



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**KONSTRUKČNÍ NÁVRH MECHANISMU ZVEDÁNÍ  
STŘECHY VALNÍKOVÉHO NÁVĚSU**

DESIGN MECHANISM FOR RAISING THE ROOF OF A TRAILER

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Ondřej Štefek

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Dana Foltýnová

BRNO 2022



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Ondřej Štefek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Dana Foltýnová**  
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Konstrukční návrh mechanismu zvedání střechy valníkového návěsu**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Při nakládání a vykládání zboží je nutné přizvednout střechu valníkového návěsu do požadované výšky. Určitý typ zákazníků preferuje pákové zvedání střechy návěsu. Ve firmě Panav a.s. je používán ke zvedání střechy mechanismus zevnitř návěsu na kliku, což není ideální, jelikož páka musí být kvůli dostupnosti zvenku. Pro mechanismus z vnější strany musí být konstrukčně uzpůsobeny sloupky návěsu, proto je potřebné je zkonstruovat.

Typ práce: vývojová – konstrukční

**Cíle bakalářské práce:**

Hlavním cílem práce je konstrukční návrh pákového mechanismu zvedání střechy návěsu a konstrukční návrh sloupků návěsu s těmito parametry:

- výška zvedání střechy stojícího návěsu 350 mm,
- výška střechy návěsu v pohybu 75 mm,
- zatížení sloupku v ose 950 N,
- zatížení od nákladu 270 kN.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza dostupných řešení,
- konstrukční návrh zařízení,
- analýza bezpečnosti navrženého řešení a porovnání s původním řešením,
- cenová kalkulace navrženého mechanismu a porovnání ceny s nakupovaným.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, fotografická dokumentace.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>.

**Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G.: Konstruování strojních součástí. Překlad, 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.

ŽENÍŠEK, J.; JENKUT, M. Výrobní stroje a zařízení. 2. vyd. Praha: SNTL, 1990. 276 s. ISBN 04-222-90.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem mechanismu pro zvedání střechy valníkového návěsu. V úvodu práce jsou sepsány komerčně dostupná mechanická a hydraulická zvedání. V dalších kapitolách práce je probrán návrh mechanického a hydraulického zvedání. U vybraných konstrukčních prvků mechanického zvedání je provedena analýza bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti a kontrola ergonomie. U hydraulického zvedání je kontrolována bezpečnost pístní tyče na vzpěr. Tyto návrhy jsou pak ve finančně propočítány a porovnány s komerčně dostupnými mechanismy zvedání. Pro mechanické zvedání je vypracována výkresová dokumentace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Zvedání střechy, valníkový návěs, hydraulika, sloupky, nákladní doprava

## ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the design of a mechanism for lifting the roof of a flatbed trailer. Commercially available mechanical and hydraulic lifts are described in the introduction. In the next chapters, the design of mechanical and hydraulic lifts is discussed. For selected structural elements of mechanical lifting, a safety analysis is then performed with respect to the limit state of elasticity and ergonomic control. For hydraulic lifting, the safety of the cylinder rod for buckling is checked. The proposals are then financially calculated and compared with commercially available lifts. Drawing documentation is prepared for mechanical lifting.

## KEYWORDS

Roof lifting, flatbed semitrailer, hydraulics, columns, freight transport

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠTEFEK, O. *Konstrukční návrh mechanismu zvedání střechy valníkového návěsu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dana Foltýnová.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Dany Foltýnové a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 15. května 2022

.....

Ondřej Štefek

## PODĚKOVÁNÍ

Zde bych chtěl poděkovat především své rodině, své přítelkyni a všem, jež mě podporovali při studiu na Vysoké škole. Dále bych chtěl jmenovitě poděkovat Ing. Daně Foltýnové za cenné rady při zpracování této práce. Stejně tak bych chtěl poděkovat i Ing. Jiřímu Hufovi ze společnosti Panav a.s., za to, že mi umožnil pracovat na tomto tématu a poskytl potřebné znalosti.

# OBSAH

Úvod .....	10
<b>1 Nákladní doprava .....</b>	<b>11</b>
1.1 Základní rozdělení jízdních souprav .....	11
<b>2 Zvedání střech .....</b>	<b>13</b>
2.1 Typy zvedání střech .....	13
2.2 Dostupná zvedání .....	13
2.2.1 Zvedání firmy ALU-SV .....	13
2.2.2 Zvedání firmy Hestal .....	14
2.2.3 Zvedání firmy Versus-Omega .....	15
2.2.4 Zvedání firmy Panav, a.s. ....	17
<b>3 Návěsové sloupky .....</b>	<b>18</b>
3.1 Dosavadní sloupky .....	18
3.2 Nové sloupky .....	21
3.3 Norma ČSN EN 12642 XL [11] .....	23
3.3.1 Čelo návěsu .....	23
3.3.2 Bok návěsu .....	24
3.4 Provedení testu XL .....	25
<b>4 Konstrukční řešení .....</b>	<b>26</b>
4.1 Zvedání mechanické .....	26
4.1.1 Kontrola svarové skupiny .....	27
4.1.2 Kontrola čepu na ohyb .....	30
4.1.3 Kontrola čepu na otláčení .....	33
4.1.4 Kontrola čepu na stříh .....	34
4.1.5 Kontrola ergonomie .....	34
4.2 Zvedání hydraulické, automatické .....	38
4.2.1 Kontrola pístní tyče na vzpěr .....	42
<b>5 Ekonomická analýza .....</b>	<b>43</b>
5.1 Náklady mechanického zvedání .....	43
5.2 Náklady hydraulického zvedání .....	45
<b>Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>Použité informační zdroje .....</b>	<b>47</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>49</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>52</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>53</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>54</b>

## ÚVOD

Jak říká jedno známé pořekadlo: „Náš zákazník, náš pán“. V dnešní době je boj o každého zákazníka, a proto je pro dodavatele služeb třeba vyjít co nejvíce vstříc a dát zákazníkovi co možná největší množství možností, ze kterých si může vybrat. V různých verzích toto pořekadlo prostě platí ve všech oborech a pro všechny prodejce. Výjimkou není ani firma Panav a.s., která si na tomto principu zakládá celou výrobu a umožňuje zákazníkům kombinovat skoro jakékoli parametry zakázky přesně podle toho, co chtějí. Vyměnit se zde může vše od materiálu podlahy až po výšku celého návěsu. Pro zvedání střechy však tato možnost výběru neexistuje, jedinou možností je zvedání střechy pomocí kliky, ozubeného kola a hřebenu. Cílem této práce je tedy přijít s dalšími možnostmi zvedání, aby byla dodržena výše popsaná tradice Panavu a zákazník měl možnost výběru i zde. K novému zvedání pak byly ze strany vedoucího konstrukce zadány následující parametry – zvedání by mělo být na páku, stejně jako u jiných výrobců podobného příslušenství pro návěsy. Toto však neplatí u plně automatického hydraulického zvedání. Dále, stejně jako v případě jakéhokoli jiného výrobku, by měl být celý mechanismus co nejlevnější, nejlépe bezúdržbový a co nejjednodušší na obsluhu. U jiných výrobců se mechanismus z finančních důvodů nevyplatí nakupovat. Navíc firma Panav disponuje poměrně dobrým zázemím a je si podobné věci schopna sama vyrobit. Kromě pákových mechanismů zvedání se pak jako další možnost nabízejí i hydraulické mechanismy, které jsou sice násobně dražší, nicméně jednodušší na obsluhu. Využitím možnosti zvedání střechy na páku však také vznikne několik problémů. Prvním z nich je, že musí být celý mechanismus kvůli dostupnosti umístěn z vnější strany návěsu. Modelový příklad je jasný – po naložení nákladu, který si vyžaduje přizvednutí střechy (typicky objemný náklad, který nelze naložit, pokud je jen sundána plachta z boku návěsu), je potřeba sundat střechu zpátky dolů, nebo ji je potřeba dát do jízdny polohy a kvůli nákladu už se zpátky do úložného prostoru není možno dostat. Dalším problémem je pak celkový tvar sloupku, který je přizpůsoben klikovému zvedání střechy. Při změně mechanismu je tedy zapotřebí řešit přední a zadní tvary sloupků, existují však limitace v podobě zástavbové plochy pro sloupky a rozměry jako šířka a délka, které by měly zůstat zachovány. Při návrhu nového mechanismu zvedání střechy je navržen zvedací mechanismus a jeho zástavba do sloupků návěsu.

# 1 NÁKLADNÍ DOPRAVA

Nákladní doprava je v moderním světě jedním ze základních způsobů přemístování zboží. Můžeme říct, že silniční nákladní přeprava patří k nejrychleji se rozvíjejícím dopravním oborům. Jejimi základními přednostmi je relativní rychlost, dostupnost a operativnost. [1]

Tyto tvrzení můžeme potvrdit i statistikou. Dle ČSÚ se na území České republiky v roce 2020 prostřednictvím nákladní dopravy přepravilo celkem 459 703 000 tun zboží, a s tímto zbožím se najelo 56 090 milionu kilometrů. Pro srovnání, například vlaková doprava dopravila v roce 2020 celkem 90 902 000 tun zboží. Nákladní doprava má tedy nepopíratelně velký vliv na ekonomiku. Není tedy divu, že dopravní společnosti chtějí mít nakládání a vykládání zboží co nejrychlejší a nejpohodlnější. Z tohoto důvodu je důležité zvedání střechy. [2]

## 1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH SOUPRAV

Jízdní soupravy se zpravidla rozdělují na dvě základní skupiny. Prvním typem je konfigurace auto + přívěs (obr. 1) Jedná se zde o motorové vozidlo (nákladní), za které může být připojen přívěs. Přívěsy se k motorovým vozidlům připojují ojí. [3]



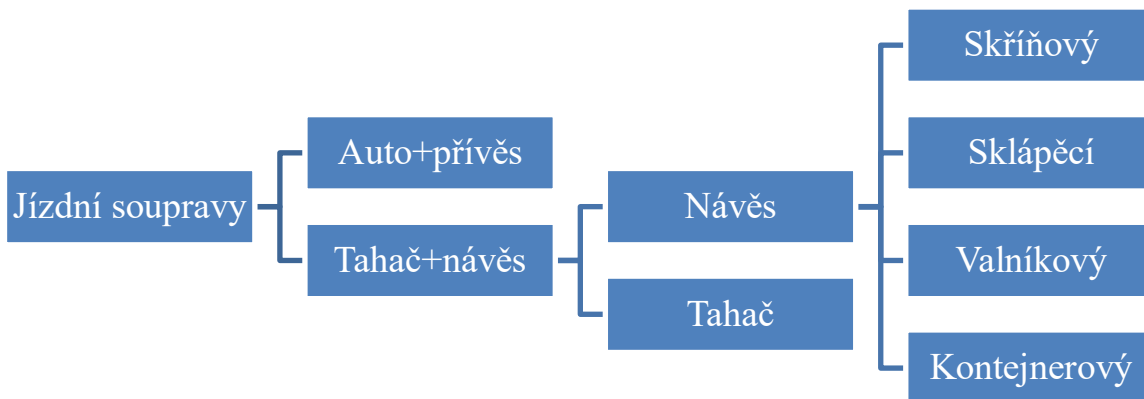
Obr. 1 Souprava auto + přívěs [4]

Druhým typem je konfigurace tahač + návěs.



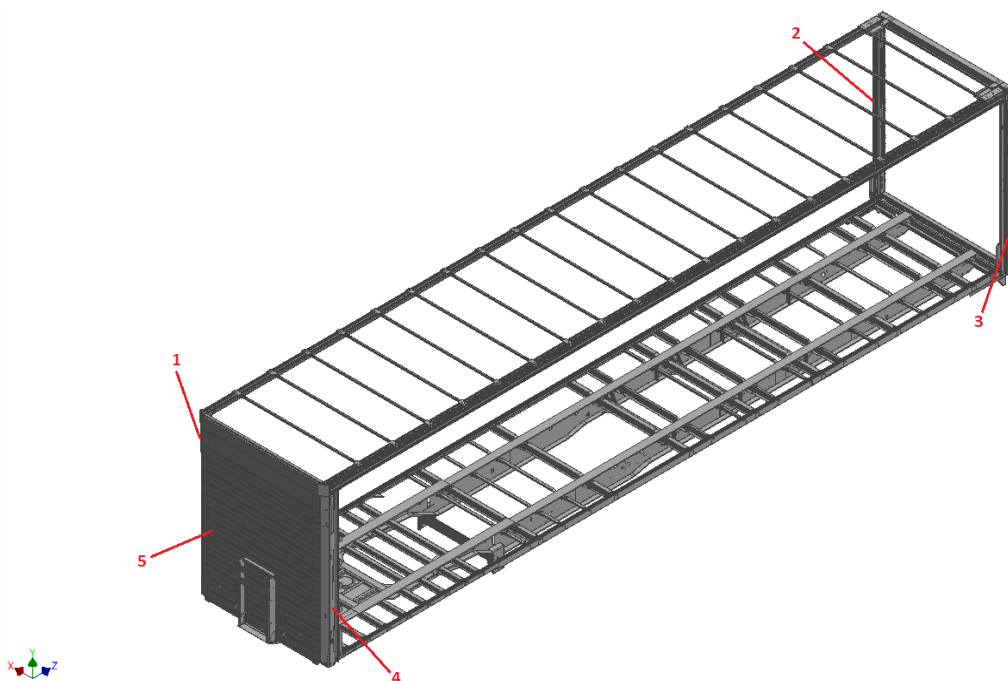
Obr. 2 Valníkový návěs [4]

Návěsy se poté mohou dělit na několik typů. Pro lepší pochopení byl vypracován graf.



Obr. 3 Typy jízdních souprav [3, 5]

Tato práce se zabývá zvedáním střechy výhradně valníkového návěsu. Na obr. 4 je konstrukce valníkového návěsu na níž je pro lepší představu zobrazeno umístění sloupků.



1 (2) - přední sloupky, 3 (4) - zadní sloupky, 5 – čelo návěsu

Obr. 4 Konstrukce valníkového návěsu

## 2 ZVEDÁNÍ STŘECH

### 2.1 TYPY ZVEDÁNÍ STŘECH

Zvedání střech se dá podle typu rozdělit na dva základní druhy. Střechu můžeme zvedat mechanicky, většinou pomocí kloubového mechanismu, nebo otočně pomocí hřebene a ozubeného kola. Mechanické druhy zvedání jsou většinou pojištěny pomocí plynové vzpěry, která pomáhá uživateli střechu zvednout a následně dát dolů. Také je možno mít zvedání hydraulické, které je dále děleno na manuální a automatická. Oba druhy hydraulických zvedání mají ve sloupcích kompaktní hydraulické systémy, manuálně však střechu zvedáme pohyby nahoru a dolů, zatímco automatické zvedání má k dispozici hydraulický okruh, díky kterému zvedáme střechu pomocí tlačítka na hydraulickém agregátu (umístění pod návěsem).

### 2.2 DOSTUPNÁ ZVEDÁNÍ

Již existuje několik typů zvedání střech, které jsou většinou prodávány firmami, které se soustředí na prodej doplňků pro nákladní dopravu.

