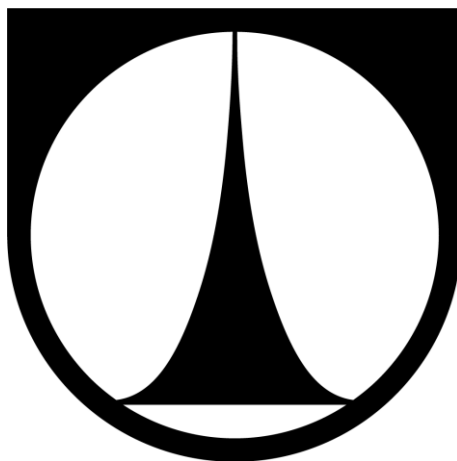


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



Diplomová práce

Inovace systému pro měření přesuvné síly třmenu brzdy

Eva Habelová

2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Bc. Eva HABELOVÁ**
Studijní program: **N2301 – Strojní inženýrství**
Obor: **3909T010 - Inovační inženýrství**
Zaměření: **Inovace výrobků**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace systému pro měření přesuvné síly třmenu brzdy

Zásady pro vypracování diplomové práce:

Inovujte systém měření přesuvné síly třmenu brzdy ve výrobní lince, který splní následující parametry:

- posuv třmenu při měření: minimálně 3mm
 - maximální rychlost posuvu třmenu: 2mm/s
 - hodnotící kritérium: přesuvná síla při posuvu směrem k brzdovému držáku je menší než 160N
 - cenově konkurenceschopné řešení
1. Představení úkolu (cíle, seznámení s firmou, výrobkem, stávajícím řešením).
 2. Naplánování projektu (harmonogram, inovační příležitosti, inovační prohlášení).
 3. Průzkum potenciálních řešení.
 4. Návrh tří řešení, zhodnocení jednotlivých variant, ověřovací měření, výběr nejlepšího řešení.
 5. Rozpracování konečné varianty (FMEA, konstrukce, výpočty, výkresy vybrané varianty).
 6. Ekonomické zhodnocení
 7. Závěrečné zhodnocení

Forma zpracování diplomové práce:

průvodní zpráva: cca 50 stran textu včetně obrázků

grafické práce: výkresová dokumentace řešení, grafy z ověřovacího měření

Seznam literatury:

Ďaďo, S., Kreidl, M. Senzory a měřicí obvody, ČVUT Praha, 1996.

Mašín, I., Jirman, P. Metody systematické kreativity. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 132s. ISBN: 978-80-7372-853-3.

Mašín, I. Inovační inženýrství -Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN: 978-80-7372-852-6.

Lepšík, P., Vodička, J. Plánování a řízení společných projektů. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 124s. ISBN: 978-80-7372-920-2.

Lepšík, P., Mašín, I. Nástroje řízení projektů. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 202s. ISBN: 978-80-7372-854-0.

Mašín, I., Mašín, J. Analýza procesů. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 132s. ISBN: 978-80-7372-865-6.

Pustka, Z. Základy konstruování (tvorba výkresové dokumentace). 1. vydání. Liberec: TUL, 2009. 218s. ISBN: 978-80-7372-456-6.

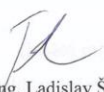
Pustka, Z. Základy konstruování (přesnosti na technických výkresech). 1. vydání. Liberec: TUL, 2009. 103s. ISBN: 978-80-7372-529-7.

Pešík, L. Části strojů – stručný přehled 1. 4. vydání, doplněné. Liberec: TUL, 2010. 226s. ISBN: 978-80-7372-573-0.

Pešík, L. Části strojů – stručný přehled 2. 4. vydání, doplněné. Liberec: TUL, 2010. 236s. ISBN: 978-80-7372-574-7.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Lufinka, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: **Petr Zíkl**


Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry




Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan fakulty

V Liberci dne 10.1.2014

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedeném lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Katedra částí a mechanismů strojů

Obor: 3909T010 - Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

Inovace systému pro měření přesuvné síly třmenu brzdy

Innovation of the device for brake parts sliding force
measurement.sliding brake parts

Jméno autora: Bc. Eva Habelová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Lufinka, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Petr Zíkl, TRW; Ing. Rudolf Martonka, Ph.D.

Počet stran: 80

Počet příloh: 27

Počet obrázků: 36

Počet tabulek: 12

Počet výkresů: 10

Prohlášení

Anotace:

V diplomové práci je inovováno zkušební zařízení na měření závislosti síly na dráze posuvných částí brzdového třmenu ve firmě TRW Automotive Czech v Jablonci nad Nisou.

Inovace je zaměřena na vytvoření univerzálního zkušebního zařízení vyhovující nejnovější technické specifikaci TS3-11-149, vydání F. Z mnoha návrhů dílčích součástí byly sestaveny 3 varianty možného řešení, z nichž bylo vybráno vítězné zkušební zařízení. Toto řešení bylo prověřeno a byla zpracována výkresová dokumentace a cenová kalkulace. V závěru byly shrnuty přínosy inovovaného zkušebního zařízení.

Annotation:

This thesis deals with the innovation of a test equipment for the force-distance dependence measuring of brake calliper sliding parts in TRW Automotive Czech at the town of Jablonec nad Nisou.

The innovation focuses on creating an universal test equipment complying with the latest technical specification TS3-11-149, F-edition. Three feasible solutions were assembled out of many proposed components, and then the winning test equipment was selected. This solution was verified, and drawings with price calculation have been prepared. Benefits of the innovated test equipment are summed up at the end of the thesis.

Klíčová slova:

brzdová destička, inovační inženýrství, kotoučová brzda, přesuvná síla, měřící zařízení.

Keywords:

brake pads, innovative engineering, brake disc, measuring device.

Poděkování

Děkuji za výbornou spolupráci, ochotu a vřelost vedoucímu diplomové práce panu Ing. Aleši Lufinkovi, Ph.D., panu Ing. Rudolfu Martonkovi, Ph.D. a všem poradcům, kteří mi věnovali čas a podělili se o cenné rady.

Velký dík patří celé mé rodině, mému muži a pejskům.

Obsah:

1. Úvod	- 10 -
1.1. Záměr práce/ cíl	- 11 -
1.2. Představení firmy TRW Automotive s.r.o.	- 12 -
1.2.1. Historie firmy v Jablonci nad Nisou	- 12 -
1.3. Úvod do problematiky brzdových třmenů kotoučových brzd	- 14 -
1.4. Princip fungování kotoučové brzdy a její konstrukce	- 15 -
1.4.1. Konstrukce kotoučové brzdy:	- 16 -
2. Současný stav zkušebního zařízení	- 20 -
2.1. Popis zkušebního zařízení	- 20 -
2.1.1. Popis měření:	- 20 -
2.2. Nevýhody původního řešení:	- 22 -
3. Plánovací fáze inovačního projektu	- 23 -
3.1. Harmonogram inovace zkušebního zařízení	- 23 -
3.2. Inovační příležitosti	- 24 -
3.3. Inovační prohlášení	- 24 -
4. Průzkum potenciálních řešení	- 26 -
4.1. Součásti konceptů	- 26 -
4.1.1. Poloha třmenu brzdy při měření	- 27 -
4.1.2. Člen rozevírající brzdové destičky	- 28 -
4.1.2.1 Pevný rozměr - odpovídající šířce kotouče - rozpěrka a vidlice ...	- 29 -
4.1.2.2. Pevný rozměr - užší než kotouč	- 31 -
4.1.2.3. Variabilní rozevření destiček - elipsa	- 31 -
4.1.2.4. Variabilní rozevření destiček - klíny	- 32 -
4.1.2.5. Variabilní rozevření destiček - „pístek“	- 33 -
4.1.2.6. Variabilní rozevření destiček - nůžky	- 33 -
4.1.2.7. Variabilní rozevření destiček – pryžový válec	- 34 -
4.1.3. Ověření vlivu vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami na kvalitu měření	- 35 -

4.1.3. Pohon	- 39 -
4.1.4. Snímač posuvu	- 40 -
4.1.5. Siloměr	- 41 -
5. Návrhy vlastních variant řešení.....	- 42 -
5.1. Varianta 1.....	- 42 -
5.2. Varianta 2.....	- 44 -
5.3. Varianta 3.....	- 46 -
6. Výběr vhodné varianty	- 48 -
7. Výsledná varianta	- 50 -
8. Přezkoumání konstrukčního návrhu – metoda FMEA	- 51 -
9. Výpočty.....	- 53 -
9.1. Šroub M8	- 53 -
9.2. Horizontální kuličkové vedení.....	- 54 -
10. Popis přínosu inovace na zařízení a ekonomické zhodnocení	- 56 -
11. Závěr	- 58 -
12. Použitá literatura:.....	- 60 -
13. Seznam obrázků:.....	- 61 -
14. Seznam tabulek:	- 63 -
15. Seznam příloh:.....	- 64 -

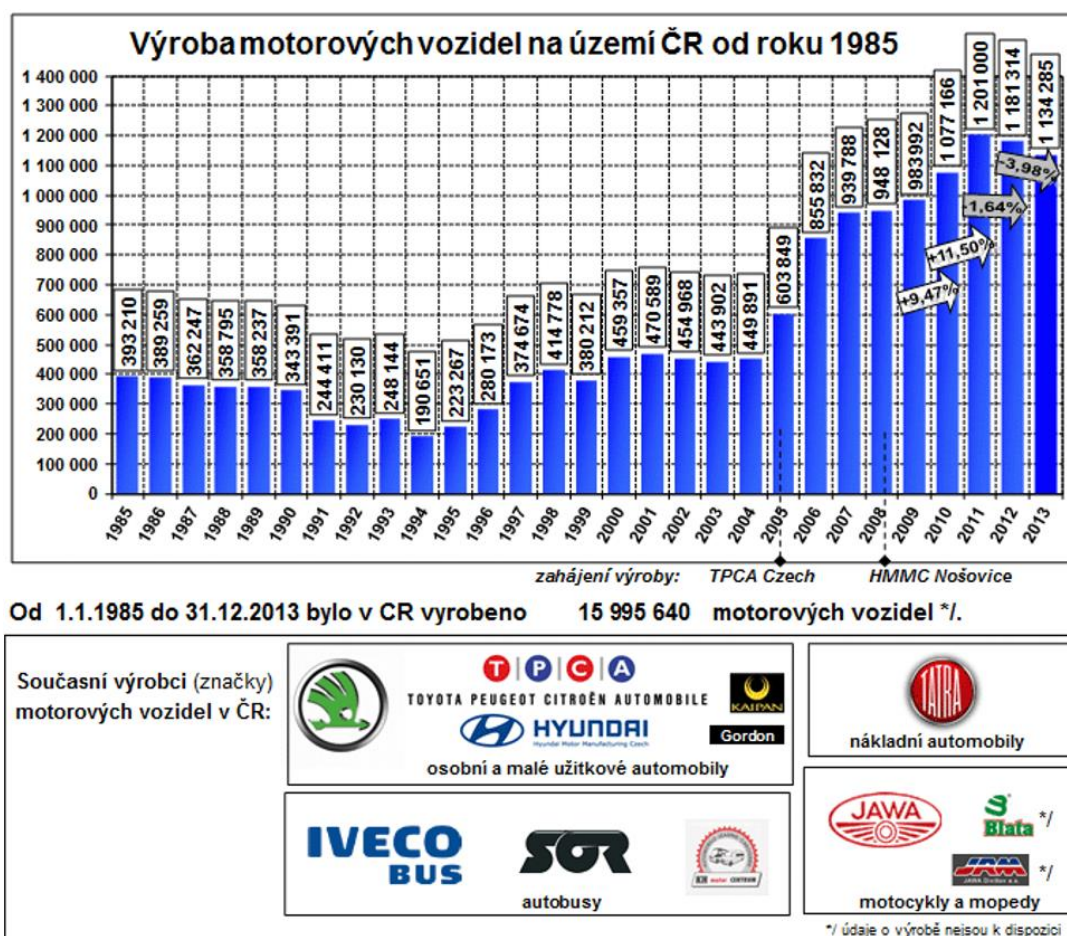
Seznam použitých zkratk a symbolů

d [mm]	Průměr
F [N]	Síla
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
Kč	Koruna česká
m [kg]	Hmotnost
mm	Milimetr
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
TRW	Název firmy Thompson Ramo Wooldridge Inc.
TUL	Technická univerzita v Liberci
σ [MPa]	Napětí
F_Q [N]	Osová síla
A_S [mm]	Průřez šroubu
p [MPa]	Tlak
M_o [MPa]	Moment
W_o [mm ³]	Modul nosného průřezu v ohybu

1. Úvod

Fenoménem 21. století je globalizace ekonomiky, hospodářství. Tím je rozuměno, že všichni působí na jednom trhu. Vstupujeme do informační společnosti, která nebude znát hranice. Bouřlivý vývoj technologií mění obchodní a výrobní praktiky, povahu lidské práce i organizaci podniků. [1]

Diplomová práce se týká oblasti automotive, na obrázku 1 je proto znázorněna produkce motorových vozidel na území České republiky za posledních 28 let.



*/ = osobní automobily, malá užitková vozidla, nákladní automobily a tahače, motocykly a mopedy

Zdroj: Statistiky Sdružení automobilového průmyslu od roku 1985, údaje výrobci

Obr. 1: Výroba motorových vozidel na území České republiky od roku 1985 do roku 2013 a současní výrobci motorových vozidel na našem území. [2]

Konkurence roste, zlepšuje se a my ji musíme předčit. Náš vývoj, zdokonalování se, inovace, změny musí být v tempu, ideálně rychlejší než konkurence. Uvědomění si těchto faktů je hnacím motorem mého studia a také důvodem inovace stávajícího zařízení pro měření přesuvných sil ve firmě TRW, tedy zadáním mé diplomové práce.

Dodnes nebyla podstatným výstupem zkoušky přesuvné síly závislost síly posuvu na dráze. Důvody zkvalitnění výstupní kontroly přímo po montážní operaci jsou rostoucí technický pokrok, vyšší důraz na kvalitu, bezpečnost a touha po nulových zákaznických reklamacích, především tzv. „reklamací z pole“, které mohou stát životy.

1.1. Záměr práce/ cíl

Inovace zařízení pro měření přesuvných sil plovoucího třmenu brzdy v závislosti na dráze (pohyb třmenu včetně obou destiček vůči držáku brzdy, třmen je spojen s držákem přes vodící čepy) pro různé typy kotoučových brzd (VW-416-13, MFA-38-22,5, MFA-36-16-11,5, MFA-34-15-10,5; třmeny litinové i vyráběné ze slitin hliníku), při vertikálním upnutí brzdového držáku v přípravku, ve výrobní lince M5 ve firmě TRW Automotive v Jablonci nad Nisou.

Cílem je dodržet nejnovější technickou specifikaci Technical specification TS3-11-149, vydání F, strana 9 a 10, obsahující zpřísněná pravidla a požadavky pro ověřovací měření správné funkce kotoučové brzdy.

Volný přepis Technical specification TS3-11-149, vydání F, strana 9:

- Účelem zkoušky přesuvných sil je stanovení síly, potřebné pro pohyb brzdových destiček vůči třmenu brzdy v ose pístu ve směru k pístu i od něj.
- Zjistit, zda je sestava správně sestavena a je zajištěn volný pohyb tam, kde má být (pohyb destiček ve vedení destiček, pohyb v čepu).
- Měřená síla potřebná pro přesun brzdových destiček vůči brzdovému držáku by měla být v ideálním případě měřena ve směru od pístu při posunu brzdových destiček po dráze 4mm.
- V opačném směru (směr posunu destiček směrem k pístu) je dráha volitelná.
- Maximální požadovaná síla bude dosažena během 3s.
- Maximální rychlost pohybu brzdových destiček vůči brzdovému držáku je 2mm/s.
- Měřená maximální síla potřebná pro přesun brzdových destiček vůči brzdovému držáku nesmí překročit 160N.

1.2. Představení firmy TRW Automotive s.r.o.



Obr. 2: Sortiment produktů TRW Automotive. [3]

TRW Automotive (Thompson Ramo Wooldridge [4]) zaměstnává ve svých 200 závodech, nacházejících se v různých částech světa, přibližně 70 000 zaměstnanců. Patří mezi přední světové výrobce a dodavatele dílů pro automobilový průmysl. [5]

Firma vyrábí celou řadu výrobků a náhradních dílů pro podvozkové systémy, jako jsou například brzdové komponenty, díly řízení a zavěšení kol. Brzdové produkty pokrývají 95 % sortimentu vyráběného v TRW. Mezi tyto produkty lze zahrnout třecí segmenty, jako jsou čelisti, destičky, brzdové bubny, nové brzdové třmeny, disky kotoučových brzd apod. A dále s tím související hydraulické komponenty – brzdové soustavy, brzdové válečky, čističe brzd, nářadí, kompletní sady brzdového systému a mnohé další. TRW rozšířila svůj výrobní program o systémy řízení a zavěšení kol, mezi které se řadí hřebenové tyče řízení, ovládací součástky včetně příčných ramen nápravy, hlavy řídicích tyčí, kulové klouby, stabilizátory a manžety. [6]

TRW Automotive Czech s.r.o. Jablonec nad Nisou se zabývá vývojem, výrobou a prodejem brzd včetně brzdových komponentů pro světové automobilky. [5]

1.2.1. Historie firmy v Jablonci nad Nisou

Zrod firmy je spjat s rokem 1952, v tomto roce začala výroba brzd pro osobní, nákladní a užitkové vozy v tomtéž závodě s názvem Autobrzdy n. p. [5]

Devadesátá léta minulého století měla klíčový význam pro další budoucnost. V roce 1992 dochází k vyčlenění a osamostatnění závodu a vzniká nový podnik Autobrzdy s.r.o. Došlo k zásadní restrukturalizaci, omezení neefektivních činností, změně struktury zaměstnanců, posílení výrobních činností a oblasti vývoje nových výrobků. [5]

Vedení firmy také rozhodlo o vstupu zahraničního partnera do společnosti k 19. 3. 1993, který postupně převzal kontrolu nad 100% majetku firmy a zároveň došlo ke změně názvu firmy na Lucas Autobrzdy s. r. o. Druhá polovina devadesátých

let už je ve znamení stabilizace a konec tohoto období představuje rozmach výroby zejména diskových brzd. [5]

Další změna nastala v roce 1999. Koncern TRW koupil koncern Lucas Varity a závod se stal součástí jednoho z největších výrobců aktivních a pasivních bezpečnostních prvků TRW Automotive. V roce 2010 byla tato skutečnost zvýrazněna změnou názvu na TRW Automotive Czech.

Zákazníky firmy jsou: ŠKODA/ Volkswagen/ AUDI/ Seat, BMW/ Mini Cooper, Daimler, OPEL, Renault, Peugeot/ Citroen, Mitsubishi, Hyundai/ Kia a FORD. [5]



Obr. 3: Pohled do firmy TRW Automotive Czech s.r.o. Jablonec nad Nisou. [5]

1.3. Úvod do problematiky brzdových třmenů kotoučových brzd

Modul, ve kterém bude umístěno měřicí zařízení, řešené v této práci, plní dvě hlavní funkce. První je prováděna obrysová zkouška, která ověřuje, zda je smontovaný třmen přední kotoučové brzdy správných obrysů. Druhou zkouškou je test přesuvných sil. Při obou prováděných testech je třmen brzdy v pevné poloze.

Na dané montážní lince se kompletují různé typy brzdových třmenů pro přední kotoučové brzdy automobilu, třmeny různých rozměrů, materiálů, tedy i hmotností.

Testování přesuvných sil by se mělo svými podmínkami co nejvíce přiblížit skutečnému chování brzdových třmenů při reálném provozu automobilu.

Brzdy jsou během montáže a zkoušení připevněny k přípravku, který je upevněn na paletce. V paletce je integrován čip nesoucí informace. Brzdové třmeny jsou také označeny QR kódem (obrázek 5), ve kterém by také mohla být obsažena informace o hmotnosti.



Obr. 4: Popisy hlavních částí brzdového třmenu.

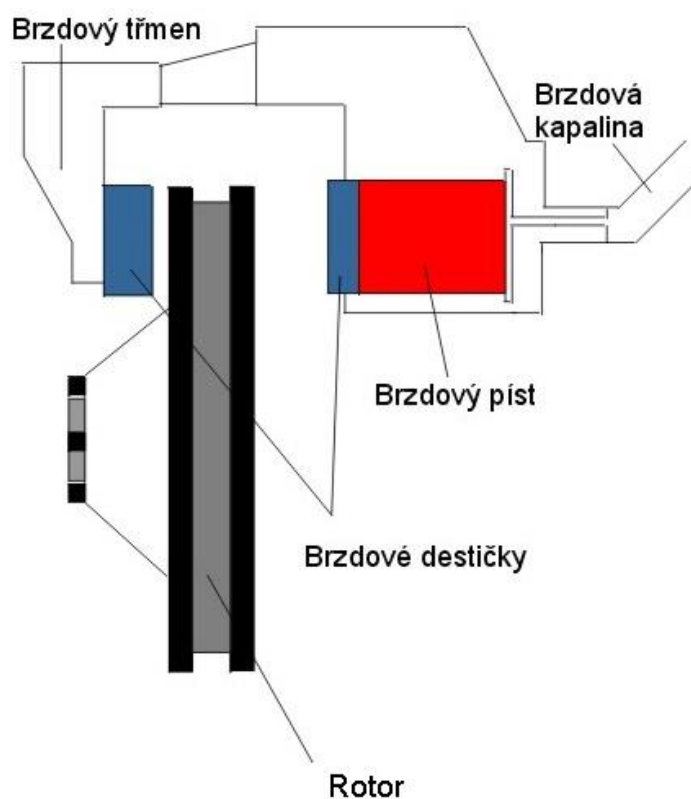


Obr. 5: Brzda montovaná ve firmě TRW.

1.4. Princip fungování kotoučové brzdy a její konstrukce

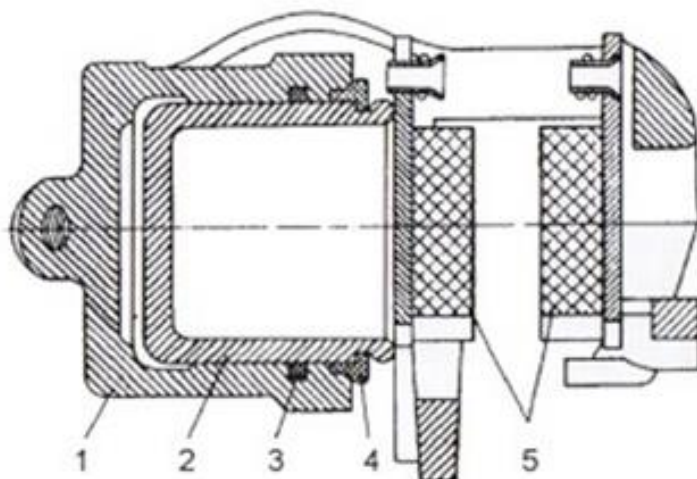
Při inovaci zařízení je prvním krokem pochopení podstaty fungování výrobku. K čemu se výrobek používá, z čeho je sestaven, jakým principem je zajištěna hlavní funkce, zjistit o něm co nejvíce informací.

Hlavní funkcí brzdy je zastavení/zpomalení pohybujícího se objektu nebo k jeho udržení ve statické poloze. [7]



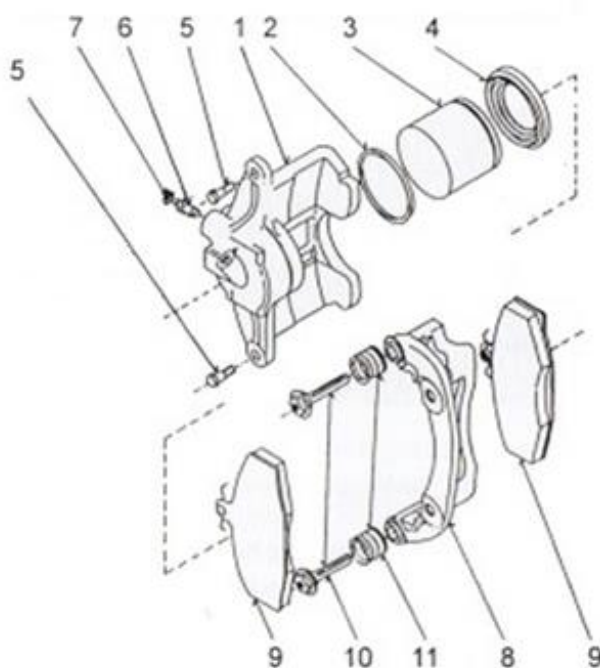
Obr. 6: Schéma třmenu kotoučové brzdy. [8]

1.4.1. Konstrukce kotoučové brzdy:



Obr. 7: Částečný řez třmenem přední kotoučové brzdy. [9]

1 - třmen brzdy, 2 - píst, 3 - pryžový těsnící kroužek, 4 - krycí protiprachová manžeta, 5 - třecí segment.

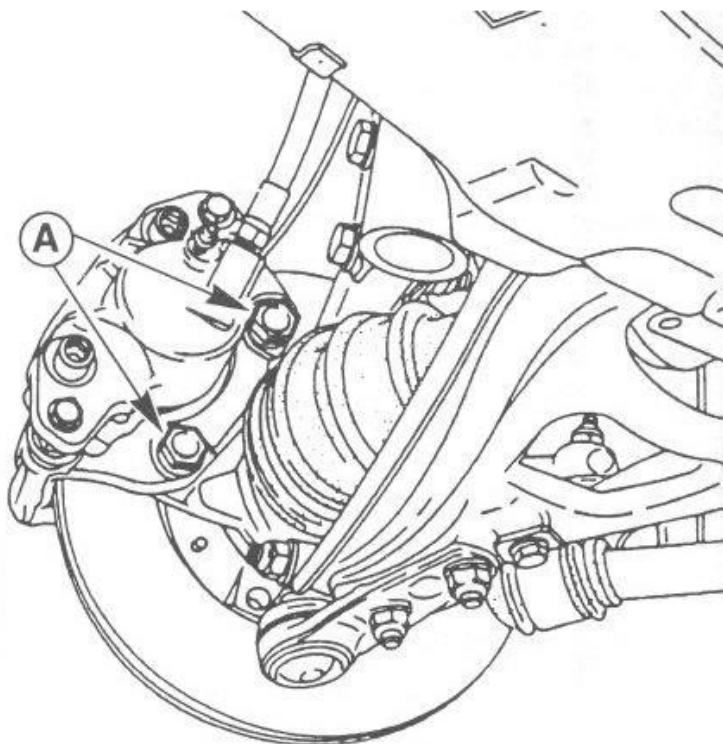


Obr. 8: Třmen přední kotoučové brzdy – montážní sestava. [9]

1 - třmen brzdy, 2 - těsnící kroužek, 3 - píst, 4 - manžeta, 5 - šroub, 6 - odvzdušňovací šroub, 7 - krytka odvzdušňovacího šroubu, 8 - držák třmenu, 9 - třecí segment, 10 - vodící čep, 11 - krycí manžeta.

