

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Optimalizace ocelové konstrukce rámu zvedacího zařízení  
Optimalisation of steel construction frame for hoisting unit

Vypracoval: Bc. Pavel Sedláček

Vedoucí diplomové práce: Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Sedláček**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování  
Téma: **Optimalizace ocelové konstrukce rámu zvedacího zařízení**  
**Optimisation of Steel Construction Frame for Hoisting Unit**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě získaných dat zpracujte návrh optimalizace ocelové konstrukce zvedacího zařízení.
2. V rámci zadání zpracujte:
  - proveďte pevnostní kontrolu užitých nosných prvků a analýzu stávajícího stavu s vyhodnocením slabých míst
  - návrh konstrukčních úprav, který podložíte výpočtem pomocí MKP
  - zpracování příslušné výkresové dokumentace
  - navrhnete opatření ke zvýšení spolehlivosti a životnosti daného zařízení
3. Bližší specifikaci nutných technických údajů provede firma KOMA-SYSTEM.CZ, Ostrava-Vitkovice

Seznam doporučené odborné literatury:

- MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.  
LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.  
SERENSEN, S. V., KOGAJEV, V. P., ŠNEJDEROVIČ, R.M. *Únosnost a pevnostní výpočty strojních součástí*. Praha, SNTL, 1967.  
HAVLÍČEK, J. A KOL. *Provozní spolehlivost strojů* (2. přepracované vydání). Praha, SZN 1989. 616 s. ISBN 80-209-0029-2.  
ZIEGLER, J., HELEBRANT, F. *Technická diagnostika výrobních zařízení*. VŠB Ostrava, 1992. 175 s. ISBN 80-7078-111-4.  
www.konstrukce.cz  
Normy pro navrhování ocelových konstrukcí.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Jaroslav Melecký**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

*Kovář*

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



*Farana*

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Pavel Sedláček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Urxova 7, Olomouc

## Anotace

SEDLÁČEK, P. *Optimalizace ocelové konstrukce rámu zvedacího zařízení: diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 51 s. Vedoucí práce: Melecký, J.

Diplomová práce se zabývá optimalizací konstrukce zvedací palety pro automobily do automatizovaných parkovacích domů. Po dohodě se spolupracující firmou jsme se rozhodli pro návrh nové palety. Paleta musí splňovat normy dané pro tuto oblast výroby. Jednotlivé části jsou navrženy tak, aby splňovaly požadavky a přitom nebyly vysoké náklady na výrobu.

Klíčová slova: ocelová konstrukce, parkování

## Annotation

SEDLÁČEK, P. *Optimalisation of steel construction frame for hoisting unit: Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 51 p. Thesis head: Melecký, J.

Master thesis deals with optimizing the design of the lifting palletes into automated parking houses. In agreement with cooperating company, we decided to design a new palette. Pallet must meet the standards of the region of production. The individual parts are designed to meet the requirements, but the high cost of production.

Keywords: steel construction, parking

## Obsah

Obsah .....	6
Seznam použitého značení .....	8
Úvod.....	9
1 Zaparkovat? Ale kde? .....	10
1.1 Dotace z Evropské unie.....	10
1.1.1 Brusel podporuje automatizované parkovací domy.....	10
1.1.2 Co je předmětem podpory.....	10
1.2 Dostanou automatizované parkovací domy "zelenou"?.....	11
1.2.1 Parkovacích domů je nedostatek.....	12
1.2.2 Co tedy automatizované parkovací domy nabízí? .....	12
1.2.3 Kritéria pro výběr vhodného typu APD v závislosti na lokalitě.....	13
1.2.4 Výhody a nevýhody VPD a APD objektů. ....	16
1.3 Představení společnosti KOMA-Ložiska s.r.o. ....	18
1.3.1 Divize automatizovaných parkovacích systémů KOMA Parking .....	18
1.3.2 APS - Automatizovaný Parkovací Systém .....	19
1.3.3 Výhody APS .....	19
1.4 Co ještě navíc pro ekologii? .....	20
1.5 Produkty APS KOMA Parking .....	21
2 Návrhy a výpočty.....	22
2.1 Konstrukce rámu .....	23
2.1.1 Kontrola hlavních nosníků.....	23
2.1.2 Kontrola vyztužovacích profilů .....	26
2.2 Konstrukce uchycení palety .....	28
2.2.1 Uchycení palety ke zvedacím lištám .....	28
2.2.2 Kontrola šroubu uchycení palety ke zvedacím lištám .....	34
2.2.3 Výpočet utahovacího momentu šroubu pro uchycení desky válce k paletě ..	40
2.2.4 Kontrola válce na vzpěr .....	41
3 Údržba.....	43
3.1 Monitorování stavu hydraulického systému a oleje.....	43
3.2 Hydraulický agregát .....	45
3.2.1 Údržba hydraulické soustavy.....	45
3.3 Hydraulický válec .....	48

3.3.1	Všeobecné pokyny .....	49
3.3.2	Výměna manžety pístu (demontáž pístu).....	49
4	Závěr .....	51
	Použitá literatura: .....	52



## Seznam použitého značení

Označení	Název	Jednotka
a	Délkový rozměr	[mm]
b	Délkový rozměr	[mm]
d,D	Průměr	[mm]
f	Součinitel tření	[-]
fz	Součinitel tření v závitě	[-]
g	Gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
L	Délkový rozměr	[mm]
k	Součinitel bezpečnosti	[-]
m	Hmotnost	[kg]
n	počet	[-]
p	Tlak	[MPa]
F	Síla	[N]
M <sub>o</sub>	Ohybový moment	[N.m]
P <sub>h</sub>	Rozteč	[mm]
Re	Mez kluzu materiálu v tahu	[MPa]
S	Plocha	[mm <sup>2</sup> ]
W <sub>k</sub>	Modul odporu průřezu v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
W <sub>o</sub>	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
β	Součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
φ,ψ	Úhel	[°]
σ	Normální napětí	[MPa]
τ	Smykové napětí	[MPa]

## Úvod

V dnešní době je velký problém s parkováním. Především je tento problém znát na sídlištích ve velkých městech, kde se původně počítalo maximálně s jedním automobilem na rodinu. V dnešní době jsou i rodiny, které mají dvě až tři auta. Tento problém by mohly pomoci vyřešit parkovací domy, které zaberou méně místa než rozlehlá parkoviště. Tyto domy pojmu stejný ba i větší počet automobilů a zaberou méně plochy pro parkování.

Pomocí získaných informací, podkladů a daných požadavků se budu v této práci zabývat konstrukčním řešením zvedací palety pro automobily. Pro jednotlivé výpočty a modelování použiji konstrukční program Inventor. V tomto programu budu provádět jednotlivé simulace, které mohou nastat. Z výsledků jednotlivých simulací zjistím, jak se bude v daném okamžiku navržená konstrukce chovat. Poté jednotlivé výsledky projednám s vedoucími členy spolupracující firmy. Po probrání navrhnu úpravy, které by mohli vést k lepším výsledkům a nižší pořizovací ceně.

# 1 Zaparkovat? Ale kde?

V řadě míst a to nejen České republiky se nyní řeší problém, kde zaparkovat stále vzrůstající počet automobilů. Prostor pro další povrchová plošná parkoviště už není a to zejména v historických centrech měst a stávající zástavbě. Povrchová parkoviště již dnes tuto situaci zvládají velice obtížně, auta parkují všude, kde se najde nějaké místo, často brání v průjezdu zásahovým jednotkám rychlé zdravotní služby, hasičů nebo policie. Tento způsob parkování bude v budoucnu velmi obtížný.

Tímto problémem se zabývá několik firem ve světě, které se snaží navrhnout potřebný způsob parkování. Proto postupně přibývá míst, kde se staví nebo už stojí automatizované parkovací systémy.

## 1.1 Dotace z Evropské unie

### 1.1.1 Brusel podporuje automatizované parkovací domy

[6] Ve městech České republiky se řeší, kde parkovat stále rostoucí množství automobilů. Prostory pro další povrchová parkoviště prostě nejsou. Zejména v historických centrech měst. Povrchová parkoviště, i se zvyšujícím se parkovným, již situaci nemohou řešit, Města jsou proto nucena začít stavět parkovací domy. Kde však na to vzít finanční prostředky?

### 1.1.2 Co je předmětem podpory

Evropská unie jednoznačně podporuje výstavbu ekologických parkovacích domů, které se nazývají Automatizované parkovací domy (APD). Pro jejich činnost je zásadní:

- Nepřítomnost řidičů a jejich spolucestujících či jakýchkoli osob uvnitř APD.
- Veškeré operace s vozidly při parkování, jakož i při výjezdu, jsou prováděny s vypnutými motory.

Za APD nelze považovat takové hybridní uspořádání vjezdového parkovacího domu, kde se přesunují vozidla s řidiči do etáží pomocí výtahů.

Díky vstupu České republiky do Evropské unie je v současné době možné čerpat prostředky například ze Strukturálních fondů a Fondu soudržnosti a to z Operačního programu **Infrastruktura**. Objem finančních prostředků na období 2004 - 2006 činí 246 milionů eur. Program zahrnuje rozvojové priority resortu dopravy a resortu životního prostředí v České republice.

Je mimo jiné zaměřen na:

- modernizaci civilních letišť nad regionálního významu
- snížení negativních důsledků dopravy na životní prostředí
- zlepšování infrastruktury ochrany ovzduší

Právě tyto vlastnosti APD zajišťují, jak je výše uvedeno, a navíc představují v této oblasti naprosté novum.

Řídícím orgánem pro Operační program **Infrastruktura** je Ministerstvo životního prostředí (Odbor integrovaného financování, Vršovická 65, Praha 10, tel.: 267 121 111, fax: 267 126 530, e-mail: info@env.cz). Pochopitelně je potřebné předložit projekt s perfektní marketingovou rozvahou, který je součástí komplexního řešení v daném městě.

## 1.2 Dostanou automatizované parkovací domy "zelenou"?

[7] Města jsou nucena přistupovat na realizaci parkovacích domů. S údivem lze jen konstatovat, že se i nadále majoritně projektují a realizují parkovací domy s vjezdovými garážemi. Ve vjezdových parkovacích domech se však nepohybují jen řidiči a jejich spolucestující při parkování, nebo vyzvedávání vozidel, ale i zloději. Ve vjezdových parkovacích domech jsou běžné krádeže, jejich území je jako stvořené pro uskutečnění akcí typu teroristický výbuch.

