

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Navýšení kapacity výrobní linky

Autor: **Mgr. Filip KNAPP**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, Doc. Ing. Michalovi Šimonovi, Ph.D. a konzultantovi, Ing. Markovi Burešovi, Ph.D. za odborné rady a informace a především čas a energii, které mi při zpracování této práce věnovali. Zároveň bych chtěl poděkovat členům Katedry průmyslového inženýrství a managementu za poskytnuté vzdělání a předané zkušenosti. A na závěr chci poděkovat své rodině za bezmeznou podporu a trpělivost, které prokazovali v průběhu celého mého studia. Děkuji!

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Mgr. Knapp	Jméno Filip	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Navýšení kapacity výrobní linky		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	82	TEXTOVÁ ČÁST	54	GRAFICKÁ ČÁST	28
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Předmětem této diplomové práce je zpracování návrhu na navýšení kapacity výrobní linky ve vybraném průmyslovém podniku. V teoretické části jsou uvedeny základní pojmy, termíny a metody spojené s analýzou, hodnocením a účinným ovlivňováním produktivity výrobních systémů. V praktické části je uveden popis vybrané společnosti a jejího výrobního systému. Následuje popis postupu zprůchodnění výrobní jednotky. Důraz je kladen především na analýzu výchozího stavu, určení úzkých míst a jejich postupné zprůchodňování prostřednictvím vybraných metod pracovních studií.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Výroba, kapacita, racionalizace, pracovní studie, spotřeba času, prostorové uspořádání, zprůchodnění</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Mgr. Knapp	Name Filip	
FIELD OF STUDY	2301T007 „Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Increasing capacity of production line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	82	TEXT PART	54	GRAPHICAL PART	28
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>Subject of this diploma work is elaboration of proposal for increasing of capacity of production line in a chosen industrial company. Theoretical part describes basic terms and methods associated with analysis, evaluation and effective management of productivity of production systems. Practical part describes chosen industrial company and its production system. After that procedure of increasing of capacity of production line follows. The accent is put especially on thorough analysis of the initial state of assembly line, detection of bottlenecks and increasing of capacity preferentially by the means of chosen methods of working studies.</p>
KEY WORDS	<p>Production, Capacity, Rationalisation, Work Studies, Time consumption, Layout, Capacity increase</p>

OBSAH

OBSAH	6
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	10
Přehled použitých zkratk	10
Úvod.....	11
1 Teoretická část - základní pojmy, metody a nástroje použité při řešení DP.....	13
1.1 Výroba a výrobní proces.....	13
1.1.1 Výroba.....	13
1.1.2 Výrobní procesy v průmyslovém podniku	15
1.2 Normování.....	16
1.2.1 Druhy norem	16
1.2.2 Metody stanovení výkonových norem	18
1.2.3 Klasifikace spotřeby času dle metodiky REFA.....	19
1.3 Zprůchodňování výrobních systémů.....	24
1.3.1 Produktivita výroby.....	24
1.3.2 Faktory ovlivňující produktivitu výroby	25
1.3.3 Pracovní studie	30
1.3.4 Postup zprůchodňování výrobních systémů	41
2 Praktická část	44
2.1 O společnosti IDEAL AUTOMOTIVE BOR, s.r.o.	44
2.1.1 Základní údaje.....	44
2.1.2 Hlavní předmět podnikání	44
2.1.3 Historie společnosti Ideal Automotive	44
2.1.4 Technologie:.....	44
2.1.5 Produkty:	45
2.1.6 Konkurenti	45
2.1.7 Zákazníci	45
2.2 Úvod do projektu	46
2.2.1 Základní informace o projektu	46
2.2.2 Základní informace o výrobku	47
2.3 Úvod do procesu.....	49
2.3.1 Základní informace o procesu	49
2.3.2 Výchozí nastavení procesu	51
2.4 Rozbor výchozího stavu	51
2.4.1 Volba nástrojů	51
2.4.2 Studie výrobního postupu.....	52
Hodnocení spotřeby času	59
2.4.3 Přímé měření skutečné spotřeby času dle REFA.....	59
2.4.4 Nepřímé měření spotřeby času člověka metodikou MTM	63
Hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání	70

2.4.5	Spaghetti diagram.....	70
2.4.6	Sankeyův diagram.....	73
2.5	Návrh na řešení navýšení kapacity výrobní linky.....	76
2.5.1	Stanovení nejdelšího přípustného času na operaci	76
2.5.2	Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Vstřikování.....	79
2.5.3	Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Svařování	82
2.5.4	Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Montáž 1	91
2.5.5	Shrnutí navrhovaných racionalizačních opatření	98
2.6	Vyjádření nákladů na realizaci navrhovaného řešení	100
2.6.1	TCO – celkové náklady vlastnictví	100
2.6.2	TBO - Celkové přínosy vlastnictví.....	101
2.6.3	ROI - Výpočet návratnosti investice	101
2.7	Vyjádření časové náročnosti.....	103
3	Závěrečné hodnocení navrhovaného řešení	104
3.1	Neekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.....	104
3.1.1	Hodnocení technického návrhu řešení.....	104
3.1.2	Přínosy navrhovaného řešení.....	104
3.2	Ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.....	105
	Závěr.....	106
	Seznam použité literatury.....	107

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma výrobního procesu [Vlastní tvorba]	13
Obrázek 2: Přehled norem spotřeby práce [Vlastní tvorba]	16
Obrázek 3: Klasifikace spotřeby času pracovníka dle REFA	21
Obrázek 4: Klasifikace spotřeby času výrobního zařízení dle REFA	23
Obrázek 5: Základní struktury výrobních systémů [11].....	26
Obrázek 6: Layout v AutoCAD2017 [Vlastní tvorba]	27
Obrázek 7: Ukázka RULA analýzy v Delmia Human [Vlastní tvorba]	28
Obrázek 8: Pracovní prostor [5].....	29
Obrázek 9: Schematický přehled pracovních studií [Vlastní tvorba].....	30
Obrázek 10: Ukázka layoutu ve 2D v prostředí AutoCAD 2017 LT [Vlastní tvorba].....	36
Obrázek 11: Ukázka layoutu ve 3D pomocí softwaru ViSTable [12].....	37
Obrázek 12: Ukázka Spaghetti diagramu [7]	39
Obrázek 13: Ukázka Sankeyho diagramu [4].....	40
Obrázek 14: Schéma postupu zprůchodňování výrobních systémů [Vlastní tvorba].....	41
Obrázek 15: Zákazníci firmy Ideal Automotive Bor, s.r.o. [Vlastní tvorba].....	45
Obrázek 16: VW326 - Smluvní roční odvolávané množství zákazníkem VW [Vlastní tvorba].....	46
Obrázek 17: VW 326 Boční textilní výplně zavazadlového prostoru - umístění ve vozu [7]	47
Obrázek 18: VW 326 SVKL - kusovník levá strana [Vlastní tvorba].....	48
Obrázek 19: VW 326 SVKL - kusovník pravá strana [Vlastní tvorba].....	48
Obrázek 20: TAG5 – výchozí prostorové uspořádání výrobní linky pro projekt VW 326 [Vlastní tvorba]	50
Obrázek 21: TAG5 Pracoviště #1 - Vstřikování [Vlastní tvorba]	53
Obrázek 22: TAG5 Pracoviště #2 - Svařování [Vlastní tvorba].....	54
Obrázek 23: TAG5 Pracoviště #3 - Montáž 1 [Vlastní tvorba].....	55
Obrázek 24: TAG5 Pracoviště #4a - Montáž 2 [Vlastní tvorba].....	55
Obrázek 25: TAG5 Pracoviště #4b - Montáž 2 [Vlastní tvorba].....	56
Obrázek 26: TAG5 Pracoviště #5 - Výstupní kontrola a balení [Vlastní tvorba].....	57
Obrázek 27: VW326 SVKL - Výrobní postupový diagram [Vlastní tvorba].....	58
Obrázek 28: Časový snímek operace Vstřikování_str.1 [Vlastní tvorba]	61
Obrázek 29: Časový snímek operace Vstřikování_str.2 [Vlastní tvorba]	62
Obrázek 30: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.1 [Vlastní tvorba]	65
Obrázek 31: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.2 [Vlastní tvorba]	66
Obrázek 32: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.3 [Vlastní tvorba]	67
Obrázek 33: VW326 Výsledky časových snímků cyklické práce jednotlivých operací	69
Obrázek 34: Výrobní jednotka TAG5 Projekt VW326 - Diagram pohybu osob [Vlastní tvorba]	71
Obrázek 35: Výrobní jednotka TAG5 Projekt VW326 - Diagram pohybu materiálu [Vlastní tvorba].....	74
Obrázek 36: TAG5 Pracoviště 1 - Vstřikování plastové nosné části bočního obložení [Vlastní zdroj].....	79
Obrázek 37: TAG5 Pracoviště #1 operace Vstřikování – procesní tok [Vlastní tvorba].....	80
Obrázek 38: Operace vstřikování - graf průběhu vstřikovacího cyklu [Vlastní tvorba].....	81
Obrázek 39: TAG5 Pracoviště 2 – Ultrazvukové svařování [Vlastní zdroj]	83
Obrázek 40: Graf efektivity spotřeby času Svařovacího automatu [Vlastní tvorba].....	84
Obrázek 41: Graf efektivity spotřeby času Operátora #2 [Vlastní tvorba].....	85
Obrázek 42: Graf efektivity spotřeby času Operátora #2 [Vlastní tvorba].....	86
Obrázek 43: Diagram člověk-stroj operace Svařování - Varianta 1stroj + 2 operátoři [Vlastní tvorba].....	86
Obrázek 44: Operace Svařování – Původní stav a navrhovaný stav [Vlastní tvorba].....	88
Obrázek 45: Efektivita spotřeby času Svařovacího automatu – navrhované řešení [Vlastní tvorba].....	89
Obrázek 46: Efektivita spotřeby času Operátora – navrhované řešení [Vlastní tvorba]	90
Obrázek 47: Diagram člověk-stroj Varianta 1stroj + 1 operátor – navrhované řešení [Vlastní tvorba].....	90
Obrázek 48: TAG5 Pracoviště 3 – Montáž 1 Re [Vlastní zdroj].....	91
Obrázek 49: Rozpěra [7]	92
Obrázek 50: TAG5 Pracoviště 3 - Montáž 1: Dostupnost Rozpěry - výchozí stav [Vlastní tvorba].....	93
Obrázek 51: TAG5 Pracoviště 3 - Montáž 1: Dostupnost Rozpěry - navrhovaný stav [Vlastní tvorba].....	93
Obrázek 52: Tlumení [7].....	94
Obrázek 53: TAG5 Pracoviště #3 Montáž 1 – pracovní pozice [Vlastní tvorba].....	95
Obrázek 54: Přípravek lepení: Vlevo - výchozí stav, vpravo - po zkrácení madla a dodání úkosu	95
Obrázek 55: Montáž 1: Dostupnost a množství Tlumení - výchozí stav [Vlastní tvorba]	96
Obrázek 56: Montáž 1: Dostupnost a množství Tlumení - navrhovaný stav [Vlastní tvorba]	96
Obrázek 57: Montáž 1: Vizuální kontrola počtu a dostupnosti Tlumení - výchozí stav [Vlastní tvorba]	97

Obrázek 58: Montáž 1: Vizuální kontrola počtu a dostupnosti Tlumení - navrhovaný stav [Vlastní tvorba].....	97
Obrázek 59: TAG5 Projekt VW326: Layout výrobní linky po navrhovaných změnách + souhrn navrhovaných změn [Vlastní tvorba].....	99

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled základních symbolů používaných v procesních diagramech	38
Tabulka 2: Výsledky náměrů spotřeby času na operaci metodikou REFA [Vlastní tvorba]	63
Tabulka 3: Výsledky náměrů spotřeby času na operaci metodikou MTM-1 [Vlastní tvorba]	68
Tabulka 4: Porovnání výsledků náměrů metodikou REFA a MTM-1 [Vlastní tvorba]	68
Tabulka 5: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Svařovacího automatu [Vlastní tvorba]	84
Tabulka 6: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Operátora #2 [Vlastní tvorba]	85
Tabulka 7: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Operátora #3 [Vlastní tvorba]	85
Tabulka 8: Spotřeba času Svařovacího automatu – navrhované řešení [Vlastní tvorba]	88
Tabulka 9: Spotřeba času Operátora – navrhované řešení [Vlastní tvorba]	89
Tabulka 10: TAG5 Projekt VW326 - Srovnání základních časů na operaci výchozí x navrhovaný stav	98
Tabulka 11: Položky zahrnuté do výpočtu TCO [Vlastní tvorba]	100
Tabulka 12: Položky zahrnuté do výpočtu TBO [Vlastní tvorba]	101
Tabulka 13: Vývoj celkových nákladů a celkových přínosů investice v čase [Vlastní tvorba]	101

Přehled použitých zkratk

ATO	Assemble To Order - Výrobní strategie nazvaná Montáž na objednávku
d	Pracovní den
FCA	Free Carrier - vyplaceně dopravci (podmínky mezinárodního obchodu Incoterms)
h	Pracovní hodina
KLT	Standardizovaný manipulační obal
Li	Links - Levá
MTM	Methods Time Measurement – systém předem stanovených časů
PP	Polypropylen
Q_p	Kapacita
Re	Rechts - Pravá
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung – soukromá organizace zabývající se pracovními studii
$S_{\check{c}}$	Měrná spotřeba pracovního času
SVKL	Boční výplň zavazadlového prostoru
TAG	Teilautonome Arbeitsgruppe - Částečně autonomní pracovní skupina
t_A	Jednotkový čas práce
t_{au}	Čas na výrobu zmetků
t_{er}	Čas na zotavení
t_g	Základní čas
TMU	Time Measurement Unit – časová jednotka
t_p	Využitelný časový fond
t_r	Čas na přípravu
t_v	Poměrný čas
t_z	Ztrátový čas
V_p	Výkon (produktivita)
VW	Volkswagen
2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný

Úvod

Základní činností každého průmyslového podniku jako výrobního systému je výroba, která v rozhodující míře ovlivňuje efektivnost hospodaření podniku a konkurenceschopnost jeho výrobků. Úroveň výroby lze posuzovat prostřednictvím různých ukazatelů, klíčovým a nejčastěji využívaným ukazatelem je ukazatel produktivity. Produktivitou ve vztahu k výrobním systémům obecně rozumíme množství užitečných hodnot, které je výrobní systém schopen zhotovit za jednotku času, zpravidla za hodinu. Produktivita závisí na mnoha ovlivňujících faktorech, jako je charakter výrobního programu, pracovní prostředí, pracnost výroby, technické vybavení, osobní předpoklady pracovníků, anebo způsob řízení a organizace práce na pracovišti. Z toho důvodu je produktivita považována za ukazatele celkové vyzrálosti výrobního systému a souvisejících procesů. S touto vlastností je třeba počítat při jejím řízení. Protože produktivita je jedním z významných faktorů tvorby ekonomické přidané hodnoty a tím plnění cílů podniku, je třeba ji průběžně sledovat, vyhodnocovat a programově ovlivňovat, aby prostřednictvím jejího ovlivňování docházelo k zvyšování konkurenceschopnosti podniku.

Předmětem diplomové práce je zpracování návrhu na navýšení kapacity výrobní linky na výrobu textilních výplní zavazadlového prostoru vozu VW Tiguan v průmyslovém podniku Ideal Automotive Bor, s.r.o. Zadání je specifické tím, že podnět k navýšení kapacity nevzešel z interních potřeb společnosti Ideal Automotive Bor, s.r.o., například kvůli upadající výkonnosti výroby anebo požadavku na navýšení zisku společnosti, ale přišel ze strany zákazníka Volkswagen. Ten kvůli vysokému zájmu koncových uživatelů o model VW Tiguan po jeho uvedení na trh společnost Ideal Automotive oslovil s požadavkem na zpracování návrhu na trvalé 15% navýšení objemu výrobků dodávaných za rok. Pro společnost Ideal Automotive Bor, s.r.o. tento požadavek znamenal navýšení kapacity výrobní linky odpovídající požadovanému navýšení objemu dodávek za shodné časové období. Podmínkou zákazníka bylo zachování současného třísměnného pracovního režimu a podržení rezervní kapacity čtvrté směny pro vykrytí případných neplánovaných odstávek anebo pro případ skokového navýšení odvolávek společností Volkswagen nad rámec smluvních kapacit. Přáním zákazníka bylo kvůli minimalizaci nákladů navýšení kapacity výrobní linky řešit přednostně formou racionalizace, až v případě nutnosti prostřednictvím nezbytně nutných investic, které zákazník přislíbil, na základě dodaných podkladů, společnosti uhradit. Podmínkou bylo dodržení předepsané technologie a zachování jakosti výrobků. Očekávaným výstupem projektu byl technický návrh řešení zprůchodnění výrobního procesu s vyjádřením nákladů na realizaci navrženého řešení a odhadem času potřebného na realizaci.

Cílem této diplomové práce je, na základě zadání společnosti VW, zpracování návrhu na navýšení výchozí kapacity výrobní linky o 15% při zachování pracovního režimu, dodržení předepsané technologie a zachování jakosti výrobků. Navýšení bude v případě proveditelnosti přednostně řešeno formou racionalizace stávajícího stavu. Výstupem bude technický návrh řešení navýšení kapacity s vyjádřením nákladů na realizaci navrženého řešení a odhadem času potřebného na realizaci.

Teoretická část diplomové práce bude věnována úvodu do problematiky ovlivňování výrobních kapacit průmyslových podniků. Nejprve bude uveden popis výroby a výrobních procesů a jejich členění podle jejich charakteru. Dále bude zmíněno normování práce a pracovního výkonu a jeho význam pro efektivní řízení výroby a zajištění potřebné výkonnosti výrobního procesu, zmíněny budou metody stanovení norem práce a klasifikace spotřeby času, která při zkoumání účelnosti vynakládání času pomáhá odlišit od sebe jednotlivé druhy časů. Následující část bude věnována teorii zprůchodňování výrobních systémů. Nejprve bude uveden způsob měření a posuzování produktivity práce, dále budou uvedeny klíčové faktory

ovlivňující průchodnost výrobních systémů. Následovat bude popis obecného postupu zprůchodňování výrobních systémů uplatnitelný v průmyslových podnicích a na závěr teoretické části budou uvedeny a popsány pracovní studie, které jsou nedílnou součástí získávání informací a poznatků o vlastnostech výroby a posuzování vlivu jednotlivých faktorů, které ji ovlivňují.

Praktická část práce bude věnována návrhu na navýšení kapacity výrobní linky ve vybraném podniku. Nejprve bude uveden popis vybrané společnosti, dále budou představeny základní informace o výrobku, jeho umístění a funkci ve voze a jeho složení. Na představení výrobku naváže představení výrobní linky, jejího prostorového uspořádání a popisu organizace práce na jednotlivých pracovištích. Stěžejní částí praktické části bude postup zprůchodnění výrobní linky. Důraz bude kladen na úvodní analýzu výchozího stavu a na určení úzkých míst a nedostatků výchozího nastavení. Po analýze a vyhodnocení výsledků rozboru budou postupně pro jednotlivé kritické operace výrobního procesu zpracovány návrhy na navýšení kapacit tak, aby ve výsledku došlo k požadovanému zprůchodnění celého procesu. Praktická část bude uzavřena závěrečným zhodnocením přínosů navrhovaného řešení, vyjádření nákladů na realizaci tohoto řešení a odhadem časové náročnosti jeho realizace.

1 Teoretická část - základní pojmy, metody a nástroje použité při řešení DP

1.1 Výroba a výrobní proces

1.1.1 Výroba

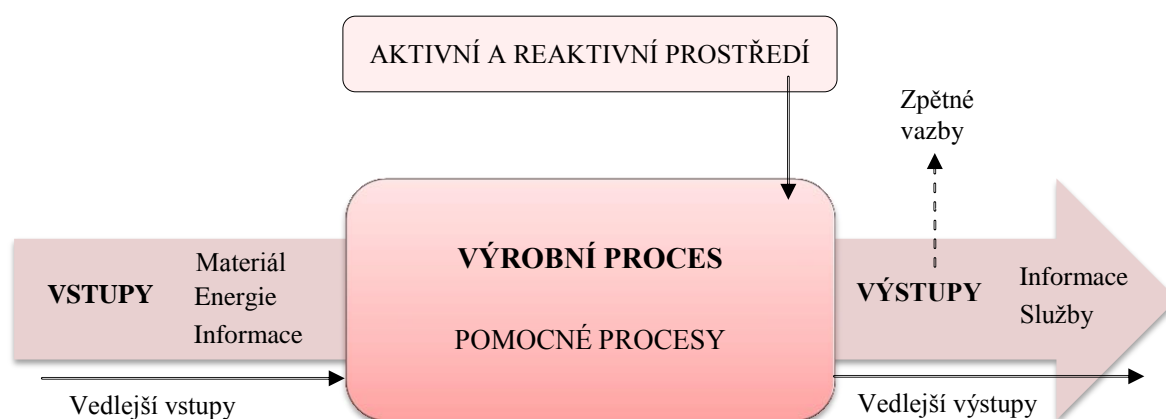
(Kapitola zpracována dle literatury [1], [2], [3], [4], [5], [6])

Základní činností každého průmyslového podniku jakožto výrobního systému je výroba, která svým působením zcela zásadně ovlivňuje efektivnost hospodaření podniku a konkurenceschopnost jeho výrobků. Z tohoto důvodu zaujímá výroba rozhodující postavení v rámci ostatních podnikových činností.

Výroba má řadu definic. Zde je zmíněna definice dle [6]:

„Výroba je výsledkem cílevědomého lidského chování, kdy za určitých podmínek a s využitím potřebných informací, dochází k transformaci vstupů (výrobních faktorů) v co nejhodnotnější výstupy (výrobky, služby).“

Výrobu lze tedy charakterizovat třemi základními elementy: vstupy, transformačním procesem a výstupy – viz *Obrázek 1*.



Obrázek 1: Schéma výrobního procesu [Vlastní tvorba]

Vstupy jsou představovány výrobními faktory, které jsou získávány na nákupním trhu. Těmi jsou jednak faktory potenciální (pracovní síla a výrobní prostředky), které se využívají jako výkonový potenciál v transformačním procesu a jednak faktory spotřební (základní materiál, pomocný materiál, provozní materiál a obchodní zboží).

Transformační proces je představován výrobními procesy, v rámci kterých dochází ke kombinaci výrobních faktorů při dodržení předem stanoveného postupu.

Výstupy jsou představovány výrobky nebo službami, které by měly odpovídat požadavkům odbytového trhu.

Členění výroby (Kapitola zpracována dle literatury [4], [5] a [6])

Výrobu je možné rozdělit podle několika hledisek:

a. Podle vyráběného množství

- **Kusová** – Pro kusovou výrobu je charakteristický velký počet variant výrobků v malém počtu kusů (jeden až maximálně 10 ks výrobků) v nepravidelných časových

intervalech. Výrobní program závisí na aktuálním rozsahu nabídky a výroba probíhá formou zakázkové výroby. Pro tento druh výroby se používají univerzální stroje a u pracovníků je nutná vysoká kvalifikace, odbornost a flexibilita.

- **Sériová** – Sériová výroba je výroba velkého množství stejných produktů (menší počet variant výrobků v počtu od 100 ks do 100 000) s použitím zaměnitelných standardizovaných součástí a dílů. Výroba probíhá v dávkách. Pro tento typ výroby se využívají automatizované systémy, moderní technologie, roboty, montážní linky. S rostoucím stupněm sériovosti se přechází od univerzálních k jednoúčelovým strojům a výrobním linkám. Sériová výroba vyžaduje velmi přesné řízení a plánování a může být prováděna jako zakázková výroba nebo výroba na sklad. Sériovou výrobu rozlišujeme podle velikosti výrobní série na malosériovou, středně sériovou a velkosériovou.
- **Hromadná** – Hromadná výroba je extrémním případem opakované výroby. Vyznačuje se produkcí jen jednoho nebo několika málo druhů výrobků ve velkých objemech. Je typická vysokou mírou opakovanosti a relativně dlouhou ustáleností výroby. S výhodou se využívají jednoúčelové stroje s vysokou výkonností, jednotlivá pracoviště jsou úzce specializovaná, stejně tak i pracovníci. Typické množství vyráběných kusů je 100 000 ks a více. (např. spojovací materiál). Z pohledu efektivity spotřeby pracovního času a využití strojů a zařízení je tento typ výroby výrazně efektivnější, než předchozí typy výroby.

b. Podle spojitosti technologického procesu

- **Plynulá** – Plynulá výroba probíhá nepřerušovaně bez přestávek. V této výrobě dochází k propojování technologických a manipulačních procesů. Využívá se vysoký stupeň automatizace. Zastavení nebo rozběh tohoto typu výroby s sebou nese výrazné náklady. Typickým představitelem spojitě výroby je hutní a chemický průmysl.
- **Přerušovaná** – Při přerušované výrobě je výrobní proces přerušovaný netechnologickými operacemi s přestávkami. Přerušovaná výroba probíhá ve strojírenském a stavebním průmyslu.

c. Podle charakteru technologie

- **Mechanická** – Při mechanické technologii se mění tvar, kvalita a vlastnosti výrobků. Mechanická výroba je typická tím, že výrobek v jejím průběhu vzniká působením převážně mechanických sil na materiál. Výrobek přejímá vlastnosti vstupujícího materiálu. Příkladem je proces lisování, válcování, soustružení, frézování, atd.
- **Chemická** – Vlastnosti produktu v chemické výrobě jsou dány změnami vlastností látkové podstaty. Při chemické technologii výrobek vzniká působením přírodních sil na materiál. Vstupní vlastnosti materiálu a tím i výrobku se nemění. Jedná se např. o výrobu kovů, chemikálií, zpracování ropy, atd.
- **Biologická a biochemická** – Při tomto typu technologie jsou využívány přírodní procesy, při kterých dochází ke změně látkové podstaty surovin a materiálů. Biochemické procesy jsou charakteristické pro většinu potravinářských výrob, jako je zpracování mléka, uzenin, výroba piva, lihovin, apod.

1.1.2 Výrobní procesy v průmyslovém podniku

(Kapitola zpracována dle literatury [6])

„Pod pojmem výrobní proces rozumíme souhrn všech dějů při přeměně materiálů a surovin za účasti pracovní síly a výrobních prostředků ve výrobek.“ [6]

Pro analýzu a hodnocení výkonnosti výrobních procesů je vhodné výrobní procesy rozdělit na jednotlivé činnosti. Podle charakteru složek výrobního procesu dělíme výrobní proces na **činnosti technologické povahy a činnosti netechnologické povahy**.

Činnosti technologické povahy – Při činnostech technologické povahy dochází k bezprostřední přeměně materiálů a surovin v polotovary nebo výrobky. Protože tyto činnosti přetvářejí materiál záměrně a postupně mění tvar, rozměry, fyzikální vlastnosti, jakost a svým působením materiálu zvyšují užitnou hodnotu, jsou též označovány jako činnosti produktivní, nebo jako činnosti s přidanou hodnotou. Tento druh činností přináší užitek zákazníkovi a zákazník je ochoten za ně zaplatit. Pro výrobní podnik se tedy jedná o klíčové činnosti, které zajišťují příjmy podniku a které vyžadují největší péči. Příkladem činností technologické povahy jsou výrobní činnosti, jako je soustružení, frézování, vstřikování, lisování, montáž, apod.

Činnosti netechnologické povahy – Činnosti netechnologické povahy ve výrobním procesu slouží k podpoře a zajištění činností technologických, ale nedochází při nich k přímému vytváření užitné hodnoty. Tyto činnosti jsou sice za daných podmínek nezbytné pro realizaci činností technologických, protože však zvyšují náklady na daný produkt, aniž by přidávaly hodnotu pro zákazníka, označují se jako činnosti neproduktivní, nebo jako skryté plýtvání. Cílem podniku je tento druh činností minimalizovat.

Činnosti netechnologické povahy se v rámci výrobního procesu dále dělí na **činnosti logistické a ostatní činnosti**.

Při vymezení **logistických činností** vycházíme z definice materiálového toku, který je těmito činnostmi zajišťován. Materiálový tok je netechnologický pohyb materiálu výrobním procesem. Tento pohyb začíná vykládkou materiálu na území podniku a pokračuje přes sklady výrobních zásob a sklady výrobních jednotek přes sklady hotových výrobků a končí expedicí hotových výrobků. Pod logistické činnosti tedy řadíme činnosti jako doprava, manipulace, balení, skladování, apod.

Ostatní činnosti jsou činnosti netechnologické povahy, které nemají charakter činností logistických. Příkladem netechnologických činností jsou kontrolní činnosti, příprava výroby či autonomní údržba zajišťovaná výrobním personálem.

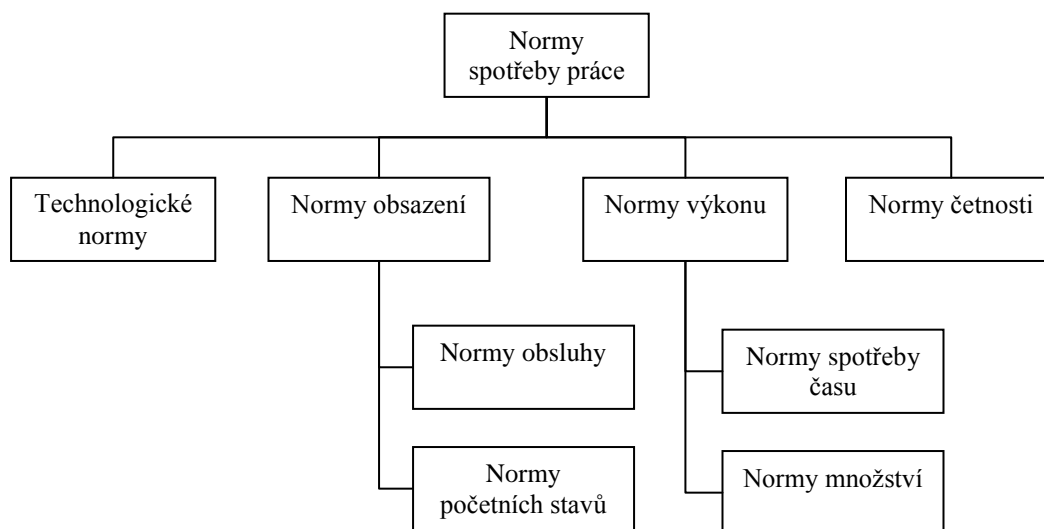
Zvláštní složkou pracovního procesu jsou **činnosti ztrátové**. U ztrátových činností rozlišujeme ztráty vzniklé pracovním režimem a ztráty vzniklé z organizačních příčin. Příkladem ztrát vzniklých pracovním režimem jsou odstávky mezi směnami, anebo dny pracovního klidu. Ztráty vzniklé z organizačních příčin jsou ztráty vzniklé z organizačně-technických nedostatků, jako je chybějící personál, chybějící materiál, technické odstávky strojů způsobené zanedbanou preventivní údržbou, apod. Ztrátové činnosti vzniklé z organizačních příčin nejsou nutné pro to, aby na výrobku vznikla přidaná hodnota a proto jsou označovány jako zjevné plýtvání. Protože tento druh činností nepřináší hodnotu zákazníkovi a zákazník za ni není ochoten zaplatit, cílem podniku je tento druh činností zcela odstranit.

1.2 Normování

(Kapitola zpracována dle literatury [1] a [6])

1.2.1 Druhy norem

Základem pro efektivní řízení výroby a zajištění potřebné výkonnosti výrobního procesu je stanovení takového postupu práce, který při daných technologických a organizačních možnostech zaručí co nejkratší časový průběh výrobního procesu při efektivním využití jeho činitelů a zároveň zajistí přijatelné pracovní podmínky. K tomuto účelu slouží normy. V souvislosti s výrobou a operacemi vykonávanými v průběhu směny hovoříme o pracovních normách nebo též normách spotřeby práce. Pro stanovení norem spotřeby práce v praxi máme na výběr z několika možností, které volíme dle zaměření a působení dané činnosti – viz *Obrázek 2*.



Obrázek 2: Přehled norem spotřeby práce [Vlastní tvorba]

TECHNOLOGICKÉ NORMY

Technologické normy uvádí údaje o optimálních, ekonomicky nejvhodnějších a v praxi dosažitelných podmínkách činností výrobního zařízení nebo pracovníků. Pro potřeby organizace a normování práce jsou to především údaje, z nichž lze vypočítat strojní čas, strojně ruční čas výrobního zařízení, popřípadě technické požadavky, ze kterých vyplývá potřebný způsob, sled vykonávání práce, požadavky na pracovníka. Technologické normy slouží i k výpočtu podmíněčně nutných přestávek, nebo k výpočtu norem četnosti, které např. udávají předepsaný počet měření, odběru zkoušek, vzorků.

NORMY OBSAZENÍ

Tento druh norem nám označuje vztah mezi počtem pracovníků a počtem jimi obsluhovaných objektů, jako jsou výrobní stroje či uživatelské služby. Hlavní rozdělení tohoto druhu norem je na normy obsluhy a početních stavů.

NORMY OBSLUHY

Normy obsluhy stanoví počet objektů obsluhy obsluhovaných jednotek, které má obsluhovat jeden pracovník, nebo počet pracovníků určitých profesí, specializací a kvalifikace, kterých je ve stejnou dobu zapotřebí k obsluze jednoho nebo více objektů obsluhy. Rozlišují se normy individuální a kolektivní obsluhy několika objektů a normy kolektivní obsluhy jednoho nebo více objektů. Normy obsluhy bývají většinou součástí norem, pro které platí norma času (množství) nebo výrobnosti zařízení.

NORMY POČETNÍCH STAVŮ

Norma početních stavů určuje, kolik je potřeba zaměstnanců na určitý druh práce. Pod touto normou si můžeme představit například počet nutných seřizovačů na 150 výrobních pracovníků, či počet mzdových účetní na 100 zaměstnanců.

NORMY VÝKONU

Výkonové normy určují spotřebu práce na výrobek či operaci vyjádřenou buď ve formě nutné spotřeby pracovního času k získání jednotkového množství výsledku práce (metr, kus), anebo množstvím výrobků či operací za jednotku času vynaloženém na tuto výrobu (hodina, směna). Ve strojírenství se nejčastěji vyskytují normy času, které jsou základní formou výkonových norem. Normy času se vyjadřují v tzv. normominutách, při větších objemech prací v normohodinách a to z důvodu rozdělení času normativního od času skutečného. Jejich převrácenou hodnotou jsou normy množství, které vyjadřují množství operací za jednotku času. Využívají se zejména u krátkých vysoce opakovaných operací ve velkosériové a hromadné výrobě, kdy je s ohledem na velice krátkou dobu trvání operace obtížné přesně změřit její délku. Nepřesné měření by mělo za následek chybné stanovení normy.

NORMY SPOTŘEBY ČASU

Normy spotřeby času určují množství času potřebného ke splnění úkolu pracovníkem či skupinou pracovníků ve vztahu k měrné jednotce produkce.

NORMY MNOŽSTVÍ

Normy množství značí obrácenou hodnotu normy spotřeby času a určují požadovaný výkon pracovníka, či skupiny, který je vyjádřený pomocí měrných jednotek [metr, kus] za jednotku času.

NORMY ČETNOSTI

Vyjadřují podíl normativní hodnoty určitého z hlediska operace nepravidelně se vyskytujícího úkonu pracovní činnosti na normě času dané operace.

Výsledkem normování jsou normativní podklady, které dále slouží například k určování ceny výrobků, stanovení času potřebného na splnění určitého pracovního úkolu, stanovení počtu pracovníků potřebných pro splnění pracovního úkolu, řízení kapacit výrobních úseků a výrobních zařízení, plánování a řízení výroby, odměňování pracovníků podle množství vykonané práce, anebo například ekonomickým výpočtům. Používání norem má odpovídat druhu a konkrétním podmínkám vykonávané pracovní činnosti a stanovené normy je nutné neustále aktualizovat a zkvalitňovat dle aktuálních podmínek pracovní činnosti.

1.2.2 Metody stanovení výkonových norem

(Kapitola zpracována dle literatury [6])

Důležitým předpokladem pro určení objektivních norem práce, tedy i výkonových norem, které jsou jejich součástí, je použití odpovídajících metod, podle typu a charakteru výroby a konkrétních výrobních podmínek. Pro stanovení norem spotřeby času se používají buď rozborové, nebo sumární metody.

