

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA v PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T004 Strojírenská technologie-technologie
obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh montážního systému s ohledem na kvalitu

Autor: **Bc. Otakar MAŠEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Vladimír DUCHEK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

Zadání

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Doc. Ing. Vladimíru Duchkovi, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, jeho užitečné rady i vstřícný přístup. Za připomínky a podněty děkuji také svému konzultantovi Ing. Petru Lojkovi.

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

AUTORSKÁ PRÁVA

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské/diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Mašek	Jméno Otakar	
STUDIJNÍ OBOR	2303T004 Strojírenská technologie-technologie obrábění		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Jméno Vladimír	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh montážního systému s ohledem na kvalitu		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	92	TEXTOVÁ ČÁST	64	GRAFICKÁ ČÁST	28
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS	Tato práce je zaměřena na návrh montážního systému pro finální montáž podvolantového modulu. Na začátku práce analyzuje vstupní informace, například objem produkce, umístění, stavbu sestavy. Na základě toho je navržen proces montáže a kontrolní opatření. Pak je provedena časová analýza a je navržen celý montážní systém. Na konci je provedeno ekonomické zhodnocení.
KLÍČOVÁ SLOVA	Montáž, kvalita,

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Mašek	Name Otakar	
FIELD OF STUDY	2303T004 Manufacturing Processes - Technology of Metal Cutting		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Name Vladimír	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Proposal of the assembling system with regard to quality		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	92	TEXT PART	64	GRAPHICAL PART	28
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION	This work is focused on proposal of the assembling system for final assembly of steering column module. At the beginning, the thesis analyzes the input information, for example volume of production, location, assembly design. Based on this, the assembly process and qualitative actions are proposed. Then time analysis is performed and entire assembly system is proposed. At the end, an economic evaluation is performed.
KEY WORDS	Assembly, quality,

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	3
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	5
1 ÚVOD.....	6
2 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	7
2.1 TECHNOLOGIE MONTÁŽE	7
2.1.1 Základní pojmy z oblasti montáže	7
2.2 NÁSTROJE PRO NÁVRH PROCESU MONTÁŽE	10
2.2.1 Nástroje pro analýzu sestavy.....	11
2.2.2 Nástroje pro časovou analýzu montážních kroků.....	12
2.2.3 Nástroje pro návrh uspořádání systému.....	13
2.3 NÁSTROJE PRO NÁVRH PREVENTIVNÍCH KVALITATIVNÍCH OPATŘENÍ A KONTROL.....	16
2.3.1 FMEA.....	16
2.3.2 Poka-Yoke	22
2.4 PŘEDSTAVENÍ SKUPINY KOSTAL	23
2.4.1 Produkty společnosti KOSTAL CR spol s.r.o. a KOSTAL Bulgaria Ltd.....	23
2.5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ VE SPOLEČNOSTI KOSTAL.....	24
2.5.1 Fáze koncepce.....	24
2.5.2 Fáze návrhu a vývoje výrobku.....	25
2.5.3 Fáze návrhu a vývoje procesu	26
2.5.4 Fáze validace produktu a procesu	26
2.6 CHARAKTERISTIKA MONTÁŽE A VÝROBY VE FIRMĚ KOSTAL CR SPOL S.R.O. A KOSTAL BULGARIA LTD.....	27
2.7 VYMEZENÍ HRANIC NAVRHOVANÉHO MONTÁŽNÍHO SYSTÉMU	27
3 POPIS PRODUKTU	28
3.1 OBECNÝ POPIS PODVOLANTOVÉHO MODULU	28
3.2 ANALÝZA SESTAVY	30
4 NÁVRH TECHNOLOGIE MONTÁŽE	34
4.1 KAPACITNÍ PROPOČTY – STANOVENÍ ČASU VÝROBNÍHO CYKLU.....	35
4.2 NÁVRH MONTÁŽNÍHO POSTUPU	36
4.2.1 Montážní podsestava SAS.....	36
4.2.2 Podsestava kazety	40
4.2.3 Složení podsestavy SAS s nosičem, PCB a podsestavou SRC	40
4.2.4 Montáž páček a matice se šroubem objímky.....	42
4.2.5 Koncový test.....	44
4.3 ČASOVÉ OHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KROKŮ MONTÁŽE	45
4.4 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ A TECHNOLOGIÍ PRO MONTÁŽNÍ SYSTÉM.....	50
4.4.1 Volba technologie pro montáž na jednotlivých stanicích	50
Montáž páček a matice se šroubem objímky.....	53
4.4.2 Vyvažování.....	55
4.4.3 Návrh uspořádání jednotlivých pracovišť	60
4.4.4 Úprava uspořádání vzhledem k ergonomii a umístění vstupního materiálu	65
5 ZAJIŠTĚNÍ KVALITY V MONTÁŽNÍM SYSTÉMU	68
5.1 PROCESNÍ FMEA.....	68
5.2 POKA-YOKE.....	86
5.2.1 Obecná opatření pro celý systém.....	86
5.2.2 Pracoviště 1 a karusel	87
5.2.3 Pracoviště 2	87
5.2.4 Pracoviště 3	88

6	ODHAD INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	89
6.1	INVESTIČNÍ NÁKLADY ZA POŘÍZENÍ TECHNOLOGIE PRO MONTÁŽNÍ SYSTÉM	89
6.2	PŘÍMÉ NÁKLADY NA ROČNÍ PROVOZ	91
6.2.1	<i>Náklady na mzdy:</i>	91
6.2.2	<i>Náklady na energie</i>	92
6.2.3	<i>Náklady na prostor</i>	93
6.3	POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA NAVRŽENÝ MONTÁŽNÍ SYSTÉM S PLÁNOVANÝMI NÁKLADY	94
7	ZÁVĚR.....	98
	ZDROJE	99

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip západkového spoje [2].....	7
Obrázek 2: Příklad provedení západkového spoje [3].....	8
Obrázek 3: Příklad nýtového spoje.....	8
Obrázek 4: Rozdělení interní montáže [4].....	9
Obrázek 5: Přibližné schéma postupu při návrhu montážního systému.....	10
Obrázek 6: Technologické schéma montáže [5].....	11
Obrázek 7: Příklad grafu pro vyvažování linek.....	13
Obrázek 8: Optimální manipulační prostor [7].....	15
Obrázek 9: Působení skupiny KOSTAL [11].....	23
Obrázek 10: Podvolantový modul [11]	24
Obrázek 11: Fáze v projektu.....	24
Obrázek 12: Koncept montážního systému	25
Obrázek 13: Podvolantový modul [13]	28
Obrázek 14: Příklad uspořádání podvolantového modulu [13].....	29
Obrázek 15: Rozpad konkrétního modulu.....	30
Obrázek 16: Schéma stavby modulu	32
Obrázek 17: Technologické schéma montáže	33
Obrázek 18: Rozpad podsestavy SAS	37
Obrázek 19: Modelová situace - zakládání pružiny - rozměry.....	45
Obrázek 20.....	47
Obrázek 21.....	50
Obrázek 22.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 23.....	52
Obrázek 24.....	53
Obrázek 25.....	54
Obrázek 26.....	54
Obrázek 27: Porovnání časů – varianta A	58
Obrázek 28: Porovnání časů – varianta A – automatické šroubování.....	58
Obrázek 29: Porovnání časů – varianta B	59
Obrázek 30: Porovnání časů – varianta C	59
Obrázek 31: Rozmístění s lineární přepravou mezi operacemi 1 a 3	60
Obrázek 32: Rozmístění s karuselem	62
Obrázek 33: Časový diagram	63
Obrázek 34: 1. Fáze úpravy	65
Obrázek 35: 2. Fáze úpravy.....	65
Obrázek 36.....	66
Obrázek 37.....	67
Obrázek 38.....	68
Obrázek 39.....	86
Obrázek 40: Zajištění FIFO.....	88
Obrázek 41: Statistika nákladů na zaměstnance v EU pro vybrané státy.....	91
Obrázek 42.....	94
Obrázek 43.....	94
Obrázek 44: Graf objemu výroby po rocích.....	95

Obrázek 45: Objem sériové výroby v jednotlivých pololetích.....	95
Obrázek 46: Porovnání nákladů	97

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

PTC	Plán testů a kontrol
D-FMEA	Konstrukční analýza rizik FMEA
P-FMEA	Procesní analýza rizik
SCM	Podvolantový modul (Steering column module)
SRC	Kazeta – podsestava podvolantového modulu (Spiral cassette)
PCB	Deska tištěných spojů (Printed circuit board)
SAS	Senzor natočení úhlu volantu (Steering angle sensor)
SOP	Začátek sériové výroby (Start of production)
EOP	Konec sériové výroby (End of production)
FIFO	Metoda – první dovnitř, první ven (First In, First Out)
RTM	Měření reálných časů (Real time measuring)
TMU	Jednotka času používaná v metodách předem stanovených časů (1 TMU = 0,36 sekundy)

1 Úvod

V oblasti automobilového průmyslu je jedním z nejdůležitějších prvků celého výrobního procesu montáž. Výrazně se podílí na výrobních nákladech. S objemem produkce tento význam ještě roste. Proto je důležité navrhnout montážní systém co nejvíce optimální. Navržený systém by měl stát na základních pilířích, kterými jsou kvalitní produkty, vyrobené a doručené včas, dále uspokojení všech dalších potřeb či přání zákazníka. Nejvhodnější řešení je poté to, které dosáhne těchto bodů s nejnižšími náklady. Nízké náklady jsou dosahovány návrhem dle zásad štíhlé výroby a použitím inovativních řešení. Jen tak je možné zůstat napřed před konkurencí. Samozřejmostí by měla být kvalita produkce. Vstupní kontrola je postupně omezována a každý v dodavatelském řetězci musí zaručit, že bude dodávat pouze shodné díly. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce zabývá nejenom návrhem technologie montáže pro složení konkrétní sestavy, ale zároveň používá moderní nástroje pro zajištění kvality produkce.

Cílem této práce je navrhnout montážní systém pro danou finální sestavu podvolantového modulu. Navrhovaný montovaný systém bude sloužit pro konkrétní aplikaci ve společnosti KOSTAL CR. Díky popisu aplikace moderních metod může práce také posloužit dalším studentům jako studijní pomůcka. Aby byl ochráněn duševní majetek společnosti KOSTAL a jejich zákazníků, budou využity obecné poznatky a nástroje pro plánování procesů a jejich kvality. Využití práce je určeno pro projekt, který se nachází ve stádiu před začátkem sériové výroby. Z tohoto důvodu byly upraveny obrázky dílů. Výkresy dílů nebylo možné uvádět vůbec. Z důvodu ochrany duševního vlastnictví nebude také možné uvádět konstrukční analýzu FMEA nebo procesní FMEA vytvořenou ve společnosti.

Před vlastním návrhem systému bude analyzována montovaná podsestava. Vytvořením technologického schématu konstrukce vyplyne koncepce montáže. Návrh montážního systému musí být prováděn komplexně. Zároveň s návrhem procesu je nutné tento proces analyzovat z hlediska kvality a nákladů. Po vytvoření montážního postupu a volbě montážní technologie bude systém uspořádán s ohledem na dosažení požadovaného času výrobního cyklu a ergonomie. Po dokončení návrhu bude provedeno ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

2 Rozbor současného stavu

2.1 Technologie montáže

2.1.1 Základní pojmy z oblasti montáže

Pro definování montážního systému je důležité držet se přesných a všeobecně známých pojmů. Pojem montáž je možné popsat jako výrobu montážních jednotek (složených výrobků). Technologickou podstatou je skládání součástí nebo podsestav do zmiňovaných montážních jednotek. Složení může být z technologického hlediska rozděleno na proces zakládání a spojování. Zakládáním je myšlena manipulace skládaných součástí, na jejímž konci je dosaženo pozice, jež je rovna pozici zaujímané v montážní jednotce. Spojování je zajištění vzájemné polohy sdružených součástí zakládáním způsobem dle předpisu – spojem. Spoje lze dělit dle různých kritérií. [1]

Dle počtu stupňů volnosti jsou spoje rozděleny na:

- pohyblivé
- nepohyblivé

Podle toho zda jsou rozebíratelné:

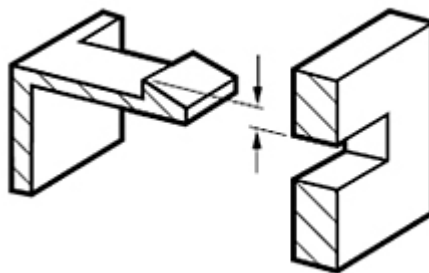
- rozebíratelné
- nerozebíratelné

Dle hlediska vzniku spoje:

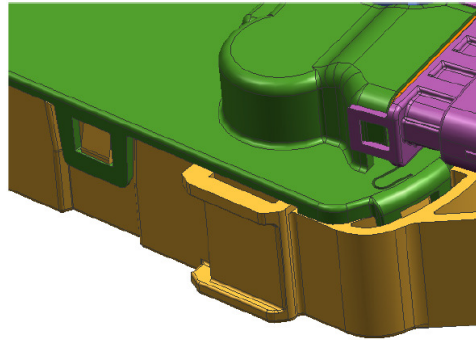
- přímé
- nepřímé

Příklady spojů používaných na výrobcích skupiny KOSTAL:

-Západkové spoje – ekonomicky nejméně náročný, ke spojení není zapotřebí přídavného materiálu nebo dalších komponent. Spoj vytvořen v podstatě během založení na díl. (Podle konstrukčního návrhu je většinou zapotřebí dotlačit součást lisem.) Je nutné přemoci elastickou deformaci. Dvojce tvarových prvků je navržena tak, aby byla západka při montáži odehnuta, ale po ní již bylo zamezeno samovolnému rozebrání spoje. Princip západkového spoje zobrazen na obrázku 1 a příklad nejčastějšího provedení na obrázku 2.

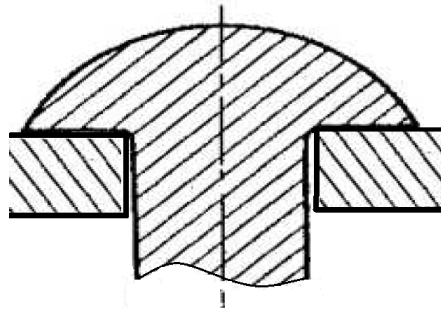


Obrázek 1: Princip západkového spoje [2]



Obrázek 2: Příklad provedení západkového spoje [3]

-Spoj nýtováním: probíhá za studena či za tepla podle velikosti nýtu. Materiál nýtu je obvykle z termoplastu. Nýt může být proveden jako tvarový prvek přímo na součásti, jak je vidět na obrázku 3. Poté je opět ekonomicky výhodný díky tomu, že není potřeba dalšího spojovacího prvku. Oproti západkovému spoji je složitější a méně stabilní. Vždy je nutné použít lisovací nástroj většinou doplněný předehřevem materiálu. Varianta bez předehřevu je vhodná pouze pro velmi malé nýty. Proces nýtování je méně stabilní oproti vytváření západkového spoje. Pokud není proces správně nastaven, například není dosaženo správné teploty, nebude materiál správně plasticky deformován.



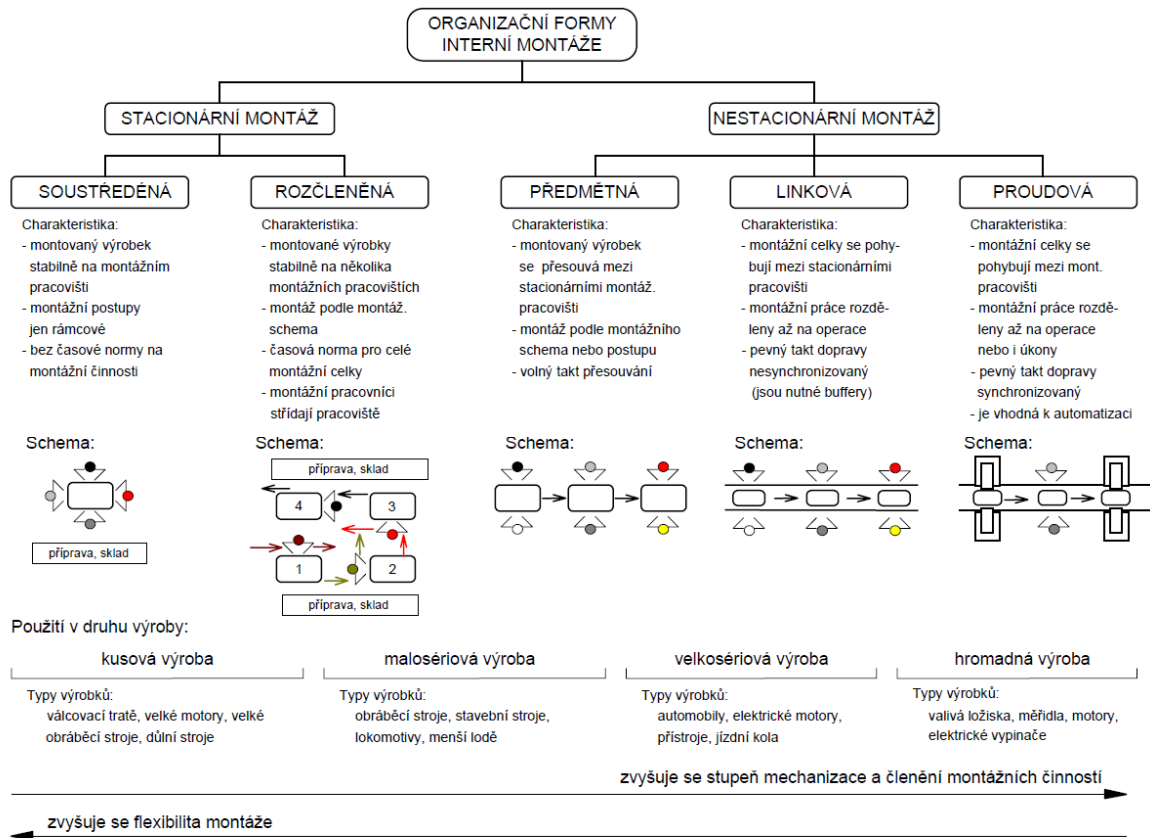
Obrázek 3: Příklad nýtového spoje

Druhy montážních systémů

Montážní systémy lze rozdělit dle několika hledisek. Prvním hlediskem je místo provádění montáže:

- interní
- externí

Pokud je montáž prováděna v prostorách závodu, pak se jedná o montáž interní, v opačném případě o externí. Externí montáž je méně obvyklá, typická je pro velké celky, které nelze v plné velikosti převážet. Podrobnější rozdělení interní montáže dle organizace je vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: Rozdělení interní montáže [4]

Struktury montážních systémů

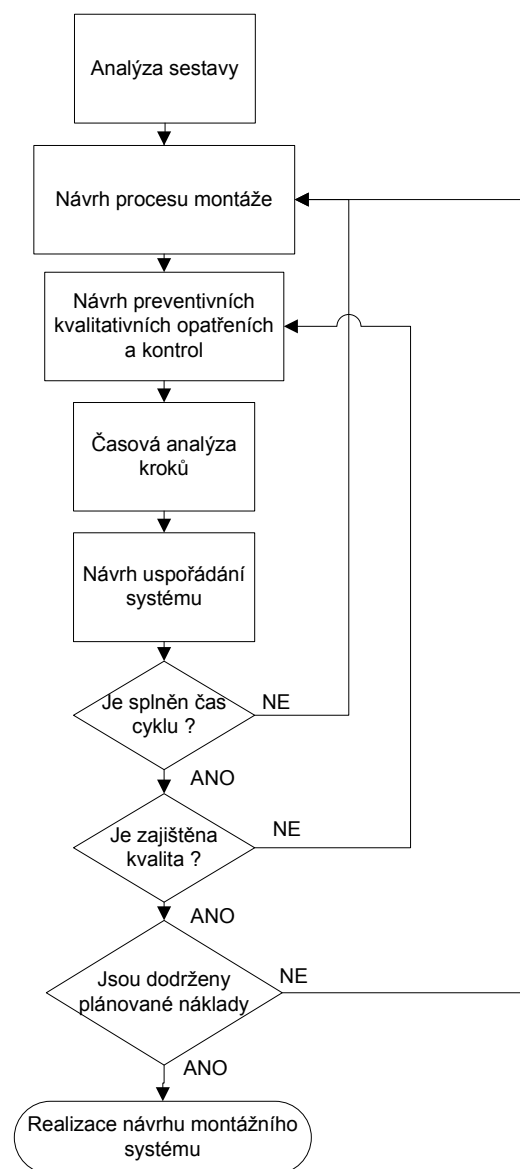
Při montáži na více pracovištích je dále rozvrhováno, jak jednotlivé pracoviště uspořádat. Základním rozhodnutím je, zda realizovat otevřené nebo uzavřené struktury. U otevřených struktur lze mezi výhody uvést variabilitu počtu pracovišť a přístupnost zásobování. V některých případech ale může toto uspořádání způsobit větší prostorovou náročnost a nepřehlednost montáže. Mezi přednosti uzavřených struktur patří návrat systémových palet. Nevýhodou je obtížnější přístupnost zásobování a malá variabilita pracovišť. Právě použití systémových palet a požadavky na variabilitu jsou hlavní faktory při volbě uzavřené nebo otevřené struktury. [4]

Stupeň mechanizace a automatizace

Podle času výrobního cyklu linky a specializace montážního systému je volena také míra mechanizace a automatizace. Určující je například náročnost prováděné práce z hlediska použití síly. Další vliv mohou mít kvalitativní požadavky. Automatizací je omezen vliv lidského faktoru a díky tomu může být předcházeno chybám. Zásadní je objem produkce, ze kterého vyplývá čas výrobního cyklu. Při nízkém času výrobního cyklu se vyplatí investovat do automatizace. [4]

2.2 Nástroje pro návrh procesu montáže

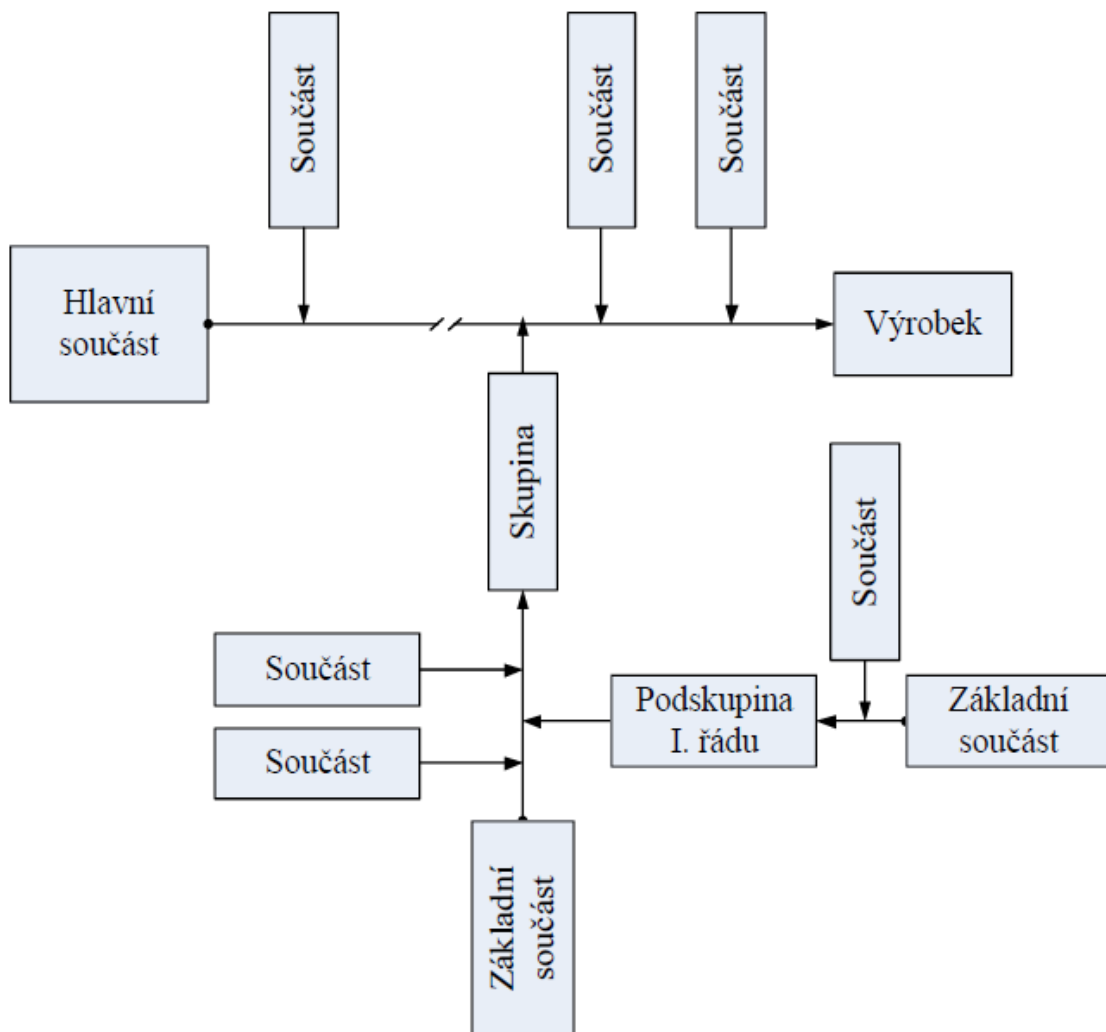
Při návrhu technologie montáže je úkolem technologa navrhnout co nejvíce optimální proces montáže. Návrh procesu úzce souvisí s návrhem celého montážního systému. Při návrhu je nutné postupovat komplexně. Proces montáže se opírá o analýzu sestavy. Dle její stavby jsou stanoveny základní prvky procesu. Zároveň je nutné zvažovat hledisko kvality a technicko-ekonomické hledisko. Návrh montážního systému bude probíhat přibližně podle vývojového diagramu zobrazeného na obrázku 5. Celý návrh se několikrát musí opakovat a zpřesňovat, než je stanoven finální návrh, který je schopen produkovat dané množství produktů v požadované kvalitě. Zároveň musí být návrh v souladu s plánovaným rozpočtem, aby bylo dosaženo požadovaného zisku.



Obrázek 5: Přibližné schéma postupu při návrhu montážního systému

2.2.1 Nástroje pro analýzu sestavy

Pro popis složitějších produktů je vhodné sestavit technologické montážní schéma. To je ideální pro znázornění postupného skládání produktu. Toto schéma se poté použije jako výchozí podklad při stanovení technologického postupu. Schéma znázorňuje vzájemné spojení součástí, což znamená co za součásti a v jakém pořadí jsou spojovány. Celá montáž produktu vždy začíná základní součástí nazývanou hlavní součást. Většinou jde o jakousi kostru nebo nosič, který nese ostatní součásti a drží je pohromadě. Princip technologického schématu lze lépe pochopit z obrázku 6. [5]



Obrázek 6: Technologické schéma montáže [5]

2.2.2 Nástroje pro časovou analýzu montážních kroků

Klíčové při návrhu procesu montáže je určit čas jednotlivých kroků. Podle tohoto času musí být zajištěn montážní systém, který dokáže provádět dané montážní kroky v čase nižším než je čas výrobního cyklu linky. Aby byl proces štíhlý a nedocházelo k plýtvání, musí být čas montáže na jednotlivých pracovištích co nejrovnoměrněji rozdělen.

RTM – (real time measurement) měření reálných časů podobných kroků přímo ve výrobě

Pokud jsou některé kroky shodné s již používanými kroky, je možné je odměřit přímo ve výrobě. Je zde určité riziko lidského faktoru, kdy měřený operátor může zpomalit nebo naopak provádět montáž v nestandardně rychlém tempu. Proto musí mít technik provádějící náměr určitou zkušenost a povědomí o daných montážních postupech. Vliv lidského faktoru je také omezen pořízením většího počtu náměrů napříč více směnami (při sledování různých operátorů). Ti by měli proces montáže již vykonávat po delší dobu a být přiměřeně zaškolení, aby bylo každé měření vypovídající.

