahájit vážení článků. Vážení článků musí probíhat po krocích se zaznamenáváním stavu rozpracovanosti HS.
4. Vážení hotového vozidla - při němž musí být také zaznamenán stav rozpracovanosti. Hmota chybějících dílů musí být doplněna závažím podle hmotnosti těchto dílů v kusovníku. Finálně hotové vozidlo musí projít zkouškou hmotnosti, při zkoušce musí být hmotnost vozidla navýšena o hmotnost řidiče a objem všech provozních náplní musí být 100 %.

Během etapy Výroby vozidla WM provádí neustálé porovnávání zvážených hodnot s hmotností zadanou do PLM systému. Data zadaná ve výrobě do tabulky Verifikace jsou zpětně nahrávána do databáze Mass management, kde se provádí automatické porovnání a přepočítání celkové hmotnosti vozidla.

Pro práci s hmotností během této etapy k dispozici musí být následující data:

- Data z reálných vážení komponentů;
- Dodavatelské výkresy;
- Kusovníky v PLM systému.

Mezi výstupy při práci s hmotností během etapy QG6 patří:

- Aktualizovaný hmotnostní rozbor s daty z vážení komponent;
- Vyplněná tabulka Verifikace;
- Statistika hmotnosti komponent v databázi Weight Management.

## **6. Vstupy do analýzy hmotnosti a těžiště**

### **6.1 Požadavky na vstupy od jednotlivých úseků**

#### **6.1.1 Od konstrukce a projekce**

- Typový výkres s určením polohy těžišť sedících a stojících cestujících
- Výkres střešní výzbroje
- Odhad hmotnosti a těžišť během nabídkové fáze QG0 a QG3 (Conceptual Design Freeze), následné upřesnění na základě dat z kusovníků a 3D modelů během QG4 (Preliminary Design Freeze) a QG5 (Detailed Design Freeze)

#### **6.1.2 Od technologie**

- Technologické postupy a doporučení, které mají vliv na hmotnost (např. lepení, svařování)



### 6.1.3 Od nákupu a dodavatelů

- Součásti nabídky musí být odhadovaná hmotnost dílů, po QG5 (Detailed Design Freeze) hmotnost musí být zadána do výkresové dokumentace každého dílu.
- Dodavatel musí potvrdit plnění požadavků na maximální hmotnost dílů, musí být stanovená v poptávce

### 6.1.4 Od kvality

- Validovaná hmotnost komponentů od dodavatelů
- Validovaná hmotnost vyráběných komponentů a celků
- Validovaná hmotnost dokončené jednotky

## 6.2 Doporučené praktiky & časté chyby při zadávání dat do PLM a dokumentace

### Časté chyby:

- Nulová hmotnost komponentu (může být třeba i započtena ve vyšší sestavě);
- Špatně zadaná hustota (např. překlep v desetinné čárce);
- Nespočítání hmotnosti u některých položek a konstruktér ji jen odhadne;
- U spojovacích materiálů není hmotnost spočtena přes objem a hustotu (příklad ID 82010254);
- Čistota dat – nereálné hmotnosti na položkách, které se používají ve velkých množstvích na projektech (např. 82014305, 82031162). Nekusové položky, hlavně ty v mm (82069369) a ml apod;
- Zápis čisté hmotnosti na sestavách, tato kolonka by se měla používat výhradně u obráběných svařenců či při převážení komponentů → Hmotnost by se měla udávat hlavně na detailech (protože poté dochází k nepřepočítání hmotnosti při změnách, ošetřování chyb v zadání hmotnosti v detailech pomocí čisté hmotnosti na sestavě);
- Ruční přepočet hmotnosti na sestavách / detailech → nutno provádět i aktualizace vyšších úrovní
- Povrchová úprava → zápis hmotnosti do čisté hmotnost, kde se již neaktualizuje. Mohla by být oddělený atribut „hmotnost PÚ“, aby k tomu nedocházelo;
- Obráběné svařence – pokud autor neupraví hmotnost ve SmT na čistou po obrobení, přenesse se hmotnost bez obrobení;
- Nepoužití makra Hmotnost ST v CAD SW ke správnému označení „body“ pro výpočet hmotnosti;
- Nepoužití makra Hmotnost položky v PLM před spuštěním schvalovacího procesu nebo finálním schválení položky → schválí se položka s neaktuální hmotností, po schválení nejde provést aktualizaci.