### **1.2.1 Parkovacích domů je nedostatek**

Je potřeba brát v úvahu i tyto aspekty při hledání cest, které by pomohly najít východisko z neutěšené situace kolem "ustájení" našich čtyřkolových mazlíčků. V tomto směru lze v současné době rozdělit parkovací domy na:

1. Nadzemní parkovací domy
2. Podzemní parkovací domy

oba výše uvedené typy pak mohou pak být realizovány jako:

- a) Vjezdové parkovací domy (VPD), jejichž nevýhody budou dále specifikovány podrobněji.
- b) Mechanické parkovací systémy, které nejsou předmětem naší pozornosti, neboť jsou velmi pomalé a vzhledem k velkému množství součástí i poruchové.
- c) Automatizované parkovací systémy (APD), jejichž výhody budou rovněž později specifikovány.

Především s posledním pojmem je soudobá odborná i laická veřejnost intenzivně seznamována. Mít k dispozici parkovací prostor s automatickým vnitřním i vnějším bezpečnostním systémem, včetně možné platby užitím magnetických identifikačních karet, už by nemělo být na počátku 21. století - v době obrovského boomu moderních technologií - pouhým snem, ale naprostou samozřejmostí.

### **1.2.2 Co tedy automatizované parkovací domy nabízí?**

Hned v úvodu upozorníme na fakt, že pro činnost automatizovaných parkovacích domů jsou zásadní dvě myšlenky:

1. Nepřítomnost řidičů a jejich spolucestujících, či jakýchkoli osob, uvnitř APD.
2. Veškeré operace s vozidly při parkování, jakož i při výjezdu, jsou prováděny s motory vypnutými.

Parkování a pohyb vozidel tedy splňuje jak požadavky bezpečnosti řidičů i vozidel, tak i požadavky ekologické. Systém rovněž zajišťuje vozidla proti zcizení, vykradení a poškození, ale zamezuje i ztrátám na životech lidí. V APD je řešeno pojištění vozidel v něm uložených, mimo pojistky řidičů navíc. Toto pojištění uložených vozidel je již v ceně parkovného.

Kromě dvou výše uvedených zásad se funkcionalita automatizovaných parkovacích domů zabývá i realizací automatických vnitřních a vnějších bezpečnostních systémů (komplexní EPS, EZS, automatická diagnostika stavu systému a základní technologie, ale i informační systém integrovaného systému dozoru sektorů APD, nebo i několika APD), včetně záložního zdroje elektrické energie pro případ výpadku elektrické sítě.

Každý APD je prakticky ze 2/3 technickým zařízením, jenž musí být zohledněn v návrhu jak architektky, tak i stavaři, a nikoli naopak. Skelet a vlastní stavba APD musí také splňovat podmínky pro zajištění bezporuchové činnosti technologie APD, zvláště výhodné pro tělesně postižené a starší řidiče, přičemž se jedná o stavebně modulární unifikovaný systém. Přitom je nutné zdůraznit, že nelze považovat za APD takové hybridní uspořádání VPD, které přesunuje vozidla s řidiči do etáží pomocí výtahů.

### **1.2.3 Kritéria pro výběr vhodného typu APD v závislosti na lokalitě**

Na současném trhu APD se pohybuje řada výrobců, každý z nich s různým systémem. Proto je nezbytná pozornost a odborná orientace při výběru typu APD pro každou uvažovanou lokalitu zvláště. V zájmu investorů a architektů, kteří jsou u počátku požadavků a návrhů, se však jeví účelné, pokusit se zformulovat níže zobecněná kritéria pro užití a realizaci vhodného typu APD v jimi předpokládané a řešené lokalitě.

**1. Prvotní rozhodnutí:** volba nadzemního, nebo podzemního typu APD. Vychází z potřeby dislokace v dané lokalitě a požadavků majitele lokality, nebo záměru magistrátu města. Teprve následně je vhodné přikročit k volbě typu APD a tomu odpovídajícího výrobce.

**2. Prostorové možnosti pro realizaci APD v rámci architektonického záměru.** Různé typy APD různých výrobců umožňují různou minimalizaci využití uvažovaného prostoru jak pro stavbu samotnou, tak i pro pomocné a vjezdové prostory, na rozdíl od staveb VPD. V

každém případě bude již v úvodu rozhodování hrát velkou roli, aby byla plocha pro výstavbu APD osazena takovým typem APD, který při co nejmenším záboru plochy (včetně ploch pomocných) zajistí co největší kapacitu vozidel v APD s co největší rychlostí jejich odbavování.

**3. Požadavek rychlosti odbavování vozidel v času pro příslušnou lokalitu.** Tento aspekt se považuje za jedno z hlavních kritérií, zejména pro velká města a veřejné parkování v lokalitách s velkou frekvencí vozidel. V našem případě se jedná o posouzení času potřebného pro vlastní uložení vozidla v APD. Čas čerpaný před uložením vozidla o (po) výjezdu vozidla (platba) je přibližně shodný u různých APD.

Požadavek rychlosti:

- **velký:** splňují APD, které obsahují větší počet ukládací technologie, které se zpravidla rozdělí do více samostatných sektorů APD. Tyto pak pracují na sobě zcela nezávisle, nicméně centrálně řízené a diagnostikované. Požadavky splňují především APD kruhové, nebo několik méně kapacitních APD obdélníkového typu.

- **střední:** zpravidla splňují APD s jednou přímou ukládací technologií provádějící pohyb vertikální a horizontální, bez následných horizontálních posuvů, do cca 100-200 stání vozidel. Tyto požadavky splňují především APD obdélníkového typu a jeden APD podzemního kruhového typu APD.

- **komerční:** splňují APD s ukládací technologií jak přímou, provádějící pohyb vertikální a horizontální, tak s následným horizontálním posuvem, nebo jen s horizontálním posuvem ukládání. Zde čas není rozhodující. Příkladem může být takový APD v rámci bloku obytných budov (zpravidla pod nimi), nebo podnikový, který je více než zpravidla obdélníkového typu APD.

**4. Volba co nejjednoduššího systému ukládání a vyjímání vozidel, s co nejmenší potřebou mechanických součástek a pohybovosti.** Efektivní a co nejjednodušší systém ukládání a vyjímání vozidel zajistí nejmenší možnou poruchovost v APD! Zakládání a vyjímání vozidel rozeznáváme:

**a) Přímé zakládání (vyjímání) vozidel do (ze) stání vozidel**

- přímé zakládání (vyjímání) vozidla bez podsuvné palety pod vozidlem
- zakládání (vyjímání) vozidla s podsuvnou paletou (kovová, tvrdoplastová) pod vozidlem

**b) Posuvné zakládání (vyjímání) vozidel do (ze) stání vozidel**

- posouvání vozidel v horizontální rovině s přeskupováním vozidel postupným posouváním následně všech vozidel.

**c) Otočný APD s kontejnerovým ukládáním (vyjímáním) vozidel zdviháním do otočných etáží**

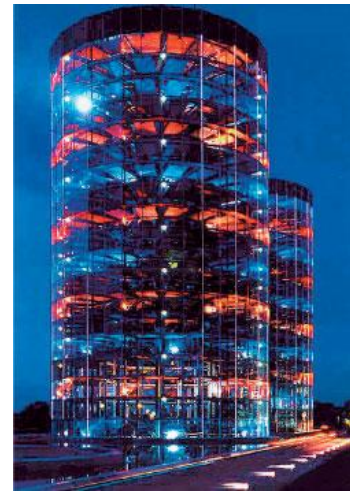
5. Náklady na zvolený typ APD. Obecně lze konstatovat, že náklady na realizaci dle typů jsou různé. V souhrnu jsou však celkové náklady srovnatelné s náklady na VPD. Obecně platí: čím větší kapacita APD pro parkování, tím větší počet stání vozidel, tím menší náklady na jedno stání vozidla. Náklady na stání vozidla v APD se pohybují v horní úrovni nákladů, avšak jsou jednoznačně oproti VPD vyváženy jejich vlastnostmi a výhodami APD jak pro řidiče, tak i pro vozidla. Tyto přednosti APD oproti VPD jsou jasně dány, proto je triviální, a nemá logiku, argumentovat s nižšími náklady na stání vozidel ve VPD. Kromě uvedeného "trojlístku" ukazatelů je potřeba dbát také na ekologický význam vybudovaných objektů. V tomto případě především ze strany VPD hrozí při provádění parkovacích procesů přímé ekologické následky v návaznosti na kontaminaci ovzduší emisemi, jejichž součástí jsou chemické látky [oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), radikály, těkavé organické sloučeniny a těžké kovy] s různými účinky na člověka, z nichž mnohé jsou považovány za karcinogenní. V blízkosti takového soustředění vozidel se zvyšuje nebezpečí karcinomu až 6x. VPD objekt se tak pro každé město stává bodovým zdrojem emisí (mnohdy i v centru města)!

Všechny výše uvedené důvody vedou k tomu, aby se odstoupilo od realizací VPD a nahradily je výstavby APD objektů, a to především a zejména v centrech a historických jádrech měst. Přesto se situace kolem tohoto problému nevyvíjí příliš optimisticky. Na obr. 1.1 a obr.1.2 můžeme vidět některé automatizované parkovací domy.





Obr. 1.1 Realizace parkovacího domu Ostrava - Svinov



Obr. 1.2 Možnost vzhledu parkovacího domu

#### 1.2.4 Výhody a nevýhody VPD a APD objektů.

Obecně lze vlastnosti parkovacích domů pro osobní automobily nejlépe porovnat z pohledu ekonomických, provozních a bezpečnostních ukazatelů. Následující tabulka 1.1 dokumentuje bezpečnostní a provozní aspekty a tabulka 1.2 bere ohled na ekonomické aspekty získané z [7].