Metody předem stanovených časů

Metody předem stanovených časů jsou založeny na rozložení jednotlivých činností na pohyby, které jsou dle složitosti a dráhy ohodnoceny časově. Mezi nejznámější a nejpoužívanější patří metody MTM a MOST. [6]

MTM

Metoda MTM je založena na časových a pohybových studiích. Ruční práce je rozložena do jednotlivých základních pohybů. Ke každému pohybu se dle parametrů přiřazuje potřebný čas na provedení. [6]

MOST

Metoda MOST vznikla vývojem metod předem stanovených časů s cílem co nejvíce odhad zjednodušit. MOST se soustředí především na pohyb s objekty. K manipulaci s objekty je zapotřebí vždy stejných prvků: uchopení – pohyb – orientování – položení. MOST tedy uvažuje ne jednotlivé prvky, ale sekvence pro popis činností. Tím celý odhad času zjednodušuje. [6]

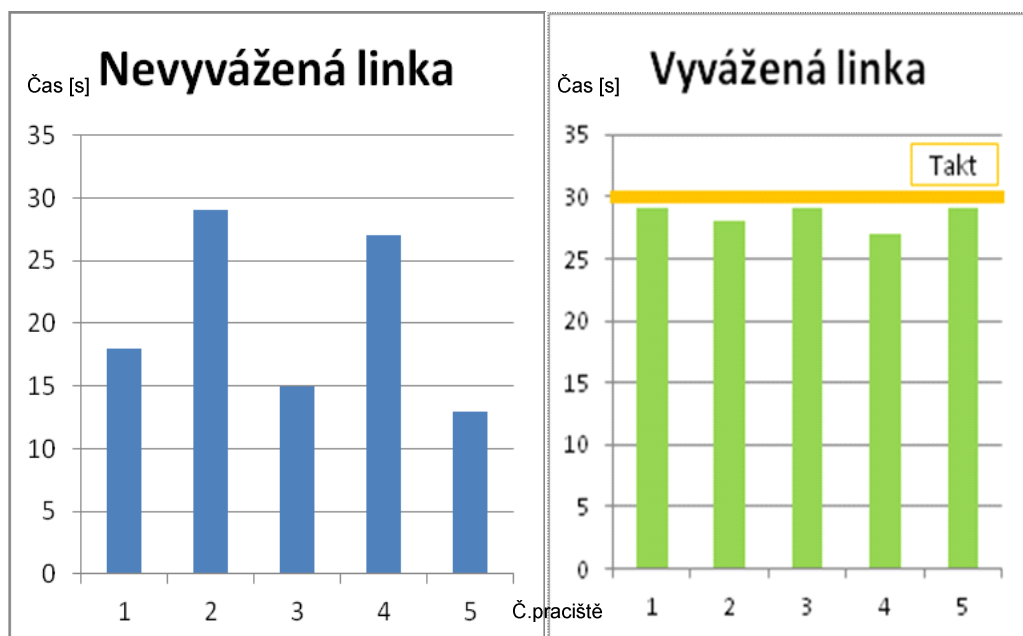
Výběr metody předem stanovených časů

Pro účely diplomové práce je zvolena metoda MTM, protože vyniká nejvyšší přesností v porovnání s ostatními metodami. Stejně jako ostatní existuje v několika stupních a z nich je zvolen ten nejpresnější – MTM1. Ostatní stupně nebo metody časové ohodnocení kroků zjednodušují. To snižuje náklady na normování časů. V tomto konkrétním případě ale hledáme co nejpresnější nástroj pro určení času pouze několika operací. Není nutné tedy časovou analýzu zjednodušovat. [6]

2.2.3 Nástroje pro návrh uspořádání systému

Vyvažování linek

Pro stanovení koncepčního layoutu linky je klíčové vyvážení linky z hlediska času výrobního cyklu. Cílem je zamezit plýtvání dle zásad štíhlé výroby. K plýtvání by docházelo v případě, že by čas na jednotlivých pracovištích nebyl vyvážený. Pracovní doba by v takovém případě nebyla patřičně využita. Operace s kratším produktivním časem by musely čekat na dokončení pracovního cyklu operací s delším časovým cyklem. Rozdíl mezi nevyváženou linkou a vyváženou lze porovnat prostřednictvím sloupcových grafů na obrázku 7. Přesouváním časů jednotlivých montážních kroků mezi pracovišti lze postupně navrhnout vyváženou linku a tím optimálně rozložit jednotlivé činnosti. Nutné je samozřejmě vzít v úvahu všechna omezující kritéria.



Obrázek 7: Příklad grafu pro vyvažování linek

Typy úloh vyvažování:

- při stanoveném času výrobního cyklu minimalizujeme počet pracovišť
- při stanoveném počtu pracovišť minimalizovat čas výrobního cyklu linky

Základní zásady:

- dodržení technologických návazností z montážního nebo výrobního postupu
- součet času všech operací na jednom pracovišti nesmí přesáhnout čas výrobního cyklu

Zásady ergonomie

Pro návrh uspořádání pracovišť je vždy nutné zohlednit zásady ergonomie, aby jednotlivé pracovní stanice a materiál byly rozmístěny v dosahu operátora ve správné výšce. Výšku ovlivňuje pracovní poloha operátora. Ta může být v sedu nebo ve stoje. V našem případě budou střídána pracoviště, postoj tedy musí být ve stoje. [7]

Výška pracovní roviny je určena podnikovými standardy na 1050 mm. Žádný manipulovaný předmět nebude umístěn nad úroveň ramen. Při volbě výšky pracovní plochy musí být také zohledněny požadavky na zrak – rozlišovací schopnost operátora. Operace s vyšší náročností na rozlišovací schopnost musí být umístěny blíže očím. Rozlišovací schopnost se posuzuje dle velikosti kritického detailu, což je určitý prvek – rozměr, který je nutné operátorem rozeznat. Zorné vzdálenosti dle kritického detailu: [7]

A – minimální vzdálenost 12–25cm – nejjemnější pracovní činnosti – detail až 0,2 mm

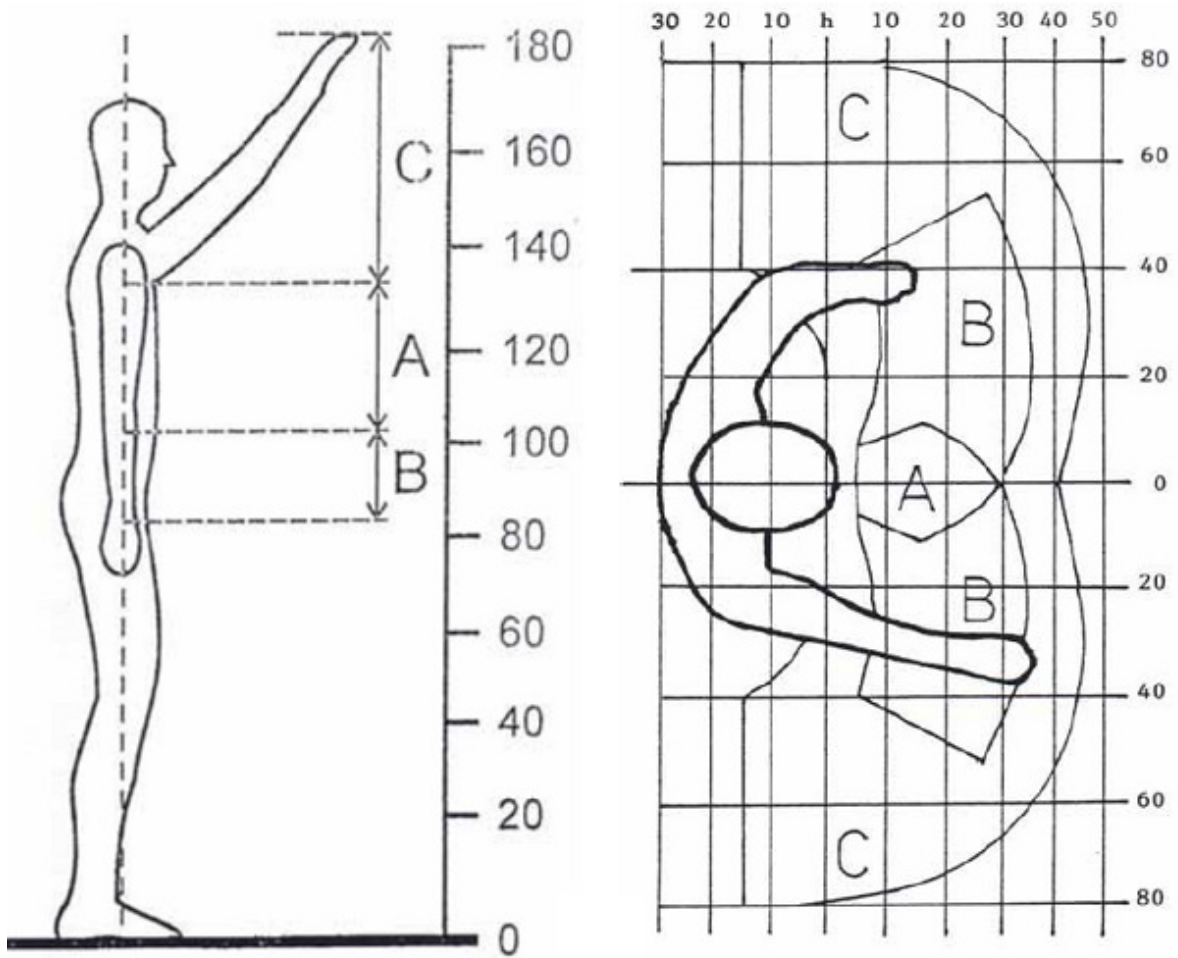
B – vzdálenost 25-35cm - střední požadavky – detail přibližně 1 mm

C – vzdálenost 25-50 cm – nižší požadavky na zrak (většina montážních činností)

D – vzdálenost 50 a více – malé požadavky na zrak (manipulace, hrubá montáž, chůze)

Co se týče plošného rozmístění, bude do schématu linky zakreslena šablona dosahů v měřítku a poté budou prvky montážního systému rozmístěny v co nejlepším oblasti dle dosahu. Šablonu dosahů operátora lze vidět na obrázku 8. Protože na pracovištích budou i ženy, je nutné snížit hranice určené pro průměrně vysokého muže o 10 %. [7]

A- Optimální prostor; B-Normální prostor; C-Maximální prostor



Obrázek 8: Optimální manipulační prostor [7]

2.3 Nástroje pro návrh preventivních kvalitativních opatření a kontrol

2.3.1 FMEA

Analýza možností vzniku vad a jejich důsledků (FMEA) je analýza celého systému včetně rizik, které jsou spojeny s vývojem a plánováním. Současně se snižováním rizik systém i optimalizuje. Jde o základní kámen celého procesu návrhu dostatečných opatření. Jedná se v podstatě o jednoduchou myšlenku – vytvořit seznam všech možných chyb. U těchto chyb je zhodnocena jejich závažnost a poté jsou učiněna odpovídající opatření. [8]

Užitečný je především systémový přístup a hodnocení rizik způsobených danými chybami. Klíčové je nalézt všechny možné vady. To samozřejmě není jednoduché. Základní seznam se většinou přebírá z podobných předcházejících projektů. Dále se využívá brainstorming odborníků nejen z oblasti kvality ale i výroby, kteří mají dostatečné zkušenosti a dokáží odhadnout většinu možných vad. [8]

Historickým vývojem se metoda rozvinula do systémové FMEA produktu a systémové FMEA procesu.

FMEA produktu – zkoumá funkce produktů a systémů až k interpretaci vlastností a charakteristik, tzv. znaků. Při analýze jsou zkoumány možné odchylky a následně se definují opatření, která zajistí naplnění požadavků. [8]

FMEA procesu – analýza zkoumá postupy k výrobě produktů a systémů až k požadavkům na faktory, které proces ovlivňují. Opět se posuzují možné odchylky a definují se opatření. [8]

Jak již bylo řečeno, klíčové je nalézt všechny možné příčiny chyb a v jakých souvislostech můžou chyby vznikat. Pro hledání možných chyb nebo odchylek a jejich příčin jsou používány různé nástroje a postupy pro zajištění kvality. Základním nástrojem pro vytvoření procesní FMEA analýzy je vývojový diagram a brainstorming. Pro zamezení chyby by měla být nalezena kořenová příčina. Pro nalezení kořenových příčin u komplexnějších případů se používá nejčastěji diagram příčin a následků.

Brainstorming

Skupinová technika zaměřená na vytváření co největšího množství nápadů. Je založená na synergii týmu odborníků, kteří společně díky svým zkušenostem a podnětům od ostatních navrhnou všechny možné odchylky. Nápady jsou všechny zaznamenávány a poté diskutovány.

Vývojový diagram

Analyzuje postup procesu a popisuje tok produktu procesem. Měl by zahrnovat každý krok montážního nebo výrobního procesu. Vývojové diagramy mohou mít různé podoby. Pro jednotlivé kroky jsou určeny zdroje odchylek a charakteristiky procesu. Základní otázky, které by měly být vždy zodpovězeny: Jak se má daný proces správně dělat? Jaký je jeho účel? Jaká je jeho funkce? Jaké jsou jeho výstupy? Typický diagram je zobrazen v tabulce 1. [9]

Tabulka 1: Typická podoba vývojového diagramu pro PFMEA

Zdroje odchylek	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu

Cílem celého procesu je získat pro všechny kroky procesu: [9]

- možný způsob poruchy
- možné důsledky poruchy
- určit jejich závažnost
- možné příčiny poruchy
- zjistit nástroje řízení prevence a detekce poruch
- zjistit četnost výskytu
- odhadnout pravděpodobnost výskytu
- odhadnout pravděpodobnost odhalení

Opatření jsou stanovována dle různých ukazatelů. Nejčastěji je ohodnoceno riziko pomocí ukazatele priority rizika – RPN (Risk priority number):

$RPN = \text{závažnost/význam (1 až 10)} \times \text{výskyt (1 až 10)} \times \text{detekce/odhalení (1 až 10)}$

RPN je tedy součin ukazatele závažnosti, výskytu a detekce. Hodnocení ukazatelů bude prováděno dle tabulek 2,3 a 4.

Tabulka 2: Doporučená kritéria pro hodnocení závažnosti [9]

Důsledek	Kritéria: Závažnost důsledku ve vztahu k produktu (Důsledek ve vztahu k zákazníkovi)	Známka hodnocení	Důsledek	Kritéria: Závažnost důsledku ve vztahu k produktu (Důsledek ve vztahu k výrobě / montáži)
Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů	Možný způsob poruchy, který bez varování ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s právními předpisy.	10	Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů	Bez varování může ohrozit operátora (stroj nebo montážní celek).
	Možný způsob poruchy, který i s varováním ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s právními předpisy.	9		S varováním může ohrozit operátora (stroj nebo montážní sestavu).
Ztráta nebo zhoršení primární funkce	Ztráta primární funkce (vozidlo je nepojízdné, neovlivňuje bezpečný provoz vozidla)	8	Závažné porušení	100 % produktů bude muset být vyřazeno. Odstávka linky nebo zastavení dodávky.
	Zhoršení primární funkce (vozidlo je pojízdné, avšak při snížené úrovni technických parametrů).	7	Významné porušení	Část výrobní dávky bude muset být vyřazena. Odchylka od primárního procesu včetně snížené rychlosti linky nebo dodatečného personálu.
Ztráta nebo zhoršení sekundární funkce	Ztráta sekundární funkce (vozidlo pojízdné, ale funkce zajišťující pohodu / pohodlí nejsou funkční)	6	Mírné porušení	100 % výrobní dávky bude muset být přepracováno mimo linku
	Zhoršení sekundární funkce (vozidlo je pojízdné, ale funkce zajišťující pohodu / pohodlí jsou na nižší úrovni technických parametrů).	5		Část výrobní dávky bude muset být přepracováno mimo výrobní linku a schválena.
Nepříjemnost	Vzhled nebo hluk, vozidlo je pojízdné, objekt nevyhovuje a všimla si toho většina zákazníků (> 75 %)	4	Mírné porušení	100 % výrobní série bude muset být přepracováno na pracovišti před dalším výrobním postupem
	Vzhled nebo hluk, vozidlo je pojízdné, objekt nevyhovuje a všimlo si toho mnoho zákazníků (50 %)	3		Část výrobní dávky bude muset být přepracována na pracovišti před dalším postupem.
	Vzhled nebo hluk, vozidlo je pojízdné, objekt nevyhovuje a všimli si toho hodně nároční zákazníci (< 25 %)	2	Minimální porušení	Drobná nepříjemnost ve vztahu k procesu, operaci nebo k operátorovi
Žádný důsledek	Žádný znatelný důsledek	1	Žádný důsledek	Žádný znatelný důsledek

Tabulka 3: Doporučená kritéria pro hodnocení pravděpodobnosti výskytu [9]

Pravděpodobnost poruchy	Kritéria: výskyt příčiny - PFMEA (Počet případů na počet objektů / vozidel)	Známka hodnocení
Velmi velká	≥100 na tisíc ≥1 z 10	10
Velká	50 na tisíc 1 z 20	9
	20 na tisíc 1 z 50	8
	10 na tisíc 1 z 100	7
Střední	2 na tisíc 1 z 500	6
	0,5 na tisíc 1 z 2000	5
	0,1 na tisíc 1 z 10 000	4
Malá	0,01 na tisíc 1 z 100 000	3
	≤ 0,001 na tisíc 1 z 1 000 000	2
Velmi malá	Porucha je eliminována nástroji řízení prevence.	1

Tabulka 4: Doporučená kritéria pro hodnocení detekce [9]

Možnost detekce	Kritéria: Pravděpodobnost odhalení nástrojem řízení procesu	Známka hodnocení	Pravděpodobnost odhalení
Žádná možnost detekce	Žádný nástroj řízení pro stávající proces; nelze odhalit nebo není analyzováno	10	Téměř nemožná
V žádné etapě není pravděpodobná možnost detekce	Není snadné zjistit způsob poruchy a/nebo chybu (příčinu) (např. namátkové audity).	9	Velmi mizivá
Detekce problému po provedení operace	Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem pomocí vizuálních / taktilních / akustických prostředků.	8	Mizivá
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy na pracovišti operátorem pomocí vizuálních / taktilních / akustických prostředků nebo po provedení operace s využitím atributivního měření (vyhovuje/ nevyhovuje, ruční kontrola utahovacího momentu / maticový klíč atd.)	7	Velmi malá
Detekce problému po provedení operace	Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem s využitím měření proměnných veličin nebo na pracovišti operátorem s využitím atributivního měření (vyhodnocuje - vyhovuje / nevyhovuje, ruční kontrola utahovacího momentu / maticový klíč atd.)	6	Malá
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy nebo chyby (příčiny) na pracovišti operátorem s využitím měření proměnných veličin nebo automatizovaných nástrojů řízení na pracovišti, kterými se zjistí neshodný díl a uvědomí se operátor (světlo, akustický signál atd.). Měření se provádí při nastavení a kontrole prvního kusu (pouze pro příčiny při nastavování).	5	Střední
Detekce problému po provedení operace	Detekce způsobu poruchy po provedení operace automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se zablokuje, aby se zabránilo další výrobní operaci.	4	Středně velká
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se automaticky zablokuje na pracovišti, aby se zabránilo další výrobní operaci.	3	Velká
Detekce chyby a/nebo prevence problému	Detekce chyby (příčiny) na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí chyba a zabrání se zhotovení neshodného dílu.	2	Velmi jistá
Detekce není aplikovatelná; prevence chyby	Prevence chyby (příčiny) v důsledku návrhu upínacího přípravku, návrhu stroje nebo návrhu dílu. Neshodné díly nemohou být vyrobeny, protože objekt je díky návrhu procesu / produktu odolný proti chybám.	1	Téměř jistá

Použití pouze hodnoty RPN pro určení priority je nedostatečné, jak je vidět na příkladu v tabulce 5. Velice závažná chyba může být vyhodnocena jako méně významná. Při prahové hodnotě 100 nebude navrženo další opatření. Kromě RPN je tedy vhodné kombinovat různé ukazatele i zvažovat rizika jiným způsobem než pouze pomocí ukazatelů. [9]

Tabulka 5: Příklad pro prahovou hodnotu 100 [9]

Krok	Závažnost	Výskyt	Detekce	RPN
X	9	2	5	90
Y	7	5	3	105

Snížit jednotlivé ukazatele lze následujícími způsoby: [9]

- Závažnost

Ve většině případů je závažnost daná a nelze měnit. V některých případech lze snížit hodnotu změnou návrhu produktu. Závažnost pak musí být znovu přezkoumána celým týmem.

- Výskyt

Snížování výskytu se může podařit odstraňováním příčin poruch produktu nebo procesu.

- Detekce

Snížení tohoto ukazatele lze docílit použitím účinnější ochrany proti vzniku poruch nebo návrhem lepší metody detekce.

2.3.2 Poka-Yoke

Tato metoda má za cíl zamezit vzniku chyby nebo chybu okamžitě detekovat. Cíleně jsou takto odstraňovány především chyby způsobené lidským faktorem. K tomuto účelu se používají co nejjednodušší prvky jako zarážky, orientační prvky, snímače polohy atd., aby bylo zamezeno například založení součástky ve špatné orientaci. Použitím jednoduchých prvků je docíleno nízkých investičních nákladů a je zajištěna spolehlivost. [10]

K nejčastějším chybám patří: [10]

- zapomenutí
- zaměnění
- vyměnění
- nedorozumění
- informační nedostatky

System má být navržen tak, aby bylo při výskytu chyby zamezeno pokračovat v procesu výroby. [10]

2.4 Představení skupiny KOSTAL

Diplomová práce byla vytvářena ve spolupráci se společností KOSTAL CR s.r.o. KOSTAL je rodinný podnik s dlouholetou tradicí. Byl založen rodákem z Mnichova Hradiště v německém městě Lüdenscheid. Zakladatelem byl Leopold Kostal, původně Košťál. Tato společnost se rozrostla ve skupinu působící po celém světě (obrázek 8). V případě potřeby je možné případné problémy konzultovat s techniky například z Číny, Brazílie, Mexika a především z mateřské společnosti sídlící v Německu. Odtud jsou všechny projekty řízeny. [11]



Obrázek 9: Působení skupiny KOSTAL [11]

Společnost je zaměřena na vývoj a výrobu elektroniky a elektromechanických komponentů pro automobily. Mezi zákazníky patří například VW, ŠKODA, AUDI, PORSCHE, FORD, PSA, Mercedes-Benz, FIAT a další. [11]

V České republice působí skupina KOSTAL prostřednictvím dceřiné společnosti KOSTAL CR, spol. s.r.o. od roku 1993. Nejdříve zde začala působit v malé provozovně v Hořovicích. Později vystavěla moderní závod se dvěma novými moderními výrobními halami ve Zdicích. Pod tímto závodem byla založena další dceřiná společnost v Bulharsku – KOSTAL Bulgaria Ltd., kam se přesouvá manuálně náročnější výroba a společnost díky tomu zůstává konkurence schopná. Montážní systém navrhovaný v této diplomové práci je určen právě pro dceřinou společnost sídlící v Bulharsku. [11]

2.4.1 Produkty společnosti KOSTAL CR spol s.r.o. a KOSTAL Bulgaria Ltd.

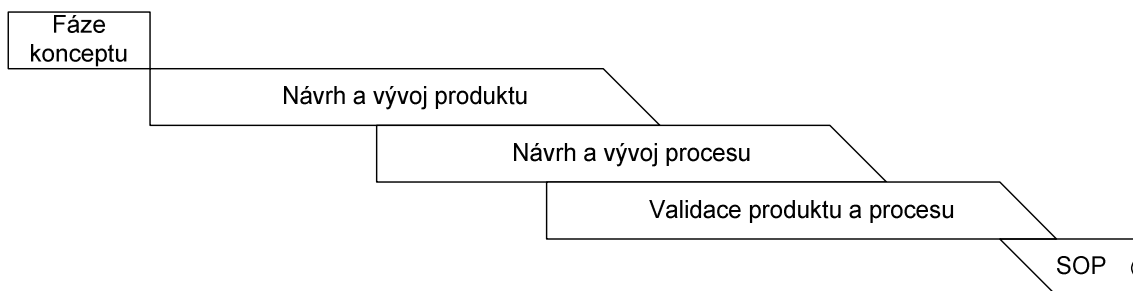
Společnost KOSTAL CR se specializuje na výrobu a montáž podvolantových modulů. Jeden z hotových výrobků je vidět na obrázku 2 a předmětem montáže v navrhovaném montážním systému bude právě podvolantový modul. Montážním systémem bude poloautomatická montážní linka finální montáže. Před finální montáží jsou vyrobeny nebo nakoupeny jednotlivé díly. Součástí výrobního závodu jsou vždy montážní haly a lisovna, kde jsou vyráběny plastové komponenty. Komponenty jsou dopraveny na jednotlivé montážní linky, kde jsou vyrobeny podsestavy. Ty pak dále putují na linku finální montáže. Zde dojde ke složení finální sestavy podvolantového modulu. Příklad podvolantového modulu je vidět na obrázku 10.



Obrázek 10: Podvolantový modul [11]

2.5 Projektové řízení ve společnosti KOSTAL

Před spuštěním sériové produkce je nutné projít procesem vývoje výrobku a výrobního procesu. Tento proces je až po SOP (začátek sériové výroby) řízen dle zásad projektového managementu. Jednotlivé fáze jsou zobrazeny na obrázku 11. Poté je předán výrobnímu úseku a řízen daným podnikovým systémem určeným pro řízení sériové produkce.



Obrázek 11: Fáze v projektu

2.5.1 Fáze koncepce

Fáze začíná tím, že zákazník osloví dle svého uvažení vhodného dodavatele, aby učinili nabídku na návrh a výrobu určitého projektu. Dodavatelům zašle zadání obsahující veškeré požadavky na výrobek, na proces výroby a také časové a množství údaje. V tomto konkrétním projektu je start sériové produkce automobilu naplánován na srpen 2016. Množství požadovaných kusů je stanoveno na 265 000 ks ročně. Začátek sériové produkce podvolantového modulu je předsunut, montážní linky musí projít procesem odladění. Je také nutné vyrobit vzorky pro testy. Montážní linky jsou tedy navrženy a vyrobeny přibližně rok před začátkem sériové produkce automobilu. První zkušební provoz s účastí zákazníka v tomto projektu je naplánován přibližně na srpen 2015.

Dodavatelé dle zadání posoudí zda mohou požadavky splnit, připraví konceptuální návrh výrobku a výrobního procesu. Dle podkladů stanoví cenu a proběhnou jednání, ve kterých jsou upřesněny případné nejasnosti a je diskutováno o nabídnutých cenách. Poté zákazník vybere dodavatele a tím je ukončena první fáze – koncepce.

Pro navrhovaný montážní systém byla vytvořena koncepce montážního systému, jejíž schéma a základní údaje jsou vidět na obrázku 12.