## **7. Verifikace na prototypu (QG6)**

Jedná se o zpětnou vazbu pro MME a WM jako validace výpočtů hmotnosti pomocí dat z vážení fyzických komponent a slouží k zpřesnění odhadů i pro budoucí projekty. Verifikace probíhá za použití databáze Mass management a fyzicky tabulky Verifikace, která je vyplňována na základě vážení komponent. Postup práce během etapy QG6 je popsán v kapitole 5.5. Následně jsou představeny jednotlivé techniky pro verifikaci hmotnosti sestav se speciálními požadavky na vážení.

### **7.1.1 Verifikace hmotnosti HS a článků v různých stádiích výroby**

Stadia výroby pro verifikaci:

- Vážení jednotlivých sestav HS;
- HS po kompletním svaření s návarky;
- HS po kompletním svaření s návarky + po nalakování;
- HS po kompletním svaření s návarky + po nalakování + s nalepeními podlahy;
- HS po kompletním svaření s návarky + po nalakování + s nalepeními podlahy + s antivibračním nátěrem;
- Celková hmotnost všech článků vozidla po konečné montáži.

WM připraví šablonu pro vyplňování. Informaci zaznamenává oddělení kvality, vážení musí být předepsané na zakázkovém listu (předávacím protokolu) jako součást výstupní kontroly. Vážení by mělo být součástí procesu kontroly těchto celků. Při každém vážení musí být podrobně zaznamenán stav rozpracovanosti HS, případně článku, musí zajistit úsek Kvality při zadávání vážení. Poté informaci o hmotnosti Kvalita předá WM a MME.

### **7.1.2 Verifikace pro dodavatelské komponenty**

Při kontrole prvního kusu (FAI) se musí ověřovat reálná hmotnost a zaznamenat do FAI. Reálné navážené hmotnosti a jakékoliv odchylky musí být hlášeny WM, MME. Odchylky mimo toleranční pole musí být hlášeny na Sourcing.

### **7.1.3 Verifikace hmotnosti elektrokabeláže**

Prvotní odhad hmotnostní kabeláže se provádí dle zkušenosti z předchozích projektů. Po dokončení konstrukce Technolog připraví první verzi střížných tabulek založenou na odhadu či z drátového modelu a předá je do výroby. Při výrobě prvního kusu se střížné tabulky zpřesňují podle skutečně potřebné délky. Elektro-montáž aktualizuje střížné tabulky. Délka ve střížných tabulkách je průměrně o 30 cm delší na obou koncích a zkracuje se až při finální montáži na přesnou váhu! Technologie zapracuje všechny změny do střížných tabulek a poté vydá novou revizi a informuje hlavního MME a WM. Aktualizované tabulky se využijí pro odhad hmotnosti pro příští projekty.

## **8. Nástroje pro analýzu hmotnosti**

Analýza hmotnosti vozidla se provádí pro sledování změn v hmotnosti komponent a vozidla celkově během všech etap vývoje a výroby. Pomocí shromážděných dat o hmotnosti a těžišti jednotlivých dílů/sestav WM provádí výpočet nápravových tlaků pro prázdné vozidlo a taky pro různé režimy dle požadavků projektu.

ŠT aktuálně disponuje třemi nástroji pro výpočet nápravových tlaků:

- Výpočet prováděný v Excel šabloně – nejvíc rozšířený způsob;
- Weight Data Tool 3 – nově zakoupený software pro analýzu hmotnosti;
- MBS Simulace – nejpřesnější způsob výpočtu nápravových tlaků za pomoci simulačního SW. Není možnost sledování hmotnosti. SW je nepřístupné WM.

Rozhodnutí o tom jaký software k práci používat jde za WM daného projektu, důležitá je kvalita zpracování. Cílem výpočtu je provést ověření plnění požadavků tendru a včasné odhalení změn v hmotnosti a tím možné překročení v limitu.

Je vhodné občas provádět ověření výsledků výpočtu nápravových tlaků pomocí MBS simulace, například když se připravují podklady pro výpočet chodových vlastností, pevnostních výpočtů HS nebo podvozků.

