

# Zvedací zařízení automobilu

Pavel Šimoník

---

Bakalářská práce  
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Pavel Šimoník</b>
Osobní číslo:	<b>T19599</b>
Studijní program:	<b>B3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Technologická zařízení</b>
Forma studia:	<b>Kombinovaná</b>
Téma práce:	<b>Zvedací zařízení automobilu</b>

### Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Navrhněte konstrukční řešení
3. Vypracujte technickou dokumentaci pro výrobu
4. Proveďte ekonomické zhodnocení

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

Kemka, V, Barták, J, Milčák P, Žitek, P.: Stavba a provoz strojů, stroje a zařízení, Informatorium, Praha, 2009, ISBN 978-80-7333-075-0.

Lukovics, I, Sýkorová, L, Volek, F: Části a mechanismy strojů, Skripta, ES VUT Brno, 2000, ISBN 80 214 1566 5.

Volek, F.: Základy konstruování a části strojů - mechanismy strojů, Skripta, UTB ve Zlíně, 2003, ISBN 80 7318 111 8.

Bolek, A, Kochman, J. a kol.: Části strojů, 2. svazek. SNTL Praha, 1990.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Volek, CSc.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. srpna 2021

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:      Pavel Šimoník

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce zvedacího zařízení automobilu, které po jeho zvednutí umožňuje následnou manipulaci s ním. Na začátku práce jsou popsány jednotlivé druhy zařízení, umožňující zvedání břemen, na které navazují jednotlivé metody svařování a způsoby tepelného zpracování, které se při něm používají. Hlavní část práce se pak věnuje návrhu a výpočtům konstrukce. Najdeme zde i výkresy jednotlivých dílů a taky ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: automobilový zvedák, zvedací zařízení, manipulace s břemeny, hever

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with the design of a car lifting device, which after its lifting allows subsequent manipulation with it. At the beginning of the work, the individual types of equipment are described, enabling the lifting of loads, which are followed by individual welding methods and methods of heat treatment used in it. The main part of the work is then devoted to the design and calculations of the structure. Here you will also find drawings of individual parts and also an economic evaluation.

Keywords: car lifter, lifting device, handling of loads, jack

Zde bych chtěl poděkovat panu Ing. Františku Volkovi, za jeho odborné vedení, cenné rady, ale taky za ochotu, poznámky a připomínky k mé bakalářské práci. Také bych chtěl poděkovat střední průmyslové škole Zlín za poskytnutí potřebných materiálů.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ZDVIHADLA A JEŘÁBY</b> .....	<b>10</b>
1.1 ZÁKLADNÍ TYPY ZVEDÁKŮ .....	11
1.2 JEŘÁBY.....	15
<b>2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PŘI VÝROBĚ</b> .....	<b>19</b>
2.1 SVAŘOVÁNÍ.....	19
2.2 SVAŘITELNOST .....	23
2.3 TEPelnÍ ZPRACOVÁNÍ SVAROVÝCH SPOJŮ .....	24
2.4 ZNAČENÍ SVARŮ .....	25
<b>3 BEZPEČNOST ZVEDACÍCH ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>26</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>4 NÁVRH KONSTRUKCE ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ UMOŽŇUJÍCÍ NÁSLEDNOU MANIPULACI</b> .....	<b>29</b>
4.1 PRŮZKUM MOBILNÍCH ZVEDÁKŮ NA TRHU .....	31
4.2 ZÁKLADNÍ POŽADOVANÉ VLASTNOSTI .....	34
4.3 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ NAMÁHANÝCH NA OHYB .....	35
4.3.1 Výpočty spodní pevné části .....	35
4.3.2 Výpočty horní pohyblivé části .....	39
4.4 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY SVAROVÝCH SPOJŮ .....	43
4.4.1 Výpočty spodní pevné části .....	43
4.4.2 Výpočty horní pohyblivé části .....	46
<b>5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBKU</b> .....	<b>49</b>
5.1 CENA MATERIÁLU A SOUČÁSTÍ .....	49
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>52</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>59</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>60</b>

## ÚVOD

Každý se už určitě někdy setkal s tím, že potřeboval zvednout ať už svoje nebo cizí auto. Nejčastějším důvodem pro tuto činnost bývá sundání kol a to například z důvodu přezutí nebo výměny za jiné. Pro tuto operaci většinou postačí obyčejný šroubový hever, který bývá součástí výbavy automobilu. Točit klikou u tohoto heveru, je ale mnohdy nekomfortní a taky je to zdlouhavé. U těžších aut a dodávek je tato činnost i poměrně fyzicky náročná, zvláště když má zvedák krátkou páku, která umožňuje otáčet šroubovicí.

Avšak najde se i pár lidí, kteří zvedají auto jen z toho důvodu, aby nestálo na zemi a nebyly tak při dlouhodobém stání zatíženy pneumatiky a podvozkové části. Jenže když auto zvednou je pak nemožné s ním pohnout bez toho aniž by bylo spuštěno opět na zem. Když má pak člověk tento proces nahoru, dolů a opět nahoru absolvovat vícekrát během krátké doby, dokáže to pěkně zkazit náladu.

Právě z těchto dvou důvodů v této práci naleznete návrh hydraulického zvedacího zařízení automobilu, které umožňuje následnou manipulaci se zdviženým autem. Tento zvedák se prozatím nedá na trhu sehnat a v tom spočívá jeho hlavní výhoda.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZDVIHADLA A JEŘÁBY

Důležitým faktorem u zvedáků i jeřábů je jejich bezpečnost. Proto je důležité zabránit samovolnému spouštění břemene. Některé druhy zvedacích zařízení jsou samy o sobě samosvorné a nepotřebují tak další zadržovací zařízení. [3] [1]

Základním údajem, který se uvádí u jeřábů i zvedáků je jejich nosnost, kterou musí bezpečně a bez problémů zvednout. Dále je pak důležitá výška zdvihu a taky například rychlost zvedání nebo rozměry samotného zdvihacího zařízení. [4]

### **Samosvornost**

U samosvornosti se využívá třecího účinku mezi dvojicí součástí. Kromě velikosti součinitele tření je závislá i na směru a působišti zatěžujících sil, případné deformaci či nepřesností výroby. V případě použití samosvorných šroubů, ale musíme počítat s tím, že více než polovina hnací síly se spotřebuje na přemáhání odporu tření. Klesá tím tedy jeho účinnost. [2]

Pokud zařízení není samosvorné je nutné použít jiné zadržovací zařízení, např. rohatku a západku. [2]

### **Rohatka a západka**

Nevýhodou tohoto mechanismu je vyšší hlučnost a rázy v samotném mechanismu. Naopak mezi jeho výhody patří jeho spolehlivost a za správných podmínek bezúdržbový provoz. Jeho výhodou je taky to, že funguje automaticky a eliminuje se tak případné pochybení pracovníka při zajišťování stroje. [6] [8]

Na obrázku (Obr. 1) můžeme vidět rohatku (ozubené kolo), do které je přes pružinu tlačena západka. Při zvedání se tak kolo otáčí jedním směrem a západka postupně přeskakuje z jednoho zubu na druhý. Pokud pak chceme břemeno spouštět, musíme západku odlehčit drobným pootočením rohatky (břemeno ještě trochu přizvednout) a následně západku můžeme vyklopit a tím umožnit spouštění břemene. [1] [8] [9]



Obrázek 1 Rohatka a západka [8]

## 1.1 Základní typy zvedáků

Pro zvedáky je charakteristická nízká hmotnost v poměru ke zvedací síle, kterou vyvozují. Při práci nemění svoji polohu, ale jsou snadno přemístitelné. [4]

### 1.1.1 Šroubový zvedák

Zvedák funguje na základě pohybového šroubu, který je uložený v matici. Na šroub působí díky páce hnací síla a vlivem ní se otáčí a posouvá ve směru své osy. Tím je umožněno zvedání, či spouštění břemene. Jedná se o jednoduchý a bezpečný zvedák, který pracuje v libovolné poloze. Při větších zdvizích je nutné provést kontrolu na vzpěr a otláčení.

Na šroubu i matici je pohybový závit. [4] [13]

#### Typy pohybových závitů:

- Lichoběžníkový závit rovnoramenný – značí se Tr, vrcholový úhel má 30° a nazývá se jako Trapézový závit. [3]
- Lichoběžníkový závit nerovnoramenný – značí se S a vrcholový úhel má 33°. [3]
- Oblý závit – značí se Rd a má vrcholový úhel 30°. [3]

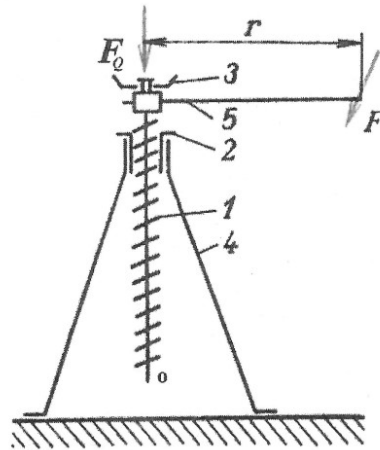
Tyto závity mají větší třecí úhel, než je úhel stoupání šroubovice, díky tomu jsou samosvorné. Z důvodu samosvornosti mají tyto závity menší účinnost než jiné závity.

Účinnost je menší než 50 %. [3]

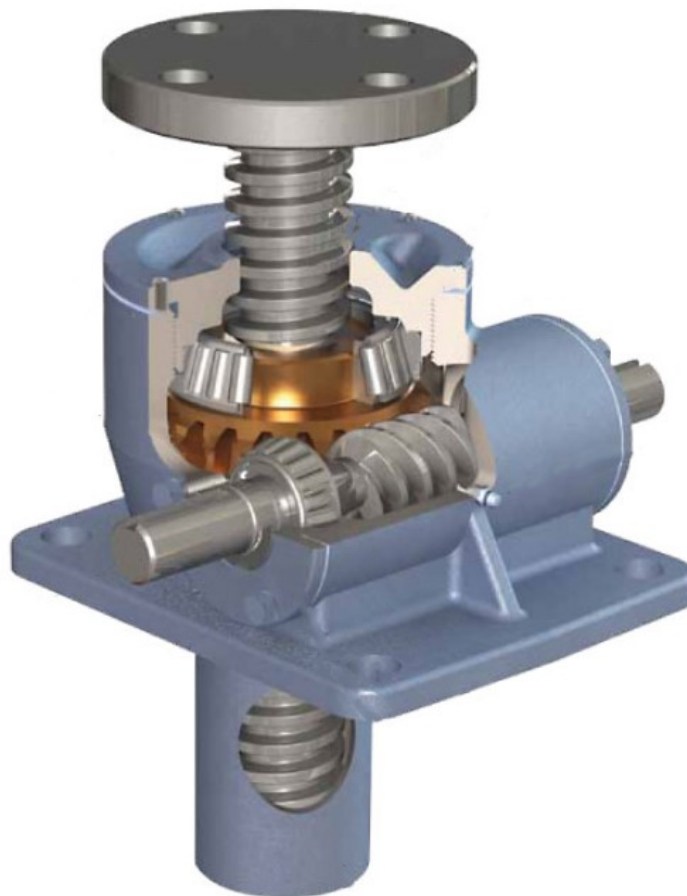
Účinnost šroubového spoje:

$$\eta = \frac{Q \times \operatorname{tg}(\gamma)}{Q \times \operatorname{tg}(\gamma + \varphi)} \quad (1)$$

V závislosti na zatížení, které potřebujeme zvednout volíme převod buď pomocí šroubu a matice (Obr. 2) nebo pomocí šneku a ozubeného kola (Obr 3). V případě šnekového převodu dokážeme vyvinout několikanásobně větší zvedací sílu. [4] [13]



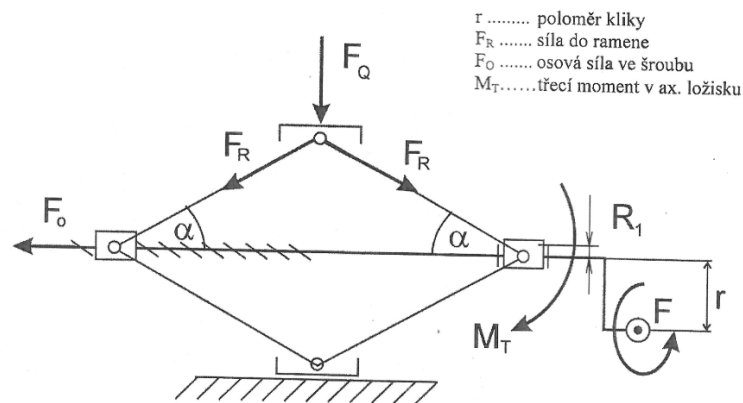
Obrázek 2 Schéma šroubového zvedáku se šroubem a maticí [4]



Obrázek 3 Řez šroubovým zvedákem se šnekovým převodem [13]

### Nůžkový zvedák

Jedná se o druh šroubového zvedáku se dvěma rameny. U nůžkového zvedáku nalezneme taky šroub s pohybovým závitem uložený v matici jako u šroubového zvedáku (Obr. 4), avšak liší se svojí konstrukcí. U šroubového zvedáku bývá šroubovice svisle, kdežto zde bývá vodorovně. Samotné zvedání se uskutečňuje rozevíráním a svíráním nůžkového mechanismu. [4]

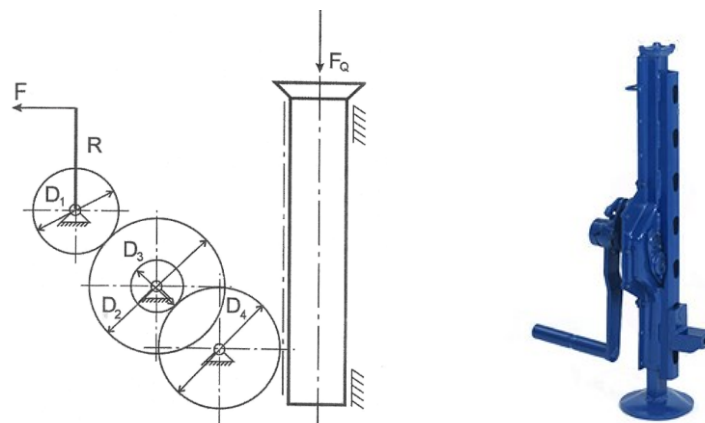


Obrázek 4 Schéma nůžkového zvedáku [4]

### 1.1.2 Hřebenový zvedák

Tento zvedák využívá převodu ozubenými koly (Obr. 5). Má vysokou účinnost, ale je nesamosvorný. Je tedy nutné, aby obsahoval západku (zubovou zdrž). Jedná se o mechanický zvedák obdobně jako šroubové zvedáky. Tento způsob zvedání se používá v autoservise u stranového zvedáku, kde je pohon většinou uskutečněn pomocí elektromotoru.