Umístění: Kostal Bulharsko

Počet operátorů: 4

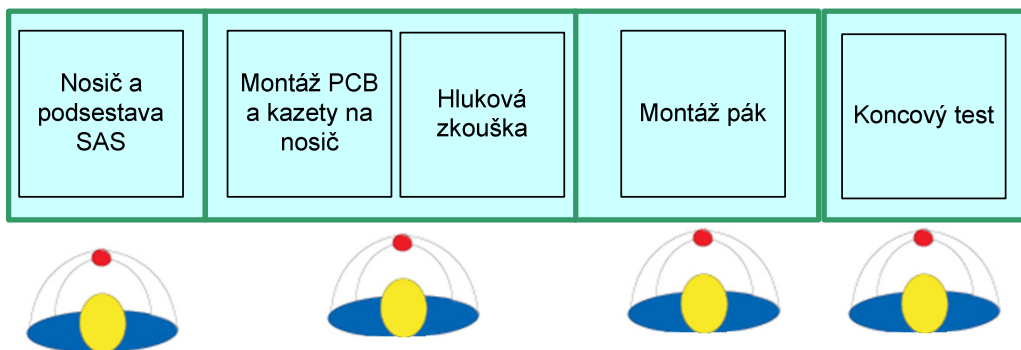
Počet seřizovačů: 0,33

Počet směn: 3

Investice do montážního zařízení 10 000 000 Kč

Energie: 1,5 kWh

Prostor: 16m²



Obrázek 12: Koncept montážního systému

2.5.2 Fáze návrhu a vývoje výrobku

Druhá fáze začíná, pokud je firma vybrána ve výběrovém řízení. Oddělení vývoje pokračuje v práci, odrazovým můstkem je návrh vytvořený ve fázi konceptu. Během vývoje jsou vyráběny prototypy, na kterých je testováno naplnění požadavků zákazníka. Zákazník také požaduje prototypy, které montuje přímo do vozidla a testuje. Výroba prototypových vozidel je přísně utajená a v hale, kde jsou montována mohou být přítomni pouze osoby se zvláštní propustkou. Protože se tento konkrétní projekt nachází v předseriové fázi, nebudou zobrazovány přesně jednotlivé díly, ale budou na obrázcích použité díly z jiných projektů. Některé obrázky budou dále upraveny, aby nebyly vyneseny žádné citlivé údaje. Poté co je návrh produktu dokončen a prototypové vzorky jsou otestovány a uvolněny zákazníkem, je fáze návrhu a vývoje výrobku dokončena. [12]

2.5.3 Fáze návrhu a vývoje procesu

Třetí fáze nezačíná po dokončení fáze druhé, ale na návrhu a vývoji procesu je zapotřebí začít pracovat již dříve, aby bylo možné splnit dohodnuté časové termíny. Po hlavních upřesněních v návrhu výrobku se již dá předpokládat, že se výrobek nebude výrazně měnit a je možné začít pracovat na návrhu výrobního procesu. Společně s upřesněními výrobku se zpřesňuje návrh výrobního procesu.

Tato diplomová práce se zabývá právě tímto návrhem montážního procesu pro projekt, který se nachází právě v této fázi. Dodavatel výrobku, v tomto případě firma KOSTAL CR, většinou nemá kapacity a prostředky pro konstrukci a výrobu všech svých linek. Oddělení plánování výroby ve spolupráci s oddělením plánování kvality a za podpory dalších odborných útvarů zhotoví zadání, které rozpošle svým osvědčeným dodavatelům. Poté proběhne výběrové řízení a vybraná firma dle zadání provede konstrukci a výrobu dané montážní linky. Po celou dobu konstrukce je dodavatel dozorován a spolupracuje se zadavatelem, aby byla konstrukce v souladu se zadáním a s přáními zákazníka.

2.5.4 Fáze validace produktu a procesu

Návrh a vývoj musí být ověřen, aby bylo zajištěno, že došlo ke splnění požadavků a představ zákazníka. Tato fáze se prolíná se druhou a třetí fází. To je důležité především proto, aby bylo možné případné nedostatky změnit a neovlivnit přitom negativně časový harmonogram. Pro potvrzení správnosti návrhu produktu je použito prototypových vzorků. Pro potvrzení správnosti návrhu montážního systému je před sériovou produkcí provedeno několik zkušebních provozů. Dle případných problémů během těchto zkušebních provozů je případně montážní systém upravován. Dále je také testována způsobilost jednotlivých procesů. Při splnění všech požadavků a dokázání, že jsou procesy způsobilé, dojde k předání montážního systému oddělení výroby a projekt je dokončen při SOP – startu sériové produkce.

2.6 Charakteristika montáže a výroby ve firmě KOSTAL CR spol s.r.o. a KOSTAL Bulgaria Ltd.

Jak již bylo napsáno, společnost se zabývá výrobou a montáží pro automobilový průmysl a specializuje se na jeden typ produktů. Díky tomu jsou výrobky na dobré technické úrovni.

Pro firmu je typická nestacionární montáž s linkovou strukturou. Montáž probíhá na více specializovaných pracovištích – jde o montáž proudovou s tvrdou automatizací. Před startem sériové produkce je tedy nutné navrhnout a vyrobit jednoúčelové zařízení, na kterém bude probíhat výroba. Tato práce bude mimo jiné sloužit jako podklad pro zadání, dle kterého bude zhotoveno jednoúčelové zařízení pro daný projekt.

Stupeň automatizace závisí na plánovaném objemu výroby a lokality, kde se zařízení nachází. Souvisí to především se mzdovými a režijními náklady. Pokud je například montážní linka určena pro KOSTAL CR, vyplatí se spíše automatizované linky již od objemů nad 500 000 ročně. Pokud je roční objem 1 000 000 ks/rok, pak se vyplatí automatizovat většinu činností. Manuální operace jsou stále nutností tam, kde je automatizace velmi obtížná nebo nemožná. S vývojem a inovací bude ale těchto činností stále ubývat. Pro závod sídlící v Bulharsku je prozatím upřednostňována manuální montáž nebo jednoduché montážní stroje.

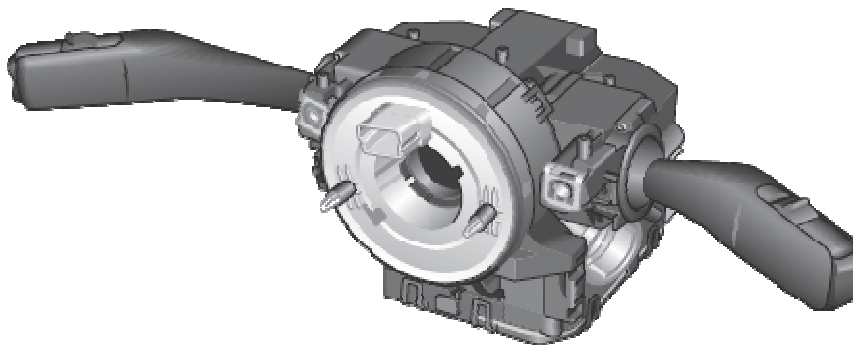
2.7 Vymezení hranic navrhovaného montážního systému

Před začátkem návrhu systému je důležité vymežit jeho hranice. Navrhovaný montážní systém bude tvořen montážní linkou, operátory a zásobníky na vstupní materiál a hotové díly. Zásobování materiálem je již mimo navrhovaný systém, stejně jako doprava hotových výrobků či jiných materiálů z linky. Způsob řízení výroby a přívod energií nebude součástí návrhu. Systém řízení výroby probíhá dle standardů firmy. Přívod energií je zajištěn centrálním rozvodem.

3 Popis produktu

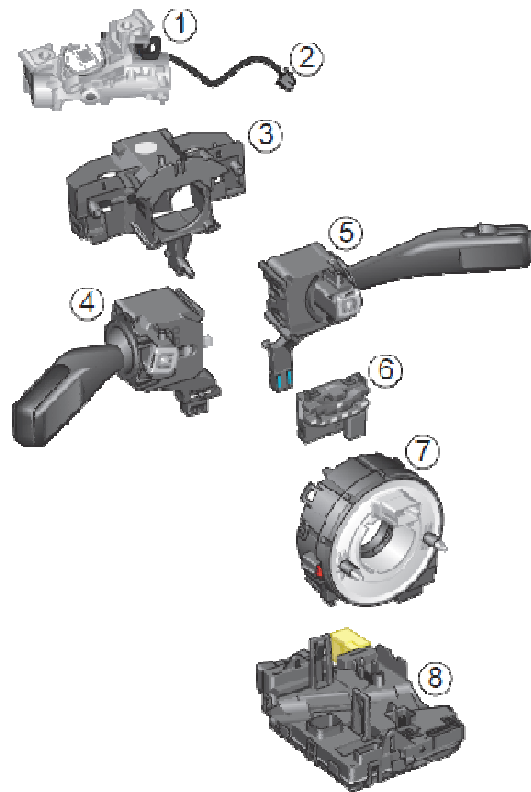
3.1 Obecný popis podvolantového modulu

Montážní linka bude sloužit k výrobě podvolantového modulu, jaký je například vidět na obrázku 13.



Obrázek 13: Podvolantový modul [13]

S postupem doby, růstem počtu funkcí a snaze o co nejkomfortnější ovládání příslušných funkcí automobilu se rozšiřovalo použití této součásti automobilu. Podvolantový modul nyní slouží ke shromažďování všech vstupních signálů na sloupku řízení. Tyto signály předává jednotlivým systémům automobilu, kde jsou následně zpracovávány. Modul také umí signály z vozidla zpracovávat. Je použit pro shromažďování dat. Existuje mnoho variací konkrétních řešení podvolantových modulů. Na obrázku 14 je vidět častý případ uspořádání. [13]



Obrázek 14: Příklad uspořádání podvolantového modulu [13]

Součástí modulu tedy bývá: [13]

1 – zapalovač: pomocí zapalovače jsou spínány signály pro palubní síť jako například při startování vozidla. Dále také zapalovač může uzamknout volantovou tyč díky přenosu pohybu od vložky zámku ke spínači zapalování.

2 – propojovací vedení

3 – nosič: slouží k uchycení jednotlivých součástí podvolantového modulu a nese i prvky, které slouží k uchycení celého modulu k volantové tyči.

4 – páčka směrových světel: ovládá směrová světla a obvykle spíná i světelnou houkačku, dálková světla, případně další funkce.

5 – páka stěračů – ovládá funkce stěračů a případně další funkce.

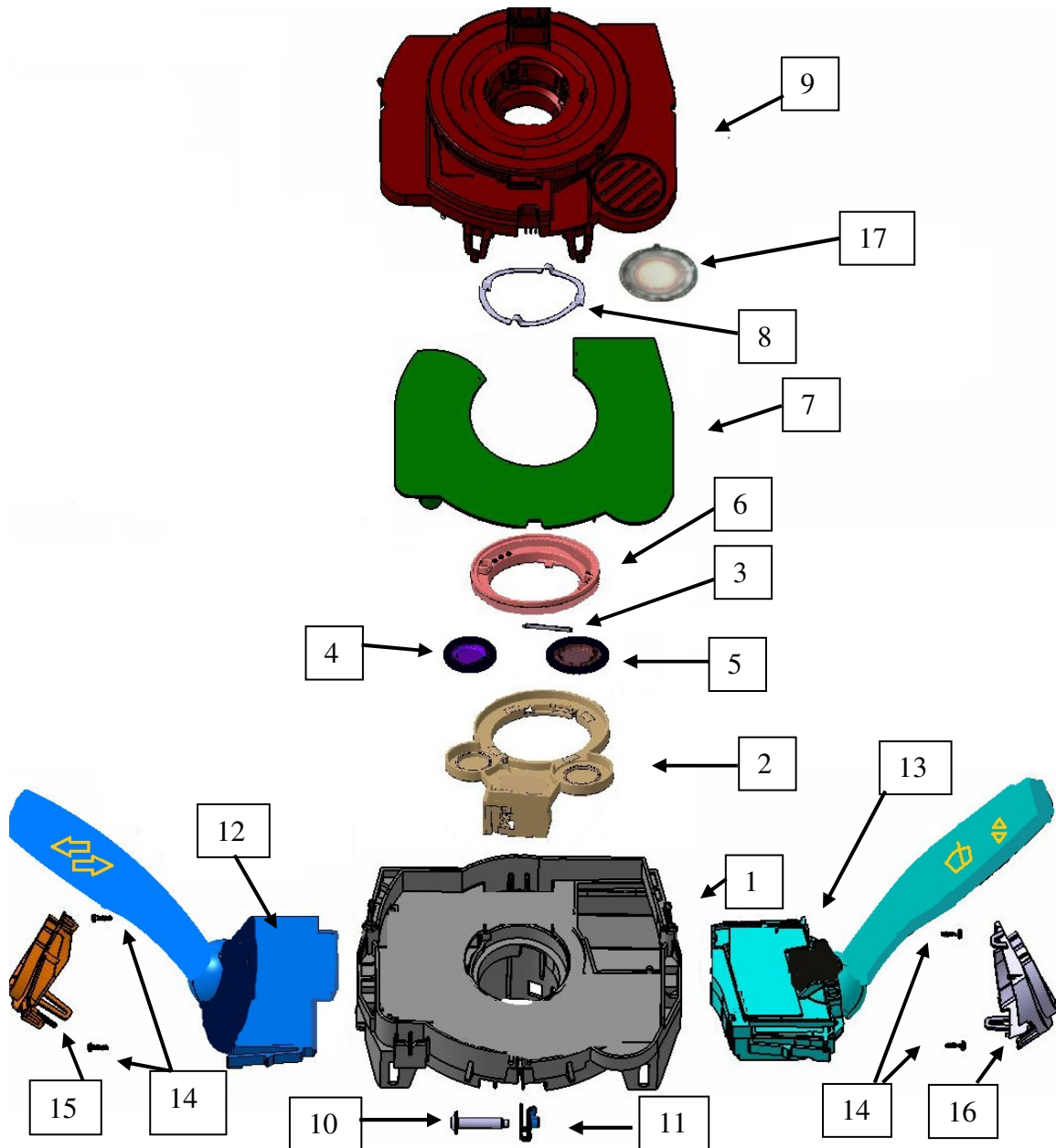
6 – snímač natočení volantu - SAS (Steering Angle Sensor): často bývá součástí podvolantového modulu i senzor natočení volantu, který snímá úhel, o který bylo natočeno volantem. Tento úhel poté vyhodnocují další systémy vozidla, jako jsou posilovač řízení a bezpečnostní systém ESP pro stabilizaci podvozku.

7 – kontaktní kroužek (kazeta): slouží k přenosu signálu mezi volantem a dalšími systémy. Funkce kazety je klíčová nejen kvůli funkci klaksonu a multifunkčních tlačítek, ale především pro přenos signálu pro airbag.

8 – řídicí jednotka podvolantového modulu – je určena pro vyhodnocení signálů, uchovávání informací a ke komunikaci se zbytkem automobilu.

3.2 Analýza sestavy

Konkrétní uspořádání modulu, pro který je navrhován montážní systém, je zobrazeno na obrázku 15.



Obrázek 15: Rozpad konkrétního modulu

V tomto konkrétním případě je dodáván modul bez zapalovače. Elektronika a snímač natočení volantu jsou integrovány do těla nosiče. Podstavy páček a kazety vstupují na linku již smontovány. Sestava je tedy smontována z dílů zobrazených na obrázku 15 a popsaných v tabulce 6.

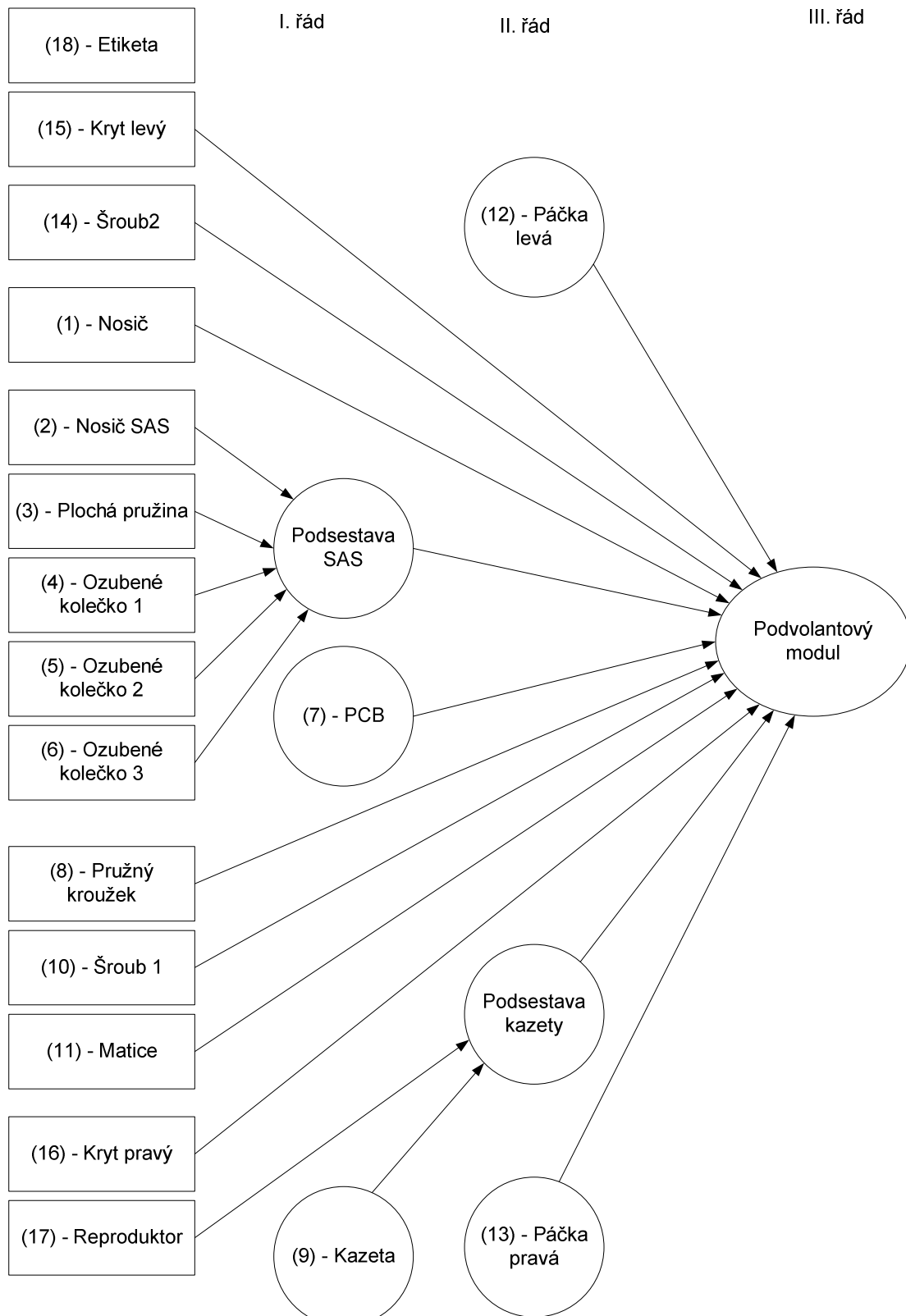
Tabulka 6: Seznam komponent

Číslo dílu	Název	Počet	Typ	Materiál
1	Hlavní nosič	1	Součást	Plast
2	Nosič SAS	1	Součást	Plast
3	Plochá pružina	1	Součást	Kov
4	Kolečko1	1	Součást	Plast, magnet
5	Kolečko2	1	Součást	Plast, magnet
6	Kolečko3	1	Součást	Plast
7	PCB	1	Podsestava	Plast/kov
8	Pružný kroužek	1	Součást	Kov
9	Kazeta	1	Podsestava	Plast
10	Šroub1	1	Součást	Kov
11	Matice	1	Součást	Kov
12	Páčka levá	1	Podsestava	Plast
13	Páčka pravá	1	Podsestava	Plast
14	Šroub2	4	Součást	Kov
15	Kryt levý	1	Součást	Plast
16	Kryt pravý	1	Součást	Plast
17	Reproduktor	1	Součást	Součást
18	Etiketa	1	Součást	Plast

Podvolantový modul bude vyráběn v několika variantách. Rozdíl je v počtu funkcí jednotlivých vstupujících podstav PCB, páček a kazety. Vnější tvar je vždy stejný. Každá vstupující podsestava nese etiketu se sériovým číslem (na etiketě je číslo zaneseno také čárovým kódem, aby bylo možné sériové číslo automaticky načítat). Díky sériovému číslu lze rozlišit, zda vstupuje správná varianta podstav. Před montáží podstav je tedy nutné načítat čárový kód.

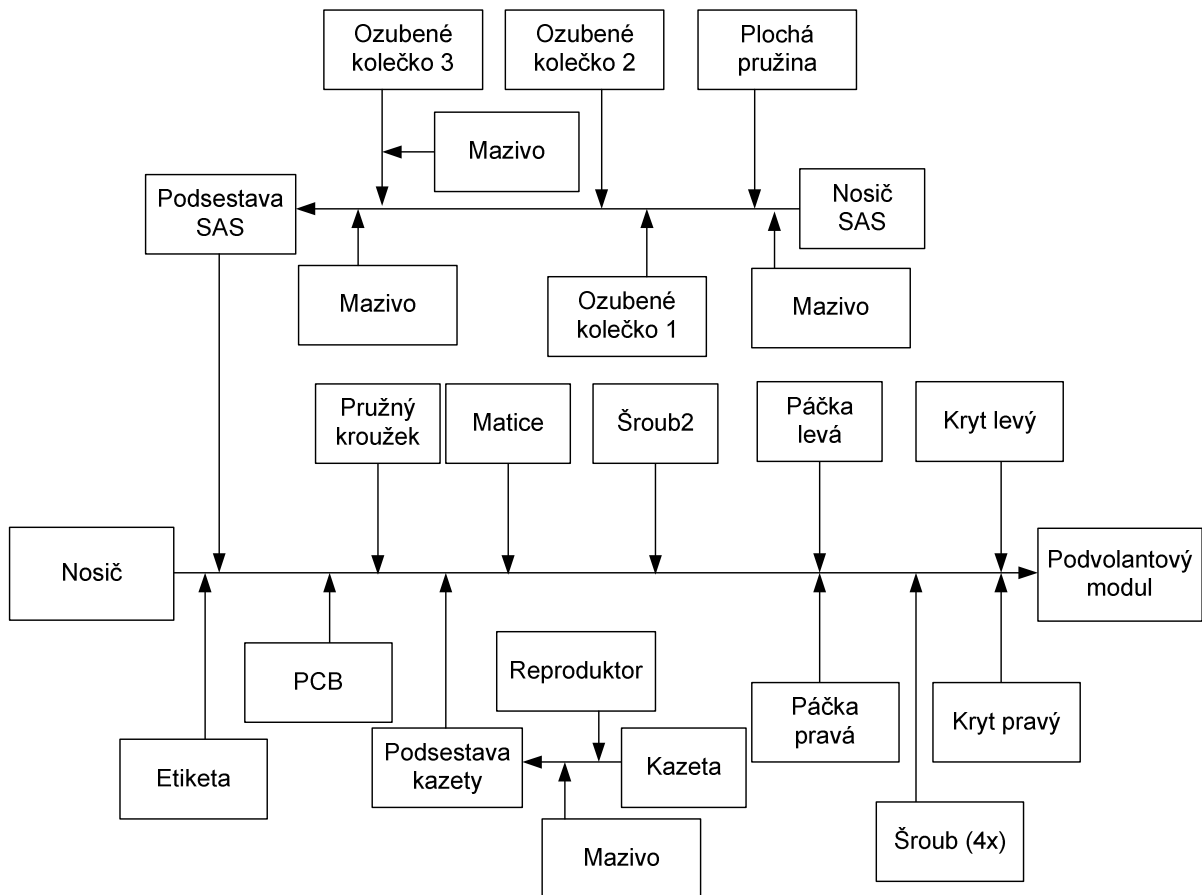
Sériové číslo je také využito pro zpětnou dohledatelnost, dále je v systému také možné ověřit, zda byla podsestava opravdu testována na předchozí montážní lince.

Skladbu modulu rozdělenou do podstav (v kroužcích) a jednotlivých komponent (v obdélnících) lze vidět na obrázku 16. Komponenty podstav vstupující na navrhovanou linku již zkompleťované nejsou zobrazeny. Netýkají se navrhovaného montážního systému.



Obrázek 16: Schéma stavby modulu

Na obrázku 17 je vypracováno technologické schéma montáže. Posloupnost navržených kroků a případné optimalizace budou posouzeny při návrhu montážního postupu.



Obrázek 17: Technologické schéma montáže

4 Návrh technologie montáže

Při návrhu montážní technologie bude nejprve kapacitními propočty stanoven čas výrobního cyklu linky, dle zadaných předpokládaných ročních potřeb. Dle analýzy sestavy na základě technologickém schématu jsou určeny jednotlivé kroky montáže. Pro ně je důležité zohlednit všechny omezující parametry a zajistit postup odolný chybám. Pro plánování kvalitativních opatření byla vyvinuta FMEA analýza. Pomocí analýzy FMEA za podpory metody POKA-YOKE bude přizpůsoben montážní postup. K němu budou navrženy kvalitativní opatření a kontroly. Po stanovení jednotlivých kroků montáže je zapotřebí určit jejich čas. Díky specializaci společnosti na konkrétní produkt je možné čas pro většinu kroků naměřit na podobných montážních procesech. Pro kroky montáže, jež není možné časově ohodnotit tímto způsobem, je možné použít metody předem stanovených časů. Poté co je znám čas jednotlivých kroků, je možné přiřadit kroky montáže jednotlivým pracovištím a dle zásad štlhlé výroby navrhnout vyváženou linku. Důležité je vzít v úvahu všechny omezující prvky a neověřené rizikové montážní postupy ověřit experimentálně.

4.1 Kapacitní propočty – stanovení času výrobního cyklu

Při určení času cyklu je výchozím údajem roční objem výroby. Ten je určen dle zákazníkem udávané křivky, která znázorňuje předpokládané množství prodaných vozů

Pro tento konkrétní případ byl stanoven objem výroby na 265 000 ks ročně.

Předpokladem je 5denní provoz v třísměnném režimu – tzn. 3 x 7,5 hodiny. Pro rok se předpokládá 250 pracovních dní.

Pro poruchy a prostoje se předpokládá 15 %. Ty je tedy potřeba od výrobního času odečíst.

Na lince nebude prováděna žádná složitá změna na zařízení při změně varianty. Prostoj na změnu vstupního materiálu je zahrnut v uvedených 15 % pro prostoje.

Pro operátora musí být k normě přičteno 8 % pro udržování pitného režimu a dalších osobních potřeb. Je tedy k dispozici o 8 % méně času.

Výpočet vychází z obecně známých informací a podnikových zvyklostí.

CT – čas výrobního cyklu

$T_{dpč}$ – dostupný pracovní čas

N_{pd} – počet pracovních dní v roce

N_{ps} – počet směn

N_{hs} – počet hodin na směnu

P_s – převod na sekundy

S_o – součinitel zohledňující osobní potřeby operátorů – předpokládáno snížení dostupného času o 8 % (přestávky pro zajištění fyzických potřeb jako je pitný režim atd.)

S_{ps} – součinitel zohledňující poruchy stroje – předpokládáno 15 % snížení dostupného času z důvodů poruch stroje nebo jiných technických důvodů

Q - roční objem výroby

$$CT = \frac{T_{dpč}}{Q} [s]$$

$$CT = \frac{N_{pd} \cdot N_{ps} \cdot N_{hs} \cdot P_s \cdot S_o \cdot S_{ps}}{Q} = \frac{250 \cdot 3 \cdot 7,5 \cdot 3600 \cdot 0,92 \cdot 0,85}{265000} \cong 60[s]$$

Čas výrobního cyklu je určen na 60 sekund.

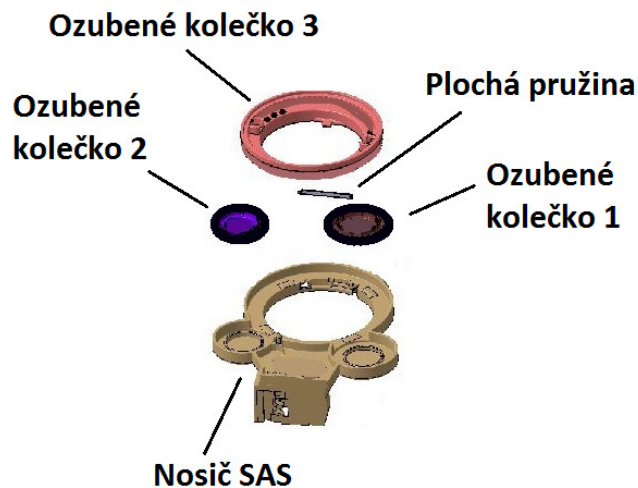
4.2 NÁVRH MONTÁŽNÍHO POSTUPU

Tvorba montážního postupu se odvíjí především od konstrukce dílu. Protože je firma Kostal CR specializovaná na výrobky tohoto typu, bude možné vycházet z již používaných technologií. Montážní systém je určen v podstatě pro jeden druh produktu. Varianty se liší pouze podle počtu funkcí jednotlivých podsestav. Jediná součást, která se liší tvarem pro různé varianty, je nosič. Odlišnost je pouze v počtu konektorů. Potřeba flexibility montážního systému je tedy nízká.