## **9. Závěrečná ustanovení**

Tato vnitropodniková směrnice je závazná pro všechny zaměstnance ŠT oddělení Rolling Stock and Service Platforms, Quality, Souricng atd. spolupracující na vývoji a výrobě kolejových vozidel. Postupná verifikace hmotnosti používaných komponent a upřesnění podmínek zpracování hmotnostního rozboru dle dané vnitropodnikové směrnice by mělo výrazně přispět k exaktnosti výsledků hmotnostního rozboru. Hlavním cílem zavedení dané vnitropodnikové směrnice je postupné docílení co nejmenší odchylky mezi prvotně odhadovanou hmotností během etapy nabídky (QG0) a hmotnosti hotového vozidla.

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Šablona databáze pro sledování hmotnosti na projektu – Weight Management**

Příloha č. 2 – Část č. 1 - list Limity

# DOXXXXXX TRAMVAJ "č.projektu"

## Nastavené limity

Komponenty				Základní údaje				
ID	Název	Stav	Sestava Detail	Limit hmotnosti [kg]	Kritická položka	Možnost zvážit	Zjištěná hmotnost [kg]	Původní limit hmotnosti [kg]
	ČTEČKA KARET-JEDNOTKA ŘÍDÍCÍ	Platná	Detail	0,6	NE	ANO	-	0
	KABEL PŘIPOJOVACÍ, 5m, M8	Založená	Detail	0,1	NE	ANO	-	0
	ABSORBÉR NÁRAZNÍKU	Platná	Detail	46,5	NE	ANO	-	0

**Příloha č. 2 – Část č. 2 - list Hmotnosti\_RF**

DOXXXXXX Tramvaj "č.projektu"							10.3.2024	Hmotnosti RF																		
Základní údaje								Hmotnosti					Vyhodnocení					Datумы								
Úroveň	ID	Index	Název	Konstr. Skup.	SPG	Název skupiny	Za projekci skupiny zodpovídá	Hmotnosti					Realita		Vyhodnocení				Komentář	Poznámka	Aktualizace vyp. hmotnosti PLM	Aktualizace čisté hmotnosti PLM	Aktualizace vyp. hmotnosti skupin			
								Výchozí	Vypočtená hmotnost PLM [kg]	Čistá hmotnost PLM [kg]	Vypočtená hmotnost skupiny [kg]	Počet uvaž. Komp.	Zváženo [kg]	Ind. [-]	Rozdíl hmotnosti PLM [kg]	Podíl hmotnosti PLM [%]	Rozdíl vyp. hmotn. skupiny [kg]	Podíl vyp. hmotn. skupiny [%]								
1			ČLÁNEK PŘEDNÍ A			ČLÁNEK	-	0	0,000	0	5623,230	8 (9)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024			
2			DOKONČENÍ HRUBÉ STAVBY A			DOKONČENÍ HRUBÉ STAVBY	-	0	0,000	0	3896,002	3 (5)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024			
3			HRUBÁ STAVBA S NÁVARKY A			HRUBÁ STAVBA	-	0	0,000	0	3511,879	1 (2)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024			
4			HRUBÁ STAVBA A			HRUBÁ STAVBA	-	0	0,000	0	3511,879	7 (7)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024			
5			SPODEK A			SPODEK, HLAVNÍ RÁM	-	0	0,000	0	2077,625	12 (12)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024			
5			ČELNICE A			ČELNICE	-	0	261,500	0	251,406	7 (7)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024			
5			KOSTRA ČELA A			KOSTRA ČELA	-	0	58,710	0	58,704	9 (9)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024			
5			STŘECHA A			STŘECHA	-	0	568,200	0	558,026	5 (5)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024			
5			BOČNICE LEVÁ A			BOČNICE	-	0	244,100	0	220,970	9 (11)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024			
5			BOČNICE PRAVÁ A			BOČNICE	-	0	178,200	0	161,409	9 (9)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024			