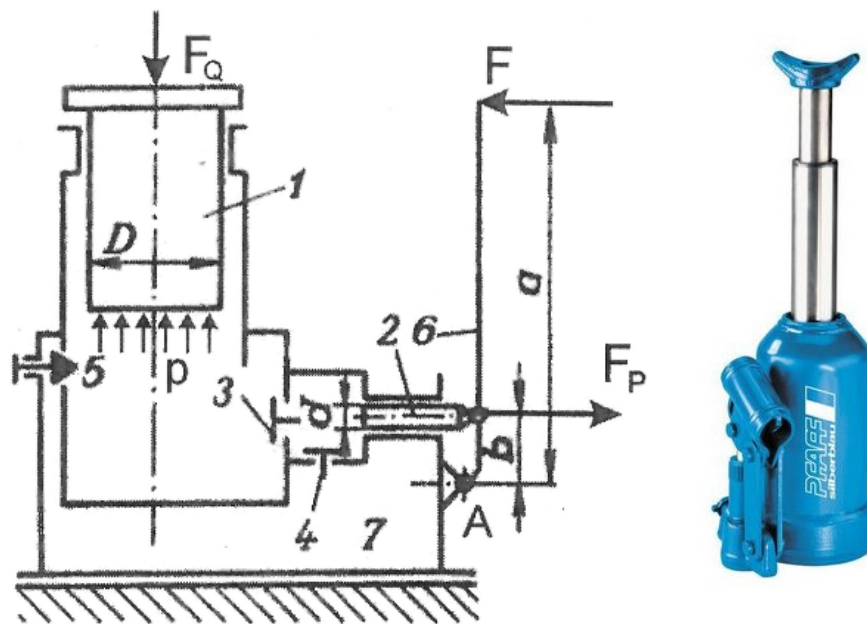
Hřebenový zvedák se používá i například na zvedání tanků nebo lokomotiv. Jeho hlavní výhodou je jeho velká zvedací síla za použití relativně malé vynaložené síly. K heveru je tak možné dát kliku a ručně zvednout i již zmíněný tank. [4] [10]



Obrázek 5 Schéma a skutečný vzhled hřebenového zvedáku [4][10]

### 1.1.3 Hydraulický zvedák

Hydraulický zvedák využívá principu Pascalova zákona a taky dvojnásobného převodu. Převod z mechanické práce na hydraulickou. Tento zvedák je vhodný pro velká zatížení, avšak jeho nevýhodou je citlivost oleje na teplotu a nečistoty, a taky je schopný pracovat jenom v určité poloze z důvodu přelévání oleje. [4] [12]



Obrázek 6 Schéma a skutečný vzhled hydraulického zvedáku [4] [12]

V bodě A (Obr. 6) dochází ke změně rotačního pohybu na pohyb posuvný. Pohyb pístku pak vyvíjí tlak v kapalině, která následně zvedá větší píst, na kterém máme břemeno. [4]

### 1.1.4 Pneumatický zvedák

Využívají se pro zvedání břemen, které mají menší hmotnost. Fungují na základě měchu, do kterého vháníme stlačený vzduch. Vlivem toho se měch nafoukne (Obr. 7) a zvedne břemeno. Zvedák bývá vybaven přetlakovým ventilem, který zabraňuje přílišnému natlakování. Uvnitř musí být umístěno zařízení, které v případě náhlého poklesu tlaku zabrání rychlému klesání břemene, popřípadě po zvednutí břemene je nutné břemeno podepřít vhodnou podpěrrou, která by jeho případnému pádu zabránila. [11]



Obrázek 7 Pneumatický zvedák v horní poloze [11]

## 1.2 Jeřáby

Jsou určeny k přemístování břemen ve svém pracovním poli a to ve vodorovném i svislém směru. Z pravidla se používají pro zvedání větších těles do větších výšek, než tomu bylo u zvedáků. [4]

### *Základní typy:*

Mostový: Používá se ve slévárnách a výrobních halách.

Portálový: Používá se k venkovní dopravě (např. hutního materiálu).

Konzolový

Sloupový

Věžový: Tento typ jeřábu vidíme nejčastěji na stavbách.

Lanový

Automobilový

Přístavní

[4]

### 1.2.1 Mostový jeřáb

Název mostový jeřáb plyne z tvaru jeho konstrukce. Jeho nosná část má totiž tvar podobný mostu a propojuje tak například dvě strany výrobní haly (Obr. 8). Na zdech haly bývají namontovány kolejnice, po kterých se jeřáb může pohybovat klidně po celé délce výrobní haly. [4] [14]



Obrázek 8 Mostový jeřáb [14]

### 1.2.2 Portálový a poloportálový jeřáb

Tento typ jeřábu se od mostového liší tím, že má i spodní část, která má tvar portálu a nepotřebuje tak vyvýšenou kolejnici, po které by se pohyboval. V případě poloportálového jeřábu je jedna strana uchycena na jeho vlastním portálu a druhá strana je uchycena na vyvýšené kolejnici, která je součástí prostoru, kde je umístěn. [4] [15]



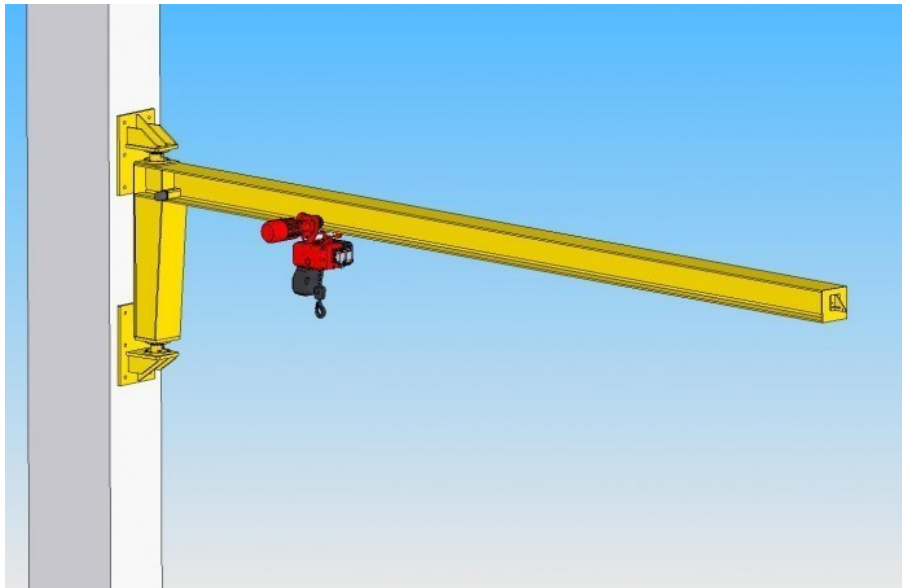
Obrázek 9 Portálový a poloportálový jeřáb [15]

### 1.2.3 Konzolový jeřáb

Konzolové jeřáby bývají nejčastěji upevněny přímo na stěnu nebo sloup budovy (Obr. 10). Díky tomu tento jeřáb zabere méně prostoru oproti klasickému sloupovému. Jeho pracovní rádius bývá nejčastěji 180° a délka ramene může být v závislosti na zatížení až 20 m.



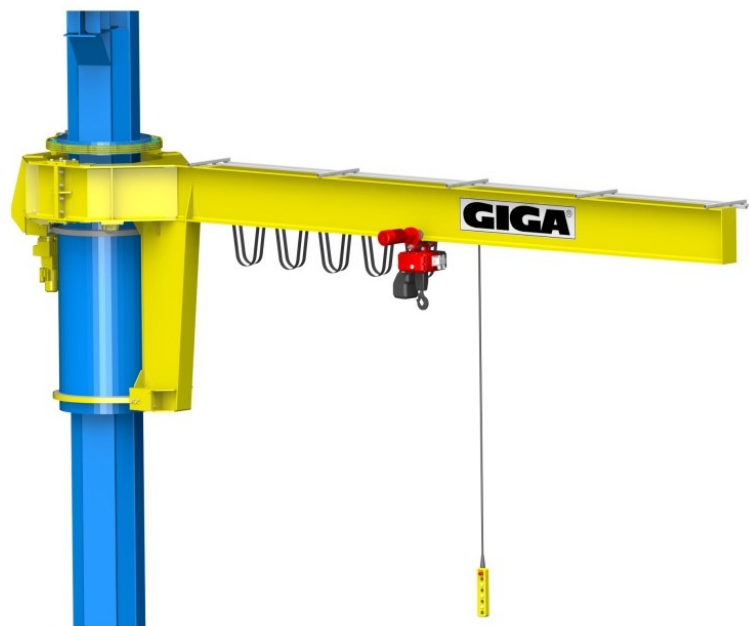
Bývají vybaveny kladkostrojem, o jehož pohon se většinou stará elektromotor. V případě zajmu se dají pořídit i ruční varianty. [15]



Obrázek 10 Konzolový jeřáb [15]

#### 1.2.4 Sloupový jeřáb

Sloupový zvedák je velice podobný tomu konzolovému. Jediný rozdíl mezi nimi je ten, že sloupový je uchycen na svém vlastním sloupu a díky tomu se může otáčet v závislosti na provedení o 180°, 270°, 360° nebo dokonce je zde i možnost nekonečného otáčení. [4] [15]



Obrázek 11 Sloupový jeřáb [15]

### 1.2.5 Základní části jeřábů:

#### *Kladkostroj*

Je to zařízení, které pomocí soustavy pevných a volných kladek snižuje zvedací sílu, avšak na úkor zvedací rychlosti. Je umístěno na nosné části jeřábu. Pokud má kladkostroj stejný počet pevných a volných kladek, jedná se o násobný kladkostroj. Jeho převod je pak roven počtu všech kladek. [4] [15]

Lanové kladky se vyrábějí nejčastěji ze šedé litiny a oceli na odlitky. Normalizovaným rozměrem u kladky je její vnitřní (malý) průměr. Určuje se jako násobek průměru lana. Kladky mohou být vyrovnávací, vodící, popřípadě hnací. [4] [15]

#### *Kladnice*

Ve většině případů se u jeřábů nespojuje hák přímo s lanem, ale bývá součástí kladnice, na kterou se přes jednu nebo více kladek navleče lano. [4]

#### *Řetězy a lana*

Při zvedání břemen můžeme ke zvednutí použít buď lano nebo řetěz.

Mezi výhody řetězů patří hlavně jejich odolnost i vůči hrubému zacházení. Jejich nevýhodou je ale velká hmotnost a malé obvodové rychlosti. Lana jsou podstatně pružnější a ohebnější. Můžou být ocelová, konopná, popřípadě polyamidová. Konopná lana jsou oproti ocelovým lanům šetrnější k přepravovanému materiálu, avšak mají nižší pevnost a jsou náchylnější na okolní prostředí (např. mastnota). [4]

## 2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PŘI VÝROBĚ

Při výrobě konstrukce zvedáku bude použita metoda svařování tavnou elektrodou v ochranné atmosféře inertního (netečného) plynu – metoda MIG. Níže jsou rozepsané jednotlivé metody svařování. [16]

### 2.1 Svařování

Díky svařování dokážeme vytvořit pevné a nerozebíratelné spojení kovových částí. Jejich výhodou je těsnost spoje a trvanlivost. Metodou svařování dokážeme zkrátit výrobní časy, zjednodušit konstrukci, ušetřit materiál a zvýšit produktivitu práce. Svařování nalezneme téměř ve všech výrobních odvětvích. Svařením velkých a složitých součástí často dokážeme nahradit výkovky a odlitky a ušetřit tím až 50% hmotnosti. Svařované materiály musí být svařitelné a co nejpodobnějšího (nejlépe stejného) složení. To platí i o přídavném materiálu. Svařované plochy taky musí před zahájením operace náležitým způsobem připraveny. Musíme je například zbavit rzi, mastnoty, barvy a ostatních nečistot. V případě, že plochy nebudou vhodně připraveny, nebude svar kvalitní a to jak vizuálně tak i pevnostně. [5] [16]

#### 2.1.1 Svařování za působení tepla (tavné)

Při tavném svařování dojde v místě dotyku k natavení obou součástí a jejich vzájemnému promísení. Po zatuhnutí získáme svarový spoj a to bez použití rázů nebo tlaků. [16]

Druhy tavného svařování:

#### Svařování plamenem

Zdroj tepla získáváme zapálením směsi dvou plynů. Mísíme kyslík společně s acetylenem, vodíkem nebo propanem. Ke svařování potřebujeme dvě láhve s plyny společně s redukčními ventily a taky hořák společně s hadicemi. [5] [16]

- Láhve na plyny jsou vyrobeny z oceli a jsou bezešvé. Na každé láhvi musí být uvedený druh plynu, kterým je naplněna. Láhve na kyslík a acetylen nejdou zaměnit, i když se na první pohled zdají být stejné. Uvnitř acetylenové láhve je totiž pórovitá hmota, která je nasáklá acetonem. Aceton je v láhvi z důvodu rozpuštění acetyleny. Ten je totiž v plynném skupenství silně nestabilní a je možné ho zažehnout i rázem. V kapalném stavu, kterého díky acetonu docílí, je už stabilní a dá se tedy

transportovat. Acetonu je v láhvi patřičně méně než acetylenu, protože jeden litr acetonu rozpustí 24 litrů acetylenu. [5] [16]

- Redukční ventil složí k regulaci tlaku a s tím související množství plynu, které z láhve vytéká. Nalezneme na něm dva manometry. Jeden je obsahový, který udává tlak plynu, který je v láhvi, a druhý je pracovní, který ukazuje tlak plynu proudícího do hadice. [5]
- Hadice jsou vyrobené z pryže, která má v sobě textilní vložku, a spojují redukční ventil s hořákem. Musí být barevně odlišené. Modrá nebo šedá barva je pro kyslík a červená barva je pro acetylen. Liší se od sebe i průměrem. Pro kyslík je vnitřní průměr hadice 6 mm a pro acetylen bývá 8-12 mm. Je pro ně předepsaná i minimální délka a to 5 metrů. Je to z důvodu, že v okruhu 3 metrů okolo lahví se nemůže zacházet s ohněm. [5]
- Hořáky složí k mísení kyslíku s hořlavým plynem. Je spousta druhů hořáků, ale dají se obecně rozdělit na řezací a svařovací, a taky na vysokotlaké, neboli směšovací, a nízkotlaké, které se taky nazývají injektorové. Hořáky taky složí k regulaci výstupní rychlosti plynu. U ní platí zásadní podmínka, že musí být větší, než je rychlost hoření, protože jinak dojde ke zpětnému šlehnutí plamene. Vhodným nastavením poměru plynů můžeme docílit tří rozdílných druhů plamenu a to neutrální (poměr plynů je zhruba 1:1), redukční (přebytek acetylenu) nebo oxidační (přebytek kyslíku). [5] [16]

### **Svařování elektrickým obloukem**

Zde teplo vytváří elektrický oblouk. Tento oblouk vznikne mezi svařovaným materiálem a elektrodou. Používá se stejnosměrný i střídavý proud. [16]

Existuje několik druhů svařovacích elektrod.