Pro firmu KOSTAL se staly postupem doby obvyklé automatizované montážní systémy schopné ročně produkovat milion kusů. Objem výroby 265 000 ks ročně je tedy poměrně nízký. Proto je také montážní systém cíleně plánován umístit v bulharském závodu, kam se přesouvá manuální výroba. Vzhledem k těmto okolnostem bude maximální počet kroků volen tak, aby byl prováděn operátorem. Při vyvažování bude posouzena možnost automatizovat některé činnosti, aby byly časy co nejvíce vyrovnané. Pro montáž jsou také klíčové požadavky pro zajištění kvality produkce. Tyto požadavky musí být zvažovány již při návrhu, pro zajištění preventivních opatření.

4.2.1 Montážní podsestava SAS

Nejjednodušším řešením montáže se na první pohled zdá montáž podsestavy SAS (obrázek 18) přímo na nosič. Situace je ale komplikována použitím ploché pružiny v sestavě. Pružina je na nosič SAS umístěna pouze navlečením na kolík a založením do drážky na druhé straně. V pozici je držena ozubeným kolečkem 3. To není ale zajištěno před dokončením montáže až do stupně, kdy se na ozubené kolečko 3 vloží pružný kroužek a podsestava nosiče je smontována dohromady s podsestavou kazety. Kazeta je již stabilně spojena s nosičem a působí přítlačnou silou na pružný kroužek, a tím drží ozubené kolečko v pozici. Lidský faktor by v tomto případě mohl způsobit montáž neshodného výrobku. Mohlo by dojít například k opomenutí montáže ploché pružiny. Pokud by byla sledována pouze přítomnost před založením ozubeného kolečka 3, mohlo by dojít nevhodnou montáží k vytlačení ploché pružiny ven z nosiče SAS. Pokud by byla podsestava přenášena z místa na místo, mohla by také být nevhodnou manipulací rozložena a při opětovném skládání by se mohla plochá pružina opomenout.



Obrázek 18: Rozpad podsestavy SAS

Pro potlačení všech vlivů lidského faktoru bude nejvhodnější zkontrolovat pozici ploché pružiny ve složené podsestavě SAS a poté zkompletovat automatickou manipulací, při které bude ozubené kolečko 3 přidržováno. Automatický systém lze navrhnout robustně a lze tak předejít náhodným chybám, které dříve či později vlivem lidského faktoru nastanou. Přítomnost a pozici lze zkontrolovat kamerovým testem, ale pouze v případě, že podsestava není ještě založena na nosič. Tímto je tedy určeno, že montáž podsestavy bude probíhat odděleně od nosiče a na něj bude pak celá podsestava přenesena automatickým manipulátorem po kamerové kontrole.

Montáž celé podsestavy začíná uchopením nosiče SAS a jeho namazáním. Pro proces mazání je vždy nutné zajistit pozici a množství maziva. Mazání lze provádět dvěma způsoby. První možností je mazání jednou tryskou, kterou se postupně aplikují jednotlivé body. Výhodou je jednodušší zajištění rovnoměrnosti dávky tuku. Nevýhodou je nutnost tryskou pohybovat z jednoho místa na druhé. To znamená vyšší časovou náročnost a také větší náklady na složitější manipulátor. Druhou variantou je použít mazací hlavu, která má stejný počet vývodů maziva jako je mazacích bodů. Díky tomu je tuk nanesen rychle – všechny body v jeden okamžik. Není potřeba pohybovat tryskou mezi jednotlivými body. Dodržením zásad konstrukce, které vyplývají ze zkušeností z předchozích projektů, je také možné zajistit rovnoměrnost dávky. Porovnáním těchto možností se jeví jako nejlepší použít mazací hlavu.

Díl SAS nosič bude namazán v přípravku, do kterého bude vložen operátorem. V přípravku bude implementován rozvod maziva a senzor, který po zjištění přítomnosti spustí mazání. Protože tuk je aplikován na vnitřní stěny, nehrozí setření tuku rukou operátora. Ten tedy může po namazání SAS nosič vyjmout.

Po namazání SAS nosiče je na něj potřeba umístit plochou pružinu. Jde o náročnou montáž, vzhledem k rozměrům pružiny. Vzhledem k tomu musí být přizpůsobena výška pracovní roviny. Kritický detail, který je nutné rozlišit, je přibližně 1 mm. To znamená zornou vzdálenost 25 až 35 cm.

Nejjednodušším řešením bude v tomto případě montáž před vložením do lůžka. Výšku pracovní roviny si tedy pracovník určí sám tak, aby mu vyhovovala. Díky tomu nebude

problém s rozdílností pracovníků. Také si bude moci pracovník díly během montáže libovolně orientovat. Po založení ploché pružiny operátor založí nosič SAS s plochou pružinou do přípravku. V přípravku bude vhodné umístit magnet, aby jím byla plochá pružina držena až do doby než se zapře ozubeným kolečkem č. 3. Před založením je jej ovšem nutné namazat v zubových mezerách.

Při hledání optimálního řešení mazání bylo zvoleno několik variant provedení:

- 1) Mazání součásti odděleně v samostatném přípravku a poté přenos na podsestavu.
- 2) Mazání složené podsestavy – aplikace tuku do zubové mezery malého kolečka. Několik mezer je vždy odkryto, je tedy možné namazat zubové mezery při postupném otáčení.
- 3) Mazání protějšího povrchu nosiče SAS.

Ad1: Funkčnost je zajištěna. Problémem je přenos dílu z mazacího přípravku. Mazivo je umístěno na vnější straně součásti a při ruční manipulaci by bylo riziko setření tuku. Nutná je tedy manipulace pomocným přípravkem nebo automaticky.

Ad2: Funkčnost mazání vyzkoušena. Téměř veškerý tuk je vytlačen při prvním záběru.

Ad3: Ozubeným kolečkem je setřeno pouze minimální množství.

Po otestování všech možností byla zvolena varianta 1. Ozubené kolečko bude tedy založeno do přípravku podobně jako nosič SAS. Ruční manipulace operátorem po namazání není vhodná, díl je z vnější strany namazán. Aby nebyla nutná nákladná automatizace manipulace, bude díl přesouvat operátor, ale pomocí přípravku, který umožní uchycení za vnitřní průměr.

Po založení ozubeného kolečka č. 3 založí operátor ještě ozubená kolečka č. 1 a č. 2. Pak je dle mazacího předpisu nutné namazat vrchní stranu všech koleček. Toto mazání bude provedeno společně, protože mazání může probíhat ze stejné strany. Navíc v obou případech musí mazací hlava sjíždět dolů ke kolečkům. Během procesu musí být zamezeno přístupu operátora z důvodu bezpečnosti. To lze vyřešit buďto světelnou bránou nebo mazáním v zakrytovaném přípravku. Vzhledem k nižší cenové náročnosti bude zvolena druhá varianta. Podsestava bude vložena do pojízdného lůžka. To operátor zasune do zakrytované části, kde proběhne mazání.

Takto tedy dojde k montáži podsestavy SAS. Jednotlivé kroky montáže jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Montáž podsestavy SAS

Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory
1	Uchopit nosič SAS	Z bedny o rozměrech 60x40
2	Založit nosič SAS	
3	Namazat nosič SAS	
4	Uchopit plochou pružinu	
5	Založit plochou pružinu	Nutnost poté zkontrolovat kamerovým testem, plochá pružina není po založení pevně uchycena – hrozí vypadnutí
6	Založit podsestavu nosiče SAS a ploché pružiny do přípravku	Podsestava SAS nemůže být skládána přímo na nosič. Poté by nebylo možné zjistit kamerovým testem, zda je plochá pružina ve správné pozici. Po kamerovém testu je možná pouze automatická manipulace bez lidského faktoru – POKA YOKE opatření
7	Uchopit oz. kolečko č. 3	
8	Založit oz. kolečko č. 3 do mazacího přípravku	
9	Namazat oz. kolečko č. 3	
10	Manipulace s oz. kolečkem č. 3 pomocí přípravku	
11	Uchopit oz. kolečko č.1 a č. 2	
12	Založit oz. kolečko č. 1 a č. 2	
13	Zasunout celou podsestavu SAS pod mazací hlavu	Ruční posun
14	Automatické namazání podsestavy	

4.2.2 Podsestava kazety

Podsestava kazety sestává z nalepení reproduktoru na kazetu, která je montována v předchozím montážním systému. Dále pouze z aplikace maziva.

Lepidlo je na reproduktoru již nanášeno od výrobce. Stačí pouze strhnout ochrannou pásku a reproduktor usadit na pozici. Systém je převzat ze starších projektů, takže zde může být převzat systém lepení. Pro zajištění potřebné přitlačné síly je součástí dotlačena. Zároveň je díky dotlačení zajištěna ochrana proti opomenutí stržení pásky. Dotlačení se totiž provádí kovovou částí, pokud by nebyla ochranná pásky stržena, došlo by k přichycení magnetu v reproduktoru a reproduktor by byl zdvižen z pozice. Vyzvednutí bude kontrolováno optickým čidlem. Kazeta je během dotlačení ve vhodné pozici i pro mazání. Nic tedy nebrání aplikovat mazání během dotlačení. Vše bude prováděno v samostatném zakrytovaném přípravku, který je možné umístit kamkoliv na lince. Kroky montáže jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Montáž podsestavy kazety

Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory
15	Uchopit kazetu	
16	Založit kazetu	
17	Uchopit reproduktor	
18	Strhnout ochrannou pásku	
19	Založit reproduktor	
20	Zasunout celou podsestavu	
21	Dotlačení reproduktoru	Kovovou součástí, automatický proces
22	Namazat kazetu	Automatický proces

4.2.3 Složení podsestavy SAS s nosičem, PCB a podsestavou SRC

Na začátku bude nosič označen etiketou, aby bylo možné přiřadit sériové číslo přidaných podsestav z předchozích montážních procesů k finálnímu výrobku. Tímto způsobem je standardně zajištěna zpětná sledovatelnost. Po označení nosiče etiketou je v pořadí montáž podsestavy SAS na nosič. Jak již bylo zmíněno, bude tak být učiněno až po kamerové kontrole pozice ploché pružiny. Přemístění musí být zajištěno automatickým procesem, aby se zamezilo vlivu lidského faktoru.

Po podsestavě SAS je na řadě umístění PCB. Prozatím bude umístění navrženo jako manuální vzhledem k tomu, že automatická montáž není nutná a linka je koncipována jako převážně manuální. Pouze pro zajištění koncové pozice bude PCB dotlačeno. Spojení nosiče, podsestavy SAS a PCB je dle konstrukčního návrhu předepsáno vytvořit nýtováním. Tato technologie je výhodnější oproti šroubování z hlediska rizik spojených s technologií. Ze šroubů se do výrobku mohou dostat kovové ořepy či jiné nečistoty. Je to zvláště rizikové, protože mezi spojovanými součástmi je i deska tištěných spojů – PCB. Nýtování plastů

probíhá tak, že jeden ze spojovaných dílů má výstupky – nýty. Ty jsou teplem a tlakem roznýtovány a vznikne spoj.

Nýtování je možné provádět několika způsoby:

A) Nýtování za studena – pouze pro malé nýty, které je možné deformovat bez zahřívání

B) Nýtování za tepla

-1- jednofázové – a – nýt je zahříván a deformován v jednom kroku (teplo odejmuto prostředím)

– b – nýt je zahříván, deformován a následně chlazen v jednom kroku

– c – nýt je deformován pomocí ultrazvukových vibrací a přítlaku

-2- dvoufázové – nýt je předehříván v prvním kroku a deformován v následujícím (teplo odejmuto nýtovacím nástrojem)

A – vyloučena vzhledem k velikosti

B-1-a – vyloučeno vzhledem k riziku, že pokud není plast chlazen po deformování, ulpívá na nástroji

B-1-b – vhodná technologie

B-1-c – přístroj vytvářející ultrazvukové vibrace by mohl silným magnetickým polem zničit některé citlivé komponenty desky tištěných spojů – vyloučeno

B-2 – riziko poškození PCB během předehřívání nýtů – vyloučeno

Vylučovací metodou byla zvolena metoda B-1-b.

Po nýtování je v pořadí umístění pružného kroužku a podsestavy kazety. Vzhledem k možnosti založit pružný kroužek špatným způsobem, je před montáží podsestavy nutná kamerová kontrola správné pozice. Po kamerové kontrole může dojít k montáži. Vzhledem k nebezpečí poškození kontaktů kazety, pokud by montáž neprobíhala správně, je nutné montáž provádět automaticky. Správná pozice kazety během montáže bude zajištěna tvarem přípravku. Před vlastní montáží kazety bude provedeno čtení etikety se sériovým číslem. Bude ověřeno, že díly prošly testem s kladným výsledkem a dále dojde k přiřazení sériových čísel.

Tabulka 9: Montáž- podsestava SAS, nosič, PCB a podsestava SRC

Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory
23	Uchopit nosič	
24	Označit etiketou	
25	Založit nosič	
26	Uchopit podsestavu SAS	
27	Založit podsestavu SAS	
28	Kam. kontrola	1,5 snímání 2 sek vyhodnocení
29	Montáž podsestavy SAS	Nutné montovat automaticky. Díky uložení s přesahem nutné dolisovat.
30	Uchopit PCB	Nutno uchopit v rukavicích, zabránit kontaminaci PCB tukem nebo kovovými nečistotami - montáž jiným operátorem než který může přijít do styku s mazivem nebo kovovými nečistotami (například ze šroubů).
31	Založit PCB	
32	Dotlačení PCB	automatické dotlačení - přesah
33	Nýtování	
34	Uchopit pružné kolečko	
35	Založit pružné kolečko	
36	Uchopit kazetu	
37	Založit kazetu	
38	Montáž kazety	Automatická montáž, aby nedošlo k poškození pinů a bylo zaručeno, že kazeta dosedne správně orientovaná na pružný kroužek poškození pinů.

4.2.4 Montáž páček a matice se šroubem objímky

Uchycení celého podvolantového modulu v automobilu na volantovou tyč zajišťuje plastová objímka. Její stažení je zajištěno tvarovou matkou a šroubem. Matka se přichytí na objímku díky svému tvaru. Rozevřením profilu vznikne síla pružnou deformací. Šroub nemůže být zašroubován až do konce, protože by pak nemohl být již montován v automobilu. Bude tedy zašroubován pomocí distanční vložky, která zajistí správnou pozici šroubu. Během šroubování operátor vloží mezi matku a hlavu šroubu distanční vložku a zašroubuje. Montáž páček bude prováděna jejich zasunutím do drážek nosiče. Než budou páčky zašroubovány, jejich pozici zajistí pomocný klip. Před zasunutím páček bude nutné provést čtení jejich etiket, ze stejného důvodu jako u kazety. Po čtení etikety již není možné manipulovat s páčkou. Pak by se mohlo stát, že vlivem lidského faktoru bude načtena etiketa páčky, ale do sestavy bude přidána jiná. Protože po montáži již není etiketa viditelná, budou páčky umístěny v lůžku. Po potvrzení jejich založení se zkontroluje správná pozice a dojde k automatické montáži páček.

Šroubování je pro jednoduché koncepty obvykle prováděno pomocí pneumatického šroubováku spínaného přítlakem. Díl je zakryt šroubovací maskou, která má navádění pro šroub. Operátor vhodí šroub do otvorů s naváděním a zašroubuje pomocí pneumatického šroubováku. Pokud je potřeba snížit čas cyklu šroubování, lze zvolit šroubovák s automatickým dobíjením nebo plně automatizovaný šroubovák. Ten je automaticky jak dobíjen tak manipulován. V konceptu je zvolena varianta s nejnižší ekonomickou náročností. Ekonomicky náročnější varianta by byla volena pouze při požadavku na snížení času výrobního cyklu. Kvalita šroubového spoje je zajištěna vypnutím šroubováku při dosažení momentu v časovém okně a následným měřením hloubky hlavy šroubu.

Po montáži páček operátor na páčky umístí krytky. Ty budou zakrývat prostor mezi páčkou a krytem celého sloupku řízení. Krytky jsou přichyceny plastovými klipy. Ty je potřeba vždy zkontrolovat, zda jsou v koncové pozici.

Tabulka 10: Montáž – páčky, šrouby a matice

Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory
39	Uchopit páčky	
40	Založit páčky	
41	Načíst etiketu	
42	Automatická montáž páček	
43	Uchopit matici	
44	Založit matici do přípravku	
45	Uchopit šroub pro matici	
46	Založit šroub pro matici	
47	Montáž matice	Automaticky vzhledem k potřebě vyšší síly při montáži by manuální montáž nebyla správně z pohledu ergonomie.
48	Zašroubování šroubu do matice	
49	Vložení šroubů pro první páčku	
50	Zašroubování první strany	
51	Vložení šroubů pro druhou páčku	
52	Zašroubování druhé strany	
53	Uchopit krytky	
54	Založit krytky - montáž	Při založení dojde k zaklipování, potřebná síla zanedbatelná.
55	Kontrola klipů	

4.2.5 Koncový test

Ve společnosti KOSTAL je na konci každé montážní linky standardně umístěn koncový test – EOLT (End of Line Tester). Jeho účelem je především ověřit všechny elektronické funkce. V tomto případě bude potřeba kromě elektronických funkcí modulu také zvukový test funkcí reproduktoru. Pro některé části testu je potřeba spínat funkce modulu pohybem páčkami a mačkáním tlačítek. Proto je test rozdělen na:

- test s účastí operátora
- test automatický (lze provádět jak v zařízení pro test s účastí operátora tak v hlukové komoře)
- test zvukový - nutné provádět v hlukové komoře

Rozdělení je pouze za účelem rozvržení vytíženosti operátora.

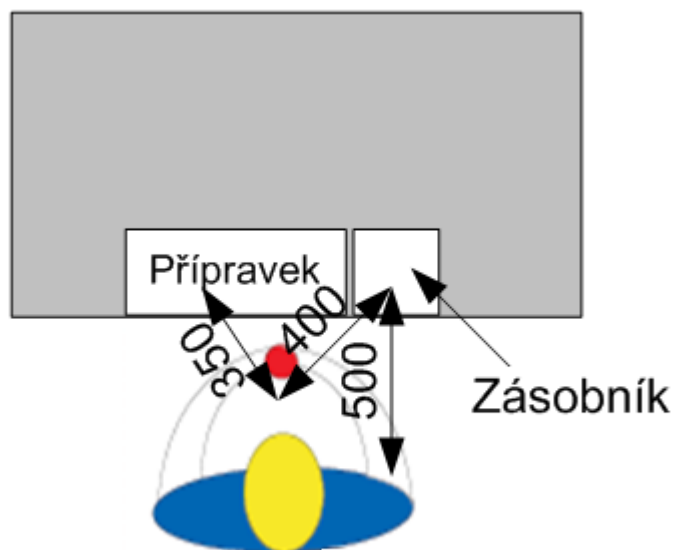
Tabulka 11: Kroky pro koncový test

Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory
56	Uchopit podvolantový modul	
57	Založit do testovacího zařízení	
58	Test s účastí operátora	Operátor bude spínat jednotlivé funkce modulu a elektronicky se ověří funkčnost.
59	Test automatický	
60	Uchopit podvolantový modul	
61	Vložit do hlukové komory	
62	Zvukový test případně část automatického	
63	Uchopit podvolantový modul	
64	Založit do bedny	

4.3 ČASOVÉ OHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KROKŮ MONTÁŽE

Pro časové ohodnocení jednotlivých kroků budou ve většině případů použity naměřené průměrné časy přímo ve výrobě. Většina kroků je velice podobná činnostem již na výrobní hale prováděným. Pouze pro kroky, u kterých není možné danou činnost převzít z montážních linek na výrobní hale, bude použita metoda předem stanovených časů. Pro svoji detailnost bude použita metoda MTM. Pro dané činnosti bude vytvořeno modelové pracoviště a odhadnuty rozměry.

Modelové pracoviště – manipulace s plochou pružinou



Obrázek 19: Modelová situace - zakládání pružiny - rozměry

UCHOPIT PLOCHOU PRUŽINU

- 1) Sáhnutí prázdné ruky pro plochou pružinu ze zásobníku R50D
19,6TMU
- 2) Sledovat zrakem – EF
7,3 TMU
- 3) Uchopení velmi malého objektu smíšeného s ostatními G4C
12,9 TMU
- 4) Přemístit pružinu před sebe M40B
15,6 TMU
- 5) Dodatečné uchopení - přepozicování v ruce G2
5,6TMU

CELKEM: 61 TMU → 2,5 s

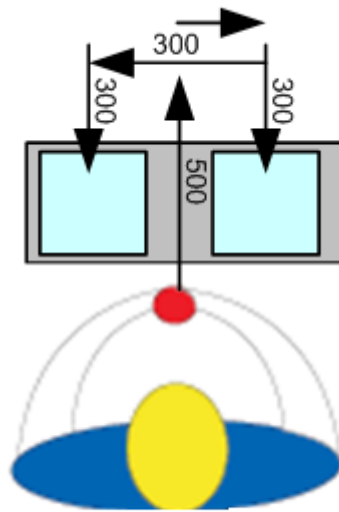
ZALOŽENÍ PLOCHÉ PRUŽINY

- 1) Přemístit nosič SAS před sebe M35B
14,5 TMU
- 2) Umístit plochou pružinu do nosiče SAS – první konec do drážky - P2NSD
26,6 TMU
- 3) Funkce zraku – sledovat - EF
7,3 TMU
- 4) Umístit plochou pružinu do nosiče SAS – druhý konec na čep P2NSD
26,6 TMU
- 5) Funkce zraku – sledovat - EF
7,3 TMU
- 6) Tlačit – dosažení koncové pozice pružiny v drážce – AP B
16,2 TMU
- 7) Pustit (jedna ruka stále drží) – RL 2
2 TMU

CELKEM: 100,5 TMU → 4 s**ZALOŽIT NOSIČ SAS**

- 1) Přehmátnutí předmětu v jedné ruce – G2
5,6 TMU
- 2) Uchopit nosič SAS (i druhou rukou) – G3
5,6 TMU
- 3) Funkce zraku – sledovat – EF
7,3 TMU
- 4) Přemístit do lůžka – M50C
21,8 TMU
- 5) Umístit – P2NSD
26,6 TMU
- 6) Přehmátnutí – G2
5,6 TMU
- 7) Tlačit – dosažení koncové pozice – AP B
10,6 TMU
- 8) Pustit RL1
2 TMU

CELKEM: 85,1 TMU → 3 s

MANIPULACE S OZ. KOLEČKEM Č. 3 POMOCÍ PŘÍPRAVKU

Obrázek 20

1) Sáhnutí prázdné ruky pro přípravek na definovaném - R50A

13 TMU

2) Uchopit – G1A

2 TMU

3) Přemístit – M16B

9,2 TMU

4) Přemístit – M30C

15,1 TMU

5) Umístit – P2SD

21,8 TMU

6) Přemístit – M30B

13,3 TMU

7) Přemístit – M30B

13,3 TMU

8) Přemístit – M30C

15,1 TMU

9) Umístit – P2SD

21,8 TMU

10) Přemístit – M30B

13,3 TMU

11) Přemístit – M16B

9,2 TMU

12) Pustit – RL 1

2 TMU

CELKEM: 135,8 → 5 sek

Tabulka 12: Seznam časově ohodnocených kroků

Pořadové číslo	činnosti	Čas	Čas s účastí operátora	Čas paralelní k činnostem operátora
1	Uchopit nosič SAS	1,5	1,5	
2	Založit nosič SAS	2	2	
3	Namazat nosič SAS	2	2	
4	Uchopit plochou pružinu	2,5	2,5	
5	Založit plochou pružinu	4	4	
6	Založit podsestavu nosiče SAS a ploché pružiny do přípravku	3	3	
7	Uchopit oz. kolečko č. 3	1,5	1,5	
8	Založit oz. kolečko č. 3 do mazacího přípravku	1,5	1,5	
9	Namazat oz. kolečko č. 3	2	2	
10	Manipulace s oz. kolečkem č. 3 pomocí přípravku	5	5	
11	Uchopit oz. kolečko č. 1 a č. 2	2	2	
12	Založit oz. kolečko č. 1 a č. 2	3	3	
13	Zasunout celou podsestavu SAS pod mazací hlavu	1,5	1,5	
14	Automatické namazání podsestavy	5		5
15	Uchopit kazetu	1,5	1,5	
16	Založit kazetu	3	3	
17	Uchopit reproduktor	1,5	1,5	
18	Strhnout ochranou pásku	2	2	
19	Založit reproduktor	2	2	
20	Zasunout celou podsestavu	1,5	1,5	
21	Dotlačení reproduktoru	3		3
22	Namazat kazetu	5		5
23	Uchopit nosič	1,5	1,5	
24	Označit etiketou	3	3	
25	Založit nosič	2	2	
26	Uchopit podsestavu SAS	2	2	
27	Založit podsestavu SAS	3	3	
28	Kam. kontrola ploché pružiny a zároveň kamerová kontrola aplikace maziva	3,5		3,5
29	Automatická montáž podsestavy SAS	6		6
30	Uchopit PCB	1,5	1,5	
31	Založit PCB	2	2	
32	Dotlačení PCB	4		4
33	Nýtování	40		40
34	Uchopit pružné kolečko	1,5	1,5	

35	Založit pružné kolečko	2	2	
36	Uchopit kazetu	1,5	1,5	
37	Založit kazetu	3	3	
38	Kamerová kontrola pružného kolečka	3,5		3,5
39	Automatická montáž kazety	4		4
40	Uchopit páčky	2	2	
41	Založit páčky	3	3	
42	Načíst etiketu	1,5		1,5
43	Automatická montáž páček	4		4
44	Uchopit matici	2	2	
45	Založit matici do přípravku	2	2	
46	Uchopit šroub pro matici	2	2	
47	Založit šroub pro matici	2	2	
48	Automatická montáž matice	2	2	
49	Zašroubovat šroub do matice	4	4	
50	Založit šrouby pro první páčku	4	4	
51	Zašroubovat první páčku	8	8	
52	Založit šrouby pro druhou páčku	4	4	
53	Zašroubovat druhou stranu	8	8	
54	Uchopit krytky	2,5	2,5	
55	Manuální montáž krytek	2,5	2,5	
56	Kontrola klipů	4		4
57	Uchopit podvolantový modul	1,5	1,5	
58	Založit do testovacího zařízení	3	3	
59	Test elektronických funkcí s účastí operátora	20	20	
60	Test elektroniky automatický	30		30
61	Uchopit podvolantový modul	1,5	1,5	
62	Vložit do hlukové komory	2	2	
63	Zvukový test, případně část automatického	50		50
64	Uchopit podvolantový modul	2	2	
65	Založit do bedny	3	3	
	CELKEM:	306,5	147	166,5

Uvedený časový seznam je pouze základní. Pro přesné stanovení časů je již nutné znát uspořádání jednotlivých pracovišť tak, aby mohla být přičtena ještě manipulace mezi nimi. Dále některé automatické procesy budou probíhat paralelně k manuálním činnostem operátora, ale některé jeho čas ovlivní. Kratší automatické časy nemůžou být v některých případech prováděny, protože by operátor nestihl v daném časovém okamžiku provádět jinou činnost.

4.4 Návrh uspořádání a technologií pro montážní systém

Uspořádání pracovišť pro operátory bude vycházet z navrženého montážního postupu a omezujících parametrů.