#### 2.2.1 ZVEDÁNÍ FIRMY ALU-SV

První takovouto firmou je ALU-SV, která nabízí mechanismus zvedání s názvem HERCULES. Tento mechanismus si může zákazník vybrat ve třech provedeních. Je zde možnost vybrat si výšku zvednutí v druhé (jízdni) poloze. Tento systém je pákový, mechanický, pouze s pomocí plynové vzpěry, která slouží jako pojistka v druhé poloze a také jako pomoc při zvedání střechy. Pro zvedání se zde používá hřeben, do něhož se může čep uložit dvěma způsoby – první a druhá poloha zvedání. Mechanismus je uložen ve sloupcu v každém rohu návěsu. Na obr. 5 na levé straně je zobrazena možnost konfigurace různých jízdničních poloh. Na pravé straně je pak ukázáno reálné provedení. [6]



Obr. 5 Ukázka zvedání střechy HERCULES [6] [7]

### 2.2.2 ZVEDÁNÍ FIRMY HESTAL

Německá společnost Hestal naopak vyrábí nejen mechanické zvedání, ale všechny tři typy zvedání zmíněné výše v kapitole 2.1. Všechny tyto zvedání mají název Liftmaster a liší se pouze svým označením. Zde v Česku některé typy tohoto zvedání přeprodávají společnosti Alsap, nebo Trans-technik.

Mechanické zvedání má označení Liftmaster 750N a má definovanou výšku zvednutí 300 mm. Druhá poloha je pak pevně definována buďto v padesáti, nebo v šedesáti milimetrech. Ostatní typy Liftmasteru už definovanou výšku druhé polohy nemají. Systém Liftmaster 750N je použitelný do váhy střechy max 800 kg a je stejně jako systém HERCULES zajištěn plynovou vzpěrou. Další typ Liftmasteru je označen 770N. U tohoto zvedání dochází každým pohybem ke zvednutí střechy o 50 mm. Narozdíl od předchozích zvedání se spuštění střechy provádí pomocí spouštěcího tlačítka. Ruční páka je zajištěna pružinou proti samovolnému vychylování. Oproti předchozímu typu 750N je typ 770N možno zvednout do jakékoli výšky, až do 500 mm, a hmotnost střechy je omezena na jednu tunu. Poslední dva typy od firmy Hestal jsou Liftmaster 771N a 855N. Obě tyto varianty jsou hydraulické. První zmíněná varianta má v každém sloupku kompaktní hydraulický systém a střechu zvedá uživatel pomocí pohybů nahoru a dolů. Druhá varianta je pak plně automatická s hydraulickým okruhem. První variantu je možno zvednout až o 550mm, druhou až o 580mm. [8, 9]

Tab. 1 Obrázky druhů zvedání Liftmaster [9]



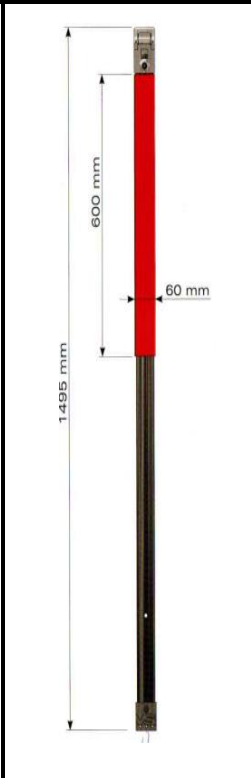
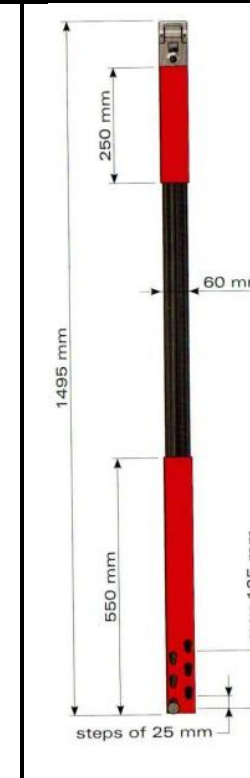
Druh zvedání Liftmaster	750N	770N	771N	855N
Nákres zvedání				

### 2.2.3 ZVEDÁNÍ FIRMY VERSUS-OMEGA

Jen hydraulické zvedání pak dělá také belgická firma Versus-Omega. Ta své produkty rozděluje buďto na „single lifting system“, podobný třeba systému Liftmaster 771N (tedy kompaktní hydraulický systém), nebo automatické zvedání – tedy hydraulický okruh. Již zmíněný „single lifting system“ se u Versus-Omegy nazývá Hydraman. Firma dále nabízí i tzv. systém Hydratwin, který využívá druhý válec, který simultánně zvedá i v dalším rohu návěsu, jejich zobrazení můžeme vidět v tab. 2. V tab. 2 pak také můžeme vidět systém s názvem „Set Lift&Drive“, nebo také systém s názvem „Set connect“. První zmíněný má tu výhodu, že se zde pro druhou (jízdni) polohu umísťuje čep pro zajištění výšky a systém je tak pojištěn proti posuvu. Druhý zmíněný systém je zde čistě pro zvednutí střechy. Každý Hydraman, nebo Hydratwin se pak kombinuje buďto se „Set connect“ nebo „Set Lift&Drive“.

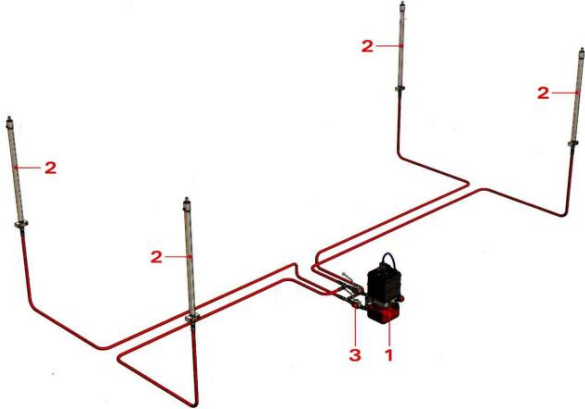
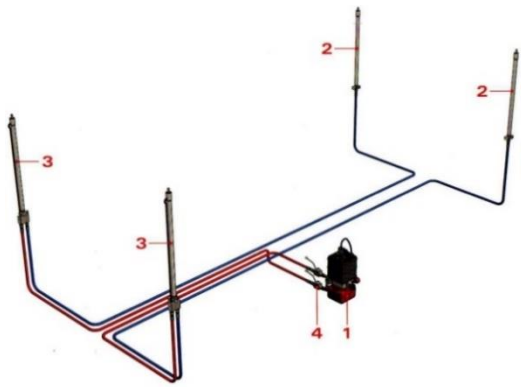
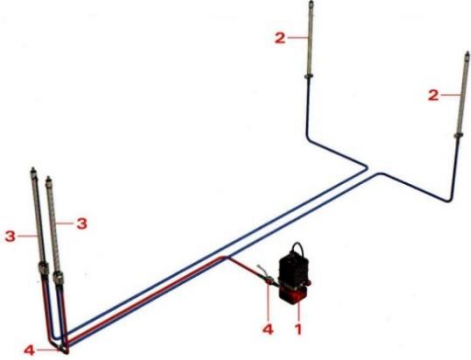
[10]

Tab. 2 Typy systémů od společnosti Versus-Omega [10]

Typ systému	Hydraman	Hydratwin	Set connect	Set Lift&Drive
Schéma				

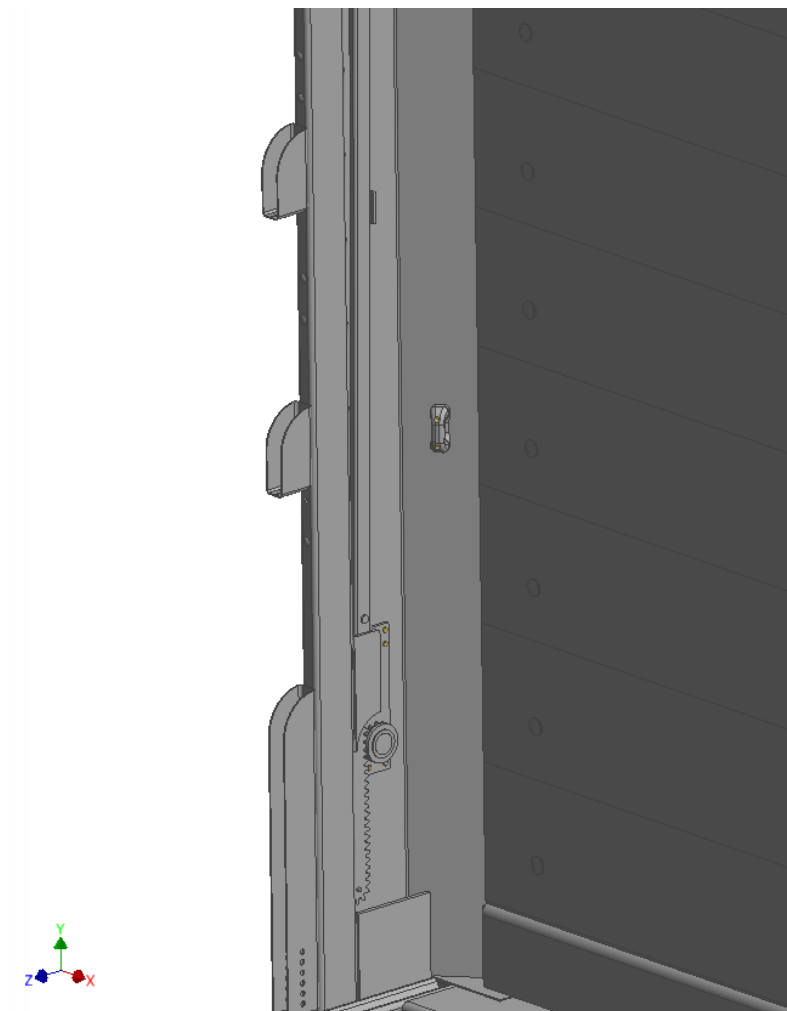
Druhý, automatický, systém pak firma Versus-Omega dělá ve třech variantách. Okruhy se zde rozdělují podle toho, v jakém pořadí chceme střechu zvedat. První typ je pro střechu, která se zvedá buďto každou stranou zvlášť, nebo oběma stranami najednou. Válce se zde proto nutně nemusí zvedat stejně, ale v náhodném pořadí. Tento typ se volí, pokud je podvozek širší než 2550 mm a delší než 5000 mm. U druhého typu se zvedá každý pár válců vždy stejně. Buďto se zde můžou zvednout oba páry, tj. celá střecha, nebo jen jeden pár, tj. bok. U třetího typu se pak zvedají všechny čtyři rohy najednou, a tento typ se proto využívá u svařovaných střech, u nichž je právě současné zvedání všech čtyř rohů zapotřebí. V tab. 3 jsou zobrazena schémata jednotlivých variant. [10]

Tab. 3 Typy hydraulických okruhů pro zvedání střechy firmy Versus-Omega [10]

Typ hydraulického okruhu	Nákres hydraulického okruhu
Typ S1	
Typ S2	
Typ S3	

#### 2.2.4 ZVEDÁNÍ FIRMY PANA V, A.S.

Firma Panav doposud využívala své vlastní zvedání střechy. Jednalo se o zvedání mechanické, kdy se střecha zvedala otáčením kliky přes ozubené kolo a hřeben. Samotný mechanismus je umístěn zevnitř návěsu, avšak ovládá se klikou z vnějšku návěsu. Výhodou tohoto systému je především jeho jednoduchost. Nevýhodou pak je poměrně zdlouhavá obsluha, nebo také nutnost mít a uchovávat někde imbusový klíč na zvedání. Firma Panav také využívala k pomoci při zvedání a k následnému zajištění v poloze plynovou vzpěru, stejně jako ji využívají páková zvedání. [7]



Obr. 6 Zvedání firmy Panav [7]

### 3 NÁVĚSOVÉ SLOUPKY

Kvůli změně mechanismu zvedání střechy je třeba změnit zástavbový prostor pro zvedání. Původní mechanismus zvedání je, jak již bylo popsáno v kapitole 2.2.4, umístěn zevnitř návěsu, zatímco jeho ovládání je zvenčí, po změně ale bude potřeba mít mechanismus i jeho ovládání zvenčí. Kvůli tomu se tedy musí upravit všechny typy sloupků, které se u valníkového návěsu používají. Jak již bylo zmíněno v úvodu, je potřeba upravit jeden přední a jeden zadní typ sloupku. Nynější sloupky jsou z plechu, jsou ohýbány, a následně jsou k nim přivařeny výztuhy a další potřebné věci (úchyty pro panty dveří atp.). Možnost hliníkových sloupků zde nebude brána v potaz.

Věci, které se musí brát v potaz při navrhování nových sloupků:

- Sloupky musí být z plechu a musí se dát ohnout
- Sloupky musí mít stejné rozmístění (polohu) šroubů pro sešroubování k základnímu rámu
- Přední sloupky musí mít stejnou drážku pro uchycení plachty.
- Zadní sloupek musí mít stejný prostor pro tyč napínání plachty.
- Pomocí MKP analýzy by měly vyjít srovnatelné výsledky u nových i starých sloupků, je tedy zapotřebí navrhnout nové výztuhy.
- Sloupky musí být připraveny jak na zvedání z firmy Panav, tak na zvedání od konkurence, drážka pro zvedání tudíž musí být jako nejširší typ zvedání, které je dostupné na trhu – 68mm.

#### 3.1 DOSAVADNÍ SLOUPKY

Stávající sloupky je nejlepší popsát na jejich pohledech shora.

Tab. 4 Pohledy shora na staré sloupky [7]

	Přední sloupek	Zadní sloupek
Pohledy shora		

Horní část kóty 71 mm, která je na sloupku v tab. 4, slouží pro uchycení plachty pomocí hliníkového protikusu. Tento prostor také potřebuje zarážku, aby plachta při povolení nevypadla. Zarážku můžeme vidět na obr. 7. Střední část, tj. kóta 119 mm, slouží jako prostor pro mechanismus, jak je vidět výše v tab. 4. Tento prostor jde vidět i na obr. 6.

U zadního sloupku je potřeba dbát na kapsu pro tyč navíjení plachty, tj. rozměr 49 mm. Rozměr 90 mm je zde jako prostor pro mechanismus, viz. tab. 4.