Tabulka 1.1 porovnání bezpečnostních a provozních aspektů

	VPD	APD
Bezpečnostní a provozní aspekty	Nepříznivý vliv na životní prostředí – škodlivé zplodiny a hluk, více náklady na řešení	Minimální dopad na životní prostředí, je zcela minimalizované znečištění ovzduší, APD jsou ekologické
	Možnost zvýšené kriminality v prostředí VPD (vloupání či odcizení auta, přepadení aj.)	Realizace automatického vnitřního i vnějšího bezpečnostního systému, zdvojené provedení důležitých řídicích a hnacích systémů, realizace zálohování. Možnost využití integrovaného systému dozoru několika APD, kam se tak nedostanou žádné osoby
	Problémové parkování a pohyb pro tělesně postižené občany včetně starších řidičů	Bezproblémové parkování, dostatek místa i pro tělesně postižené

**Tabulka 1.2 Porovnání ekonomických aspektů**

	VPD	APD
Ekonomické aspekty	Potřeba velké stavební plochy, obtížná integrace s prostředím	Nejefektivnější využití prostoru, včetně integrace stavby do prostředí
	Vysoké náklady na stavbu (podzemní systém je až 4x dražší oproti povrchovému)	Nízké investiční náklady, unifikace projektu, modulární stavebnice na klíč
	Dlouhá doba výstavby	Krátká doba výstavby
	Zbytečné náklady na PHM	Nízké provozní náklady a náklady na údržbu
	Dlouhá doba návratnosti investic (15 a více let), včetně zatížení splácení úvěru	Systém je ze 2/3 technickým zařízením: odpisy za 5 – 6 let (rychlá amortizace), vysoké výnosy, rentabilita
	Fronty před VPD (závory) ovlivní provoz na příjezdové komunikaci	Automatizovaný systém umožní nepřetržitý provoz parkovacího domu
	Časové ztráty při hledání místa k parkování, odběru a při výjezdu vozidla	Vysoká rychlost při příjmu i odbavení vozidel – až 5 aut/ 1 min. Důležitý ukazatel pro velká města
	Rizikové bezpečnostní podmínky	Bezpečnost pro automobily a lidi
Couvání a ostré zatáčení při parkování a výjezdu, zvýšená možnost nehodovosti	Zajištění proti nehodám. Parkování prováděno bez couvání a ostrých zatáček, zamezení nepříjemnostem s pojišťovnou za poškození vozidla	

### 1.3 Představení společnosti KOMA-Ložiska s.r.o.

[4;8] Společnost byla založena v roce 1990 jako podnik zaměřený na aktivity v oblasti strojírenství pod názvem KOMA, od roku 1996 vystupuje jako obchodní společnost KOMA-Ložiska s.r.o.

V tomtéž roce zaveden systém „Just in time“ pro velké strojírenské a hutní podniky v ČR. Činnost společnosti byla rozšířena o technickou kancelář a školící středisko. V roce 1998 zahájen provoz a obchodně-technické činnosti v novém zrekonstruovaném areálu v Ostravě - Vítkovicích. O dva roky později vzniká společnost KOMA-Servis, s.r.o. Rok 2000 znamenal výrazné změny ve vymezení dílčích oblastí působení:

**KOMA-Ložiska s.r.o.** - široký sortiment komponentů pro strojírenské podniky.

**KOMA-Servis, s.r.o.** - specializované komplexní služby v oblasti hydrauliky, výroba strojních součástí a zavádění bezdemontážní diagnostiky strojů a zařízení.

**Technická kancelář** - bezplatná technická podpora a servis pro naše zákazníky.

**Výzkum a vývoj** - realizace projektů v oblasti vývoje a výzkumu ve spolupráci s vysokoškolskými institucemi.

**Rok 2002** - otevřeno nové výrobně-servisní středisko. Obchodní sortiment rozšířen o převodovky SEW Eurodrive, mazací systémy, tribologickou laboratoř, obrábění kovů, servis hydrauliky a pneuservis.

**Rok 2004** - obchodní sortiment rozšířen o odstředivky oleje Alfa Laval, maziva Texaco, výrobu hydraulických hadic. Nově otevřeno hydraulicko-technologické centrum Parker.

#### 1.3.1 Divize automatizovaných parkovacích systémů KOMA Parking

Divize APS byla založena v roce 2003 pod názvem KOMA-SYSTEM.CZ.

Tato skupina zpracovala projekt parkovacího domu, který byl následně oceněn Zlatou medailí na MSV Brno 2003. Společnost je vlastníkem evropského patentu na kruhové řešení produktu KOMA Ring. V roce 2005 byl otevřen první kruhový parkovací dům u vlakového nádraží v Ostravě - Svinov. Prioritou společnosti je schopnost pružně reagovat na nároky trhu poskytováním kvalitních služeb, nabízet řešení šitá na míru dle nadefinovaných požadavků zákazníka a za dostupnou cenu.

### **1.3.2 APS - Automatizovaný Parkovací Systém**

Automatizované parkovací systémy (dále jen APS) jsou v podstatě parkovací domy s počítačově řízeným automatizovaným procesem založení a vyložení vozidla pomocí sofistikovaného technologického zařízení. Řidič nemá do prostoru objektu přístup, s výjimkou prostoru určeného k předání a převzetí vozidla. Provedení APS může být nadzemní, podzemní či kombinované. Modularita zajišťuje řešení šité na míru, v podstatě pro jakékoliv zadání.

APS řeší progresivním způsobem parkování v centrech velkých měst, na nádražích, na sídlištích, v administrativních centrech a dále všude tam, kde je potřeba z nedostatku místa a prostoru pro klasické parkovací systémy navrhnout efektivní způsob krátkodobé i dlouhodobé odstávky vozidel.

### **1.3.3 Výhody APS**

#### **Minimalizace parkovací plochy**

- malý zastavěný prostor ve srovnání s klasickým způsobem parkování (šíře i výška)
- redukce stavebních ploch a nákladů na pozemek
- maximální využití plochy k parkování, téměř nezávisle na tvaru půdorysu budovy APS
- využití v úzkých, stísněných nebo těžce přístupných lokalitách, kde by konvenční parkování nebylo možné

#### **Komfort**

- bez úzkých vjezdů a výjezdů
- rychlost parkování, automatizovaný a samoobslužný provoz bez zajiždění do objektu a dlouhého hledání volného místa
- ochrana proti povětrnostním vlivům

#### **Bezpečnost**

- bez přístupu neoprávněných osob (zamezení škodám a krádežím)
- pojištění vozidel
- certifikace systému
- zvýšená průjezdnost okolních komunikací

### **Ekonomika provozu**

- variabilita nastavení tarifů parkování
- nízké náklady na provoz (osvětlení, vytápění, osobní náklady)
- bez nutnosti zázemí pro řidiče (hygienické místnosti, bezbariérový přístup, výtahy, schodiště, vzduchotechnika)

### **Ekologie**

- omezení emisí, exhalací a hluku od popojíždějících vozidel
- protipožární ochrana
- podzemní řešení umožňuje využít povrch pro jakoukoliv zástavbu, včetně zeleně
- při použití ocelových konstrukcí snadná demontáž a recyklace stavby

### **Flexibilita**

- modulární systém a možnost dostavby parkovacích jednotek
- architektura a design - různé druhy opláštění, tvaru i provedení
- sdružování parkovacích domů

## **1.4 Co ještě navíc pro ekologii?**

- systém je vybaven paletou, ve které je možno např. v zimě nebo za deště shromažďovat odkapávající vodu. Při dojezdu do místa odbavení je z palety automaticky voda vypuštěna. Voda je pak přes odlučovač ropných látek (součást dodávky) odváděna do kanalizace
- hlučnost zařízení je pod hranicí 40 dB
- při samotném zaparkování automobilu není v provozu motor a tím dochází ke značné úspoře pohonných hmot a k minimalizaci emisí
- vzhledem k zabranému prostoru je možno okolí osadit zelení
- prostor parkování je vybaven sběrným kanálem pro případný odkap z automobilů a sveden do odstraňovače ropných látek
- systém je až s výjimkou betonových patek plně recyklovatelný

## 1.5 Produkty APS KOMA Parking



### **PALLET**

Poloautomatický, cenově nejvýhodnější systém nezávislého parkování. Parkované automobily jsou uloženy na palety vedle sebe buď kolmo, nebo rovnoběžně s komunikací.



### **LIFT**

Poloautomatický, cenově výhodný systém parkování s uložením automobilů na palety nad sebou. Ve variantě závislého i nezávislého parkování. Vhodný pro rezidentní parkování.



### **MULTI LIFT**

Automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety nad sebou a vedle sebe. Objekt má více samostatných vjezdů. Cenově výhodné řešení.



### **DECKER**

Automatický systém nezávislého parkování, vhodný pro úzké a delší pozemky s omezeným příjezdem k objektu.



### **TOWER**

Automatický systém nezávislého parkování. Dle potřeby může být sestaveno několik provedení vedle sebe nebo také za sebou. Vhodný pro malé prostory obdélníkového typu (sídlště).



### **MULTI TOWER**

Automatický systém nezávislého parkování, skladující automobily nad sebou s přesouváním palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení. Vhodný pro velkokapacitní parkování.



### **RING**

Automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety na jednotlivých mezikružích nad sebou. Atraktivní design. Možnost komerčního využití přízemních prostor budovy.

## 2 Návrhy a výpočty

Podle normy [10], která stanovuje kritéria pro návrh poháněného parkovacího zařízení, musí být v úvahu vzato:

- a) Jmenovitá nosnost minimálně 2000 kg a maximálně 2500 kg
- b) Nápravové tlaky: v každém případě 50% jmenovité hmotnosti
- c) Kolové tlaky: v každém případě 25% jmenovité hmotnosti
- d) Rozvor kol 2,9 m
- e) Rozchod kol 1,5 m
- f) Styková plocha pneumatiky: 0,18 m x 0,18 m

Dotyková plocha při úzké i při široké pneumatice je stejná, ale má jiný tvar při stejném automobilu



Obr. 2.1 Plocha od různých pneumatik

Při šířce pneumatiky 0,18 m je pak plocha dotyku:

$$S = a \cdot b = 0,18 \cdot 0,18 = 0,0324 \text{ m}^2$$

Podle dohody se spolupracující firmou počítáme s maximální vahou automobilu 3000 kg a podle normy rozpočítávám jednotlivé tlaky od jednotlivých náprav v poměru 50:50 a na jednotlivá kola 25% maximální hmotnosti vozidla.

Potom síla přenášená jednou nápravou je:

$$F = \frac{m}{2} \cdot g = \frac{3000}{2} \cdot 9,81 = 14715 \text{ N}$$

Tlak, kterým působí pneumatiky jedné nápravy na paletu:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{14715}{0,0324} = 454166,7 \text{ Pa} = 0,454167 \text{ MPa}$$

Proto pak tlak vyvolaný jednou pneumatikou

$$p_1 = \frac{p}{2} = \frac{0,454167}{2} = 0,22708 \text{ MPa}$$

Celá konstrukce bude svařovaná a montovaná ze standardních profilů. Při svařování se bude vycházet z normy pro svařování [5]. Pro kontrolu jednotlivých součástí jsem použil konstrukční program Inventor, ve kterém jsem si jednotlivé části vymodeloval a sestavil do celku. Tento celek jsem testoval pomocí pevnostní analýzy na různé možnosti a stavy zatížení, které by mohli nastat při provozu. Pro kontrolu jsem některé části propočítal i ručně. Tyto části jsem volil podle důležitosti.