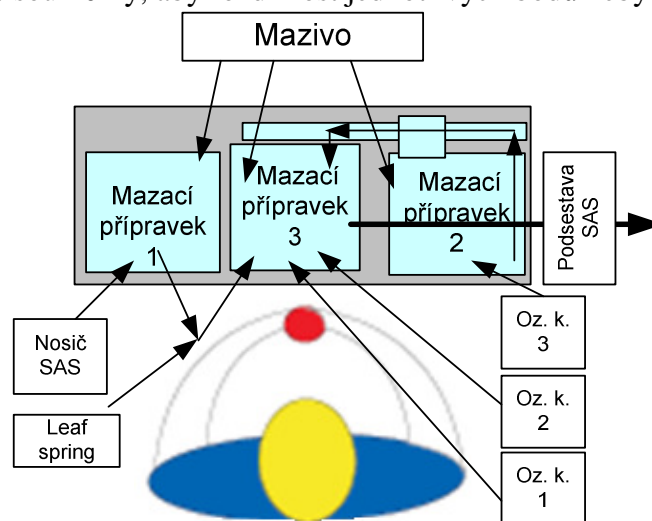
Celkový čas montážních kroků, které ovlivní čas operátora, je 147 sekund. K tomuto času bude přičtena ještě manipulace mezi pracovišti. Pravděpodobně bude tedy nutné montáž provádět na 3 stanovištích se 3 operátory.

Je tedy určen pravděpodobný počet operátorů. Na rozmístění budou mít velmi význačný vliv zvolená technologie a kvalitativní opatření. Pro přehled tedy budou vytvořeny jednoduché skupiny přípravků, ze kterých bude vytvořena montážní linka.

4.4.1 Volba technologie pro montáž na jednotlivých stanicích

Nosič SAS

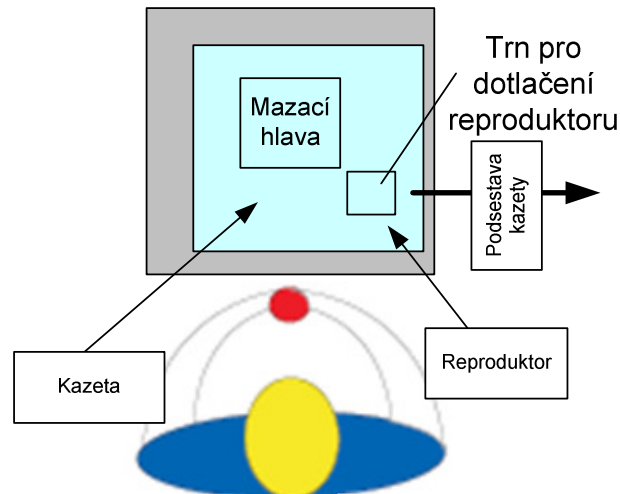
Dle průzkumu na již realizovaných projektech je nejlevnější a zároveň dostatečně spolehlivý způsob mazání pomocí mazacího rozvodu. Z dávkovacího ventilu je vždy vytlačeno nastavené množství tuku. To je pak dopraveno rozvodem na určená místa. Rozvod je zakončen trubičkou v těsné blízkosti založeného dílu. Z trysky je vytlačěn tuk a poté ulpí na díle. Počet dávkovacích ventilů se odvíjí od počtu mazacích bodů a jejich rozmístění. Rozvod musí být dostatečně souměrný, aby rozdílnost jednotlivých bodů nebyla nijak výrazná.



Obrázek 21

Podsestava kazety

Mazání je navrženo obdobným způsobem. Dotlačovaný trn je poháněn pneumatickým válcem s redukčním ventilem pro regulaci síly.



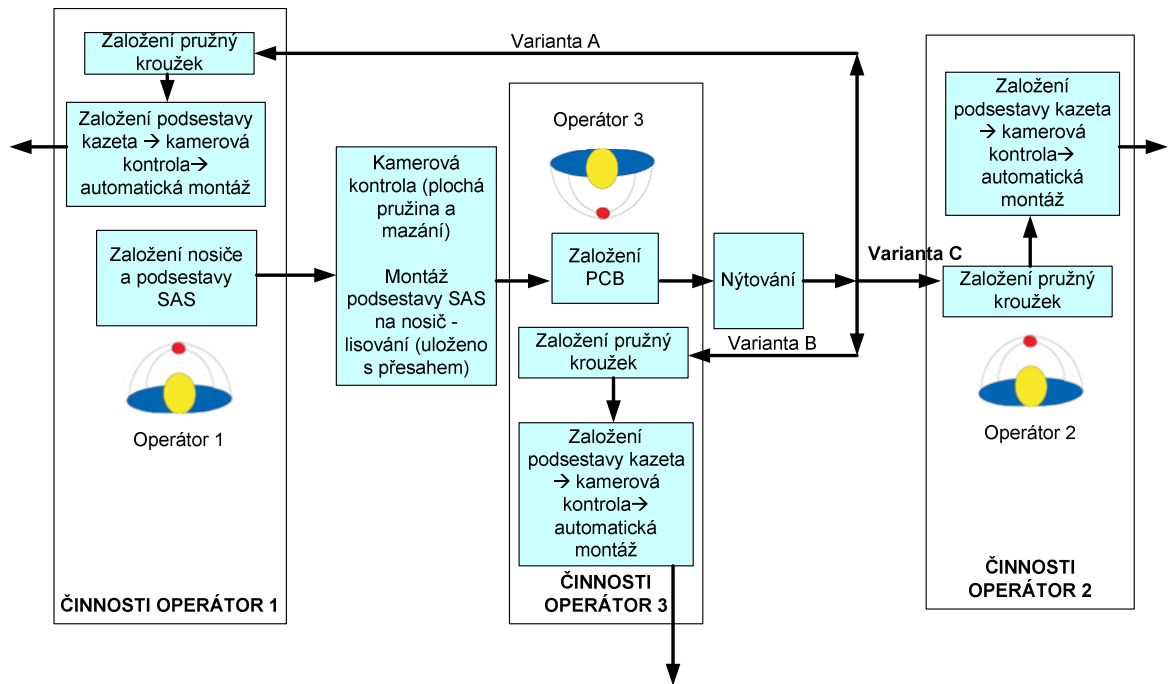
Obrázek 22

Nosič – podsestava SAS – pružný kroužek – podsestava kazety

Podsestava SAS je až do složení všech těchto součástí (nosič, podsestava SAS, podsestava kazety, pružný kroužek) nestabilní. Pokud by s ní bylo zacházeno neopatrně, může dojít k rozložení. Jak již bylo zmiňováno, největší problém je s plochou pružinou, kterou není možné detekovat po složení podsestavy SAS a nosiče. Pro zajištění toho, že plochá pružina bude vždy přítomna ve správné pozici je nutné provedení kamerového testu před montáží podsestavy SAS na nosič. Manipulace pak musí probíhat bez vlivu operátora. Proces montáže také musí být svázan tak, aby nedošlo k přeskočení některé operace. Přítomnost a pozice všech dílů je hlídána senzory, v případě ploché pružiny kamerovým testem. Mohlo by ovšem dojít k přeskočení mazání.

Proto budou přípravky pro mazání svázané. Pokud nebude provedeno namazání jednotlivých kusů, nebude umožněno namazání podsestavy. Tím je zabráněno opomenutí. Není ale stále zabezpečeno, zda byla namazána celá podsestava. Proto bude kamerová kontrola pozice Leaf spring spojena s kamerovou kontrolou namazání podsestavy SAS.

Dalším výraznou komplikací je riziko kontaminace PCB mazivem nebo jinými nečistotami. První operátor je ve styku s namazanými součástmi. Pokud by tuk ulpěl na jeho ruku, mohl by desku poškodit. Manipulovat s PCB tedy může pouze operátor, který nepřijde do styku s namazanými komponentami, šrouby či jinými kovovými součástmi, které mohou obsahovat nečistoty. Z času předběžně vyplývá, že na prvním pracovišti bude mazání, na druhém šroubování a na třetím koncový test. Lze tedy předpokládat, že PCB musí zakládat operátor 3.



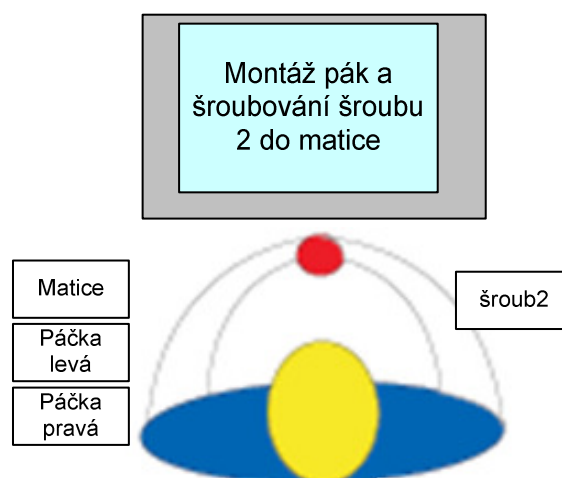
Obrázek 23

Tuto část montáže lze provést ve třech variantách, jak je zobrazeno na obrázku 23.

Montáž páček a matice se šroubem objímky

Páčky patří k podsestavám, které jsou označeny etiketou. Před montáží musí proběhnout načtení etikety, aby byla ověřena správná varianta. Po načtení varianty proběhne automatická montáž, aby se zamezilo vlivu člověka, který by mohl založit jinou páčku, než byla načtena.

Dále operátor musí založit matici, šroub a poté má dojít k zašroubování. Posuv šroubování může být proveden automaticky nebo manuálně. Automatický posuv může být řešen pneumatickým válcem, dodatečná investice by byla přibližně 15 000 Kč. Ušetřený čas 5,5 s (načtení etikety a automatické zašroubování by mohlo probíhat paralelně).



Obrázek 24

Šroubování páček

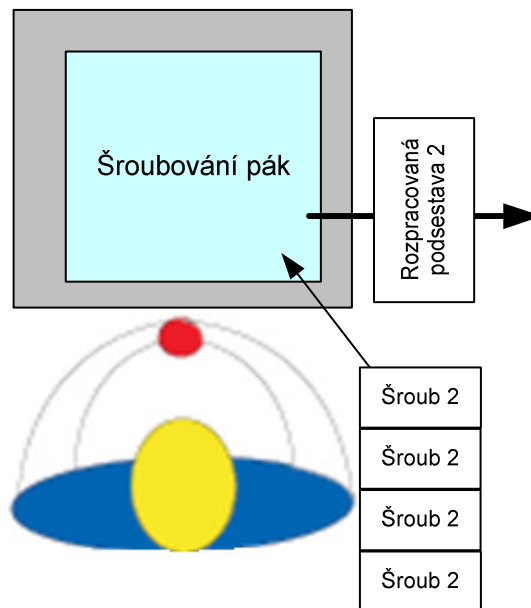
Šrouby mají být zašroubovány ze dvou stran modulu. Pokud by byl směr šroubování vodorovný, nebylo by možné zvolit jednoduché ruční zakládání pomocí šroubovací masky. Pro co nejjednodušší řešení bude sestava upnuta do přípravku, který umožní její otáčení. Otvory budou vždy směřovat vzhůru a šroubování bude probíhat ve vertikálním směru. Po zašroubování první dvojice operátor otočí přípravkem a celou sestavou. Vždy přiklopí šroubovací masku, kam vhodí šroub a provede šroubování. Na všechny šrouby bude použit v základní variantě šroubovák. Na výběr je použití elektrického nebo pneumatického. Automatická doprava šroubů bude prozatím vynechána z důvodu ekonomické náročnosti. Pro tuto možnost je nutné pořídit mnohem dražší typ šroubováku a zároveň pořídit vibrační dopravník, který je také poměrně nákladný.

Výběr šroubováku:

- Šroubovák elektrický s kontrolou krouticího momentu a sledováním úhlu otočení – 154 000 Kč.

- Pneumatický s momentovou spojkou 30 000 Kč + 50 000 Kč kontrola výšky hlavy šroubu.

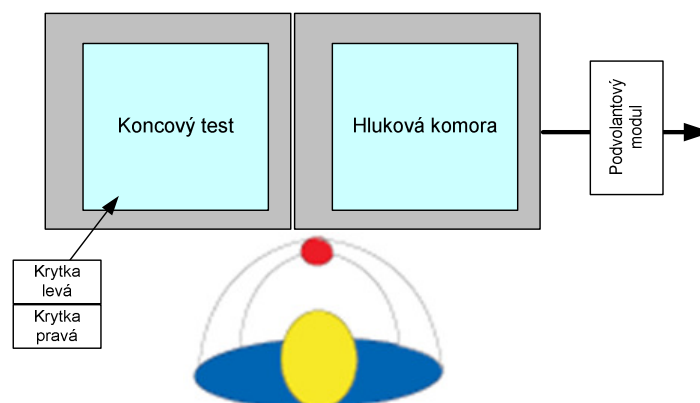
Dle cenového porovnání je tedy výhodnější zvolit pneumatický šroubovák.



Obrázek 25

Koncový test

Koncový test bude proveden dle podnikových zvyklostí jako samostatná stanice. Proces je rozdělen na automatický test a test s účastí operátora. Ten při této části vykonává činnosti dle instrukcí zobrazených na monitoru. Spouští jednotlivé funkce páček a díky tomu systém otestuje funkčnost výrobku. Posledním zařízením je hluková komora.



Obrázek 26

4.4.2 Vyvažování

Podle návrhu technologie je možné možné seskupit jednotlivé kroky do skupin, podle toho na jakých zařízeních jsou prováděny. Tyto skupiny budou přiřazeny k činnostem jednotlivých operátorů, jak je vidět v tabulce 13.

Tabulka 13: Variantní rozdělení skupin kroků - vyvažování

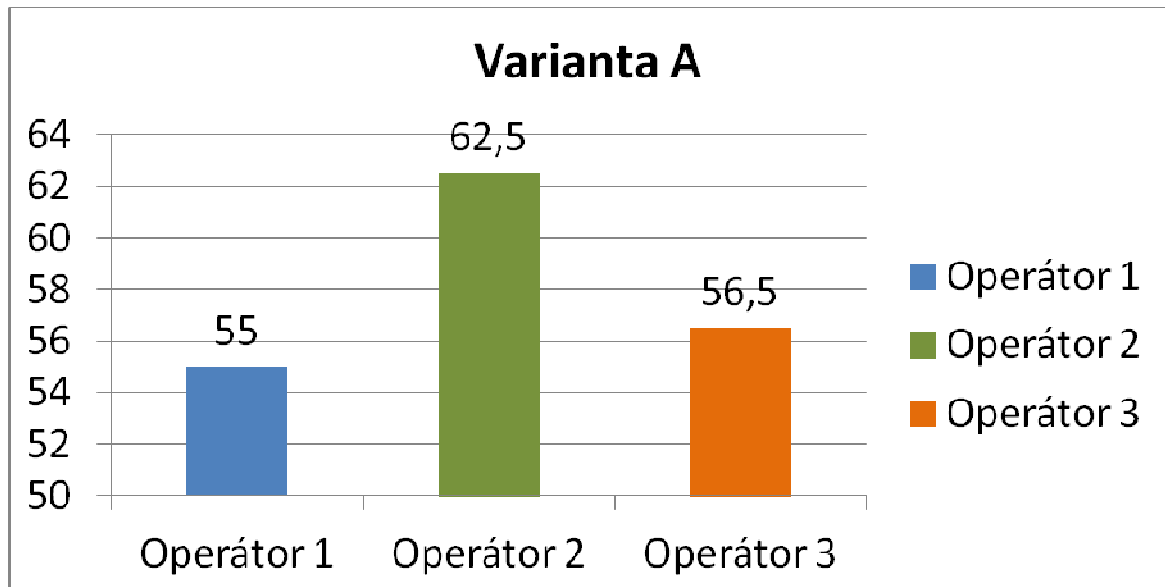
Pořadové číslo	činnosti	Čas	Čas s účastí operátora	Čas paralelní k činnostem operátora	Čas skupiny kroků	Skupina kroků	Varianta A	Varianta B	Varianta C
1	Uchopit nosič SAS	1,5	1,5		31,5	Podsestava SAS	Operátor 1	Operátor 1	Operátor 1
2	Založit nosič SAS	2	2						
3	Namazat nosič SAS	2	2						
4	Uchopit plochou pružinu	2,5	2,5						
5	Založit plochou pružinu	4	4						
6	Založit podsestavu nosiče SAS a ploché pružiny do přípravku	3	3						
7	Uchopit oz. kolečko č. 3	1,5	1,5						
8	Založit oz. kolečko č. 3 do mazacího přípravku	1,5	1,5						
9	Namazat oz. kolečko č. 3	2	2						
10	Manipulace s oz. kolečkem č. 3 pomocí přípravku	5	5						
11	Uchopit oz. kolečko č. 1 a č. 2	2	2						
12	Založit oz. kolečko č. 1 a č. 2	3	3						
13	Zasunout celou podsestavu SAS pod mazací hlavu	1,5	1,5						
14	Automatické namazání podsestavy	5		5					

15	Uchopit kazetu	1,5	1,5		11,5	Podsestava kazety	Operátor 2	Operátor 1	Operátor 1
16	Založit kazetu	3	3						
17	Uchopit reproduktor	1,5	1,5						
18	Strhnout ochrannou pásku	2	2						
19	Založit reproduktor	2	2						
20	Zasunout celou podsestavu	1,5	1,5		11,5	Op1 dokončení nosič	Operátor 1	Operátor 1	Operátor 1
21	Dotlačení reproduktoru	3		3					
22	Namazat kazetu	5		5					
23	Uchopit nosič	1,5	1,5						
24	Označit etiketou	3	3						
25	Založit nosič	2	2						
26	Uchopit podsestavu SAS	2	2						
27	Založit podsestavu SAS	3	3						
28	Kam. kontrola ploché pružiny a zároveň kamerová kontrola aplikace maziva	3,5		3,5					
29	Automatická montáž podsestavu SAS	6		6					
30	Uchopit PCB	1,5	1,5		4,5	Založit PCB	Operátor 3	Operátor 3	Operátor 3
31	Založit PCB	2	3						
32	Dotlačení PCB	4		4					
33	Nýtování	40		40	8	Dokončení montáže po nýtování	Operátor 1	Operátor 3	Operátor 2
34	Uchopit pružné kolečko	1,5	1,5						
35	Založit pružné kolečko	2	2						
36	Uchopit kazetu	1,5	1,5						
37	Založit kazetu	3	3						
38	Kamerová kontrola pružného kolečka	3,5		3,5					
39	Automatická montáž kazety	4		4					
40	Uchopit páčky	2	2						
41	Založit páčky	3	3						
42	Načíst etiketu	1,5		1,5					
43	Automatická montáž páček	4		4					

44	Uchopit matici	2	2		14	Šroub 2 pro matici	Operátor 2	Operátor 2	Operátor 2
45	Založit matici do přípravku	2	2						
46	Uchopit šroub pro matici	2	2						
47	Založit šroub pro matici	2	2						
48	Automatická montáž matice	2	2						
49	Zašroubovat šroub do matice	4	4		24	Páky	Operátor 2	Operátor 2	Operátor 2
50	Založit šrouby pro první páčku	4	4						
51	Zašroubovat první páčku	8	8						
52	Založit šrouby pro druhou páčku	4	4						
53	Zašroubovat druhou stranu	8	8		5	Krytky	Operátor 3	Operátor 2	Operátor 3
54	Uchopit krytky	2,5	2,5						
55	Manuální montáž krytek	2,5	2,5						
56	Kontrola klipů	4		4	43	Konečný test	Operátor 3	Operátor 3	Operátor 3
57	Uchopit podvolantový modul	1,5	1,5						
58	Založit do testovacího zařízení	3	3						
59	Test elektronických funkcí s účastí operátora	30	30						
60	Test elektroniky automatický	30		30					
61	Uchopit podvolantový modul	1,5	1,5						
62	Vložit do hlukové komory	2	2						
63	Zvukový test, případně část automatického	50		50					
64	Uchopit podvolantový modul	2	2						
65	Založit do bedny	3	3						

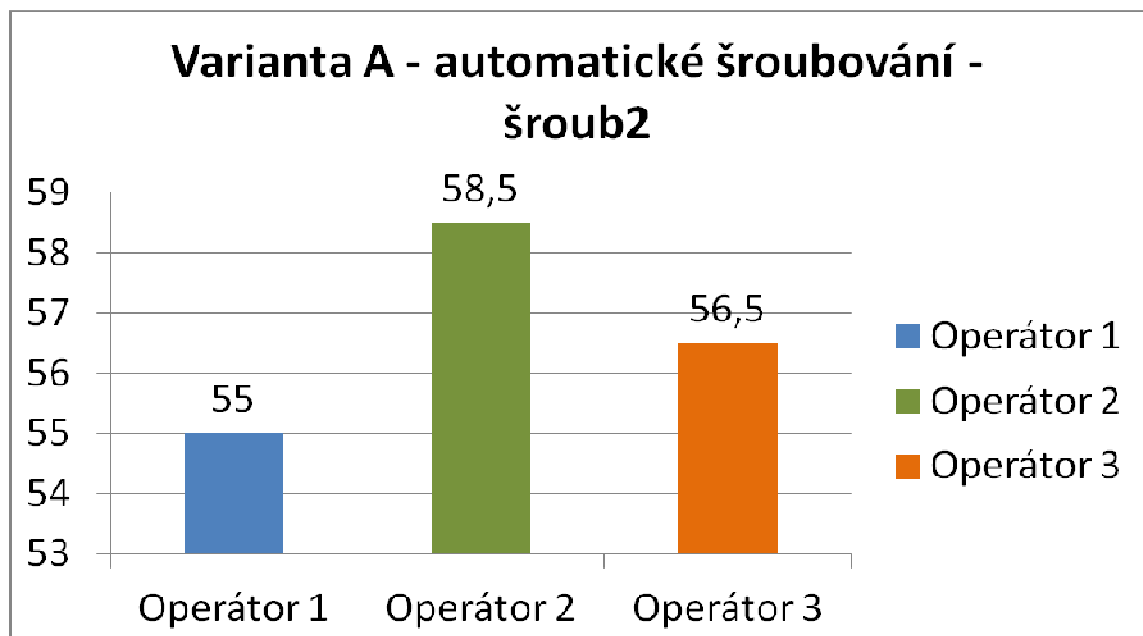
Varianta A

Pro variantu A je výsledek jednotlivých časů nevyhovující. Pro operátora 2 by bylo nutné ještě o něco snížit čas cyklu. Časy na jednotlivých stanicích jsou ale téměř vyrovnané.



Obrázek 27: Porovnání časů – varianta A

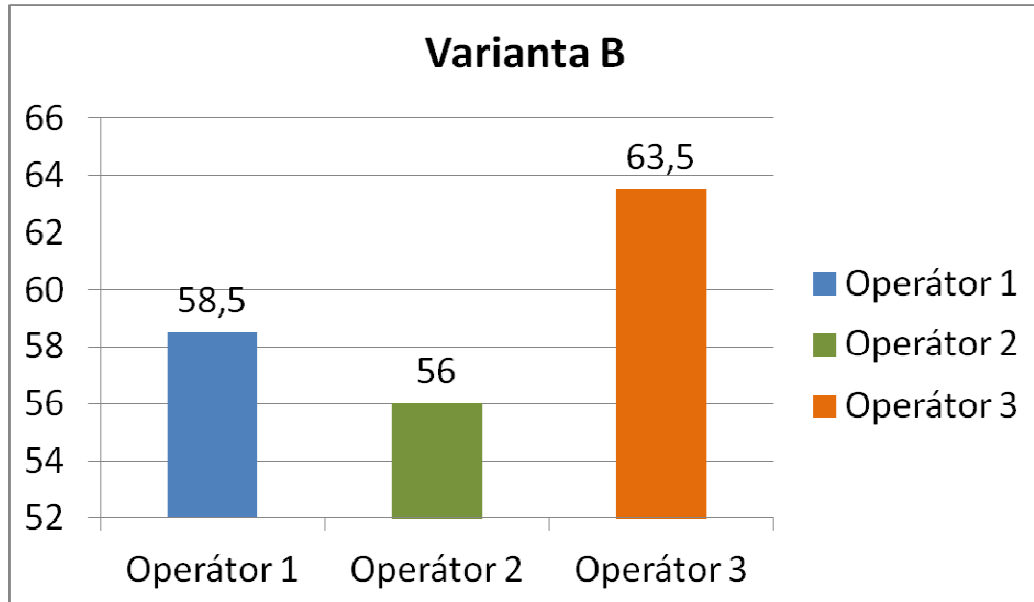
Problém s nedostatkem času pro Operátora 2 by mohl být vyřešen poměrně nenákladnou automatizací procesu šroubování. Šroub 2 bude tedy do matice zašroubován automaticky.



Obrázek 28: Porovnání časů – varianta A – automatické šroubování

Varianta B

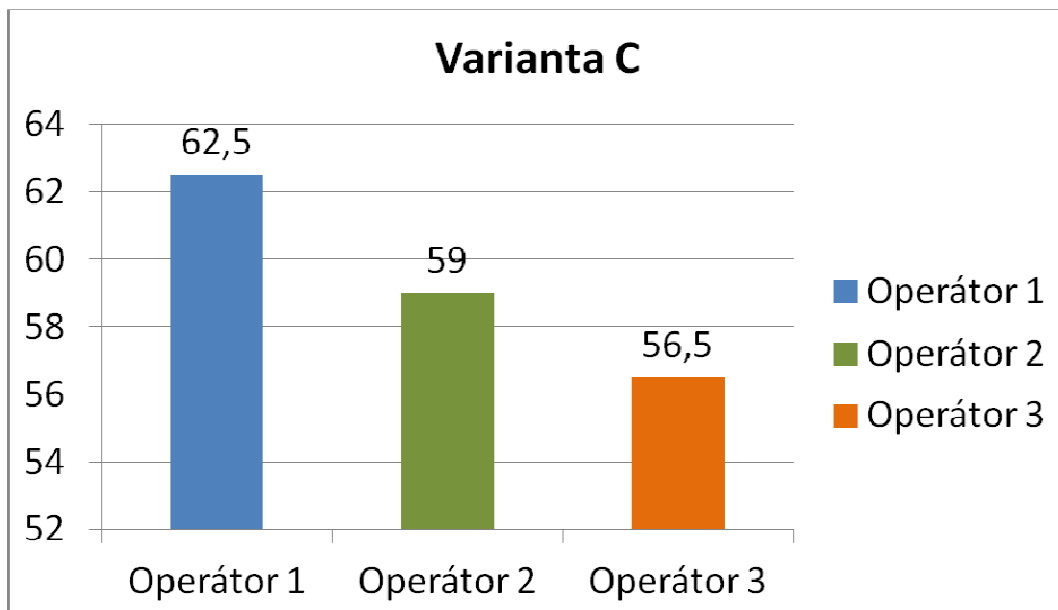
Operace 3 přesahuje čas cyklu. Ovšem oproti variantě A není žádná možnost snadné automatizace některého z kroků. Ani žádná krátká činnost není přesunutelná, vzhledem k omezením pro manipulaci s PCB. Varianta B je tedy nevyhovující.



Obrázek 29: Porovnání časů – varianta B

Varianta C

Operace 1 nesplňuje požadovaný čas cyklu. Žádnou skupinu montážních kroků není možné přesunout na jiné pracoviště tak, aby byl čas cyklu splněn. Také zde není žádná možnost jednoduché automatizace. Varianta C je tedy nevyhovující.

