

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715P270003 – Strojírenství
Studijní specializace: Specialista pro automotive praxi

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technický návrh montážního pracoviště pro tlačné pružiny aktuátoru

Autor: Michal CALTA
Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal CALTA**
Osobní číslo: **S19B0051P**
Studijní program: **B0715P270003 Strojírenství**
Specializace: **Specialista pro automotive praxi**
Téma práce: **Technický návrh montážního pracoviště pro tlačné pružiny aktuátoru**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Cílem bakalářské práce je návrh postupu u montáže tlačné pružiny akumulátoru pro přední kapotu vozidla. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost se základním návrhem pracoviště pro zajištění ochrany obsluhy. Konstrukční návrh by měl obsahovat rozbor technických možností jednotlivých řešení, splňovat požadavky technické jednoduchosti a respektovat bezpečnostní požadavky. U výsledného řešení provést komplexní hodnocení

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování vybrané technické varianty včetně výpočtového hodnocení.
4. Zhodnocení vybraného technického návrhu.

Konzultant: Ing. Vojtěch Cibulka, MBA, WITTE Nejdek, spol. s r.o., Rooseveltova 1299, Nejdek, 362 21

Rozsah bakalářské práce: **30-50**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] VALA, M. Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Univerzita Pardubice, Pardubice, 2003
[2] VLK, F. Stavba motorových vozidel. Brno: Vlk, 2005
[3] ŘAŠA, J., ŠVERCL, J.: Strojnické tabulky. Scientia, Praha, 2004
[4] SHIGLLEY, J., E., MISCHKE, C., R., BUDYNAS, R., G. Konstruování strojních součástí. VUT v Brně, Brno, 2010
Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při psaní této bakalářské práce, především panu Doc. Ing. Formánkovi, Ph.D. za vedení práce. Děkuji své rodině za podporu při studiu. A také bych rád poděkoval společnosti Witte Nejdek, spol. s.r.o., za poskytnutí zadání této práce a také zaměstnancům Witte za odborné rady a prostor pro konzultace.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Calta	Jméno Michal	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715P270003 – Strojírenství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technický návrh montážního pracoviště pro tlačné pružiny aktuátoru		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	54	TEXTOVÁ ČÁST	46	GRAFICKÁ ČÁST	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh montážního pracoviště a způsob montáže tlačné pružiny aktuátoru včetně pevnostní analýzy FEM nejvíce namáhaných prvků sestavy. Dále práce obsahuje teoretický rozbor problematiky s představením vlastností a funkčnosti montovaného aktuátoru.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Montážní pracoviště, automotive průmysl, aktuátor, pružina, montáž, FEM

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Calta	Name Michal	
STUDY PROGRAMME	B0715P270003 – Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Technical design of assembly workplace for actuator compression springs		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	54	TEXT PART	46	GRAPHICAL PART	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains the structural design of the assembly workplace and the method of assembly of the actuator compression spring including the FEM strength analysis of the most stressed elements of the assembly. Theoretical analysis of the problem with the presentation of the properties and functionality of the assembled actuator.
KEY WORDS	Assembly workplace, automotive industry, actuator, spring, assembly, FEM

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	12
1 Úvod.....	13
2 Teoretická část.....	14
2.1 Průmysl 4.0 [1–5]	14
2.2 Montáž [6]	15
2.3 Pracoviště.....	15
2.3.1 Způsoby a nástroje pro navrhování pracovišť a výrobních linek.....	16
2.3.2 Typy pracovišť dle stupně mechanizace	17
2.3.3 Transport materiálu	19
2.4 Aktuátor [10, 11]	19
2.5 Aktuátor Witte XY	20
2.5.1 Využití dalších způsobů otevírání předních kapot automobilů.....	22
2.6 Pružiny [15].....	23
2.6.1 Druhy pružin	25
2.6.2 Namáhání pružin	25
2.6.3 Konstrukce	25
2.7 Společnost Witte automotive [16]	26
3 Konstrukční návrhy	27
3.1 Specifikace požadavků	27
3.2 Návrh pracoviště.....	28
3.2.1 Koncepční varianty pracoviště.....	28
3.2.2 Popis konstrukce	29
3.2.3 Bezpečnost	30
3.2.4 Ergonomie [18, 19]	30
3.2.5 Logistika.....	31
3.2.6 Kontroling	32
3.3 Návrh montáže.....	33
3.3.1 Vstupní díly.....	33
3.3.2 Koncepční varianty řešení.....	35
4 Výsledné řešení	37
4.1 Výsledné řešení montážního pracoviště	37

4.2	Výsledné řešení postupu montáže	38
5	FEM analýza	42
5.1.1	Zatížení silou v ose aktuátoru.....	43
5.1.2	Zatížení kroutícím momentem	44
5.1.3	Zhodnocení FEM.....	45
6	Závěr.....	46
	Seznam použitých zdrojů.....	47
	PŘÍLOHA č. 1	1
	4
	4
	PŘÍLOHA č. 2	5

Přehled použitých zkratk a symbolů

FST	Fakulta strojní
KKS	Katedra konstruování strojů
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
BOZP a PO	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci a Požární ochrana
N	Newton
mm	milimetr
F	síla [N]
Nm	Newtonmetr
W	Práce (fyzikální veličina) [J]
FEM	Finite element method (metoda konečných prvků)
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)

Seznam obrázků

Obr. 1: Přehled vývoje průmyslových revolucí [5].....	14
Obr. 2: Snímek z programu pro návrhy výrobních hal Autodesk CAD [7]	16
Obr. 3: Návrh montážního pracoviště 3D CAD software [8]	17
Obr. 4: Příklad několika aktuátorů od společnosti SKF [12]	20
Obr. 5: Aktuátor instalovaný na pant přední kapoty v zavřeném stavu	21
Obr. 6: Aktuátor instalovaný na pant přední kapoty v otevřeném stavu.....	21
Obr. 7: Pant přední kapoty Mercedes W202 [13]	22
Obr. 8: Plynové vzpěry [14].....	22
Obr. 9: Elektrické otevírání dveří Edscha	23
Obr. 10: Graf popisující závislost deformace na zatížení neboli charakteristiku pružin	24
Obr. 11: Schéma základních rozměrů tlačné pružiny	25
Obr. 12: Zámkový set sedadla.....	26
Obr. 13: Produkty kapotového systému zámku	26
Obr. 14: Witol produkt.....	26
Obr. 15: Schéma specifikace pracoviště	27
Obr. 16: Koncepční varianta A	28
Obr. 17: Koncepční varianta B.....	29
Obr. 18: Hliníkový profil item 50x50 [17].....	29
Obr. 19: Válečkový dopravník v montážní hale Witte Nejde (ve žlutém rámečku).....	31
Obr. 20: Pásový dopravník (žlutý rámeček).....	32
Obr. 21: Logistický vlak [20].....	32
Obr. 22: Sestava vstupující do montáže z předchozí etapy	33
Obr. 23: Sestava připravena k montáži	33
Obr. 24: Fitting end	34
Obr. 25: Pojistný pin	34
Obr. 26: Tlačná pružina aktuátoru v pozici L0	34
Obr. 27: Návrh pružiny	35
Obr. 28: Schematický popis varianty A – pohled shora.....	35
Obr. 29: Schematický popis varianty A – boční pohled	36
Obr. 30: Schematický popis varianty B – boční pohled.....	36
Obr. 31: Výsledná vizualizace pracoviště	37
Obr. 32: Výsledný návrh montáže.....	38
Obr. 33: První krok montáže	38

Obr. 34: Druhý krok montáže	39
Obr. 35: Třetí krok montáže	39
Obr. 36: Čtvrtý krok montáže	40
Obr. 37: Pátý krok montáže.....	40
Obr. 38: Šestý krok montáže	40
Obr. 39: Pneumatický aktuátor Festo	41
Obr. 40: Pneumatický aktuátor Festo s vedením.....	41
Obr. 41: Model simulující aktuátor pro FEM analýzu	42
Obr. 42: Nasíťovaný model pro výpočet FEM	43
Obr. 43: Výsledek FEM analýzy při tlakovém zatížení – napětí	43
Obr. 44: Výsledek FEM analýzy při zatížení v tlaku – deformace	44
Obr. 45: Výsledek FEM analýzy při zatížení krutem – napětí.....	44
Obr. 46: Detailní pohled na výsledek FEM analýzy – napětí	44
Obr. 47: Výsledek FEM analýzy při zatížení krutem – deformace.....	45

Seznam tabulek

Tab. 1: Popis základních stavů pružin a jejich značení.....	24
---	----

1 Úvod

U některých typů elektromobilů se nachází pod přední kapotou zavazadlový prostor. Je proto třeba zajistit jeho pohodlné a bezpečné otevírání. Jelikož hmotnost kapoty je v řádu několika kilogramů, k jejímu otevření je vhodné využít pomoc mechanizace v podobě aktuátoru. K co nejvyššímu komfortu tak přispějeme užitím elektrického aktuátoru, který zavazadlový prostor otevře samostatně bez naší námahy. Tato práce se tedy zabývá návrhem montážního pracoviště a montážního postupu při kompletaci jedné z částí elektrického aktuátoru. Konkrétně se jedná o vložení tlačné pružiny do těla aktuátoru a následné zajištění přes koncový prvek aktuátoru.

Teoretická část Vás seznámí s problematikou tohoto zadání a sdělí veškeré potřebné informace pro snadné porozumění obsahu praktické části. Po teoretické části následuje praktická část, ve které je proveden samotný konstrukční návrh montážního pracoviště a montáže tlačné pružiny včetně specifikace a koncepčních variant. Následuje vyhodnocení konstrukčního návrhu a závěrečné shrnutí bakalářské práce.

Cílem bakalářské práce je navrhnout montážní pracoviště do automotive průmyslu a postup montáže tlačné pružiny do těla elektrického aktuátoru. Návrh musí být komplexní, ale nemusí být podrobný. Tento návrh se dále využije k finálnímu návrhu celé montážní linky, který bude provádět externí dodavatel. Požadavek na návrh od společnosti Witte je z důvodu výrazné odlišnosti od dosud užívaných pracovišť. Tato montáž se liší v nebezpečnosti, jelikož montovaná pružina má vysokou silovou charakteristiku a je potřeba vyšším silám přizpůsobit celé pracoviště.

Pozn.: Z bezpečnostních důvodů byla v této bakalářské práci změněna veškerá citlivá data a neodpovídají tak skutečnosti. Tato skutečnost je uplatněna z důvodu vývoje produktu, na který se bakalářská práce zaměřuje.

2 Teoretická část

2.1 Průmysl 4.0 [1–5]

Nacházíme se v době průmyslu 4.0, což je vhodné při navrhování pracoviště a montáže zvažovat. Tato úroveň průmyslové revoluce představuje současný trend digitalizace, automatizaci výroby a robotizaci. Počátek 4. průmyslové revoluce byl v letech 2013, kdy byla představena v Hannoveru na veletrhu. Dnešní podoba samozřejmě není finální a stále se vyvíjí. Cílem revoluce jsou kompletně samostatné „chytré továrny“. Automatické systémy a robotické systémy přebírají jednoduchou manuální práci místo lidí, což může přinést negativa ohledně zaměstnanosti lidí. Naopak budou vznikat nové pozice pro práci lidí s vyšším vzděláním a vyšší kvalifikací, jelikož je nutné se o tyto automatizované systémy starat. Pojem starat se o automatizované systémy znamená jejich programování, sběr a vyhodnocování dat a také jejich údržbu.

Zavádět se bude pomocí metod strojového vnímání, autokonfigurace a autodiagnostiky a s počítačovým spojením strojů a dílů. Produkty i stroje dostanou čipy, pomocí nichž je bude možné kontrolovat a obsluhovat přes internet. Dále se budou využívat cloudová úložiště, 3D tisk, datová centra, automatické hlášení problémů či „chytré sklady“, které samy informují o docházejících zásobách.

Pomocí metod a nástrojů průmyslu 4.0 by mělo dojít k úsporám času a peněz a zvýšení flexibility firem. Mezi hlavní rizika patří hackerské útoky a zneužití dat. Pro dobré fungování je rovněž potřebná spolehlivá síť i kvalitní hardware. Průmysl 4.0 s sebou přináší naději na zvýšení kvality lidského života díky zvyšování produktivity práce a mizení monotónních a fyzicky náročných profesí.

Automatizace, integrace systémů a vyšší efektivita díky propracovanější logistice jsou také nadějí pro snižování negativních lidských vlivů souvisejících s průmyslem a pro implementaci udržitelného rozvoje.



Obr. 1: Přehled vývoje průmyslových revolucí [5]

Tento obrázek představuje jednotlivé průmyslové revoluce v časovém sledu.

2.2 Montáž [6]

Montáž je název pro lidskou činnost, při níž dochází ke kompletaci několika dílů v jeden výsledný celek dle daného postupu. Montáží prochází vše, co je tvořeno více než dvěma díly, téměř vše kolem nás tedy musí projít montáží. Montážní proces musí být organizován tak, aby montáž probíhala ve všech fázích plynule, aby se účelně využívalo zařízení a energetická náročnost byla co nejmenší. Montážní proces se uskutečňuje v montážním systému, jenž se skládá:

- Ze vstupních prvků (všechny součásti, které tvoří samostatný celek),
- Z manipulačních a operačních montážních prostředků,
- Z pomůcek a zařízení, které spolupůsobí při realizaci montážního procesu,
- Z energie pro provoz montážních prostředků, jejich pomůcek a zařízení,
- Z informací o vstupu prvků, energií, sledu montážních operací, technické dokumentace, zkoušek apod.,
- Z pracovníků, kteří se podílejí na procesu.

K provádění montáže je potřeba specializované pracoviště, odpovídající požadavkům konkrétní montáže. Montážní operace provádíme na pracovištích, která lze rozdělit do tří skupin:

- Ruční montážní pracoviště
- Mechanizované montážní pracoviště
- Automatizované montážní systémy

Montážní proces je soustava několika operací, které jsou prováděny v daném časovém sledu dle technologického postupu. Z hlediska montáže tedy rozlišujeme tři druhy operací:

- Přípravné operace
- Montážní operace
- Dokončovací operace

Každé takové pracoviště jako úplný technologický celek pro montáž daného výrobku musí zahrnovat několik základních jednotek. První jednotkou je montážní zařízení, které kompletuje výrobek, další jednotkou je dopravní zařízení, které transportuje jednotlivé komponenty, případně hotové celky na montážní pracoviště nebo z pracoviště dále. Další jednotkou je řídicí systém a poslední jednotkou je kontrolní a měřicí systém, bez kterého žádná kvalitní výroba nemůže fungovat.

Montáž lze dále rozdělit z hlediska pohybu montovaného předmětu. První druh takové montáže je nepohyblivá montáž, kdy montované předměty se nepohybují. Tento typ montáže se využívá především u velkých výrobků kusové nebo malosériové výroby, kdy by se výrobek těžko přesouval. Výrobek je tedy na jednom pracovišti. Druhý druh výroby z hlediska pohybu montovaného předmětu je pohyblivá montáž s volným pracovním taktem. Při tomto druhu montáže se výrobek přesouvá mezi jednotlivými pracovišti, kdy na každém pracovišti pracovník provede určitou montáž a výrobek se přesouvá dále. Třetí typ montáže je montáž s vázaným pracovním taktem. Tento typ se používá u sériové a hromadné výroby, pracovník musí provést montáž za daný časový úsek a následně se výrobek posouvá dále.

2.3 Pracoviště

Pracoviště je místo, kde je prováděn výkon pracovní činnosti, v tomto případě montáž. Na pracovišti vykonává pracovník nebo robot úkony jemu určené zaměstnavatelem a úkoly

předepsané konkrétnímu pracovišti zaměstnavatelem. Pracoviště se rozděluje do dvou základních skupin, vnitřní a vnější prostory. Jako vnitřní prostory uvažujeme kancelář, dílnu, halu, sklad apod., jako vnější prostory uvažujeme zemědělství, lesnictví, úklidové práce v ulicích města apod.

Součástí pracoviště je také prostor pro inventář a potřebný materiál.

2.3.1 Způsoby a nástroje pro navrhování pracovišť a výrobních linek

Pro navrhování pracovišť jsou různé postupy. Většina pracovišť, včetně navrhovaného v této práci, je součástí určitého systematicky uspořádaného procesu, kterým návrh začíná. Jedná se o rozvržení výrobní linky jako celku a implementování takového procesu do pracovního prostoru. Následně se přechází k návrhům dílčích pracovišť, která se následně vsazují do linky.

