



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Konstrukční návrh zvedáku pro osobní  
automobily**

**Construction proposal of a scissor car lift**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**Jakub Němeček**

**Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ**

**Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový**

**Vedoucí práce: Ing. Martin Machač**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Němeček** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **437229**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojniho inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Konstrukční návrh zvedáku pro osobní automobily**

Název bakalářské práce anglicky:

**Construction proposal of a scissor car lift**

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude zpracovat 3D model nůžkového zvedáku pro osobní automobily do hmotnosti 3,5t a k tomu zpracovat 2D výkresovou dokumentaci.

Jednotlivé dílčí úkoly pro bakalářskou práci:

- zpracování rešerše pro danou problematiku
- vytvoření koncepčních variant
- vytvoření 3D parametrického modelu v CAD software
- jednotlivé pevnostní výpočty vybraných dílčích uzlů

Seznam doporučené literatury:

Švec, V. Části a mechanismy strojů. Spojce a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.

Švec, V. Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.

Kugl, O., Houkal, J., Tomek, P., Zýma, J. Projekt III. Ročník. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1997, ISBN 80-010-1638-2.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Martin Machač, ústav konstruování a částí strojů FS**


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

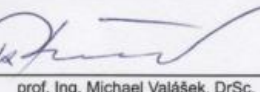
Datum zadání bakalářské práce: **23.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2021**

Platnost zadání bakalářské práce:

  
Ing. Martin Machač  
podpis vedoucí(ho) práce

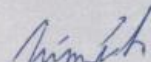
  
Ing. František Lopot, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

30.4.2021  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Konstrukční návrh zvedáku pro osobní automobily“ Vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Machače, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 29. 05. 2021

Jakub Němeček

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Macháčovi, svému vedoucímu bakalářské práce za cenné rady, připomínky a trpělivost při konzultacích ohledně bakalářské práce. Děkuji svému dědovi Karlu Bucharovi, zkušenému strojaři, za praktické rady, které mi poskytoval po celou dobu studia a při zpracování mé bakalářské práce.

## Anotční list

Jméno autora: Jakub Němeček

Název BP: Konstrukční návrh nůžkového zvedáku

Anglický název: Construction proposal of a scissor car lift

Rok: 2021

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojího inženýrství

Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Martin Machač

Bibliografické údaje: počet stran 65

počet obrázků 55

počet příloh 3

Klíčová slova: zvedák, osobní automobil, hydraulika, ocelová konstrukce

Keywords: lift, car, hydraulics, steel structure

Anotace:

V teoretické části práce představuji nejčastější typy zvedáků pro osobní automobily, které se používají v profesionálních servisech i pro komerční účely. V praktické části představuji vylepšení nůžkového zvedáku pro osobní automobily pro komerční i profesionální využití. Cílem bylo dosáhnout vyššího efektivního zdvihu nůžkového zvedáku, než jaké poskytují podobné nůžkové zvedáky, které jsou v současné době k dispozici na trhu.

Abstract:

The theoretical part of this work introduces the most frequent types of car lifts used by professional repair services and also for commercial purposes. The practical part presents an improved scissors lift for commercial and professional use. The goal is to achieve a higher effective stroke than what is provided by similar scissors lifts that are currently available on the market.

## Seznam použitých zkratek a symbolů

Symbol	Jednotka	Popis
$m_1$	[kg]	zatížení v jednom bodě
$b$	[mm]	polovina délky mezi rameny v horní úvrati
$c$	[mm]	polovina délka zdvihu
$a$	[mm]	polovina délky ramene zvedáku
$L_1$	[mm]	délka nosníku
$L_2$	[mm]	délka dráhy pojezdu
$L_3$	[mm]	minimální zdvih
$M$	[kg]	maximální zatížení
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	gravitační zrychlení
$F$	[N]	síla v jednom bodě
$x_2$	[mm]	vzdálenost ramene v ose x tělesa 2
$y_2$	[mm]	vzdálenost ramene v ose y tělesa 2
$x_3$	[mm]	vzdálenost ramene v ose x tělesa 3
$y_3$	[mm]	vzdálenost ramene v ose y tělesa 3
$\alpha$	[°]	úhel mezi tělesem 2 a 3 v bodě D
$b_2$	[mm]	délka od bodu D do bodu Fp
$c_2$	[mm]	polovina délky ramene tělesa 2
$a_2$	[mm]	délka pístu
$\beta$	[°]	úhel mezi základnou a ramenem 2 i 3
$\delta$	[°]	úhel mezi ramenem tělesa 2 a pístem
$x_6$	[mm]	vzdálenost od bodu D k působišti síly Fp
$x_5$	[mm]	vzdálenost od bodu A k působišti síly Fp
$N_1$	[N]	normálová síla pro část 1
$T_2$	[N]	posouvající síla pro část 1
$M_{01}$	[N*m]	ohybový moment pro část 1
$N_2$	[N]	normálová síla pro část 2
$T_2$	[N]	posouvající síla pro část 2
$M_{02}$	[N*m]	ohybový moment pro část 2
$N_3$	[N]	normálová síla pro část 3

$T_3$	[N]	posouvající síla pro část 3
$M_{03}$	[N*m]	ohybový moment pro část 3
H	[m]	vnější výška obdélníkového profilu
B	[m]	vnější šířka obdélníkového profilu
t	[m]	tloušťka obdélníkového profilu
h	[m]	vnitřní výška obdélníkového profilu
b	[m]	vnitřní šířka obdélníkového profilu
$M_{0max1}$	[N*m]	maximální ohybový moment v konstrukci
$R_e$	[N*m]	mez kluzu zvoleného materiálu
$W_o$	[m <sup>3</sup> ]	modul průřezu v ohybu
$J_z$	[m <sup>4</sup> ]	kvadratický moment průřezu
$\sigma_{max1}$	[Mpa]	maximální ohybové napětí
$kp_1$	[-]	bezpečnost k meznímu stavu pružnosti
$L_p$	[mm]	délka pístu
$F_{px}$	[N]	reakční síla ve vazbě Fp
$F_{py}$	[N]	reakční síla ve vazbě Fp
$R_{Ax}$	[N]	reakční síla ve vazbě A
$R_{Ay}$	[N]	reakční síla ve vazbě A
$R_{By}$	[N]	reakční síla ve vazbě B
$R_{Cx}$	[N]	reakční síla ve vazbě C
$R_{Cy}$	[N]	reakční síla ve vazbě C
$R_{Dx}$	[N]	reakční síla ve vazbě D
$R_{Dy}$	[N]	reakční síla ve vazbě D
$R_{Ex}$	[N]	reakční síla ve vazbě E
$R_{Ey}$	[N]	reakční síla ve vazbě E
$R_{Hx}$	[N]	reakční síla ve vazbě H
$R_{Hy}$	[N]	reakční síla ve vazbě H
$R_{Gy}$	[N]	reakční síla ve vazbě G
$F_P$	[N]	reakční síla ve vazbě Fp
$M_o(E)$	[N*m]	ohybový moment v bodě E
$M_o(A)$	[N*m]	ohybový moment v bodě A
$\sigma_{Nmax}$	[Mpa]	maximální ohybové napětí

$k_t$	[-]	bezpečnost k meznímu stavu na tah/tlak
$S_1$	[m <sup>2</sup> ]	obsah vnějšího obdélníkového profilu
$S_2$	[m <sup>2</sup> ]	obsah vnitřního obdélníkového profilu
$S$	[m <sup>2</sup> ]	obsah po odečtení $S_1$ a $S_2$ obdélníkového profilu
$\tau_s$	[MPa]	skutečné napětí ve smyku
$R_A$	[N]	zatěžující síla čepu
$R_D$	[N]	zatěžující síla čepu
$R_E$	[N]	zatěžující síla čepu
$\tau_{SDOV}$	[MPa]	maximální dovolené napětí
$k_s$	[-]	bezpečnost čepu ve střihu
$k_p$	[-]	bezpečnost čepu na otláčení
$p$	[MPa]	maximální dovolené napětí
$m_{skutečné}$	[kg]	skutečné zatížení kola
$F_{Pcelkové}$	[N]	síla působící na jeden hydraulický válec
$p_t$	[MPa]	pracovní tlak hydraulického válce
$S_v$	[m <sup>2</sup> ]	objem pístu hydraulického válce
$x_v$	[m]	zdvih hydraulického válce
$V$	[l]	objem hydraulického válce
$Q$	[l/min]	objemový průtok čerpadla
$t$	[s]	čas zdvihu zvedáku
$W$	[J]	práce vykonaná elektrickým motorem
$P$	[W]	výkon elektrického motoru



## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	1
<b>2. Zvedáky pro dvoustopá vozidla</b> .....	2
2.1 Jednosloupové zvedáky .....	2
2.2 Dvoustloupové zvedáky .....	5
2.3 Čtyřsloupové zvedáky .....	8
2.4 Nůžkové zvedáky .....	9
<b>3. Výpočet rozměrů navrhovaného zvedáku</b> .....	13
3.1 Výpočet rozměru L1 .....	14
3.2 Výpočet rozměru L2 a L3 .....	14
<b>4. Výpočet reakčních sil</b> .....	15
4.1 Uvolnění tělesa .....	16
4.2 Výpočet geometrie .....	20
4.3 Rovnice rovnováhy .....	22
4.4 Výpočet pomocí v programu matlab R2020b .....	26
<b>5. Vnitřní statické účinky těles</b> .....	28
5.1 Uvolnění těles .....	28
<b>6. Volba materiálu pro konstrukci nůžkového zvedáku</b> .....	36
6.1 Výpočet průřezového modulu v ohybu. ....	36
6.2 Výpočet na tah/tlak. ....	37
<b>7. Kontrola čepu na smyk a na otláčení.</b> .....	38
7.1 Výpočet čepu v bodě A. ....	38
7.2 Výpočet čepu v bodě D. ....	40
7.3 Výpočet čepu v bodě E. ....	41
7.4 Výpočet čepu v bodě B .....	43
7.5 Výpočet čepu v bodě $F_p$ .....	44
<b>8. Volba pohonného ústrojí.</b> .....	45
8.1 Volba hydraulického válce .....	45
8.2 Volba kompletního hydraulického agregátu .....	46
<b>9. Závěr</b> .....	51

## 1. Úvod

V celém odvětví strojního průmyslu je využívána celá řada zdvihacích mechanismů, různých konstrukcí s různými druhy pohonů. Časté jsou hydraulické pohony, které mají celou řadu předností, jako je síla, rychlost, přesnost. Velkou výhodou hydraulických pohonů je, že maže mechanické části, chrání kovy před korozí a odvádí ztrátové teplo. Lze dosáhnout rovnoměrného přímočarého pohybu a snadnou změnu směru pohybu. Ani životnost hydraulických pohonů není zanedbatelná. Snad jediná nevýhoda je, že v případě poruchy hrozí únik hydraulického oleje a tím znečištění prostředí. To platí hlavně u zemědělské techniky, kde jsou hydraulické pohony hodně využívány.

Tato bakalářská práce je zaměřena na konstrukci zvedacího zařízení pro motorová vozidla s hmotností do 3500 kg. Konstrukčně je řešeno zvedací zařízení pro menší servisní dílny a dílny menších podniků, které si provádějí běžnou údržbu na svém vozovém parku. Zvedací zařízení je určeno pro osobní a lehké dodávkové automobily.

Bakalářská práce je rozdělena na několik částí. První část je věnována vyráběným zdvihacím zařízením. U jednotlivých konstrukcí je uveden popis a foto dokumentace.

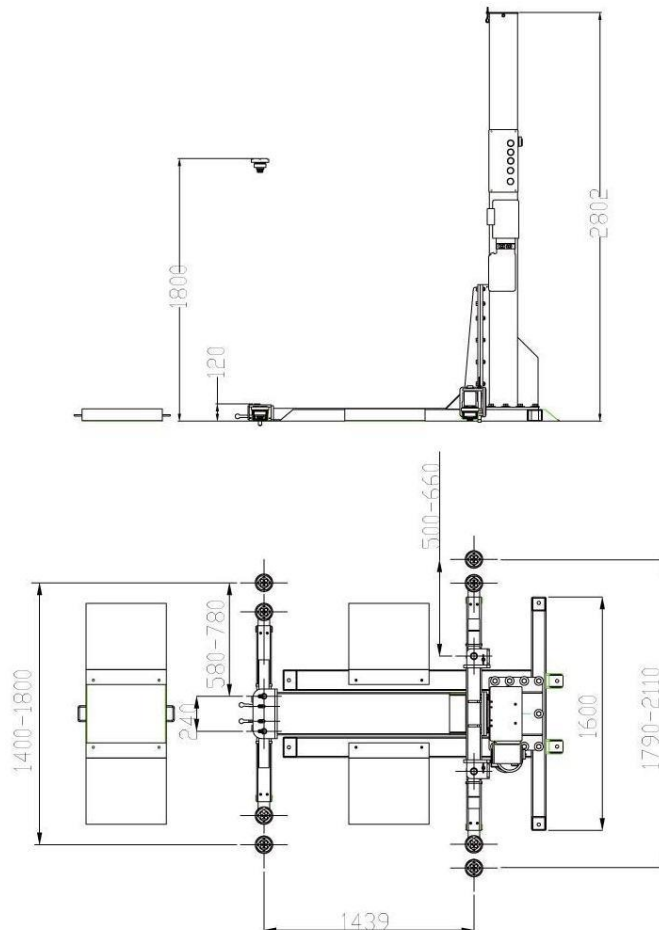
Druhá část je věnována návrhu vlastní konstrukce nůžkového mechanismu s hydraulickým pohonem. Navrhnout statický rozbor a určená zvedací síly. Na základě výpočtů je navrhnout hydraulický válec a hydraulický pohon. Dále jsou provedeny výpočty hlavních namáhaných míst, čepů. Z vypočtených hodnot jsou navrhnuty konstrukční profily a volba materiálu.

Cílem bakalářské práce je vyhotovení 3D modelu nůžkového zvedáku a zpracování 2D výkresové dokumentace.