Rozborové metody:

„Rozborové metody jsou metody, které zahrnují analýzu dané pracovní operace na úkony a pohyby, analýzu podmínek práce na daném pracovišti a určení normativní spotřeby času práce, obecně nutných i podmíněčně nutných přestávek k provedení dané pracovní operace stanovenou technologickým postupem za odpovídajících technických i organizačních podmínek práce.“ Text citován dle literatury [6].

Mezi rozborové metody patří:

- **Metoda rozborově výpočtová** – se provádí na základě revize stanoveného pracovního postupu a spočívá v rozboru pracovní operace na jednotlivé dílčí složky a ve výpočtu normy času na základě předem připravených časových normativů. Tuto metodu lze využít ve všech druzích a typech výroby, podmínkou však je existence předem daných normativů času. Předností této metody je, že normu času je při vhodně sestavených normativech možné stanovit snadněji a v kratší době, než u ostatních rozborových metod.
- **Metoda rozborově chronometrážní** – spočívá v důkladném rozboru operací a pro stanovení normativů využívá výsledky chronometrážního snímkování práce. Tuto metodu je vhodné využívat ve výroбах s vysokou opakovatelností v případě, že nejsou k dispozici normativy, nebo je třeba stávající normativy korigovat. Předností této metody stanovení norem spotřeby času je možnost prozkoumat studovanou operaci důkladněji než dovolují standardní normativy a upravovat jejich hodnoty na základě specifických technicko-organizačních podmínek konkrétního pracoviště.
- **Metoda rozborově porovnávací** – stanovuje normativy v porovnání s dříve stanovenými normativy pro daný prvek operace u tvarově a technologicky podobných součástí. Normativy času se pro složky operace v zájmu urychlení výpočtu normy sdružují v celky, které odpovídají povaze pracovního postupu pro výrobek daného tvaru. Takovým normativům se říká typové normy. Metoda rozborově porovnávací se používá u výrob s malou opakovatelností, které jsou technicky stejnorodé a u operací se složitějším pracovním postupem. Předností této metody je možnost urychlení procesu stanovení normy použitím již existujících norem bez zásadního vlivu na její kvalitu.

Sumární metody:

„Sumární metody jsou metody, u kterých se norma času stanoví přímo jako celková spotřeba času na danou operaci. Tyto metody neobsahují analýzu dané pracovní operace ani pracovních podmínek. Z toho důvodu nelze takto stanovené normy času považovat za technicky a ekonomicky zdůvodněné.“ Text citován dle literatury [6].

Mezi sumární metody patří:

- **Metoda sumárních empirických vzorců** – spočívá v nalezení funkční závislosti mezi jednotkovým časem operace jedním nebo dvěma faktory, které rozhodujícím způsobem ovlivňují dobu trvání operace. Tato funkční závislost je dána empirickým

vzorcem, který vyjadřuje závislost spotřeby času podle změny daného faktoru. Použití této normy podmiňuje nalezení funkční závislosti jednotkovým časem a klíčovým faktorem. Metoda sumárních empirických vzorců se používá u kusové nebo malosériové výroby.

- **Metoda sumárně porovnávací** – spočívá ve stanovení normy času pro danou operaci na základě porovnání s již dříve stanovenou normou času pro technologicky podobnou operaci u tvarově obdobného výrobku. Metoda sumárně porovnávací se používá, obdobně jako předchozí metoda, v málo opakovaných výroбах.
- **Statistická metoda** – spočívá ve výpočtu normy času na základě údajů z operativní evidence (statistiky) o výkonu dosahovaném na dané operaci výroby v minulosti. Použitelná je u tvarově a technologicky podobných výrob a používá se ve vysoce opakované výrobě u operací s krátkým časovým cyklem.
- **Metoda sumárního odhadu** – spočívá ve stanovení normy odhadem na základě osobních zkušeností konkrétního pracovníka. Nevýhodou této metody je vysoké riziko chybného stanovení normy a nedostatek, kdy se při tvorbě normy nevychází z toho, jak by se normovaná operace měla správně provádět, nýbrž z historických zkušeností, které mohou zahrnovat i nedostatky v provádění práce a vlivy na spotřebu času, které se u nově tvořené normy nevyskytují.

1.2.3 Klasifikace spotřeby času dle metodiky REFA

(Kapitola zpracována dle literatury [8])

Proto, aby bylo možné při normování, rozborech a zkoumání účelnosti vynakládání času v průběhu směny vyjádřit, jakou pracovní silou, za jakým účelem a s jakou účinností je čas při výkonu činností na směně spotřebováván, je žádoucí od sebe jednotlivé druhy spotřebovávaného času odlišit. K tomuto účelu slouží systém klasifikace spotřeby času.

Spotřeba času se v tomto systému hodnotí buď z pohledu zdroje, který vykonává práci za určitou časovou jednotku na daný pracovní úkon, anebo z pohledu vlivu pracovní činnosti příslušného zdroje na změnu povahy předmětu výroby. Z pohledu zdroje se v průmyslové praxi nejčastěji pod samotným pojmem spotřeba času v průběhu směny rozumí předpis vyjadřující předpokládanou spotřebu živé práce vynakládané dělníkem v určitém čase na daný pracovní úkon, tedy **spotřeba času pracovníka**. Pro vyjádření spotřeby času na pracovní činnost vykonávanou strojem se používá označení **spotřeba času výrobního zařízení**.

Spotřeba času pracovníka

Klasifikace spotřeby času z pohledu pracovníka dle organizace REFA je uvedena na *Obrázek 3*.

ZÁKLADNÍ ČASY

Mezi základní časy patří časy plánovaného provedení procesu. Všeobecně tvoří podstatný podíl stanovených časů. Patří sem časy hlavní a vedlejší činnosti a čas čekání vyvolaný přerušením v pracovním procesu (např. čekání na jeřáb).

ČASY NA ODPOČINEK

Časy na odpočinek se sestávají z určených časů pro odpočinek člověka, vzniklý v důsledku jeho činnosti. Rozlišujeme časy obecně nutných přestávek vyvolané fyziologií člověka, které jsou stanovené pracovními předpisy a zákonnými normami (přestávky na oddech) a časy podmíněně nutných přestávek vyvolaných režimem práce a použitými technologiemi (čekání

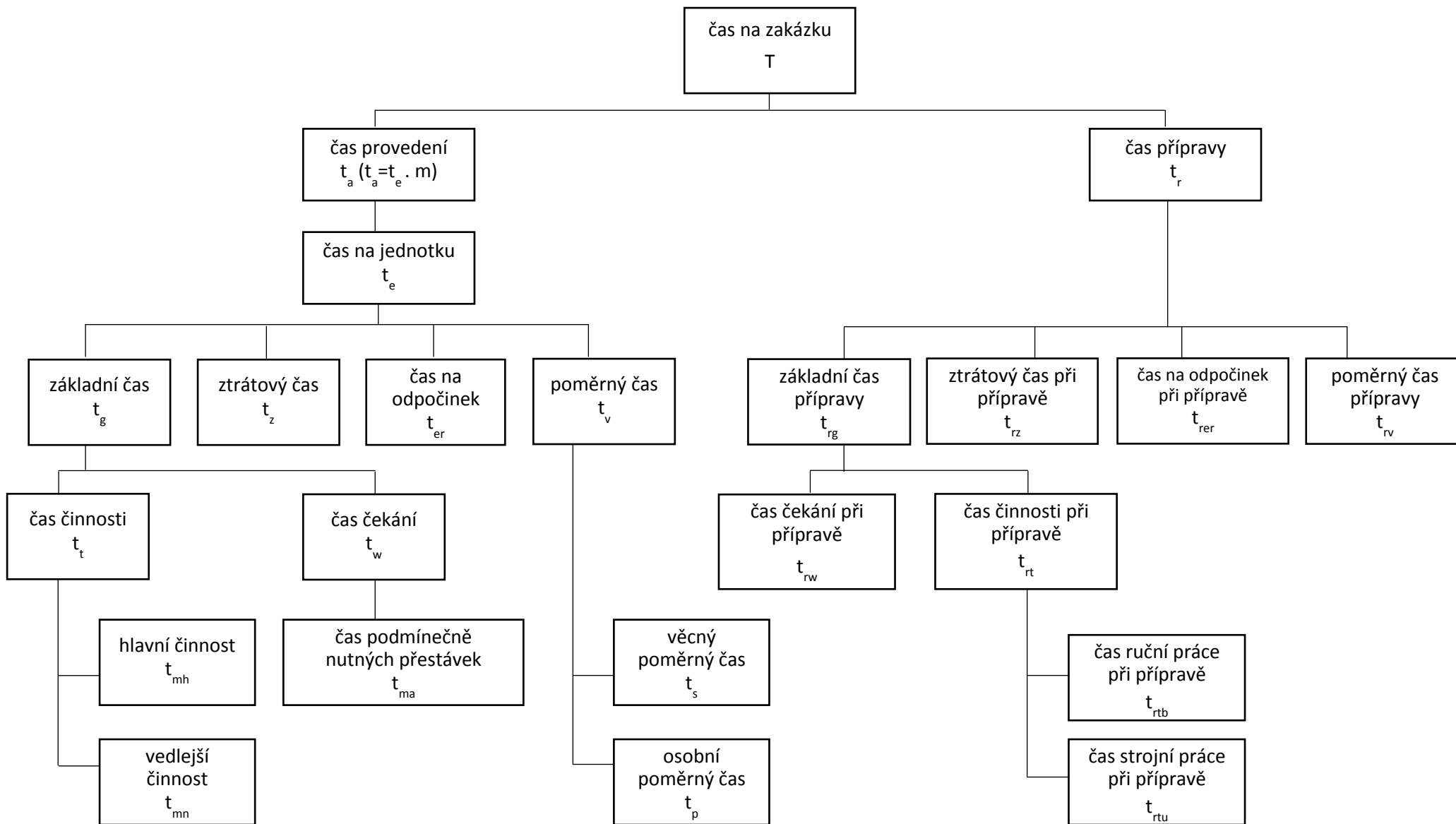
na doběh automatického chodu stroje, čekání na jeřáb). Jejich velikost se stanovuje obvykle jako procentuální podíl z času základního, obvykle ve výši 5 až 10%.

POMĚRNÉ ČASY

Poměrné časy se sestávají z určených časů, vstupujících dodatečně do plánovitého provedení. Jsou to buď časy věcné (například porucha stroje, autonomní údržba), nebo časy osobní (WC, pití). Poměrné časy se vyskytují během pracovního procesu s rozdílným trváním a četností. Z tohoto důvodu je nemůžeme předem určit, a proto jejich velikost stanovujeme opět jako procentuální podíl z času základního ve výši 5%.

ZTRÁTOVÉ ČASY

je součtem všech časů nečinností, případně dějů, které nastaly v průběhu pracovní směny u sledovaného objektu různými nepředpokládanými vlivy a nedostatky. Tento čas nelze stanovit předem, proto jej také nazýváme nenormovatelný (ztráty). Ztrátové časy se dále rozkládají na ztráty osobní, technicko- organizační a ztráty zapříčiněné vyšší mocí.



Obrázek 3: Klasifikace spotřeby času pracovníka dle REFA

Spotřeba času výrobního zařízení

Klasifikace spotřeby času z pohledu výrobního zařízení je obdobná jako u spotřeby času pracovníka, zásadním rozdílem je absence časů na odpočinek vyvolaných fyziologií člověka a namísto času činnosti a času čekání u člověka rozlišujeme čas chodu a čas klidu výrobního zařízení.

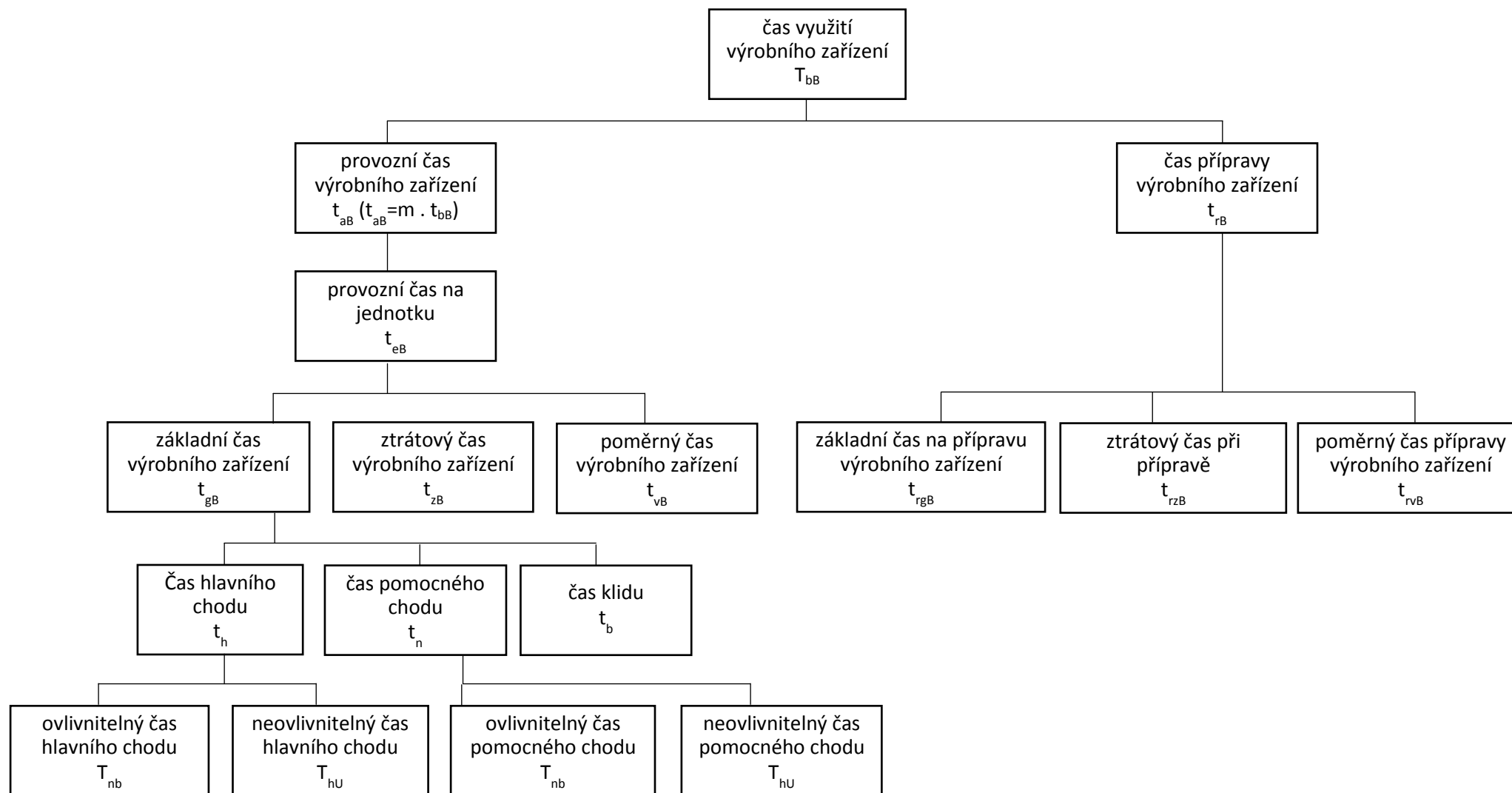
Klasifikace spotřeby času z pohledu výrobního zařízení dle organizace REFA je uvedena na *Obrázek 4*.

ČAS CHODU

Čas chodu je doba činnosti daného výrobního zařízení, které je z technických důvodů nutné pro hospodárné splnění cíle dané výrobní operace. Do času chodu patří čas hlavního chodu a čas pomocného chodu. Čas hlavního chodu je doba činnosti výrobního zařízení, po kterou toto zařízení plní svůj hlavní úkol, tj. po kterou zařízení přetváří pracovní předmět ve výrobek (čas odebrání třísky při obrábění). Čas pomocného chodu je doba činnosti daného výrobního zařízení, po kterou toto zařízení sice neplní svůj hlavní úkol, ale po kterou vykonává v průběhu operace pomocné úkony, nutné ke splnění hlavního úkolu (např. přísun obráběcího nástroje k obrobku).

ČAS KLIDU

Čas klidu je taková doba nečinnosti výrobního zařízení, během níž pracovník uskutečňuje úkony nutné k obsluze daného zařízení a vykonatelné jen za klidu zařízení (např. upínání obrobku nebo výměna otupeného nástroje).



Obrázek 4: Klasifikace spotřeby času výrobního zařízení dle REFA

1.3 Zprůchodňování výrobních systémů

(Kapitola zpracována dle literatury [6])

1.3.1 Produktivita výroby

Zprůchodňování výrobních systémů není nic jiného než zvyšování objemu jednotek produkce, které je výrobní systém schopen vyrobit za určitý čas neboli zvyšování produktivity práce. Produktivita je jedním z důležitých faktorů tvorby ekonomické přidané hodnoty a tím plnění cílů podniku. Produktivitu je proto třeba průběžně sledovat a vyhodnocovat informace o jejím aktuálním stavu a používat jako jedno z významných kritérií při celopodnikovém i vnitropodnikovém řízení a výsledky používat pro řízení výrobního procesu.

Vyjádření produktivity

Pro měření a posuzování produktivity práce lze použít dva způsoby. Produktivitu je možné vyjádřit buď jako poměr objemu vyrobené produkce v jednotkách výsledku práce k množství času vynaloženém na tuto výrobu (= stupeň účinnosti práce), anebo jako množství času potřebného k získání jednotkového množství výsledku práce (= měrnou spotřebu pracovního času).

Pro vyjádření produktivity v podobě objemu vyrobené produkce k množství času lze odvodit následující vztah:

$$V_p = \frac{Q_p}{T_p}$$

kde: V_p - výkon výrobní jednotky v jednotkách výsledku práce za časovou jednotku
 Q_p - objem vyrobené produkce neboli výrobní kapacita výrobní jednotky v jednotkách výsledku práce
 T_p - využitelný časový fond v jednotkách času za časové období

Pro vyjádření využitelného časového fondu lze odvodit vzorec:

$$T_p = d \times h \times \left(1 - \frac{t_z}{100}\right)$$

kde: d - počet pracovních dnů v časovém období
 h - počet pracovních hodin v jednom pracovním dni
 t_z - plánované prostoje (% z T_N)

Pro vyjádření produktivity v podobě množství času potřebného k získání jednotkového množství výsledku práce lze odvodit vztah:

$$S_{\xi} = t_A \times \left(1 + \frac{t_z}{100 - t_z}\right)$$

kde: S_{ξ} - měrná spotřeba pracovního času
 t_A - jednotkový čas práce (dle REFA jako t_g)
 t_z - plánované prostoje (% z T_N = nominální časový fond)

Jednotkový čas práce vyjadřuje přímou spotřebu času na jednotku výkonu, plánované prostoje zahrnují ostatní časové přírůstky k jednotkovému času jako je čas směnový, čas dávkový, čas na odpočinek, čas spotřebovaný na výrobu zmetků, poměrný čas, apod.

Z výše uvedených vztahů lze též odvodit vzorec pro výpočet kapacity výrobní jednotky. Pokud známe hodinový výkon výrobní jednotky neboli její produktivitu a využitelný časový fond, ze vzorečku pro výpočet výkonu odvodíme vzoreček pro výpočet kapacity výrobní jednotky:

$$Q_p = T_p \times V_p$$

Výsledkem je roční objem produkce neboli výrobní kapacita výrobní jednotky v jednotkách výsledku práce za časové období, obvykle za rok.

1.3.2 Faktory ovlivňující produktivitu výroby

(Kapitola zpracována dle literatury [6],[8],[9],[10])

Základním předpokladem pro efektivní ovlivňování průchodnosti výrobních systémů je znalost jednotlivých faktorů, které tyto systémy ovlivňují. Na výkonnost výroby působí tři základní faktory: techniko-organizační podmínky práce, osobní předpoklady pracovníků a faktory, které lze označit jako faktory společensko-ekonomické. Z koncepčního, dlouhodobějšího pohledu je výkonnost výroby nejvýznamněji ovlivňována způsobem využívání člověka jako pracovní síly a technickoorganizačními podmínkami práce na pracovišti.

Osobní předpoklady pracovníka

Mezi faktory formující osobní předpoklady pracovníka patří především jeho:

- Kvalifikace
- Schopnosti
- Zdravotní stav
- Úroveň motivace

Technickoorganizační podmínky práce

- Charakter výrobního programu
- Pracovní prostředí
- Druh a kvalita zpracovávaného materiálu
- Pracnost výroby
- Technické vybavení
- Prostorové uspořádání výrobní jednotky
- Uspořádání a organizace jednotlivých pracovišť
- Použité pracovní metody
- Úroveň spolupráce
- Pracovní režim
- Bezpečnost práce

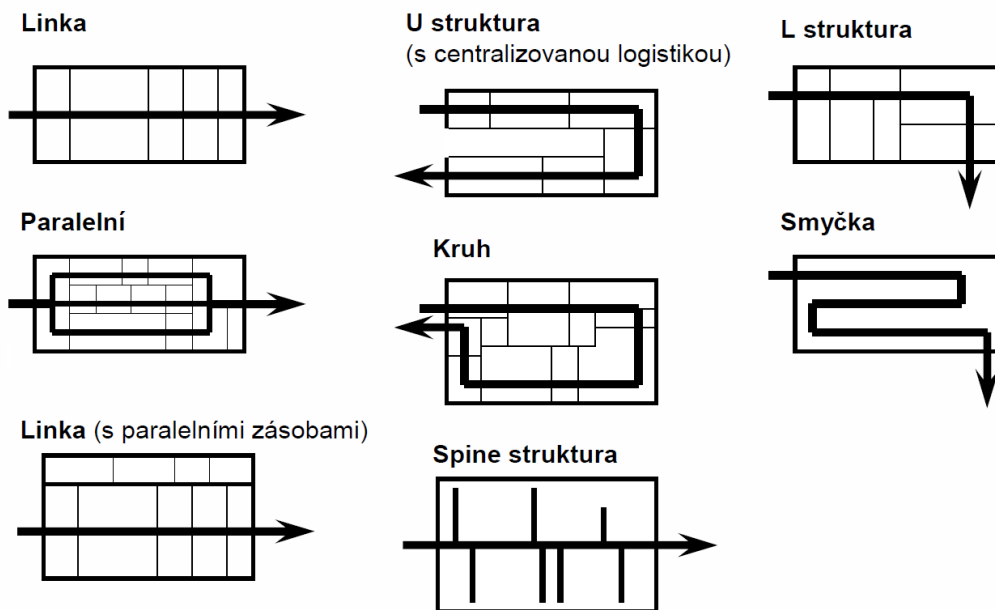
Pro vlastní hodnocení a ovlivňování výkonnosti výroby se jako nejdůležitější faktory jeví **prostorové uspořádání** výrobního systému a **organizace a ergonomické parametry pracoviště**, protože tyto faktory, kromě hospodárného využití vstupů, nejvíce ovlivňují časový průběh výrobního procesu výrobku a s ním související ekonomičnost výrobního procesu a tím i výroby jako celku.

a) Prostorové uspořádání výrobních systémů

Prostorové uspořádání výrobních systémů není nic jiného než rozmístění výrobních zdrojů v prostoru. Tyto zdroje zajišťují proces výroby a jsou to veškeré stroje a výrobní zařízení, dopravní a manipulační zařízení, regály, přepravní jednotky i samotní pracovníci. Výrobní systémy by měly být vždy uspořádány tak, aby byl zabezpečen plynulý a co možná nejrychlejší pohyb pracovních předmětů od vstupů k hotovému výrobku, tedy plynulý materiálový tok. Přímocarost a nejkratší délka materiálového toku, jeho jednoduchý průběh, minimalizace přerušení a úroveň organizace jsou požadavky pro optimální, nákladově nejméně náročné, prostorové rozmístění výrobních zdrojů uvnitř výrobní jednotky. Prostorové rozmístění strojů a pracovišť má tedy zcela zásadní vliv na efektivitu výroby a celého výrobního systému.

Ne vždy je však možné vytvořit ideální strukturu. Optimální prostorové uspořádání výrobního procesu konkrétního výrobku bývá ovlivněno celou řadou faktorů jako např. organizační typ výroby, použitý výrobní postup, stávající prostorové rozmístění strojů a zařízení, délka výrobní haly, uspořádání komunikací, poloha a přístup příjmového a expedičního skladu, apod.

Na *Obrázek 5* je znázorněno několik základních typů výrobního systému.

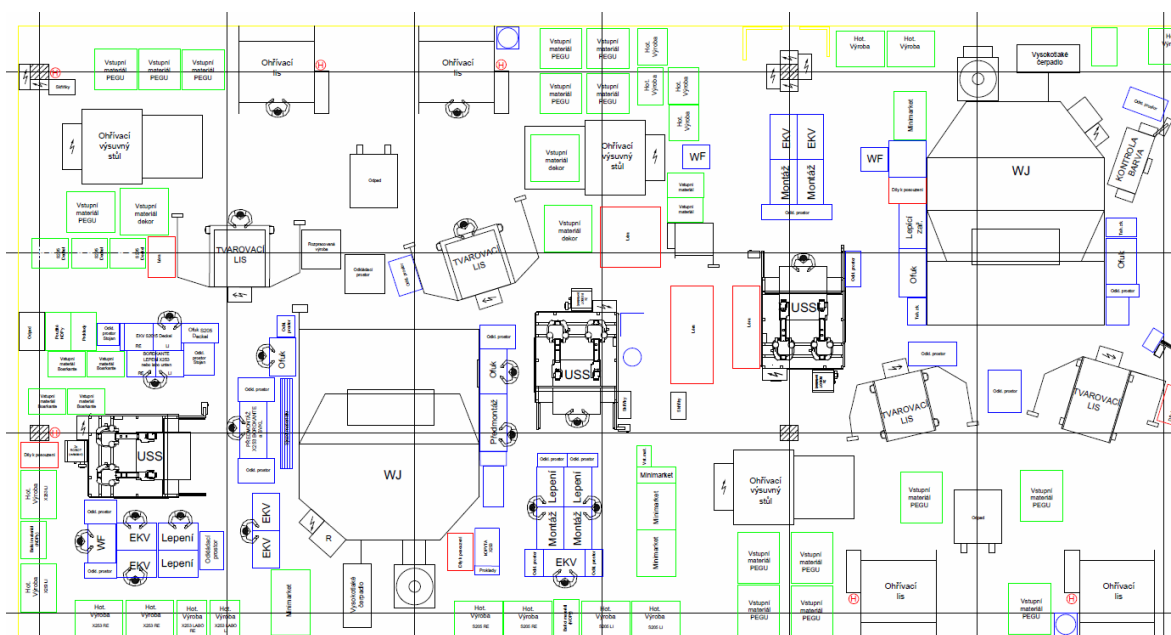


Obrázek 5: Základní struktury výrobních systémů [11]

Nástroje pro tvorbu a hodnocení prostorového uspořádání

Pro návrhy a hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání dané výrobní jednotky v podniku v dnešní době existuje řada softwarových nástrojů. Některé slouží pouze k vizualizaci ve 2D, jiné disponují i simulačními moduly, pomocí kterých je možné optimalizovat prostorová uspořádání co nejefektivněji. Nejznámějším a nejrozšířenějším 2D nástrojem je AutoCAD a jemu podobné nástroje. Na *Obrázek 6* je ukázka vizualizace layoutu v AutoCAD2017.

Dalšími specializovanými nástroji pro tvorbu jsou např. visTable, Delmia, Tecnomatix a další, které nabízejí nejen vizualizaci ve 2D a 3D, ale i např. tvorbu knihoven a analytické nástroje pro hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání, jako jsou I-D diagram, Sankeyho diagram, apod.



Obrázek 6: Layout v AutoCAD2017 [Vlastní tvorba]

b) Organizace a ergonomické parametry pracoviště

(Kapitola zpracována dle literatury [5],[8])

Organizace a ergonomické parametry pracoviště představují soubor několika aspektů, které mají přímý vliv na výkon pracovníka - např. vybavení pracoviště a jeho uspořádání, osvětlení, hluk, mikroklimatické podmínky, apod. Nastavením optimálních podmínek pracovního prostředí pro pracovníka a pracovní činnosti se zabývá multidisciplinární vědní obor – Ergonomie.

Ergonomie využívá poznatků pracovního lékařství, hygieny práce, nemocí z povolání, ale i civilizačních nemocí, sociologie, sociálního lékařství, obecné psychologie, pracovní fyziologie, statistiky. Při tvorbě pracovního prostředí - jak prostoru, tak i strojů a nástrojů - těží z výzkumu akustiky, osvětlování pracovišť, klimatizace, atd. [5]

Cílem ergonomie je přizpůsobení pracovního prostředí a pracovních činností a postupů tak, aby při pracovním výkonu nebylo ohroženo zdraví pracovníka a aby mohl pracovník vykonávat svou práci co nejefektivněji.

Ergonomie kombinuje 3 oblasti, které jsou navzájem provázané a ovlivňují se:

Efektivita výroby

- optimální organizace práce,
- optimální uspořádání pracoviště.

Bezpečnost práce a ochrana zdraví

- omezení chyb a selhání člověka,
- předcházení zdravotního poškození.

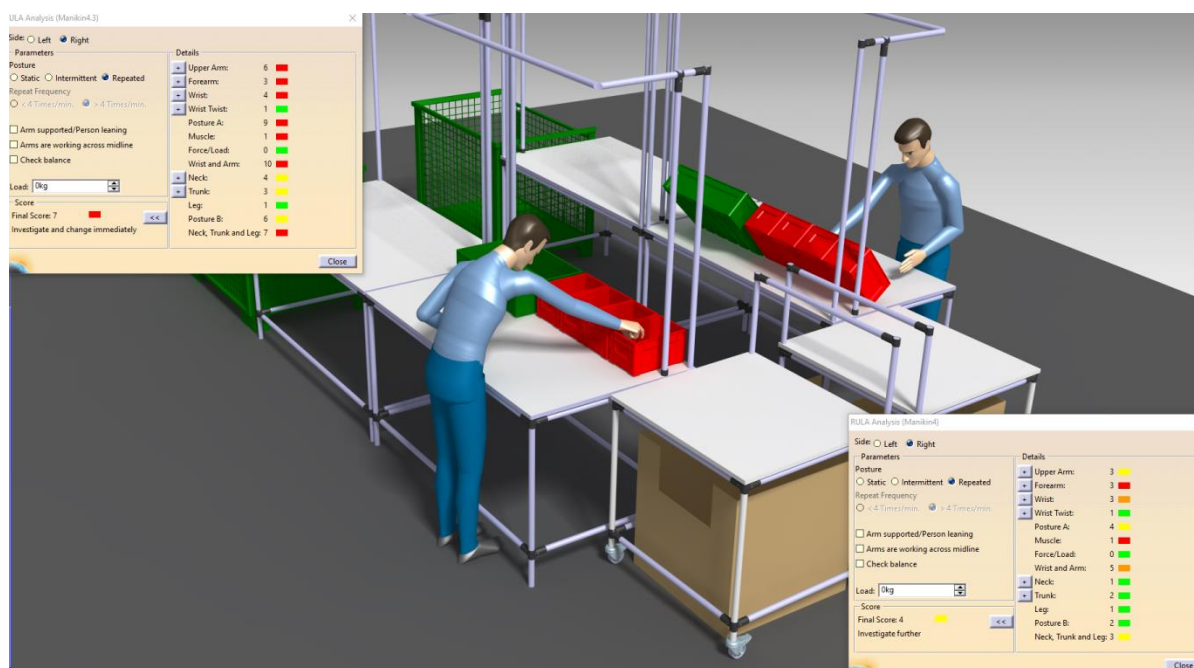
Pracovní prostředí a pracovní pohoda

- vytvoření příznivých fyziologických a sociálních podmínek

Nástroje pro hodnocení ergonomie pracovišť

V současné době jsou na trhu k dispozici sofistikované softwarové nástroje, které slouží pro optimální stavení pracovního prostředí s ohledem na fyziologii i antropometrii člověka. Základem těchto nástrojů je digitální model člověka, který se ve virtuálním zatěžuje přesně, tak jak by byl člověk zatížen v reálném prostředí. Tyto nástroje umožňují definovat pohlaví člověka, národnost (antropometrii) a typ člověka – jeho stavbu těla. Vedle samotného modelu člověka, obsahují tyto ergonomické nástroje také řadu analýz jako je RULA, NIOSH, PUSH-PULL, manipulaci s břemeny, analýzy pohledu a dosahu, apod.

Neznámějšími a nejpoužívanějšími ergonomickými nástroji pro hodnocení pracovního prostředí ve výrobních podnicích jsou Technomatix JACK, Delmia Human, Process Simulate Human a další. Na *Obrázek 7* je ukázka RULA analýzy vytvořené v softwaru Delmia Human.



Obrázek 7: Ukázka RULA analýzy v Delmia Human [Vlastní tvorba]

Zásady pro optimální navržení pracoviště

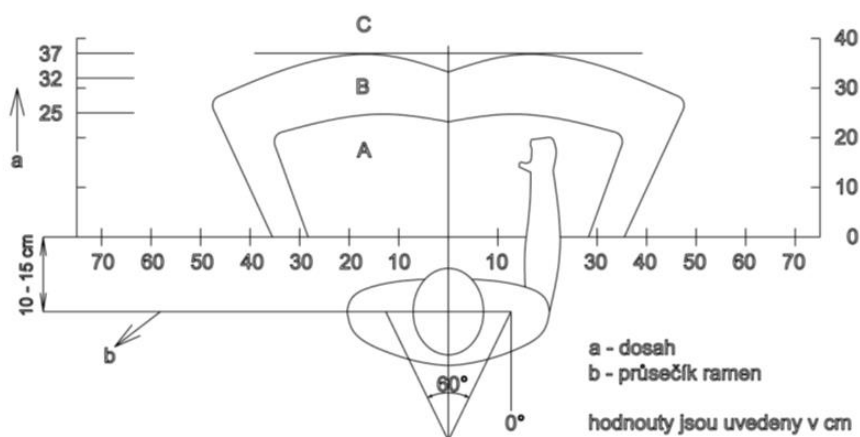
(Kapitola zpracována dle literatury [5])

Aby bylo pracoviště správně navrženo, je nutné dodržet několik zásad. Tyto zásady jsou velice úzce spojeny s dalšími oblastmi průmyslového inženýrství, jako je např. 5S, která se využívá pro optimální uspořádání pracoviště z pohledu pořádku a organizace na pracovišti.

Základní zásady:

- Pracoviště musí umožňovat vhodné podmínky pro přirozené pohyby
- Každý nástroj, nářadí, komponenta, či materiál musí mít přesně definované místo
- Materiál, nářadí a ovladače musí být umístěny tak, aby byl zajištěn optimální sled pohybů
- Mezi jednotlivými předměty na pracovišti je třeba dodržet co nejkratší vzdálenost
- Uložení předmětů musí umožňovat rychlé a snadné uchopení a uložení a pohodlný a bezpečný přístup operátora a obsluhy
- Často používané předměty je vhodné umístit do optimálního prostoru pracovníka označovaného jako oblast A – viz *Obrázek 8*
- Málo používané předměty je vhodné umístit do funkčního prostoru pracovníka označovaného jako oblast B
- Předměty, které mohou způsobit úraz, nebo je třeba jim věnovat pozornost z hlediska bezpečnosti práce, je vhodné umístit do maximálního manipulačního prostoru pracovníka označovaného jako oblast C
- Na pracovišti musí být dostatek místa pro pohyb a práci operátorů

Ergonomicky uspořádané pracoviště redukuje nadměrnou fyzickou zátěž, svalové zatížení z nepřírodných poloh, redukuje stres při vykonávání pracovních úkolů a obecně zlepšuje bezpečnost práce a výkonnost pracovníků.



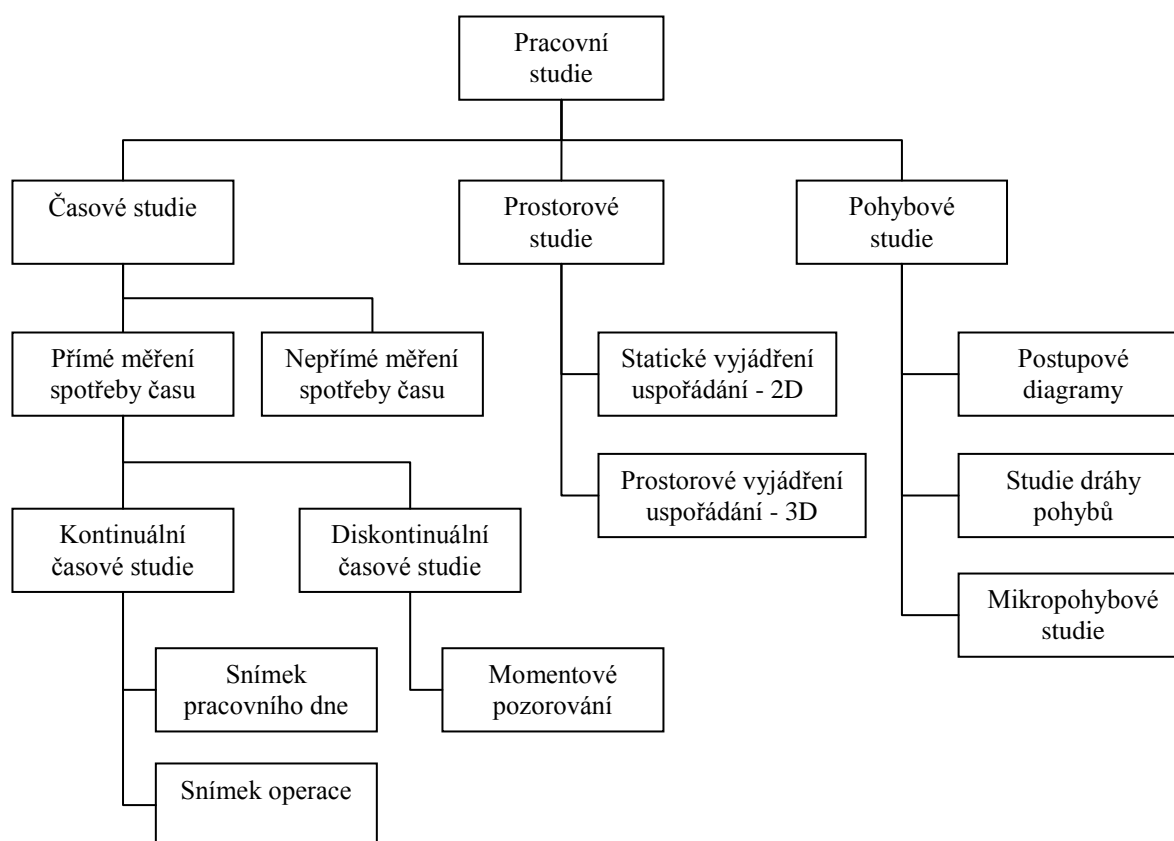
Obrázek 8: Pracovní prostor [5]

1.3.3 Pracovní studie

(Kapitola zpracována dle literatury [2], [3], [8])

Klíčovou součástí zprůchodňování výrobních systémů je získávání informací a poznatků o vlastnostech výroby a posuzování vlivu jednotlivých faktorů, které ji ovlivňují. Tyto informace získáváme z pracovních studií. V praxi jsou k zachycení pracovních činností a sběru informací využívány především pracovní studie chování výrobních útvarů v čase neboli **časové studie**, v prostoru neboli **prostorové studie** a v prostoru a čase neboli **pohybové studie**.

Pro schématický přehled pracovních studií viz *Obrázek 9*.



Obrázek 9: Schématický přehled pracovních studií [Vlastní tvorba]

1.3.3.1 Časové studie

Pro zjišťování spotřeby času nutného pro vykonání dané operace nebo pracovního úkolu existuje řada metod a metodik. Tyto metody se dají dle způsobu zjišťování a určování spotřeby času rozdělit do dvou základních skupin na:

- Metody zjišťování skutečné spotřeby času
- Metody nepřímého měření času (metody předem stanovených časů)

I. Metody zjišťování skutečné spotřeby času

Metodám zjišťování skutečné spotřeby času se též říká metody přímého měření spotřeby času. Pro přímé měření skutečné spotřeby času je charakteristický analytický přístup a zjišťování spotřeby času v reálných podmínkách provozu pomocí měřicích zařízení na záznam průběhu času.

Metody zjišťování skutečné spotřeby času se dle spojitosti měření dělí na:

- Kontinuální časové studie
- Diskontinuální časové studie

1. Kontinuální časové studie

Kontinuální časové studie vycházejí z údajů zjištěných plynulým nepřetržitým měřením, snímkováním práce. Získané údaje z měření času tvoří pracovní snímek nebo časovou studii. Z metod kontinuálních časových studií se v praxi nejčastěji používá snímek pracovního dne a snímek operace.

1.1. Snímek pracovního dne

Snímkem pracovního dne rozumíme metodu nepřetržitého pozorování, zaznamenávání a hodnocení účelnosti spotřeby pracovního času člověka nebo skupiny pracovníků během celé směny. Snímky nám podávají informace o využití pracovní doby a struktuře času směny pracovníků a zařízení. Dále je využíváme při tvorbě norem a normativů, také nám poskytují informace o organizaci práce a pracovišť a dávají nám podklady pro odstranění nedostatků zjištěných po jejich vytvoření. Touto metodou získáme podrobné informace o využití času a druhu práce, kterou pracovník vykonával. Metoda snímkování pracovního dne je časově náročná, jelikož pozorování probíhá v průběhu celé směny. Pro pozorovatele, ale i pro pozorované pracovníky představuje citelnou psychickou zátěž.

Druhy snímků pracovního dne:

- a) Snímek pracovního dne jednotlivce** – je takový druh snímku pracovního dne, při kterém pozorovatel provádí pozorování jediného pracovníka a zjišťuje podrobné informace o průběhu pracovní směny a vhodnosti spotřeby pracovního času. Informace o vykonaných činnostech pozorovatel průběžně zaznamenává do tabulky s příslušnými časy. Kromě informace o délce činnosti a typu času tabulka může obsahovat další informace typu, jaká vzdálenost byla absolvována, kolik bylo vyrobeno kusů, apod. Nevýhodou tohoto snímku je jeho časová náročnost, jelikož je pro větší objektivnost doporučeno snímek několikrát opakovat.
- b) Snímek pracovního dne čtyry** – je takový druh snímku pracovního dne, při kterém pozorovatel provádí pozorování pracovní činnosti skupiny pracovníků, kterým je přidělena společná práce (obsluha lisu, vysoké pece). Pro snímek pracovního dne čtyry platí totéž, co pro snímek pracovního dne jednotlivce, liší se pouze pozorováním skupiny pracovníků, kteří provádí na sobě závislé činnosti. Cílem je zachytit dělbu práce, časové využití směny, provázanost a plynulost jednotlivých činností.
- c) Hromadný snímek pracovního dne** – umožňuje pozorovat větší skupinu samostatně pracujících dělníků. Použita je jiná technika pozorování, měření, zaznamenávání a hodnocení spotřeby pracovního času než u snímku pracovního dne jednotlivce. Snímek je zaměřený na větší počet pracovníků s hrubším rozdělením času, než jak tomu bylo u předchozích druhů snímků. Před pozorováním je nutné určit počet pracovníků, pozorovací místa a interval obcházení pracovišť. Do předem připravených

tabulek s rozdělením pracovišť a příslušných dějů se zaznamenává výskyt probíhajícího děje. Čím je interval občůzky kratší, tím je výsledná hodnota pozorování přesnější. Výsledná spotřeba času se zjistí při vynásobení počtu daného děje za směnu a intervalu občůzky.

- d) **Vlastní snímek pracovního dne** – tento snímek hodnotí spotřebu času samotného tvůrce snímku. Od předchozích snímků se odlišuje tím, že se zaměřuje na zjištění velikosti a příčin vzniku ztrátových časů zapříčiněných organizačními či technickými nedostatky. Hromadné použití tohoto snímku vede pracovníky k aktivní účasti na racionalizaci práce.

1.2. Snímek operace

Snímek operace je metodou studia pracovního procesu, jejíž pomocí zkoumáme skutečnou spotřebu času na relativně krátké opakované operace s předvídaným průběhem nebo jejich části (úkony). Tento druh snímkování využíváme jak pro stanovení norem pro danou operaci, tak pro analýzu hodnoceného pracovního postupu. Postup tvorby snímku operace je obdobný jako u předchozích snímků a začíná přípravou, následuje pozorování a chronometráž (nejčastěji pomocí stopek) a na závěr vyhodnocení výsledků a výpočet normy na operaci. U snímkování operací rozlišujeme operace **s pravidelným cyklem** a **s nepravidelným cyklem**.

S nepravidelným cyklem

Představitelem snímku operace s nepravidelným cyklem je **snímková chronometráž**. Snímková chronometráž je kombinací snímku pracovního dne (stejný způsob záznamu a měření) a chronometráže (stejná metoda vyhodnocení). Používá se pro snímkování operací s nepravidelným cyklem a nepředvídaným průběhem, obvykle v kusové a malosériové výrobě.

S pravidelným cyklem

- a) **Plynulá chronometráž** je metodou nepřetržitého pozorování spotřeby času pro všechny úkony zkoumané operace. Cílem této metody je zjistit skutečnou spotřebu času všech úkonů operace a tím i celé operace. Používá se v podmínkách sériové a hromadné výroby pro snímkování operací s pravidelným cyklem a předvídatelným průběhem.
- b) **Výběrová chronometráž** je metodou, u které předmětem zkoumání není celá operace, ale pouze určité, předem vybrané prvky operace. Používá se ke zjištění skutečné spotřeby času pravidelně i nepravidelně se vyskytujících předem známých úkonů.
- c) **Obkročná chronometráž** se používá ke zjišťování času trvání velmi krátkých pravidelně se opakujících částí operace. Snímek vytváříme tak, že se klouzavě sečte několik krátkých pracovních prvků do měřitelného komplexu a po vykonaném měření se zpětně vypočítávají elementární prvky. Tato chronometráž se používá spíše výjimečně a pouze jako nouzové řešení.

Nejrozšířenější a nejpoužívanější metodou přímého měření spotřeby času operací s pravidelným cyklem je snímek operace. Příkladem je snímkování metodikou organizace REFA

Snímek operace dle REFA

REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) je organizace, která vznikla v roce 1924 v Berlíně a v současné době je jednou z největších soukromých organizací v Evropě, které nabízí školení a rekvalifikaci v oblasti pracovních studií. Metodikou REFA se zpracovávají a vyhodnocují reálné časy ve výrobě – vytváří se tzv. časový snímek.

Časový snímek dle REFA popisuje veškeré veličiny, postupy, podmínky a další faktory, které mají vliv na výrobu. Snímky spočívají v popisu pracovního systému, pracovního postupu, pracovní metody, pracovních pomůcek, vztažných výkonů, vztažných množství a skutečných časů pro jednotlivé operace procesu.

Kvůli přesnějším a snadnějším přepočtům zejména pro sériovou a hromadnou výrobu se jako jednotky času se používají tzv. hundert Minuten = setiny minut (100 HM = 1 minuta).

Každý snímek nese v hlavičce záznam těchto faktorů:

- Co měříme
- Kdy měříme – datum a čas
- Kde měříme – pracoviště
- Jak měříme – způsob měření
- Proč měříme – za jakým účelem
- Kdo měří - popis

Zásady pro měření REFA (Kapitola zpracována dle [8])

1. Pozorovatel musí být odborně schopen rozčlenit a posoudit pracovní proces. Musí ovládat techniku časového snímku a v případě nutnosti i posouzení stupně výkonu.
2. Pokud jde o záznam dat přímo na pracovišti, měl by se pozorovatel postavit tak, aby pozorovaného pracovníka co možná nejméně ovlivňoval, ale aby měl zároveň dobrý výhled.
3. Pozorovaný pracovník musí být zaškolený
4. Během záznamu času je třeba pokud možno zamezit diskuzím, aby bylo možno plynule sledovat průběh jednotlivých operací.
5. Je třeba předem informovat jak nadřízeného daného pracovního místa, tak i pracovníka, kterého se měření času bude týkat.
6. Formulář časového snímku představuje listinný doklad, a proto se v něm nesmí nic gumovat. Zápisy musí být provedeny psací tužkou odolnou proti vymazání.
7. V neposlední řadě musí být zajištěno dodržení bezpečnostních předpisů.

Časy je možné zaznamenávat dvěma způsoby:

- nepřímo – pomocí záznamu obrazu, ze kterého se následně odečítá čas,
- přímo přímé odečítání pomocí sopek, nebo komplexních systémů (REFA Chronos), kde se ukládají data do paměti.

2. Diskontinuální časové studie

Příkladem diskontinuální časové studie je momentové pozorování.

Momentové pozorování

Momentové pozorování je technika založená na teorii pravděpodobnosti. Vychází z údajů, které jsou zjištěny výběrovým šetřením – náhodně volených momentů v průběhu pracovního děje. Jsou založeny na statistickém zjišťování počtu výskytu pozorovaných dějů a využívají teorii pravděpodobnosti a náhodného výběru, která je jejich základem. Na to, abychom získali

kompletní obraz o produktivním čase a době nečinnosti výrobních zařízení, bychom je měli pozorovat kontinuálně v dlouhém časovém rozsahu. Tento způsob vytváření časových studií je ale velice časově náročný. Proto je momentové pozorování založeno na nepravidelných obchůzkách s cílem zjistit stav výrobních zařízení (pracuje nebo nepracuje). Pokud je výrobní zařízení ve stavu nečinnosti, zaznačí se důvod. Výsledkem nejsou údaje o velikosti jednotlivých druhů časů, ale jejich podíl v čase směny. Pokud je získaný statistický soubor dostatečně velký, můžeme s vysokou pravděpodobností říci, že pozorování reprezentují reálný stav. Tento způsob snímkování je oblíbený pro svoji jednoduchost, menší časovou náročnost a výhodou je, že umožňuje současné pozorování většího počtu pracovišť jedním pozorovatelem. Další výhodou je, že pozorovatel není nepřetržitě přítomen u jednoho zdroje a odpadá tak psychická zátěž jak pro měřeného, tak pro měřícího. Používá se zejména tehdy, kdy je třeba zjišťovat spotřebu času u více výrobních zdrojů, nebo kdy jsou děje rozloženy v delším období a větším prostoru.

II. Metody nepřímého měření času (metody předem stanovených časů)

Zatímco u přímého měření zjišťujeme reálnou spotřebu času výrobního zdroje formou bezprostředního pozorování a záznamu probíhajícího výrobního procesu, v případě normativního určování spotřeby času je spotřeba času stanovena nepřímým měřením prostřednictvím tzv. systému předem určených časů. Analýza postupu touto metodou spočívá v rozložení činností pracovního postupu (např. montážního procesu) na elementární, dále nedělitelné prvky pohybu, kterým je následně dle náročnosti přiřazena hodnota normovaného času, která je určována ve své výši evidovanými číselnými hodnotami a třídami ovlivňujících veličin. Tyto prvky byly změřeny tolikrát, že se jejich trvání dá považovat za standard. Při stanovování časů pomocí metod předem stanovených časů dochází ke skládání těchto dílčích úkonů a tím zjištění celkového času potřebného na provedení celé operace.

Vznik metod předem určených časů souvisel se snahou odstranit nedostatky přímého měření spotřeby času jako je nadměrná organizační a časová náročnost, nemožnost určení spotřeby času na dosud neprováděné operace, neobjektivnost norem stanovených ze statisticky nevýznamného vzorku, zkreslení výkonu vlivem přímého měření pozorovaného pracovníka, který při vědomí realizace časové studie vědomě zkresluje výkon a pracuje buď nadprůměrně rychle, aby předvedl své schopnosti, anebo při vědomí budoucího definování výkonnostních norem pracuje záměrně pomalu, apod.

Systémů předem určených časů existuje celá řada s různým stupněm agregace pohybů. Neznámějšími a nejpoužívanějšími systémy jsou MTM a MOST, ale existuje i celá řada dalších jako je Standard data, MEK, UAS, SAM, apod.

MTM (Kapitola vychází z [11])

MTM je jedna z neznámějších a nejpoužívanějších metod předem stanovených časů na světě. Vznikla již v roce 1948 (H. B. Maynard) a velmi rychle se rozšířila do celého světa.

Při podrobnější analýze lidské práce se ukázalo, že se skládá ze souborů úkonů a pohybů, které se pravidelně opakují. Tyto základní prvky práce se nazývají základními pohyby (např. sáhnout, uchopit, přemístit...). Při výzkumu těchto pohybů se zjistilo, že průměrná hodnota času, kterou potřebují zapracovaní pracovníci na uskutečnění základních pohybů, je stejný. Na základě toho je potom možné statisticky určit časové hodnoty pro trvání jednotlivých základních pohybů. Rozložením činnosti na základní elementární úkony a přiřazením času jednotlivým úkonům, získáme díly stavebnice, ze kterých je možné poskládat jakýkoliv pracovní postup. Metoda MTM je vhodná pro sériovou a velkosériovou výrobu ve všech průmyslových odvětvích.

MTM metoda dělí pohyby do 3 skupin:

- **Pohyby očí**
 - Sledovat
 - Zaostřit
- **Pohyby horních končetin**
 - Sáhnout
 - Uchopit
 - Přemístit
 - Spojit
 - Pustit
 - Oddělit
 - Obrátit
 - Tlačit
- **Pohyby dolních končetin a těla**
 - Pohyb chodidla – bez tlaku
 - Pohyb jedné nohy
 - Úkrok stranou
 - Otočení těla
 - Chůze bez zátěže
 - Předklonění
 - Vzpřímení
 - Úklon
 - Klek na jedno koleno
 - Sednout
 - Vstát

Manuální činnosti jsou složeny z 85% z těchto základních pohybů. Ovlivňujícími veličinami jsou délka, hmotnost, atd.

Jelikož tyto elementární pohyby jsou ve většině časově velice krátké, a měření klasickým měřicím zařízením by nebylo možné anebo nepřesné, používá metoda MTM vlastní jednotku – TMU. Jedna TMU = 0,00001 hodiny.

Postup při provádění MTM analýzy:

1. Rozložení operace do jednotlivých pohybů,
2. U každého pohybu určení ovlivňujících veličin,
3. Vyhledání příslušné časové veličiny v tabulkách,

Součet časů jednotlivých pohybů = čas celé operace.

Používání MTM metody je časově velice náročné a vyžaduje určitou praxi. Sestavení pohybu, který trvá řádově kolem jedné minuty, zabere zacvičenému člověku obvykle jednu až dvě hodiny. Proto se dílčí pohyby agregují do skupin pohybů, se kterými je možné skládat časově delší činnosti.

Varianty MTM:

- **MTM-1** – přesná analýza, základní pohyby, trvání operace do 0,5 min
- **MTM-2** – komplex pohybů, operace 0,5-3 min
- **MTM-3** – pracovní úkony, operace 3-30 min

1.3.3.2 Prostorové studie

(Kapitola vychází z [10])

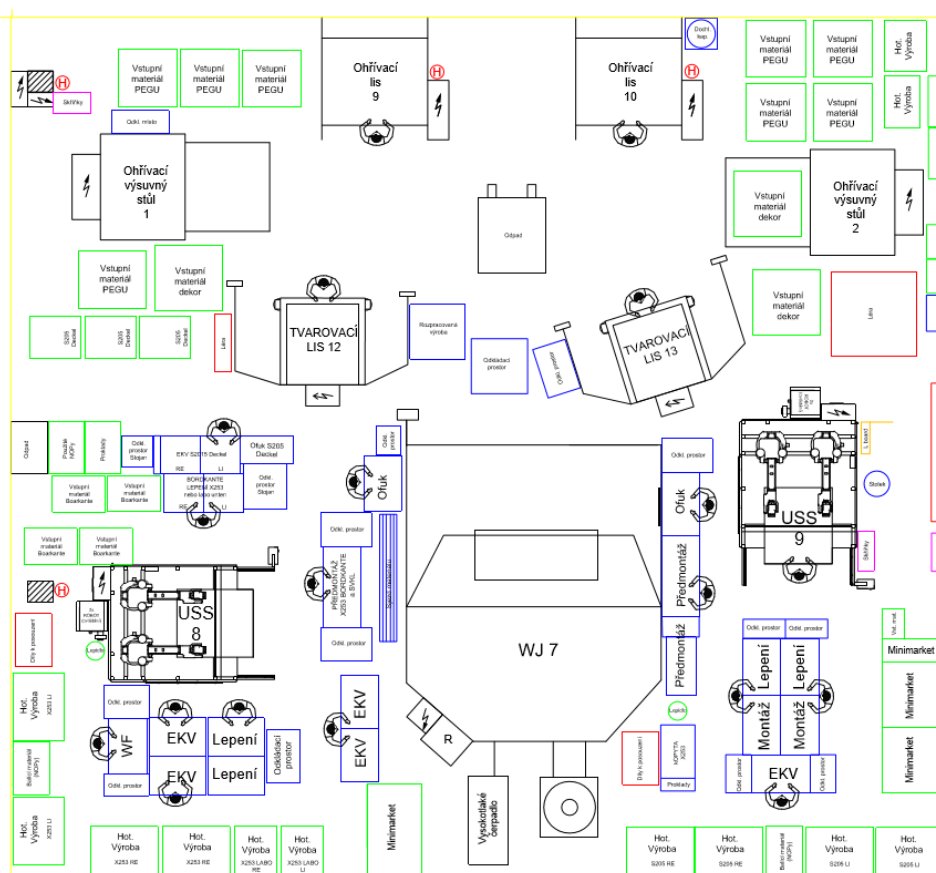
Dalším z nástrojů pro hodnocení chování výrobních systémů jsou prostorové studie. Tyto studie jsou zaměřené na zachycení vlastností výrobních útvarů v prostoru. Metody prostorových studií se dají dle způsobu vyjádření výrobního útvaru rozdělit do dvou základních skupin, a to na studie poskytující:

- Statické vyjádření uspořádání výrobního útvaru (2D, plošné vyjádření)
- Prostorové vyjádření uspořádání výrobního útvaru (3D, prostorové modely)

Statické vyjádření uspořádání výrobního útvaru

Pro studium a vizualizaci prostorového uspořádání výrobního útvaru lze využívat podpory dostupných softwarových nástrojů. Nejčastěji je pro znázornění reálného výrobního systému využívána 2D reprezentace, která je v praxi pro vizualizaci výrobního systému dostačující. Pro tuto reprezentaci se využívají CAD systémy druhé generace. Tyto systémy umožňují tvořit 2D objekty o daných rozměrech a je možné je libovolně umístit v prostoru do definovaných souřadnic. Nejznámějším a nejrozšířenějším softwarovým nástrojem je AutoCAD, využívány jsou ale též jemu podobné SW nástroje jako ProbeCAD, Draftsight, Solidedge 2D, apod.

Přestože se v dnešní době rozšiřují 3D reprezentace, mnoho podniků využívá pro vizualizaci layoutů např. MS Excel, MS Powerpoint, Malování, apod. Tyto nástroje ovšem neumožňují tvorbu objektů o přesných rozměrech a nepředstavují vhodné nástroje pro tvorbu layoutu.



Obrázek 10: Ukázka layoutu ve 2D v prostředí AutoCAD 2017 LT [Vlastní tvorba]

Prostorové vyjádření uspořádání výrobního útvaru

Vizualizace ve trojrozměrném prostoru je v současné době stále rozšířenější. Její předností je poskytování realističtějšího obrazu výrobního systému. Tvorba 3D modelu je sice mnohonásobně časově náročnější než 2D kreslení, v současné době jsou však k dispozici softwarové nástroje, které již obsahují knihovny objektů a tím významně usnadňují tvorbu samotného 3D modelu. Nespornou výhodou využití 3D modelovacích systémů pro tvorbu layoutu je možnost provádět analýzy a simulace, které jsou ve většině případů k dispozici. Mezi používané 3D modelovací systémy patří všechny vyšší CAD systémy, jako jsou Catia, NX, SolidEdge, apod. Mezi systémy, které jsou specializované na tvorbu výrobních systémů, patří: VisTable, Tecnomatix Process Designer, Autodesk design suit, FactoryCAD, apod.



Obrázek 11: Ukázka layoutu ve 3D pomocí softwaru ViSTable [12]

1.3.3.3 Pohybové studie

(Kapitola zpracována dle [2])

Kromě časových a prostorových studií mají pro zachycení průběhu práce a hodnocení vlivu pracovního postupu a organizace práce na spotřebu času velký význam i pohybové studie. Při provádění časových studií stejné operace několika odlišnými dělníky, kteří pracují ve stejných podmínkách, zjistíme značné rozdíly ve spotřebě času. Častou příčinou těchto rozdílů bývá, kromě osobních předpokladů pracovníků, rozdílnost pracovních metod, které při vykonávání stejné operace jednotliví dělníci používají. Cílem pohybových studií je na základě rozboru a měření jednotlivých pohybů a zkoumání podmínek na pracovišti, za nichž se práce provádí (prostorové uspořádání, organizace práce na pracovišti, použité výrobní zařízení, nářadí atd.), odhalit příležitosti ke zlepšení. Následným odstraněním nadbytečných pohybů, zkrácením vzdáleností, zlepšením ergonomie, snížením fyzické zátěže, souběžným prováděním operací, apod. je možné dosáhnout takového postupu, který při daných technologických a organizačních podmínkách zajistí co nejkratší časový průběh procesu.

Pro hodnocení chování výrobních jednotek v prostoru a čase existuje řada metod. Tyto metody lze rozdělit do tří základních skupin na:

- Postupové diagramy
- Studie dráhy pohybů
- Mikropohybové studie

I. Postupové diagramy

Postupový diagram je univerzální nástroj, který slouží ke znázornění sledu všech manipulačních, technologických a kontrolních operací, které jsou prováděny na určitém výrobku či výrobní dávce sledovaného procesu. Postupový diagram může být využitý jak pro popis výrobních procesů, tak pro popis nevýrobních operací (popis SW programu, pracovního postupu, aj.). Při sestavování postupového diagramu je využito standardizovaných značek (viz *Tabulka 1*) pro technologické operace, kontrolní operace, dopravu a skladování, které mohou být v závislosti na složitosti zkoumaného procesu rozšířeny o další doplňkové značky pro manipulaci, zpoždění a rozhodování. Výsledkem postupového diagramu je kvantifikace, délka a proporcionalita každé operace. Postupový diagram se využívá pro mapování a racionalizaci procesů, jejichž smyslem je posouzení vhodnosti spolupráce mezi jednotlivými pracovišti, vhodnosti realizace manipulace, popř. identifikace činností přinášejících hodnotu a zvýšení jejich podílu.

Symbole používané v procesním diagramu			
Symbol	Operace	Popis akce	Příklad
○	Operace	Přidává hodnotu	Frézování, soustružení, svařování, lakování, montáž
□	Kontrola	Kontrola jakosti	Vizuální kontrola, rozměrová kontrola, kontrola funkce
⇒	Doprava	Změna umístění	Přesun paletovým vozíkem, VZV
▽	Uložení	Plánované uložení materiálů a produktů	Sklad, formální skladovací prostor
⊔	Manipulace	Třídění anebo přesun	Třídění materiálu a produktů, přesun k dopravníku
D	Čekání	Neplánované shromažďování materiálů a produktů	Rozpracovaná výroba, fronta
◇	Rozhodování	Učinění rozhodnutí	Schválení, zamítnutí akce

Tabulka 1: Přehled základních symbolů používaných v procesních diagramech

II. Studie dráhy pohybů

Pro hodnocení dráhy pohybů a jejich následnou optimalizaci existuje řada metod a pravidel. Pomocí těchto metod založených na grafickém znázornění se dají jednoduše a především přehledně zobrazit pohybu osob a materiálů po výrobních jednotkách a na základě grafického zobrazení v jednom dokumentu tak lze poměrně jednoduše odhalit případné nedostatky sledovaného výrobního systému.

Základními a nejčastěji používanými metodami jsou:

- Spaghetti diagram
- Sankeyho diagram
- Nitkový diagram

Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je vizualizovaný časově ohraničený snímek skutečného toku sledovaného objektu v procesu. Pohyb objektu se zaznamenává do layoutu příslušného pracoviště pomocí směrových šipek, kdy směr šipky značí směr pohybu, délka čáry absolvovanou vzdálenost a tvar čáry skutečný pohyb objektu prostorem. Pro označení různých druhů přesunů jsou často z důvodu vizualizace využívány odlišné barvy. Spaghetti diagram je často uskutečňován souběžně s časovým snímkem. Upozorní tak na nedostatky prostorového uspořádání a plýtvání způsobené nadbytečnými pohyby a dává tak příležitost pro jejich odstranění. Obvykle se používá k hodnocení toku výroby, pohybu osob nebo toku dokumentů.

Příklad spaghetti diagramu je zobrazen na *Obrázek 12*.

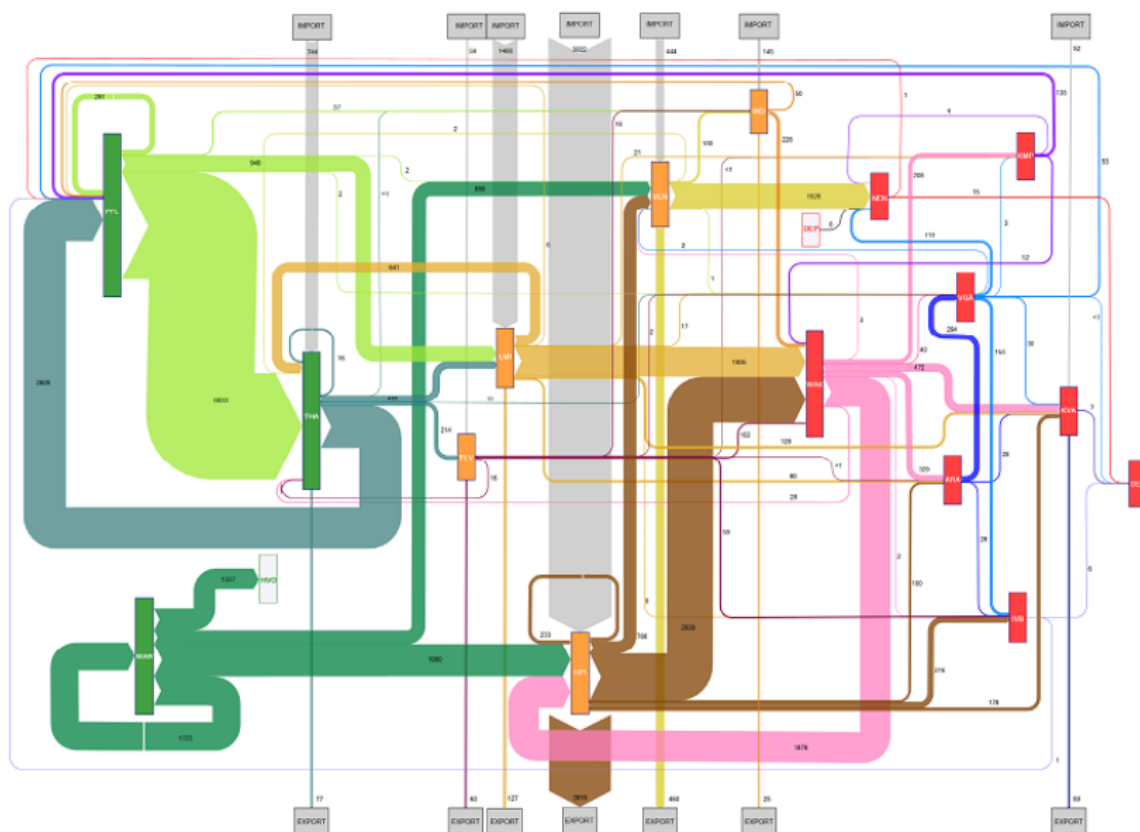


Obrázek 12: Ukázka Spaghetti diagramu [7]

Sankeyho diagram

Sankeyho diagram slouží, podobně jako spaghetti diagram, ke grafickému zachycení skutečného toku sledovaného materiálu v procesu a upozorňuje na nedostatky prostorového uspořádání a plýtvání způsobené nadbytečnými pohyby materiálu. Rozdílem oproti spaghetti diagramu je grafické znázornění toku prostřednictvím plných šipek, jejichž tloušťka vyjadřuje množství přepraveného materiálu, délka vyjadřuje vzdálenost, na kterou je materiál přepravován a tvar šipky zobrazuje členitost materiálového toku. Cílem zpracování Sankeyho diagramu je odhalit nejednosměrný tok, křížení tras, míchání materiálu v různých stupních rozpracování, apod. Na obrázku 11 je ukázka Sankeyho diagramu.

Příklad vizualizace materiálových toků je zobrazen na *Obrázek 13*.



Obrázek 13: Ukázka Sankeyho diagramu [4]

III. Mikropohybové studie

Mikropohybové studie se používají ke zkoumání ručních a strojně ručních úkonů, které se neustále opakují a kde se tedy vyplatí zkoumat detaily za účelem jejich racionalizace. Při mikropohybových studiích je nejprve proveden rozklad operací pracovníka na tzv. mikropohyby a ty jsou následně rozčleněny podle nároků na vzdálenost, hmotnou zátěž, potřeby dalších pomůcek, požadavků na hledání, apod. Následuje podrobná analýza, která hledá rychlejší, bezpečnější a méně fyzicky a psychicky náročné řešení. Výsledkem těchto studií je vyloučení zbytečných pohybů a navržení takové skupiny pohybů, které umožní provádět operaci nejrychleji a s minimálním úsilím.

V minulosti sloužil k mikropohybovým studiím filmový záznam (plynulý nebo sběrný), v současnosti se za tímto účelem využívají systémy předem stanovených časů jako je MTM, MOST, Standard data, aj – viz kapitola: 1.3.3.1.

1.3.4 Postup zprůchodňování výrobních systémů

(Kapitola vychází z literatury [6])

Volba vhodného postupu zprůchodňování výrobního systému záleží na kombinaci několika faktorů jako je úroveň výchozího stavu systému, požadovaný rozsah a hloubka řešení, faktory ovlivňující výkonnost systému, disponibilní finanční prostředky, úroveň odborníků, kteří zprůchodnění provádějí, apod. Konkrétní postup si podnik volí dle aktuálního stavu, potřeb a možností.

V této kapitole je popsán obecný postup zprůchodňování výrobních systémů uplatnitelný v průmyslových podnicích.



Obrázek 14: Schéma postupu zprůchodňování výrobních systémů [Vlastní tvorba]

1. Krok: Formulace cílů

Před zahájením samotného procesu zprůchodnění je nejprve nutné specifikovat zadání a cíle projektu. Pro vyhnutí se rozdílu mezi očekávaným výsledkem a reálným výstupem, ať po technické stránce anebo z pohledu čerpání finančních či realizačních zdrojů, je nutné předem přesně definovat objekt a rozsah řešení, požadovanou hloubku, stanovit očekávané výstupy a definovat požadovaný termín splnění.

2. Krok: Rozbor výchozího stavu

Rozbor lze všeobecně charakterizovat jako etapu, která předchází hodnocení a rozhodování a jejím úkolem je získat objektivní informace o výchozím stavu zkoumaného procesu. Při rozboru se zkoumaný proces rozkládá na jednotlivé části tak, aby mohlo dojít k jejich poznání, odhalení vzájemných vztahů a pochopení fungování procesu jako celku. Rozbor tedy lze chápat jako určitou poznávací metodu. Předmětem rozboru v průmyslové praxi pak může být jakýkoliv proces, který se odehrává uvnitř průmyslového podniku a svým působením ovlivňuje činnost podniku jako celku či jeho části nebo produkt jako výstup z průmyslové

činnosti podniku. V závislosti na účelu je vždy třeba zvolit takové metody a techniky rozboru, které mají vypovídací hodnotu a přinesou informace potřebné pro porozumění výchozímu stavu hodnoceného procesu. Výstupem rozboru je určitý soubor dat, která nás informují o současném stavu zkoumaného procesu. Aby bylo možné tento stav posoudit, tedy provést určité závěry na základě získaných informací, je třeba provést hodnocení zjištěných dat. Cílem hodnocení dat získaných prostřednictvím rozboru je porozumění výchozímu stavu hodnoceného procesu. Teprve na základě porozumění výchozímu stavu hodnoceného procesu je možné přijmout rozhodnutí o dalším postupu.

3. Krok: Zpracování návrhů na zprůchodnění

Po porozumění výchozímu stavu systému a pochopení omezujících faktorů následuje zpracování vhodných návrhů na zprůchodnění. Preferovaným způsobem řešení je racionalizace výchozího stavu. Racionalizaci lze popsat jako soubor technicko-organizačně-psychologických metod, postupů a opatření realizovaných ve výrobním systému, které vedou ke zlepšení systému ve smyslu zvýšení efektivity, produktivity a hospodárnosti, ale také ve smyslu zlepšení pracovních podmínek a vzájemných vazeb mezi faktory a operacemi výrobního procesu. Charakteristickou vlastností racionalizace je nízká nákladovost řešení. Důvodem je způsob, jakým jsou zlepšení dosahována. Příkladem je efektivnější využití strojů, nástrojů, pomůcek, pracovní síly, zlepšení uspořádání a vybavení pracoviště, odstranění zbytečných pohybů, přesunů a operací, zkrácení vzdáleností, zefektivnění toků, sdružování společných činností, souběžné provádění operací, apod. Z důvodu nízké nákladovosti a vysoké efektivity řešení je racionalizace obecně preferovanou variantou zprůchodňování. Ne vždy je však možné požadovaného zvýšení produktivity dosáhnout pouze prostřednictvím racionalizace. V tom případě je situaci nutné řešit prostřednictvím investic nutných pro dosažení požadovaného stavu.

V praxi se používají různé techniky a metody anebo kombinace metod, vždy záleží na rozsahu a požadované úrovni zprůchodnění.

4. Krok: Hodnocení návrhů

a) Volba hodnotících kritérií

Z pohledu výběru vhodné varianty má mimořádný význam správná volba hodnotících kritérií. Ta musí být zvolena tak, aby zjištěná data vyhověla požadavkům posuzovatele a popisovala ty vlastnosti procesů, které jsou podstatné pro jejich hodnocení a poměření s požadovaným stavem.

Volba kritérií pro hodnocení jednotlivých variant řešení závisí především na dvou rozhodujících faktorech:

- na subjektu, který provádí hodnocení
- na účelu, za jakým je hodnocení prováděno

Oba faktory spolu úzce souvisí a navzájem se podmiňují. Protože pro hodnocení vhodnosti jednotlivých variant existuje celá řada kritérií, pro usnadnění výběru a vytvoření soustavy hodnocení je vhodné provést klasifikaci kritérií podle vhodných hledisek.

Např.:

1. Podle oblasti hodnocení na:

- ekonomická kritéria,
- technická kritéria,
- sociální kritéria.

2. Podle míry kvantifikovatelnosti na:

- kvantitativní kritéria,
- kvalitativní kritéria

3. Podle obsahu na:

- naturální kritéria,
- hodnotová kritéria.

Naturální kritéria hodnotí spíše technickou stránku procesu, jejich nevýhoda spočívá v menší míře agregace než u kritérií hodnotových.

4. Podle komplexnosti na:

- kritéria komplexní,
- kritéria dílčí.

Zvolená kritéria lze charakterizovat ze všech uvedených hledisek. Při volbě kritérií je třeba dbát na to, aby odpovídala složitosti procesů, které chceme jejich prostřednictvím hodnotit a zároveň vystihovala požadované vlastnosti řešení. Použijeme-li neadekvátní kritéria, může dojít ke zkreslení výsledků hodnocení nebo k chybám v závěrech, které z hodnocení vyplývají a následkem toho k výběru nevhodné varianty řešení.

b) Hodnocení jednotlivých variant

Důležitou součástí zpracování návrhů na zprůchodnění je hodnocení, při kterém porovnáváme náklady a přínosy jednotlivých navržených variant řešení.

5. Krok: Výběr vhodné varianty

Po výběru hodnotících kritérií následuje ohodnocení jednotlivých variant řešení a výběr té varianty, která je za daných technologických a organizačních podmínek nejvhodnější a zároveň ekonomicky nejvýhodnější. Protože výrobní jednotka představuje složitý technicko-organizační celek a vítězná varianta musí splňovat zpravidla několik kritérií a požadavků, výběru vhodné varianty je vhodné řešit prostřednictvím tzv. vícekritériálního rozhodování. Pro hodnocení jednotlivých variant je nutné volit taková kritéria, která vystihují požadované vlastnosti na řešení. Pořadí výhodnosti daných variant rozhodování stanovené některou z metod vícekritériálního hodnocení pak závisí na vahách jednotlivých hodnotících kritérií a na použité metodě. Při volbě varianty určené k realizaci je nutné vzít v úvahu kritéria s nejvyšší vahou a nejvyšším počtem dosažených bodů a zvolit takovou variantu řešení, která nejlépe vyhovuje zadání.

6. Krok: realizace

Závěrečným krokem zvyšování průchodnosti systému je zavedení vybrané varianty řešení do provozu. Po zprovoznění a stabilizaci systému by mělo následovat vyhodnocení a zpětná vazba, zda zvolená varianta řešení splnila očekávání.

2 Praktická část

2.1 O společnosti IDEAL AUTOMOTIVE BOR, s.r.o.

2.1.1 Základní údaje

Společnost: IDEAL AUTOMOTIVE Bor, s.r.o.



Sídlo: Bor, Nová hospoda 16, PSČ 348 02 Česká Republika

IČO: 25230425

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Spisová značka: 10863 C, Krajský soud v Plzni

Datum zápisu: 5. 3. 1999

Kapitál: Základní kapitál 88 000 000 Kč

Statutární orgán:

Francis De Clerck – jednatel, Belgické království

Thomas Mai – jednatel, Spolková republika Německo

Stefan Frey – jednatel, Spolková republika Německo

Počet zaměstnanců: 1250

2.1.2 Hlavní předmět podnikání

Vývoj a sériová výroba tvarovaných výrobků z netkaných textilií určených pro automotive.

2.1.3 Historie společnosti Ideal Automotive

1964 - Založení Schaeffler Teppichboden GmbH v německém Bamberku skupinou firem Schaeffler Herzogenaurach na místě bývalé továrny Mechanische Seilerwarenfabrik AG

1965 - Zahájení výroby jehlené plsti

1967 - Zahájení výroby všívaných roun určených pro automobilový a civilní sektor

1989 - Převzetí Schaeffler Teppichboden GmbH belgickou skupinou Beaulieu

1992 - Založení závodu na výrobu plsti Vliesstoffwerk Oelsnitz GmbH

1994 - Zprovoznění závodu firmy Schaeffler Teppichboden GmbH v Burgebrachu

1995 - Převzetí firmy Otterberg Textilgesellschaft GmbH, Otterberg

1999 - **Založení firmy IDEAL Automotive Bor, s.r.o.** v Boru, Česká Republika

2.1.4 Technologie:

Tvarování netkaných textilií

Dělení netkaných textilií - vysekávání, ořez vodním paprskem, stříhání

Vysokofrekvenční a ultrazvukové svařování

Lisování a kaširování výrobků z polyuretanu, skelných vláken a papírových voštin

Pěnění měkkou pěnou

Vstřikování termoplastů

2.1.5 Produkty:

Textilní součásti obložení pro interiéry a exteriéry vozidel z taftových a plstěných koberců:

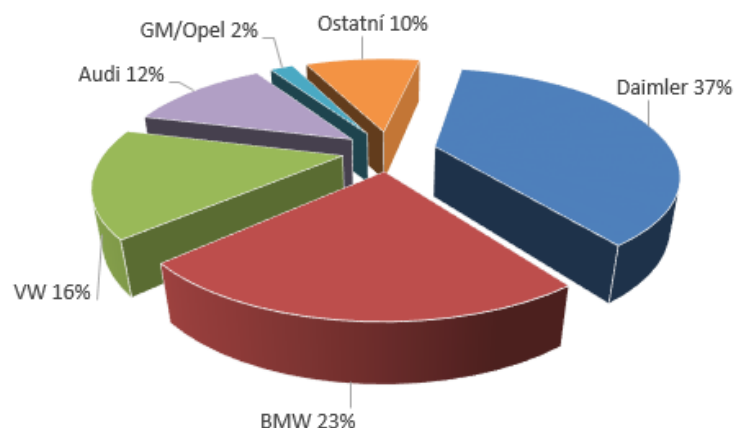
- Podlahové obložení
- Koberečky
- Skupiny výplní zavazadlového prostoru:
 - Boční výplně
 - Obložení dveří zadního zavazadlového prostoru
 - Kryty karoserie mezi C-sloupky
 - Kryty zadní strany zadní řady sedadel
 - Podlaha ložné plochy
 - Obložení prostoru pro rezervní kolo
 - Obložení hrany ložné plochy
- Nadkolí
- Zvukové izolace podběhů a přístrojových desek

2.1.6 Konkurenti

Příklady konkurentů v podnikání jsou například společnost Borgers CS s.r.o. nebo společnost HP-Pelzer s.r.o.

2.1.7 Zákazníci

Mezi jednoznačně nejvýznamnější zákazníky společnosti Ideal Automotive Bor s.r.o. patří německé automobilky Daimler, BMW, VW a Audi, které odebírají 88% celkové produkce podniku. Zbývajících 12% tvoří ostatní minoritní zákazníci jako Opel, Škoda, McLaren, Rols Royce, Suzuki, aj - viz Obrázek 15.



Obrázek 15: Zákazníci firmy Ideal Automotive Bor, s.r.o. [Vlastní tvorba]

2.2 Úvod do projektu

2.2.1 Základní informace o projektu

Zákazník: Volkswagen Wolfsburg, Spolková republika Německo

Kód Projektu: VW326

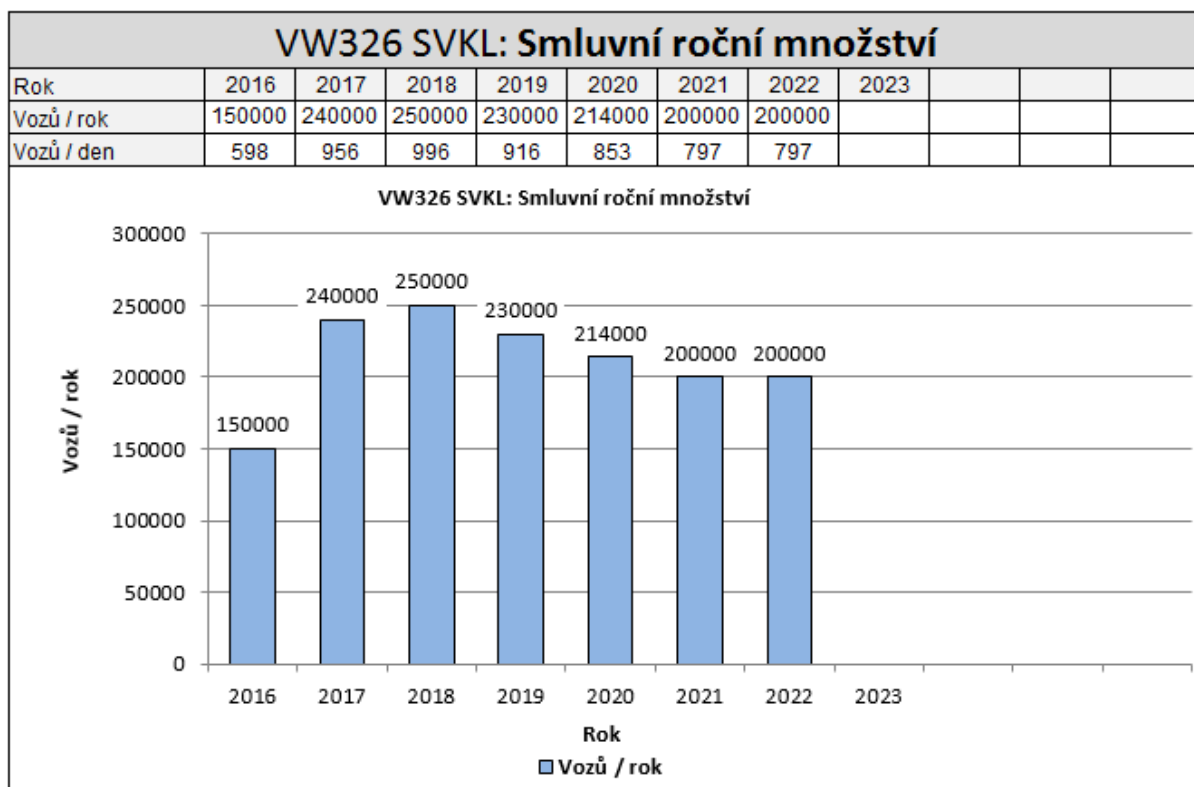
Typ vozu: Volkswagen Tiguan - modelový rok 2016

Druh výrobku: Boční textilní výplně zavazadlového prostoru

Dodavatel: Ideal Automotive Bor s.r.o.

Doba trvání projektu: 7 let (2016-2022)

Smluvní roční požadovaná kapacita – stav nominace projektu: Viz Obrázek 16.



Obrázek 16: VW326 - Smluvní roční odvolávané množství zákazníkem VW [Vlastní tvorba]

Průměrné roční odvolávané množství: 212.000 vozů

Maximální roční množství dosažené v r. 2018: 250.000 vozů

Trvalá požadovaná výrobní flexibilita: $\pm 15\%$ ze smluvního maximálního ročního množství

Požadovaný pracovní model: přetržitý třisměnný provoz pondělí - pátek

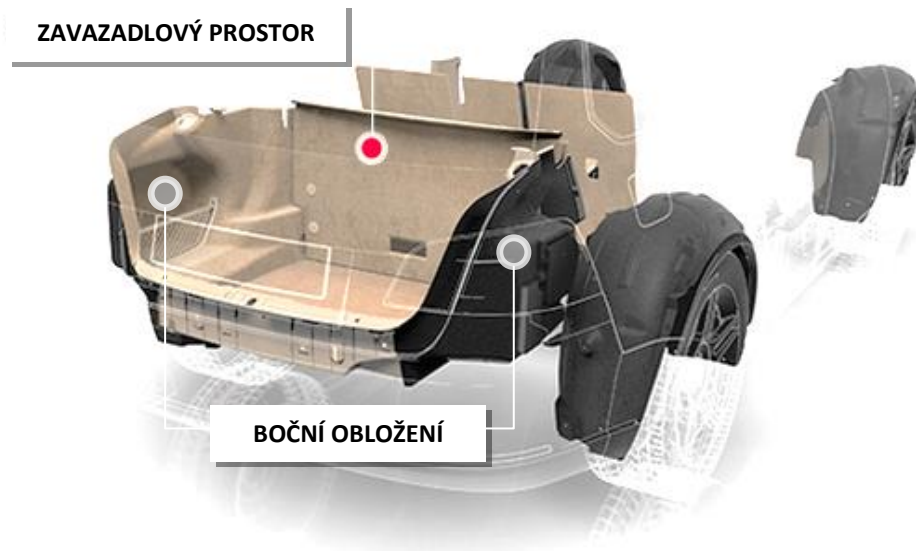
Disponibilní kapacita linky pro projekt VW 326: 100%

Smluvní přepravní podmínky (Incoterms 2015): FCA

2.2.2 Základní informace o výrobku

Druh výrobku: Boční textilní výplně zadního zavazadlového prostoru

Umístění výrobku: Boční stěny zadního zavazadlového prostoru – viz *Obrázek 17*.



Obrázek 17: VW 326 Boční textilní výplně zavazadlového prostoru - umístění ve vozu [7]

Úloha výrobku ve vozu:

Estetická

- estetické překrytí karoserie

Funkční

- zvuková izolace
- úložné a odkládací prostory
- zabudovaný zdroj osvětlení úložného prostoru

Rozměry: 984 x 663 x 266 mm

Hmotnost: 2200 g

Kusovník - levá strana – viz Obrázek 18:

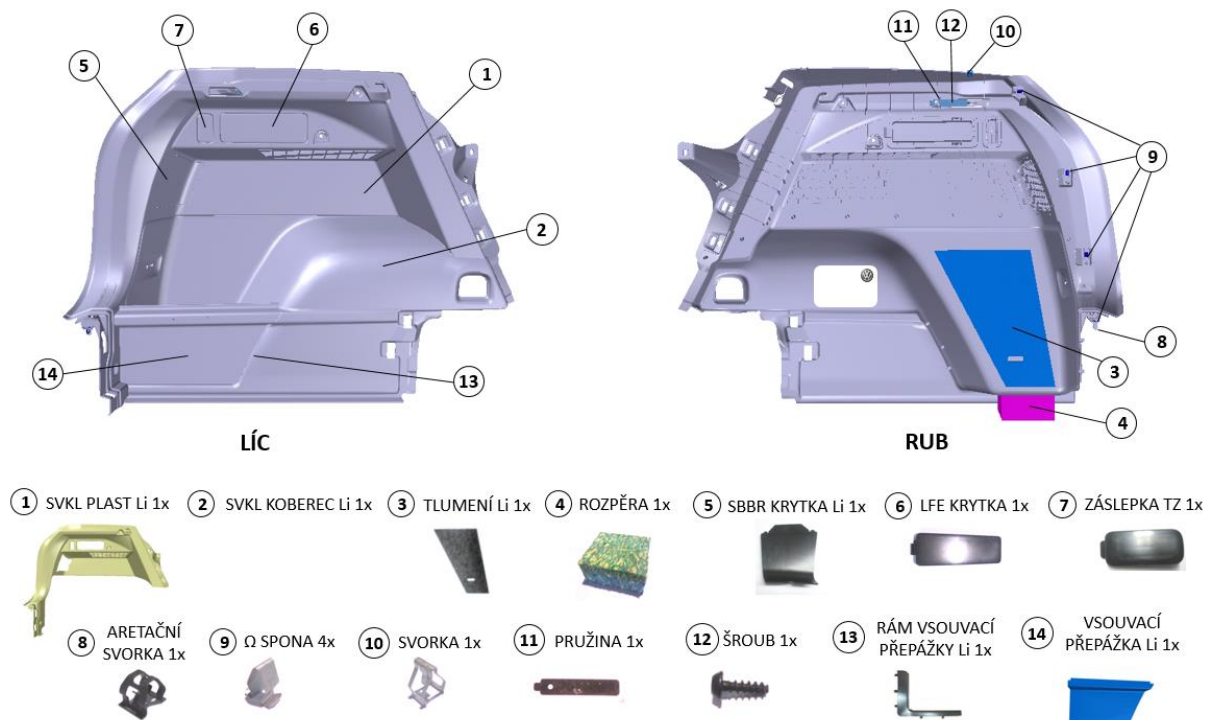
Celkem 14 druhů komponentů (17 kusů), z toho:

- 2x vlastní vyráběné komponenty:
 - 1x plastová nosná část obložení (vstříkovaný 100% PP)
 - 1x kobercová nosná část obložení (netkaná sendvičová textilie)
- 12x nakupované komponenty

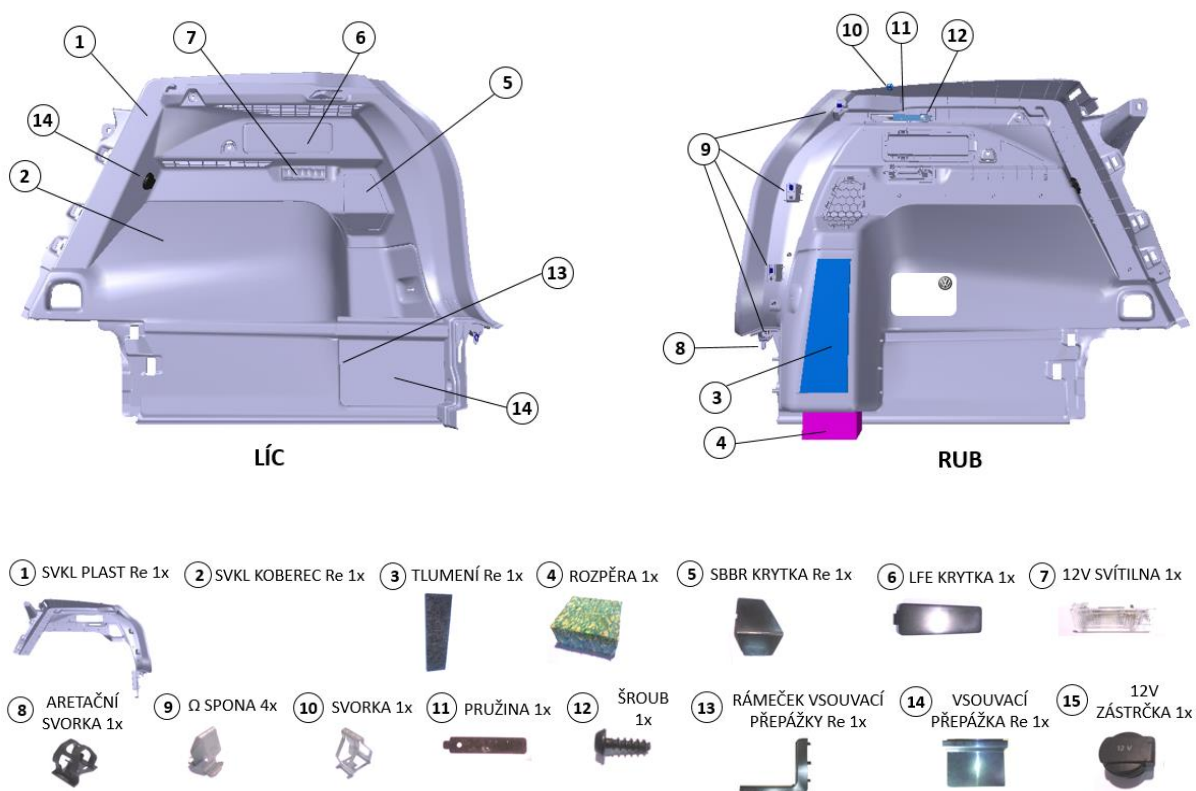
Kusovník - pravá strana – viz Obrázek 19:

Celkem 15 druhů komponentů (18 kusů), z toho:

- 2x vlastní vyráběné komponenty:
 - 1x plastová nosná část obložení (vstříkovaný 100% PP)
 - 1x kobercová nosná část obložení (netkaná sendvičová textilie)
- 13x nakupované komponenty



Obrázek 18: VW 326 SVKL - kusovník levá strana [Vlastní tvorba]



Obrázek 19: VW 326 SVKL - kusovník pravá strana [Vlastní tvorba]

2.3 Úvod do procesu

2.3.1 Základní informace o procesu

Struktura pracoviště: Předmětná → Linková → Proudová - Viz *Obrázek 19*.

Výrobní strategie: ATO = Montáž na objednávku

Typ výroby: Velkosériová – Ø 212.000 sad výrobků/rok

Průběh výroby: Synchronizovaný, v pěti návazných krocích.

Charakter výroby: Kombinace strojní a lidské práce, střední stupeň automatizace

Druhy technologických operací: Vstřikování, ultrazvukové svařování, montáž

Systém zásobování výrobní linky vstupním materiálem:

Průběžný, zajištěný oddělením zásobovací logistiky

Systém řízení zásobování:

- Kanban – pro drobné nakupované díly a režijní materiál
- Zásobníkový systém 1+1 – pro interní polotovary a rozměrný nakupovaný materiál

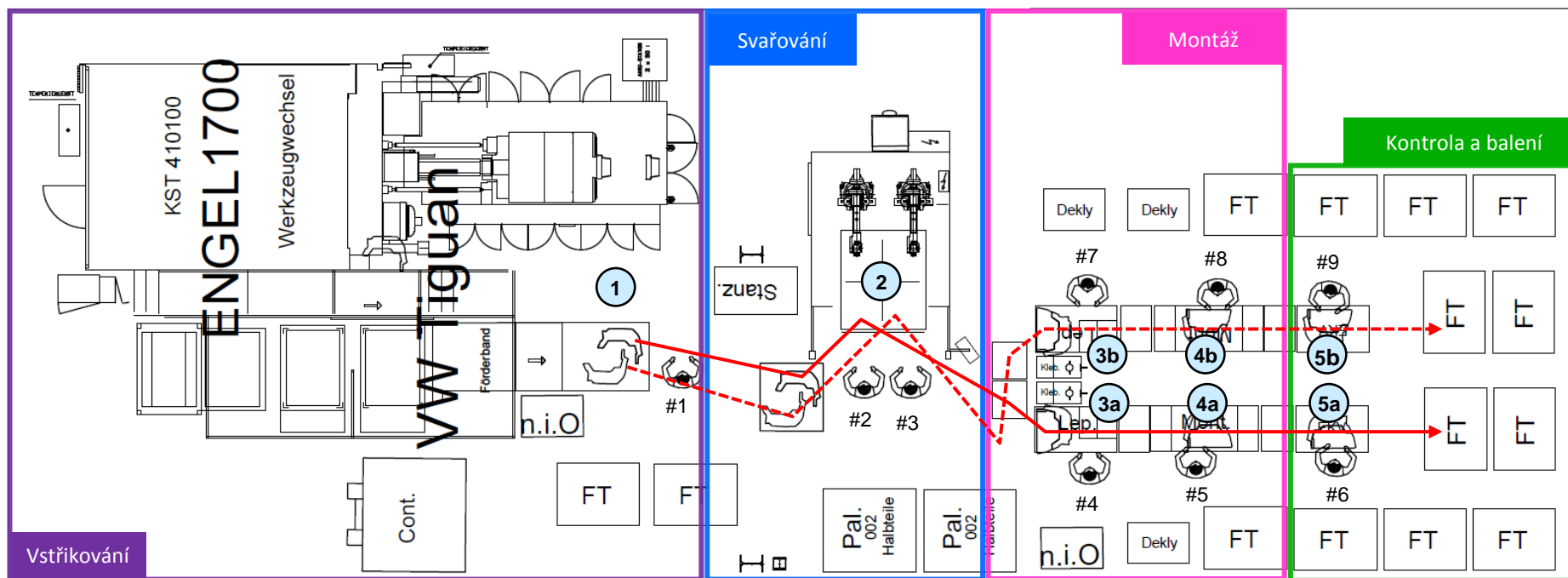
Frekvence zásobování výrobní linky:

- Položky řízené Kanbanem jsou dodávány v pravidelných intervalech prostřednictvím milk-run koleček zásobovacího vláčku
- Položky řízené zásobníkovým systémem jsou zaváženy operativně na základě vystavené a předané objednávky

Typ provozu zásobování výrobní jednotky: nepřetržitý - paralelní s výrobou

Systém oběhu vratných obalů pro hotové výrobky:

Průběžný, zajištěný manipulantem výrobního úseku zabezpečujícím zásobování výrobní linky prázdnými obaly a odvoz hotových výrobků



--- Tok pravá sestava

→ Tok levá sestava

① Pracoviště

#1 Operátor

Obrázek 20: TAG5 – výchozí prostorové uspořádání výrobní linky pro projekt VW 326 [Vlastní tvorba]

2.3.2 Výchozí nastavení procesu

Směnný systém pracoviště: přetržitý třisměnný systém, osmihodinové pracovní směny, výroba po - pá

Normativy procesu výroby VW326 na pracovišti TAG5:

t_g - Základní čas spotřebovaný na výrobu jednotky práce (sadu Li+Re): $\leq 73s$

Přídavky:

t_{er} - Čas na zotavení: 8,33%

t_v - Poměrný čas: 5%

t_{au} - Čas na výrobu zmetků: 1%

t_r - Čas na přípravu: 1%

Cílový požadovaný roční objem produkce sad bočních textilních výplní zadního zavazadlového prostoru/rok: 250.000 sad

Kapacita výrobního pracoviště: Nesdílená - 100% pro výrobu dílů VW326

Počet pracovníků: 9 operátorů výrobní linky + 1 manipulant zabezpečující zásobování výrobní linky materiálem a odvoz hotových výrobků

2.4 Rozbor výchozího stavu

Klíčovým krokem při ovlivňování procesů je porozumění jejich výchozímu stavu. Za tímto účelem bylo naplánováno zpracování vícestupňového rozboru, jehož cílem bylo pomocí kombinace několika metod pracovních studií s odlišným výstupem zkoumaný proces rozložit na jednotlivé části, odhalit jejich vzájemné vazby, vlivy a omezení a získat tak reálný ucelený obraz o vlastnostech výchozího stavu procesu, který bude sloužit jako základ pro jeho následné ovlivňování.

2.4.1 Volba nástrojů

S ohledem na charakter výroby a strukturu pracoviště byly pro rozbor výchozího stavu výrobního systému určeny následující metody rozboru přidělené jednotlivým oblastem zájmu:

1) Studie výrobního postupu:

- Přímé pozorování výrobního postupu jednotlivých operací výrobního systému
- Vizualizace výrobního postupu prostřednictvím výrobního postupového diagramu

2) Hodnocení spotřeby času:

- Přímé měření skutečné spotřeby času jednotlivých operací výrobního systému prostřednictvím plynulé chronometráž cyklické práce dle metodiky organizace REFA
- Ověření spotřeby času operací s významným podílem lidské práce prostřednictvím nepřímého měření metodikou předem stanovených časů úrovně MTM-1

3) Hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání:

- Hodnocení pohybu osob prostřednictvím Spaghetti diagramu
- Hodnocení pohybu materiálu prostřednictvím Sankeyho diagramu

2.4.2 Studie výrobního postupu

2.4.2.1 Cíl studie

Cílem studie výrobního postupu výrobního systému a jeho jednotlivých operací bylo pochopení způsobu řízení a organizace práce v systému a odhalení návazností a vzájemných vztahů a vlivů jednotlivých operací. Dílčím cílem bylo ověřit, zda je možné případné přeskupení konkrétních pracovních úkonů mezi operacemi, aby bylo dosaženo vhodnějšího vzájemného vyvážení spotřeby časů operací.

Kromě pozorování a záznamu z pozorování bylo rozhodnuto o vytvoření vizualizace výrobního postupu prostřednictvím výrobního postupového diagramu. Z diagramu výrobního postupu bude možné vyčíst směr toku výroby, počet, druh, povahu a návaznost jednotlivých operací, a mimo jiné také to, na jakých pracovištích a strojích probíhá jaká část výroby a jaké komponenty jsou v jednotlivých operacích spotřebovávány.

2.4.2.2 Definování předmětu studie

Předmětem studie výrobního postupu se staly výrobní operace výrobní jednotky TAG5, na níž se vyrábí sledovaný projekt VW 326 - výplně zavazadlového prostoru.

2.4.2.3 Průběh studie

Pozorování výrobního postupu probíhalo v běžný pracovní den v průběhu ranní směny. Na každém z osmi pracovišť výrobní jednotky bylo provedeno pozorování v délce dvaceti cyklů. Výroba probíhala synchronizovaně bez zjevného přerušení anebo odstávek. Veškeré informace a podklady k výrobnímu postupu byly zajištěny v průběhu pozorováním výrobního procesu a při rozhovoru s technologem výrobního úseku.

2.4.2.4 Výsledek studie

Pracoviště #1: Operace Vstřikování plastové nosné části bočního obložení

Číslo operace: 1

Název operace: Vstřikování

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Soustava vstřikovací lis Engel 1,7 t – lis, robot, pásový dopravník
- *Člověk:* Operátor #1

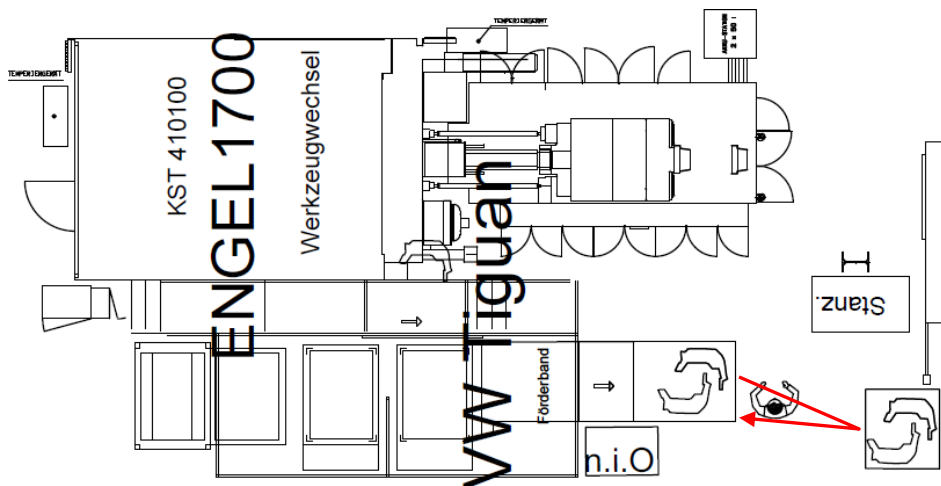
Charakter procesu: Kombinace strojní a lidské práce

Operand ve vstupním stavu: 100% PP ve formě granulí

Operand ve výstupním stavu: Tvarový výlisek nosná plastová část bočního obložení

Cílový cyklus operace: 73s

Obrázek 21 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a standardní pohyb operátora na pracovišti.



Obrázek 21: TAG5 Pracoviště #1 - Vstřikování [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Úvodní operaci výrobní linky zahajuje práce stroje. Vstřikovací lis nejprve vytvaruje jednu sadu nosné části bočního obložení, po otevření formy a vyhození dílů z tvarových dutin díly převezme robot, který je z prostoru vstřikovací formy přesune na pásový dopravník s automatickým posunem a pás nově vylisované díly dopraví k operátorovi. Operátor z pásového dopravníku nejprve sejme jednu stranu ze sady, na rubu a líci provede vizuální kontrolu dle stanoveného kontrolního plánu a zkontrolovaný díl odloží na odkládací stůl před navazující operaci. Poté se vrátí zpět, z pásu sejme opačnou stranu, provede vizuální kontrolu a díl taktéž odnese na odkládací stůl navazujícího pracoviště. Po návratu zpět k dopravníku čeká na dodání následující sady dílů.

Pracoviště #2: Operace Ultrazvukové svařování plastové a kobercové nosné části bočního obložení a rámu vsouvací přepážky

Číslo operace: 2

Název operace: Svařování

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Ultrazvukový svářecí automat, svařovací přípravky Li + Re
- *Člověk:* Operátor #2, Operátor #3

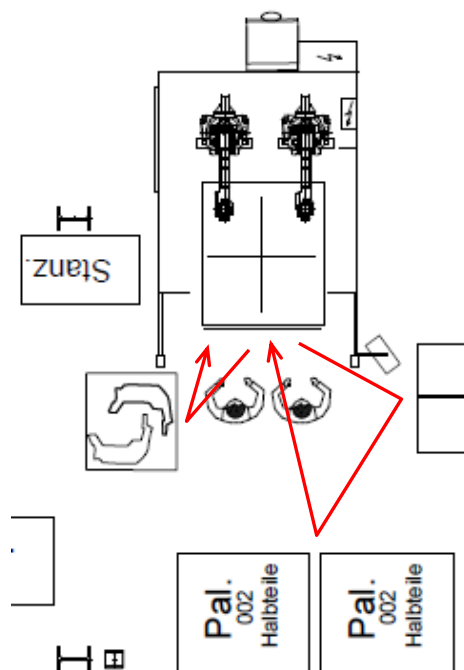
Charakter procesu: Kombinace strojní a lidské práce

Operand ve vstupním stavu: Plastová nosná část bočního obložení, kobercová nosná část bočního obložení, rám vsouvací přepážky

Operand ve výstupním stavu: Svařená podsestava složená ze vstupních operandů

Cílový cyklus operace: 73s

Obrázek 22 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a standardní pohyb operátorů na pracovišti.



Obrázek 22: TAG5 Pracoviště #2 - Svařování [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Na druhém pracovišti nejprve jeden z operátorů z přípravku na otočném stole vně svářecího automatu uvolní svařenou sestavu a odnese ji k odkládacímu stolku navazující operace, kde sestavu odloží. Cestou zpět vyjme z manipulačního obalu kobercovou část bočního obložení a vrací se zpět ke svářecímu automatu. Druhý z operátorů mezitím z odkládacího stolku předchozí operace sejme plastovou část bočního obložení, tu založí do prázdného přípravku a na díl založí rámeček vsouvací přepážky. Na tuto sestavu následně první operátor usadí kobercovou část, oba operátoři společně díl zajistí v přípravku a spustí svářecí automat. Ten otočí stůl se založenými komponenty do svářecí kabiny a ze svářecí kabiny otočí zpět protější stůl s již svařenou sestavou. Zatímco robot uvnitř kabiny svařuje nově založené díly, první z operátorů ze stolu vně kabiny uvolní svařenou sestavu a následuje stejný postup, tentokrát s opačnou stranou dílu.

Pracoviště #3a, #3b: Operace Montáž 1

Číslo operace: 3

Název operace: Montáž 1 Li, Montáž 1 Re

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Pracovní stůl, Ruční elektrický šroubovák, lepicí poloautomat na tavné lepidlo, ruční přípravek na montáž Ω spon,
- *Člověk:* Li - Operátor #4, Re - Operátor #7

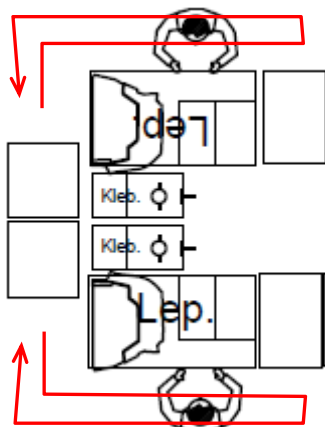
Charakter procesu: Lidská práce

Operand ve vstupním stavu: Viz Obrázek 27

Operand ve výstupním stavu: Viz Obrázek 27

Cílový cyklus operace: 73s

Obrázek 23 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a standardní pohyb operátorů na pracovišti.



Obrázek 23: TAG5 Pracoviště #3 - Montáž 1 [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Na třetím pracovišti operátor nejprve z odkládacího stolku předchozí operace sejme svařený polotovar a uloží ho na montážní přípravek na pracovním stole rubovou stranou vzhůru. Poté na kobercovou část pomocí tavné pistole přilepí pěnovou rozpěru a tlumení. V dalším kroku do drážek v plastové části bočního obložení postupně založí tři Ω spony, které pomocí ručního přípravku usadí do koncové pozice. Dále na hranu plastové části nasune svorku, kterou pomocí kladiva natluče do koncové polohy. Následně pomocí elektrického momentového šroubováku do plastové části bočního obložení přišroubuje ocelovou pružinu. Na závěr sestavu sejme z montážního přípravku, odloží na odkládací stůl před navazujícím montážním pracovištěm.

Pracoviště #4a: Operace Montáž 2

Číslo operace: 4

Název operace: Montáž 2 Li

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Pracovní stůl, ruční přípravek na montáž Ω spon, průmyslové nůžky
- *Člověk:* Operátor #5

Charakter procesu: Lidská práce

Operand ve vstupním stavu: Viz Obrázek 27

Operand ve výstupním stavu: Viz Obrázek 27

Cílový cyklus operace: 73s

Obrázek 24 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a pohyb operátora na pracovišti.



Obrázek 24: TAG5 Pracoviště #4a - Montáž 2 [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Na čtvrtém pracovišti pravé větve operátor nejprve z odkládacího stolku předchozí operace sejme odloženou sestavu a uloží ji na pracovní stůl lícovou stranou vzhůru. Do drážky v plastové části bočního obložení založí Ω sponu, kterou pomocí ručního přípravku usadí do koncové pozice. Poté pracovník do otvorů v plastové části bočního obložení postupně vkládá samojistící aretační svorku, SBBR krytku, záslepku TZ a LFE krytku. Po dokončení díl otočí na rub, s pomocí ručního přípravku vyhne a zajistí klipy LFE krytky a dokončenou sestavu odnese na odkládací stůl závěrečného pracoviště.

Pracoviště #4b: Operace Montáž 2

Číslo operace: 4

Název operace: Montáž 2 Re

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Pracovní stůl, ruční přípravek na montáž Ω spon, průmyslové nůžky
- *Člověk:* Operátor #8

Charakter procesu: Lidská práce

Operand ve vstupním / výstupním stavu: Viz Obrázek 27

Cílový cyklus operace: 73s

Obrázek 25 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a standardní pohyb operátorů na pracovišti.



Obrázek 25: TAG5 Pracoviště #4b - Montáž 2 [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Na čtvrtém pracovišti levé větve operátor nejprve z odkládacího stolku předchozí operace sejme odloženou sestavu a uloží ji na pracovní stůl lícovou stranou vzhůru. Do drážky v plastové části bočního obložení založí Ω sponu, kterou pomocí ručního přípravku usadí do koncové pozice. Poté pracovník do otvorů v plastové části bočního obložení postupně vkládá samojistící aretační svorku, SBBR krytku, 12V svítilnu a LFE krytku. Po dokončení díl otočí na rub a s pomocí ručního přípravku vyhne a zajistí klipy LFE krytky. V následujícím kroku pracovník do plastové části bočního obložení vloží 12V zásuvku a z opačné strany ji našroubováním matky zajistí v dílu. Dokončenou sestavu předá na odkládací stůl závěrečného pracoviště.

Pracoviště #5a, #5b: Operace Výstupní kontrola a balení

Číslo operace: 5

Název operace: Výstupní kontrola a balení Li, Výstupní kontrola a balení Re

Operátory procesu:

- *Technický systém:* Pracovní stůl, stolní počítač s příslušenstvím
- *Člověk:* Li - Operátor #6, Re – Operátor #9

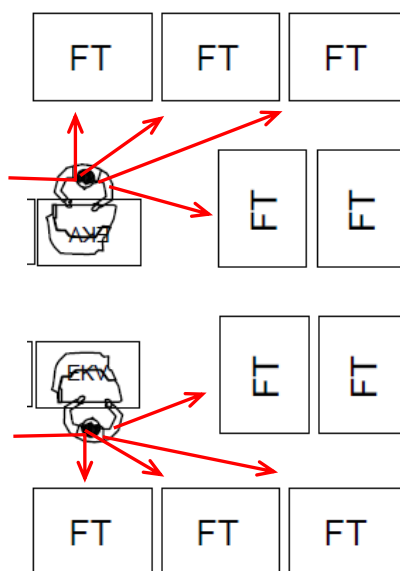
Charakter procesu: Lidská práce

Operand ve vstupním stavu: Viz Obrázek 27

Operand ve výstupním stavu: konečná sestava Boční obložení zavazadlového prostoru levá/pravá strana

Cílový cyklus operace: 73s

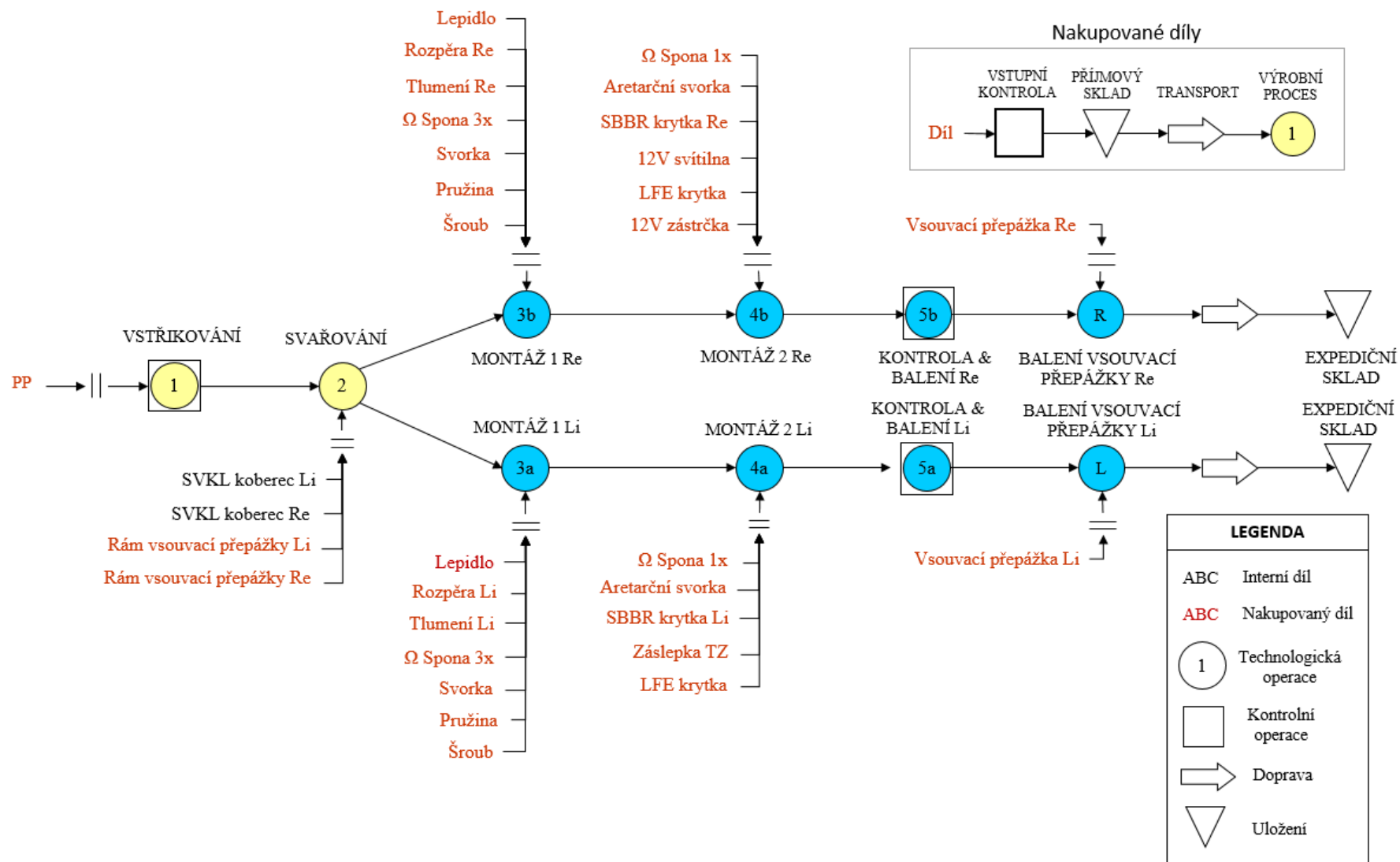
Obrázek 26 znázorňuje prostorové uspořádání pracoviště a standardní pohyb operátorů na pracovišti.



Obrázek 26: TAG5 Pracoviště #5 - Výstupní kontrola a balení [Vlastní tvorba]

Popis procesu:

Na závěrečném pátém pracovišti operátor nejprve z odkládacího stolku předchodí operace sejme odloženou sestavu a uloží ji na pracovní stůl rubovou stranou vzhůru. Následně z připraveného balíku sejme předtištěnou etiketu a nalepí ji na díl. Poté s pomocí vzduchové pistole díl zbaví nečistot a vizuálně zkontroluje dle postupu definovaného v kontrolním předpisu. Následně díl otočí a položí zpět na stůl lícovou stranou vzhůru. Poté díl s pomocí vzduchové pistole zbaví nečistot a též vizuálně zkontroluje dle postupu definovaného v kontrolním předpisu. V následujícím kroku pracovník leštícím hadříkem přešetří pohledovou plastovou část bočního obložení a díl tak zbaví případných přelisků. Poté dokončenou a zkontrolovanou sestavu uchopí a odnese k zákaznickému přepravnímu obalu, kde díl opatří ochrannou pěnovou fólií a uloží do obalu. Po návratu zpět k pracovnímu stolu v případě dosažení plného počtu sestav v balení vytiskne paletový štítek, ten oskenuje a porovná se vzorovou etiketou dílu. V případě shody do předvyplněného formuláře k aktuální zakázce ručně zapíše číslo nově vytištěného paletového štítku a štítek následně odnese k plnému přepravnímu obalu, kde ho založí do kapsy umístěné na stěně obalu.



Obrázek 27: VW326 SVKL - Výrobní postupový diagram [Vlastní tvorba]

Hodnocení spotřeby času

Hlavním cílem měření spotřeby času jednotlivých operací výrobního systému bylo zjištění spotřeby času potřebné k vykonání úkonů definovaných v technologickém postupu a k odhalení úzkých míst a ovlivňujících veličin, které omezovaly požadované zvýšení produkční schopnosti výrobního systému. Dílčím cílem měření bylo ověřit, do jaké míry jsou jednotlivé operace vzájemně vyvážené a zda vykazují příležitosti k vyrovnání.

2.4.3 Přímé měření skutečné spotřeby času dle REFA

2.4.3.1 Cíl měření skutečné spotřeby času

Cílem přímého měření spotřeby času jednotlivých operací výrobního systému bylo zjištění skutečné spotřeby času za podmínek odpovídajících sériovému provozu.

2.4.3.2 Průběh měření skutečné spotřeby času

Měření jednotlivých operací výrobního procesu probíhalo vždy v pracovní den v průběhu ranní směny a bylo prováděno se zapracovaným týmem. Pro větší objektivnost výsledků měření byli měřeni dva různí operátoři pracující dle shodného technologického postupu na stejném pracovišti. Na osmi pracovištích bylo celkem provedeno jedenáct ($x 2 =$ dvacet dva) naměrů:

Pracoviště 1 Lisování:

1. Práce člověka (Operátor #1)
2. Práce stroje (Vstřikovací lis)

Pracoviště 2 Svařování:

3. Práce člověka (Operátor #2)
4. Práce člověka (Operátor #3)
5. Práce stroje (Svářecí automat)

Pracoviště 3a Montáž 1 levý díl:

6. Práce člověka (Operátor #4)

Pracoviště 3b Montáž 1 pravý díl:

7. Práce člověka (Operátor #7)

Pracoviště 4a Montáž 2 levý díl:

8. Práce člověka (Operátor #5)

Pracoviště 4b Montáž 2 pravý díl:

9. Práce člověka (Operátor #8)

Pracoviště 5a Výstupní kontrola a balení levý díl:

10. Práce člověka (Operátor #6)

Pracoviště 5b Výstupní kontrola a balení pravý díl:


11. Práce člověka (Operátor #9)

Hodnocení spotřeby času probíhalo tak, že po náměrech metodou přímé chronometráže a výpočtu průměrné spotřeby základního času na jednotku t_g byly k základnímu času připočteny přírážky standardně používané společností Ideal Automotive Bor, s.r.o. pro kapacitní výpočty a tvorbu norem práce. Pro výpočet času potřebného na provedení t_a byla k základnímu času na jednotku t_g naměřenému při přímém měření připočtena přírážka 8,33% jako čas potřebný na zotavení t_{er} , dále přírážka 5% jako poměrný čas t_v zahrnující drobné neplánované a

nepředvídatelné odstávky, a nakonec 1% přírážka na časové ztráty způsobené výrobou zmetků. Součet těchto časů pak udal čas na provedení t_a . Pro stanovení celkového času na zakázku T byl k času na provedení t_a přičten čas na přípravu t_r , který spotřeboval v průměru 5 minut na směnu.

Detaily jednotlivých náměrů základních časů na jednotku a dopočty přírážek pro určení času potřebného na realizaci zakázky jsou zaznamenány ve zpracovaných formulářích organizace REFA určených pro záznamy z přímého měření spotřeby času prostřednictvím plynulé chronometrace cyklické práce – viz příklad záznamu z náměrů operace Vstřikování na pracovišti #1 na ***Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.*** a ***Obrázek 29.***

Z 2	REFA - Formulář časového snímku pro průběhy s opakováním	Číslo pořadače P 924 / 3 / 17
		List 1 ze 1 Listů

Pracovní úkol: VW 326 SVKL Li/Re: Vstřikování (spotřeba času pracovníka)							
Zakázka č.	170049	Množství m pracovní zakázky	2300	Oddělení	TAG 5 - P1 Vstřikování	Nákladové středisko	410 100
Datum časového snímku	07.03.17	Začátek	Čas 10:00 Hodin Množství -	Konec	Čas 10:18 Hodin Množství -	Doba trvání	18 Min.
	Skladba času na jednotku		Čas v	Původ			
	Základní čas t_0		123,20				
	Čas na odpočinek t_{op} při $z_{op} = 8,33 \%$		10,26				
	Poměrný čas t_p při $z_p = 5 \%$		6,16				
	Ostatní přírůstky t_{os} při $z_{os} = 1 \%$		1,23				
	Jednotkový čas t_{j}		140,85				
	$t_{j1} / t_{j100} / t_{j1000}$ v min/h		1,41				
Přípravný čas v min/h		5,00					
Pracovní postup a pracovní metoda							
<p>Operátor z pásového dopravníku nejprve sejme jednu stranu sady, na rubu a líci provede vizuální kontrolu dle stanoveného kontrolního plánu a v případě shody díl odnese na odkládací stůlek k navazujícímu pracovišti robotického ultrazvukového svařování. Poté se vrátí zpět k pásovému dopravníku, sejme opačnou stranu, opět provede vizuální kontrolu a díl odnese na odkládací stůlek navazujícího pracoviště. Nakonec se vrátí zpět k dopravníku, kde čeká na vylišování následující sady dílů.</p>							
Předmět práce (vstup)	Označení	Materiál	Stav na vstupu	Výkres č.	Materiál č.	Rozměry, tvary, hmotnosti	
	Polypropylen	100% PP	Granulát	N/A	N/A	---	
Člověk	Jméno	Osobní číslo	Muž	Žena	Věk	Doba výkonu podobných úkolů zkoumaného úkolu	
	Šugar Emil	N/A	X		51	3 roky 6 týdnů	
Pracovní prostředky	Označení, typ	Počet	Číslo provozního prostředku	rok výrob	Technické údaje, stav		
	Vstřikovací lis Engel 1 1700t	1	2B166	89	paralelita desek ok		
	Vstřikovací forma VW326 Brüstung	1	2581	15	nová, údržba dle plánu údržby		
Vlivy okolí	Hluk okolí 85 db (A), pracovní rukavice, chrániče sluchu				Odměna	Časová mzda	
Poznámky							
Časový snímek slouží k rozboru výchozího stavu pracoviště							
Mistr pracovního úseku předem informován							
Jakost výsledku práce viz zkušební protokol							
Zpracoval	Filip Knapp	Ověřil	---	Datum	---	Platné od --- do ---	

Obrázek 28: Časový snímek operace Vstřikování_str.1 [Vlastní tvorba]

Č	Úsek procesu a moment měření	Refer. množs.	Ovlivňující veličina	Skut. hodnota, Interval	Cy m _z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ L / n	L	t = $\frac{L}{100} \cdot t_i$	Druh času	
						t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i	t _i		t _i
1	Sejmout díl z pásu, vizuální kontrola, přemístění dílu na odkládací stolek, návrat k pásovému dopravníku	1			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500	100,00	37,27	t _{MH}
	Pustit díl		F	36	163	282	410	526	653	776	899	1021	1138	1270	1396	1515	1641	1765	15	37,27					
			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500	100,00		
2	Sejmout díl z pásu, vizuální kontrola, přemístění dílu na odkládací stolek, návrat k pásovému dopravníku	1			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500	100,00	36,00	t _{MH}	
	Pustit díl		F	39	41	34	39	28	27	35	40	38	34	32	38	41	39	35	15	36,00					
			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500			100,00
3	Čekání na následující sadu dílů ze stroje	1			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500	100,00	49,93	t _{MA}	
	Zastavení pásového dopravníku		F	47	41	53	42	61	59	51	48	50	60	53	44	47	45	48	15	49,93					
			L	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1500			100,00
					L																				
					t _i																				
					F																				
					L																				
					t _i																				
					F																				
					L																				
					t _i																				
					F																				
					L																				
					t _i																				
					F																				
					L																				
					t _i																				
					F																				
n = 15		k = 3		Součet časů na cyklus t _z		122	123	124	122	124	124	123	125	122	123	123	123	125	122	123	Σ t _z 1848				
t _z = Σ t _z / n =		1848 / 15 =		123,20		2					3			3					Σ R _z 8	Σ t	123,20				
R _z = Σ R _z / k =		8 / 3 =		2,67		Z = (R _z / t _z) x 100 % =					(2,67 / 123,2) x 100 % = 2,16 %			ε = 0,5 %		ε' = 5 %		n' =							
Č/Cy	Od	Do	Délka	Nestandardní činnosti																					

Obrázek 29: Časový snímek operace Vstřikování_str.2 [Vlastní tvorba]

2.4.3.3 Výsledek měření skutečné spotřeby času

Tabulka 2 obsahuje souhrn základních časů na operaci výrobní linky TAG5 projektu VW 326 naměřených přímým měřením skutečné spotřeby času metodikou dle REFA.

#	Operace	Operátor procesu	Činnost	Čas [s]	T _g [s]
1	Lisování	Vstřikovací lis	Vstřikování	74	74
		Operátor #1	Kontrola	44	
2	Svařování	Svařovací automat	Ultrazvukové svařování	73	73
		Operátor #2	Příprava sestavy, obsluha stroje	49,1	
		Operátor #3	Příprava sestavy, obsluha stroje	54,5	
3a	Montáž	Operátor #4	Montáž	66	66
3b	Montáž	Operátor #7	Montáž	66,5	66,5
4a	Montáž	Operátor #5	Montáž	38	38
4b	Montáž	Operátor #8	Montáž	49,5	49,5
5a	Kontrola	Operátor #6	Výstupní kontrola a balení	54,7	54,7
5b	Kontrola	Operátor #9	Výstupní kontrola a balení	55,2	55,2

Tabulka 2: Výsledky náměrů spotřeby času na operaci metodikou REFA [Vlastní tvorba]

2.4.4 Nepřímé měření spotřeby času člověka metodikou MTM

2.4.4.1 Cíl nepřímého měření spotřeby času

Nepřímé měření spotřeby času metodikou MTM bylo do rozboru zahrnuto proto, aby u operací, které byly závislé na výkonu člověka, eliminovalo subjektivní vlivy ovlivňující měření spotřeby času tradičním přímým měřením a ověřilo, zda je náměry pořízené metodou přímého měření spotřeby času možné považovat za objektivní.

2.4.4.2 Volba vhodné metodiky

S ohledem na délku a náročnost zkoumaných operací a vysoký počet pracovních úkonů v rámci jednotlivých operací byla pro objektivní ověření spotřeby času u operací závislých na lidské práci zvolena metodika MTM úrovně 1. Ta spočívá v rozložení pracovních operací do elementárních, dále již nedělitelných prvků pohybu. Ke každému prvku se přiřadí hodnota normovaného času, která je určována ve své výši evidovanými číselnými hodnotami a třídami ovlivňujících veličin. Součet spotřeby času po sobě jdoucích pohybů nutný pro provedení žádané akce pak udá normovaný čas potřebný na vykonání celé operace. S ohledem na detailnost se sice jedná o metodu s vysokými časovými nároky na zpracování, ale její použití umožní v porovnání s ostatními běžně používanými metodami předem stanovených časů nejpřesnější analýzu s maximální objektivitou výstupních dat.

2.4.4.3 Průběh nepřímého měření spotřeby času

Protože u prvních dvou operací výrobního procesu, u operace Lisování a Svařování, tvořila významnou část spotřeby času práce stroje, která nepodléhá subjektivním vlivům ovlivňující měření spotřeby času tradičním přímým měřením a vykazuje stabilní opakovatelné výsledky, k rozboru dle metodiky MTM-1 byly postoupeny pouze operace Montáž 1, Montáž 2 a

Výstupní kontrola a balení, u nichž bylo provedení technologického postupu závislé pouze na lidské práci.

K analýze bylo postoupeno celkem šest operací na šesti pracovištích:

Pracoviště 3a Montáž 1 levý díl:

1. Práce člověka (Operátor #4)

Pracoviště 3b Montáž 1 pravý díl:

2. Práce člověka (Operátor #7)

Pracoviště 4a Montáž 2 levý díl:

3. Práce člověka (Operátor #5)

Pracoviště 4b Montáž 2 pravý díl:

4. Práce člověka (Operátor #8)

Pracoviště 5a Výstupní kontrola a balení levý díl:

5. Práce člověka (Operátor #6)

Pracoviště 5b Výstupní kontrola a balení pravý díl:

6. Práce člověka (Operátor #9)


Pozn.: S ohledem na shodný technologický postup u stanovišť 3a/3b a 5a/5b bylo rozhodnuto, že budou provedeny celkem čtyři rozborů metodikou MTM-1 a to u těch operací, kde existuje odlišný technologický postup. Výsledek spotřeby času potřebného pro provedení operace na pracovišti 3b pak bude použit jako reprezentativní i pro pracoviště 3a a výsledek spotřeby pracoviště 5b bude použit jako reprezentativní pro pracoviště 5a.

Hodnocení spotřeby času probíhalo tak, že při rozboru dle metodiky MTM-1 byly nejprve zvolené výrobní operace rozděleny na jednotlivé pracovní úkony představující ucelené organizačně neoddělitelné pracovní činnosti, jako je umístění dílu do přípravku, montáž dílu, anebo vizuální kontrola dílu. Úkony byly dále rozděleny na jednotlivé pohyby, které představovaly nejmenší měřitelnou část pracovního úkonu a pohybům byly na základě délky pohybu a tříd ovlivňujících veličin uvedených v MTM-1 tabulce přiřazovány hodnoty normovaného času. Součet spotřeby času jednotlivých po sobě jdoucích pohybů nutných pro provedení výrobní operace pak udal čistý normovaný základní čas na jednotku t_g . K tomuto času byly, stejně jako v případě přímých náměrů metodikou REFA, následně připočteny standardní přírážky společnosti jako je čas na zotavení t_{er} 8,33%, poměrný čas t_v 5% a 1% přírážka na ztráty vinou zmetků t_{au} . Výsledný čas pak udal objektivní normovaný čas na provedení t_a .


Detaily jednotlivých náměrů základních časů na jednotku a dopočty přírážek pro určení času potřebného na realizaci zakázky jsou zaznamenány ve vypracovaných formulářích určených pro vyhodnocení spotřeby času metodikou předem určených časů MTM-1 – viz příklad záznamu z operace Montáž 1 na pracovišti #3 zobrazený na *Obrázek 30*, *Obrázek 31* a *Obrázek 32*.

	Popis pracoviště	Ev.č. <input type="text"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Pozorovací analýza <input type="checkbox"/> Plánovací analýza	List/Listů <input type="text" value="1/11"/>
Název operace	<input type="text" value="VW 326 TIGUAN - SVKL LI - Pracoviště 3"/>	
Organizační jednotka	<input type="text" value="Ideal Automotive Bor - TAG 5"/>	
Zpracoval	<input type="text" value="Filip Knapp"/>	Datum <input type="text"/>
Technologický postup		
1) Pracovník nejprve uloží boční obložení na kopyto.		
2) Poté vyjme z manipulačního obalu rozpěru a umístí ji do přípravku. Na ní pomocí lepicí pistole nanese lepidlo a pomocí přípravku přitiskne k dílu.		
3) Následně uchopí tlumení, nanese na něj lepidlo, odloží pistoli a tlumení přilepí na boční obložení. Poté se přesune před stůl na montáž Ω spon.		
4) Pracovník ze stolu postupně odebere 3 Ω spony, které umístí do drážek na bočním obložení.		
5) Poté sáhne pro nástroj na usazení Ω spon a s jeho pomocí spony usadí do koncové pozice. Nástroj následně odloží.		
6) Pracovník sáhne střídavě pro kladivo a svorku, kterou umístí na hranu základního dílu, pomocí kladiva natluče do koncové polohy a kladivo odloží.		
7) Následně uchopí pružinu a umístí ji do pozice na základním dílu. Poté sáhne střídavě pro aku šroubovák a šroubek, který na něj nasadí. Pomocí šroubováku přišroubuje pružinu k základnímu dílu. Šroubovák poté odloží.		
8) Na závěr pracovník odklopí páku držící rozpěru, sejme polotovar z montážního kopyta a přesune na odkládací stůl před následujícím pracovištěm.		

Obrázek 30: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.1 [Vlastní tvorba]

	Popis pracoviště	Ev.č. <input type="text"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Pozorovací analýza <input type="checkbox"/> Plánovací analýza	List/Listů <input type="text" value="2/11"/>
Charakteristika pracoviště	Pracoviště je charakteristické ruční prací. Pracovník bere jednotlivé díly, které zakládá a kompletuje do sestavy. Existují zvýšené nároky na přesnost práce.	
Pracovní a pomocné prostředky	Pracovní stůl s přípravkem, lepicí tank, kladivo, ruční elektrický šroubovák, nástroj na usazení spon	
Osoby	Zpracování, kmenoví pracovníci	
Osobní a ochranné pomůcky	Rukavice	
Relevantní vlivy prostředí		
Zvláštní požadavky na proces		

Obrázek 31: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.2 [Vlastní tvorba]

	Souhrn operačních úseků <input checked="" type="checkbox"/> Pozorovací analýza <input type="checkbox"/> Plánovací analýza	Ev.č. <input style="width: 50px;" type="text"/> List/Listů <input style="width: 50px;" type="text" value="3/11"/>			
Kód <input style="width: 450px;" type="text"/>					
Název operace <input style="width: 450px;" type="text" value="VW 326 TIGUAN - SVKL LI - Pracoviště 3"/>					
Začátek <input style="width: 450px;" type="text" value="Usazení bočního obložení na kopyto"/>					
Obsah <input style="width: 450px;" type="text" value="Viz. popis pracoviště"/>					
Konec <input style="width: 450px;" type="text" value="Chůze k manipulačnímu obalu s pěnovými rozpěrami"/>					
Ohraničení <input style="width: 450px;" type="text"/>					
č.	Popis	Kód	TMU	Pxč	Celkem TMU
1	Usazení SVKL na kopyto			1	51,2
2	Přilepení pěnové rozpěry			1	336,4
3	Přilepení tlumení			1	313,0
4	Nasazení Ω spon			1	314,7
5	Usazení Ω spon			1	97,2
6	Nasazení svorky			1	131,7
7	Přišroubování pružiny			1	267,0
8	Odložení SVKL na další pozici			1	220,2
					1731,3
	Základní čas t_x v		TMU		62,3
	Základní čas t_x v	<input type="checkbox"/> min	<input checked="" type="checkbox"/> sec		
	Čas na odpočinek t_o v	<input type="checkbox"/> min	<input checked="" type="checkbox"/> sec	8,33%	5,2
	Poměrný čas t_v v	<input type="checkbox"/> min	<input checked="" type="checkbox"/> sec	5%	3,1
Podnikové specifické přírážky					
	Zmetky t_{z_0}	<input type="checkbox"/> min	<input checked="" type="checkbox"/> sec	1%	0,6
	Čas na jednotku t_c	$T_c = T_x + T_o + T_v + T_{z_0}$			71,3
	Prováděcí čas t_p v	$T_p = T_c \cdot m$		když $m =$	1
	Čas seřízení (přípravy) t_r v	<input type="checkbox"/> min	<input checked="" type="checkbox"/> sec	1%	0,6
	Čas na zakázku T v	$T = T_p + T_r$			71,9

Obrázek 32: Hodnocení spotřeby času operace Montáž 1 Metodikou MTM-1_str.3 [Vlastní tvorba]

2.4.4.4 Výsledek nepřímého měření spotřeby času

Tabulka 3 obsahuje souhrn základních časů na operaci výrobní linky TAG5 projektu VW 326 naměřených nepřímým měřením spotřeby času člověka metodikou MTM-1.

#	Operace	Operátor procesu	Činnost	Čas [s]	T _g [s]
3a	Montáž	Operátor #4	Montáž	66	66
3b	Montáž	Operátor #7	Montáž	66	66
4a	Montáž	Operátor #5	Montáž	38	38
4b	Montáž	Operátor #8	Montáž	49	49
5a	Kontrola	Operátor #6	Výstupní kontrola a balení	55	55
5b	Kontrola	Operátor #9	Výstupní kontrola a balení	55	55

Tabulka 3: Výsledky náměrů spotřeby času na operaci metodikou MTM-1 [Vlastní tvorba]

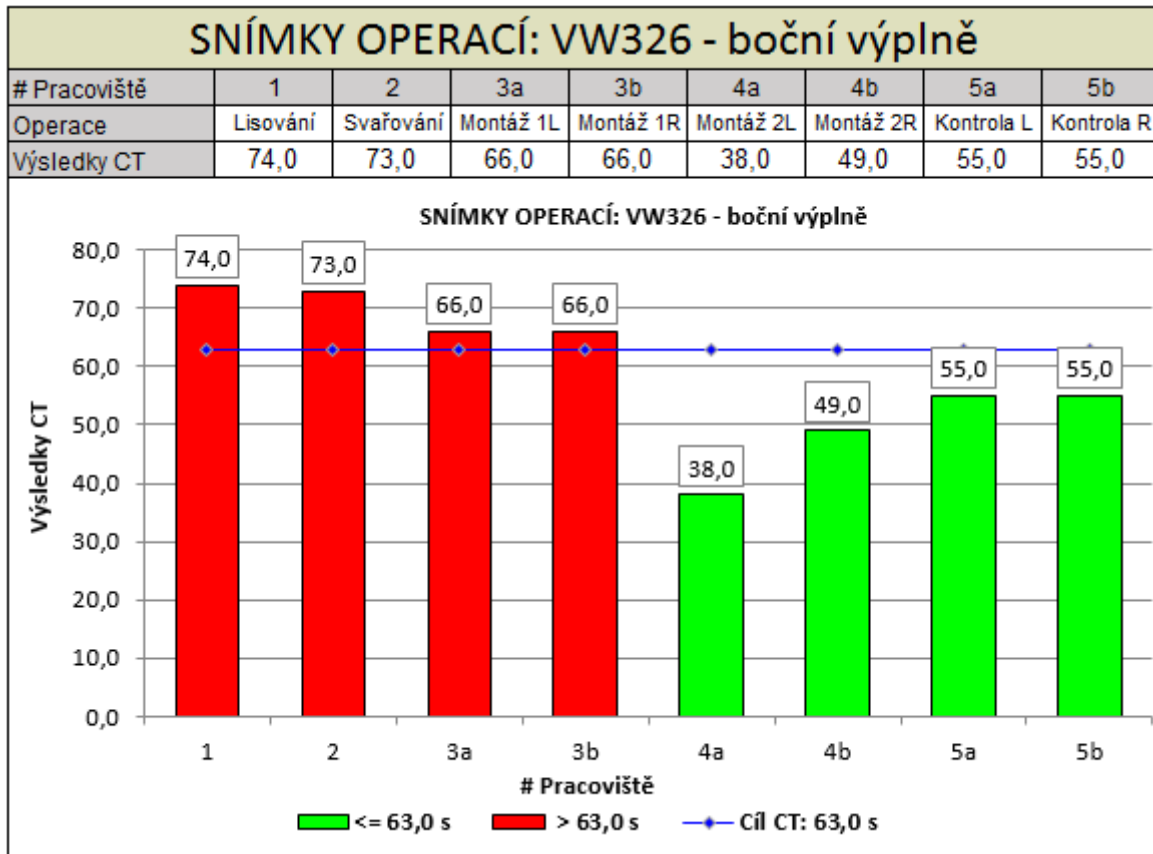
Porovnání výsledků náměrů spotřeby času na operaci metodikou REFA a MTM

V následující Tabulka 4 je uvedeno porovnání náměrů spotřeby času metodikami REFA a MTM-1.

# Pracoviště	3a	3b	4a	4b	5a	5b
Operace	Montáž 1 Li	Montáž 1 Re	Montáž 2 Li	Montáž 2 Re	Kontrola Li	Kontrola Re
REFA	66	66,5	38	49,5	54,7	55,2
MTM-1	66	66	38	49	55	55

Tabulka 4: Porovnání výsledků náměrů metodikou REFA a MTM-1 [Vlastní tvorba]

Vzájemné porovnání výsledků spotřeby času na jednotlivé operace naměřených přímou plynulou chronometráží a metodikou předem určených časů ukázaly, že oba náměry se u stejné operace liší nejvíce o 0,5 sekundy. Ze srovnání lze usoudit, že u operátorů nebylo pozorováno patrné snížení výkonu jednotlivých pracovišť a na druhou stranu nedocházelo k nadměrnému přetěžování vlivem vyšší intenzity práce a rychlejší spotřeby času na operaci za cenu zvýšené fyzické námahy a ohrožení zdraví pracovníků. Výsledky náměrů tedy lze považovat za srovnatelné. Pro vyjádření spotřeby času všech operací výrobní jednotky bude jako reprezentativní náměr u práce stroje použit čas z náměrů přímou chronometráží, u operací prováděných člověkem z důvodů objektivity čas ověřený metodou MTM-1. Výsledky náměrů jsou uvedeny v následujícím grafu – viz *Obrázek 33*.



Obrázek 33: VW326 Výsledky časových snímků cyklické práce jednotlivých operací

2.4.4.5 Hodnocení výsledků náměrů spotřeby času jednotlivých operací výrobního systému

Cílový základní čas na operaci t_g pro splnění požadovaného výkonu výrobní jednotky byl pro jednotlivé operace výpočtem stanoven na 63s – viz *Kapitola: 2.5.1*

Z výsledků časových snímků jednotlivých operací výchozího stavu výrobního systému vyplynulo, že z pěti navazujících operací požadovanou průchodnost nesplnily první tři operace, a to operace Lisování, Svařování a Montáž #1. Úzkým místem výrobní jednotky byla úvodní operace Lisování, kde základní čas na jednotku činil 74 sekund a za blokujícího operátora této operace byl určen vstříkovací lis. Druhým kritickým místem s téměř shodnou spotřebou času byla následující operace Svařování, kde základní čas na jednotku činil 73 sekund. V tomto případě byl blokujícím operátorem procesu svařovací automat. Třetí operací s nedostatečným výkonem byla operace Montáž #1, kde základní čas na jednotku práce činil 66 sekund a blokujícím operátorem procesu byl člověk. Jak lze vyčíst z grafu na *Obrázek 33*, spotřeba času jednotlivých operací výrobní jednotky byla značně nevyvážená a rozdíl mezi nejdelší a nejkratší operací činil téměř padesát procent.

Pro první tři operace výrobního procesu, které překročily stanovený cílový čas na jednotku potřebný pro dosažení požadované výrobní kapacity pracoviště, bylo nutné zpracovat návrh na zkrácení pracovního cyklu pod požadovaný limit. Zbývající dvě operace – Montáž #2 a Výstupní kontrola a balení časový limit splnily, nicméně pro svůj potenciál převzít některé z úkonů předchozích operací při vyvažování celého výrobního systému byly též postoupeny k zapracování do návrhu na řešení.

Hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání

Cílem hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání bylo odhalit nedostatky prostorového uspořádání a objevit tak příležitosti k racionalizaci, která by vedla k úspoře spotřeby času na operaci a pomohla by tak k potřebnému zvýšení výkonu výrobní jednotky.

2.4.5 Spaghetti diagram

Prvním z nástrojů zvoleným pro hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání a organizace práce ve výrobní jednotce byl Spaghetti diagram neboli diagram studie pohybu pracovníků.

2.4.5.1 Cíl hodnocení pohybu osob

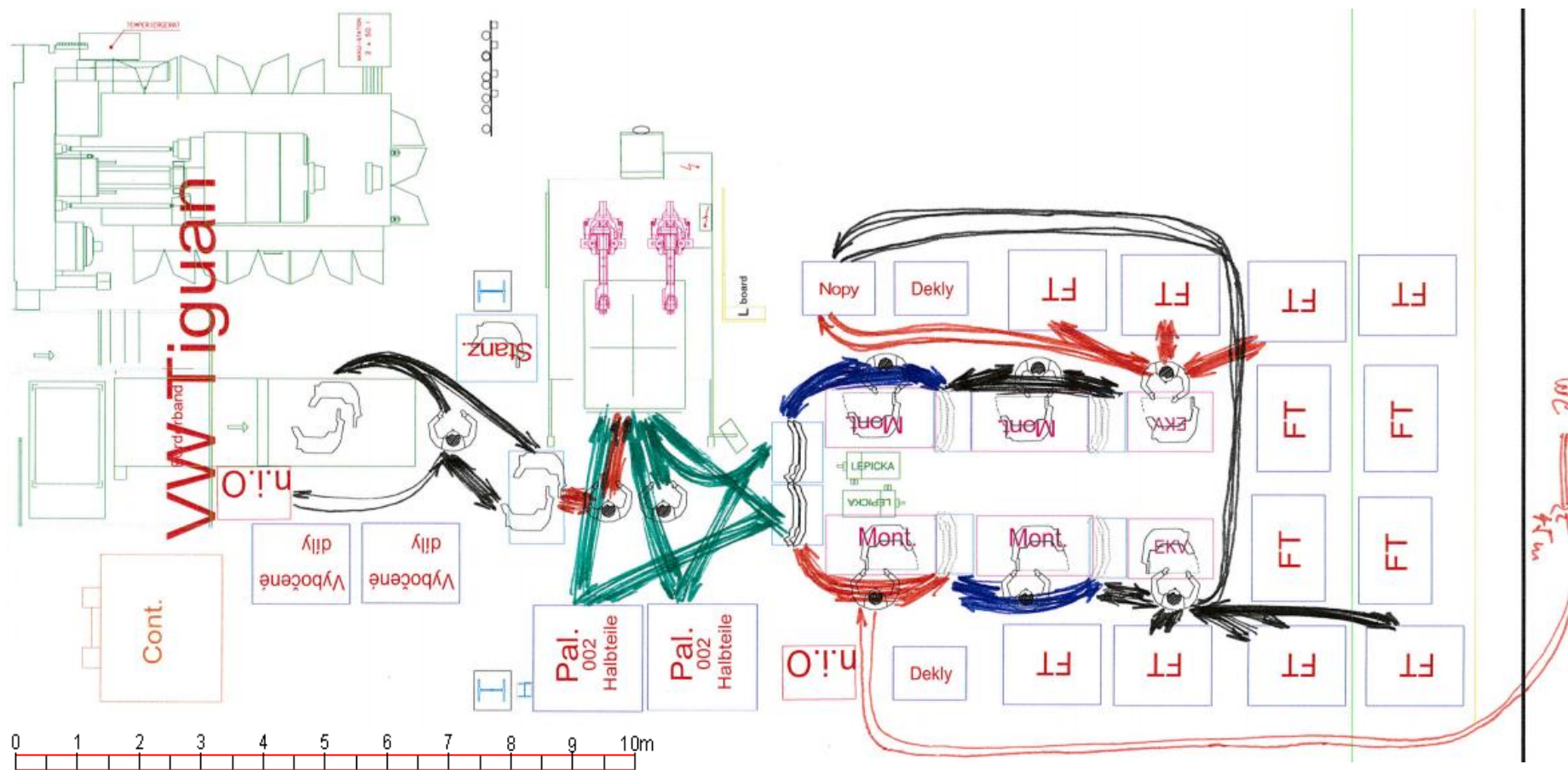
Cílem zakreslení spaghetti diagramu bylo vysledovat skutečné pohyby operátorů pohybujících se ve stejný čas na společném pracovním úseku a odhalit případné nedostatky výchozího prostorového uspořádání výrobního úseku jako je křížení tras, nedodržení bezpečnostních vzdáleností a plýtvání způsobené nadbytečnými pohyby, přesuny, anebo manipulací.

2.4.5.2 Definování předmětu hodnocení pohybu osob

Ve výchozím stavu je výrobní linka obsazena deseti pracovníky, devět z nich je přímých pracovníků, kteří na pracovišti působí jako operátoři výrobní linky, desátým pracovníkem je manipulant obsluhující vysokozdvizný vozík, který zajišťuje dovoz a přípravu obalů a balícího materiál pro hotovou výrobu a odvoz balení s hotovými výrobky do expedičního skladu. Předmětem sledování pohybu osob prostřednictvím spaghetti diagramu se stali operátoři výrobní linky pohybující se při výrobě výhradně v prostoru analyzovaného pracoviště.

2.4.5.3 Průběh hodnocení pohybu osob

Pro zajištění objektivity hodnocení pohybu osob po pracovišti probíhalo sledování, obdobně jako měření spotřeby času, v pracovní den v průběhu ranní směny, konkrétně v takové části směny, ve které nebyli operátoři nuceni vykonávat jiné než běžné pohyby související s pracovní náplní definovanou v technologickém postupu. Na osmi pracovištích výrobní jednotky bylo celkem provedeno devět pozorování, u každého operátora byly pozorovány pohyby po pracovišti v průběhu dvaceti výrobních cyklů. Pro přehlednost bylo u každého ze sousedních operátorů zvoleno odlišné barevné kódování. Nákres započal vždy ve startovní pozici operace a pokračoval tak dlouho, dokud nebylo dosaženo dvaceti cyklů a operátor se nevrátil do výchozí pozice. Pohyby operátorů v procesu byly zaznamenávány barevnou tužkou, přičemž délka čáry odpovídala délce ušlé trasy a směrová šipka směru pohybu. Výsledek je zaznamenán na záznamu z pozorování – viz *Obrázek 34*.



Obrázek 34: Výrobní jednotka TAG5 Projekt VW326 - Diagram pohybu osob [Vlastní tvorba]

2.4.5.4 Výsledek hodnocení pohybu osob

Rozbor pohybu osob po pracovišti neprokázal žádné zásadní nedostatky způsobené nevhodně zvoleným prostorovým uspořádáním, které by měly významný vliv na výslednou délku pracovních operací a omezovaly by tak průchodnost systému anebo neúměrně zatěžovaly operátory působící na sledovaných pracovištích. U osob nedocházelo ke křížení tras, pohyb byl intuitivní a omezený na přijatelnou míru.

Příležitost pro racionalizaci vykázali Operátor #1 u vstřikovacího lisu, Operátor #3 u procesu svařování a operátor #6 na výstupní kontrole a balení. Na vstupu montážní linky byla navíc odhalena nedodržená bezpečnostní vzdálenost mezi svářecím automatem a odkládacím stolem pro pravé díly.

Operátor #1:

Operátor z vlastní vůle při čekání na díly z předchozí operace lisování obcházel dopravníkový pás z pravé strany a díly odebíral dříve, než aktivovaly optickou bránu a pás zastavily. Po prostudování předpisu pro standardní práci vytvořeného pro toto pracoviště vyšlo najevo, že standardní práce byla nadefinována vhodně a pro zkrácení nadbytečných pohybů stačilo, aby pracovník dodržoval tento předpis. V tomto případě tedy nebyla řešením racionalizace výchozího stavu, ale návrat k definovanému předpisu.

Operátor #3:

Oba operátoři procesu svařování vykazovali téměř shodnou spotřebu času na pracovní úkony, nicméně ze záznamu ve Spaghetti diagramu je zjevné, že operátor #3 absolvoval výrazně delší trasu na operaci přesunem mezi svářecím automatem, odkládacími stolky u montážní linky a balením s kobercovými částmi bočních výplní, než operátor #2 na témže pracovišti. Vzájemným přerozdělením pracovních úkonů bychom sice docílili vyvážení pohybů obou operátorů, na druhé straně by však docházelo k nežádoucímu křížení tras a k možným záměnám dílů způsobujícím následné plýtvání časem na přemístění. Pro úsporu nadbytečných pohybů se doporučuje k operátorovi #3 umístit odkládací stůl na kobercové díly vstupující do procesu svařování, který by trasu potřebnou pro vykonání jednoho cyklu zkrátil celkově o dva metry, na celou směnu se jedná o úsporu přibližně dvou tisíc metrů. Pro vyrovnaní fyzické zátěže obou operátorů pak postačí výměna rolí v průběhu směny tak, aby došlo k rozdělení pracovních úkonů 50:50.

Operátor #6:

Operátor #6 na výstupní kontrole a balení sdílí s operátorem #9 stejný materiálový zdroj – pěnové proložky dodávané pro ochranu dílů při transportu do finálního balení hotové výroby. Cestu k balení s proložkami vykoná operátor vždy před uložením prvního kusu hotové výroby do nově zavezeného a rozloženého přepravního obalu. Z balení s proložkami vyzvedne sadu sedmi proložek, dojde zpět k přepravnímu obalu, kde proložky umístí na hranu obalu a odtud proložky odebírá při balení jednotlivých kusů hotové výroby do finálního obalu. Umístěním duplicitního přepravního obalu s proložkami na jeho stranu výrobní linky by při výchozím pracovním postupu došlo k úspoře ušlé trasy deseti metrů na jedno balení po sedmi kusech a na směnu bude dosaženo úspory přibližně jednoho tisíce metrů.

Bezpečnostní vzdálenost mezi svářecím automatem a odkládacím stolem:

Komunikace v místě mezi svářecím automatem a odkládacím stolem na prvním stanovišti montážní linky pro pravé díly slouží k obousměrnému pohybu osob bez současného přenášení břemen. Skutečná naměřená vzdálenost mezi oběma objekty činila pouhých 480mm. Taková

vzdálenost je v rozporu s údajem uváděným v normě ČSN 26 9010, která stanovuje šířky a výšky cest a uliček pro průchod a manipulaci s materiálem z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ve výrobních, průmyslových a skladových objektech. Norma jako minimální bezpečnostní vzdálenost pro obousměrný pohyb osob bez přenášení břemen doporučuje vzdálenost 750mm. Pro zvýšení bezpečnosti na pracovišti a dodržení stanovené normy bylo doporučeno zajistit bezpečnou vzdálenost posunem pracovních stolů a umístěním ovládacího panelu svařovacího automatu na pant, který by umožnil jeho sklopení k boční stěně svařovací kabiny po dobu, kdy obslužný panel není třeba používat.

2.4.6 Sankeyův diagram

Druhým z nástrojů použitým pro hodnocení vhodnosti prostorového uspořádání a organizace práce ve výrobní jednotce byl Sankeyův diagram neboli diagram studie pohybu materiálu. Sankeyův diagram slouží, podobně jako spaghetti diagram, ke grafickému zachycení skutečného toku sledovaného materiálu v procesu a k odhalení případných nedostatků plynoucích z nevhodného prostorového uspořádání.

2.4.6.1 Cíl hodnocení pohybu materiálu

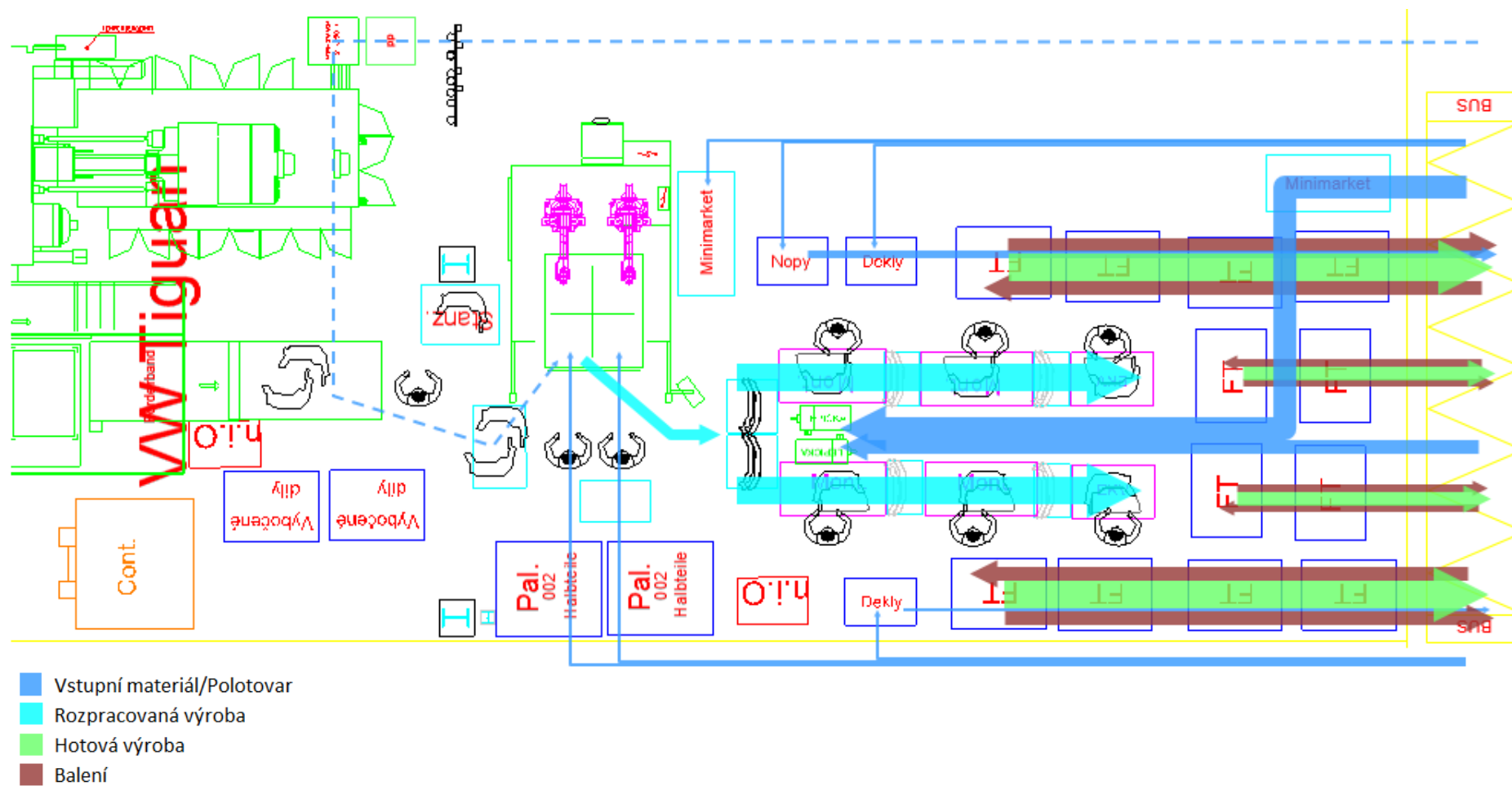
Cílem zpracování Sankeyova diagramu bylo zachycení skutečného toku materiálu v procesu a ověření, zda je materiálový tok intuitivní, jednosměrný, plynulý, nedochází ke křížení tras anebo míchání nesourodých materiálů v odlišném stádiu rozpracovanosti na jednom místě a zda nedochází k nadbytečným pohybům vlivem dlouhých tras anebo nepřiměřených vzdáleností objektů patřících do vybavení pracoviště.

2.4.6.2 Definování předmětu hodnocení pohybu materiálu

Předmětem rozboru pohybu materiálu po výrobní jednotce se stala zásobovací logistika a výrobní logistika, která zároveň zajišťuje dopravu hotových výrobků do expedice.

2.4.6.3 Průběh hodnocení pohybu materiálu

Protože ke komplexnímu zakreslení pohybu materiálu po výrobní jednotce kvůli vysoké rozmanitosti a nepravidelnosti nestačí, na rozdíl od Spaghetti diagramu, vytvořit pouhý časově ohraničený snímek skutečného toku sledovaných objektů, bylo před zakreslením diagramu nutné zajistit relevantní podklady ke zpracování. Informace a podklady byly zajištěny v průběhu pozorování výrobního procesu a na základě rozhovoru s mistrem výrobního úseku a disponentkou odpovědnou za zajištění materiálu pro výrobní jednotku.



Obrázek 35: Výrobní jednotka TAG5 Projekt VW326 - Diagram pohybu materiálu [Vlastní tvorba]

2.4.6.4 Výsledek hodnocení pohybu materiálu

Do procesu výroby bočních výplní zavazadlového prostoru pro projekt VW326 vstupovalo celkem dvacet devět dílů a polotovarů, z toho dvacet pět nakupovaných a čtyři interně vyráběné polotovary - viz kusovník na *Obrázek 18*, *Obrázek 19* a výrobní postupový diagram na *Obrázek 27*. Dále do výrobního procesu vstupoval obalový materiál složený z vratného rozložitelného přepravního obalu a pěnových proložek chránících hotové sestavy proti poškození při transportu k zákazníkovi.

Kanban

Manipulaci s nakupovaným materiálem a komponenty řízenými pomocí Kanban karet zajišťovalo oddělení interní logistiky. K výrobní lince komponenty z příjmového skladu zavázelo ve standardizovaných KLT obalech logistickým vláčkem dle stanoveného jízdního řádu. Po zavezení materiálu obsluha vláčku materiál přeložila buď do minimarketu, anebo do válečkových tratí na jednotlivých pracovištích. Zásobování montážních stolů a sběr prázdných KLT obalů z montážních stolů probíhal středem linky prostřednictvím válečkových tratí – viz *Obrázek 35*. Stejným způsobem probíhalo zásobování dílů do minimarketu u svářecího automatu. Ten byl umístěn v bezprostřední blízkosti místa spotřeby a zásobování probíhalo komunikací mimo prostor, ve kterém se pohybovali operátoři linky. Po zásobení linky obsluha vláčku naložila prázdné manipulační a přepravní obaly a odjela zpět do příjmového skladu.

Zásobníkový systém

Rozměrné položky řízené zásobníkovým systémem 1+1 byly zaváženy manipulantem výroby operativně na základě vystavené a předané objednávky. Manipulant v případě spotřebování materiálu zajistil pomocí vysokozdvížného vozíku odvoz prázdné manipulační jednotky do skladu, proti objednávce na materiál převzal požadovaný materiál a vydaný materiál dopravil zpět na místo spotřeby. Zásobování rovněž probíhalo mimo operační prostor operátorů výrobní linky a materiál byl na výrobní linku zavážen využitím vnějších komunikací.

Finální výrobky

V případě obalového materiálu pro finální výrobky manipulant plné balení po zaplnění hotovými výrobky odvezl s pomocí vysokozdvížného vozíku do expedičního skladu a zpět poté přivezl prázdné složené přepravní obaly pro hotové výrobky dodané zákazníkem.

Výsledky rozboru pohybu materiálu v prostoru výrobní jednotky neprokázaly zásadní nedostatky způsobené nevhodně zvoleným prostorovým uspořádáním anebo nevhodnou organizací zásobovacího a výrobního procesu závislou na prostorovém uspořádání pracoviště. Tok materiálu byl intuitivní, jednosměrný a plynulý, frekvence a způsob zásobování výrobní jednotky materiálem byly navrženy tak, aby byl prostor pro výrobní sklady omezen na potřebné minimum a zásobení linky materiálem mohlo probíhat současně s výrobou, aniž by jakkoliv narušilo její chod a výkonnost pracoviště. Prostorové uspořádání pracoviště tak zaručovalo jak potřebnou dostupnost materiálu, tak dostatečný prostor pro manipulaci a zásobování materiálem bez negativního vlivu na plnění výrobního plánu.

2.5 Návrh na řešení navýšení kapacity výrobní linky

Zadáním zákazníka bylo navýšení objemu dodávaných výrobků za rok o 15% při zachování výchozího pracovního režimu, dodržení předepsané technologie a zachování jakosti výrobků. Toto přání lze interpretovat jako požadavek na navýšení výrobní kapacity neboli navýšení maximálního objemu produkce, který linka vyrobí za rok, bez navýšení časového fondu a bez možnosti změny výrobní technologie.

Kapacitu výrobní linky lze ve výrobní praxi navýšit buď zvýšením produktivity neboli počtu vyrobených jednotek za jednotku času, navýšením využitelného časového fondu, anebo navýšením obou položek. Protože však zákazník požadoval zachování využitelného ročního časového fondu jako rezervu pro vykrytí případných neplánovaných odstávek anebo pro případ skokového navýšení odvolávek, bylo navýšení kapacity výrobní jednotky nutné řešit zvýšením produktivity. V závislosti na způsobu interpretace produktivity se tak navýšení produktivity projeví zkrácením základního času na výrobu jednotky, anebo zvýšením počtu vyrobených jednotek za jednotku času.

Strategie postupu byla určena tak, že výrobní systém bude nejprve podroben analýze za využití technik a metod pracovních studií, jejichž účelem bude ověřit aktuální výkonnost systému a odhalit případné nedostatky výchozího řešení, které by poskytly příležitosti k racionalizaci. Výrobní proces bude poté rozdělen na jednotlivé operace, u každé z nich bude identifikováno kritické místo omezující požadovanou průchodnost systému, to bude odstraněno a následně bude hledáno a odstraněno omezení návazné operace, dokud nedojde k postupnému zprůchodnění celého systému. Výstupem bude technický návrh řešení navýšení kapacity s vyjádřením nákladů na realizaci navrženého řešení a odhadem času potřebného na realizaci.

2.5.1 Stanovení nejdelšího přípustného času na operaci

Před zahájením zprůchodňování výrobního systému bylo nutné stanovit úroveň produktivity, která zaručí splnění požadavku na navýšení objemu dodávaných výrobků. Protože společnost normy pracovního výkonu pro účely hodnocení výrobních kapacit vyjadřuje ve formě měrné spotřeby pracovního času, úkolem bylo vypočítat, jaké nejdelší spotřeby je při zprůchodňování jednotlivých operací nutno dosáhnout, aby byla zaručena průchodnost celého systému.

Odlišnou vstupní hodnotou pro stanovení normy oproti výchozímu stavu bylo navýšení počtu vozů za rok odvolávaných zákazníkem neboli ročního objemu produkce, který vzrostl o 15%, a to z původních 250.000 vozů za rok na 287.500 vozů za rok. Normativy společnosti pro zmetkovitost, poměrný čas, čas na odpočinek a čas na přípravu, stejně jako pracovní model a počet pracovních dní v roce, zůstaly zachovány.

Výpočet nejdelšího přípustného cílového času na jednotku T_g :

Pro stanovení normy pro nejdelší přípustný základní čas na výrobu jedné jednotky (= jedné sady bočního obložení) bylo nejprve nutné vyjádřit využitelný časový fond výrobní jednotky pro výrobu za rok.

Ze vztahu:

$$Q_p = T_p \times V_p$$

Kde: Q_p – roční objem produkce neboli výrobní kapacita výrobní jednotky, v tomto případě roční množství výrobků požadované zákazníkem [sad/rok]
 T_p – využitelný časový fond [hod/rok]
 V_p – výkon výrobní jednotky v naturálních jednotkách za hodinu [sad/hod]

Odvodíme:

$$V_p = \frac{Q_p}{T_p}$$

Protože Q_p je hodnotou zadanou zákazníkem, pro výpočet potřebného výkonu je nutné dopočítat T_p , tedy využitelný časový fond za rok. Do následujícího vztahu dosadíme hodnoty stanovené a využívané společností:

$$T_p = d \times h \times \left(1 - \frac{t_z}{100}\right)$$

kde: T_p – využitelný časový fond [hod/rok]
 d – počet pracovních dnů v roce
 h – počet pracovních hodin v jednom dni
 t_z – plánované prostoje [%]

Průměrný počet pracovních dnů v kalendářním roce stanovila společnost pro potřeby výpočtů kapacit na 251, počet pracovních hodin v jednom pracovním dni dělá při standardním třísměnném režimu 24 a plánované prostoje je nutné vyjádřit ze specifických normativů stanovených pro pracoviště TAG5 a projekt VW326.

Do součtu plánovaných prostojů t_z vyjádřených jako procentuální podíl z celkového disponibilního času výrobní jednotky je v případě sledovaného procesu zahrnutý čas potřebný na zotavení pracovníků, poměrný čas, čas spotřebovaný na výrobu zmetků a čas na přípravu provozu před zahájením výroby.

$$t_z = t_{er} + t_v + t_{au} + t_r$$

kde: t_z – plánované prostoje [%]
 t_{er} - čas na odpočinek [%]
 t_v - poměrný čas [%]
 t_{au} - čas na výrobu zmetků [%]
 t_r – čas přípravy [%]

po dosazení:

$$t_z = 8,33 + 5 + 1 + 1 = 15,33$$

Celkový přídavek na plánované prostoje t_z činí 15,33% z celkového dostupného časového fondu výrobní jednotky. Po dosazení této hodnoty do výpočtu celkového využitelného časového fondu za rok získáme čistý disponibilní časový fond, který má výrobní jednotka ročně k dispozici pro výrobu bočního obložení:

$$T_p = 251 \times 24 \times \left(1 - \frac{15,33}{100}\right) = 5100,52$$

Celkový využitelný časový fond činí 5100,52 hodin za rok.

Nyní již známe požadavek na výrobní kapacitu a celkový využitelný časový fond výrobní jednotky. Ze vzorečku pro výpočet výrobní kapacity odvodíme vzoreček pro výpočet výkonu potřebného pro pokrytí požadované výrobní kapacity:

$$V_p = \frac{Q_p}{T_p}$$

a po dosazení hodnot vypočítáme:

$$V_p = \frac{287500}{5100,52} = 56,36$$

Požadovaný výkon výrobní jednotky pro pokrytí ročního požadovaného množství výrobků zákazníkem činí 56,36 sad/hodinu.

Pro výpočet základního času potřebného na výrobu jednotkového množství výsledku práce (jednotkového času práce) vydělíme jednu hodinu vyjádřenou v sekundách požadovaným výkonem výrobní jednotky vyjádřeným v počtu sad za hodinu a získáme:

$$t_g = \frac{3600}{V_p} = \frac{3600}{56,36} = 63,87$$

Maximální spotřeba základního času na výrobu jedné jednotky (sady bočních výplní) činí 63,87s. Z výpočtu vyplývá, že jedna sada bočních výplní musí být při běžné výrobě bez přerušení vyrobena do 63,87s. Nejvyšší přípustný čas cyklu výrobní linky se zohledněním časové rezervy na počítané časové ztráty je tedy 63,8s. Interním cílem společnosti Ideal Automotive Bor, s.r.o. bylo zpřísnit normu pro spotřebu základního času na výrobu jedné sady na 63s a zachovat tak dodatečnou časovou rezervu pro případ výkyvů ve výrobních výkonech.

Výsledná hodnota základního času na výrobu jedné jednotku byla stanovena na **63s**.

2.5.2 Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Vstřikování

2.5.2.1 Základní charakteristika operace Lisování

Požadovaný základní čas na jednotku: 63s

Výchozí základní čas na jednotku: 74s

Z toho:

- Vstřikovací lis: 74s

- Operátor #1: 49,1s

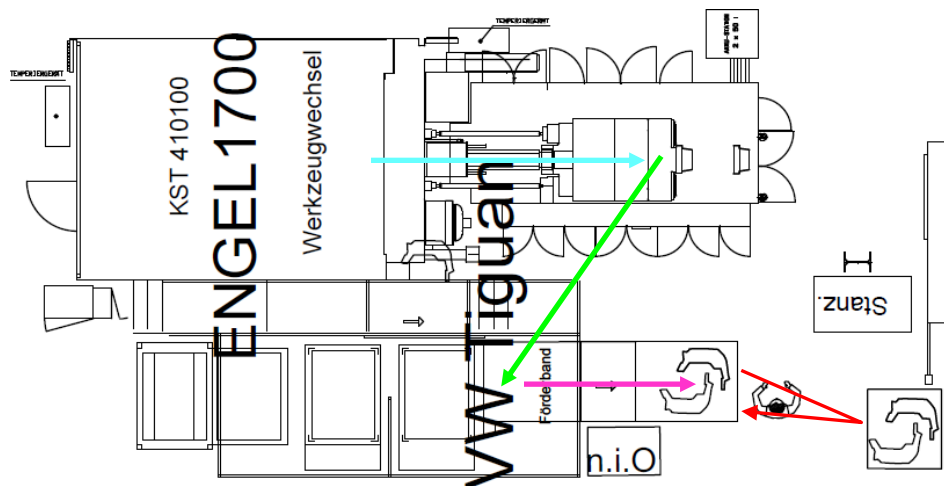
Úzké místo: strojní čas vstřikovacího lisu



Obrázek 36: TAG5 Pracoviště 1 - Vstřikování plastové nosné části bočního obložení [Vlastní zdroj]

2.5.2.2 Analýza výchozího stavu operace Vstřikování

Úvodní operací výrobního systému bylo vstřikování tvarových dílů. Plastová nosná část bočního obložení. Z časových snímků provedených při analýze vlastností výchozího stavu výrobního systému vyplynulo, že se jedná o pracoviště s nejvyšší spotřebou času z celého výrobního systému. Výchozích 74 sekund na operaci bylo pro dosažení cílové výkonnosti pracoviště třeba snížit o celých 11 sekund. Protože výroba na pracovišti Lisování byla kombinací strojní a lidské práce, bylo pro odhalení úzkého místa operace nutné provést náměry spotřeby času jednotlivých kroků výrobní operace.



Obrázek 37: TAG5 Pracoviště #1 operace Vstřikování – procesní tok [Vlastní tvorba]

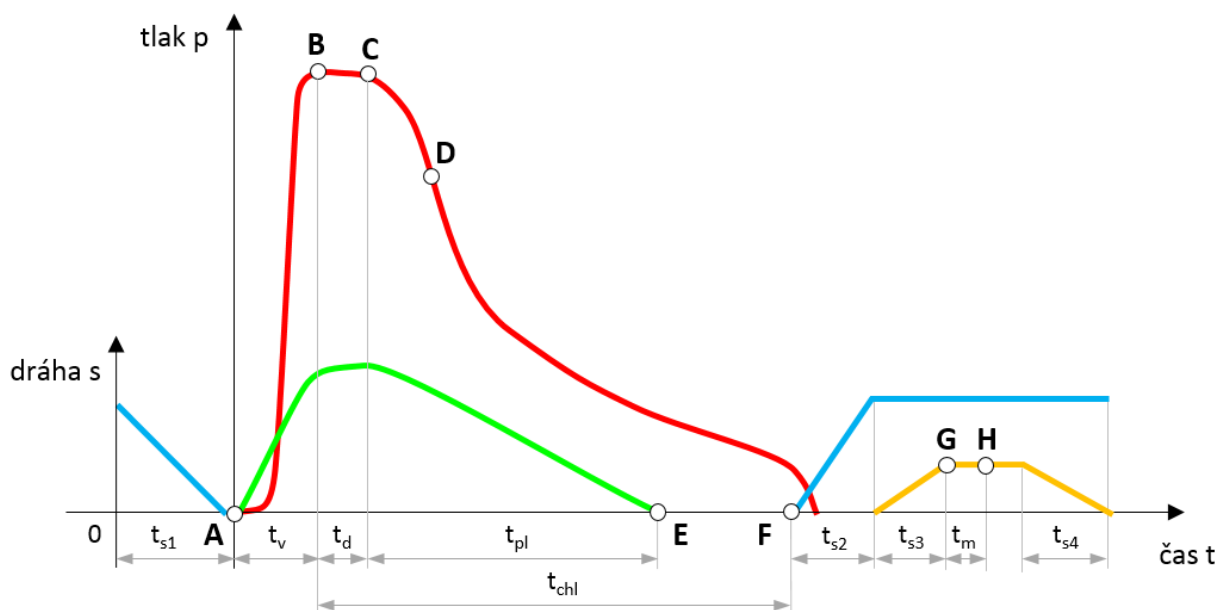
Výsledek:

1. krok – strojní čas: vylisování sady dílu ve vstřikovacím lisu – T_g : 74s
2. krok – strojní čas: přemístění dílu robotem z lisu na pásový dopravník - T_g : 19,8s
3. krok – strojní čas: doprava dílů k operátorovi po pásovém dopravníku – T_g : 26s
4. krok – čas lidské práce: sejmutí dílů z dopravníku, vizuální kontrola a odložení dílů na navazující pracoviště - T_g : 43s

Celková průběžná doba výroby: 162,8s

Výroba na pracovišti Lisování probíhala synchronizovaně ve čtyřech návazných krocích a časy jednotlivých kroků se vzájemně překrývaly. Základní čas na operaci Lisování činil 74 sekund, celková průběžná doba výroby na pracovišti Lisování pak 162,8s. Výsledný čas cyklu výrobní operace udávalo úzké místo procesu, kterým byl strojní čas vstřikovacího lisu potřebný pro vylisování Plastové nosné části bočního obložení. Ten jako jediný přesahoval maximální požadovanou délku cyklu 63s a trval 74s.

Možnosti na zkrácení strojního času vstřikovacího lisu byly konzultovány s technologem zodpovědným za programování a údržbu stroje. Technolog na obslužném panelu vstřikovacího lisu na požádání zobrazil rozpad jednotlivých fází vstřikovacího cyklu, ze kterých bylo možné vyčíst průběh vstřikovacího cyklu a spotřebu času na jednotlivé úkony operace – viz *Obrázek 38*.



Obrázek 38: Operace vstřikování - graf průběhu vstřikovacího cyklu [Vlastní tvorba]

- A- start plnění
- B - konec plnění
- C – konec dotlaku
- D – zatuhnutí taveniny v kanálku
- E – konec plastikace
- F - start otevírání formy
- G – start robota
- H - opuštění prostoru formy robotem

- Křivka průběhu tlaku v dutině formy
- Křivka pohybu formy
- Křivka pohybu plastifikačního šneku
- Křivka pohybu robota

- t_{s1} - zavření a zamčení formy
- t_p - čas přitlaku
- t_v - čas vstřikování
- t_d - čas dotlaku
- t_{pl} - čas plastikace
- t_{chl} - čas chlazení
- t_{s2} - odemčení a otevření formy
- t_{s3} - vysunutí vyhazovací desky
- t_m - manipulační čas robota
- t_{s4} - zasunutí vyhazovací desky

Z grafu průběhu vstřikovacího cyklu vyplynulo, že nejdelší část cyklu spotřeboval stroj na chlazení. Chlazení je doba mezi vstříknutím materiálu do dutiny formy a mezi odemčením a otevřením formy a vyhozením dílů. V průběhu chlazení dochází ke zpětné krystalizaci plastu, který po vstříknutí do formy a dotlačení zaujal tvar tvarové dutiny. Jeho délka významně ovlivňuje strukturu materiálu, vnitřní pnutí a také kvalitu povrchu. Dostatečné zchlazení je též důležité proto, aby při manipulaci s výlisky po vyhození z formy nedocházelo k nechtěným tvarovým deformacím. Čas chlazení spotřeboval 35 sekund a podle technologa se v tomto čase nabízel největší potenciál na zkrácení času operace bez vlivu na výslednou jakost výlisku. Při rozhovoru s technologem vyšlo navíc najevo, že čas cyklu vstřikovacího stroje je při víkendové off-line výrobě předzásoby Plastových nosných částí bočního obložení nastaven na 66-67 sekund a při on-line výrobě celého výrobního úseku technolog čas chlazení uměle navyšuje na 73 sekund kvůli úzkému místu linky, kterým je svařovací automat. Proč byl při snímkování čas cyklu nastaven na 74 sekund, namísto dostačujících 73 sekund, nedokázal vysvětlit.

2.5.2.3 Návrh způsobu navýšení výkonu operace Vstřikování

Na základě informací zjištěných při snímkování a na základě doporučení technologa bylo rozhodnuto o tom, že na pracovišti Vstřikování bude proveden test, při kterém technolog zkrátí čas chlazení tak, aby dosáhl požadované délky 63 sekund na operaci. Při testu technolog postupně po 2 sekundách snižoval čas chlazení a zástupce kvality hodnotil, zda výlisky splňují zákaznické požadavky na vzhledovou a tvarovou jakost výlisků. Vzhledovou jakost hodnotil vizuálně na základě kontrolních bodů kvality stanovených v kontrolním plánu, tvarovou jakost pak měřením rozměrů a celkové úchytky tvaru na měřicím přípravku.

Hraniční se ukázala doba cyklu v délce 60 sekund, kdy docházelo k potížím při odformování dílů z tvarových dutin a zkrácení času chlazení se projevilo na tvarových deformacích výlisků.

2.5.2.4 Výsledek návrhu na navýšení výkonu operace Vstřikování

Řešení: Zkrácení výchozího základního času na jednotku procesu Vstřikování ze 74 sekund, respektive z 66 sekund, na cílových 63 sekund bude řešeno zkrácením doby chlazení v programu vstřikovacího lisu.

Náklady: 0 € (vlastní programátor)

Doba potřebná na realizaci: 5 minut

2.5.3 Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Svařování

2.5.3.1 Základní charakteristika operace Svařování

Požadovaný základní čas na jednotku: 63s

Výchozí základní čas na jednotku: 73s

Z toho:

- Svařovací automat: 73s
- Operátor #2: 49,1s
- Operátor #3: 54,5s

Úzké místo: strojní čas svařovacího automatu



Obrázek 39: TAG5 Pracoviště 2 – Ultrazvukové svařování [Vlastní zdroj]

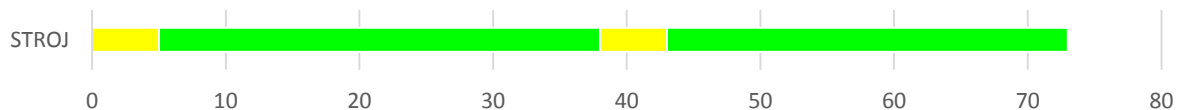
2.5.3.2 Analýza výchozího stavu operace Svařování

Z časových snímků operace Svařování vyplynulo, že spotřeba času obou operátorů na splnění jednotlivých kroků předepsaných technologickým postupem nepřesáhla požadovaných 63s na jednotku a úzkým místem bránícím dosažení požadované výkonnosti byl strojní čas svařovacího automatu. Protože však z jednotlivých náměrů pomocí REFA formulářů nebyl zcela zjevný vzájemný průběh spotřeby času všech tří operátorů procesu, účelnost spotřeby času v průběhu operace a její distribuce v rámci pracovního cyklu, byl pro lepší vizualizaci dodatečně proveden detailní rozpad pracovní operace na jednotlivé pracovní úkony s výstupem ve formě diagramu člověk-stroj. Výhodou diagramu člověk-stroj je souběžná vizualizace spotřeby času všech zkoumaných operandů jednoho pracoviště a grafické vyjádření účelnosti spotřeby času, kdy příslušná barva diagramu signalizuje, zda se jedná o čas spotřebovávaný s přidanou hodnotou, bez přidané hodnoty, který je ale nutný pro provedení operace, anebo zda se jedná o čisté plýtvání.

Stroj:

Kroky	Popis	AV	NAV- N	NAV- PW
1. Krok	Otočení stolů		5	
2. Krok	Svařování pravé sestavy	33		
3. Krok	Otočení stolů		5	
4. Krok	Svařování levé sestavy	30		
	Suma:		73s	

Tabulka 5: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Svařovacího automatu [Vlastní tvorba]



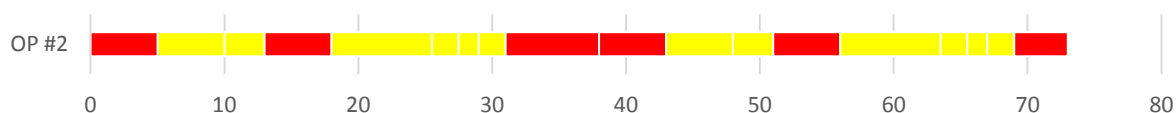
Obrázek 40: Graf efektivity spotřeby času Svařovacího automatu [Vlastní tvorba]

Operátor #2:

Kroky	Popis	AV	NAV- N	NAV- PW
1. Krok	Čekání na otočení stolů			5
2. Krok	Založení plastové nosné části do přípravku		5	
3. Krok	Založení rámu vsouvací přepážky do přípravku		3	
4. Krok	Čekání na založení kobercové části 2. operátorem			5
5. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		7,5	
6. Krok	Zavírání přípravku		2	
7. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
8. Krok	Uchopení plastové nosné části		2	
9. Krok	Čekání na dovaření stroje			7
10. Krok	Čekání na otočení stolů			5
11. Krok	Založení plastové nosné části do přípravku		5	
12. Krok	Založení rámu vsouvací přepážky do přípravku		3	
13. Krok	Čekání na založení kobercové části 2. operátorem			5
14. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		7,5	

15. Krok	Zavírání přípravku		2	
16. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
17. Krok	Uchopení plastové nosné části		2	
18. Krok	Čekání na dovaření stroje			4
		Suma:	73s	

Tabulka 6: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Operátora #2 [Vlastní tvorba]

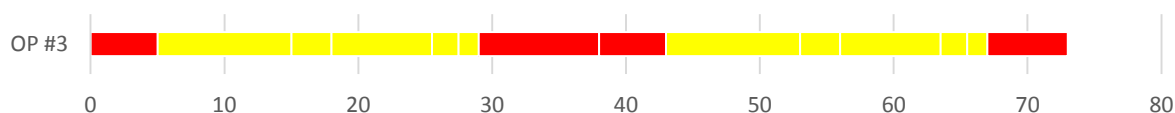


Obrázek 41: Graf efektivity spotřeby času Operátora #2 [Vlastní tvorba]

Operátor #3:

Kroky	Popis	AV	NAV-N	NAV-PW
1. Krok	Čekání na otočení stolů			5
2. Krok	Odložení svařené sestavy na Montáž 1		10	
3. Krok	Založení kobercové části do přípravku		3	
4. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		7,5	
5. Krok	Zavírání přípravku		2	
6. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
7. Krok	Čekání na dovaření stroje			9
8. Krok	Čekání na otočení stolů			5
9. Krok	Odložení svařené sestavy na Montáž 1		10	
10. Krok	Založení kobercové části do přípravku		3	
11. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		7,5	
12. Krok	Zavírání přípravku		2	
13. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
14. Krok	Čekání na dovaření stroje			6
		Suma:	73s	

Tabulka 7: Časový snímek operace Svařování – spotřeba času Operátora #3 [Vlastní tvorba]



Obrázek 42: Graf efektivity spotřeby času Operátora #2 [Vlastní tvorba]

Diagram člověk-stroj:



Obrázek 43: Diagram člověk-stroj operace Svařování - Varianta 1stroj + 2 operátory [Vlastní tvorba]

2.5.3.3 Výsledek analýzy spotřeby času operace Svařování

Z časových snímků procesu svařování a diagramů člověk-stroj vyplynuly následující poznatky:

Operátor #2

Operátor #2 vykazuje ze všech tří operátorů procesu Svařování nejnižší spotřebu času na operaci. Pro splnění pracovních úkonů definovaných v technologickém postupu spotřebuje 42 sekund, prostoje na operaci činí 31 sekund, z čehož 10 sekund čeká na Operátora #3 a 21 sekund čeká na práci stroje.

Operátor #3

Operátor #3 spotřebuje pro splnění pracovních úkonů 49 sekund a prostoje v podobě čekání na stroj činí 24 sekund na operaci.

Svařovací automat

Svařovací automat pracuje trvale bez přerušení cyklu a celková spotřeba času na operaci činí 73s, z čehož 63 sekund spotřebuje stroj na svařování a 10 sekund na otáčení stolů se svařovacími přípravky. Na svaření levé sestavy spotřebuje stroj 35 sekund, svařování pravé sestavy je z důvodu vyššího počtu svárů daných konstrukcí dílů o tři sekundy delší a spotřebuje 38 sekund.

Z výsledků rozboru lze odvodit, že úzkým místem procesu svařování, které brání dosažení požadovaného výkonu výrobní jednotky, je strojní čas svařovacího automatu, který stroj spotřebuje na svaření daného počtu svárů a na otočení stolu se svařovacími přípravky. Cílový čas překračuje o 10 sekund. Spotřeba času obou operátorů se naopak nachází pod požadovanou hranicí 63 sekund na sadu a splňuje nové požadavky na produktivitu pracoviště.

2.5.3.4 Návrh způsobu navýšení výkonu operace Svařování

Protože přáním zákazníka bylo zprůchodnění výrobního procesu přednostně formou racionalizace, potenciál na zkrácení výrobního cyklu byl hledán v optimalizaci výchozích parametrů stroje.

Jako první byla s výrobcem svařovacího automatu ověřena možnost zkrátit neproduktivní čas stroje, tedy čas, kdy stroj ze svařovací kabiny vytočí stůl se svařenou sestavou a do kabiny otočí stůl se založenými komponenty. Dle sdělení výrobce svařovacího automatu však další zrychlení stroje při otáčení stolů z důvodu neúměrného namáhání ložisek a brzdy otočných stolů nepřicházelo v úvahu a firma Ideal Automotive by přišla o záruku na zařízení.

Další potenciál byl hledán v distribuci práce mezi oběma rameny svařovacího automatu. V praxi se nezdá, že u víceramenných robotů programátor práci jednotlivých ramen naprogramuje tak, že rozdělení práce v rámci stejného cyklu není rovnoměrné a zatímco jedno rameno práci ukončí a čeká bez užitku v základní poloze, jiné v práci pokračuje. Při studii práce svařovacích ramen však bylo zjištěno, že obě ramena začínala svařovací cyklus neprodleně po otočení stolů a rozdělení práce bylo blízké ideálnímu 50:50.

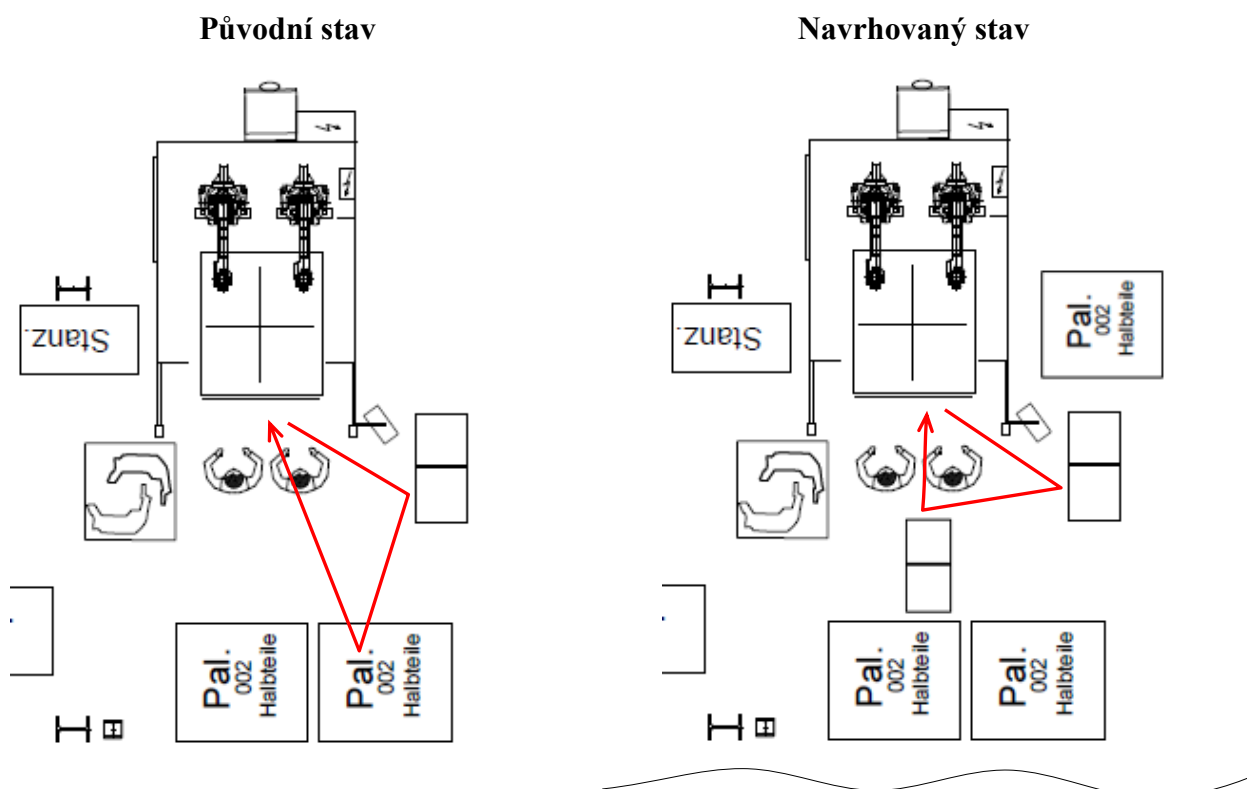
Protože snížení počtu svařovacích bodů dané navrženou konstrukcí dílů zákazník nepřipustil, jedinou zbývající možností pro optimalizaci výchozího stavu tak zůstalo zkrácení času na provedení samotných svárů a optimalizace posunu svařovacích hlav mezi jednotlivými sváry. Optimalizací programu byl pověřen programátor odpovědný za provoz svařovacího automatu. Jeho úkolem bylo ověřit možnost zkrácení pracovního cyklu stroje optimalizací výchozího programu za podmínky dodržení počtu svárů daných konstrukcí dílů a zachování požadované jakosti výrobků. Výsledkem optimalizace programu bylo zkrácení strojního času o 1,5 sekundy na každé straně, celkem tedy o 3 sekundy na jednu sadu. Programátor tak původní čas na operaci zkrátit ze 73 sekund na sadu na 70 sekund. Protože však další zkrácení celkového času na cílových 63s prohlásil za technologicky nemožné a nebyl ověřen vliv zkrácení výchozího času na stabilitu procesu a jakost výrobku při odlišných výrobních šaržích textilní části bočního obložení, zkrácení výchozího cyklu bylo zamítnuto.

Protože se vyčerpáním možností zprůchodnění operace prostřednictvím racionalizace požadované výrobní množství dostalo nad kapacitní mez tohoto způsobu řešení, bylo rozhodnuto o tom, že potřebné navýšení výkonu operace svařování bude řešeno investicí do duplicitního svařovacího automatu a svařovacích přípravků, které umožní paralelní práci obou automatů. Tímto způsobem bude zajištěna dostatečná kapacita výrobní jednotky.

Protože by při zachování stejných podmínek, jako ve výchozím stavu, a při dostatečně rychlém zásobování pracoviště vstupními komponenty pracoviště svařování nově produkovalo každých 73 sekund dvě sady svařených polotovarů, tedy každých 36 až 37 sekund jednu sadu, a požadovaný takt linky je 63 sekund, došlo by k nechtěnému hromadění svařených polotovarů před navazujícím pracovištěm a k porušení pravidla plynulého toku jednoho kusu. Přítomností dvou operátorů na každou směnu bez vlivu na navýšení produktivity celého výrobního celku by navíc zvýšilo náklady na přímé pracovníky a snížilo by tak zisk společnosti z prodeje. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto o přerozdělení původních operátorů pracoviště Svařování tak, že ke každému stroji by byl přidělen jeden operátor.

Kvůli zkrácení spotřeby času na operaci a zvýšení pohodlí obsluhy byl zároveň do nově navrženého stavu promítnut návrh z rozboru prostorového uspořádání pracoviště na zkrácení vzdálenosti mezi svařovacím automatem a zásobníkem dílů Textilní část bočního obložení umístěním dodatečného odkládacího stolku pro tyto díly za záda operátorů. Vzdálenost by se tak zkrátila o 2 metry. Při normě 56 sad za hodinu by za osmihodinovou směnu operátor

uspořil vzdálenost v délce přibližně 1,8 km a čas na operaci by se tímto opatřením zkrátil o 3 sekundy na jeden kus, celkem tedy o 6 sekund na jednu sadu.



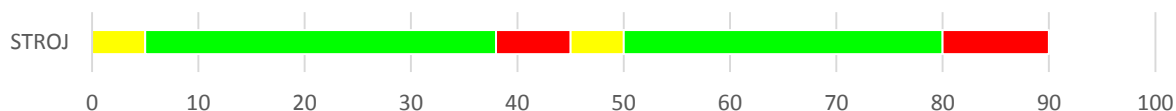
Obrázek 44: Operace Svařování – Původní stav a navrhovaný stav [Vlastní tvorba]

Navrhovaný stav byl pro ověření nasimulován za sériového provozu využitím pouze jednoho operátora k obsluze svařovacího automatu a dodáním odkládacího stolku sloužícího jako zásobník pro Textilní část bočního obložení. Výsledkem je časový snímek – viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Stroj:

Kroky	Popis	AV	NAV-N	NAV-PW
1. Krok	Otočení stolů		5	
2. Krok	Svařování pravé sestavy	33		
3. Krok	Čekání na spuštění cyklu stroje operátorem			7
4. Krok	Otočení stolů		5	
5. Krok	Svařování levé sestavy	30		
6. Krok	Čekání na spuštění cyklu stroje operátorem			10
	Suma:		90s	

Tabulka 8: Spotřeba času Svařovacího automatu – navrhované řešení [Vlastní tvorba]

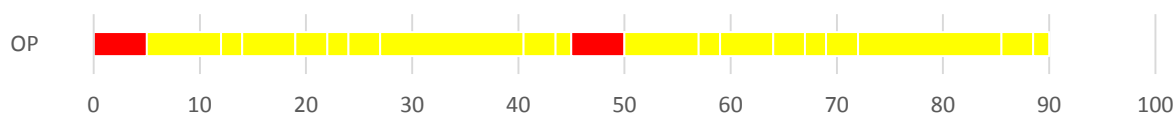


Obrázek 45: Efektivita spotřeby času Svařovacího automatu – navrhované řešení [Vlastní tvorba]

Operátor:

Kroky	Popis	AV	NAV- N	NAV- PW
1. Krok	Čekání na otočení stolů			5
2. Krok	Odložení svařené sestavy na Montáž 1		7	
3. Krok	Uchopení plastové nosné části		2	
4. Krok	Založení plastové nosné části do přípravku		5	
5. Krok	Založení rámu vsouvací přepážky do přípravku		3	
6. Krok	Uchopení kobercové nosné části		2	
7. Krok	Založení kobercové části do přípravku		3	
8. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		13,5	
9. Krok	Zavírání přípravku		3	
10. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
11. Krok	Čekání na otočení stolů			5
12. Krok	Odložení svařené sestavy na Montáž 1		7	
13. Krok	Uchopení plastové nosné části		2	
14. Krok	Založení plastové nosné části do přípravku		5	
15. Krok	Založení rámu vsouvací přepážky do přípravku		3	
16. Krok	Uchopení kobercové nosné části		2	
17. Krok	Založení kobercové části do přípravku		3	
18. Krok	Pinování plastové a kobercové části v přípravku		13,5	
19. Krok	Zavírání přípravku		3	
20. Krok	Vystoupení z brány a spuštění stroje		1,5	
	Suma:		90s	

Tabulka 9: Spotřeba času Operátora – navrhované řešení [Vlastní tvorba]



Obrázek 46: Efektivita spotřeby času Operátora – navrhované řešení [Vlastní tvorba]

Diagram člověk-stroj:



Obrázek 47: Diagram člověk-stroj Varianta 1stroj + 1 operátor – navrhované řešení [Vlastní tvorba]

Zkrácení výchozího základního času na jednotku procesu Svařování je nutné řešit zdvojením pracoviště a investicí do druhého svařovacího automatu se svářecími přípravky a potřebným příslušenstvím. Ke každému stroji bude přidělen jeden operátor z původního pracoviště. Počet pracovníků tak zůstane beze změny.

Pro zkrácení nachozené vzdálenosti operátorů svářecích automatů a zkrácení času na operaci bude navíc mezi oba svářecí automaty umístěn odkládací stůl, který bude sloužit jako zásobník pro Kobercovou část bočního obložení.

Ze simulace navrhované situace vyplývá, že jeden operátor zvládne operaci za 90 sekund, při zdvojení pracovišť by tak při zajištění přísunu vstupních materiálů obě pracoviště společně dodala každých 45 sekund na následující pracoviště montáže jednu sadu svařeného polotovaru a splnila by tak požadavek na nejdelší přípustný čas na jednotku v délce 63 sekund. Protože je dostačující, když každé pracoviště při souběžné práci vyrobí jednu sadu svařených sestav za 126 sekund, z 90 sekund zbývá do 126 sekund 36 sekund rezerva, která nabízí potenciál pro převzetí úkonů z jiných operací pracoviště. Případné přerozdělení úkonů bude řešeno po zprůchodnění celé výrobní jednotky.

2.5.3.5 Výsledek návrhu na navýšení výkonu operace Svařování

Řešení: Zkrácení výchozího základního času na jednotku procesu Svařování ze 73 sekund na cílových 63 sekund bude řešeno zdvojením pracoviště a přerozdělením pracovníků tak, aby každý stroj ovládal jeden pracovník.

Náklady: 172360 €

Doba potřebná na realizaci: 11 týdnů

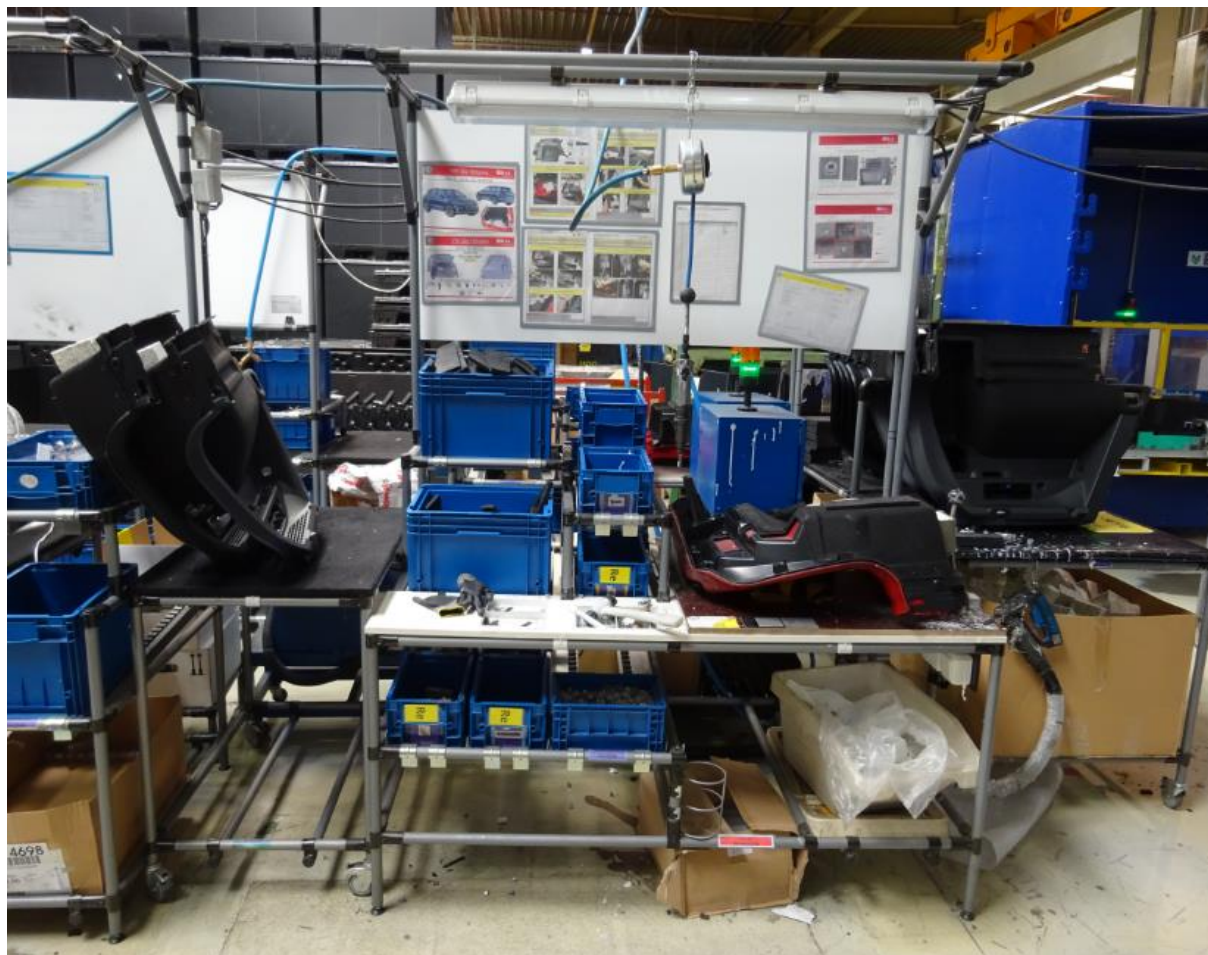
2.5.4 Zpracování návrhu na navýšení výkonu operace Montáž 1

2.5.4.1 Základní charakteristika operace Montáž 1

Požadovaný základní čas na jednotku: 63s

Výchozí základní čas na jednotku: 66s

Úzké místo: čas lidské práce



Obrázek 48: TAG5 Pracoviště 3 – Montáž 1 Re [Vlastní zdroj]

2.5.4.2 Analýza výchozího stavu operace Montáž 1

Z časových snímků operace Montáž 1 vyplynulo, že spotřeba času operátorů na obou stranách montážní linky potřebná ke splnění jednotlivých kroků předepsaných technologickým postupem shodně přesahuje požadovaných 63 sekund na jednotku o 2-3 sekundy a protože se jedná o pracoviště ruční montáže, úzkým místem bránícím dosažení cílového času je čas lidské práce. Protože rozdíl mezi výchozí a požadovanou produktivitou pracoviště nebyl v porovnání se dvěma předchozími operacemi výrazný, očekávalo se, že zvýšení výkonu by bylo možné vyřešit racionalizací stávajícího výrobního postupu.

2.5.4.3 Návrh způsobu navýšení výkonu operace Montáž 1

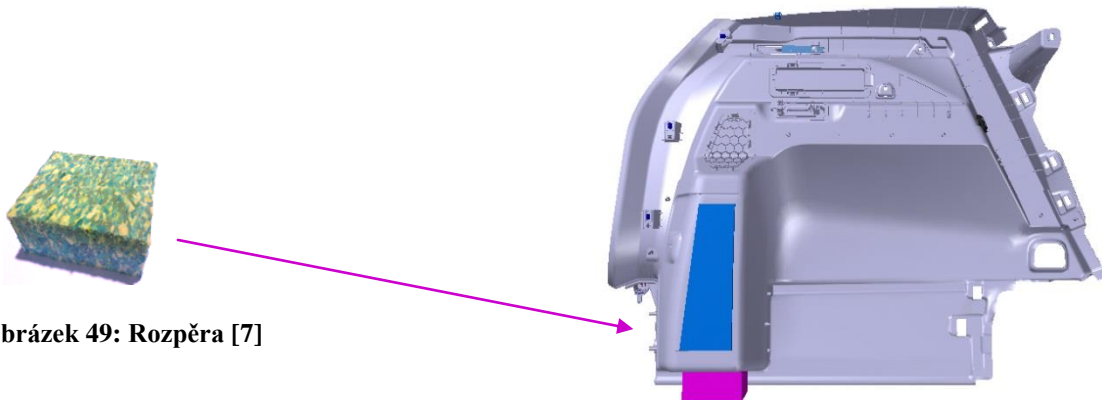
Při rozboru vlastností výchozího stavu výrobní jednotky v úvodu tohoto projektu bylo na pracovišti Montáž 1 odhaleno několik příležitostí k zavedení racionalizačních opatření. Předpokladem bylo, že zavedení těchto racionalizačních opatření povede k rychlejšímu a snadnějšímu provedení práce, a tím i dosažení vyššího výkonu.

I. Dostupnost vstupního materiálu

První příležitostí byla nevhodně zvolená organizace zásobování montáže díly Rozpěra a Tlumení.

Rozpěra:

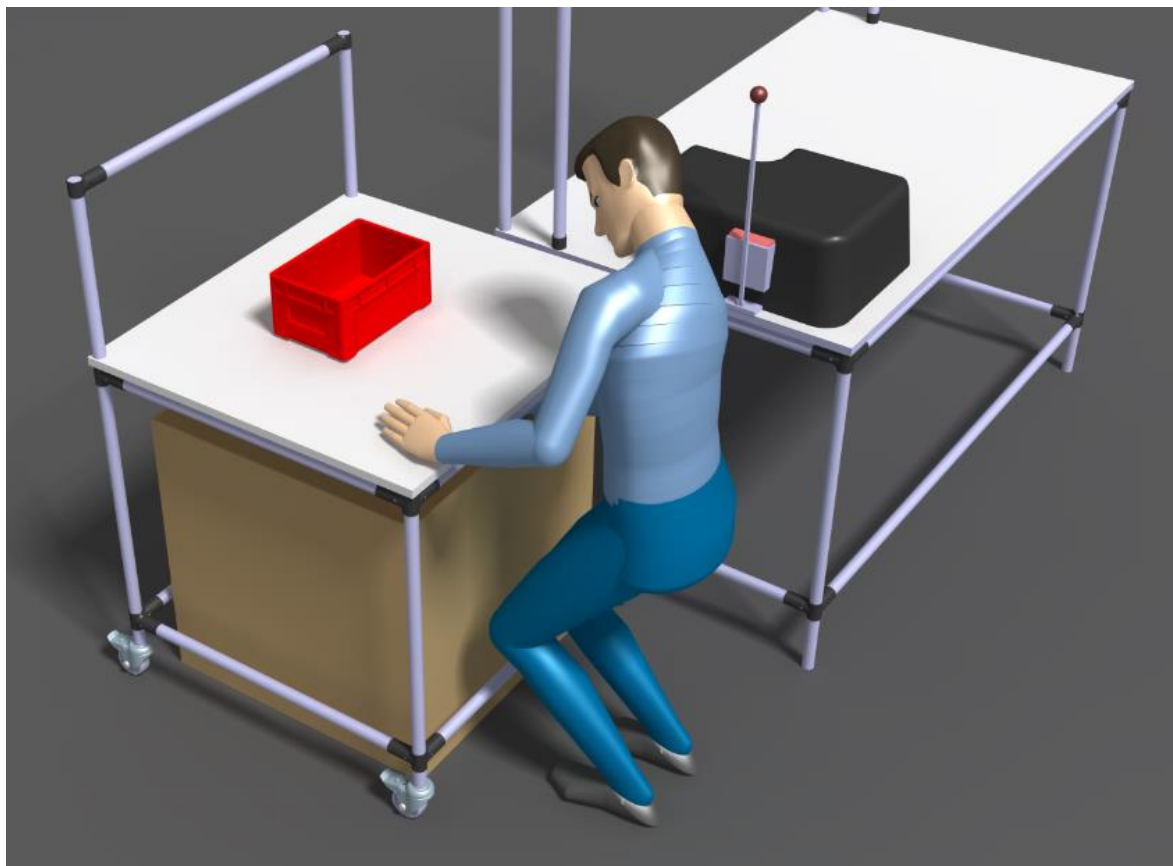
Rozpěra je nakupovaný díl z vločkové pojené pěny rozměru 90x100x50mm, který slouží jako tlumič případných vibrací mezi karoserií a bočním obložením v ose Z. Lepený je v rámci montáže lepidlem na spodní část bočního obložení. Každý kus bočního obložení je při montáži opatřen jednou rozpěrou.



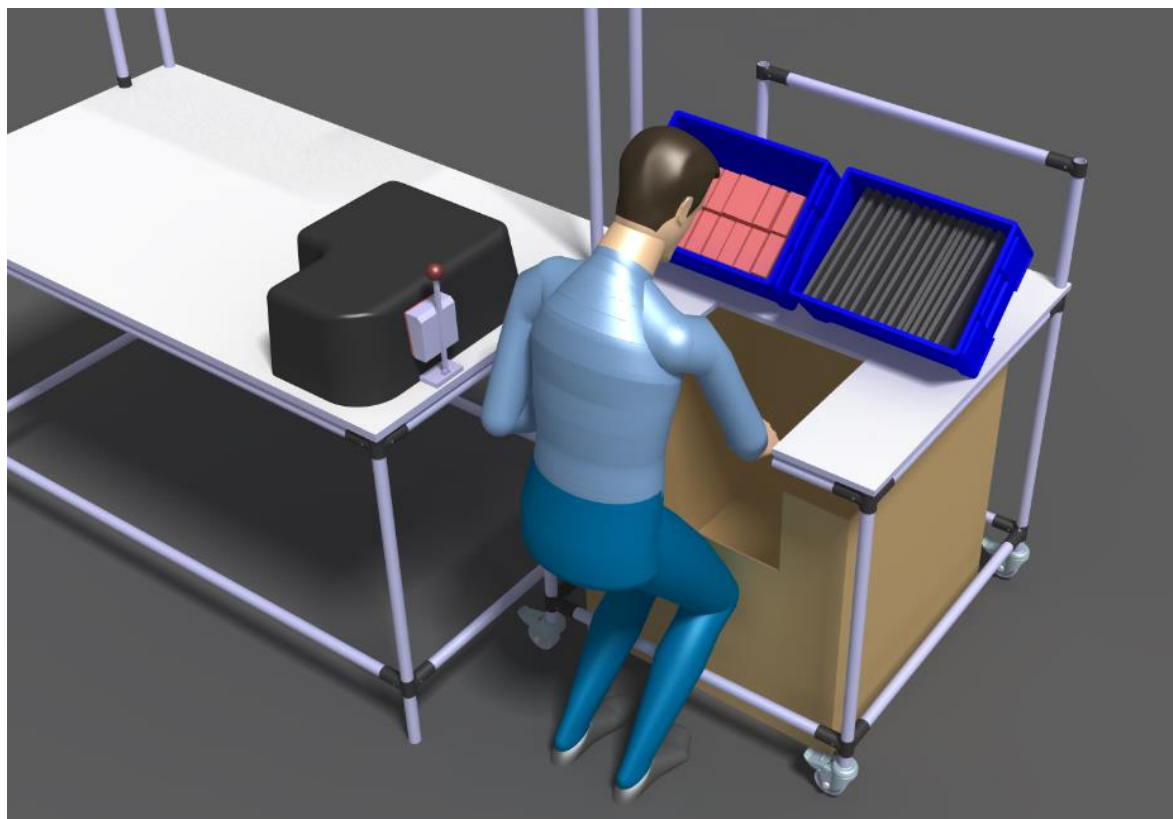
Obrázek 49: Rozpěra [7]

Rozpěra je na pracoviště dodávána logistickým vláčkem v jednorázových manipulačních jednotkách z lepenkového kartonu od dodavatele o rozměru 1200x800x750 a jedna jednotka obsahuje 320 kusů Rozpěr. Manipulační jednotka je po dodání na pracoviště umístěna pod deskou stolku v čele montážní linie, na který operátoři z předchozí operace Svařování umisťují svařené polotovary. Mezi deskou stolku a vrškem manipulační jednotky zůstane po zasunutí jednotky na určené místo mezera 200mm. Při výrobě se tak operátoři musí pokaždé předklonit a mezerou mezi stolkem a kartonovým obalem sáhnout pro Rozpěru – viz *Obrázek 50*. S ubývajícím množstvím dílů v balení tak je dostupnost Rozpěr v manipulační jednotce složitější a obtížnější a při podávání Rozpěr dochází k nadměrnému přetěžování zad a beder. Z pohledu ergonomie se s ohledem na četnost a zátěž jedná o zcela nepřijatelné řešení.

Jako opatření bylo navrženo umožnit operátorovi pracoviště rozpěry z manipulačního lepenkového obalu přemístit do vratné manipulační jednotky prvního řádu typu KLT 6280 o rozměrech 600x400x280, umístění této jednotky na desku stolu a naklonění zadní hrany o 40° směrem k operátorovi, aby byla zajištěna snadná dostupnost – viz *Obrázek 51* a vizuální kontrola celého obsahu obalu – pro srovnání viz *Obrázek 57* a *Obrázek 58*. Dalším doporučeným opatřením bylo upravit pracovní instrukci tak, aby operátor pracoviště po dodání plné manipulační jednotky v čelní stěně nožem vytvořil dva svislé řezy a lepenku mezi těmito řezy ohnul tak, aby vytvořil otvor. Pro další zjednodušení práce bylo doporučeno vytvořit dodatečně vybrání v desce stolu, které by jednak usnadnilo dostupnost Rozpěr při doplňování do KLT obalu a které zároveň umožní, aby KLT obal zůstal v dosahu operátora stojícího před odkládacím stolkem – viz *Obrázek 51*.



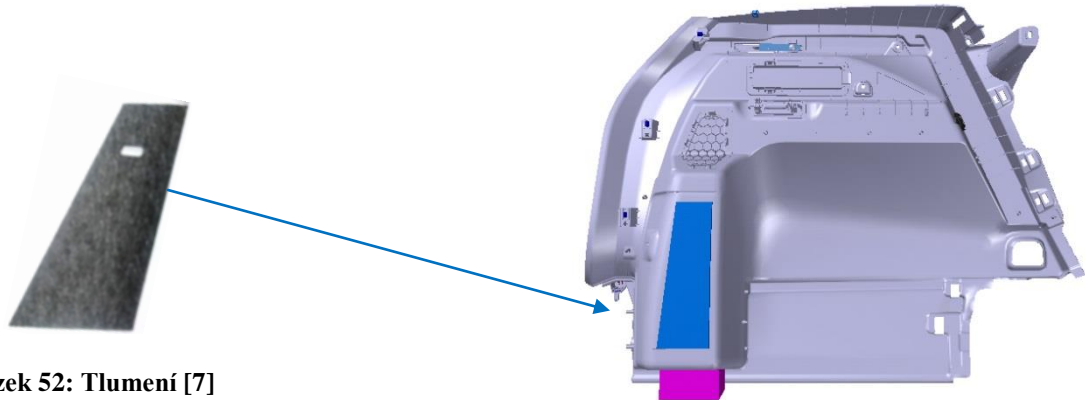
Obrázek 50: TAG5 Pracoviště 3 - Montáž 1: Dostupnost Rozpěry - výchozí stav [Vlastní tvorba]



Obrázek 51: TAG5 Pracoviště 3 - Montáž 1: Dostupnost Rozpěry - navržený stav [Vlastní tvorba]

Tlumení:

Tlumení je nakupovaný díl z netkané textilie o rozměrech 90x250x10mm, který ve voze slouží jako zvukový absorbér. Lepený je v rámci montáže shodným lepidlem jako rozpěra na spodní boční část bočního obložení. Každý kus bočního obložení je při montáži opatřen jedním tlumením.



Obrázek 52: Tlumení [7]

Tlumení je na pracoviště dodáváno logistickým vláčkem ve vratných manipulačních jednotkách prvního řádu typu KLT 4280 o rozměrech 400x300x280 a jedna jednotka obsahuje 60 kusů Tlumení. Manipulační jednotka je po dodání na pracoviště umístěna do minimarketu, odkud ji v případě potřeby operátor pracoviště Montáž 1 doplňuje na desku odkládacího stolku v čele montážní linie, na který operátoři z předchozí operace Svařování umísťují svařené polotovary.

Jako opatření byla v případě Tlumení navržena změna balení z KLT typu 4280 na KLT typu 6280 a jeho naklonění o 40° pro snadnou dostupnost dílu – viz srovnání *Obrázek 55* a *Obrázek 56* a vizuální kontrolu obsahu celého obalu, stejně jako v případě Rozpěry – pro srovnání viz *Obrázek 57* a *Obrázek 58*. Změna balení logistickou manipulací oddělení Intralogistiky nikterak negativně neovlivní a zdvojnásobením počtu dílů na jeden obal operátorovi zkrátí na polovinu čas spotřebovaný na doplňování. Náklonem KLT obalu na stole navíc operátor získá přehled o úrovni zbývajících zásob a lepší dostupnost dílů při montáži.

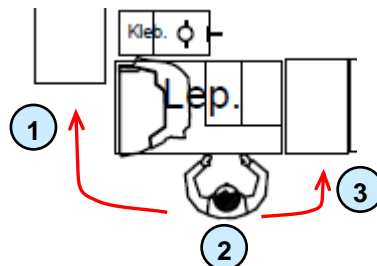
II. Zrychlení úkonu umístění Rozpěry do montážního přípravku

Při pořizování časových snímků operace Montáž 1 bylo zjištěno, že operátor po uchopení Rozpěry v závislosti na orientaci Rozpěry v ruce 1 až 2 sekundy Rozpěru pozoruje a natáčí tak, aby ji vhodným způsobem umístil do ručního přípravku na lepení. Rozpěra se sice na první pohled jeví jako kvádr, horní a spodní stěna dílu se však sbíhají a Operátor musí před vložením do přípravku zajistit správnou orientaci dílu. V opačném případě by Rozpěru na díl nalepil v rozporu se zadáním zákazníka a způsobil tak reklamaci.

Navrhovaným opatřením bylo požádat dodavatele Rozpěry o to, aby upravil program na výrobu Rozpěr a mezi spodní a boční hranou provedl 10mm úkos. Stejný úkos by pak byl proveden na přípravku a zkosení by navíc v přípravku bylo vyznačeno červenou barvou, která by zlepšila vizualizaci klíčové plochy – viz *Obrázek 54*. Operátor by pak snadno na Rozpěře našel hranu s úkosem a tuto by orientoval proti úkosu v přípravku. Úpravou ve smyslu filozofie Poka Yoke by došlo k žádoucímu zrychlení úkonu.

III. Zvýšení bezpečnosti práce a zlepšení ergonomie

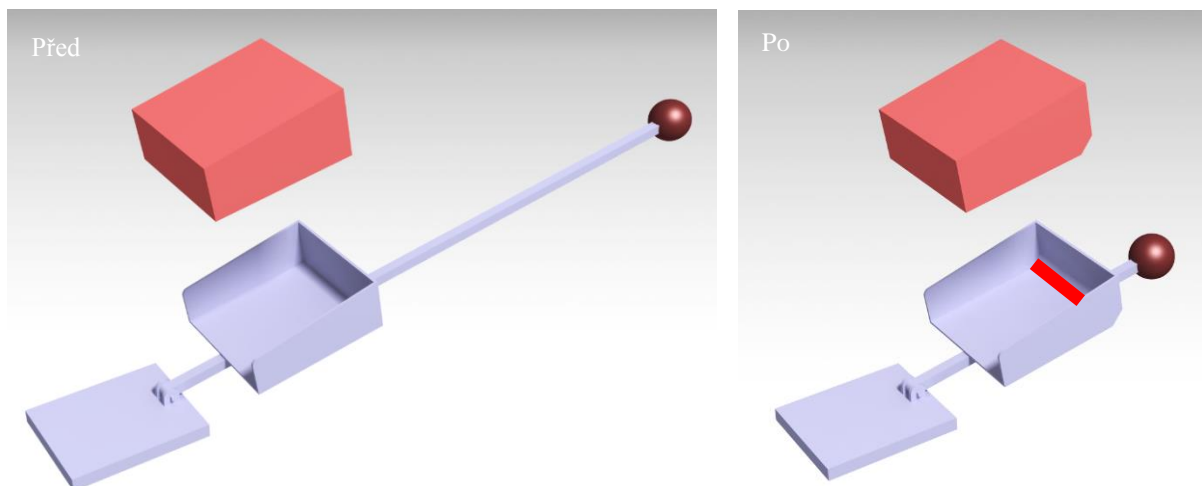
Operátor na pracovišti Montáž 1 prováděl první tři úkony, jako je umístění svařeného polotovaru na montážní přípravek, lepení Rozpěry a lepení Tlumení, v pozici mezi odkládacím stolkem pro polotovary z předchozího pracoviště a mezi pracovním stolem – viz *Obrázek 53* Pozice 1.



Obrázek 53: TAG5 Pracoviště #3 Montáž 1 – pracovní pozice [Vlastní tvorba]

Na přípravku na lepení Rozpěry byla umístěna 450mm dlouhá páka na čepu s kapsou, do které operátor po nanesení lepidla v horizontální poloze vkládal pěnovou Rozpěru a pomocí páky ji překlopením do vertikální polohy přitisknul na polotovar umístěný na svářecím přípravku – viz *Obrázek 55* - Před. V době ukládání svařeného polotovaru na montážní přípravek a při lepení Rozpěry se páka nacházela ve vodorovné poloze a trčela směrem do prostoru, kde operátor prováděl potřebné pracovní úkony. Páka tak nejenom značně překážela v pohybu, ale představovala i zvýšené riziko bezpečnosti práce. Operátor byl proto nucen provést pohyb navíc bez přidané hodnoty a páku umístit do svislé polohy tak, aby mu nepřekážela při pohybu na pracovišti.

Navrhovaným opatřením bylo zkrátit páku z původních 450 mm na 150 mm a docílit tak nejenom zvýšení bezpečnosti práce na pracovišti, ale zlepšením ergonomie zároveň zkrátit čas na operaci a zmírnit svalovou zátěž obsluhujícího operátora.



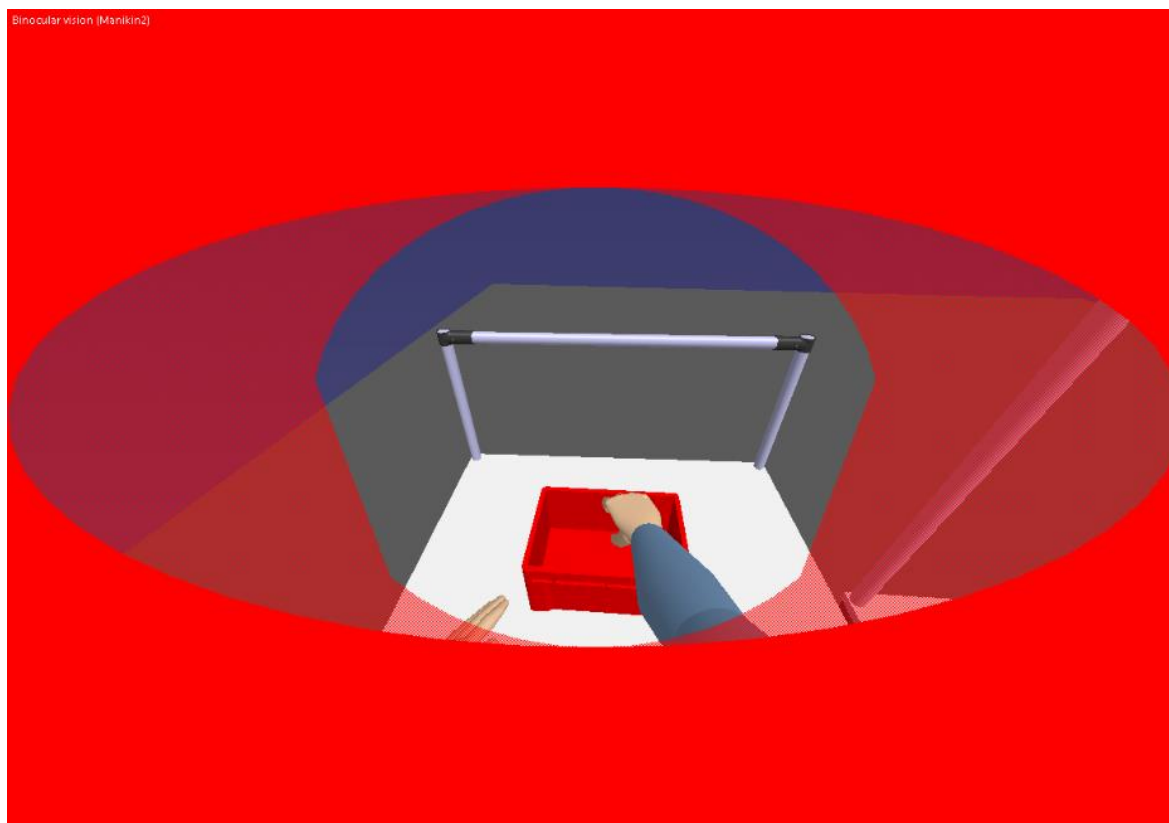
Obrázek 54: Přípravek lepení: Vlevo - výchozí stav, vpravo - po zkrácení madla a dodání úkosu



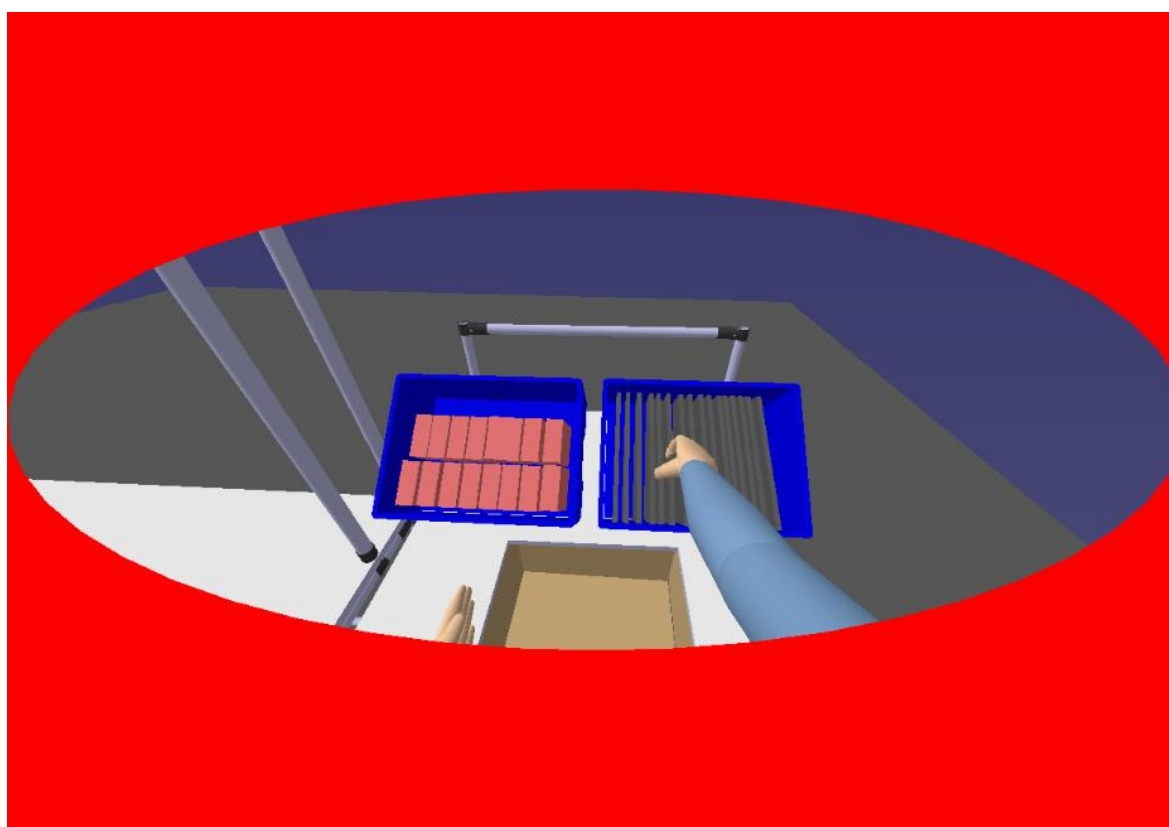
Obrázek 55: Montáž 1: Dostupnost a množství Tlumení - výchozí stav [Vlastní tvorba]



Obrázek 56: Montáž 1: Dostupnost a množství Tlumení - navrhovaný stav [Vlastní tvorba]



Obrázek 57: Montáž 1: Vizuální kontrola počtu a dostupnosti Tlumení - výchozí stav [Vlastní tvorba]



Obrázek 58: Montáž 1: Vizuální kontrola počtu a dostupnosti Tlumení - navrhovaný stav [Vlastní tvorba]

Pro ověření účinnosti všech navrhovaných opatření byla na 20 kusech provedena simulace výroby za realizace navrhovaných podmínek a při té příležitosti bylo zároveň provedeno srovnávací snímkování. Průměrná výsledná spotřeba času na operaci činila 62 sekundy.

Navržené změny a nové uspořádání pracovního prostoru vedly ke zvýšení bezpečnosti práce na pracovišti a umožnily účelné, rytmické vykonávání pracovních pohybů, které bylo méně náročné na svalovou zátěž a které zkrátilo celkovou dobu trvání pracovního cyklu oproti původní variantě o 4 sekundy. Cíl zadání byl tedy splněn.

2.5.4.4 Výsledek návrhu na navýšení výkonu operace Montáž 1

Řešení: Zkrácení času na operaci a zvýšení výkonu pracoviště bude řešeno racionalizací pracoviště a pracovního postupu a úpravou tvaru nakupovaného dílu Rozpěra.

Náklady: 0 € (resp. zanedbatelné)

Doba potřebná na realizaci: 1 den

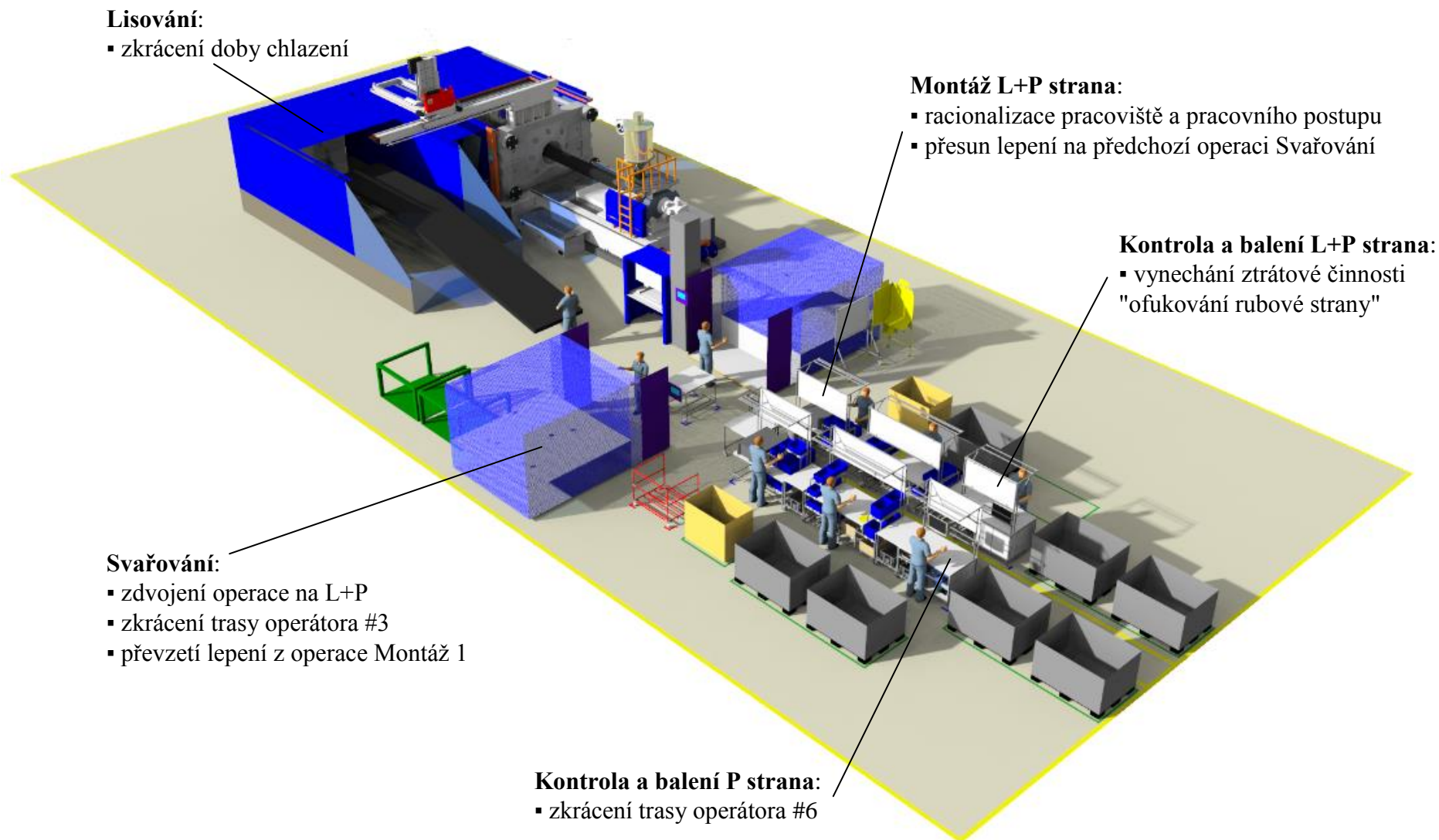
2.5.5 Shrnutí navrhovaných racionalizačních opatření

Navržená opatření a vizualizace layoutu výrobní linky po navrhovaných změnách jsou zobrazeny na *Obrázek 59*.

Tabulka 10 ukazuje, jakým způsobem se změnila spotřeba času jednotlivých operací po zavedení navrhovaných opatření v porovnání s výchozím stavem.

#	Operace	Operátor procesu	Před		Po	
			Čas [s]	T _g [s]	Čas [s]	T _g [s]
1	Lisování	Vstříkovací lis	74	74	63	63
		Operátor #1	44		44	
2	Svařování	Svařovací automat	73	73	73	126/2 = 63
		Operátor #2	49,1		80+46	
		Operátor #3	54,5		-	
3a	Montáž 1	Operátor #4	66	66	38	38
3b	Montáž 1	Operátor #7	66	66	38	38
4a	Montáž 2	Operátor #5	38	38	38	38
4b	Montáž 2	Operátor #8	49	49	49	49
5a	Kontrola	Operátor #6	55	55	49	49
5b	Kontrola	Operátor #9	55	55	49	49

Tabulka 10: TAG5 Projekt VW326 - Srovnání základních časů na operaci výchozí x navrhovaný stav



Obrázek 59: TAG5 Projekt VW326: Layout výrobní linky po navrhovaných změnách + souhrn navrhovaných změn [Vlastní tvorba]

2.6 Vyjádření nákladů na realizaci navrhovaného řešení

Protože jedním z očekávaných výstupů projektu bylo vyjádření nákladů na realizaci navrženého řešení pro navýšení kapacity výrobní jednotky, následuje vyhodnocení celkových nákladů vlastnictví, celkových přínosů vlastnictví a výpočet návratnosti investice.

2.6.1 TCO – celkové náklady vlastnictví

Ukazatel celkových nákladů vlastnictví pomáhá, na rozdíl od tradičních ukazatelů nákladovosti, analyzovat nejenom přímé pořizovací náklady, ale i ostatní náklady spojené s provozem a údržbou v průběhu celé životnosti projektu. Pořizovací náklad se objeví u daného investičního majetku jenom jednou, kdežto provozní náklady vznikají po celou dobu užívání a celková hodnota nákladů tak neustále stoupá. TCO tedy vyjadřuje celkové náklady na vlastnictví včetně jednorázových a opakujících se a zákazník i dodavatel výpočtem získají komplexní nezkrácené informace o skutečných budoucích nákladech. Na jejich základě tak může být provedeno objektivní nákladové srovnání porovnávaných variant.

Přehled jednotlivých položek použitých při výpočtu celkových nákladů na vlastnictví navrhovaného řešení vyjadřuje *Tabulka 11*. Protože zvýšení výkonu u operací Lisování a Montáž 1 lze řešit racionalizací výchozího stavu a změny nepředpokládají významné náklady, jsou v ukazateli TCO zahrnuty především položky spojené s pořízením, instalací, zprovozněním, podporou, provozem a údržbou duplicitního svařovacího automatu pracoviště Svařování.

Nákladové položky	Jednorázové náklady na pořízení [€]	Pravidelné měsíční náklady [€]
Jednorázové pořizovací náklady	172.360,00	-
2-robotový svářecí automat 1x	150.000,00	-
Zakládací přípravek 2x	20.000,00	-
Svářecí sonotroda 2x	1.600,00	-
Odkládací stolek 2x	160,00	-
Programování SW 1x	600,00	-
Výrobní režije (měsíční)	-	1.804,85
Externí podpora	-	300,00
Materiál	-	0
Provoz	-	1.264,85
Údržba	-	240,00

Tabulka 11: Položky zahrnuté do výpočtu TCO [Vlastní tvorba]

2.6.2 TBO - Celkové přínosy vlastnictví

K vyjádření toho, jaké bude společnost z realizace navrhovaného řešení mít přínosy a jak vysoké budou, slouží výpočet TBO - celkové přínosy vlastnictví. Obdobně, jako u výpočtu celkových nákladů vlastnictví, metoda zohledňuje jak přímé, tak nepřímé přínosy a to jednorázové i průběžné. V tomto případě obsahuje tabulka jedinou položku a tou je zisk z prodeje výrobků, jejichž množství odpovídá 15% navýšení výkonu požadovaným zákazníkem.

Výsledek výpočtu celkových přínosů vlastnictví navrhovaného řešení vyjadřuje *Tabulka 12*.

Přínosy	Jednorázové přínosy [€]	Pravidelné měsíční přínosy [€]
Pravidelné měsíční přínosy	-	9.259,26
Zisk z prodeje ¹	-	9.259,26

Tabulka 12: Položky zahrnuté do výpočtu TBO [Vlastní tvorba]

2.6.3 ROI - Výpočet návratnosti investice

V předchozích dvou kapitolách byly vysvětleny položky zahrnuté do výpočtu celkových nákladů vlastnictví a celkových přínosů vlastnictví související s požadovaným navýšením výkonu výrobní jednotky. Vzájemným porovnáním vývoje obou položek v čase zjistíme okamžik, kdy dojde k tzv. bodu zvratu, tedy k bodu, ve kterém se přínosy vyrovnají nákladům a ve kterém dojde k návratu vložených investic.

Tabulka 13 vzájemně porovnává vývoj celkových nákladů a celkových přínosů vlastnictví v čase. Zvýrazněno je období, kdy bude dosaženo návratnosti investic. Tabulka pokračuje dále a ukazuje, jaký zisk by investice do zdvojení operace Svařování a navýšení výkonu výrobní jednotky přinesla společnosti do konce životnosti projektu VW Tiguan.

Měsíc	Rok	TCO [€]	TBO [€]	TCO-TBO [€]	ROI [%]
1.		174.164,85	9.259,26	164.905,59	-96,68
12.	1.	194.018,20	111.111,11	82.907,09	-42,73
24.	2.	215.676,40	222.222,22	-6.545,82	3,04
36.	3.	237.334,60	333.333,33	-95.998,73	40,45
48.	4.	258.992,80	444.444,44	-185.451,64	71,60
60.	5.	280.651,00	555.555,55	-274.904,56	97,95
72.	6.	302.309,20	666.666,66	-364.357,47	120,52

Tabulka 13: Vývoj celkových nákladů a celkových přínosů investice v čase [Vlastní tvorba]

¹ Protože společnost není z důvodu zachování obchodního tajemství ochotna zveřejnit údaje o prodejní ceně výrobků a ziskovosti z prodeje, je položka "Zisk z prodeje" vypočítána na základě konzervativního odhadu prodejní ceny výrobku a zisku z jeho prodeje.

Z vývoje TCO a TBO je patrné, že k bodu zvratu, tedy k bodu, kdy se celkové přínosy vyrovnají celkovým nákladům, dojde již ve 24. měsíci. Protože jsou odhadovaná prodejní cena a zisk z prodeje spíše konzervativní, lze předpokládat, že skutečná prodejní cena a zisk z prodeje budou vyšší a k bodu zvratu dojde dříve, než ve 24. měsíci. Ve výpočtu návratnosti není navíc zohledněn očekávaný stav, kdy významnou část investice anebo celou investici uhradí zákazník. Návratnost investice do 24 měsíců je v porovnání s šestiletou životností projektu z ekonomického pohledu zajímavá a pro společnost Ideal Automotive Bor, s.r.o. je navýšení výkonnosti výrobní jednotky a zvýšení prodeje výrobků žádoucí.

2.7 Vyjádření časové náročnosti

Zbývajícím očekávaným výstupem projektu bylo vyjádření času potřebného na realizaci.

Lisování

- Úprava programu zkrácením času chlazení 5 min

Svařování

- Dodací doba svařovacího automatu s příslušenstvím 10 týdnů

- Dodací doba zakládacích přípravků 4 týdny

- Dodací doba svářecích sonotrod 10 týdnů

- Výroba odkládacích stolků realizovaná interně 1 den

Montáž 1

- Racionalizační úpravy realizované interně 1 den

- Vytvoření pracovní návodky 1 den

- Dodací doba Rozpěry s požadovanou úpravou tvaru 4 týdny

Výsledek

Úzkým místem z pohledu časové náročnosti je dodací doba svařovacího automatu, která činí 10 kalendářních týdnů. Při souběžné realizaci jednotlivých změn je celková časová náročnost realizace 11 týdnů, z čehož 10 týdnů trvá dodání svařovacího automatu a 1 týden je třeba na uvedení automatu do provozu, testování, zaškolení a předání zařízení k užívání.

3 Závěrečné hodnocení navrhovaného řešení

Zadáním zákazníka VW Wolfsburg a zároveň i cílem praktické části této diplomové práce bylo zpracování návrhu na trvalé navýšení kapacity výrobní linky na výrobu bočních výplní zavazadlového prostoru o 15% při zachování 15% flexibility. Podmínkou navrhovaného řešení bylo zachování třisměnného pracovního režimu a přáním zákazníka bylo kvůli minimalizaci nákladů navýšení kapacity výrobní linky řešit přednostně formou racionalizace. Očekávaným výstupem projektu byl technický návrh řešení zprůchodnění výrobního procesu s vyjádřením nákladů na realizaci navrženého řešení a času potřebného na realizaci.

3.1 Neekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

3.1.1 Hodnocení technického návrhu řešení

Z 5 operací výrobní linky požadovanou kapacitu ve výchozím stavu nesplňovaly 3 operace - Lisování, Svařování a Montáž 1. U operace Lisování a Montáž 1 bylo navrženo zprůchodnění prostřednictvím preferované racionalizace. U operace Lisování bylo zvýšení kapacity dosaženo zkrácením doby chlazení, u operace Montáž 1 racionalizací pracoviště a pracovního postupu. U operace Svařování byly vyčerpány možnosti takového způsobu řešení, a jelikož se požadované výrobní množství dostalo nad kapacitní možnosti operace, bylo pro navýšení výkonu navrženo pořízení duplicitního zařízení a zdvojení operace. Vzhledem k tomu, že navýšení výkonu nebylo možné řešit pouhou racionalizací výchozího stavu, jedná se o přípustné řešení.

U všech 3 operací bylo tedy splněno zadání navrhnout takové řešení, které zajistí požadované navýšení kapacity výrobní linky o 15% při zachování výchozího pracovního režimu.

3.1.2 Přínosy navrhovaného řešení

Oproti původnímu řešení přinese navrhované řešení:

- snížení cyklu výrobní linky z původních 73s/sadu na cílových 63s/sadu, resp. navýšení produktivity ze 49 sad/hodinu na 57 sad/hodinu a navýšení kapacity z výchozích 250.000 sad/rok na požadovaných 287.500 sad/rok,
- snížení rozdílu mezi nejdelším a nejkratším časem na operaci z výchozí $\Delta 36s$ na $\Delta 25s$ a vhodnější vzájemné vyvážení operací,
- zlepšení ergonomie práce u operátora #4 a #7 na pracovišti Montáž 1, kdy ve výchozí variantě dochází k nepřipustnému přetěžování bederní páteře a zad, v navrhované variantě je toto zatížení významně minimalizováno na přípustnou úroveň,
- zkrácení tras vybraných operátorů, u operátora #3 na pracovišti Svařování o 1.800 metrů za směnu a u operátora #6 na pracovišti Výstupní kontrola a balení o 1.000 metrů za směnu.

3.2 Ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Hodnocení návratnosti investice

TCO – celkové náklady vlastnictví

- Jednorázové pořizovací náklady	172.360,00 €
- Pravidelné měsíční náklady	1.804,85
Celkem	174.164,85 €

TBO - celkové přínosy vlastnictví

- Pravidelné měsíční přínosy	9.259,26 €
Celkem	9.259,26 €

ROI - návratnost investice

23,3 měsíce

Návratnost investice do necelých dvou let je v porovnání s šestiletou životností projektu z ekonomického pohledu zajímavá a pro společnost Ideal Automotive Bor, s.r.o. je navrhovaný způsob navýšení výkonnosti výrobní jednotky z ekonomického hlediska žádoucí.

Závěr

Společnost Ideal Automotive Bor, s.r.o. byla oslovena zákazníkem VW Wolfsburg s požadavkem na zpracování návrhu na řešení skokového navýšení objemu dodávaného dílu textilní výplně zavazadlového prostoru pro vůz VW Tiguan a to o 15%. V automobilovém průmyslu, kdy je kvůli jednoúčelovosti výrobků a kvůli smluvním ujednáním se zákazníkem množství prodaných výrobků zcela závislé na potřebách jediného zákazníka, nemá dodavatel možnost při sebepropacovanějším marketingu prodat větší množství výrobků, než odebere právě tento jediný zákazník a než zkonsumuje trh. V takové situaci je požadavek na trvalé navýšení množství dodávaných výrobků pro společnost vítanou možností, jak bez rizik a změn v nastaveném procesu zvýšit objem prodaného zboží a navýšit tak zisk společnosti.

Při realizaci navrhované varianty, která reaguje na požadavek zákazníka VW, dojde k požadovanému zvýšení produktivity výrobní linky, k vhodnějšímu vzájemnému vyvážení spotřeby času jednotlivých operací a ke zlepšení pracovních podmínek vybraných operátorů, kterým prostřednictvím racionalizačních opatření usnadní vykonávání pracovních úkonů. Kompetentnost navrženého řešení dokazuje i výpočet návratnosti investic, který ukázal, že navrhovaná změna je pro společnost výhodná i v případě, že by investice spojené s navýšením kapacity nehradil zákazník.

Představením technického návrhu na navýšení kapacity výrobní linky, vyjádřením nákladů spojených s realizací navrhovaného řešení a odhadem časové náročnosti byly splněny všechny body zadání diplomové práce.

Seznam použité literatury

- [1] LHOTSKÝ, O. *Organizace a normování práce v podniku*, Praha: ASPI, a.s., 2005. 104s.
- [2] NOVÁK, J. *Racionalizace výroby*, Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2007, 75s.
- [3] HÜTTLOVÁ, E. *Organizace práce v podniku*, Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha, 1999, 128 s., ISBN 80-7079-778-9.
- [4] SLÍVA, A. *Základy projektování logistických systémů*, Ostrava: Vysoká škola báňská, 2011.
- [5] KRTEK, M. *Ergonomie pracovního místa s přihlédnutím k fyziologii práce*. Ústí nad Labem: 2004.
- [6] KLEINOVÁ, J. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. 1. vydání. Plzeň: Vydavatelství Západočeská univerzita v Plzni, 2005. 90 s. ISBN 80-7043-364-7.
- [7] Interní materiály společnosti Ideal Automotive Bor, s.r.o.
- [8] Přednášky: Normování práce z předmětu ŘOP, Plzeň: FST, ZČU, 2016.
- [9] MILLER, A., BUREŠ, M., KURKIN, O., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny - praktická část*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-31-6.
- [10] KURKIN, O., *Návrh metodiky implementace systému správy dat při zohlednění faktorů výrobního systému*, Disertační práce, Plzeň: FST, ZČU, 2015.
- [11] Školící materiály IPA Slovakia – Štíhlá výroba, 2015.
- [12] <https://www.digitaltwin.ro/produse-siemens-plm/>