Hlavní součásti kotoučové brzdy:

- rotor (kotouč), kovový či s příměsí keramických částic. Brzdový kotouč je připevněn na brzděný rotor a otáčí se spolu s ním. Při brzdění se kinetická energie mění na teplo a dochází k zahřívání brzdového kotouče. Proto bývá opatřen uvnitř soustavou kanálků, kterou prochází vzduch, což napomáhá chlazení. Brzdové kotouče se provozem postupně opotřebovávají. [10]
- brzdový třmen je součástka, do které je namontován brzdový píst a posuvně vloženy brzdové destičky. Tato součástka je pevně spojena s vozidlem. Na obrázku 9 jsou znázorněny připojovací body spojující brzdový třmen a karoserii automobilu, body značené písmenem A. [10]



Obr. 9: Znázornění připojovacích bodů spojujících brzdový třmen s karoserií automobilu, body značené písmenem A. [9]

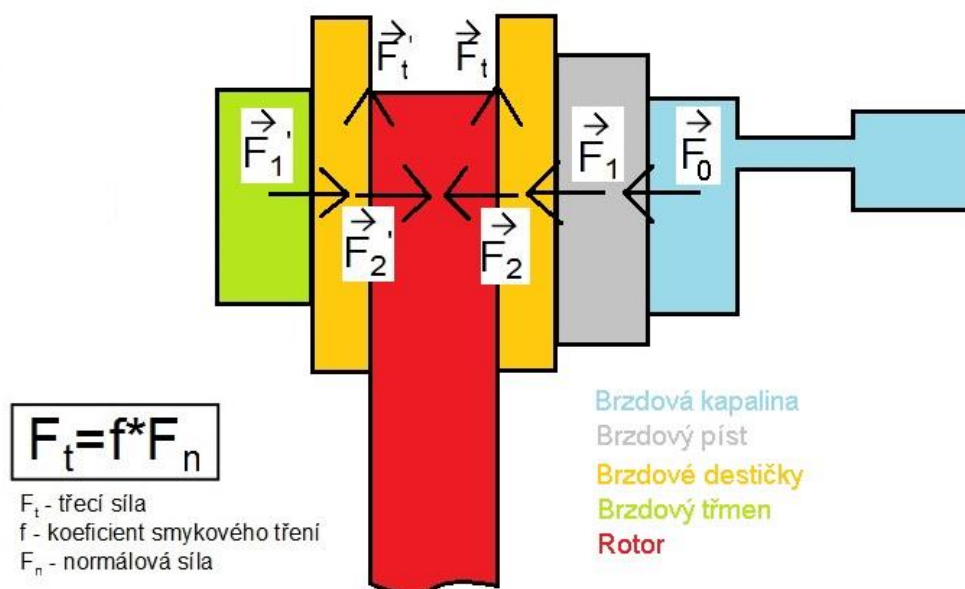
- brzdový píst je součástka zamontovaná do brzdového třmenu. Na brzdový píst je připojena hadička s brzdovou kapalinou. V případě sešlápnutí brzdového pedálu vznikne v brzdovém systému (v brzdové kapalině) tlak, který přitlačí píst a s ním brzdové destičky k brzdovému kotouči/ rotoru. [10]
Dnes se používají samostavitelné písty, které se samy staví tak, aby byla vždy zachována vhodná minimální vůle mezi brzdovým kotoučem a brzdovými destičkami v klidovém stavu (aby se destičky a kotouč nedotýkaly/ neodíraly).

- brzdové destičky jsou přitlačované k brzdovému kotouči brzdovými písty. Jsou konstruovány tak, aby při kontaktu s brzdovým kotoučem vznikalo velké tření (mají vysoký koeficient smykového tření). Během provozu dochází k opotřebovávání destiček.

Brzdové destičky jsou umístěny ve vedení, jsou tedy pohyblivé v horizontálním směru vůči vozidlu. [10]

Opotřebovávající se brzdové destičky s plynutím času zmenšují svou šířku, odírají se. Aby byla zajištěna stále stejná poloha kotouče a brzdového třmenu s destičkami, je nutné, aby se destičky i brzdový třmen vůči brzdovému držáku posouvaly, aby byl zajištěn posuv při poměrně malé přesuvné síle. To je důvodem zjišťování dané přesuvné síly a dráhy, o kterou se soustava je schopna posunout vůči brzdovému držáku. Důvod zjistit, zda brzdový třmen plní svou funkci po montáži a tím bude do automobilu vložen plně funkční díl, u kterého nehrozí například nadbytečné odírání destičky při chybně vložené destičce do vedení destiček. [10]

Přenos brzdné síly na kotoučovou brzdu je u silničních vozidel obvykle hydraulický. Sešlápnutím brzdového pedálu vznikne tlak v brzdovém systému. Brzdová kapalina začne tlačit na brzdový píst, který tlačí brzdové destičky kolmo na rotor. Vzniklá třecí síla mezi rotorem a destičkami působí proti otáčení. [10]



Obr. 10: Schéma třmenu kotoučové brzdy.

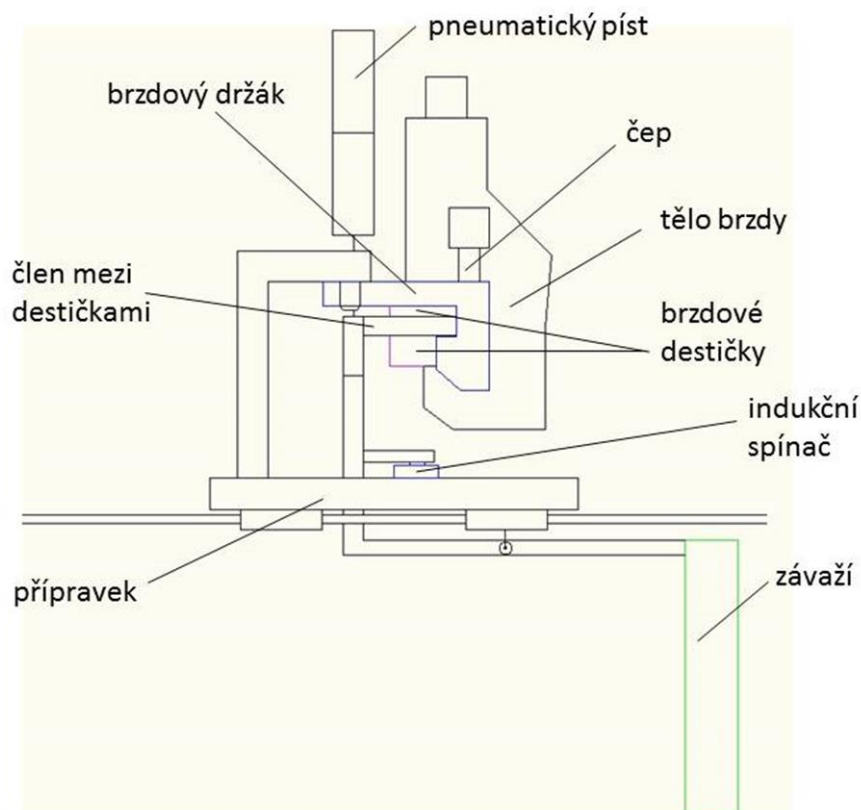
Mezi hlavní výhody používání kotoučových brzd patří jejich lepší ochlazovací schopnost oproti bubnovým brzdám (při dlouhodobém brzdění mohou teploty dosahovat až 900°C), jejich menší hmotnost a výrazně vyšší účinnost.

Nevýhodou kotoučových brzd je jejich dražší výroba a vyšší náchylnost k poruchám při znečištění. [7]

2. Současný stav zkušebního zařízení

Současné zkušební zařízení neodpovídá nové technické specifikaci TS3-11-149, vydání F.

2.1. Popis zkušebního zařízení



Obr. 11: Schéma původního řešení zavedeného na výrobní lince 5M a 5L.

Skelet montážní a zkoušecí linky je tvořen hliníkovými profily, stolem, pojezdy pro paletky. Na paletkách jsou přípravky pevně upínající brzdový držák. Přípravek obsahuje kluzné vedení, na kterém je vertikálně pohyblivé vedení rozpěrky vložené mezi destičky, rozpěrka je vyměnitelná a její šířka odpovídá šířce brzdového kotouče plus malá vůle.

2.1.1. Popis měření:

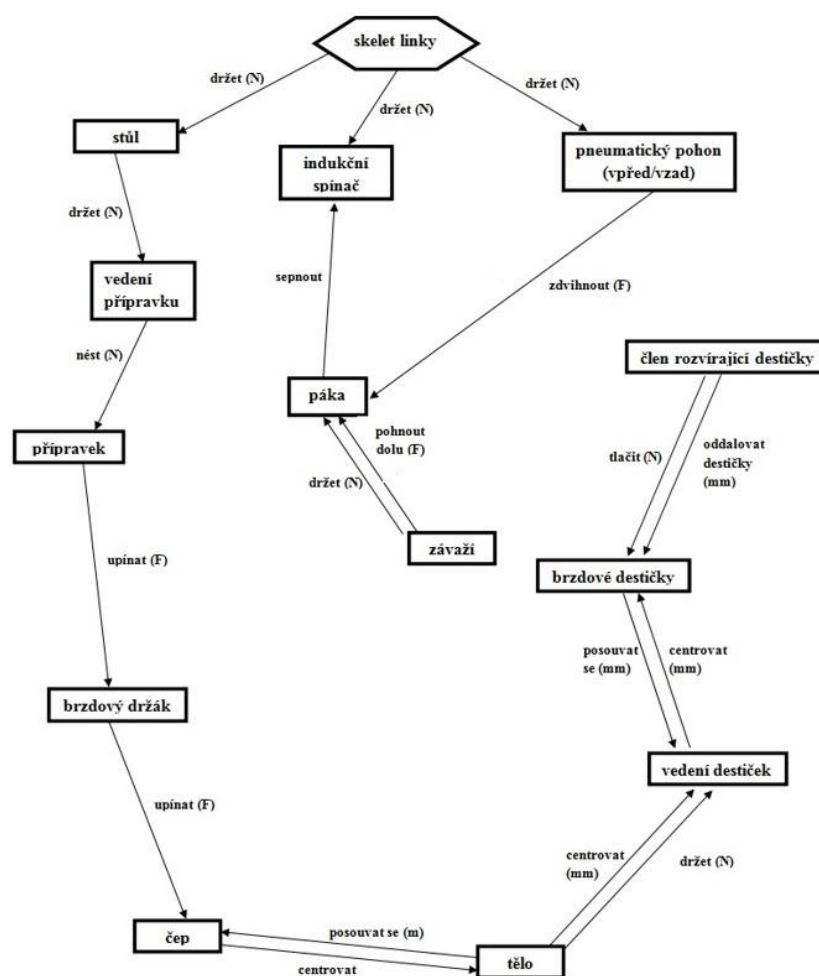
Pneumatický píst tlačí člen mezi destičkami směrem dolů, posouvá tělem brzdy vůči brzdovému držáku směrem dolů. Dojede-li píst na konec předem stanoveného zdvihu, je brzdový třmen ve správné poloze pro zahájení měření přesuvné síly. Otevře se vypouštěcí ventil.

Závaží umístěné pod linkou, pevně spojené s rozevírajícím členem posouvá rozevírající člen rázem nahoru (pákový mechanismus). Tím jsou destičky vráceny do výchozí polohy. Shodný a neshodný díl je rozeznán sepnutím indukčního spínače. Dosažení výchozí polohy je detekováno sepnutím indukčního snímače. Nedosažení výchozí polohy je brzdový třmen považován jako neshodný (indukční snímač neseplnul).

V původním řešení je brzda při měření ustavena v přípravku ve vertikální poloze.

Vertikálně orientovaná montáž je výhodnější, ovšem tato poloha je velmi obtížná pro prováděné měření, ještě obtížnější při různosti měřených výrobků. Při měření musí být počítáno s hmotností pístu, třmenu, destiček, čepů a měřícího mechanismu, která ovlivňuje používanou sílu pro přesun destiček nahoru a dolů, aby byla splněna maximální možná síla dle specifikace TS3-11-149. Rozdílnost brzd udává nutnou variabilitu měřícího zařízení.

Na obrázku 12 je znázorněn funkční diagram původního řešení. Ve svém řešení bych ráda odstranila závaží, páku a indukční spínač.



Obr. 12: Funkční diagram původního řešení.

2.2. Nevýhody původního řešení:

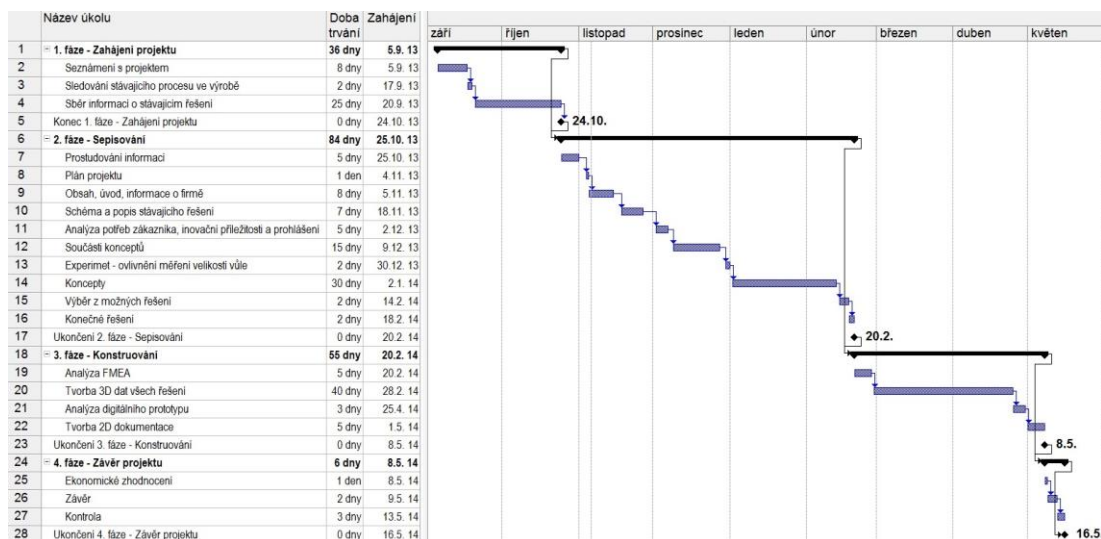
- Funkčnost vedení destiček a čepu je prokázána rázem, při zadření čep povolí. Není to ideální řešení, čep i vedení mají být pohyblivé i při plynulém zatížení.
- Rozdílné hmotnosti vyráběných brzd mají být zkoušeny jinou silou.
- Pohyb je zkoušen pouze jedním směrem, od brzdového držáku nahoru.
- Není měřena dráha pohybu těla třmenu vůči držáku.
- Není možné stanovit závislost dráhy na síle.
- Rozdílný čas měření pro každou brzdu.

3. Plánovací fáze inovačního projektu

3.1. Harmonogram inovace zkušebního zařízení

Harmonogram je tvořen v programu MS Office Project verze 2003, pro plánování bylo zvoleno zobrazení v podobě Ganttova diagramu. Celý proces tvorby diplomové práce je rozdělen na čtyři fáze, na fázi zahájení projektu, fáze sepisování teorie, která je podkladem třetí fáze, konstrukční, nechybí závěr projektu se závěrečným zhodnocením. Datum odevzdání diplomové práce znázorňuje cíl, termín ukončení projektu, od tohoto data se odvíjejí plány a termíny všech činností.

Harmonogram je k nahlédnutí v příloze č. 1.



Obr. 13: Harmonogram činností na diplomové práci.

3.2. Inovační příležitosti

Proces plánování projektu začíná při identifikaci inovačních příležitostí. Ty mohou být založeny na různých základech, jako jsou: nová výrobová platforma, derivát existující platformy (rozšíření současného sortimentu, současných trhů), dílčí zlepšení existujícího výrobku, novém výrobku (dramaticky odlišný výrobek, technologie, nebo získání nového trhu). [11]

Inovační příležitosti systému pro měření přesuvné síly třmenu brzdy:

- Zařízení integrované v modulu montážní linky pro měření on-line s možností změny sortimentu bez ovlivnění kvality měření dle specifikace TS3-11-149 a využívající stávajících montážních přípravků, ve kterých je brzdový třmen uchycen při montáži.
- Zařízení integrované v modulu montážní linky pro měření on-line s možností změny sortimentu bez ovlivnění kvality měření dle specifikace TS3-11-149, využívající inovovaný přípravek pro montáž i měření brzdového třmenu ve vertikální poloze.
- Zařízení integrované v modulu montážní linky pro měření on-line s možností změny sortimentu bez ovlivnění kvality měření dle specifikace TS3-11-149, využívající inovovaný přípravek pro montáž brzdového třmenu v horizontální poloze a měření brzdového třmenu v horizontální poloze, v poloze totožné s reálným umístěním v automobilu.
- Zařízení integrované v modulu montážní linky pro měření on-line s možností změny sortimentu bez ovlivnění kvality měření dle specifikace TS3-11-149, využívající inovovaný přípravek pro montáž brzdového třmenu v horizontální poloze a při měření umožňující použít externí člen rozevírající brzdové destičky.
- Externí zařízení pro měření off-line.

3.3. Inovační prohlášení

Formulace inovačního návrhu je obsahem inovačního prohlášení. Jedná se o dokument obsahující směry, které by měly být sledovány při všech fázích vývoje produktu. Prohlášení by mělo obsahovat tyto informace: výrobovou vizi, klíčové obchodní cíle, primární trh, podružné trhy, předpoklady a omezení a jména účastníků inovačního procesu. [11]

Tab. 1: Inovační prohlášení. [11]

Popis zkušebního zařízení	Zařízení pro měření přesuvných sil brzdového třmenu s možností změny sortimentu bez ovlivnění kvality měření dle specifikace TS3-11-149, vydání F.
Klíčové obchodní cíle	Využití inovovaného zařízení firmou TRW.
Primární trh	Mateřská firma TRW.
Podružné trhy	Firmy s podobným sortimentem, tématikou měření.
Předpoklady a omezení	Sortiment výrobků, specifikace TS3-11-149, dodavatelské firmy schválené firmou TRW, stávající zařízení a přípravky – jejich opětovné použití, náklady, VA/VE, možnost použití na dané pozici i jiných kontrol brzdových třmenů – omezení prostorem, přístup ke stlačenému vzduchu, oleji, internetu, intranetu, elektrické síti.
Účastníci inovačního procesu	Petr Zíkl Eva Habelová

4. Průzkum potenciálních řešení

4.1. Součásti konceptů

Zkušební zařízení vyhovující specifikaci TS3-11-149 je sestaveno z těchto částí:

- člen rozevírající brzdové destičky.
- pohon
- snímač posuvu
- siloměr

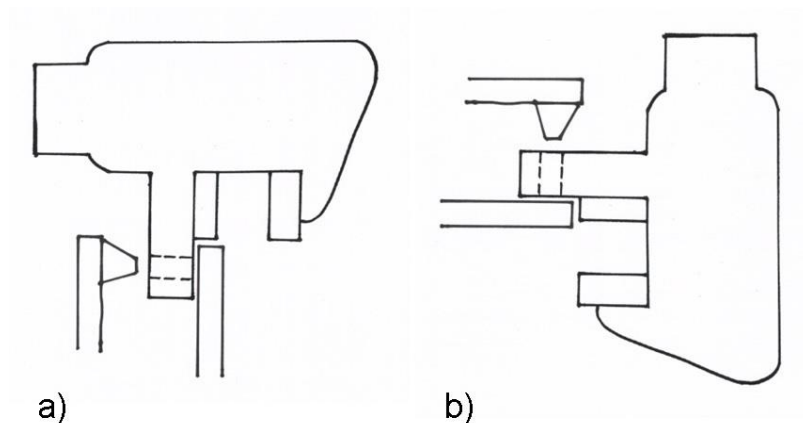
Tab. 2: Možné součásti konceptů.

Poloha brzdy při měření	Člen rozevírající brzdové destičky	Pohon	Snímač posuvu	Siloměr
Horizontální	Pevný rozměr odpovídající šířce brzdového kotouče	Pneumatický válec	Potenciometrický	Tenzometrický
Vertikální	Pevný rozměr užší než brzdový kotouč	Hydraulický válec	Induktivní	Piezoelektrický
Pod úhlem	Variabilní rozevření brzdových destiček	Mechanický	Optický	
Stavitelné upnutí		Elektromechanický pohon	Magnetostrikční	
			Číslicový	
			Kapacitní	

4.1.1. Poloha třmenu brzdy při měření

Poloha upnutí brzdového třmenu při měření přesuvných sil ovlivní celé měření, maximální dosaženou sílu v průběhu měření.

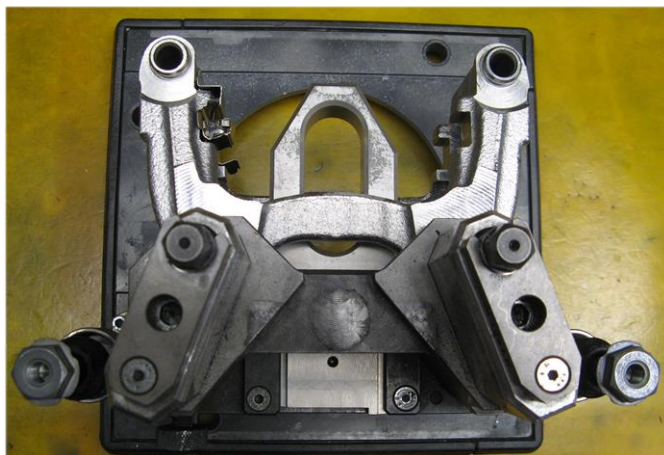
Na obrázku 14 je zakreslena: a) horizontální poloha, b) vertikální poloha brzdového třmenu.



Obr. 14: Znázornění a) horizontální polohy, b) vertikální polohy.

- Horizontální upnutí brzdového třmenu (obrázek a) odpovídá poloze brzdového třmenu v automobilu.
- Při vertikálním upnutí musíme počítat s hmotností pístu, třmenu, destiček, čepů, popřípadě s hmotností přípravku či měřícího mechanismu. Započítání těchto konstantních hmotností by nebylo obtížné při jediném typu vyráběné brzdy, ovšem měření bude použito pro různé typy montovaných brzd.

Pro montáž brzdových třmenů je použit přípravek, který byl vyvinut pro firmu TRW (obrázek 15). Přípravek obsahuje vyjímatelnou rozpěrku, která je vložena mezi brzdové destičky a její šířka odpovídá použitému brzdovému kotouči u daného brzdového třmenu. Na lince je 27 přípravků (2 náhradní), na které je brzdový třmen upnut a čtyři velikosti rozpěrky, odpovídající montovaným typům brzdových třmenů s roztečí pro čtyři různé šířky brzdových kotoučů jak je zaznamenáno na obrázku 16.



Obr. 15: Přípravek používaný mě TRW pro montáž brzdových třmenů.



Obr. 16: Tzv. rozpěrky vkládané mezi brzdové destičky.

Šířka rozpěrek odpovídá použitému brzdovému kotouči u daného brzdového třmenu (10,5 mm až 22 mm).

4.1.2. Člen rozevírající brzdové destičky

Rozevření brzdových destiček je nutnou součástí montáže a zkoušky přesuvných sil. Možnosti, jak vyplnit prostor mezi brzdovými destičkami jsou v principu dvě. Destičky budou maximálně rozevřeny od sebe silou, nebo mezi destičky je vložen člen s vůlí.

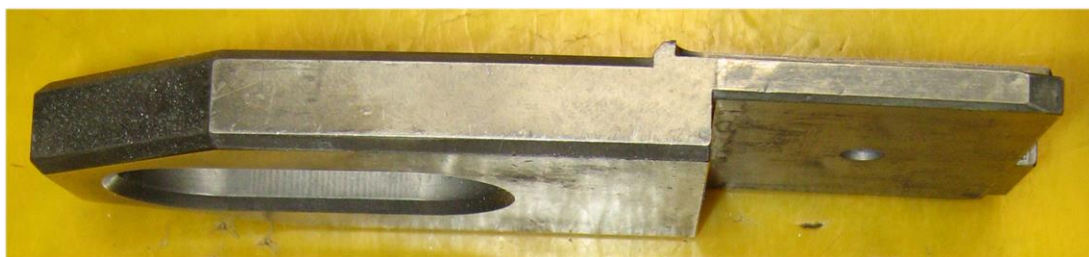
Modely dílů byly vytvořeny v softwaru Creo Parametric 2.0 a následně podrobeny pevnostní analýze metodou konečných prvků v softwaru Creo Simulate 2.0. Analyzované součásti byly vetknuty a zatěžovány silou 160N, jejich rozměr, délka byla pro analýzu shodná pro všechny díly. (Hodnota zatěžovací síly 160N byla zvolená na základě Technical specification TS3-11-149, vydání F, kde je uvedena síla 160N jako maximální potřebná síla pro přesun brzdových destiček.) Pevnostní analýzou bylo zkoumáno maximální napětí (uvedené hodnoty ve stupnicích jsou v MPa).