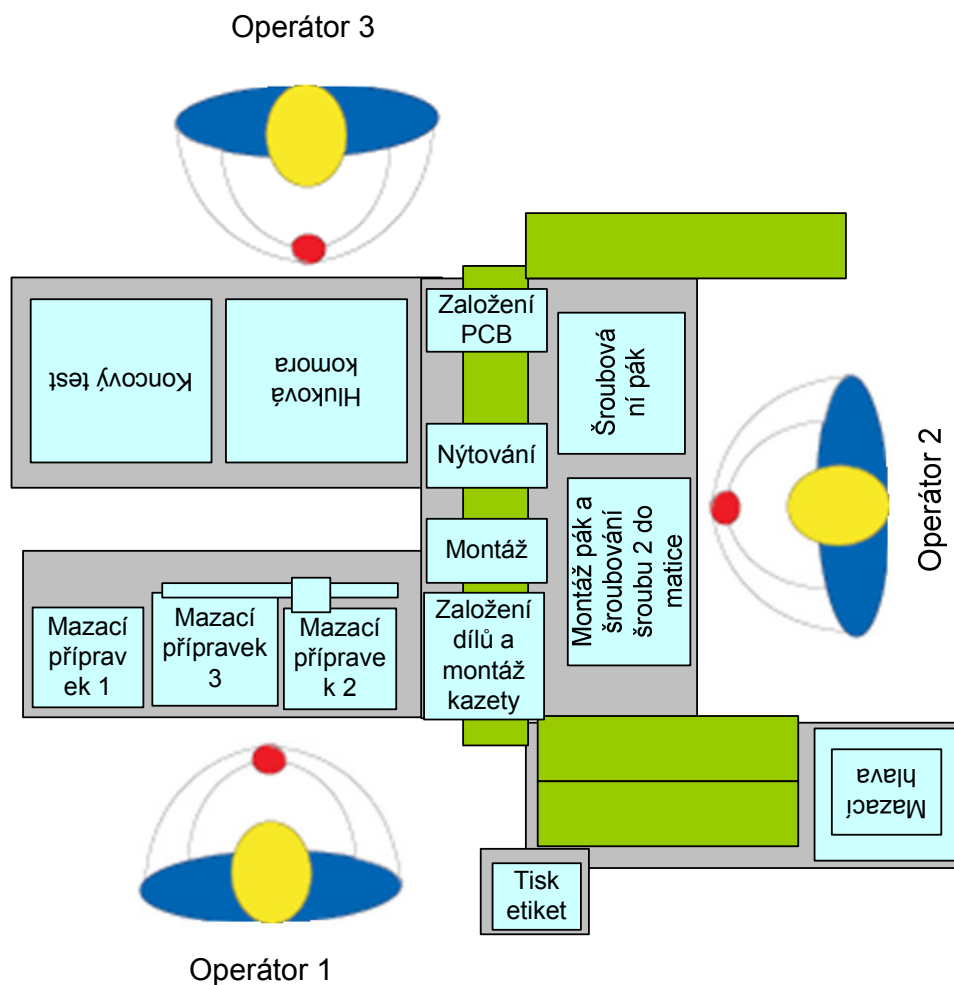


Obrázek 30: Porovnání časů – varianta C

Po porovnání jednotlivých variant je zvolena varianta A za předpokladu, že bude proces šroubování proveden automaticky. Potřebná dodatečná investice je 15 000 Kč.

4.4.3 Návrh uspořádání jednotlivých pracovišť

Dle zvolené varianty bude navrženo rozmístění jednotlivých pracovišť a upřesněna použitá technologie. Dle varianty A s automatickým šroubováním bylo navrženo uspořádání, které je vidět na obrázku 31. Jedná se o vnější U strukturu, vzhledem k nutnosti dopravovat tam a zpět podsestavu mezi operátory 1 a 3.



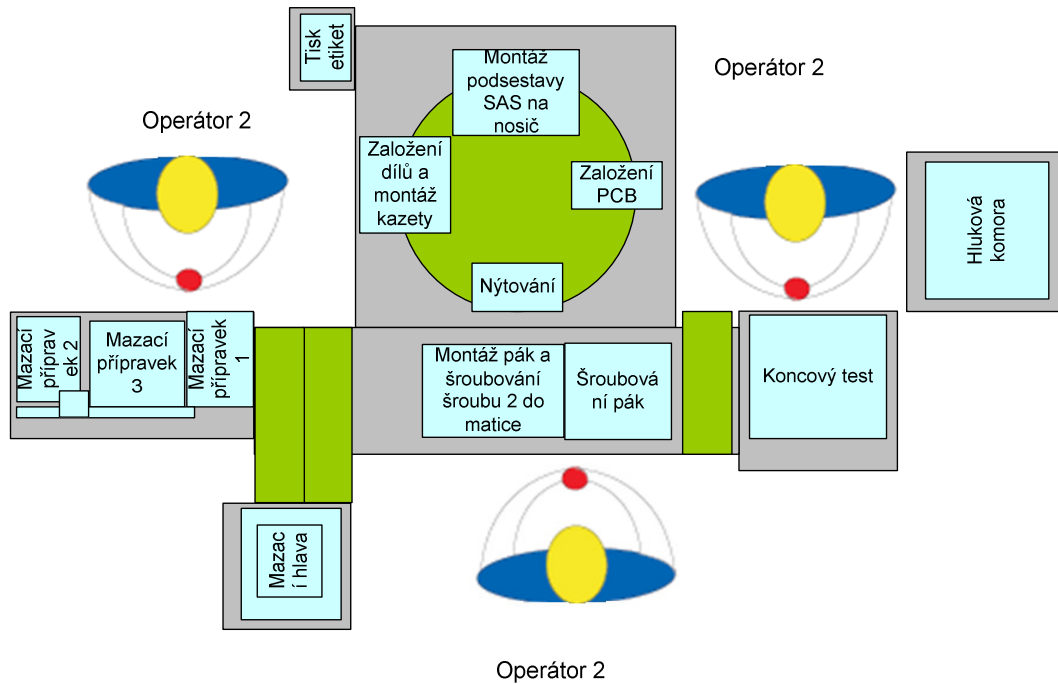
Obrázek 31: Rozmístění s lineární přepravou mezi operacemi 1 a 3

Z tohoto konkrétního návrhu lze rozpoznat velmi vytížený uzel, na kterém musí být provedeno vícero operací a to automaticky bez zásahu operátora. Jednotlivé kroky jsou zobrazeny v tabulce 14. Celkový čas je 80 sekund. Tento uzel tedy musí být vyřešen jiným způsobem.

Tabulka 14:

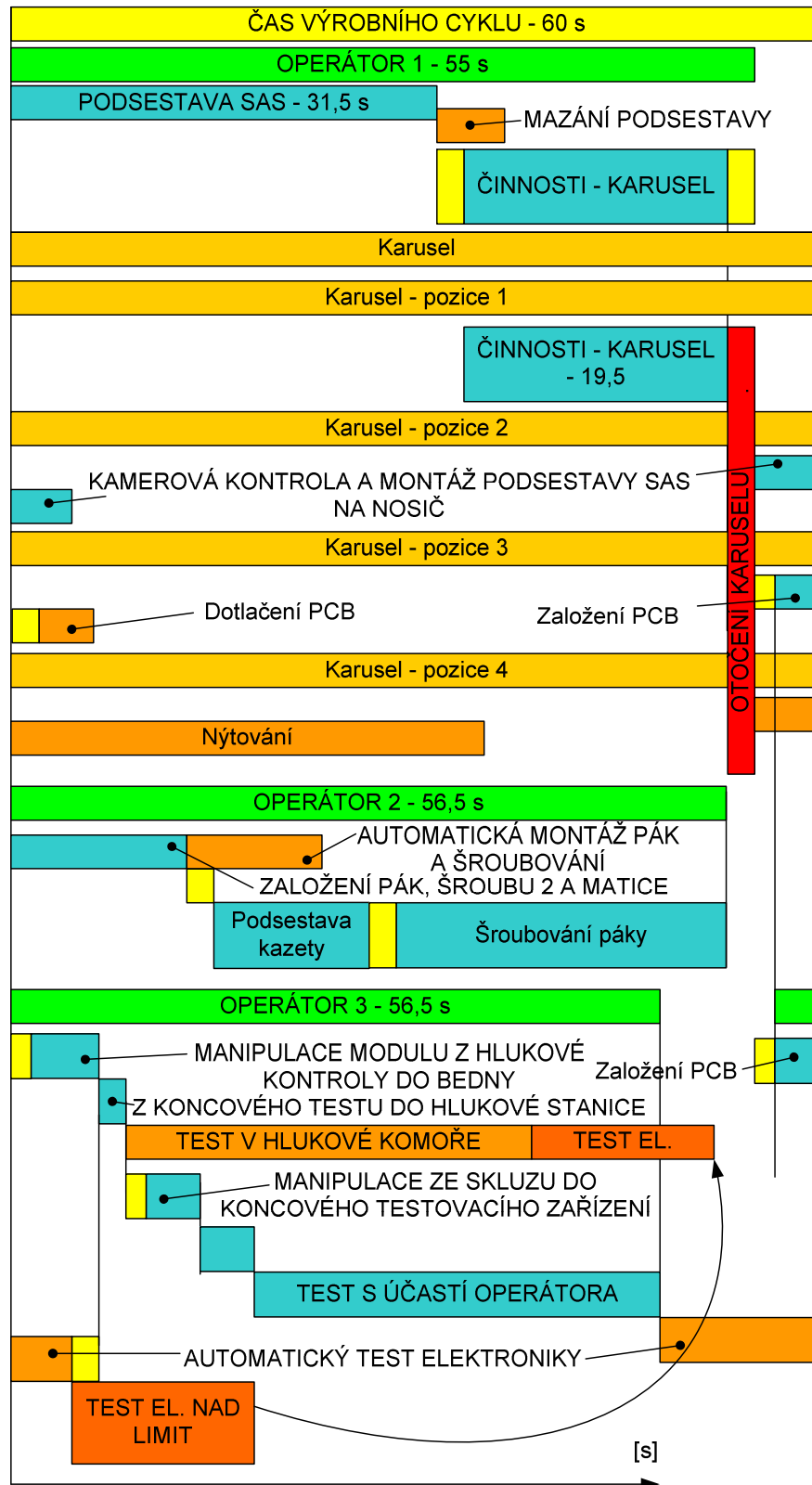
Pořadové číslo	činnosti	poznámka, omezující faktory	Čas	Čas s účastí operátora	Čas paralelní k činnostem operátora
23	Uchopit nosič		1,5	1,5	
24	Označit etiketou		3	3	
25	Založit nosič	čtení etikety pro založení	2	2	
26	Uchopit podsestavu SAS		2	2	
27	Založit podsestavu SAS		3	3	
28	Kam. kontrola ploché pružiny, kamerová kontrola aplikace maziva	1,5 snímání 2 sek vyhodnocení	3,5		3,5
29	Automatická montáž podsestavy SAS	Nutné montovat automaticky. Díky uložení s přesahem nutné dolisovat.	6		6
30	Uchopit PCB	Nutno uchopit v rukavicích, zabránit kontaminaci PCB tukem nebo kovovými nečistotami - montáž jiným operátorem, než který může přijít do styku s mazivem nebo kovovými nečistotami (například ze šroubů).	1,5	1,5	
31	Založit PCB		2	2	
32	Dotlačení PCB	Automatické dotlačení - přesah	4		4
33	Nýtování		40		40
34	Uchopit pružné kolečko		1,5	1,5	
35	Založit pružné kolečko		2	2	
36	Uchopit kazetu		1,5	1,5	
37	Založit kazetu		3	3	
38	Kamerová kontrola pružného kolečka		3,5		3,5
39	Automatická montáž kazety	Automatická montáž, aby nedošlo k poškození pinů a bylo zaručeno, že kazeta dosedne správně orientovaná na pružný kroužek poškození pinů.	4		4
CELKEM:			80	23	57

Pro snížení času na vytíženém uzlu bylo navrženo karuselové provedení tohoto uzlu.



Obrázek 32: Rozmístění s karuselem

Po vytvoření nového layoutu je znovu nutné zkontrolovat, zda bude možné v požadovaném čase provedení všech montážních činností. Pro zachycení všech návazností a paralelních kroků bude provedena časová analýza pomocí časového diagramu. Časy jednotlivých úseků budou zanášeny do grafu v měřítku pod sebe. Řazení jednotlivých úseků bude prováděno podle toho, zda se jedná o paralelní činnost nebo činnost navazující. Z grafu bylo zjištěno, že není možné provedení celého testu elektroniky ve stanici koncového testu. Část testu elektroniky byla tedy přesunuta do hlukové komory. U ostatních činností bylo díky blokovému diagramu ověřeno, že bude možné je provádět dle původního záměru a čas cyklu je splněn.



Obrázek 33: Časový diagram

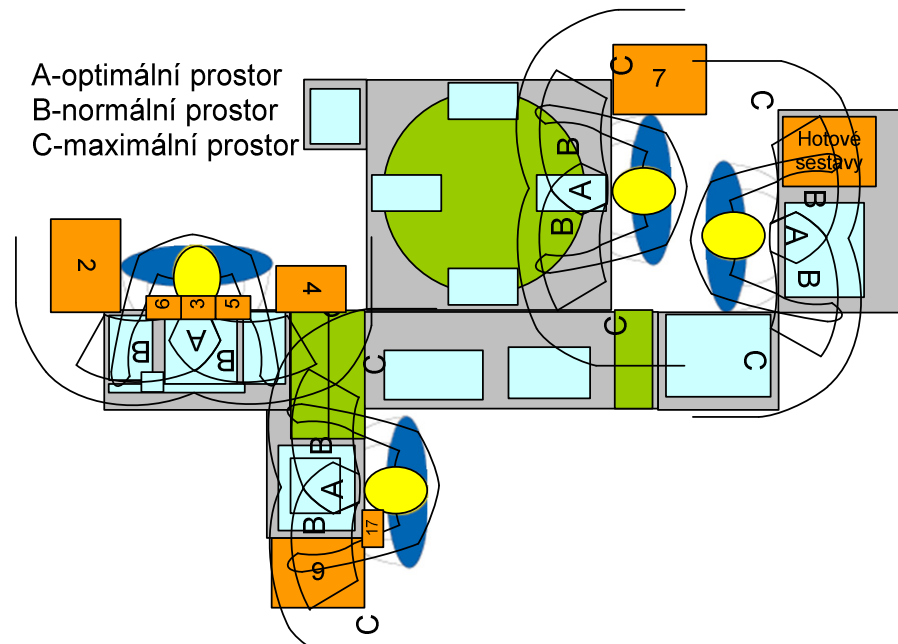
Časovou analýzou byl nalezen problém s časem a návazností jednotlivých skupin činností. Problém byl ale díky přehlednému grafickému znázornění a okolnostem snadno vyřešen a bylo ověřeno, že při přesunutí části elektronického testu do zařízení hlukové zkoušky bude čas každého uzlu montážního systému dostatečně nízký, aby byl splněn čas cyklu.

4.4.4 Úprava uspořádání vzhledem k ergonomii a umístění vstupního materiálu

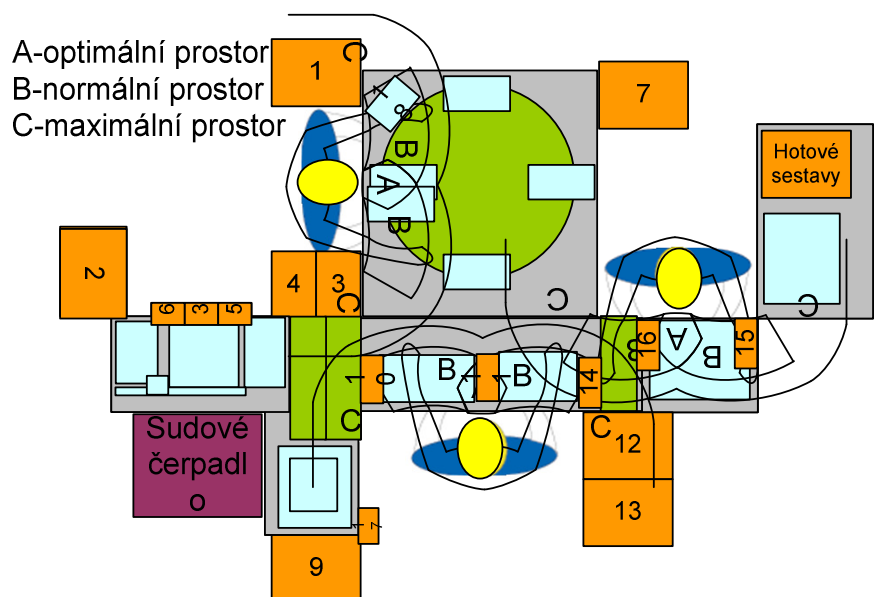
Na uspořádání a vhodnost uspořádání celého montážního systému má velký vliv uspořádání vstupního materiálu a ověření vhodnosti uspořádání z hlediska ergonomie. Na obrázcích 34 a 35 jsou postupně rozmístěna jednotlivá stanoviště a vstupní materiál s ohledem na ergonomii. Označení vstupního materiálu je dle tabulky 15. Do zobrazeného rozložení je v měřítku vložen manipulační prostor průměrně vysoké ženy. Za hranicí prostoru C by se neměl nacházet žádný manipulovaný předmět. Velikost beden a zásobníků je zvolena podle velikosti dílů dle standardů společnosti.

Tabulka 15

Číslo dílu	Název
1	Hlavní nosič
2	Nosič SAS
3	Plochá pružina
4	Kolečko 1
5	Kolečko 2
6	Kolečko 3
7	PCB
8	Pružný kroužek
9	Kazeta
10	Šroub 1
11	Matice
12	Páčka levá
13	Páčka pravá
14	Šroub 2
15	Kryt levý
16	Kryt pravý
17	Reproduktor

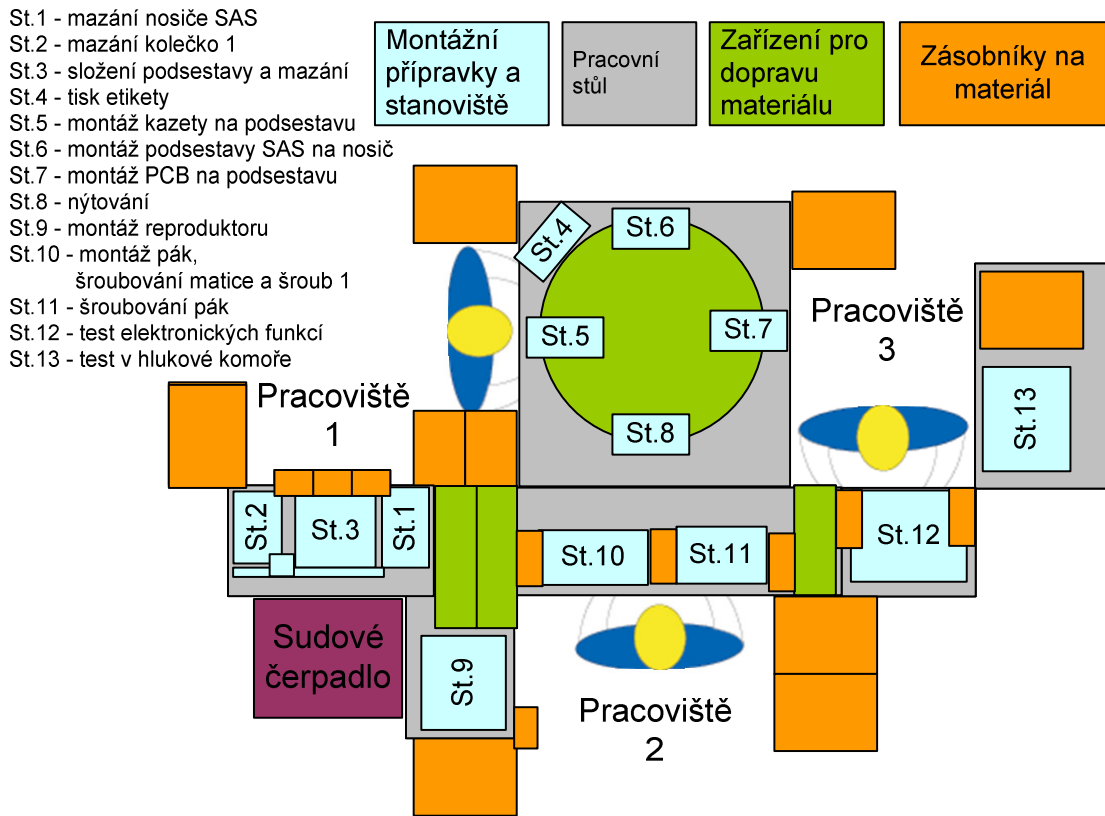


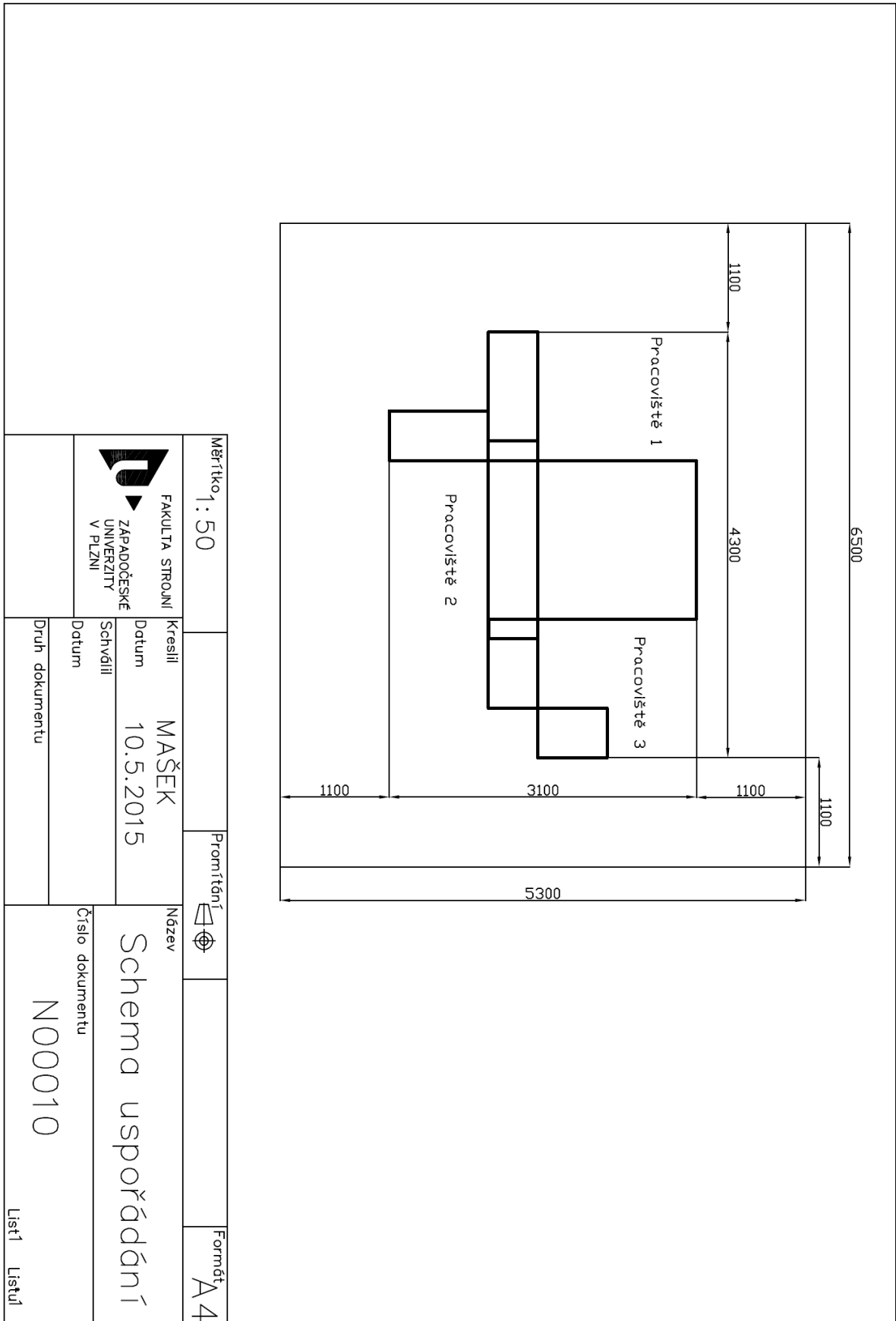
Obrázek 34: 1. Fáze úpravy



Obrázek 35: 2. Fáze úpravy

Ve dvou fázích bylo tedy upraveno rozmístění stanovišť a navrženo rozmístění materiálu. Cílem úpravy bylo umístit pracovní stanice do optimálního nebo normálního prostoru. Vstupní materiál byl umístěn nejdále do prostoru C tak aby byl na dosah operátora. Po rozložení vstupního materiálu a zohlednění ergonomie je finální návrh uspořádání vidět na obrázku 36. Výkres dispozičního řešení finálního návrhu je na obrázku 37.





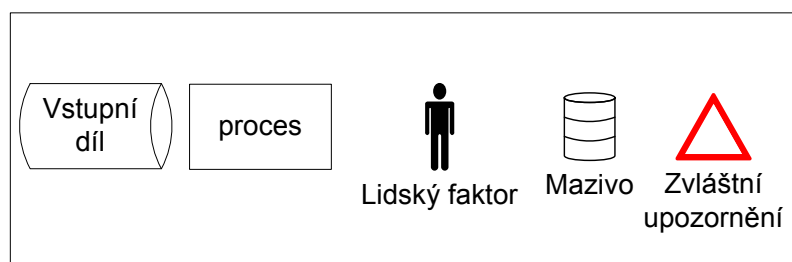
Obrázek 37 Dispoziční řešení

5 Zajištění kvality v montážním systému

5.1 Procesní FMEA

Jelikož FMEA patří mezi vnitropodnikové dokumenty, bude v této práci vypracován pouze předběžná P-FMEA odděleně od společnosti KOSTAL, tak aby nebylo předáno duševní vlastnictví třetím stranám. Tato analýza tedy bude čerpat pouze z popisu procesu a výrobku uvedených v předchozích kapitolách. Tato předběžná verze P-FMEA bude sloužit jako podklad pro vypracování finální verze P-FMEA ve firmě KOSTAL.