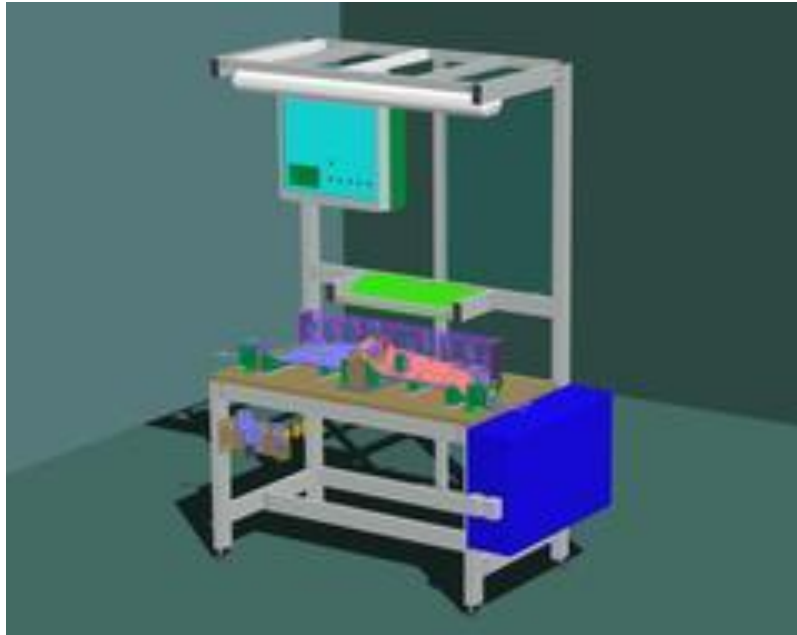
Pro takové navrhování zpočátku nejlépe pomáhají jednoduché krabice například z kartonu. Z krabic se seskládá celý proces tak, aby vše vyhovovalo a odpovídalo reálnému procesu. Rozvrhují se pracovní zóny, pracovní výšky, tok materiálu, prostor pro pohyb pracovníků atd. Takto rozvržený proces se přeneso do programu určenému k navrhování výrobních a montážních linek, poté probíhá vyladění a úpravy. Následně se návrh zadá firmě, která linku vyrobí a montuje, jako poslední probíhá odladění a závěrečná přejímka.

K návrhu se využívají nástroje jako jsou například Mock Up z kartonu nebo 3D Mock Up ve virtuální realitě nebo také CAD software Autodesk či NX Siemens.



Obr. 2: Snímek z programu pro návrhy výrobních hal Autodesk CAD [7]

Podobným způsobem, jako je vyobrazen návrh haly na Obr. 2, lze rozvrhnout pracoviště a jeho parametry. Návrh pracoviště pomocí CAD programu můžeme vidět na Obr. 3, kde je navrženo ruční montážní pracoviště s veškerým vybavením a náležitostmi.



Obr. 3: Návrh montážního pracoviště 3D CAD software [8]

2.3.2 Typy pracovišť dle stupně mechanizace

Jednotlivé typy pracovišť na sebe systematicky navazují dle jejich stupně mechanizace v rámci různých hledisek, například bezpečnosti, ochrany pracovníků na pracovišti či v jeho blízkém okolí, mechanizační nástroje a další. Většina záležitostí je totožná, dělí se například v síle ochrany, stupni automatizace atd. Z tohoto důvodu jsem u každého typu pracoviště v následujícím popisu sdělil pouze některé oblasti, které nejvíce specifikují a jsou nejvíce zásadní k danému pracovišti.

2.3.2.1 S obsluhou (ruční)

Tento typ pracoviště je stále nejrozšířenější, viz. Obr. 3. Na takovém pracovišti se nachází pracovník vykonávající činnost za pomoci nástrojů a přístrojů bez pomoci automatizace. Na pracovišti může pracovat jeden či více pracovníků. Každé takové pracoviště musí splňovat dané normy, předpisy a požadavky týkající se především ergonomie a bezpečnosti.

Bezpečnost [9]

Bezpečnost práce je velmi důležitá. Je to komplexní soubor opatření vycházející ze zákonných povinností a vnitřních bezpečnostních směrnic zaměstnavatele sloužící k eliminaci pracovních úrazů, a potenciálních zdravotních a bezpečnostních rizik. BOZP je upravována více než 110 právními předpisy, stovkami technických norem a dalšími směrnicemi. Zajistit bezpečnost na pracovišti je povinen, a také je to v jejich zájmu, každý zaměstnavatel a vynakládají se na to nemalé prostředky. K zajištění osobní bezpečnosti slouží převážně pasivní prvky ochrany jako například plexiskla, mříže, sítě, dále také OOPP. Bezpečnost je dále zajišťována aktivními prvky jako jsou elektronické systémy, které zahrnují senzory, kamery a čidla.

Mezi aktivní ochranu spadají již zmíněné elektronické systémy, které jsou ekonomicky nákladnější, a tak jsou využívány jen v případech, kdy se to vyplatí. Tyto elektronické systémy tvoří většinou soustava čidel, kamer a senzorů přivedených do centrální řídicí jednotky, která zpracovává data a na jejich základě vysílá signály k upozornění na nebezpečí pomocí

světelných nebo zvukových signálů nebo přímo řeší aktuální hrozící nebezpečí například zavřením ventilu, uzavřením vstupu, spuštěním odvětrávání apod.

Ergonomie

Druhá velmi zásadní věc v pracovním prostředí je ergonomie, ta je blízce spjata s bezpečností a zdravotními riziky. Ergonomie je mladý rozsáhlý samostatný obor zabývající se optimalizací potřeb člověka v pracovním prostředí. Řeší rozměry pracovního místa, správné pozice pracovníka, design předmětů tak, aby co nejvíce vyhovoval práci s nimi, pracovní podmínky, materiály předmětů, se kterými pracovník manipuluje a další.

Pracoviště má doporučené ergonomické parametry, které jsou vyzkoušené a jejich užívání má pozitivní výsledky na zdravotní stav pracovníků. Také je doporučeno, jak velká plocha by měla odpovídat počtu pracovníků na jednom pracovišti. Velmi důležitý aspekt je osvětlení, jelikož různé zdroje světla mají odlišný vliv na lidský organismus.

2.3.2.2 Mechanizované pracoviště (automatizované)

Mechanizované pracoviště představuje kooperaci pracovníka (lidské síly) a mechanizace v podobě robotických rukou, ručních manipulátorů, strojů a zařízení, které usnadňují lidskou práci. V této variantě pracoviště je důležité zajistit bezpečnou spolupráci člověka a mechanizačního zařízení. V případě, kdy by došlo ke kontaktu, mohlo by to vést k fatálním následkům. Z tohoto důvodu má jak pracovník, tak mechanizační zařízení, svůj pracovní prostor, ve kterém se musí pohybovat. Dále je mechanizační zařízení vybaveno senzory, kdy v případě přiblížení k nějakému předmětu se zastaví nebo změni směr pohybu. V jiném případě může být pracoviště vybaveno ochranným prvkem ve formě klece, rámu nebo plexiskla proti možnému poranění od práce mechanizačního zařízení, například odletujícím předmětům, rotujícím částem, vysokému tlaku.

Mechanizace

Mechanizace se používá na všech pracovištích, ale je zásadní, v jakém množství a poměru vůči lidské síle. U ručního pracoviště se využívá maximálně menších lehkých manipulátorů, pneumatické, elektrické nebo hydraulické nářadí ve formě šroubováků, nůžek, kleští a podobně.

U mechanizovaných pracovišť se již využívá větších zařízení, jako jsou robotická ramena a poloautomatické systémy.

Automatická pracoviště jsou tvořena pouze plně automatizovanými roboty, samostatnými stroji bez potřeby obsluhy.

2.3.2.3 Plně automatizované

Poslední stupeň z hlediska automatizace pracoviště je plně automatizované pracoviště. Tento typ pracoviště je možné vidět na Obr. 2, kde je ustaven robot, který provádí transport a systematické ukládání materiálu na transportní paletu. Na pracovišti tohoto typu je pouze mechanizované zařízení, ve většině případů určitý druh robota. Tato robotická pracoviště lze dále shlukovat do robotických linek, kde několik robotů spolupracuje navzájem. Velké zastoupení mají v automobilovém průmyslu.

Zabezpečení

I tato robotická pracoviště je nutno zabezpečit. Jedná se o dva základní způsoby zabezpečení, první zabránuje kontaktu robota s čímkoliv nechtěným a druhý zabránuje nežádoucímu

ovlivňování okolního prostoru produkty práce robota (například odletováním jisker od svařování, provozních kapalin robota, také hluku apod.). První zabezpečení je prováděno elektronikou a naprogramováním, elektronická čidla kontrolují polohu robota a následně vyhodnocují možný kontakt s okolím a dle toho upravují jeho pohyb. Druhé zabezpečení je mechanické, vytváří se umělé stěny a zábrany například plexisklem, mřížemi, rámem, roštem a dalšími prvky pasivní ochrany.

2.3.3 Transport materiálu

Každé pracoviště musí mít logistické zajištění materiálu, přísun a odvoz. Je potřeba na pracoviště dodávat součásti a materiál ke zpracování a následně odvézt produkty, které na tomto pracovišti vznikají.

Princip doplňování a odběr materiálu na linkách má dvě možnosti. Jedna možnost, jak plnit linku, je na začátek linky dodávat materiál a na konci jej vyjmout. Druhá možnost je z vnějšího prostoru vkládat materiál do linky, přímo k jednotlivým pracovištím, a prázdné přepravní obaly odebírat tak, aby nebyl narušen chod linky a nemuselo se zbytečně manipulovat s materiálem ve vnitřním prostoru linky.

Přísun materiálu může být kontinuální nebo dávkový. Při kontinuálním přísunu probíhá neustálý přísun materiálu v určitém časovém horizontu tak, aby pracovník stíhal materiál zpracovávat a materiál se mu nehromadil na pracovišti. V tomto případě je nutné, aby pracovník pracoval v přibližně stejném tempu po celou dobu své činnosti na pracovišti. Tyto způsoby přepravy mají své výhody i nevýhody, a proto má každý své využití, i když je možné obojí využívat pro všechny potřeby. Kontinuální přeprava je většinou na kratší vzdálenosti (na lince, kde navazují jednotlivé operace těsně vedle sebe, jedna na druhou), kdežto dávková přeprava se většinou využívá na delší vzdálenosti.

Při dávkové dodávce se na pracoviště dopravuje materiál v určitých počtech kusů na manipulačním zařízení, které se přistaví k pracovišti a pracovník si materiál odebírá dle potřeby, nebo se v přepravních boxech umísťuje na skluzy či dodávací místa, kde si je pracovník nebo robot odebírá. Následně prázdné obaly vrací zpět na odběrné místo a zaměstnanec logistiky jej odebírá.

Stejně tak může probíhat i odběr produktů z pracoviště. Odběr může probíhat kontinuálně anebo se produkty mohou skládat na další manipulační zařízení, které odveze hotovou dávku k dalšímu zpracování.

Mezi zařízení pro kontinuální přísun materiálu můžeme zařadit například pásový dopravník, válečkové tratě, kladičkové dopravníky, kuličkové stoly, karuselové dopravníky a řetězové dopravníky.

Mezi zařízení pro manipulaci s materiálem v dávkách pomocí transportních palet můžeme zařadit paletizační vozík ruční nebo elektrický, „vlakové“ spřežky automatické nebo řízené pracovníkem.

2.4 Aktuátor [10, 11]

Aktuátor neboli také akční člen. Toto pojmenování je obecný název pro člen mechatronické soustavy, který převádí informační část procesu na technickou. Aktuátory jsou v přirovnání opakem senzoru, jelikož snímá skutečnost a vytváří signály. Aktuátor přijímá signály a vytváří pohyb. Aktuátory jsou například lineární pohony, které převádějí rotační pohyb na přímočarý. Jsou ovládány elektromotory na stejnosměrný nebo střídavý proud a je možno jimi nahradit běžné hydraulické či pneumatické systémy. Používají se pro nastavování, naklápění

nebo zvedání jiných částí zařízení. Výhodou těchto pohonů je přesnost polohování a řízení pohybu, jednoduchá montáž, malé zástavbové rozměry a nenáročná údržba.

Aktuátory se primárně dělí na konvenční a nekonvenční. Dále lze aktuátory rozdělit do několika skupin, mohou být elektrické, hydraulické, pneumatické nebo mechanické. Dále je možné je rozdělit dle pohybu jako lineární, rotační anebo zvláštní skupina speciálních aktuátorů. Aktuátory lze dělit na další skupiny, ale toto základní rozdělení je dostačující pro běžnou praxi.

Mezi konvenční aktuátory patří již zmíněné elektrické, hydraulické, pneumatické a mechanické a mezi nekonvenční aktuátory se řadí aktuátory, které obsahují bimetaly, materiály s tvarovou pamětí (SMA), piezoaktuátory nebo tepelně roztažné látky.

Aktuátory existují ve velké škále z hlediska výkonů, v rozmezí od několika mW až po gigantické výkony v řádech GW.



Obr. 4: Příklad několika aktuátorů od společnosti SKF [12]

Na Obr. 4 je ukázka několika různých aktuátorů od společnosti SKF, které se běžně používají v praxi. Tyto aktuátory mají elektrický pohon.

2.5 Aktuátor Witte XY

Aktuátor, pro který je v této práci navrhována montáž a montážní pracoviště, je konstrukčně podobný konkurenčním aktuátorům, ale je podstatně inovován. Výrazné vylepšení se týká rozměrů, hmotnosti a pracovních sil.

Tento konkrétní aktuátor je určen k otevírání přední kapoty u elektromobilů. Jelikož elektromobily mají i v přední části vozu (pod kapotou) úložný prostor, je potřeba zajistit jeho pohodlné otevírání, k čemuž bude tento aktuátor sloužit.

Aktuátor zapadá do celé sestavy systému přední kapoty, která je tvořena několika prvky. Tento kapotový systém tvoří řídicí jednotka, již zmiňovaný aktuátor, kapotové zámky, a také bezpečnostní prvky ve formě čidel a senzorů proti skřípnutí předmětu při automatickém zavírání nebo naopak kolizi otevírající se kapoty se stropem, či jakoukoliv překážkou v trajektorii kapoty.



Obr. 5: Aktuátor instalovaný na pant přední kapoty v zavřeném stavu



Obr. 6: Aktuátor instalovaný na pant přední kapoty v otevřeném stavu

Obrázek 5 a 6 prezentuje zároveň dvě skutečnosti. První skutečnost je zavřený a otevřený stav aktuátoru, druhá skutečnost je uložení aktuátoru na vozidle. Zatímco na Obr. 5 je aktuátor umístěn na jednom pantu na dvou kulových čepch, na Obr. 6 je aktuátor uložený na jedné straně na kapotu a na druhé straně je umístěn na rámu karoserie, opět na kulových čepch. Tyto dva způsoby uložení jsou z důvodu zástavbových dispozic různých typů automobilů.

Princip otevírání a zavírání je prostý, motor aktuátoru otáčí závitovou tyčí (pohybovým šroubem) který mění délku aktuátoru a tím se dle navržené kinematiky provádí otevírání či zavírání. Provedení aktuátoru již tak prosté není, jelikož je v něm využit inovativní systém závitových tyčí, což přináší značné výhody oproti konkurenci.

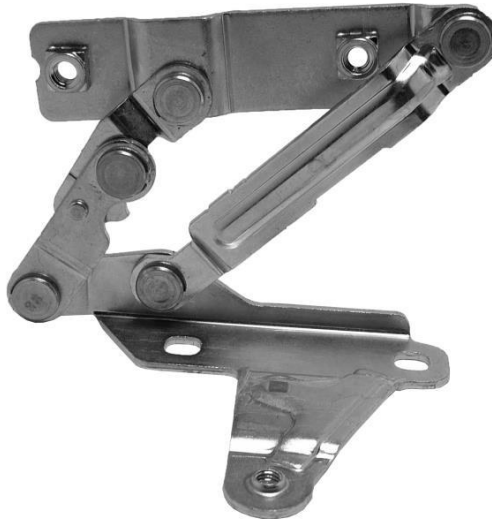
Aktuátor je řízen řídicí jednotkou, která je naprogramována tak, aby v krajních fázích pohybu aktuátory otevíral či zavíral pomaleji a v prostřední fázi pracoval urychleně. Celý proces otevírání nebo zavírání trvá přibližně 4 sekundy.