## Příloha č. 2 – Část č. 3 - list Hmotnosti\_BOM

		DOXXXXXX Tramvaj "č.projektu"		10.3.2024		Výpočet hmotnosti z kusovníku																
Základní údaje						Hmotnosti [kg]						Vyhodnocení					Poznámka	Datумы				
Úroveň	ID	Index	Název	Množství	Jednotky	Skupina položek	Výchozí Limit hmotnosti [kg]	SmarTeam Vypočtená hmotnost PLM [kg]	Čistá hmotnost PLM [kg]	Vypočtená hmotnost skupiny [kg]	Poč. uvaž. Komp.	Realita Zváženo [kg]	Index [-]	Rozdíl hmotnosti PLM [kg]	Podíl hmotnosti PLM [%]	Rozdíl vyp. hmotn. skupiny [kg]	Podíl vyp. hmotn. skupiny [%]	Komentář	Poznámka	Aktualizace vyp. hmotnosti PLM	Aktualizace čisté hmotnosti PLM	Aktualizace vyp. hmotnosti skupiny
1	DO678134		ČLÁNEK PŘEDNÍ A	1	ks	520	0	0,000	0,000	5623,230	8 (9)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
2	DO678135		DOKONČENÍ HRUBÉ STAVBY A	1	ks	520	0	0,000	0,000	3896,002	3 (5)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
3	DO678136		HRUBÁ STAVBA S NÁVARKY A	1	ks	520N	0	0,000	0,000	3511,879	1 (2)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
4	DO678137		HRUBÁ STAVBA A	1	ks	520N	0	0,000	0,000	3511,879	7 (7)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
5	DO678138		SPODEK A	1	ks	520N	0	0,000	0,000	2077,625	12 (12)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
6	DO679677		ROŠT PODLAHY A	1	ks	510	0	0,000	0,000	621,299	28 (28)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven				10.03.2024
7	DO680857		PÁTEŘ	1	ks	272	0	118,600	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO680872		PŘÍČNÍK	4	ks	500	0	9,164	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO680924		PROFIL	9	ks	500	0	1,491	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO680942		PŘÍČNÍK	3	ks	500	0	3,709	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO680950		PŘÍČNÍK	1	ks	500	0	3,429	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO681080		NOSNÍK PODÉLNÝ	1	ks	500	0	3,056	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO681081		PROFIL	1	ks	500	0	5,434	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO681085		PROFIL	2	ks	500	0	2,481	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO680942=		PŘÍČNÍK	3	ks	500	0	3,709	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
7	DO681441		ČELNÍK	1	ks	510N	0	214,400	0,000	214,352	33 (33)	0,000	X	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			10.03.2024

Příloha č. 2 – Část č. 4 - list Zvážené položky

Tramvaj "č.projektu"			Zvážené položky					
Základní údaje			Hmotnosti			Vyhodnocení		
ID	Index	Název	Limit hmotnosti [kg]	Kritická položka	Zvážená hmotnost [kg]	Rozdíl hmotnosti [kg]	Podíl Hmotnosti [kg]	Komentář
		SBĚRAČ NÁPRAVOVÝ	7	NE	6,4	-0,6	91%	Limit hmotnosti dodržen



**Příloha č. 2 – Část č. 5 – list Položky ke zvážení**

		<b>Tramvaj "č.projektu"</b>		<b>Položky ke zvážení</b>		
<b>Základní údaje</b>				<b>Hmotnosti</b>		
<b>Skupina</b>	<b>ID</b>	<b>Název</b>	<b>Sestava Detail</b>	<b>Limit hmotnosti [kg]</b>	<b>Kritická položka</b>	<b>Hmotnost PLM [kg]</b>
BRZDA KOLEJNICOVÁ		BRZDA KOLEJNICOVÁ	Detail	0,000	NE	99,000
BRZDA KOTOUČOVÁ		TŘMEN BRZDOVÝ	Detail	0,000	NE	36,000
BRZDA KOTOUČOVÁ		TŘMEN BRZDOVÝ	Detail	0,000	NE	36,000
BRZDA KOTOUČOVÁ		KOTOUČ BRZDOVÝ	Detail	0,000	NE	20,375
DVOJKOLÍ		LOŽISKO NÁPRAVOVÉ	Detail	0,000	NE	19,200
DVOJKOLÍ		NÁPRAVA	Detail	0,000	NE	168,000