- Netavné elektrody bývají vyrobeny z wolframu nebo uhlíku. Jak plyne již z názvu, tyto elektrody se netaví a slouží pouze k vytvoření elektrického oblouku. Tyto elektrody tedy materiál do svaru nedodávají a v případě potřeby musíme ještě nějaký přidat. [5]

- Tavné elektrody se naopak teplem oblouku taví a dodávají do svaru přídavný kov. Musí mít v ideálním případě stejné nebo aspoň podobné složení jako svařovaný materiál. [5]
- Holé elektrody slouží ke svařování pod tavidlem nebo v ochranné atmosféře. [5]
- Obalené elektrody můžeme použít pro stejnosměrný i střídavý proud. Obal elektrody chrání tekutý kov před oxidací, stabilizuje oblouk, upravuje chemické složení svarového kovu a v neposlední řadě vytváří na povrchu svaru strusku. [5]

Elektrody se dají podle obalu rozlišit do čtyř skupin.

- Kyselé, které mají vyšší obsah oxidu křemičitého. Tyto elektrody vytváří řídkou strusku a jemnou housenku. Používají se hlavně při svařování ve vodorovné poloze. [5]
- Bazické mají vyšší obsah oxidu vápenatého a hořečnatého. Vytváří hustou strusku a jsou tedy vhodné ke svařování ve všech polohách. [5]
- Rutilové obsahují oxid titaničitý. Stejně jako bazické vytváří hustou strusku a jsou tak vhodné ke svařování ve všech polohách. Používají se převážně pro jakostní svary, které musí být těsné a podléhají rentgenové kontrole. [5]
- Vysokovýkonné elektrody mají ve svém obalu vyšší obsah železného prášku a díky tomu je vodivý. Tyto elektrody se dají zatížit větším proudem. Výkon může být až dvojnásobný ve srovnání s ostatními typy elektrod. [5]

### **Svařování v ochranné atmosféře**

Ochranná atmosféra vhodného plynu chrání natavený kov před účinky atmosféry. Podle druhu ochranného plynu rozdělujeme i způsoby svařování. [5]

#### **Metoda WIG**

Jedná se o svařování netavnou wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře argonu. Argon chrání kov před okolním vzduchem a zvyšuje stabilitu oblouku. Jelikož je elektroda netavná, musíme dodávat přídavný materiál. Tato metoda se nejčastěji používá při svařování lehkých kovů i jejich slitin a taky žárovevných a korozivzdorných ocelí. Tato metoda je ale málo výkonná a používá se pouze tam, kde je vyžadována vysoká čistota. Například v jaderné energetice. [5]

### Metoda MAG

U této metody již používáme tavnou elektrodu. Jedná se o holý drát, který hoří v ochranné atmosféře oxidu uhličitého. Při této metodě se dá svařovat i automaticky nebo poloautomaticky. Mezi hlavní výhody této metody patří nízká cena plynu, vysoká produktivita a možnost svařovat i navařovat. [5]

### Metoda MIG

Tato metoda je velmi podobná jako předchozí MAG. Liší se pouze v použitém plynu. Zde je elektroda taví v ochranné atmosféře směsi argonu s oxidem uhličitým a nebo z kyslíkem. Tuto metodu lze použít i pro svařování hliníku a jeho slitin. Ve srovnání s metodou WIG je tato metoda výkonnější avšak má menší kvalitu svaru. [5]

## 2.1.2 Svařování za působení tepla a tlaku

Hlavní princip u tohoto druhu svařování spočívá v tom, že vlivem odporu dojde k natavení stykové plochy a následným působením tlaku dojde ke svaření. [5]

### Svařování stykové

Výhoda této metody spočívá v tom, že stykové plochy nemusíme nějak zvlášť připravovat. Nerovnosti a nečistoty se totiž odstraní odtavením. K natavování dojde díky elektrickým výbojům, které vznikají na vrcholcích nerovností. Tyto výboje postupně zahřívají materiál až dojde k natavení celého průřezu a následně se obě části k sobě přitlačí, čímž dojde ke svaření. Výsledný svar má velmi dobrou jakost. Tímto způsobem se vyrábějí různé strojní nástroje. Například soustružnické nože, vrtáky, výhrubníky a další nástroje, které jsou složeny ze dvou různých ocelí. [5]

### Svařování bodové

Princip spočívá v přeplátování součástí, které se následně sevrou mezi dvě elektrody. Proud prochází přes svařovaný materiál a v místě největšího odporu (tj. mezi oběma součásti) dojde k natavení a následnému vzniku tzv. svarové čočky. Z důvodu velkého namáhání elektrod musí být uvnitř chlazeny vodou a bývají vyrobeny ze slitiny mědi. Tento způsob svařování se používá například při svařování karoserii aut. Zde už mají svářečky několik bodů a

svařování se provádí roboticky. Touto metodou můžeme svařovat plechy od tloušťky 0,5 mm až do tloušťky 3 mm. [5]

### **Svařování švové**

Principiálně se jedná o velmi podobnou metodu jako bodové svařování. Liší se ale tvarem elektrod a průběhem svařovacího cyklu. Svarové čochy jsou zde přes sebe přeryty a díky tomu získáme pevný a těsný svar. Svařované součásti nemusí být přeplátované, ale lze je svařit i na tupo. Touto metodou se svařují například trubky, nádrže a podobně. [5]

### **Svařování výstupkové**

Tato metoda je ze všech oporových metod svařování nejefektivnější. Její princip spočívá v tom, že na jednom ze svařovaných materiálů zhotovíme výstupky, na kterých pak dochází ke koncentraci napětí. Jakmile se výstupky dostatečně nataví, stlačíme k sobě oba svařované materiály a zhotovíme tak několik svarů najednou. Ke stlačení se používají speciální svařovací lis, které dokáží vyvinout sílu až 30 kN. Touto metodou lze svařovat i rozdílné materiály. Například stříbrné kontakty na mosazný podklad. [5]

## **2.2 Svařitelnost**

Jedná se o technologickou vlastnost, při které vyhodnocujeme tyto vlastnosti: pevnost, houževnatost, korozivní odolnost, plasticita, únavové vlastnosti a sklon k tvorbě trhlin. Na základě vyhodnocení všech těchto vlastností pak dělíme svařitelnost do několika skupin – svařitelnost zaručená, podmíněná, dobrá a obtížná. [5]

Oceli jsou vhodné ke svařování pokud mají do 0,25% obsahu uhlíku. Pokud obsah uhlíku v oceli je nad 0,5% tak se tyto oceli nedoporučují ke svařování. [5]

Litina se víceméně nesvařuje, pouze při opravách slévárenských vad. Svařování se provádí s předehřevem přídavným litinovým materiálem nebo bez předehřevu elektrodami na bázi mědi nebo niklu. [5]

Měď a její slitiny můžeme svařovat téměř všemi způsoby tavného svařování. [5]

Hliník a jeho slitiny se dají taky svařovat, ale jeho svařitelnost ovlivňuje vrstva oxidů, která se musí odstranit různými tavidly. Po svaření se provádí tepelné zpracování na zlepšení mechanických vlastností. [5]

## 2.3 Tepelní zpracování svarových spojů

### Před svařováním

Normalizační žíhaní slouží k dosažení rovnoměrnějších mechanických vlastností a to hlavně u větších tloušťek ocelí.

Zušlechťováním bude svar lépe odolávat pnutí a dosáhneme větší tažnosti.

Žíhaní na měkko se používá u tepelně zpracovaných ocelí.

Předehřívání pomůže snížit tepelný spád. Ohřívá se pouze na teploty do 400 °C. [5]

### Po svařování

Normalizačním žíháním dokážeme zjemnit strukturu ve svařovaném místě.

Žíhání ke snížení pnutí se provádí od 500 do 650 °C.

Popouštění sníží vnitřní pnutí a změkčí svar v přechodové oblasti. Provádí se u legovaných ocelí. [5]



### 2.4 Značení svarů

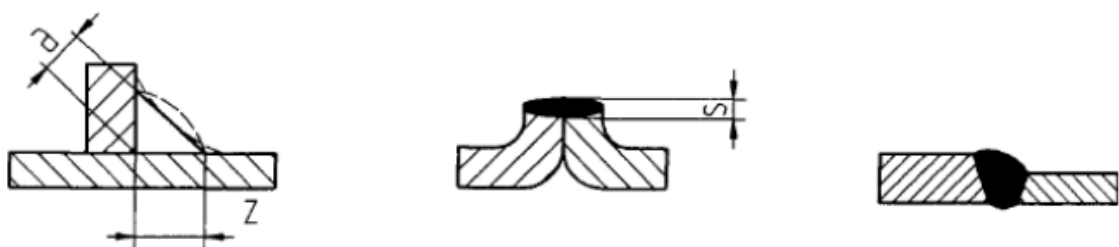
druh svaru	značka	zobrazení	druh svaru	značka	zobrazení
lemový			oboustranný U		
svar I			podložený V		
svar V			výstupkový		
svar 1/2 V			děrový		
svar W			bodový		
svar Y					
svar 1/2 Y			švový		
svar U					
svar 1/2 U			oblý V svar		
svar UV			oblý 1/2 V svar		
V s podložkou			koutový		
X- svar					

Obrázek 12 Základní značky a zobrazení jednotlivých druhů svarů [33]

Doplňující značky svarů vyjadřují povrch a vnější tvar svaru. Mohou znázorňovat i další údaje o provedení.

tvar	plochý	převýšený	vydutý	střídavý	opracované přechody	přivařená podložka	odnímatelná podložka
značka							

Obrázek 13 Základní doplňující značky svarů [33]



Obrázek 14 Označení charakteristických rozměrů svarů [33]

### 3 BEZPEČNOST ZVEDACÍCH ZAŘÍZENÍ

Bezpečnost mobilních a přemístitelných zvedáků vychází z normy ČSN EN 1494+A1.

Zvedací zařízení bývají zpravidla umístěny nad pracovním prostorem, kde se pohybují lidi. S tím souvisí riziko zranění osob při pádu břemena i pád osob při kontrolní a opravárenské činnosti na zvedacím zařízení. Bezpečnost práce zdvihacích zařízení ovlivňuje několik faktorů. Jedná se například o technický stav zařízení a lan. Velký vliv na bezpečnost má ale i lidský faktor. Jeřábníci i vazači se musí řídit zásady bezpečnosti práce, aby nedošlo k pracovnímu úrazu. [31]

Zdrojem vzniku pracovního úrazu může být například:

- Nedostatečné povědomí o BOZP, zejména neseznámení se s konkrétními riziky dané práce.
  - Zaměstnavatelé nepřidělují vhodné OOPP, případně zaměstnanci OOPP nepoužívají a pověřené osoby nekontrolují jejich stav a používání.
  - Zaměstnanci nejsou důkladně seznámeni s obsluhou zařízení a bezpečnostními předpisy pro dané zařízení, které musí být dodržovány při každé činnosti s zařízením.
- [31]

Mezi nejčastější nedostatky při kontrole inspektorů patří nedostatečné případně nekonkrétní školení, používání univerzálních osnov, bez ohledu na pracovní činnosti zaměstnanců, někdy u školení chybí i návod na obsluhu daného zařízení. [31]

U kontroly vázacích prostředků se často zjistí, že mají nečitelné údaje o jejich nosnosti nebo tyto údaje zcela chybí. Takovéto vázací prostředky nemůžou být používány a musí být ihned po zjištění závady vyřazeny. Může totiž snadno dojít k jejich přetížení, z důvodu jejich neznámé nosnosti. [31]

Při zjištění porušení některého nařízení ohledně bezpečnosti práce lze dle zákona č. 251/2005 Sb., o inspekci práce, uložit pokutu až do výše 2 mil. Kč. [31]

**Zásady při konstrukci zvedacího zařízení dle normy ČSN EN 1494+A1:**

- Všechny zvedáky a jeřáby tedy musí být vybaveny určitým zabezpečovacím mechanismem, který zabrání samovolnému klesání břemena. Lze tomu zabránit například použitím samosvorných pohonů, blokovacích zařízení (např. západka, která je díky pružině tlačena do aretační polohy), popřípadě užitím zpětných ventilů na hlavním válci. [32]
- Brzdící mechanismus musí být zkonstruován tak, aby dokázal bez svého vlastního poškození zachytit síly, které vznikají při brždění břemena a to v jakékoliv poloze zvedáku. Je třeba taky zabránit tomu, aby obsluha nemohla ovlivnit jeho účinky bez použití nástrojů. [32]
- U ručních zvedáků, fungujících na hydraulickém nebo pneumatickém principu, musí být zajištěna možnost regulace rychlosti spouštění, případně i spouštění zastavit a to při jakémkoliv zatížení až do jmenovité nosnosti zvedáku. Maximální přípustná rychlost spouštění při jmenovitém zatížení je 0,15 m/s. Tyto zvedáky rovněž musí obsahovat ochranu proti přetížení. Tuto podmínku musí splňovat všechny hydraulické a pneumatické zvedáky s nosností nad 100 kg a u mechanických zvedáků je hranice posunuta na 1000 kg. [32]
- Všechny koncové polohy zvedáku musí být omezeny a to mechanicky nebo hydraulicky. Síly, která vzniknout při dosažení těchto poloh, musí být zvedákem bezpečně zachyceny. Je taky nutné zabránit neúmyslnému vyřazení těchto omezovacích zařízení z provozu. [32]
- V hydraulickém systému musí být možnost odstranění zadrženého vzduchu. [32]
- Místo obsluhy musí umožňovat volný výhled na zvedané břemeno a taky na nebezpečné části zvedáku. Tento požadavek musí být splněn po celou dobu zvedání i spouštění. [32]
- Zajišťovací a brzdící zařízení musí být konstruovány tak, aby se jejich nastavení nedalo změnit bez použití nástrojů. [32]
- Materiály blokovacích zařízení musí být voleny a konstruovány tak, aby nemohlo dojít k prasknutí, plastickým deformacím a ani se nebylo třeba obávat křehkosti. Tyto vlastnosti musí být zajištěny i po určitém čase. [32]

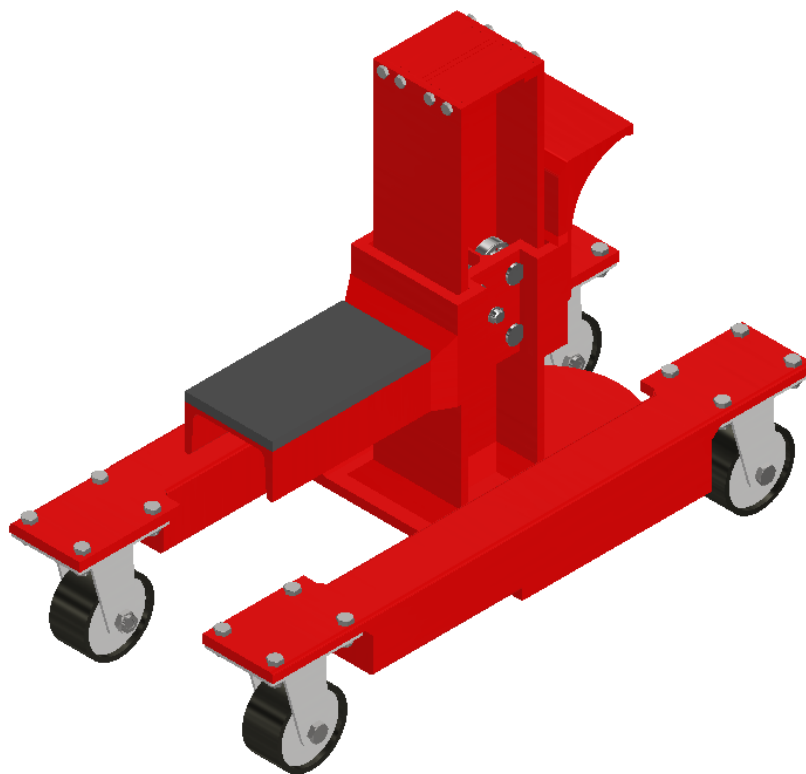
## **II. - PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 NÁVRH KONSTRUKCE ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ UMOŽŇUJÍCÍ NÁSLEDNOU MANIPULACI

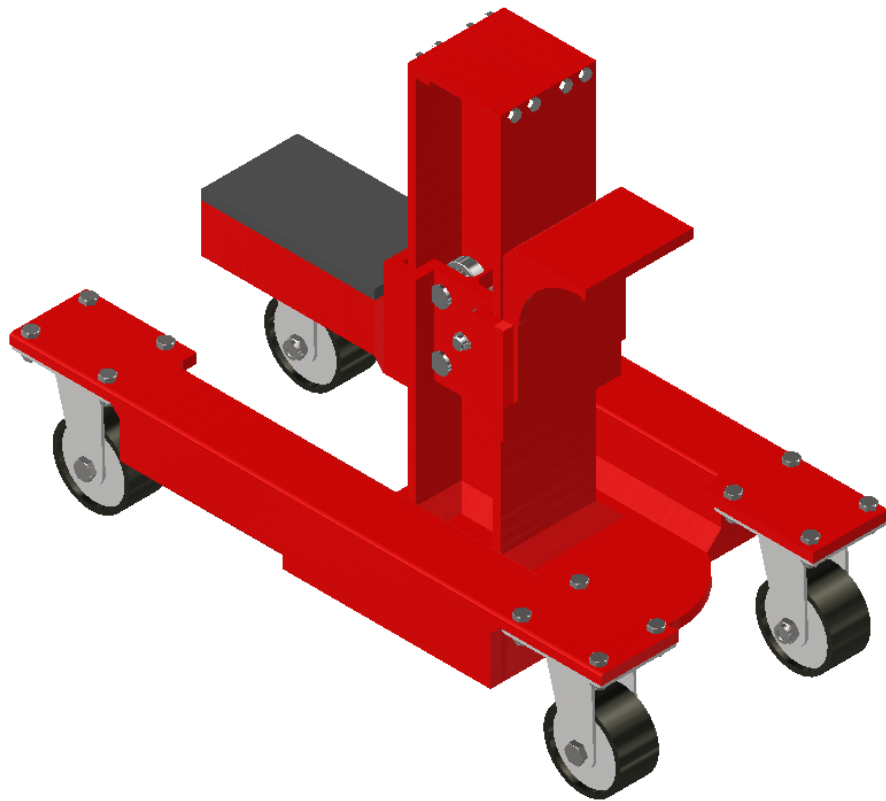
Cílem této práce je navrhnout konstrukci umožňující zvednutí vozidla o hmotnosti do 1,6 tuny. Hlavní požadavek je, aby se dalo s autem po jeho zvednutí někde na rovině a kvalitním povrchu manipulovat (např. průmyslová podlaha v garáži nebo dílně). Možnost následné manipulace s autem je důležitá hned z několika důvodů.

Mezi hlavní patří možnost zaparkování auta do míst, kde se s ním normálně najet nedá. Např. zatlačit ho někde na bok ke stěně, aby nezavazelo. Využití ale najdou i lidi, kteří mají malou garáž, aby si mohli i s rozloženým autem manipulovat jak jim vyhovuje.

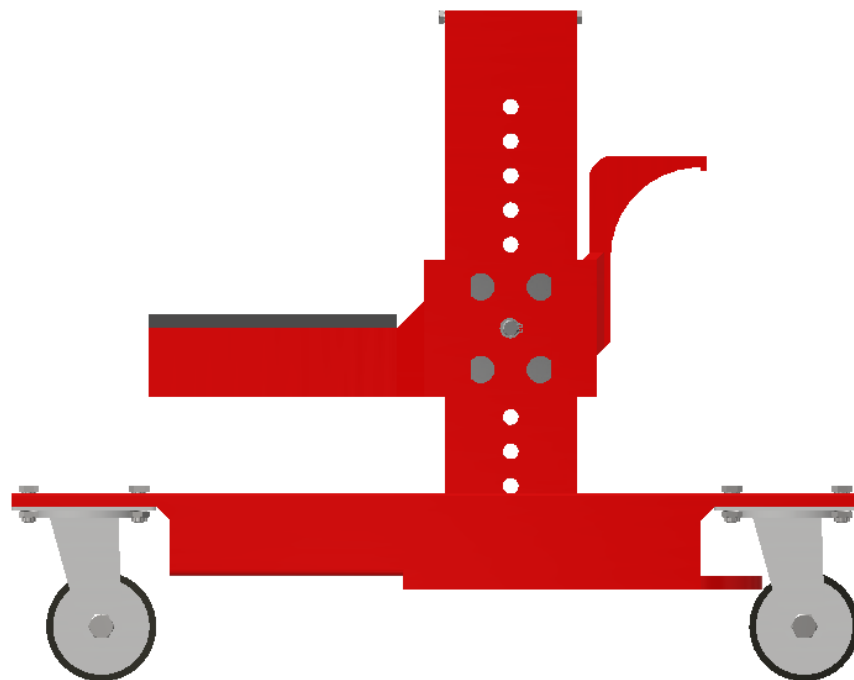
Zvedák najde využití i u těch, kteří vlastní nějakého veterána nebo auto, s kterým moc nejezdí. Po zvednutí se totiž odlehčí pneumatikám, pružinám a dalším částem podvozku, které nebudou zbytečně zatížené a auto díky tomu nebude dlouhým stáním tolik trpět.



Obrázek 15 Pohled zepředu na navrhnutý zvedák



Obrázek 16 Pohled zezadu na navrhnutý zvedák



Obrázek 17 Pohled z boku na navrhnutý zvedák

#### 4.1 Průzkum mobilních zvedáků na trhu

Před zahájením konstrukce byl proveden průzkum trhu, ve kterém se ukázalo, že žádný podobný zvedák na trhu není. Žádný ze současně dostupných zvedáků neumožňuje manipulaci se zdviženým autem. Níže je uveden přehled mobilních zvedáků, které se dají nyní zakoupit.

##### Mobilní nůžkový zvedák

Tento zvedák (viz. obr 15) stojí 60 488 Kč vč. DPH. Zhruba to je i jejich obvyklá cena. Jeho výhodou je, že má nosnost 3000 kg. Nevýhodou je pak jeho hmotnost, která je 500 kg a svoji mobilitu ztrácí po jeho zvednutí. [24]

Nejlevnější zvedák tohoto typu byl nalezen za cenu 39 900 Kč vč. DPH. [25]



Obrázek 18 Mobilní nůžkový zvedák – typ 1 [24]

Dále pak bylo nalezeno ještě další provedení mobilního nůžkového zvedáku (viz. obr 16). Tento zvedák je již ale značně dražší. Jeho cena je 220 617 Kč bez DPH, samotný váží 750 kg a zvedne 3000 kg. Rovněž ale platí, že je mobilní pouze v dolní poloze. [26]



Obrázek 19 Mobilní nůžkový zvedák - typ 2 [26] [27]

### Mobilní sloupový zvedák

U tohoto druhu zvedáku byly rovněž nalezeny dva typy.

První typ je tvořen jednou konstrukcí která funguje na podobném principu jako vysokozdvížené vozíky (viz. obr 17). Tento zvedák má nosnost 2500 kg a jeho hmotnost je 720 kg. Svoji mobilitu si zachovává taky jen do té doby než zvedne automobil. Tento zvedák se dá pořídit za cenu 109 657 Kč vč. DPH. [28]



Obrázek 20 Jednosloupový mobilní zvedák [28]

Druhý typ mobilního sloupového zvedáku zvedá automobil za jeho kola (viz. obr 18). Je tedy dobrý na opravy a údržby v podvozkové části. Z hlediska parkování je nevhodný, protože není docíleno odlehčení kol. Z hlediska zatížení náprav, je to stejné jako by auto stálo na zemi, to ale jen v případě, že si zakoupíte 4 tyto konstrukce. Jedna konstrukce stojí 9900 Kč vč. DPH a je určena pro automobily, které mají maximální hmotnost 1800 kg. [29]



Obrázek 21 Mobilní sloupový zvedák za kolo [29]



### Kolový zvedák

Tento zvedák neslouží ke zvednutí auta (viz. obr 19), ale pouze umožňuje libovolnou manipulaci s autem po ploše. Dá se tedy použít i k zaparkování auta do hůře přístupných míst. Podmínkou je opět mít 4 konstrukce, aby se dalo s autem manipulovat. Auto se zvedne a pod kola se vloží tento kolový zvedák. Případně se autem na konstrukci najede. Každá konstrukce má nosnost 680 kg. Sada dvou kusů stojí 2779 Kč vč. DPH. [30]



Obrázek 22 Kolový zvedák [30]

## 4.2 Základní požadované vlastnosti

Čistá nosnost jednoho zvedáku byla konstruována na 800 kg. Ve všech výpočtech spodní nepohyblivé části se počítá s maximální hmotností 850 kg a u výpočtů horní pohyblivé části se počítá s maximální hmotností 830 kg. Zde se už totiž neprojeví hmotnost ručního stojanového hydraulického zvedáku (tzv. hydraulická panenka) (viz. obr 20) a taky už zde není důvod zahrnovat hmotnost spodní konstrukce. Panenka má nosnost 2t a zdvih 165-355 mm. V případě vyšroubování závitu je tento zdvih navýšen o 50 mm. [20]



Obrázek 23 Použitý hydraulický zvedák [22]

Tato konstrukce zvedáku s možností manipulace se zdviženým břemenem tedy umožňuje bezpečně zvednout automobil s hmotností do 1600 kg. Nejnižší poloha zvedáku byla zvolena 14 cm a to z důvodu možnosti zvednutí aut, která mají sportovní podvozek (jsou snížené). Maximální výška pak byla stanovena na hodnotu 43 cm. Při určení minimální a maximální výšky bylo vycházeno z vlastní série měření na různých typech automobilů. Tato série zahrnovala běžná auta, SUV i auta se sportovním podvozkem. Během měření byla měřena výška od země po nosný bod auta (většinou práh). Běžné pojízdné hevery mají výšku maximálního zdvihu okolo 30 cm (Obr. 21), takže navrhnutá výška 43 cm je naprosto dostačující. [17]

Při konstrukci byl kladen důraz na použití běžně dostupných hutních materiálů, aby bylo následně možné konstrukci zhotovit i v domácích podmínkách a bez složitých přípravných prací.



Obrázek 24 Ukázka běžného pojízdného heveru [17]

### 4.3 Pevnostní výpočty jednotlivých částí namáhaných na ohyb

Všechny nakupované ocelové polotovary jsou vyrobeny z oceli 11503. Tato ocel má mez pevnosti 470 MPa a mez kluzu 355 MPa. Podrobné informace o použité oceli nalezneme v přehledu vlastností, který se nachází v příloze.

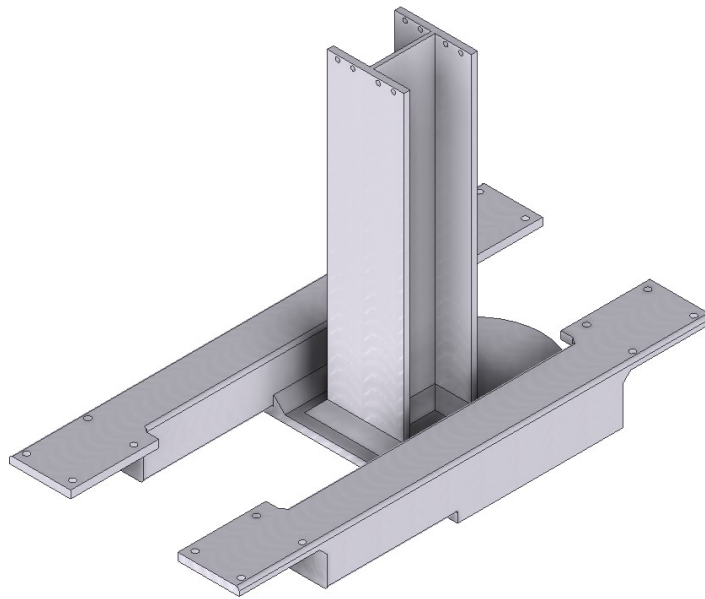
#### Výpočet dovoleného napětí v ohybu $\sigma_d$

$$\sigma_d = \frac{Re}{k} = \frac{355}{2,5} = 142 \text{ MPa} \quad (2)$$

#### 4.3.1 Výpočty spodní pevné části

Následující výpočty se budou týkat spodní nepohyblivé části zvedáku.

Možnost manipulace s konstrukcí bude zajištěna čtyřmi transportními kolečky B90N, která mají nosnost 250 kg na kus. Všechny tyto kolečka budou opatřeny brzdou, aby se pak auto nemohlo uvést k nechtěnému pohybu. [19]



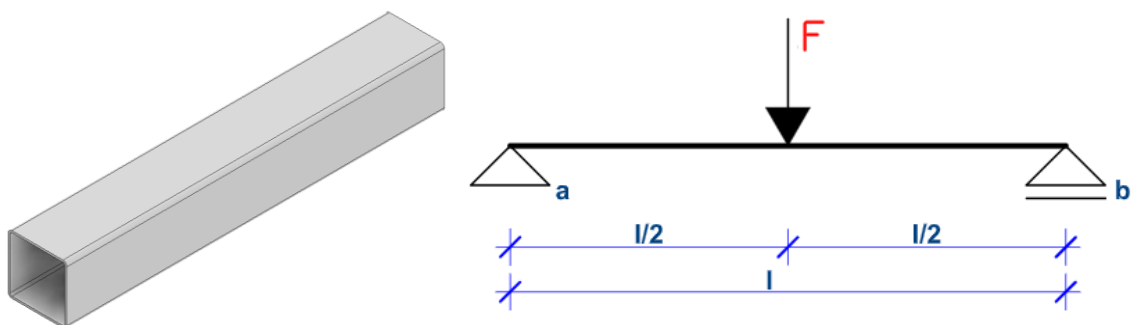
Obrázek 25 Pohled na spodní nepohyblivou část

### Výpočet spodních jaklových nosníků

Jedná se o nosník na dvou podpěrách zatížený zhruba uprostřed. Ve skutečnosti není zatížený přesně uprostřed, ale z hlediska ohybu v půli dojde k větší deformaci než když by byla síla posunuta blíže k podpěře. Z toho důvodu je zatěžující síla uvažována v polovině.

Spodní nosníky jsou zhotoveny z jaklového profilu o rozměrech 60x60x2 a délce 385 mm. Na obou koncích profilu je navařený plech o síle 3 mm, který slouží k uzavření profilu.

Tento je jaklový profil je ještě na spodní straně z poloviny vyztužen plechem o tloušťce 10 mm, který tvoří dno zvedáku. Ve výpočtu se s tímto přeplátováním nepočítá z důvodu vyšší bezpečnosti.



Obrázek 26 Jeklový profil a schématický obrázek k výpočtu

Maximální ohybový moment:

$$M_{max} = \frac{F \times l}{4} = \frac{4250N \times 385mm}{4} = 409062,5 \text{ Nmm} \quad (3)$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \times (b \times h^3 - b_1 \times h_1^3) = \frac{1}{12} \times (60 \times 60^3 - 56 \times 56^3) = 260\,459 \text{ mm}^4 \quad (4)$$

Napětí v krajních vláknech:

$$\sigma = \frac{M \times h}{2 \times I_y} = \frac{409062,5 \text{ Nmm} \times 60 \text{ mm}}{2 \times 260459 \text{ mm}^4} = 47,12 \text{ MPa} \quad (5)$$

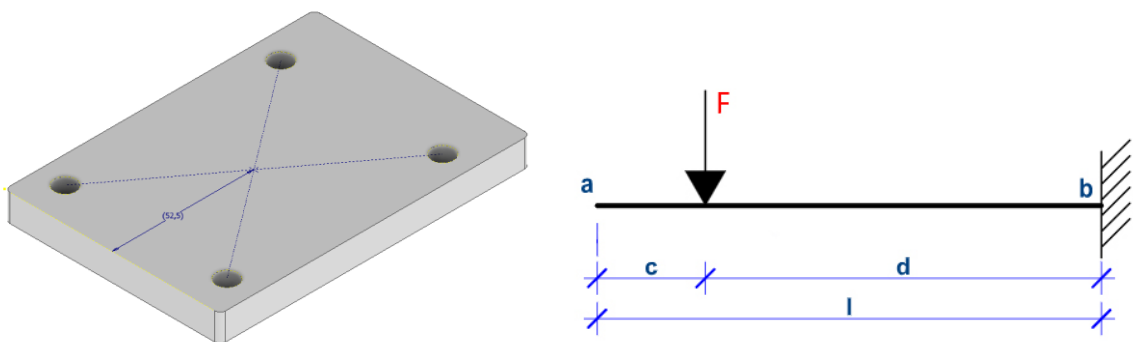
$$\sigma \leq \sigma_d \rightarrow 47,12 \text{ MPa} \leq 142 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

Průhyb nosníku v polovině rozpětí:

$$w = \frac{F \times l^3}{48 \times E \times I_y} = \frac{4250N \times 385^3 \text{ mm}}{48 \times 210000 \text{ MPa} \times 260459 \text{ mm}^4} = 0,09 \text{ mm} \quad (6)$$

### Výpočet plochy pro uchycení koleček

Plocha je zhotovená z plechu o síle 10 mm. Má délku 115 mm a šířku 80 mm. Tato plocha bude počítána jako vetknutý nosník, který je zatížen ve vzdálenosti  $d = l - c$ , tj. 62,5 cm od místa vetknutí. Zatížení vyvolané hmotností auta bude čtvrtinové, protože se síla rozloží, mezi 4 plochy.



Obrázek 27 Plocha pro uchycení koleček a schématický obrázek k výpočtu

Maximální ohybový moment:

$$M_{max} = F/4 \times d = 2125N \times 62,5mm = 132812,5 \text{ Nmm} \quad (7)$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{80 \times 10^3}{12} = 6666,7 \text{ mm}^4 \quad (8)$$

Napětí v krajních vláknech:

$$\sigma = \frac{M \times h}{2 \times I_y} = \frac{132812,5 \text{ Nmm} \times 10 \text{ mm}}{2 \times 6666,7 \text{ mm}^4} = 99,6 \text{ MPa} \quad (9)$$

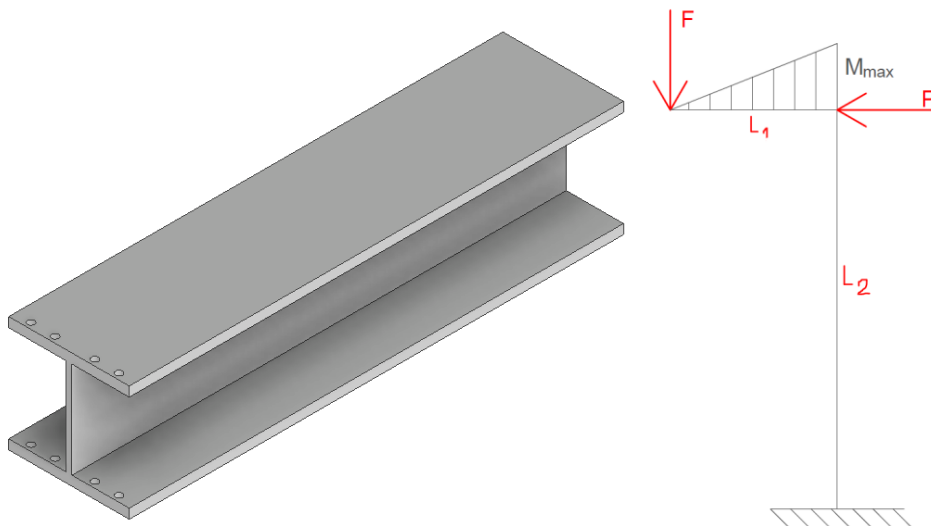
$$\sigma \leq \sigma_d \rightarrow 99,6 \text{ MPa} \leq 142 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

Průhyb nosníku na konci vyložení:

$$w = \frac{\frac{F}{4} \times d^2 \times (3 \times c + 2 \times d)}{6 \times E \times I_y} = \frac{2125 \text{ N} \times 62,5^2 \text{ mm} \times (3 \times 52,5 \text{ mm} + 2 \times 62,5)}{6 \times 210000 \text{ MPa} \times 6666,7 \text{ mm}^4} = 0,28 \text{ mm} \quad (10)$$

### Výpočet svislého HE-A profilu

Tento profil bude taky počítán jako vetknutý nosník, uchycený na jednom konci a zatížený na konci druhém. Ve skutečnosti nikdy na samém konci zatížený nebude, ale v rámci zjednodušení a zvětšení bezpečnosti bude takto počítán. Jelikož není zatížený přímou silou, ale ohybovým momentem vyvolaným váhou auta na rameni pohyblivé části, bude nutné sílu vypočítat z maximálního ohybového momentu. Profil má délku 402 mm a rozměr 100x96.



Obrázek 28 HEA profil a schématický obrázek k výpočtu

Maximální ohybový moment:

$$M_{max} = -F \times l_1 = -8000N \times 200mm = -1660000 \text{ Nmm} \quad (11)$$

Výpočet síly P z maximálního ohybového momentu:

$$P = \frac{M_{max}}{l_2} = \frac{1660000Nmm}{410} = 4048,78 \text{ N} \quad (12)$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \times [b \times h^3 - (b - t_1) \times (h - 2 \times t_2)^3] = \frac{1}{12} \times [100 \times 96^3 - (100 - 5) \times (96 - 2 \times 8)^3] = 3492000 \text{ mm}^4 \quad (13)$$

Napětí v krajních vláknech:

$$\sigma = \frac{M \times h}{2 \times I_y} = \frac{1660000Nmm \times 96mm}{2 \times 3492000mm^4} = 22,82 \text{ MPa} \quad (14)$$

$$\sigma \leq \sigma_d \rightarrow 22,82 \text{ MPa} \leq 142 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

Průhyb nosníku na konci vyložení:

$$w = \frac{P \times l^3}{3 \times E \times I_y} = \frac{4048,78N \times 410^3mm}{3 \times 210000MPa \times 3492000mm^4} = 0,13 \text{ mm} \quad (15)$$

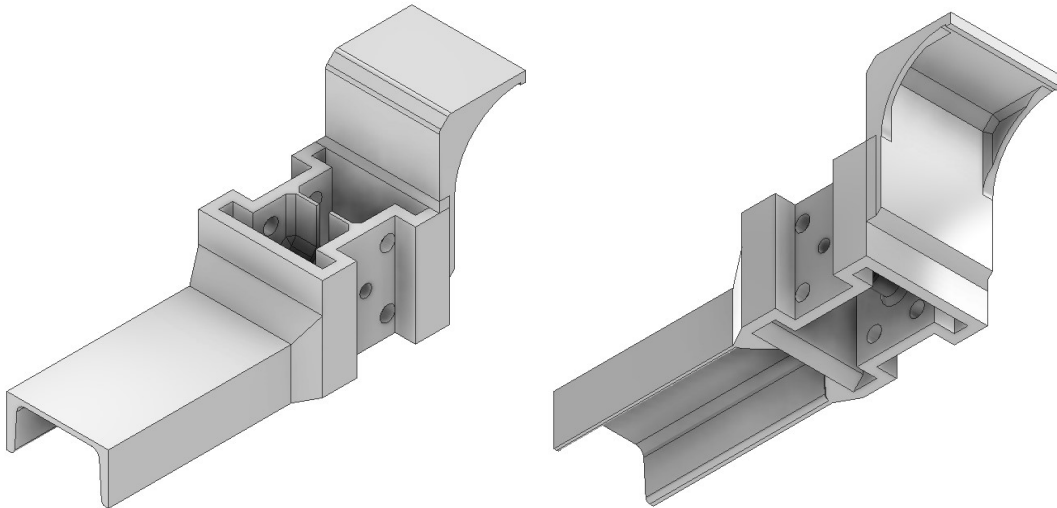
#### 4.3.2 Výpočty horní pohyblivé části

Následující výpočty se budou týkat horní pohyblivé části zvedáku, která zvedá auto.

Tato část je spojena se spodní nepohyblivou částí pomocí osmi kuličkových jednořadých ložisek 6301 – 2Z od firmy SKF. Tyto ložiska byly vybrány ze strojnických tabulek na základě jejich statické únosnosti. Každé ložisko má statickou únosnost 4650N, tzn. Každé vydrží zatížení odpovídající 465 kg. Venkovní průměr ložiska je 37 mm a vnitřní 12 mm. Jeho šířka je pak 12 mm. Kvůli prachu a taky z důvodu bezúdržbovosti byly zvoleny ložiska kryté z obou stran plechem. [7] [22]

Na U profilu, který je v přímém kontaktu s automobilem bude nalepená pryž, která zabrání nechtěnému sklouznutí a následnému pádu a poškození auta. Díky pryžovému mezikusu bude i zajištěn šetrnější kontakt s prahem nebo jiným nosným bodem auta. Nebude tedy docházet k odírání ochranného nástřiku podvozkových částí.

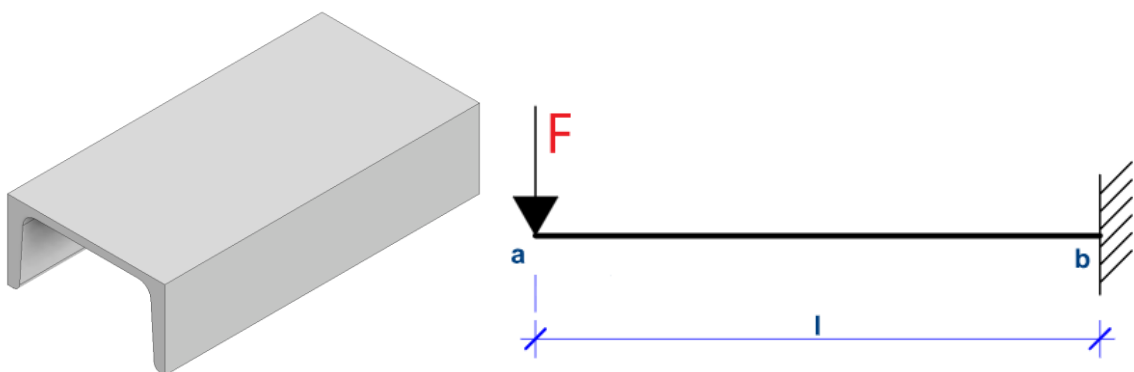
Plocha do které se bude opírat hever, je pak opatřena hranou, aby ani zde nemohlo dojít ke sklouznutí a taky se tím eliminuje možnost, že by případný uživatel neumístil hever celou svojí plochou pod místo k zvedání.



Obrázek 29 Pohled na horní pohyblivou část

### Výpočet vodorovného U profilu, který je v kontaktu s autem

Tento profil je namáhán na ohyb a jedná se o vetknutý nosník zatížený na konci. U profil má rozměry 100 x 50 x 200.



Obrázek 30 U profil a schématický obrázek k výpočtu

Maximální ohybový moment:

$$M_{max} = -F \times l = -8300N \times 200mm = -1660000 \text{ Nmm} \quad (16)$$



Moment setrvačnosti: hodnota z vlastností materiálu na stránkách výrobce [21]

$$I_y = 293000 \text{ mm}^4 \text{ [21]}$$

Napětí v krajních vláknech:

$$\sigma = \frac{M \times h}{2 \times I_y} = \frac{1660000 \text{ Nmm} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 293000 \text{ mm}^4} = 141,64 \text{ MPa} \quad (17)$$

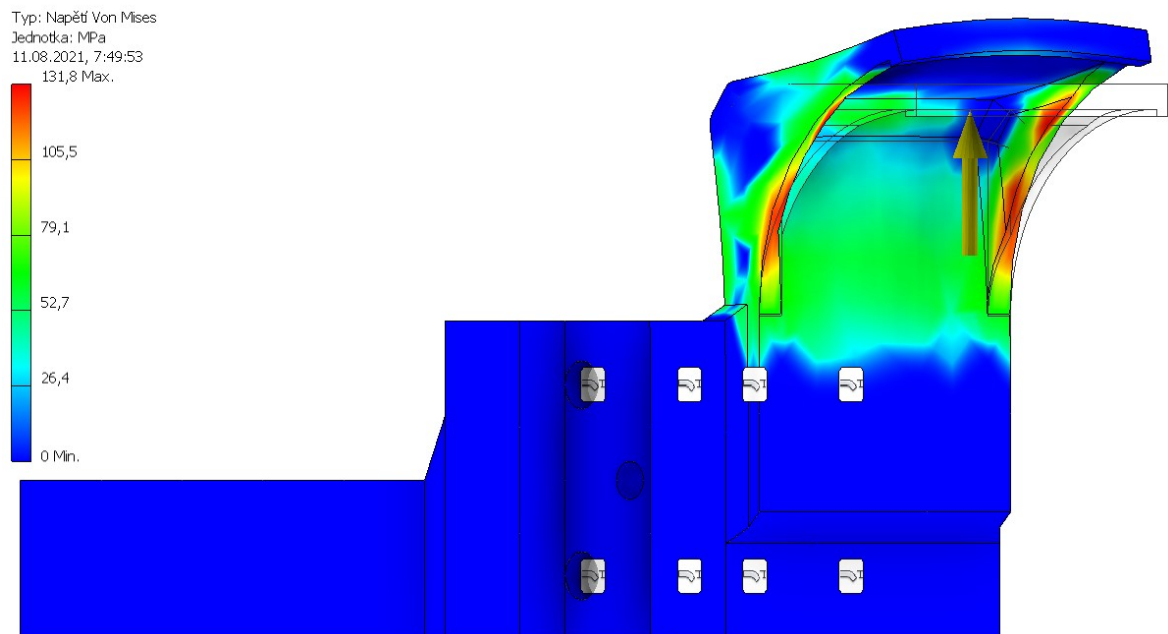
$$\sigma \leq \sigma_d \rightarrow 141,64 \text{ MPa} \leq 142 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

Průhyb nosníku na konci vyložení:

$$w = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I_y} = \frac{8300 \text{ N} \times 200^3 \text{ mm}}{3 \times 210000 \text{ MPa} \times 293000 \text{ mm}^4} = 0,36 \text{ mm} \quad (18)$$

### Výpočet části, do které tlačí hever

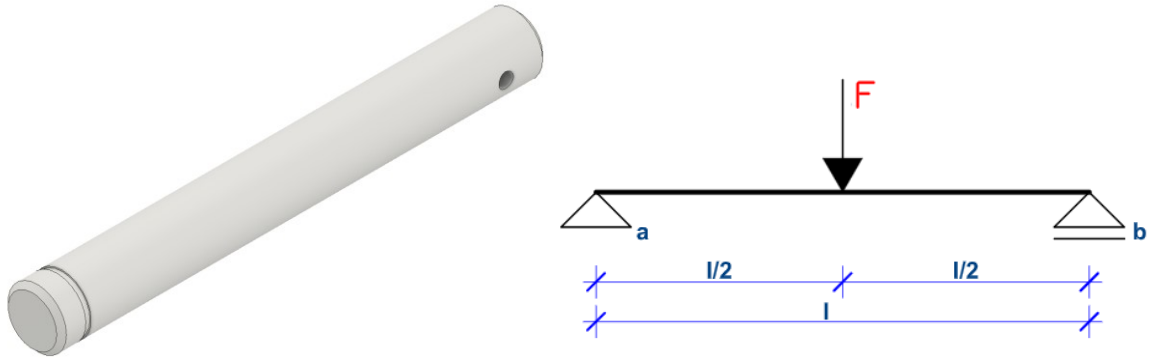
Tato část z důvodu složení z několika menších částí byla kontrolována pomocí pevnostní analýzy v aplikaci Autodesk Inventor.



Obrázek 31 Výsledek pevnostní analýzy z aplikace Autodesk Inventor

### Výpočet bezpečnostního kolíku

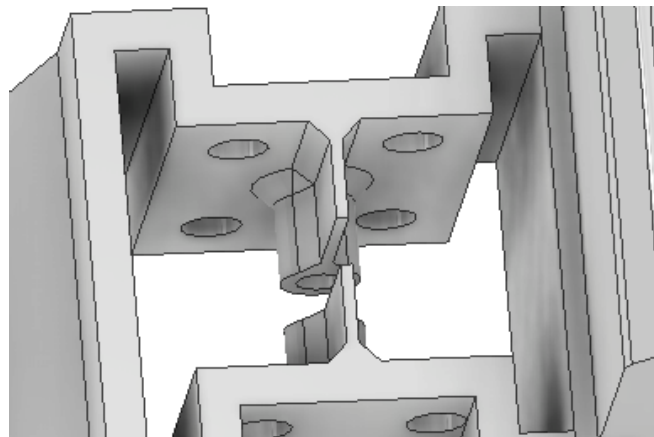
Jedná se o nosník na dvou podpěrách, který je zatížený uprostřed silou, vyvolanou váhou vozidla. Pojistňovací kolík má průměr 12 mm a délka mezi krajními podpěry je 12 mm.



Obrázek 32 Pojistný kolík a schématický obrázek k výpočtu

Pojistný kolík je vyroben z oceli 11600 a má dovolené napětí v míjivém ohybu  $\sigma_d = 160$  MPa. [7]

Vzdálenost mezi myšlenými podpěry nosníku je jen 12 mm, protože v domečku na ložiska je vytvořeno zpevnění, aby kolík nebyl namáhán na ohyb v celé své délce.



Obrázek 33 Detailní obrázek zpevnění v okolí kolíku

Maximální ohybový moment:

$$M_{max} = \frac{F \times l}{4} = \frac{8300N \times 12mm}{4} = 24900 \text{ Nmm} \quad (19)$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times 6^4 mm^4}{4} = 1018 \text{ mm}^4 \quad (20)$$

Napětí v krajních vláknech:

$$\sigma = \frac{M \times r}{I_y} = \frac{24900 \text{ Nmm} \times 6 \text{ mm}}{1018 \text{ mm}^4} = 146,76 \text{ MPa} \quad (21)$$

$$\sigma \leq \sigma_d \rightarrow 146,76 \text{ MPa} \leq 160 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

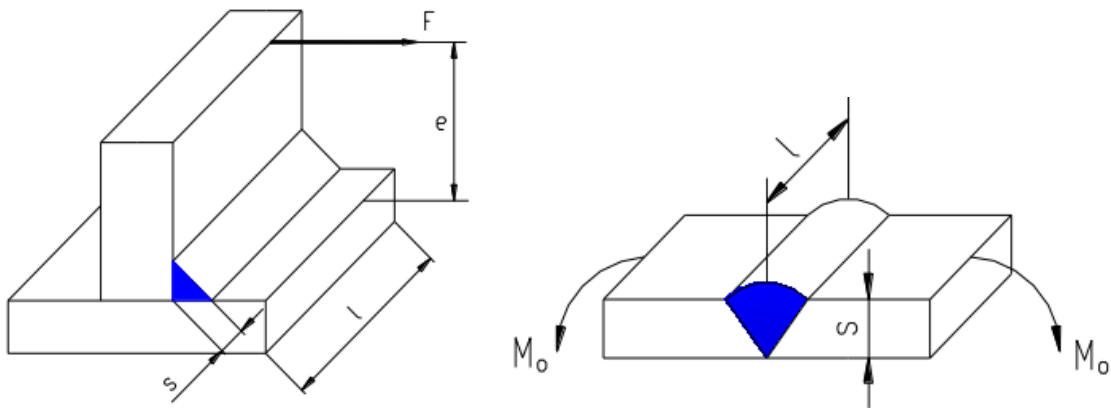
Průhyb nosníku v polovině rozpětí:

$$w = \frac{F \times l^3}{48 \times E \times I_y} = \frac{8300 \text{ N} \times 12^3 \text{ mm}}{48 \times 210000 \text{ MPa} \times 1018 \text{ mm}^4} = 0 \text{ mm} \quad (22)$$

#### 4.4 Pevnostní výpočty svarových spojů

Maximální dovolené smykové napětí ve svaru vychází z maximální ohybového napětí.

$$\tau_d = 0,65 \times \sigma_d = 0,65 \times 142 = 92,3 \text{ MPa} \quad (23)$$



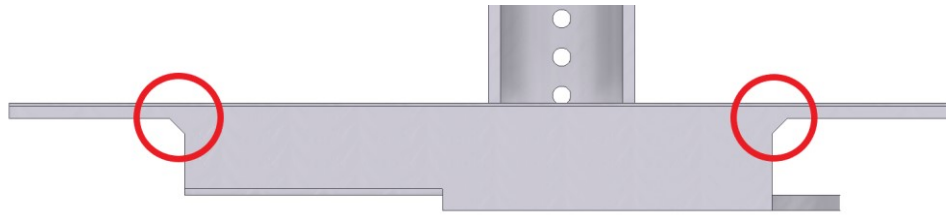
Obrázek 34 Schématické znázornění svaru koutového a tupého

##### 4.4.1 Výpočty spodní pevné části

Následující výpočty se budou týkat spodní nepohyblivé části zvedáku.

##### Výpočet svaru mezi plechem na uchycení koleček a jeklovým profilem

Každá ze čtyř ploch o tloušťce 10 mm je přivařena k jeklu kombinací svaru koutového a tupého. Ze spodní strany je svar koutový a z horní strany je svar tupý. Zatěžující síla vyvolaná hmotností auta bude čtvrtinová.



Obrázek 35 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 10 = 7,071 \text{ mm} \quad (24)$$

$$\tau_1 = \frac{\frac{F}{4}}{2 \times s_k \times l} = \frac{2125N}{2 \times 7,071 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}} = 2,5 \text{ MPa} \quad (25)$$

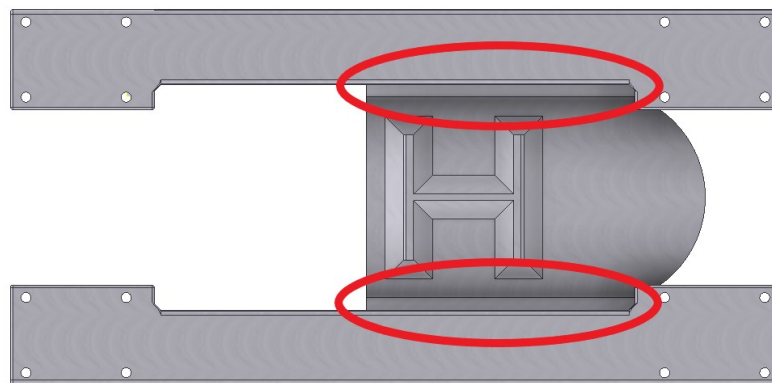
$$\tau_2 = \frac{\frac{F}{4} \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k^2 \times l + \frac{1}{6} \times s_t^2 \times l} = \frac{2125N \times 57,5 \text{ mm}}{2 \times \frac{1}{6} \times 7,071^2 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} + \frac{1}{6} \times 10^2 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}} = 61,1 \text{ MPa} \quad (26)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{2,5^2 + 61,1^2} = 61,15 \text{ MPa} \quad (27)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 61,15 \text{ MPa} \leq 92,3 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

### Výpočet svaru mezi spodním spojovacím plechem a jeklovými profily

Dva jeklové profily jsou spojeny se spodním plechem o tloušťce 10 mm dvěma koutovými svary z vnitřní strany a dvěma z venkovní strany. Šířka svaru je 10 mm. Síla bude poloviční, protože se rozloží mezi dva nosníky.



Obrázek 36 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 10 = 7,071 \text{ mm} \quad (28)$$

$$\tau_1 = \frac{\frac{F}{2}}{2 \times s_k \times l} = \frac{4250N}{2 \times 7,071mm \times 432mm} = 0,7 MPa \quad (29)$$

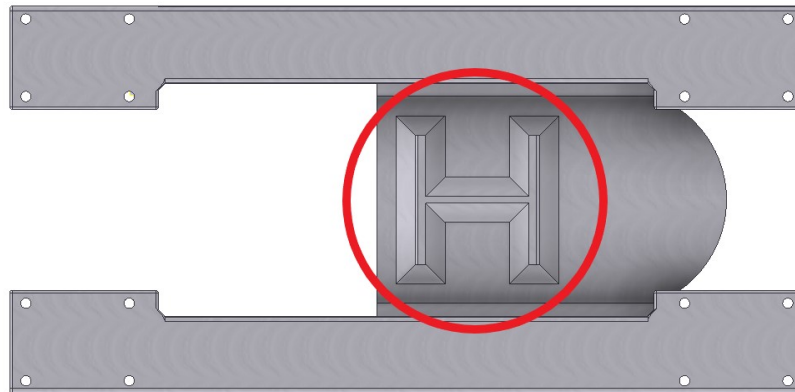
$$\tau_2 = \frac{\frac{F}{2} \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k^2 \times l} = \frac{4250N \times 120mm}{2 \times \frac{1}{6} \times 7,071^2mm \times 432mm} = 70,83 MPa \quad (30)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{0,7^2 + 70,83^2} = 70,83 MPa \quad (31)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 70,83 MPa \leq 92,3MPa \gg \text{Vyhovuje}$$

### Výpočet svaru mezi spodním plechem a HEA profilem

HEA profil je přivařený ve spodní části k plechu koutovým svarem o šířce 15 mm po celém obvodu.



Obrázek 37 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 15 = 10,61 mm \quad (32)$$

$$\tau_1 = \frac{P}{2 \times s_k \times l} = \frac{3902,44N}{2 \times 10,61mm \times 582mm} = 0,32 MPa \quad (33)$$

$$\tau_2 = \frac{P \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k^2 \times l} = \frac{3902,44N \times 410mm}{2 \times \frac{1}{6} \times 10,61^2mm \times 582mm} = 73,26 MPa \quad (34)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{0,32^2 + 73,26^2} = 73,26 MPa \quad (35)$$

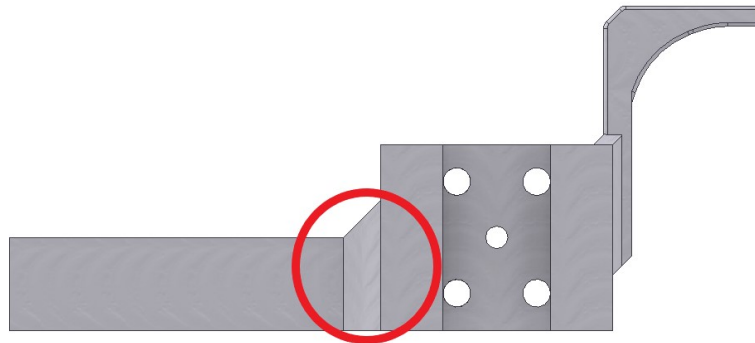
$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 73,26 MPa \leq 92,3MPa \gg \text{Vyhovuje}$$

#### 4.4.2 Výpočty horní pohyblivé části

Následující výpočty se budou týkat horní pohyblivé části zvedáku, která zvedá auto.

##### Výpočet svaru U profilu

U profil 100 mm je celý ovařený koutovým svarem o šířce 20 mm. Tímto svarem je přivařený k domečku pro ložiska.



Obrázek 38 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 20 = 14,14 \text{ mm} \quad (36)$$

$$\tau_1 = \frac{F}{2 \times s_k \times l} = \frac{8500 \text{ N}}{2 \times 14,14 \text{ mm} \times 375,8 \text{ mm}} = 0,8 \text{ MPa} \quad (37)$$

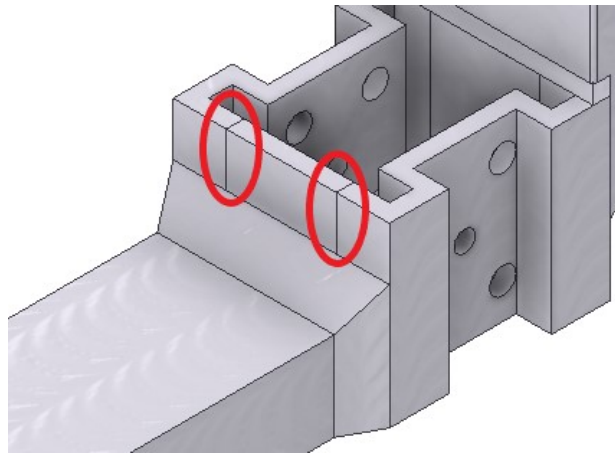
$$\tau_2 = \frac{F \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k^2 \times l} = \frac{8500 \text{ N} \times 200 \text{ mm}}{2 \times \frac{1}{6} \times 14,14^2 \text{ mm} \times 375,8 \text{ mm}} = 67,88 \text{ MPa} \quad (38)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{0,8^2 + 67,88^2} = 67,88 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 67,88 \text{ MPa} \leq 92,3 \text{ MPa} \gg \text{Vyhovuje}$$

##### Výpočet svarů na domečku pro ložiska

Domeček je tvořen celkově čtyřmi tupými svary namáhanými na smyk. Dva jsou na přední stěně a dva na zadní. Tloušťka plechu je 10 mm. Výpočet je proveden pouze pro přední stranu, protože výsledek obou stran je totožný.



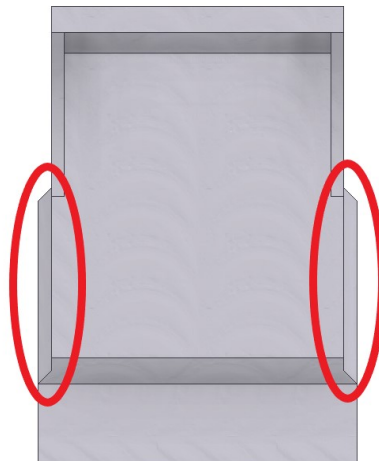
Obrázek 39 Znázornění místa svaru

$$\tau = \frac{F}{s_t \times 2 \times l} = \frac{8500N}{10mm \times 2 \times 100mm} = 4,25 MPa \quad (40)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 4,25MPa \leq 92,3MPa \gg Vyhovuje$$

### Výpočet svarů plechu, který umožňuje přenos zvedací síly heveru na domeček

Plech ze zadní strany drží dva koutové svary, každý o délce 70 mm a šířce 5 mm.



Obrázek 40 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 5 = 3,5 mm \quad (41)$$

$$\tau_1 = \frac{F}{2 \times s_k \times l} = \frac{8500N}{2 \times 3,5mm \times 140mm} = 8,67 MPa \quad (42)$$

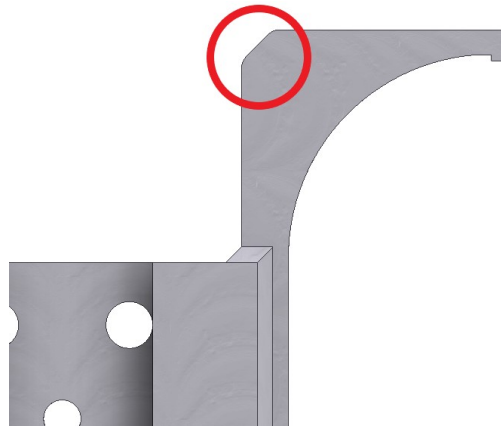
$$\tau_2 = \frac{F \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k \times l^2} = \frac{8500N \times 50,5mm}{2 \times \frac{1}{6} \times 3,5mm \times 140^2mm} = 18,77 MPa \quad (43)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{8,67^2 + 18,77^2} = 20,68 MPa \quad (44)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 20,68MPa \leq 92,3MPa \gg Vyhovuje$$

### Výpočet svaru plochy, do které tlačí hever

V tomto místě se nachází více koutových svarů. Svar je proveden z vnitřní i vnější strany a taky jsou koutovým svarem z vnitřní strany přivařeny boční zpevnění.



Obrázek 41 Znázornění místa svaru

$$s_k = \sin 45^\circ \times t_s = \sin 45^\circ \times 10 = 7,071 mm \quad (45)$$

$$\tau_1 = \frac{F}{2 \times s_k \times l} = \frac{8500N}{2 \times 7,071mm \times 473,6mm} = 1,27 MPa \quad (46)$$

$$\tau_2 = \frac{F \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times s_k^2 \times l} = \frac{8500N \times 50,5mm}{2 \times \frac{1}{6} \times 7,071^2mm \times 473,6mm} = 54,38 MPa \quad (47)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{1,27^2 + 54,38^2} = 54,39 MPa \quad (48)$$

$$\tau \leq \tau_d \rightarrow 54,39 MPa \leq 92,3MPa \gg Vyhovuje$$



## 5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBKU

Při počítání výsledné částky bylo vycházeno z cen uvedených na internetových obchodech. V případě, že by se materiál nakoupil někde ve spojovacích a hutních materiálech, mohla by se cena ještě snížit. Jelikož zatím výroba tohoto zvedáku nebyla uskutečněna nelze přesně odhadnout, kolik času může zabrat svařování konstrukce, soustružení čepů a taky frézování jednotlivých dílů. [18] [19] [20] [21]

V případě, že by byl zvedák vyráběn celý svépomocí, včetně nástřiku barvou, mohla by výroba jednoho kusu zabrat odhadem okolo 4 hodin. Cena práce byla zvolena 300 Kč/hod včetně energií.

### 5.1 Cena materiálu a součástí

Tabulka 1 Ceny hutních materiálů

Polotovár	Množství	Cena za kus (bez DPH)	Cena za množství (bez DPH)
Jakl 60x60x2, délka 385 mm	2	87,55 Kč	175,11 Kč
Profil U 100, délka 200 mm	1	98,71 Kč	98,71 Kč
HEA 100, délka 410 mm	1	255,12 Kč	255,12 Kč
Plech 10 mm, rozměr 115x80	4	35,85 Kč	143,41 Kč
Plech 10 mm, rozměr 300x270	1	315,65 Kč	315,65 Kč
Plech 10 mm, rozměr 112x85	1	37,10 Kč	37,10 Kč
Plech 10 mm, rozměr 100x62	2	24,16 Kč	48,32 Kč
Plech 10 mm, rozměr 80x47	2	14,65 Kč	29,31 Kč
Plech 3 mm, rozměr 60x60	4	7,24 Kč	28,97 Kč
Plech 3 mm, rozměr 40x25	2	2,01 Kč	4,02 Kč
Plech 15 mm, rozměr 112x130	1	85,89 Kč	85,89 Kč
Plech 30 mm, rozměr 125x100	2	139,38 Kč	278,76 Kč
Tyč Ø20, délka 40 mm	8	4,31 Kč	34,51 Kč
Tyč Ø20, délka 25 mm	2	2,70 Kč	5,39 Kč
<b>Celková cena včetně DPH</b>		<b>1 863,74 Kč</b>	

Tabulka 2 Ceny spojovacích materiálů a nakupovaných součástí

Součást	Množství	Cena za kus (bez DPH)	Cena za množství (bez DPH)
Transportní kolečko B90N s brzdou	4	640,00 Kč	2 560,00 Kč
Šroub M6x20 12.9 - DIN 933	8	1,62 Kč	12,96 Kč
Šroub M8x22 10.9 - DIN 933	16	1,75 Kč	28,00 Kč
Matice M8 - DIN 985	16	0,62 Kč	9,92 Kč
Válcový kolík DIN 6325 - Ø 12x100	1	24,34 Kč	24,34 Kč
Pružná závlačka DIN 11024 - 2,0x45	1	0,99 Kč	0,99 Kč
Pojistný kroužek na hřídel DIN 471 - 12 mm	9	0,50 Kč	4,50 Kč
Zvedák hydraulický dvoupístový 2t 150mm	1	320 Kč	320 Kč
Ložisko 6301 – 2Z SKF	8	75,44 Kč	603,52 Kč
<b>Celková cena včetně DPH</b>		<b>4 312,72 Kč</b>	

Celková cena práce, materiálu a součástí potřebných k výrobě jednoho pojízdného zvedáku je tedy 7 376,46 Kč včetně DPH.



Obrázek 42 Kolečko B90N, které bude namontované na konstrukci [19]

## ZÁVĚR

Teoretická část byla nejprve věnována jednotlivým druhům zvedacích zařízení, následně se zabývala technologiemi svařování, jakož to hlavní operací při výrobě zvedáku. V poslední části je pak stručně popsána bezpečnost práce při používání zvedacích zařízení a zásady při konstrukci zvedacích zařízení.

V praktické části byl pak proveden návrh konstrukce mobilního automobilového zvedáku, umožňujícího manipulaci se zdviženým autem. Navrhnutá konstrukce má předpoklady k doplnění trhu a určitě si najde své zájemce. V současné době se dají zakoupit mobilní zvedáky, které jsou mobilní jen v nezatíženém stavu, a nebo se dají koupit podložky s kolečky, které se umístí pod kola. Tyto podložky už manipulaci s automobilem umožňují, avšak už se nejedná o zvedák a auto zůstane stát na kolech.

Jak bylo zjištěno v kapitole 3.1 *Průzkum mobilních zvedáků na trhu* je navrhnutá konstrukce se svou výrobní cenou okolo 7 000 Kč za jednu konstrukci včetně hydraulického zvedáku (tzv. panenky) prodejná. Samozřejmě za výrobní cenu se mobilní zvedák prodávat nebude. Prodejní cena by byla nejspíše kolem 9 000 za jednu konstrukci. Kompletní sestava všech 4 konstrukcí by tedy vyšla na 36 000 Kč včetně DPH. Cena bez DPH by tedy vycházela lehce pod 30 000 Kč. Je tu ještě možnost nabízet kompletní sestavu 4 mobilních zvedáků pouze s jednou hydraulickou panenkou. Prodejní cena by se pak dala ještě o zhruba 1 000 Kč snížit. Avšak bylo by to na úkor komfortu. Hmotnost jedné konstrukce je, v porovnání s ostatními mobilními zvedáky na trhu, nižší. Včetně ručního hydraulického zvedáku se pohybuje okolo 35 kg, bez něj je to pak jen okolo 30 kg.

V místě kontaktu zvedací části konstrukce s automobilem je umístěný pryžový mezikus, který zabraňuje nechtěnému sklouznutí a taky zamezí odírání ochranného nástřiku podvozku. Možnost manipulace s automobilem je pak umožněna díky čtyřem otočným kolečkům na každé konstrukci. Každé z těchto koleček má nosnost 250 kg a obsahuje brzdu, která zamezí pohybu. [19] Nesamosvornost hydraulického zvedáku je pak vyřešena pojistným kolíkem, kterým lze každých 25 mm propojit horní pohyblivou část se spodní nepohyblivou. Nežádoucím vyjetí horní pohyblivé části ze spodní je pak zabráněno dvěma plechy o tloušťce 10 mm. Tyto plechy jsou přichyceny pomocí osmi šroubů M6x20.

Navrhnutý zvedák je určen pro automobily, které mají celkovou hmotnost 1,6t. V budoucnu je možné nabídnout ještě jednu variantu, která bude mít větší nosnost, aby bylo pomocí konstrukce možné zvednout jakýkoliv automobil nebo dodávku s hmotností do 3,5t.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] VOLEK, František. Základy konstruování a části strojů II: mechanismy strojů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2003. ISBN isbn80-7318?111?8.
- [2] Samosvornost [online]. [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: [Samosvornost \(leporelo.info\)](http://Samosvornost(leporelo.info))
- [3] MRÁZ, Libor. Stavba a provoz strojů I, 2013
- [4] MRÁZ, Libor. Stavba a provoz strojů III, 2017
- [5] NEDBAL, Radomír. Strojírenská technologie, 2014
- [6] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIMUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN isbn978-80-214-2629-0.
- [7] LEINVEBER, Jan, Pavel VÁVRA a Jaroslav ŘASA. Strojnické tabulky. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN isbn80-7183-123-9.
- [8] SVOBODOVÁ, Magdalena. Mechanizmy s přerušovaným pohybem: VUT Brno, 2013
- [9] FISCHER, Ulrich, Roland GOMERINGER, Max HEINZLER, Roland KILGUS, Friedrich NÄHER, Stefan OESTERLE, Heinz PAETZOLD a Andreas STEPHAN. Tabellenbuch Metall. 44., neu bearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-1724-6.
- [10] Hřebenový zvedák s přestavitelnou opěrou | Brano. Brano | Zavírače dveří, zvedací zařízení [online]. Copyright © 2021 Brano a.s. [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: [Hřebenový zvedák s přestavitelnou opěrou | Brano \(brano-zz.cz\)](http://Hřebenový zvedák s přestavitelnou opěrou | Brano (brano-zz.cz))
- [11] Zvedák pneumatický 3t, balonový typ GEKO - TorriaCars. Autodiagnostika, Gola sady, Náradí, Autopotahy - TorriaCars [online]. Copyright © 2021 Všechna práva vyhrazena, [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: [Zvedák pneumatický 3t, balonový typ GEKO - TorriaCars](http://Zvedák pneumatický 3t, balonový typ GEKO - TorriaCars)
- [12] HYDRAULICKÝ ZVEDÁK- 2 písty - Procházka MP. Zvedací zařízení a manipulační prostředky - Procházka MP [online]. Copyright © 2021 Procházka MP s.r.o. [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: [HYDRAULICKÝ ZVEDÁK- 2 písty - Procházka MP \(prochazka-mp.cz\)](http://HYDRAULICKÝ ZVEDÁK- 2 písty - Procházka MP (prochazka-mp.cz))
- [13] Metric Screw Jacks | Joyce. Home | Joyce [online]. Copyright © 2013 Joyce Dayton. All Rights Reserved. 937 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: [Metric Screw Jacks | Joyce \(joycedayton.com\)](http://Metric Screw Jacks | Joyce (joycedayton.com))

- [14] EXN-ketjunostinnosturi | Konecranes Suomi. Overhead Cranes | Port Cranes | Crane Parts | Crane Services | Konecranes [online]. Copyright © 2021 Konecranes. All rights reserved. [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: [EXN-ketjunostinnosturi | Konecranes Suomi](#)
- [15] GIGA, spol. s r.o. Jeřáby a kladkostroje [online]. [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: [Výrobce mostových jeřábů a elektrických kladkostrojů světové kvality - GIGA - jeřáby a kladkostroje \(gigasro.cz\)](#)
- [16] MINAŘÍK, Václav, c2011. Přehled metod svařování. 3., aktualiz. vyd. Ostrava: ZEROSS. Svařování. ISBN 978-80-86698-18-2.
- [17] Hever pojízdný 2t TUV GS - DO CF23390 | E-shop LKQ CZ a.s.. Náhradní díly, autodíly - LKQ CZ E-Shop [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: [Hever pojízdný 2t TUV GS - DO CF23390 | E-shop LKQ CZ a.s. \(autokelly.cz\)](#)
- [18] Spojovací-material.net. Spojovací-material.net [online]. Copyright © 2017 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/>
- [19] Otočné provedení + brzda s uchycením na čtyři šrouby - kuličkové ložisko | DŮM KOLEČEK. DŮM KOLEČEK - Pojezdová kola, kolečka a kladky [online]. Copyright © 2017 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: [https://www.dum-kolecek.cz/transportni-kola/transportni-kola-b90-n/otocne-provedeni-brzda-s-uchycenim-na-ctyri-srouby-kulickove-lozisko/\\_c452](https://www.dum-kolecek.cz/transportni-kola/transportni-kola-b90-n/otocne-provedeni-brzda-s-uchycenim-na-ctyri-srouby-kulickove-lozisko/_c452)
- [20] Truckonline.cz - náhradní díly a příslušenství pro nákladní vozy [online]. Dostupné z: <https://www.truckonline.cz/hydraulicky-zvedak-hever-2t-dvoupistovy-px37096/#gallery> [online]. [cit. 2021-05-01].
- [21] Feron online - Vítejte. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
- [22] Loziska-Gufera.cz. Loziska-Gufera.cz [online]. Copyright © 2017 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <http://www.loziska-gufera.cz/>
- [22] Hydraulický zvedák, 2T | Extreme Digital. Domovská stránka | Extreme Digital [online]. Copyright © 2021 Všechna práva vyhrazena [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <https://edigital.cz/jine-prislusenstvi-do-auta/hydraulicky-zvedak-2t-p758778>
- [23] Šperňák, Michal. Optimalizace výroby transportní a skladovací palety. ČVUT Praha 2019

- [24] Nůžkový zvedák SF-L3000 - Ferdus.cz. Ferdus - Vybavení autoservisů a pneuservisů [online]. Copyright © [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <https://www.ferdus.cz/vybaveni-pneuservisu/zvedaky/nuzkove/nuzkovy-zvedak-sf-l3000.html>
- [25] Mobilní 2.8 tunový hydraulicky ovládaný automatický výškově nastavitelný auto zvedák JA2.8Mini - Jema Autolifte, CE homologace, 415 kg | Prima Dilna - e-shop s nářadím, mazivy, soustruhy atd.. Prima Dilna - e-shop s nářadím, mazivy, soustruhy atd. [online] [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <https://www.primadilna.cz/Mobilni-2-8-tunovy-hydraulicky-ovladany-automaticky-vyskove-nastavitelny-auto-zvedak-JA2-8Mini-Jema-Autolifte-CE-homologace-415-kg-d10523.htm#detail-anchor-description>
- [26] FHB 3000 SS - Zvedáky Bečvář. Zvedáky - Zvedáky Bečvář [online]. Copyright © 2013 [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <http://www.zvedaky-becvar.cz/nuzkove/82-hl-30m.html>
- [27] 4. FINKBEINER - mobilní nůžkový zvedák 3000 kg - Siems & Klein [online] [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: [4. FINKBEINER - mobilní nůžkový zvedák 3000 kg | Siems & Klein - autoservisní technika \(siems-klein.cz\)](#)
- [28] Jednosloupový zvedák 2,5 t. Golemtech - vybavení autoservisů a pneuservisů [online]. Copyright © 2021 [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <https://www.golemtech.cz/sloupove-zvedaky/19-jednosloupovy-mobilni-zvedak-2500-kg.html>
- [29] Mini-obchod.cz | Karviná [online] [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: <https://www.mini-obchod.cz/jednosloupovy-zvedak-mechanicky#tb1=1>
- [30] Vybavení pro gastro, řemeslníky a průmysl | expondo.cz [online]. Copyright © 2007 [cit. 11.08.2021]. Dostupné z: [https://www.expondo.cz/msw-kolovy-zvedak-680-kg-ks-sada-2-ks-10060931?dfw\\_tracker=62280-ex10060931&gclid=Cj0KCQjw6s2IBhCnARIsAP8RfAind0PoOGX5lClZUmB8ig4O31HHRXGdfyzT464I1w7zSHHpSpMgV\\_AaAhB5EALw\\_wcB](https://www.expondo.cz/msw-kolovy-zvedak-680-kg-ks-sada-2-ks-10060931?dfw_tracker=62280-ex10060931&gclid=Cj0KCQjw6s2IBhCnARIsAP8RfAind0PoOGX5lClZUmB8ig4O31HHRXGdfyzT464I1w7zSHHpSpMgV_AaAhB5EALw_wcB)
- [31] Bezpečnost práce při provozu zdvihacích zařízení | BOZPinfo.cz. BOZPinfo - Časopis JOSRA [online]. Copyright © 2002 [cit. 19.08.2021]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/bezpecnost-prace-pri-provozu-zdvihacich-zarizeni>
- [32] ČSN EN 1494+A1, 2010. Mobilní a přemístitelné zvedáky a související zdvihací zařízení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 40 s.
- [33] Značení svarů [tištěná verze]. 2010, 11 s. [cit. 2021-08-13].

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Q	síla, kterou šroub utahujeme
$\gamma$	úhel stoupání šroubovice
$\varphi$	úhel tření
$\eta$	účinnost
t	tuna, jednotka hmotnosti
m	metr, jednotka délky
mm	milimetr, jednotka délky
cm	centimetr, jednotka vzdálenosti
r	poloměr
F	síla
$F_r$	síla do ramene
$F_o$	osová síla ve šroubu
$M_t$	třecí moment v axiálním ložisku
$\alpha$	úhel ramene
$F_Q$	síla od břemene
$D_{1-4}$	průměr ozubených kol
p	tlak na píst
D	průměr pístu
$F_p$	síla na píst
kN	kilo Newton, jednotka síly
N	Newton, jednotka síly
°	stupeň
C	Celsius
MPa	mega Pascal, jednotka tlaku
$\sigma$	ohybové napětí
$\sigma_d$	dovolené napětí v ohybu
$M_{max}$	maximální ohybový moment
Nmm	Newtonmilimetr, jednotka momentu
$mm^4$	jednotka momentu setrvačnosti
l	délka nosníku
E	modul pružnosti
$I_y$	moment setrvačnosti

---

w	průhyb nosníku
h	výška nosníku
b	šířka nosníku
M	ohybový moment
t <sub>1</sub>	tloušťka profilu 1
t <sub>2</sub>	tloušťka profilu 1
Ø	průměr
kg	kilogram, jednotka váhy
s <sub>k</sub>	výška koutového svaru
s <sub>t</sub>	výška tupého svaru
τ	smykové napětí
τ <sub>d</sub>	dovolené napětí ve smyku
P	síla
t <sub>s</sub>	šířka svaru
e	vzdálenost působící síly od svaru



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Rohatka a západka [8] .....	11
Obrázek 2 Schéma šroubového zvedáku se šroubem a maticí [4].....	12
Obrázek 3 Řez šroubovým zvedákem se šnekovým převodem [13] .....	12
Obrázek 4 Schéma nůžkového zvedáku [4].....	13
Obrázek 5 Schéma a skutečný vzhled hřebenového zvedáku [4][10] .....	13
Obrázek 6 Schéma a skutečný vzhled hydraulického zvedáku [4] [12] .....	14
Obrázek 7 Pneumatický zvedák v horní poloze [11].....	15
Obrázek 8 Mostový jeřáb [14] .....	16
Obrázek 9 Portálový a poloportálový jeřáb [15] .....	16
Obrázek 10 Konzolový jeřáb [15] .....	17
Obrázek 11 Sloupový jeřáb [15].....	17
Obrázek 12 Základní značky a zobrazení jednotlivých druhů svarů [33] .....	25
Obrázek 13 Základní doplňující značky svarů [33].....	25
Obrázek 14 Označení charakteristických rozměrů svarů [33].....	25
Obrázek 15 Pohled zepředu na navrhnutý zvedák.....	29
Obrázek 16 Pohled zezadu na navrhnutý zvedák .....	30
Obrázek 17 Pohled z boku na navrhnutý zvedák.....	30
Obrázek 18 Mobilní nůžkový zvedák – typ 1 [24] .....	31
Obrázek 19 Mobilní nůžkový zvedák - typ 2 [26] [27] .....	31
Obrázek 20 Jednosloupový mobilní zvedák [28] .....	32
Obrázek 21 Mobilní sloupový zvedák za kolo [29].....	32
Obrázek 22 Kolový zvedák [30] .....	33
Obrázek 23 Použitý hydraulický zvedák [22].....	34
Obrázek 24 Ukázka běžného pojízdného heveru [17] .....	35
Obrázek 25 Pohled na spodní nepohyblivou část .....	36
Obrázek 26 Jeklový profil a schématický obrázek k výpočtu .....	36
Obrázek 27 Plocha pro uchycení koleček a schématický obrázek k výpočtu .....	37
Obrázek 28 HEA profil a schématický obrázek k výpočtu .....	38
Obrázek 29 Pohled na horní pohyblivou část .....	40
Obrázek 30 U profil a schématický obrázek k výpočtu.....	40
Obrázek 31 Výsledek pevnostní analýzy z aplikace Autodesk Inventor.....	41
Obrázek 32 Pojistný kolík a schématický obrázek k výpočtu .....	42
Obrázek 33 Detailní obrázek zpevnění v okolí kolíku .....	42
Obrázek 34 Schématické znázornění svaru koutového a tupého.....	43

---

Obrázek 35 Znázornění místa svaru .....	44
Obrázek 36 Znázornění místa svaru .....	44
Obrázek 37 Znázornění místa svaru .....	45
Obrázek 38 Znázornění místa svaru .....	46
Obrázek 39 Znázornění místa svaru .....	47
Obrázek 40 Znázornění místa svaru .....	47
Obrázek 41 Znázornění místa svaru .....	48
Obrázek 42 Kolečko B90N, které bude namontované na konstrukci [19] .....	50

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Ceny hutních materiálů.....	49
Tabulka 2 Ceny spojovacích materiálů a nakupovaných součástí.....	50

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 2021-000 - Výkres sestavy

Příloha P II: 2021-001 - Výkres pevné části

Příloha P III: 2021-002 - Výkres pohyblivé části

Příloha P IV: 2021-003 - Výkres čepu

Příloha P V: 2021-004 - Výkres zarážky

Příloha P VI: 2021-005 - Výkres pojistného kolíku

Příloha P VII: 2021-101 - Výkres Plech 10 mm - kolečka

Příloha P VIII: 2021-102 - Výkres HEA 100x410

Příloha P IX: 2021-103 - Výkres Spodní plech 10 mm

Příloha P X: 2021-104 - Výkres Plech 3 mm - záslepka jekl

Příloha P XI: 2021-201 - Výkres Boční plech 30 mm

Příloha P XII: 2021-202 - Výkres Plech 10 mm - zvedací část

Příloha P XIII: 2021-203 - Výkres Plech 15 mm - zvedací část

Příloha P XIV: 2021-204 - Výkres Tyč 20 mm – pouzdro kolíku

Příloha P XV: 2021-205 - Výkres Plech 5 mm - zvedací část

Příloha P XVI: Ocel 11503 - S355J2 technické informace