2.5.1 Využití dalších způsobů otevírání předních kapot automobilů

Pro stejný účel se využívají podobné prvky či mechanismy, které plní totožný účel, ale nenaplnují dnešní požadavky na komfort, a tak je potřeba tyto prvky inovovat a vylepšovat.

2.5.1.1 Ruční otevírání s mechanickým přepákováním

Ruční otevírání s přepákováním je dnes již zastaralý způsob, ale je třeba jej také zmínit. Tento způsob pouze zajišťoval otevřenou pozici kapoty a samotné otevírání bylo nutno provést pouze lidskou silou. Tento způsob se využíval například u vozu Škoda 120 nebo Mercedes W202.



Obr. 7: Pant přední kapoty Mercedes W202 [13]

2.5.1.2 Plynové vzpěry

V posledních letech nejhojněji využívané řešení k otevírání pátých dveří nebo kapot bylo otevírání pomocí plynových vzpěr. Plynové vzpěry jsou čistě mechanický prvek, který je nutné po čase vyměnit (má kratší životnost, než je životnost vozu) z důvodu úniku plynové náplně, kdy vzpěra ztrácí sílu a neudrží otevřené dveře. Je nutné sdělit, že vzpěry pouze usnadňovali otevírání a následně zajišťovali dveře či kapotu v otevřené poloze, bylo tedy nezbytné dveře otevírat ručně.



Obr. 8: Plynové vzpěry [14]

2.5.1.3 Elektrické otevírání

Elektrické otevírání dveří u automobilů již automobilky aplikují několik let a samozřejmě postupně prochází modernizací a inovacemi. Toto zařízení se začalo využívat z důvodu zvýšení komfortu při užívání vozu. Díky elektronice je možné ovládat aktuátory několika způsoby. Nejběžnějším způsobem je stisknutí tlačítka v kabině vozu nebo přímo na otevíraných dveřích, nebo také na dálkovém ovládání (klíči) od automobilu. Druhý způsob je opět příchod inovace, kdy je možné udělit aktuátoru pokyn bezdotykově pomocí gest přes snímače pohybu. Tato funkce je běžně známa pod pojmem nožní otevírání, kdy osoba pohybem nohy pod zadním nárazníkem bez větší námahy a s plnými rukami může pohodlně otevřít zavazadlový prostor.



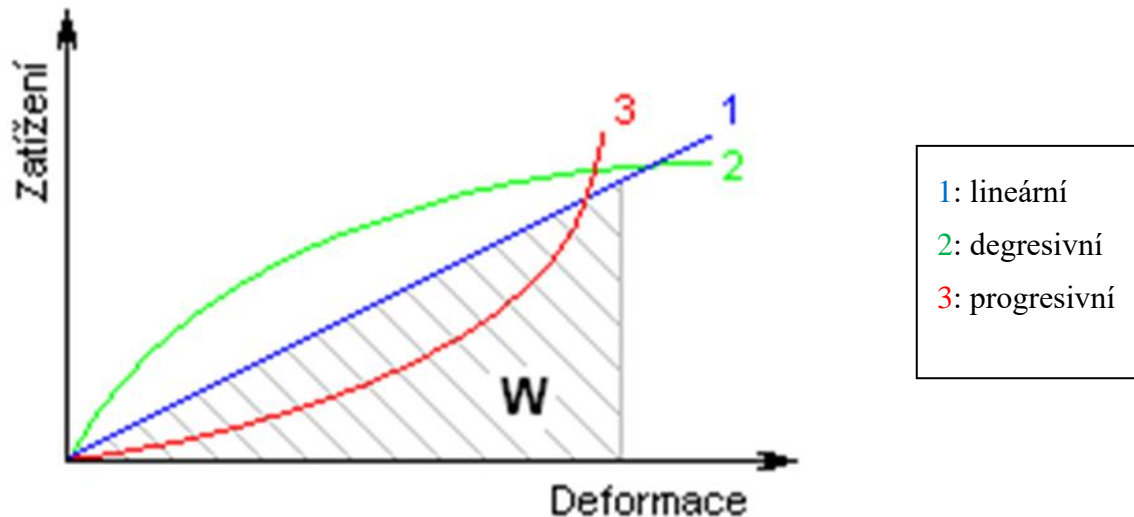
Obr. 9: Elektrické otevírání dveří Edscha

2.6 Pružiny [15]

Veškeré výše zmíněné mechanismy jsou doplněny pružinami. Pružiny jsou jejich důležitým konstrukčním prvkem, a také předmětem této práce. Je tedy nezbytné zde popsat základy problematiky pružin. Pružina je mechanický element, který dovoluje pružnou deformaci v jednom nebo i více směrech. Deformace jsou způsobeny vnějším zatížením a v reakci na to se pružina snaží vrátit do původního stavu. Pružiny se využívají k zachycení, akumulaci sil nebo pružnému spojení součástí tak, aby se nepřenášely rázy a kmitání mezi odpruženou a neodpruženou hmotou (například náprava podvozku a karoserie). Velikost působící síly od pružiny je závislá na velikosti její deformace z výchozí polohy a také na směru působení deformačního zatížení.

Jedním ze základních parametrů pružin je jejich charakteristika, která je popisována obecnou křivkou vyjadřující závislost mezi zatěžující silou a velikostí deformace. Charakteristika pružin se dělí do tří skupin, progresivní, lineární a regresivní. Význam těchto charakteristik lze nejlépe pochopit z grafu (Obr. 10) závislosti síly na deformaci.

Charakteristika pružin je snadno ovlivnitelná vlastnost, což je významná výhoda. Charakteristiku u vinuté pružiny lze upravovat například proměnlivým stoupáním závitů podél osy pružiny, tvarem pružiny podél její podélné osy (například soudečkový tvar) nebo také proměnlivým průřezem drátu.



Obr. 10: Graf popisující závislost deformace na zatížení neboli charakteristiku pružin

V grafu jsou vyobrazeny tři křivky, každá z nich představuje jednu typickou charakteristiku pružiny. Modrá křivka s indexem 1 označuje lineární závislost, kdy s narůstající silou přímo úměrně roste deformace. Zelená s indexem 2 představuje degresivní charakteristiku, kdy s narůstající silou roste deformace, pružina při vyšším zatížení snižuje svoji tuhost. Červená křivka s indexem 3 představuje progresivní charakteristiku, kdy s rostoucím zatížením výrazně klesá deformace pružiny a pružina zvyšuje svoji tuhost.

Plocha W pod charakteristickou křivkou pružiny představuje deformační práci (energii) pružiny vykonanou pružinou při zatěžování.

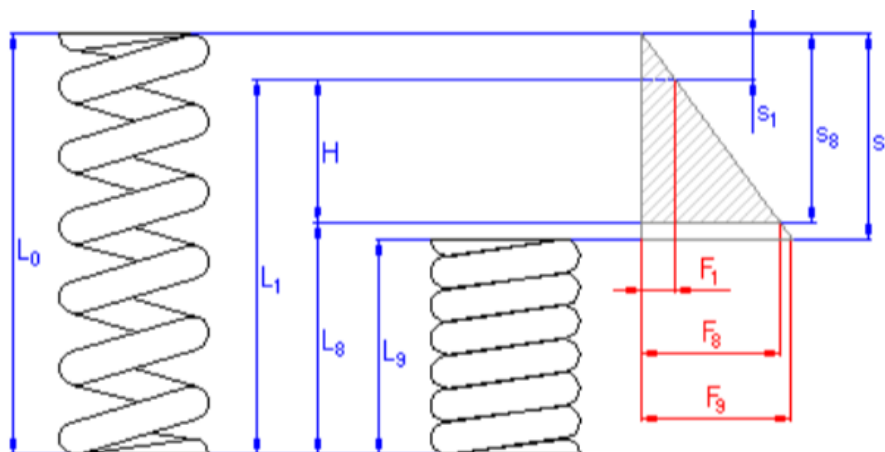
Z důvodu správné funkčnosti pružiny se při montáži uvádí do předepnutého stavu, kdy je pružina podrobena nejmenšímu pracovnímu zatížení. Vzhledem k funkci pružiny se rozeznávají a označují 4 základní stavy pružin:

Tab. 1: Popis základních stavů pružin a jejich značení

Stav pružiny	Popis stavu pružiny	index
volný	pružina není zatížena	0
předpružený	pružina je podrobena nejmenšímu pracovnímu zatížení	1
plně zatížený	pružina je podrobena největšímu pracovnímu zatížení	8
mezní	pružina je podrobena meznímu zatížení – dáno pevností materiálu nebo konstrukčními omezeními (např. stlačení vinuté pružiny na dosed závitů)	9

Tato tabulka vysvětluje princip značení jednotlivých pozic pružiny v následujících obrázcích.

Obr. 11 popisuje základní rozměry pružin a koresponduje s Tab. 1, která vysvětluje označení jednotlivých rozměrů. Modře jsou vyznačeny délkové a úhlové parametry pružin a červeně jsou vyznačeny silové parametry pružin. Rozdíl mezi L1 a L8 je pracovní zdvih pružiny.



Obr. 11: Schéma základních rozměrů tlačné pružiny

2.6.1 Druhy pružin

Pružina může mít velmi mnoho podob, i přes to je několik základních tvarů a konstrukcí pružin. Kovové pružiny je možno rozdělit do skupin podle mnoha hledisek. Za základní lze považovat dělení podle způsobu namáhání a konstrukčního uspořádání pružiny. Nejběžnější typy pružin jsou detailně popsány dále:

- Pružiny pro namáhání osovými silami (tlakem/tahem)
 - Šroubovité (vinuté) pružiny
 - Talířové a deskové pružiny
 - Kroužkové (prstencové) pružiny
 - Svitkové pružiny
- Pružiny pro namáhání příčnými silami (ohybem)
 - Listové pružiny
 - Tvarové pružiny
- Pružiny pro namáhání točivými momenty
 - Torzní tyče
 - Spirálové pružiny
 - Šroubovité (vinuté) pružiny

2.6.2 Namáhání pružin

Statické zatížení

Pružiny namáhané staticky nebo s nižší proměnlivostí, tj. s cyklickými změnami zatížení s požadavkem životnosti méně než 10^5 pracovních cyklů.

Cyklické (únavové) zatížení

Pružiny namáhané kmitavě (dynamicky), tj. s cyklickými změnami zatížení s požadavkem životnosti od 10^5 pracovních cyklů výše.

2.6.3 Konstrukce

Pružiny mají různou konstrukci v závislosti na jejich typu. Většina pružin jsou vinuté pružiny, které jsou vyráběny vinutím pružinového drátu do různých spirálovitých nebo obloukových tvarů. Zbývá část je tvořena ohnutou pružinovou ocelí do obloukových tvarů.

2.7 Společnost Witte automotive [16]



Zadání této bakalářské práce je poskytnuto společností Witte automotive, proto zde tuto společnost krátce představím a popíši její činnost.

Již od roku 1899 přesvědčuje WITTE Automotive své automobilové zákazníky pomocí inovativních řešení a technologického know-how v oblasti zamykacích a ovládacích systémů a vyvinula se ve významnou obchodní skupinu s globální působností.

Dnes se WITTE Automotive řadí mezi technologické lídry v oblasti mechatronických zamykacích systémů a neustále investuje do vývoje inovativních systémových řešení pro dveře, kapoty a sedadla. Výsledkem práce inženýrů jsou náročné produkty, které jedinečným způsobem propojují mechaniku a elektroniku a nacházejí se téměř ve všech značkách automobilů.

Společnost se podílí na produktech od samotného vývoje až po prodej zákazníkům. Pro zákazníky vyvíjí zámkové, zamykací a bezpečnostní systémy všeho druhu – vizí produktu počínaje, přes klíčový koncept až po velkosériovou výrobu konče.

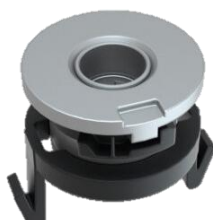
Nabídka produktů je stejně rozmanitá jako automobilový svět sám. Dodávají mechatronická a mechanická řešení pro dveře, přední a zadní kapoty, zámkové garnitury, dveřní kliky i produkty do automobilových interiérů, například pro autosedačky. Jako systémový dodavatel se zaměřuje na standardizované modulární konstrukce, a tak zajišťuje trvale vysokou kvalitu a efektivitu. Snahou je neustále optimalizovat nabídku produktů a nabízet inteligentní systémová řešení.

Produkt, na který se vztahuje zadání bakalářské práce, je nový, aktuálně v konečné fázi vývoje.

Několik produktů společnosti Witte pro lepší představu o jejich výrobě, viz Obr. 12-14.



Obr. 12: Zámkový set sedadla



Obr. 14: Witol produkt



Obr. 13: Produkty kapotového systému zámku

3 Konstrukční návrhy

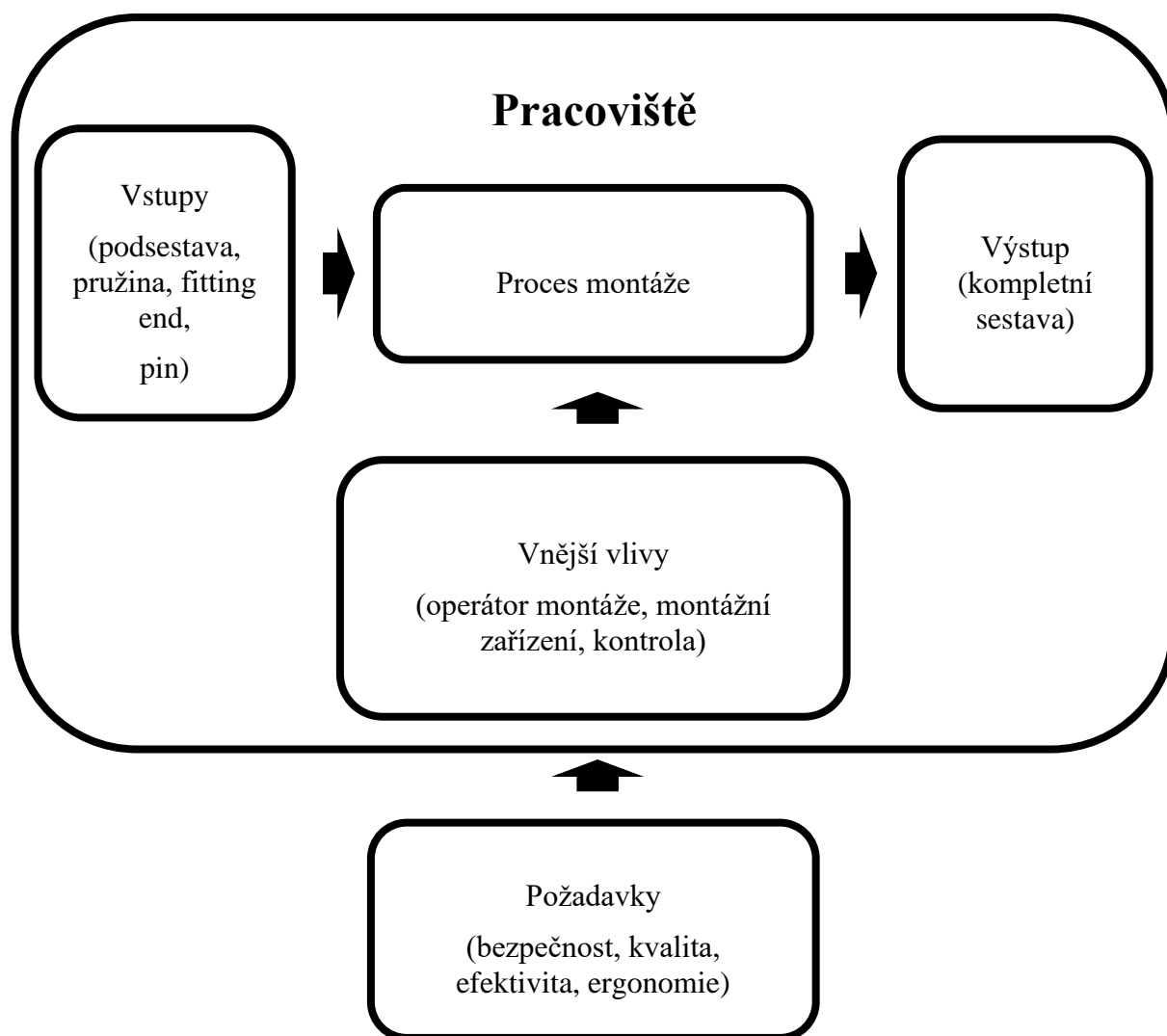
Tato kapitola je zaměřena na praktickou část zadání, kde bude postupně proveden návrh řešení montážního pracoviště a postup samotné montáže. Návrh musí zohledňovat veškeré náležitosti, pravidla, předpisy, a jiné prvky již využívané společností Witte tak, aby bylo pracoviště plně kompatibilní s okolním provozem haly.