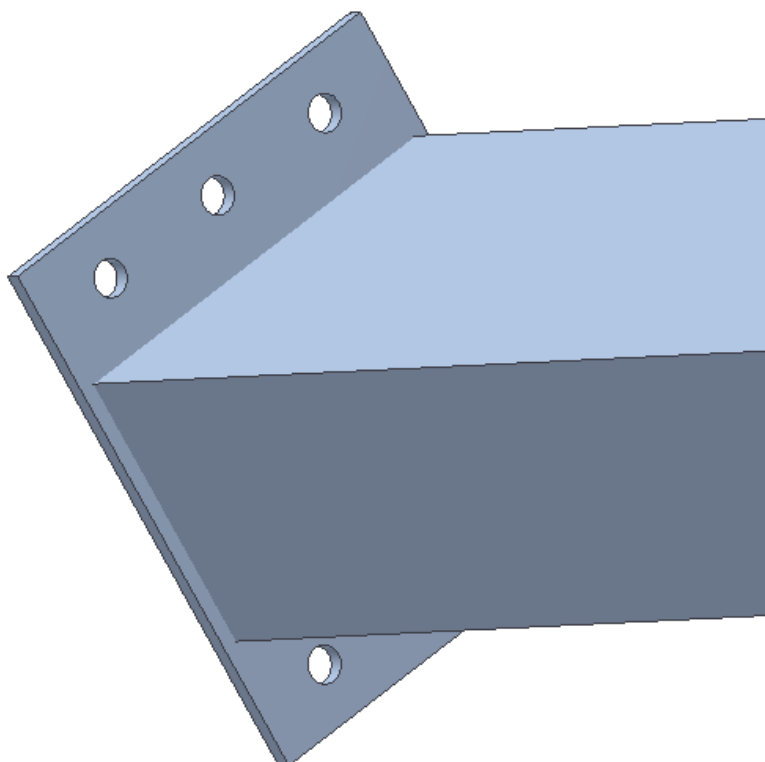
## **2.1 Konstrukce rámu**

Rám je hlavní součást palety, na kterém nakonec stojí zaparkované automobily.

### **2.1.1 Kontrola hlavních nosníků**

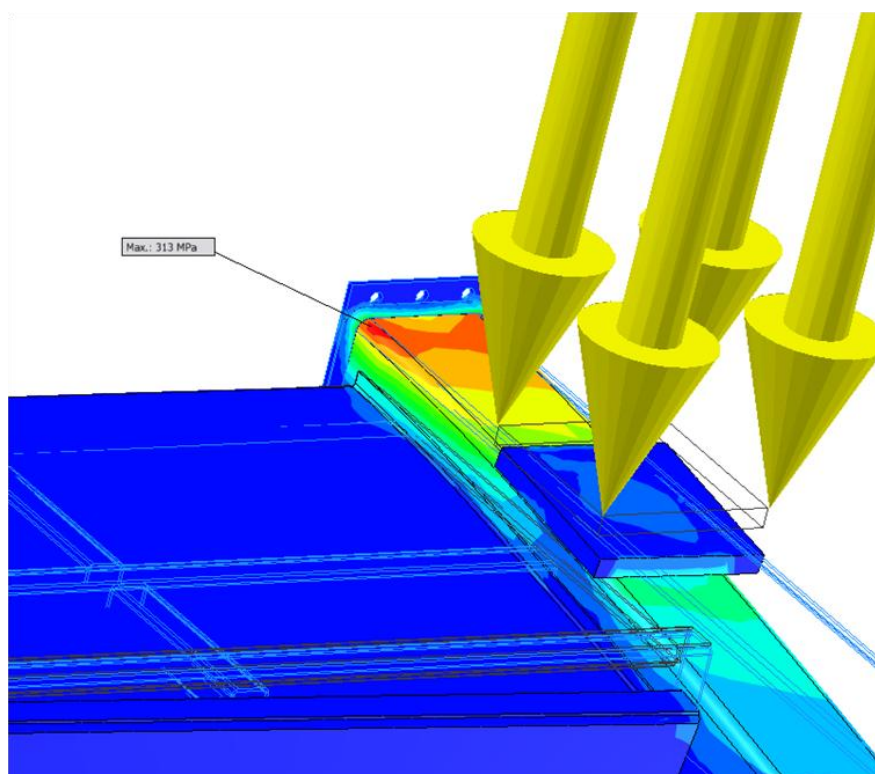
V této části se budu zabývat úpravami, které jsem navrhl po konzultaci s pracovníkem firmy. Tyto úpravy byly nutné z důvodu velkého napětí, které vznikalo v místě svaru, který by toto napětí neudržel. Na obr. 2.2 můžete vidět původní návrh řešení.





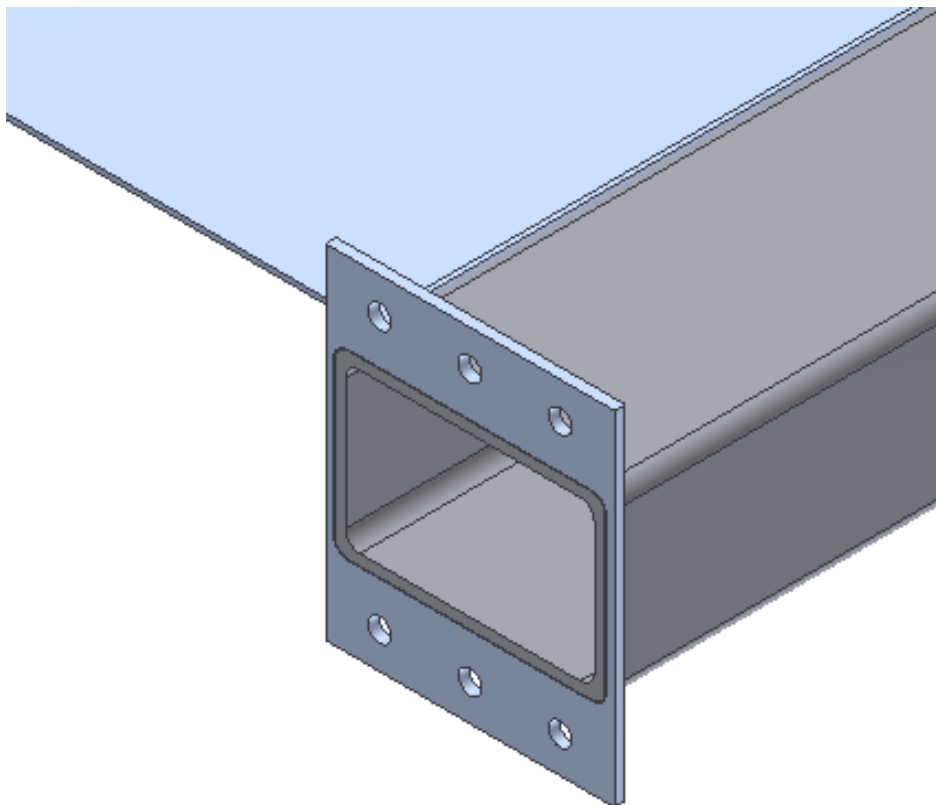
**Obr. 2.2 Původní uchycení nosníku k přídržné desce**

Pomocí analýzy MKP, kterou jsem provedl pomocí programu Inventor. Zjistil jsem, že v původním návrhu vzniká vysoké napětí v místě svaru, které můžete vidět na obr. 2.3.



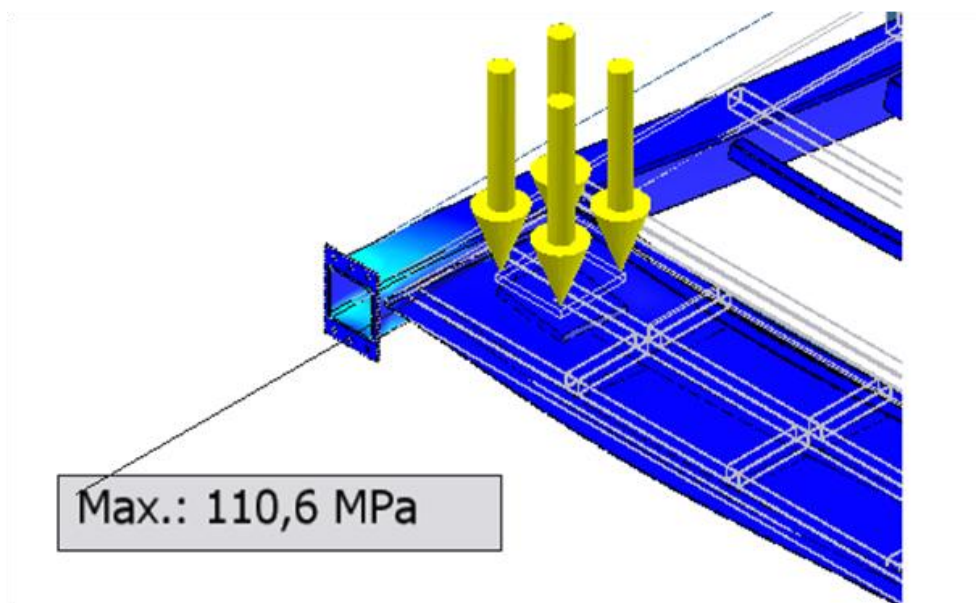
**Obr. 2.3 Velikost napětí v místě svaru**

Proto jsem tuto svou obavu přednesl jako slabé místo a navrhl, že by se tomuto problému možná dalo zabránit, kdyby se místo svaru použil například tvarový spoj, který můžete vidět na obr. 2.4.