Materiál navrhovaných součástí by mohl být:

- Ocel 14220 (nitridace, zušlechťení) používaná ve firmě Vare Elektro pro středně namáhané díly. Mez kluzu má tento materiál minimálně 590 MPa.
- Ocel 19312 (kalená) používaná ve firmě Vare Elektro pro vysoce namáhané díly. Mez kluzu má tento materiál minimálně 600 MPa.
- Ocel 11523, 11373 (černění, zinek, barvení) používaná ve firmě Vare Elektro pro konstrukční, nosníky a svařované díly. Mez kluzu pro materiál 11523 je minimálně 333 MPa.
- Ocel 17042 (nerezová ocel) používaná ve firmě Vare Elektro pro držáky, konzolky. Mez kluzu má tento materiál minimálně 880 MPa.

4.1.2.1 Pevný rozměr - odpovídající šířce kotouče - rozpěrka a vidlice

Rozpěrka odpovídající svou šířkou šířce brzdového kotouče používaného pro daný typ brzdového třmenu je vložena mezi destičky s vůlí (cca 1 mm). Rozpěrka je pevně připevněná k vedení, třecí vazba je pouze na pravé straně, zajišťuje vertikální posuv. Nevýhodou jsou vůle ve vedení a kluzné uložení pouze na jedné straně (možný vznik páky).



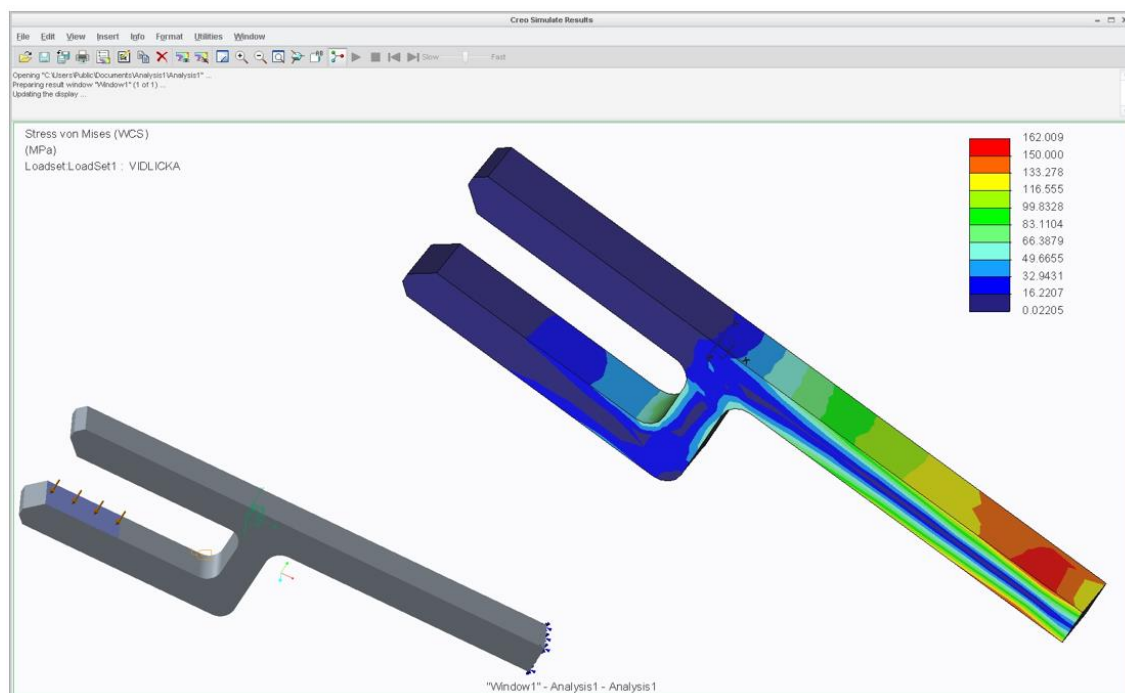
Obr. 17: Rozpěrka - pevný rozměr, odpovídající šířce kotouče.



Obr. 18: Přípravek použitý při montáži.

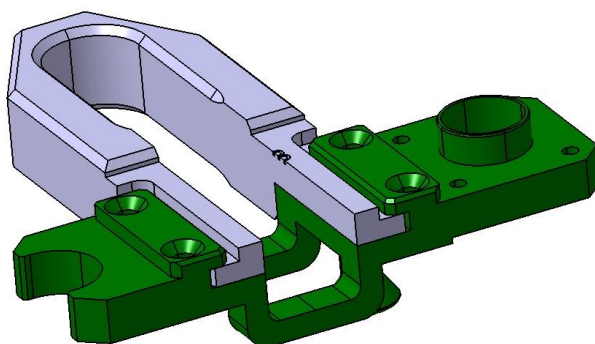
Při použití tohoto přípravku zajišťuje přenesení síly navržená „vidlice“, do níž zajede rozpěrka s vedením.

Na obrázku 19 je pevnostní analýza vidlice a její model s uvedenou zatěžující silou směrem nahoru (maximální síla). Při pevnostní analýze vyšlo maximální napětí 162 MPa.



Obr. 19: Pevný rozměr „vidlice“ – pro použití původního přípravku, vedení a rozpěrky. Model a pevnostní analýza.

Následující řešení potřebují úpravu původních rozpěrek a vedení v přípravku (cca 27 přípravků), použito ve 3. variantě.

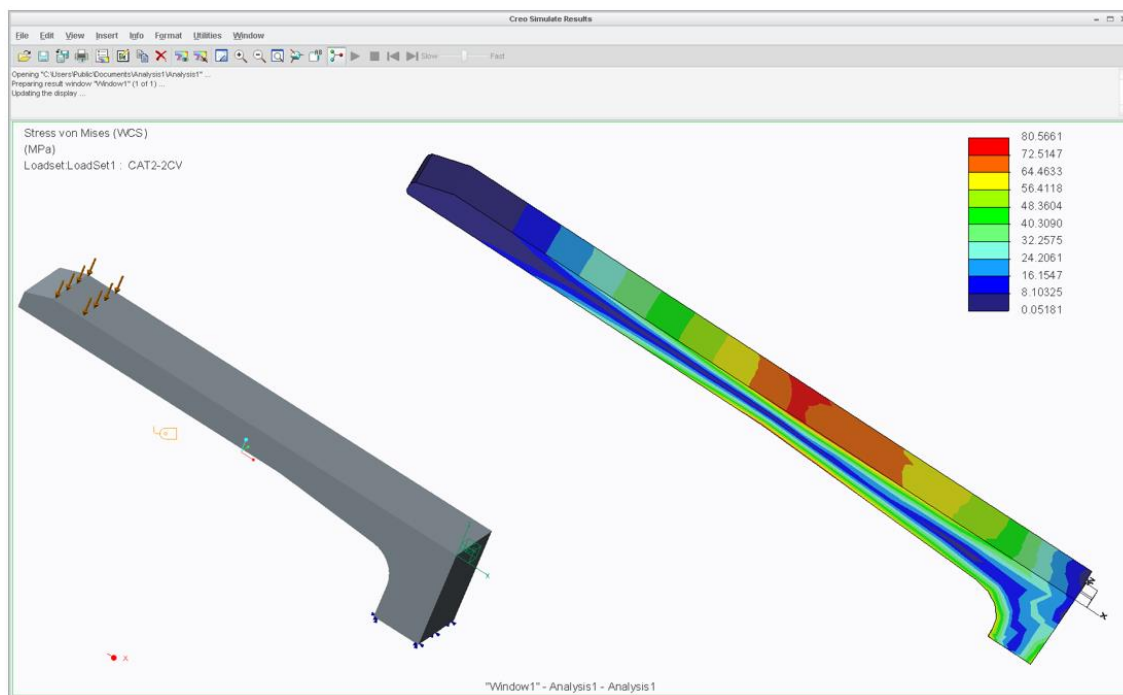


Obr. 20: Upravená rozpěrka a vedení rozpěrky (použito u varianty 3).

4.1.2.2. Pevný rozměr - užší než kotouč

Pro usnadnění vložení rozevírajícího členu je vytvořen výrazný úkos.

Při pevnostní analýze vyšlo maximální napětí 57,3 MPa.

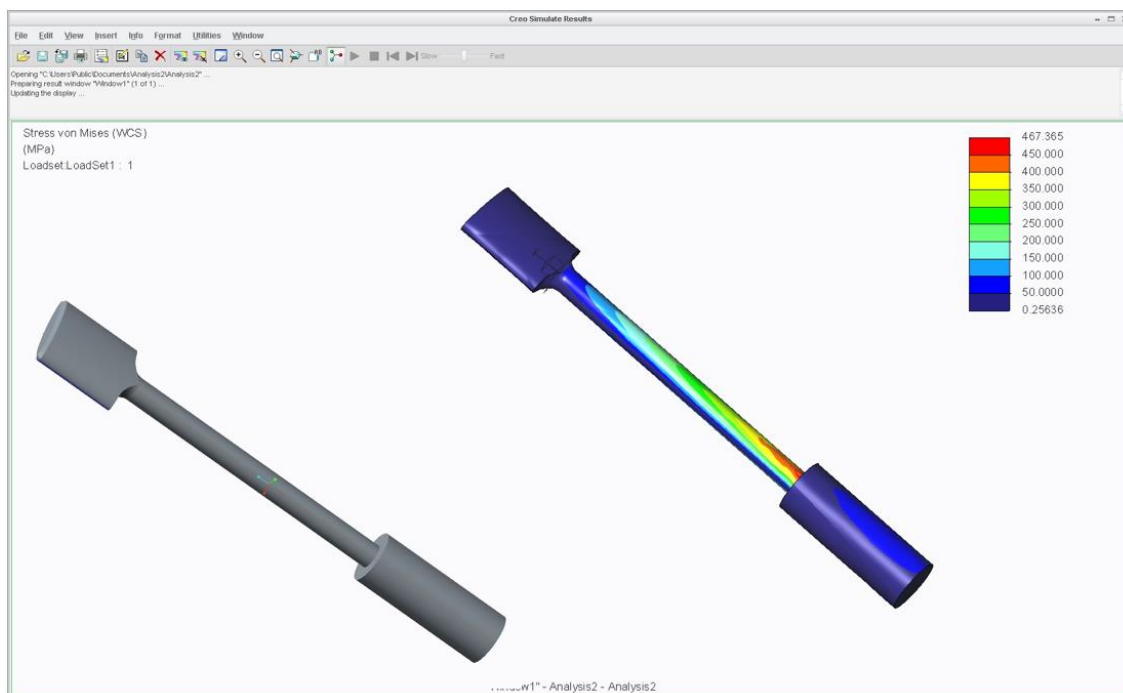


Obr. 21: Pevný rozměr „jazyk“ – užší než kotouč, model a pevnostní analýza.

4.1.2.3. Variabilní rozevření destiček - elipsa

Díky elipsovitému půdorysu válce je tento rozevírací člen variabilní. Je ho možné použít od velikosti vepsané kružnice, až po velikost kružnice opsané. Pro snadné vložení mezi destičky je využit nejužší rozměr a pomáhá i úkos. K rozevření destiček do maximální polohy otáčí kolem osy pneumatický rotační válec, který je aretován po celou dobu měření.

Při pevnostní analýze vyšlo maximální napětí 467,4 MPa.

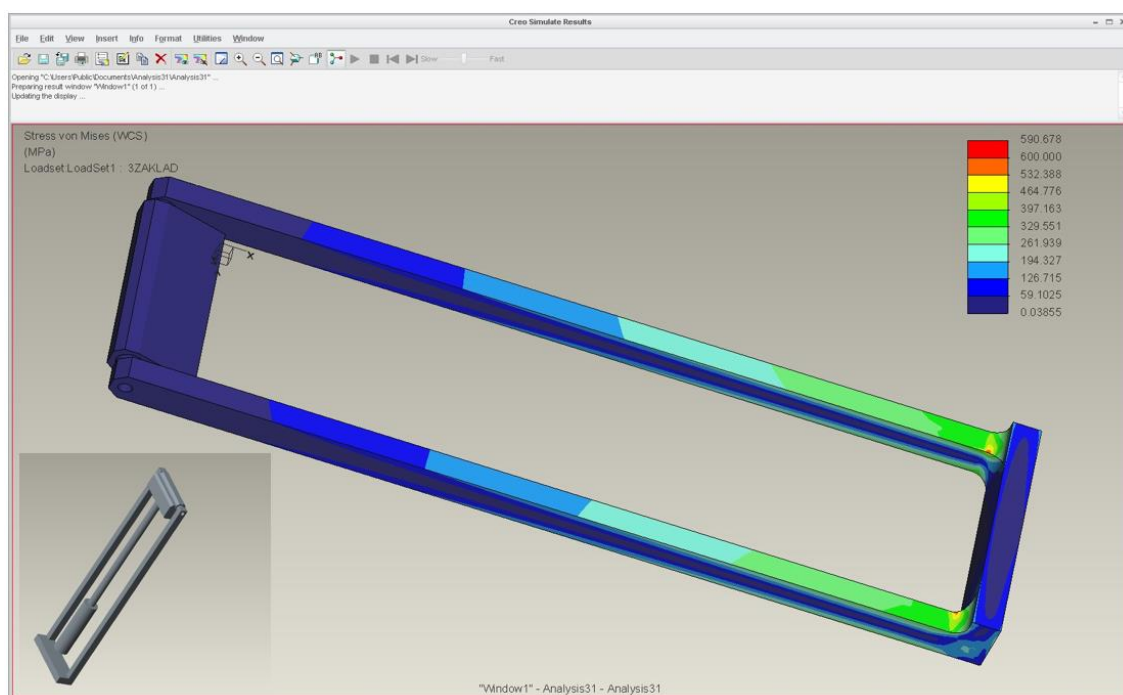


Obr. 22: Variabilní rozevření destiček „elipsa“ - model a pevnostní analýza.

4.1.2.4. Variabilní rozevření destiček - klíny

Je-li píst dole, lze snadno vložit přípravek mezi destičky, poté píst vyjede a principem dvou po sobě se třecích klínů rozevře destičky.

Při pevnostní analýze vyšlo na upraveném modelu, jehož analýza bude pouze pro porovnání, maximální napětí 590,7 MPa.

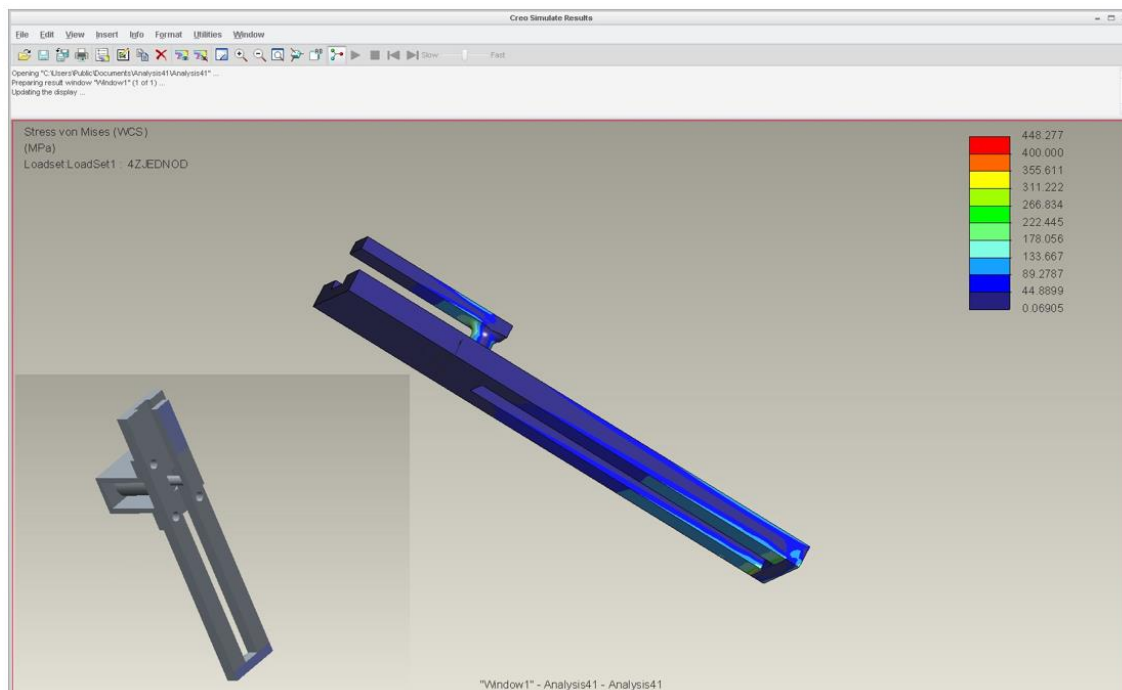


Obr. 23: Variabilní rozevření destiček „klíny“ - model a pevnostní analýza.

4.1.2.5. Variabilní rozevření destiček - „pístek“

Je-li píst dole, lze snadno vložit přípravek mezi destičky, poté píst vyjede a tím rozevře destičky.

Upravený model byl podroben analýze, jejíž výsledek je pouze přibližný, maximální napětí je 448,3 MPa.

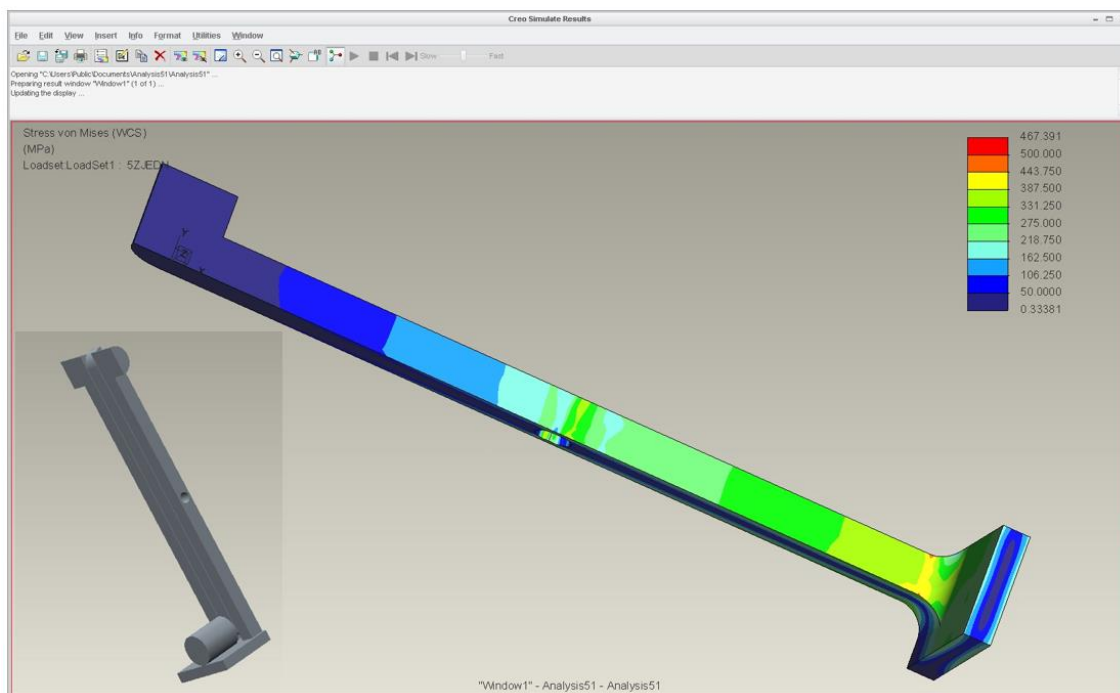


Obr. 24: Variabilní rozevření destiček „pístek“ - model a pevnostní analýza.

4.1.2.6. Variabilní rozevření destiček - nůžky

Je-li píst dole, lze snadno vložit přípravek mezi destičky, poté píst vyjede a principem rozevírajících se nůžek rozevře destičky.

Pro analýzu byl vybrán pouze prostřední díl a byl zatěžován odlišným způsobem, než tomu bude ve skutečnosti, byla zjištěna pevnost tohoto členu (vetknutí v základně a zatížení na opačném konci). Maximální napětí je 467,4 MPa.



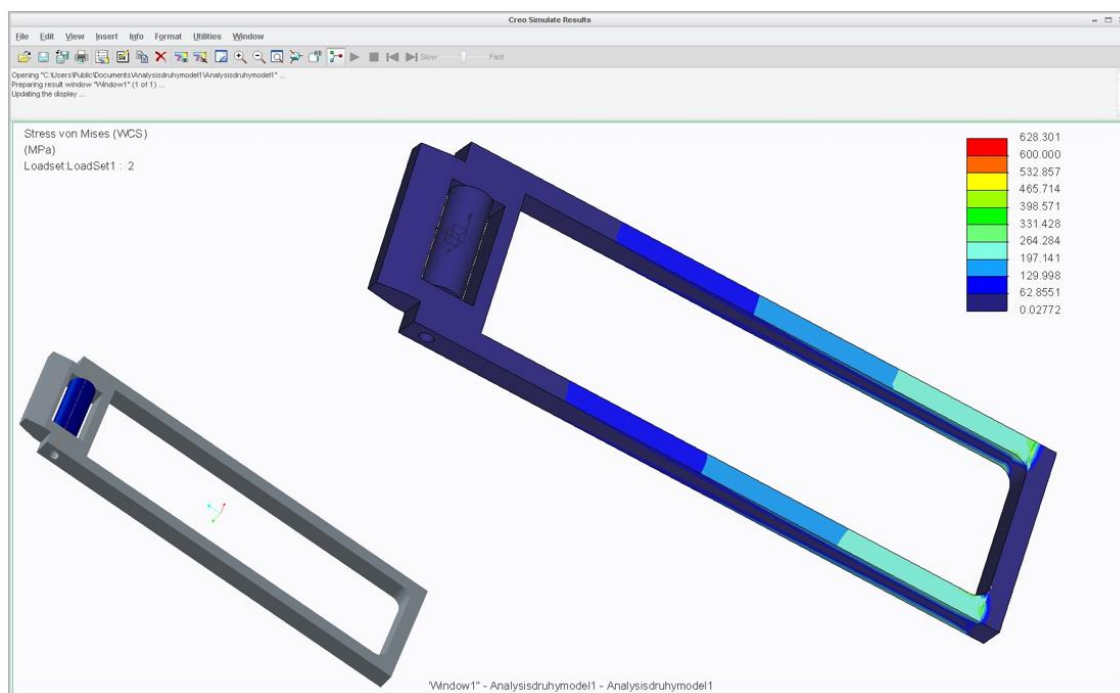
Obr. 25: Variabilní rozevření destiček „nůžky“ - model a pevnostní analýza.

4.1.2.7. Variabilní rozevření destiček – pryžový válec

Pro usnadnění vložení rozevíracího členu je vytvořen výrazný úkos.

Rozevření destiček je zajištěno výměnným pryžovým válcem, který má větší průměr, než-li je maximální rozevření daného typu brzdového třmenu. Nevýhodou je nutná úprava přípravku (výměna vloženého pryžového válce) při změně vyráběného typu brzdy.

Při pevnostní analýze vyšlo maximální napětí 628,3 MPa.



Obr. 26: Variabilní rozevření destiček „pryžový válec“ - model a pevnostní analýza.

Všechny návrhy prošly pevnostní analýzou v softwaru Creo Simulate úspěšně. Při použití jedné ze zvolených ocelí by bylo jejich maximální vnitřní napětí při maximálním zatížení menší, než dovolené napětí zvoleného materiálu.

4.1.3. Ověření vlivu vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami na kvalitu měření

V laboratoři Technické univerzity v Liberci bylo provedeno ověřovací měření brzdového třmenu typu MFA-38-22,5, upnutého v originální TRW paletce používané na lince M5.

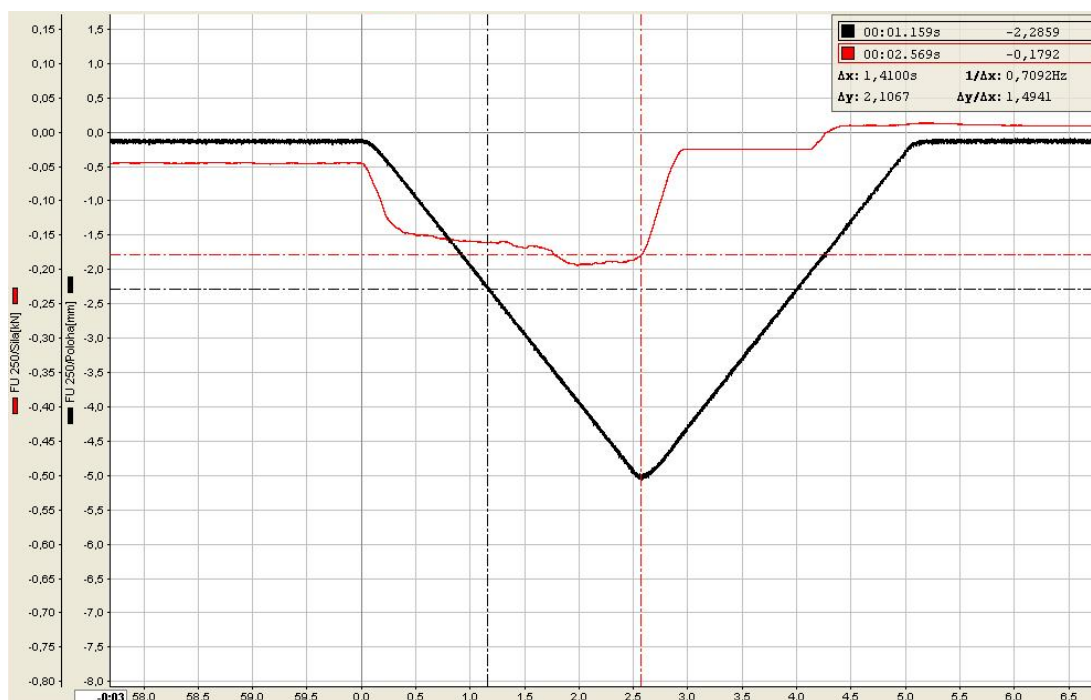
Cílem ověřovacího měření bylo zjistit vliv vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami. Zda při vůli mezi těmito součástkami je možné s jistotou určit dráhu, o kterou se brzdové destičky posunou vůči brzdovému držáku vlivem působící síly.

Při měření byly nastaveny rychlosti posuvu od 0,5 mm/s až po maximální povolenou rychlost v Technical specification TS3-11-149, tedy 2 mm/s. Používaná síla pro přesuv byla od 160 N až po sílu počítající i s přesouvanou hmotností třmenu a ostatních dílů.