Příloha č. 2 – Část č. 6 – list Nejtěžší položky

Tramvaj "č.projektu"			Položky s největším podílem hmotnosti							Vyhodnocení							Datумы		
Základní údaje			Hmotnosti						Vyhodnocení							Datумы			
ID	Index	Název	Limit hmotnosti [kg]	SmarTeam			Realita		Celkem na vozidle [kg]	Rozdíl hmotnosti PLM [kg]	Podíl hmotnosti PLM [%]	Rozdíl vyp. hmotn. skupiny [kg]	Podíl vyp. hmotn. skupiny [%]	Komentář	Poznámka	Aktualizace vyp. hmotnosti PLM	Aktualizace čisté hmotnosti PLM	Aktualizace vyp. hmotnosti skupin	
				Výchozí	Vypočtená hmotnost PLM [kg]	Čistá hmotnost PLM [kg]	Vypočtená hmotnost skupiny [kg]	Počet uvaž. Komp.											Zváženo [kg]
		KOLO	0	0,000	186,000	0,000	0 (0)	0,000	X	2976	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
		NÁPRAVA	0	0,000	168,000	0,000	0 (0)	0,000	X	1344	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
	a	BRZDA KOLEJNICOVÁ MTB1170	0	0,000	99,000	0,000	0 (0)	0,000	X	792	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
		MĚCH PŘECHODU	0	0,000	169,000	0,000	0 (0)	0,000	X	676	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
		PŘÍČNÍK KRAJNÍ	0	160,700	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	643	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
		TOČNA PŘECHODU	0	0,000	80,500	0,000	0 (0)	0,000	X	322	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
		LOŽISKO NÁPRAVOVÉ	0	0,000	19,200	0,000	0 (0)	0,000	X	307	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
		PŘÍČNÍK STŘEDNÍ	0	117,600	0,000	0,000	0 (0)	0,000	X	235	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024			
	a	PRUŽINA SEKUNDÁRNÍ-SESTAVA	0	29,320	29,320	0,000	0 (0)	0,000	X	235	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven	10.03.2024	10.03.2024		
	a	SPŘÁHLO	0	0,000	92,000	0,000	0 (0)	0,000	X	184	X	X	X	X	Limit hmotnosti nestanoven			10.03.2024	
	a	ABSORBÉR FCX	47	0,000	44,300	0,000	0 (0)	0,000	X	177	-2,2	95%	X	X	Limit hmotnosti dle PLM dodržen			10.03.2024	

**Příloha č. 2 – Část č. 7 – list Přehled**

<b>DOXXXXXX</b>			<b>Přehled</b>	
<b>Tramvaj "č.projektu"</b>				
Podrobnosti			Hmotnost RF	
Údaj	Počet	Podíl	Stav	Počet z ID
Počet řádků kusovníku	9979	-	Limit hmotnosti nestanoven	326
Počet položek kusovníku	3511	-	<b>Celkem</b>	<b>326</b>
Počet sestav	845	24%		
Udán limit hmotnosti	34	4%		
Udána čistá hmotnost	1157	33%		
Udána vypočtená hmotnost	2274	65%		
Udána hmotnost všech komponentů sestav	704	83%		
<b>Výsledná hmotnost produktu</b>				
Hmotnost projektovaná	48200			
Aktuální kalkulovaná hmotnost	34581			

## **PŘÍLOHA č. 3**

**Šablona tabulky pro evidenci reálné hmotnosti – Verifikace**

### Příloha č. 3 – tabulka Verifikace – evidence reálné hmotnosti

Verifikace dílů "č.projektu"												HMOTNOST			PROVEDL			
Číslo	ID	Inde	Název	Stav	Sestava / Detail	Pořízení	Dodavatel	Skupina	Celkové množství	MJ	SmT (kg)	Realita (kg)	Odchylka	Datum	Jméno	Zodpovědnost za zvážení	Poznámka	
1			LOŽISKO NÁPRAVOVÉ	Platná	Detail	N	SKF CZ, a.s.	138	16 ks		19,760	19,6	-0,8%	15.02.2024	Ženišek	TKV		
2			SBĚRAČ NÁPRAVOVÝ	Platná	Detail	N		228	8 ks		6,700	6,4	-4,5%	05.12.2023	Švajcr	TKV		
3			BRZDOVÝ TRMEN	Platná	Detail	N		270	8 ks		52,000	53,0	1,9%		Bauer	TKK		