**Obr. 2.4** Nove uložení nosniku v přídržné desce pomocí tvarového styku

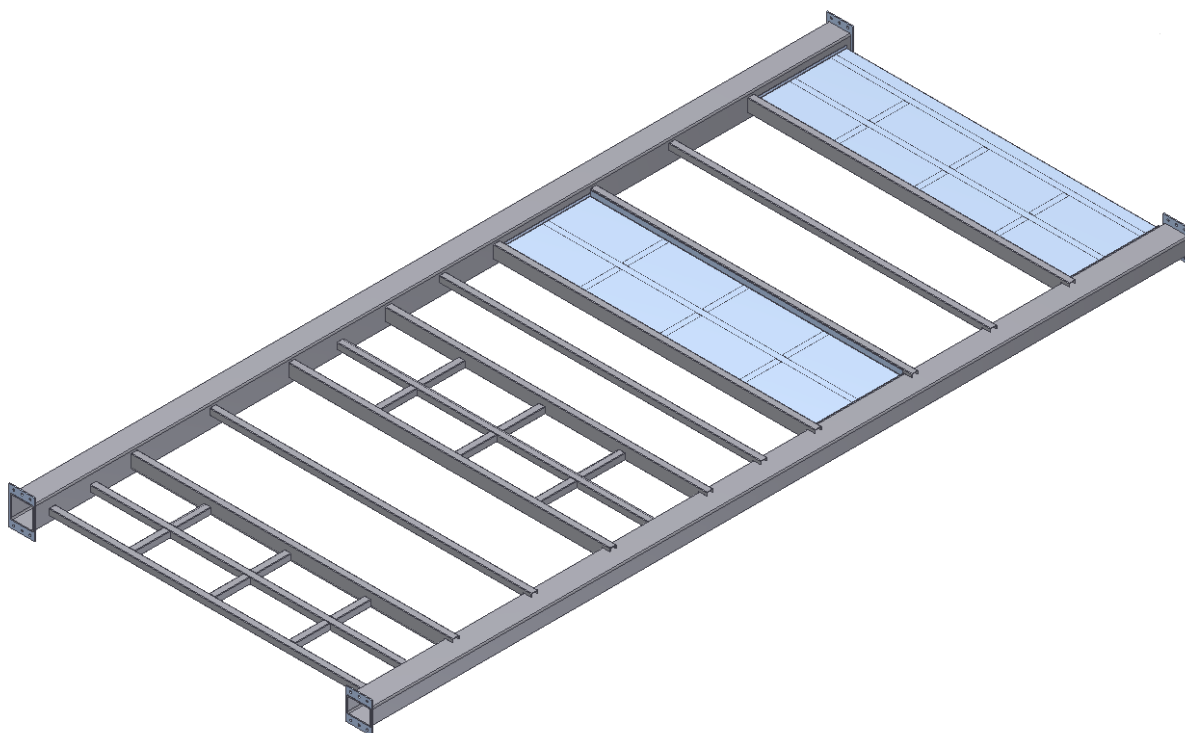
V tomto novém uchycení vzniká nižší napětí, které jde vidět na obr. 2.5.



**Obr. 2.5** Napětí v novém uchycení

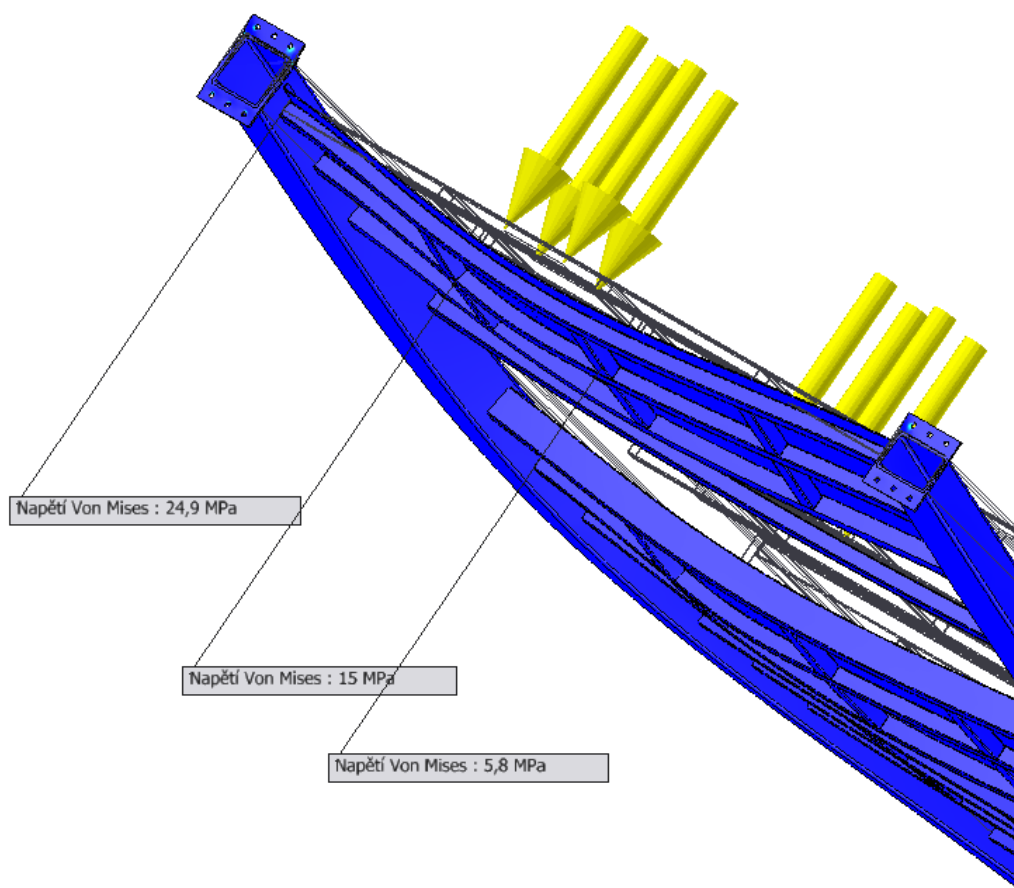
### 2.1.2 Kontrola vyztužovacích profilů

Na obr. 2.6 můžete vidět jak je celý rám svařený. Pro názornost jsem odkryl část, ve které jsou umístěny profily pro vyšší pevnost a tuhost. Na těchto místech bude stávat vždy jedno kolo zaparkovaného automobilu.



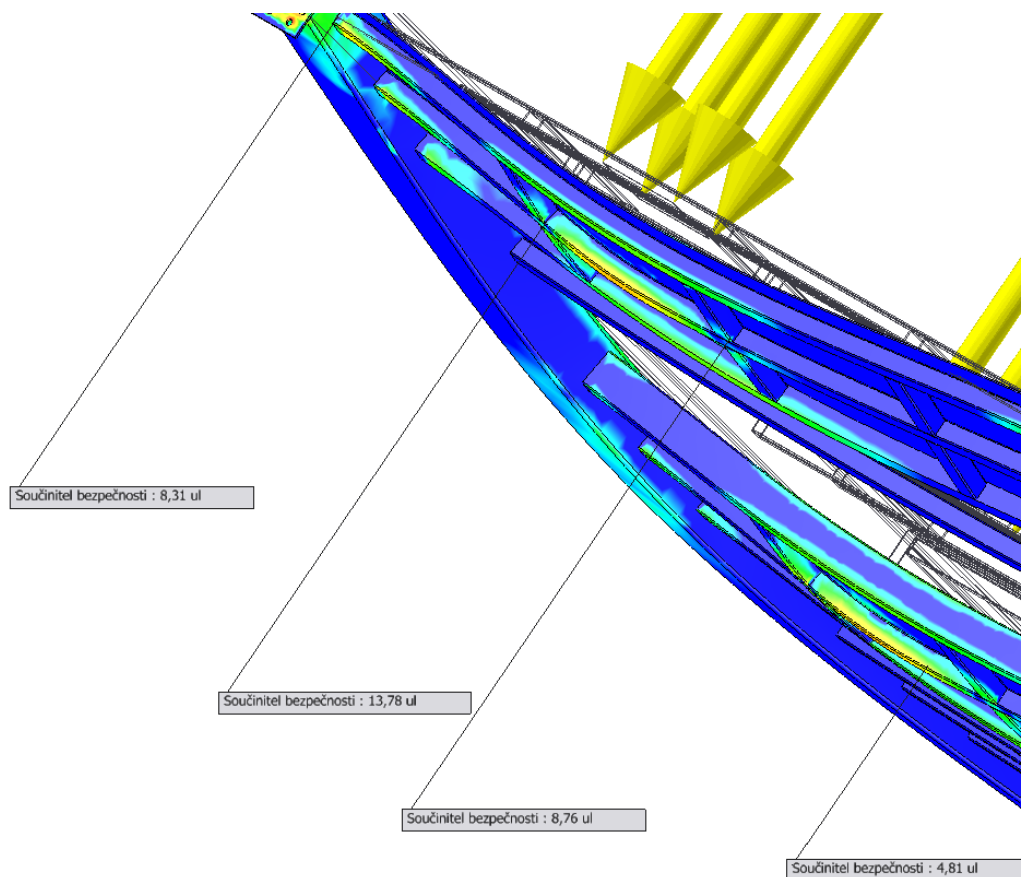
Obr. 2.6 Rám jako celek

Tyto části zvedacího zařízení jsem také kontroloval na únosnost v jednotlivých místech. V tomto případě jsem kontroloval vzniklé napětí v místech svarů. Na obr. 2.7 vidíte výsledky analýzy, pomocí které jsem zjistil vzniklá napětí v místech svarů. Pro tyto místa budou použity obvodové svary z3. Svary mají hodnoty pevnostních veličin svarového kovu stejné jako u základního (spojovaného) materiálu.



**Obr. 2.7 Velikost napětí vznikající v místech svarů**

Tedy z výsledků získaných analýzou pomocí MKP jde vidět, že vznikající napětí není nijak velké a tudíž svary by ho měli vydržet a přenést. Kontrolu svarů nelze provést pomocí analytické metody z důvodů složitosti rámu a větvení toku energie pomocí vyztužovacích profilů. Vycházím tedy jen z výsledků získaných z analýzy a informací, že svary mají stejnou únosnost jako základní materiál. Na obr. 2.8 Můžete vidět vyjádření velikosti součinitele bezpečnosti v některých místech svaru a v místě maximálního průhybu, který je 5 milimetrů.



**Obr. 2.8** Součinitele bezpečnosti v místech svarů a v místě max. průhybu

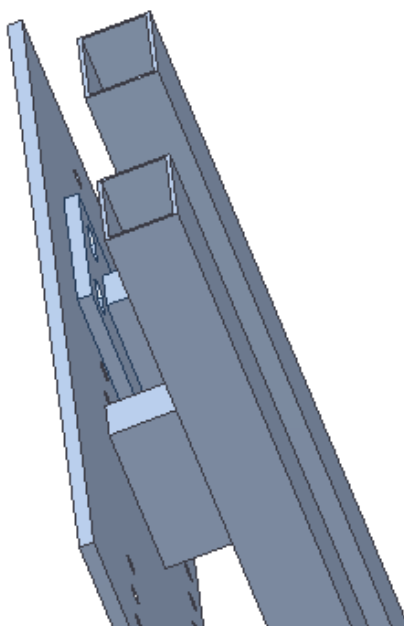
Z těchto výsledků a poznatků docházím k závěru, že svary použité při svařování jednotlivých částí rámu dostatečně vyhovují danému zatížení a namáhání. Na dalších obrázcích vidíte vzniklé napětí v různých pozicích umístění pneumatiky automobilu na paletě.

