

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.**

Studijní program: N6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T088 Podniková ekonomika a management provozu

## **Přínosy počítačové simulace při řešení logistického projektu ve ŠKODA AUTO a.s.**

**Bc. Vojtěch Mikolášek**

Vedoucí práce: Ing. David Holman, Ph.D



Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne .....

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Davidu Holmanovi, Ph.D. za kvalifikovaný pohled na řešenou problematiku a sdílené znalosti. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Marku Kňážíkovi, PhD. za zpřístupnění a objasnění poznatků k řešení praktické části, stejně tak i Ing. Branislavu Bakovi.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	6
Úvod.....	7
1 Teoretická východiska řešení .....	8
1.1 Výroba.....	8
1.2 Standardizace .....	19
1.3 MTM.....	24
1.4 Simulace a modelování .....	28
2 Analýza současného stavu .....	38
3 Simulační model .....	56
4 Upravená verze simulačního modelu.....	61
Závěr .....	64
Seznam literatury .....	65
Internetové zdroje.....	66
Seznam příloh .....	70

## **Seznam použitých zkratk a symbolů**

A7 – označení karoserie Octavia

B6 – označení karoserie Superb

BPR – bussiness process reengineering

CKD - Completely Knocked Down

CMM - Capability Maturity Model

CRM - Customer Relationship Management

ERP - Enterprise resource planning

GLT - Gross Ladung Träger

JIT - Just in time

KLT - Klein Ladung Träger

LMS - Lowry, Maynard, Stegemerten - určení výkonnosti pracovníka

MKD - Medium Knocked Down

MRP - Material requirement planning

MRP II - Manufacturing resource planning

MTM – Methods Time Measurement

MU - Moveable unit

OPT - Optimized production technology

SCM – Supply Chain Management

SKD - Semi-Knocked Down

TOC – Theory of Constraint

## Úvod

V dnešní době je důležitost správných manažerských rozhodnutí klíčovým faktorem pro úspěch firmy v prostředí, v kterém se stále zvyšuje konkurenční tlak, stejně tak jako tlak na kvalitu finálního výrobku a jeho inovativnost. Taková rozhodnutí by měla být dělána na základě informací, které jsou mnohdy obtížně získatelné z reálné situace. Pro jednodušší orientaci v reálných systémech je již dlouhou dobu používáno modelování. Vytvořené modely mohou mít různé podoby, od fyzických maket objektů po matematické modely. Nicméně všechny modely jsou vytvářeny se stejným cílem a to pro lepší pochopení modelovaného systému a pro možné experimentování s ním.

Poslední dobou se také mohutně začalo zavádět používání počítačových simulačních modelů. Takové modely mají nad ostatními mnohé výhody, jelikož dovolují hloubkovou analýzu reálného systému a to bez nutnosti zásahu během jeho chodu. Dalším výrazným přínosem počítačové simulace je možnost zjištění dopadů změn na již existujícím systému nebo optimalizace materiálových a informačních toků a produktivity ještě plánovaných systémů.

Pro lepší stabilitu celého výrobního procesu se využívá standardizace, která zlepšuje nejen kvalitu výsledné produkce, ale také ulehčuje plánování výroby díky závazně popsaným nárokům jednotlivých procesů na výrobní zdroje.

Jednou z metod standardizace spotřeby práce jsou metody MTM. Jde o metody přiřazující čas pohybům potřebným k vykonání popisované činnosti. Díky čemuž jsou lepší pro použití ve výrobě než metody jako chronometráž či pracovní snímek. Hlavní výhodou použití metod MTM je, že, díky nivelizaci použité při jejich tvorbě, nezáleží na tom, kdo práci vykonává.

V průběhu vypracování této práce mi bylo umožněno použití softwarového produktu Plant Simulation k vypracování kompletního simulačního projektu a to od definice cílů až po implementaci získaných poznatků ve výrobě. Významnou částí tohoto procesu je fáze sběru dat, která byla provedena metodami MTM. Tato časově nejnáročnější část projektu byla přínosným nahlédnutím do komplexity výrobního procesu a do použití systémového přístupu.

# 1 Teoretická východiska řešení

Teoretická část práce obsahuje shrnutí poznatků, které souvisí s řešením zadaného simulačního projektu. Jsou v ní popsány procesy v rámci výroby, proces jejich zlepšování a důležitost, proč by nemělo být jenom jednorázové, ale i kontinuální. Společně s procesy je popsáno i řízení výroby a moderní přístupy k této problematice.

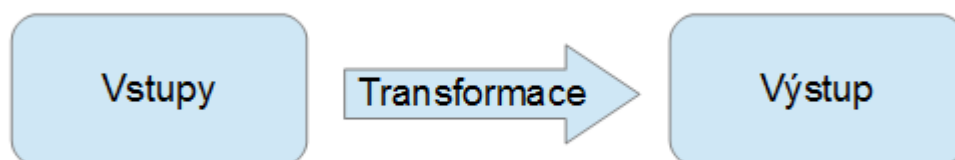
V další kapitole je popsána standardizace a její význam pro hladký průběh činností podniku. Existuje mnoho druhů standardů podle částí podnikové činnosti, které popisují. Kvůli zaměření praktické části jsou popsány hlavně standardy spojené s transformačním procesem a ještě specifičtější standardy spojené se spotřebou práce.

Metodou, kterou se vytvářejí normy pro spotřebu práce na pracovišti, jsou metody MTM, které jsou tématem další kapitoly. Je popsán jejich vývoj a také na jaké všechny oblasti se dají použít.

V poslední části je popsána problematika modelování a simulace. Modely jsou širokým pojmem a popis je hlavně zaměřen na modely výpočtově simulační a na jejich vnitřní strukturu. Dále je popsán význam simulace v rozhodování, a jaké přínosy přináší její použití pro firmu, která se tak rozhodne.

## 1.1 Výroba

Výrobu lze definovat jako transformaci výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb, které pak procházejí spotřebou (Keřkovský, 2009, s. 1) nebo také podle Horváth (2000) se jedná o proces vytváření nových užitečných hodnot účelným spotřebováváním výrobních faktorů. Jde tedy o transformaci vstupů na výstupy.



Zdroj: Svobodová, 2004 str. 29

**Obr 1 Schéma výroby - základní**



Má-li tento transformační proces vést k požadované přeměně materiálu (suroviny, energie, polotovary), vyžaduje ke své realizaci účast lidských výkonů (pracovní síla), podnikových prostředků (výrobní zařízení, nástroje, speciální přípravky, počítače...) a informací.

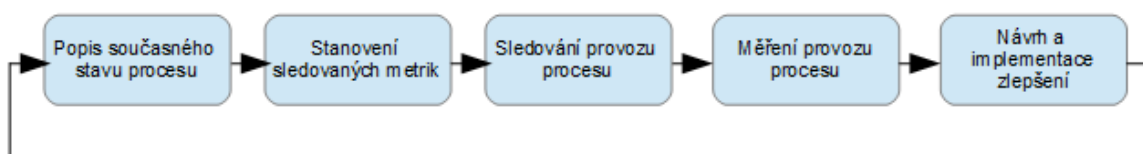
Keřkovský (2009) dodává, že z ekonomických a společenských hledisek by mělo být cílem výroby dosažení stavu, kdy jsou všechny zdroje využívány efektivně. Aby byl proces transformace efektivní, musí být efektivní i jednotlivé procesy probíhající v podniku.

### **Podnikové procesy**

Podnikový proces je podle (Řepa, 2006, str. 13) „souhrn činností, transformující souhrn vstupů do souhrnu výstupů (zboží nebo služeb) pro jiné lidi nebo procesy, používající k tomu lidi nebo nástroje“. Proces se skládá z jednotlivých činností neboli prvků procesu. Procesní přístup v podnicích není spojen s výrobními procesy, ale v současnosti se týká celého podniku včetně nevýrobních činností, např. zákazníci, dodavatelé. Informační podporu pro tyto oblasti představuje SCM, CRM, e-business.

### **Zlepšování procesů**

Pro každou firmu a její udržení na trhu je podle (Řepa, 2006) nezbytné jednotlivé podnikové procesy stále zlepšovat. Zákazníci si žádají lepší produkty a služby a tak mnoho firem začíná pracovat na svých podnikových procesech pomocí metody průběžného zlepšování. Tento postup, který se dá zobrazit pomocí následujícího schématu, je založen na porozumění a měření stávajícího procesu a na podnětech k jeho zlepšení.



Zdroj: Řepa, 2006 str. 14

**Obr. 2 Průběžné zlepšování procesu**

Tento postup vede k postupnému nebo také evolučnímu zlepšování.

## **Business process reengineering (BPR)**

Pro podnik se podle (Řepa, 2006) stalo vitální provádět změnu rychleji a to zejména pod vlivem globalizovaných trhů. Tato potřeba dramatických změn vedla k přístupu reengineeringu podnikových procesů.

BPR je zcela odlišným přístupem ke zlepšování podnikových procesů a v extrému zahrnuje předpoklad nefunkčnosti stávajících procesů a nutnosti je předělat a odshora dolů sestavit nový procesní mix.

Takovýto postup podle (Řepa, 2006) odpoutává od stávající situace, tudíž je potřeba se ptát na zcela jiné otázky: (Řepa, 2006)

- Jak by měl proces vypadat?
- Jak chtějí zákazníci, aby vypadal?
- Jak chtějí zaměstnanci, aby vypadal?
- Jak vypadá u významných konkurentů?
- Jak bychom mohli novou technologii využít?

## **Dělení procesů**

Procesy se dají dělit podle různých kritérií. Například podle (Zelenka, 2007):

- Základní procesy – jsou procesy, které se orientují na výrobu finálních výrobků. Vytváří tedy hlavní přidanou hodnotu. Finální výrobky jsou určeny expedici, určují specializaci výroby a jsou hlavním předmětem podnikání.
- Podpůrné procesy – zajišťují vnitřnímu zákazníkovi nebo hlavnímu výrobnímu procesu produkt, který nepřechází do finálního výrobku. Jeho vyčlenění ohrozí chod hlavního procesu. Je možné jej zajistit externě, ale jsou vykonávány interně z důvodů omezení rizik nebo pro ekonomickou výhodnost.
- Vedlejší procesy – určeny pro interního zákazníka. Je možné jej zajistit externě bez ohrožení chodu hlavního procesu.

To to dělení se dá použít nejen na obecně podnikové procesy, ale i specifičtěji například na výrobní procesy. Podpůrné procesy mohou zahrnovat výrobu speciálních nástrojů, přípravků, ale také personalistiku, facility management, marketing a jiné.

Další metodikou, která se zaměřuje na třízení procesů je CMM (Capability Maturity Model), která rozděluje procesy podle stupně jejich zralosti a to na (Basl, 2008):

- Neexistující – neexistuje žádný proces a organizace reaguje na problém, který je potřeba řešit spontánně.
- Náhodný – organizace rozpoznala, že má problém a nutnost ho řešit. Neexistuje ovšem žádný ustálený postup a je tedy řešen na ad hoc a individuální bázi.
- Opakovaný, ale pouze intuitivní – snaha o vytvoření standartních procesů, jejich využití je intuitivní, což vede například opakovanému požití různými lidmi.
- Formalizovaný – Existuje již standardizace a popis procedur a zaměstnanci jsou podle nich školeni.
- Měřitelný – je přidán proces řízení a kontroly a tedy snaha o neustálé zlepšování procesů.
- Optimalizovaný – Procesy byly pomocí postupného zlepšování dovedeny do nejlepšího možného stavu.

Podle (Basl, 2008) je vazba mezi podnikovými procesy a informačními systémy silná. Díky proniknutí podnikových informačních systémů do výroby jsou k dispozici lepší data ve větším množství. Tato informovanost vede dalšímu zlepšování procesů.

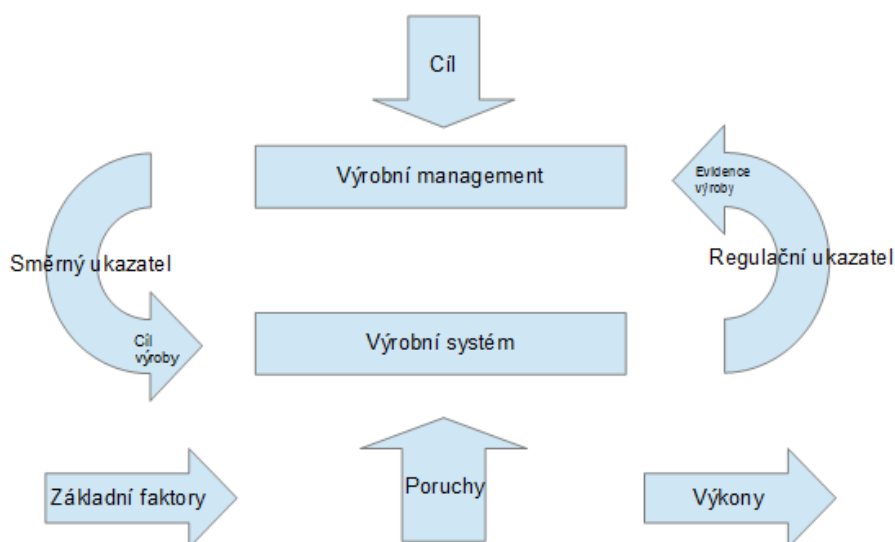
## **Řízení výroby**

Řízení výroby se podle (Keřkovský, 2009) zabývá dosažením optimálního fungování výrobních systému a to podle vytyčených cílů. Výrobní systém dále definuje jako souhrn všech činitelů a účastníků výroby (provozní prostory,

nezbytná technická zařízení, suroviny, polotovary, energie, informace, pracovníky podílející se na výrobě, rozpracované a hotové výrobky a odpady).

Jedná se o systém pojmů a nástrojů výrobního managementu. Tento systém rozpracovává dané úlohy a předkládá fyzickému systému tvorby výkonů informace týkající se zvláště vyráběného množství, termínů zadávání a odvádění jednotlivých dávek či operací. Dále umožňuje zpětná hlášení z fyzického výrobního procesu. (Tomek, 2000, s. 17-18).

Vztah mezi managementem výroby a vlastním fyzickým procesem zachycuje následující obrázek. Takzvaný řídicí kruh umožňuje porovnání plánu a skutečnosti a činí příslušná rozhodnutí.



Zdroj: Tomek, 2000 str. 18

**Obr. 3 Vztah managementu a fyzického procesu při řízení výroby**

Role a provázanost logistiky a řízení výroby je velmi důležitá, jelikož v rámci rozdílných způsobů realizace výkonů se nejedná pouze o řízení vnitropodnikového pohybu materiálu a zboží, ale taktéž o řízení pohybu materiálu od dodavatelů do podniku a na příslušná pracoviště, stejně jako výrobků či polotovarů z pracovišť a podniku k zákazníkovi (Tomek, 2000, s. 18). Právě veškerým pohybem materiálu, polotovarů a výrobků se zabývá logistika.

Zejména na operativní úrovni dochází k velmi těsnému spojení mezi managementem výroby a logistikou, kde se jedná o bezprostřední vazbu na hmotný tok. Souvislosti je možné vysledovat z následujícího obrázku:

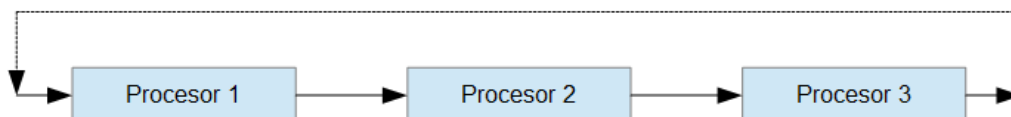


Zdroj: Tomek, 2000s str. 19

**Obr. 4 Vztah řízení výroby a logistiky**

### Princip řízení výroby tlaku (push)

Podle (Daněk, 2005) je materiál v systému řízeném podle principu tlaku dodáván na jednotlivá pracoviště bez toho, aby se bral ohled na okamžitou skutečnou potřebu, ale je dodáván podle předem stanoveného rozpisu nebo plánu, který vychází z predikcí potřeb výroby. Materiál je na pracoviště tlačěn. Materiál se na pracovištích může hromadit, což vede k vytváření se přebytečných zásob.



Zdroj: Fiala, 2002, str. 29

**Obr. 5 Princip push**

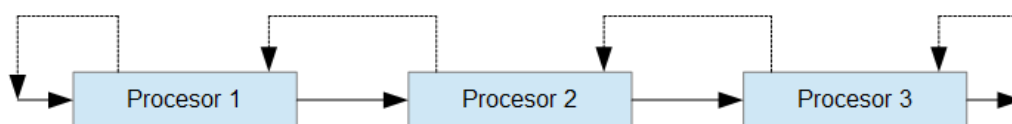
Cílem je podle (Fiala, 2002) protlačit celým systémem co nejvíce materiálového toku na základě poptávky vnějších zákazníků bez ohledu na zatížení jednotlivých

procesorů. Na následujícím obrázku je popsán princip tlaku, kde informační tok je vyznačen přerušovanou čarou a materiálový tok plnou čarou.

### **Princip řízení výroby tahu (pull)**

Opačně je tomu u systému tahu, kde podle (Daněk, 2005) výrobu a odběr zásob spouští zákazník. Tah je vyvolán na základě okamžité potřeby. Materiál se zpracovává ihned, neskládá se, tudíž se nevytváří zásoba.

Na následujícím obrázku je znázorněn princip řízení tahem kdy podle (Fiala, 2002) si vnitřní zákazník přitahuje materiálové toky (plná čára) na základě vnitřní poptávky pomocí informačních toků (přerušovaná čára).



Zdroj: Fiala, 2002, str. 29

**Obr. 6 Princip pull**

### **Moderní přístupy k řízení výroby**

V moderní době byly v průmyslově vyspělých zemích formulovány ucelené koncepty řízení výroby, které vycházejí z určitých principů a filosofických přístupů k výrobnímu managementu, realizovatelných a uznávaných v dané době. Co ovšem mají společného je snaha o eliminaci neefektivností dříve používaných systémů řízení výroby. (Keřkovský, 2009)

### **Material requirement planning (MRP)**

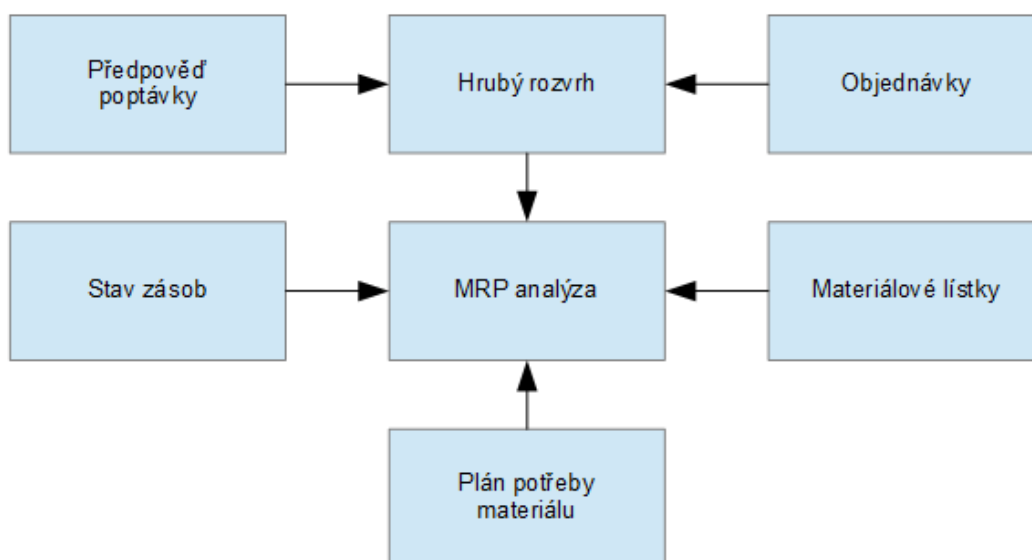
Podle (Tomek, 2000) je MRP systém vyvinutý počátkem 60. let v USA do češtiny přeložitelný jako „plánování materiálových potřeb výroby“. Do té doby byly používány systémy, které pro odvození dat pro budoucnost využívaly jenom minulý vývoj a neumožňovali tak poznat souvislosti mezi a účinky na výrobu. Systém MRP se zaměřuje na kontrolu plánování nákupu a to ve vazbě na výrobu a odbyt. Podnětem pro výpočet požadavků na materiál dle kusovníků či norem je výrobní zakázka. Spotřeba tedy vytváří potřebu a dochází k integraci

materiálového hospodářství zajištěním časové i kvantitativní vazby mezi nákupem a odběrem. Předpoklady pro uplatnění tohoto systému (Tomek, 2000):

- struktura kusovníku obsahující výstavbu výrobku a návod, jak má být výrobek naplánován a vyroben,
- existence přesných dat pro výpočet spotřeby a potřeby,
- disciplína uživatelů při stanovení operačních plánů.

Při aplikaci MRP lze téměř vždy přepokládat snížení objemu vázaných oběžných prostředků a snížení nákladů na pořizování a udržování zásob ve srovnání se systémy bez plánování požadavků materiálu. Nevýhodou systému může být fakt, že plánování materiálu vychází pouze z hrubého rozvrhu výroby a nebere v úvahu skutečný průběh výroby. To znamená, že pokud se vyskytnou odchylky od plánu, dojde ke zvyšování zásob.

Nejspíše i z těchto důvodů byl původní MRP přepracován do MRP s uzavřenou informační smyčkou, kde jsou objednávky materiálu do určité míry korigovány podle skutečného průběhu výroby (Keřkovský, 2009, s. 65).