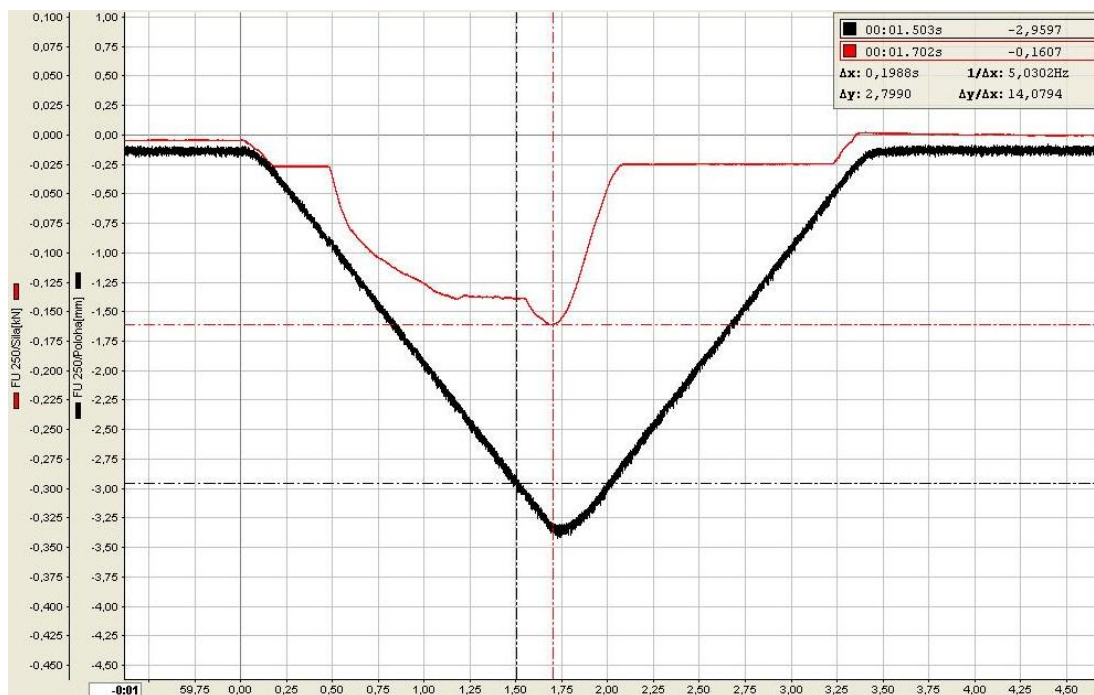
Z naměřených závislostí síly na čase a dráhy na čase je zjištěno, že vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami nemá vliv na vyhodnocení dat. Okamžik

dosednutí rozevírajícího členu na destičku (tedy výchozí bod měření posuvu destiček) je jednoznačně identifikovatelný z průběhu síly.

Ukázka naměřených závislostí za různých podmínek je uvedena na obrázcích 27 až 30.



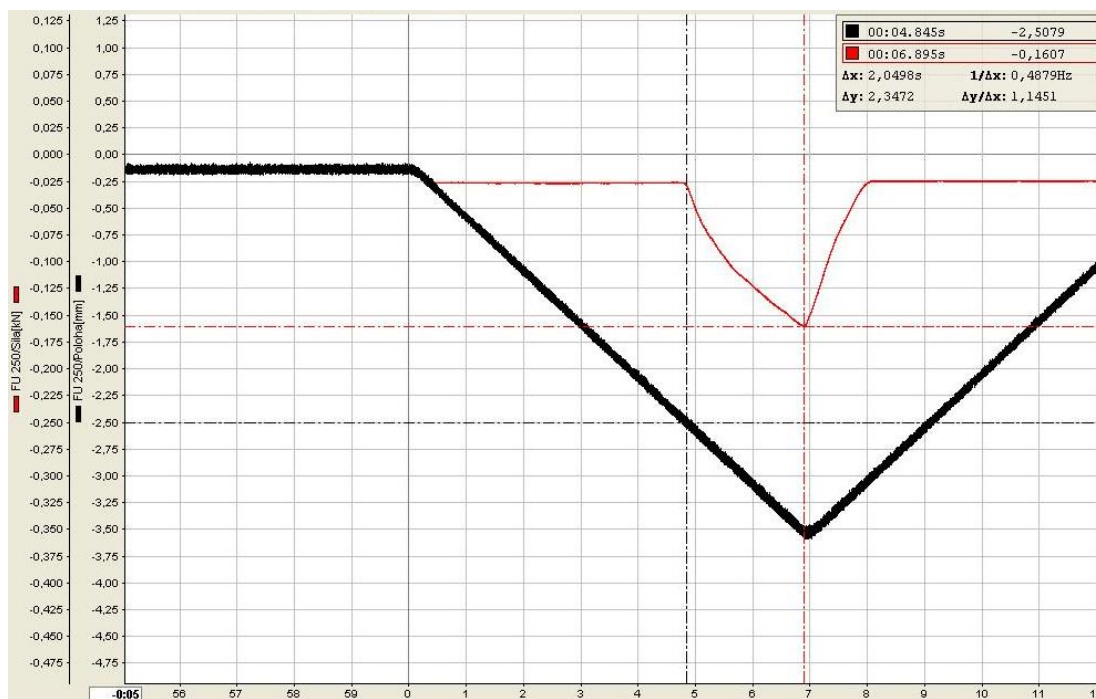
Obr. 27: Graf zkoušky přesuvných sil bez vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 5 mm.



Obr. 28: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 5 mm.



Obr. 29: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 4 mm.



Obr. 30: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 4 mm.

4.1.3. Pohon

Tab. 3: Možnosti pohonu.

Pohon	Výhody	Nevýhody
Pneumatický válec	• Dostupné médium. • Cena. • Široký sortiment.	• Stlačitelnost média. • Obtížné řízení polohy, ráz při dojetí do koncové polohy.
Hydraulický válec	• Řízení polohy.	• Cena. • Potřeba tlakového zdroje média.
Mechanický pohon (gravitace)	• Cena.	• Obtížná automatizace při změně sortimentu.
Elektromechanický pohon	• Cena. • Snadné řízení polohy. • Dostupnost energie.	• Hmotnost.

4.1.4. Snímač posuvu

Tab. 4: Možnosti snímačů polohy.

Snímač posuvu	Výhody	Nevýhody
Odporové snímače	• Cena. • Široký sortiment.	• Omezená životnost. • Pasivní odpor snímače (tření).
Indukční snímač s uzavřeným magnetickým obvodem	• Bezkontaktní měření (bez tření). • Cena. • Jednoduchost.	• Jen pro malé vzdálenosti. • Magnetické vlastnosti objektu.
Indukční snímač s otevřeným magnetickým obvodem (LVDT)	• Bezkontaktní měření (bez tření). • Měření i větších vzdáleností.	• Cena. • Složitější elektronika pro vyhodnocení měření.
Magnetostrikční snímače	• Bezkontaktní měření (bez tření).	• Cena.
Kapacitní snímače	• Bezkontaktní měření (bez tření). • Cena.	• Pouze pro malé zdvihy (standardní zdvih je menší, než měřená vzdálenost).
Optické snímače (triangulační princip)	• Bezkontaktní měření (bez tření). • Cena.	• Nutné určité optické vlastnosti odrazivého povrchu.

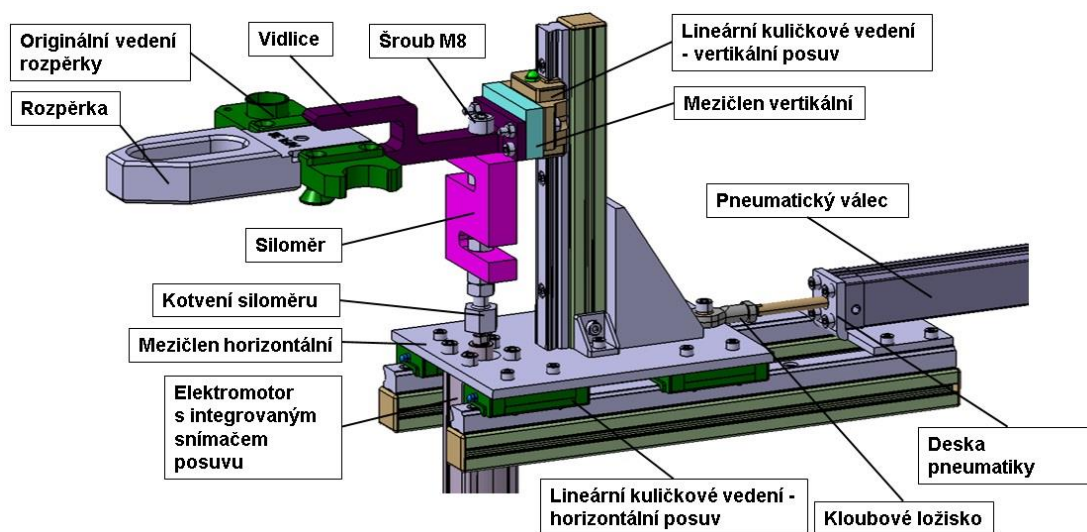
4.1.5. Siloměr

Tab. 5: Možnosti snímačů síly.

Siloměr	Výhody	Nevýhody
Tenzometrický	• Měří statickou hodnotu. • Měří tah i tlak. • Široký sortiment.	• Rozměr. • Citlivost na mimoosové zatížení.
Piezoelektrický	• Odolnost. • Miniaturní rozměry.	• Neměří statické zatížení. • Cena.

5. Návrhy vlastních variant řešení

5.1. Varianta 1



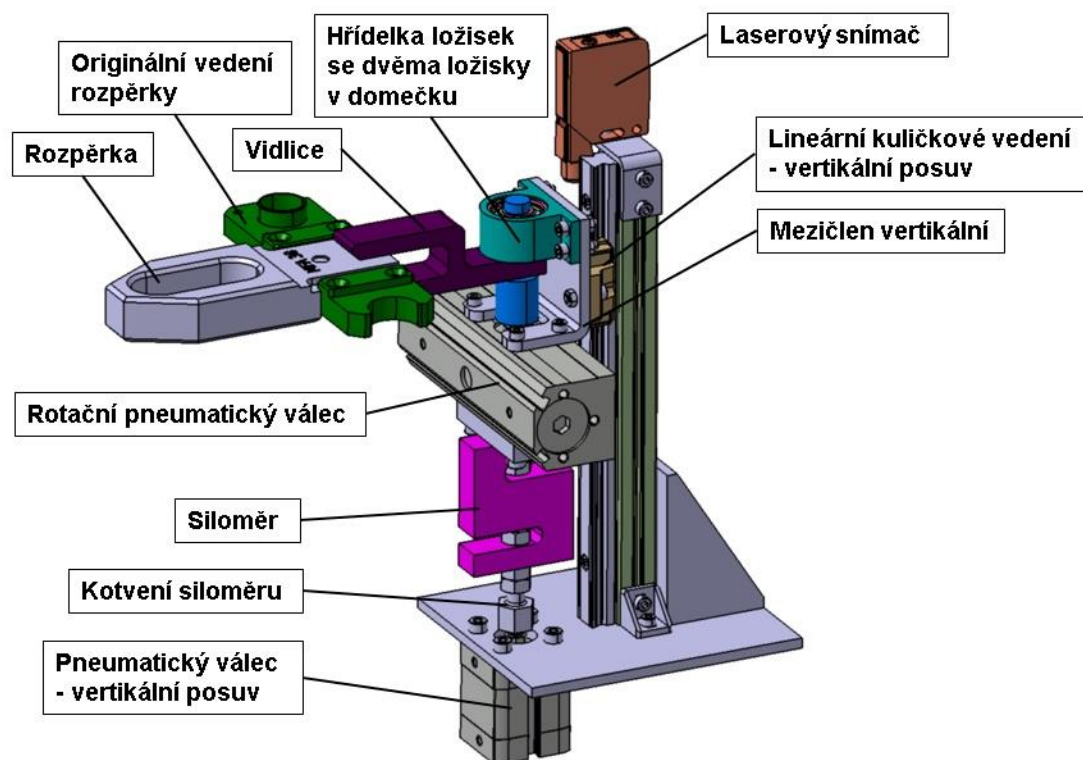
Obr.31: První varianta.

V první variantě je pro přenesení posuvu využita vidlice. Její výhodou je možnost použít originální vedení rozpěrky. Síla je měřena tenzometrickým siloměrem, který je umístěn mezi vidlicí a elektromotorem zajišťujícím hlavní posuv. K eliminaci vlivu ohybového momentu působícího na siloměr a šroub M8 slouží vertikální vedení (viz. výpočet). Snímač posuvu je integrován v elektromotoru. Horizontální posuv měřícího zařízení do výchozí měřící pozice zajišťuje pneumatický válec. Ten posouvá prostřednictvím kloubového ložiska (kompenzace možné nesouososti) s horizontálním mezičlenem, na kterém je měřící zařízení umístěno. Pro horizontální i vertikální posuv je použito kuličkové vedení.

Tab. 6: Výpis použitých součástí 1. varianty a cen.

Varianta	Součásti varianty	Dodavatel, typ produktu	Cena [Kč]
1.	Deska pneumatiky	Vyrobeno	500
	Elektromotor s integrovaným snímačem posuvu	Festo EPCO-25-50-3P-A-ST-EB_2_5EA_C5DION	23598
	Kotvení siloměru	Vyrobeno	500
	Kloubové ložisko	Igus KBRM-05	200
	Lineární kuličkové vedení - horizontální posuv	Lin-tech, Hennlich, GSR-15T	6080
	Lineární kuličkové vedení - vertikální posuv	Lin-tech, Hennlich, SR-15TB/TBM	1 840
	Mezičlen - horizontální	Vyrobeno	500
	Mezičlen - vertikální	Vyrobeno	500
	Pneumatický válec - horizontální posuv	Festo ADN-25-30-A-P-A	1450
	Profily a příslušenství	Bosch Rexroth	X
	Rozpěrka s vedením - originální TRW	TRW	0
	Siloměr - tenzometrický	Format 1 PT4000 - snímač typu "S" - 20Kg	6000
	Šrouby, matky	Fabory	X
	Vidlice	Vyrobeno	1000

5.2. Varianta 2



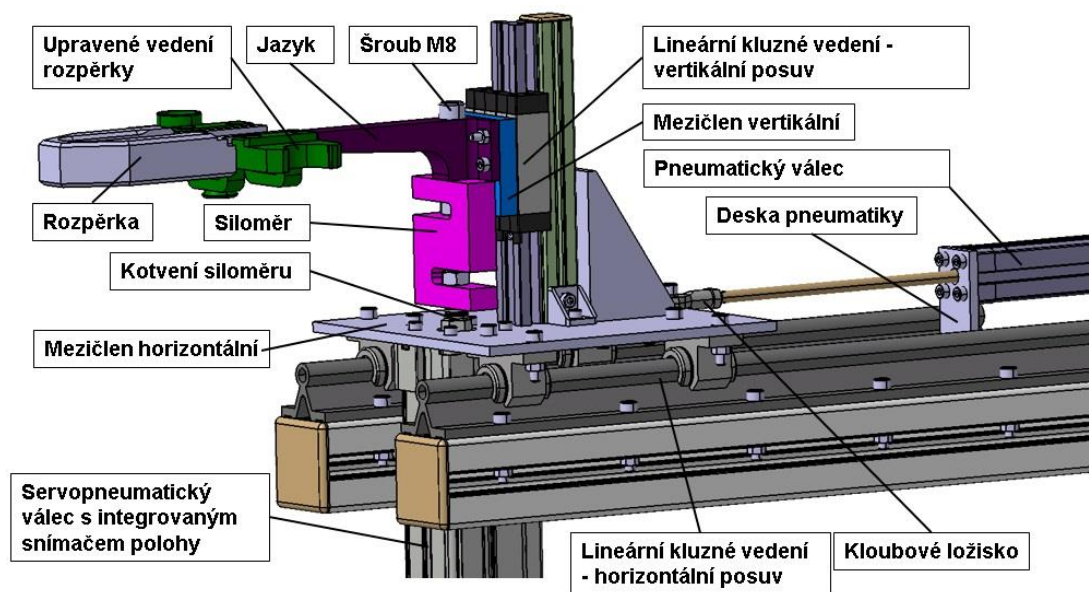
Obr.32: Druhá varianta.

Druhá varianta také využívá vidlice. Výrazným rozdílem je princip najetí do výchozí měřící pozice, je využito rotace, kterou zajišťuje rotační pneumatický válec. Aby nebyl namáhán na ohyb, jsou přidána dvě ložiska. Pro hlavní pohyb je použit pneumatický válec. Odměřování zajišťuje laserový snímač.

Tab. 7: Výpis použitých součástí 2. varianty a cen.

Varianta	Součásti varianty	Dodavatel, typ produktu	Cena [Kč]
2.	Hřídelka ložisek	Vyrobeno	500
	Kotvení siloměru	Vyrobeno	500
	Laserový snímač	Balluff BOD_21M-LA01-S920 (25 - 45 mm rozsah, 0,03 mm přesnost)	11 944
	Lineární kuličkové vedení - vertikální posuv	Lin-tech, Hennlich, SR-15TB/TBM	2 040
	Ložiska s domečky	SKF	2000
	Mezičlen - siloměr	Vyrobeno	500
	Mezičlen - vertikální	Vyrobeno	500
	Pneumatický válec - vertikální posuv	Festo ADN-25-10-A-P-A	763
	Profily a příslušenství	Bosch Rexroth	X
	Rotační pneumatický válec	Festo 35204_DRQ-20-90-PPVJ-A	10 063
	Rozpěrka s vedením - originální TRW	TRW	0
	Siloměr - tenzometrický	Format 1 PT4000 - snímač typu "S" - 20Kg	6000
	Šrouby	Fabory	X
	Vidlice	Vyrobeno	1000

5.3. Varianta 3



Obr.33: Třetí varianta.

Třetí varianta využívá jazyk vkládaný do upraveného vedení rozpěrky. Vertikální posuv zajišťuje servopneumatický válec s integrovaným snímačem polohy a horizontálním členem posouvá pneumatický válec. V této variantě jsou obě vedení kluzná.

Tab. 8: Výpis použitých součástí 3. varianty a cen.

Varianta	Součásti varianty	Dodavatel, typ produktu	Cena [Kč]
3.	Deska pneumatiky	Vyrobeno	500
	Kotvení siloměru	Vyrobeno	500
	Jazyk	Vyrobeno	1 000
	Kloubové ložisko	Igus KBRM-05	200
	Lineární kluzné vedení - horizontální posuv	Igus 2x AWMU-12,150, 4x OGAS-01-12	6 475
	Lineární kluzné vedení - vertikální posuv	Igus TS-01-15 ložisko TW-01-15 kolejnice sestava TK-01-15-1, 148	2255
	Mezičlen - horizontální	Vyrobeno	500
	Mezičlen - vertikální	Vyrobeno	500
	Pneumatický válec - horizontální posuv	Festo 536203_ADN-16-150-A-P-A	935
	Profily a příslušenství	Bosch Rexroth	X
	Rozpěrka s vedením - upravená (27x)	Vyrobeno	27 000
	Servopneumatický válec s integrováním snímačem posuvu	Festo 1315779_DDLI-25-100-P-MF	17 898
	Siloměr - tenzometrický	Format 1 PT4000 - snímač typu "S" - 20Kg	6000
	Šrouby	Fabory	X

6. Výběr vhodné varianty

Nástrojem pro výběr výsledného řešení byla zvolena rozhodovací tabulka. Kritérii výběru jsou cena, hodnocení zadavatelem (konzultace ve firmě Vare elektro s.r.o.), komplexita konstrukce a posledním kritériem byl počet dodavatelů.

Položky byly hodnoceny bodovým systémem, použitý rozsah byl 1 až 5 bodů, přičemž pět bodů bylo hodnoceno ideální řešení. Rozdílná váha kritérií byla kompenzována přiděleným koeficientem. Nejdůležitějším kritériem byl názor zadavatele.

Komplexita [11] byla počítána dle vzorce (1):

$$KV = \frac{1}{PF} \cdot \sqrt[3]{PD \cdot PT \cdot PS} \quad (1)$$

KV ... komplexita výrobku [-]

PF ... počet funkcí [-]

PD ... počet dílů [-]

PT ... počet typů dílů [-]

PS ... počet styků dílů [-]

Z rozhodovací tabulky vyplývá:

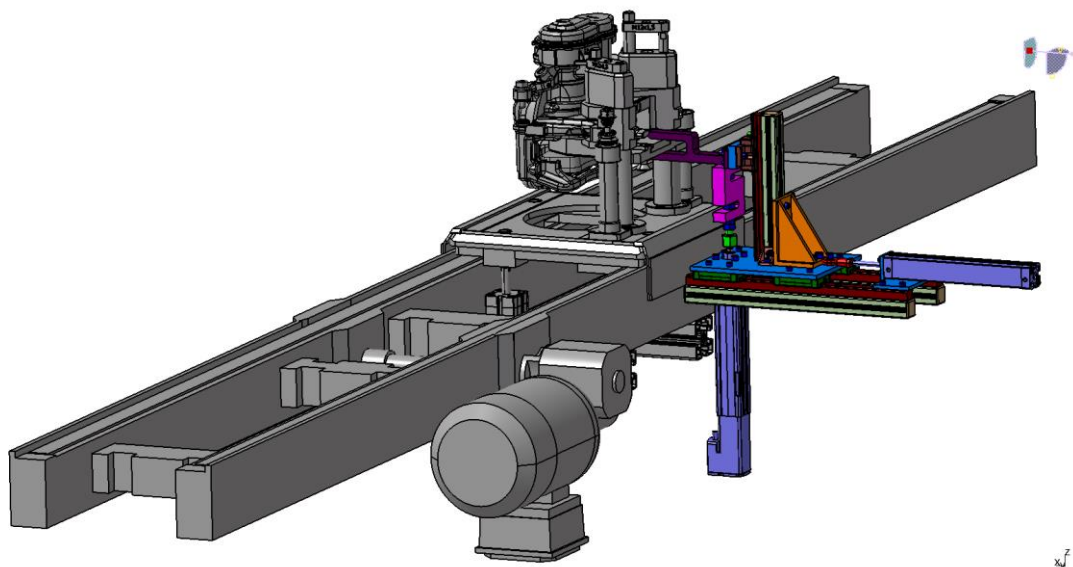
- Nejlevnější variantou je druhá varianta.
- Zadavatelem nejlépe hodnocená varianta je první varianta.
- Z hlediska komplexity vítězí první varianta.
- Počtem dodavatelů se o prvé místo dělí první a třetí varianta.

Výsledným řešením s největším počtem dosažených bodů v rozhodovací tabulce je první varianta.

Tab. 9: Rozhodovací tabulka.

Varianty		Kritéria výběru				Součet pro danou variantu	Pořadí
		Cena	Hodnocení zadavatele	Komplexita	Počet dodavatelů		
	Koeficient	3	5	1	2		
1.	Deska pneumatiky	4	4	5	10	48	1.
	Elektromotor s integrovaným snímačem posuvu	1	5				
	Kotvení siloměru	4	X				
	Kloubové ložisko	4	4				
	Lineární kuličkové vedení - horizontální posuv	2	5				
	Lineární kuličkové vedení - vertikální posuv	3	5				
	Mezičlen - horizontální	4	4				
	Mezičlen - vertikální	4	X				
	Pneumatický válec - horizontální posuv	3	4				
	Profily a příslušenství	X	X				
	Rozpěrka s vedením - originální TRW	5	5				
	Siloměr - tenzometrický	3	X				
	Šrouby	X	X				
	Válcice	4	5				
2.	Hřídelka ložisek	4	3	1	4	30	3.
	Kotvení siloměru	4	X				
	Laserový snímač	2	3				
	Lineární kuličkové vedení - vertikální posuv	3	5				
	Ložiska s domečky	3	3				
	Mezičlen - siloměr	4	4				
	Mezičlen - vertikální	4	X				
	Pneumatický válec - vertikální posuv	4	1				
	Profily a příslušenství	X	X				
	Rotační pneumatický válec	2	1				
	Rozpěrka s vedením - originální TRW	5	5				
	Siloměr - tenzometrický	3	X				
	Šrouby	X	X				
	Válcice	4	1				
3.	Deska pneumatiky	4	4	3	10	36	2.
	Kotvení siloměru	4	X				
	Jazyk	4	3				
	Kloubové ložisko	4	4				
	Lineární kluzné vedení - horizontální posuv	2	2				
	Lineární kluzné vedení - vertikální posuv	3	2				
	Mezičlen - horizontální	4	4				
	Mezičlen - vertikální	4	X				
	Pneumatický válec - horizontální posuv	4	4				
	Profily a příslušenství	X	X				
	Rozpěrka s vedením - upravená (27x)	1	1				
	Servopneumatický válec s integrovaným snímačem posuvu	1	3				
	Siloměr - tenzometrický	3	X				
	Šrouby	X	X				

7. Výsledná varianta



Obr. 34: Výsledná varianta.

Na obrázku 34 je znázorněn model výsledného řešení zkušebního zařízení. Šedou barvou jsou odlišeny součásti linky TRW, barevně jsou vyráběné a nakupované díly. Obrázky výsledného řešení ve větším měřítku jsou v příloze 16 a 17.

Paletky s přípravky se v montážní lince pohybují po dopravnících Bosch Rexroth. Na pozici, na které bude probíhat měření přesuvných sil, bude paletka zastavena zarážkou. Poté zvednuta a aretována ve výchozí měřicí poloze pomocí pneumatických válců.

Paletka v sobě nese integrovaný čip, ve kterém mohou být informace o hmotnosti a typu brzdy. Před pozicí měření přesuvné síly lze přečíst typ zkoušené brzdy a následně nastavit kritérium vyhodnocení přesuvné síly.

Samotné měření spočívá v najetí vidlice do rozpěrky, pohyb nahoru a dolů, vyjetí vidlice.

Nastavení válců a sběr informací je zajišťován elektronikou.