## 2.2 Konstrukce uchycení palety

Paleta je uchycena ke zvedacím lištám pomocí přichycující desky a spojovacích profilů. Tyto části jsou hlavním nosným prvkem celé palety, na které budou zaparkovaná jednotlivá vozidla. Proto je potřeba na tyto prvky dávat velké ohledy při jejich konstrukci a optimalizaci pro celkový výsledek.

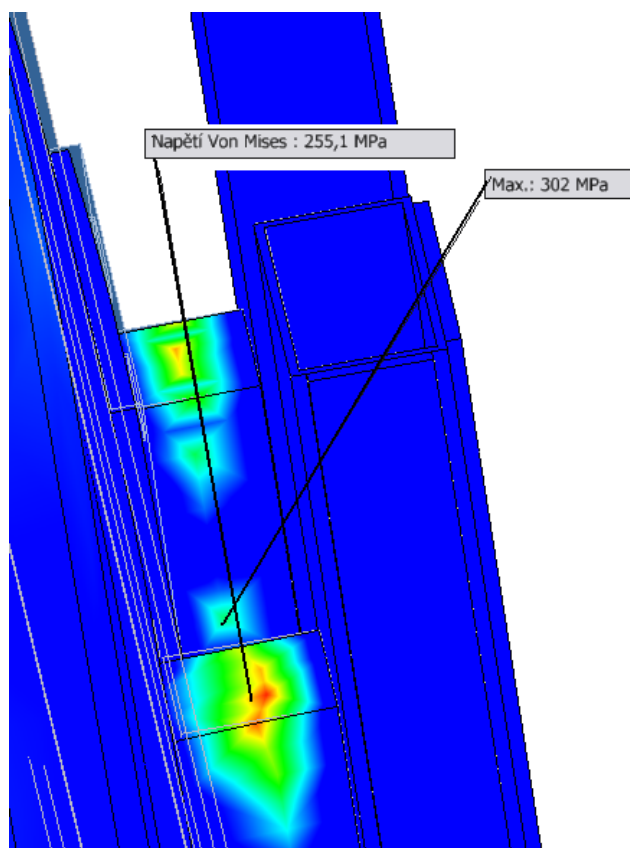
### 2.2.1 Uchycení palety ke zvedacím lištám

Pro uchycení palety ke zvedacím lištám jsou použity krátké spojovací profily. První varianta uchycení byla, že spojovací profily budou přivařeny k přídržovací desce a ke zvedacím lištám jak můžete vidět na obr. 2.9.



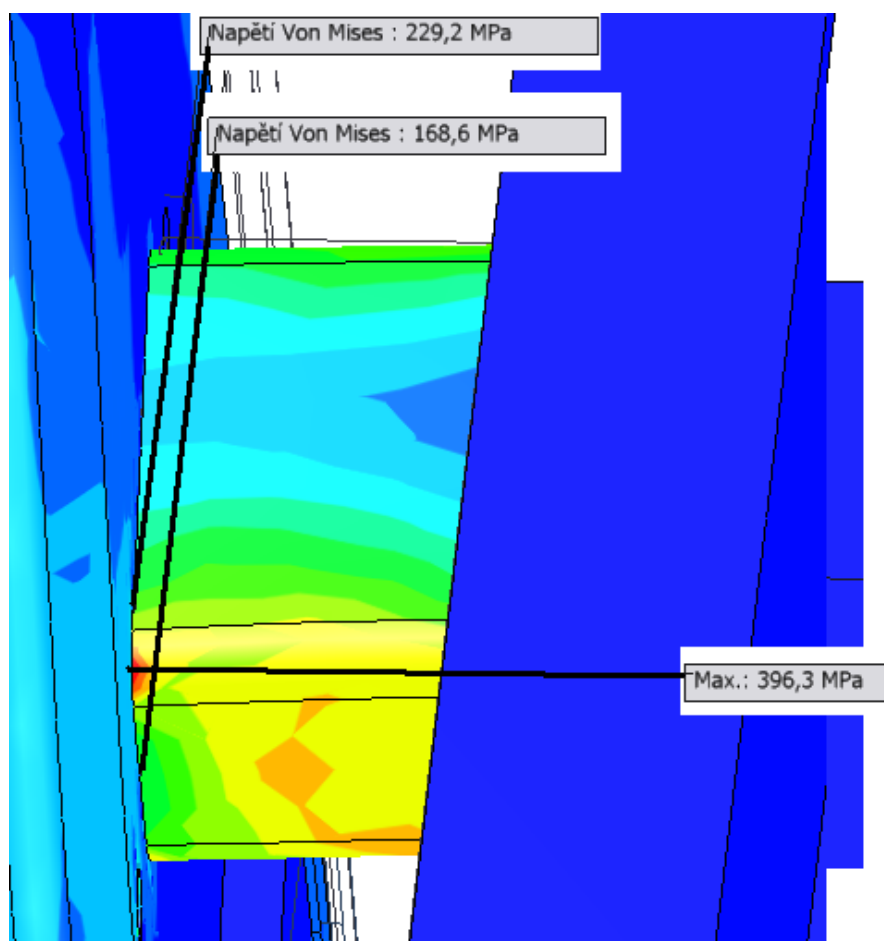
**Obr. 2.9 První návrh uchycení k lištám a přídržné desce**

Na následujícím obrázku obr. 2.10 můžete vidět vznikající napětí v jednotlivých místech uchycení. Největší napětí vznikalo uprostřed profilu podle mého názoru vlivem vzniklého ohybového momentu vyvolaného prohnutím palety a tenké stěny profilu.



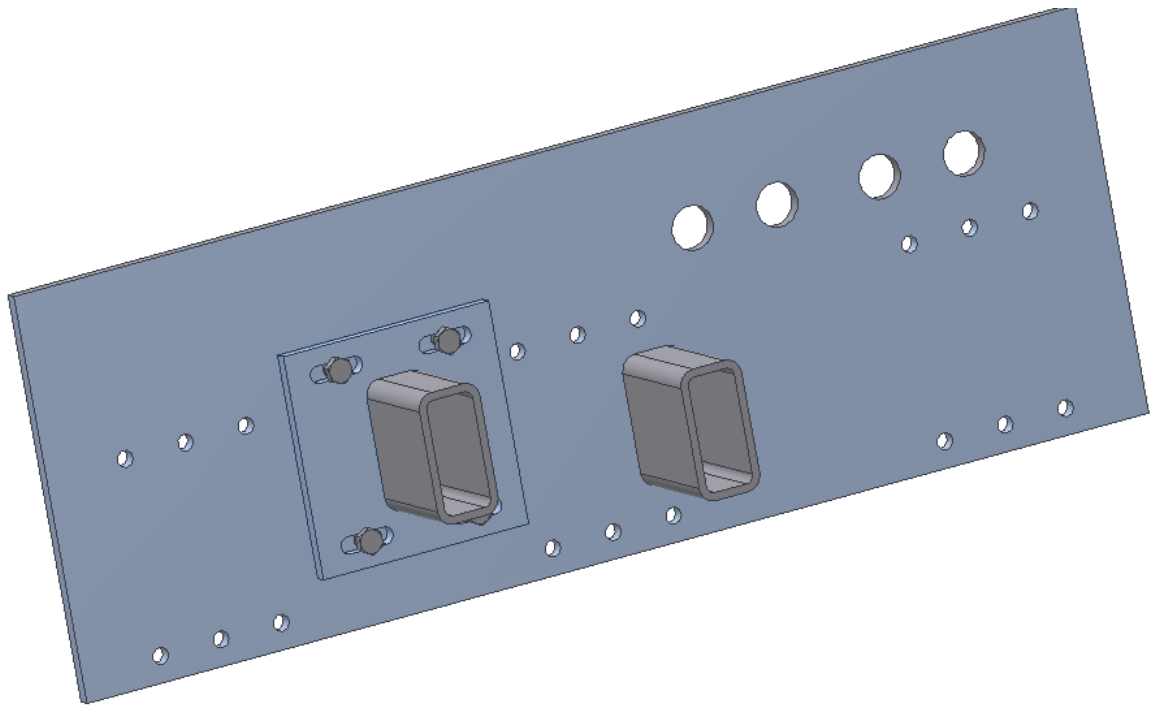
**Obr. 2.10 Napětí vzniklé ve spojovacím profilu**

Proto jsem navrhl použít silnější stěnu profilu. Zvolil jsem 5 milimetrovou stěnu a změnu na houževnatější materiál. Dle tabulek [3] jsem zvolil materiál 11523. Poté jsem provedené simulaci a zjistil vznikající napětí v místech svarů. Na obr. 2.11 vidíte výledek proběhnuté simulace. Vzniklé napětí bylo kolem 400 MPa, a tudíž jsem navrhl provést konstrukční změny.



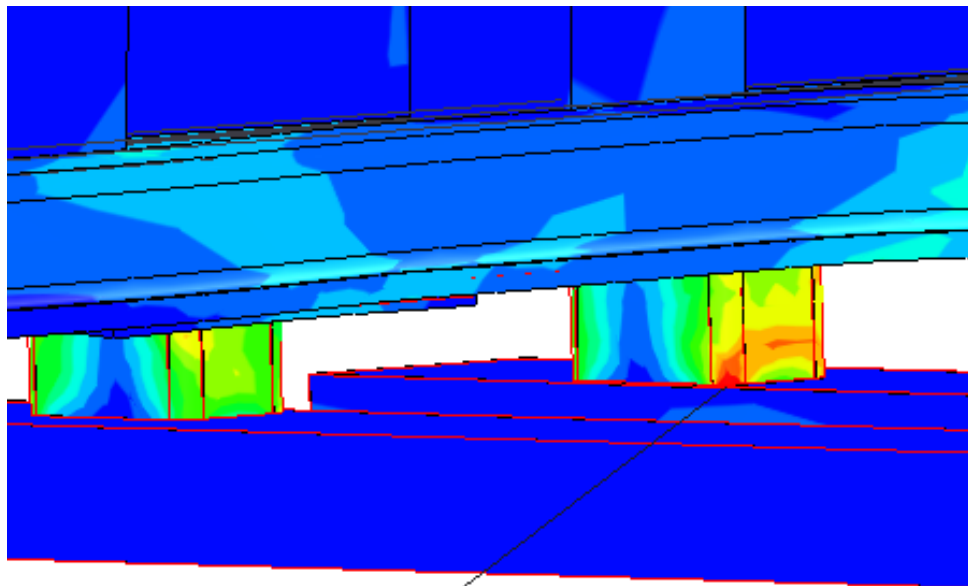
Obr. 2.11 Vzniklé napětí po změně materiálu

První změny jsem provedl v uchycení k přídržné desce. Pro toto uchycení jsem volil tvarové spojení mezi přídržnou deskou a spojovacím profilem. Spojovací profily jsou k jednotlivým deskám přivařeny pomocí obvodového svaru. Toto uchycení je znázorněno na obr. 2.12.



Obr. 2.12 Nove uchycení spojovacích profilů s přídržnou deskou

I při tomto uchycení stále vzniká velké napětí, ale v tom to případě už ne u přídržné desky ale u spojení zvedací lišty a spojovacího profilu jak je vidět na obr. 2.13.



Max.: 384,3 MPa

Obr. 2.13 Velikost napětí v místě svaru



Jak bylo vidět na obr. 2.13 vyšší napětí vzniklo už jen u uchycení spojovacích profilů ke zvedacím lištám. Proto jsem opět sáhl k volbě tvarového spojení lišt a spojovacích materiálu. Po provedení veškerých úprav jsem provedl simulaci a na obr. 2.14

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

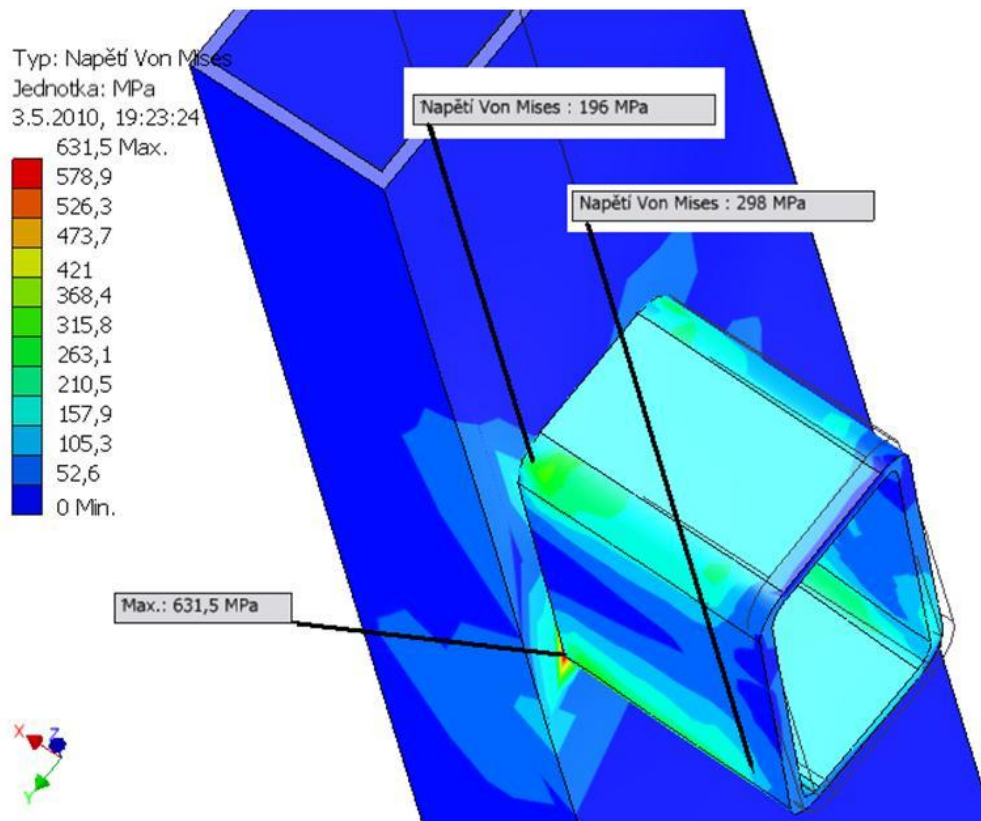
## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Sedláček**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování  
Téma: **Optimalizace ocelové konstrukce rámu zvedacího zařízení**  
**Optimalisation of Steel Construction Frame for Hoisting Unit**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě získaných dat zpracujte návrh optimalizace ocelové konstrukce zvedacího zařízení.
2. V rámci zadání zpracujte:
  - proveďte pevnostní kontrolu užitých nosných prvků a analýzu stávajícího stavu s vyhodnocením slabých míst
  - návrh konstrukčních úprav, který podložte výpočtem pomocí MKP
  - zpracování příslušné výkresové dokumentace
  - navrhněte opatření ke zvýšení spolehlivosti a životnosti daného zařízení
3. Bližší specifikaci nutných technických údajů provede firma KOMA-SYSTEM.CZ, Ostrava-Vitkovice

můžete vidět vzniklé napětí v uchycení k lištám.



Obr. 2.14 Napětní vzniklé ve vetknutí spojovacího profilu se zvedací lištou

## 2.2.2 Kontrola šroubu uchycení palety ke zvedacím lištám

Výpočet potřebného množství šroubů pro uchycení palety k zvedacím lištám. Pro tento výpočet počítám, že je paleta absolutně tuhý prvek. Hodnoty použité při výpočtu jsou uvedené v tabulce 2.1 a získané [3]. Použité šrouby M12x40 ČSN 02 1111 – 8.8

Tabulka 2.1 - hodnoty použité při výpočtu

<b>L</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>3</sub></b>	<b>m<sub>a</sub></b>	<b>m</b>	<b>R<sub>e</sub></b>	<b>g</b>	<b>k<sub>s</sub></b>
[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg]	[MPa]	[mm.s <sup>-2</sup> ]	[-]
700	2000	10,466	3000	550	640	9,81	2

Výpočet dovoleného napětí

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{640}{2} = 320 \text{ MPa}$$

Výpočet plochy potřebné pro udržení palety proti ustřížení

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq \sigma_{DOV}$$
$$S = \frac{m_a \cdot g + m \cdot g}{\sigma_{DOV}}$$
$$S = \frac{3000 \cdot 9,81 + 550 \cdot 9,81}{320}$$
$$S = 108,83 \text{ mm}^2$$

Výpočet nebezpečného průřezu šroubu. Tento průřez vzniká v nejmenším průměru šroubu.

$$S_{\S} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$
$$S_{\S} = \frac{\pi \cdot 10,466^2}{4}$$
$$S_{\S} = 86,03 \text{ mm}^2$$

Výpočet počtu potřebných šroubů k udržení palety při namáhání na stříh

$$n = \frac{S}{S_{\S}} = \frac{108,83}{86,03} = 1,265 \Rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

Šrouby budou dále namáhány přídatnou osovou silou od ohybového momentu vyvolaného od parkujícího automobilu. Největší ohybový moment bude, když auto bude stát co nejvíc středu palety.

Výpočet ohybového momentu vznikajícím od zaparkovaných automobilů

$$M_o = F \cdot L + F \cdot L_1$$

$$M_o = \frac{m_a}{2} \cdot g \cdot L + \frac{m_a}{2} \cdot g \cdot L_1$$

$$M_o = \frac{3000}{2} \cdot 9,81 \cdot 700 + \frac{3000}{2} \cdot 9,81 \cdot 2000$$

$$M_o = 39730500 \text{ Nmm}$$

Výpočet osově síly, která vzniká ve šroubu působením vzniklého ohybového momentu

$$F_o = \frac{M_o}{x}$$

$$F_o = \frac{39730500}{100}$$

$$F_o = 397305 \text{ N}$$

Výpočet plochy šroubů potřebné pro udržení palety

$$S = \frac{F_o}{\sigma_{DOV}}$$

$$S = \frac{397305}{320}$$

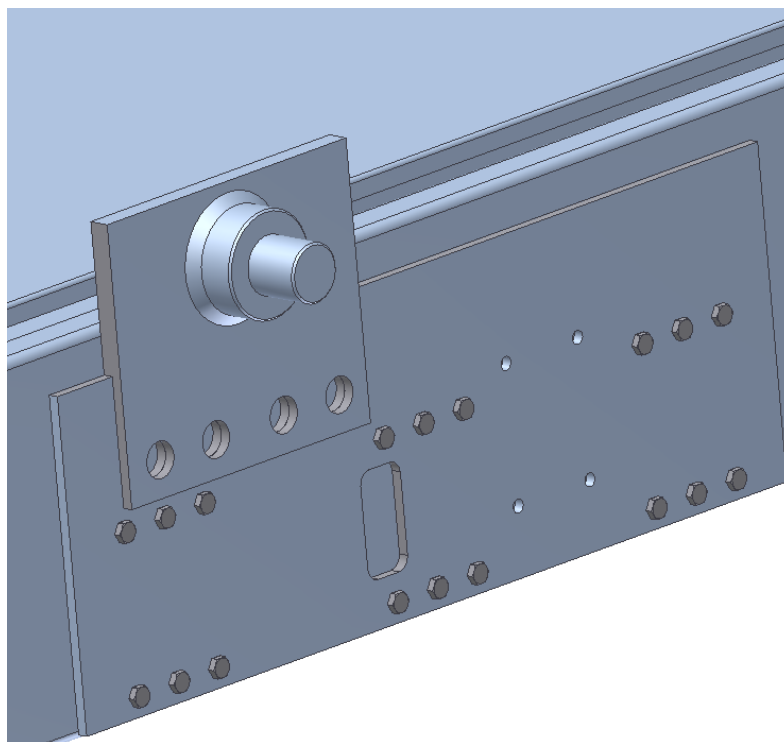
$$S = 1241,578 \text{ mm}^2$$

Výpočet počtu potřebných šroubů k udržení palety při namáhání od ohybového momentu

$$n = \frac{S}{S_s} = \frac{1241,578}{86,03} = 14,432 \Rightarrow 15 \text{ šroubů}$$