Vývojový diagram podsestava SAS:



Obrázek 38: Legenda

Vývojový diagram – podklad pro P-FMEA:

Tabulka 16: Vývojový diagram

Zdroje odchylek	Pořadové číslo	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu
Lidský faktor	1	Uchopit nosič SAS		Variantnost: -
Lidský faktor	2	Založit nosič SAS		Přítomnost a pozice
Dávko- vání tuku	3	Namazat nosič SAS		
Lidský faktor	4	Uchopit plochou pružinu		Variantnost: -
Lidský faktor	5	Založit plochou pružinu		Přítomnost a koncová pozice
Lidský faktor	6	Založit podsestavu nosiče SAS a ploché pružiny do přípravku		Přítomnost pozice podsestavy i všech jejích dílů
Lidský faktor	7	Uchopit oz. kolečko č. 3		Variantnost: -
Lidský faktor	8	Založit oz. kolečko č. 3 do mazacího přípravku		Přítomnost a pozice
Dávko- vání tuku	9	Namazat oz. kolečko č. 3		Množství[g] Pozice [mm]
Lidský faktor	10	Manipulace s oz. kolečkem č.3 pomocí přípravku		Odchylky dílu- odpovědnost dodavatele Variantnost: -
Lidský faktor	11	Uchopit oz. kolečko č.1 a č.2		Variantnost: -
Lidský faktor	12	Založit oz. kolečko č.1 a č.2		Přítomnost a koncová pozice
Lidský faktor	13	Zasunout celou podsestavu SAS pod mazací hlavu		Koncová pozice
Dávko- vání tuku	14	Automatické namazání podsestavy		Množství [g] Pozice [mm]

Zdroje odchylek	Pořadové číslo	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu
Lidský faktor	15	Uchopit kazetu		Variantnost: více variant
Lidský faktor	16	Založit kazetu		Přítomnost a pozice
Lidský faktor	17	Uchopit reproduktor		Variantnost: -
Lidský faktor	18	Strhnout ochranou pásku		
Lidský faktor	19	Založit reproduktor		Přítomnost a pozice
Lidský faktor	20	Zasunout celou podsestavu		Koncová pozice
Seřízení stroje	21	Dotlačení reproduktoru		Správnost založení - POKA YOKE opatření
Dávko-vání tuku	22	Namazat kazetu		Předepsané množství tuku Předepsaná pozice tuku

Zdroje odchylek	Pořadové číslo	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu
Lidský faktor	23	Uchopit nosič		Variantnost: více variant
Lidský faktor	24	Označit etiketou		Přítomnost Pozice
Lidský faktor	25	Založit nosič		Variantnost: -
Lidský faktor	26	Uchopit podsestavu SAS		Variantnost: -
Lidský faktor	27	Založit podsestavu SAS		Přítomnost Pozice
Viz diagram příčin a následků	28	Kam. kontrola ploché pružiny a zároveň kamerová kontrola aplikace maziva		
Seřízení stroje	29	Automatická montáž podsestavy SAS		Koncová pozice
Lidský faktor	30	Uchopit PCB		Variantnost:-
Lidský faktor	31	Založit PCB		Přítomnost Pozice
Seřízení stroje	32	Dotlačení PCB		Koncová pozice
Seřízení stroje	33	Nýtování		Tvar nýtu
Lidský faktor	34	Uchopit pružné kolečko		Variantnost:-
Lidský faktor	35	Založit pružné kolečko		Přítomnost Pozice
Lidský faktor	36	Uchopit podsestavu kazety		Variantnost: více variant
Lidský faktor	37	Založit kazetu		Přítomnost Pozice
Viz diagram příčin a následků	38	Kamerová kontrola pružného kolečka		
Seřízení stroje	39	Automatická montáž kazety		Koncová pozice

Zdroje odchylek	Pořadové číslo	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu
Lidský faktor	40	Uchopit páčky		Variantnost: více variant
Lidský faktor	41	Založit páčky		Přítomnost Pozice
	42	Načíst etiketu		Variantnost: -
	43	Automatická montáž páček		Koncová pozice
Lidský faktor	44	Uchopit matici		Variantnost: -
Lidský faktor	45	Založit matici do přípravku		Přítomnost Pozice
Lidský faktor	46	Uchopit šroub pro matici		Variantnost: -
Lidský faktor	47	Založit šroub pro matici		Přítomnost Pozice
	48	Automatická montáž matice		
	49	Zašroubovat šroub do matice		Výška hlavy šroubu
Lidský faktor	50	Založit šrouby pro první páčku		Přítomnost Pozice
	51	Zašroubovat první páčku		Utahovací moment Výška hlavy šroubu
Lidský faktor	52	Založit šrouby pro druhou páčku		Přítomnost Pozice
	53	Zašroubovat druhou stranu	Utahovací moment Výška hlavy šroubu	

Zdroje odchylek	Přídavné číslo	Identifikace Účel/popis procesu	Grafické znázornění	Charakteristiky procesu
Lidský faktor	54	Uchopit krytky		Variantnost: -
Lidský faktor	55	Manuální montáž krytek		Přítomnost
	56	Kontrola klipů		Přítomnost
Lidský faktor	57	Uchopit podvolantový modul		Variantnost: -
Lidský faktor	58	Založit do testovacího zařízení		Přítomnost
	59	Test elektronických funkcí s účastí operátora		Pozice
	60	Test elektroniky automatický		
Lidský faktor	61	Uchopit podvolantový modul		Variantnost: -
Lidský faktor	62	Vložit do hlukové komory		Přítomnost
	63	Zvukový test případně část automatického		Pozice
Lidský faktor	64	Uchopit podvolantový modul		Variantnost: -
Lidský faktor	65	Založit do bedny		Přítomnost

V celém montážním postupu se většina kroků několikrát opakuje. Především pro uchopení a založení dílů je četnost vysoká. Vzhledem ke stejné povaze opakujících se činností budou pro zjednodušení P-FMEA opakující se činnosti sdruženy. Tímto způsobem může probíhat standardizace navrhovaných opatření i pro další montážní systémy. Pokud by bylo sjednoceno názvosloví a vytvořen systém s databází, mohla by být tvorba FMEA částečně automatizována. Pro sdružení činností je ovšem zapotřebí zajistit, aby nedošlo k opomenutí charakteristických znaků dané konkrétní činnosti.

Seznam sdružených činností:

A - Uchopení dílu - 1, 4, 7, 11, 15, 17, 23, 26, 30, 34, 36, 40, 44, 46, 54, 57

a-nevariantní-1,4, 7, 11, 17, 26, 34, 40, 44, 46, 49, 54, 58, 62, 65

b-variantní bez etikety-23

c-variantní podsestava s etiketou-15, 30, 36, 40, 57, 61

B - Založení dílu - 2, 5, 6, 8, 12, 16, 19, 25, 31, 35, 37, 40, 44, 46, 50, 53, 59, 66

- nevariantní - 2, 5, 6, 8, 12, 16, 19, 25, 31, 35, 37, 40, 44, 46, 50, 53, 59, 64

- variantní bez etikety 25,

- variantní podsestava s etiketou – 16, 31, 37, 41, 57, 65

C - Mazání - 3, 9, 22,

D - Manipulace s ozubeným kolečkem pomocí přípravku - 10,

E - Zasunutí lůžka s dílem - 13, 20,

F - Automatická montáž - 39, 43, 48

G - Zašroubovat šroub do matice - 49

H - Strhnout ochranou pásku - 18

CH - Dotlačení reproduktoru do koncové pozice - 21

I - Označit etiketou - 24

J - Dotlačení PCB do koncové pozice - 32

K - Nýtování - 33

L - Kamerová kontrola - 28, 38,

M - Načíst etiketu - 25, 16, 31, 37, 42, 57, 65

N - Zašroubovat šrouby pro páčky- 50, 53

O - Manuální montáž - 55

P - Test elektronických či jiných funkcí - 59, 60, 63

Q - Manipulace dílů mezi stanicemi

R - Manipulace s neshodnými díly

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

Vypracovaný formulář PFMEA:

ANALÝZA MOŽNÝCH ZPŮSOBŮ A DŮSLEDKŮ RIZIK (FMEA PROCESU)																			
Výrobek:		Podvolantový modul		Odpovědnost za proces:				O. Mašek		Číslo dokumentu FMEA:				0000-0001		Počet stran:		11	
Řešitelský tým:		O. Mašek, P. Lojka, P. Múdry								Datum:		14. 3. 2015		Vypracoval:		O. Mašek			
Char. označení	Relevantní pro operace	Prvek - popis procesu	Funkce/ požadavky	Potencionální chyby	Potencionální následky chyby	Závažnost	Klasifikace	Možné příčiny závady	Výskyt	Nástroj prevence	Nástroj detekce	Detekce	RPN	Doporučené opatření	Přijaté opatření	Závažnost	Výskyt	Detekce	RPN
A	15, 30, 36, 40, 57, 61	Uchopení dílu - podsestavy označené etiketou	Uchopení správné varianty dílu z bedny	Uchopení nesprávné varianty	Vyrobení nesprávné varianty	6		Chyba při výběru varianty z regálu	4	Kusovník k dispozici operátorovi	Čtení etikety pro varianty	2	48	Žádné					0
	23	Uchopení dílu - variantní bez etikety	Uchopení správné varianty dílu z bedny	Uchopení nesprávné varianty	Vyrobení nesprávné varianty	6		Chyba při výběru varianty z regálu	4	Kusovník k dispozici operátorovi	Díl tvarově odlišný-tvarová odlišnost kontrolována senzorem při založení	2	48	Žádné					0
A B	40, 41, 54, 55, 57, 58, 61, 62, 64, 65	Uchopení a založení pohledového dílu	Manipulace s dílem	Upuštění na zem - pohledový díl	Poškození vzhledu	4		Neopatrnost personálu	5	všechny upuštěné součásti jsou označeny jako neshodné díly		1	20	Žádné					0

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

1, 2, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 57, 58, 61, 62, 64, 65	Uchopení a založení dílu - funkční díl		Upuštění na zem	Zhoršení primární funkce	7		Neopatrnost personálu	4	Všechny upuštěné součásti jsou označeny jako neshodné díly		1	28	Žádné					
30, 31,	Uchopení a založení dílu - PCB/sestav a obsahující ESD		Poškození výbojem statické elektřiny	Poškození elektro- nické funkce	10	K	Kontakt s objektem o odlišném elektrickém potencionálu	5	Všechny upuštěné součásti jsou označeny jako neshodné díly	Všechny elektro- nické funkce jsou automati- cky testovány	1	50	Žádné					
			Upuštění na zem	Poškození elektro- nické funkce	10	K	Neopatrnost personálu	5	Všechny upuštěné součásti jsou označeny jako neshodné díly	Všechny elektroni- cké funkce jsou automati- cky testovány	1	50	Žádné					

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

	26, 27,	Uchopení a založení dílu - sestava dílů, které nejsou prozatím pevně spojeny a hrozí rozložení dílů		Upuštění na zem	Rozložení sestavy	7		Neopatrnost personálu	5	Všechny upuštěné součásti jsou označeny jako neshodné díly		1	35	Žádné				
B	2, 5, 6, 8, 12, 16, 19, 25, 31, 35, 37, 40, 44, 46, 50, 53, 59, 66	Založení dílu	Umístění dílu na správnou pozici	Díl není vůbec založen	Poškození stroje	10		Lidský faktor	5	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti - POKA-YOKE	Snímač koncové pozice dílu	1	50	Žádné				0
				Díl je založen do nepravé pozice, lůžka, špatně orientován	Poškození stroje	10		Lidský faktor	5	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti - POKA-YOKE	Snímač koncové pozice dílu	1	50	Žádné				0
				Díl není v koncové pozici	Poškození stroje	10		Lidský faktor	5	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti-POKA-YOKE	Snímač koncové pozice dílu	1	50	Žádné				0
	25	Založení variantního dílu bez etikety	Umístění správné varianty dílu na správnou pozici	Založena nesprávná varianty dílu	Ztráta sekundární funkce, nespokojenost zákazníka	6		Lidský faktor	5	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti, výběr dílu na linku dle kusovníku, POKA-YOKE	Snímání tvarové odlišnosti senzorem a snímání koncové pozice	1	30	Žádné				0

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

	16, 31, 37, 41, 57, 65	Založení variantního dílu s etiketou	Umístění správné varianty dílu na správnou pozici	Založena nesprávná varianty dílu	Ztráta sekundární funkce, nespokojenost zákazníka	6		Lidský faktor	5	Výběr dílu na linku dle kusovníku, lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti POKA-YOKE	Snímání varianty dle sériového čísla na etiketě, snímání koncové pozice	1	30	Žádné					0		
C	3, 9, 22,	Mazání	Nanesení správného množství maziva	Přerušen přívod	Žádné nebo nesprávné množství maziva - hluky, snížená úroveň technických parametrů - zvýšené tření v sestavě	7		Technické závady vedení	1	Zajištěno konstrukčním návrhem	Automatická detekce proběhnutí dávky	1	7	Žádné					0		
				Správný tlak v rozvodu		7		Technické závady vedení	5	Nastavení parametrů seřizovačem dle správných instrukcí	Snímání správného tlaku v rozvodu	2	70	Žádné							
				Ucpání trysek		7		Technické závady vedení	5	Pravidelná údržba	Automatická detekce proběhnutí dávky	2	70	Žádné							0
				Dojde tuk v zásobníku		7		Zásobník nevyměněn včas	5	Seřizovač průběžně kontroluje množství tuku	Automatická detekce proběhnutí dávky	2	70	Žádné							

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

D	10	Manipulace s dílem pomocí přípravku	Uchopení, přenos a založení	Upuštění na zem	Poškrábání nebo vytvoření otlačení- snížená úroveň technických parametrů	7	Lidský faktor	4	Školení všech operátorů, aby upuštěné díly vyřadili z procesu	10	280	Zajistit konstrukčně proti upuštění / detekce	Díl přenášen pomocí podtlaku – automa- tické snímá- ní hodnoty pod- tlaku během manipu- lace	6	4	2	48	
			Díl není vůbec založen	Podsestava není kompletní	10	Lidský faktor	1	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti-POKA-YOKE	Snímač přítomnosti dílu	2	20	Žádné					0	
			Díl je založen do nesprávné pozice/ lůžka/ špatně orientován	Vyrobení nesprávného dílu, poškození stroje	10	Lidský faktor	1	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti-POKA-YOKE	Snímač přítomnosti	2	20	Žádné						0
			Díl není v koncové pozici	Vyrobení nesprávného dílu, poškození stroje	10	Lidský faktor	1	Lůžko svým tvarem odpovídá tvaru součásti-POKA-YOKE	Snímač koncové pozice dílu	2	20	Žádné						0
E	13, 20,	Zasunutí lůžka s dílem	Posun lůžkem	Lůžko není zasunuto do koncové pozice nebo vytaženo během automatického procesu	Poškození dílu nebo zařízení	10	Lidský faktor	1	Zařízení se spustí až po dojetí na snímač koncové polohy a zamčení lůžka POKA-YOKE	1	10	Žádné					0	

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

E-13	13			Lůžko není vůbec zusunuto	Nedojde k namazání	7		Lidský faktor	3	Svázání procesu-kamerová kontrola přítomnosti maziva na dalším pracovišti POKA-YOKE	Snímač koncové pozice	2	42	Žádné				0
E-20	20			Lůžko není vůbec zusunuto	Nedojde k namazání a dotlačení	7		Lidský faktor	3	Svázání procesu POKA-YOKE	Snímač koncové pozice	2	42	Žádné				0
F	39, 43, 48	Automatická montáž	Automatická manipulace a spojení součástí	Díl není založen do koncové pozice	Vyrobení nepravého dílu, poškození stroje	10		Špatné seřízení stroje/ další náhodné vlivy	3	Seřízení provádí školený personál	Snímač koncové pozice dílu	2	60	Žádné				0
G	49	Zašroubovat šroub do matice	Vytvoření nedotaženého šroubového spoje	Během šroubování není dosaženo správné výšky hlavy šroubu	Vypadnutí šroubu z dílu	4		Náhodné vlivy	3	Šroubovák je vypnut až po dosažení správné výšky hlavy šroubu	Snímač dosažení správné pozice	2	24	Žádné				0
				Nečistota v matici	Zadření šroubového spoje	4		Nečistota/otřep	3	Čistota na pracovišti	Snímač dosažení správné pozice	2	24	Žádné				
H	18	Strhnout ochranou pásku	Sejmout pásku aby bylo možné nalepit reproduktor	Opomenutí stržení	Mechanické poškození součástí	6		Lidský faktor	4	Dotlačení reproduktoru kovovou součástí - pokud není páska stržena, dojde k vyzvednutí	Snímač přítomnosti dílu - zda je vyzvednut	2	48	Žádné				0

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

									reproduktoru společně s kovovou součástí											
CH	21	Dotlačení reproduktoru do koncové pozice	Vyvodit potřebnou sílu pro nalepení	Přítlak poškodí reproduktor	Mechanické poškození součásti	6		Chybné nastavení přítlaku	1	Do pneumatického obvodu umístit redukční ventil, který nedovolí překonat max. sílu	Vizuální kontrola operátorem	1	6	Žádné					0	
I	24	Označit díl etiketou	Nalepení etikety na určenou pozici	Nenalepení/nalepení mimo pozici	Nenačtení etikety u zákazníka	4		Lidský faktor	4	Pozice pro etiketu je na díle ohraničena výstupky, aby bylo najití správné pozice jednoduché	Načítání etikety v ohraničené oblasti	2	32	Žádné					0	
			Vytisknutí etikety, která je určena pro označení	Chybné vytištění údajů	Nenačtení etikety u zákazníka	4		Mechanická závada tiskárny	4	Pravidelná údržba	2	32	Načítání etikety	2	32	Žádné				
J	32	Dotlačení PCB do koncové pozice	Nalisování na plastový kolík s přesahem	Mechanické poškození dílu	Mechanické poškození součásti/ poškození elektronických funkcí	10	K	Nevhodný technický návrh nástroje	1	Dotlačení dílů jen v těsné blízkosti kolíků s přesahem-zamezení ohybu desky	Ověření při zkušebním provozu	1	10	Žádné						0
				Nedosažení koncové pozice	Mechanické poškození součásti/ poškození elektronických funkcí	10	K	Nečistota/otřep	4	Pravidelná údržba	4	10	400	Automatické měření správné výšky	Automatické měření správné výšky	10	4	2	80	

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

K	33	Nýtování	Vytvoření nýtového spoje	Nedosažení správného tvaru nýtu	Mechanické poškození součástí/ poškození elektronických funkcí	10	K	Špatné seřízení stroje/ kolísání hodnot / další náhodné vlivy	4	Automatizované řízení procesních parametrů během nýtování	Kontrola parametrů procesu seřizovačem na začátku každé směny, poté vizuální kontrola správné funkce	2	80	Žádné					0
L	28, 38	Kamerová kontrola	Vyhodnocení kamerového testu	Přeskočení operace	Nezjištění konkrétní závady	6		Lidský faktor	4	Součástí automatické montáže /svázání procesu POKA-YOKE	V případě chyby při vyhodnocení zastavení procesu	0		Součástí automatické montáže /svázání procesu POKA-YOKE					0
				Test je nesprávně vyhodnocen		6		Nesprávná změna parametrů	1	Nastavení parametrů pouze specialistou pro kamerové testy - změna podmíněna zadáním hesla	Kontrola vzorovými díly	1	6	Žádné					0
						6		Nesprávný návrh metody / nastavení parametrů	1	Provedení kamerových testů specialistou na kamerové testy- ověření metody a zjištění		1	6	Žádné					

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

									správných parametrů									
						6	Porucha funkčnosti	2	V případě chyby komunikace kamery a systému zastavení procesu	Kontrola vzorovými díly	2	24	Žádné					0
						6	Nevhodné světelné podmínky	4	Sledované místo je osvětleno dostatečným zdrojem světla, neprůsvitné zakrytování		1	24	Žádné					0
						6	Prašnost prostředí	4	Pravidelná údržba	Kontrola vzorovými díly	2	48	Žádné					0
M	25, 16,31, 37, 41, 57, 65	Načíst etiketu	Identifikace dílu a ověření správnosti tisku	Porucha zařízení / zanesení prachem	Díl nebude identifikován	6	Nevhodná údržba / porucha zařízení	4	Pravidelná údržba	V případě chyby automaticky označit díl jako neshodný	1	24	Žádné					0
N	50,53	Zašroubovat šroub pro páčky	Vytvoření šroubového spoje	Během šroubování není dosaženo správné výšky hlavy šroubu	Uvolnění šroubového spoje	9	Není dosažen moment při utahování	5	Šroubovák je vypnut až po dosažení správného utahovacího momentu		1	45	Žádné					0

Katedra technologie obrábění

Otakar Mašek

				Díly nejsou na sobě těsně dosednuty	Uvolnění šroubového spoje	9	Nečistota/otřep	3	Čistota na pracovišti a pravidelná údržba		10	270	Měření výšky hlavy šroubu	Měření výšky hlavy šroubu	9	3	2	54
O	55	Manuální montáž	Vytvoření spoje pomocí plastových klipů - západkový spoj	Díly nejsou na sobě těsně dosednuty a klipy nejsou ve správné pozici	Uvolnění spoje	4	Nedostatečné nasunutí/nečistota/otřep	5	Čistota na pracovišti a dodávání dílů bez otřepů	Kontrola pozice klipů	2	40	Žádné					0
P	59, 60, 63	Test elektronických funkcí	Provedení elektronického testu	Nesprávné provedení elektronických funkcí	Neodhalení vady na výrobku	10	Lidský faktor	4	SW zajistit, že nebude možné narušit testování chybou člověka		1	40	Žádné					0
Q	x	Manipulace dílů mezi stanicemi	Postupné předávání dílu mezi stanicemi	Opomenutí provést některou požadovanou činnost	Operátor neprovede některou zásadní činnost	10	Lidský faktor	4	Svázání procesů, které mohou být opomenuty. Řízení celého montážního systému nedovolí pokračovat v procesu bez postupného provádění činností	Kontrola statusu dílu v databázi zda prošel kritickými operacemi, které mohou být opomenuty.	1	40	Žádné					0

Katedra technologie obrábění

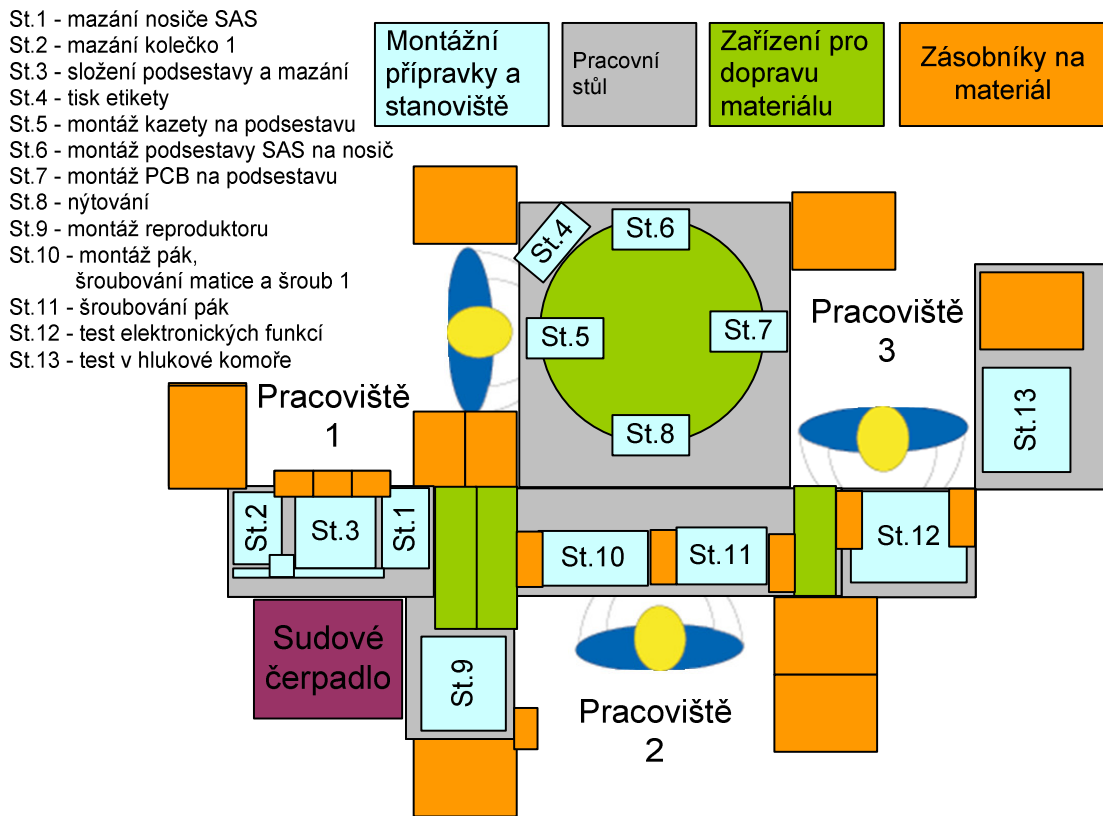
Otakar Mašek

R	x	Manipulace s neshodnými díly	Vložení dílu do prostoru pro neshodné díly	Neshodný díl není vložen do určeného prostoru	Neshodný díl může být dále zpracováván a namontován do vozidla	10	Lidský faktor	4	Světelná signalizace, dle které operátor pozná, že se jedná o neshodný díl	7	280	Automatická manipulace s neshodnými díly	Auto- matizo- vaná dete- kce přítom- nosti dílu v pro- storu pro nesho- dné díly	10	4	2	80
---	---	------------------------------	--	---	--	----	---------------	---	--	---	-----	--	---	----	---	---	----

5.2 POKA-YOKE

Při návrhu montáže bylo postupováno dle zásad metody POKA-YOKE. V této podkapitole bude popsáno, jaká opatření byla učiněna na základě této metody.

5.2.1 Obecná opatření pro celý systém



Obrázek 39

Lůžka pro založení dílů:

Každé lůžko pro založení dílu musí odpovídat tvaru dílu tak, aby nebylo možné založit jiný díl na tuto pozici. Podsestavy vyskytující se ve více variantách, které mají pokaždé stejný tvar, budou označeny etiketou, dle které bude správná varianta zkontrolována. Před spuštěním montáže bude zkontrolována přítomnost a pozice dílu.

Tok materiálu linkou

Na automatizovaných linkách jsou díly převáženy na paletách. Každá paleta bývá vybavena RFID čipem, který nese číslo palety a tím je možné sledovat tok materiálu linkou a kontrolovat, zda díl prošel předchozími operacemi v pořádku. Také je díky tomu zajištěno, zda neshodný díl není již dále zpracováván. V tomto případě je ale díl přesouván mezi stanicemi operátorem. Není tedy zajištěno, že díl prošel všemi stanovišti. Pro zajištění, aby nebyla žádná operace přeskočena, musí být jednotlivá stanoviště zajištěna proti přeskočení. Taková stanoviště, kde díl s etiketou není, budou zajištěna, aby operátor vždy musel vykonat všechny kroky v daném pořadí. Každý následující krok bude podmíněn vykonáním předchozího. Od stanice 5 jsou již díly označeny etiketou (s výjimkou stanice 9). Na každém stanovišti bude načtena etiketa a systém musí zkontrolovat, zda všechny předchozí operace proběhly v pořádku.

Manipulace s neshodnými díly

Poté co systém detekuje neshodný díl, je nutné jej založit operátorem do zásobníku na neshodné díly. Na každém pracovišti bude jedno nebo více signalizačních světel, která budou signalizovat, zda se jedná o shodný (zelené světlo) nebo neshodný díl (červené světlo). Protože pouze světelná signalizace nezabezpečí, že operátor doopravdy vloží díl do zásobníku, musí být zásobník opatřen systémem čidel. Ta zjistí, zda byl díl doopravdy založen.

5.2.2 Pracoviště 1 a karusel

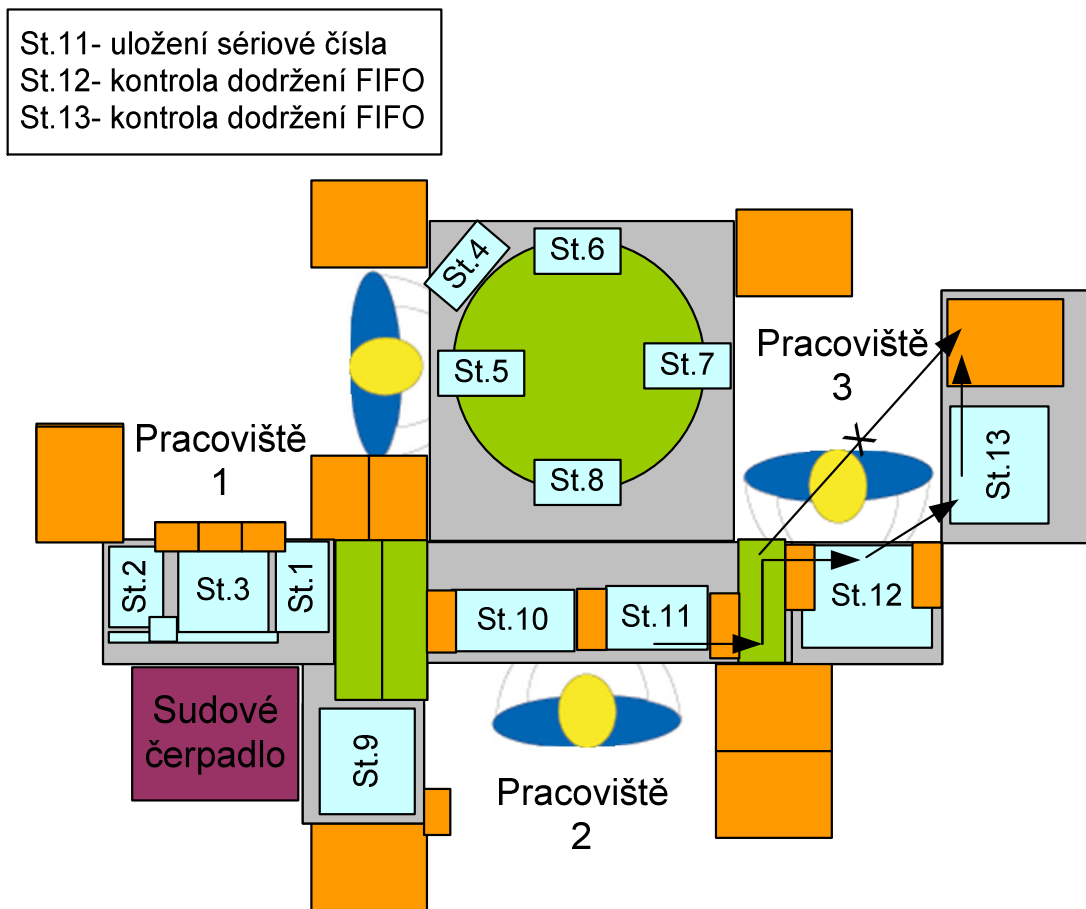
Plochou pružina nelze detekovat po založení podsestavy SAS na nosič. Podsestava je nestabilní až do chvíle, než je smontována společně s PCB, pružným kolečkem a kazetou. Po manipulaci s podsestavou SAS operátorem musí být provedena detekce ploché pružiny a poté musí následovat automatická montáž. Dále musí být detekováno mazivo na celé podsestavě SAS. Jednotlivé předchozí stanice mazání jsou společně svázány. Pokud by ale operátor úplně přeskočil mazání, nebude to systémem detekováno. Proto musí být detekována přítomnost maziva.