## 2. Zvedáky pro dvoustopá vozidla

### 2.1 Jednosloupové zvedáky

Jednosloupový zvedák je určený pro malé prostory například pro rodinnou garáž nebo rychlý servis na dílně. Zvedáky mají zvedací kapacitu do 2500 kg, které umožní zvednout většinu osobních automobilů. U vozidla umístěné na zvedáku je možné otevřít pouze jednu stranu dveří. Důležité je umístění vozidla co nejbližší k ose zvedáku, tedy aby vozidlo bylo mezi patkami zvedáku. Zvedák je vybavený bezpečnostním ventilem, který předchází pádu vozidla při porušení olejové hadice. Dále je vybavený koncovým spínačem, který chrání vozidlo před pádem v případě špatné manipulace. [1,5]



Obrázek 1.: Jednosloupový stacionární zvedák [1]

Mobilní jednosloupový zvedák je flexibilnější. Zvedák se tak může pohybovat po garáži nebo dílně servisu. Zvedák je vybavený kolečky, ty umožňují pohyb zvedáku. Parametry zvedáku jsou stejné jako u stacionárního zvedáku. Proto se klade důraz na umístění vozidla na zvedák. Nevýhodou zařízení je přístup pouze k jedné straně dveří. Další nevýhodou jsou spodní ramena, která tvoří překážku pod vozidlem. Při neopatrnosti může dojít k úrazu, horní ramena držící vozidlo neumožňují například práci na výfukovém systému. Vozidlo se zvedá za tuhá místa karoserie, která jsou pro zvedání navržena. Je dobrý přístup k nápravám vozidla a k motorové části například pro výměnu kapalin. Nosnost zvedáku je do 2500 kg. Pohyb ramen zajišťuje hydraulický systém nebo elektrický motor se závitovou tyčí a maticí. Bezpečnost je zajištěna bezpečnostním ventilem nebo samosvorností pohybového ústrojí v případě šroubovice a mechanických zámků. [2,6]



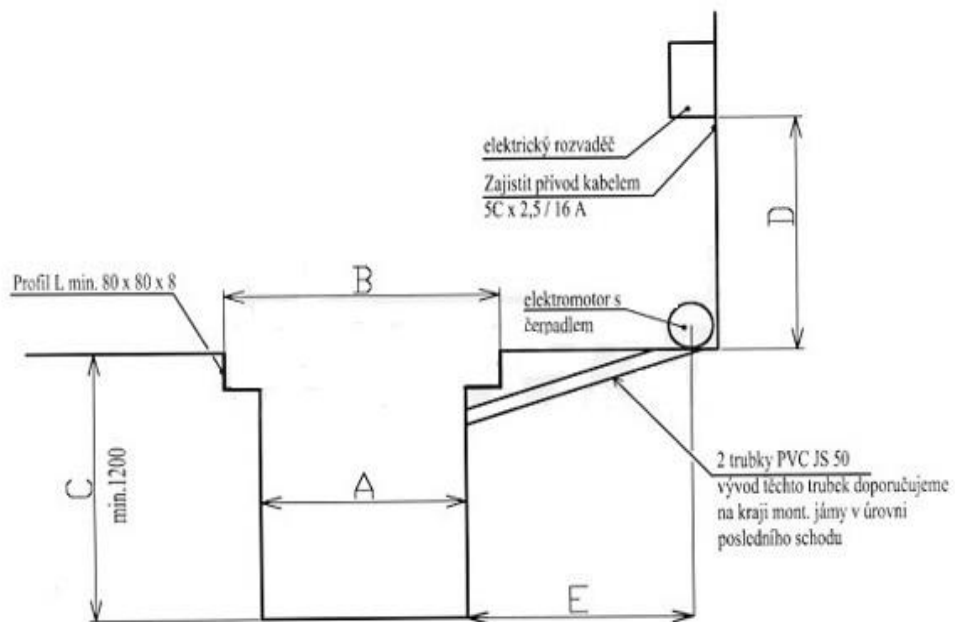
*Obrázek 2.: Jednosloupcový mobilní zvedák [2]*

Jámové zvedáky slouží pro těžší vozidla. Nejčastější použití je v autoservise nebo na STK s větším počtem zdvihů vozidel. Patky zvedáku mají po stranách zaoblené vybrání pro lepší stabilitu zvedané nápravy. Kladky pojezdu mají ložiska pro lepší a snadnější manipulaci zvedáku v jámě. Montážní jamy musí být zhotovená podle ČSN 736059 po celé

délce opatřené pojezdovou dráhou L profilu o minimálních rozměrech 80x80x8 mm. Nosnost může dosahovat až 20000 kg. [2,7,8]



Obrázek 3.: Jámový zvedák [8]



Obrázek 4.: Jáma pro zvedák [2]

Pístové zvedáky jsou umístěné v šachtě, zvedák má hydraulický píst, který se pohybuje pomocí hydraulického agregátu. Ovládací panel je umístěn externě například na zeď. Vozidlo najíždí přímo na zvedák, který má konstrukci ve tvaru písmene „H“. Vozidlo se zvedá za tuhá místa karoserie. Nevýhodou zvedáku je omezený přístup k podvozku vozidla. Výhoda je umístění zvedáku v zemi, nezabírá tolik místa a je nízká hluchnost při zdvihu. [2,3]

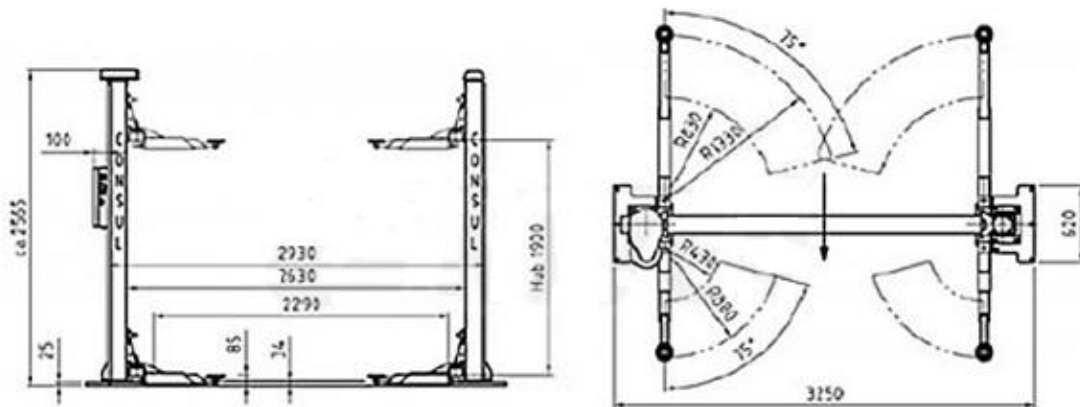


*Obrázek 5.: Jednopístový zvedák [3]*

## 2.2 Dvousloupové zvedáky

Elektromechanický zvedák pro osobní automobily do celkové hmotnosti 3000 kg. Propojení levé a pravé strany je zajištěno řetězem, který je veden ve spodní části zvedáku. Automobil musí překonat přejezd o výšce cca 35 mm. Nosné sloupy jsou ze speciálního válcovaného profilu, které jsou chráněny oplechováním před prachem. Jedná se o nejčastější typ zvedáku pro osobní automobily. Pohon je pomocí matice a šroubovice. Zvedání vozidla je zajištěno profily s koncovými podložkami nejčastěji s gumovou ochranou proti poškození zvedané části. Vozidlo je tedy zvedáno ve 4 bodech určené k umístění heveru výrobcem vozidla. Vozidlo je pak velmi dobře přístupné, pro všechny druhy oprav, jako je převodovka, motor, výfukový systém. Zvedák je umístěn na pevno k podlaze. Pokud je zvedák ovládán dvoumotorově nemá zvedák přejezdový rám, ale má elektrické vedení, které je vedeno horem zvedáku a je omezený zdvih vozidla. Koncový spínač zajistí, že se břemeno zastaví

v maximální dovolené výšce. Bezpečnost je zajištěna samosvornou maticí, bezpečnostními zámky. To umožní spuštění automobilu ručně při poruše či výpadku proudu. [2,4,5,6]



Obrázek 6.: Dvousloupový zvedák elektromechanický [2]

Elektrohydraulický zvedák je méně využíván z důvodů větší pořizovací ceny oproti elektromechanickému. Zvedák má větší nosnost cca 4000 kg. Pohyb zvedáku zajišťuje přímočarý hydromotor, elektromotor a čerpadlo oleje. Pohyb z hlavního hydromotoru přenáší ocelové lano na druhý sloup. Bezpečnost zajišťují mechanické západky a zpětné ventily. Vozidlo při poruše lze také spustit ručně na zem. Koncový spínač zajišťuje vypnutí agregátu v koncové poloze zvedáku. [2,5,6]



*Obrázek 7.: Dvoulouповý zvedák elektrohydraulický [2]*

Pístové zvedáky dělíme na dvoupístové a jednopístové. Dvoupístový zvedák je konstrukčně podobný jednopístovému. Dvoupístový zvedák se skládá ze tří základních komponent, zvedací jednotka což je válec s pístem, stejnoběžné propojení, hydraulický agregát, ovládací skříň. Dále zvedací/nosná konstrukce, která má různé provedení a instalační kazetu nebo rám. Dvoupístové hydraulické zvedáky nalézají uplatnění v běžných opravách, karosárnách, v mycích boxech pro mytí podvozkové části, a i v pneuservisech. Dvoupístové zvedáky nepůsobí v prostoru servisu rušivě a jsou tiché při provozu. Instalují se do ocelových, vodotěsných kazet, které se zasadí na podbetonované dno, vyrovná se pomocí vodováhy a obsype betonem. Ke kazetě je přivedena trubka pro přívod vedení. Ve vrchní části je osazovací rám a ovládací skříňka, která je umístěna na stěnu. [2,4,5,6]

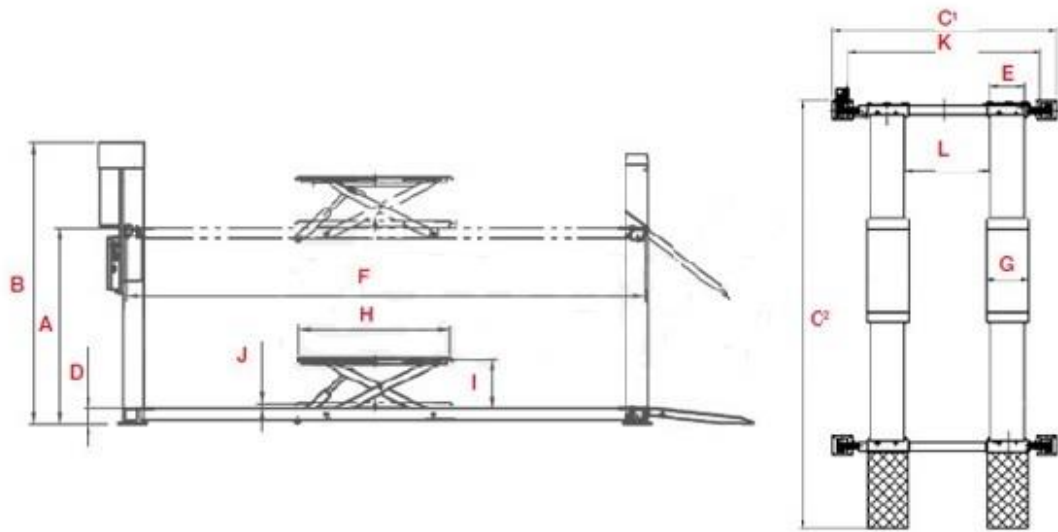




*Obrázek 8.: Dvoupístový zvedák [2]*

### 2.3 Čtyřsloupové zvedáky

Elektrohydraulický čtyřsloupový zvedák je jeden z nejrozšířenějších čtyřsloupových zvedáků. Má velmi tiché ovládání, možnost umístění podložek pro nastavování geometrie vozidla. Má integrované kolejničky pro přídavný zvedák pro přízdvih náprav vozidla, například pro výměnu kol, či výměnu tlumičů nebo per. Nájezdová rampa umožňuje najetí i sportovních automobilů s nízkou světlou výškou. Zvedák je vybaven bezpečnostním zvukovým signálem při dojíždění do spodní polohy pro oblast nohou. Je mimořádně spolehlivý a má dlouhou životnost. [2,3,6]



Obrázek 9.: Čtyřsloupcový zvedák [2]



Obrázek 10.: Příkladový zvedák [2]

## 2.4 Nůžkové zvedáky

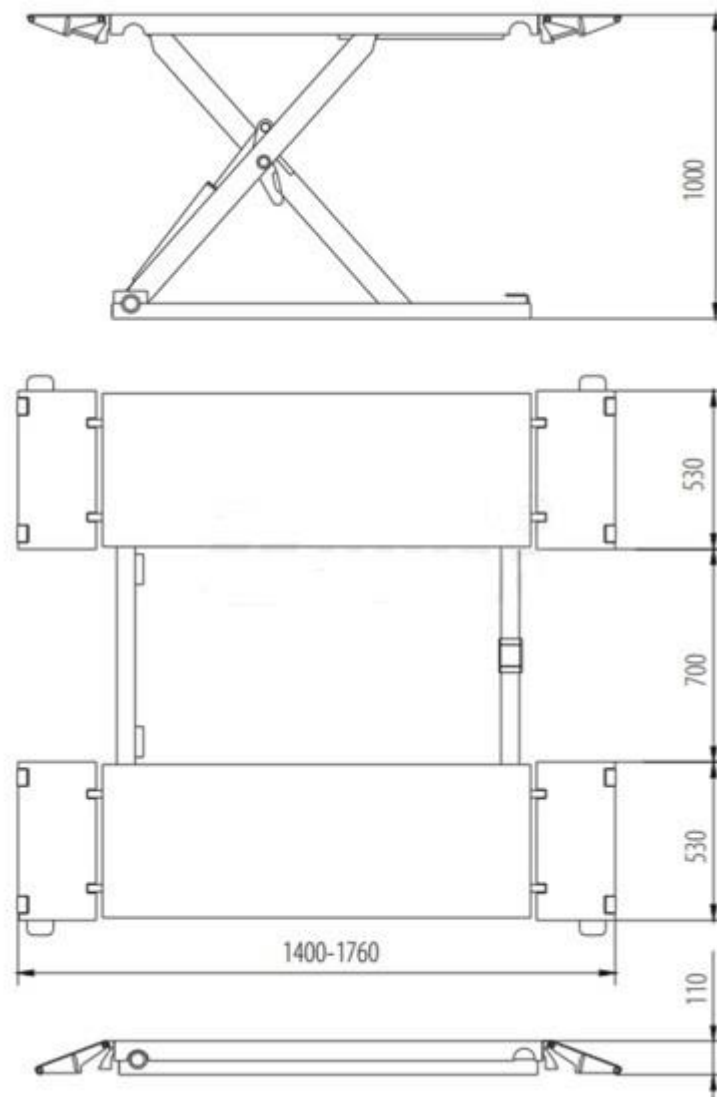
Přenosné nůžkové zvedáky mají nosnost 2500 kg a výškou zdvihu 80-460 mm. Zvedák má pohon zajištěný elektrohydraulickým pohonem. Hydraulická synchronizace je zajištěna ventilem a pojistnou vzpěrou pro dvounásobnou bezpečnost. Výhodou je nenáročný transport dílů, který usnadňují kolečka, i jejich nízká hmotnost.