3.1 Specifikace požadavků

Touto prací je potřeba dojít k závěru, jak provést montáž aktuátoru a k navržené montáži provést hrubý návrh montážního pracoviště. Předmětem montáže je aplikace tlačné pružiny na aktuátor a její zajištění.

Pracoviště musí být bezpečné, zdravotně nezávadné, ergonomické a efektivní. Tyto základní požadavky je nutné co nejlépe dodržet.

Komplexní schéma (Obr. 15) pro celkový přehled zadaného návrhu.



Obr. 15: Schéma specifikace pracoviště

3.2 Návrh pracoviště

Pro montáž je nejprve nutné navrhnut montážní pracoviště. Je několik základních informací a dat, ze kterých bude návrh vycházet. První základní informace je počet kusů, pro který bude pracoviště navrženo. Počet kusů aktuátorů bude plánován na 250 000 kusů ročně. Dále máme obsah montáže, jaké budou potřeba mechanizace a pracovní prostředí.

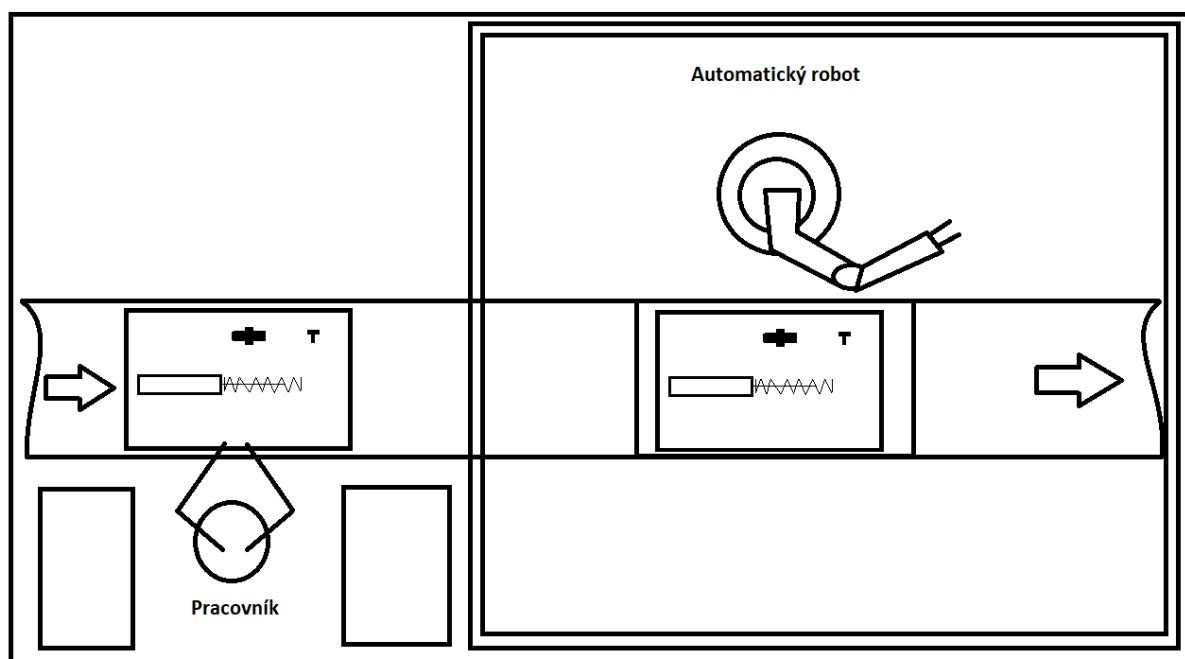
Pro návrh pracoviště se nabízí dvě základní varianty, automatizované nebo poloautomatizované. Ruční variantu v tomto případě není možné použít, jelikož by nebylo možné lidskou silou bezpečně a s ohledem na lidské zdraví takové množství pružin namontovat v rámci jedné pracovní směny.

Požadované množství produktů za rok

Pracoviště je navrhováno na 250 000 kusů aktuátorů ročně. Toto množství se dělí do 48 pracovních týdnů po 15 směnách. Každá směna tedy vyrobí přibližně 350 kusů. Tato skutečnost je informativní pro přibližnou představu o produkovaném množství. Rozbor taktu a časový rozvrh pracoviště není úkolem této práce.

3.2.1 Koncepční varianty pracoviště

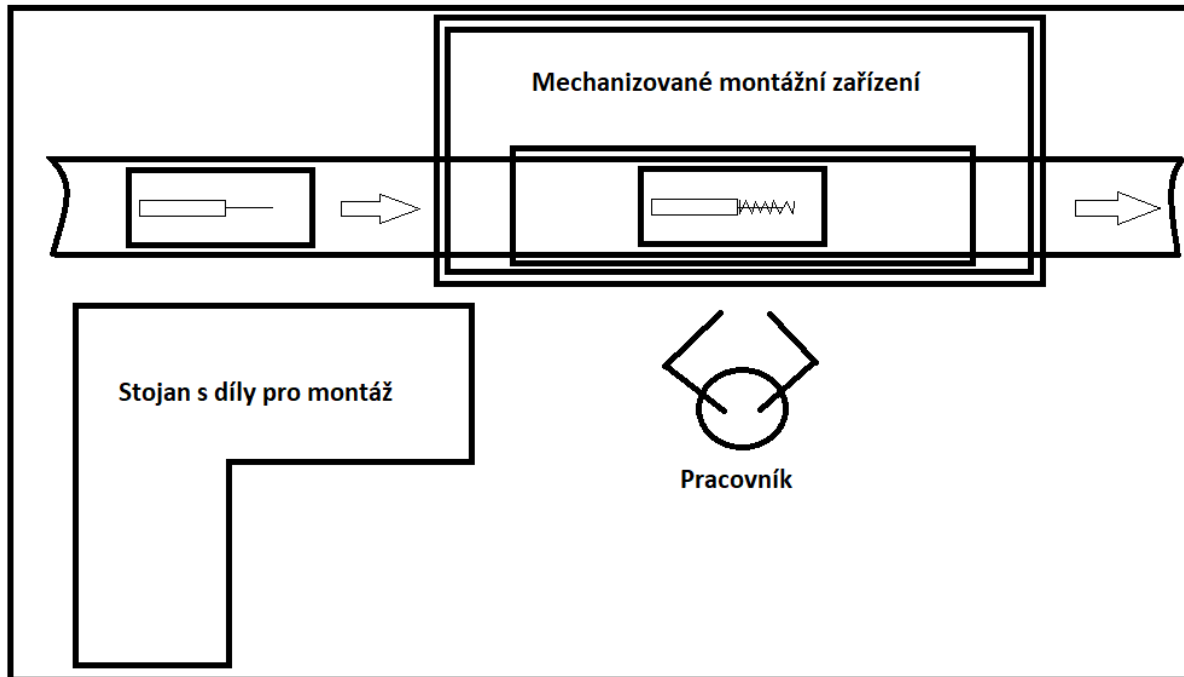
Varianta poloautomatického pracoviště



Obr. 16: Koncepční varianta A

U varianty A, i přes to, že je zde použitý robot, který je schopný pracovat plně samostatně, je nezbytné, aby byl na pracovišti přítomen pracovník. Přítomnost je z důvodu principu zakládání montovaných dílů na vstupující podsestavu. Zakládání je nepravidelné, součásti budou pokaždé v jiné pozici, z tohoto důvodu zde musí být člověk, který identifikuje pozici, následně ustaví součásti do montovaných pozic a robot již provede kompletaci. Tento návrh je výhodný pro větší množství kusů výrobků. U této varianty není možné, aby přišel do kontaktu pracovník s nebezpečným montážním procesem.

Varianta automatizovaného pracoviště



Obr. 17: Konceptní varianta B

U varianty B je využita kooperace pracovníka a mechanizace. Tato varianta je náročnější na zabezpečení ochrany pracovníka, a také je vhodnější pro menší množství vyrobených kusů.

3.2.2 Popis konstrukce

Hlavní rám

Hlavní rám a veškeré nosné profily bude zajišťovat standardně využívaný hliníkový profil. Jedná se o profil s vysokou variabilitou použití, vysokou tuhostí a pevností. Konstrukce bude doplněna průhlednou výplní, která bude zároveň tvořit bezpečnostní prvek (viz. 3.2.3).



Obr. 18: Hliníkový profil item 50x50 [17]

Použitá mechanizace

Pro návrh pracoviště bude uvažováno několik mechanizačních zařízení a také jedno automatizované zařízení. Pro návrh automatického pracoviště bude automatizované zařízení ve formě robota. Pro návrh mechanizovaného pracoviště budou automatizační zařízení ve formě vzduchových aktuátorů pro úkony stlačení, upnutí, posuv, případně rotaci.

Pracovní média

Na pracovišti bude využíváno několik mechanizací a elektronických prvků, které je potřeba zásobovat pracovním médiem. Pro elektroniku (čidla, senzory, kamery a osvětlení) bude samozřejmě přivedena elektrická síť a pro mechanizační prvky či automatizovaná zařízení bude přiváděno médium v podobě stlačeného vzduchu, jelikož tyto základní rozvody jsou v hale běžně užívány.

3.2.3 Bezpečnost

Při této montáži vzniká významné riziko nebezpečí od silné tlačné pružiny, která je stlačována. Součástí práce je tedy věnovat pozornost návrhu dostatečného zabezpečení při případném neřízeném uvolnění a vystřelení pružiny. Používaná ochrana na pracovištích před těmito hrozbami je prováděna ocelovým sítím (klecí) nebo silným netříštivým plexisklem. Případně se může použít kombinace. Každý z těchto prvků má své uplatnění předurčené svými přednostmi a nedostatky.

Při užití ocelové klece dosahujeme vyšších pevnostních hodnot, ale přicházíme o možnost kontroly montáže (vzniká vizuální překážka). Při užití plexiskla máme plnou vizuální kontrolu nad procesem, zároveň tento bezpečnostní prvek tvoří hlukovou izolaci, ale pro dosažení stejných pevnostních hodnot je nutno použít vyšší hodnot tloušťky materiálu.

V tomto případě dosahuje pružina v maximální síle hodnoty 550 N, což se snadno vyřeší plexisklem a zajistí tak dostatečnou bezpečnost pro veškeré okolí montážního pracoviště.

3.2.4 Ergonomie [18, 19]

Vzhledem k pravděpodobné přítomnosti lidské obsluhy na pracovišti je nutné zohlednit ergonomii prostředí pracoviště. Úprava ergonomie se bude týkat všech prvků, se kterými pracovník přijde do styku nebo přímo ovlivňují jeho pracovní úkony.

Jedná se o kvalitní osvětlení pracoviště, dodržení hlukových limitů, odvětrání ovzduší, antistatické prvky, výškupracovní plochy a jednotlivé pracovní zóny.

Osvětlení bude instalováno nad pracovní plochou tak, aby nic nestínilo při práci a bylo vše dostatečně viditelné. Intenzita osvětlení dle ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory, by měla dosahovat hodnot přibližně 500 lux.

Hlučnost bude regulována sklolaminátovou příčkou mezi pracovníkem a zařízením provádějícím montáž.

Výšku pracovní plochy volím dle předpisu ČSN EN 1116, kdy pro středně těžkou práci prováděnou mužem, musí být úroveň pracovní plochy ve výšce 90-95 cm a pro ženu 85-90. Jelikož pracoviště bude mít střídavou obsluhu, nastavím tedy výšku pracovní plochy na hodnotu 90 cm.

Odvětrávání pracoviště v tomto případě není nutné, jelikož při montáži nevznikají nebezpečné nežádoucí výpary, tudíž je dostačující centrální odvětrání haly.

Antistatická ochrana zde také není nutná, jelikož při montáži nedochází k manipulaci s elektronickým zařízením a nehrozí tedy nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Na pracovišti nebudou použity žádné pomůcky (nástroje, nářadí), obsluha provádí pouze kompletaci dílů, ustavení do automatického zařízení, dále vyjmutí a odbavení k další etapě výroby, tudíž není potřeba dalších opatření.

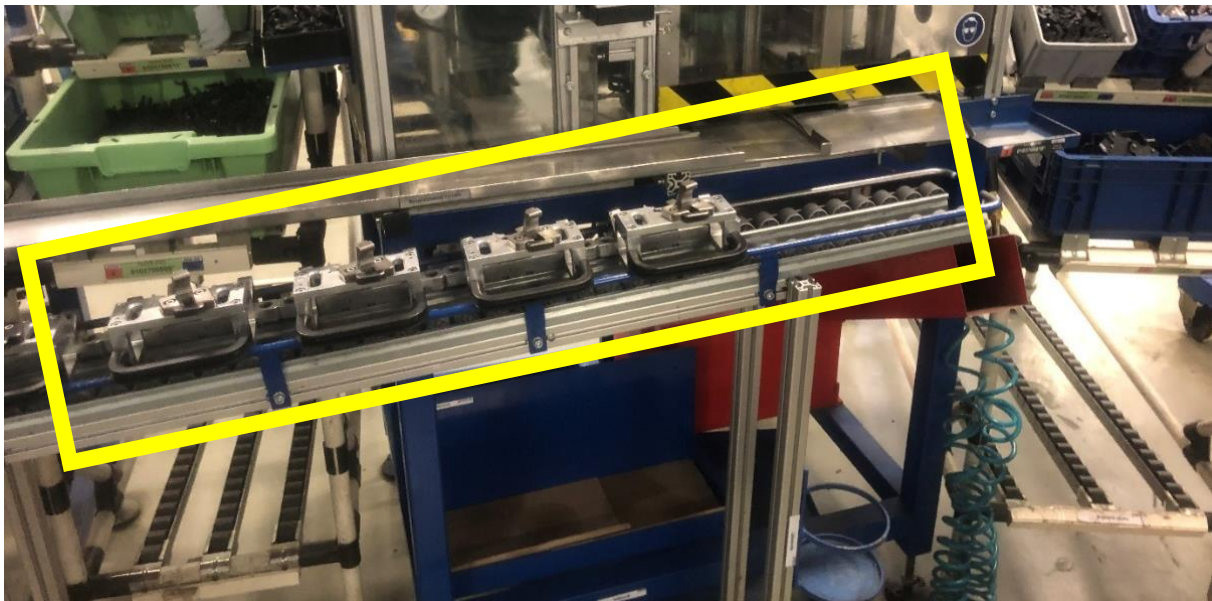
Podlaha na pracovišti bude běžná podlahová struktura haly.

3.2.5 Logistika

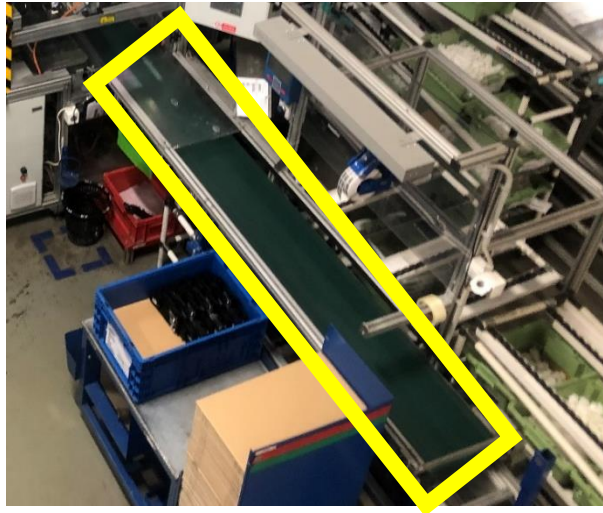
Převahu komponent je možno zajistit několika způsoby. Nabízí se varianta plně automatizované přepravy, kombinované přepravy nebo kombinace těchto variant. Na pracovišti je potřeba dopravit čtyři prvky sestavy (podsestavu, pružinu, Fitting end a pin). Soubor těchto 4 prvků je možné rozdělit na dvě skupiny, jednu skupinu bude tvořit pružina, Fitting end a pin a druhou skupinu podsestava. Toto rozdělení volím dle typu prvku, jelikož podsestava již bude procházet několika stupni montáže, bude již putovat po dopravníkové lince, ale ostatní prvky budou vstupovat do procesu nově. Návrh logistiky materiálu tedy rozdělím do tří fází, první fáze doprava podsestavy, druhá fáze doprava tří nových dílů a třetí fáze přeprava sestavy na další pracoviště.