8. Přezkoumání konstrukčního návrhu – metoda FMEA

FMEA je nedílnou součástí managementu rizik a podporuje neustálé zlepšování. Je to analytická metoda, která se používá s cílem zajistit zohlednění a řešení potencionálních problémů v průběhu vývoje produktu.

Použití FMEA by mělo zajistit posouzení každého komponentu v rámci konstrukce výsledné sestavy. Předchází se možnosti vzniku nechtěných situací ještě před tím, než nastanou, předvídá se problém a navrhnu se opatření, pro jeho odstranění. [12]

Pro plánování opatření byla zvolena po konzultaci s TRW hodnota vyšší než 80 RPN. V konstrukční FMEA výsledného řešení hodnotu 80 RPN překračuje pouze jeden možný způsob poruchy na dílu šroub M8. Riziko se skrývá v poddimenzování tohoto šroubového spoje, v možnosti povolení tohoto spoje. Zvoleným opatřením byla zvolena pravidelná kontrola dotažení závitů.

Tab. 10: Zvolené bodové hodnocení pro metodu FMEA. [11]

Pravděpodobnost výskytu vady	Body	Detekce vady	Body
Velmi vysoká	10 až 9	Nemožná	10
Vysoká	8 až 7	Téměř nemožná	9
Střední	6 až 4	Možná	8
Nízká	3 až 2	Velmi malá	7
Vzácná	1	Malá	6
		Průměrná	5
		Poněkud nadprůměrná	4
		Velká	3
		Velmi velká	2
		Téměř jistá	1
		RPN = závažnost . výskyt . důsledek	
Důsledek vady	Body		
Kritický bez varování	10		
Kritický s varování	9		
Velmi vážný	8		
Vážný	7		
Střední	6		
Nízký	5		
Velmi nízký	4		
Nepatrný	3		
Zanedbatelný	2		
Žádný	1		

Tab. 11: Přezkoumání konstrukčního návrhu metodou FMEA-K.

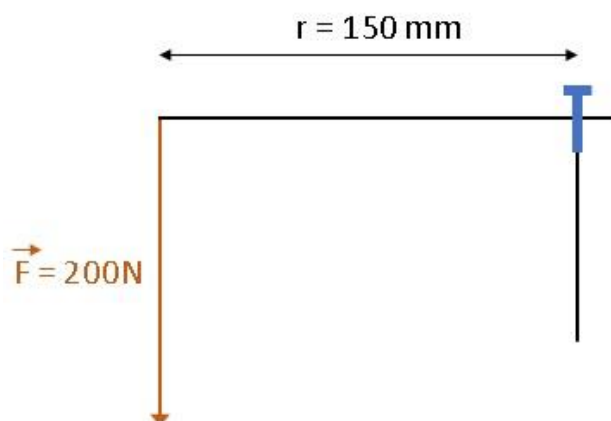
Součást	Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav			Doporučená opatření	Odpovídal termín	Výsledný stav			
						Výskyt	Závažnost	Detekce			Přijaté opatření datum dokončení	Výskyt	Závažnost	Detekce
Rozpěrka	Vedení rozpěrky.	Zadrhnutí vedení rozpěrky.	Znemožnění posuvu brzdových destiček ve vedení.	Síla působící mimořádně vznik páky.	Navrženo místo působící síly v ose.	2	6	5	60					
Vidlice	Šroub M8.	Přetřetí šroubu.	Nefunkční zařízení.	Poddimenzování šroubu.	Výpočet při navrhování konstrukce.	2	9	2	36					
		Volný.	Chybně odměřená dráha.	Poddimenzování šroubu.	Výpočet při navrhování konstrukce.	4	7	3	84	J. Bubeník 5.5.2014	Pravidelné dotažování závitů.	1	7	3
	Šroub M6.	Přetřetí šroubu.	Přetřetí závitů M8.	Poddimenzování šroubů.	Výpočet při navrhování konstrukce.	2	4	2	16					
Síloměr		Volný.	Chybně odměřená dráha.	Poddimenzování šroubů.	Výpočet při navrhování konstrukce.	4	3	3	36					
		Přetřetí šroubu.	Nefunkční zařízení.	Poddimenzování šroubu.	Výpočet při navrhování konstrukce.	2	9	2	36					
	Šroub M8 - spojení s elektromotorem.	Volný.	Chybně odměřená dráha.	Poddimenzování šroubu.	Výpočet při navrhování konstrukce.	3	7	3	63					
Lineární kuličkové vedení - horizontální	Kloubové ložisko.	Zadrhnutí.	Nefunkční válec.	Nesouosost.	Kontrola souososti při montáži.	6	3	3	54					
				Poddimenzování kloubového ložiska.	Navržení ložiska podle doporučení dodavatele.	1	2	3	6					
	Lineární kuličkové vedení.	Zadrhnutí.	Nefunkční ložisko.	Poddimenzování kuličkového vedení.	Navržení ložiska podle doporučení dodavatele.	2	8	4	64					
Lineární kuličkové vedení - vertikální	Šroub.	Volný.	Snížení tuhosti.	Poddimenzování šroubů.	Výpočet při navrhování konstrukce.	2	6	3	36					
		Zadrhnutí.	Nefunkční ložisko.	Poddimenzování kuličkového vedení.	Navržení ložiska podle doporučení dodavatele.	2	8	4	64					
	Šroub.	Volný.	Snížení tuhosti.	Poddimenzování šroubů.	Výpočet při navrhování konstrukce.	4	4	3	48					
Obsah změny														
Provedl														
Revize														
A1														
A2														
A3														

9. Výpočty

FMEA-K (tabulka 11) byla podkladem pro ověřovací výpočty rizikových dílů zařízení. Nejvyšší hodnoty RPN (Paretův princip) se objevily u dílů: šroub M8 a u lineárního kuličkového vedení. Proto byly tyto díly zvoleny pro kontrolní analytický výpočet.

9.1. Šroub M8

Odůvodnění navržení vertikálního vedení.



Obr. 35: Schéma zatížení šroubového spoje.

Namáhání od osově síly F_Q :

$$\sigma = \frac{F_Q}{A_S} = \frac{200}{39,97} = 5 \text{ MPa} \leq \sigma_D \quad (2)$$

$$A_S \text{ (průřez šroubu)} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{6,917 + 7,350}{2} \right)^2 = 39,97 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

Namáhání šroubu na otlačení:

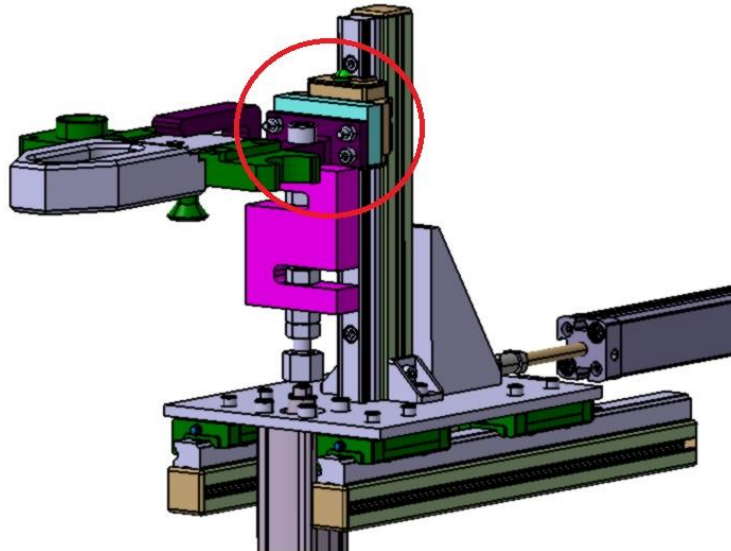
$$p = \frac{4 \cdot F_Q}{i \cdot \pi \cdot (d^2 - D_1^2)} = \frac{4 \cdot 200}{10 \cdot \pi \cdot (8^2 - 6,917^2)} = 1,576 \text{ MPa} \leq p_D \quad (4)$$

Namáhání na ohyb:

$$M_O = F \cdot r = 200 \cdot 0,15 = 30 \text{ Nm}$$

$$\sigma_D = \frac{M_O}{W_O} = \frac{F \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{200 \cdot 150}{\frac{\pi \cdot 6,917^3}{32}} = 923,4 \text{ MPa} > \sigma_{DO} \quad (5)$$

Důvodem navržení vertikálního vedení bylo nedovolené namáhání šroubu M8 na ohyb, zároveň byl přetěžován i siloměr na ohyb momentem M_O .



Obr. 36: Zvýrazněné vertikální vedení zamezující nadměrnému namáhání šroubu M8 a siloměru na ohyb.

9.2. Horizontální kuličkové vedení

Výpočet životnosti kuličkového vedení.

$$P_E = x \cdot P_r + y \cdot P_t = 1 \cdot F_r + 1 \cdot F_t = \frac{200 \cdot 150}{100} = 300 \text{ N} \quad (6)$$

P_E ... ekvivalentní zatížení [N]

P_r ... radiální zatížení [N]

P_t ... tangenciální zatížení [N]

C = dynamické nosnost = 9510 N

C_O = statická nosnost = 19300 N

f_T = teplotní konstanta = 1 [13]

f_C = kontaktní konstanta = 1 [13]

f_W = konstanta zatížení = 1 [13]

Počítána je trvanlivost lineárního kuličkového vedení, proto je hodnota trvanlivosti L uvedena v kilometrech (vzorec 7).

$$L = [\text{Km}] = \left(\frac{f_T \cdot f_C \cdot C}{f_W \cdot P_C} \right)^3 \cdot 50 = \left(\frac{9510}{300} \right)^3 \cdot 50 = 1592751 \text{ Km} \quad (7)$$

Horizontální kuličkové vedení je dostatečně předimenzované na cyklický dvacet čtyř hodinový provoz.

10. Popis přínosu inovace na zařízení a ekonomické zhodnocení

Inovace stávajícího měřicího zařízení je se změnou technické specifikace nevyhnutelná. Inovované zařízení řeší problém řízení, měření velikosti posuvu a přesuvné síly, a to nejen v jednom směru, nýbrž v obou směrech. Kritérium hodnocení síly lze upravovat dle hmotnosti právě měřeného brzdového třmenu, tato variabilita je největším přínosem.

Odměřování dráhy je řešeno integrovaným odměřováním v elektrickém válci. Tím je jednodušší i sběr informací o měřeních.

Celé řízení je usnadněno použitím techniky od jednoho výrobce, firmy Festo.

Navržená vidlice umožňuje využít originální používané přípravky i s rozpěrkami. Tedy je nebude nutné upravovat. Další velkou výhodou je možnost využití i pro jiné typy brzdových třmenů montovaných na jiných linkách.

Tab. 12: Předpokládaná cena měřicího zařízení.

Součásti výsledné varianty	Dodavatel, typ produktu	Cena [Kč]
Deska pneumatiky	Vyrobena	500
Elektromotor s integrovaným snímačem posuvu	Festo EPCO-25-50-3P-A-ST-EB_2_5EA_C5DION	23598
Kotvení siloměru	Vyrobena na míru	500
Kloubové ložisko	Igus KBRM-05	200
Lineární kuličkové vedení - horizontální posuv	Lin-tech, Hennlich, GSR-15T	6080
Lineární kuličkové vedení - vertikální posuv	Lin-tech, Hennlich, SR-15TB/TBM	1 840
Mezičlen - horizontální	Vyrobena	500
Mezičlen - vertikální	Vyrobena	500
Pneumatický válec - horizontální posuv	Festo ADN-25-30-A-P-A	1450
Profily a příslušenství	Bosch Rexroth	1000
Rozpěrka s vedením - originální TRW	TRW	0
Siloměr - tenzometrický	Format 1 PT4000 - snímač typu "S" - 20Kg	6000
Šrouby, matky	Fabory	300
Vidlice	Vyrobena	1000
Výsledná předpokládaná cena materiálu (+ cca 15%):		50000
Konstrukce	Vare elektro (550 Kč/h)	12000
Montáž	Vare elektro (450 Kč/h)	5000
Elektroinstalace	Vare elektro (850 Kč/h)	8000
Celková předpokládaná cena:		75000

11. Závěr

Inovace zařízení začínala rozbořem stávajícího řešení, určením nedostatků. Následně byly navrženy možnosti rozevírání a posouvání brzdových destiček. Ověřovací měření v laboratoři Technické univerzity v Liberci prokázalo možnost spolehlivého vyhodnocení požadovaného kritéria přesuvné síly i při vůli mezi vloženým členem a destičkami. Možnost použít pevný rozevírací člen tak zjednodušila další postup návrhu řešení. Při něm byly vypracovány tři konstrukční varianty zkušebního zařízení s různými systémy dosažení měřicí pozice a vyvození posuvu destiček. Na základě rozhodovací tabulky z nich bylo vybráno výsledné konstrukční řešení.

Komponenty výsledného řešení byly ověřeny několika metodami. Pevnostní analýza vidlice pomocí metody konečných prvků prokázala její dostatečnou tuhost. Šroubový spoj M8, spojení siloměru a vidlice, byl zkontrolován analytickým výpočtem a u lineárního vedení byla výpočtem ověřena životnost. Navržený siloměr, elektromotor, pneumatický válec, kloubové ložisko, profily a obě vedení byly konzultovány s výrobcí a dodavateli o vhodnosti použití a o předpokládané délce životnosti.

Technická specifikace TS3-11-149, vydání F, strana 9 a 10 se zmiňuje o nutnosti zjistit, zda je sestava brzdového třmenu správně sestavena a je zajištěn volný pohyb tam, kde má být (pohyb destiček ve vedení destiček, pohyb v čepu). Dalším významným bodem je měřená síla potřebná pro přesun brzdových destiček vůči brzdovému držáku, která by měla být v ideálním případě měřena ve směru od pístu při posuvu brzdových destiček po dráze 4mm. Posledním zásadním bodem je měřená maximální síla potřebná pro přesun brzdových destiček vůči brzdovému držáku, jež nesmí překročit 160N.

Všechny tři tyto zásadní body specifikace, které vedly k nutnosti inovovat zkušební zařízení, jsou v řešení navrženém v této diplomové práci dodrženy. Navržené řešení navíc umožňuje měření celkové závislosti přesuvné síly na posuvu v obou směrech, což dále podstatně zkvalitňuje kontrolní proces. Velkým přínosem popsání řešení je i zachování stávajícího systému kotvení brzdy na montážní paletky a jejich polohy na montážní lince, které nemusí být nijak modifikovány. Navržené řešení je také univerzálně použitelné pro různé typy montovaných brzd, rozdílná hmotnost různých typů brzdových třmenů a vertikální montáž není překážkou. Vyhodnocovací kritérium může být automaticky měněno na základě informace o typu brzdy.

Navržené měřicí zařízení je velmi přizpůsobivé vyráběnému sortimentu.
Celková cena zařízení je 75000Kč. Cíl diplomové práce byl splněn.

12. Použitá literatura:

[1] VYTLAČIL, Milan a MAŠÍN, Ivan. *Týmová společnost: Podnik v globálním prostředí*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1998. ISBN 80-902235-2-4.

[2] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-1.htm#GRAFVYROBA>

[3] TRW AUTOMOTIVE. [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.printecomunicacao.com.br/?p=21443>

[4] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.computerhistory.org/brochures/companies.php?company=com-42bc23adaadb2>

[5] TRW CZECH REPUBLIC. [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.trwczech.cz/jablonec-nad-nisou/o-nas>

[6] ČERNÝ, Pavel. *Inovace zařízení na měření závislosti síly na dráze posuvných částí brzd*. Liberec, 2012. Diplomová práce. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. Vedoucí práce prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

[7] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Brzda>

[8] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brzdi%C4%8Dka.jpg>

[9] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.vseumel.cz/view.php?cisloclanku=2005031602>

[10] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1_brzda

[11] Mašín, I. *Inovační inženýrství - Plánování a návrh inovovaného výrobku*. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN: 978-80-7372-852-6.

[12] GENERAL MOTORS CORP (Author). *Potential Failure Mode and Effects Analysis FMEA Reference Manual* (Překlad: Petrašová, I., odborná korektura: Křeček, S. *Analýza možných způsobů s důsledků poruch (FMEA)*). 4. vydání. Praha 9: Společnost pro jakost. 143s. ISBN 978-80-02-02101-8.

[13] [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: http://lin-tech.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Linearf%C3%BChrungen/GeneralCatalogue.pdf

13. Seznam obrázků:

Obr. 1: Výroba motorových vozidel na území České republiky od roku 1985 do roku 2013 a současní výrobci motorových vozidel na našem území. [2]	- 10 -
Obr. 2: Sortiment produktů TRW Automotive. [3]	- 12 -
Obr. 3: Pohled do firmy TRW Automotive Czech s.r.o. Jablonec nad Nisou. [5].	- 13 -
Obr. 4: Popisy hlavních částí brzdového třmenu.	- 14 -
Obr. 5: Brzda montovaná ve firmě TRW	- 15 -
Obr. 6: Schéma třmenu kotoučové brzdy. [8]	- 15 -
Obr. 7: Částečný řez třmenem přední kotoučové brzdy. [9]	- 16 -
Obr. 8: Třmen přední kotoučové brzdy – montážní sestava. [9]	- 16 -
Obr. 9: Znázornění připojovacích bodů spojujících brzdový třmen s karoserií automobilu, body značené písmenem A. [9]	- 17 -
Obr. 10: Schéma třmenu kotoučové brzdy.	- 18 -
Obr. 11: Schéma původního řešení zavedeného na výrobní lince 5M a 5L.....	- 20 -
Obr. 12: Funkční diagram původního řešení.	- 21 -
Obr. 13: Harmonogram činností na diplomové práci.	- 23 -
Obr. 14: Znázornění a) horizontální polohy, b) vertikální polohy.	- 27 -
Obr. 15: Přípravek používaný mě TRW pro montáž brzdových třmenů.	- 28 -
Obr. 16: Tzv. rozpěrky vkládané mezi brzdové destičky. Šířka rozpěrek odpovídá použitému brzdovému kotouči u daného brzdového třmenu (10,5 mm až 22 mm).	- 28 -
Obr. 17: Rozpěrka - pevný rozměr, odpovídající šířce kotouče.	- 29 -
Obr. 18: Přípravek použitý při montáži.	- 29 -
Obr. 19: Pevný rozměr „vidlice“ – pro použití původního přípravku, vedení a rozpěrky. Model a pevnostní analýza.	- 30 -
Obr. 20: Upravená rozpěrka a vedení rozpěrky (použito u varianty 3).....	- 30 -
Obr. 21: Pevný rozměr „jazyk“ – užší než kotouč, model a pevnostní analýza. ..	- 31 -
Obr. 22: Variabilní rozevření destiček „elipsa“ - model a pevnostní analýza.....	- 32 -
Obr. 23: Variabilní rozevření destiček „klíny“ - model a pevnostní analýza.....	- 32 -
Obr. 24: Variabilní rozevření destiček „pístek“ - model a pevnostní analýza.	- 33 -

Obr. 25: Variabilní rozevření destiček „nůžky“ - model a pevnostní analýza.....	- 34 -
Obr. 26: Variabilní rozevření destiček „pryžový válec“ - model a pevnostní analýza.	- 35 -
Obr. 27: Graf zkoušky přesuvných sil bez vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 5 mm.	- 36 -
Obr. 28: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 5 mm.	- 37 -
Obr. 29: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 4 mm.	- 37 -
Obr. 30: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 4 mm.	- 38 -
Obr.31: První varianta.	- 42 -
Obr.32: Druhá varianta.	- 44 -
Obr.33: Třetí varianta.	- 46 -
Obr. 34: Výsledná varianta.	- 50 -
Obr. 35: Schéma zatížení šroubového spoje.	- 53 -
Obr. 36: Zvýrazněné vertikální vedení zamezující nadměrnému namáhání šroubu M8 a siloměru na ohyb.	- 54 -

14. Seznam tabulek:

Tab. 1: Inovační prohlášení. [11].....	- 25 -
Tab. 2: Možné součásti konceptů.	- 26 -
Tab. 3: Možnosti pohonu.	- 39 -
Tab. 4: Možnosti snímačů polohy.	- 40 -
Tab. 5: Možnosti snímačů síly.....	- 41 -
Tab. 6: Výpis použitých součástí 1. varianty a cen.....	- 43 -
Tab. 7: Výpis použitých součástí 2. varianty a cen.....	- 45 -
Tab. 8: Výpis použitých součástí 3. varianty a cen.....	- 47 -
Tab. 10: Zvolené bodové hodnocení pro metodu FMEA. [11]	- 51 -
Tab. 11: Přezkoumání konstrukčního návrhu metodou FMEA-K.....	- 52 -
Tab. 12: Předpokládaná cena měřicího zařízení.....	- 57 -

15. Seznam příloh:

Příloha č. 1: Harmonogram činností na diplomové práci.

Příloha č. 2: Člen mezi destičkami - pevný rozměr „vidlice“ – pro použití původního přípravku, vedení a rozpěrky. Model a pevnostní analýza.

Příloha č. 3: Člen mezi destičkami - pevný rozměr „jazyk“ – užší než kotouč, model a pevnostní analýza.

Příloha č. 4: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „elipsa“ - model a pevnostní analýza.

Příloha č. 5: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „klíny“ - model a pevnostní analýza.

Příloha č. 6: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „pístek“ - model a pevnostní analýza.

Příloha č. 7: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „nůžky“ - model a pevnostní analýza.

Příloha č. 8: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „pryžový válec“ - model a pevnostní analýza.

Příloha č. 9: Graf zkoušky přesuvných sil bez vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 5 mm.

Příloha č. 10: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 5 mm.

Příloha č. 11: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 4 mm.

Příloha č. 12: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 4 mm.

Příloha č. 13: Varianta 1.

Příloha č. 14: Varianta 2.

Příloha č. 15: Varianty 3.

Příloha č. 16: Výsledná varianta.

Příloha č. 17: Měřicí modul zástavba v lince.

Příloha č. 18: Výkres sestavy výsledného měřícího zařízení.

Příloha č. 19: Výkres vidlice.

Příloha č. 20: Výkres mezičlen vertikální.

Příloha č. 21: Výkres kotvení siloměru.

Příloha č. 22: Výkres sestava výztuhy.

Příloha č. 23: Výkres dílu výztuhy 1.

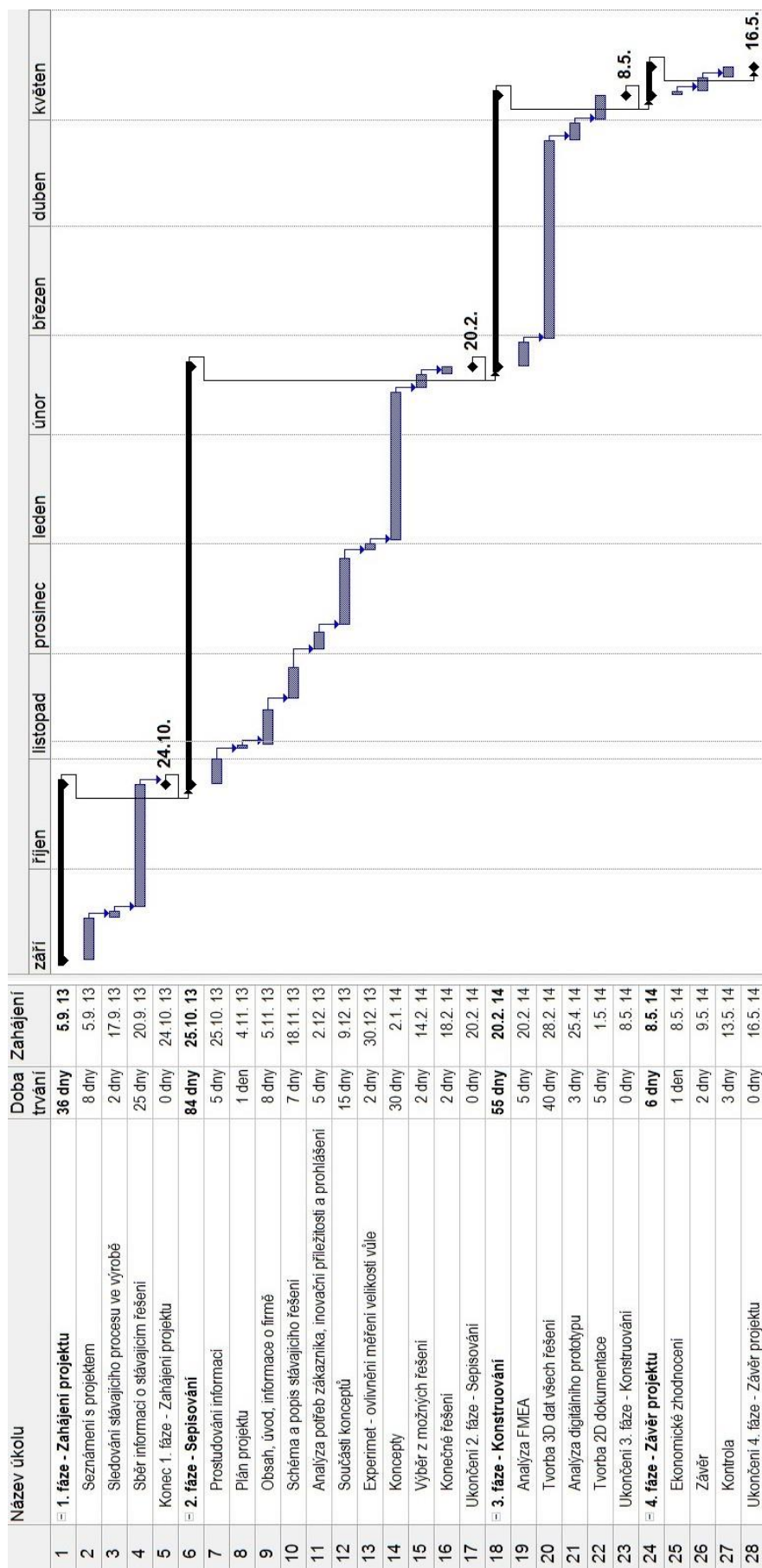
Příloha č. 24: Výkres dílu výztuhy 2.

Příloha č. 25: Výkres díl výztuhy 3.