Konstrukce je velmi odolná a vyžaduje malý prostor v garáži. Požaduje minimální údržbu a je velmi spolehlivá s dlouhou životností. [2,9]



*Obrázek 11.: Přenosné nůžkové zvedáky [2]*

Mobilní nůžkový zvedák má nosnost 3500 kg a střední zdvih 1000 mm. Pohon zvedáku je elektrohydraulický. Zvedák má dva spodní rámy, které leží na podlaze, každá část má svojí hydraulickou jednotku a má nájezdové plošinky pro lepší najetí vozidla. Je možné najíždět z obou stran, nájezdová výška je 110 mm. Je vybaven řadou bezpečnostních prvků, jako jsou bezpečnostní západky i systémem pro vyrovnání nosných plošin. Možnost bezproblémového přemístění pomocí koleček. Kolečky je vybavena i ovládací jednotka. Ovládání je velmi snadné a zcela bezpečné, provádí se tlačítky na ovládacím panelu. Zvedák je velmi spolehlivý na provoz a je minimálně náročný na údržbu. [2,3,4,5]



Obrázek 12.: Mobilní nůžkový zvedák [2]

Nůžkový zvedák stacionární s nosností cca 3000 kg, je velmi podobný mobilnímu, ale je na pevno nainstalovaný na podlahu, díky tomu je více stabilní. Nemusíme dělat žádné úpravy podlahy v podobě kopání jámy. Je ovládán elektrohydraulicky, obě plošiny jsou vybaveny zdvojenými válci. Zvedák je vybaven zvukovým signálem při spuštění v oblasti nohou. Je velmi spolehlivý a má velmi dlouhou živostnost. [2,3,4,5]



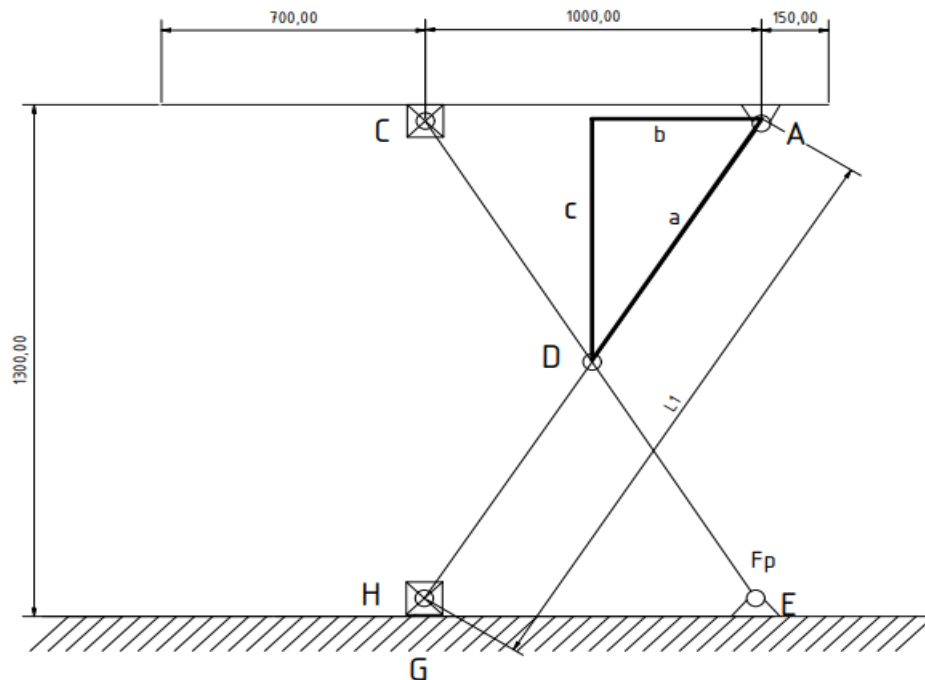
*Obrázek 13.: Nůžkový zvedák stacionární [2]*

Nůžkový plošinový zvedák má velkou nosnost až 5500 kg. Instaluje se do úrovně podlahy nebo s použitím 2 nájezdových ramp i na podlahu. Zvedák se hodí na měření geometrie kol. Kontrola stejného zvedání obou plošin je zajištěna pomocí foto-senzoru neboli světelné závory. Má stupňové mechanické západkové zařízení, které se pneumaticky odblokuje při stisknutí tlačítka při procesu spouštění. Nájezdové plošiny po zdvihu chrání vozidlo proti sjetí ze zvedáku. Zvedák je vybavený kolejnicemi pro přídatný zvedák pro přízdvih náprav. Zvedák je vybaven zvukovou signalizací při klesání v oblasti nohou. [2,3,4,5]



*Obrázek 14.: Nůžkový plošinový zvedák [2]*

### 3. Výpočet rozměrů navrhovaného zvedáku



Obrázek 15.: schéma zvedáku v horní poloze

Výšku zvedáku jsem volil na 1300 mm z důvodu, že zvedák má být pro komerční účely, které si zajišťují běžnou údržbu svých vozidel. Není určen pro velký profesionální servis, ale jde využít v pneuservisech a v menších autoservisech, v detailingové dílně pro mytí podvozkové části vozu. Celková délka horní plošiny je volena 1850 mm z důvodu, aby se plošina vešla mezi kola osobního automobilu. Vzdálenost jsem odměřoval na běžném osobním automobilu Bmw e91 kde vzdálenost mezi koncem předního kola a začátkem předního kola je 2100 mm. Vzdálenost mezi čepy v horní úvrati je též brána z ustavovacích patek na vozidle Bmw e91, neboli body kde má vůz výrobcem umístěné body na zdvih automobilu.

### 3.1 Výpočet rozměru L1

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$c = 650 \text{ mm}$$

$$a = ? = L_1/2$$

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}$$

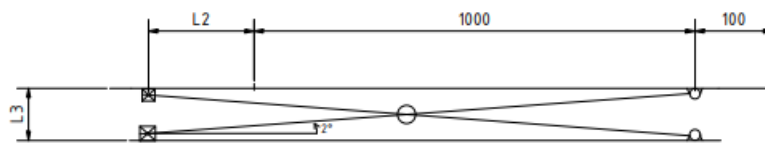
$$a = \sqrt{500^2 + 650^2} = 820 \text{ mm}$$

(1.1)

$$L_1 = 2 * a = 2 * 820 \text{ mm} = 1640 \text{ mm}$$

(1.2)

### 3.2 Výpočet rozměru L2 a L3



Obrázek 16.: Zvedák v dolní poloze

Posuv pojezdu:

$$L_2 = L_1 * \cos(4) - 1000 = 1640 * \cos(4) - 1000 = 636 \text{ mm}$$

(1.3)

Minimální výška zařízení:

$$L_3 = L_1 * \sin(4) = 114,4 \text{ mm}$$

(1.4)

Z výstupních hodnot plyne, že minimální výška zvedáku je 114,4mm tím je splněna podmínka, že zvedák může být umístěný na podlaze a auto na zvedák bezpečně najede a zůstane potřebná výška pro umístění gumových patek mezi zvedák a automobil. Pro vozidlo, které má menší minimální výšku, například supersporty, bude ke zvedáku dodávána nájezdová plošina.

## 4. Výpočet reakčních sil

Jednotlivé členy mechanické soustavy byly uvolněny – mechanické vazby jsou nahrazeny reakcemi. Zde je třeba dát pozor na jejich orientaci. Nyní je možné vyjádřit rovnice rovnováhy pro každý člen mechanismu. Obecně v rovině lze popsat každý člen pomocí tří rovnic rovnováhy. Ovšem v našem případě členy 5 a 6 je možné uvažovat pouze jako bodové a odpadají tedy momentové rovnice rovnováhy. Po vyškrtnutí nulových reakcí vidíme, že dostáváme soustavu deseti rovnic o deseti neznámých. Tuto soustavu rovnic můžeme vyjádřit v maticovém tvaru a vyřešit pomocí programu Matlab.

$$A \cdot r = f \rightarrow r = A^{-1} \cdot f$$

kde A je distribuční matice, r je vektor reakcí a f je vektor vnějších sil.

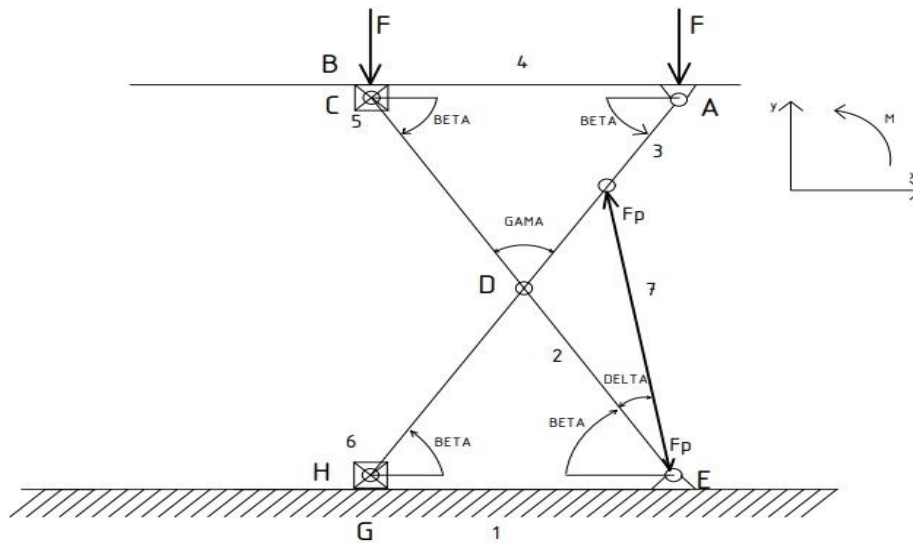
Zápis řešení soustavy rovnic v programu Matlab je proveden tímto způsobem:

$$r = A \setminus f$$

Počet stupňů volnosti

$$i = 3 * (5 - 1) - (1 * 2) - (2 * 5) = 0$$





Obrázek 17.: Zavedení sil

Maximální nosnost je 3500 kg, při výpočtu budu počítat 4000 kg při zohlednění váhy zvedáku a bezpečnosti. Sílu F pohlcuje zvedák ve 8 bodech.

$$M = 4000kg$$

$$m_1 = \frac{4000}{8} = 500 kg$$

$$g = 9,81m/s^2$$

$$F = m * g = 500 * 9,81 = 4905N$$

(1.5)

#### 4.1 Uvolnění tělesa

##### Těleso 2

$$x_2 = L_1 * \cos\beta$$

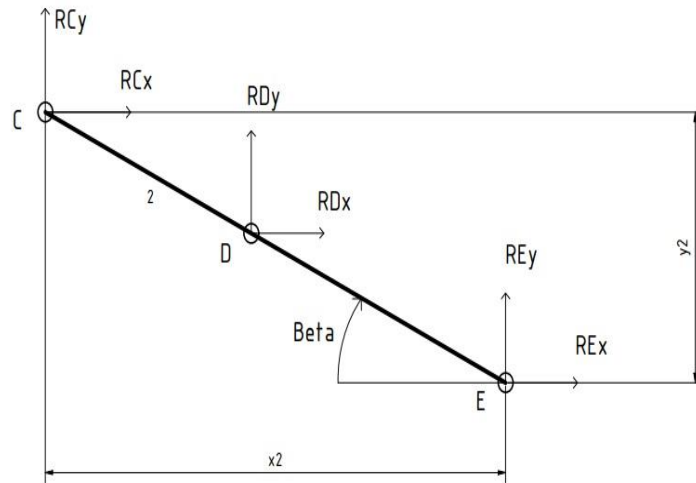
(1.6)

$$y_2 = L_1 * \sin\beta$$

(1.7)

$$R_{Cx} = 0$$

(1.8)



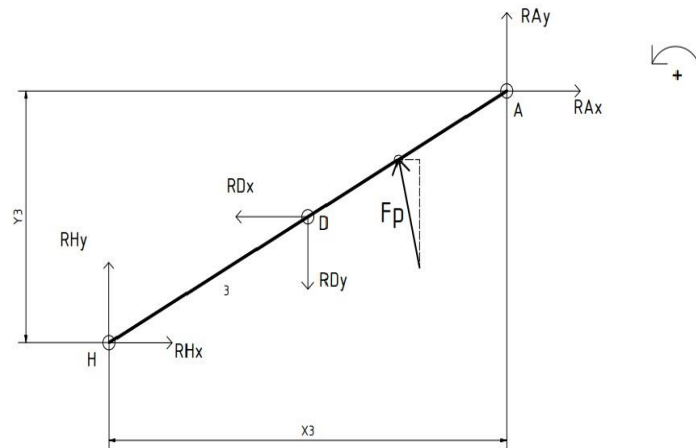
Obrázek 18.: Uvolnění tělesa 2

### Těleso 3

$$(1.9) \quad x_3 = L_5 * \cos\beta$$

$$(1.10) \quad y_3 = L_5 * \sin\beta$$

$$(1.11) \quad R_{Hx} = 0$$



Obrázek 19.: Uvolnění tělesa 3

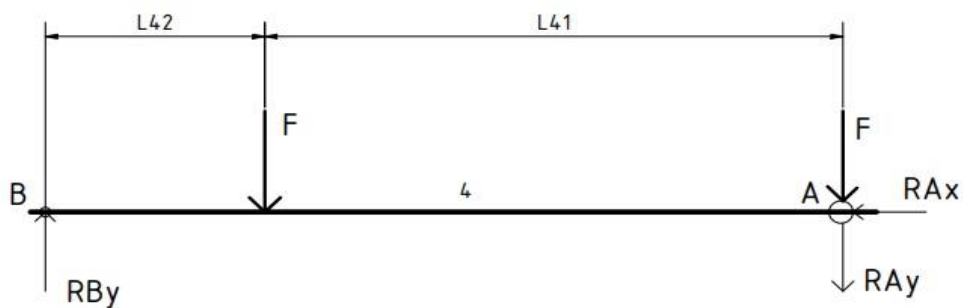
#### Těleso 4

$$x: -R_{Ax} = 0$$

(1.12)

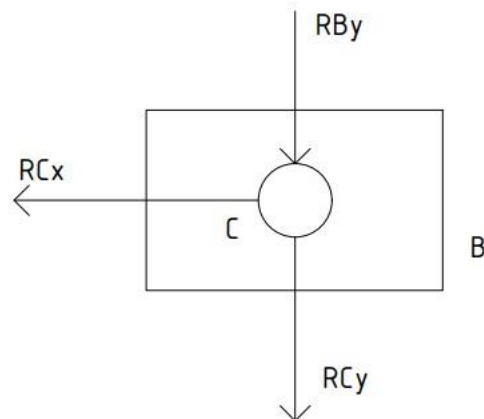
$$y: R_{By} - 2 * F - R_{Ay} = 0$$

(1.13)



Obrázek 20.: Uvolnění tělesa 4

**Těleso 5**



*Obrázek 21.: Uvolnění tělesa 5*

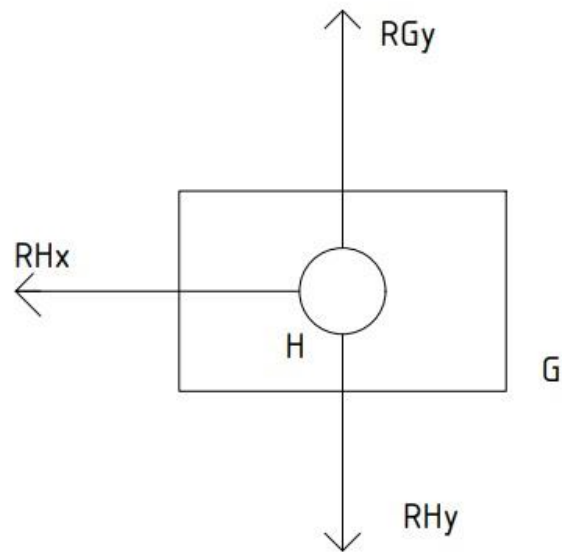
$$(1.14) \quad x: R_{Cx} = 0$$

$$(1.15) \quad y: -R_{By} - R_{Cy} = 0$$

**Těleso 6**

$$(1.16) \quad x: R_{Hx} = 0$$

$$(1.17) \quad y: R_{Gy} - R_{Hy} = 0$$



Obrázek 22.: Uvolnění tělesa 6

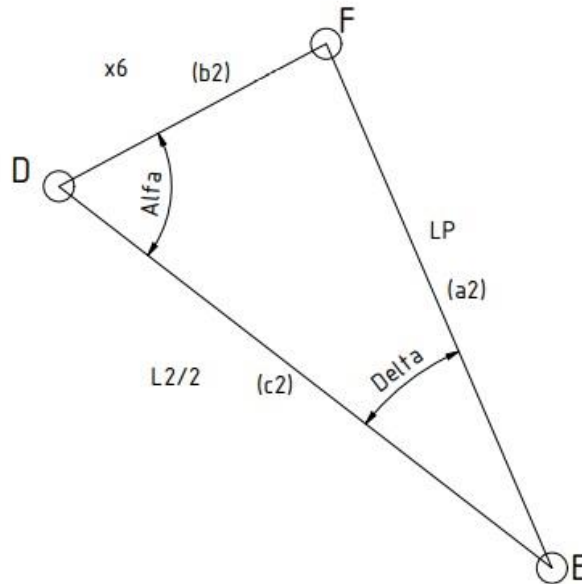
## 4.2 Výpočet geometrie

$$a_2^2 = b_2^2 + c_2^2 - 2 * b_2 * c_2 * \cos\alpha \quad (1.18)$$

$$2 * b_2 * c_2 * \cos\alpha = b_2^2 + c_2^2 - a_2^2 \quad (1.19)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{b_2^2 + c_2^2 - a_2^2}{2 * b_2 * c_2}\right) \quad (1.20)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{(x_6)^2 + \left(\frac{L_2}{2}\right)^2 - L_p^2}{2 * L_2 * L_3}\right) \quad (1.21)$$



Obrázek 23: Výpočet geometrie

Dopočítání úhlu beta

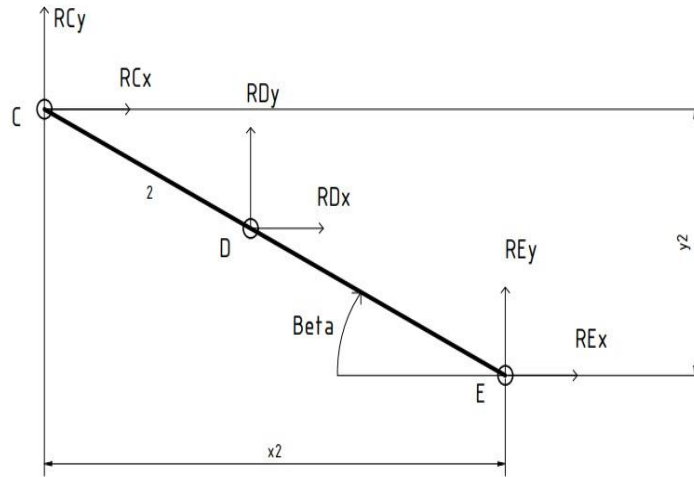
$$180 = 2 * \beta + \gamma \quad \text{kde } \gamma = 180 - \alpha$$

$$\beta = \frac{180 - \gamma}{2} = \frac{180 - (180 - \alpha)}{2} = \frac{\alpha}{2}$$

(1.22)

### 4.3 Rovnice rovnováhy

#### Těleso 2



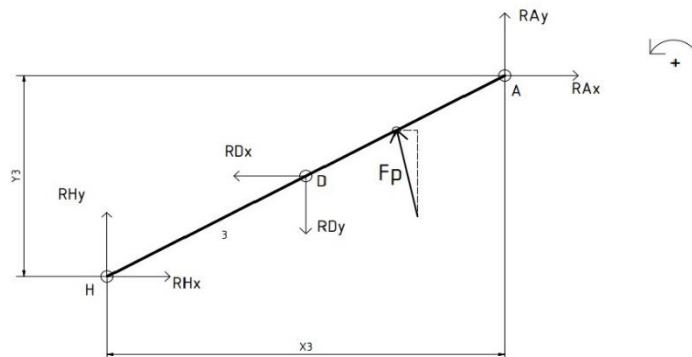
Obrázek 24.: Uvolnění tělesa 2

$$(1.23) \quad x: R_{Cx} + R_{Dx} + R_{Ex} = 0$$

$$(1.24) \quad y: R_{Cy} + R_{Dy} + R_{Ey} = 0$$

$$(1.25) \quad M_O(E): -R_{Cy} * x_2 - R_{Cx} * y_2 - R_{Dx} * \frac{y_2}{2} - R_{Dy} * \frac{x_2}{2} = 0$$

#### Těleso 3



Obrázek 25.: Uvolnění tělesa 3

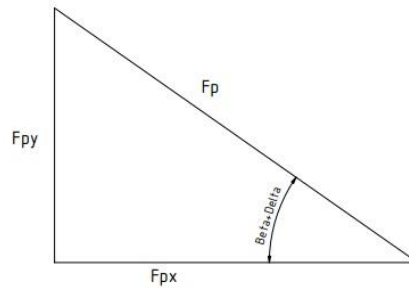
$$x: R_{Hx} - R_{Dx} - F_{Px} - R_{Ax} = 0 \quad (1.26)$$

$$y: R_{Hy} - R_{Dy} + F_{Py} + R_{Ay} = 0 \quad (1.27)$$

$$M_O(A): R_{Hx} * y_3 - R_{Hy} * x_3 - R_{Dx} * \frac{y_3}{2} - R_{Dy} * \frac{x_3}{2} - R_{Dy} * \frac{x_3}{2} - F_{Px} * y_5 - F_{Py} * x_5 = 0$$

$$(1.28)$$

Dopočet síly  $F_{Py}$  a  $F_{Px}$



Obrázek 26.: Dopočet síly  $F_{Py}$  a  $F_{Px}$

$$F_{Px} = F_p * \cos(\beta + \delta) \quad (1.29)$$

$$F_{Py} = F_p * \sin(\beta + \delta) \quad (1.30)$$

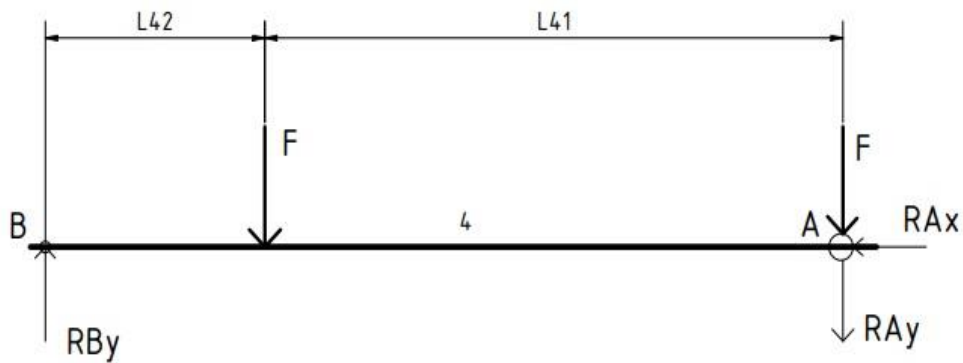
$$\delta = \arccos\left(\frac{c_2^2 + a_2^2 - b_2^2}{2 * c_2 * a_2}\right)$$

$$\delta = \arccos\left(\frac{\left(\frac{L_2}{2}\right)^2 + L_P^2 - (x_6)^2}{L_2 * L_P}\right) \quad (1.31)$$



### Těleso 4

V tělese číslo 4 až 6 využívám rovnic 1.12 až 1.17



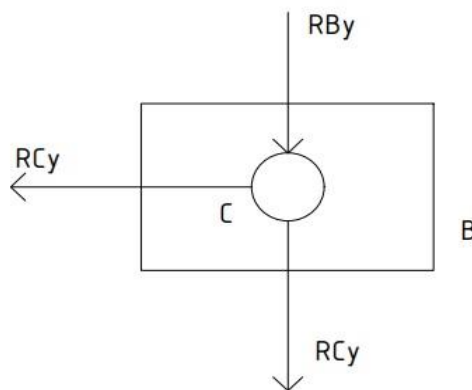
Obrázek 27.: Uvolnění tělesa 4

$$(1.32) \quad x: -R_{Ax} = 0$$

$$(1.33) \quad y: R_{By} - 2 * F - R_{Ay} = 0$$

$$(1.34) \quad M_O(A): -R_{By} * L_4 + F * L_{41} = 0$$

### Těleso 5

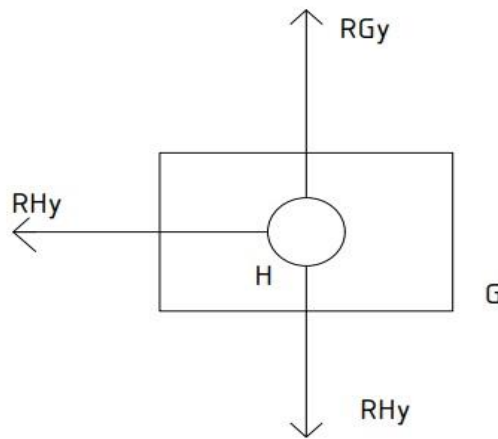


Obrázek 28.: Uvolnění tělesa 5

$$(1.35) \quad x: R_{Cx} = 0$$

$$(1.36) \quad y: -R_{By} - R_{Cy} = 0$$

### Těleso 6



Obrázek 29.: Uvolnění tělesa 6

$$(1.37) \quad x: R_{Hx} = 0$$

$$(1.38) \quad y: R_{Gy} - R_{Hy} = 0$$

**4.4 Výpočet pomocí v programu matlab R2020b**

$$\begin{bmatrix} R_{Ay} & R_{By} & R_{Cy} & R_{Dx} & R_{Dy} & R_{Ex} & R_{Ey} & R_{Gy} & R_{Hy} & F_p \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -x2 & -\frac{y2}{2} & -\frac{x2}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos(\beta + \delta) \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & \sin(\beta + \delta) \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{y3}{2} & \frac{x3}{2} & 0 & 0 & 0 & -x3 & -\cos(\beta + \delta) * y5 - \sin(\beta + \delta) * x5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$* \begin{bmatrix} R_{Ay} \\ R_{By} \\ R_{Cy} \\ R_{Dx} \\ R_{Dy} \\ R_{Ex} \\ R_{Ey} \\ R_{Gy} \\ R_{Hy} \\ F_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2F \\ F * L41 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Výsledky reakcí v dolní poloze zvedáku:

$$R_{Ax} = 0 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = -6326,8 \text{ N}$$

$$R_{By} = 3483,2 \text{ N}$$

$$R_{Cx} = 0 \text{ N}$$

$$R_{Cy} = -3483,2 \text{ N}$$

$$R_{Dx} = -49600 \text{ N}$$

$$R_{Dy} = 35176 \text{ N}$$

$$R_{Ex} = 49600 \text{ N}$$

$$R_{Ey} = -31693 \text{ N}$$

$$R_{Hx} = 0 \text{ N}$$

$$R_{Hy} = 9328,3 \text{ N}$$

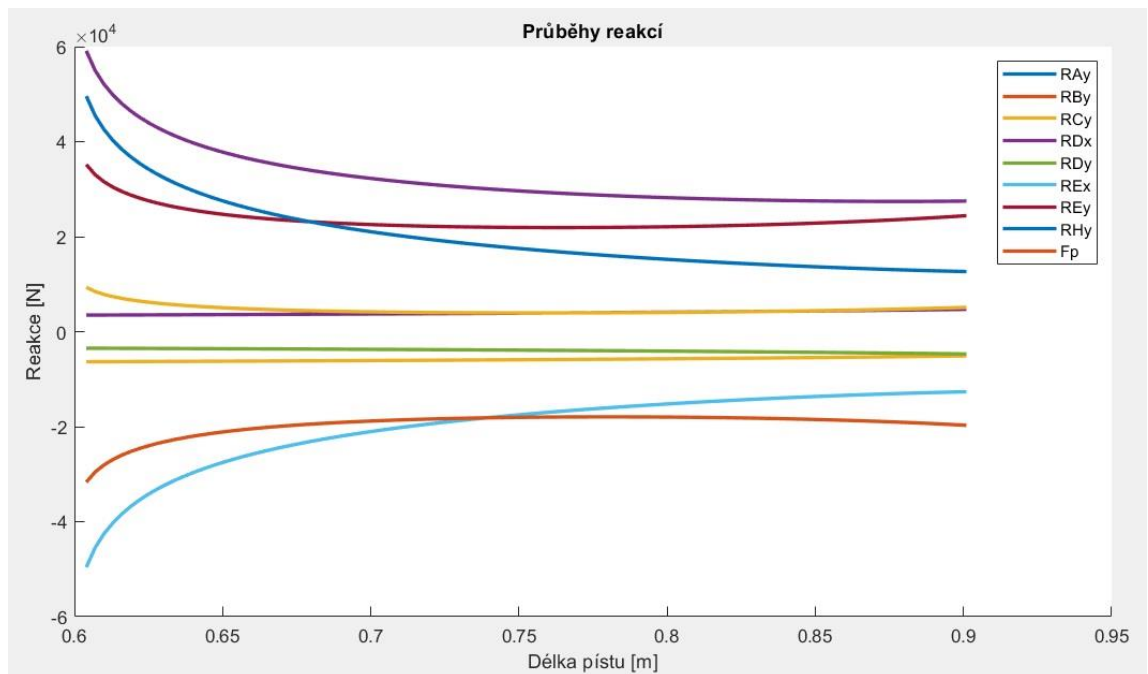
$$R_{Gy} = 9328,3 \text{ N}$$

$$F_p = 59121 \text{ N}$$

Výstupní hodnoty:

$R_{Ax}, R_{Ay}$	reakční síly ve vazbě A	(N)
$R_{By}$	reakční síly ve vazbě B	(N)
$R_{Cx}, R_{Cy}$	reakční síly ve vazbě C	(N)
$R_{Dx}, R_{Dy}$	reakční síly ve vazbě D	(N)
$R_{Ex}, R_{Ey}$	reakční síly ve vazbě E	(N)
$R_{Hx}, R_{Hy}$	reakční síly ve vazbě H	(N)
$R_{Gy}$ ,	reakční síly ve vazbě G	(N)
$R_p$	poloviční síla na jeden hydraulický válec	(N)

Výsledný graf průběhů reakčních sil



Obrázek 30.: Grafické znázornění průběhu reakcí

## 5. Vnitřní statické účinky těles

Uvažujme jako těleso nosník na dvou podporách. Nosníkem nazýváme těleso výrazně podlouhlého tvaru, nejčastěji stálého průřezu. Metodou myšleného řezu rozdělíme nosník v libovolném místě na dvě části I a II. V místě řezu působí obě části na sebe stejně velkými opačně orientovanými silami. Tyto síly nazýváme vnitřními silami. [12]

Posouvající síla T:

Leží v rovině myšleného řezu, prezentuje smykové zatížení.

Normálová síla N:

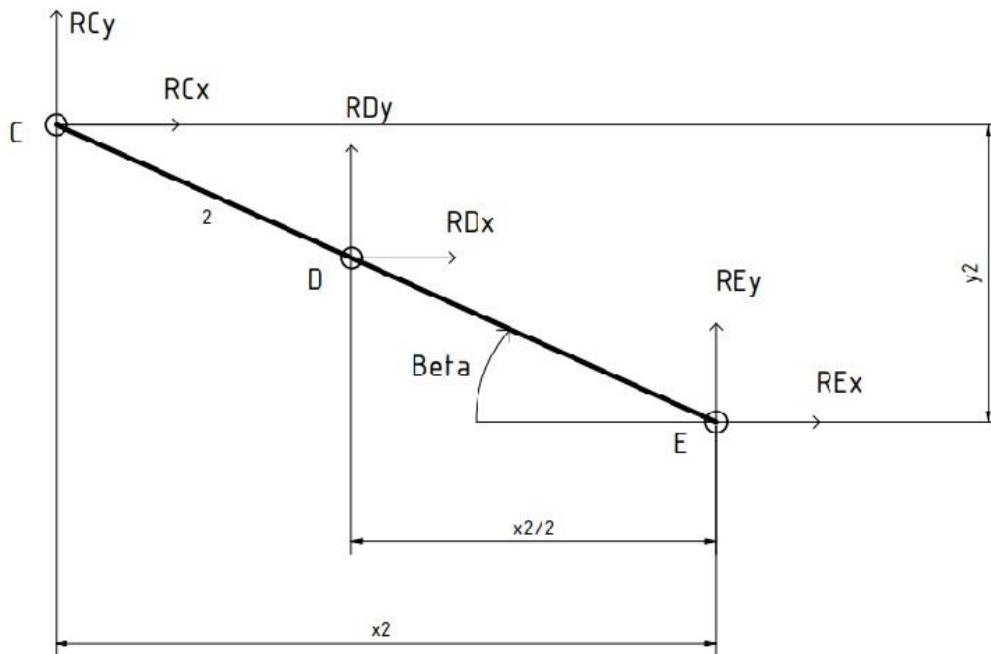
Je kolmá k rovině myšleného řezu, představuje tahové nebo tlakové zatížení.

Ohybový moment M:

Odpovídá ohybovému zatížení. [12]

### 5.1 Uvolnění těles

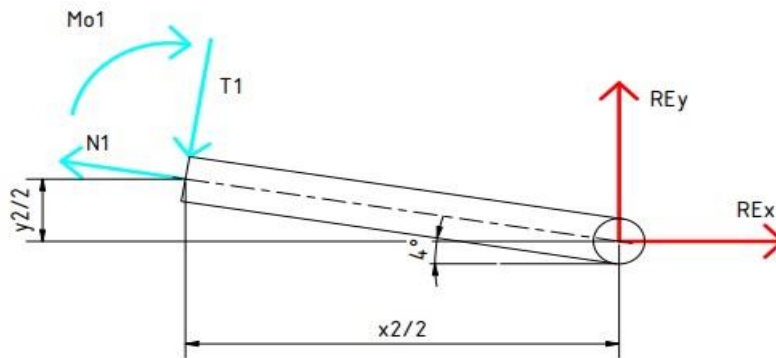
Těleso 2



Obrázek 31.: Uvolnění tělesa 2

Rozdělení tělesa na 2 části. Pro uvolnění a výpočet použijí již zavedené souřadnice  $x_2$  a  $y_2$

Část 1:



Obrázek 32.: Těleso 2, část 1

$$x \in (0, \frac{x_2}{2})$$

$$y \in (0, \frac{y_2}{2})$$

$$N_1 = -R_{Ey} * \cos(86) + R_{Ex} * \cos(4) = 51689,97 \text{ N}$$

(1.39)

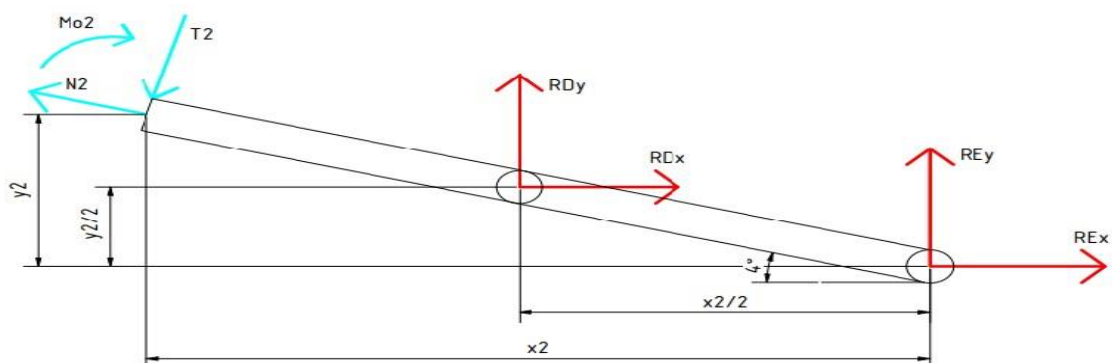
$$T_1 = +R_{Ey} * \sin(86) + R_{Ex} * \sin(4) = -28233,08 \text{ N}$$

(1.40)

$$M_{O1} = -R_{Ey} * x - R_{Ex} * y = 2452,5 \text{ Nm}$$

(1.41)

Část 2:



Obrázek 33.: Těleso 2, část 2

$$x \in \left(\frac{x_2}{2}, x_2\right)$$

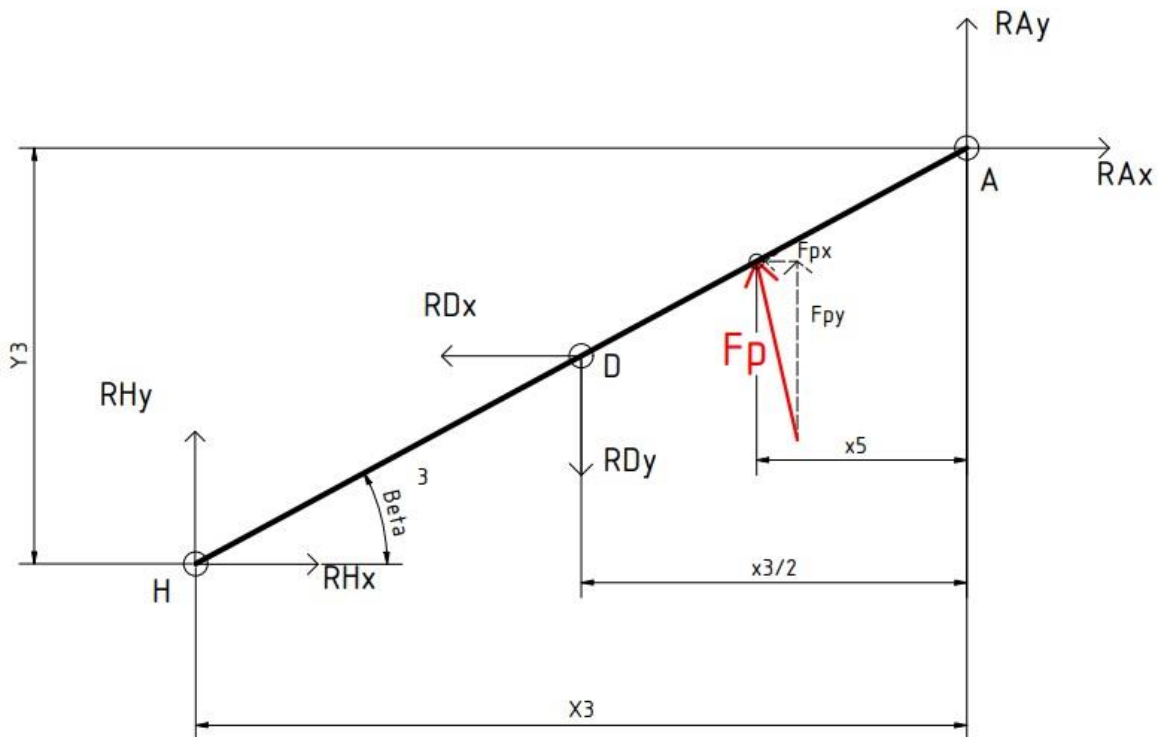
$$y \in \left(\frac{y_2}{2}, y_2\right)$$

$$N_2 = -R_{Ey} * \cos(86) + R_{Ex} * \cos(4) - R_{Dy} * \cos(86) + R_{Dx} * \cos(4) = -242,96 \text{ N} \quad (1.42)$$

$$T_2 = +R_{Dy} * \sin(86) + R_{Dx} * \sin(4) + R_{Ey} * \sin(86) + R_{Ex} * \sin(4) = 3574,21 \text{ N} \quad (1.43)$$

$$M_{O2} = -R_{Ey} * x - R_{Ex} * y - R_{Dy} \left(x - \frac{x_2}{2}\right) - R_{Dx} \left(y - \frac{y_2}{2}\right) = 0 \text{ Nm} \quad (1.44)$$

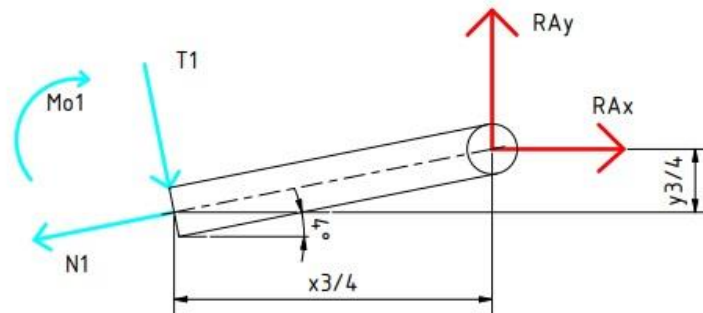
### Těleso 3



Obrázek 34.: Uvolnění tělesa 3

Rozdělení tělesa na 3 části z důvodu síly  $F_p$ . Pro uvolnění a výpočet použijí již zavedené souřadnice  $x_3$  a  $y_3$ . Ve 2 části použijí vypočtené hodnoty  $F_{px}$  a  $F_{py}$ .

Část 1:



Obrázek 35.: Těleso 3, část 1

$$x \in (0, x_5)$$

$$y \in (0, y_5)$$

$$N_1 = R_{Ay} * \cos(86) = -441,27 \text{ N}$$

(1.45)

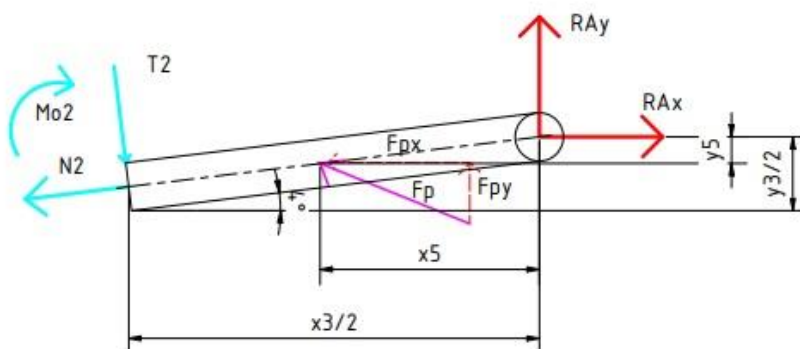
$$T_1 = R_{Ay} * \sin(86) = -6311,39 \text{ N}$$

(1.46)

$$M_{O1} = -R_{Ay} * x = 3299,7 \text{ Nm}$$

(1.47)

Část 2:



Obrázek 36.: Těleso 3, část 2

$$x \in (x_5, \frac{x_3}{2})$$



$$y \in (y_5, \frac{y_3}{2})$$

$$N_2 = +R_{Ay} * \cos(86) + F_{py} * \cos(86) - F_{px} * \cos(4) = -47676,096N$$

(1.48)

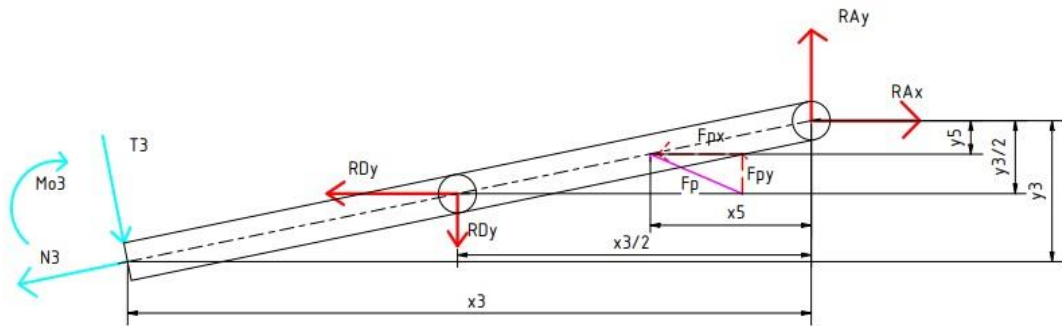
$$T_2 = R_{Ay} * \sin(86) + F_{py} * \sin(86) + F_{px} * \sin(4) = 22324,31 N$$

(1.49)

$$M_{O2} = -R_{Ay} * x - F_{py} * (x - x_5) - F_{px}(y - y_5) = -6568 Nm$$

(1.50)

Část 3:



Obrázek 37.: Těleso 3, část 3

$$x \in (\frac{x_3}{2}, x_3)$$

$$y \in (\frac{y_3}{2}, y_3)$$

$$N_3 = R_{Ay} * \cos(86) + F_{py} * \cos(86) - F_{px} * \cos(4) - R_{Dy} * \cos(86) - R_{Dx} * \cos(4)$$

$$= -650,67N$$

(1.51)

$$T_3 = R_{Ay} * \sin(86) + F_{py} * \sin(86) + F_{px} * \sin(4) - R_{Dy} * \sin(86) + R_{Dx} * \sin(4)$$

$$= -16225,92 N$$

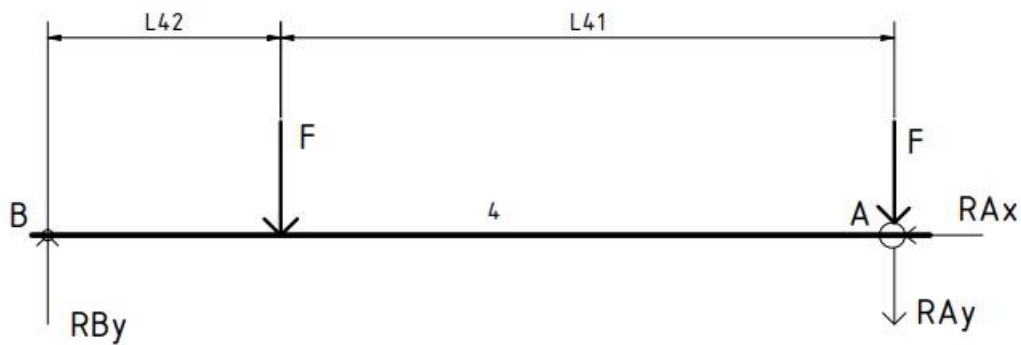
(1.52)

$$M_{O3} = -R_{Ay} * x - F_{py} * (x - x_5) - F_{px}(y - y_5) + R_{Dy} \left(x - \frac{x_3}{2}\right) - R_{Dx} \left(y - \frac{y_2}{2}\right)$$

$$= 0 Nm$$

(1.53)

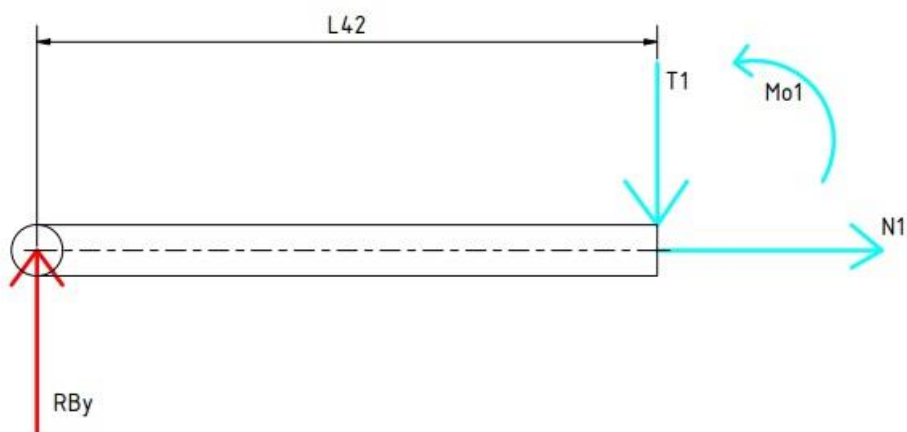
**Těleso 4**



*Obrázek 38.: Uvolnění tělesa 4*

Rozdělení tělesa na 2 části. Pro uvolnění a výpočet použijí již zavedené hodnoty  $L_{42}$  a  $L_{41}$ .

Část 1:



*Obrázek 39.: Těleso 4, část 1*

$$N_1 = 0 \text{ N}$$

(1.54)

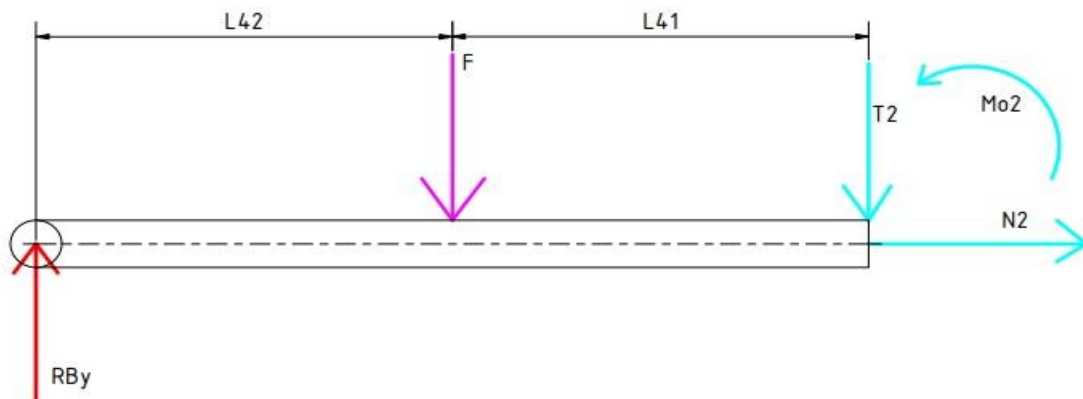
$$T_1 = +R_{By} = 3483,2 \text{ N}$$

(1.55)

$$M_{O1} = -R_{By} * L_{42} = -1421,8 \text{ Nm}$$

(1.56)

Část 2:



Obrázek 40.: Těleso 4, část 2

$$N_2 = 0 \text{ N}$$

(1.57)

$$T_2 = -F + R_{By} = -1421,8 \text{ N}$$

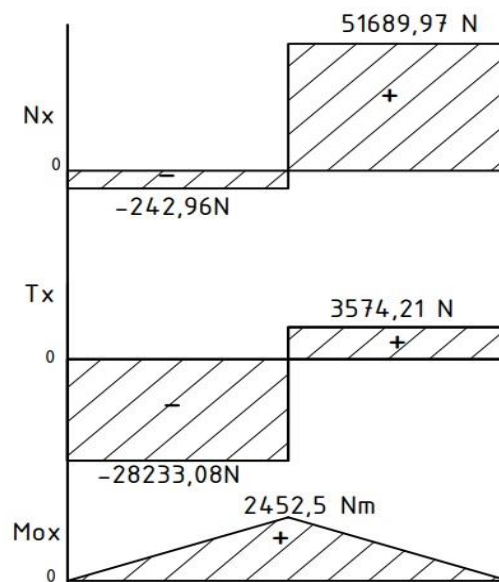
(1.58)

$$M_{O2} = -R_{By} * (L_{42} + L_{41}) + F * L_{41} = 0 \text{ Nm}$$

(1.59)

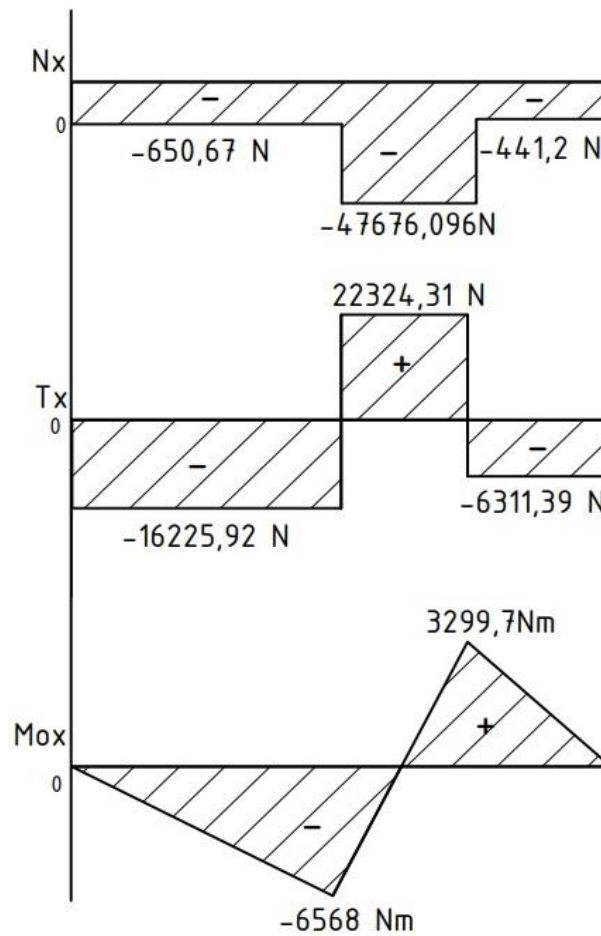
Grafické znázornění vnitřních statických účinků pro těleso 2 až těleso 4.

### Těleso 2



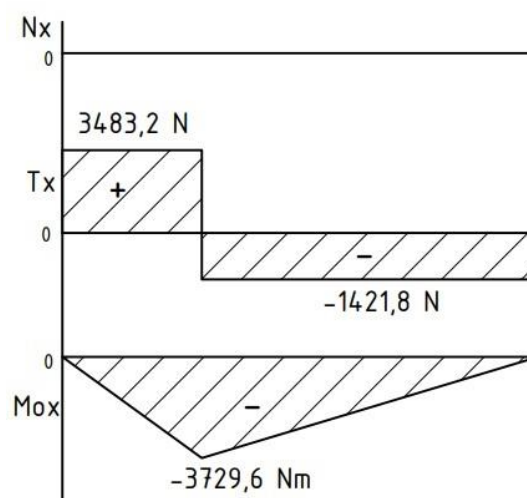
Obrázek 41.: Grafické znázornění pro těleso 2

**Těleso 3**



Obrázek 42.: Grafické znázornění pro těleso 3

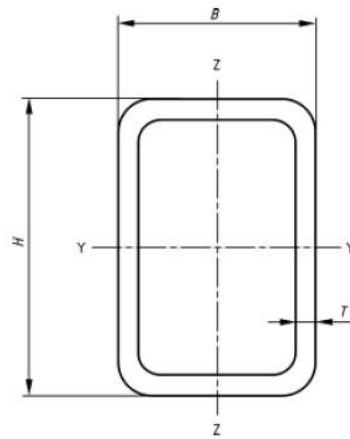
**Těleso 4**



Obrázek 43.: Grafické znázornění pro těleso 2

## 6. Volba materiálu pro konstrukci nůžkového zvedáku

Materiál volím podle maximálního zjištěného napětí. Protože všechny čtyřhranné trubky (4 jekly) budou stejného průřezu, mohu provést výpočet pouze pro jeden profil s maximálním napětím 0. Volím obdélníkový profil s rozměry 100x80x8mm S355J2H EN10219. [13]



Obrázek 44.: Obdélníkový profil 80x40x5mm [14]

### 6.1 Výpočet průřezového modulu v ohybu

Veličiny  $W_o$  a  $W_k$  jsou odvozeny z hodnot kvadratického a polárního průřezu. [16]

Základní hodnoty profilu 100x80x6mm

$$H = 0,1 \text{ m}$$

$$B = 0,08 \text{ m}$$

$$t = 0,008 \text{ m}$$

Pro výpočet musím odečíst vnitřní obdélník od vnějšího, abych dostal  $W_o$  pouze daného průřezu. Pro výpočet zanedbám zaoblení profilu.

$$h = H - 2 * t = 0,084 \text{ m}$$

(1.60)

$$b = B - 2 * t = 0,064 \text{ m}$$

(1.61)

Maximální moment a mez pevnosti v tahu.

$$M_{Omax1} = 5461,1 Nm$$

$$R_e = 355 MPa [9]$$

Výpočet modulu průřezu a kvadratického momentu průřezu.

$$W_{oz} = \frac{J_z}{e} = \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{b * h^3}{6}$$

(1.62)

$$J_{z1} = \frac{B * H^3}{12} = \frac{0,06 * 0,8^2}{12} = 4,26 * 10^{-6} m^4$$

(1.63)

$$J_{z2} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,044 * 0,064^2}{12} = 1,835 * 10^{-6} m^4$$

(1.63)

$$W_o = \frac{J_{z1}}{e} - \frac{J_{z1}}{e} = \frac{\frac{B * H^3}{12}}{\frac{H}{2}} - \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = 2,181 * 10^{-5} m^3$$

(1.64)

Maximální ohybové napětí, které mi vychází s tělesa 3.

$$\sigma_{max1} = \frac{M_{Omax2}}{W_o} = \frac{6568}{4,151 * 10^{-5}} = 158,3 MPa$$

(1.65)

Bezpečnost

$$k_{p1} = \frac{R_e}{\sigma_{max1}} = \frac{355}{158,3} = 2,24$$

(1.66)

[17]

Z výpočtů bezpečnosti vyplývá, že profil 80x60x8mm vyhovuje z hlediska pružnosti.

## 6.2 Výpočet na tah/tlak

Nejvyšší tah/tlak je u tělesa1 maximální síla je  $N_1 = 51689,97 N$

$$\sigma_{Nmax} = \frac{N_1}{S}$$

(1.67)

$$S_1 = H * B = 0,0048 \text{ m}^2$$

(1.68)

$$S_2 = h * b = 0,002816 \text{ m}^2$$

(1.69)

$$S = S_1 - S_2 = 0,001984 \text{ m}^2$$

(1.70)

$$\sigma_{Nmax} = \frac{N_1}{S} = \frac{51689,97}{0,001984} = 26,05 \text{ MPa}$$

(1.71)

$$k_t = \frac{R_e}{\sigma_{Nmax}} = \frac{355}{26,05} = 13,62$$

(1.72)

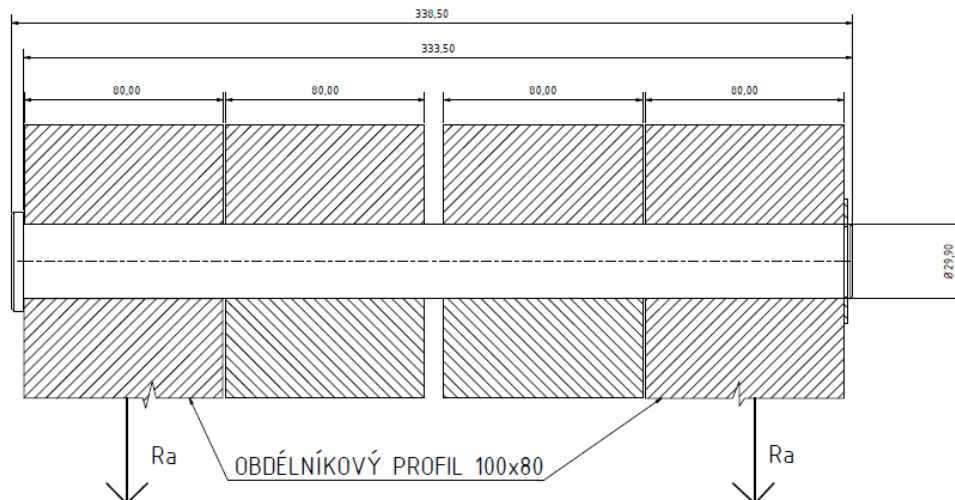
Z výpočtů bezpečnosti vyplývá, že profil 80x60x8mm vyhovuje na tah/tlak.

## 7. Kontrola čepu na smyk a na otláčení

Kolíkové spoje v zásadě vždy kontrolujeme na smyk a na otláčení. Při kontrole na otláčení bereme v úvahu nejmenší otláčovanou plochu. [17]

Na čep volím materiál 11600, kde dovolené napětí v tlaku je 75 MPa a dovolené napětí ve smyku je 50 MPa.

### 7.1 Výpočet čepu v bodě A



Obrázek 45.: Čep v bodě A

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S}$$

(1.73)

$$F = R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = 6326,8 \text{ N}$$

(1.74)

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{6326,8}{\frac{\pi * 30^2}{4}} = 8,95 \text{ MPa}$$

(1.75)

$$k_s = \frac{\tau_{sDOV}}{\tau_s} = \frac{50}{8,98} = 5,586$$

(1.76)

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{D * a} = \frac{6326,8}{30 * 80} = 2,636 \text{ MPa}$$

(1.77)

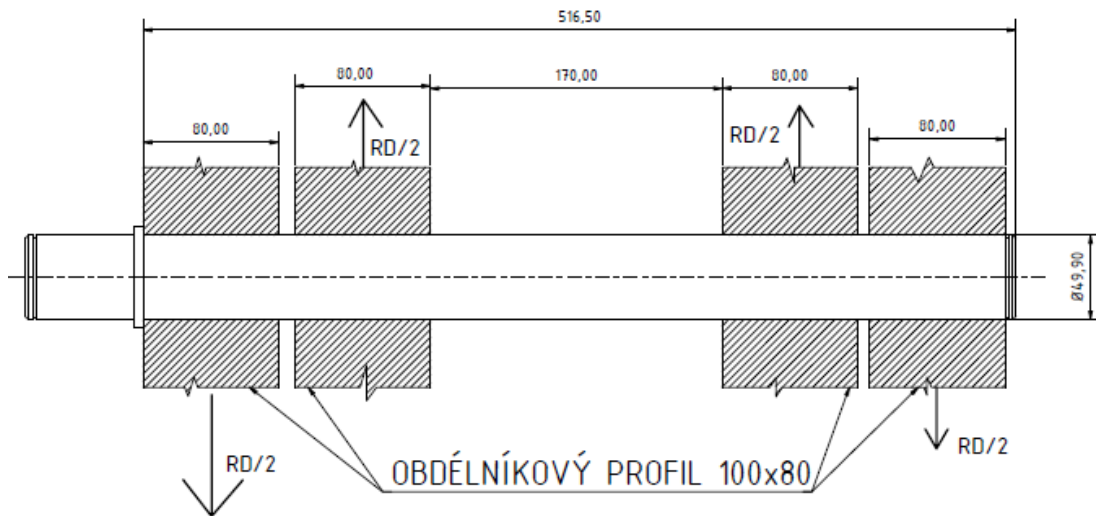
$$k_p = \frac{p_{DOV}}{p} = \frac{75}{2,636} = 28,45$$

(1.78)

Volím průměr čepu D=30 mm.