První fáze – doprava podsestavy

Podsestava bude přepravována z předchozího pracoviště v rámci uceleného toku montovaného dílu. Dle poznatků a konzultace s kolegou budou zvažovány dvě možnosti, pásový dopravník nebo válečkový skluz. Výsledná volba se bude odvíjet od způsobu montáže.



Obr. 19: Válečkový dopravník v montážní hale Witte Nejde (ve žlutém rámečku)



Obr. 20: Pásový dopravník (žlutý rámeček)

Druhá fáze – doprava nově vstupujících dílů sestavy

Tato fáze bude zahrnovat doplnění tří dílů na pracoviště. Jednotlivé díly budou k pracovišti dováženy pomocí logistického vláčku, jelikož se tento způsob zásobování v halách využívá, aplikují jej i na toto pracoviště.



Obr. 21: Logistický vlak [20]

Třetí fáze – přesun hotové sestavy na další pracoviště

Třetí fáze bude zahrnovat přesun hotové sestavy na další pracoviště, což bude zajištěno pomocí stejného logistického zařízení jako přesun podsestavy na navrhované pracoviště (tedy v rámci toku produktu montážní linkou).

3.2.6 Kontroling

Každý proces montáže musí být kontrolován a evidován pro zajištění dokumentace výroby. Při kontrolování dochází ke snímání určitých definovaných pozic, bodů a kódů. V tomto případě bude potřeba kontrolovat, zda je pozice aktuátoru ve správné a upevněné pozici. Jelikož bude pravděpodobně vstupovat do procesu pracovník, bude tedy touto kontrolou zajištěno, že nehrozí žádné nebezpečí od neupevněných nebo nesprávně zajištěných předmětů. Další kontrola bude z důvodu ujištění se, zda je kompletace provedena správně a poslední krok kontroly bude skenování hotové sestavy, z důvodu spárování montáže s pracovníkem.

První kontrola bude tedy při založení podsestavy do montážní palety s vloženou pružinou, pokud bude kontrola OK, proběhne stlačení a zajištění pružiny. Další ověření bude kontrola stlačené zajištěné pružiny, aby se mohlo pokračovat k dalšímu kroku montáže. Dalším krokem kontroly bude založený Fitting end a zajištěný pin. Poslední bezpečnostní kontrola bude při

uvolnění pružiny pro bezpečné vyjmutí sestavy z montážní palety. Posledním krokem bude tedy naskenování hotové sestavy při ukládání na transportní prvek a přesun sestavy dále.

3.3 Návrh montáže

V běžných situacích si společnost Witte zadává poptávku na tyto návrhy externím společnostem, které se touto problematikou zabývají a tyto společnosti následně zhotoví montážní linku. I tak je nutné vytvořit pro zhotovitelkou společnost určité požadavky a základní návrh. V případě montáže je proveden detailnější návrh, jelikož se jedná o nový typ montáže nových parametrů, které se ve Witte objevují prvně.

3.3.1 Vstupní díly

Do montáže vstupují čtyři prvky. První prvek je podsestava vytvořena v přechozích několika krocích montáže, dále do montáže vstupují další tři prvky, které do procesu vstupují nově z vnějšího prostředí linky a těmi prvky jsou pružina, fitting end a pojistný pin.

Nyní představím jednotlivé prvky a krátce popíši.

Sestava aktuátoru



Obr. 22: Sestava vstupující do montáže z předchozí etapy

Částečná sestava aktuátoru v této poloze (zavřená) přichází na toto pracoviště. Po přijetí této podsestavy operátorem pracoviště bude jako první krok potřeba aktuátor vysunout do otevřené polohy, viz obrázek Obr. 23.



Obr. 23: Sestava připravena k montáži

Po vysunutí, je možné podsestavu založit do montážního zařízení a zajistit správnou pozici.

Fitting end

Fitting end je koncový prvek sestavy, který je nasazen pomocí T drážky na závitovou tyč a je zajištěn proti uvolnění pomocí pinu ve tvaru T. Fitting end je vyroben z plastového materiálu. Tato část sestavy aktuátoru slouží k upevnění aktuátoru na karoserii přes kulový čep z důvodu uvolnění stupňů volnosti a zároveň přenáší síly od aktuátoru.



Obr. 24: Fitting end

Pojistný pin

Tento prvek slouží k zajištění fitting endu na závitové tyči. Pin je vyroben z plastu z důvodu úspory hmotnosti a ekonomických důvodů. Na pin není vyvíjen vysoký nárok z pevnostního hlediska, proto je možné využít plastový materiál s příměsí skelných vláken.



Obr. 25: Pojistný pin

Pružina

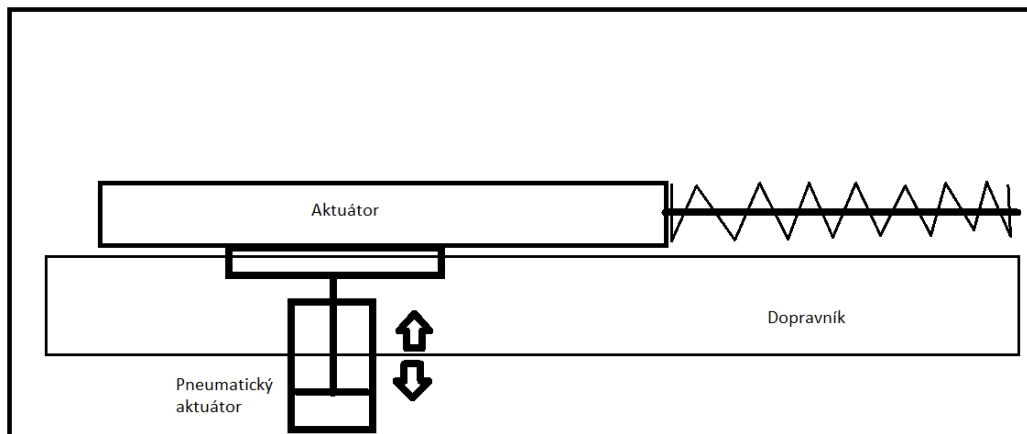


Obr. 26: Tlačná pružina aktuátoru v pozici L0

Tato tlačná pružina je druhým prvkem, který při této montáži bude vstupovat do procesu. Pružina přichází k montáži ve výchozí pozici, pozice L₀ o délce 520 mm. Pružina je povrchově upravena z důvodu hlučnosti při pohybu aktuátoru. Povrchová úprava je formou flockování, což je nanášení textilní vrstvy na materiál.

Při montáži bude pružina vložena do housingu podstavy aktuátoru v uvolněné poloze.

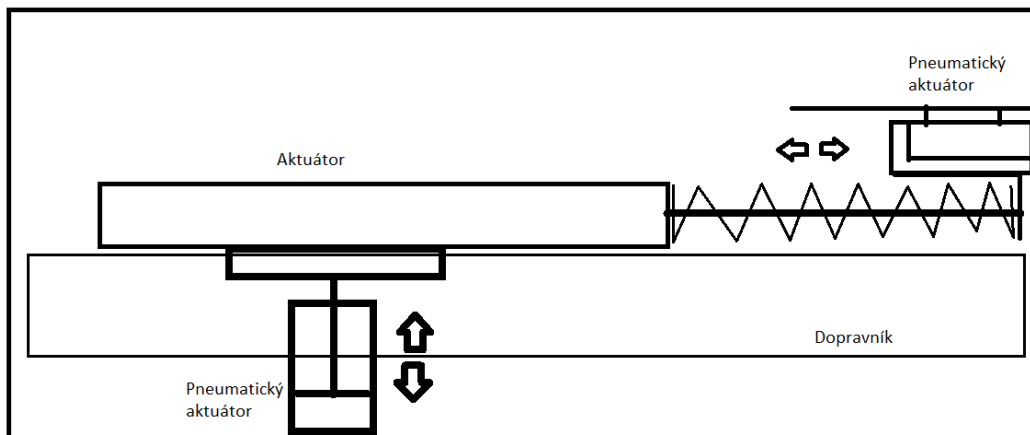
Pružina bude v montážní pozici vyvíjet vysoké, velmi nebezpečné síly. Z tohoto důvodu bude potřeba montáž pružiny doplnit o bezpečnostní ochranu pro operátora montáže, kdy při uvolnění a vystřelení pružiny může dojít k fatálním následkům.



Obr. 29: Schematický popis varianty A – boční pohled

První koncepční varianta s označením A je kombinací tří aktuátorů. Po zastavení palety s upevněnou podsestavou aktuátoru na dopravníku, spodní pneumatický aktuátor zdvihne paletu nad dopravník, aby nedocházelo k prokluzu a opotřebením nebo dokonce poškození dopravníku. Zdvížená paleta bude v pracovní rovině dalších dvou aktuátorů. Jeden aktuátor zajišťuje výsuv kolmo na podélnou osu aktuátoru a třetí aktuátor posouvá aktuátor druhý v podélném směru k ose aktuátoru. Kombinace druhého a třetího aktuátoru zajišťuje uchycení a stlačení pružiny. Uchycení pružiny je voleno do závitu pružiny tak, aby při zpětném uvolnění došlo k dosednutí pružiny na fitting end. Po osazení a uvolnění se paleta opět spustí na dopravník a bude pokračovat na další pracoviště.

Koncepční varianta B



Obr. 30: Schematický popis varianty B – boční pohled

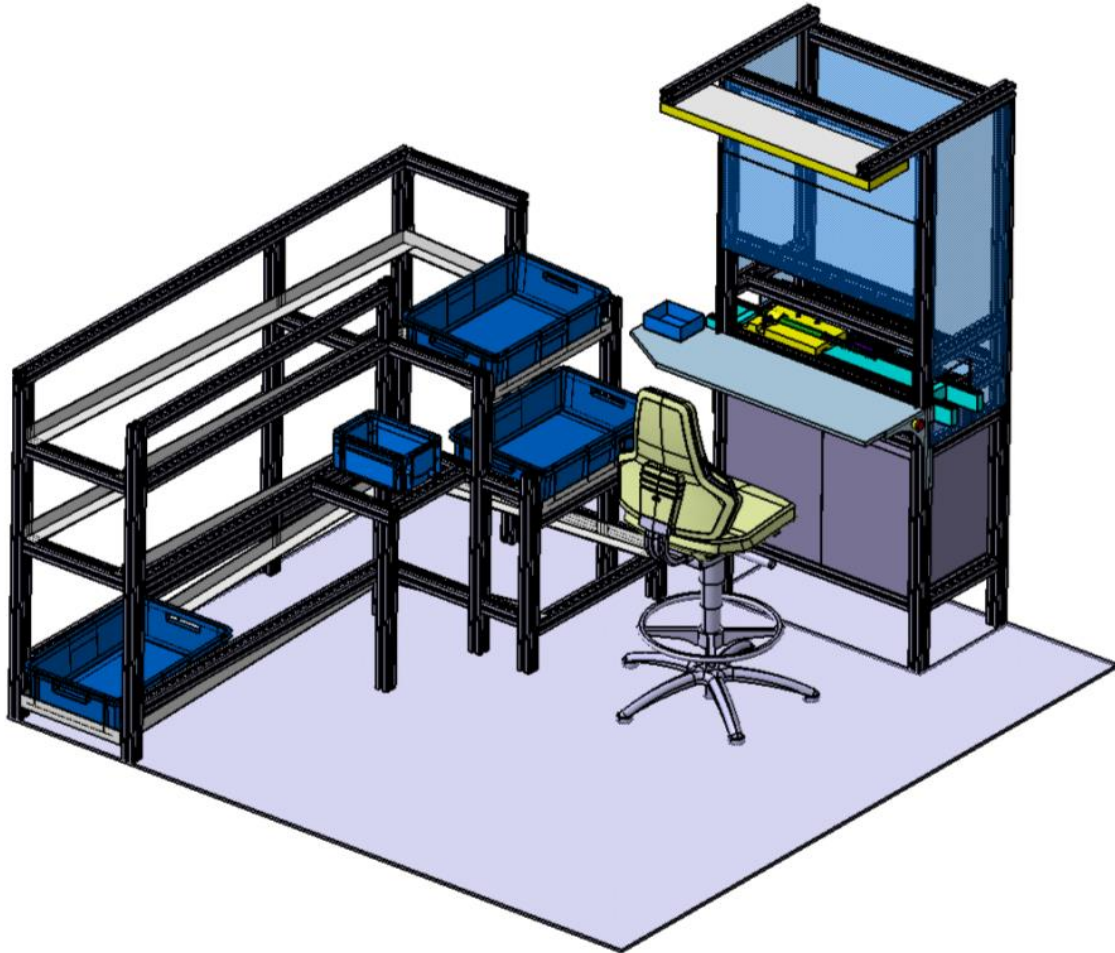
Koncepční varianta B obsahuje pouze dva aktuátory. Při použití této varianty bude probíhat montáž pohybem dvou aktuátorů. První pohyb je zdvih, kdy se aktuátor posune do horní polohy a zároveň bude pružina vložena do stlačovacího pouzdra horního aktuátoru. Následovat bude druhý pohyb, kdy se bude posouvat stlačovací pouzdro pomocí horního aktuátoru v podélné ose aktuátoru.

Druhy aktuátorů

Pro obě koncepční varianty bylo cíleně využito pneumatických aktuátorů, jelikož ve výrobních prostorách společnosti Witte tyto aktuátory ve valné většině převládají. V případě nutnosti, je možné využít i jiné aktuátory, ale v tomto případně tomu tak není.

4 Výsledné řešení

4.1 Výsledné řešení montážního pracoviště



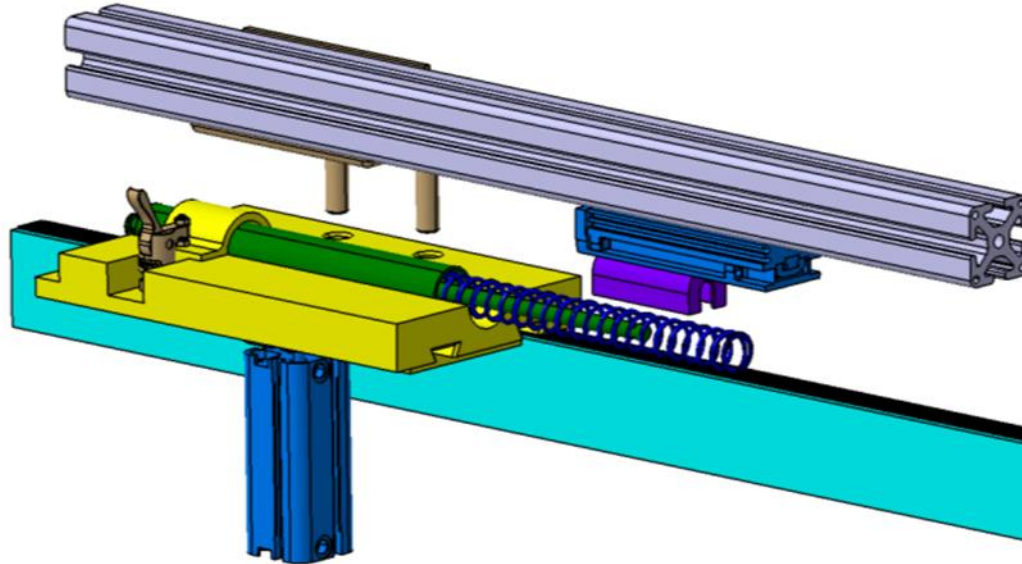
Obr. 31: Výsledná vizualizace pracoviště

Jako výsledná varianta montážního pracoviště byla zvolena varianta B. Tato varianta byla zvolena především z ekonomického důvodu. Jelikož je uvažováno vyrábět přibližně 250 000 kusů ročně, bylo by ekonomicky nevýhodné investovat do plně automatizovaného robotického pracoviště. Konstrukcí tohoto pracoviště je plně zajištěna bezpečnost pro obsluhu tohoto pracoviště včetně širšího okolí. Pracoviště tvoří dva základní elementy, první je montážní mechanizované zařízení a druhý element je logistický regál. Montážní pracoviště je doplněno pracovním křeslem pro komfortní posez v době montáže, pracovním stolem a dále je pracoviště osvětleno hlavním světlem. Na automatizovaném zařízení se nachází v dosahové zóně bezpečnostní STOP tlačítko, které okamžitě zastaví veškerou mechanizaci.