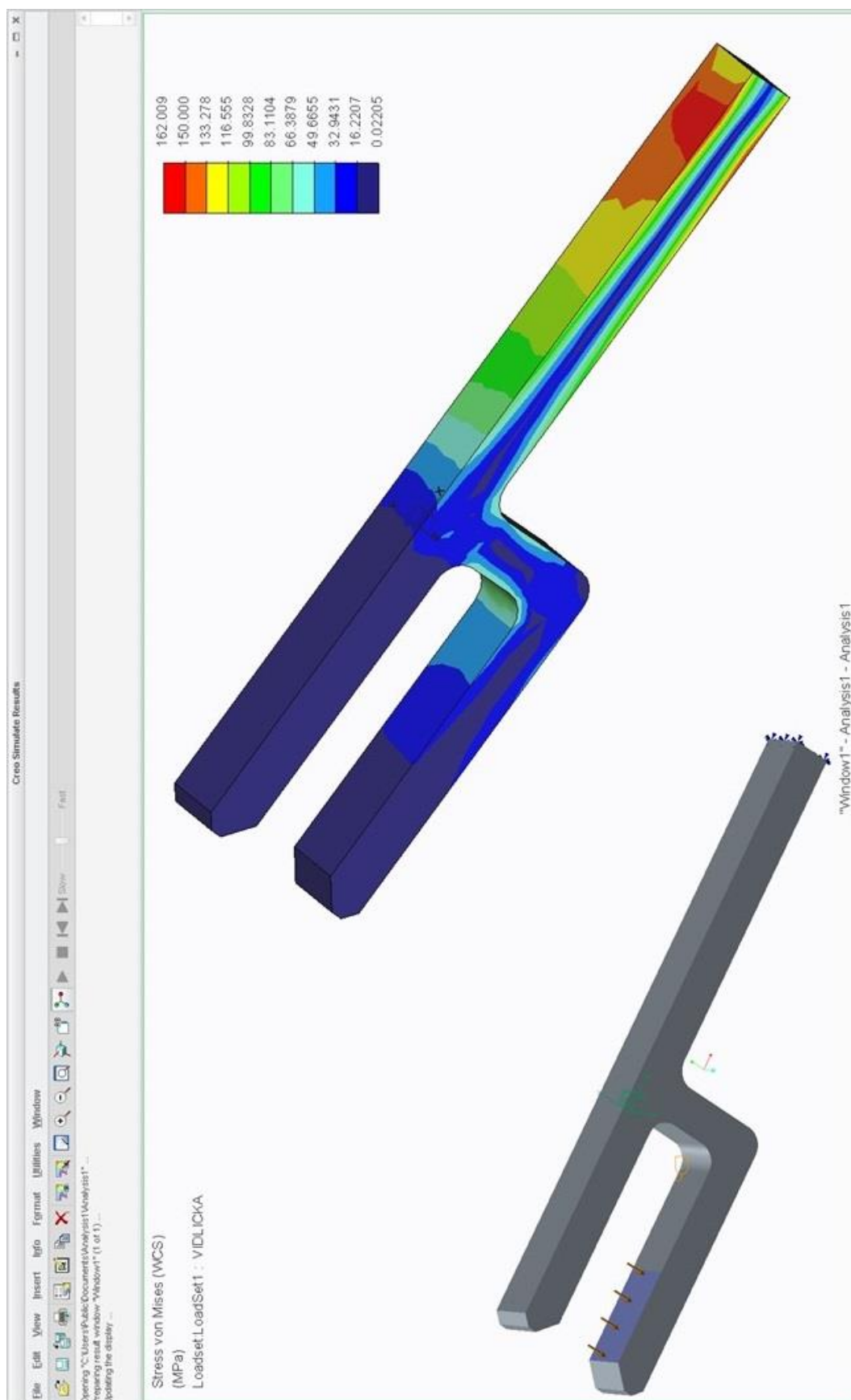
Příloha č. 26: Výkres mezičlenu horizontálního.

Příloha č. 27: Výkres desky pneumatiky.

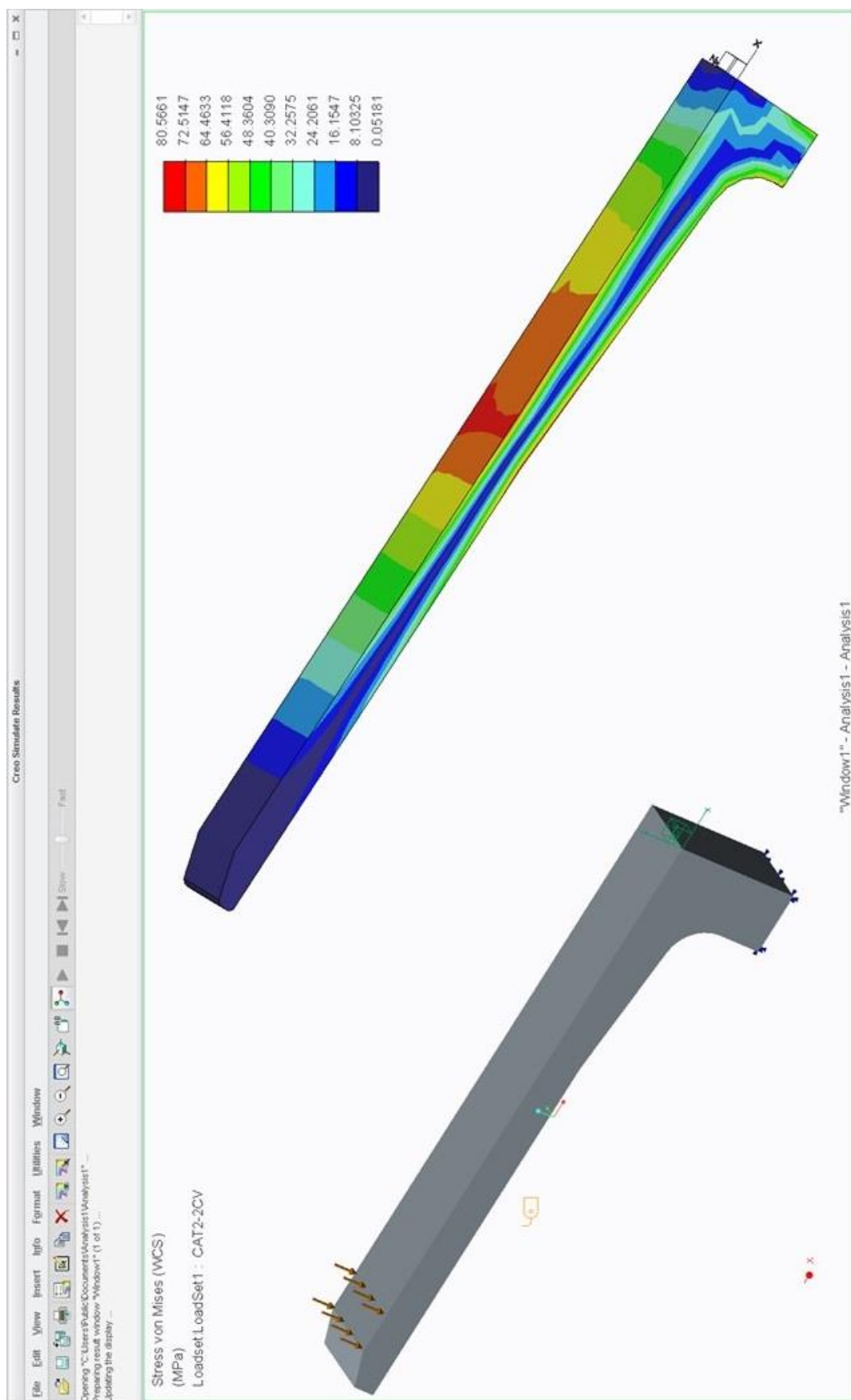
Příloha č. 1: Harmonogram činností na diplomové práci.



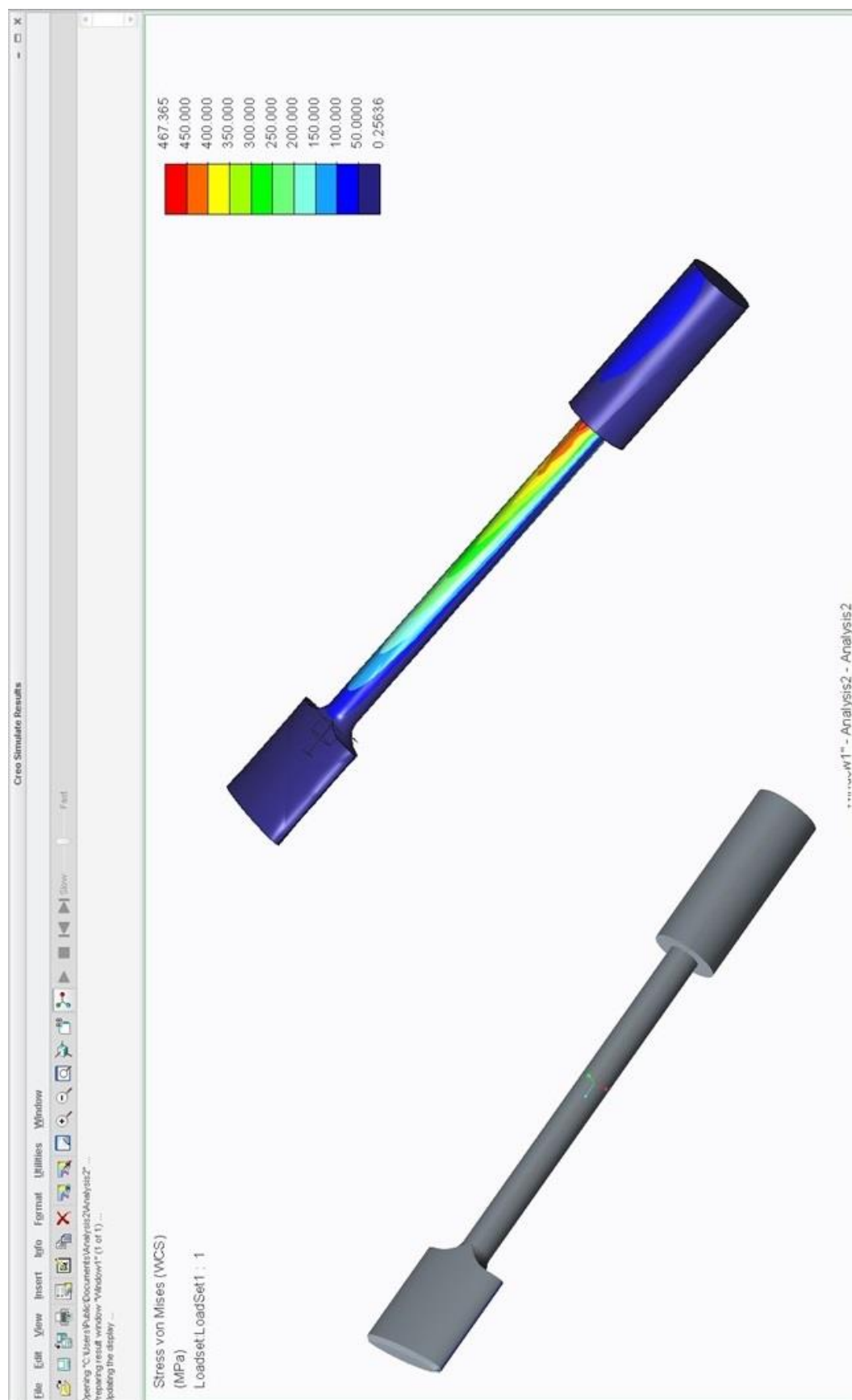
Příloha č. 2: Člen mezi destičkami - pevný rozměr „vidlice“ – pro použití původního přípravku, vedení a rozpěrky. Model a pevnostní analýza.



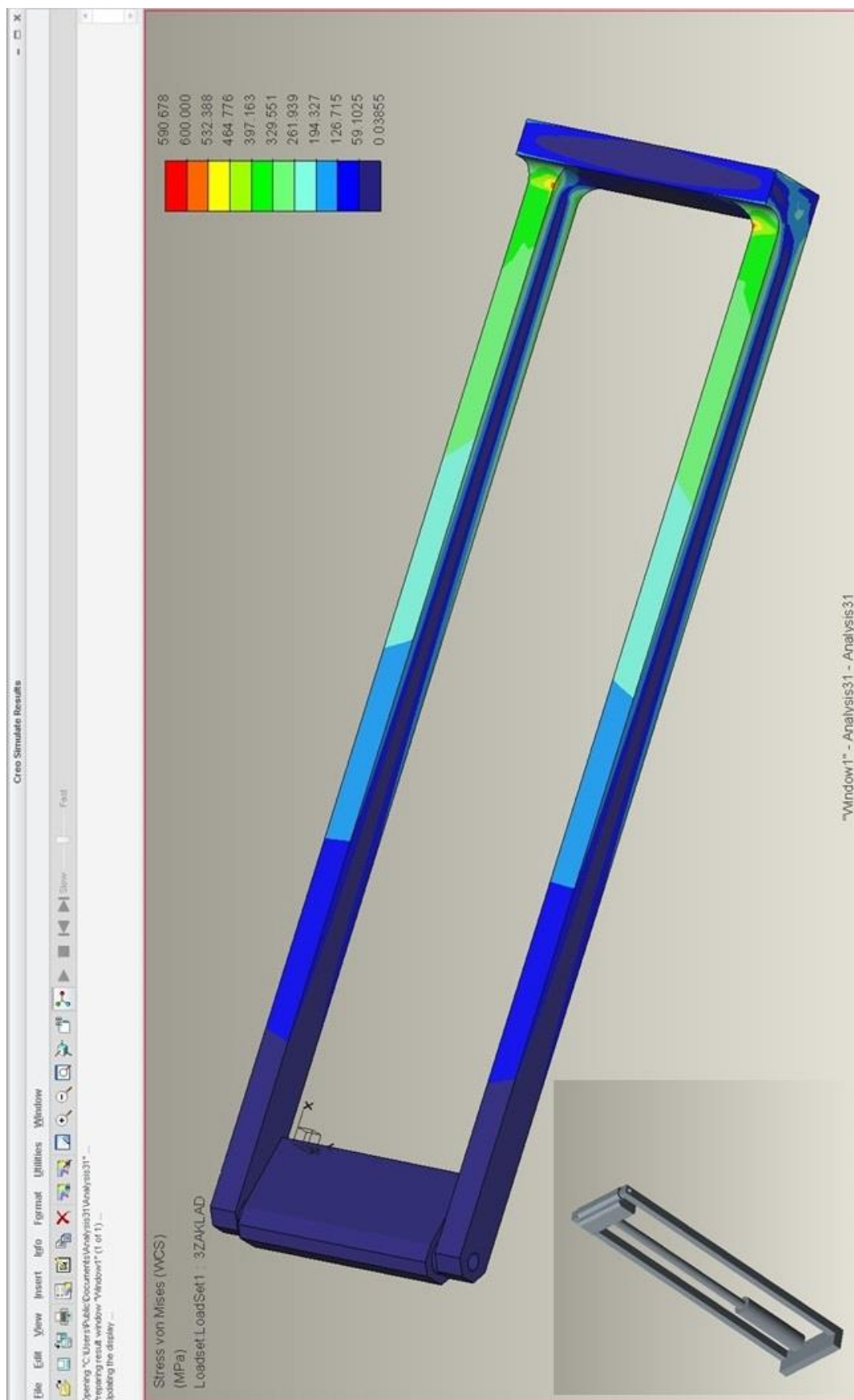
Příloha č. 3: Člen mezi destičkami - pevný rozměr „jazyk“ – užší než kotouč, model a pevnostní analýza.



Příloha č. 4: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „elipsa“ - model a pevnostní analýza.



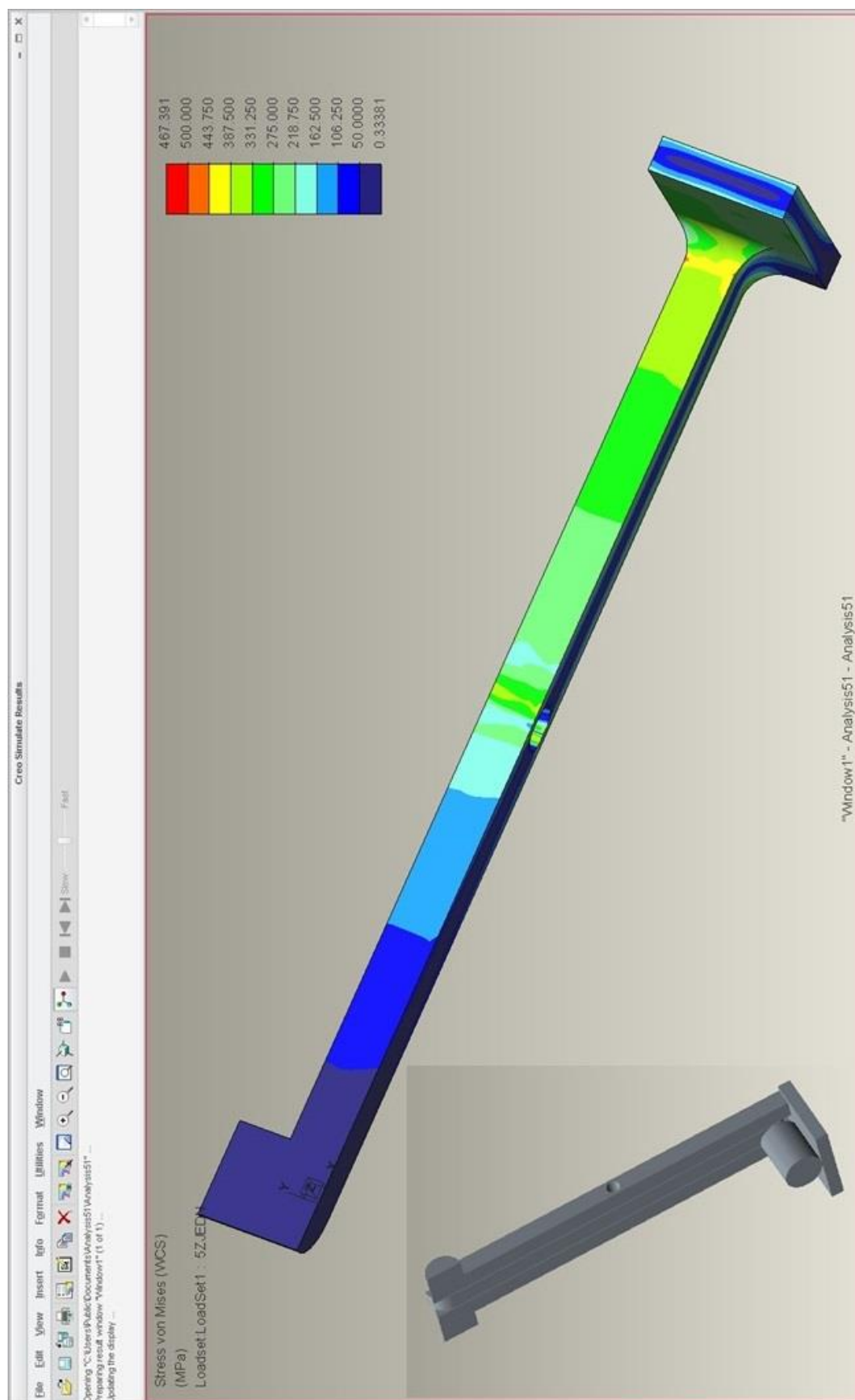
Příloha č. 5: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „klíny“ - model a pevnostní analýza.



Příloha č. 6: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „pístek“ - model a pevnostní analýza.



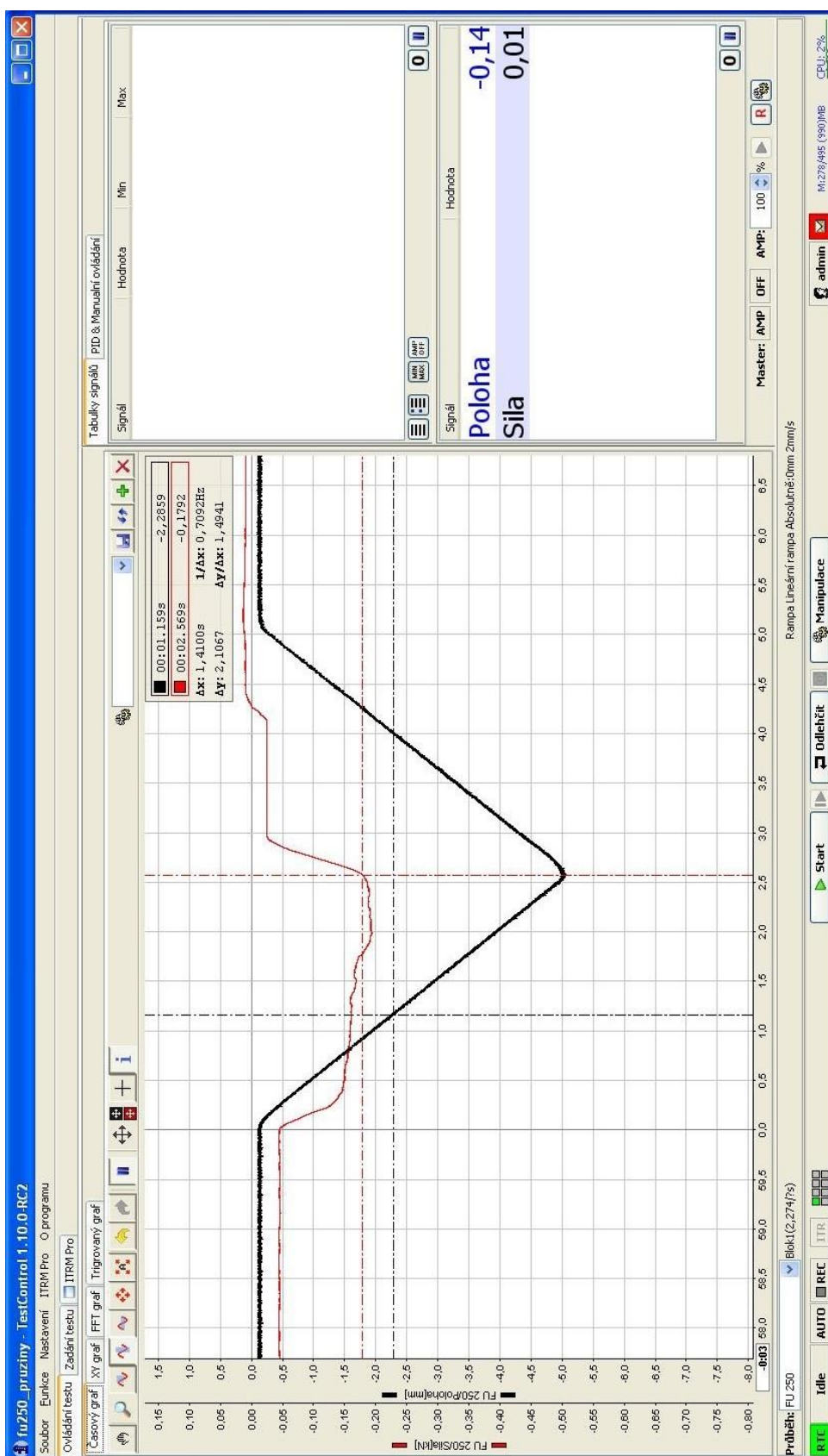
Příloha č. 7: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „nůžky“ - model a pevnostní analýza.



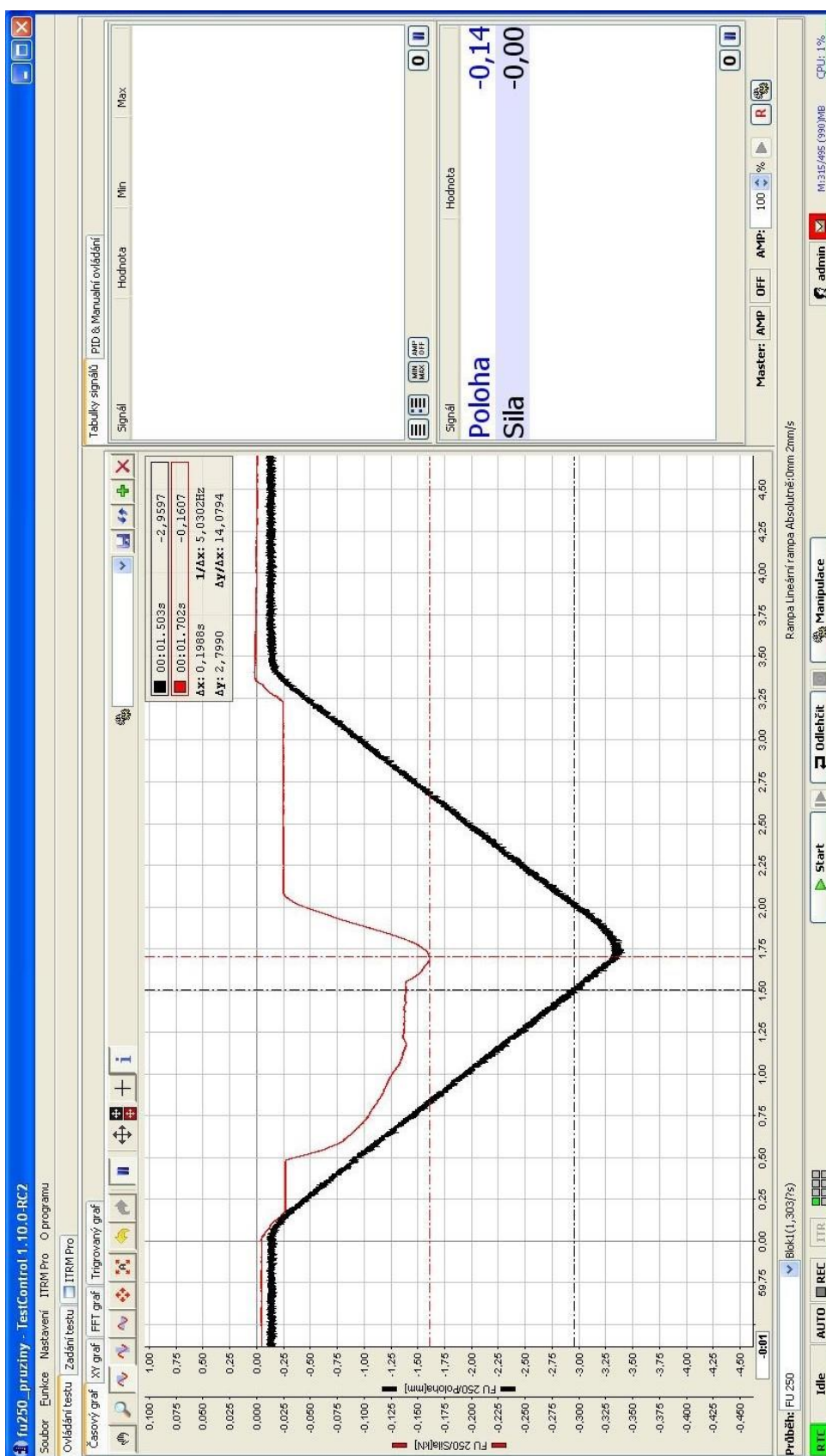
Příloha č. 8: Člen mezi destičkami - variabilní rozevření destiček „pryžový válec“ - model a pevnostní analýza.



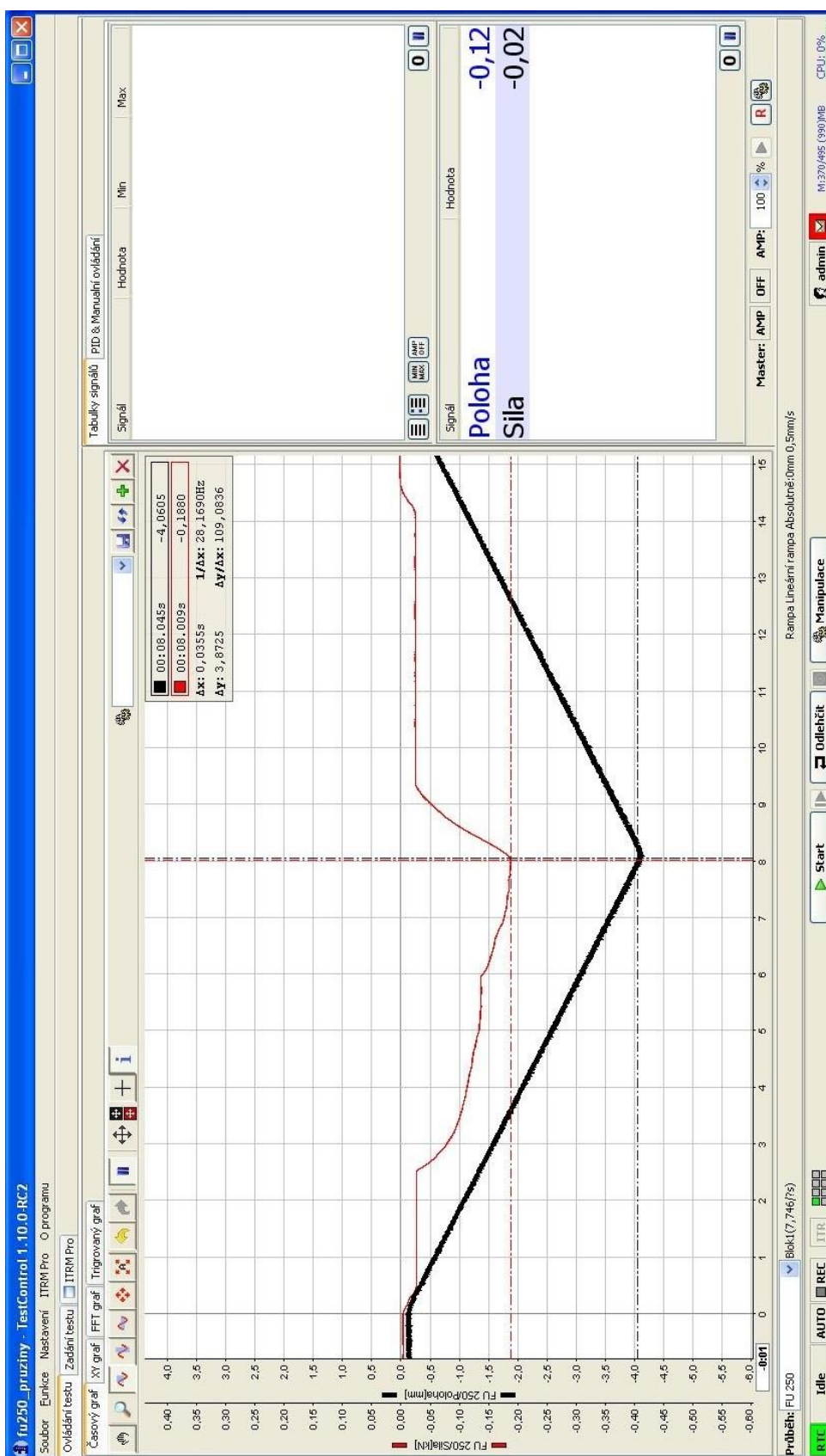
Příloha č. 9: Graf zkoušky přesuvných sil bez vůle mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 5 mm.



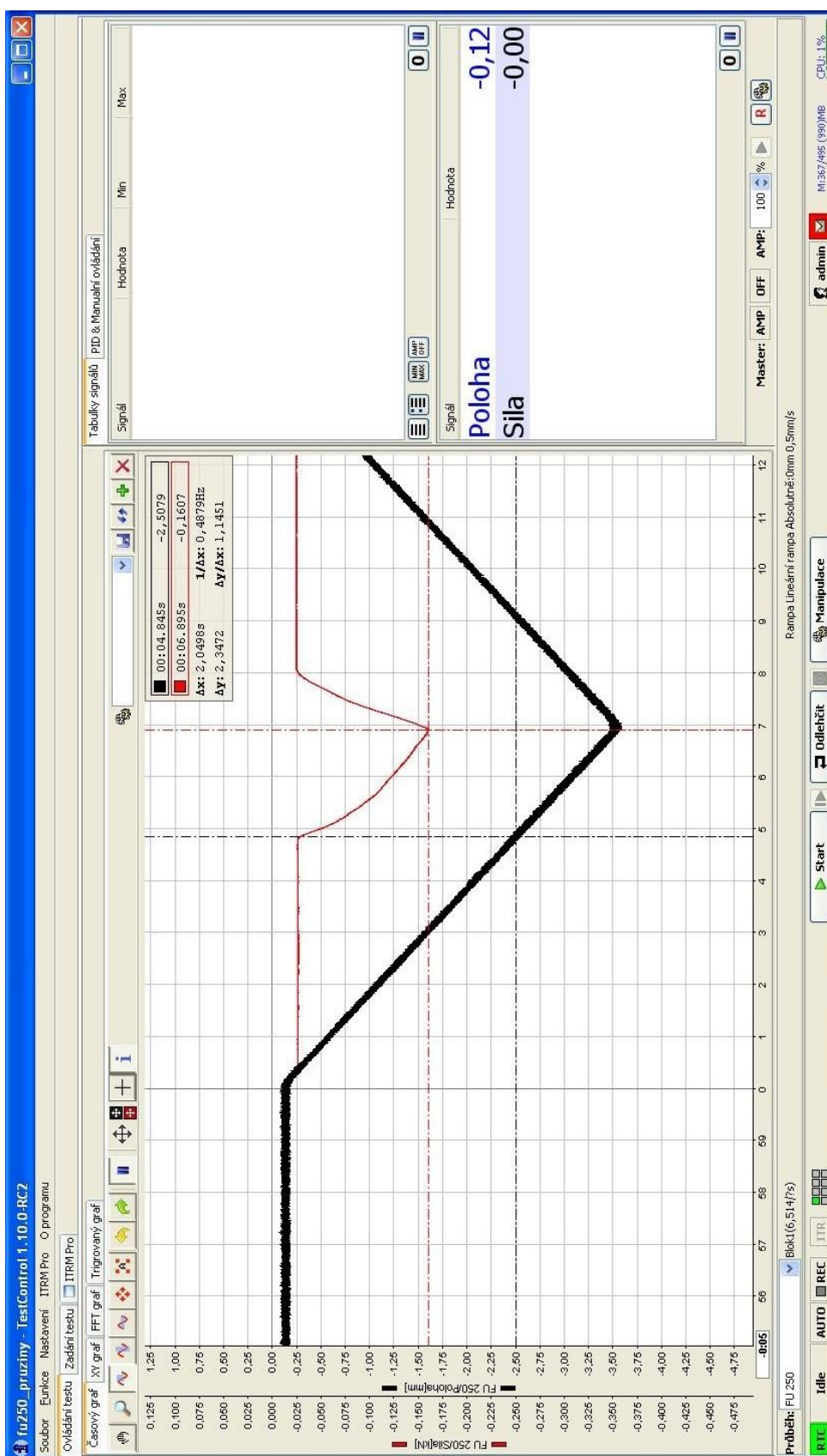
Příloha č. 10: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevřajícím členem a brzdovými destičkami, 2mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 5 mm.

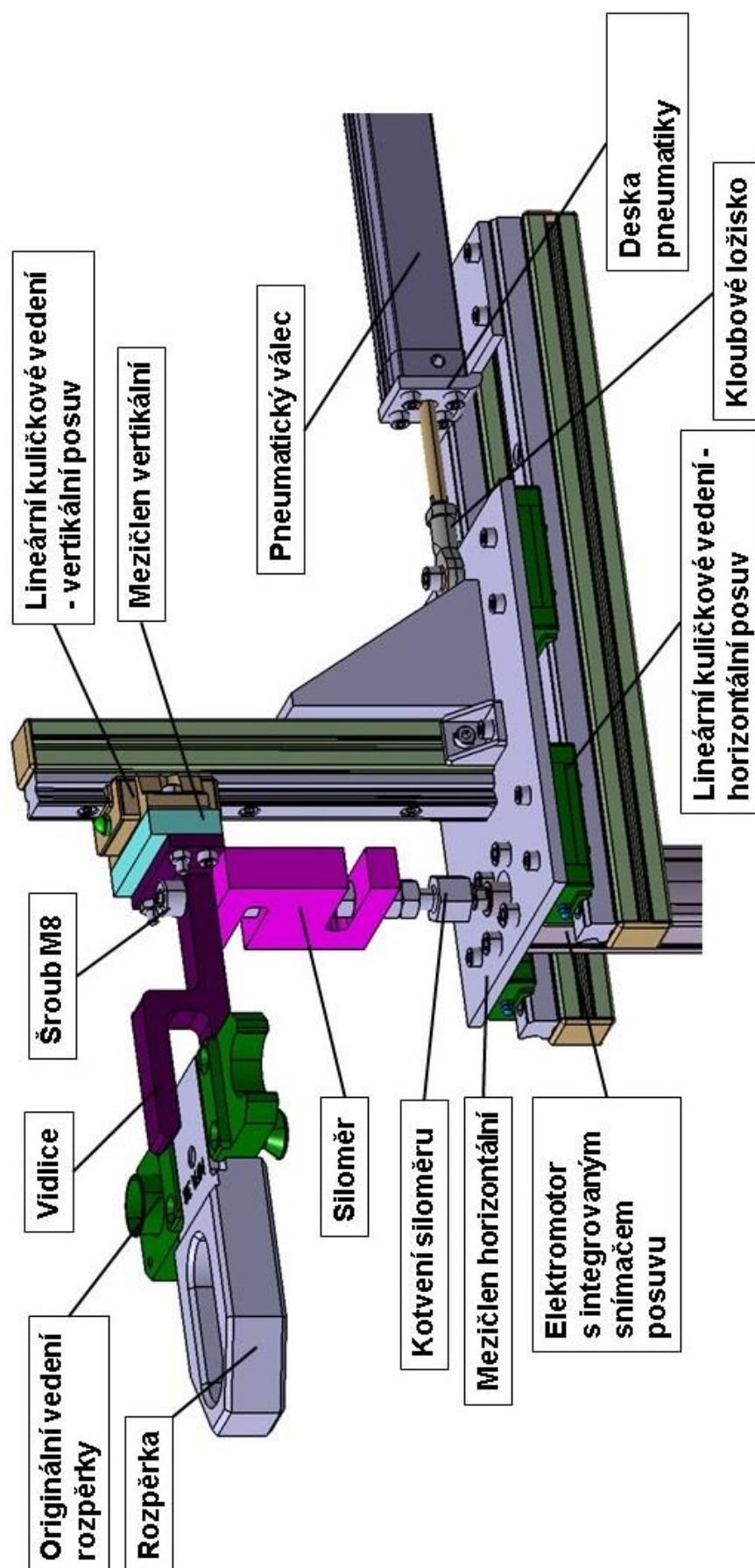


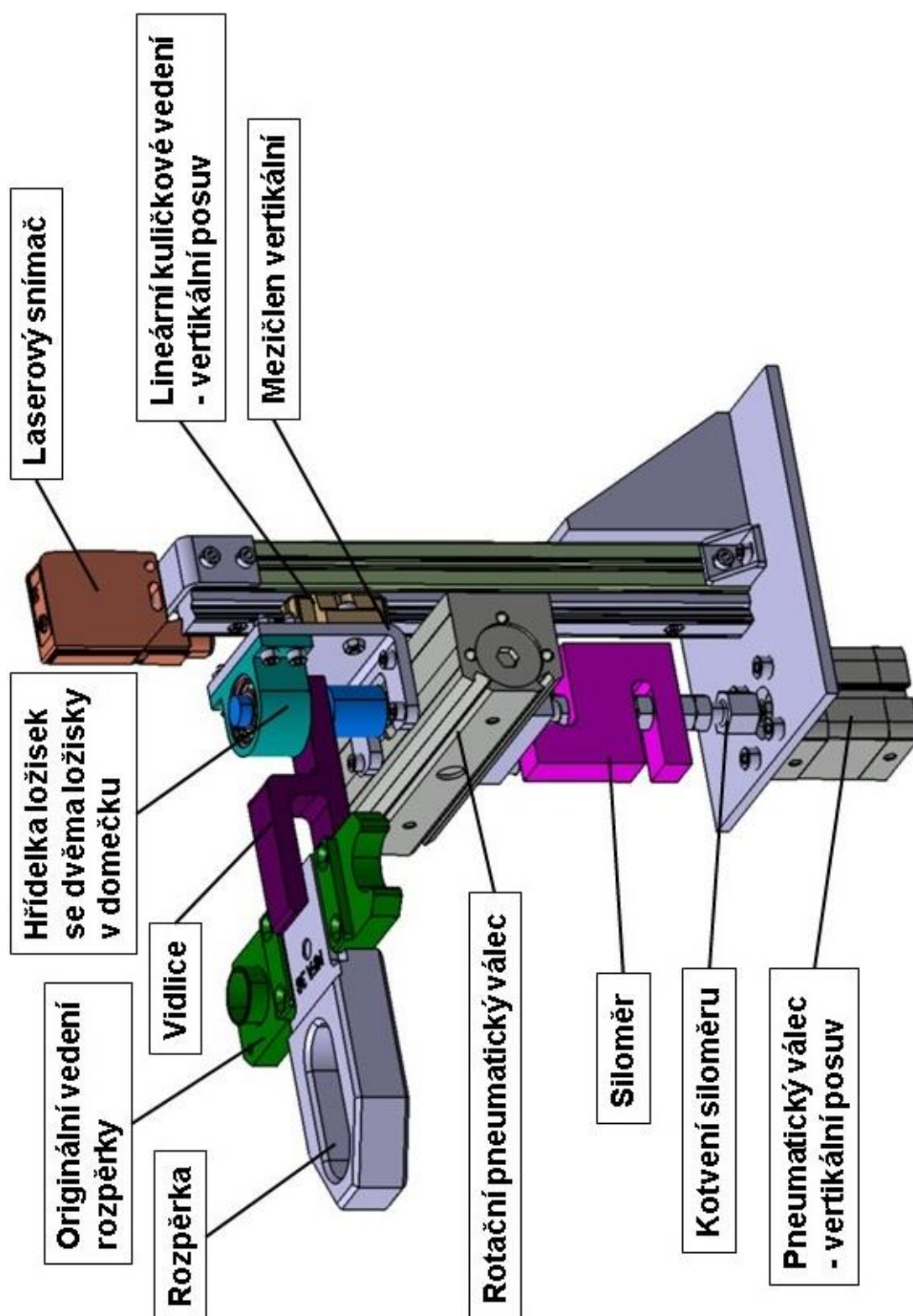
Příloha č. 11: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, bez připočtení hmoty přesouvaných členů (160N), po dráze 4 mm.

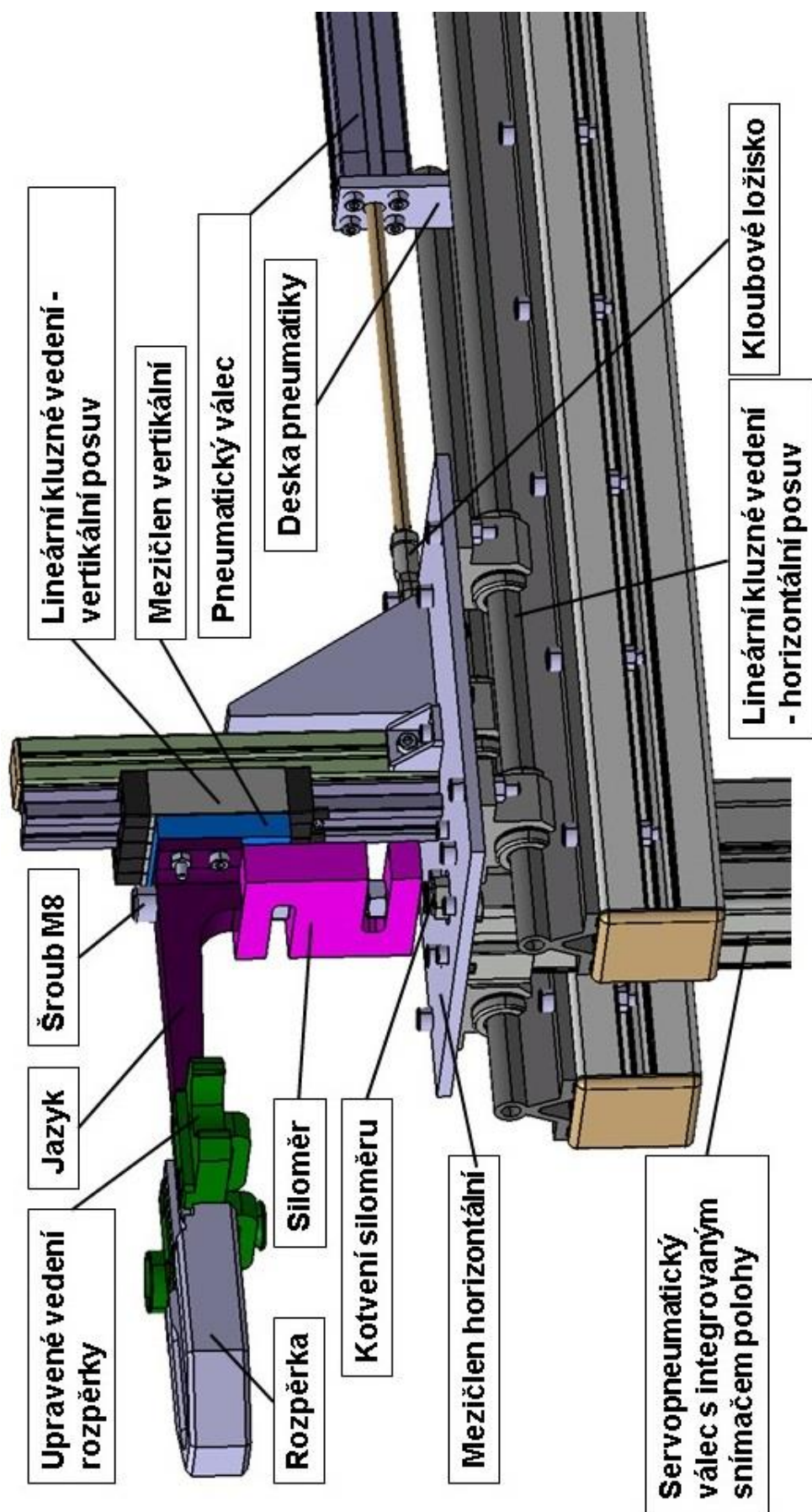


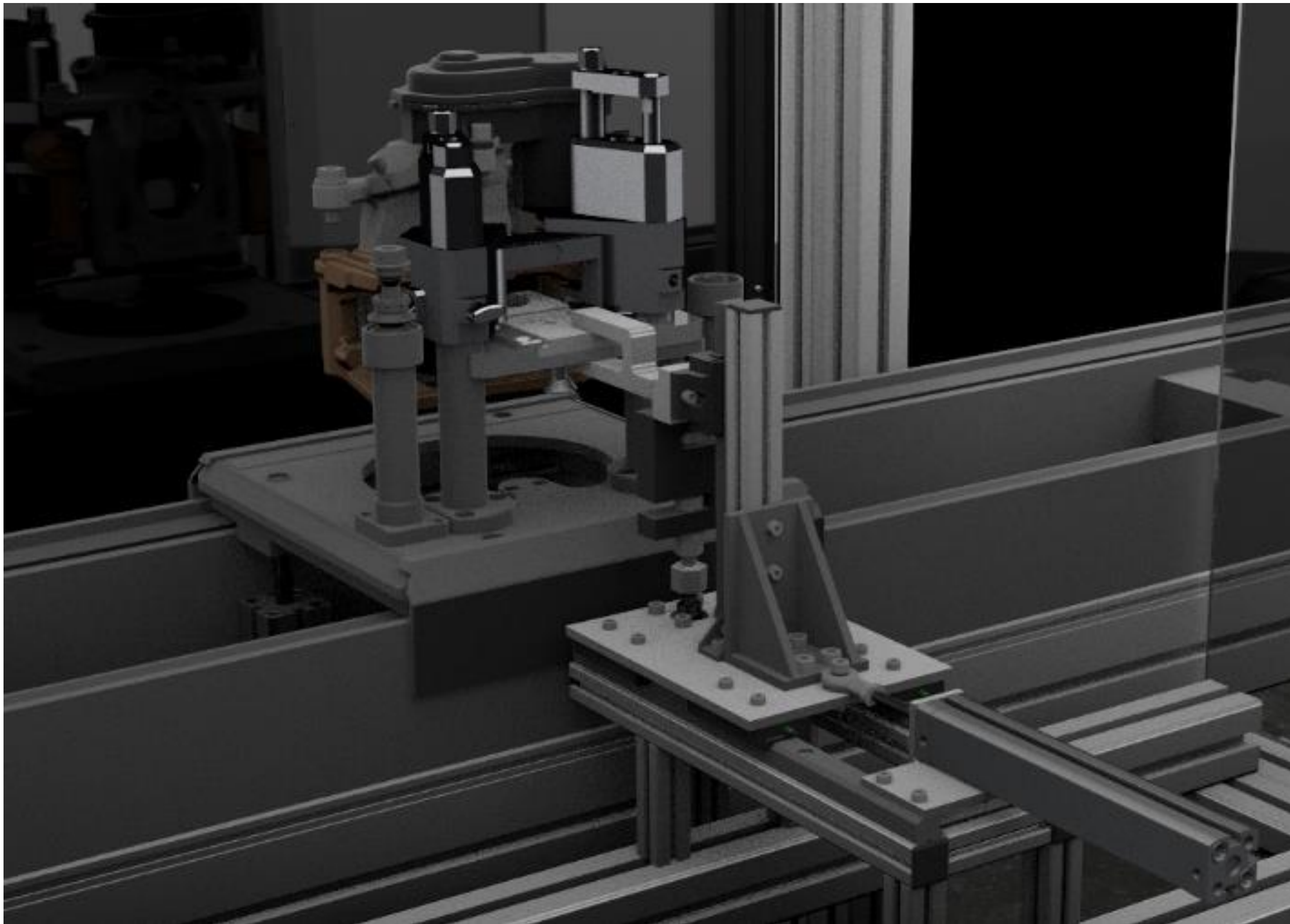
Příloha č. 12: Graf zkoušky přesuvných sil s vůlí mezi rozevírajícím členem a brzdovými destičkami, 0,5mm/s, s připočtením hmoty přesouvaných členů (200N), po dráze 4 mm.

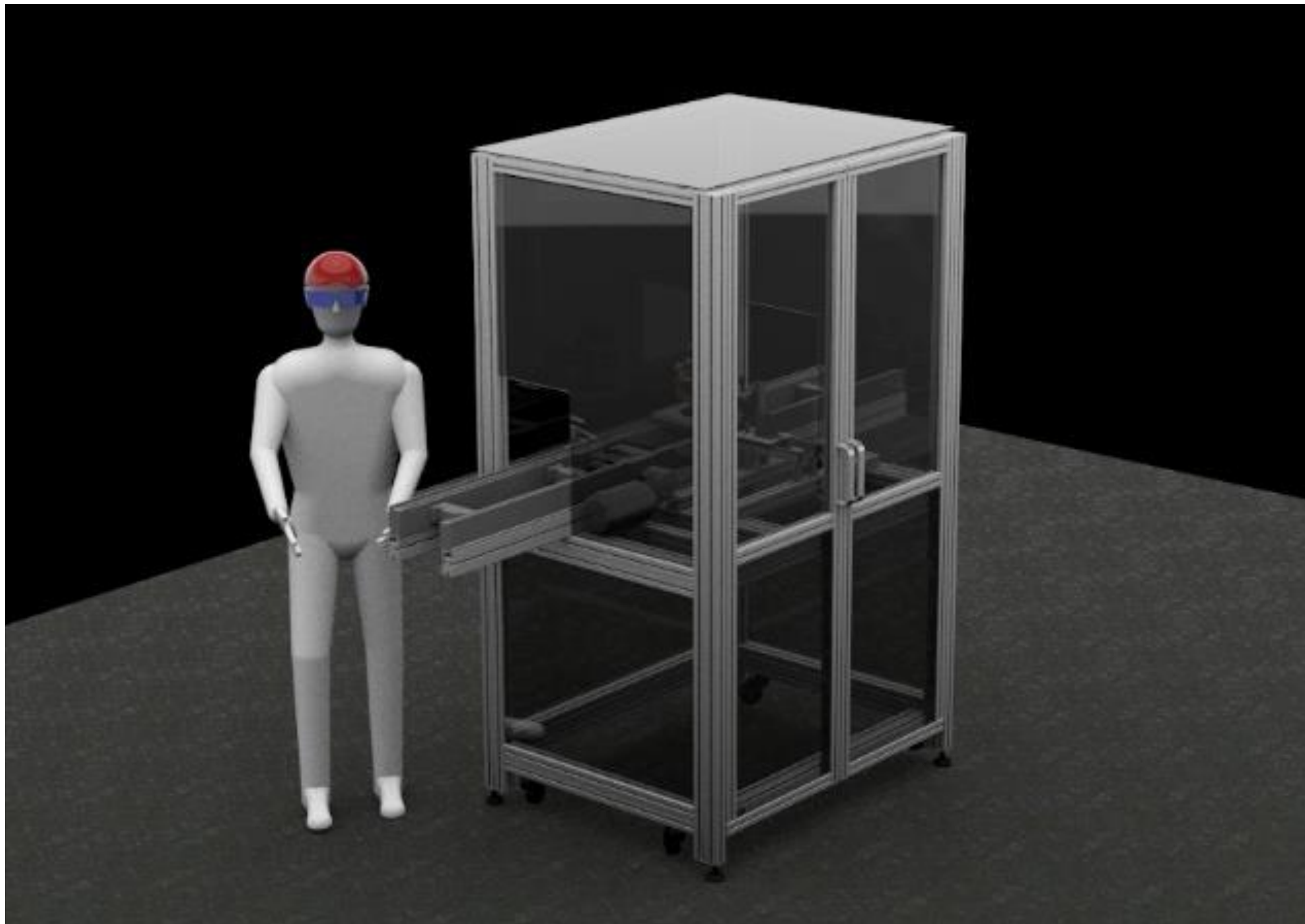


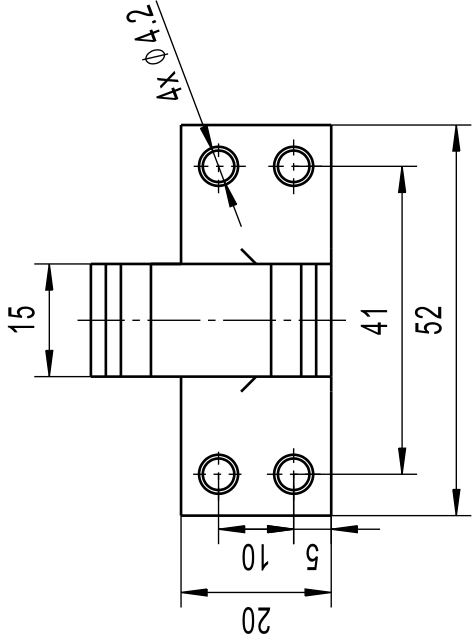
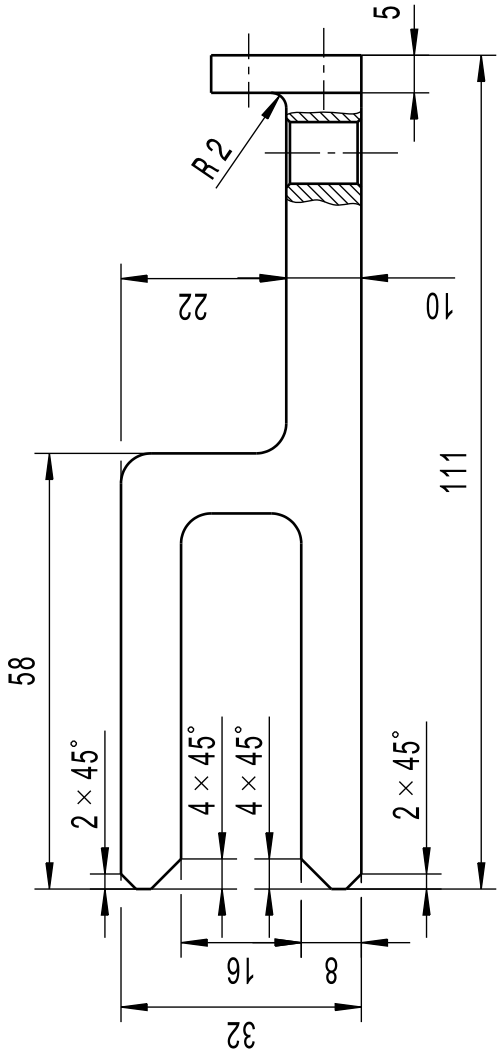




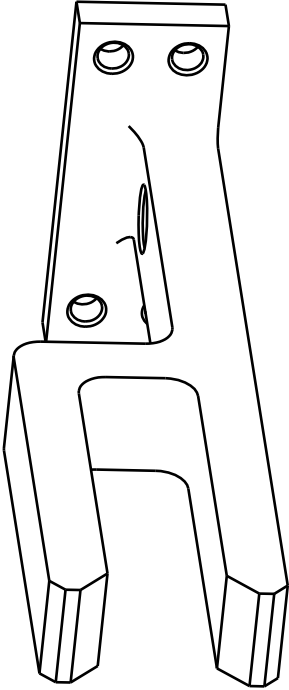
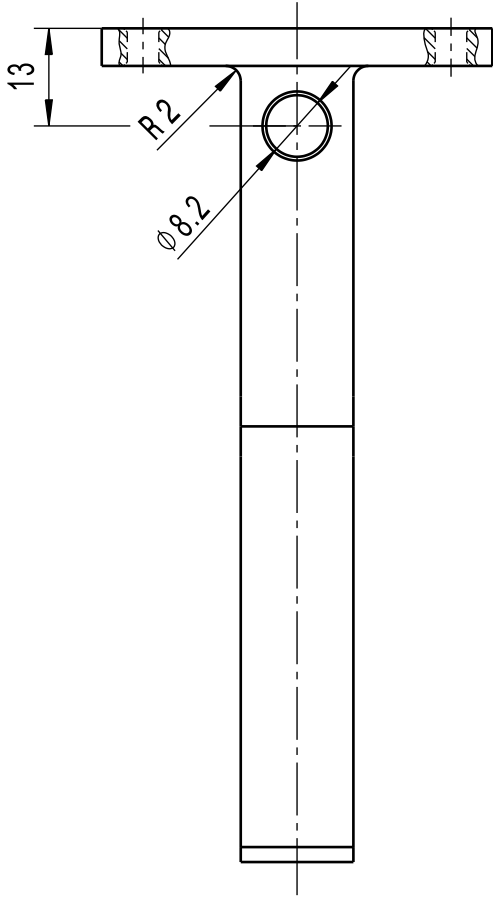








ISO POHLED



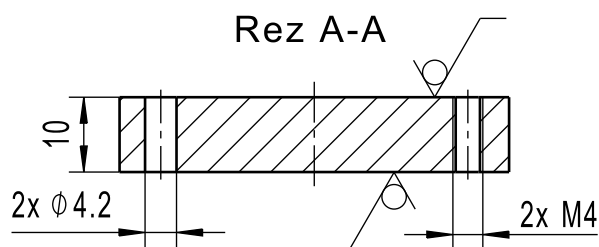
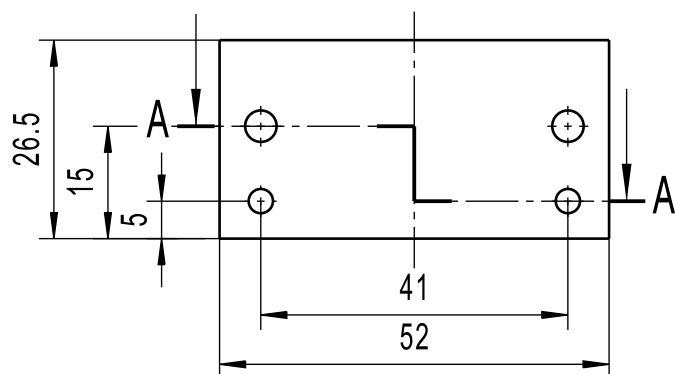
Nekótované radiusy R4

Hrany otvorů sraženy 0.5x45°

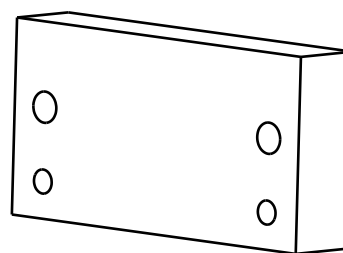
Povrchově kaleno do hloubky 0.5±0.1mm;HRC 60±2

Ra 3,2

Rozm.-Polot.		TYČ PLOCHA 55 x 35 - 115 - ČSN EN 100 58				PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.		Tř. odp. 002	
		b)		Č. hm.		kg	
		a)				kg	

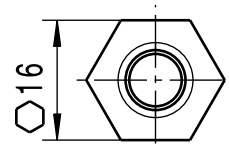
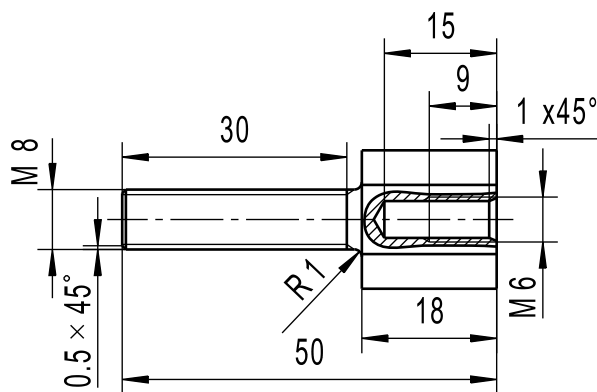


ISO POHLED

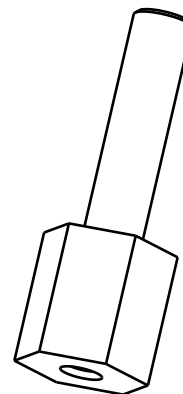


$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{\quad}$)

Rozm.-Polot.		TYČ PLOCHÁ 30 x 10 - 55 - ČSN EN 100 58					PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	11 373.0	Tř. odp.	001	TOLEROVÁNÍ ISO 8015
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 
		a)		 TU v Liberci				
Změna		Datum	Index					
Měřítko	Pozn.	Navrhl			Název Mezičlen vertikální			
1:1		Kreslil	Habelová					
		Přezkoušel						
Č.seznamu		Technolog			Typ 3 - příloha č.20			
Č.sestavy		Normaliz.						
Starý výkr.		Schválil						
Nový výkr.		Datum	14.5.2014					
List								



ISO POHLED

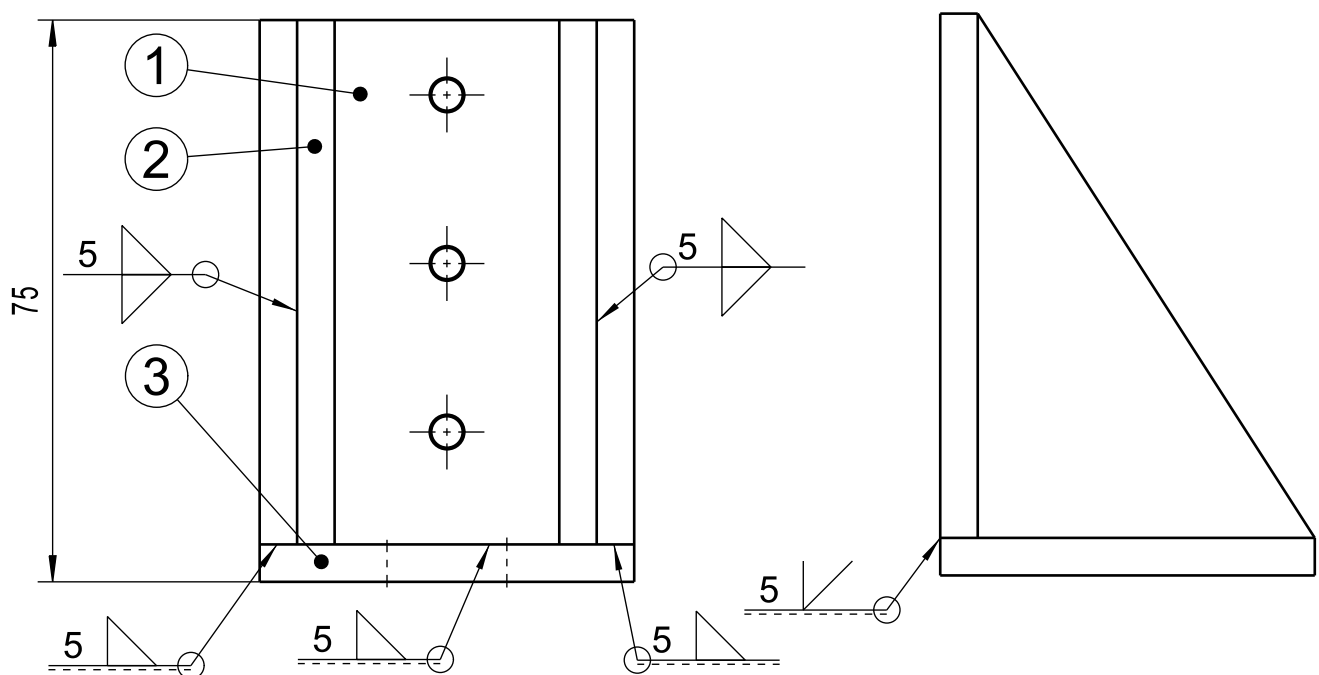


∇ Ra 3,2

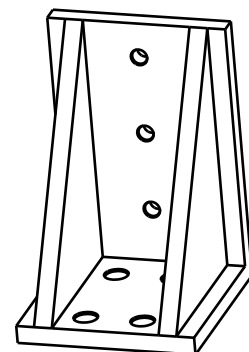
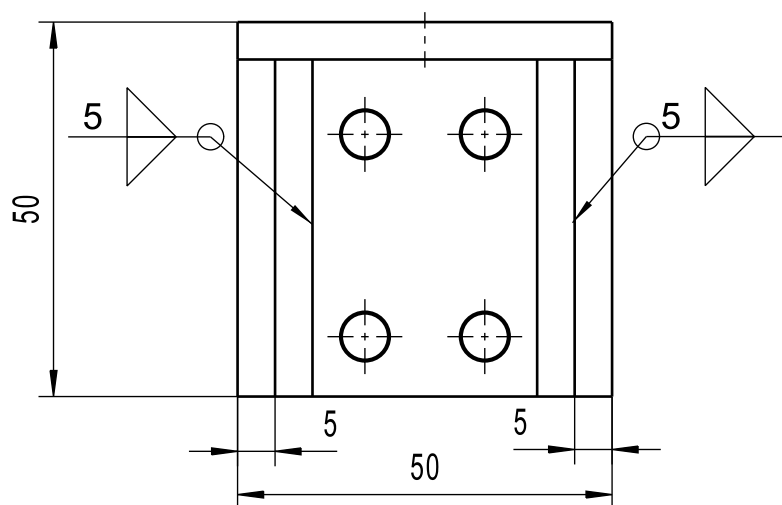
Povrchově kaleno do hloubky $0.5 \pm 0.1 \text{ mm}$; HRC 60 ± 2

Rozm.-Polot.		KR 20 - 55 ČSN 42 5510.11				PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	19452.9	Tř. odp.	002
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg
		a)					
Změna		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci		
Měřítka	Pozn.	Navrhl					
1:1		Kreslil	Habelová		Název Kotvení siloměru		
		Přezkoušel					
Č.seznamu		Technolog			Typ Čis.výkresu		
Č.sestavy		Normaliz.					
Starý výkr.		Schválil			4 - příloha č.21		
Nový výkr.		Datum	14.5.2014				
						List	

List

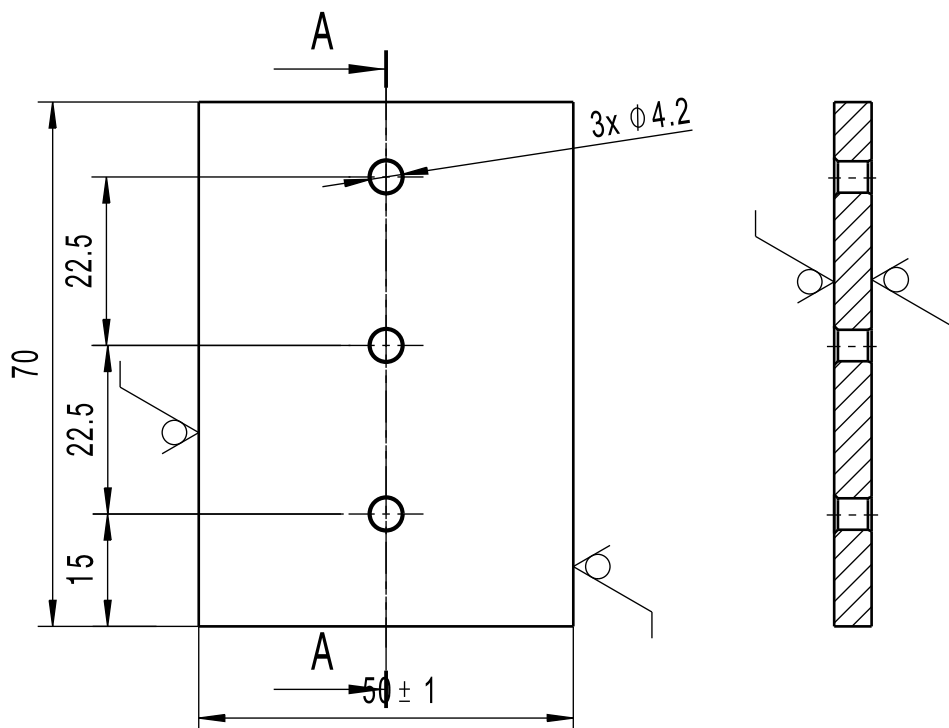


ISO POHLED
1:2



Pozice	Kusů	Součást	Norma
3	1	Díl výztuhy 3	-
2	2	Díl výztuhy 2	-
1	1	Díl výztuhy 1	-

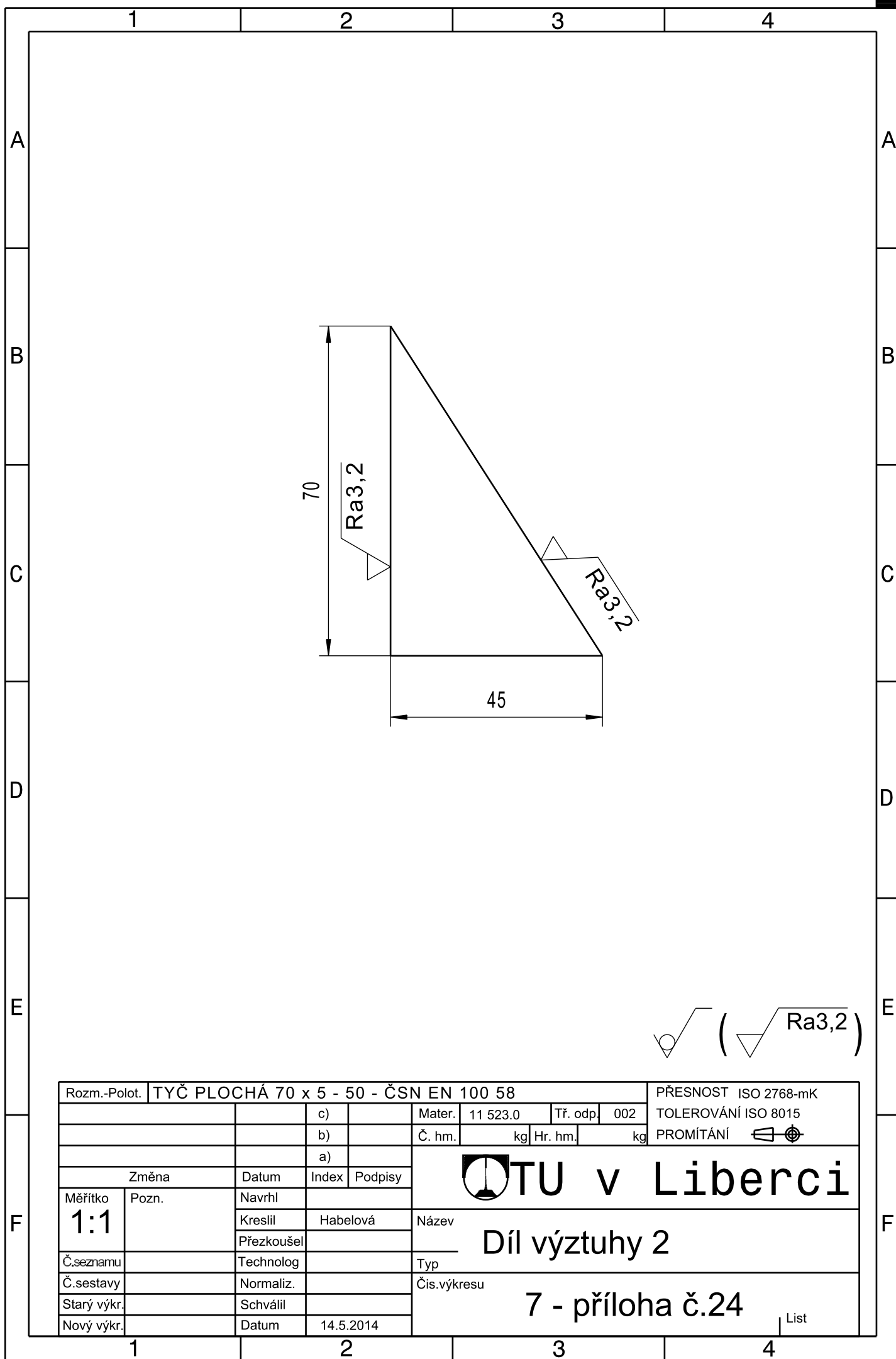
Rozm.-Polot.										PŘESNOST ISO 2768-mK	
			c)		Mater.		Tř. odp	002	TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
			b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 		
			a)		 TU v Liberci Název Sestava výztuhy Typ Čís.výkresu 5 - příloha č.22 List						
Změna		Datum	Index	Podpisy							
Měřítka	Pozn.	Navrhl									
1:1		Kreslil	Habelová								
		Přezkoušel									
Č.seznamu		Technolog			Typ						
Č.sestavy		Normaliz.			Čís.výkresu						
Starý výkr.		Schválil									
Nový výkr.		Datum	14.5.2014								



Ra 3,2 ()

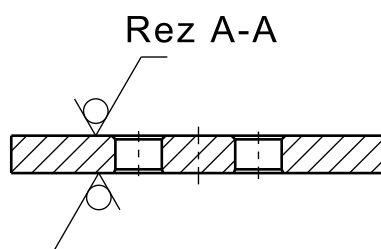
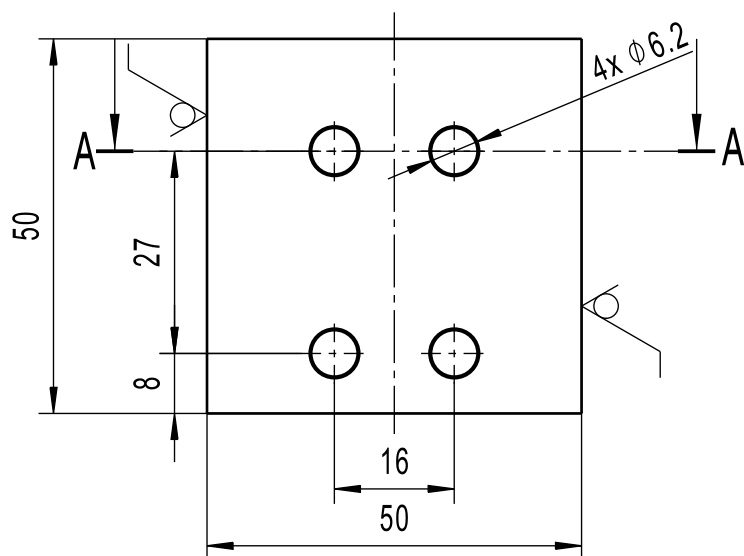
Všechny otvory průchozí a hrany sraženy 0.5x45°

Rozm.-Polot.		TYČ PLOCHÁ 50 x 5 - 75 - ČSN EN 100 58						PŘESNOST ISO 2768-mK			
			c)		Mater.	11 523.0	Tř. odp	002	TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
			b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 		
			a)		 TU v Liberci						
Změna		Datum	Index	Podpisy							
Měřítko	Pozn.	Navrhl		Název Díl výztuhy 1							
1:1		Kreslil								Habelová	
		Přezkoušel									
Č.seznamu		Technolog		Typ Čís.výkresu							
Č.sestavy		Normaliz.									
Starý výkr.		Schválil		6 - příloha č.23							
Nový výkr.		Datum	14.5.2014								
				List							



✓ (✓ Ra3,2)

Rozm.-Polot.		TYČ PLOCHÁ 70 x 5 - 50 - ČSN EN 100 58						PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	11 523.0	Tř. odp	002	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 	
		a)		 TU v Liberci					
Změna		Datum	Index						
Měřítko 1:1	Pozn.	Navrhl			Název Díl výztuhy 2				
		Kreslil	Habelová						
		Přezkoušel							
Č.seznamu		Technolog			Typ				
Č.sestavy		Normaliz.			Čís.výkresu				
Starý výkr.		Schválil			7 - příloha č.24 List				
Nový výkr.		Datum	14.5.2014						



Ra3,2 (✓)

Hrany otvorů sraženy 0.5x45°

Rozm.-Polot.		TYČ PLOCHÁ 50 x 5 - 55 - ČSN EN 100 58						PŘESNOST ISO 2768-mK		
		c)		Mater.	11 523.0	Tř. odp	002	TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 		
		a)		 TU v Liberci						
Změna		Datum	Index							Podpisy
Měřítko	Pozn.	Navrhl			Díl výztuhy 3					
1:1		Kreslil	Habelová							Název
		Přezkoušel								
Č.seznamu		Technolog			Typ					
Č.sestavy		Normaliz.			Čís.výkresu					
Starý výkr.		Schválil			8 - příloha č.25					
Nový výkr.		Datum	14.5.2014							
				List						