## 7.2 Výpočet čepu v bodě D



Obrázek 46.: Čep v bodě D

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S * 2}$$

(1.79)

$$F = R_D = \sqrt{R_{Dx}^2 + R_{Dy}^2} = 60807,16 \text{ N}$$

(1.80)

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{60807,16}{\frac{\pi * 50^2}{4} * 2} = 15,48 \text{ MPa}$$

(1.81)

$$k_s = \frac{\tau_{sDOV}}{\tau_s} = \frac{50}{15,48} = 3,22$$

(1.82)

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{D * a} = \frac{60807,16}{50 * 80} = 15,2 \text{ MPa}$$

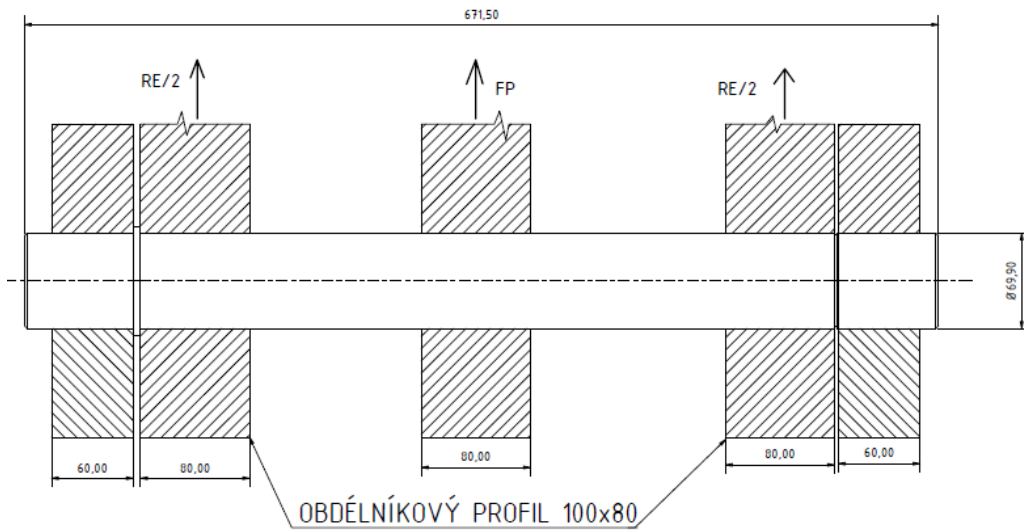
(1.83)

$$k_p = \frac{p_{DOV}}{p} = \frac{75}{15,2} = 4,93$$

(1.84)

Z důvodu velké síly v bodě D volím průměr čepu  $D=50$  mm.

### 7.3 Výpočet čepu v bodě E



Obrázek 47.: Čep v bodě E

Na čep v bodě E působí i síla od pístu. Pro výpočet budu spočítat s větší silou  $F_p$ .

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S * 2}$$

(1.85)

$$F = R_E = \sqrt{R_{Ex}^2 + R_{Ey}^2} = 58860,905 \text{ N}$$

(1.86)

$$F = F_p = \sqrt{F_{px}^2 + F_{py}^2} = 59121 \text{ N}$$

(1.87)

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{58990,95}{\frac{\pi * 70^2}{4} * 2} = 7,66 \text{ MPa}$$

(1.88)

$$k_s = \frac{\tau_{sDOV}}{\tau_s} = \frac{50}{7,66} = 6,52$$

(1.89)

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{D * a} = \frac{58990,95}{70 * 80} = 10,53 \text{ MPa}$$

(1.90)

$$kp = \frac{p_{DOV}}{p} = \frac{75}{10,53} = 7,12$$

(1.91)

Z důvodu velké síly v bodě E volím průměr čepu  $D=70$  mm.

Kontrola na ohyb:

$$W_o = \frac{\pi * d^3}{32} = 33673,94 \text{ mm}^3$$

(1.92)

$$M_o = \frac{F}{2} * \frac{l}{2} = 3177753,75 \text{ N}$$

(1.93)

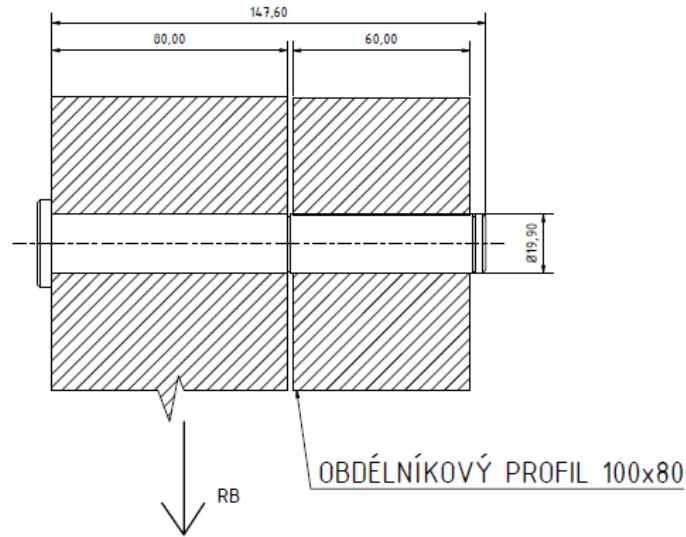
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 94,368$$

(1.94)

$$k = \frac{\sigma_{do}}{\sigma_o} = 1,907$$

(1.95)

## 7.4 Výpočet čepu v bodě B



Obrázek 48.: Čep v bodě B

Kontrola na smyk B.

Na čepu bude umístěno vysoko-zátěžové kolo, které má průměr pro čep  $D_1=20$  mm.

Počítám pouze pro bod B, protože v bodě H a C jsou stejné síly.

$$\tau_s = \frac{F}{S * 2}$$

(1.96)

$$F = R_{By} = 3483,2 \text{ N}$$

(1.97)

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{3483,2}{\frac{\pi * 20^2}{4} * 2} = 5,54 \text{ MPa}$$

(1.98)

$$k_s = \frac{\tau_{sDOV}}{\tau_s} = \frac{50}{5,54} = 9,02$$

(1.99)

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{D * a} = \frac{3483,2}{20 * 50} = 3,48 \text{ MPa}$$

(1.100)

$$kp = \frac{p_{DOV}}{p} = \frac{75}{3,48} = 21,55$$

(1.101)

Zátěžové kolo má maximální nosnost 500 kg. [13]

$$R_{By} = 3483,2 \text{ N}$$

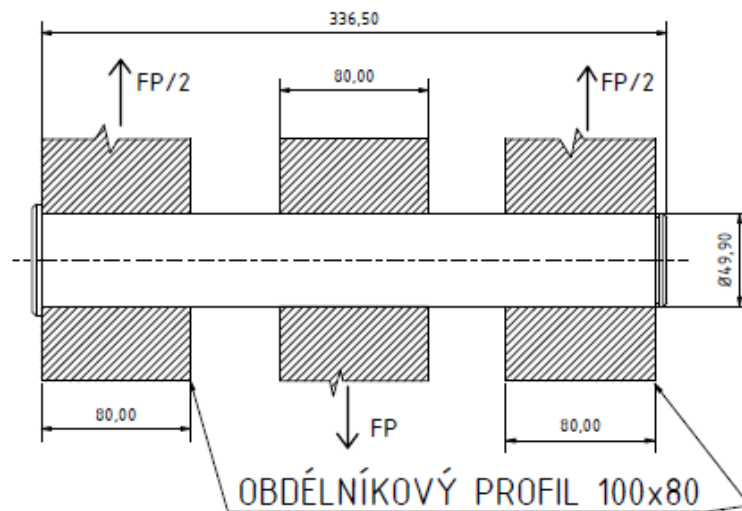
(1.102)

$$m_{skutečné} = \frac{R_{By}}{g} = \frac{3483,2}{9,81} = 355,06 \text{ kg}$$

(1.103)

Z výpočtu vyplývá, že zvolené zátěžové kolo značky Norelem od firmy MAREK Industrial a.s. vyhovuje. [18]

### 7.5 Výpočet čepu v bodě $F_p$



Obrázek 49.: Čep v bodě  $F_p$

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S * 2}$$

(1.104)

$$F = F_p = \sqrt{F_{px}^2 + F_{py}^2} = 59121 \text{ N}$$

(1.105)

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{59121}{\frac{\pi * 50^2}{4} * 2} = 15,05 \text{ MPa}$$

(1.106)

$$k_s = \frac{\tau_{sDOV}}{\tau_s} = \frac{50}{15,05} = 3,32$$

(1.107)

Kontrola na otlačení:

$$p = \frac{F}{D * a} = \frac{59121}{50 * 80} = 14,78 \text{ MPa}$$

(1.108)

$$k_p = \frac{p_{DOV}}{p} = \frac{75}{14,78} = 5,07$$

(1.109)

V bodě Fp volím průměr čepu D=50 mm.

## 8. Volba pohonného ústrojí

### 8.1 Volba hydraulického válce

Je volen jednočinný, tlačný hydraulický válec typu Z250-10180/50/280-200/B1, který má průměr pístu 100 mm a průměr pístní tyče 60 mm. Nominální tlak válce je 250 bar.[20]

Pro výpočet síly na píst musím počítat s 2x větší silou na píst.

$$F_{pcelkove} = 2 * F_p = 118242 \text{ N}$$

(1.110)

Výpočet pracovního tlaku válce. K výpočtu použiji znalost Pascalova zákona. Působením vnější tlakové síly na volnou hladinu kapaliny v uzavřené nádobě se ve všech místech kapaliny zvýší tlak stejně. [19]

$$p_t = \frac{F}{S} = \frac{F_{pcelkové}}{S_v} = \frac{118242}{\frac{\pi * 0,1^2}{4}} = 15,055 \text{ MPa}$$

(1.111)

$$250 \text{ bar} = 25 \text{ MPa}$$

Výpočet pracovního tlaku je 15,055 MPa, v tomto případě mi píst, který má nominální tlak 25 MPa vyhovuje.

Výpočet potřebného objemu kapaliny.

Vypočítám podle vzorce objemu válce, délka zdvihu válce je  $x_v=290$  mm, tento rozměr jsem vyšetřil pomocí Cad systému Inventor.

$$V = S_v * x_v = \frac{\pi * 0,1^2}{4} * 0,290 = 2,277 \text{ dm}^3 = 2,277 \text{ l}$$

(1.112)

## 8.2 Volba kompletního hydraulického agregátu

Volím kompletní hydraulický agregát o výkonu 2kW objem nádrže 11 l, maximální provozní tlak 180 bar o průtoku 7 l/min. [22]



Obrázek 50.: Kompletní hydraulický agregát [22]

Potřebný čas pro zvednutí zvedáku. Pro výpočet budu násobit objem válce dvěma, protože konstrukce obsahuje 2 hydraulické válce

$$V = 2,3 \text{ l}$$

$$Q = 7 \text{ l/min}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{2,3 * 2}{7} = 0,65 \text{ min} = 39,5 \text{ s}$$

(1.113)

Zvedák s tímto čerpadlem dosáhne maximálního zdvihu během 39,5 sekundy.

Výkon motoru

$$W = 2 * F_{pcelkove} * x_v = 2 * 118242 * 0,290 = 68580,36 \text{ J}$$

(1.114)

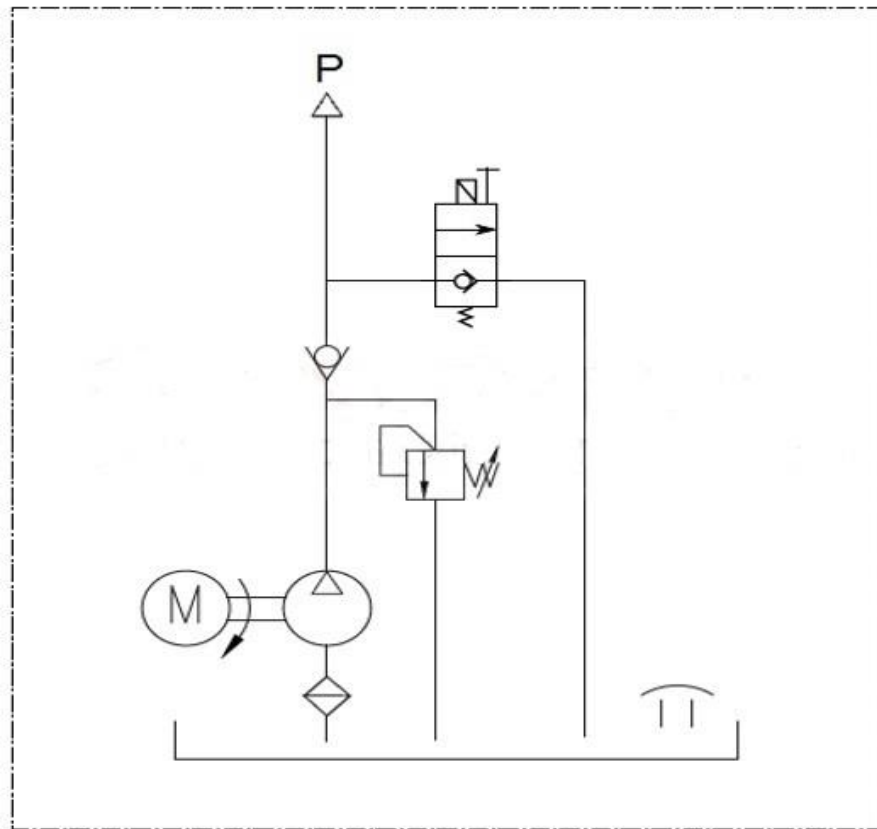
$$P = \frac{W}{t} = \frac{68580,36}{39,5} = 1736,21 \text{ W} = 1,736 \text{ kW}$$

(1.115)

[22]

Výkon motoru 2kW je zcela dostačující pro danou konstrukci zvedáku.

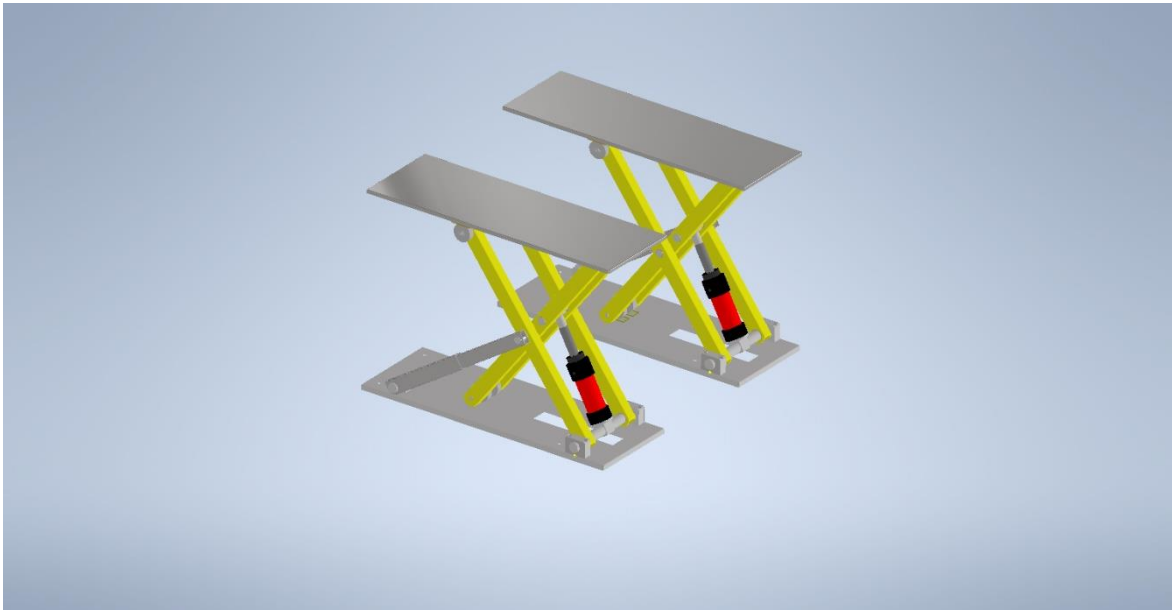




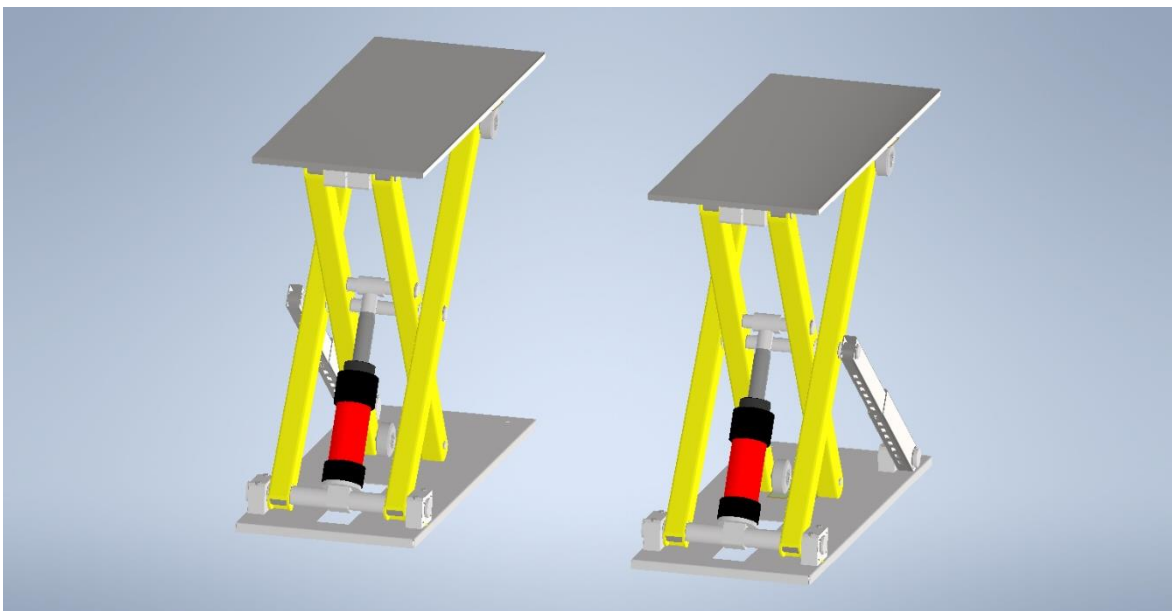
Obrázek 51.: Schéma zapojení hydraulického agregátu [22]



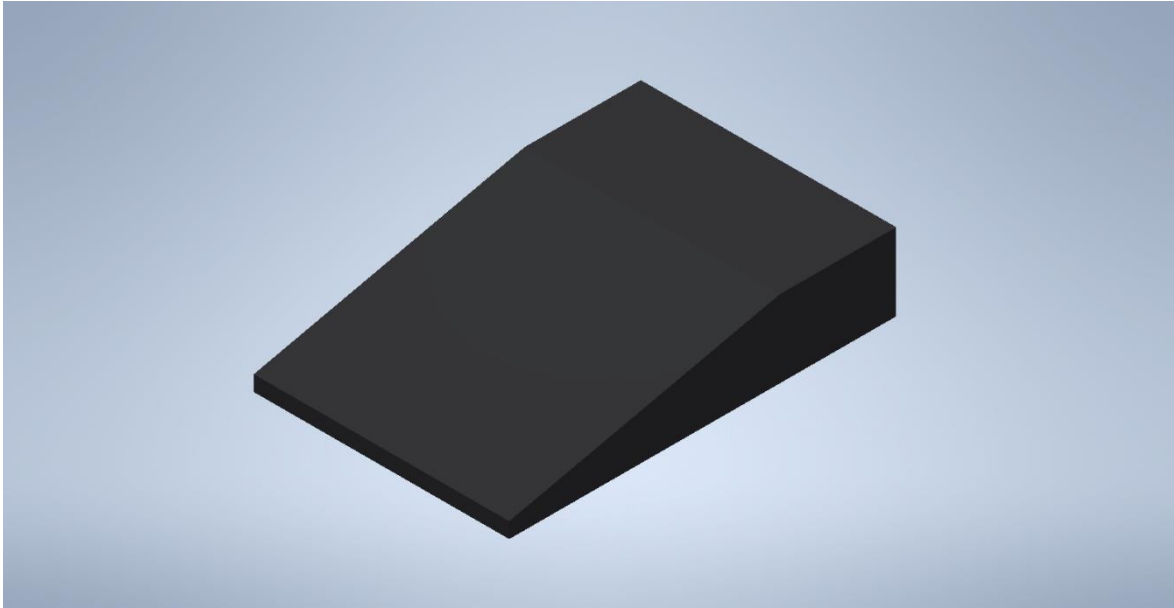
Obrázek 52.: Samostatná část zvedáku



*Obrázek 53.: Sestava zvedáků*



*Obrázek 54.: Sestava zvedáku 2*



*Obrázek 55.: Dodávaný gumový nájezd ke zvedáku*

## 9. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout zvedák pro menší servisní dílny pro osobní automobily.

V první části práce jsem představil dostupné zvedáky na trhu, jak pro menší autoservisy, tak i pro profesionální velké servisy. Stručně jsem představil jejich uplatnění, výhody, nevýhody a doplnil obrázkem nebo nákresem.

V praktické části práce jsem se na základě získaných znalostí inspiroval pro navržení nůžkového zvedáku pro osobní automobil. Vycházel jsem z představy, že bych měl vlastní menší dílnu a jaký typ zvedáku by mi nejvíce vyhovoval. Navržený zvedák má výhodu oproti nabízeným zvedákům na trhu, která spočívá ve vyšším zdvih, než nabízí konkurenční zvedáky. Nenašel jsem na trhu zvedák této konstrukce se zdvihem více než 1000 mm. Nově navržený typ zvedáku by obohatil současnou nabídku.

Cílem bylo vyhotovení 3D modelu nůžkového zvedáku a zpracování 2D výkresové dokumentace. Při zpracování bakalářské práce jsem musel nejprve provést výpočty potřebných rozměrů a vypočítat reakční síly. Ze základních výpočtů jsem spočítal posouvající a normálové síly a potřebný ohybový moment. Tyto výpočty byly nutné pro navržení obdélníkového profilu ramen nůžkového zvedáku a pro navržení průměru čepů. Poslední výpočty se vztahovaly k pohonnému ústrojí. Využil jsem předcházející výpočty k navržení hydraulického válce a hydraulického agregátu. Výpočty jsem doplnil obrázky a na základě výpočtů vyhotovil 3D model a výkresy.

## 1. Seznam použitých zdrojů

- [1] „autoservisnitechika“[Online].[cit.10.10.2020]Available:<http://www.cz/zvedaky/jedno-sloupove-zvedaky/jednosloupovy-stacionarni-zvedak-amitec-op25se-sitem.html>
- [2] „Univer“[Online]. [cit.11.10.2020] Available: <https://www.univer.cz/zvedaky>
- [3] „Císař“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.cisar-autotechnika.cz/produkty/produkt/herrmann-classic-lift-1-35-h-plus>
- [4] „Golomtech“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.golomtech.cz/>
- [5] „mojedilna“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.mojedilna.cz/>
- [6] „lednadoma“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.lednadoma.cz/zvedaky-pro-autoservis/>
- [7] „pullotrade“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.pullotrade.cz/kanalove/>
- [8] „Autotech“[Online].[cit.11.10.2020]Available:<https://www.autotech-chotebor.cz/produkty/detail/pneumaticko-hydraulicky-jamovy-zvedak-3-2t>
- [9] „vlesku“[Online]. [cit.11.10.2020] Available: <https://www.vlesku.cz/hydraulicke-zvedaky-na-auto>
- [10] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd.* Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [11] VALÁŠEK, Michael, Vladimír STEJSKAL a Jiří BŘEZINA. *Mechanika A.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01-02890-2.
- [12] „elearning“[Online].[cit.8.2.2021]Available: <https://elearning.tul.cz/mod/resource/view.php?id=175069>
- [13] „Thesteel“[Online]. [cit.10.10.2020] Available: <https://www.thesteel.com/cz/Profily-uzavrene-obdelnikove-S355J2H-za-studena-tvarene-T130300004>
- [14] „Feron“[Online].[cit.10.10.2020]Available: <https://online.ferona.cz/detail/44192/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-100x80x5>
- [15] „Salzgitter“[Online].[cit.10.10.2020]Available: <http://www.salzgitter.cz/index.php?page=46>
- [16] „domes.spssbrno“[Online].[cit.10.10.2020]Available: [http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY\\_32\\_INOVACE\\_](http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_)

11- 10.pdf

- [17] „sspu-opava“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
<https://usermanual.wiki/Document/MechanikaIIvyukovymanualnaSSPUOpava.1791240897/view>
- [18] „MAREKIndustrial“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
<https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/prepravni-a-pohybova-technika-1/kola-a-valecky/25828/vysoce-zatezova-kola-disky-kola-svarene.html>
- [19] „benesovka“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
[https://www.benesovka.cz/sites/default/files/7\\_34-49\\_Kapaliny%20a%20plyny\\_18-19.pdf](https://www.benesovka.cz/sites/default/files/7_34-49_Kapaliny%20a%20plyny_18-19.pdf)
- [20] „HEB Hydraulik-Elementebau,GmbH“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
<https://www.heb-zyl.com/cs/hydraulicke-valce/kruhove-valce/z250>
- [21] „zsloucka“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
[https://www.zsloucka.cz/e\\_download.php?file=data/editor/160cs\\_2.pdf&original=V%C3%BDkon.pdf](https://www.zsloucka.cz/e_download.php?file=data/editor/160cs_2.pdf&original=V%C3%BDkon.pdf),
- [22] „hydrolider“[Online].[cit.10.10.2020]Available:  
[https://www.hydrolider.cz/cs\\_CZ/p/Hydraulicky-agregat-12V-2KW-2%2C6cm3-olejova-nadrz-11-L-s-radiovym-ovladanim/14579?fbclid=IwAR0JN\\_kIe9UPDVKhFejVq-nERxY3JvwwQKFfdqsAps4xzW7T3GgiPXg\\_HFk](https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-agregat-12V-2KW-2%2C6cm3-olejova-nadrz-11-L-s-radiovym-ovladanim/14579?fbclid=IwAR0JN_kIe9UPDVKhFejVq-nERxY3JvwwQKFfdqsAps4xzW7T3GgiPXg_HFk)

## 2. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1.: Jednosloupový stacionální zvedák [1] .....	2
Obrázek 2.: Jednosloupový mobilní zvedák [2] .....	3
Obrázek 3.: Jámový zvedák [8] .....	4
Obrázek 4.: Jáma pro zvedák [2] .....	4
Obrázek 5.: Jednopístový zvedák [3].....	5
Obrázek 6.: Dvousloupový zvedák elektromechanický [2] .....	6
Obrázek 7.: Dvousloupový zvedák elektrohydraulický [2] .....	7
Obrázek 8.: Dvoupístový zvedák [2] .....	8
Obrázek 9.: Čtyřsloupový zvedák [2].....	9
Obrázek 10.: Přídavný zvedák [2].....	9
Obrázek 11.: Přenosné nůžkové zvedáky [2].....	10
Obrázek 12.: Mobilní nůžkový zvedák [2].....	11
Obrázek 13.: Nůžkový zvedák stacionární [2].....	12
Obrázek 14.: Nůžkový plošinový zvedák [2] .....	12
Obrázek 15.: schéma zvedáku v horní poloze .....	13
Obrázek 16.: Zvedák v dolní poloze .....	14
Obrázek 17.: Zavedení sil.....	16
Obrázek 18.: Uvolnění tělesa 2 .....	17
Obrázek 19.: Uvolnění tělesa 3 .....	18
Obrázek 20.: Uvolnění tělesa 4 .....	18
Obrázek 21.: Uvolnění tělesa 5 .....	19
Obrázek 22.: Uvolnění tělesa 6 .....	20
Obrázek 23.: Výpočet geometrie.....	21
Obrázek 24.: Uvolnění tělesa 2 .....	22
Obrázek 25.: Uvolnění tělesa 3 .....	22
Obrázek 26.: Dopočet síly $FP_x$ a $FP_x$ .....	23
Obrázek 27.: Uvolnění tělesa 4 .....	24
Obrázek 28.: Uvolnění tělesa 5 .....	24
Obrázek 29.: Uvolnění tělesa 6 .....	25
Obrázek 30.: Grafické znázornění průběhu reakcí .....	27
Obrázek 31.: Uvolnění tělesa 2 .....	28
Obrázek 32.: Těleso 2, část 1 .....	29
Obrázek 33.: Těleso 2, část 2 .....	29
Obrázek 34.: Uvolnění tělesa 3 .....	30
Obrázek 35.: Těleso 3, část 1 .....	31
Obrázek 36.: Těleso 3, část 2 .....	31
Obrázek 37.: Těleso 3, část 3 .....	32
Obrázek 38.: Uvolnění tělesa 4 .....	33
Obrázek 39.: Těleso 4, část 1 .....	33
Obrázek 40.: Těleso 4, část 2 .....	34
Obrázek 41.: Grafické znázornění pro těleso 2 .....	34
Obrázek 42.: Grafické znázornění pro těleso 3 .....	35

Obrázek 43.: Grafické znázornění pro těleso 2 .....	35
Obrázek 44.: Obdélníkový profil 80x40x5mm [14] .....	36
Obrázek 45.: Čep v bodě A .....	38
Obrázek 46.: Čep v bodě D .....	40
Obrázek 47.: Čep v bodě E .....	41
Obrázek 48.: Čep v bodě B .....	43
Obrázek 49.: Čep v bodě Fp.....	44
Obrázek 50.: Kompletní hydraulický agregát [22] .....	46
Obrázek 51.: Schéma zapojení hydraulického agregátu [22] .....	48
Obrázek 52.: Samostatná část zvedáku .....	48
Obrázek 53.: Sestava zvedáků .....	49
Obrázek 54.: Sestava zvedáku 2 .....	49
Obrázek 55.: Dodávaný gumový nájezd ke zvedáku .....	50



### 3. Seznam příloh

[A] Výkres

[B] Kusovník sestavy

[C] Matlab