Přísun montovaných dílů je zajištěn pomocí spádového regálu, kde je na jedné straně vložena KLT přepravka o rozměrech 60 x 40 cm s díly a pomocí skluzu se dostane k pracovníkovi, který ji má v komfortní oblasti a může tak pohodlně odebírat díly. Prázdné obaly pak následně ukládá do nejnižšího patra spádového regálu a ty tak opouštějí pracoviště k následnému svozu pomocí centrální logistické dopravy.

4.2 Výsledné řešení postupu montáže

Jako výsledné řešení montážního postupu byla vybrána varianta B. Důvody pro zvolení této varianty jsou menší počet aktuátorů, bezpečnější proces stlačování pružiny a časové hledisko, kdy je ušetřen jeden krok postupu.



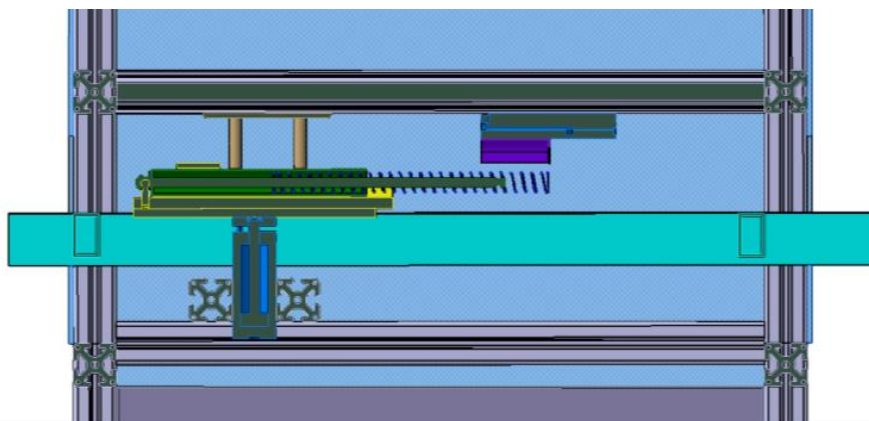
Obr. 32: Výsledný návrh montáže

Na Obr. 32 je představena kompletní sestava pro montáž tlačné pružiny aktuátoru. Sestava představuje základní paletu (žluté barvy) s upnutým aktuátorem (zelené barvy) pomocí upínky (světle hnědé barvy) a vloženou tlačnou pružinou (modré barvy). Dále je na obrázku spodní aktuátor pro zdvih a horní aktuátor pro stlačení (tmavě modré barvy). Dále je vidět horní vedení pro zajištění proti pohybu v podélné ose při stlačení (válcové trny v hnědém zbarvení) a také záchytné pouzdro na pružinu (fialové barvy). Podélný profil (stříbrné barvy) představuje nosný prvek pro horní prvky montážní sestavy.

Postup montáže

V následující části práce je postupně vyobrazen a popsán proces montáže v jednotlivých krocích. Celkem montáž obsahuje šest fází (kroků).

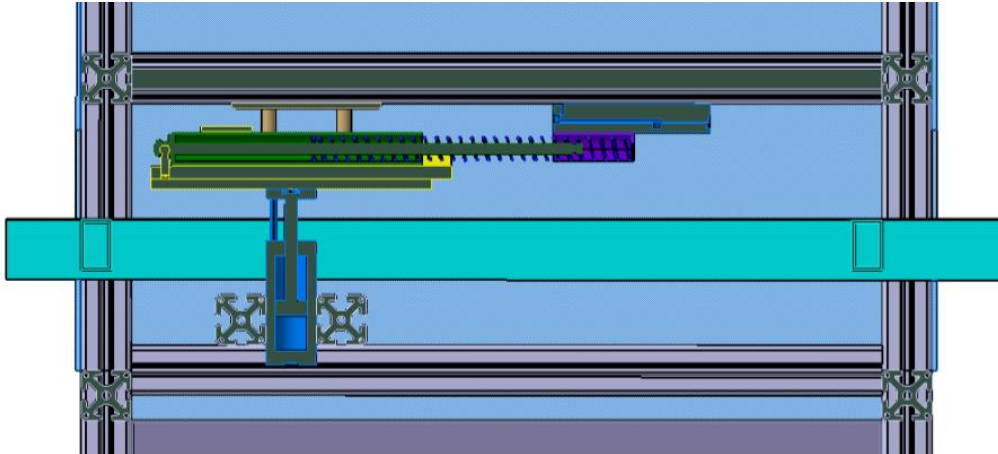
První krok



Obr. 33: První krok montáže

V první fázi je na pásovém dopravníku dopravena paleta, zastavena a zdvižena do první polohy. Při příjezdu do montážního zařízení je paleta nasunuta na rybinové drážky, které slouží k pevnému propojení zdvihací desky a palety ve dvou osách. Tento konstrukční uzel je především pro šestý krok montáže, kdy je uvolněna pružina na úroveň fitting endu a celá paleta s aktuátorem je stahována zpět do spodní polohy na dopravník.

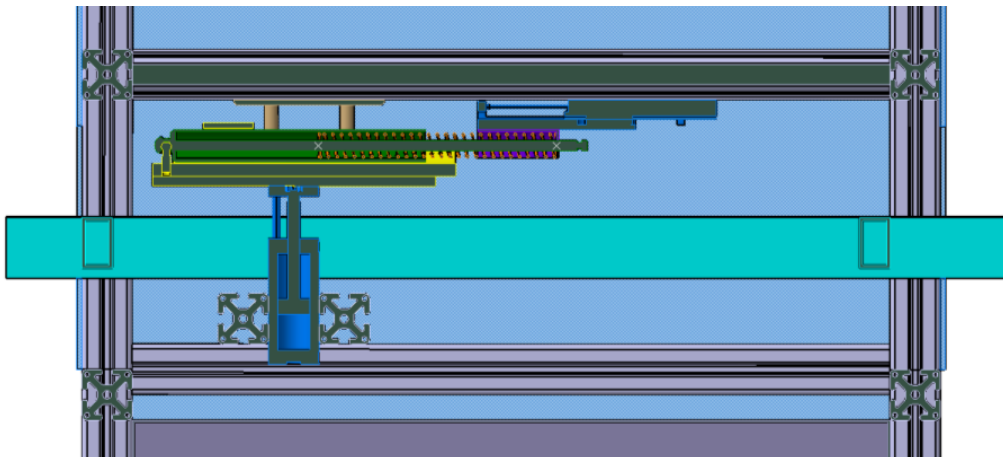
Druhý krok



Obr. 34: Druhý krok montáže

Ve druhé fázi je paleta plně zdvižena do horní polohy, nasunuta na horním vedení a připravena ke stlačení.

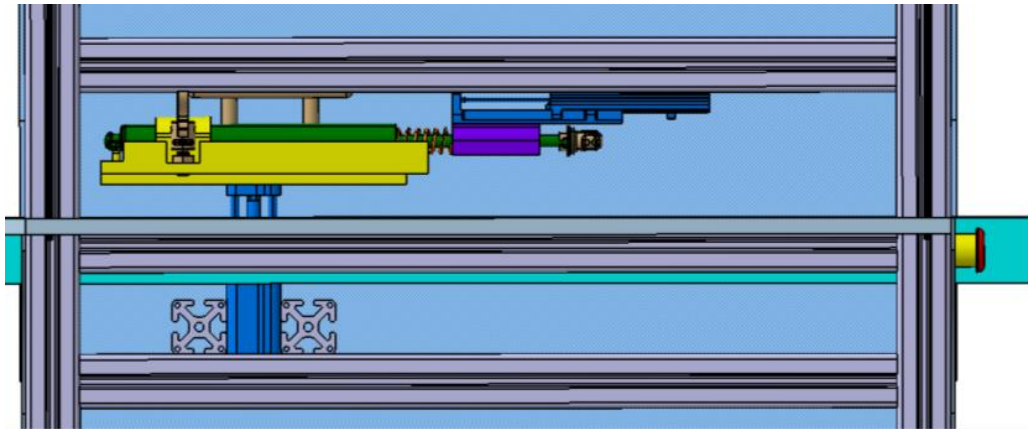
Třetí krok



Obr. 35: Třetí krok montáže

Ve třetí fázi dochází ke stlačení pružiny do montážní polohy.

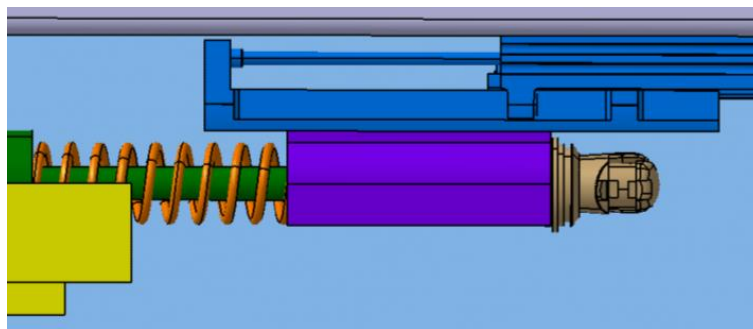
Čtvrtý krok



Obr. 36: Čtvrtý krok montáže

Ve čtvrté fázi je provedeno osazení aktuátoru fitting endem a zajištění pinem. V této fázi vstupuje do procesu pracovník, který urovná závitovou tyč do vysunutě pozice a osadí aktuátor zbylými součástmi.

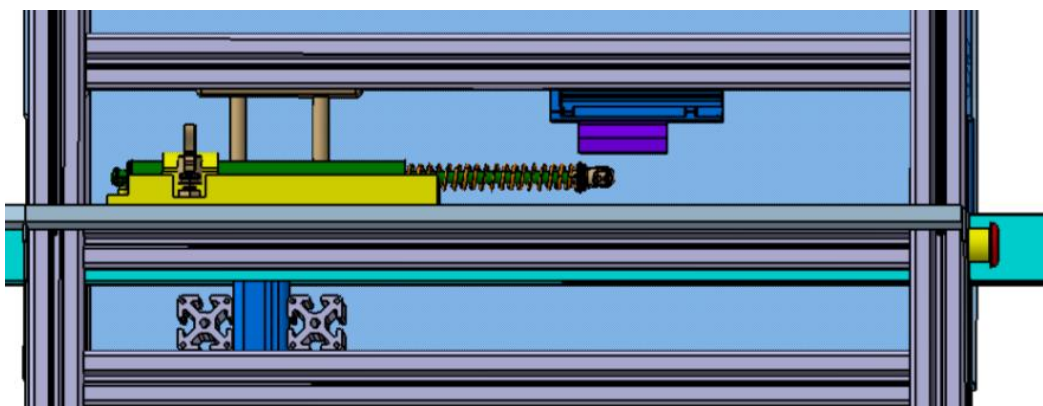
Pátý krok



Obr. 37: Pátý krok montáže

V páté fázi dochází k uvolnění pružiny na dotek fitting endu.

Šestý krok



Obr. 38: Šestý krok montáže

Šestá fáze montáže je poslední krok, kdy dochází ke spuštění palety s aktuátorem zpět na dopravník a paleta putuje na další montážní pracoviště montážní linky.

Použité aktuátory [21]

Horní aktuátor pro stlačení pružiny

Horní aktuátor použitý ke stlačování pružiny. Aktuátor vyniká vysokým výkonem se dvěma písty a kompaktními rozměry. Aktuátor má také velmi přesné vedení, které se při této aplikaci velmi dobře uplatní.

Označení aktuátoru: DGST-8-80-E1A



Obr. 39: Pneumatický aktuátor Festo

Spodní aktuátor pro zdvih palety

Spodní aktuátor byl použit pro zdvih palety z dopravníku do pozice ke stlačení. Tento aktuátor disponuje přesným vedením a přenosem vysokých příčných sil, které zde mohou vznikat.

Označení aktuátoru: DFM-12-80-P-A-GF



Obr. 40: Pneumatický aktuátor Festo s vedením

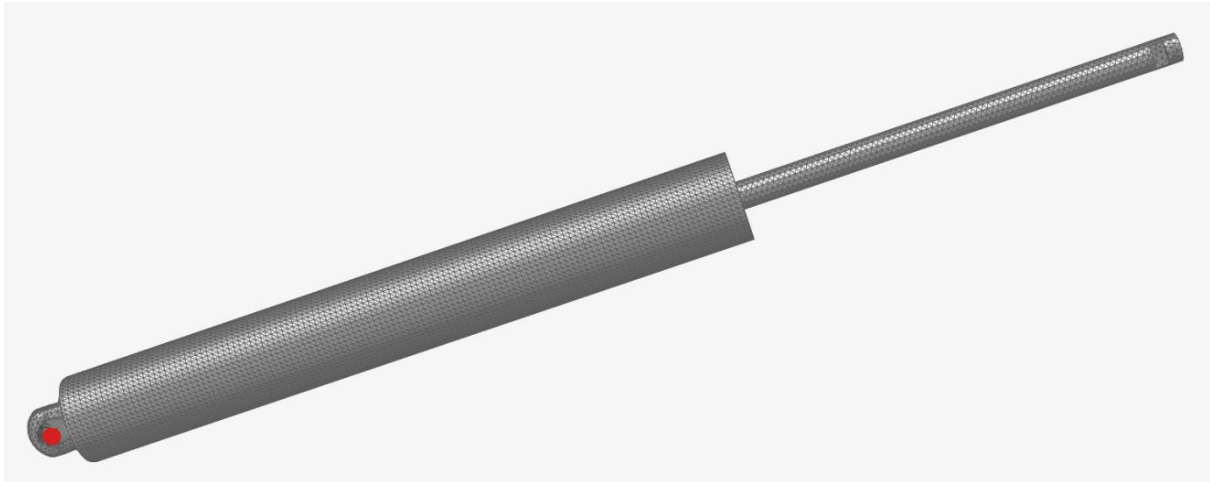
5 FEM analýza

Pro bezpečnost montáže bylo potřeba zjistit pevnostní charakteristiku a mezní hodnoty pevností aktuátoru. Pro zjištění pevnostních charakteristik, tuhostí součástí a kritických míst byla použita FEM analýza, kdy bylo definováno maximální zatížení a pevné body. Po nadefinování specifik pro analýzu byla analýza vyhodnocena. Výsledky analýzy jsou na následujících obrázcích.



Obr. 41: Model simulující aktuátor pro FEM analýzu

Pro pevnostní analýzu byl použit navržený model, který zastupuje daný aktuátor ve všech směrech. Model má totožné rozměry jako montovaný aktuátor, také byl zvolen stejný materiál jednotlivých dílů. Konstrukce byla navržena velmi podobně, aby byla co nejlépe simulována konstrukční tuhost montovaného aktuátoru.

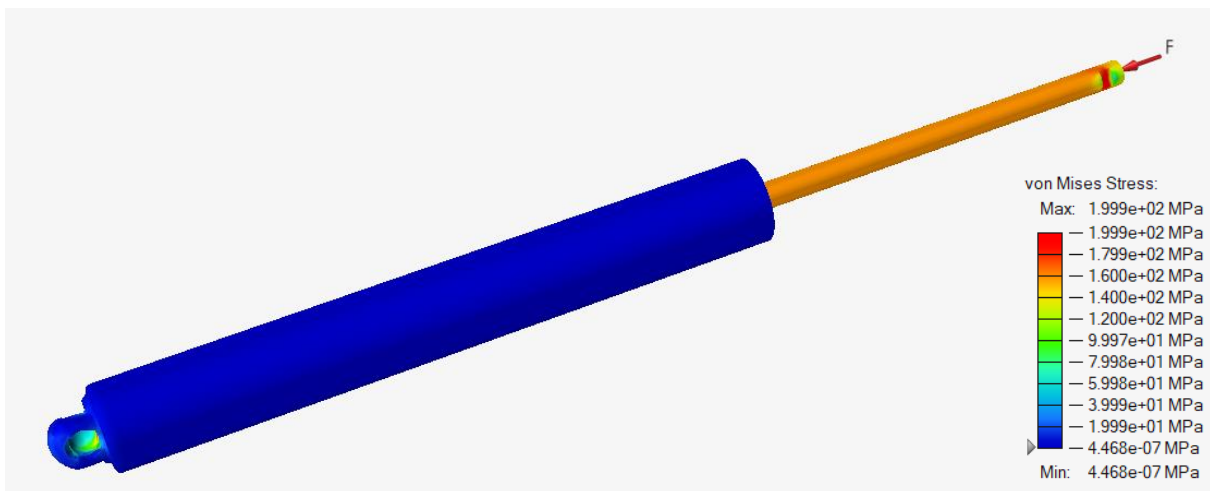


Obr. 42: Nasíťovaný model pro výpočet FEM

Pro výpočet FEM analýzy je potřeba provést nasíťování modelu, což je možné vidět na Obr. 42. Síť byla navržena o velikosti elementu 2 mm.

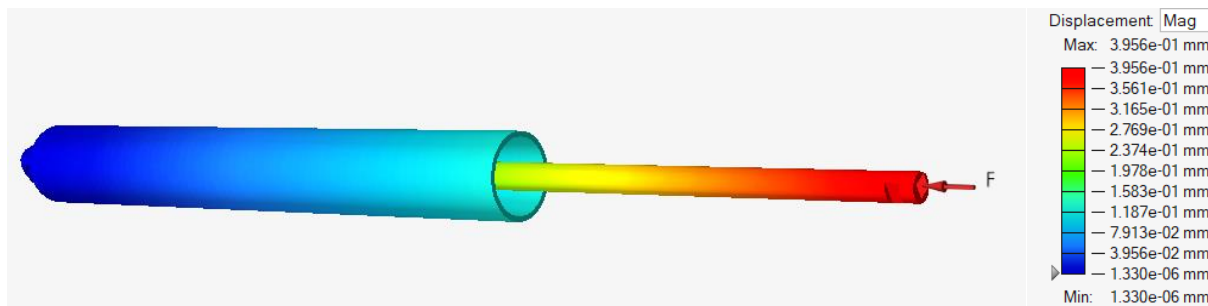
5.1.1 Zatížení silou v ose aktuátoru

První zatížení bylo definováno silou v ose aktuátoru. Síla byla umístěna na konec tyče aktuátoru tak, aby tlačila stejně, jako bude působit pouzdro při stlačení pružiny. Síla byla definována o velikosti 1 000 N, což bude s rezervou dostatečné zatížení. Dále byla umístěna podpora na model, která byla definována do kulového uložení aktuátoru opět tak, jako bude zachycována síla při montáži.



Obr. 43: Výsledek FEM analýzy při tlakovém zatížení – napětí

Po provedení výpočtu analýzy byl hodnocen výsledek napětí von Mises, kde v maximum dosahovalo napětí 200 MPa. Maximální napětí je v bezpečné hodnotě pro daný materiál a nedojde tedy k žádné zásadní deformaci ani nebude hrozit žádné nebezpečí.

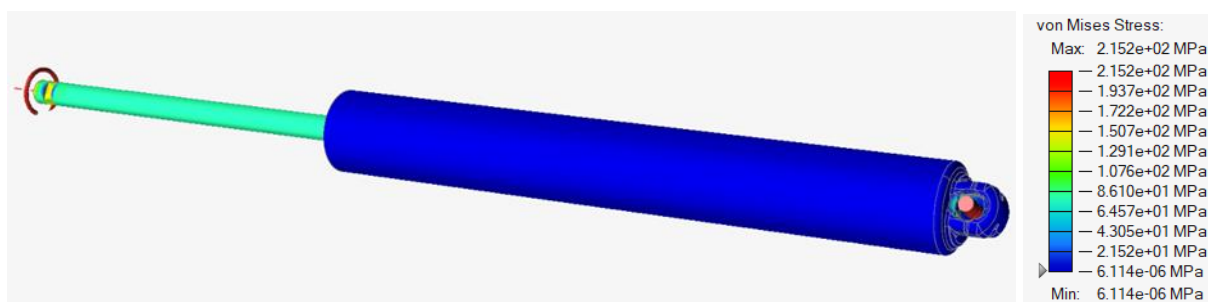


Obr. 44: Výsledek FEM analýzy při zatížení v tlaku – deformace

Dále byla hodnocena velikost rozměrové deformace, kdy hodnota maximální deformace dosahovala hodnoty 0,4 mm v ose aktuátoru. Opět výsledek plně vyhovující, tato deformace nijak neohroží průběh montáže.

5.1.2 Zatížení kroutícím momentem

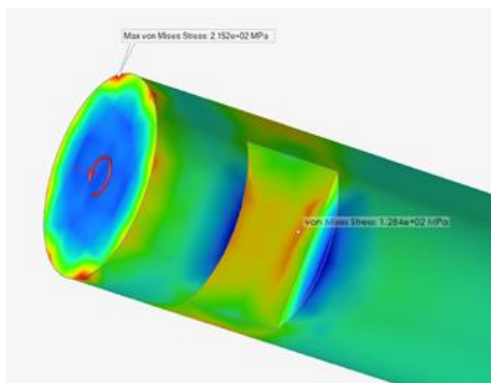
Další kontrola je z důvodu zeslabeného místa, kde je uložen fitting end na tyč. Toto zatížení může vzniknout při montáži ve fázi, kdy bude již osazený aktuátor stahován ze stlačovacího pouzdra. Zároveň bude tento uzel namáhán na krut po celou dobu životnosti aktuátoru a přes tento uzel bude přenášén krut. Je důležité zkontrolovat, zda bude pevnostně vyhovovat. Pevná vazba byla opět umístěna do kulového uložení tak, jak bude aktuátor upevněn při montáži, ale také po celou životnost na automobilu. Maximální zatížení by mohlo dosahovat přibližně 9 Nm,



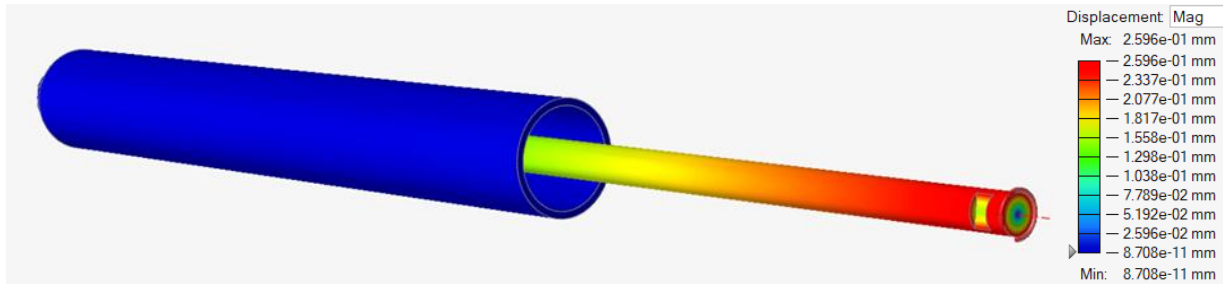
proto byl takt zatížen model a následně proveden výpočet.

Obr. 45: Výsledek FEM analýzy při zatížení krutem – napětí

Výsledek zatížení krutem dosahuje maximální hodnoty 215 MPa. Tato hodnota se viz. Obr. 46 vyskytuje jen velmi lokálně na malé ploše, proto nemůže vytvářet nebezpečí. Hodnota, která má relevantní vypovídající vlastnost je přibližně 128 MPa, což stále splňuje kritéria zvoleného materiálu.



Obr. 46: Detailní pohled na výsledek FEM analýzy – napětí



Obr. 47: Výsledek FEM analýzy při zatížení krutem – deformace

Výsledek analýzy vzhledem na deformace vyšel s maximální hodnotou 0,25 mm, což je bezpečná hodnota. Tato hodnota určuje, o kolik se tyč aktuátoru zkroutí při daném zatížení.

5.1.3 Zhodnocení FEM

Výsledky všech pevnostních analýz splňují požadavky, vyhovují bezpečnosti. Je tedy bezpečné uvést aktuátor do procesu montáže.

6 Závěr

Hlavním cílem práce byl konstrukční návrh postupu montáže a montážního pracoviště pro tlačnou pružinu elektrického aktuátoru. Výsledkem práce je 3D model návrhu pro montážní pracoviště a také finální návrh postupu montáže. Úvod práce představuje teoretická část, kde je přiblížena problematika zadaného tématu. Následuje praktická část, která obsahuje navržené koncepční varianty pracoviště a montáže. Závěrem práce byla provedena FEM analýza, pomocí které je zkontrolováno, zda zatížení montovaného aktuátoru není příliš vysoké a nebude tak vznikat nebezpečí nebo nebude docházet k zásadní deformaci součástí aktuátoru.

Montáž elektrického aktuátoru bude probíhat na mechanizovaném zařízení za přítomnosti lidské obsluhy. Jedním z cílů a požadavků bylo zajistit dostatečnou bezpečnost pracovníka na pracovišti, což se podařilo vyřešit pomocí vhodně zvoleného materiálu pro zakrytí mechanizačního zařízení. Při návrhu bylo zohledněno také hledisko ergonomie pracoviště. Do návrhu byly zapracovány normalizované prvky využívané společností Witte, například aktuátory, manipulační systémy, konstrukční systémy a provozní média. Dle kinematických funkcí 3D programu byl ověřen bezproblémový proces montáže. Celý konstrukční návrh probíhal pomocí CAD programu Catia V5. Pevnostní FEM analýza byla provedena v programu Altair Inspire s vyhovujícím výsledkem. Návrh bude sloužit pro další postup při vytváření montážní linky pro celý aktuátor.

Práce by mohla být rozšířena o podrobné prvky pracoviště, návrh vedení sítí a pracovních médií, dále také o návrh ostatních montážních pracovišť a logistických prvků do stavu kompletního návrhu montážní linky a tvořila by tak celek pro montáž elektrického aktuátoru.

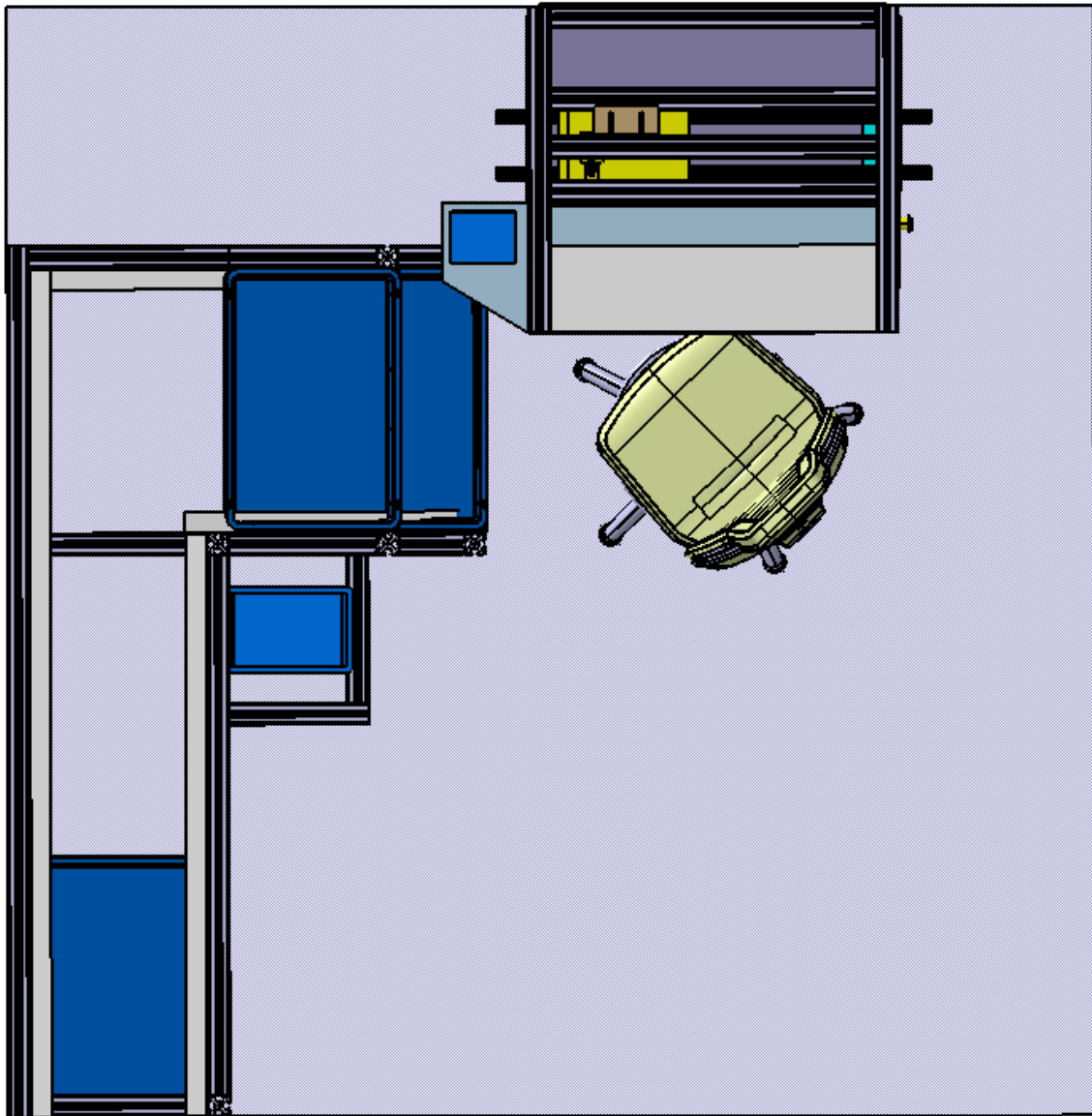
Seznam použitých zdrojů

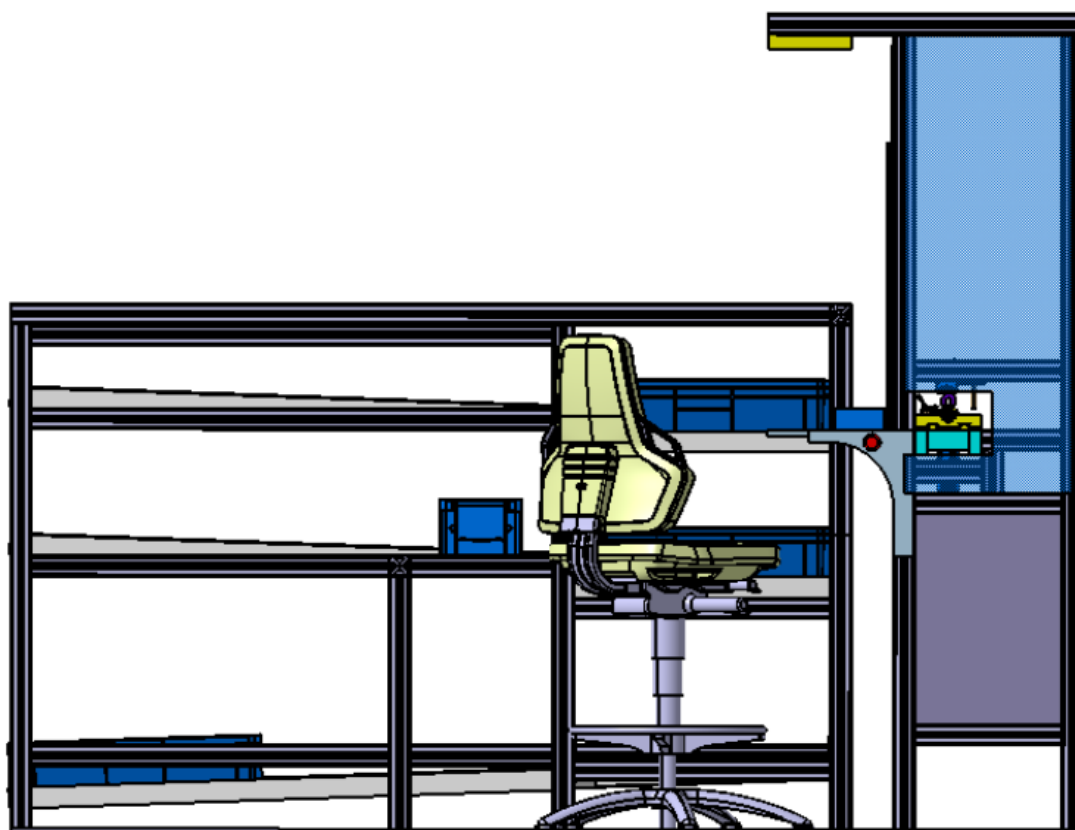
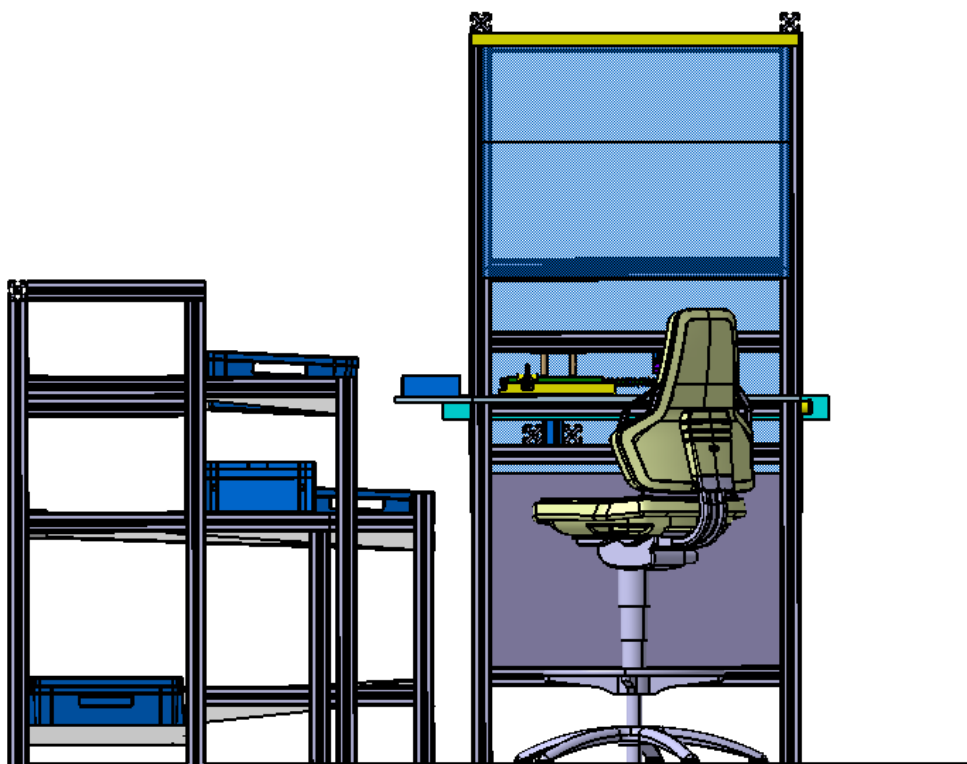
- [1] VALA, M. *Teorie a konstrukce silničních vozidel 1. Univerzita Pardubice* . 2003.
- [2] VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. 2005.
- [3] RAŠA, J., ŠVERCL, J. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 2004.
- [4] SHIGLLEY, J., E., MISCHKE, C., R., BUDDYNAS, R., G. *Konstruování strojních součástí* . Brno: VUT, 2010.
- [5] UNKNOWN. *Průmysl 4.0* [online]. 2021 [accessed. 2022-05-17]. Available at: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0
- [6] ELUC. *Druhy montáží* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1828>
- [7] CAD.CZ. *Program pro návrhy výrobních hal* [online]. 2010 [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.cad.cz/aktuality/77-aktuality/2129-program-pro-navrh-y-vyrobnich-hal.html>
- [8] PROCAD TECHNIK S.R.O. *Montážní pracoviště KIA* [online]. [accessed. 2022-05-23]. Available at: <http://www.procad.cz/produkty.php?cid=3>
- [9] BOZP.CZ. *Bezpečnost práce* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/bozp/>
- [10] T.E.A. TECHNIK S.R.O. *Aktuátory* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.teatechnik.cz/aktuatory/>
- [11] ING. ROMAN ČERMÁK, Ph.D. *Mechatronika v konstrukci strojů*
- [12] SKF. *SKF CARR 40x300x2/D24D Aktuátor* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.mateza.cz/e-shop/aktuator-skf-carr-40x300x2-d24d>
- [13] AUTO KELLY. *P pant kapoty ORIGINAL* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.autokelly.cz/Product/VAG-5P0823302B/9602046>
- [14] MAREK INDUSTRIAL A.S. *Plynové vzpěry 16-2* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.marek.eu/suspa-plynove-pruziny-a-tlmicce/plynove-pruziny-liftnline-a-varilock/plynove-pruziny-liftnline/35671/plynove-vzpery-16-2.html>
- [15] MITCALC. *Výpočet pružin* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://mitcalc.com/doc/springs/help/cz/springs.htm>
- [16] WITTE. *Úvod* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.witte-automotive.cz/>
- [17] ITEM HABERKORN. *Profile 10 50x50, natural* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://cz-product.item24.com/cs/detaily-produktu/products/line-10-construction-profiles-1001042798/profile-10-50x50-natural-62452/>
- [18] BOZP.CZ. *Osvětlení pracoviště a BOZP* [online]. 20. November 2018 [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>
- [19] ZSBOZP. *Ergonomie* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>

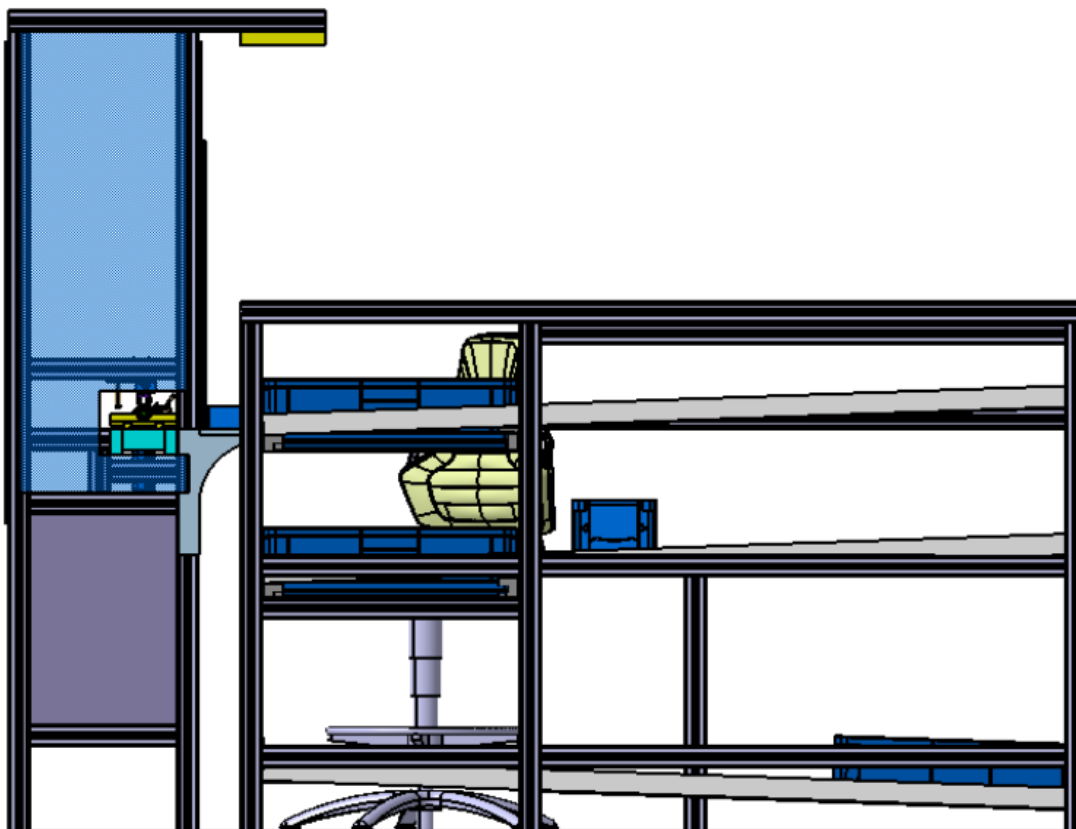
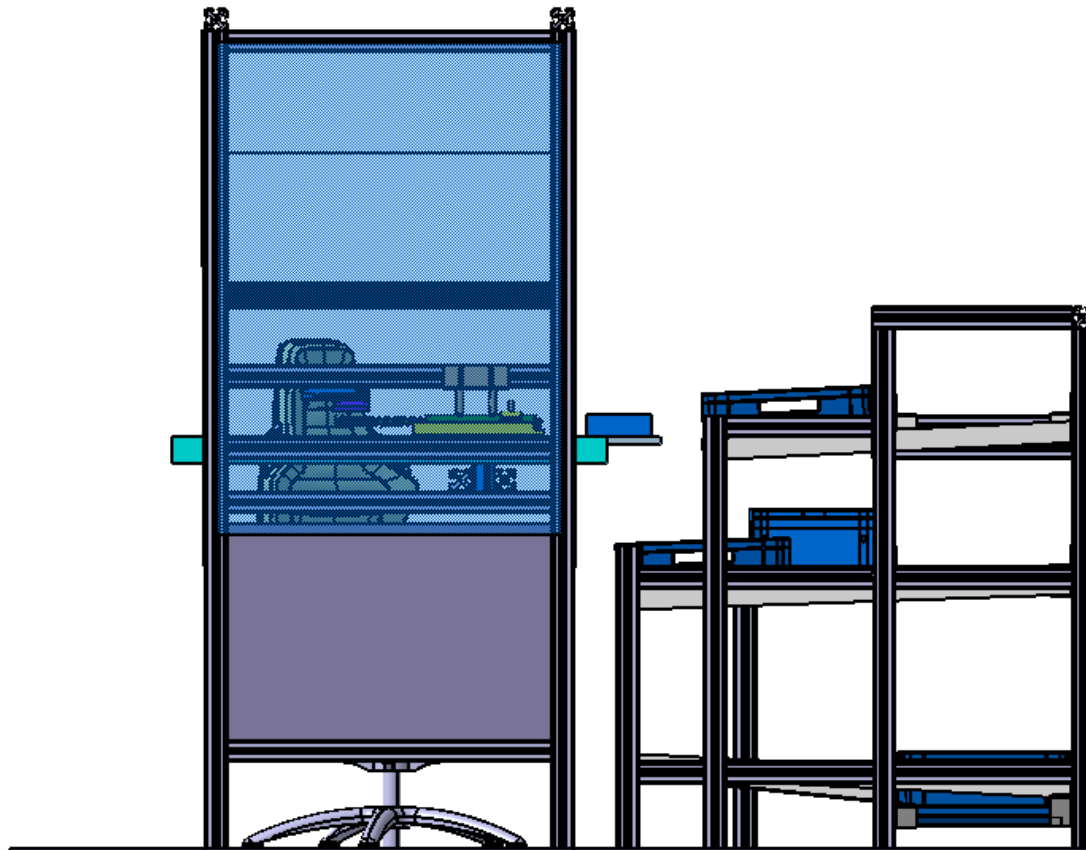
- [20] TECHNIKA A TRH. *Transportní zařízení* [online]. 7. June 2012 [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.technikaatrh.cz/manipulacni-technika/svet-transportnich-zarizeni-je-soucasti-logistickych-systemu>
- [21] FESTO. *Festo produkty* [online]. [accessed. 2022-05-17]. Available at: <https://www.festo.com/cz/cs/>

PŘÍLOHA č. 1

CAD modely navrženého pracoviště

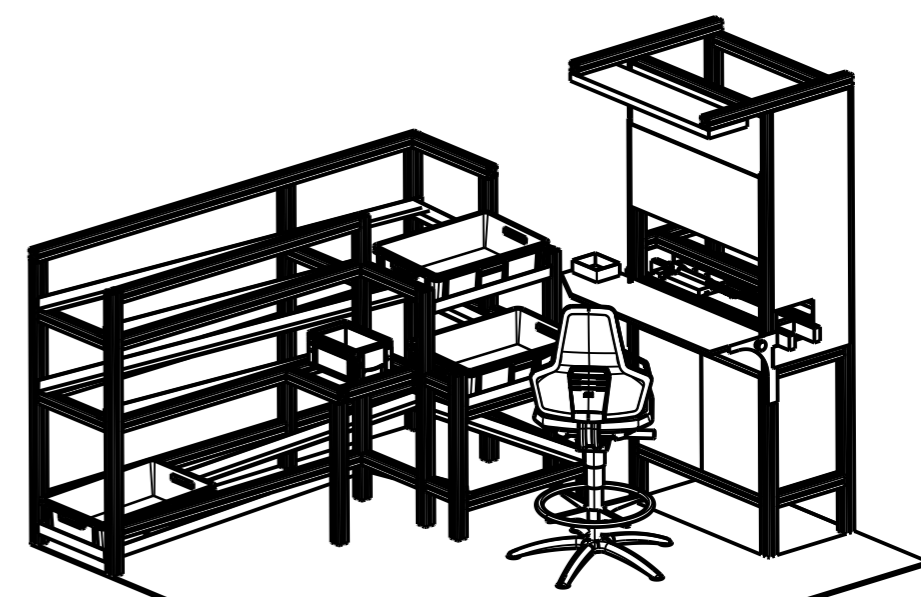
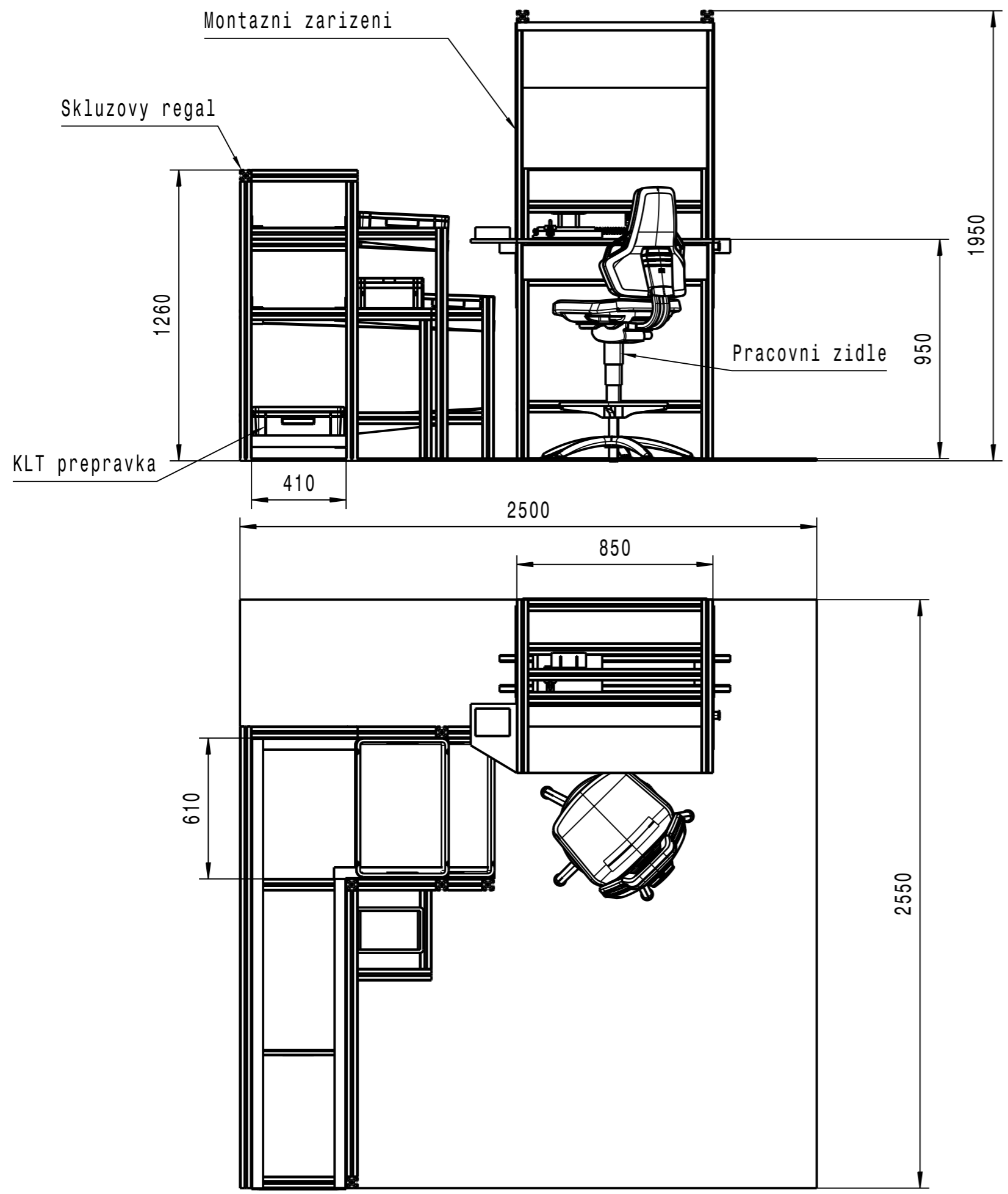






PŘÍLOHA č. 2

Výkres sestavy pracoviště – P_13



ISO
1:30

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřitko 1:20	Přesnost ISO 2768m
		Hmotnost (kg) -	Tolerování ISO 8015
Materiál-Polotovar -		Promítání 	
Kreslil Michal Calta Datum 9.5.2022 Schválil Datum		Název PRACOVISTE_13	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		Číslo dokumentu P_13	
Druh dokumentu VYKRES SESTAVY		Formát A3	
List 01 Listů 01			