Obr. 7 Návěsový sloupek a zarážka pro plachtu



Obr. 8 Hliníkový protikus a zarážka pro plachtu ze spodu

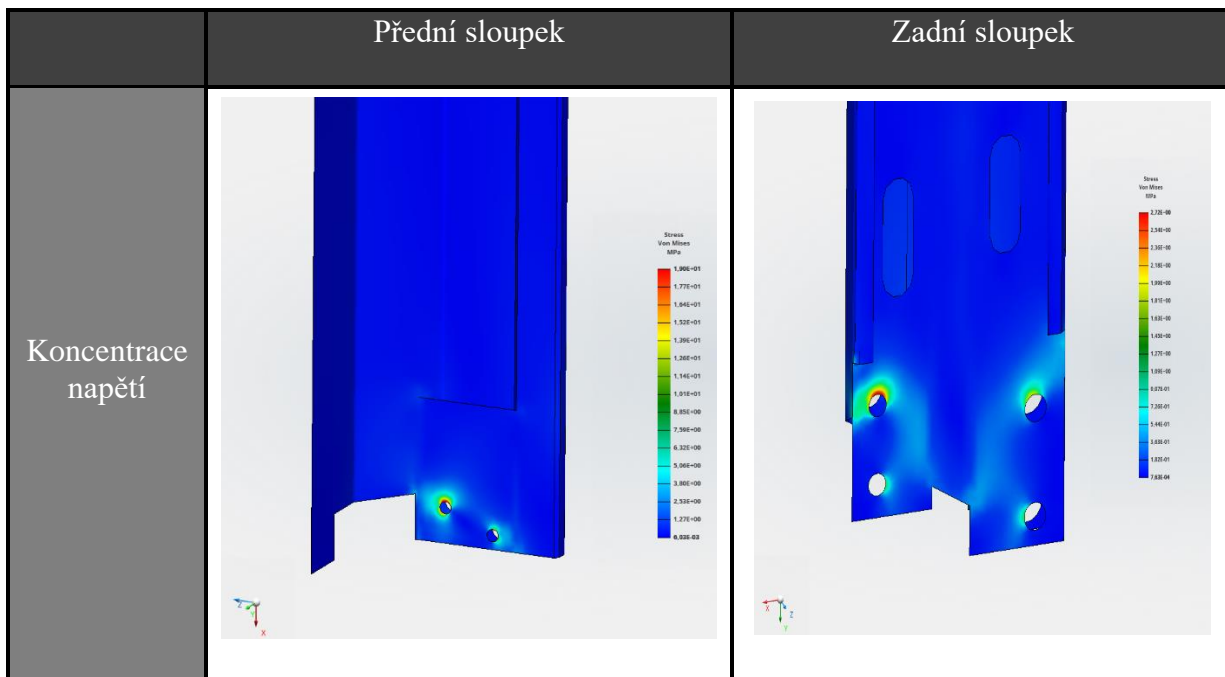
Pomocí softwaru MSC Apex byla udělána MKP analýza, viz tab. 5. Jelikož reálné zatížení sloupků není známo, a je velmi složité ho určit, je v softwaru použito vždy stejné fiktivní zatížení. Toto zatížení je vždy liniové na vrch sloupku 10 MPa, aby bylo simulováno zatížení střechy. Zároveň je pak přidán moment 100 Nm, který simuluje:

- zatížení od nákladu
- tepelnou roztažnost vlivem svařování
- jiné formy spojování materiálu

Tyto faktory budou mít vliv hlavně na rotační posunutí sloupku.

Nové a staré sloupky se tak zatíží těmito fiktivními zatíženími a následně se dopočítá jejich procentuální nárůst zatížení a posunutí jak rotačního, tak translačního. Celková dokumentace z MKP analýzy je dána do přílohy 1, kde jsou jednotlivé obrázky v celé kvalitě. V následujících tabulkách je pouze ukázka rozložení napětí.

Tab. 5 Koncentrace napětí ve starých sloupcích



Tab. 6 Maximální hodnoty u původních sloupků pomocí MKP analýzy

	Přední sloupek	Zadní sloupek
Maximální hodnoty napětí	19 MPa	2,72 MPa
Maximální rotační posunutí	0,0798°	0,00359°
Maximální translační posunutí	1,04 mm	0,0998 mm

### 3.2 NOVÉ SLOUPKY

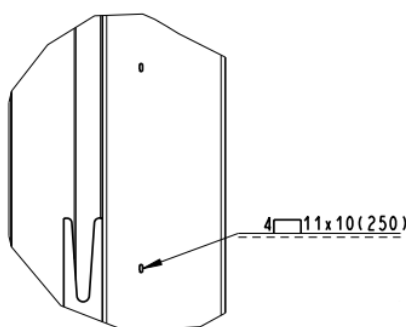
Stejně jako u původních sloupků je nejlepší popsat nové sloupky na pohledech shora. U předních sloupků musí být zvedání před úchytem pro plachtu. Za úchyt se poté umístí hliníkový protikus, viz obr. 8, což ovšem generuje problém vzhledem ke konstrukci sloupku, jelikož úchyt má poměrně specifické rozměry. To znamená, že je zde zapotřebí sloupek vyrobit ze dvou kusů a ty k sobě svařit. Kdyby tento postup nebyl dodržen, mohly by nastat dvě možnosti – buď by daný plech nešel ohnout, nebo by naopak vzniklo až moc ohybů, a tudíž by byl sloupek až příliš složitý na výrobu. V tab. 7 je vidět prostor pro nové zvedání střechy jak u předního, tak zadního sloupku. Tento prostor je označen u předního sloupku kótou 68 mm.

Tab. 7 Pohledy shora na nové sloupky [7]

	Přední sloupek	Zadní sloupek
Pohled shoda		

U nového zadního sloupku je stejně jako u starého prostor pro tyč navíjení plachty. Tato drážka zůstala zachována.

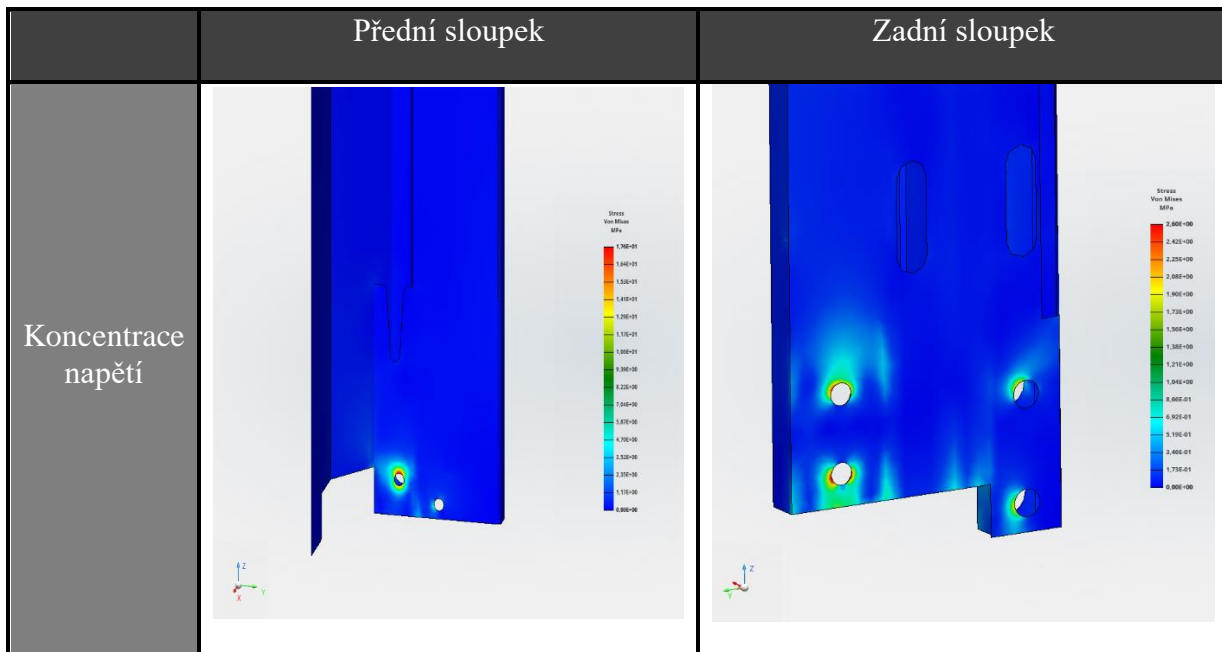
Jak již bylo zmíněno, je potřeba držák pro plachtu svařit se sloupkem. Svary jsou řešeny pomocí jedenácti drážek ve sloupku, které jsou dělány pro děrový svar.



Obr. 9 Děrový svar pro přední sloupek [7]

Stejně jako u starých sloupků byla provedena MKP analýza. Jak již bylo zmíněno u starých sloupků, tak v příloze 1 jsou všechny obrázky z MKP analýzy v plné kvalitě. Také v kapitole 3.1 bylo zmíněno, že jsou sloupky zatěžovány pomocí fiktivního zatížení 10 MPa liniově spolu s momentem 100 Nm, jelikož reálné zatížení není známo. V tab. 8 jsou pak ukázány koncentrace napětí a pomocí rovnice (1) je dopočítáno procentuální zvýšení tlaku a rotační a translační posunutí.

Tab. 8 Koncentrace napětí v nových sloupcích



Tab. 9 Maximální hodnoty u nových sloupků pomocí MKP analýzy

	Přední sloupek	Zadní sloupek
Maximální hodnoty napětí	17,6 MPa	2,6 MPa
Maximální rotační posunutí	0,0561°	0,00496°
Maximální translační posunutí	0,787 mm	0,0950 mm

Podle rovnice (1) tedy procentuálně určíme úbytek (případně přírůstek) napětí a jednotlivých posunutí.

$$X_{\sigma} = \frac{\sigma_S - \sigma_N}{\sigma_S} \cdot 100 \quad (1)$$

$$X_{\sigma} = \frac{19 - 17,6}{19} \cdot 100 = 7,37 \%$$

Kde: $X_{\sigma}$	[%]	procentuální napětí u nového předního sloupku
$\sigma_S$	[MPa]	maximální napětí ve starém sloupku
$\sigma_N$	[MPa]	maximální napětí v novém sloupku

Dle rovnice (1) můžeme konstatovat, že v novém předním sloupku je o 7,4 % méně napětí při porovnání maximálních tlaků.

Analogicky byl vypočítán procentuální přírůstek/úbytek i u posunutí, a to jak u předního, tak u zadního sloupku. Vypočítané hodnoty jsou zpracovány v tab. 10.

Tab. 10 Procentuální úbytky, nebo přírůstky napětí a posunutí

	Přední sloupek	Zadní sloupek
Napětí	-7,37 %	-4,41 %
Rotační posunutí	-26,7%	38,16%
Translační posunutí	-24,33 %	-4,81 %

Z tab. 10 můžeme vidět, že jediný nárůst je u rotačního posunutí u zadního sloupku. Rotační posunutí zde však není potřeba brát tolik v potaz vzhledem k tomu, že je sloupek spojen s vraty a tudíž je odolnější vůči tomuto namáhání.

### 3.3 NORMA ČSN EN 12642 XL [11]

U této normy je zapotřebí pouze část s kódem „XL“. Tato část normy nám popisuje průběh testu, který spočívá v aplikování tlaku na určenou plochu návěsu. Pro tuto práci jsou důležité pouze bok a přední část (čelo) návěsu.

Tento test má tři kritéria. Prvním je, že nesmí být měřitelná elastická deformace větší než 300 milimetrů. Dále pak v 85% tlakovém zatížení z celkových 100 % nesmí vzniknout žádná trvalá deformace. A za třetí ve 100 % nesmí být trvalá deformace větší než 20 milimetrů. U těchto maximálně 20 milimetrů však nesmí dojít k žádnému omezení požadované funkce.

U tohoto testu jsou zadány parametry označení pro sílu a tlak následovně:

- P [daN] hmotnostní zatížení
- F [MPa] tlakové zatížení

Test se provádí pomocí vzduchových pytlů, jež se plní na požadovaný tlak a vyvozují tak sílu na plochu. Vždy se působí na nejméně tři čtvrtiny testované plochy, viz obr. 10 a obr. 11. Celková výška musí být minimálně 1 600 milimetrů, a to jak u boku návěsu, tak u čela. [11]

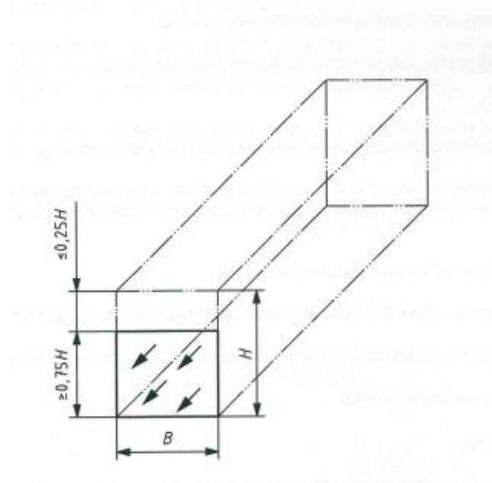
#### 3.3.1 ČELO NÁVĚSU

U čela návěsu se pracuje s výsledným tlakem vyvolaným silou o velikosti  $0,5P$ . Výsledný tlak se vypočítá následovně:

$$F = \frac{0,5P}{\geq 0,75H_{\zeta}B_{\zeta}} \quad (2)$$

Kde:  $H_{\zeta}$  [mm]      výška čela návěsu

$B_{\zeta}$  [mm]      šířka čela návěsu



Obr. 10 Testování čela návěsu [11]

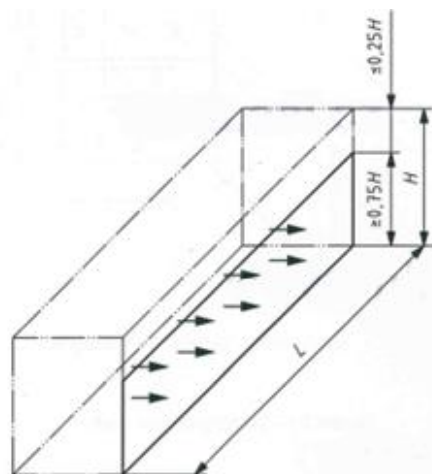
### 3.3.2 BOK NÁVĚSU

U boku návěsu se počítá tlak analogicky. Počítá se však s výslednou silou o velikosti  $0,4P$ . Rovnice tedy bude vypadat následovně:

$$F = \frac{0,4P}{\geq 0,75H_B B_B} \quad (3)$$

Kde:  $H_B$  [mm]      výška boku návěsu

$B_B$  [mm]      šířka boku návěsu



Obr. 11 Testování boku návěsu [11]

### 3.4 PROVEDENÍ TESTU XL

Při provádění testu je známa síla, kterou se tlačí na bok, nebo čelo návěsu. Tato síla je specifikována i v zadání práce, tedy 270 kN. Zároveň je známa i plocha, na kterou tato síla působí. Z těchto veličin je pak možno dopočítat potřebný tlak. Podle normy se na jednotlivé testy bere vždy procento této síly (specifikace v podkapitolách 3.3.1 a 3.3.2).

Ve firmě Panav se využívá vaků, které se plní vodou s tlakem, jehož výpočet byl popsán v předchozím odstavci. Tyto vaky je možno vidět na obr. 12.



Obr. 12 Vaky pro vyvození tlaku na bok návěsu

Veškeré fotky z testování jsou v příloze 1.

Po testu se hodnotí body, které jsou popsány v kapitole 3.3. Jestliže karoserie tyto body splní, je jí udělen certifikát o splnění normy ČSN EN 12642 – XL. Takovýto certifikát je možno vidět na obr. 13.



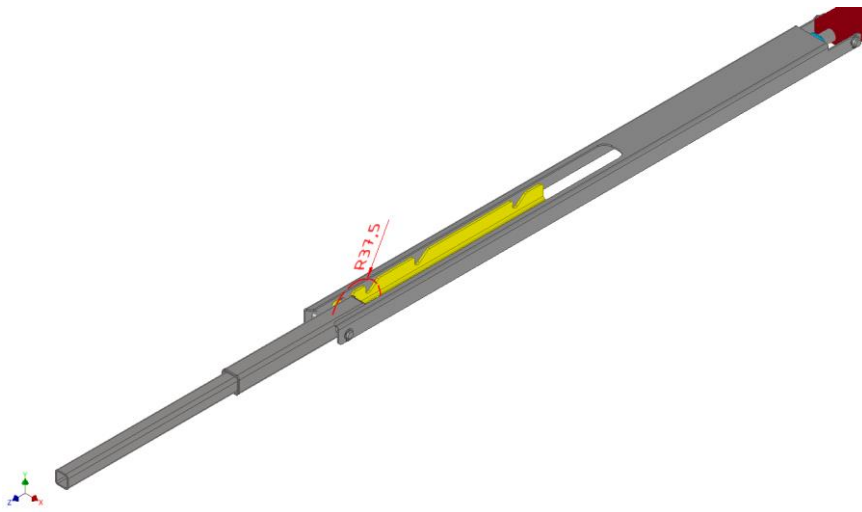
Obr. 13 Certifikát o splnění normy 12642 – XL [12]

## 4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

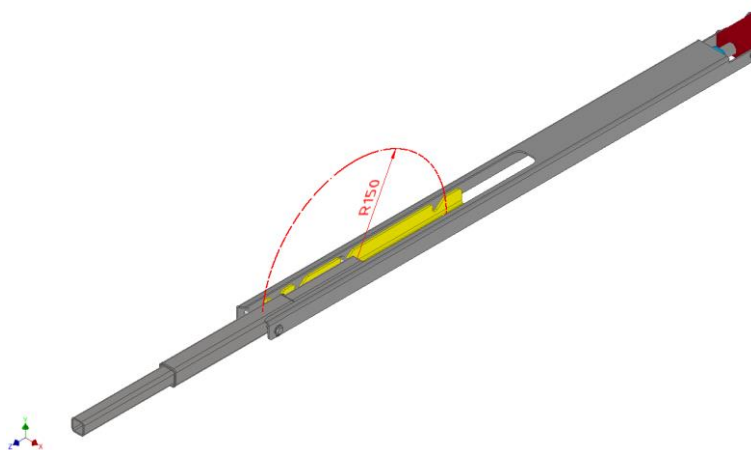
V této kapitole bude popsána konstrukce a bude proveden výpočet jednotlivých navržených mechanismů zvedání střech, tj. mechanického a hydraulického. Konstrukční prvky budou kontrolovány vzhledem k meznímu stavu pružnosti (dále pouze MSP). Bude se tedy zjišťovat bezpečnost právě vůči MSP. V zadání bylo specifikováno, že by zvedání střechy mělo být schopno zdvihu o 350 mm při stojícím návěsu. Tato hodnota však byla konzultována s vedoucím konstrukce a následně upravena na 300 mm. Výška zvednutí střechy u návěsu v pohybu zůstává neměnná, tj. 75 mm.

### 4.1 ZVEDÁNÍ MECHANICKÉ

Mechanické zvedání je zkonstruováno podobně jako zvedání HERCULES, které je popsáno v kapitole 2.2.1, od firmy ALU-SV. Konstrukce je zde tedy provedena pomocí hřebene, ve kterém jsou otvory pro čepy. Na obrázcích (obr. 14 a obr. 15) je možno vidět jednotlivé trajektorie zvedání. Na obr. 14 je vidět druhá poloha zvedání střechy, tj. 75 mm. Je zde znázorněna trajektorie spodního čepu, který se zaklesne do druhého výřezu hřebene a posune (zajistí) mechanismus v poloze zvednuté o 75 mm.



Obr. 14 Řešení hřebene a trajektorie zvedání o 75 mm

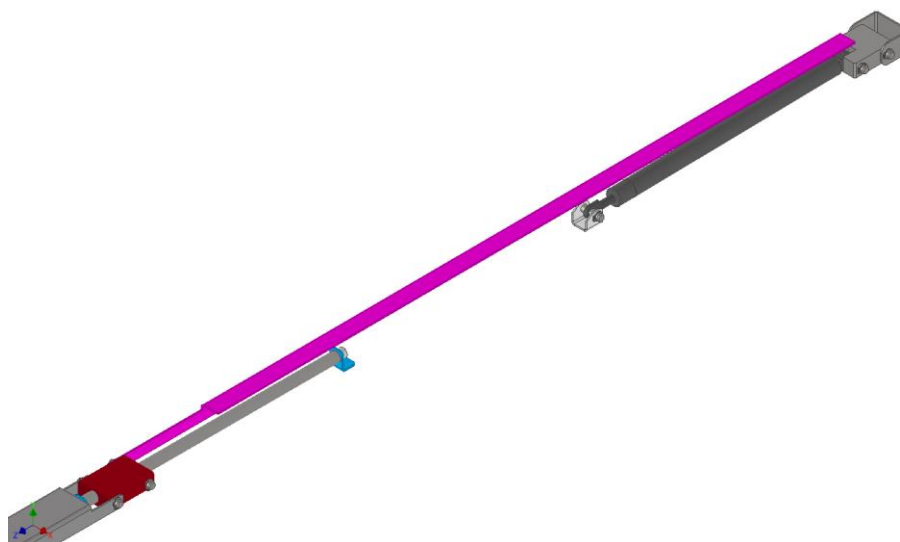


Obr. 15 Trajektorie zvedání o 300 mm

Pro přesunutí čepu do nového místa otáčení je využito dvou trubek čtvercového průřezu. V této práci budou tyto trubky dále označovány jejich hovorovějším označením „jekly“. Menší jekl o rozměrech 20x20x2 mm je vsazen do většího o rozměrech 25x25x2 mm. Čep je usazen tak, aby spodní páku bylo možno vysunout ze svého místa a vnitřní jekl bylo možné přemístit tak, aby byl čep v novém místě otáčení. Po přesunutí čepu je tudíž možné zvednout střechu do polohy zvýšené o 300 mm.

Pohyb je tedy vykonáván od konce páky, přes čep až k pojezdu, který zajišťuje přímočarý pohyb po tyči. Zde realizované řešení by, co se týče zdvihu, mělo být plynulejší, než řešení dodáváno konkurencí.

Zvedání je dále ještě kvůli plynulosti a bezpečnosti pojištěno plynovou vzpěrou. Kvůli přehlednosti je na obr. 16 druhý plech v řezu.



Obr. 16 Posuv mechanického zvedání a pojištění plynovou vzpěrou

#### 4.1.1 KONTROLA SVAROVÉ SKUPINY

Ocel, ze které je konstruován hřeben, je podle nového značení S235J2C+N. Tato ocel má mez kluzu  $R_e = 355 \text{ MPa}$  a mez pevnosti  $R_m = 470 \text{ MPa}$ . Svar bude proveden svařováním v ochranné atmosféře, neboli metodou MIG/MAG. Svařovací drát musí mít větší mez kluzu než svařovaný materiál, s ohledem na tento fakt je proto potřeba drát s označením CORBOFIL NiCu, viz tab. 11. Tento drát má mez kluzu  $R_{eD} = 420 \text{ MPa}$ . [13, 14]

Tab. 11 Mechanické vlastnosti svarového kovu CARBONFIL NiCu [14]

Tepelné zpracování	Mez kluzu (MPa)	Mez pevnosti (MPa)	Tažnost A5 (%)	KV (J) / °C		
				+20°C	-30°C	-40°C
Bez tepelného zpracování. (*)	$\geq 420$	500-640	$\geq 22$	$\geq 120$	$\geq 90$	$\geq 80$
Bez tepelného zpracování. (**)	$> 420$	500-640	$\geq 22$	$\geq 100$	$\geq 47$	

Celý výpočet bude postupovat dle [15].

Tab. 12 Tabulka pro určení převodního součinitele [15]

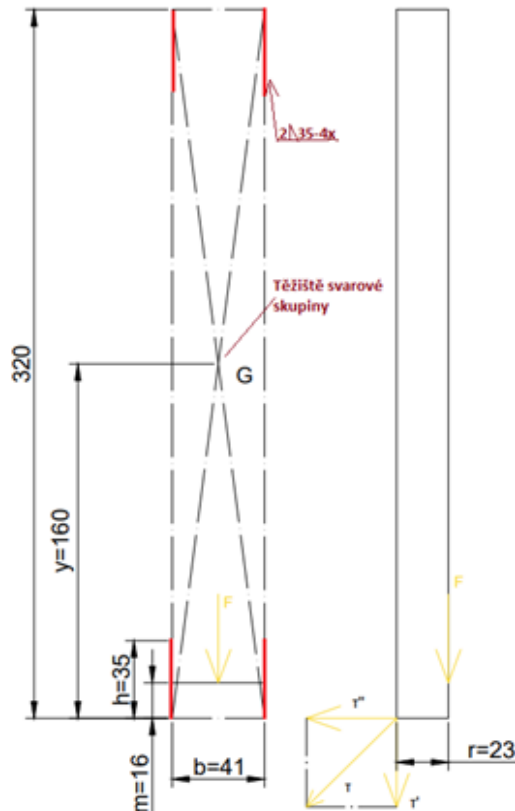
druh svaru	druh namáhání	převodní součinitel svarového spoje $\alpha$ (1)		
tupý <sup>a</sup>	tlak	$\alpha_{\perp}$	1,00	
	tah		0,85	0,90 <sup>b</sup> 1,03 <sup>c</sup>
	smyk	$\alpha_{\tau}$	0,70	
koutový	čelní	$\alpha_{\perp}$	0,75 <sup>d</sup>	0,75 <sup>e</sup> 1,00 <sup>f</sup>
	boční	$\alpha_{\parallel}$	0,65 <sup>d</sup>	0,80 <sup>e</sup> 0,90 <sup>f</sup>

Dle celý výpočet bude postupovat dle [15].

tab. 12 je možno určit z rovnice (4) maximální dovolené napětí v ohybu. Pro tuto konstrukci je volena návrhová bezpečnost  $k_{sv} = 1,5$ .

$$\tau_{D,sv} = \alpha_{\tau\parallel} \frac{R_{eD}}{k_{sv}} \quad (4)$$

$$\tau_{D,sv} = 0,65 \cdot \frac{420}{1,5} = 182 \text{ MPa}$$



Obr. 17 Nákres s rozměry svarové skupiny

Pro svary namáhané ohybem v této konfiguraci se jednotkový osový kvadratický moment účinných průřezů vypočte dle rovnice (5). Jsou zde čtyři svary o délce 35 mm (v každém rohu hřebene), viz obr. 17.

$$J_{zu} = \frac{4h^3}{6} \quad (5)$$

$$J_{zu} = \frac{4 \cdot 35^3}{6} = 28\,583,3 \text{ mm}^3$$

Kde:  $h$  [mm] délky svarů

Velikost svaru byla zvolena  $z = 2 \text{ mm}$ . Je tedy možno vypočítat plochu účinného průřezu svaru dle rovnice (6):

$$S_{sv} = 4 \cdot 0,707zh \quad (6)$$

$$S_{sv} = 4 \cdot 0,707 \cdot 2 \cdot 35 = 198 \text{ mm}^2$$

Kde:  $z$  [mm] velikost svaru

Dále je zapotřebí vypočítat celkový osový kvadratický moment účinného průřezu. Tento moment je vypočítán dle rovnice (7):

$$J_z = 0,707zJ_{zu} \quad (7)$$

$$J_z = 0,707 \cdot 2 \cdot 28\,583,3 = 40\,416,8 \text{ mm}^4$$

Díky rovnici (6) je nyní možno určit napětí od posouvající síly, dle rovnice (8):

$$\tau' = \frac{F_{4S}}{S_{sv}} \quad (8)$$

$$\tau' = \frac{950}{198} = 4,8 \text{ MPa}$$

Kde:  $F_{4S}$  [N] síla působící od střechy

Dosazením do rovnice (9) vyjde napětí od ohybu:

$$\tau'' = \frac{Mr}{J_z} = \frac{F_{4S}yr}{J_z} \quad (9)$$

$$\tau'' = \frac{950 \cdot 160 \cdot 23}{40\,416,8} = 86,5 \text{ MPa}$$

Kde:  $y$  [mm] vzdálenost těžiště

$r$  [mm] rameno k síle

Výpočtem rovnice (10) vyjde celkové napětí:

$$\tau_{SvCelk} = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} \quad (10)$$

$$\tau_{SvCelk} = \sqrt{4,8^2 + 86,5^2} = 86,63 \text{ MPa}$$

Nyní je možno určit, dle rovnice (11), skutečnou bezpečnost svarové skupiny:

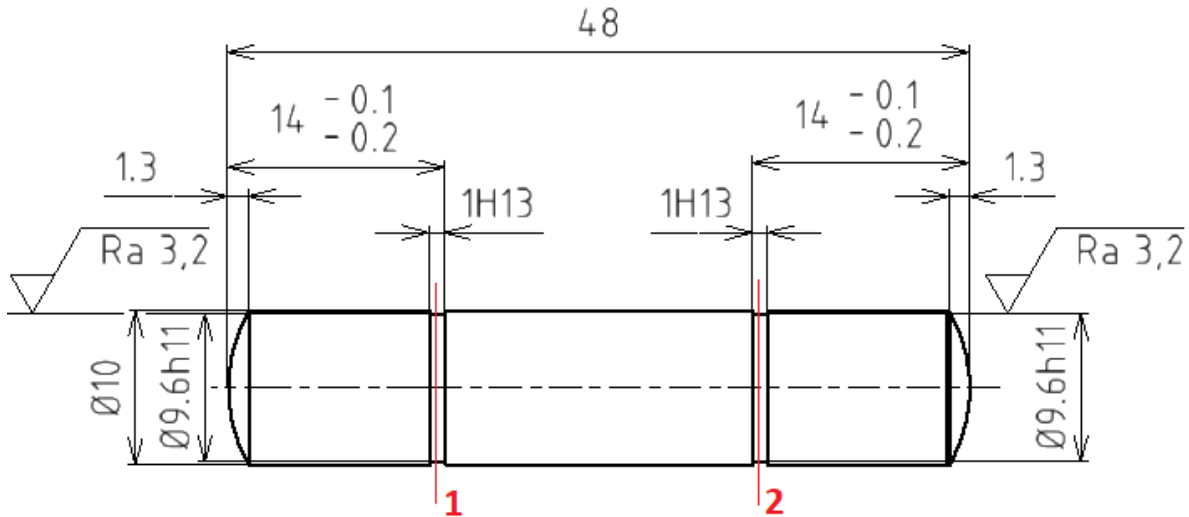
$$k_{SvCelk} = \frac{\tau_{D,sv}}{\tau_{SvCelk}} \quad (11)$$

$$k_{SvCelk} = \frac{182}{86,63} = 2,1$$

Svarová skupina tedy vyhovuje kontrole na ohyb.

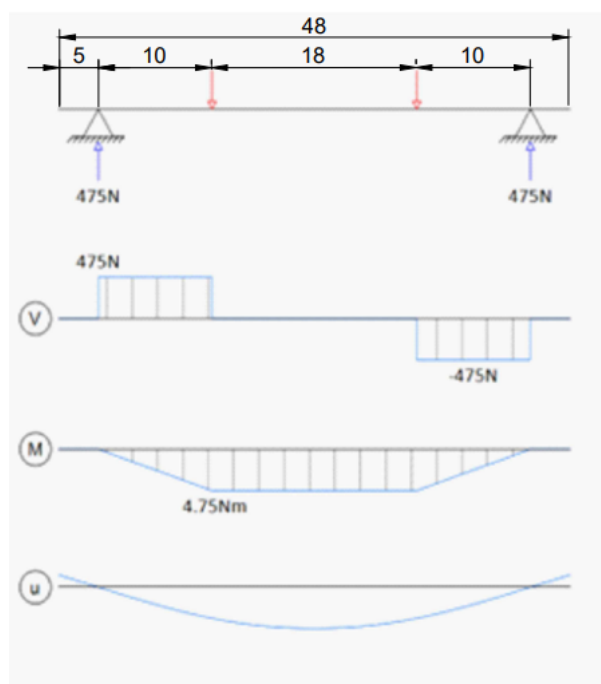
#### 4.1.2 KONTROLA ČEPU NA OHYB

Počítán bude čep, který je přesouván. Tento čep byl již navrhnut a jedná se pouze o kontrolu. Čep je proti posuvu pojištěn dvěma pojistnými kroužky, které jsou podle normy DIN 471. Jeho nákras je vidět na obr. 18, kde jsou znázorněny i nebezpečné průřezy, na které v tomto oddíle bude brán zřetel [16]. Rozměry čepu jsou brány dle normy DIN 7/A1. Značka A1 značí typ austenitické nerezové oceli. [17]



Obr. 18 Nákras čepu zvedání

Na obr. 19 je pak vidět průběh výsledných vnitřních účinků. Čep je uložen v díře jeklu rozměrů 20x20x2 a z vnějšku pojištěn již zmiňovanými pojistnými kroužky. Jekl tedy přenáší sílu od střechy na čep a díky konfiguraci sil se jedná o jeden ze základních nosníků. Předpokládá se, že se síla od zatížení střechy přenesou rovnoměrně do obou stran jeklu.



Obr. 19 Výsledné vnitřní účinky čepu zvedání

Dle rovnic (12, 13) jsou určeny reakce ve vazbách.

$$\Sigma F_y = 0 : F_A + F_B - \frac{F_{4S}}{2} - \frac{F_{4S}}{2} = 0 \quad (12)$$

$$F_A = \frac{2F_{4S}}{2} - F_B = 950 - 475 = 475 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0 : -\frac{F_{4S}}{2}a - \frac{F_{4S}}{2}(a+b) + F_B(2a+b) = 0 \quad (13)$$

$$F_B = \frac{F_{4S}(2a+b)}{2(2a+b)} = \frac{F_{4S}}{2} = 475 \text{ N}$$

Z reakcí je pak možno určit maximální ohybový moment, dle rovnice (14):

$$M_{Očep} = F_A a \quad (14)$$

$$M_{Očep} = 475 \cdot 10 = 4\,750 \text{ Nmm}$$

Čep je vyroben z nerezové oceli s označením 303, nebo také A1. Mez kluzu této oceli je dle [17, 18]  $R_e = 300 \text{ MPa}$ . Není zapotřebí rozlišovat, jestli pro výpočet průměru použít teorii HMH, nebo  $\text{Max } \tau$ , jelikož zde nefiguruje krut. Jak bylo psáno na začátku kapitoly, je potřeba brát v potaz pouze kritická místa (drážky pro pojistný kroužek). Je zde, stejně jako u svaru, počítáno s návrhovým součinitelem bezpečnosti  $k_{čep} = 1,5$ . Z rovnice (15) se tedy zjistí nejmenší potřebný průměr.

$$\sigma_{Dov, \check{c}ep} = \frac{M_{O\check{c}ep}}{W_{O\check{c}ep}} = \frac{R_{e\check{c}}}{k_{\check{c}ep}}$$

$$\frac{32M_{O\check{c}ep}}{\pi d_{min, \check{c}ep}^3} = \frac{R_{e\check{c}}}{k_{\check{c}ep}} \rightarrow d_{min, \check{c}ep} = \sqrt[3]{\frac{32M_{O\check{c}ep}k_{\check{c}ep}}{\pi R_{e\check{c}}}} \quad (15)$$

$$d_{min, \check{c}ep} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 4\,750 \cdot 1,5}{\pi \cdot 300}} = 6,23 \text{ mm}$$

Kde:  $R_{e\check{c}}$  [MPa] mez kluzu \check{c}epu (materiál nerez 303/A1) [17, 18]

$d_{min, \check{c}ep}$  [mm] minimální průměr \check{c}epu

Navrhnutých 10 mm je vyhovujících a je možno je použít.

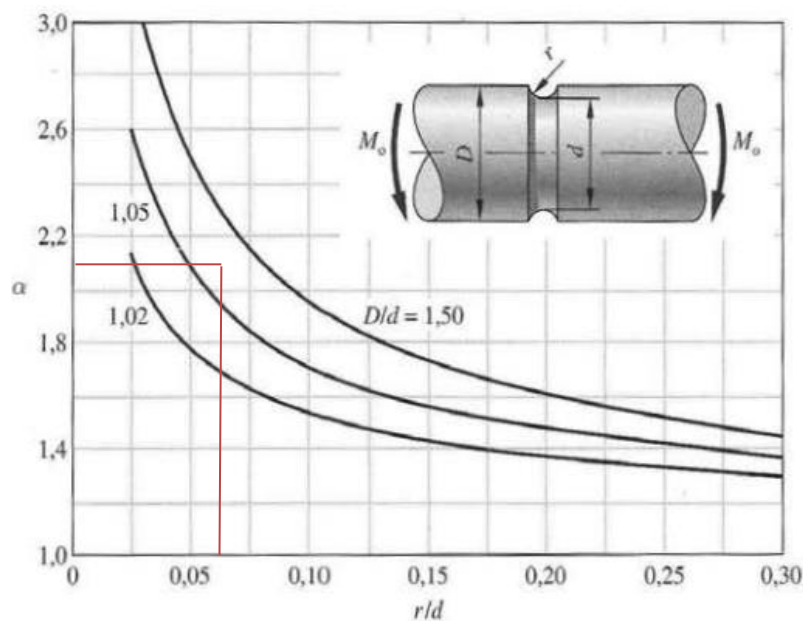
### KONTROLA DRÁŽKY PRO POJISTNÝ KROUŽEK

Podle rovnice (16) je možno určit nominální napětí v místě drážky:

$$\sigma_{nom, \check{c}ep} = \frac{M_{O\check{c}ep}}{W_{O\check{c}ep}} = \frac{32M_{O\check{c}ep}}{\pi d_{dr, \check{c}ep}^3} \quad (16)$$

$$\sigma_{nom, \check{c}ep} = \frac{32 \cdot 4\,750}{\pi \cdot 9,6^3} = 54,69 \text{ MPa}$$

Kde:  $d_{dr, \check{c}ep}$  [mm] průměr \check{c}epu v místě drážky [16]



Obr. 20 Grafické určení tvarového součinitele (zápichu) pro namáhání ohybem [15]

Dle grafu na obr. 20 a rovnic (17, 18) se určí tvarový součinitel.

$$\frac{d_{\check{c}ep}}{d_{dr,\check{c}ep}} = \frac{10}{9,6} = 1,04 \quad (17)$$

$$\frac{r}{d_{dr,\check{c}ep}} = \frac{0,5s}{d_{dr,\check{c}ep}} = \frac{0,5 \cdot 1}{9,6} = 0,052 \quad (18)$$

Kde:  $s$  [mm] šířka zápichu pro pojistný kroužek

Podle rovnic (17, 18) byl určen tvarový součinitel  $\alpha_0 = 2,05$  a dle rovnice (19) se určí skutečné napětí.

$$\sigma_{Oskut} = \sigma_{nom,\check{c}ep} \cdot \alpha_0 \quad (19)$$

$$\sigma_{Oskut} = 54,69 \cdot 2,05 = 112,12 \text{ MPa}$$

Podle rovnice (20) je pak možno určit bezpečnost čepu vůči MSP.

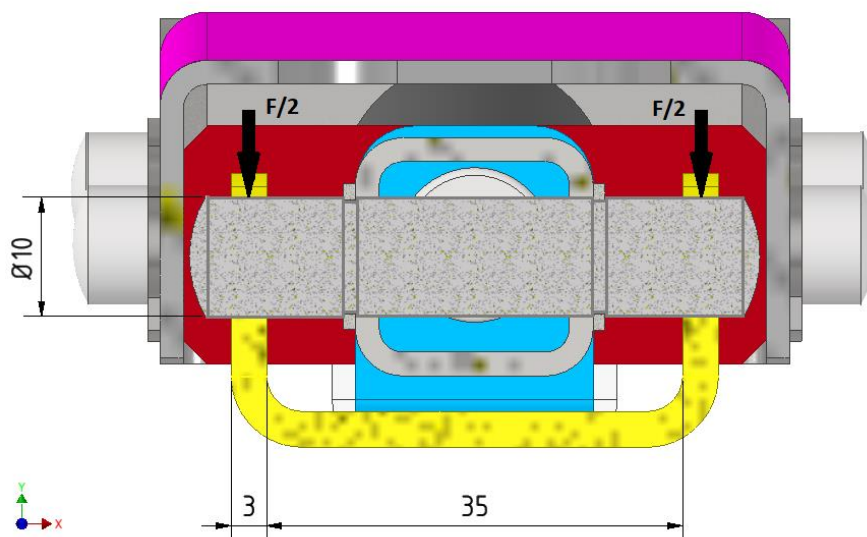
$$k_0 = \frac{R_{e\check{c}}}{\sigma_{Oskut} k_{\check{c}ep}} \quad (20)$$

$$k_0 = \frac{355}{112,12 \cdot 1,5} = 2,11$$

Čep vyhovuje danému zatížení i v kritickém místě, tedy v místě drážky pro pojistný kroužek.

#### 4.1.3 KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

Je nejprve nutno určit dovolený tlak, se kterým se poté bude skutečný tlak porovnávat. Za základ je brán materiál pro výrobu hřebene, ten je podle nového značení z oceli S355, podle starého pak 11 500. Tento tlak je tedy dle [19] pro ocel 11 500  $p_{D,otl} = 30 \text{ MPa}$ .



Obr. 21 Rozměry a uložení čepu

Dle rovnice (21) je vypočítán skutečný tlak, při kontrole na otláčení:

$$p_{Otl,skut} = \frac{\frac{F_{4S}}{2}}{S_{otl}} = \frac{\frac{F_{4S}}{2}}{d_{\check{c}ep} t_{h\check{r}eben}} \quad (21)$$

$$p_{Otl,skut} = \frac{\frac{950}{2}}{10 \cdot 3} = 15,8 \text{ MPa}$$

Díky rovnici (22) je možno konstatovat, že čep vyhovuje na otláčení.

$$k_{Otl} = \frac{p_{D,otl}}{p_{Otl,skut} \cdot k_{\check{c}ep}} \quad (22)$$

$$k_{Otl} = \frac{30}{15,8 \cdot 1,5} = 1,27$$

Je možno konstatovat, že čep vyhovuje na otláčení.

#### 4.1.4 KONTROLA ČEPU NA STŘIH

Dle rovnice (23) je vypočtena mez kluzu ve smyku: [15]

$$R_{SE} = 0,577 R_{e\check{c}} \quad (23)$$

$$R_{SE} = 0,577 \cdot 300 = 173,1 \text{ MPa}$$

Skutečné napětí je dále vypočteno dle rovnice (24):

$$\tau_{st\check{r}ih,skut} = \frac{F_{4S}}{2S_{st\check{r}ih}} = \frac{F_{4S}}{2 \left( \frac{\pi d_{\check{c}ep}^2}{4} \right)} = \frac{2F_{4S}}{\pi d_{\check{c}ep}^2} \quad (24)$$

$$\tau_{st\check{r}ih,skut} = \frac{2 \cdot 950}{\pi 10^2} = 6,05 \text{ MPa}$$

Podle rovnice (25) je pak možno vyjádřit bezpečnost při kontrole na stříh:

$$k_{\tau, st\check{r}ih} = \frac{R_{SE}}{\tau_{st\check{r}ih,skut} k_{\check{c}ep}} \quad (25)$$

$$k_{\tau, st\check{r}ih} = \frac{173,1}{6,05 \cdot 1,5} = 19$$

Čep vyhovuje při zatížení na stříh.

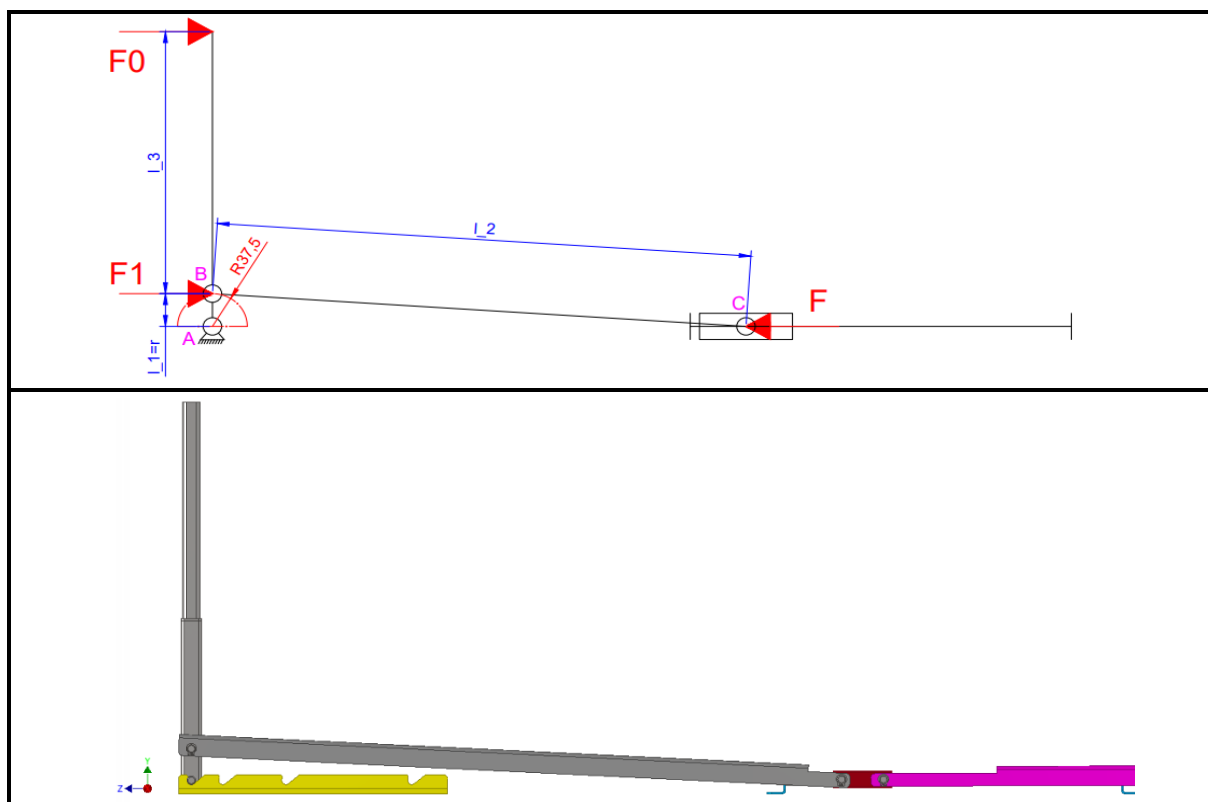
#### 4.1.5 KONTROLA ERGONOMIE

V této podkapitole bude zkontrolována ergonomie navrženého zvedání, aby bylo zjištěno, je-li navržené řešení schopno využít v klasickém provozu a je-li střecha zvednutelná podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Tento výpočet je konzervativním výpočtem zanedbávajícím

vliv plynových vzpěr. Ověřuje jestli je zvedání legislativně bezpečné a zvednutelné i v případě selhání plynové vzpěry.

Toto nařízení specifikuje, že maximální přípustný limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku je: [20]

- Pro muže tlačné 310 N a tažné 280 N
- Pro ženy tlačné 250 N a tažné 220 N



Obr. 22 Zvedání druhé (jízdni) polohy o 75 mm

Na obr. 22 nahoře jsou znázorněny působící síly, přičemž síla  $F$  je působení od hmotnosti střechy a síla  $F_0$  je síla, kterou působí obsluha při zvedání. Síla  $F_1$  se následně použije při výpočtech, tudíž je dobré ji zaznačit.

Celé zvedání je nutno otočit o  $180^\circ$  pro plně zvednutou střechu. Ze statické ekvivalence je pak možno dopočítat sílu  $F_1$  v druhém čepu, dle rovnice (26).

$$F_0(l_3 + l_1) = F_1 l_1 \quad (26)$$

$$F_1 = \frac{F_0(l_3 + l_1)}{l_1}$$

Kde:  $l_1$  [mm] délka od prvního k druhému čepu  
 $l_3$  [mm] délka od druhého čepu ke konci páky  
 $F_0$  [N] potřebná síla ke zvednutí

Pro bod „B“ je pak možno vzít ekvivalenci prací, kdy práce v bodě B se rovná práci v bodě C, tento popis je znázorněn v rovnici (27). Síla  $F_{4S}$  je značení pro sílu působící od střechy. Na obr. 22 a obr. 23 je tato síla značena pouze „F“.

$$W_B = W_C$$

$$F_{4S}h = M_1\varphi \quad (27)$$

$$F_{4S}h_D = F_1l_1\varphi \rightarrow F_{4S}h = \frac{F_0(l_3 + l_1)l_1\varphi}{l_1}$$

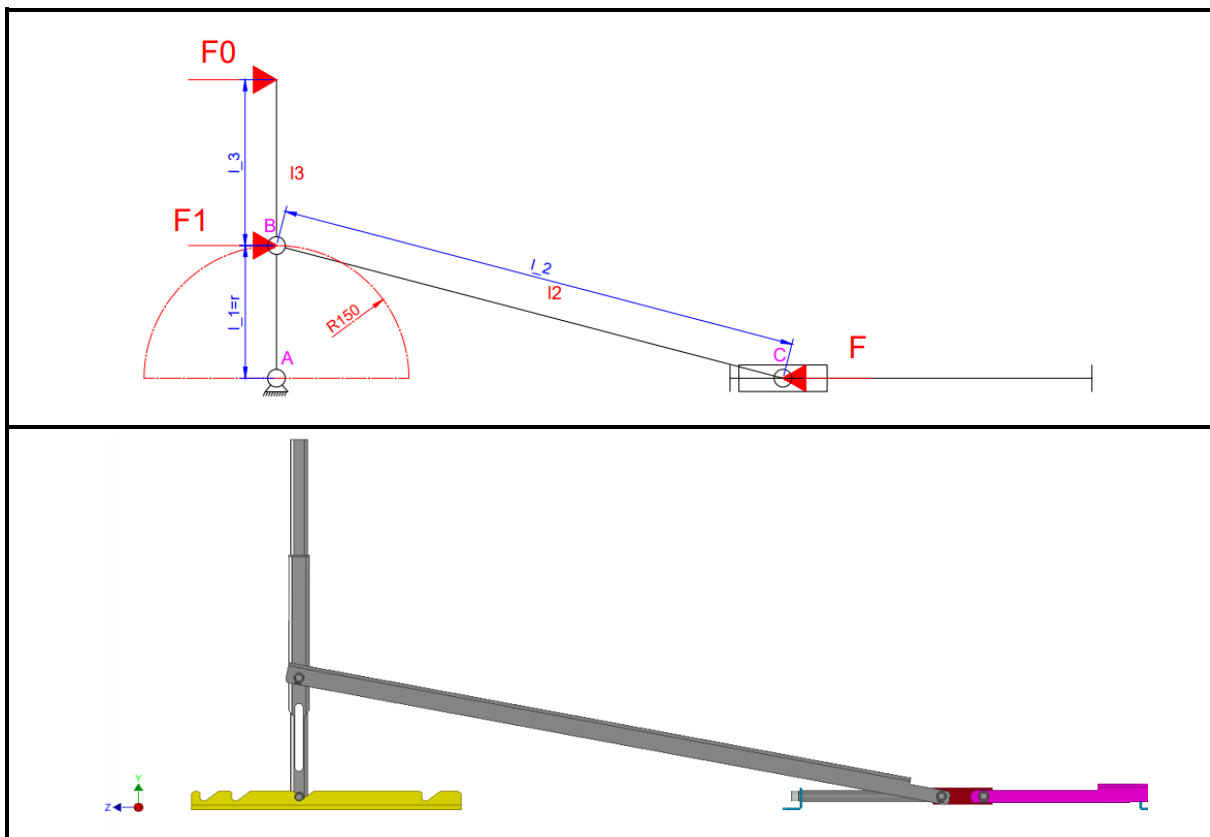
Kde:  $h_D$  [mm] dráha zvednutí střechy

$\varphi$  [rad] úhel otočení páky pro ekvivalentní zdvih střechy

Z rovnice (27) je pak možno vyjádřit potřebnou sílu pro zvednutí  $F_0$ . Pro zvedání do druhé (jízdni polohy) je síla vypočtena z rovnice (28). Trajektorie tohoto zvednutí je na obr. 22.

$$F_0 = \frac{F_{4S}h_D}{(l_3 + l_1)\varphi} \quad (28)$$

$$F_0 = \frac{950 \cdot 75}{(410 + 37,5)\pi} = 50,68 \text{ N}$$



Obr. 23 Zvedání první polohy o 300 mm

Pro zvedání do první polohy pak bude potřebná síla dle rovnice (29).

$$F_o = \frac{F_{4S} h_D}{(l_3 + l_1) \varphi} \quad (29)$$

$$F_o = \frac{950 \cdot 300}{(300 + 150)\pi} = 201,6 \text{ N}$$

Jestliže je tedy maximální přípustná hodnota pro zvedání  $F = 250$ , zvedání je zkonstruováno v pořádku a střecha je pomocí tohoto mechanismu zvednutelná i pokud selže plynová vzpěra. Reálná síla však bude o něco menší (střechu bude jednodušší zvednout), kvůli plynové vzpěře.

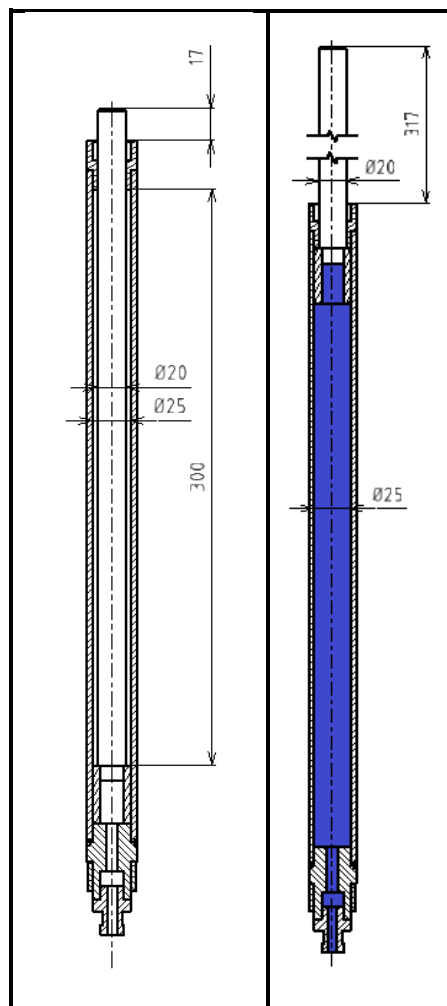
## 4.2 ZVEDÁNÍ HYDRAULICKÉ, AUTOMATICKÉ

Druhé navržené zvedání střechy bude zvedání hydraulické. Již bylo zmíněno, že zatížení v ose sloupku je 950 N. Tato síla byla počítána z přibližné hmotnosti střechy – cca 380 kg. Každý mechanismus by tudíž měl uzvednout čtvrtinu této hmotnosti. Okruh se však bude dimenzovat na případ, že výrobní tolerance způsobí, že bude střecha pouze na třech bodech, bude proto dimenzován na 1267 N.

Pro vykonstruovaný zástavbový prostor nebyl v katalozích firem nalezen vyhovující jednočinný přímočarý hydromotor, tudíž byl tento hydromotor navrhnut. Návrh vychází z modelu přímočarého hydromotoru Hydramatic 500SE (tento hydromotor se využívá v hydraulických obvodech od firmy Versus-Omega) pouze se zvětšenou pístní tyčí kvůli tomu, že se zde počítá s těžší střechou. Přímočarý hydromotor má tyto parametry:

- Průměr pístní tyče  $d_T = 20 \text{ mm}$
- Rychlost zvedání  $v_H = 15 \text{ mm/s}$
- Vnitřní průměr pláště  $d_p = 25 \text{ mm}$

Na obr. 24 je vidět řez navrhnutým přímočarým hydromotorem. Zároveň je zde i maximální zdvih, tj. 300mm s naznačeným průtokem hydraulické kapaliny.



Obr. 24 Řez přímočarým hydromotorem v dolní a horní poloze

Jak již bylo zmíněno na začátku této kapitoly, hydromotor vychází z modelu Hydramatic 500SE od společnosti Versus-Omega, a to proto, že tato společnost má zkušenost s takto kompaktními hydromotory. Hydromotor byl poptán i u společnosti HYDRAULICS s.r.o.. Zde však nesplňoval zástavbové prostory a cena byla více než trojnásobná. [21]

K návrhu celého hydraulického okruhu je potřeba zjistit základní parametry přímočarých hydromotorů. První bude počítán tlakový spád dle rovnice (30):

$$\Delta p = \frac{F_S}{S_P} = \frac{4F_S}{\pi d_p^2} \quad (30)$$

$$\Delta p = \frac{4 \cdot 1267}{\pi \cdot 25^2} = 2,58 \text{ MPa}$$

Kde:  $F_S$  [N] síla působící od hmotnosti střechy  
 $d_p$  [mm] vnitřní průměr pláště – činná plocha pístu

Dále následuje výpočet výkonu přímočarého hydromotoru dle rovnice (31):

$$P_H = F_S v_H \quad (31)$$

$$P_H = 1267 \cdot 0,015 = 19 \text{ W}$$

Kde:  $F_S$  [N] síla působící od hmotnosti střechy  
 $v_H$  [ $\text{m s}^{-1}$ ] translační rychlost zvedání střechy

Objemový průtok přímočarého hydromotoru je vyjádřen z rovnice (32) a po dosazení hodnot vychází minimální potřebný objemový průtok:

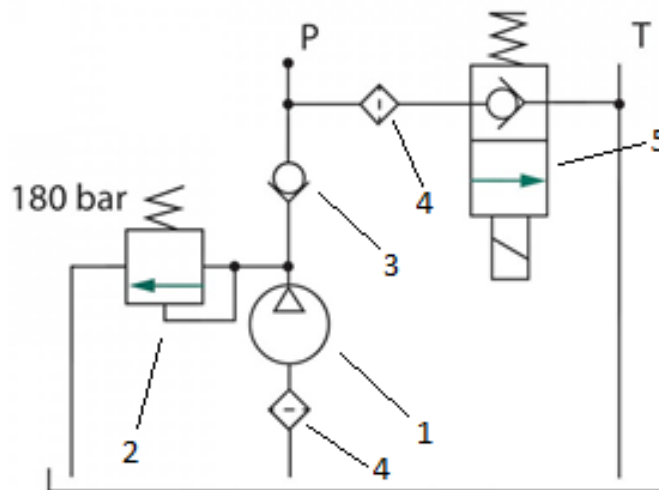
$$Q_H = S_P v_H = \frac{\pi d_p^2}{4} v_H \quad (32)$$

$$Q_H = \frac{\pi \cdot 25^2 \cdot 15}{4} = 7\,363,1 \text{ mm}^3 \text{ s}^{-1} \approx 0,44 \text{ l min}^{-1}$$

Kde:  $v_H$  [ $\text{m s}^{-1}$ ] translační rychlost zvedání střechy  
 $d_p$  [mm] vnitřní průměr pláště – činná plocha pístu

Podle vypočítaných hodnot je potřeba zvolit hydraulický agregát, tj. sestava čerpadla, elektromotoru, nádrže a potřebných ventilů. Při volbě hydraulického agregátu byl brán ohled i na to, aby byl co nejlevnější, nejkompaktnější a zároveň, aby byla dostatečná rezerva ve výkonu i v dodávaném objemu. Na tlak se nemusí brát takový ohled vzhledem k jeho velikosti. Zvolený agregát má tyto parametry: [22]

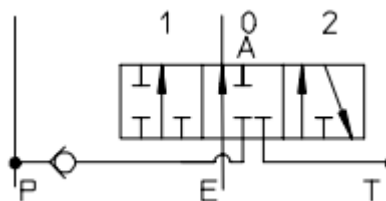
- Výkon elektromotoru  $P_e = 2 \text{ kW}$
- Dodávaný objem  $Q_D = 5,8 \text{ l/min}$



1 – čerpadlo, 2 – pojistný ventil, 3 – jednosměrný ventil, 4 – filtry, 5 – vestavný ventil

Obr. 25 Schéma hydraulického agregátu [22]

Dále byl pro konstruovaný hydraulický okruh vybrán vhodný typ rozvaděčů. Je zapotřebí mít rozvaděče dva, jelikož je žádoucí zvedat buď pouze jednu stranu návěsu, nebo obě. Rozvaděče byly vybírány podle již dostupných zařízení na trhu.

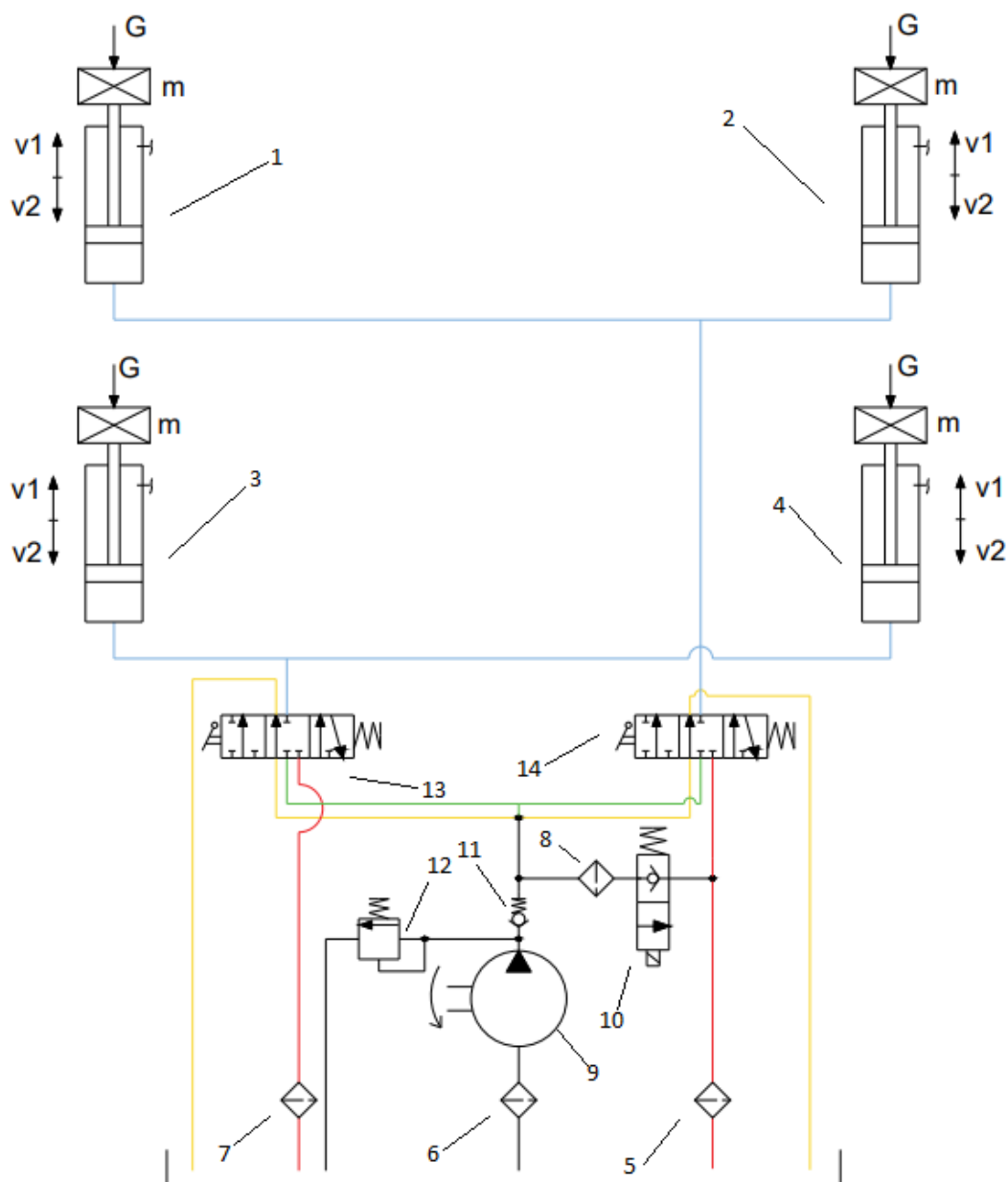


P – čerpadlo, E – bypass, T – nádrž, A – vývod na pracovní stroj

Obr. 26 Schéma hydraulického rozvaděče [23]

Tento rozvaděč má u firmy Bucher hydraulics označení „S“. Rozvaděč je tří cestný a tří polohový. Bypass je zde pro udržování stálého tlaku v obvodu. V nulové poloze je otevřen pouze bypass, cesta A je zavřena. V první poloze je bypass zavřen a průtok P-A otevřen. Ve druhé poloze je otevřen bypass i cesta A-T. [23]

Kompletní hydraulický okruh je možno vidět na obrázku níže. Celkově se skládá ze dvou rozvaděčů, hydraulického agregátu a čtyřech přímočarých hydromotorů.

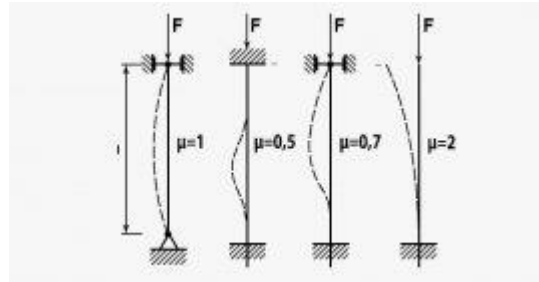


1 (2,3,4) – hydromotor, 5 (6,7,8) – filtr, 9 – čerpadlo, 10 – vestavný ventil, 11 – jednosměrný ventil, 12 – pojistný ventil, 13 (14) – rozvaděč

Obr. 27 Schéma hydraulického obvodu zvedání střechy

#### 4.2.1 KONTROLA PÍSTNÍ TYČE NA VZPĚŘ

Jelikož se jedná o poměrně velký zdvih s poměrně malým průměrem, je nutné zkontrolovat pístní tyč na vzpěr.



Obr. 28 Druhy vzpěru [24]

Namáhání pístní tyče v případě této práce je na obr. 28 zobrazeno jako první. Dále jsou zapotřebí tyto veličiny:

- Délka pístní tyče  $l_p = 300 \text{ mm}$
- Modul pružnosti v tahu  $E = 2,1 \text{ GPa}$
- Průměr pístní tyče  $d_T = 20 \text{ mm}$

Pro známý průměr je zapotřebí vypočítat minimální kvadratický moment dle rovnice (33):

$$J_{min} = \frac{\pi d_T^4}{64} \quad (33)$$

$$J_{min} = \frac{\pi \cdot 20^4}{64} = 7\,854 \text{ mm}^4$$

Ze známého kvadratického momentu je pak možno vypočítat kritickou sílu dle rovnice (34):

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{l_p^2} \quad (34)$$

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^3 \cdot 7\,854}{300^2} = 1\,809 \text{ N}$$

Jestliže je známa kritická i zatěžující síla, je možno vypočítat bezpečnost vůči vzpěru dle rovnice (35):

$$k_{vzpěr} = \frac{F_{kr}}{F_S} \quad (35)$$

$$k_{vzpěr} = \frac{1\,809}{1267} = 1,43$$

Zkonstruovaný prut vyhovuje při kontrole na vzpěr.

## 5 EKONOMICKÁ ANALÝZA

V této kapitole budou porovnány komerčně dostupná zvedání střechy s navrženými v rámci této práce. Z mechanických zvedání bude použito zvedání HERCULES, z hydraulických pak typ S1 se dvěma rozvaděči od společnosti Versus-Omega. Cena kupovaných zvedání je uvedena v tab. 13.

Tab. 13 Cena kupovaných zvedání [25, 26]

Typ zvedání	Cena [Kč]
Versus-Omega S1	29 313
Hercules	4 585

Výpočty celkových nákladů na výrobu obou variant zvedání zohledňuje:

- Materiálové náklady
  - A) Těmi jsou myšleny náklady na nákup materiálu nutného pro výrobu jednotlivých součástí.
  - B) Nebo také náklady na pořízení dílů, respektive výrobků, nutných pro kompletaci mechanismu.
- Mzdové náklady
  - Náklady na výrobu jednotlivých dílů mechanismu, které jsou dány výrobním časem, hodinovou sazbou na technologické operace dle technologického postupu a hodinovou sazbou průměrných režijních nákladů ve firmě.

### 5.1 NÁKLADY MECHANICKÉHO ZVEDÁNÍ

V tab. 14 je možno vidět součet celkových nákladů jednotlivých dílů a celkové sestavy u mechanického zvedání. Celkové náklady jednotlivých součástí jsou pak vypočítány v příloze 2. V této příloze jsou pak také jednotlivé polotovary z nichž se součásti vyrábějí a způsoby výroby součástí. Stejně tak je v této příloze popsána montáž sestavy, která je zde i vyčíslena.

Tab. 14 Ceny dílů mechanického zvedání

Číslo výkresu/Norma/Objednací číslo	Název součásti	Cena [Kč]
440-2-5007-216-0	Čep 1	16,87
440-2-5007-217-0	Čep 2	15,44
440-2-5007-218-0	Čep 3	37,92
440-2-5007-219-0	Čep 4	35,65
440-2-5007-220-0	Čep 5	22,57
440-2-3068-449-0	Držák pístnice	14,43
440-2-2963-188-0	Horní úchyt	17,87
440-2-5079-025-0	Hřeben	87,39
440-2-4898-252-0	Jakl 1	82,37
440-2-4898-253-0	Jakl 2	48,92
440-2-3015-274-0	Plech 1	129,45
440-2-3015-275-0	Plech 2	161,11
440-2-3026-669-0	Pojezd	120,89
440-2-2868-066-0	Tyč pojezdu	162,23
440-2-3068-448-0	Úchyt	18,21
440-2-2940-870-0	Zakončení	109,50
440-2-3021-742-0	Záslepka	3,47
42043924VI	Plynová vzpěra	1256,10
DIN 471	Pojistný kroužek	14,98
DIN 912	Šroub M8x30-12.9	7,42
DIN 7980	Podložka pružná M8	0,42
Montážní a svařovací práce		55,25
Cena sestavy		2418,45

Podle tab. 13 se cena mechanické zvedání Hercules pohybuje okolo 4 600 Kč. Kompletní náklady na pořízení mechanického zvedání vlastní výrobou ve firmě Panav a.s. dosahují za stávajících podmínek 2 418,45 Kč. Je tedy možné konstatovat, že zařízení vyrobené vlastní výrobou je o 56 % levnější.

## 5.2 NÁKLADY HYDRAULICKÉHO ZVEDÁNÍ

V tab. 15 je možno vidět součet cen u hydraulického zvedání. Hadice jsou naceněny na 90,4 Kč na metr, cca se zde bere 30 metrů hadic. [22, 27, 28, 29]

Tab. 15 Ceny dílů hydraulického zvedání

Název dílu	Počet kusů	Cena [Kč]
Hydraulický agregát	1	6 859
Rozvaděč	2	3 500
Přímočarý hydromotor	4	11 702
Hadice	30 m	2 712
Cena sestavy		24 773

Dle tab. 13 bylo hydraulické zvedání naceněno na 29 313 Kč. Kompletace hydraulického zvedání ve firmě Panav a.s. za stávajících podmínek by vyšla na 24 773 Kč. Oproti kupovanému zvedání je tedy o 15,5 % levnější.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout mechanismus zvedání střechy pro valníkový návěs. Mechanismus byl navržen podle požadavků konstrukce Panav a.s.. Kvůli změně mechanismu zvedání byly potřeba navrhnout nové sloupky. Jednotlivé nové návrhy sloupků jsou popsány a zdůvodněny v kapitole 3. V dalších kapitolách pak byly navrženy dva druhy zvedání. První navržené zvedání je mechanické. Jeho konstrukce a jednotlivé kontroly jsou popsány v kapitole 4.1. Ke kontrole zde byla svarová skupina, která spojuje hřeben se sloupkem, dále pak čep, který byl kontrolován na ohyb, otláčení a střih. Jako poslední byla provedena kontrola ergonomie, tedy jestli je zvedání schopno provozu a jestli se střecha s tímto zvedáním dá uzvednout. Všechny bezpečnosti u těchto kontrol vyšly v pořádku. U kontroly ergonomie pak vyšlo, že je potřeba při zvedání o 300 mm vyvinout sílu kolem 200 N, což je v souladu s nařízením vlády upřesňujícím maximální přípustné limity pro tlačné a tažné zařízení. Druhé navržené zvedání je hydraulické, popsané v kapitole 4.2. Zde byl navrhnout hydraulický obvod, který se skládá z hydraulického agregátu, dvou rozdělovačů a čtyř přímočarých hydromotorů. Přímočarý hydromotor byl navrhnout podle předlohy od firmy Versus-Omega, jelikož nebyl nalezen žádný hydromotor, který by bylo možno dát do specifických zástavbových prostorů sloupku. Jelikož má navržená pístní tyč malý průměr a zároveň je poměrně dlouhá, byla zkontrolována na vzpěr. Tato pístní tyč vyšla z kontroly jako bezpečná. V poslední kapitole se tato práce zabývá ekonomickou analýzou obou navržených řešení a jejich porovnáním s kupovanými systémy. Výsledky této analýzy byly popsány na konci kapitoly 5.

Na základě návrhu a výpočtů byla zhotovena výkresová dokumentace mechanického zvedání, která se skládá z dílčích výkresů součástí a výkresu sestavy celého zvedání.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NOVÁK, Radek. Nákladní doprava a zásílatelství. 2., přeprac. vyd. Praha: ASPI, 2005, 412 s., [20] s. barev. obr. příl. : il., mapy, formuláře. ISBN 80-7357-086-6.
- [2] Nákladní doprava. Český statistický úřad. [online]. 04.11.2021 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/nakladni\\_doprava\\_casove\\_rady](https://www.czso.cz/csu/czso/nakladni_doprava_casove_rady)
- [3] VLK, František. Stavba motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2003, 499 s. : il. ; 23 cm. ISBN 80-238-8757-2.
- [4] Panav. Panav, a.s.. [online]. 2021 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.panav.cz/>
- [5] HUF, J. Rám valníkového přívěsu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 94 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.
- [6] Mechanismus zvedání střechy HERCULES. Alu-sv.com [online]. 2021 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: [https://www.alu-sv.com/cs/nove-produkty.ep/5\\_1156-mechanismus-zvedani-strechy-hercules/1/](https://www.alu-sv.com/cs/nove-produkty.ep/5_1156-mechanismus-zvedani-strechy-hercules/1/)
- [7] Interní dokumenty Panav, a.s.
- [8] Sloupek zvedací HESTAL Liftmaster 770. Trans-technik.cz [online]. 2021 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.trans-technik.cz/sloupek-zvedaci-hestal-liftmaster-770-0351054-000>
- [9] Hestal marketing documents & certificates. Hestal.de [online]. 2021 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.hestal.de/en/downloads/>
- [10] Axces lifting systems. Versus-omega.com [online]. 2021 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.versus-omega.com/en/categories/20/axces-lifting-systems>
- [11] Fixace nákladu na silničních vozidlech. Praha: XEROX CR, 2007.
- [12] Interní dokumenty Trans-technik spol. s.r.o
- [13] Non-alloy structural steels. salzgitter-flachstahl.de. [online]. 2022 [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: [https://www.salzgitter-flachstahl.de/fileadmin/mediadb/szfg/informationmaterial/produktinformationen/warmgewartzte\\_produkte/eng/Non\\_alloy\\_structural\\_steels\\_S355J2C\\_N.pdf](https://www.salzgitter-flachstahl.de/fileadmin/mediadb/szfg/informationmaterial/produktinformationen/warmgewartzte_produkte/eng/Non_alloy_structural_steels_S355J2C_N.pdf)
- [14] Plné dráty MIG-MAG. welmet.cz [online]. 2022 [cit. 2022-25-03]. Dostupné z: <https://www.welmet.cz/wp-content/uploads/2019/05/Oerlikon-Pln%C3%A9-dr%C3%A1ty-MIG-MAG.pdf>
- [15] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G.: Konstruování strojních součástí. Překlad, 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.
- [16] DIN 471. beneri.com [online]. 2022 [cit. 2022-31-03]. Dostupné z: <https://www.beneri.com/en/prodotto/din-471>

- [17] Stainless steel alloy 303, A1. continentalsteel.com [online]. 2022 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://continentalsteel.com/stainless-steel/grades/alloy-303-a1/>
- [18] Stainless steels Grade Datasheets. atlassteels.com [online]. 2022 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.atlassteels.com.au/documents/Atlas%20Grade%20datasheet%20-%20all%20datasheets%20rev%20Aug%202013.pdf>
- [19] KŘÍŽ, Rudolf, Pavel VÁVRA a Jindřich HERBRYCH. Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích. 5. svazek, O – Technika konstruování. P – Technická dokumentace. R – Části strojů a převody (1. část). Praha: Scientia, 1994, 241 s. : il., tabulky, grafy, schémata. ISBN 80-85827-59-X.
- [20] § 29 odst. 9 nařízení vlády č. 361/2007 Sb. nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci – znění od 20.05.2021
- [21] MAJOROŠ, Viktor. Poptávka přímočarého hydromotoru [elektronická pošta]. Message to: [ondra.stefek@seznam.cz](mailto:ondra.stefek@seznam.cz). 26.4.2022 14:23 [cit. 2022-15-05]
- [22] Hydraulický agregát. technikaprofarmu.cz [online]. 2022 [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://www.technikaprofarmu.cz/hydraulicke-agregaty/hydraulicky-agregat-12-vdc-1-6-kw-7-litru/>
- [23] Monoblock directional valves. bucherhydraulics.com [online]. 2022 [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://www.bucherhydraulics.com/47533/Products/Mobile-and-Industrial-Hydraulics/Products/Valves/Directional-Spool-Valves/Solo-Units/HDM/index.aspx>
- [24] Vzpěr přímých tyčí. e-konstrukter.cz [online]. 2022 [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/116-vzper-pevnostni-kontrola>
- [25] Mechanismus zvedání Herkules. alu-sv.com [online]. 2022 [cit. 2022-22-04]. Dostupné z: [https://www.alu-sv.com/cs/zbozi.ep/13000002\\_sloupky-bocni--predni-a-zadni-al-slo/910104539\\_mechanismus-zvedani-hercules](https://www.alu-sv.com/cs/zbozi.ep/13000002_sloupky-bocni--predni-a-zadni-al-slo/910104539_mechanismus-zvedani-hercules)
- [26] DIRKS, Wendy. Cost of a Hydramatic S1 system [elektronická pošta]. Message to: [ondra.stefek@seznam.cz](mailto:ondra.stefek@seznam.cz). 14.4.2022 11:22 [cit. 2022-25-04].
- [27] Hydratek Tekno/1SN. gms.cz [online]. 2022 [cit. 2022-24-04]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/hydratec-tekno-1sn#tabs-variants>
- [28] SCHMIDTOVÁ, Kateřina. Hydraulický rozvaděč HDM140 [elektronická pošta]. Message to: [ondra.stefek@seznam.cz](mailto:ondra.stefek@seznam.cz). 12.4.2022 11:42 [cit. 2022-25-04].
- [29] DIRKS, Wendy. Cost of a ona cylinder [elektronická pošta]. Message to: [ondra.stefek@seznam.cz](mailto:ondra.stefek@seznam.cz). 25.4.2022 14:01 [cit. 2022-25-04].

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSÚ		Český statistický úřad
MSP		Mezní stav pružnosti
$\alpha_O$	[-]	Tvarový součinitel drážky pro pojistný kroužek
$\alpha_{\tau\parallel}$	[-]	Převodní součinitel pro koutový svar
$a$	[mm]	Rameno k vazbě A
$b$	[mm]	Rameno k vazbě B
$B_B$	[mm]	Šířka boku návěsu
$B_{\xi}$	[mm]	Šířka čela návěsu
$d_{\check{c}ep}$	[mm]	Průměr kontrolovaného čepu
$d_{dr,\check{c}ep}$	[mm]	Průměr drážky čepu
$d_{min,\check{c}ep}$	[mm]	Minimální průměr čepu
$d_P$	[mm]	Vnitřní průměr pláště
$d_T$	[mm]	Průměr pístní tyče
$E$	[GPa]	Modul pružnosti v tahu
$\varphi$	[rad]	Úhel otočení páky pro ekvivalentní zdvih střechy
$F$	[MPa]	Tlakové zatížení
$F_1$	[N]	Síla působící v prvním čepu
$F_{4S}$	[N]	Síla působící od střechy
$F_A$	[N]	Reakční síla ve vazbě A
$F_B$	[N]	Reakční síla ve vazbě B
$F_{kr}$	[N]	Kritická síla při kontrole na vzpěr
$F_O$	[N]	Potřebná síla ke zvednutí mechanismu
$F_S$	[N]	Síla působící od hmotnosti střechy
$h$	[mm]	Délka svarů
$h_D$	[mm]	Dráha zvednutí střechy
$H_B$	[mm]	Výška boku návěsu
$H_{\xi}$	[mm]	Výška čela návěsu
$J_{min}$	[mm <sup>4</sup> ]	Minimální osový kvadratický moment
$J_Z$	[mm <sup>4</sup> ]	Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu
$J_{zu}$	[mm <sup>3</sup> ]	Jednotkový osový kvadratický moment účinných průřezů

$k_{\check{c}ep}$	[-]	Návrhová bezpečnost čepu
$k_O$	[-]	Bezpečnost čepu na ohyb vzhledem k MSP
$k_O$	[-]	Bezpečnost čepu na otláčení vzhledem k MSP
$k_{sv}$	[-]	Návrhová bezpečnost svarové skupiny
$k_{svCelk}$	[-]	Celková bezpečnost svarové skupiny
$k_{\tau, stih}$	[-]	Bezpečnost při kontrole na stříh
$k_{vzpěr}$	[-]	Bezpečnost při kontrole na vzpěr
$l_1$	[mm]	Délka od prvního k druhému čepu
$l_3$	[mm]	Délka od druhého čepu ke konci páky
$l_p$	[mm]	Délka pístní tyče
$M_{O\check{c}ep}$	[N·mm]	Maximální ohybový moment pro čep
$\Delta p$	[MPa]	Tlakový spád
$p_{D, otl}$	[MPa]	Maximální dovolený tlak na otláčení
$p_{Otl, skut}$	[MPa]	Skutečný tlak čepu na hřeben
$P$	[daN]	Hmotnostní zatížení
$P_e$	[kW]	Výkon hydraulického agregátu
$P_H$	[W]	Výkon přímočarého hydromotoru
$Q_D$	[l·min]	Dodávaný objem hydraulického agregátu
$Q_H$	[mm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	Objemový průtok přímočarého hydromotoru
$r$	[mm]	Rameno k síle
$R_e$	[MPa]	Mez kluzu oceli S355J2C+N
$R_{e\check{c}}$	[MPa]	Mez kluzu materiálu čepu
$R_{eD}$	[MPa]	Mez kluzu drátu pro svařování
$R_m$	[MPa]	Mez pevnosti oceli S355J2C+N
$R_{SE}$	[MPa]	Mez kluzu ve smyku
$\sigma_{nom, \check{c}ep}$	[MPa]	Nominální napětí v drážce čepu
$\sigma_N$	[MPa]	Maximální napětí v novém sloupku
$\sigma_{Oskut}$	[MPa]	Skutečné napětí v místě drážky
$\sigma_S$	[MPa]	Maximální napětí v starém sloupku
$s$	[mm]	Šířka zápichu pro pojistný kroužek
$S_{stih}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha čepu při kontrole na stříh
$S_{sv}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha účinného průřezu svaru
$S_{Otl}$	[mm <sup>2</sup> ]	Otláčovaná plocha čepu

---

$S_p$	[ $mm^2$ ]	Plocha vnitřku pláště (činná plocha pístu)
$\tau'$	[MPa]	Napětí od posouvající síly svarové skupiny
$\tau''$	[MPa]	Napětí v ohybu svarové skupiny
$\tau_{D,sv}$	[MPa]	Maximální dovolené napětí v ohybu
$\tau_{střih,skut}$	[MPa]	Skutečné napětí ve střihu
$\tau_{svCelk}$	[MPa]	Celkové napětí ve svarové skupině
$v_H$	[ $mm \cdot s^{-1}$ ]	Rychlost zvedání
$X_\sigma$	[%]	Procentuální napětí u nového předního sloupku
$y$	[mm]	Vzdálenost od těžiště svarové skupiny
$z$	[mm]	Velikost svaru

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Souprava auto + přívěs [4].....	11
Obr. 2 Valníkový návěs [4].....	11
Obr. 3 Typy jízdních souprav [3, 5].....	12
Obr. 4 Konstrukce valníkového návěsu .....	12
Obr. 5 Ukázka zvedání střechy HERCULES [6] [7] .....	13
Obr. 6 Zvedání firmy Panav [7].....	17
Obr. 7 Návěsový sloupek a zarážka pro plachtu .....	19
Obr. 8 Hliníkový protikus a zarážka pro plachtu ze spodu .....	19
Obr. 9 Děrový svar pro přední sloupek [7] .....	21
Obr. 10 Testování čela návěsu [11] .....	24
Obr. 11 Testování boku návěsu [11] .....	24
Obr. 12 Vaky pro vyvození tlaku na bok návěsu .....	25
Obr. 13 Certifikát o splnění normy 12642 – XL [12] .....	25
Obr. 14 Řešení hřebene a trajektorie zvedání o 75 mm .....	26
Obr. 15 Trajektorie zvedání o 300 mm .....	26
Obr. 16 Posuv mechanického zvedání a pojištění plynovou vzpěrou.....	27
Obr. 17 Nákres s rozměry svarové skupiny .....	28
Obr. 18 Nákres čepu zvedání .....	30
Obr. 19 Výsledné vnitřní účinky čepu zvedání.....	31
Obr. 20 Grafické určení tvarového součinitele (zápichu) pro namáhání ohybem [15].....	32
Obr. 21 Rozměry a uložení čepu.....	33
Obr. 22 Zvedání druhé (jízdní) polohy o 75 mm .....	35
Obr. 23 Zvedání první polohy o 300 mm.....	36
Obr. 24 Řez přímočarým hydromotorem v dolní a horní poloze.....	38
Obr. 25 Schéma hydraulického agregátu [22] .....	40
Obr. 26 Schéma hydraulického rozvaděče [23] .....	40
Obr. 27 Schéma hydraulického obvodu zvedání střechy .....	41
Obr. 28 Druhy vzpěru [24].....	42

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Obrázky druhů zvedání Liftmaster [9] .....	14
Tab. 2 Typy systémů od společnosti Versus-Omega [10].....	15
Tab. 3 Typy hydraulických okruhů pro zvedání střechy firmy Versus-Omega [10] .....	16
Tab. 4 Pohledy shora na staré sloupky [7].....	18
Tab. 5 Koncentrace napětí ve starých sloupcích .....	20
Tab. 6 Maximální hodnoty u původních sloupků pomocí MKP analýzy.....	20
Tab. 7 Pohledy shora na nové sloupky [7] .....	21
Tab. 8 Koncentrace napětí v nových sloupcích.....	22
Tab. 9 Maximální hodnoty u nových sloupků pomocí MKP analýzy.....	22
Tab. 10 Procentuální úbytky, nebo přírůstky napětí a posunutí .....	23
Tab. 11 Mechanické vlastnosti svarového kovu CARBONFIL NiCU [14] .....	27
Tab. 12 Tabulka pro určení převodního součinitele [15] .....	28
Tab. 13 Cena kupovaných zvedání [25, 26] .....	43
Tab. 14 Ceny dílů mechanického zvedání.....	44
Tab. 15 Ceny dílů hydraulického zvedání .....	45

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Foto test XL, MKP analýza, vizualizace mech. zvedání

Příloha 2 – Výpočty pro ekonomickou analýzu

Příloha 3 – Emailová komunikace

Výkresy:

440-2-7253-518-0 – Sestava pravého zadního sloupku

440-2-5308-350-0 – Sloupek pravý zadní

440-2-3032-296-0 – Výztuha 2

440-2-3032-298-0 – Výztuha 3

440-2-3032-299-0 - Výztuha

440-2-3021-731-0 - Plech

440-2-0392-189-0 – Profil natahování plachty

440-2-7253-517-0 – Sestava levého zadního sloupku

440-2-5308-349-0 – Sloupek levý zadní

440-2-3032-296-0 – Výztuha 2

440-2-3032-298-0 – Výztuha 3

440-2-3032-295-0 – Výztuha 4

440-2-3021-731-0 – Plech

440-2-0392-189-0 – Profil natahování plachty

440-2-7253-516-0 – Sestava předního pravého sloupku

440-2-4831-415-0 – Sloupek přední pravý

440-2-3032-297-0 – Výztuha 5

440-2-4831-414-0 – Držák plachty

440-2-7253-515-0 – Sestava předního levého sloupku

440-2-4831-411-0 – Sloupek přední levý

440-2-3032-297-0 – Výztuha 5

440-2-4831-414-0 – Držák plachty

440-2-1500-504-0 – Sestava mechanického zvedání

440-2-5007-216-0 – Čep 1

440-2-5007-217-0 – Čep 2

440-2-5007-218-0 – Čep 3

440-2-5007-219-0 – Čep 4

440-2-5007-220-0 – Čep 5

440-2-3068-449-0 – Držák pístnice

440-2-2963-188-0 – Horní úchyt

440-2-5079-025-0 – Hřeben

440-2-4898-252-0 – Jakl 1

440-2-4898-253-0 – Jakl 2

440-2-3015-274-0 – Plech 1

440-2-3015-275-0 – Plech 2

440-2-3026-669-0 – Pojezd

440-2-2868-066-0 – Tyč pojezdu

440-2-3068-448-0 – Úchyt

440-2-2940-870-0 – Zakončení

440-2-3021-742-0 - Záslepka