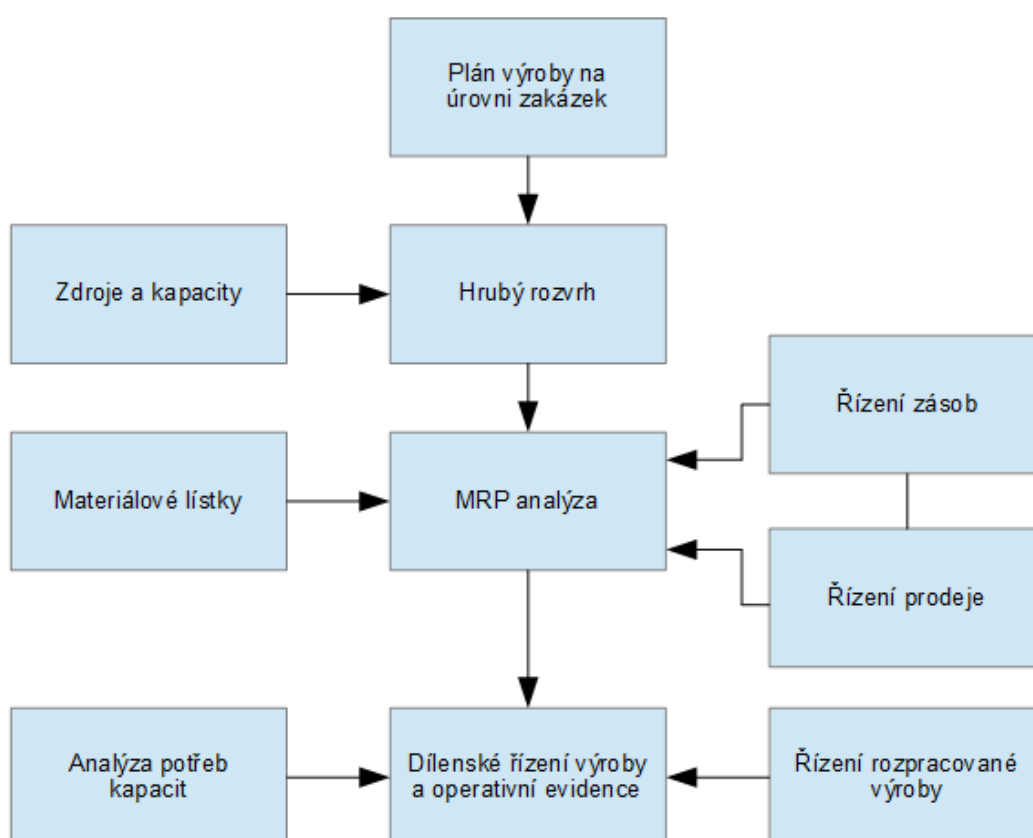


Zdroj: Keřkovský, 2009, str. 66

**Obr. 7 Struktura MRP**

## Manufacturing resource planning (MRP II)

Česky „plánování výrobních zdrojů“ je rozšířením systému MRP především o zahrnutí propojení objednávek materiálu s podrobnými rozvrhy výroby a s kapacitními propočty. Hlavním přínosem je snížení vázanosti oběžných prostředků a to až o 30 %. Systém MRP II je zabudován ve většině integrovaných informačních systémů (Keřkovský, 2009).



Zdroj: Keřkovský, 2009, str 67

### **Obr. 8 Struktura MRP II**

Jak je vidět ze schémat systémů je MRP II ve srovnání s MRP doplněno podrobnějším plánování výroby, kapacitními propočty a vazbou na řízení prodeje.

## Optimized production technology (OPT)

Systém OPT je založen na předpokladu, že výkonnost výrobního systému jako celku je určena podle úzkoprofilových pracovišť (bottlenecks) neboli úzkých míst.

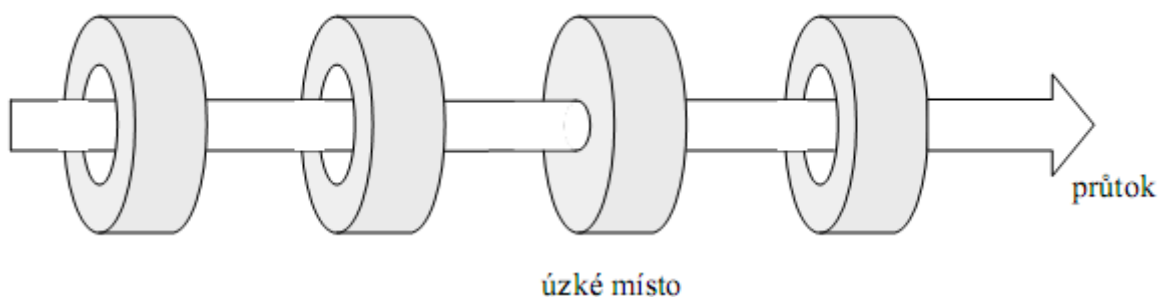


Zaměřením se na takováto pracoviště a jejich rozšířením redukuje průběžné doby a zlepšuje celkovou průchodnost výrobního systému (Keřkovský, 2009, s. 69).

Podle (Pernica, 2005) jsou hlavními cíli při aplikaci systému OPT maximalizace zisku a průtoku a minimalizace zásob a provozních nákladů. Důležitými předpoklady pro použití systému je zejména synchronizaci ve výrobě, existenci zásobníků u úzkých míst a kontinuální vyhodnocování úzkých i „normálních“ pracovišť.

### Theory of Constraint (TOC)

Metoda TOC souvisí s již výše zmíněným OPT a to především ve vnímání „úzkých míst“ podniku. Základem tohoto systému je úvaha, že v podniku je v daném okamžiku vždy jedno nebo více omezení, které brání dosažení maximalizace průtoku (Basl, 2003).



Zdroj: Basl, 2003. str. 35

#### **Obr. 9 Jak „úzké místo“ určuje velikost průtoku v podniku**

Dá lze také říct, že úzké místo určuje průchodnost celého systému a proto si tato koncepce dáva za hlavní cíl zvýšení průchodnosti celého podniku identifikací právě takových úzkých míst. Dále je podle (Basl, 2003) důležité si uvědomit, že pokud je průchodnost závislá na kapacitě právě jednoho bodu, pak jakákoliv zlepšení na jiných bodech na ni nebudou mít žádný a ztráta na úzkém místě je ztrátou pro celý systém.

Tuto skutečnost zobrazuje obrázek 9 kde je šířka celého průtoku omezena jediným úzkým místem a to i přes to, že ostatní procesy mají vyšší kapacity, které jsou znázorněny širšími otvory v kotoučích.

## Just-in-time

Koncept řízení výroby JIT byl vytvořen v průběhu sedmdesátých let v Japonsku, USA a v zemích západní Evropy. Podle (Keřkovský, 2009) je základní ideou výroba pouze nezbytných položek v potřebné kvalitě, v nezbytných množstvích, v nejpozději přípustných časech. Dále se JIT orientuje na eliminaci pěti základních typů ztrát plynoucích z nadprodukce, čekání, dopravy, udržování zásob a nekvalitní výroby. K JIT lze přistoupit následujícími způsoby (Keřkovský, 2009):

- Použití JIT i v plánování výroby.
- JIT jako soubor technik
- JIT jako firemní filozofie. Vztahuje se tedy na všechny podnikové procesy a cílem je průběžné zlepšování a eliminace ztrát.

Jde o jakousi hierarchii aplikačních vrstev JIT, kde aplikace prvních dvou se nazývá také „volný JIT“ a aplikace všech tří „čistý JIT“.

Předpoklady pro použití technologie JIT jsou podle následující (Daněk, 2005):

- stoprocentní kvalita výrobků, polotovarů (objednaného materiálu),
- snižování velikosti (objednacích) výrobních dávek,
- rovnoměrné využití kapacit,
- bezporuchový chod výrobního (dopravního) zařízení,
- modulární struktura výrobků a standardizace komponentů,
- aplikace skupinové technologie,
- zavedení nového systému řízení jakosti,
- nový systém zásobování (opírající se o spolupráci s dodavateli),
- zavedení týmové práce.

Možné přínosy podle (Keřkovský, 2009) pak zahrnují redukci zásob či výrobních a skladovacích prostor, kratší průběžné doby a seřizovací časy, vyšší produktivitu, jednodušší řízení, snížení režijních nákladů a zvýšení kvality.

## **Informační systémy**

O velkém významu informačních systémů v dnešní společnosti není podle (Basl, 2008) pochyb. Komplexní informační systémy kategorie ERP využívá více jak 90 procent TOP 100 tuzemských podniků a o jejich roli při integraci podniku hovoří asi nejlépe to, že už neexistují žádné informační systémy, které by byly zaměřeny pouze na jedno oddělení. S neexistencí integrace se v podstatě nepočítá.

Impulzem pro další vývoj MRP, který následně vedl k vytvoření ERP, byla globalizace a s ní spojená nutnost zvyšovat efektivitu vybavením podniků vhodnými technologiemi a úzkou specializací. Specializace v nadnárodních korporacích vytvořila potřebu zlepšit způsob, jakým se předávaly informace mezi dceřinými společnostmi, a proto v nich byly zavedeny jednotné informační systémy, jelikož centralizace strategického nákupu materiálu a surovin umožňuje optimalizovat nákupní ceny.

### **ERP**

Za ERP jsou považovány jednak aplikace, které představují softwarová řešení užívaná k řízení podnikových dat a pomáhající plánovat celý logistický řetězec od nákupu přes sklady po výdej materiálu, řízení obchodních zakázek od jejich přijetí a ž po expedici, včetně plánování vlastní výroby a s tím spojené finanční a nákladové účetnictví i řízení lidských zdrojů. ERP ovlivňuje podnikové procesy, které v mnoha případech automatizuje. (Basl, 2008 str. 66)

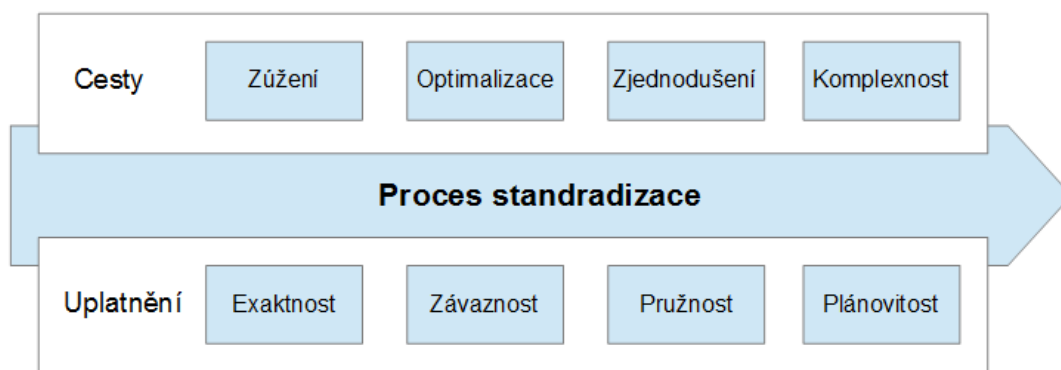
ERP pokrývají zejména dvě hlavní funkční oblasti (Basl, 2008 str. 66):

- Logistika – v kontextu ERP zahrnují celou podnikovou logistiku (nákup, skladování, výrobu, prodej a plánování zdrojů).
- Finance – finanční, nákladové a investiční účetnictví a podnikový controlling.

### **1.2 Standardizace**

Podle (Svobodová, 2004) je základním cílem standardizace snížení rozmanitosti možných řešení. Zvyšuje produktivitu, zlevňuje a zrychluje procesy přípravy výroby, vlastní výrobu a nákup. Krom přínosů pro výrobce má standardizace také

přínosy pro spotřebitele a to ve formě nižších pořizovacích i provozních nákladů. Samotné vytváření norem je výsledkem přesně definovaného procesu standardizace. Schéma tohoto procesu je následující.



Zdroj: Tomek, 2007, str. 72

**Obr. 10 Prvky procesu standardizace**

Aspekty standardizace (zúžení, optimalizace, zjednodušení a komplexnost) vycházejí podle (Tomek, 2007) z požadavků na chování firmy. Zúžení na jednu z všech možných variant je předpoklad exaktnosti, kdy se snažíme dozvědět se všechny možné informace ohledně zkoumaného procesu. Výběr optimální varianty, bez toho aniž by se používala, by byl zbytečný, a proto se závazně stává standardem. Zjednodušení zkoumaného procesu znamená výběr takové varianty, která je doprovázena minimem komplikací a vazeb s ostatními procesy, což dovoluje pružnost v celé organizaci. Bez komplexnosti, aneb bez zkoumání vazeb s ostatními procesy, může docházet k rozhodnutím, která, ačkoliv z pohledu jednoho aspektu dávají smysl, hodnocená s nadhledem ignorují ostatní činnosti organizace. Aby se takovým pochybením zabránilo, je nutné, aby se organizace chovala plánovitě a konsenzu vše zainteresovaných oddělení.

Princip zjednodušení zkoumaných procesů přináší další výhodu ve formě **modulárního systému** (stavebnicové řešení). Podle (Svobodová, 2004) je podstatou tohoto systému vytvoření celku z menších standardizovaných částí (modulů). Efektivnost, kterou takovýto postup přináší, je jasná hlavně při zavádění

nových výrobků, kdy i bez existence reálného systému, jsme schopni odhadnout, jaké takový systém bude mít parametry. Dalším kladem tohoto systému je zabezpečení různorodosti vytvořených standardů, které se od sebe mohou lišit jenom v tom, že v určité části, je možné přidán, odebrán či vyměněn určitý modul.

Dalším důvodem proč se standardizací zabývat je podle (Tomek, 2007) mimo jiné tvorba základu pro databázi základních informací. Tyto informace mohou obsahovat například normy spotřeby materiálu na určitý výrobek a tedy nutný zdroj pro kalkulaci nabídkovou a výslednou, pro plánování nákupu, pro limitování skladů atp.

Výsledkem standardizačního procesu je norma nebo také standard. Tyto normy pevně stanovují kvalitativní i kvantitativní výsledky činnosti. Stávají se nástrojem, který vyjadřuje jednotný časově závazný předpis vlastností, funkcí, míry množství výrobních činitelů, jejich vztahů, kombinací a způsobů fungování ve výrobním procesu (Tomek, 2000, str. 107)

Standardizace ovšem podle (Tomek, 2007) není jakoukoliv překážkou pro vývoj a výzkum. Je nástrojem usměrňování, sjednocování a vnitřního uspořádání procesů, což zjednodušuje jeho analyzování a vyhodnocování.

### **Normativní základna**

Normy jsou nezbytné pro operativní řízení výroby, stanovování výrobních kapacit a jsou základem pro kontrolu. Souhrn všech používaných norem se označuje jako normativní základna.

Norma je podle (Svobodová, 2004) jednotný, časově relativně stabilní, závazný předpis stanovující nejvhodnější řešení pro opakující se úlohy. Týkají se výrobních činitelů, technologických postupů, pracovních metod, časových a prostorových vlastností výroby apod. Z těchto dat vychází další činnost jako plánování, kalkulace, kontrola a jiné.

Podle obsahu se normy dělí na (Svobodová, 2004):

- **Předmětné** - určují požadavky na určitý objekt. Jedná se o například o normy materiálové, surovin, plodin nebo polotovarů.
- **Předpisové** – určují způsob a postup provedení technologických činností. Patří sem normy pracovních postupů, normy pro provedení zkoušek a jiné.

- Všeobecné – vymezují pojmy, určují jednotný postup i formu vyjádření.

Jelikož mezi činnostmi podniku existují vazby a jednotlivé oblasti standardizace jsou jenom relativně izolované, je potřebné přistupovat k standardizační činnosti komplexně. Oblasti komplexní standardizace jsou podle (Tomek, 2007, str. 76) následující:

- standardizace výrobního procesu,
- standardizace věcných vstupních prvků výrobního procesu,
- standardizace činností a způsobů přeměn ve výrobním procesu,
- standardizace vztahů ve spotřebě a využití výrobních činitelů,
- standardizace kombinací při operativním řízení výroby,
- standardizace výstupních prvků výrobního procesu.

Další popis norem použitých v praktické části práce se zaměřuje na standardizaci vztahů ve spotřebě a využití výrobních činitelů. Tato oblast standardizace stanovuje podle (Tomek, 2007) přípustný limit, normu spotřeby daného výrobního činitele. Jde konkrétně o (Tomek, 2007, str. 107):

- kapacitní normy,
- normy spotřeby času práce,
- normy spotřeby materiálu a energie,
- normy výše výrobních zásob,
- normy výše zásob nedokončené výroby,
- normy výše zásob hotových výrobků.

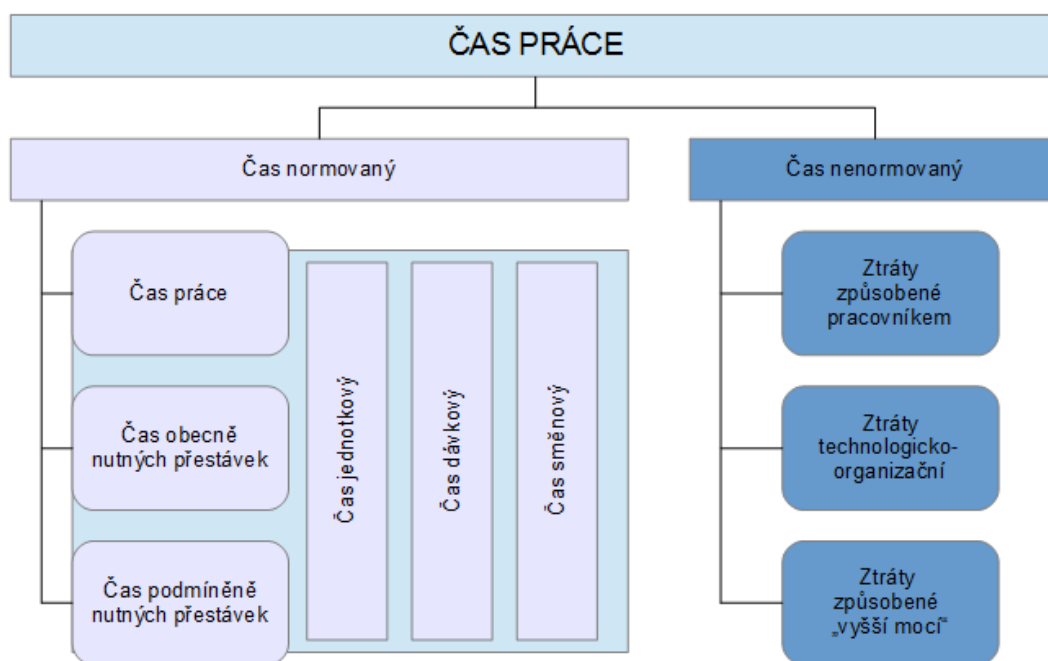
### **Normy spotřeby práce**

Normy spotřeby práce slouží pro (Svobodová, 2004):

- plánování výrobního procesu (rozdělení fondu pracovního času, sestavení harmonogramu práce, stanovení počtu pracovníků),
- zavedení úkolové mzdové formy,

- ekonomické potřeby.

Čas směny pracovníka se dá následujícím způsobem roztrždit.



Zdroj: Tomek, 2007, str. 114

**Obr. 11 Třídění pracovního času pracovníka**

Toto třídění zobrazuje, jaká část z všech činností pracovníka je zpracovatelná do norem.

Kvůli rozdílnosti pracovišť, různých charakterů výkonů a různým nárokům práce je v praxi dobré vybírat ze spektra normovacích metod. Mezi nejpoužívanější patří (Tomek, 2007):

- Metody rozborově výpočtové rozkládají operace na dílčí pracovní úkony, popř. pohyby, kterým, pomocí normativů, posléze přiřazují časy. Podstatou těchto metod je rozbití činností na omezený počet elementárních částí. Tyto části, které se nazývají také základní pohyby, se dají poskládat tak, aby vytvářely konkrétní úkony a operace. Mezi tyto metody patří také MTM, kterým se budeme věnovat ve vlastní kapitole.

- Metody rozborově průzkumné (chronometrážní) zjišťují spotřebu času pomocí snímkování (Svobodová, 2004). Na rozdíl od metod rozborově výpočtových se nepracuje s normativy času, není jimi omezeno a u operací mohou být přesnější. Předpokladem je ovšem správně upravený dostatečný počet měření vhodného procesu. V praxi se ovšem setkáme s přístupem, kdy jedno měření náhodného pracovníka se bere jako validní norma. Což má mnohá úskalí, protože se nezohlední faktory, které jsou brány v úvahu při tvoření normativů.
- Metody rozborově porovnávací přiřazují operacím podle podobných operací, které už mají přiřazený čas některou z předchozích metod. Předpokladem je tvarová technologická shoda.
- Metoda sumární přiřazuje časovou náročnost bez předchozího rozkladu elementární části.
- Metody statistické propočítávají průměrnou spotřebu času na pracovní operaci, za určité období.
- Metody odhadové vytváří odhad spotřeby času podle zkušeností. Ze stávající praxi si berou i ztráty a nedostatky, které se, doufejme, v nových procesech objevovat nebudou.

### 1.3 MTM

Základní procesy MTM byly vyvinuty ve 40. letech v USA jako systém předem stanovených časů a v roce 1948 byly zveřejněny v knize „Methods-Time-Measurement“. Autory jsou H. B. Maynard, J. L. Schwab a G. J. Stegenmerten. Jedná se o standardizační metodu rozborově výpočtovou. Základem řešení bylo stanovení požadavků na způsob požití MTM (MTM-1, 2009):

- Postupy musí být použitelné v každém hospodářském oboru.
- Postup musí být všeobecně srozumitelný a naučitelný bez speciálních předchozích znalostí.
- Postup musí být stanoven tak, doba realizace u dané metody vyplývá sama ze sebe.



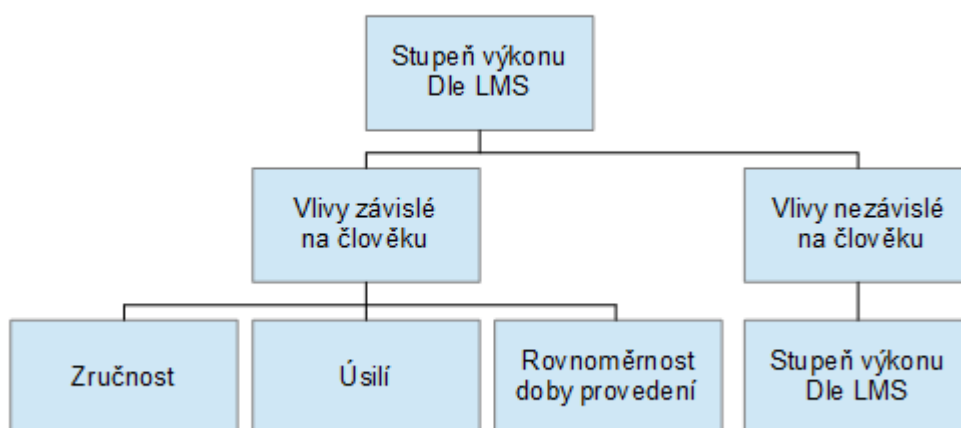
- Postupy musí být používány mezinárodně stejně.

MTM je určen k analyzování manuálních pracovních procesů. Utváří pracovní postupy prostřednictvím popisu, strukturalizace, plánování a syntézy/analýzy pomocí obsahově a časově definovaných procesních prvků (MTM-1, 2009). Pomocí MTM jsou postupy systematicky rozděleny, uspořádány a zviditelněny ovlivňující veličiny.

MTM jako **system předem stanovených časů** stanovuje časovou náročnost provádění takových prvků procesu, které jsou člověkem plně ovlivnitelné (MTM-1, 2009). Tím splňuje požadavek na to, aby doba realizace vyplývala sama ze sebe. To znamená, že, jelikož popis činnosti obsahuje všechny její části a jelikož těmto činnostem jsou přiřazeny časy potřebné k jejich realizaci, jsme schopni s jistotou činnosti přiřadit čas, který vyplývá ze samotného popisu.

Aby bylo možné definovat základní pohyby a stanovit jejich potřebu času, bylo nafilmováno velké množství průmyslových pracovních postupů. Spočítáním počtu filmových okének připadajících na pohyb se stanovily skutečné časy. Jelikož je metoda založena na pohybové studii, nelze její pomocí analyzovat myšlenkový proces pracovníka.

Důležitým problémem, který musel být zohledněn, je mezilidská rozdílnost. Tedy z pohledu metod přiřazujících čas hlavně v tom, jak dlouho komu jaká činnost trvá. Rozptyly v době provádění se vyrovnávají pomocí amerického postupu k posouzení stupně výkonnosti **LMS**. Toto určování úrovně obdrželo své jméno od počátečních písmen svých autorů (Lowry, Maynard, Stegemerten) a takto znormovaný výkon se definuje jako „výkon středně zručného, zaučeného pracovníka, který tento výkon může vykonávat dlouhodobě a bez nadměrné únavy“ (MTM-1, 2009, str. 18). Při posuzování stupně výkonnosti se, jak je vyobrazeno i na následujícím obrázku, vyhodnocují 4 znaky a to: zručnost, úsilí, rovnoměrnost doby provedení a stupeň výkonu dle LMS. První tři tyto znaky jsou závislé na člověku, který je vykonává.



Zdroj: MTM-1, 2009, str. 18

**Obr. 12 Stupeň výkonu dle LMS**

Nivelizace časové náročnosti nafilmovaných pracovních postupů byla provedená podle následujícího obrázku. Hodnocení stupně výkonnosti bylo provedeno skupinou zkušených praktiků (MTM-1, 2009).

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Čas zjištění filmovou analýzou nebo časovým snímkem} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Střední stupeň výkonu hodnocené skupiny (LMS)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{čas MTM} \\ \hline \end{array}$$

Zdroj: MTM-1, 2009, str. 18

**Obr. 13 Nivelizace časové náročnosti**

Postupné upravování a sdružování původních metod MTM do dalších analytických systémů umožnilo široké uplatnění nejen na všechny typy výrob, od velkosériových až po kusové, ale i na jiné oblasti podniku.

**MTM-1**

Je určeno pro velkosériovou výrobu, kde dochází k permanentnímu opakování ve velmi krátkých cyklech (okolo 1 minuty) s malou různorodostí práce. V analýzách se zohledňuje činnost obou rukou a jsou měřeny všechny vzdálenosti základních

pohybů. Tento systém, jelikož ještě není jakýmkoliv způsobem sdružen, je ze všech časově nejnáročnější. Na druhou stranu je také nejpřesnější, pokud je detailně definovaný pracovní postup. To ovšem také vyžaduje, aby s ním byli pracovníci dobře obeznámeni.

### **MTM-UAS**

Univerzální analyzační systém je určen podle (MTM-1, 2009) pro zakázkově orientovanou opakující se sériovou výrobu s cykly, které by měly být znatelně delší než u velko-sériové výroby. I přes druhovou různorodost a mnohotvárnost výrobků by měly činnosti obsahovat podobné pracovní obsahy. Stanovené postupy by měly obsahovat rámcové podmínky jejich vykonání. Pracovníci by měli být schopni bez speciálního zaškolení pro jednotlivé činnosti je vykonat. UAS sdružuje základní pohyby do základních procesů

### **MTM-MEK**

Je určen pro zakázkovou, malo-sériovou nebo kusovou výrobu bez nebo s malým opakováním, která vyrábí různorodé a mnohotvárné výrobky. Výrobní postupy se stále mění a tudíž je nízká míra rutinosity a tudíž je omezená možnost detailního zaškolení. Důsledkem je značný rozptyl ve způsobu práce, což se projevilo v procesu novelizace.

### **MTM-EAWS**

Se zabývá tělesným zatížením, které se mohou vyskytnout při plánování výroby. Využití metod EAWS je podle (Štoček, 2013) důležité i jako opatření proti opomenutí role pracovníka v procesu při projektování montážních linek. Sledují také dodržení bezpečnosti práce, analyzují rizika pro posouzení tělesných zatížení a hodnotí organizační opatření uspořádání z hlediska tělesného zatížení. K dispozici je také softwarové prostředí pro vypracování analýz.

### **MTM - Logistik**

Expanzí MTM i mimo výrobní proces je MTM – Logistik, neboli také standardní procesy logistiky, přispívají k organizaci, tvorbě a analýze logistických procesů. Napříč podnikovými oblastmi jsou prováděny srovnatelné postupy se zanedbatelným charakterem opakování. Takové typické postupy, které mohou být

rozdílné v komplexnosti, jsou považovány za standartní procesy v oboru logistiky. Tyto procesy, které jsou sestaveny a sdruženy do procesních prvků jsou rozděleny do dvou skupin (MTM-1, 2009):

- Doprava – činnosti s různými dopravními prostředky (paletizační vozíky, elektronické tahače, ruční zdvižné vidlicové vozíky, dopravní vozíky).
- Manipulace – činnosti s obalovými materiály.

#### **1.4 Simulace a modelování**

Modelování je podle (Janíček, 2007) soubor činností subjektu, spjatých s tvorbou a realizací modelu, s cílem vyřešit konkrétní problém na konkrétním objektu. Úspěšné vytvoření modelu požaduje od člověka, který model vytváří určitý způsob přemýšlení o reálném světě.

##### **Systémový přístup**

Systémový přístup označuje (Lambert, 2000) za paradigma pro pochopení vzájemných vztahů. Systémový přístup spočívá v tom, že všechny funkce a činnosti mají být chápány ve vztahu k ostatním činnostem, se kterými v daném systému přicházejí do styku. Jak jsou jimi ovlivňovány a jak je ovlivňují. Tato definice vychází z názoru, že izolovaný pohled na určitou činnost není dostačující pro vytvoření si kompletního obrazu o tom, jak tato činnost ovlivní další činnosti (nebo jak je jimi ovlivňována). Podle Pernica (2005) je systémový přístup směr myšlení, který se dá charakterizovat jako komplexní chápání jevů ve vnitřních a vnějších souvislostech. Představuje směr myšlení, který si zakládá na celostním vidění (princip jednoty světa) a na principu neustálého pohybu a přeměn. Jeho aplikací se dají řešit komplexní problémy na rozlehlých objektech. Podle (Lambert, 2000) spočívá aplikace systémového přístupu v uvědomění si, že ne vždy je vylepšení jedné činnosti přínosné pro celý systém. Pokud se například zlepší kapacita jedné části výrobního systému, může to pro celek znamenat ztráty ve formě nadvýroby nebo přebytečných zásob.

Systémové myšlení souvisí také s pojmy holismus a redukcionismus (Pelánek, 2011). Redukcionismus znamená porozumění celku na základě detailního

porozumění jednotlivých částí systému. Rozdělení systému do malých částí dovoluje zkoumat souvislosti a návaznosti mezi činnostmi, které ho tvoří. Holismus je naopak založen na názoru, že celek je víc než součet jeho částí. Rozdíl je právě ve vztahu mezi částmi celku.

Řešení problému systémovým přístupem spočívá v posloupnosti kroků, jimiž jsou: (Pernica, 2005, s. 56):

- Identifikace problému na daném objektu nebo vymezení objektu a stanovení cíle řešení,
- identifikace systému v objektu nebo zavedení systému na objektu,
- reprezentace systému modelem (modely), kvantifikace modelu (modelů),
- algoritmizace a provedení modelových výpočtů nebo simulací, modelových experimentů (experimentů s modely, experimentů na modelech),
- interpretace,
- implementace.

Klíčovým krokem celého postupu je modelování, a to zejména v podobě tvorby systému modelů, kdy jednotlivé modely (zkonstruované podle různých hledisek, pro různé systémy, podsystemy apod.) jsou navzájem propojeny prostřednictvím svých vstupů a výstupů, přičemž vazby mezi modely mohou být pružně zprostředkovány a modely syntetizovány subjektem řešitele (Pernica, 2005, s. 56 - 57).

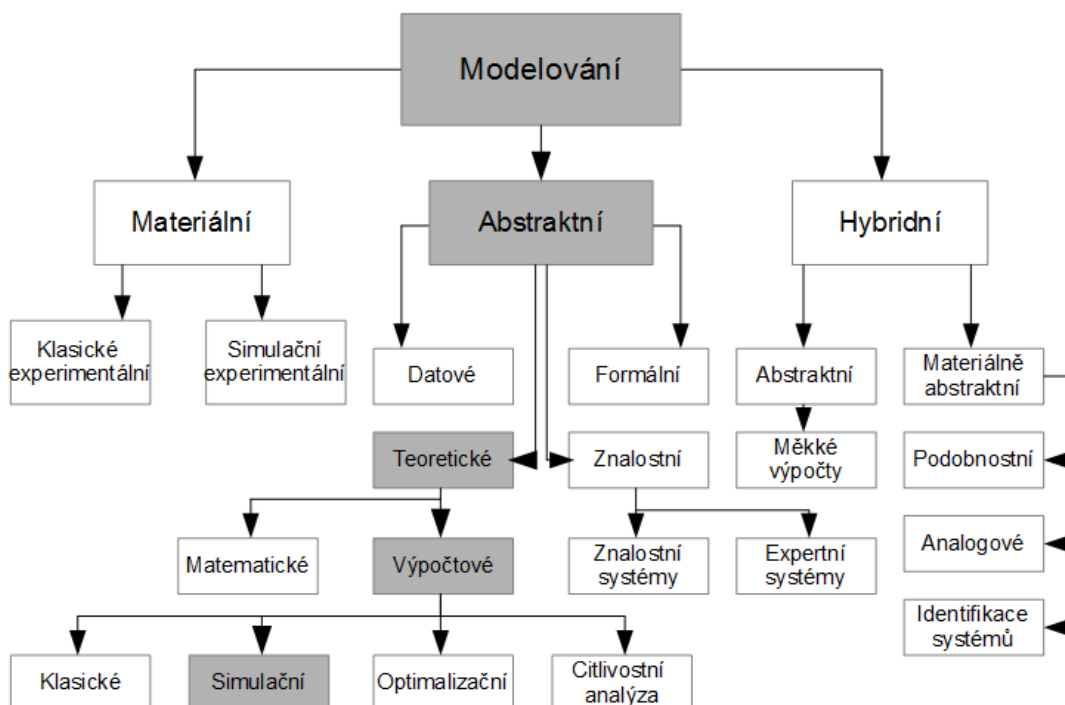
Modelovaný systém se skládá z procesů a podle (Řepa, 2007) je proces modelován jako struktura vzájemně navazujících činností, přičemž platí princip sémantické relativity, podle něhož může být obecně každá činnost samostatně popsána jako proces.

## **Model**

Modely na jednu stranu pomáhají chápat realitu díky své názornosti. Tato názornost je ovšem vykoupena nutností abstrakce skutečnosti. Což vytváří veliký tlak na osobu tvořící model, aby dokázala rozlišit, jaká data jsou relativně méně důležitá. Podle Pelánek (2011) je proto důležité modelovat problém a ne systém.

Takovýto model má jasný cíl a nesnaží se o všeobecný popis reality, který není vyčerpávající a tudíž docela správný. Zaměření se na problémovou situaci a její zpracování dovoluje lepší zaměření na příčiny a následky, které se v daném systému vyskytují. Dále Pelánek (2011) uvádí, že je důležité zachovat model co nejjednodušší, i když moderní technologie umožňuje složitost modelů.

Obr. 14 struktury typů modelování ukazuje, kolik různých druhů modelů existuje. Pro tuto práci je důležité modelování výpočtově-simulační, které se dále dělí podle hodnot stavů na diskrétní, hybridní a spojitě (Dlouhý, 2007).



Zdroj: Janíček, 2007, str. 205

**Obr. 14 Struktura typů modelování**

Podle (Banks, 1998) je simulační model reprezentací skutečného systému. Simulační model by měl být tak detailní, aby byl schopen zodpovědět vznesené otázky, ne však moc komplexní. V modelu stejně tak jako v systému nastávají změny stavů a to na základě událostí.

Takovou událostí může být příchod zákazníka nebo vykonání služby, kterou požaduje. Což jsou zároveň externí a interní události nebo také exogenní a endogenní události. Ukázkou endogenní události může být zahájení vykonávání služby pro zákazníka, jelikož je to událost jenom uvnitř systému. Exogenní událost je jenom příchod zákazníka/zakázky. Diskrétní modely nebo také diskrétní simulační modely se zabývají komponentami systému a interakcemi mezi nimi. Diskrétní modely jsou dynamické a tok času hraje kritickou roli.

Simulační model se skládá ze stavových proměnných systému, entit a jejich vlastností, zdrojů, činností a ze zpoždění.

### **Stavové proměnné systému**

Stavové proměnné systému jsou sbírkou všech informací potřebných k definici toho, co se odehrává v systému do dostatečné míry, aby byl například dosažen požadovaný výsledek, v určitém okamžiku v čase.

Určení potřebných proměnných je předmětem zkoumání, jelikož i na stejném fyzickém systému nemusí zůstat stejné pokud se změní cíle. V diskretních simulačních modelech jsou stavové proměnné konstantní a mění hodnotu jenom v předem definovaných okamžicích.

### **Entity a Vlastnosti**

Entity mohou být dynamické v tom smyslu, že se pohybují systémem nebo mohou být statické. Statické entity slouží dynamickým entitám. Entity mohou mít vlastnosti, které přísluší jenom určité entitě jako například barva produktu. Při modelování musíme dbát i na výběr relevantních vlastností entit. Pokud nás například zajímá časová náročnost výroby produktů, nemusí mít jejich barva vliv na čas, za který je jednotka produkce vyrobena.

### **Zdroje**

Zdroj je entita poskytující službu dynamickým entitám. Může být rozdělen pro poskytnutí služby více entitám nebo může být zařazen do řady, kde čeká na příkaz. Tyto fronty mohou v realitě být složky, řetězce, zásobníky a čekací řady.

### **Činnosti a zpoždění**

Činnost je časový úsek, který je známý před jejím zahájením. Jdou tedy naplánovat. Délka jejího trvání může být konstantní, odvozena od náhodné hodnoty statistického rozdělení, výsledkem rovnice, určena vstupem nebo odvozená od stavových proměnných.

Zpoždění je neurčitý časový úsek způsobený kombinací podmínek v systému. Když entita čeká na zdroj, může na něj čekat předem neurčitou dobu, která je závislá na událostech, které mohou nastat.

Při popisu podnikových procesů, aby se daly dále zpracovat do modelu, musíme určit základní objekty, které s procesem souvisejí (Basl, 2008, str. 113):

- Cíle – kterých má být pomocí procesu dosaženo. Cílem může být i spokojenost zákazníka či kvalitní produkce.
- Vstupy – objekty, které jsou procesem spotřebovávány ne transformovány. Jsou jimi všechny druhy surovin, lidská práce nebo informace.
- Výstupy – výsledky nebo produkty procesu.
- Podpůrné objekty – suroviny či informace, které jsou procesem užívány, ale nejsou spotřebovány ani přetvářeny.
- Řídící objekty – objekty, které řídí běh procesu.

## **Počítačová simulace**

Simulace je podle (Bangsow, 2010) reprodukcí reálného systému, který obsahuje dynamické procesy v modelu. Cílem provádění simulace je dosažení přenositelných poznatků na reálný systém. V širším smyslu slova simulace znamená přípravování, implementaci a ohodnocení určitých experimentů simulačním modelem. Podle (Křivý, 2001) je simulace výzkumná technika, která se vyznačuje nahrazením zkoumaného dynamického systému jeho simulátorem s tím, že na simulátoru jsou následně prováděny experimenty s cílem získat informace o původním zkoumaném systému.

Počítačová simulace je podle (Dlouhý, 2007) moderním nástrojem pro analýzu složitých výrobních, zásobovacích, komunikačních a jiných podnikových procesů. Její hlavní přínos spočívá v umožnění manažerům předvídat chování systému při změně podmínek, které ho ovlivňují, ať jsou to podmínky vnitřní nebo vnější,



optimalizaci podnikových procesů dle zadaných kritérií, kterými mohou být zisk, náklady nebo spolehlivost a možnosti porovnání navrhovaných alternativ organizace studovaného procesu. Jelikož komplikované podnikové systémy, které mají pravděpodobnostní a dynamické chování jsou rozšířené ve všech firmách, není divu, že je počítačová simulace nejpoužívanější metodou analýzy a optimalizace podnikových procesů vůbec (Dlouhý, 2007, s. 5).

Technologie počítačové simulace je důležitým nástrojem pro dosažení mnoha soudobých ekonomických trendů jako například (Bangsow, 2010):

- Zvyšující se komplexita a rozmanitost produktů,
- zvyšující se nároky na kvalitu,
- zvyšující se nároky na flexibilitu,
- zkracující se životní cyklus produktu,
- zmenšování skladovacích prostor,
- vysoký konkurenční tlak.

### **Fáze simulačního projektu**

Obrázek průběhu simulačního projektu ukazuje jednotlivé kroky, které jsou podle (Banks, 1998) potřebné pro jeho řádný průběh.

#### 1) Formulace problému

Každý projekt by měl začínat formulací problému. Pokud je problém určený zadavatelem, musí se analytik ujistit, že rozumí, v čem spočívá. Pokud stanovuje cíl analytik, je nutné, aby s ním zadavatel byl obeznámen a souhlasil s ním.

#### 2) Stanovení cílů a celkového plánu projektu

V tomto kroku by měly být stanoveny otázky, na které chceme, pomocí simulace, naleznout odpovědi. Plán projektu by měl zahrnovat různé možnosti jeho, které budou zkoumány, potřebný čas a personál a další požadavky analytiků

#### 3) Vytvoření konceptuálního modelu

Zpracování reálného systému do vztahů mezi jeho komponentami a udání struktury modelu. Je doporučeno začít od úplných základů a postupně do modelu přidávat další procesy dokud není dosaženo požadované komplexnosti, která

zaručí zodpovězení položených otázek. Budování moc komplexního modelu nebo modelu, který zodpoví otázky, které nebyly položeny, přidává na nákladech projektu bez odpovídajícího přínosu.

#### 4) Sběr dat

Těsně po dokončení stanovování cílů by měl být analytik schopen určit, jaká data bude potřebovat. V ideálním případě taková data existují, jsou v elektronické podobě a dojde k bezproblémovému předání od zadavatele v elektronické podobě. Pokud taková data neexistují, musí se zjistit, což obvykle bývá nejdelší částí simulačního projektu.

#### 5) Tvorba simulačního modelu

Konceptuální model vytvořený v kroku 3 je zpracován do formy, kterou rozpozná použitý simulační software.

#### 6) Verifikace

Verifikace je ověření, zda vytvořený simulační model funguje správně. Měla by to být činnost, která probíhá průběžně, jelikož při kontrole naráz, která prokáže chybu modelu, je její hledání daleko obtížnější, než když můžeme izolovat oblast, v které se vyskytuje.

#### 7) Validace

Validace je ověření správnosti konceptuálního modelu se skutečností, a jestli stačí pro zodpovězení kladených otázek. Nejlepším způsobem jakým validujeme model je porovnáním jeho výstupu s výstupy systému reálného.

#### 8) Navržení experimentů

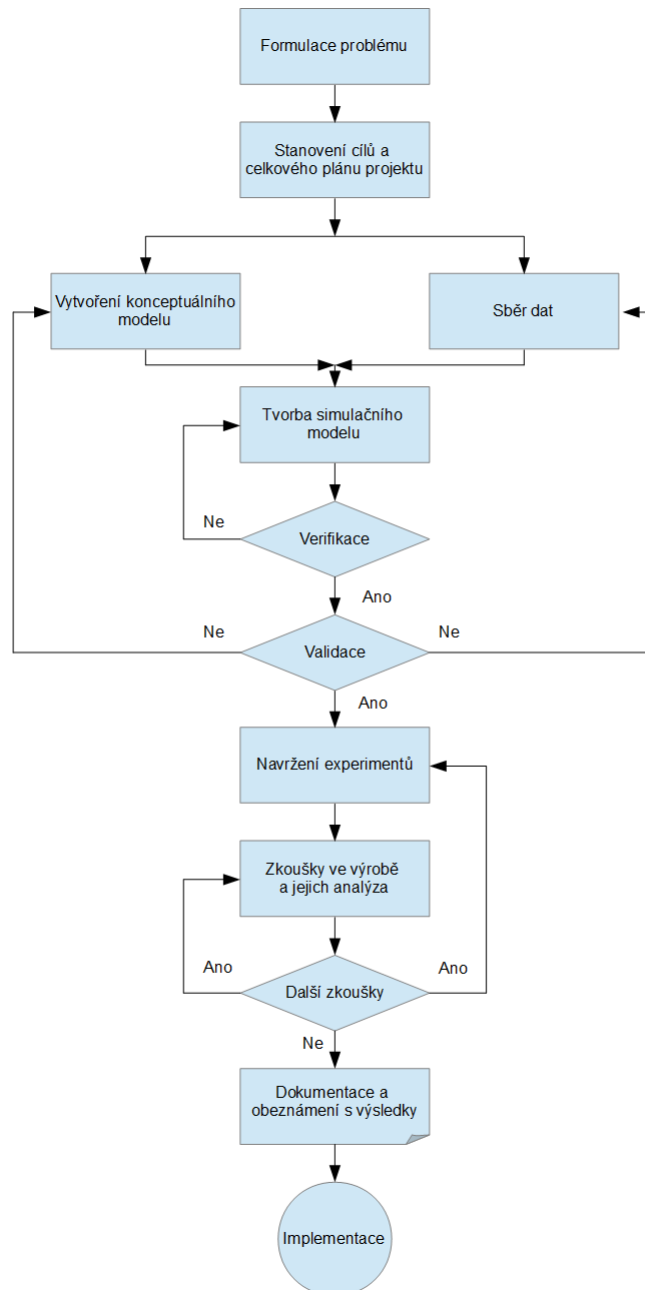
Pro každou navrhnutou možnost (krok 2) je potřeba stanovit délku simulačního běhu, počtu běhů a způsobu jejich inicializací.

#### 9) Zkoušky ve výrobě a jejich analýza

Zkoušky ve výrobě a jejich následná analýza slouží k určení míry výkonosti zkoumaných scénérií.

#### 10) Potřeba dalších zkoušek

Na základě analýz zkoušek z provozu se dochází k závěru, jestli je potřeba dalších simulačních běhů.



Zdroj: Banks, 1998, str. 16

**Obr. 15 Fáze simulačního projektu**

### 11) Dokumentace a obeznámení s výsledky

Dokumentace je důležitá hned z několika důvodů. Pokud je předvídatelné, že bude model znovu použit stejným či jiným analytikem, je důležité mít záznam o tom, jak modelu funguje. Případné úpravy modelu jsou také značně ulehčeny, pokud existují adekvátní záznamy. Výsledky projektu by měly být prezentovány

jasně a stručně. To ulehčí zadavateli orientaci ve výsledcích a možných alternativách při různých kritériích, která byla při modelování zadána.

## 12) Implementace

V této fázi už analytik působí jenom v informační funkci. Obeznamuje zadavatele, jestli zavádí navržené změny správně a jaké budou mít přínos podle výsledků simulace, které byly prezentovány v bodu 11.

## **Softwarový produkt Plant Simulation**

Bangsow (2010) mluví v úvodu své knihy o stále se zvyšujícím tlaku na efektivnost výrobních procesů v důsledku vysoce konkurenčního prostředí v mnoha odvětvích. O stejnou myšlenku se také opírá společnost Tecnomatix (Siemens PLM software, 2013), když popisuje právě tento svůj produkt na webových stránkách. Shodují se také na tom, že potřeba plánovat a budovat nové výrobní linky a řídit celosvětové sítě vyžaduje, aby byla managementu poskytována objektivní kritéria pro rozhodování pomáhající zhodnotit různé alternativní přístupy. Zejména k tomuto účelu může být využit právě softwarový produkt Plant Simulation.

Na svých webových stránkách společnost Tecnomatix (Siemens PLM software, 2015) uvádí, že její produkt Plant Simulation je nástrojem, který pomáhá při vytváření modelů a simulaci diskrétních událostí, které probíhají na logistických systémech (např. výroby). Díky jemu lze prozkoumávat charakteristiky reálného systému a optimalizovat jeho výkon a to bez narušení jeho chodu. Digitální modely dále dovolují provádění experimentů a „co by – kdyby“ scénářů, pokud se použijí při plánování, dlouho předtím, než je reálný systém vůbec instalován. Extenzivní analytické nástroje jako například analýza úzkého místa, statistiky a grafy umožňují ohodnocení různých výrobních plánů. Výsledky poskytují potřebné informace pro rychlé, spolehlivé a chytřejší rozhodnutí ve všech fázích plánování produkce.

Pomocí softwarového produkt Plant Simulation lze optimalizovat tok materiálu, využití výrobních zdrojů a logistiku na všech úrovních plánování závodu od malých až po celosvětové produkční giganty.

Tecnomatix dále na svých stránkách uvádí klíčové schopnosti a výhody použití svého produktu (Siemens PLM Software, 2015):

Uvedené schopnosti:

- Objektově orientované modely s hierarchickou strukturou a dědičností,
- otevřená architektura s podporou spojení s různými platformami,
- management knihoven a objektů,
- použití genetických algoritmů při optimalizaci,
- sledování toku hodnot při simulaci,
- podavač zpráv založený na HTML.

Uvedené výhody:

- zvýšená produktivita současného systému až o 20 procent,
- snížení nových systémových nákladů až o 20 procent,
- optimalizace spotřeby výrobních zdrojů a jejich další použití,
- redukce skladových zásob až o 60 procent,
- až 6-ti procentní úspory z původní investice.

## **2 Analýza současného stavu**

Jak bylo uvedeno v teoretické části, postup simulačního projektu by se měl řídit podle předem dané osnovy. V této části práce bude uveden postup až po vytvoření konceptuálního modelu a sběr dat. Sběr dat na dané oblasti bude realizován pomocí metod MTM.

### **1) Formulace problému**

V kapitole modelování bylo uvedeno, že pro úspěšné vytvoření modelu, který poskytuje žádoucí výsledky, je nutné nejdříve přesně formulovat problém. Právě tento problém je následně modelová a ne celý systém. Z toho důvodu, že modelovat veškeré vztahy by bylo zbytečné, pokud nás zajímá jenom určitá odpověď. Nehledě na časovou a výpočetní náročnost modelování příliš komplexního modelu.

### **Hala U33**

Hala U33 je součástí CKD centra, které bylo otevřeno v roce 2006. Další haly, které také spadají do tohoto centra, jsou D8, kde se mimo jiné provádí SKD a hala D10 kde se balí díly CKD.

Z CKD centra se vyváží díly v rozdílném stavu rozkladu do všech zemí, v kterých jsou závody Škoda a to do Ruska, Číny a Indie.

Podle (SEGLO LOGISTICS, 2015) jsou stavy rozloženosti definovány následujícím způsobem.

### **CKD (Completely Knocked Down)**

Jedná se o stupeň absolutní rozloženosti, kdy jsou transformovány jednotlivé komponenty, které nebyly jakýmkoliv způsobem kompletovány. V takovémto stavu mohou být díly více náchylné k poškození a to nejenom mechanického druhu.

### **MKD (Medium Knocked Down)**

Jedná se o stav rozloženosti, v kterém je karoserie svařena dohromady z jednotlivých částí, ale mohou jí buď chybět části (dveře, výplně oken) nebo nemusí mít ještě finální povrchovou úpravu.

### **SKD (Semi-Knocked Down)**

Proces SKD se provádí kvůli mnohdy složitému daňovému systému v cílové zemi, kdy za hotové auto by se platila vyšší daňová sazba, ale za jeho komponenty nižší. Hotové auto je přivezeno na halu a zde je rozloženo a jsou z něho odstraněny všechny provozní tekutiny.

Na hale U33 se nachází MKD Indie linka, na které probíhá balení karoserií a dílů potřebných k finální montáži krom pohonných agregátů. V důsledku zmenšení poptávky cílové země, generační obměně Octavia II na Octavia III a dále také zavedení balení karoserií Superb dochází na této lince k vysoké nevytíženosti pracovníků, kteří na ní pracují.

Další problém, kterým se má zabývat projekt, je nedostatečná možnost kontrolovat vytíženost na lince a velký rozdíl mezi výkonem jednotlivých směn.

## **2) Stanovené cíle**

První cíl, který byl stanoven, je určení vytíženosti pracovníků na MKD lince Indie a na ostatních pracovištích, která se přímo podílejí na výstupu její činnosti, v hale U33.

Pro tento cíl je vhodné použít počítačovou simulaci z důvodu komplexnosti vazeb mezi jednotlivými procesy. Pod tento cíl také spadá zkoumání, jak ovlivňuje vytíženost pracovníků složení mixu karoserií, které jsou MKD linkou zpracovány.

Pro analýzu jsou určeny následující mixy:

- Největší možné zastoupení karoserií B6 v mixu a to 1 k 1 z důvodu limitací nakládání kontejneru,
- zastoupení 2 ku 1 karoserií A7 ku B6,
- poslední variantou je stoprocentní zastoupení karoserií A7.

Druhým cílem, kterého by mělo být v rámci projektu dosaženo, je vytvoření norem činností na jednotlivých pracovištích. Tyto normy dále poslouží i k lepšímu dosažení cíle prvního aneb při určování pracovní vytíženosti pracovníků.

K dosažení tohoto cíle bylo použito metod MTM. Pro činnosti pracovníka na vysokozdvizném vozíku metod MTM – Logistik, které mimo jiné obsahují i kódy, které přiřazují časovou náročnost činností právě takovýchto pracovníků a to nejen

podle ujeté vzdálenosti, ale také například podle počtu projetych zatáček či nakládání.

Činnosti ostatních pracovníků jsou analyzovány použitím metod MTM - UAS, které jsou vhodné pro použití ve výrobních procesech, které mají malou variabilitu. Předpokladem tedy je, že existuje nějaký ideální postup práce, který bude analýzou zachycen a dále závazně dodržován. Jelikož jednou z charakteristik metod MTM je, že tvoří návodku analyzované činnosti, není pochyb o použití právě této metody.

### **3) Vytvoření konceptuálního modelu**

Pro vytvoření si základní představy o modelovaném systému je důležité vytvoření konceptuálního modelu. Jak bylo řečeno v teoretické části práce, konceptuální model se skládá z definování klíčových aspektů reálného systému.

#### **Modelovaný systém**

Systém, který bude modelován, je soustavou činností na jednotlivých oblastech, které se podílejí na expedici karoserií A7 (Octavia II) a B6 (Superb II) pomocí kontejnerů do Indie k další montáži. Hlavní oblasti jsou následující: Balení MKD Indie zahrnující gumový pás, pracoviště systémového pracovníka, pracoviště příbalových dílů, převěšení a rack.

#### **Gumový pás**

Na pracovišti gumového pásu dochází ke vkládání nezabalených a zabalených dílů do karoserie. Od typu karoserie je odvislý i počet a způsob vkládaných dílů a bezpečnostních prvků proti poškození karoserie.

Činnosti na gumovém pásu jsou rozděleny do čtyř taktů. Mezi prostory jednotlivých taktů se karoserie pohybují po pásu. Posun pásu je spuštěn současným stlačením tlačítek, která jsou z bezpečnostních důvodů umístěna mimo prostor pásu. Pás je posunut v okamžiku, kdy jsou všechny předepsané činnosti dokončeny na všech taktech a když se v oblasti nevyskytuje žádný jiný pracovník. Oblast gumového pásu je graficky rozdělena do taktů kvůli zaručení bezpečné vzdálenosti mezi karoseriemi. Pokud se tato vzdálenost nedodrží, hrozí poškození, pokud se otevřou najednou dveře dvou sousedících karoserií. Pro celou oblast gumového pásu je jeden společný pracovní stůl, u kterého si



pracovníci připravují obalový materiál, který je vstupem pro činnosti na gumovém pásu.

Práce na **prvním taktu** vyžaduje jednoho pracovníka a začíná dovezením zabalené karoserie na SUZ paletě z venkovního prostoru, kde jsou karoserie skladovány. Skladování karoserií mimo prostory haly se prokázvalo i během trvání projektu jako škodlivé pro stabilitu výsledné délky průchodu karoserie systémem. Jakékoliv nepříznivé počasí způsobilo nutnost karoserii čistit, což zpožďuje celý průběh balení karoserií a to nejen na samotném gumovém pásu, ale i na pracovištích, která se do balení dále zapojují. Když byla tato připomínka vznesena, bylo slíbeno, že se prostor skladování přesune do prostorů uvnitř haly, tudíž nemá být tato skutečnost zohledněna v simulačním modelu.

Činnosti na tomto pracovišti dále zahrnují odstranění ochranné fólie, manipulaci se SUZ paletou, sejmutí původních ochranných prvků, kontrolu povrchu, nalepení ochranných prvků do rámců dveří, nasazení ochranných krytů, které slouží jako ochrana od poškození na gumovém pásu a jsou sejmuty před převěšením. Jediný díl, který se zde vkládá, je víčko nádrže. Víčka nádrží jsou dovážena na pracoviště nepravidelně ve velkém počtu podle odvolávek systémového pracovníka.

Činnosti na **druhém taktu** vyžadují jednoho pracovníka a obsahují činnosti, které jsou závislé na pracovišti vázaných dílů. Vkládají se zde tlumení a nádržky ostřikovačů což jsou díly, které jsou na pracoviště dovezeny v GLT a jsou zde v nich i skladovány. Dále se zde vkládají do karoserie díly zabalené do příslušných kartonových krabic, které jsou předbalovány právě na pracovišti příbalů. Na druhém taktu je také připraven prostor kapoty a jsou otevřeny a zajištěny páte dveře.

**Třetí takt** vyžaduje součinnost dvou pracovníků, jelikož zahrnuje činnosti s nadrozměrnými díly, jejichž vkládání by bylo pro jednoho člověka příliš náročné a karoserii by hrozilo nebezpečí poškození. Patří sem příprava dřevěného roštu a jeho vložení pátými dveřmi do prostoru karoserie. Na tento rošt jsou následně vsunuty krabice se sedačkami a kokpitem.

Tyto díly dorazí z pracoviště příbalových dílů, které, ačkoliv jeho výstup přímo navazuje na činnost MKD linky, není zpracováno do modelu a to kvůli způsobu přidělování práce tomuto pracovníkovi. Pracovník sice vykonává úlohy potřebné

pro fungování MKD linky, jeho vytížení ovšem bylo dlouhodobě tak malé, až mu byly přiřazeny úlohy, které jsou vztažené i k jiným pracovištím.

Do činnosti třetího taktu ovšem patří i činnosti, které nevyžadují spolupráci obou pracovníků, jako například vkládání palivové nádrže nebo kompletu předmontáže do prostoru kapoty nebo kompletu předmontáže a to podle racku, na který se karoserie bude převěšovat. Dále zajištění kapoty a dveří po vložení dílů. Díky existenci činností na třetím taktu, které může vykonávat pouze jeden pracovník, se minimalizuje délka čekání jednoho pracovníka na druhého před zahájení činnosti na třetím taktu.

**Čtvrtý takt** obsahuje činnosti, které se hlavně soustředí na přípravu karoserie na převěšení. Jsou zajištěny páté dveře, odstraněny kryty karoserie, která je následně pro ochranu obalena na všech sloupcích ochrannou fólií.

Po vykonání všech těchto činností a posunutím pásu se karoserie dostává do oblasti převěšení.

### **Oblast příbalových dílů**

Pracoviště příbalových dílů má vstupy ve formě odvolaných dílů, které jsou u něj skladovány. Tyto díly jsou zde přebaleny do předepsaného obalového materiálu a to podle postupu uvedeného v návodce do KLT. Pracovník takto přebalené díly vkládá do zásobníku, z kterého si je odebírají pracovníci na gumovém pásu. Díly, které jsou zde přebaleny, jsou vkládány až na druhém taktu gumového pásu. Pracovník tak vždy ví, jaké díly jsou potřebné, podle toho, jaká karoserie je dovezena na první takt. Další vstupem do oblasti jsou obalové materiály.

### **Oblast přípravy racku**

Vstupy oblasti převěšení třech druhů. Zaprvé je to samotný rack, který je dovezen venkovním VZV do prostoru dveří odkud jej vnitřní pracovník na VZV doveze do prostoru přípravy racku. Na halu U33 jsou racky dováženy od externí firmy s dostatečným předstihem a to díky jejich univerzálnosti, dostatku pozic pro jejich přípravu a předvídatelnosti mixu. Poměr racků A7/B6 je známý z týdenního plánu podle dnů a poměr racků šikmý/rovný je 1 ku 1 a to kvůli způsobu ukládání do kontejneru. Zadruhé jsou zdrojem pro oblasti díly fixované na rack. Tyto díly se dodávají do skladu u oblasti podle JIT konceptu a díky malé spotřebě a velikosti

minimální dodávky (plná paleta) nepočítá model s nedostatkem dílů. Třetím vstupem jsou obalové materiály.

Samotná oblast je rozdělena na tři pozice, na kterých mohou stát racky pro karoserie, které jsou aktuálně na gumovém pásu. V oblasti jsou tři pracovníci, kteří postupně fixují díly na dřevěný rack.

### **Oblast převěšení**

V oblasti převěšení je karoserie převěšena pomocí jeřábu na připravený dřevěný rack. Tato oblast jakožto poslední oblast před naložením karoserie do kontejneru vyžaduje vysokou úroveň koordinace a po dlouhou část její činnosti jí musí vypomáhat pracovník na vysokozdvížném vozíku.

Oblast má tyto vstupy: karoserie (z oblasti gumového pásu), dřevěný rack (přivezený z oblasti přípravy racku vysokozdvížným vozíkem) a disky kol, které jsou zde přebalovány do krabic a fixovány na dřevěný rack po nebo před převěšením karoserie v závislosti na typu racku.

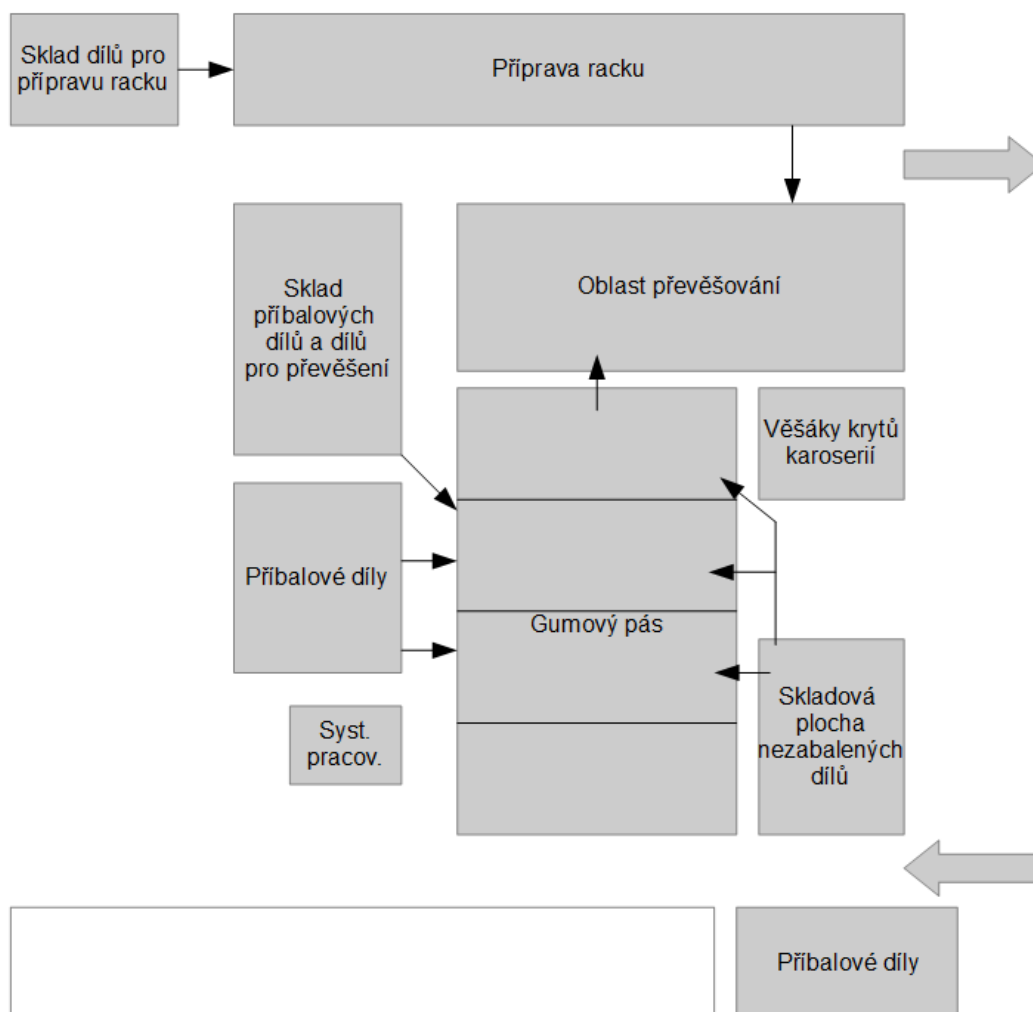
Z bezpečnostních důvodů musí být na tomto pracovišti vždy přítomni dva pracovníci a to kvůli operacím s jeřábem, takže i když ze simulačního modelu vyjde, že by bylo zapotřebí jenom jednoho, nejde druhý redukovat.

Postup převěšení karoserie ze SUZ palety na dřevěný rack je následující. Délka posunutí pásu je určena čidly v oblasti převěšení, aby se převěšovaná karoserie nacházela přesně na místě převěšování. Karoserie je následně zdvihnutá jeřábem. Vysokozdvížný vozík odstraní prázdnou SUZ paletu a vloží pod karoserii stolic, která dovolí bezpečný pohyb pod karoserií. Pracovníci převěšování na karoserii namontují tyče, pomocí kterých je karoserie fixována na dřevěném racku a podle typu racku na který je převěšována také palivové nádrže. Poté je karoserie zvednuta ze stolice a přesunuta na připravený dřevěný rack. Na racku je zafixována a posléze je naložena do kontejneru.

### **Vysokozdvížný vozík**

Celá činnosti linky MKD je obstarávána jedním pracovníkem na VZV. Ten má na starosti dovezení karoserie na SUZ paletě na první takt gumového pásu z prostoru vrat 3, do kterých je dopraví vnější pracovník na VZV, odstranění SUZ palety a její odvezení do prostoru vrat 3, přistavení a odstavení stolice pro převěšení

karoserie, dovezení dřevěného racku na pracoviště přípravy racku a samotné naložení převěšených karoserií do kontejnerů.



**Obr. 16 Grafické znázornění konceptuálního modelu**

### **Systémový pracovník**

Jednou z limitací metod MTM je to, že se nedají popsat činnosti, které se týkají přemýšlení nad úlohou, jelikož není realizován žádný fyzický pohyb, kterému by byl přiřazen čas. Z tohoto důvodu se nedají zanalyzovat všechny činnosti systémového pracovníka. V simulačním modelu je s ním tedy zacházeno, jako by byl stále vytížen.

### **Doplňování obalového materiálu**

Doplňování veškerého obalového materiálu spotřebovaného na jakékoliv oblasti na hale U33 je uskutečňováno pomocí kanbanových lístků v rámci kontroly pracoviště před začátkem směny. Je tedy součástí času, který není analyzovatelný. Doba, kterou to zabírá, nic neubírá z disponibilního časového fondu. Na lístcích je uvedeno signální množství, při kterém je lístek odnesen na sběrné místo.

## **Sběr dat**

V této kapitole je popsán průběh sběru dat na zkoumané oblasti a to pomocí metod MTM - UAS respektive MTM – Logistik.

Veškeré analýzy byly zaznamenávány do databáze kódů vytvořené v programu MS Excel. Byly označeny následujícím způsobem XX\_Y\_ZZZZ.

- XX představuje oblast, na které se činnost odehrává.
- Y určuje typ činnosti.
- ZZZZ je jedinečné číslo přidělené každé analýze.

Oblasti jsou očíslovány podle layoutu, který byl poskytnut pracovníky VSI. Očíslování je následující:

- oblast 10 – Balení MKD Indie,
- oblast 11 – Převěšení,
- oblast 12 – Rack,
- oblast 13 – Transport.

Pro lepší přehlednost a jednodušší možnost budoucích úprav analýz, byl vytvořen na oblasti 12 (Rack) modulární systém analýz, který je založen na myšlence, že pokud se vytvoří analýza části procesu tak, aby správně popisovala prováděnou činnost, ale zároveň, aby byla dostatečně obecná, nebrání nic jejímu použití v analýze jiného procesu. Aby byla činnost vhodná pro zpracování tímto způsobem, musí mít určité vlastnosti.

Zprvce to musí být činnost, která se dostatečně často opakuje nebo se dá předpokládat, že se v budoucnu opakovat bude (zavedení nového obalového materiálu).

Zadruhé se musí jednat o relativně krátkou činnost, jelikož s větším počtem kroků roste možnost, že se způsob vykonání činnosti bude lišit.

Zatřetí se musí předem pevně definovat, co v dané činnosti má být a co v ní být nemá. Dobrým příkladem, co se v takových analýzách nemá vyskytovat, je popsání chůze a jiné pohyby těla. Pokud by se jednalo o činnosti na plně unifikovaných pracovištích, dalo by se o zahrnutí analýzy chůze či jiných pohybů těla uvažovat, nicméně pro lepší porozumění je vždy lepší se vyvarovat sporných situací a předem určit co v takových analýzách má být a co ne.

### **Analýza činností v oblasti gumového pásu**

Oblast gumového pásu obsahuje čtyři oblasti, na kterých se postupně vkládají díly do karoserie. Tyto díly ať jsou zabalené nebo ne je potřeba na vloženém místě upevnit. V některých případech jsou dostatečně upevněny pouhým vložením. V takových případech se dá ovšem předpokládat velká složitost vkládání takových dílů. V ostatních případech je použit obalový materiál k fixaci dílů na určeném místě. Nejčastěji se používají PKB pásy, NITTO pásy, PTAP pásy, ULT pásy, strečové fólie a v ojedinělých případech také šroubů.

V této oblasti je použití modulárního systému nevhodné vzhledem k rozličnosti způsobů, kterými jsou obalové materiály používány. Rozdíly mezi jednotlivými způsoby jsou způsobeny hlavně stísněným prostorem při provádění činnosti, kdy pro správné použití obalového materiálu je nutné ho mnohokrát doumísťovat. Z těchto důvodů se analýzy řídí podle kroků popsaných v návodkách pro příslušné karoserie a variantu racku.

#### **Takt 1**

Činnosti prvního taktu jsou krátké z důvodu možného čekání na přivezení racku pracovníkem na VZV. Obsahují v podstatě jenom přípravu karoserie na další na další činnosti a vložení víčka nádrže.

takt	krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	četn.	celke m [min]	počet VD	A7	B6		
T1	1	10_M_0005	1.2 Sklopení noh palety	1,17	0,5	0,59	1	x	0,6	x	0,6
		10_M_0006	1.3 Zvednutí noh palety	0,71	0,5	0,36	1	x	0,4	x	0,4
	2	10_M_0010	2.1 Rozříznutí pásky	0,26	4	1,02	1	x	1	x	1
		10_M_0015	2.2 Stáhnutí folie z karoserie	1,41	1	1,41	1	x	1,4	x	1,4
		10_M_0020	2.3 Kontrola povrchu karoserie	0,75	1	0,75	1	x	0,8	x	0,8
	3	10_M_0025	3.1 Nalepení ochranných prvků dveří a kontrola míst nalepení	1,03	1	1,03	1	x	1	x	1
		10_M_0455	60.1 Sundat/Nandat 8ks ochranných krytů (4ks plast 4ks kůže) z/na karoserii	1,28	1	1,28	1	x	1,3	x	1,3
	11	10_M_0075	11.1 Identifikace KNR (stítku)	0,57	1	0,57	1	x	0,6	x	0,6
		10_M_0505	Posun karoserie po pásu	0,99	1	0,99	1	x	1	x	1
	7	10_M_0045	7.1 Vložit hrdlo s víčkem nádrže	0,24	1	0,24	1			x	0,2
	7 + 8	10_M_0050	7.2 - 8.1 Zalepení víčka nádrže NITTO páskou	0,44	1	0,44	1			x	0,4
8	10_M_0055	8.1 Zavření víčka	0,04	1	0,04	1			x	0	
	10_M_0060	8.2 Lepení NITTO páskou méně jak 50cm bez kontroly	0,23	1	0,23	1			x	0,2	
	10_M_0510	Omotání A sloupků NITTO fólií na L+ P straně	0,91	1	0,91	1	x	0,9	x	0,9	

**Tab. 1 Seznam analýz Taktu 1**

Časová náročnost prvního taktu je pro karoserie A7 8,9 minuty a pro karoserie B6 je 9,85 minuty.

Rozdíl je způsobený vkládáním víčka nádrže u karoserie B6 u A7 je víčko vkládáno zabalené na dalších taktech.

## Takt 2

Na druhém taktu dochází ke vkládání prvních dílů, ochranných prvků a k přípravě na další takty vložením ULT pásek do karoserie, které budou dále sloužit k zajištění roštu. Vkládané díly jsou, jak nezabalené, tak zabalené. Díly se předbalují na pracovišti příbalových dílů.

takt	krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	celke m [min]	počet VD	A7	B6		
T2	5	10_M_0035	5.1 Nalepení distanční kostky 5x5 na L a P straně	0,84	1	0,84	1	x	0,8	x	0,8
		10_M_0040	6.1 Přelepení distanční kostky 5x5 PTAP páskou	0,23	2	0,45	1	x	0,5	x	0,5
		10_M_0060	8.2 Lepení NITTO páskou méně jak 50cm bez kontroly	0,23	2	0,47	1	x	0,5	x	0,5
		10_M_0065	9.1 + 10.1 Otevření kapoty - UNI	0,26	1	0,26	1	x	0,3	x	0,3
	12	10_M_0080	Otevřít dveře	0,11	1	0,11	1	x	0,1	x	0,1
		10_M_0085	12.2 Vložit tlumení na cockpit	0,61	1	0,61	1	x	0,6	x	0,6
	13	10_M_0090	13.1 Vložit tlumení pod palubní desku	0,65	1	0,65	1	x	0,7	x	0,7
	14	10_M_0095	14.1 Vložit tlumení podlahy	0,83	1	0,83	1	x	0,8	x	0,8
	15	10_M_0080	Otevřít dveře	0,11	1	0,11	1	x	0,1	x	0,1
		10_M_0105	15.2 Vložit loketní opěrku (v krabici) do karoserie (krabice B)	0,22	1	0,22	1			x	0,2
	16	10_M_0110	16.1 Vložit nádobku ostříkovače	0,71	1	0,71	1	x	0,7	x	0,7
	17	10_M_0115	17.1 LZ dveřmi vložit modul zrcátek (krabice B)	0,38	1	0,38	1	x	0,4	x	0,4
	18	10_M_0120	18.1 LZ dveřmi vložit kliky dveří (krabice A)	0,37	1	0,37	1	x	0,4	x	0,4
	19	10_M_0125	19.1 Přehnout tlumení koberce	0,14	1	0,14	1	x	0,1	x	0,1
		10_M_0130	19.2 Vložit radio (krabice A)	0,38	1	0,38	1			x	0,4
	20	10_M_0135	20.1 Vložit hlavové opěry (krabice A)	0,39	1	0,39	1	x	0,4	x	0,4
		10_M_0140	21.1 Otevření kufru	0,28	1	0,28	1	x	0,3	x	0,3
	22	10_M_0145	22.1 Vložit skupinová světla (krabice B)	0,27	1	0,27	1	x	0,3	x	0,3
		10_M_0150	22.2 Vložit M-box (krabice A)	0,24	1	0,24	1			x	0,2
	23	10_M_0155	23.1 Příprava 4krát 4m ULT pasky + vložení do vozu	2,16	1	2,16	1	x	2,2	x	2,2
	24	10_M_0160	24.1 ULT pásku přes rám dveří - UNI	0,20	4	0,78	1	x	0,8	x	0,8

**Tab. 2 Seznam analýz Taktu 2**

Celková časová náročnost je pro karoserie A7 9,8 minuty a pro karoserie B6 je 10,6 minuty. Rozdíl je způsobem větším počtem vkládaných dílů u karoserie B6 ve srovnání s počtem vkládaných dílů karoserie A7.

### Takt 3

Třetí takt je, co se týče činností i koordinace pracovníků nejnáročnější, jelikož jeho součástí je vkládání velkých dílů, které je nutné vkládat ve dvojici. Celková časová náročnost je pro karoserii B6 36,3 minuty a pro A7 29,7 minut. Tento čas je rozdělen pro účely simulace na 12,8 minut pro prvního pracovníka a 18,7 pro druhého pracovníka, respektive 16,6 minuty a 20,2 minuty pro karoserii B6.

takt	krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	celke m [min]	počet VD	A7	B6
T3	25	10_M_0165	25.1 Distanční kostky na blatníky	0,61	1	0,61	1	x 0,6	x 0,6
	26	10_M_0170	26.1 Miralon na blatník z obou stran	0,53	1	0,53	1	x 0,5	x 0,5
	27	10_M_0175	27.1 Vložit tlumení čelní stěny	0,57	1	0,57	1		x 0,6
		10_M_0176	27.1.1 Distanční kostka (pomocí přípravku)	0,23	2	0,45	1		x 0,5
		10_M_0178	27.1.3 Vložení distanční kostky do vnitřního otvoru blatníku - L+P	0,13	2	0,27	1		x 0,3
		10_M_0180	27.2 Papírová proložka - ŠR	0,67	1	0,67	1		x 0,7
	28	10_M_0185	28.1 Vložení palivové nádrže a miralonu -ŠR	0,60	1	0,60	1		x 0,6
	29	10_M_0190	29.1 Upevnění nádrže kurtou - ŠR	0,33	2	0,65	1		x 0,7
	30	10_M_0195	30.1 Upevnění nádrže kurtou - 1 ks - ŠR	0,34	1	0,34	1		x 0,3
	31	10_M_0200	31.1 Fixace víka kovovou fixací (trojúhelník nebo tvar T)	0,41	1	0,41	1	x 0,4	x 0,4
		10_M_0205	31.2 Nasazení dvou podložek na šroub a ručně zachytit - kovová fixace - RR	0,15	1	0,15	1	x 0,2	x 0,2
	32	10_M_0210	32.1 Zavření kapoty	0,25	1	0,25	1	x 0,2	x 0,2
		10_M_0342	UNI - Chůze pro šrouby, golu a podložky	0,15	1	0,15	1	x 0,2	x 0,2
		10_M_0215	32.2 Nasazení dvou podložek na šroub a ručně zachytit na příčnk	0,17	3	0,50	1		x 0,5
		10_M_0220	32.3 Utahování 3 šroubů utahovačkou na moment	0,32	3	0,97	1		x 1
	33	10_M_0225	33.1 Odebrání dílu předmontáže dle KNR (štítku) - RR	0,22	1	0,22	1	x 0,2	x 0,2
	34	10_M_0230	34.1 Distanční kostka na blatníky - RR	0,32	2	0,65	1	x 0,6	x 0,6
		10_M_0235	34.2 Omotání hran nosníku streč folií - L+P - RR	0,44	2	0,88	1	x 0,9	x 0,9
	35	10_M_0240	35.1 Vložení dílu předmontáže na kostky - RR	0,25	1	0,25	1	x 0,2	x 0,2
		10_M_0245	35.2 Zajištění kompletu předmontáže za nosníky streč folií-RR	0,44	2	0,88	1	x 0,9	x 0,9
	36	10_M_0250	36.1 Miralon na držák lůžka převodovky - RR	0,20	1	0,20	1	x 0,2	x 0,2
		10_M_0255	36.2 Stahování páskou PKB - RR	0,26	1	0,26	1	x 0,3	x 0,3
	37	10_M_0260	37.1 Fixace víka kovovou fixací - ŠR	0,26	1	0,26	1		x 0,3
		10_M_0342	UNI - Chůze pro šrouby, golu a podložky	0,15	1	0,15	1		x 0,2
		10_M_0265	37.2 Nasazení dvou podložek na šroub a ručně zachytit - kovová fixace	0,16	1	0,16	1		x 0,2
		10_M_0342	UNI - Chůze pro šrouby, golu a podložky	0,15	1	0,15	1		x 0,2
		10_M_0275	38.2 Nasazení dvou podložek na šroub a ručně zachytit na příčnk	0,17	2	0,34	1	x 0,3	x 0,3
		10_M_0280	38.3 Momentování golou	0,23	1	0,23	1	x 0,2	x 0,2
	39	10_M_0285	39.1 Vložení 3 PKB pásek	0,42	1	0,42	1	x 0,4	x 0,4
	40	10_M_0290	40.1 Omotání 6ti nohou roštu mirelonem a strečovou páskou	2,68	1	2,68	1	x 2,7	x 2,7
	41	10_M_0300	41.1 Vložení roštu do karoserie	0,91	1	1,82	2	x 1,8	x 1,8
		10_M_0305	41.2 Utažení připravené pásky PKB	0,16	3	0,47	1	x 0,5	x 0,5
	42	10_M_0310	42.1 Příprava 0,8m ULT pásky + vložení do vozu	0,52	1	0,52	1	x 0,5	x 0,5
		10_M_0315	42.2 Nasazení dvou spon na dvě ULT pásky a jejich utažení	0,52	1	0,52	1	x 0,5	x 0,5
	43	10_M_0320	43.1 Vložit sedák / panel B-sloupek	1,08	2	4,32	2	x 4,3	x 4,3
	44	10_M_0325	44.1 Vložení opěr sedaček z TQ vozíku	0,17	1	0,34	2	x 0,3	x 0,3
		10_M_0326	44.2 Odvézt TQ vozík	0,25	1	0,25	1	x 0,3	x 0,3
	45	10_M_0330	45.1 Vložení cockpitu do karoserie	0,57	1	1,15	2	x 1,1	x 1,1
	46	10_M_0335	46.1 Omotání dvou dřevěných dorazů mirelonem a jejich vložení do karoserie	0,72	1	0,72	1	x 0,7	x 0,7
		10_M_0341	UNI - Chůze pro materiál a nástroj	0,23	2	0,90	2	x 0,9	x 0,9
		10_M_0340	46.2 Podložku nasadit na vrut, vrut zašroubovat utahovačkou	0,26	8	2,10	1	x 2,1	x 2,1
	47	10_M_0345	47.1 Nasazení spon na 4 ULT pásky a utáhnout	0,89	1	0,89	1	x 0,9	x 0,9
		10_M_0350	47.2 Vložení kartonového odpadu pod 4 ULT pásky	0,37	1	0,73	2	x 0,7	x 0,7
		10_M_0505	Posun karoserie po pásu	0,99	1	1,98	2	x 1,1	x 2
		10_M_0445	59.2 Zavřít dveře	0,09	1	0,09	1	x 0,1	x 0,1
		10_M_0450	59.3 Vložení přípravy za rám dveří zavřených dveří	0,67	2	1,33	1	x 1,3	x 1,3
		10_M_0395	50.3 Omotání 4 sloupků strečovou fólií a vložení mirelonu	2,45	1	2,45	1	x 2,4	x 2,4
		10_M_0460	60.2 Omotání dveří s rámem 5. dveří strečovou fólií na levé i pravé straně	0,91	1	0,91	1	x 0,9	x 0,9

Tab. 3 Seznam analýz Taktu 3



## Takt 4

Poslední takt se skládá z dokončovacích činností před převěšením. Časová náročnost pro karoserii A7 je 2,9 minuty a pro B6 8,9 minuty.

takt	krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	celke m [min]	počet vd	A7		B6	
T4	48	10_M_0355	48.1 Vložení CW krytů	0,39	1	0,39	1			x	0,4
	49	10_M_0360	49.1 Upevnění CW krytů - Vložení PKB pásky	0,23	2	0,45	1			x	0,5
		10_M_0365	49.2 Upevnění CW krytů - Utažení připravené PKB pásky	0,09	2	0,19	1			x	0,2
		10_M_0370	49.3 Upevnění CW krytů - Příprava 1 m ULT pásky + vložení do vozu	0,34	2	0,68	1			x	0,7
		10_M_0315	42.2 Upevnění roštu vzadu - Nasadit sponu na ULT pásku a utáhnout	0,24	2	0,49	1			x	0,5
		10_M_0380	49.5 Vložení kartonového odpadu	0,17	2	0,35	1			x	0,3
	51	10_M_0400	51.1 Manipulace se šablonou na rámu 5. dveří (kraj zavaz. prost.)	0,18	1	0,18	1			x	0,2
	52	10_M_0405	52.2 Nasazení KAP podle šablony na rám 5. dveří B6	0,18	1	0,18	1			x	0,2
	53/54	10_M_0410	53.1+54. Nalepení distanční kostky 5x5 na rám 5. dveří L+P	0,29	2	0,58	1	x	0,58	x	0,58
	55	10_M_0415	55.1 Ovinutí pásky ULT miralonem a protažení zamkem patych dveří	0,62	1	0,62	1	x	0,6	x	0,6
	56	10_M_0420	56.1 Omotat sloupek/nárazník/výztuhu miralonem	0,25	1	0,25	1	x	0,3	x	0,3
		10_M_0425	56.2 Omotání strečovou fólií	0,44	1	0,44	1	x	0,4	x	0,4
	57	10_M_0430	57.1 Vložit přípravy a zavřít dveře B6	0,31	1	0,31	1	x	0,3	x	0,3
	58	10_M_0435	58.1 Nasadit sponu na ULT pásku a utáhnout	0,22	1	0,22	1	x	0,2	x	0,2
	61	10_M_0465	61.1 Vložení schránky nářadí do sáčku	0,25	1	0,25	1			x	0,3
	61/62	10_M_0470	61.2+62.1 Vložení sáčku se schánkou nářadí do LZ strany karoserie	0,19	1	0,19	1			x	0,2
	63	10_M_0475	63.1 Nitto páska 2,5 m	0,41	1	0,41	1			x	0,4
	64	10_M_0480	64.1 Položení střešní lišty	0,93	2	1,87	1			x	1,9
		10_M_0475	63.1 Nitto páska 2,5 m	0,41	1	0,41	1			x	0,4
		10_M_0460	60.2 Omotání dveří s rámem 5. dveří strečovou fólií	0,44	1	0,44	1	x	0,4	x	0,4

Tab. 4 Seznam analýz Takt 4

## Oblast příbalových dílů

Činnosti s příbalovými díly jsou rozděleny do dvou celků. Vnitřní příbalové díly se vkládají kvůli jejich velikosti vozíkem a jsou transportovány ke karoserii vozíkem. Časová náročnost je pro A7 8,4 minuty a pro B6 20,8 minuty. Velký rozdíl je způsoben tím, že některé díly pro A7 přicházejí předbalené.

oblast	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	celke m [min]	počet vd	A7		B6	
váz. díly vnitřní	10_M_0500	Balení výplně dveří	8,44	1	8,44	1	x	8,4		
	10_M_0490	Balení cockpitu	5,92	1	5,92	1			x	5,9
	10_M_0495	Balení sedaček	14,89	1	14,89	1			x	14,9

Tab. 5 Seznam analýz vnitřní příbalové díly

Vnější příbalové díly jsou menší díly, které se vkládají z vně karoserie. Časová náročnost pro A7 je 11,4 minuty a pro B6 je 17,2 minuty.

oblast	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	celke m [min]	počet vd	A7		B6	
váz. díly vnější	10_M_0131	19.1.1 Kompletní zabalení radia	2,62	1	2,62	1				2,6
	10_M_0116	17.1.1 Kompletní zabalení zrcátka L+P	5,24	1	5,24	1	x	5,24	x	5,2
	10_M_0121	18.1.1 Zatavení bublinkové fólie do kapes, balení klik	3,03	1	3,03	1	x	3,03	x	3,0
	10_M_0321	43.2 Kompletní balení B sloupku	3,17	1	3,17	1			x	3,2
	10_M_0146	22.1.1 balení skupinových světel	3,11	1	3,11	1	x	3,11	x	3,1

**Tab. 5 Seznam analýz vnější příbalové díly**

## Oblast přípravy racku

Oblast přípravy racku je ideální pro aplikaci **modulárního systému** a to díky relativně malému počtu typů obalového materiálu, který se zde používá a frekvenci opakování použití těchto obalových materiálů (patří sem například i vruty a stahovací pásy). Dále díky dobré přístupnosti pozic, do kterých se díly fixují, není potřeba se zabývat jejich vzájemným urovnáním.

## Modulární systém analýzy MTM - UAS

Následuje ukázka normální analýzy MTM – UAS fixace dílu.

Poradové číslo	popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
1	Chuze k vozíku s přípravou a k racku s díly	KA	25	20	1,0	500
2	Stabilizátor z vozíku s přípravou na rack po chuzi	AH2	45	1	2,0	90
3	Chuze pro utahovačku a vruty (odložení na racku)	KA	25	5	1,5	188
4	Utahovačku po chuzi na rack	AH2	45	1	0,5	23
<b>Příprava vrutu</b>						
5	Vrut ze zásobníku na stul	AD2	45	1	4,0	180
6	Kovová podložka ze zásobníku na vrut	AE2	55	1	4,0	220
7	podložku	AF2	65	1	4,0	260
8	Šroubování skrz plastovou podložku - první otočka	ZA1	5	1	4,0	20
9	Šroubování skrz plastovou podložku - další otočky	ZB1	10	3	4,0	120
10	Před utažením uchopit plastovou podložku	AA1	20	1	4,0	80
<b>Fixace dílu</b>						
11	Nuž (v kapse) na folii	HA2	45	1	2,0	90
12	Další umístění	PA3	25	1	4,0	100
13	Řez	ZA2	15	2	4,0	120
14	Stabilizátor z racku na místo montáže	AJ2	65	1	2,0	130
15	Doumístnění	PB1	20	6	2,0	240
16	Sehnutí	KB	60	2	2,0	240
17	Dorovnání dílu před utahováním	AJ2	65	2	2,0	260
18	Připravený vrut na zmagnetizovaný bit utahovačky	AB2	45	2	2,0	180
19	Utahovačka	HB2	60	1	2,0	120
20	Utahnutí drženou utahovačkou skrz podložku	PT	28	2	4,0	222
21	Utažení dílu (PT)	PT	28	6	4,0	667
22	Utahovačka do oka v dílu	PB2	30	1	1,0	30
23	Utahovačka na původní míst	AH2	45	1	1,0	45
24	Chůze s utahovčkou a zpět	KA	25	5	2,0	250
					TMU	4375

**Tab. 6 MTM Analýza fixace dílu**

Z této analýzy mohou být vysunuty dva moduly, které se dají následně použít v jiných analýzách a to modul přípravy vrutu s kovovou a plastovou podložkou a utažení dvou vrutů do racku spolu s urovnáním dílu. Pro ještě větší versatibilitu použití druhého bloku se použitím dalšího kódu pro umístění a četností, která dohromady dává součet 1, sdruží dvě možné analýzy. Výsledkem je analýza, která se dá použít na víc druhů dílů.

### **Blok přípravy vrutu**

Do této analýzy jsou z té původní vybrány všechny činnosti spojené s přípravou vrutu a podložek pro jejich aplikaci. Návaznost činností je rozbita a to kvůli tomu, aby se obsáhly všechny činnosti spojené s přípravou těchto vrutů. Jedná se o provrtání vrutu skrz plastovou podložku těsně před utažením vrutu.

Poradové číslo	popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
1	Vrut ze zásobníku na stul	AD2	45	1	1,00	45
2	Kovová podložka ze zásobníku na vrut	AE2	55	1	1,00	55
3	Nabodnutí plastové podložky na vrut	AF2	65	1	1,00	65
4	Šroubování skrz plastovou podložku - první otočka	ZA1	5	1	1,00	5
5	Šroubování skrz plastovou podložku - další otočky	ZB1	10	3	1,00	30
6	Před utažením uchopit plastovou podložku	AA1	20	1,00	1,00	20
7	Utahnutí drženou utahovačkou skrz podložku	PT	28	2,00	1,00	56
					TMU	276

**Tab. 7 MTM analýza modulu přípravy vrutu**

### **Blok utažení dvou vrutů**

V této analýze je popsána aplikace dvou vrutů jejich utažením v otvorech dílu. Dá se ovšem také použít v případech kdy je jiné složení podložek na vrutu a zmíněným použitím četností 0,75 u kódu AJ2 a 0,25 u kódu AB2 je zahrnuta možnost použití této analýzy i u dílů různých velikostí.

Poradové číslo	popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
1	Připravený vrut na zmagnetizovaný bit utahovačky	AB2	45	2,0	1,0	90
2	Utahovačka	HB2	60	1,0	1,0	60
3	Utažení dílu (PT)	PT	28	6,0	2,0	334
4	Utahovačka do oka v dílu	PB2	30	1,0	1,0	30
5	Dorovnání dílu před utahováním	AJ2	65	2,0	0,75	98
6		AB2	45	2,0	0,25	23
					TMU	634

**Tab. 8 MTM analýza modulu utažení dvou vrutů pro fixaci dílu**

Tímto postupem byla vytvořena skupin analýz, které se dají velmi rychle použít při změně postupu fixace stávajícího dílu nebo případně při analýze postupu fixace dílu nového.

Při použití vytvořených modulů vypadá původní analýza následujícím způsobem.

Poradové číslo	popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
1	Chuze k vozíku s přípravou a k racku s díly	KA	25	20	1,0	500
2	Stabilizátor z vozíku s přípravou na rack po chuzi	AH2	45	1	2,0	90
3	Chuze pro utahovačku a vruty (odložení na racku)	KA	25	5	1,5	188
4	Utahovačku po chuzi na rack	AH2	45	1	0,5	23
	Vrut s kovovou a plastovou podložkou		276	4	1,0	1104
	<b>Fixace dílu</b>					
5	Nuž (v kapse) na folii	HA2	45	1	2,0	90
6	Další umístění	PA3	25	1	4,0	100
7	Řez	ZA2	15	2	4,0	120
8	Stabilizátor z racku na místo montáže	AJ2	65	1	2,0	130
9	Doumístnění	PB1	20	6	2,0	240
10	Sehnutí	KB	60	2	2,0	240
11	Utažení dvou vrutů		634	1	2,0	1268
12	Utahovačka na původní míst	AH2	45	1	1,0	45
13	Chůze s utahovčkou a zpět	KA	25	5	2,0	250
					TMU	4387

**Tab. 9 Upravená MTM analýza fixace dílu**

Rozdíl v počtu TMU mezi původní a výslednou analýzou je způsoben zobrazením výsledné analýzy, která se nyní dá použít nejen na jeden určitý díl, ale v podstatě na většinu dílů vyskytujících se na popisované oblasti, které jsou fixovány dvěma vruty.

Jak je dále vidět z pořadových čísel činností podařilo se využitím modulů zkrátit analýzu o 11 kroků. Tím se výsledná analýza stává přehlednější. Pokud bude uživatel následně zajímat obsah modulu, stačí mu pouze se podívat do databáze kódů.

Takovýchto modulů bylo na oblasti přípravy racku vytvořeno 53 a byly použity ve většině analýz dílů i jiných činností.

Spojením těchto analýz byly zanalyzovány všechny díly, které se fixují na rack šikmý nebo rovný karoserií A7/B6.

## Seznam analýz dílů pro A7

krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	černo st	poče t prac.	Σ
P1/2	12_M_0241	Vychystání dílů A7	9,31	1	1	1	9,31
P1/2	12_P_0010	Odnesení přední a zadní tyče do prostoru převěšování a odnesení prken	2,01	1	0,5	1	1,01
P1/2	12_M_0200	Ochrana plachta karoserie na rack	2,51	1	1	2	5,02
P1/2	12_P_0005	Příložky racku	2,22	1	0,5	2	2,22
P1/2	12_P_0015	Odebrání pytlíku s vruty a podložek z nohy racku	0,57	1	0,5	1	0,29
P1/2	12_P_0020	Příprava rovného racku	1,31	1	0,5	1	0,66
P3/4	12_M_0515	Otočná hlavy kola	3,27	2	0,5	1	3,27
P5/6	12_M_0595	Výztuha předního nárazníku	1,48	2	0,5	1	1,48
P7/8	12_M_0570	Stabilizátor	1,36	2	0,5	1	1,36
P9/10	12_M_0505	Nápravnice	1,76	1	0,5	1	0,88
P11/12	12_M_0536	Přední díl výfuku s katalyzátorem A7	3,10	2	0,5	1	3,1
P13/14	12_M_0605	Zadní tlumič A7	2,07	2	0,5	1	2,07
P15/16/17	12_M_0610	Nádrž A7	3,05	2	0,5	1	3,05
P23/24	12_M_0566	Řízení A7	3,83	1	0,5	1	1,92
P27/28	12_M_0580	Tlumič přední	1,41	2	0,5	1	1,41
P29/30	12_M_0591	Výfuk zadní A7	2,95	2	0,5	1	2,95
P37/38	12_M_0530	Pružina tlumiče	0,98	2	0,5	1	0,98
P41/42	12_M_0540	Hřídél	2,44	2	0,5	1	2,44
P43/44	12_M_0570	Stabilizátor	1,36	2	0,5	1	1,36
P47/48	12_M_0550	Ramena	1,56	2	0,5	1	1,56
P49/50	12_M_0561	Řazení A7	3,52	1	0,5	1	1,76
P3/4	12_M_0515	Otočná hlavy kola	3,27	2	0,5	1	3,27
P5/6	12_M_0580	Tlumič přední	1,41	2	0,5	1	1,41
P7/8	12_M_0605	Zadní tlumič A7	2,07	2	0,5	1	2,07
P9/10	12_M_0505	Nápravnice	1,76	1	0,5	1	0,88
P11/12	12_M_0585	Tyč spojovací	0,84	2	0,5	1	0,84
P13/14	12_M_0530	Pružina tlumiče	0,98	2	0,5	1	0,98
P15/16	12_M_0540	Hřídél	2,44	2	0,5	1	2,44
P19/20	12_M_0566	Řízení A7	3,83	1	0,5	1	1,92
P21/22	12_M_0550	Ramena	1,56	2	0,5	1	1,56
P23/24	12_M_0615	Zadní náprava A7	3,27	2	0,5	2	6,54
P27/28	12_M_0561	Řazení A7	3,52	1	0,5	1	1,76
						Σ	71,7

Tab. 10 Seznam analýz rack A7

Celková pracovní náročnost všech činností na oblasti přípravy racku pro racky A7 je 71,7 minuty. Činnosti jsou víceméně rovnoměrně rozdělené mezi pracovníky, kteří pracují na této oblasti.

Pro potřeby simulačního modelu byla určena individuální pracovní náročnost pro všechny pracovníky. Pro prvního pracovníka je to 24,13 minuty, pro druhého 23,46 a pro třetího 24,15 minuty.

Střídání šikmých a rovných racků je započítáno do času pomocí sloupce četností. I když platí, že do jednoho kontejneru se nevejde rovný a šikmý rack B6 najednou kvůli délce karoserií, díly, které se ukládají na oba dva racky, tvoří komplet, a proto se vždy udělá mix racků v nakládaných kontejnerech, kdy v jednom je naložený rovný rack A7 a šikmý rack B6 a v druhém rovný rack B6 a šikmý rack A7. Fakt, že zákonitě dochází k vyrovnávání poměru šikmých a rovných racků, dovoluje použít při vyhodnocování pracovní poměru 50/50 činností pro rovný a pro šikmý rack.

Celková pracovní náročnost na oblasti přípravy racku pro přípravu racku B6 je 91,6 minuty. Tyto činnosti jsou, stejně jako v případě racku A7, rozděleny mezi všechny pracovníky rovnoměrně.

Pro prvního pracovníka je to 30,77 minuty, pro druhého pracovníka 30,05 minuty a pro třetího pracovníka 30,41 minuty.

Díky použití systému modulů bylo docíleno popisu velkého množství rozdílných činností a to v kratším čase než při použití postupu analýz v dalších oblastech. Zároveň je také zaručena větší jednoduchost následných úprav.

## Seznam analýz dílů pro B6

krok návo dky	analýza číslo	Název činnosti	čas [min]	počet	četno st	poče t prac.	Σ
P1/2	12_M_0240	Vychystání dílů B6	11,28	1	1	1	11,3
P1/2	12_P_0010	Odnesení přední a zadní tyče do prostoru převěšování a prken	2,04	1	0,5	1	1,02
P1/2	12_M_0200	Ochrana plachta karoserie na rack	2,51	1	1	2	5,02
P1/2	12_P_0005	Příložky racku	2,22	1	0,5	2	2,22
P1/2	12_P_0015	Odebrání pytlíku s vruty a podložek	0,57	1	0,5	1	0,29
P1/2	12_P_0020	Příprava rovného racku	1,31	1	0,5	1	0,66
P3/4	12_M_0530	Pružina tlumiče	0,98	2	0,5	1	0,98
P5/6	12_M_0545	Příčník	2,08	2	0,5	1	2,08
P7/8	12_M_0555	Rameno zadní nápravy	1,65	2	0,5	1	1,65
P9/10	12_M_0570	Stabilizátor	1,36	4	0,5	1	2,72
P11/12	12_M_0505	Nápravnice	1,76	1	0,5	1	0,88
P13/14	12_M_0600	Zadní tlumič	1,99	2	0,5	1	1,99
P15/16	12_M_0500	Disky	3,41	2	0,5	1	3,41
P17/18	12_M_0585	Tyč spojovací	0,84	4	0,5	1	1,68
P19/20	12_M_0510	Nápravnice - zadní	2,54	2	0,5	1	2,54
P21/22	12_M_0550	Ramena	1,56	2	0,5	1	1,56
P23/24	12_M_0540	Hřídel	2,44	2	0,5	1	2,44
P25/26	12_M_0595	Výztuha předního nárazníku	1,63	2	0,5	1	1,63
P27/28	12_M_0580	Tlumič přední	1,41	2	0,5	1	1,41
P29/30	12_M_0565	Řízení	4,52	1	0,5	1	2,26
P31/32	12_M_0520	Pás nádrže	0,65	4	0,5	1	1,3
P33/34	12_M_0535	Přední díl výfuku s katalyzátorem B6	3,53	2	0,5	1	3,53
P37/38	12_M_0560	Řazení	2,92	1	0,5	1	1,46
P39/40	12_M_0525	Pohony kol	4,34	2	0,5	1	4,34
P41/42	12_M_0575	Stěna přední	1,93	1	0,5	1	0,97
P43/44	12_M_0515	Otočná hlava kola	3,27	2	0,5	1	3,27
P47/48/49	12_M_0590	Výfuk zadní	3,42	2	0,5	1	3,42
P3/4	12_M_0515	Otočná hlava kola	3,27	2	0,5	1	3,27
P5/6/7/8	12_M_0565	Řízení	4,52	1	0,5	1	2,26
P9	12_M_0505	Nápravnice	1,76	1	0,5	1	0,88
P10	12_M_0550	Ramena zadní nápravy	1,56	2	0,5	1	1,56
P11/12	12_M_0540	Hřídel	2,44	2	0,5	1	2,44
P13/14	12_M_0580	Tlumič přední	1,41	2	0,5	1	1,41
P15/16	12_M_0525	Pohony kol	4,34	2	0,5	1	4,34
P17/18	12_M_0530	Pružina tlumiče	0,98	2	0,5	1	0,98
P19/20	12_M_0560	Řazení	2,92	1	0,5	1	1,46
P23	12_M_0550	Ramena	1,56	2	0,5	1	1,56
P24	12_M_0600	Zadní tlumič	1,99	2	0,5	1	1,99
P25/26	12_M_0500	Disky	3,41	2	0,5	1	3,41
						Σ	91,6

Tab. 11 Seznam analýz rack B6

### Oblast převěšení

Oblast převěšení se vyznačuje vysokým podílem činností, které obsahují použití kódu pro procesní čas. Procesní čas je většinou čas, který je potřeba pro zařízení, aby dokončil svoji činnost. Takovým zařízením může být utahovačka, zatavovačka nebo, jako v oblasti převěšení, jeřáb.

Na oblasti převěšení byla určena celková časová náročnost procesů na 31,48 minuty pro karoserii A7. To znamená 14,9 minut pro prvního pracovníka a 16,58 minuty pro druhého pracovníka.

Pro karoserii B6 je to 35,03 pro karoserii B6. Z toho 17,3 minuty pro prvního pracovníka a 17,73 minuty pro druhého.

### **Pracovník vysokozdvížného vozíku**

Pro analýzu činností pracovníka VZV byly použity kromě MTM – UAS také metody MTM – Logistik. Celková časová náročnost jeho činností je 16,05 minuty pro oba typy karoserií a racků.

## **3 Simulační model**

Pátou částí průběhu simulační studie je sestavení simulačního modelu. Časová délka směny byla určena na 7 hodin 13 minut a 21 sekund disponibilního času.

### **Definování prvků simulačního modelu**

Při vytváření simulačního modelu je potřebné definovat požadované prvky. Vytvořený model se skládá z následujících prvků: MUs (pohybující se objekty), pracovníci a jejich činnosti, metody, vysokozdvížný vozík, dráhy, tabulky vstupních dat a výsledné sloupcové grafy.

### **Pohybující se objekty**

Jako pohybující se objekty jsou v modelu zaznamenány SUZ palety, na kterých jsou dopravovány karoserie, rack, stolice na pracovišti převěšování a samotné karoserie, které byly pro lepší přehlednost graficky odlišeny. Zelená je karoserie B6 a karoserie A7 je modrá.

Dalším pohybující se prvkem je vysokozdvížný vozík, který patří do kategorie objektů zprostředkovávající pohyb. Při definování vozíku byla určena maximální rychlost na 6 m/s, doba akcelerace a brždění.

### **Pracovníci a jejich činnosti**



V modelu je definováno deset pracovníků, kterým jsou podle příkazů z metod přiřazovány činnosti a jejich časové náročnosti. Ikony pracovníků byly graficky odlišeny.

## Metody

Metody jsou částí modelu, které popisují návaznosti jednotlivých činností a lze je použít od přiřazování činností pracovníků, přes určování jaká karoserie je jako další dovezena na první pozici gumového pásu, po počítání jednotek a času. Díky metodám, které jsou v napsány v programovacím jazyce, jsou mimo jiné vytvořeny také grafy vytížení pracovníků a to pomocí následující metody.

is

```
tab_s, tab_d : object;
```

```
suc_t : time;
```

```
Pracuje, Caka, Prestavka : real;
```

do

```
tab_s := .Models.Hala.Control.Grafy.balenie.t_stat;
```

```
tab_d := .Models.Hala.Control.Grafy.balenie.t_stat_real;
```

```
for local x := 1 to tab_s.xdim loop
```

```
    suc_t := 0;
```

```
    for local y := 1 to tab_s.ydim loop
```

```
        suc_t := suc_t + tab_s[x,y];
```

```
    next;
```

```
    tab_d[x,"Pracuje"] := (tab_s[x,"Pracuje"] / suc_t) * 100;
```

```
    tab_d[x,"Caka"] := (tab_s[x,"Caka"] / suc_t) * 100;
```

```
next;
```

```
g_bal_real.active := true;
```

```
end;
```

Kdy je z absolutních časových veličin načtených z tabulky Models.Hala.Control.Grafy.balenie.t\_stat vypočten relativní poměr k celkovému uplynutému času. Tento poměr je potom zapsán do tabulky relativních veličin Models.Hala.Control.Grafy.balenie.t\_stat\_real a z této tabulky je následně vytvořen graf.

## Dráhy

Dráha je podle (Štoček, 2013) délkově orientovaný objekt materiálového toku a může být jednosměrná i obousměrná v závislosti na použité variantě. Ve vytvořeném modelu jsou dráhy použity k určení pohybu vysokozdvizného vozíku. Při vytváření modelu bylo nutné zjistit reálné trasy pohybu vysokozdvizného vozíku, aby model odpovídal realitě. Důležitou roli hraje také délka těchto tras, jelikož, při pevném určení rychlosti vozíku, určuje také čas, za který je vozík schopen vzdálenost urazit. V modelu bylo definováno 47 drah.

## Tabulky vstupních dat

Tabulky vstupních dat slouží ve vytvořeném modelu jako zdroje vstupních dat pro vykonávané činnosti. Určují jejich délku a také pracovníka, který je vykonává. Do těchto tabulek byly zadány údaje zjištěné sběrem dat pomocí metod MTM.

Vstupní data pro oblast gumového pásu jsou následující.

Takt	Prac	B6	A7
1	1	9:51.0000	8:54.0000
2	2	9:48.0000	10:36.0000
3	1	16:36.0000	12:48.0000
3	2	20:12.0000	18:42.0000
4	3	8:54.0000	2:54.0000
váz. d.	3	17:12.0000	11:22.0000
váz. d.	4	20:48.0000	8:24.0000
syst	5	x	x

**Tab. 12 Vstupní data – časové náročnosti gumový pás**

Systémový pracovník je automaticky považován za plně vytíženého.

Vstupní data pro oblast převěšení.

Prac	B6	A7
6	3:33.0000	3:33.0000
7	47.4000	47.4000
6	5:21.6000	2:43.2000
7	9:06.0000	7:51.0000
6	13:35.4000	13:07.2000
7	6:24.0000	4:47.4000

*Tab. 13 Vstupní data – časové náročnosti oblast převěšení*

Vstupní data pro oblast přípravy racku

Prac	B6	A7
8	30:46.0000	24:08.0000
9	30:03.0000	23:28.0000
10	30:25.0000	24:09.0000

*Tab. 14 Vstupní data – časové náročnosti oblast přípravy racku*

Dále v modelu vytvořena tabulka mixu karoserií, která ovlivňuje, jaká karoserie bude jako další přivezena na gumový pás.

Varinta A			Varinta B			Varinta C		
	B6	A7		B6	A7		B6	A7
poměr [%]	50	50	poměr [%]	25	75	poměr [%]	0	100

*Tab. 15 Vstupní data – mixy karoserií*

## Sloupcové grafy

Pro vyhodnocení výstupů z modelu byly vytvořeny sloupcové grafy, které obsahují poměrné veličiny vytíženosti jednotlivých pracovníků.

Dalším prvkem, který požit pro zobrazení výsledků simulačního modelu je tabulka směnové produkce. Do této tabulky je vždy po stanovené délce směny zaznamenán počet karoserií, které byly naloženy do kontejneru. Tento počet je sledován pomocí počítadla, jehož hodnoty se vždy po daném časovém úseku vymažou. Impulz je podáván prvkem generátor.

## **Verifikace modelu**

Verifikace modelu aneb ověřování správnosti simulačního modelu byla prováděna průběžně při tvoření modelu a tom zkouškami jeho funkčnosti v průběhu přidávání jeho částí.

## **Validace modelu**

Ověření správnosti simulačního modelu ovlivňuje důvěru uživatelů k výsledkům získaným z experimentů. Z toho důvodu byly nejdříve zkontrolována data a to pomocí workshopu na všech popisovaných oblastech. Při testování analýz museli být přítomni, jak pracovník plánování logistiky, tak i mistr a parťák aktuální směny.

Po kontrole vstupních byl model dále kontrolován s reálným systémem a zjištěné nedostatky byly odstraněny.

## **Výsledky simulačního modelu**

Po stanovení experimentů tak, aby splňovali cíle projektu, proběhla simulace procesů na hale. Experimenty byly určeny mixem karoserií, které procházejí systémem. Délka chodu byla určena na pět pracovních dnů po třech směnách tak, aby představovala týdenní produkci oblasti.

Výsledky jednotlivých pokusů jsou interpretovány pomocí sloupcových grafů vytížení pracovníků na jednotlivých oblastech.

## **Varianta A**

Varianta A představuje nejtěžší možnou zátěž linky, kdy jsou baleny karoserie v poměru 1 k 1. Ze vstupních dat v tabulce 15 je vidět, že zabalení karoserie B6 je časově náročnější a poměr karoserií varianty A obsahuje její nejvyšší možné zastoupení.

Grafy jako i tabulka celkové produkce jsou v příloze č. 1. Z výsledků, které jsme dostali ze simulačního modelu je jasné, že je na pracovištích místo pro optimalizaci.

Nejvíce je vidět tato příležitost na pracovišti gumového pásu, kde čtvrtý pracovník vytížen méně než z poloviny i při nejnáročnějším složení mixu karoserií.

Pracoviště převěšení je sice málo vytížené, nicméně, z důvodů zmíněných při popisování modelu, zde musí oba pracovníci zůstat.

Pracoviště přípravy racku je vytíženo rovnoměrně a pracovníci mají dostatečné rezervy.

Pracovník vysokozdvížného vozíku je ovšem velmi neuspokojivě vytížen. Největší položkou jeho činností představuje čekání, které představuje čekání na pracovníky jiných oblastí, hlavně pak pracoviště převěšení.

### **Varianta B**

Varianta B obsahuje mix karoserií 2 ku 1 (A7 ku B6). Lze tedy předpokládat nižší vytížení pracovníků než u variant A.

Grafy vytížení jednotlivých pracovišť jsou součástí přílohy č. 2.

Důležitým faktem, kterého je třeba si povšimnout, je, že, i přes použití méně náročného mixu karoserií a všeobecnému poklesu vytížení jednotlivých pracovníků, zůstala úroveň produkce na stejné úrovni.

Pracovník VZV je stále vytížen hlavně čekáním na ostatní pracoviště. Jeho činnost se pomocí experimentů ukázala, jako určující pro celkovou produkci systému. Je tedy úzkým místem.

### **Varianta C**

Varianta C představuje stav, kdy se nebalí žádné karoserie B6 pouze A7. Sloupcové grafy stejně tak i tabulka celkové produkce je obsažena v příloze č. 3. Tento mix by měl být nejméně náročný, ovšem produkce zůstává na stejné úrovni kvůli neoptimální činnosti pracovníka VZV.

S variantou C se ovšem objevuje možnost zredukovat počet pracovníků na pracovišti racku na dva. Tato možnost bude vyzkoušena po úpravě modelu.

## **4 Upravená verze simulačního modelu**

Cílem upravení modelu je nově přidělit činnosti pracovníkům tak, aby i jejich menší počet byl schopen zastat práci původního počtu pracovníků. Parametry experimentů zůstávají stejné.

Úprava se bude hlavně týkat oblasti gumového pásu, na které ve všech zkoumaných variantách byl prostor pro optimalizaci.

Při zkoumání varianty C dojde k přerozdělení činností v oblasti přípravy racku. Úpravy budou úspěšné, pokud se změna činností pracovníků neprojeví do celkové produkce oblasti, která je původně určována vytížením pracovníka na VZV.

### Vstupní data modelu

Díky tomu, že vstupní data vychází z analýz MTM, dají činnosti vcelku jednoduše přerozdělit, jelikož na sebe činnosti na gumovém pásu navazují a nedojde k posunutí do okamžiku, kdy jsou všechny činnosti hotovy, je činnost přerozdělování složitější než pouhé přesunutí všech činností jednoho pracovníka na ostatní. Projevuje se premisa, že celek je více než součet jeho částí.

Zaučení pracovníků do jejich nových povinností je předmětem implementační části simulačního projektu a proběhlo v rámci jednoměsíčního zkušební období.

Ideální rozdělení činností vyústilo v následující časové náročnosti taktů.

Takt	Prac	B6	A7
1	1	9:51.0000	8:54.0000
2	2	9:48.0000	10:36.0000
3	1	31:36.0000	12:48.0000
3	2	25:12.0000	18:42.0000
4	3	7:14.0000	2:54.0000
váz. d.	3	28:00.0000	19:46.0000
váz. d.	4	0.0000	0.0000
syst	5	x	x
		0:00:00	0:00:00

**Tab. 16 Vstupní data – upravené časové náročnosti gumový pás**

Nejdříve proběhly pokusy s modelem, kde byla upravena jenom vstupní data týkající se činností na gumovém pásu. Po ověření shody výsledků s modelem bez úpravy proběhl ještě pokus s odebráním jednoho pracovníka na oblasti přípravy racku a to jenom při variantě, při které se balí pouze karoserie A7.

V tomto případě byla vstupní data časových náročností činností na oblasti přípravy racku následovně.

Prac	B6	A7
8	30:46,0	36:17,0
9	30:03,0	35:28,0
10	30:25,0	00:00,0

**Tab. 17 Vstupní data – upravené časové náročnosti přípravy racku**

Výsledky pokusů jsou v příloze č. 4 pro mix karoserií A, výsledky pokusů s mixem karoserií B v příloze č. 5 a pokus s mixem karoserií C v příloze č. 6, respektive č. 7 pro pokus upravenými časovými náročnostmi přípravy racku.

### **Ekonomické vyhodnocení navrženého stavu**

Díky přerozdělení činností mezi stávající pracovníky došlo k redukci potřebných pracovníků na oblasti linky MKD Indie z původních deseti na devět nebo dokonce osm v případě, že se linka bude zabývat jenom balením karoserií A7.

Zmenšení počtu potřebných pracovníků také snížilo mzdové náklady. Za předpokladu, že budeme počítat s hrubou mzdou 21000 Kč měsíčně pro logistického operátora, se dosáhlo následujících úspor.

	Měsíčně	Ročně
<b>Hrubá mzda</b>	<b>21 000,00 Kč</b>	<b>294 000,00 Kč</b>
<b>Odvody</b>	<b>7 350,00 Kč</b>	<b>102 900,00 Kč</b>
<b>Příplatky za noční směny</b>	<b>2 362,50 Kč</b>	<b>33 075,00 Kč</b>
<b>Náklady na penzijní požitky</b>	<b>8 724,08 Kč</b>	<b>122 137,12 Kč</b>
<b>Náklady na sociální zabezpečení</b>	<b>6 258,17 Kč</b>	<b>87 614,42 Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>45 694,75 Kč</b>	<b>639 726,54 Kč</b>

**Tab. 18 Náklady na jednoho operátora při patnácti směnném provozu**

Nákladní na penzijní požitky a sociální zabezpečení spočítány podle (ŠKODA AUTO a.s., 2015)

## Závěr

Diplomová práce byla zaměřená na shrnutí teoretických poznatků ohledně řízení výroby, standardizace, metod MTM a použití počítačové simulace. Na jejichž základě byl dále zpracován simulační projekt, který se týkal chodu linky MKD Indie.

Cílem projektu bylo nejenom zjištění vytíženosti pracovníků linky pod vlivem měnícího se poměru zde balených karoserií a možnost úspor s ním související, ale také znormování činností, které probíhají ve zkoumaném systému. Po stanovení cílů následovala fáze sběru dat a vytvoření konceptuálního modelu systému.

Ve fázi sběru dat, bylo použito metod MTM a na vhodných oblastech byl použit vytvořený modulární systém, který může dále sloužit k zrychlení procesu tvoření MTM analýz i po ukončení simulačního projektu. Poté následovalo přenesení vytvořeného konceptuálního modelu do simulačního prostředí.

Na základě experimentování se simulačním modelem a posléze jeho úpravou byla ukázána neoptimální vytíženost pracovníků a dále bylo určeno i úzké místo celého pracoviště. Omezením je přílišná závislost při převěšování karoserie na vysokozdvizném vozíku, což způsobuje jeho neefektivní využití kvůli nutnosti čekání na ostatní pracovníky.

Přínosy práce jsou následující:

- Vytvoření souboru MTM analýz na zkoumané oblasti,
- vytvoření modulárního systému na pracovišti přípravy dřevěného racku, který umožňuje jednodušší úpravy existujících analýz,
- určení úzkého místa celého systému,
- ekonomické zhodnocení úspor související s redukcí mzdových nákladů,
- přerozdělení činností pracovníků pro jejich optimální vytížení a následná implementace.

Cíle práce bylo dosaženo právě formou implementace, která probíhala pomocí workshopů a měsíční zkoušky ve výrobě. V tomto období byli pracovníci zaučeni do nového rozdělení činností.



## Seznam literatury

BANGSOW, S. Manufacturing simulation with Plant Simulation and Simtalk: usage and programming with examples and solutions. Berlin: Springer, 2010, 297 s. ISBN 36-420-5074-3.

BANKS, J., CARSON, J.S., NELSON, B.L., NICOL, D.M. Discrete-Event System Simulation. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 594s. ISBN 81-317-5896-6.

BANKS, J. Handbook of Simulation : Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. Danvers: Wiley-Interscience, 1998, 864 s. ISBN 0-471-13403-1

BASL, J. Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008, 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.

BASL, J., MAJER, P., ŠMÍRA, M. Teorie omezení v podnikové praxi : zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC. 1.vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. 213 s. ISBN 80-247-0613-X.

DANĚK, J. Výrobní a logistické systémy. 1. Vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2005. ISBN 80-7043-416-3

DLOUHÝ, M. , FÁBRY, J. Simulace podnikových procesů. Brno: Computer Press, 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.

HORVÁTH, G. Logistika výrobních procesů a systému. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000. 195 s. ISBN 80-7082-625-8

JANÍČEK P.,. Expertní inženýrství v systémovém pojetí. Praha: Grada Publishing, 2007. s. 592 ISBN 978-80-247-4127-7

KEŘKOVSKÝ M., Moderní přístupy k řízení výroby. Praha: C. H. Beck, 2009, 137 s., ISBN 978-80-7400-119-2.

LAMBERT D., Logistika. Praha: Computer press, 2000 589 s., ISBN 80-7226-221-1.

PELÁNEK r., Brno: Nakladatelství Masarykovy univerzity, 201, 263 s., ISBN 978-80-210-5318-2

PERNICA , P. Logistika pro 21. století . Praha : Radix spl. s.r.o., 2005. 569 s. ISBN 80-86031-59-4.

ŘEPA, V. Podnikové procesy : Procesní řízení a modelování. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2006.

Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku: MTM - 1[učební podklady]. 2009

SVOBODOVÁ, H., VEBER, J., MIKAN, P., NOVÁK, M. Projektový a provozní management. Vyd 1. Praha: Nakladatelství Oeconomica, 2004, 153 s. ISBN 80-245-0611-4

TOMEK, G. VÁVROVÁ, V. Řízení výroby. 2. vyd. Praha: Grada, 2000, 407 s. ISBN 80-716-9955-1.

TOMEK, G., VÁVÁROVÁ, V. Řízení výroby a nákupu. Praha: Grada Publishing, 2007, 384 s. ISBN 978-80-247-1479-0.

ŠTOČEK, J., KARPETA, V., VARJAN, M. Počítačová simulace logistických procesů I. Studijní opory ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA. [online]. 2013. URL: <http://CD-ROM> dostupné v knihovně ŠAVŠ.

ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. Vyd. 1. Praha Nakladetství ČVUT, 2007 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0

## Internetové zdroje

DLASK P., Dynamické procesy v řízení modelu (Definice procesů řízení) [online], 2015 [cit. 30-6-2015], Dostupné z WWW: <http://slidegur.com/doc/202305/dynamick%C3%A9-procesy-v-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-modelu--definice-proces%C5%AF-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD->

HEILALA J., Use of simulation in manufacturing and logistics systems planning [online], 1999 [cit. 30-6-2015] Dostupné z WWW: [http://www.researchgate.net/publication/228359022\\_Use\\_of\\_simulation\\_in\\_manufacturing\\_and\\_logistics\\_systems\\_planning](http://www.researchgate.net/publication/228359022_Use_of_simulation_in_manufacturing_and_logistics_systems_planning)

SEGLO LOGISTICS, CKD / MKD / SKD, 2015 [cit. 1-7-2015] Dostupné z WWW: <http://www.seglo.mx/logistics-eng/services/ckdmkdskd/>

Siemens PLM Software, Plant Simulation, 2015 [cit. 28-6-2015] Dostupné z WWW: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml)

ŠKODA AUTO a.s., Výroční zpráva 2014 [online], 2015, [cit. 2-7-2015], Dostupné z WWW: <http://www.skoda-auto.com/SiteCollectionDocuments/company/investors/>

[annual-reports/cs/skoda-annual-report-2014.pdf](#)

## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr 1 Schéma výroby - základní .....	8
Obr. 2 Průběžné zlepšování procesu .....	9
Obr. 3 Vztah managementu a fyzického procesu při řízení výroby .....	12
Obr. 4 Vztah řízení výroby a logistiky .....	13
Obr. 5 Princip push.....	13
Obr. 6 Princip pull.....	14
Obr. 7 Struktura MRP .....	15
Obr. 8 Struktura MRP II .....	16
Obr. 9 Jak „úzké místo“ určuje velikost průtoku v podniku .....	17
Obr. 10 Prvky procesu standardizace .....	20
Obr. 11 Třídění pracovního času pracovníka .....	23
Obr. 12 Stupeň výkonu dle LMS.....	26
Obr. 13 Nivelizace časové náročnosti .....	26
Obr. 14 Struktura typů modelování.....	30
Obr. 15 Fáze simulačního projektu.....	35
Obr. 16 Grafické znázornění konceptuálního modelu .....	44

### Seznam tabulek

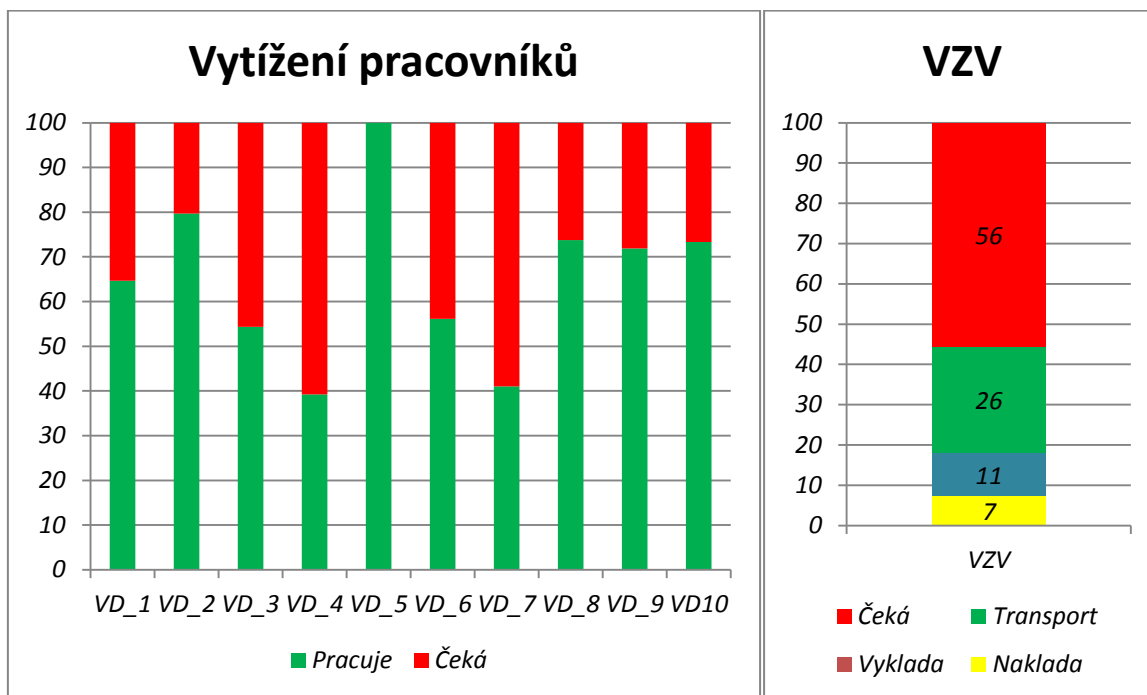
Tab. 1 Seznam analýz Taktu 1 .....	47
Tab. 2 Seznam analýz Taktu 2.....	47
Tab. 3 Seznam analýz Taktu 3.....	48
Tab. 4 Seznam analýz Takt 4.....	49
Tab. 5 Seznam analýz vnitřní příbalové díly.....	49
Tab. 5 Seznam analýz vnější příbalové díly .....	50

Tab. 6 MTM Analýza fixace dílu .....	50
Tab. 7 MTM analýza modulu přípravy vrutu .....	51
Tab. 8 MTM analýza modulu utažení dvou vrutů pro fixaci dílu.....	52
Tab. 9 Upravená MTM analýza fixace dílu .....	52
Tab. 10 Seznam analýz rack A7.....	53
Tab. 11 Seznam analýz rack B6.....	55
Tab. 12 Vstupní data – časové náročnosti gumový pás .....	58
Tab. 13 Vstupní data – časové náročnosti oblast převěšení .....	59
Tab. 14 Vstupní data – časové náročnosti oblast přípravy racku .....	59
Tab. 15 Vstupní data – mixy karoserií .....	59
Tab. 16 Vstupní data – upravené časové náročnosti gumový pás .....	62
Tab. 17 Vstupní data – upravené časové náročnosti přípravy racku .....	63
Tab. 18 Náklady na jednoho operátora při patnácti směnném provozu .....	63

## Seznam příloh

Příloha č. 1 Výsledky modelu pro variantu A mixu karoserí.....	71
Příloha č. 2 Výsledky modelu pro variantu B mixu karoserí.....	72
Příloha č. 3 Výsledky modelu po variantu C mixu karoserí.....	73
Příloha č. 4 Výsledky upraveného modelu pro variantu A mixu karoserí .....	74
Příloha č. 5 Výsledky upraveného modelu pro variant B mixu karoserí .....	75
Příloha č. 6 Výsledky upraveného modelu pro variantu C mixu karoserí.....	76
Příloha č. 7 Výsledky upraveného modelu pro variantu C mixu karoserí po přerozdělení činností na pracovišti racku .....	77

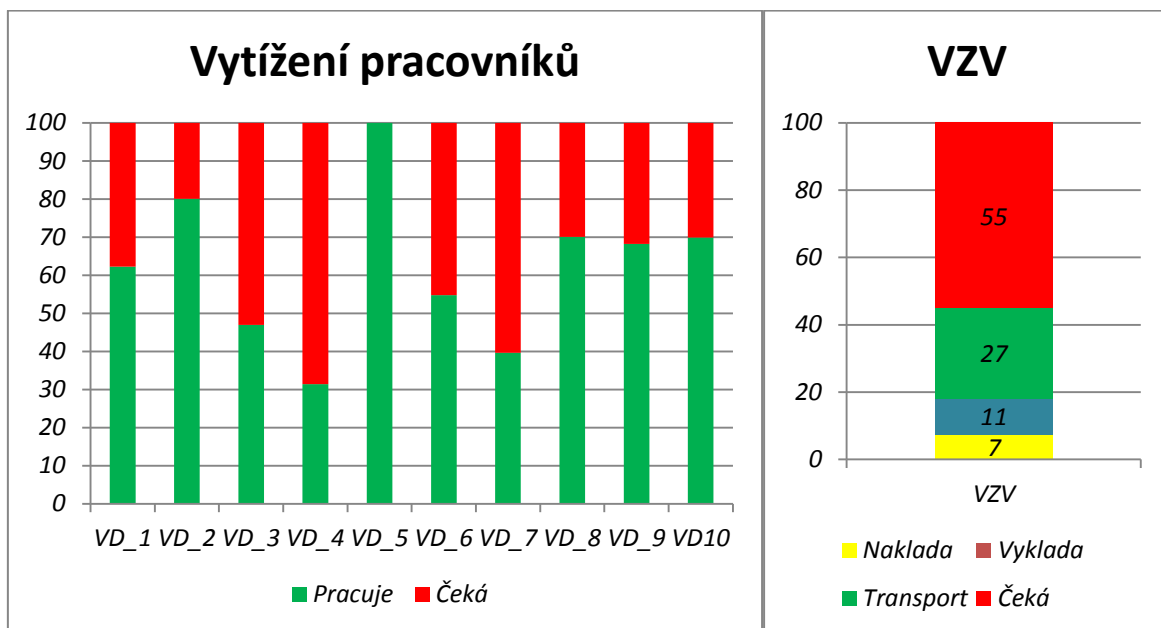
## Příloha č. 1 Výsledky modelu pro variantu A mixu karoserií



### Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	5	6	11
1	2	7	5	12
1	3	6	6	12
2	1	6	5	11
2	2	6	6	12
2	3	6	6	12
3	1	6	6	12
3	2	6	6	12
3	3	6	6	12
4	1	6	6	12
4	2	6	6	12
4	3	6	6	12
5	1	6	6	12
5	2	6	6	12
5	3	6	6	12

## Příloha č. 2 Výsledky modelu pro variantu B mixu karoserií

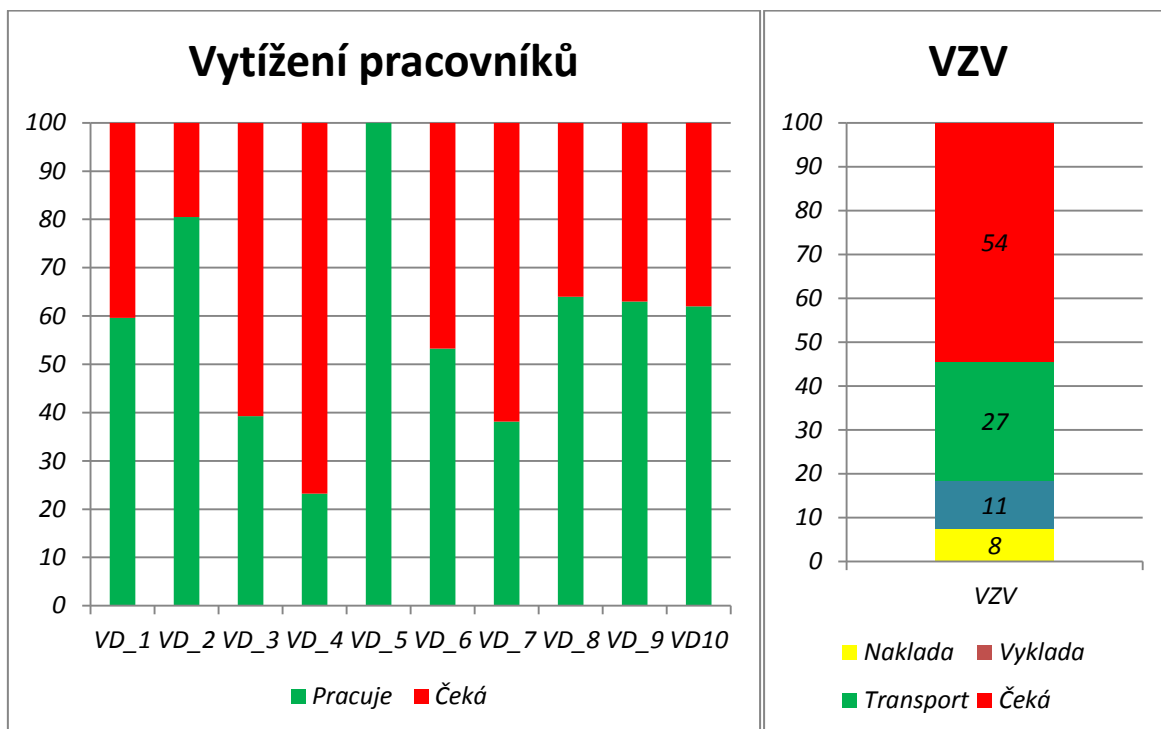


### Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	8	3	11
1	2	9	3	12
1	3	9	3	12
2	1	9	3	12
2	2	9	3	12
2	3	9	3	12
3	1	9	3	12
3	2	9	3	12
3	3	9	3	12
4	1	9	2	11
4	2	9	3	12
4	3	9	3	12
5	1	9	3	12
5	2	9	3	12
5	3	9	3	12



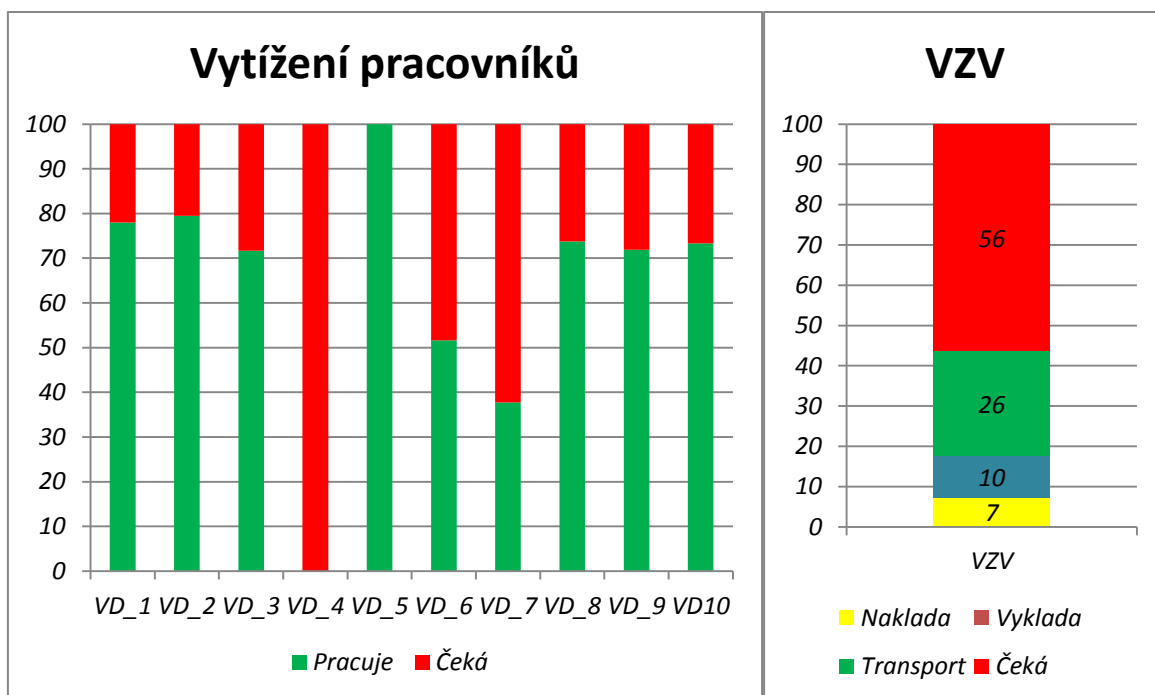
## Příloha č. 3 Výsledky modelu po variantu C mixu karoserií



## Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	11	0	11
1	2	11	0	12
1	3	12	0	12
2	1	12	0	12
2	2	12	0	12
2	3	12	0	11
3	1	12	0	12
3	2	12	0	12
3	3	12	0	12
4	1	12	0	12
4	2	12	0	12
4	3	11	0	12
5	1	12	0	12
5	2	12	0	12
5	3	12	0	12

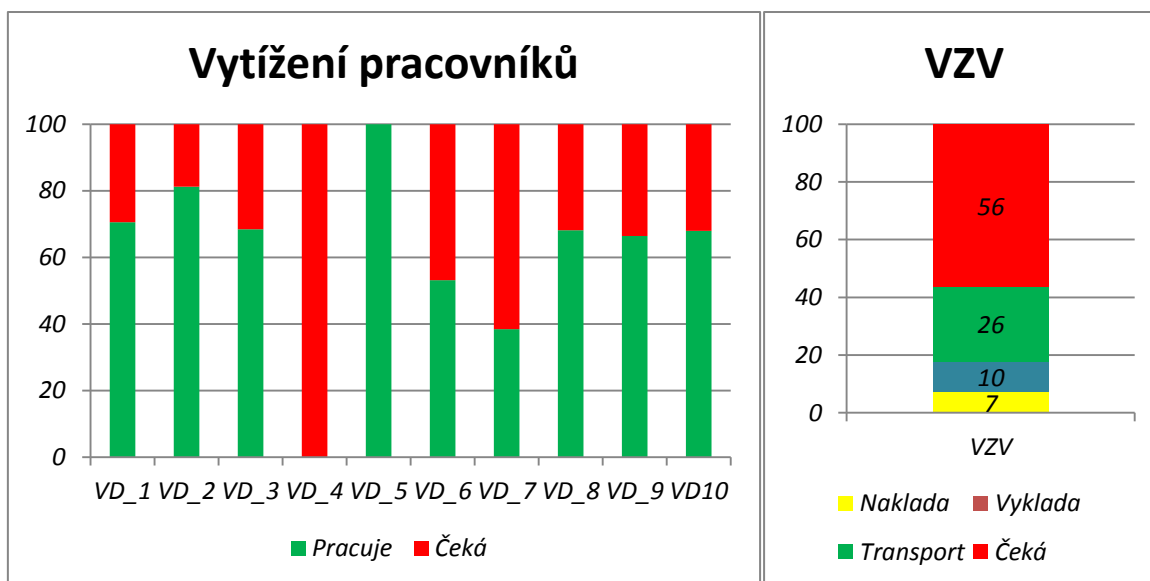
## Příloha č. 4 Výsledky upraveného modelu pro variantu A mixu karoserií



### Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	6	6	12
1	2	5	6	11
1	3	6	6	12
2	1	6	6	12
2	2	6	6	12
2	3	6	6	12
3	1	6	6	12
3	2	6	6	12
3	3	6	6	12
4	1	6	6	12
4	2	6	6	12
4	3	6	6	12
5	1	6	6	12
5	2	6	6	12
5	3	6	5	11

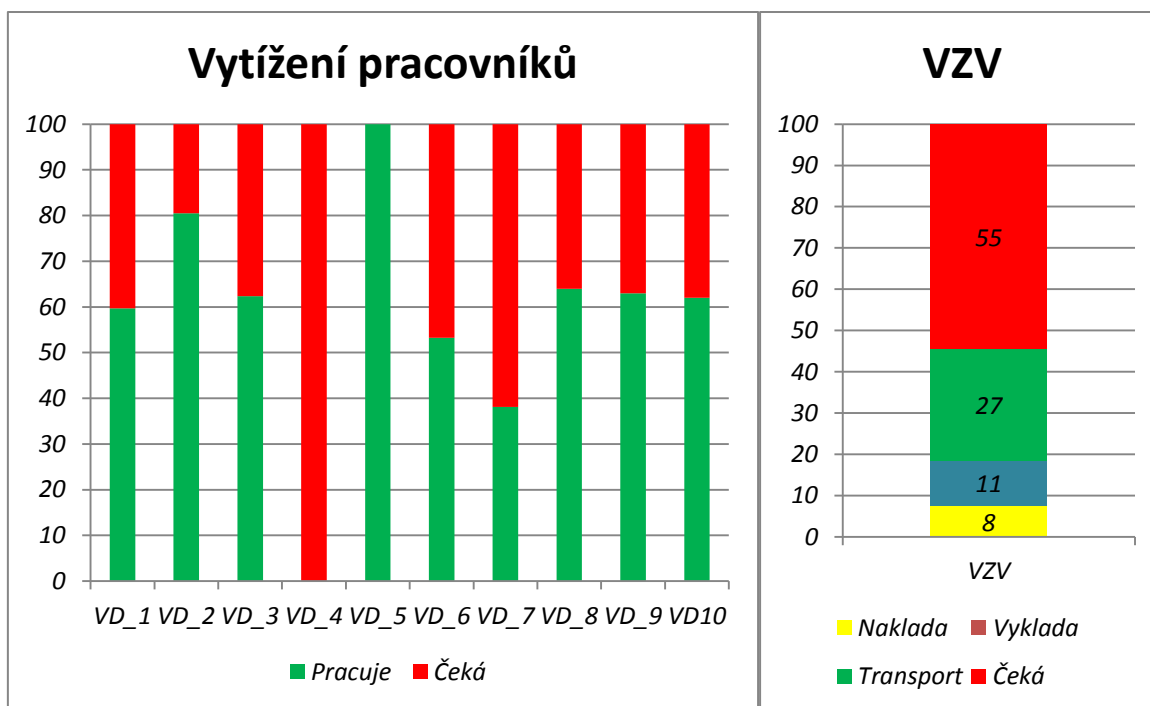
## Příloha č. 5 Výsledky upraveného modelu pro variant B mixu karoserií



### Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	9	3	12
1	2	9	3	12
1	3	9	2	11
2	1	9	3	12
2	2	9	3	12
2	3	9	3	12
3	1	9	3	12
3	2	9	3	12
3	3	9	3	12
4	1	9	3	12
4	2	9	3	12
4	3	9	3	12
5	1	8	3	11
5	2	9	3	12
5	3	9	3	12

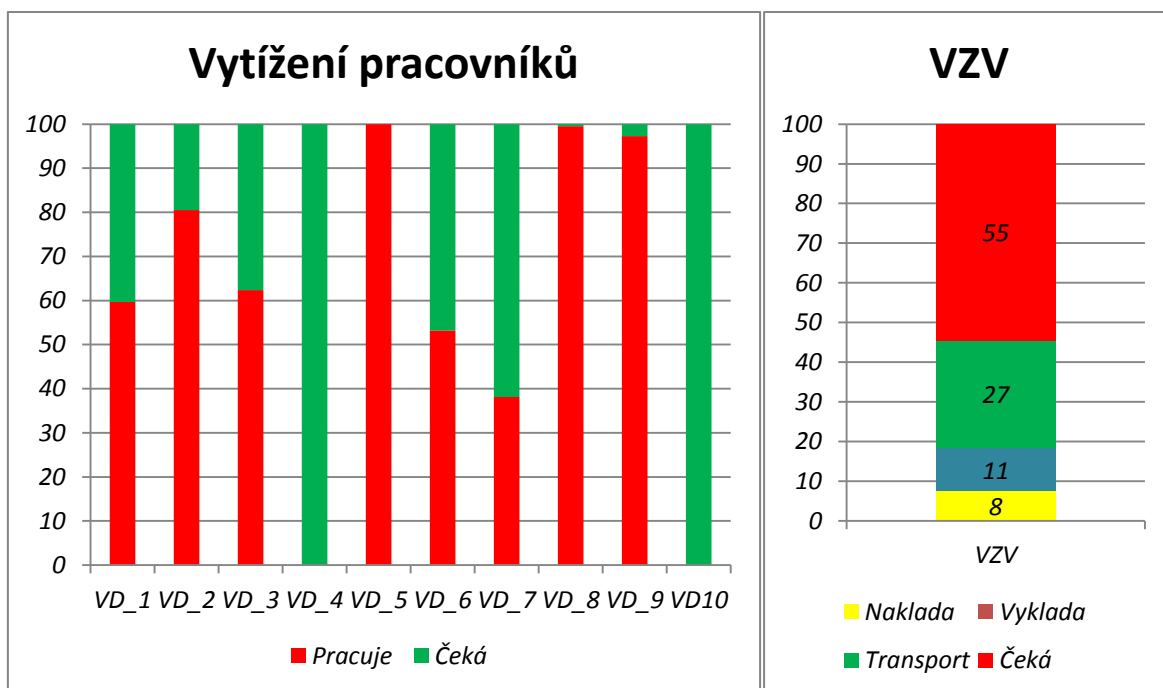
## Příloha č. 6 Výsledky upraveného modelu pro variantu C mixu karoserií



### Týdenní produkce

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	11	0	11
1	2	11	0	12
1	3	12	0	12
2	1	12	0	12
2	2	12	0	12
2	3	12	0	11
3	1	12	0	12
3	2	12	0	12
3	3	12	0	12
4	1	12	0	12
4	2	12	0	12
4	3	11	0	12
5	1	12	0	12
5	2	12	0	12
5	3	12	0	12

**Příloha č. 7 Výsledky upraveného modelu pro variantu C mixu karoserií po přerozdělení činností na pracovišti racku**



**Týdenní produkce**

Den	Směna	A7	B6	Celkem
1	1	12	0	12
1	2	12	0	12
1	3	11	0	11
2	1	12	0	12
2	2	12	0	12
2	3	12	0	12
3	1	12	0	12
3	2	12	0	12
3	3	12	0	12
4	1	11	0	11
4	2	12	0	12
4	3	12	0	12
5	1	12	0	12
5	2	12	0	12
5	3	12	0	12

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	Bc. Vojtěch Mikolášek		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	6208T088 Podniková ekonomika a management provozu		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Přínosy počítačové simulace při řešení logistického projektu ve ŠKODA AUTO a.s.		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Ing. David Holman, Ph.D.		
<b>KATEDRA</b>	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2015
<b>POČET STRAN</b>	77		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	16		
<b>POČET TABULEK</b>	18		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	7		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Práce je zaměřena na tvorbu simulačního modelu a na proces, kterým se takový model tvoří.</p> <p>V teoretické části je popsáno řízení výroby, standardizace, metody MTM a simulační modelování.</p> <p>Hlavní cíle práce jsou popsány činnostmi prováděnými na zkoumané oblasti a jejich znormování pomocí metod MTM. Na základě těchto analýz dále pak vytvoření simulačního modelu, který pomůže zjistit vytíženost jednotlivých pracovníků.</p> <p>Výsledkem práce je popsání zkoumané oblasti pomocí norem, vytvoření modulového systému analýz, který zjednodušuje jejich sestavování, určení úzkého místa systému, určení vlivu mixu karoserií na vytíženost pracovníků a kvantifikace možné úspory na pracovišti.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Standardizace, výrobní logistika, řízení výroby, MTM, počítačová simulace		
<b>PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne</b>			

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	Bc. Vojtěch Mikolášek		
<b>FIELD</b>	6208T088 Production Management and Global Business		
<b>THESIS TITLE</b>	Benefits of computer simulation during logistic project in ŠKODA AUTO a.s.		
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. David Holman, Ph.D.		
<b>DEPARTMENT</b>	KLRK - Department of Logistics and Quality Management	<b>YEAR</b>	2015
<b>NUMBER OF PAGES</b>	77		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>	16		
<b>NUMBER OF TABLES</b>	18		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>	7		
<b>SUMMARY</b>	<p>Thesis is focused on creating of simulation model and on the process of its creation.</p> <p>Production management, standardization, MTM methods and simulation modelling are described in theoretical part of the thesis.</p> <p>Main goals of thesis are description of performed activities on researched area and their normalization by MTM methods. On basis of these analysis creation of simulation model, which will provide information about workload of each operator in the area.</p> <p>Outcomes of thesis are description of researched area through norms, creation of modular system of norms, which aids with further compilations, defining the bottleneck of the system, defining influence of mix of bodyworks on workload of operators and quantification of possible savings on the workplace</p>		
<b>KEY WORDS</b>	Standardization, production management, MTM, computer simulation		
<b>THIS IS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No</b>			