5.2.3 Pracoviště 2

Při montáži podsestavy kazety může operátor opomenout strhnout pásku z reproduktoru. Reprodukter je tedy na každou kazetu dotlačen kovovým nástrojem, na který by se působením magnetické síly přichytil. Pomocí senzorů bude sledováno, zda zůstane ve své pozici nebo bude přichycen ke kovovému nástroji.

5.2.4 Pracoviště 3

Na pracovišti je otestována finální podsestava a vložena do bedny, která je poté zaslána zákazníkovi. Pokud by se stalo, že operátor přeskočí některou operaci a vloží díl přímo do bedny, byl by neotestovaný díl zaslán a namontován do vozidla. To je nepřijatelné riziko. Pro zabránění výskytu bude sériové číslo dílu po stanici 11 zapsáno do databáze. Na dalších stanicích 12 a 13 bude zkontrolováno, zda jsou díly zpracovávány ve správném pořadí – je dodržena metoda FIFO (první zapsané sériové číslo jde první na dalším stanovišti). Tím bude systém zajištěn proti přeskočení. Pokud by byl díl založen přímo do bedny pro zákazníka, nebude možné pokračovat v montáži a proces montáže se zastaví, dokud díl nebude opět vyjmut a založen do správné stanice.



Obrázek 40: Zajištění FIFO

6 Odhad investičních nákladů navrženého řešení

V této kapitole budou odhadnuty investiční náklady. Dále budou odhadnuty provozní náklady, které jsou závislé na navrženém uspořádání. Po odhadu těchto nákladů budou porovnány náklady na navržený montážní systém s plánovanými náklady. Plánované náklady vycházejí z konceptu montážního systému. Dle tohoto konceptu se odvíjela dohodnutá cena výrobku. Je tedy nutné dosáhnout stejných nebo nižších nákladů, aby bylo dosaženo plánovaného zisku.

6.1 Investiční náklady za pořízení technologie pro montážní systém

Dle návrhu montážního systému bylo vypracováno zadání, které bylo poptáno u řady dodavatelů. Na základě nabídek byl sestaven rozpočet investičních nákladů. Přesné rozpočty podléhají obchodnímu tajemství, a proto nejsou uvedeny.

Pracoviště 1:

Položka	Cena v Kč
Strojní komponenty	1 100 000 Kč
Elektro komponenty	200 000 Kč
Vedení projektu	20 000 Kč
Návrh a výroba	150 000 Kč
Montáž a uvedení do provozu	50 000 Kč
CELKEM	1 520 000 Kč

Karusel:

Položka	Cena v Kč
Strojní komponenty	3 500 000 Kč
Elektro komponenty	700 000 Kč
Vedení projektu	40 000 Kč
Návrh a výroba	600 000 Kč
Montáž a uvedení do provozu	100 000 Kč
CELKEM	4 940 000 Kč

Pracoviště 2:

Položka	Cena v Kč
Strojní komponenty	700 000 Kč
Elektro komponenty	70 000 Kč
Vedení projektu	20 000 Kč
Návrh a výroba	150 000 Kč
Montáž a uvedení do provozu	40 000 Kč
CELKEM	980 000 Kč

Pracoviště 3:

Položka	Cena v Kč
Strojní komponenty	1 500 000 Kč
Elektro komponenty	1 600 000 Kč
Vedení projektu	20 000 Kč
Návrh a výroba	500 000 Kč
Montáž a uvedení do provozu	100 000 Kč
CELKEM	3 720 000 Kč

Celkem:

Položka	Cena v Kč
Strojní komponenty	6 800 000 Kč
Elektro komponenty:	2 570 000 Kč
Vedení projektu	100 000 Kč
Návrh a výroba	1 400 000 Kč
Montáž a uvedení do provozu	290 000 Kč
CELKEM	11 160 000 Kč

6.2 Přímé náklady na roční provoz

6.2.1 Náklady na mzdy:

Na lince budou celou směnu zapotřebí 3 operátoři. Pro odstraňování drobných chyb a zajištění bezproblémového chodu a základní údržbu jsou vždy na hale zapotřebí seřizovači. Každý seřizovač je zodpovědný za několik linek. Na linku takovéto velikosti je kalkulováno 0,33 seřizovače. Průměrný plat operátora byl vzat dle statistiky společnosti Eurostat – pro Bulharsko 105 Kč na hodinu. Náklady budou stanoveny s předpokladem, že operátor má o 20 % nižší hodinové náklady oproti průměru a seřizovač o 5 % nižší. [14]

Náklady firem na zaměstnance v EU (v korunách na hodinu)	
Dánsko	1110
Belgie	1078
Slovensko	267
Česko	259
Bulharsko	105
průměr v EU	677

Zdroj: Eurostat

Obrázek 41: Statistika nákladů na zaměstnance v EU pro vybrané státy [14]

Předpokládané náklady na mzdy pro navržený systém:

Hodinové náklady na operátory = $3 * (105 * 0,8) = 252$ Kč/h

Roční náklady na operátory = hodinové náklady na operátory * počet pracovních dní * počet pracovních hodin na den

Roční náklady na operátory = $252 * 250 * 24$ (zaměstnanci je proplácena i přestávka na oběd)
= 1 512 000 Kč/rok

Hodinové náklady seřizovače = $0,33 * (105 * 0,95) = 33$ Kč/h

Roční náklady na seřizovače = hodinové náklady na operátory * počet pracovních dní * počet pracovních hodin na den

Roční náklady na seřizovače = $33 * 250 * 24 = 198 000$ Kč/rok

Celkové náklady na mzdy = 1 710 000 Kč/rok

Plánované náklady na mzdy:

Hodinové náklady na operátory = $4 * (105 * 0,8) = 336$ Kč/h

Roční náklady na operátory = hodinové náklady na operátory * počet pracovních dní * počet pracovních hodin na den

Roční náklady na operátory = $336 * 250 * 24$ (zaměstnanci je proplácena i přestávka na oběd)
= 2 016 000 Kč/rok

Hodinové náklady seřizovače = $0,33 * (105 * 0,95) = 33$ Kč/h

Roční náklady na seřizovače = hodinové náklady na operátory * počet pracovních dní * počet pracovních hodin na den

Roční náklady na seřizovače = $33 * 250 * 24 = 198 000$ Kč/rok

Celkové náklady na mzdy = 2 214 000 Kč/rok

6.2.2 Náklady na energii

V tomto stádiu projektu ještě není detailně známá technologie montáže. Není jistý počet pneumatických válců pro určení spotřeby vzduchu. Není znám ani typ, počet a příkon jednotlivých zařízení. Předběžné lze určit ze zkušeností z ostatních montážních linek.

Odhadovaná spotřeba el. energie na hodinu provozu (včetně energie vynaložené na výrobu stlačeného vzduchu) = 2 kWh

Průměrná cena elektrické energie podle serveru energie123.cz je 4,75 Kč/kWh. [15]

Předpokládané náklady na energii pro navržený systém:

Roční náklady na energii = hodinová spotřeba * cena kWh * počet hodin na směnu * počet směn * počet pracovních dní v roce

Roční náklady na energii = $4,75 * 2 * 7,5 * 3 * 250 \approx 53 500$ Kč/rok

Celkové náklady na energii $\approx 53 500$ Kč/rok

Plánované náklady na energii:

Roční náklady na energii = hodinová spotřeba * cena kWh * počet hodin na směnu * počet směn * počet pracovních dní v roce

Roční náklady na energii = $4,75 * 1,5 * 7,5 * 3 * 250 \approx 40 100$ Kč/rok

Celkové náklady na energii $\approx 40 100$ Kč/rok (6800 Kč/pololetí – 1 směna)

6.2.3 Náklady na prostor

Prostorová náročnost daného montážního systému je důležitý a dříve podceňovaný faktor. Zabraní výrobní plochy znemožní její využití pro jiné účely. V nejhorším případě může situace zajít tak daleko, že již nebude možná účast v dalších výběrových řízeních z nedostatku výrobní nebo skladové plochy. Hospodaření s výrobní plochou má tedy mimo jiné strategický význam, což ale není možné dobře vyjádřit cenou nákladů na metr. Přesto musí být náklady na výrobní plochu určeny. Pro účely této práce jsou roční náklady na m^2 odhadnuty na 500 Kč/ m^2 .

Předpokládané náklady na prostor pro navržený systém:

Podle návrhu uspořádání vychází plocha 12 m^2 .

Celkové náklady na prostory = 6 000 Kč/rok

Plánované náklady na prostory:

Podle návrhu uspořádání vychází plocha 8 m^2 .

Celkové náklady na prostory = 4 000 Kč/rok

6.3 Porovnání nákladů na navržený montážní systém s plánovanými náklady

Podle navrženého uspořádání vychází tyto základní údaje pro stanovení nákladů:

Umístění: Kostal Bulharsko

Počet operátorů: 3

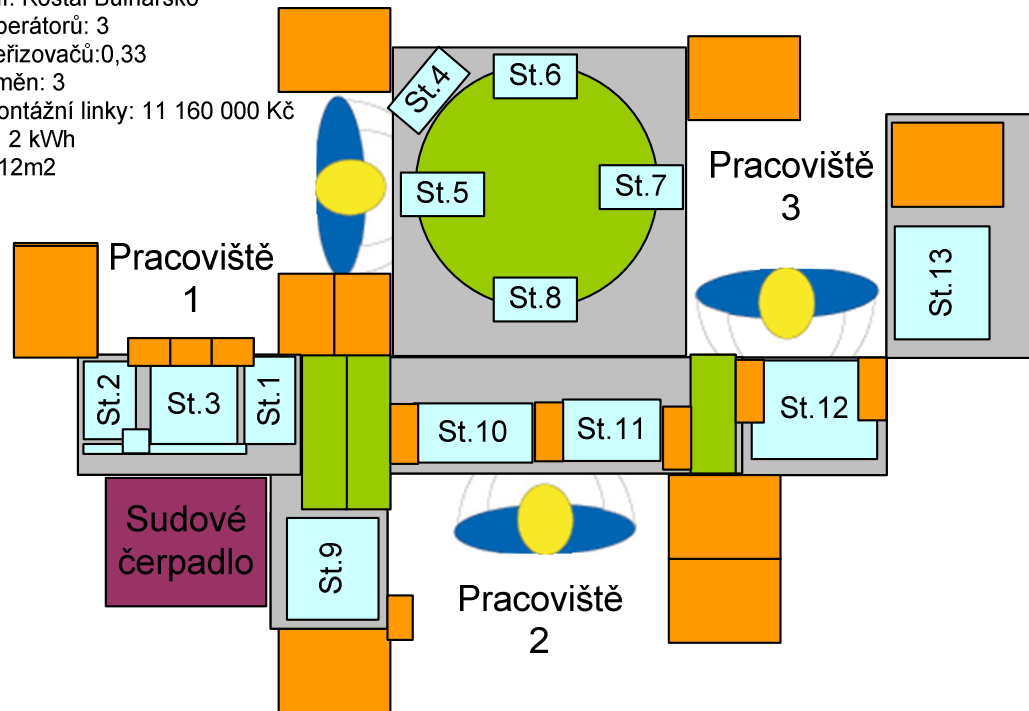
Počet seřizovačů: 0,33

Počet směn: 3

Cena montážní linky: 11 160 000 Kč

Energie: 2 kWh

Prostor: 12m²



Obrázek 42

Navržený montážní systém bude porovnán se systémem navrženým při koncepci linky pro účely výběrového řízení:

Umístění: Kostal Bulharsko

Počet operátorů: 4

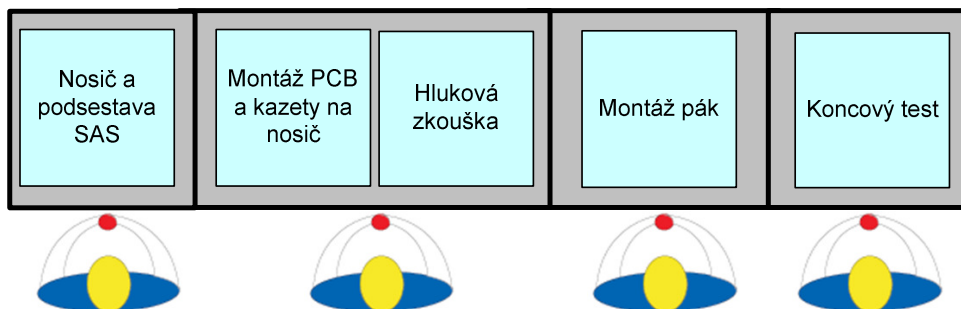
Počet seřizovačů: 0,33

Počet směn: 3

Cena montážní linky: 10 000 000 Kč

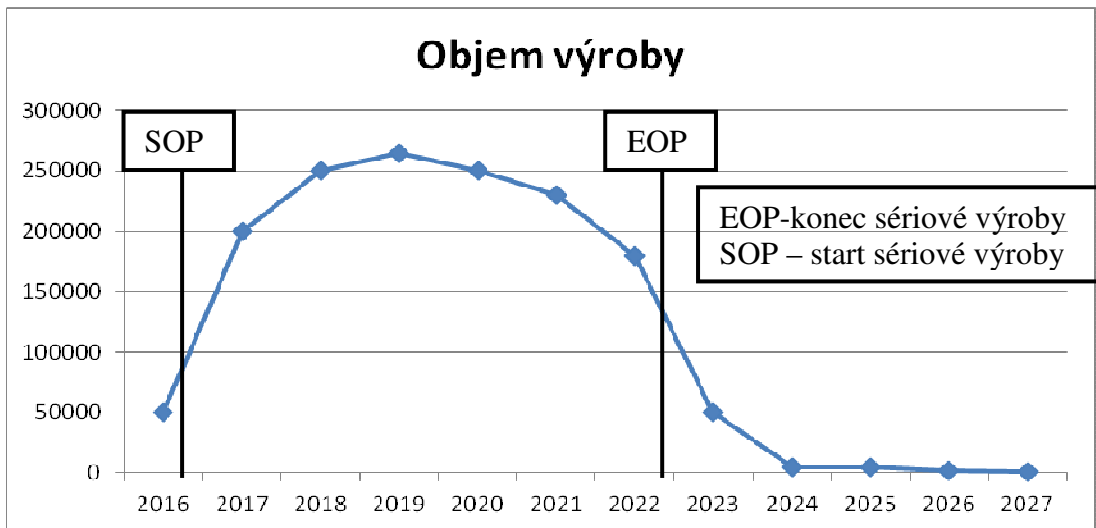
Energie: 1,5 kWh

Prostor: 8m²



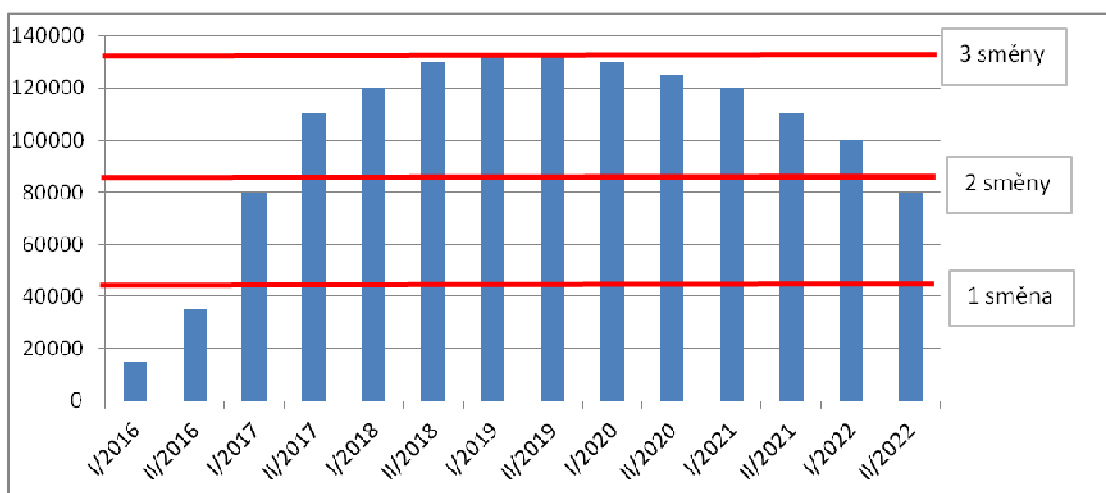
Obrázek 43

Po stanovení nákladů na pořízení montážní linky a stanovení provozních nákladů je možné porovnat náklady na navržený montážní systém. Protože objem výroby není po celou dobu sériové výroby konstantní, vychází se z odhadované objemové křivky. Pro tento projekt bude vycházeno z objemové křivky, jež je vidět na obrázku 44. Po skončení sériové výroby automobilů musí výrobce nebo prodejce zajistit náhradní díly nejméně po dobu pěti let po ukončení výroby nebo dovozu. Tento požadavek je řešen různým způsobem ať již vytvořením dostatečného předzásobení nebo přesunu výroby mimo hlavní výrobní plochu. Předpokladem ale je, že návratnost investice musí být splněna do konce sériové výroby.



Obrázek 44: Graf objemu výroby po rocích

Velikost provozních nákladů se odvíjí od počtu směn pro jednotlivé časové období. Od počtu směn se budou odvíjet náklady na mzdy a energie. Náklady na prostory jsou stejné pro každé časové období – montážní linka je na výrobní ploše i v případě, že na ní není prováděna montáž. Pro zpřesnění nákladů budou objemy rozděleny na pololetní intervaly a porovnány s kapacitou pro jednotlivé směny. Výsledek je možné vidět na obrázku 45.



Obrázek 45: Objem sériové výroby v jednotlivých pololetích

Předpokládané počáteční náklady: 11 160 000 Kč

Plánované počáteční náklady: 10 000 000 Kč

Předpokládané pololetní náklady nezávislé na počtu směn: 3000 Kč/pololetí

Plánované pololetní náklady nezávislé na počtu směn: 2000 Kč/pololetí

Předpokládané pololetní náklady závislé na počtu směn:

– určeny pro 1 směnu: $8906,25 + 285\,000 \approx 295\,000$ Kč/pololetí

Plánované pololetní náklady závislé na počtu směn:

– určeny pro 1 směnu: $33\,000 + 336\,000 \approx 370\,000$ Kč/pololetí

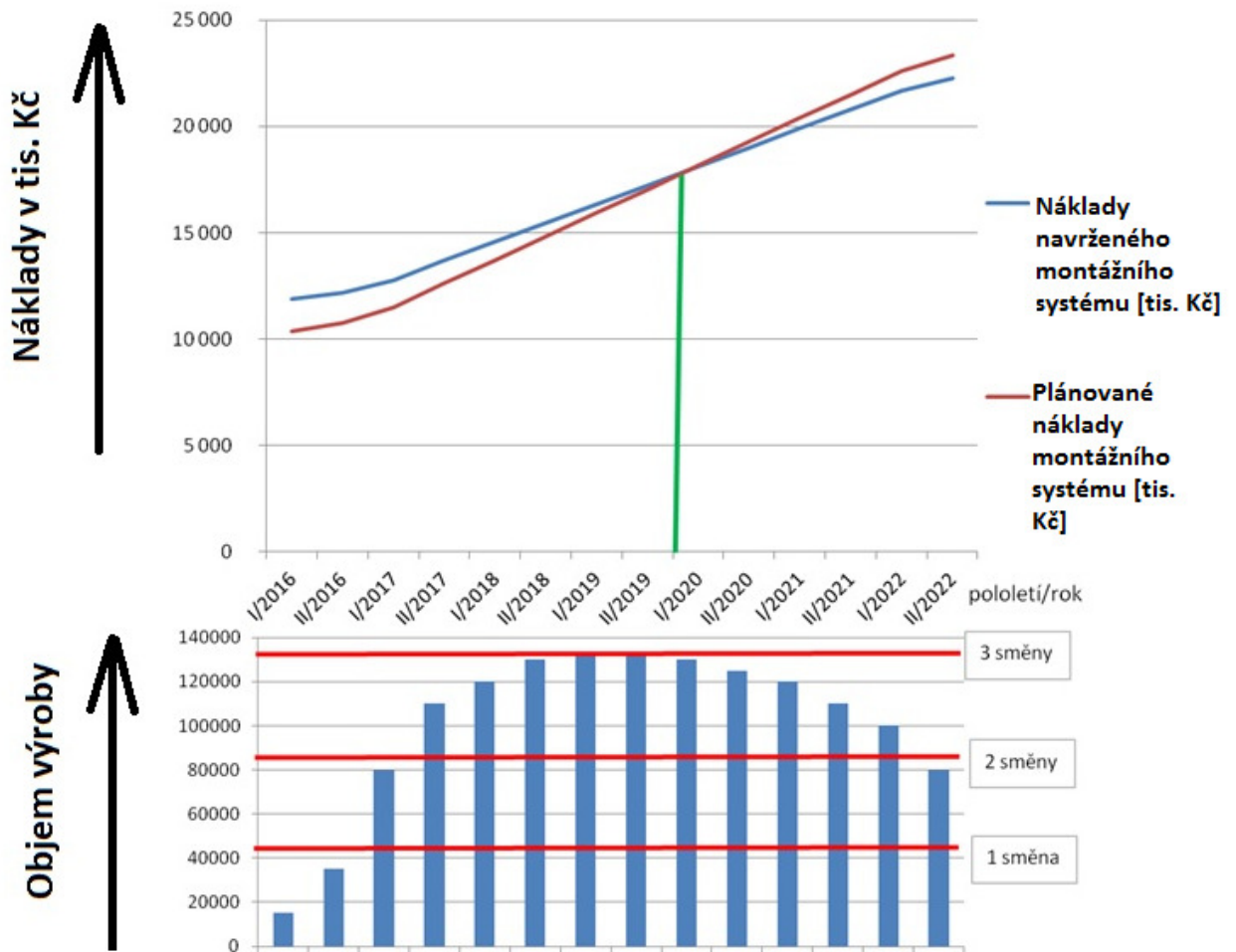
Do celkových nákladů budou uvažovány pouze náklady, které ovlivňuje navržené uspořádání montážního systému. Režijní náklady nebo náklady na údržbu nebo zásobování systému nebudou uvažovány.

CN na první pololetí = počáteční investice + počet směn * náklady na směnu + nezávislé náklady

CN na každé další pololetí = CN předchozího pololetí + počet směn * náklady na směnu + nezávislé náklady

Pololetí	I/2016	II/2016	I/2017	II/2017	I/2018	II/2018	I/2019	II/2019	I/2020	II/2020	I/2021	II/2021	I/2022	II/2022
	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Objem výroby na pololetí	15000	35000	80000	110000	120000	130000	132500	132500	130000	125000	120000	110000	100000	80000
Počet směn	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Předpokládané náklady pro navržený montážní systém [tis. Kč]	11 898	12 196	12 789	13 677	14 565	15 453	16 341	17 229	18 117	19 005	19 893	20 781	21 669	22 262
Plánované náklady pro montážní systém [tis. Kč]	10 372	10 744	11 486	12 598	13 710	14 822	15 934	17 046	18 158	19 270	20 382	21 494	22 606	23 348

Nově navržený systém má vyšší pořizovací náklady o 1 160 000 Kč. Provozní náklady jsou ovšem nižší. Po porovnání celkových nákladů bylo zjištěno, že hodnota celkových nákladů na konci sériové produkce bude o 1 086 000 Kč nižší. K vyrovnání nákladů dojde na konci roku 2019. Návratnost vynaložených vícenákladů na pořízení montážní linky je tedy stanovena přibližně na 4 roky od začátku sériové produkce. Porovnání nákladů v závislosti na čase je vidět na obrázku 46.



Obrázek 46: Porovnání nákladů

Předpokládané náklady navrženého montážního systému jsou nižší než plánované. Bude tedy dosaženo plánovaného zisku a navíc dojde k úspoře 1 086 000 Kč na konci sériové produkce.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout montážní systém finální montáže podvolantového modulu pro společnost Kostal. Konkrétní sestava produktu byla analyzována a dle této analýzy byl proveden návrh systému. Mimo montážního postupu a technologie montáže byly navrženy preventivní opatření a kontroly pro zajištění kvality výroby. Po dokončení návrhu byly odhadnuty náklady a porovnány s plánovanými. Investiční náklady na navržený montážní systém jsou vyšší než plánované. Výhodou navrženého montážního systému jsou nižší provozní náklady. Při porovnání nákladů byla zjištěna návratnost vícenákladů do 4 let. Celková úspora na konci sériové produkce činí 1 086 000 Kč. Vzhledem k těmto okolnostem bylo rozhodnuto realizovat tento návrh.

ZDROJE

- [1] http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf. Dostupné 11. 12. 2014
- [2] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12-doplnekove%20technologie/08-zapadkove%20spojeni.jpg. Dostupné 2. 4. 2015
- [3] ČÍŽEK, V. *Návrh a výroba plastové součásti*. http://theses.cz/id/kbe311/121111_Diplomov_prce_ek.pdf. České Budějovice: JU-PF-Katedra aplikované fyziky a techniky, 2012. Dostupné 2. 4. 2015
- [4] http://old.fst.zcu.cz/files_web_FST/dokumenty_FST/akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf. Dostupné 11. 12. 2014
- [5] PETRŮ, K., ČEP, R. *Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montážních prací*. <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2707-0.pdf>. Ostrava: VSB-FS, 2011. Dostupné 18. 12. 2014
- [6] *Metody předem stanovených časů*. http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf_dostupné_18.12.2014. Dostupné 20. 12. 2014
- [7] BUREŠ, M. *Ergonomie - pracoviště*. https://courseware.zcu.cz/wps/PA_Courseware/DownloadDokumentu?id=65855. Plzeň: ZČU – KPV, 2013. Dostupné 10. 1. 2015
- [8] VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. *Zajištění kvality v oblasti procesů: všeobecné analýzy rizik, metody, modely postupů. České 2., aktualiz. vyd., Praha: Česká společnost pro jakost, 2013.*
- [9] CHRYSLER LLC, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Překlad: PETRAŠOVÁ, I. 4. Vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008.
- [10] NACHTMANN, P. *Návrh zavedení štihlé výroby v průmyslovém podniku*. http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16002. Brno: VUT-FSI, 2009. Dostupné 24. 1. 2015
- [11] KOSTAL CR, spol. s r. o. <http://www.kostal.cz/html/showdoc.dodocid=6461.html>. Dostupné 22. 12. 2014.
- [12] DAVID, J., *Řízení kvality produktu*. <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/4335/Bakalarska%20prace%20-%20Jiri%20David.pdf?sequence=1>. Plzeň: ZČU-FEK, 2012. Dostupné 20. 12. 2014.
- [13] SYROVÝ, J. *Projekt spolupráce auto a IT oborů*. www.skolahostivar.cz/DownloadPF/Syrový,%20opr.pptx. Dostupné 20. 12. 2014.
- [14] <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10095417821-ekonomika-ct24/>. Dostupné 14. 4. 2015
- [15] <http://www.energie123.cz/> Dostupné 14.4.2015

EVIDENČNÍ LIST

Souhlasím s tím, aby moje diplomová práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum:

Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis