



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VARIANT RACIONALIZACE OPERACE VKLÁDÁNÍ SKEL V MONTÁŽNÍ LINCE ŠKODA AUTO

PROPOSAL FOR VARIOUS RATIONAL OPERATIONS OF GLASS INSTALLATION AT AN
ASSEMBLY LINE OF ŠKODA AUTO COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL WILHELM

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ROMAN KUBÍK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Wilhelm

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh variant racionalizace operace vkládání skel v montážní lince Škoda Auto

v anglickém jazyce:

Proposal for various rational operations of glass installation at an assembly line of Škoda Auto company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je zejména snížit provozní náklady montážní linky v podniku Škoda Auto. Firma předpokládá, že tohoto výsledku je možné dosáhnout mechanizací příp. automatizací pracoviště provádějící operace vkládání skel.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza montážního procesu a identifikace kritických míst
2. Rozbor vztahů operace vkládání skel s ostatními pracovišti montážní linky
3. Návrh variant nového řešení montážní linky
4. Vyhodnocení navržených variant vzhledem k podnikem stanoveným kritériím (zejména redukce provozních nákladů a doba návratnosti vynaložených fin. prostředků)
5. Volba optimální varianty a její detailní rozpracování (vč. výkresu výsledného dispozičního řešení a kalkulace předpokládaných nákladů a přínosů)

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zaměřuje na varianty montáže čelního skla na montážní lince společnosti Škoda Auto v Mladé Boleslavi. Cílem práce je popsat možné varianty montáže a z nich stanovit optimální variantu. V první části jsou zmíněny hlavní teoretické informace, následuje analýza současného stavu. Po představení dvou nových návrhů jsou varianty mezi sebou porovnány z hlediska finančního i celkově pomocí multikriteriální metody.

Klíčová slova

montážní linka, mzdové náklady, investiční varianty, Škoda Auto, doba návratnosti

ABSTRACT

This thesis focuses on the windscreen mounting options on the assembly line at Škoda Auto in Mladá Boleslav. The aim is to describe the possible assembly options and to determine the optimal variant. In the first part the key theoretical information is described, followed by an analysis of the current state. After the introduction of two new proposals the variants are compared to each other in terms of finance and overall suitability using multicriteria method.

Key words

assembly line, labour costs, investment projects, Škoda Auto, return of investment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

WILHELM, Pavel. *Návrh variant racionalizace operace vkládání skel v montážní lince Škoda Auto*. Brno 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 65 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh variant racionalizace operace vkládání skel v montážní lince Škoda Auto** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Pavel Wilhelm

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu práce Ing. Kubíkovi Ph.D. za rady a Ing. Babákovi za poskytnuté informace k vytvoření této diplomové práce. Dále děkuji své rodině a přítelkyni za vytrvalou podporu nejen při studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	10
1.1 Technologické projektování	10
1.1.1 Postup při technologickém projektování	10
1.1.2 Montážní linka	11
1.2 Průmyslové roboty a manipulátory	12
2 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NÁVRHŮ	14
2.1 Rozdělení nákladů	14
2.1.1 Fixní náklady	14
2.1.2 Variabilní náklady	15
2.1.3 Mezní náklady	16
2.1.4 Celkové náklady	16
2.2 Hodnocení investic	17
2.2.1 Metoda doby návratnosti	18
2.2.2 Metoda čisté současné hodnoty	19
3 MULTIKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ NÁVRHŮ	20
3.1 Popis multikriteriální metody	20
4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	21
5 POPIS MONTÁŽNÍHO CELKU	23
5.1 Popis čelního skla	23
5.2 Popis montovaných automobilů	23
6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	26
6.1 Popis montážní linky	26
6.2 Provázanost pracoviště s okolím	26
6.3 Popis pracoviště lepení skel	28
6.4 Popis operace aplikace lepidla	29
6.5 Manuální montáž skel	30
7 NÁVRHY VARIANT	33
7.1 Požadavky na nové varianty	33
7.2 Vkládání skel pomocí manipulátoru	33
7.3 Vkládání skel pomocí robotu	35

7.3.1	Výpočet nákladu na elektrickou energii	39
8	Hodnocení variant z finančního hlediska	41
8.1	Výpočet mzdových nákladů	41
8.2	Porovnání nákladových křivek a jejich vyhodnocení.....	42
8.3	Aplikace metody doby návratnosti	44
8.3.1	Doba návratnosti varianty montáže s pomocí manipulátoru	45
8.3.2	Doba návratnosti varianty montáže s pomocí robotu.....	46
8.3.3	Grafické vyjádření výdajů	47
8.4	Vyhodnocení metody doby návratnosti	47
8.5	Aplikace metody čisté současné hodnoty	47
8.5.1	Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí manipulátoru.....	48
8.5.2	Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí manipulátoru.....	48
8.6	Vyhodnocení metody čisté současné hodnoty	49
8.7	Dílčí závěr	49
9	HODNOCENÍ VARIANT MULTIKRITERIÁLNÍ METODOU	50
9.1	Hodnocená kritéria	50
9.2	Aplikace metody	53
9.3	Vyhodnocení metody	53
10	POPIS OPTIMÁLNÍ VARIANTY	55
	ZÁVĚR.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	60
	Seznam použitých symbolů a zkratek.....	64

ÚVOD

Společnost Škoda Auto a.s. dlouhodobě dosahuje v oblasti automobilového průmyslu velmi dobrých výsledků nejenom v České republice, ale i na globálním trhu.

Při analýze montážní linky v hale M13, kde se montují vozy Octavia, Rapid a Toledo a haly M1, kde se montují vozy Fabia, bylo několik míst identifikováno jako úseky s možností pro zlepšení. Jedním z nich je montáž čelních skel v hale M13. Stávající řešení montáže zvažuje firma nahradit novou variantou.

Nyní automobilka nezaznamenává problémy se stávající variantou montáže. V současnosti využívaný manuální způsob montáže má své výhody i nevýhody popsané v kapitole 6.5. Následující popisované varianty budou srovnávány nejen mezi sebou, ale také s nynějším způsobem montáže.

Varianty musí respektovat požadavky investora uvedené v kapitole 7.1. Ekonomické hledisko je posuzováno několika metodami. Kromě ekonomického srovnání jsou všechny tři varianty porovnány metodou multikriteriálního hodnocení. V případě, že žádná navrhovaná varianta nebude pro společnost výhodnější než současná montáž, Škoda Auto zůstane u použití manuální varianty montáže.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Při projektování výroby je častější situace optimalizování a změny stávajícího řešení než návrh zcela nové výroby. Zásah do výrobního procesu může přinést nežádoucí problémy, proto je nutné identifikovat problematická místa a připravit jejich řešení.

1.1 Technologické projektování

Technologické projektování uplatňuje metody postupného modelování variant a jejich hodnocení z hlediska technického, organizačního, i ekonomického. Metoda postupného modelování komplexní úlohy volí postup rozložení na menší úlohy, přičemž i nadále jsou brány v potaz jejich vzájemné vztahy. Metoda dělí řešený problém do tří dílčích modulů:

1. výrobní proces a kontrola,
2. manipulační proces,
3. informační a řídicí proces.

Pro všechny tři moduly musí být zohledněna kvalifikace pracovníků [1].

1.1.1 Postup při technologickém projektování

Pro dosažení kvalitního návrhu je zapotřebí dodržet obecný metodický postup sestávající z pěti etap:

- 1) **Diagnostika** - rychlé seznámení se se situací. Obvykle je prováděno nejzkušenějšími pracovníky, kteří znají provázanost řešeného pracoviště s ostatními a okolnosti jejich propojení.
- 2) **Sběr informací** - na základě provedené diagnostiky vyplyne, které informace je potřeba shromáždit.

Informace se rozdělují do dvou skupin dle jejich původu:

- a) informace z evidence,
- b) informace z pozorování.

Dalším krokem je zpracování získaných informací.

- 3) **Rozbor** - V této etapě je posuzován a hodnocen řešený problém z různých hledisek. Porovnávají jsou například hledisko ergonomické, technické a ekonomické.

- 4) **Návrh** - V této fázi probíhá detailní rozpracování nové varianty. Je důležité mít na paměti provázanost řešeného úseku s dalšími úseky a negativně jejich vazby neovlivnit.

Součástí dokumentace je také návrh náběhu výroby, časový plán implementace a ekonomické zhodnocení.

Na základě předložené dokumentace je rozhodnuto o možné realizaci. Výstupem může také být, že stávající řešení je optimální a nové řešení by bylo méně výhodné.

- 5) **Realizace** - Během realizace probíhá instalace navrženého projektu. Na závěr je nové zařízení odzkoušeno a předáno zákazníkovi. Snaha podniku je co možná nejkratší čas pro instalaci ovlivňující přerušení výroby. Fáze realizace striktně vzato není součástí technologického projektování [2].

Při řešení složitějšího úseku je vhodné navrhovanou variantu ověřit pomocí simulace [1].

1.1.2 Montážní linka

Závěrečnou a nejsložitější fází výrobního procesu tvoří ve většině strojírenských podniků montáž. Na montáži závisí jakost a spolehlivost výrobků. Zároveň je ovlivněna doba výroby a efektivnost systému.

Do montážní etapy jsou řazeny i přidružené operace jakými jsou doprava, manipulace a kontrola [1].

„Montážní linku lze charakterizovat jako souhrn pracovišť rozmístěných podle technologického postupu, který je spojený mezioperační dopravou a určený k provádění stanovených operací při montáži celého výrobku nebo jeho částí [3].“

Linka se synchronizovaným taktem je nejdokonalejší formou montážní linky.

Poprvé bylo montážní linky použito v roce 1913 Henrym Fordem. Docílilo se zjednodušení montážního procesu a zvýšila se efektivita. Díky rozdělení na jednotlivé úkoly klesly nároky na kvalifikaci pracovníků. Později došlo k nahrazení jednoduchých, monotónních úkolů montážními automaty [2,3].

Důležité předpoklady pro zavedení montážní linky:

- velmi vysoká spolehlivost strojů,
- opakovatelnost montážních časů,
- procesy musí probíhat v jednotném čase taktu.

Linky mohou být z hlediska koordinace pohybů dělníka, stroje a materiálu řešeny vícero způsoby. Následující výčet shrnuje ty nejběžnější z nich:

- pohyb materiálu – součást se přesouvá od jednoho pracoviště k druhému,
- pohyb dělníka – na stabilních pracovištích každý dělník vykonává operaci, po které se přesune k dalšímu stacionárnímu pracovišti pro následující úkon,
- pohyb nástrojů/strojů – dělník zůstává na stabilním pracovišti, na které jsou dopravovány různé nástroje/stroje,
- pohyb materiálu, dělníka i nástroje – dělník se spolu s nástrojem i výrobkem přesouvá mezi pracovišti,
- další kombinace [2].

Tok jednoho kusu neboli „One-Piece Flow“ přináší oproti operacím v dávkách řadu výhod. Některými z nich jsou například:

- rychlejší montáž,
- všichni pracovníci pracují jako jeden tým namísto soupeřících menších týmů,
- rychlá náprava vzniklých chyb [4].

Montážní linky jsou dnes pro svoje výhody často využívány. Pořizovací náklady jsou vysoké a časově náročné jak ve fázi plánování, tak ve fázi implementace. Přestavění na nový výrobek je opět nákladné finančně i časově. Na druhou stranu linka s sebou přináší výhody, z nichž několik bylo zmíněno výše.

Použitím linky se zvyšuje produktivitu výroby a montáži velkých sérií. Z tohoto důvodu se s nimi setkáme např. v automobilovém průmyslu.

1.2 Průmyslové roboty a manipulátory

Průmyslové roboty a manipulátory (dále jen PRaM) jsou děleny podle jejich funkce, provedení, stupňů volnosti úrovně řízení. Základní členění rozlišuje PRaM na jednoúčelové a univerzální.

Průmyslové roboty jsou rozdělovány do pěti generací:

- 0. generace** – zahrnuje manipulátory a roboty bez zpětné vazby. Případné poruchy a změny detekované čidly vedou k zastavení chodu systému a přivolání technika k řešení problému.

1. generace – obsahuje roboty se základní zpětnou vazbou, jsou schopny přepínání pracovních podprogramů.

2. generace – dle zadaného optimalizačního kritéria je robot sám schopen výběru vhodného programu.

3. generace – zařazeny jsou roboty se schopností samostatné tvorby programu na základě vlastních zkušeností. Zadáván je cíl operace a řešení je plně ponecháno na inteligenci řídicího systému.

4. generace – popisuje autonomní roboty schopné samostatné volby cíle práce.

Dnes nejčastěji používané roboty patří do nulté a první generace. Roboty druhé generace jsou kvůli senzorové technice nezbytné pro analýzu a vyhodnocení pracovní plochy velmi nákladné na pořízení.

PRaM se podle způsobu řízení rozdělují na:

- ruční manipulátory,
- automatické manipulátory,
- pružně programovatelné roboty,
- adaptivní roboty.

Pracovní operace robotu nebo manipulátoru je realizována nastavováním zadaných poloh výstupní hlavice.

Výstupní hlavice se podle svého účelu dělí na:

- úchopné,
- technologické,
- kontrolní a měřicí,
- kombinované,
- speciální.

Roboty v současnosti používají převážně elektrického pohonu. V případě vysokých nosností jsou používány hydraulické pohony. Pneumatické pohony jsou používány v případě požadavku vysokých rychlostí práce robotu.

Nahrazení dělníka robotem je velmi časté v škodlivých prostředích a na rizikových pracovištích [5,6].

2 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NÁVRHŮ

Zvažované návrhy je důležité posuzovat z ekonomického hlediska. Existuje několik metod ekonomického hodnocení, sloužící k analýze jednotlivých investičních projektů.

K primární analýze lze použít porovnání vývoje celkových nákladů v budoucích letech. Pro sestavení těchto funkcí je třeba rozlišit charakter nákladů potřebných k dosažení produkce.

2.1 Rozdělení nákladů

Náklady se dělí z investičního hlediska na jednorázové nebo opakované, dále z hlediska mikroekonomie na náklady fixní nebo variabilní.

2.1.1 Fixní náklady

Fixní náklady představují ty náklady, které je nutné platit v konstantní výši bez ohledu na objem výroby.

Z toho plyne nutnost maximálně využít veškeré kapacity, kterými firma disponuje.

Mezi fixní náklady se řadí například mzdy administrativních pracovníků, odpisy budov, odpisy strojů, nájem, pořizovací cena nového zařízení, vytápění, osvětlení budov, ostraha podniku atd.

Často se velká část fixních nákladů spotřebuje ještě před zahájením výroby.

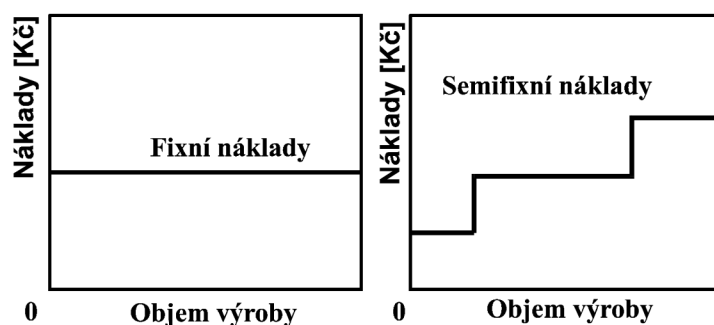
Matematically jsou fixní náklady vyjádřeny vztahem (1).

$$FC = \sum fc \quad (1)$$

kde: FC fixní náklady
 fc složky fixních nákladů

V krátkém časovém období fixní náklady nelze změnit. Nicméně fixní náklady nezůstávají v konstantní výši navždy. Mohou se skokově zvýšit investicí. Maximální výrobní kapacita každého podniku je omezena. Jestliže chce podnik navýšit svoji kapacitu, za předpokladu že výroba je již optimalizována, musí podnik investovat – například pořídit nový stroj [7,8].

Jak je vidět vpravo na obrázku 1, fixní náklady se skokově zvyšují při změně produkce, např. nákupem nového zařízení.



Obr. 1 Závislost fixních nákladů na objemu produkce [7].

2.1.2 Variabilní náklady

Variabilní náklady jsou náklady, které se mění v závislosti na počtu vyrobených kusů. Platí, že při zvýšení produkce variabilní náklady se zvýší. V případě, že podnik nevyrábí, variabilní náklady se rovnají nule.

Při výpočtu variabilní náklady nemusí být vztaženy k jednomu kusu, ale k dávce nebo k časovému období např. měsíční platbě.

Příkladem může být energie spotřebovaná při výrobě, spotřebovaný materiál, mzdové náklady dělníků atd.

Variabilní náklady se rovnají součtu všech mezních nákladů.

$$VC = \sum_{i=1}^{i=Q} MC_i \quad (2)$$

kde: VC variabilní náklady

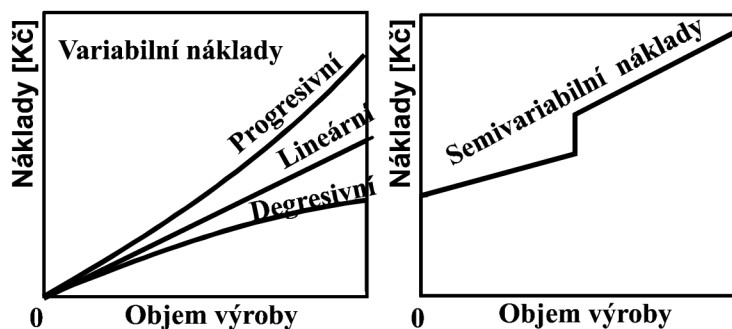
MC mezní náklady

Q objem produkce

Průběh variabilních nákladů nemusí být (a většinou není) lineární. Variabilní náklady se mohou skokově změnit. Ke skokovému zvýšení dojde například při zaměstnání nového dělníka v důsledku navýšení maximální kapacity.

Na variabilní náklady mají mimo jiné vliv i externí faktory. Příkladem je změna legislativy regulující délku pracovní doby vedoucí ke vyšším mzdovým nákladům za přesčasy [7].

Grafické znázornění závislosti variabilních nákladů na objemu výroby je na obrázku 2.



Obr. 2 Závislost variabilních nákladů na objemu produkce [7].

Příkladem semivariabilních nákladů je například zavedení další směny pro zvýšení produkce.

2.1.3 Mezní náklady

Mikroekonomie definuje mezní náklady jako přírůstek celkových nákladů při produkci jednoho dalšího kusu.

Podobně jako variabilní náklady závisí mezní náklady na objemu produkce. [7]

Vztahu je vyjádřen rovnicí (3)

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q} \quad (3)$$

kde: MC mezní náklady
 TC celkové náklady
 Q objem produkce

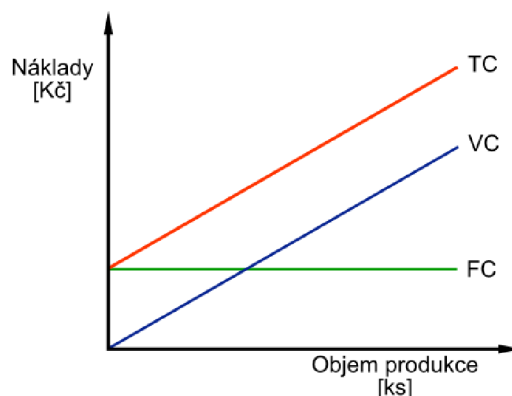
2.1.4 Celkové náklady

Celkové náklady vyjadřují všechny náklady pro zajištění produkce. Celkové náklady se rovnají součtu fixních a variabilních nákladů. [7] Matematicky je vztah vyjádřen rovnicí (4).

$$TC = FC + VC \quad (4)$$

kde: TC celkové náklady
 FC fixní náklady
 VC variabilní náklady

Průběh celkových nákladů v závislosti na objemu produkce je na obrázku 3.



Obr. 3 Grafické znázornění celkových nákladů [7].

2.2 Hodnocení investic

K posouzení efektivnosti investic a výběru nejvhodnější varianty existuje několik metod. Můžeme je rozdělit do dvou skupin, podle toho, jestli zohledňují faktor času:

1. **Metody statické** – nepřihlíží k faktoru času

Statické metody mohou být používány u investičních projektů, kde faktor času nehraje velký vliv, např. investice v podobě jednorázového nákupu zařízení a krátká doba životnosti projektu. Zanedbání faktoru času vede k nepřesnému výsledku.

Díky své jednoduchosti jsou v praxi statické metody hojně používány. Při analýze poskytují počáteční informace o investičních variantách.

Základní statickou metodou je metoda doby návratnosti [9].

2. **Metody dynamické** – přihlíží k faktoru času

Principem dynamických metod je přepočítání budoucích parametrů na současnou hodnotu neboli diskontování. V diskontní sazbě je zahrnuto časové rozložení výnosů investičního projektu i riziko [9].

Podniky používají rozdílné hodnoty diskontní sazby závislé na strategii podniku a jeho finančních možnostech. Diskontní sazba závisí na charakteru zvažovaného investičního projektu [10].

Moderní management považuje za nejspolehlivější dynamickou metodu výpočet čisté současné hodnoty [11].

Základní rozdělení a výše diskontní sazby je patrné z tabulky 2.1.

Tab. 2.1 Závislost diskontní sazby na typu projektu, podle Fotra a Součka [10].

Kategorie projektů	Diskontní sazba (%)
Obnova výrobního zařízení	8
Snížení nákladů osvědčenou technologií	10
Rozšíření existujícího výrobního programu	12
Zavádění nových výrobků	15
Projekty vzdálené zaměření firmy	20

2.2.1 Metoda doby návratnosti

Výstupem metody je zjištění za jaký čas se subjektu investiční varianta navrátí. Cash Flow je definován jako „rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků a peněžních ekvivalentů v podniku“ [11].

Při konstantním ročním příjmu lze matematicky vyjádřit vztah následovně:

$$DN = \frac{IK}{CF} \quad (5)$$

kde: DN doba návratnosti
 IK investovaný kapitál
 CF Cash Flow za rok

Vypočítaná doba je porovnána s požadovanou dobou návratnosti investičního projektu.

$$DN < l \quad (6)$$

kde: l doba návratnosti investičního projektu

Jestliže platí uvedená nerovnost, investiční variantu je výhodné realizovat.

Výhodou metody doby návratnosti je jednoduchý výpočet.

Metoda doby návratnosti má velký nedostatek: nezohledňuje vývoj Cash Flow v průběhu celé doby životnosti investice. Přínos investice v době po splacení investice není možné pomocí této metody spočítat. Z tohoto důvodu výpočet metodou doby návratnosti je vhodné pro posouzení efektivnosti investice použít spolu s dalšími metodami [12].

2.2.2 Metoda čisté současné hodnoty

Tato metoda počítá rozdíl mezi současnými výdaji na investici a současnou hodnotou očekávaných finančních příjmů z investiční varianty. Výstupní hodnota je v peněžním vyjádření. Čistá současná hodnota (dále jen ČSH) vyjadřuje finanční příspěvek investice k tržní hodnotě firmy. Při posuzování více variant je pro podnik výhodnější ta z nich, jejíž ČSH je vyšší [9,11].

Matematické vyjádření:

$$\check{C}SH = SHCF - IK \quad (7)$$

kde: ČSH čistá současná hodnota

SHCF současná hodnota Cash Flow

IK investovaný kapitál

Výpočet současné hodnoty Cash Flow provedeme diskontováním budoucích očekávaných výnosů projektu.

$$SHCF = \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \frac{CF_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{CF_t}{(1+k)^t} \quad (8)$$

kde: CF_n očekávaný roční Cash Flow v jednotlivých letech projektu

k diskontní sazba

t roky životnosti projektu

Investiční projekt je pro podnik akceptovatelný, jestliže čistá současná hodnota je kladná [11].

$$\check{C}SH > 0 \quad (9)$$

V případě, že čistá současná hodnota vychází kladná, ale v porovnání s investičními náklady nabývá nízkých hodnot, měla by být provedena citlivostní analýza pro jednotlivé rizikové faktory, které investici mohou ovlivnit.

3 MULTIKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ NÁVRHŮ

Finanční hledisko není jediným parametrem pro porovnávání možných řešení. Společnost zvažuje každou změnu pracoviště z více úhlů pohledu. Nedílnou součástí každého návrhu s lidskou obsluhou by mělo být i posouzení ergonomie pracoviště.

Multikriteriální hodnocení umožňuje srovnávat odlišné kategorie v rámci jediné metody. Posouzení slouží k celkovému přehledu výhod a nedostatků jednotlivých variant.

Kromě finančního a ergonomického hlediska častým hodnotícím kritériem je chybovost, riziko úrazu a jiné.

3.1 Popis multikriteriální metody

Aby mohla být kritéria navzájem srovnána, jsou převedena na bezrozměrnou jednotku a je jim přiřazena váha dle jejich poměrné důležitosti. Součet vah všech kritérií se rovná jedné.

Srovnávané varianty montáže jsou hodnoceny zvláště pro každé z uplatněných kritérií. Na základě vhodnosti varianty podle daného kritéria jsou posuzované variantě přiděleny body. Vynásobením oceněných bodů vahou daného kritéria je vypočteno dílčí hodnocení. Varianta, která v součtu dílčích hodnocení dosáhne nejvyšší hodnoty, se dle posuzovaných kritérií jeví jako nejvhodnější. Z důvodu přehlednosti zápis metody se provádí do tabulky.

Jednotlivá kritéria jsou do jisté míry posuzována subjektivně [1].

4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Na světě existuje jen několik automobilových značek, které by se mohly pochlubit stoletým rodokmenem. Škoda Auto je právě jednou z nich, dnes patří mezi tři nejstarší automobilky na světě.

V Mladé Boleslavi roku 1895 Václav Laurin a Václav Klement po špatné zkušenosti se zakoupeným kolem, začali s opravami jízdních kol. Roku 1899 rozšířili Laurin a Klement podnikání o výrobu motocyklů. O šest let později firma přešla na výrobu automobilů.

V průběhu první světové války se podnik podílel na válečné výrobě. Firma Laurin & Klement se roku 1925 připojila k plzeňskému závodu Škoda. V době komunismu vyráběné modely zásobovaly domácí trh. Posledním vozem vyvinutým před sametovou revolucí byl koncepčně nový vůz Favorit. Díky tomuto na svou dobu a poměry dobrému vozu se po revoluci o automobilku Škoda zajímalo hned několik významných automobilových závodů z celého světa [13,14].

Nakonec bylo roku 1990 vládou rozhodnuto o odprodání závodu německému koncernu Volkswagen group (dále jen VWG) [15].

Pod vedením VWG byl vylepšen vůz Favorit a nově se přidaly vozy Felicia (r. 1994), a Octavia (r. 1996). Poté úspěších nových vozů Felicia a zejména Octavia se VWG rozhodl pro vývoj dalších modelů Škoda.

K dnešnímu dni Škoda Auto a.s. (dále jen ŠA) vyrábí osobní automobily ve dvou závodech v České republice, jednom závodě na Slovensku, a dalších celkem sedmi závodech v Rusku, Indii a Číně. Celková roční produkce dosáhla v roce 2013 931.969 kusů. V současnosti portfolio zahrnuje 7 modelových řad.

Hlavní závod a centrála se v České republice nachází v Mladé Boleslavi. Mladoboleslavský závod se dělí na výrobní haly, sklady dílů a administrativní budovy.

V současnosti se ve výrobní hale M13 montují vozy Škoda Octavia, Škoda Rapid a Seat Toledo. Po nedávné investici do skladu a systému dopravy součástí je výrobní hala M13 schopna montovat až 1200 aut denně.

Škoda Auto a.s. zaměstnává jen v České republice přes 25 tisíc osob. Na domácím trhu jsou vozy značky Škoda na prvním místě prodeje nových

automobilů. Velký zájem o vozy ŠA je i na globálním trhu. Automobilka se proto snaží neustále zlepšovat výrobu [16].

Velikost závodu v Mladé Boleslavi je vidět na obrázku 4.



Obr. 4 Letecký pohled na závod Škoda Auto v Mladé Boleslavi [17].

5 POPIS MONTÁŽNÍHO CELKU

5.1 Popis čelního skla

Čelní sklo plní nejen estetický účel, kdy celkově dotváří design vozu, ale má i funkční význam. Čelní sklo se podílí na pevnosti karoserie vozu a poskytuje řidiči bezpečný výhled. V neposlední řadě pasažéry chrání, kdy v případě nárazu do čelního skla zůstává neporušeno a nezpůsobí zranění volnými ostrými střepy [18]. Bezpečností sklo se skládá ze dvou vrstev skla proložených plastickou mezivrstvou, obvykle polyvinylem. Z pohledu geometrie se čelní sklo řadí díky svému zaoblení mezi tvarově složité součásti mající jen jednu rovinu souměrnosti. Díl má konstantní tloušťku.

Povrch skla je hladký a proto vhodný pro manipulaci za použití savek.

Při montáži nesmí dojít k povrchovému poškození skla; nežádoucí je také zašpinění povrchu.

Skla automobilu Octavia jsou tvarově a rozměrově odlišná od modelů Rapid a Toledo.

Hmotnost čelního skla je udávaná 13,08 kg [19].

5.2 Popis montovaných automobilů

Na montážní lince se současně montují ve všech nabízených variantách tři různé modely – Škoda Octavia, Škoda Rapid a Seat Toledo. Přesná poloha vozů na skidu dopravníku se vlivem jejich rozdílné délky liší. Rozdíl je v řádu desítek až stovek milimetrů.

Odlišnost polohy karoserií je nutné vzít v potaz při navrhování variant montáže. Přestože rozměry i geometrie čelního skla jsou například u vozů Rapid a Rapid Spaceback zcela identické a přední převis je udáván taktéž shodný, poloha karoserie vozu na skidu se vlivem rozdílné délky liší. Pro automatizovanou montáž je přesná poloha každého automobilu nezbytná.

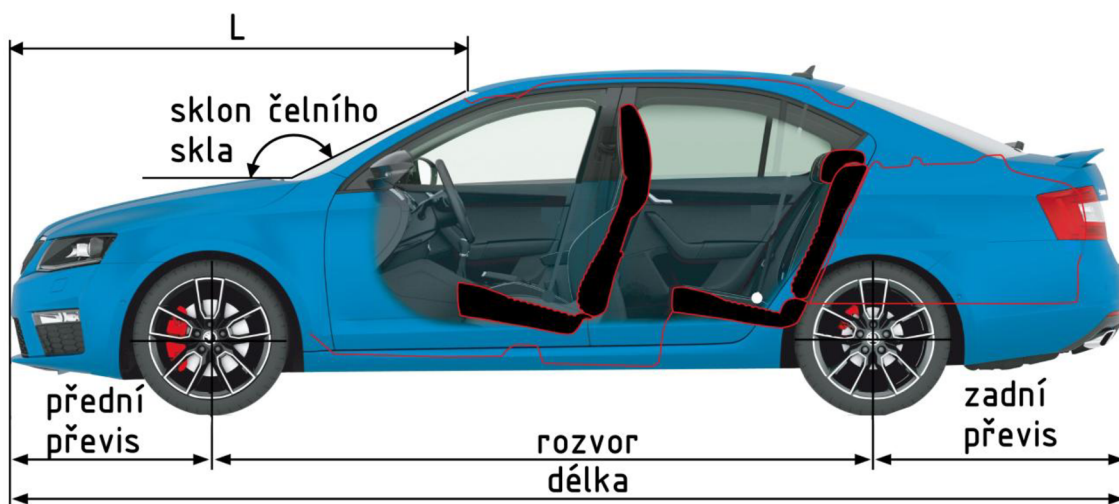
Podle dostupných technických informací na ŠKODA Media Portal byly porovnány rozměry montovaných automobilů. Hodnoty **sklonu čelního skla** a **vzdálenost vrchního okraje skla od předního okraje vozu** (označena **L** na obrázku 6) nejsou standardně uváděny. Byly proto podle u jednotlivých modelů přeměřeny v programu Pro/Engineer. Z tohoto důvodu lze předpokládat, že obě měřené

hodnoty se liší od skutečnosti, ale pro základní představu potřebnou pro řešení alternativních variant montáže probíraných v této diplomové práci dostačují. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.1.

Na obrázcích 5 a 6 jsou vyznačeny porovnávané rozměry vozů.



Obr. 5 Značení rozměrů automobilu, čelní pohled Škoda Octavia RS.



Obr. 6 Značení rozměrů automobilu, boční pohled Škoda Octavia RS.

Tab. 5.1 Rozměry montovaných automobilů [20,21].

		Octavia	Octavia Combi	Octavia RS	Octavia Combi RS	Rapid	Rapid Space back	Toledo
délka	mm	4659	4659	4685	4685	4483	4304	4482
šířka	mm	1814	1814	1814	1814	1706	1706	1703
výška	mm	1465	1465	1449	1452	1461	1459	1461
přední převis	mm	886	886	899	899	877	877	876
rozvor	mm	2686	2686	2680	2680	2602	2602	2602
zadní převis	mm	1087	1087	1106	1106	1004	825	1004
rozchod předních kol	mm	1549	1549	1535	1535	1463	1463	1463
rozchod zadních kol	mm	1520	1520	1506	1506	1500	1500	1500
sklon čelního skla *	°	153	153	153	153	153	153	153
L *	mm	1907	1907	1924	1924	1762	1762	1762

Technická dokumentace uvádí rozdíl 1 mm délky mezi vozy Škoda Rapid a Seat Toledo. Toto je způsobeno rozměrem předního nárazníku aut. Pracoviště vkládání skel se nachází před pracovištěm zástavby front endu. Při montáži čelního skla proto oba automobily měří na délku stejně. Udávaný rozdíl 3 mm na šířku rovněž nemá na operaci vkládání čelních skel vliv. Vozy jsou na dopravníku vystředěny vzhledem k ose pohybu. Z těchto důvodů oba montované vozy lze při montáži čelního skla považovat za rozměrově zcela identické.

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

6.1 Popis montážní linky

Automobily Škoda Octavia, Škoda Rapid a Seat Toledo se kompletují v montážní hale M13. Linka operuje s taktem 61 sekund. Pro maximální využití instalované kapacity linka operuje v třisměnném provozu, sedm dní v týdnu [22].

Montáž automobilů probíhá v následujícím sledu:

1. Ražení čísla karoserie
2. Demontáž dveří
3. Montáž střešního krytu
4. Zástavba kokpitu
5. Montáž skel
6. Spojení karoserie s podvozkem
7. Montáž zadního nárazníku a zadních světel
8. Zástavba front endu
9. Montáž kol
10. Montáž sedaček
11. Montáž volantu
12. Montáž dveří
13. Naplnění kapalinami-chladič, brzdy, palivo aj.
14. Zkoušky vozu
15. Odstranění případných závad [22,23,24]

Vozy se sestavují na objednávku, podle přesných specifikací zákazníka.

Pro zákazníka je tento způsob ideální. Na druhé straně pro automobilku je montáž je logistiky náročnější.

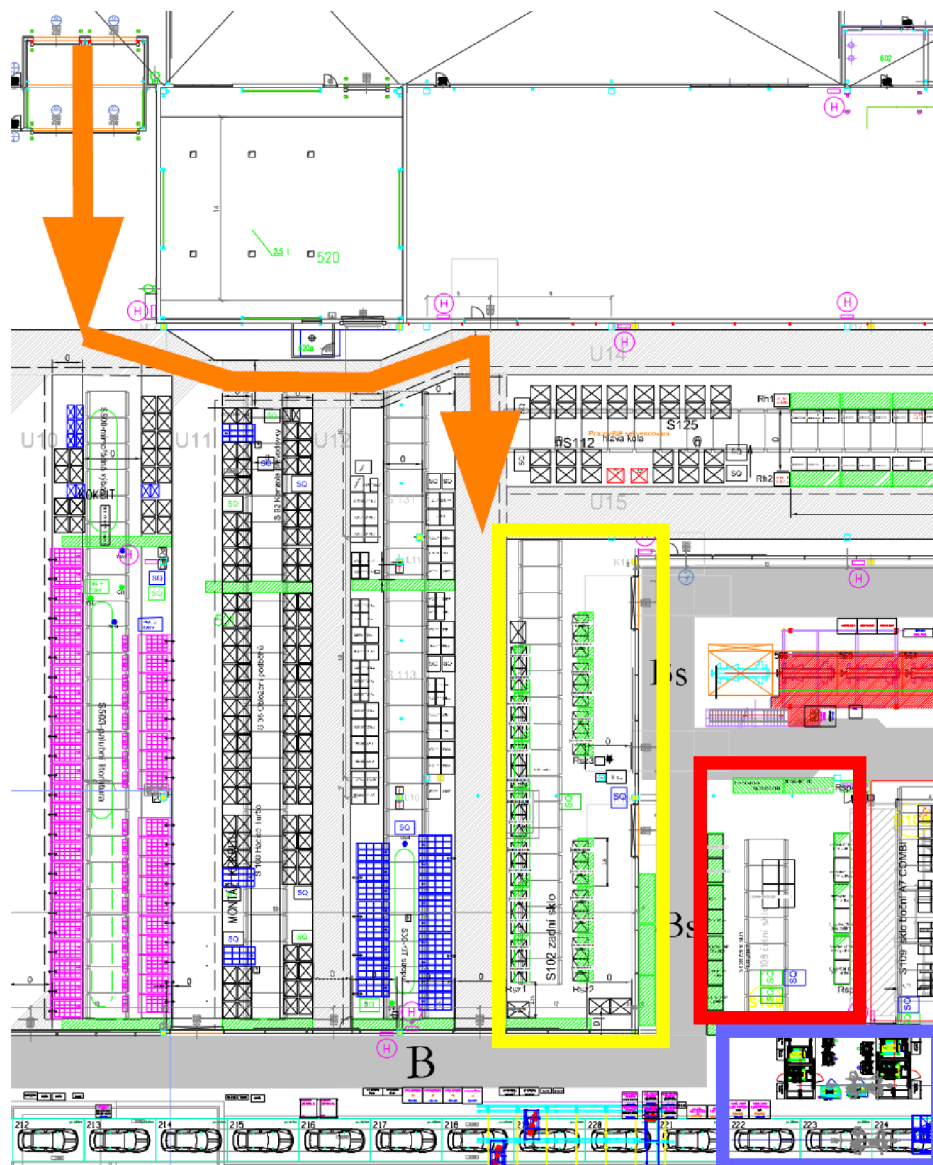
6.2 Provázanost pracoviště s okolím

Pracoviště řešené v této diplomové práci patří k pracovištím s velkou součástkovou základnou.

Z důvodu široké nabídky nabízených variant lišící se tónem skla, vyhříváním nebo senzorem deště, ŠA musí udržovat zásobu celkem 14 čelních skel. Pro montáž čelních skel je k dispozici 11 skel pro vozy Octavia a Octavia Combi. Pro vozy

Toledo, Rapid a Rapid Spaceback je nabídka užší, s výběrem ze tří variant čelních skel. V blízkosti pracoviště je zřízen sklad skel a vychystávací plocha, nazývaná supermarket [22].

Výkres okolí pracoviště je na obrázku 7.



Obr. 7 Provázanost pracoviště lepení skel s okolím, hala M13 [22].

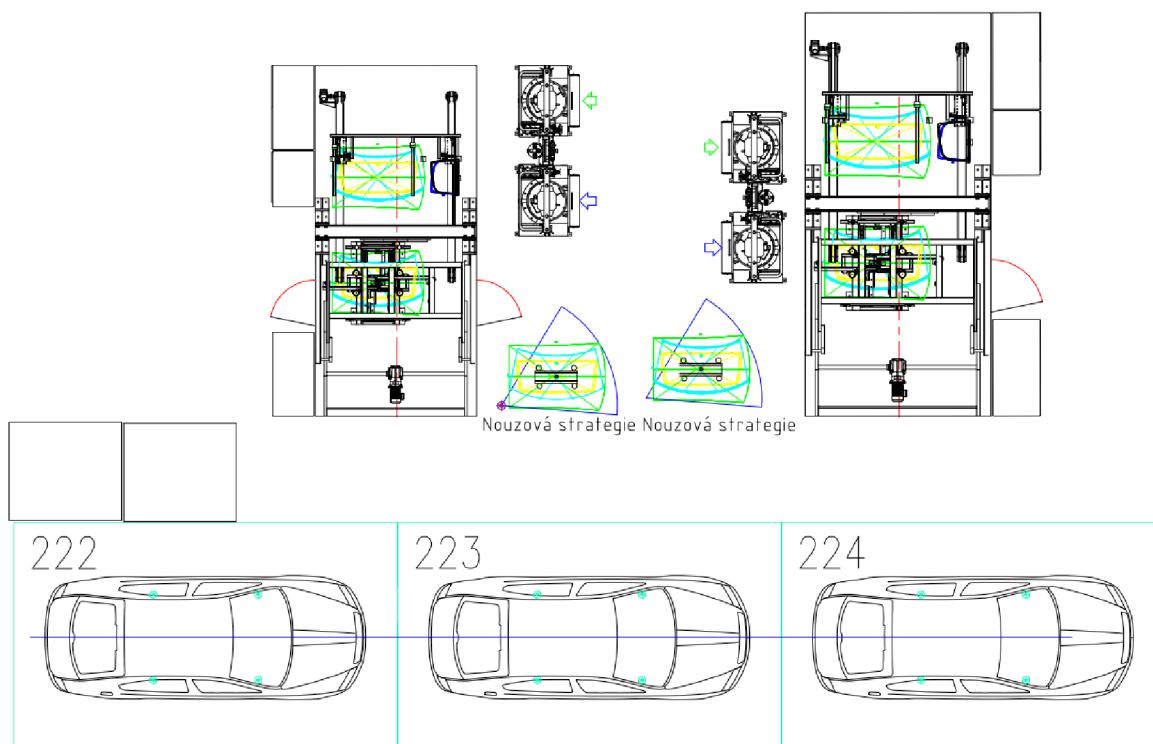
Skla jsou do montážní haly naskladňována přímo z nákladního automobilu od dodavatele. Uličkou, na obrázku 7 označeny šedě, jsou ve směru oranžové šipky skla dopravena do skladu skel, zvýrazněného na obrázku žlutě. Menší množství skel je udržováno na vychystávací ploše nazývané supermarket, označené červenou barvou. Vychystávací plocha se nachází v těsné blízkosti pracoviště lepení skel, zvýrazněného modrou barvou.

6.3 Popis pracoviště lepení skel

Na pracovišti probíhají tři operace:

1. vsazení zadního skla,
2. vsazení dvou zadních bočních skel,
3. vsazení čelního skla.

Plán současného stavu pracoviště je na obrázku 8.



Obr. 8 Detail pracoviště lepení skel [22].

Pracoviště lepení skel se nachází na dvou sousedních taktách linky. Na taktu označeném 222 probíhá montáž čelních skel. Takt s číslem 223 slouží k montáži zadních skel a zadních bočních skel v případě vozů Octavia Combi nebo Rapid Spaceback. Čelní sklo je na obrázku vyznačeno žlutou barvou, zadní sklo světle modře. Poloha zadních bočních skel vedle čelního a zadního skla, je patrná v obou strojích nanášejících lepidlo na pravé straně.

Na pracovišti se nachází dva stroje pro nanášení lepidla sestávající z robotu, vstupního stolu a výstupního stolu. Do obou robotů aplikují lepidlo na okraj skla jsou nahrány programy pro všechny montované čelní, zadní i zadní boční

skla. Podle tvaru skla robot rozpozná, o který typ skla se jedná a načte patřičný program. Jediný robot by nestačil za čas taktu aplikovat lepidlo na požadovaný počet skel.

6.4 Popis operace aplikace lepidla



Obr. 9 Nakloněný stůl na odvrácené straně montážní linky [22].

1. Dělník na straně odvrácené od montážní linky umístí sklo na jednu ze dvou poloh na nakloněný stůl, viz obrázek 9. Skla čelní a zadní jsou pokládána na pravou část stolu.

V případě montáže vozu Octavia Combi nebo Rapid Spaceback, jsou montována také zadní boční skla. Umístění polohovacích kolíků pro zajištění přesnou polohy zadních bočních skel je patrné vlevo na obrázku 9.

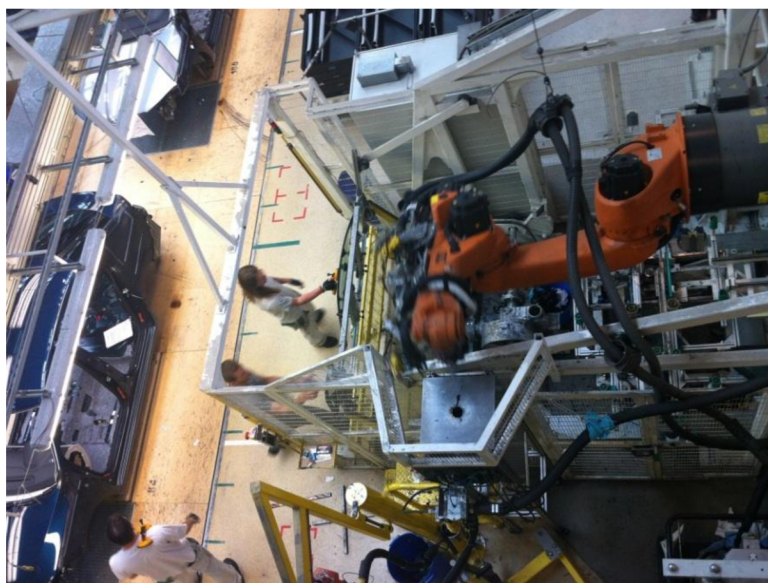
2. Skla jsou přesunuta pod hlavici robotu a robot nanese lepidlo na okraj skel.
3. Následně je sklo přesunuto na druhý stůl, který je otočí venkovní stranou skla nahoru a sklopí je k pracovníkovi, viz obrázek 10 .



Obr. 10 Zadní sklo s aplikovaným lepidlem [22].

6.5 Manuální montáž skel

Pracovník ruční přísavkou manuálně sklo zvedne, viz obrázek 11, donese k vozu, přiloží na patřičné místo v karoserii.



Obr. 11 Pracoviště lepení skel, pohled shora [22].

Vystředění skla je ověřováno použitím plastového kalibru mezi okrajem skla a karosérií. Po ověření přesné polohy dělník sklo přitlačí několika údery dlaní po okrajích skla, uvolní savku a posune se k dalšímu oknu.

Čelní skla se z důvodu vyšší hmotnosti a horší dostupnosti přes přední kapotu montují současně dvěma pracovníky. Tento postup je patrný z obrázků 12. a 13.



Obr. 12 Současný stav manuální montáže při pohledu zvenku [24].



Obr. 13 Současný stav manuální montáže při pohledu zevnitř automobilu [23].

Montáž ostatních skel je prováděna jedním dělníkem.

Současný stav představuje první variantu montáže.

Tab. 6.1 Výhody a nevýhody stávající varianty – manuální montáž

Výhody	Nevýhody
Nulové pořizovací náklady	Mzdové náklady dvou dělníků v každé směně
Rychlý přestup na nový model automobilu	Nebezpečí pracovních úrazů
Bez času potřebného pro instalaci nové varianty	

7 NÁVRHY VARIANT

7.1 Požadavky na nové varianty

Navržené varianty musí spolehlivě za dobu jednoho taktu provést montáž čelního skla, aniž by došlo ke zhoršení kvality spoje nebo se přesnosti usazení.

Varianty budou posuzovány na základě několika ukazatelů. Kritériem pro akceptaci varianty společností Škoda Auto a.s. je návratnost investice plynoucí z úspor v porovnání se současným řešením ideálně do dvanácti měsíců, maximálně však do dvaceti čtyř měsíců. Podle vnitřních stanov společnosti, investice s dobou návratnosti převyšující dva roky schvaluje představenstvo [25].

Dalším z kontrolovaných kritérií je ergonomie varianty.

V rámci návrhu nového řešení operace vkládání skel je nutné brát v úvahu i zbylé úkony na pracovišti.

Než bude přistoupeno k jednotlivým návrhům, je třeba ověřit realizovatelnost montáže čelního skla. Montáž čelního skla byla rozdělena na tři dílčí operace. Pro posouzení realizovatelnosti je ověřena proveditelnost každé z operací pro montáž jednak s pomocí manipulátoru, a jednak plně automatická varianta řízená robotem. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Analýza realizovatelnosti montáže, postupová tabulka dle Boboulos [26].

č. operace	popis operace	realizovatelnost	
		manipulátor	robot
1	zvednutí skla ze stolu	+	+
2	přesun ke karoserii	+	+
3	přesné usazení skla	+	+

7.2 Vkládání skel pomocí manipulátoru

Ruční manipulátor kombinuje výhody ručního a robotizovaného vkládání skel. Podobně jako u ruční montáže je zapotřebí dělníka k umístění a transportu skla. Odpadá ale nutnost sklo fyzicky držet. Namísto dvou dělníků operaci zvládne provést jeden dělník.

Vedení manipulátoru by bylo výhodnější zavěšením manipulátoru na kolejovou dráhu. Možné by bylo i uchycení manipulátoru na pohyblivém rameni. Zavěšení na

trati má proti uchycení na rameni tu výhodu, že je lze přesně nastavit. Poloha manipulátoru a manipulovaného předmětu jsou shodné s osou pohybu automobilu na dopravníku a není třeba kontrolovat vystředění skla s karoserií v této ose.

Způsob nanesení lepidla na čelní sklo by při použití manipulátoru zůstal stejný jako v současnosti.

Na pracovišti by i nadále probíhaly nynější úkony. Instalace manipulátoru by jejich průběh neovlivnila.

Podobné manipulátory již jsou na montážních linkách Škoda využity. Příkladem může být montáž kol, sedaček, montáž a demontáž dveří. Manipulátor zadního víka na montážní lince vozu Superb, který se typově blíží zvažovanému manipulátoru nejvíce, je na obrázku 14.



Obr. 14 Manipulátor zadního víka vyrobený firmou Kavon, Škoda Superb [27].

Na základě trajektorie montáže a časové náročnosti operací s podobnými manipulátory je odhadovaný čas montáže čelního skla za použití manipulátoru maximálně 30 sekund. Tato doba je dostatečná pro provedení i ostatních operací na pracovišti.

Výrobou manipulátorů se zabývá mnoho firem, např. Shmalz, Vakumtechnik nebo tuzemská firma KAVON. Vzhledem požadované přesnosti na montáž a specifické rozměry skla by bylo třeba konstrukce manipulátoru na zakázku. Doba dodání od zadání zakázky po hotovou instalaci na montážní lince výrobci manipulátorů odhadují na tři měsíce [28].

Na základě komunikace s výrobcí se pořizovací náklady manipulátoru pohybují v rozmezí 400 000 Kč až 1 000 000 Kč [28].

Tab. 7.2 Výhody a nevýhody navrhovaného řešení – manipulátor.

Výhody	Nevýhody
Ušetření mzdových nákladů za jednoho dělníka	Vysoké pořizovací náklady
Možnost využít pracoviště pro jiné manuální úkony	Mzdové náklady na jednoho dělníka
Bez velkých investic při přechodu na nový model vozu	Nutné proškolení pracovníků
V případě poruchy rychlé nahrazení manuální montáží	
Zlepšení ergonomie pracoviště	

7.3 Vkládání skel pomocí robotu

Operace montáže čelního skla lze poměrně snadno automatizovat. Místo pro umístění čelního skla je dobře přístupné, přesnost dosažená robotem převyšuje přesnost nynější montáže. Výrobci robotů udávají přesnost manipulace dokonce $\pm 0,06$ mm.

Pro montáž je potřeba využít robota splňujícího následující minimální požadavky:

- Nosnost 15 kg
- Dosah ramene: 3000 mm
- Počet os: 6

Těmto specifikacím vyhovuje několik průmyslových robotů předních firem, např.: ABB, KUKA, KAWASAKI aj.

S ohledem na současné využití robotů značky KUKA ve společnosti ŠA například ve svařovně a na montážní lince, lze předpokládat, že by pro firmu bylo nejvýhodnější využití robotů stejné značky. Využití jiné značky je možné, ale z hlediska budoucích výdajů za servis, změny programu popř. opravy, implementace robotu jiné značky by se společnosti prodražilo.

Při automatizaci montáže čelního skla by způsob aplikace lepidla zůstal stejný jako nyní.

Jak je patrné z montáže vozu Mercedes-Benz A-Class na obrázku 15 nebo vozu Tesla Model S na obrázku 16, použití robotu je pro montáž čelního skla vhodnou variantou. Tento způsob montáže je využíván automobilkami BMW, Mercedes, MINI, Tesla, a jiné [29,30,31,32].



Obr. 15 Montáž čelního skla automobilu Mercedes A-Class [31].



Obr. 16 Montáž čelního skla automobilu Tesla S, pohled zevnitř [32].

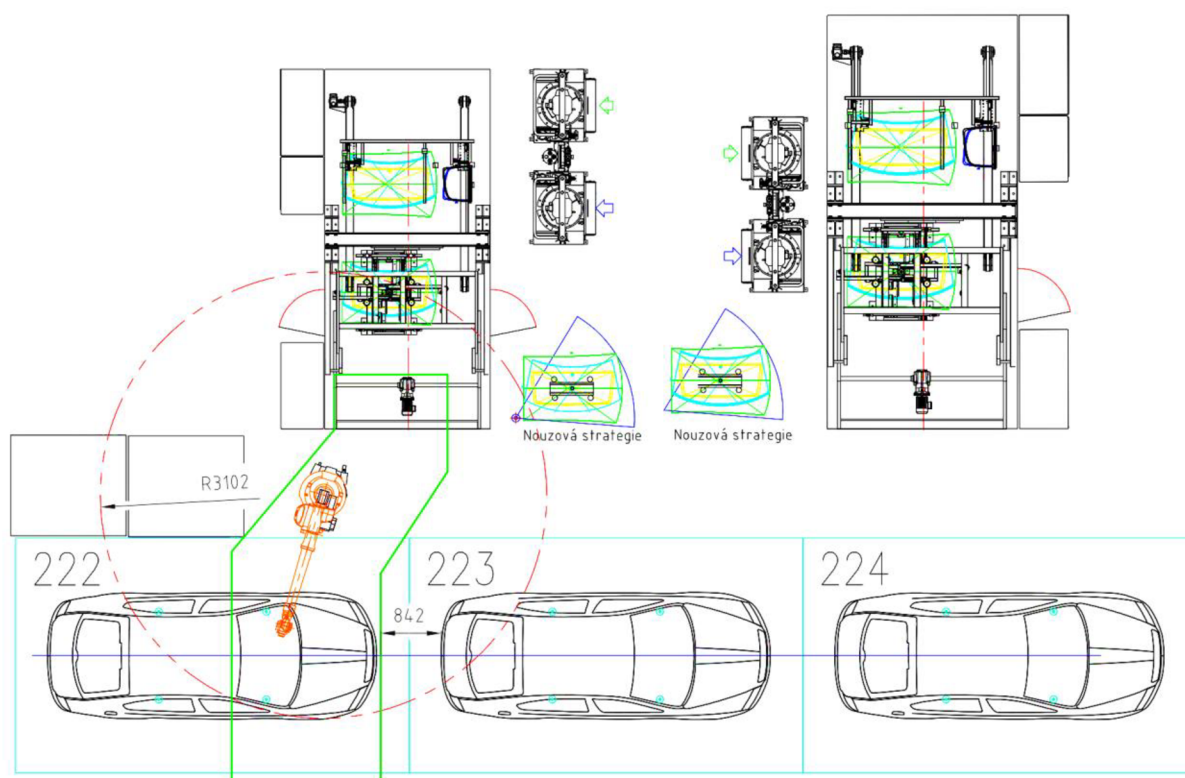
Některé automobilky dokonce využívají stejného robota a koncového zařízení pro montáž čelního i zadního skla [32]. Jak bylo zmíněno v kapitole 6, s ohledem na

krátký čas taktu, čelní a zadní sklo není podáváno na stejné místo a proto nelze uplatnit jediného robota pro montáž obou skel.

Z důvodu bezpečnosti je nutné zajistit, že nedojde ke střetu robota s člověkem. Tohoto lze docílit fyzickým oddělením pracovního prostoru robota od okolí například ocelovou klecí.

Aby manuální montáž zadního bočního skla byla nadále možná, klec robota by musela zakrývat pouze část stolu se skly. Montáž zadního skla a zadního bočního skla pocházejících z druhého stroje by touto variantou nebyla nijak ovlivněna. Vzdálenost potřebná pro montáž zadního skla by se změnila pouze nepatrně. Mezi nainstalovanou klecí a zadní částí vozu na taktu 223 je vzdálenost 842 mm, která je i v současnosti dostatečná pro montáž zadních skel.

Nákres dispozičního řešení pracoviště je na obrázku 17. Obrys robota KUKA KR 30 L 16-2 je vyznačen oranžově. Maximální dosah ramene 3102 mm je zobrazen červenou kružnicí. Poloha bezpečnostní klece je vyznačena zelenou barvou.



Obr. 17 Dispoziční řešení pracoviště, varianta montáže s robotem.

Využití robotu vyžaduje na začátku vysokou investici. Při kalkulaci je nutné uvažovat následující položky:

- robot,
- koncové zařízení - hlava se savkami,
- elektronika,
- programování,
- práce inženýra při navrhování systému,
- bezpečnostní opatření.

Po zavedení jsou provozní náklady relativně nízké. Robot samostatně provádí naprogramované úkony po předem stanovených trajektoriích.

Předpokládaná doba montáže jednotlivých skel pomocí této varianty je 15-30 sekund. Přesnou časovou náročnost montáže lze určit provedením simulace programu robotu. Rozhodující je čas montáže kratší, než čas taktový 61 sekund. Čas nutný pro montáž je možné zkrátit optimalizací trajektorie pohybu a rychlosti spuštění programu. Vyšší rychlost spuštění programu naopak negativně ovlivňuje spotřebu elektrické energie robotem.

Přibližné investiční náklady na realizaci varianty montáže s pomocí robota jsou rozloženy v tabulce Tab 7.3.

Tab. 7.3 Orientační investiční náklady montáže pomocí robotu [33].

Položka	Miliony Kč
Robot KUKA	1,5
Koncové zařízení	0,7
Kamerový systém	0,6
Strojní část	1
Elektro část	0,7
Programování	0,5
Ocelová klec	0,04
Celkem	5,04

Tab. 7.4 Výhody a nevýhody navrhovaného řešení – robot.

Výhody	Nevýhody
Vysoká přesnost práce	Velmi vysoké pořizovací náklady
Ušetření mzdových nákladů za dva dělníky	Delší implementace
	Nemožnost využít pracoviště pro manuální úkony
	Další náklady na úpravu software při přechodu na nový model auta
	V případě poruchy zastavení celé linky

7.3.1 Výpočet nákladu na elektrickou energii

Při provozu robotu vzniká variabilní náklad v podobě elektrické energie. Výrobci robotů KUKA, ABB ani Kawasaki mezi technickými informacemi příkon neuvádí. Spotřeba energie závisí na hmotnosti koncového zařízení a dále ji až ze 40 % ovlivňuje zvolená rychlost provedení programu [34].

Firma KUKA v jedné ze starších publikací udává přibližný příkon pro roboty typově podobné zvolenému robotu. Přibližný příkon je uveden souhrnně pro roboty s rozpětím maximálního zatížení 51 až 95 kg [35].

Tab. 7.5 Hodnoty pro výpočet spotřeby elektrické energie [35].

Robot	KUKA KR 30 L 16-2
Přibližný příkon robotu	14,9 kW
Řídicí systém	KUKA KR C4
Zdánlivý příkon řídicího systému	7,3 kW

Dodávky elektrické energie, tepla i stlačeného vzduchu zajišťuje společnost Škoda Auto a.s. dceřiná společnost ŠKO-ENERGO, s.r.o. Podle nejnovější výroční zprávy této společnosti z roku 2012 byla dopočítána cena jedné kilowatthodiny.

Tab. 7.6 Výpočet ceny kilowatthodiny společnosti ŠKO-ENERGO s.r.o. [36].

Údaj	Hodnota
Provozní výnos	2 929 483 000 Kč
Podíl elektřiny na provozním výnosu	52,40 %
Objem dodávek elektrické energie	574 000 000 kWh
Z toho pro ŠKODA AUTO	537 000 000 kWh
cena za 1 kWh	2,67 Kč

Výpočet roční spotřeby

Při výpočtu je brána v úvahu maximální kapacita montážní linky, tj. 1200 automobilů denně. Pro zjednodušení je počítáno s celoroční produkcí, doba celopodnikové dovolené byla zanedbána. Počítáno je s délkou chodu robotu po dobu 30 s.

Reálná spotřeba je očekávána nižší vzhledem k tomu, že robot přibližně polovinu času chodu programu nebude držet sklo a pravděpodobně operaci provede rychleji, než za odhadovaný čas 30 s.

$$RSE = d \cdot Q \cdot P \cdot D \cdot C_e \quad (10)$$

$$RSE = 0,008\bar{3} \cdot 1200 \cdot 22,2 \cdot 365 \cdot 2,67$$

$$RSE = 216\,350 \text{ Kč}$$

- kde: RSE roční spotřeba elektrické energie
d délka programu přepočtena na hodiny
Q počet montovaných automobilů za den
P celkový příkon v kW
D počet dní provozu
C_e cena elektrické energie

Přesné stanovení variabilního nákladu roční spotřeby elektrické energie je možné pouze při použití konkrétních údajů, jako je hmotnost koncového zařízení, skutečný příkon robotu a rychlost pohybu ramena.

8 HODNOCENÍ VARIANT Z FINANČNÍHO HLEDISKA

Součástí technického návrhu je finanční analýza srovnávající náklady zvažovaných variant. Pro obě navrhované varianty finanční úspora spočívá v mzdových nákladech snížených o jednoho respektive dva dělníky ve třech směnách. Podle informací o výši platu v minulých letech a jejich trendu lze očekávat, že mzdy dělníků klesat nebudou, spíše naopak. Odbory KOVO zastávají silnou pozici při vyjednávání o zvýšení mezd, což je patrné i z údajů z minulých let, viz tabulka 8.1. O budoucím růstu mezd ale nebude spekulováno. Mzdy jsou pro následující výpočty považovány za konstantní.

8.1 Výpočet mzdových nákladů

Společnost Škoda Auto a.s. neposkytla pro účely této diplomové práce informaci o mzdě dělníka. Po dohodě byl zvolen postup určení výše mezd dohledáním informací z veřejně dostupných zdrojů.

Jednotlivé zdroje se ve výšce mzdy rozcházejí. Dle nalezených údajů se průměrná pohybuje mezi 27 000 Kč až 33 000 Kč [15,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47]

Pro lepší orientaci byly dohledané mzdy roztrženy podle let, ke kterým se vztahují. Z údajů byl vytvořen aritmetický průměr. Vývoj hrubých mezd dělníka je patrný z tabulky 8.1.

Tab. 8.1 Vypočítaná průměrná mzda dělníka [15,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47].

rok	průměrná mzda dělníka
2010	27 617 Kč
2011	28 200 Kč
2012	30 456 Kč
2013	32 733 Kč

Dle dohledaných informací mzdy dělníků přesahují celorepublikový průměr v odvětví. Průměrná mzda dělníka v automobilovém průmyslu v České republice v polovině roku 2013 činila 25 677 Kč [48].

Na situaci nahlížíme z pohledu podniku, pro který je nákladem superhrubá mzda.

Pro výpočet roční superhrubé mzdy jednoho dělníka bude použita průměrná hrubá mzda z roku 2013:

- Hrubá mzda 32 733 Kč
- Zákonná sazba na sociální zabezpečení a příspěvek na státní politiku zaměstnanosti 25 % [49]
- Zákonná sazba na všeobecné zdravotní pojištění 9 % [50]
- Počet měsíců: 12

$$SHM_m = HM \cdot 1,34 \quad (11)$$

$$SHM_m = 32\,733 \cdot 1,34 = 43\,862,22 \text{ Kč}$$

$$SHM_r = SHM_m \cdot 12$$

$$SHM_r = 43\,862,22 \cdot 12 = 526\,347 \text{ Kč}$$

SHM_m měsíční superhrubá mzda jednoho dělníka

HM měsíční hrubá mzda jednoho dělníka

SHM_r roční superhrubá mzda jednoho dělníka

8.2 Porovnání nákladových křivek a jejich vyhodnocení

Posuzované tři varianty se liší charakterem svých nákladů.

Pro současnou, manuální montáž jsou všechny náklady variabilní, spočívající ve mzdách dvou dělníků. Fixní náklady tvoří ochranné pomůcky nebo ruční přísavky. Vzhledem k jejich malé pořizovací ceně budou zanedbány.

Manuální varianta

Sestavení funkce celkových nákladů manuální varianty, podle vztahu (4):

$$TC_1 = 0 + t \cdot VC = D \cdot S \cdot SHM_r \quad (12)$$

$$TC_1 = t \cdot 2 \cdot 3 \cdot 526\,347 = t \cdot 3\,158\,082 \text{ [Kč]}$$

kde: TC_1 celkové náklady manuální varianty

t roky životnosti projektu

D počet dělníků v jedné směně

S směnnost

Varianta s manipulátorem

Montáž s pomocí manipulátoru vyžaduje jednorázovou investici na nákup zařízení a zaměstnání jednoho dělníka. Pořizovací cena manipulátoru bude uvažována na horní hranici zjištěných cen manipulátorů, tj. 1 000 000 Kč.

$$TC_2 = FC + t \cdot VC = FC + D \cdot S \cdot SHM_r \quad (13)$$

$$TC_2 = 1\,000\,000 + t \cdot 1 \cdot 3 \cdot 526\,347$$

$$TC_2 = 1\,000\,000 + t \cdot 1\,579\,041 [\text{Kč}]$$

kde: TC_2 celkové náklady varianty s manipulátorem

Varianta s robotem

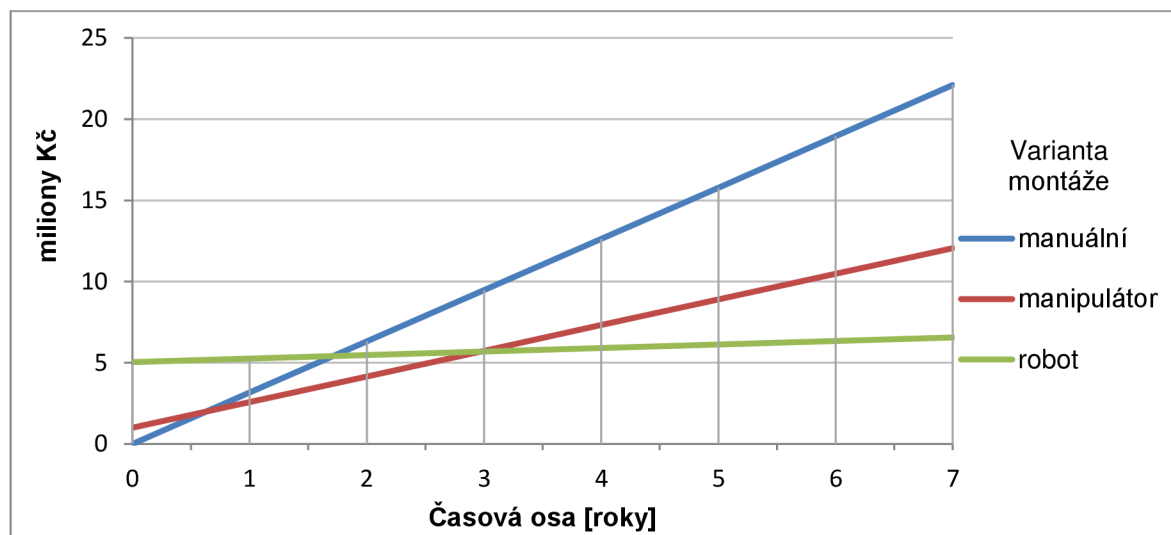
Celkové náklady varianty automatizované montáže pomocí robotu se naopak skládají převážně z fixního nákladu při pořízení. Variabilní náklady jsou tvořeny nákladem na spotřebovanou elektrickou energii vypočítaným v podkapitole 6.3.1 .

$$TC_3 = FC + t \cdot VC = FC + t \cdot RSE \quad (14)$$

$$TC_3 = 5\,040\,000 + t \cdot 439\,912 [\text{Kč}]$$

kde: TC_3 celkové náklady automatizované varianty montáže pomocí robotu

Průběh nákladových funkcí je patrný z grafu na obrázku 18.



Obr. 18 Graf vývoje nákladů jednotlivých variant.

Vyhodnocení nákladových funkcí

Dle grafu na obrázku 18 kritérium návratnosti investice maximálně do jednoho roku je splněno variantou montáže s použitím manipulátoru. Varianta automatické

montáže za použití robotu splňuje požadavek návratnosti do dvou let. Nejnákladnější je současný, manuální způsob montáže.

Výsledky na základě posouzení nákladových funkcí jednotlivých variant pro své zjednodušení opomenutím peněžní částek jakými jsou daně nebo odpisy poskytují pouze základní informace, podle kterých není určení doby návratnosti přesné.

Pro výpočet doby splacení nových variant bude použita metoda doby návratnosti. Dále obě nově navrhované varianty budou srovnány metodou čisté současné hodnoty.

Manuální variantu montáže nemá význam těmito metodami posuzovat, protože obě metody slouží k posouzení nových investičních variant. Mzdové náklady manuální varianty montáže budou použity k srovnání navrhovaných dvou variant. V tabulkách výpočtů peněžních toků mzdové náklady současné varianty montáže jsou zaznamenány v druhém řádku tabulky pod názvem **Současné roční provozní náklady**.

8.3 Aplikace metody doby návratnosti

Určení doby návratnosti investice vyžaduje nejprve výpočet Cash Flow. V této podkapitole jsou pro varianty montáže s pomocí manipulátoru a montáž pomocí robotu sestaveny tabulky pro výpočet potřebných údajů. U obou variant se uvažuje lineární odepisování zařízení po dobu celé životnosti projektu sedmi let.

Realizací kterékoliv z variant nebude ovlivněna prodejní cena vozů. Nezmění se také počet vyrobených automobilů. Z toho plyne, že změny tržeb z prodeje v důsledku realizace navrhovaných variant se budou rovnat nule.

8.3.1 Doba návratnosti varianty montáže s pomocí manipulátoru

Tab. 8.2 Výpočet peněžních toků varianty montáže s pomocí manipulátoru [v Kč].

ukazatel	operace	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	Celkem
<i>Současné roční provozní náklady</i>		3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	22 106 574
Roční provozní náklady varianty	-	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	11 053 287
Roční úspora provozních nákladů	=	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	1 579 041	11 053 287
Odpisy dlouhodobého majetku	-	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	1 000 000
Růst zisku před zdaněním	-	1 436 184	1 436 184	1 436 184	1 436 184	1 436 184	1 436 184	1 436 184	10 053 287
Daňový odvod (19 %) [51]	-	272 875	272 875	272 875	272 875	272 875	272 875	272 875	1 910 125
Zvýšení čistého zisku	=	1 163 309	1 163 309	1 163 309	1 163 309	1 163 309	1 163 309	1 163 309	8 143 162
Odpisy dlouhodobého majetku	+	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	142 857	1 000 000
Cash Flow	=	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	9 143 162

Použití metody doby návratnosti, dle vztahu (5).

$$DN = \frac{1\,000\,000}{1\,306\,166} = 0,766 \text{ roků}$$

Převáděno na měsíce $DN_m = 0,766 \cdot 12 = 9,19 \text{ měsíců}$

8.3.2 Doba návratnosti varianty montáže s pomocí robotu

Tab. 8.3 Výpočet peněžních toků varianty montáže s pomocí robotu [v Kč].

ukazatel	operace	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	Celkem
<i>Současné roční provozní náklady</i>		3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	3 158 082	22 106 574
Roční provozní náklady varianty	-	216 350	216 350	216 350	216 350	216 350	216 350	216 350	1 514 451
Roční úspora provozních nákladů	=	2 941 732	2 941 732	2 941 732	2 941 732	2 941 732	2 941 732	2 941 732	20 592 123
Odpisy dlouhodobého majetku	-	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	5 040 000
Růst zisku před zdaněním	-	2 221 732	2 221 732	2 221 732	2 221 732	2 221 732	2 221 732	2 221 732	15 552 123
Daňový odvod (19 %) [51]	-	422 129	422 129	422 129	422 129	422 129	422 129	422 129	2 954 903
Zvýšení čistého zisku	=	1 799 603	1 799 603	1 799 603	1 799 603	1 799 603	1 799 603	1 799 603	12 597 220
Odpisy dlouhodobého majetku	+	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	5 040 000
Cash Flow	=	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	17 637 220

Použití metody doby návratnosti, dle vztahu (5)

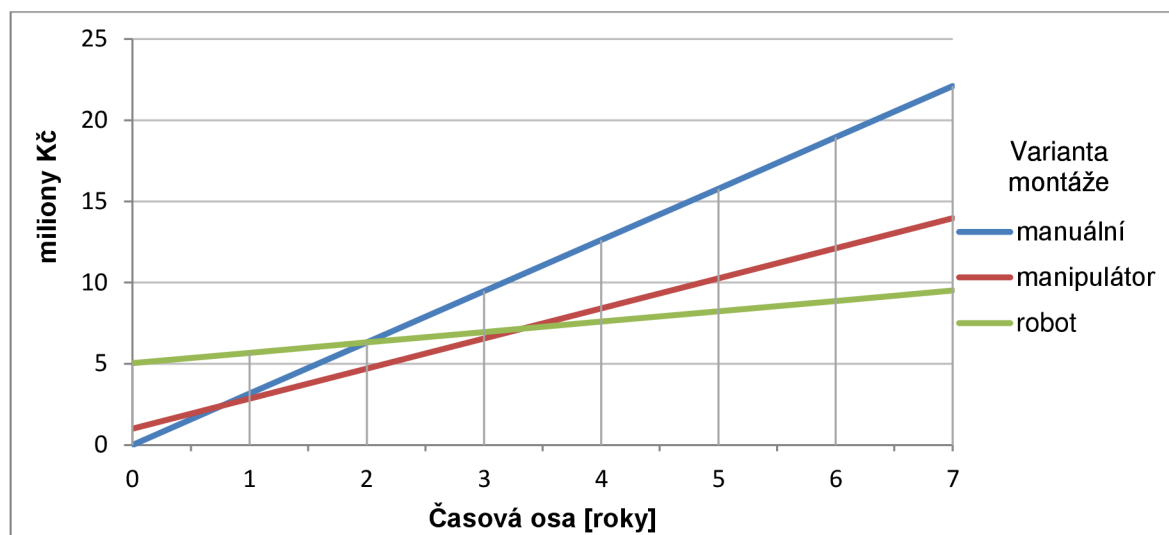
$$DN = \frac{5\,040\,000}{2\,519\,603} = 2,000 \text{ roků}$$

Převedeno na měsíce

$$DN_m = 2,000 \cdot 12 = 24,00 \text{ měsíců}$$

8.3.3 Grafické vyjádření výdajů

Výdaje na realizaci jednotlivých variant vypočtených v tabulkách 8.2. a 8.3. byly spolu s mzdovými náklady manuální varianty zaneseny do grafu na obrázku 19.



Obr. 19 Graf vývoje výdajů jednotlivých variant.

8.4 Vyhodnocení metody doby návratnosti

Dle metody doby návratnosti z dvou nově navrhovaných variant kritérium doby návratnosti splňuje pouze varianta montáže manipulátorem. Návratnost varianty s použitím robota leží přesně na hranici kritéria návratnosti do dvou let. Dle této metody by z důvodu rychlejšího splacení investice bylo pro ŠA nejvýhodnější realizovat montáž pomocí manipulátoru.

8.5 Aplikace metody čisté současné hodnoty

Pro výpočet čisté současné hodnoty (dále jen ČSH) je třeba stanovit současnou hodnotu Cash Flow (dále jen SHCF). Při výpočtu SHCF musí být příjmy budoucích let převedeny na stejnou peněžní hodnotu. Diskontní míra vzhledem k zaměření investičního projektu bude dle tabulky 2.1. zvolena ve výši 10%.

Výpočet současné hodnoty Cash Flow bude proveden podle vzorce (8). Pro určení výše čisté současné hodnoty bude použito vztahu (7). Kvůli přehlednosti bude použito zápisu do tabulky.

8.5.1 Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí manipulátoru

$$SHCF = \frac{1\,306\,166}{(1+0,1)^1} + \frac{1\,306\,166}{(1+0,1)^2} + \dots + \frac{1\,306\,166}{(1+0,1)^7}$$

Tabulka 8.4. vychází z hodnoty Cash Flow vypočítané v tabulce 8.2.

Tab. 8.4 Výpočet ČSH varianty montáže manipulátorem [v Kč].

ukazatel	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	Celkem
Cash Flow	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	1 306 166	9 143 162
Diskontní sazba (10 %)	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209	0,5645	0,5132	-
Současná hodnota Cash Flow	1 187 424	1 079 476	981 342	892 129	811 026	737 297	670 270	6 358 963
Čistá současná hodnota	5 358 963							-

8.5.2 Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí manipulátoru

$$SHCF = \frac{2\,519\,603}{(1+0,1)^1} + \frac{2\,519\,603}{(1+0,1)^2} + \dots + \frac{2\,519\,603}{(1+0,1)^7}$$

Tabulka 8.5. vychází z hodnoty Cash Flow vypočítané pro variantu montáže robotem v tabulce 8.3.

Tab. 8.5 Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí robotu [v Kč].

ukazatel	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	Celkem
Cash Flow	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	2 519 603	17 637 220
Diskontní sazba (10%)	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209	0,5645	0,5132	-
Současná hodnota Cash Flow	2 290 548	2 082 316	1 893 015	1 720 923	1 564 475	1 422 250	1 292 955	12 266 482
Čistá současná hodnota	7 226 482							-

8.6 Vyhodnocení metody čisté současné hodnoty

Při posouzení čistých současných hodnot obou nově navrhovaných variant, vyšší čistá současná hodnota montáže s použitím robotu představuje pro ŠA investičně výhodnější variantu, než varianta montáže s použitím manipulátoru. Na základě této metody by pro ŠA byla varianta montáže s použitím robotu.

8.7 Dílčí závěr

Podle metody čisté současné hodnoty je investičně nejvýhodnější zvolit variantu montáže pomocí robotu. Pro společnost je ale zásadní dodržení doby návratnosti investice. Dle provedených výpočtů varianta montáže s použitím robotu nesplňuje návratnost investice do 12 měsíců. Při posouzení návratnosti investice do dvou let není ani toto kritérium jednoznačně splněno. Výši nákladů ovlivňují jednotlivé položky. V prvotní fázi nelze určit některé z nákladů zcela přesně, například programování robotu nebo spotřeba energie.

Z investičního hlediska lze jednoznačně říci, že varianta montáže s použitím manipulátoru představuje pro společnost ŠA finanční úsporu v porovnání se stávající variantou montáže. Zároveň montáž s pomocí manipulátoru splňuje investiční kritéria stanovená společností.

9 HODNOCENÍ VARIANT MULTIKRITERIÁLNÍ METODOU

Při celkovém posouzení možných variant je třeba sledovat více ukazatelů. K tomuto lze využít metodu multikriteriálního hodnocení, popsanou v kapitole 3. Z důvodu přehlednosti celé tabulky je ukazatel dílčí hodnocení zaznamenán ve sloupcích pod zkratkou **DH**.

Bylo použito bodové hodnocení o třech stupních s následujícím významem:

- 2 velice příznivé,
- 1 příznivé,
- 0 nepříznivé.

Zavedením kritéria ergonomie, které nelze stanovit u varianty s použitím robotu, se snížilo maximální možné celkové hodnocení této varianty. V důsledku toho by byly zbylé dvě varianty favorizovány. Tato okolnost byla vyřešena stanovením maximálního možného hodnocení pro každou variantu a následným porovnáním dosaženého skóre s maximálním možným. V tabulce č.9.1.jsou tyto dva ukazatele zaznamenány v řádcích **Max. možné hodnocení** a **Dosažená hodnota**.

Dosažená hodnota vyjádřená v procentech ukazuje nejvýhodnější variantu.

9.1 Hodnocená kritéria

- **Investiční náklady**

Tímto kritériem je posuzována celková výše investic nutná pro zavedení zvoleného řešení.

Investice do 200 000 € schvaluje centrální controlling. Investice převyšující tuto částku a zároveň nižší, než 10 000 000 € schvaluje investiční výbor. Investice nad 10 000 000 € musí být schváleny představenstvem společnosti [52,53].

Této metrice byla přidělena nízká váha 0,06.

Pro ŠA je hlavní posouzení návratnosti investice maximálně dvou let. Tento ukazatel je současně také hodnocen, s názvem **Výdaje za dva roky**.

- **Délka návrhu varianty**

V tomto kritériu jsou srovnány varianty podle časové náročnosti realizací jejich návrhů. Uvažuje se se začátkem v okamžiku schválení dané varianty oběma stranami až po její finální vyhotovení. V potaz je bráno, že až do

dokončení nové varianty je použito současného způsobu montáže, čímž produkce není probíhajícím návrhem nové varianty ovlivněna.

Váha je kritériu přiřazena s hodnotou 0,09.

- **Časová náročnost instalace**

Každých 61 sekund znamená smontování dalšího automobilu. Z toho důvodu přerušení montáže je pro automobilku nežádoucím stavem. S ohledem na třísměnnou produkci automobilů sedm dní v týdnu instalace nové varianty způsobí zastavení montážní linky.

ŠA využívá doby čtrnáctidenní celozávodní dovolené v létě k zavedení nových technologií. V roce 2014 připadá její termín na začátek srpna [22,54].

Kritériu je přiřazena váha 0,2.

- **Přechod na nový model**

Možnost využít varianty pro montáž nového modelu je pro automobilku potencionálně zajímavé hledisko. Časová a finanční náročnost úpravy zařízení pro využití s novým modelem představuje další náklady v případě montáže nového modelu. Nicméně požadavkem automobilky je návratnost investice nejvýše do dvou let, zatímco modely jsou projektovány a montovány s časovým úsekem sedmi let. Montované automobily Rapid, Octavia i Toledo byly představeny v posledních dvou letech a na hale M13 není plánováno montovat jiný model.

Z těchto důvodů byla kritériu přidělena nejnižší váha 0,03.

- **Chybovost**

Každý omyl při montáži se později projeví při jedné z následujících operací případně až při závěrečné inspekci. V každém případě dojde k časovým a finančním výdajům na opravu vzniklé chyby. Snahou každého podniku je chybovost co možná nejvíce minimalizovat.

Chybovosti je přiřazena váha 0,11.

- **Riziko úrazu**

S ohledem na hmotnost manipulovaného předmětu při posuzované operaci může docházet k poraněním především dolní části těla vlivem předčasného uvolnění nebo nechtěného upuštění. Ačkoliv se nejedná o rizikové nebo

zdraví nebezpečné pracoviště, obě varianty s účastí dělníka jsou posuzována jako potenciálně.

Bezpečnost práce představuje pro společnost velice důležitý faktor při srovnání jednotlivých variant. Úrazem vzniká zaměstnavateli povinnost zaměstnanci poskytnout finanční náhrady za ztrátu výdělku, účelně vynaložené náklady na léčbu aj. [55].

Váha byla tomuto kritériu přiřazena 0,14.

- **Ergonomie**

International Ergonomics Association stanovila v roce 2000 následující definici ergonomie: „*Ergonomie je vědeckou disciplínou zabývající se porozuměním interakcí mezi lidmi a dalšími prvky systému a profese, která uplatňuje teorii, principy, data a metody k zlepšení lidského zdraví a pohody i výkonu systému.*“ [56]

Ergonomicky hůře navržené pracoviště negativně ovlivňuje všechny aspekty prováděné operace. Únava zvyšuje chybovost i riziko úrazu. Dlouhodobým opakováním ergonomicky nevhodného úkonu vznikají nemoci z povolání.

Protože ergonomii lze posuzovat pouze pro lidi, nelze toto kritérium aplikovat pro hodnocení robotického pracoviště bez účasti dělníků.

Ergonomii byla přiřazena vysoká váha, s hodnotou 0,17.

- **Výdaje za dva roky**

Automobilkou bylo pro účely této diplomové práce stanoveno hledisko návratnosti investice v horizontu maximálně dvou let. Výdaje varianty manipulátor a robot jsou zachyceny v grafu na obrázku 19 v kapitole 5.3.3.

Celkové náklady na dané řešení po dvou letech jsou pro ŠA velice důležitým kritériem, je mu proto přidělena váha 0,2.

9.2 Aplikace metody

Posouzení metody bylo provedeno do tabulky 9.1.

Tab. 9.1 Tabulka multikriteriálního hodnocení.

Kritérium	Váha	Manuální		Manipulátor		Robot	
		Body	DH	Body	DH	Body	DH
Investiční náklady	0,06	2	0,12	1	0,06	0	0
Délka návrhu varianty	0,09	2	0,18	1	0,09	0	0
Časová náročnost instalace	0,2	2	0,4	1	0,2	0	0
Přechod na nový model	0,03	2	0,06	1	0,03	0	0
Chybovost	0,11	0	0	0	0	2	0,22
Riziko úrazu	0,14	0	0	1	0,14	2	0,28
Ergonomie	0,17	0	0	1	0,17	-	-
Výdaje za dva roky	0,2	1	0,2	2	0,4	1	0,2
Součet	1	9	0,96	8	1,09	4	0,7
Max. možné hodnocení		16	2	16	2	14	1,58
Dosažená hodnota [%]		56,3%	48,0%	50,0%	54,5%	28,6%	44,3%
Pořadí		2.		1.		3.	

9.3 Vyhodnocení metody

Dle této metody se jeví jako nejvhodnější varianta montáže s použitím manipulátoru. I když se tato metoda ukazuje jako nejpriznivější pouze v jediném kritériu (Výdaje za dva roky), všestranně tato varianta představuje optimální způsob montáže. Nejméně výhodná je tato varianta pouze v jednom kritériu (chybovost). Toto je způsobeno lidským faktorem, stejně jako u varianty manuální. S ohledem na současné dobré výsledky s uplatněním obdobných manipulátorů na lince pro montáž např. dveří lze očekávat, že by se chybovost pohybovala nejvýše v jednotkách procent.

Na druhém místě se nachází v současnosti uplatněná varianta montáže, tj. manuální montáž za účasti dvou dělníků. U čtyř kritérií je tento způsob montáže hodnocen jako nejpriznivější. Zároveň ale byla tato možnost nejméně vyhovující

pro tři kritéria s vysokou váhou důležitosti. Celkové skóre negativně ovlivnily vysoké náklady v horizontu dvou let, což je kategorie s přiřazenou nejvyšší váhou. Varianta s použitím robota skončila na třetím místě. Nevýhody této varianty spočívající ve finanční i časové náročnosti při realizaci. Další nevýhodou této varianty je délka času montáže. Pro automobilku je zásadním požadavkem nepřerušit chod montážní linky. V případě této varianty by bylo třeba robot přesně namontovat, zapojit a ověřit správný chod. S ohledem na třisměnný provoz montážní haly by instalace této varianty způsobila zastavení linky. Jediným možným termínem instalace by byla letní celozávodní dovolená.

10 POPIS OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Na základě předchozích metod, varianta montáže pomocí ručního vakuového manipulátoru byla vyhodnocena jako nejvýhodnější.

Pomocí manipulátoru by montáž čelního skla probíhala v následujícím sledu:

1. Najetí manipulátoru nad sklo

Dělník manipulátor přesune z původní pozice nad stůl s čelním sklem a přiblíží jej ke sklu.

2. Zarovnání dorazů kolem skla

Zmáčknutím tlačítka na panelu manipulátoru se dorazy srovnají okolo skla. Tímto dojde k vycentrování skla vzhledem k manipulátoru. Určení osy čelního skla je vzhledem k rozdílnosti rozměrů montovaných čelních skel klíčovým krokem pro přesnou a efektivní montáž.

3. Přisátí skla

Zmáčknutím dalšího tlačítka se pomocí savek čelní sklo přichytí k manipulátoru.

4. Transport ke karoserii

Dělník pomocí manipulátoru sklo vyzvedne ze stolu a přesune jej až ke kapotě na vzdálenost několika centimetrů od karoserie.

5. Hrubé slícování skla s karoserií

Dělník ověří přibližnou polohu skla ve vztahu ke karoserii. Nejdůležitější je ověření výšky, ve které se sklo nachází. Díky vedení manipulátoru je docíleno, že čelní sklo nepřechází na jednu nebo druhou stranu automobilu.

6. Přiložení skla ke karoserii

Dělník sklo přiloží ke karoserii, na vzdálenost skla od karoserie přibližně 5 mm. V tomto kroku ještě není usazení skla definitivní a je možné v případě potřeby polohu upravit.

7. Přesné slícování skla s karoserií

Dorazy manipulátoru kolem skla udávají přesně šířku mezery mezi sklem a sloupkem karoserie. Odpadá tak nutnost ověřovat přesnou polohu skla pomocí ručního kalibru. Dělník pouze ověří, že všechny dorazy zapadají do mezery.

8. Přitlačení skla

Posledním krokem montáže je dotlačení skla na karoserii. Podobně jako při manuální montáži je třeba zajistit, že sklo vlivem natočení nevystupuje na jedné straně výš, než na straně druhé. Zároveň dojde k rozprostření lepidla na širší plochu, čímž je docíleno kvalitního lepeného spoje.

9. Uvolnění skla

Zmáčknutím tlačítka na panelu dojde k přerušení podtlaku v savkách, čímž se čelní sklo uvolní od manipulátoru.

10. Vrácení manipulátoru na původní pozici

Dělník odsune manipulátor do výchozí pozice, kde nepřekáží dalším probíhajícím úkonům.

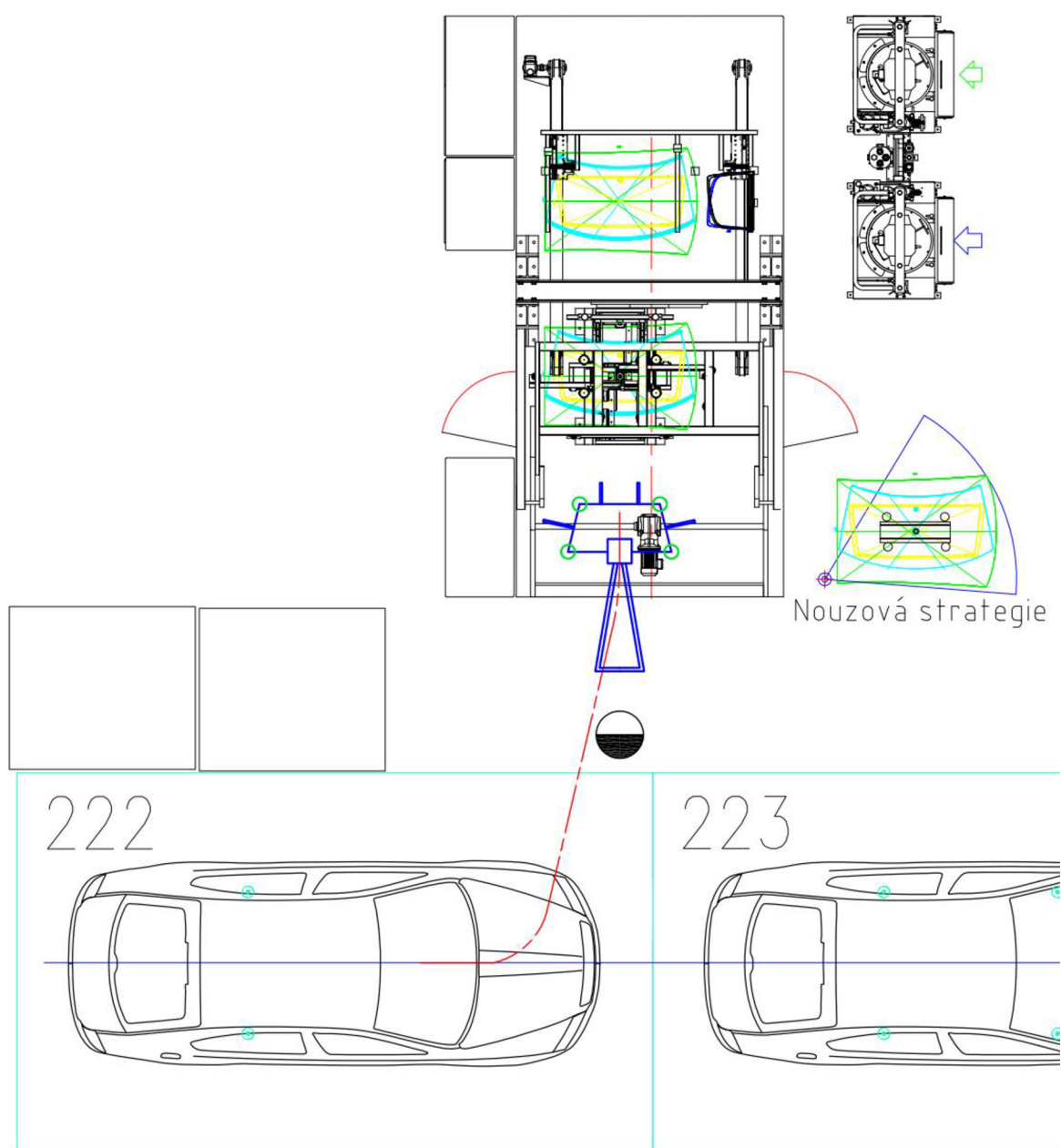
V kroku č. 8 je nutné přitlačit sklo na karoserii auta, čímž dojde ke konečnému slícování skla s karoserií. Při použití manipulátoru by bylo výhodnější, aby dělník obsluhující manipulátor na sklo po jeho přesném usazení aplikoval tlak prostřednictvím manipulátoru. Pro zamezení přílišného tlaku vedoucího k následnému poškození čelního skla by bylo vhodné vložit mezi manipulátor a čelní sklo deformační člen, např. pružinu nebo pryž.

Manipulátor by byl uchycen k pneumatickému balancéru na ocelovém lanu. Balancér by byl napojen na kolej nad montážní linkou.

Na řešeném pracovišti se pozice karoserie jednotlivých vozů liší v ose pohybu montovaných vozů. Instalace koncového úseku kolejové dráhy přesně nad touto osou proto poskytuje automobilce výhodu ověřené polohy skla v této ose.

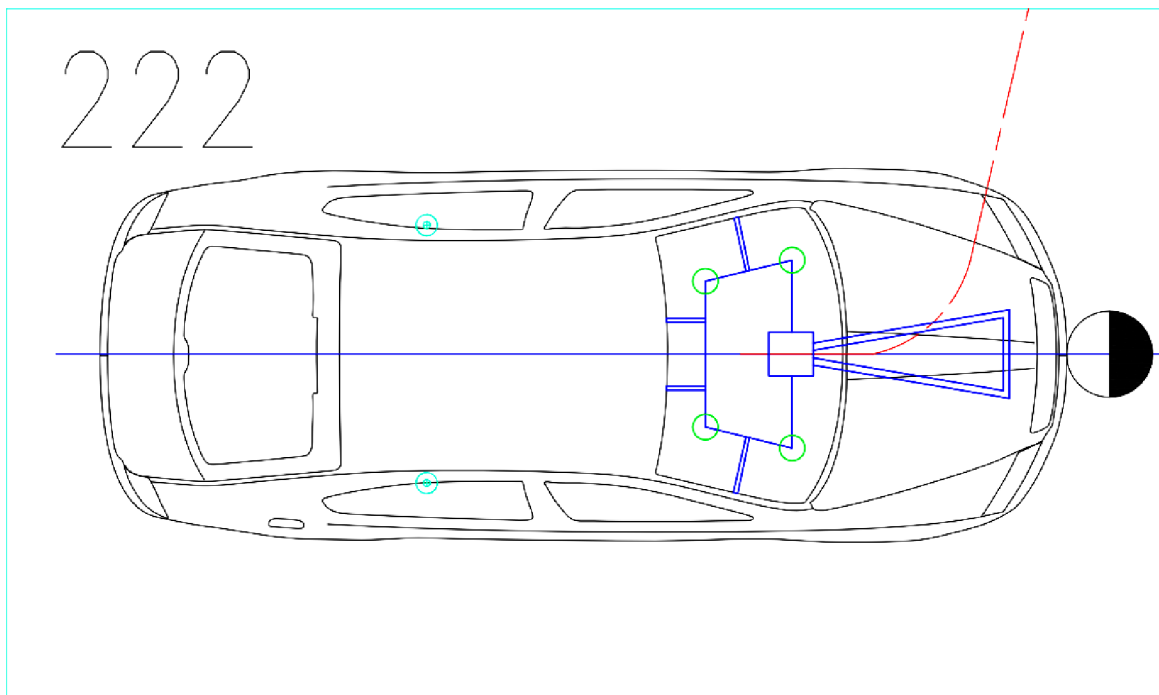
Společnost Škoda Auto v současnosti využívá manipulátory zhotovené na míru firmou KAVON pro různé montážní operace. KAVON pro realizaci manipulátorů využívá součástek firmy Ingersoll Rand, především pak pneumatické balancéry a systém kolejí Monorail, čímž je zaručena jejich vzájemná kompatibilita a funkčnost [57].

Dispoziční řešení pracoviště je znázorněno na obrázku 20. Vodící kolej je vyznačena červenou barvou. Schématický náčrt manipulátoru je zvýrazněn modrou barvou.



Obr. 20 Dispoziční řešení pracoviště s využitím manipulátoru.

Montáž čelního skla pomocí manipulátoru na taktu 222 je zobrazena na obrázku 21.



Obr. 21 Montáž čelního skla pomocí manipulátoru.

ZÁVĚR

V diplomové práci byly popsány tři možné řešení pracoviště montáže čelních skel ve společnosti Škoda Auto a.s. Zatímco první metoda se týká stávajícího, manuálního způsobu montáže čelního skla, zbylé dvě varianty jsou nové návrhy. U všech variant byly zmíněny výhody i nedostatky takového řešení. Dle kritérií vyžadovaných investorem Škoda Auto byla odhadnuta návratnost investic u nových variant.

Z metod posuzující varianty z pohledu investice byly v kapitole 8 použity metody doby návratnosti a čisté současné hodnoty. Podle kritérií zadaných investorem je kratší návratnosti investice dosaženo variantou montáže s pomocí manipulátoru, a sice 0,766 let. Návratnost investice varianty s použitím robota je dva roky.

Kapitola 9 posuzovala tři varianty na základě multikriteriálního hodnocení. Na základě výsledků z kapitol 8 a 9 doporučovaná varianta montáže je montáž s pomocí manipulátoru. Tento způsob montáže je již na montážní lince aplikován a ověřen při obdobných operacích.

Na konci práce byla optimální varianta montáže blíže rozpracována včetně návrhu pracovního postupu a dispozičního řešení pracoviště.

Samotné rozhodnutí o realizaci této varianty záleží na posouzení podniku Škoda Auto a.s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [2] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [3] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže* [online]. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM [cit. 2014-04-07]. ISBN 978-80-248-2773-5. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Zaklady_montaze.pdf
- [4] ONE PIECE FLOW - ANOTHER VIEW ON PRODUCTION FLOW IN THE NEXT CONTINUOUS PROCESS IMPROVEMENT. In: MARTON, Michal a Iveta PAULOVÁ. *Materiálovotechnologická fakulta STU v Bratislave* [online]. 2011 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: https://www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy_casopis/2011/1/PDF/marton_paulova.pdf
- [5] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [6] RUMÍŠEK, Pavel. *AUTOMATIZACE: (roboty a manipulátory)*. Brno, 2003. Dostupné z: ust.fme.vutbr.cz/.../mechanizace_a_automatizace_roboty_rumisek.pdf
- [7] ŠKAPA, Stanislav. *Mikroekonomie: základní kurs*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 119 s. ISBN 80-214-3132-6.
- [8] HRADECKÝ, Mojmír. *Řízení režijních nákladů*. Vyd. 1. Praha: Prospektrum, 1995, 100 s. ISBN 80-717-5025-5.
- [9] VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 465 s. ISBN 978-80-86929-71-2.
- [10] FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 408 s. ISBN 978-80-247-3293-0.
- [11] POLÁCH, Jiří. *Reálné a finanční investice*. Vyd. 1. Praha: C. H. Beck, 2012, xvi, 263 s. ISBN 978-80-7400-436-0.
- [12] KRÁL, Bohumil. *Manažerské účetnictví*. 3., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010, 660 s. ISBN 978-80-7261-217-8.
- [13] Historie společnosti. In: ŠKODA AUTO [online]. 2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://new.skoda-auto.com/cs/company/history/company-history>
- [14] Laurin & Klement, model Voiturette A v malém. In: ŠKODAHOME.cz [online]. 2012 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.skodahome.cz/modely-skoda-auto/1784-laurin-klement-model-voiturette-a-v-malem.html>
- [15] SACHER, Tomáš. Zázrak jménem Škoda. In: RESPEKT [online]. 2010 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://respekt.ihned.cz/c1-48558490-zazrak-jmenem-skoda>

- [16] ŠKODA AUTO A.S.. ŠKODA výroční zpráva 2013 [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://new.skoda-auto.com/cs/company/investors/annual-reports>
- [17] Kde všude se škodovky vyrábí?. In: Škoda PS: objekty Škody [online]. 2005 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: http://skodaps.wz.cz/firma_objekty-vyrobnny.php
- [18] ŠKODA Originální čelní skla. In: ŠKODA AUTO [online]. 2014 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/mam-vuz-skoda/originalni-dily/sortiment/skoda-originalni-celni-skla>
- [19] 5E0845011KNVB Windscheibe. In: Skoda Original Ersatzteile [online]. 2013 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://www.online-teile.com/skoda/product_info.php?info=p513071006_1z0885803as2aw-bezug.html
- [20] ŠKODA Media Portal. In: ŠKODA Media Portal [online]. 2012 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <https://media.skoda-auto.com>
- [21] Toledo - rozměry. In: Seat Česká republika [online]. 2012 [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: <http://www.seat.cz/toledo/technicka-data/rozmary>
- [22] Interní dokumentace společnosti Škoda Auto a.s.. Mladá Boleslav, 2013.
- [23] Jak se vyrábí Škoda Octavia (Octavia production). In: Youtube [online]. 2011 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=qgOgFqYu3IM>
- [24] Pohled do výroby nového modelu ŠKODA Octavia 2014 (HD). In: YouTube [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pag4dSBqUc>
- [25] KRATOCHVÍL, Tomáš. Ekonomické zhodnocení zavedení automatizace do oblastí konečné montáže vozů společnosti Škoda Auto [online]. Mladá Boleslav, 2012 [cit. 10.3.2014]. Dostupné z: <http://is.savs.cz/lide/clovek.pl?id=2069;zalozka=7;studium=1618;lang=cz>. Bakalářská práce. ŠKODA AUTO a.s. Vysoká škola.
- [26] BOBOULOS, Miltiadis A.. Automation and Robotics [online]. 2010 [cit. 2014-05-22]. ISBN 978-87-7681-696-4. Dostupné z: <http://bookboon.com/cs/automation-and-robotics-ebook>
- [27] Speciální manipulace - Reference. In: KAVON CZ s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: http://kavon.cz/specialni_manipulace.php
- [28] Osobní rozhovor s obchodními zástupci firem Kavon, Vakumtechnik, Schmalz: Mezinárodní strojírenský veletrh [online]. 2013 [cit. 11.10.2013].
- [29] 2014 Mini Production. In: YouTube [online]. 2013 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wXe-4kbrAXA>
- [30] BMW F30 3-Series Factory Production Tour. In: YouTube [online]. 2012 [cit. 2014-01-22]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=libw1rV2McY>
- [31] Mercedes A-Class Production line 2013. In: YouTube [online]. 2013 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=VreG1iC65Lc>
- [32] Tesla Motors Part 1: Behind the Scenes of How the Tesla Model S is Made-The Window-WIRED. In: YouTube [online]. 2013 [cit. 2014-01-22]. Dostupné z: http://www.youtube.com/watch?v=8_lfxPI5ObM

- [33] FUCHS, Daniel. BLUMENBECKER PRAG S.R.O.. *Soukromá emailová komunikace* [online]. 2014 [cit. 10.4.2014].
- [34] Power and Productivity for a Better World. In: BERLIN, Henrik. *ABB Robotics* [online]. 2012 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.abb.com/cawp/gad00540/740e9ba940e5cc9dc12579ba002d17bc.aspx?single=1>
- [35] KUKA Industrial Robots - Search. In: *KUKA Roboter GmbH* [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.kuka-robotics.com/en/downloads>
- [36] ŠKO-ENERGO, S. R. O.. *Výroční zpráva 2012*. Mladá Boleslav, 2013. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-dotaz?dotaz=sko-energo+s.r.o>.
- [37] Průměrná mzda zaměstnanců Škoda Auto vzrostla o 4,6 procenta. In: *Ministerstvo práce a sociálních věcí* [online]. 2010 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.mpsv.cz/cs/9529>
- [38] HORÁČEK, Filip. Škoda chce od ledna zrychlit výrobu Octavií. Odbory chtějí vyšší platy. In: *iDNES.cz* [online]. 2010 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/skoda-chce-od-ledna-zrychlit-vyrobu-octavii-odbory-chteji-vyssi-platy-1ez-ekoakcie.aspx?c=A101202_184650_ekoakcie_fih
- [39] FRÁNEK, Tomáš. Škoda potřebuje dělníky, láká Slováky za poloviční plat. In: *Aktuálně.cz* [online]. 2010 [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <http://aktualne.centrum.cz/ekonomika/doprava/clanek.phtml?id=683066>
- [40] Škoda nabídla zaměstnancům mírné zvýšení platů. In: *lidovky.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: http://byznys.lidovky.cz/skoda-nabidla-zamestnancum-mirne-zvyseni-platu-f54-firmy-trhy.aspx?c=A120411_101055_firmy-trhy_rka
- [41] Odboráři ve Škoda Auto nevyklučují výluky ani stávkou. In: *E15.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://euro.e15.cz/profit/odborari-ve-skoda-auto-nevylucuji-vyluku-ani-stavku-860391>
- [42] Škoda Auto po jednání s odboráři zvýší platy svým zaměstnancům: Debaty v automobilce. In: *Týden.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-02-15]. Dostupné z: http://www.tyden.cz/rubriky/byznys/cesko/skoda-auto-po-jednani-s-odborari-zvysi-platy-svym-zamestnancum_230935.html#.Uwpp1PI5Oso
- [43] SŮRA, Jan. Průměrný plat ve Škodě Auto poprvé přesáhl 40 tisíc korun. In: *iDnes.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/prumerny-plat-ve-skode-auto-presahl-40-tisic-korun-f7l-ekoakcie.aspx?c=A130128_162651_ekoakcie_neh
- [44] Odboráři ve Škodovce chtějí větší růst platů než loni, spoléhají na lepší odbyt. In: *iDnes.cz* [online]. 2011 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/odborari-ve-skodovce-chteji-vetsi-rust-platu-nez-loni-spolehaji-na-lepsi-odbyt-1yw-ekoakcie.aspx?c=A110202_202943_ekoakcie_abr
- [45] TÉMA DENÍKU: Kolik berou Boleslaváci?. In: *Boleslavský deník* [online]. 2011 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: http://boleslavsky.denik.cz/zpravy_region/tema-deniku-kolik-berou-boleslavaci-20110408.html

- [46] Ve Škodovce pracuje třikrát víc lidí najatých agenturami než předloni. In: *iDnes.cz* [online]. 2011 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: http://praha.idnes.cz/ve-skodovce-pracuje-trikrat-vic-lidi-najatych-agenturami-nez-predloni-1et-praha-zpravy.aspx?c=A110829_1642118_praha-zpravy_sfo
- [47] Platy v automobilce Škoda Auto letos zřejmě výrazně neporostou. In: *Auto.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/platy-automobilce-skoda-auto-letos-zrejme-vyrazne-neporostou-79362>
- [48] Průměrná mzda v českém autoprůmyslu je 31 778 korun. Dělníci berou přes 25 tisíc. In: *IHNED.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-60620160-prumerna-mzda-v-ceskem-autoprmyslu-je-31-778-korun-delnici-berou-pres-25-tisic>
- [49] *Předpis č. 589/1992 Sb.: Zákon České národní rady o pojistném na sociální zabezpečení a příspěvku na státní politiku zaměstnanosti*. 1992.
- [50] *Předpis č. 592/1992 Sb.: Zákon České národní rady o pojistném na všeobecné zdravotní pojištění*. 1992.
- [51] *Předpis č. 586/1992 Sb.: Zákon České národní rady o daních z příjmů*. 1992.
- [52] SKOČDOPOLOVÁ, Alena. *Posouzení změny hasicího systému ve firmě Škoda Auto a.s.*. Pardubice, 2010. Dostupné z: <http://dspace.upce.cz/handle/10195/38439>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky.
- [53] BITMANOVÁ, Dana. *Vyhodnocení efektivnosti investice*. Mladá Boleslav, 2012. Dostupné z: <https://is.savs.cz/lide/clovek.pl?id=1074;zalozka=7;studium=2012>. Diplomová práce. ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA.
- [54] Odboráři ve Škoda Auto jednájí s vedením o nové kolektivní smlouvě. In: *Český rozhlas* [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/zpravy/domacieekonomika/zprava/odborari-ve-skoda-auto-jednaji-s-vedenim-o-nove-kolektivni-smlouve--1302910>
- [55] *VYHLÁŠKA č. 440/2001 Sb.: o odškodnění bolesti a ztížení společenského uplatnění*. 2001.
- [56] INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. Definition and Domains of ergonomics. In: INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. *IEA Website* [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.iea.cc/whats/>
- [57] KAVON. *Montážní náradí: Ingersoll Rand*. Brno, 2010. Dostupné z: [http://www.kavon.cz/downloads/ingersoll_rand/montazni_naradi_ingersoll_rand_-_2006_\(cz07_2006\)a.pdf](http://www.kavon.cz/downloads/ingersoll_rand/montazni_naradi_ingersoll_rand_-_2006_(cz07_2006)a.pdf)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis	Původní popis
Ce	[Kč]	cena elektrické energie za kWh	-
CF	[Kč]	Cash Flow za rok	Cash Flow
CFn	[Kč]	očekávaný roční Cash Flow v jednotlivých letech projektu	-
ČSH	[Kč]	čistá současná hodnota	-
d	[h]	délka programu přepočtena na hodiny	-
D	[ks]	počet dělníků v jedné směně	-
DH	[-]	Dílčí hodnocení	-
DN	[roky]	doba návratnosti	-
FC	[Kč]	Fixní náklady	Fixed cost
fc	[Kč]	Složky fixních nákladů	-
HMm	[Kč]	měsíční hrubá mzda	-
IK	[Kč]	investovaný kapitál	-
k	[%]	diskontní sazba	-
I	[roky]	požadovaná doba návratnosti investičního projektu	-
MC	[Kč]	Mezní náklady	Marginal cost
P	[kW]	příkon	-
Q	[ks]	Objem produkce	Quantity
RSE	[Kč]	roční spotřeba elektrické energie	-
S	[-]	směnnost	-
SHCF	[Kč]	současná hodnota Cash Flow	-
SHMm	[Kč]	měsíční superhrubá mzda	-
SHMr	[Kč]	roční superhrubá mzda	-
ŠA	[-]	Škoda Auto a.s.	-
t	[roky]	roky životnosti projektu	-
T	[dny]	počet dní provozu	-
TC	[Kč]	Celkové náklady	Total cost
VC	[Kč]	Variabilní náklady	Variable cost
VWG	[-]	Volkswagen group	

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1 Závislost fixních nákladů na objemu produkce [7].	15
Obr. 2 Závislost variabilních nákladů na objemu produkce [7].	16
Obr. 3 Grafické znázornění celkových nákladů [7].	17
Obr. 4 Letecký pohled na závod Škoda Auto v Mladé Boleslavi [17].	22
Obr. 5 Značení rozměrů automobilu, čelní pohled Škoda Octavia RS.	24
Obr. 6 Značení rozměrů automobilu, boční pohled Škoda Octavia RS.	24
Obr. 7 Provázanost pracoviště lepení skel s okolím, hala M13 [22].	27
Obr. 8 Detail pracoviště lepení skel [22].	28
Obr. 9 Nakloněný stůl na odvrácené straně montážní linky [22].	29
Obr. 10 Zadní sklo s aplikovaným lepidlem [22].	30
Obr. 11 Pracoviště lepení skel, pohled shora [22].	30
Obr. 12 Současný stav manuální montáže při pohledu zvenku [24].	31
Obr. 13 Současný stav manuální montáže při pohledu zevnitř automobilu [23].	31
Obr. 14 Manipulátor zadního víka vyrobený firmou Kavon, Škoda Superb [27].	34
Obr. 15 Montáž čelního skla automobilu Mercedes A-Class [31].	36
Obr. 16 Montáž čelního skla automobilu Tesla S, pohled zevnitř [32].	36
Obr. 17 Dispoziční řešení pracoviště, varianta montáže s robotem.	37
Obr. 18 Graf vývoje nákladů jednotlivých variant.	43
Obr. 19 Graf vývoje výdajů jednotlivých variant.	47
Obr. 20 Dispoziční řešení pracoviště s využitím manipulátoru.	57
Obr. 21 Montáž čelního skla pomocí manipulátoru.	58
Tab. 2.1 Závislost diskontní sazby na typu projektu, podle Fotra a Součka [10].	18
Tab. 5.1 Rozměry montovaných automobilů [20,21]. [20] [21].	25
Tab. 6.1 Výhody a nevýhody stávající varianty – manuální montáž	32
Tab. 7.1 Analýza realizovatelnosti montáže, postupová tabulka dle Boboulos [26].	33
Tab. 7.2 Výhody a nevýhody navrhovaného řešení – manipulátor.	35
Tab. 7.3 Orientační investiční náklady montáže pomocí robotu [33].	38
Tab. 7.4 Výhody a nevýhody navrhovaného řešení – robot.	39
Tab. 7.5 Hodnoty pro výpočet spotřeby elektrické energie [35].	39
Tab. 7.6 Výpočet ceny kilowatthodiny společnosti ŠKO-ENERGO s.r.o. [36].	40
Tab. 8.1 Vypočítaná průměrná mzda dělníka [15,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47].	41
Tab. 8.2 Výpočet peněžních toků varianty montáže s pomocí manipulátoru [v Kč].	45
Tab. 8.3 Výpočet peněžních toků varianty montáže s pomocí robotu [v Kč].	46
Tab. 8.4 Výpočet ČSH varianty montáže manipulátorem [v Kč].	48
Tab. 8.5 Výpočet ČSH varianty montáže s pomocí robotu [v Kč].	48
Tab. 9.1 Tabulka multikriteriálního hodnocení.	53