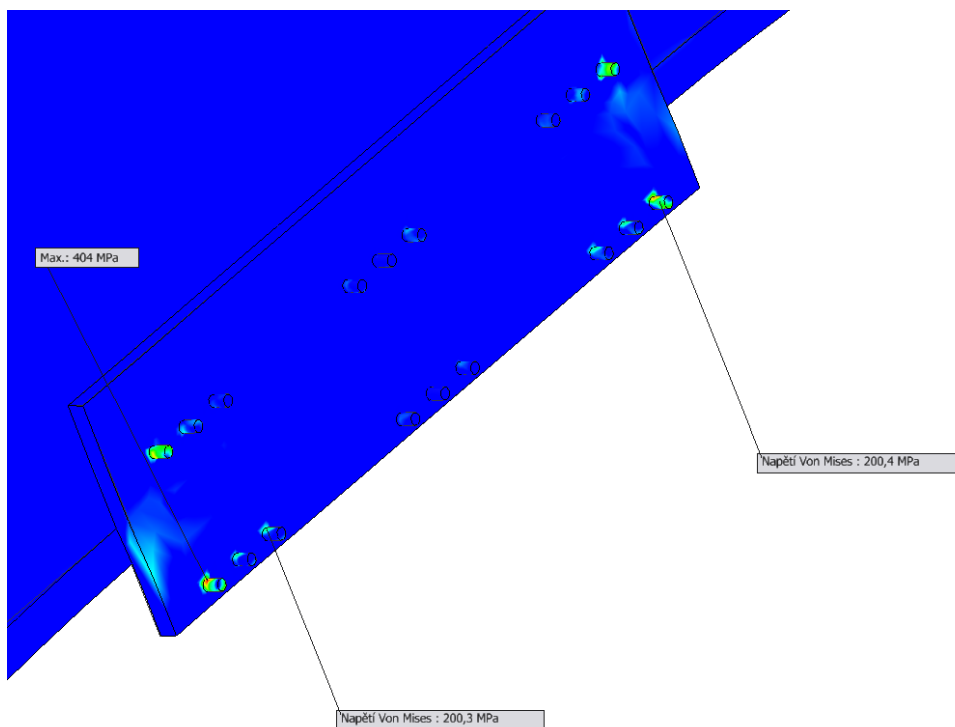
Při absolutně tuhém tělese by bylo zapotřebí k uchycení palety na každé straně použít 15 šroubů M12 x 40 ČSN 02 1111 – 8.8.

Na obrázku 2.13 můžete vidět, jak budou šrouby umístěny ve skutečnosti a podle čeho jsem vytvářel zjednodušený model. Na tomto zjednodušeném modelu jsem se snažil přiblížit co nejvíce skutečným hodnotám, které vycházeli při namáhání reálného modelu.



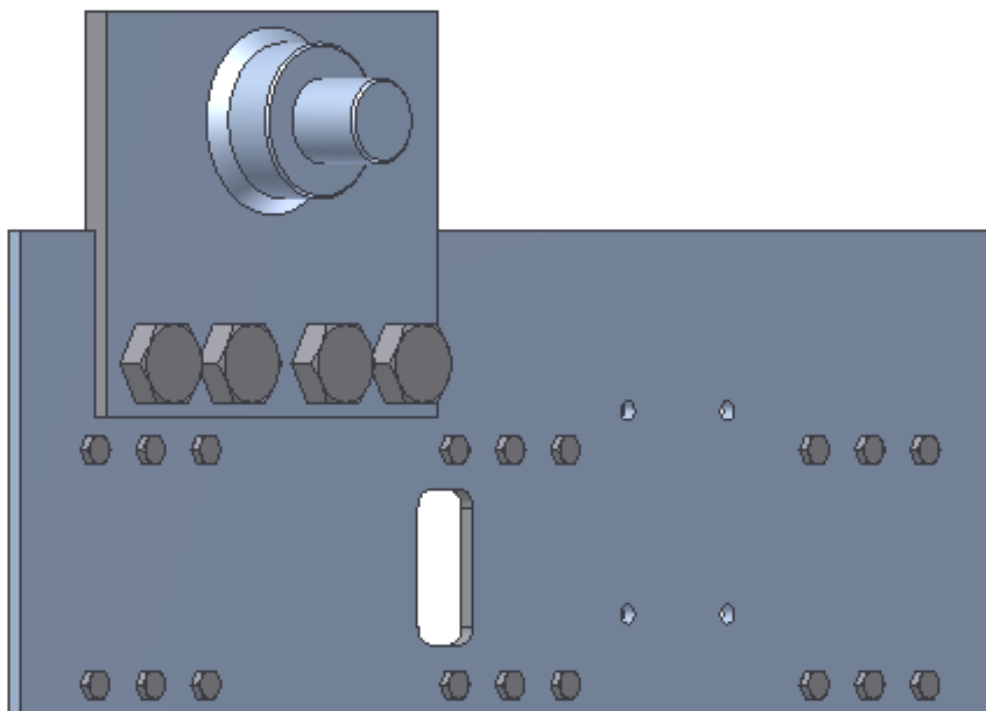
Obr. 2.15 Umístění šroubů pro uchycení k paletě

Pomocí zjednodušeného modelu jsem se pokoušel zjistit vznikající napětí pomocí metody konečných prvků. Při tomto výpočtu jsem zjistil, že ve šroubech vznikne maximální napětí kolem 404 MPa a to v krajních šroubech. V ostatních šroubech je napětí kolem 200 MPa jak můžete vidět na obr.2.16. Z tohoto výpočtu usuzuji, že šrouby vzniklé napětí udrží, i když krajní šrouby budou mít bezpečnost jen 1,584.



Obr. 2.16 Napětí vznikající ve šroubech vypočtené pomocí zjednodušeného modelu

## Kontrola šroubů pro uchycení válce k paletě



Obr. 2.17 Uchycení desky válce k uchycení palety

Šrouby jsou namáhané na střih.

Hodnoty použité při výpočtu jsou uvedené v tabulce 2.1. Použité šrouby M33x2x65 ČSN EN 24017 – 10.9

Tabulka 2.2 Hodnoty použité při výpočtu

$d_2$	$d_3$	Ph	$m_a$	m	$R_e$	f	$f_z$	g	k	$k_s$
[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg]	[MPa]	[-]	[-]	[m.s <sup>-2</sup> ]	[-]	[-]
30,701	30,546	3,5	3000	600	900	0,1	0,19	9,81	1,5	2

Výpočet příčné provozní síly působící na jeden válec. Pro tento výpočet počítám se zatížením 3 automobilů a 3 krát polovinu hmotnosti palety

$$F_p^\perp = 3 \cdot m_a \cdot g + 3 \cdot m \cdot g$$

$$F_p^\perp = 3 \cdot 3000 \cdot 9,81 + 3 \cdot 600 \cdot 9,81$$

$$F_p^\perp = 105948 \text{ N}$$

Výpočet osově síly vyvolané příčnou provozní silou

$$F_o = \frac{k \cdot F_P^{\perp}}{f}$$

$$F_o = \frac{1,5 \cdot 105948}{0,15}$$

$$F_o = 1059480 \text{ N}$$

Jelikož tažnou desku drží 4 šrouby, musím výslednou osovou sílu podělit 4, abych získal hodnotu působící na jeden šroub a mohl dále kontrolovat zvolené šrouby.

Pak tedy osová síla působící na jeden šroub je

$$F_o = \frac{1059480}{4}$$

$$F_o = 264870 \text{ N}$$

Tahové napětí vznikající ve šroubu

$$\sigma_t = \frac{F_o}{S}$$

$$\sigma_t = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}}$$

$$\sigma_t = \frac{264870}{\frac{\pi \cdot 29,546^2}{4}}$$

$$\sigma_t = 385,378 \text{ MPa}$$

Výpočet úhlu stoupání závitu

$$\tan \psi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{2}{\pi \cdot 30,701}$$

$$\psi = 1,188$$

Výpočet redukovaného třecího úhlu. Při volbě součinitele tření  $f_z$  záleží na povrchové úpravě šroubu a způsobu mazání.

$$\tan \varphi' = \frac{f_z}{\cos(\alpha/2)}$$

$$\varphi' = \tan^{-1} \frac{f_z}{\cos(\alpha/2)}$$

$$\varphi' = \tan^{-1} \frac{0,19}{\cos(60/2)}$$

$$\varphi' = 12,374$$

Výpočet velikosti napětí v krutu

$$\tau = \frac{M_k}{W_k}$$

$$\tau = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}$$

$$\tau = \frac{F_o \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}$$

$$\tau = \frac{264870 \cdot \tan(1,188 + 12,374) \cdot \frac{30,701}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 29,546^3}$$

$$\tau = 192,681 \text{ MPa}$$

Výpočet součinitele statické bezpečnosti podle Guesta

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{red}}$$

$$k_s = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2}}$$

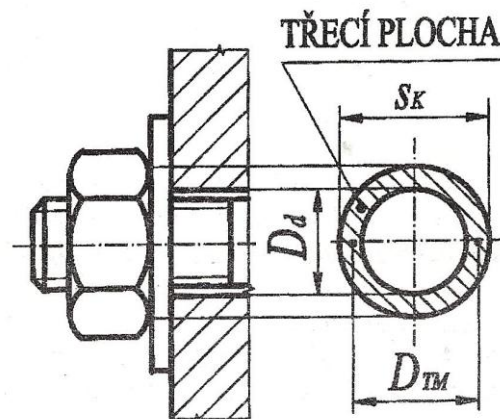
$$k_s = \frac{900}{\sqrt{385,378^2 + 4 \cdot 192,681^2}}$$

$$k_s = 1,651$$



### 2.2.3 Výpočet utahovacího momentu šroubu pro uchycení desky válce k paletě

Potřebný třecí moment se skládá z třecího momentu v závitu šroubu a třecího momentu pod hlavou šroubu a maticí. Potřebný výpočet jsem provedl podle [2]



Obr. 2.18 Určení velikosti třecí plochy pod maticí [2]

Výpočet třecího momentu v závitu

$$M_{TZ} = F_o \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$M_{TZ} = 397305 \cdot \tan(1,188 + 12,374) \cdot \frac{30,701}{2}$$

$$M_{TZ} = 1\,471\,181,406 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1471,181 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet třecího momentu pod maticí

$$M_{TM} = F_o \cdot f_M \cdot \frac{D_d + S_k}{4}$$

$$M_{TM} = 397305 \cdot 0,15 \cdot \frac{33 + 50}{4}$$

$$M_{TM} = 1236611,813 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1236,612 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet utahovacího momentu

$$M_T = M_{TZ} + M_{TM}$$

$$M_T = 1471,181 + 1236,612$$

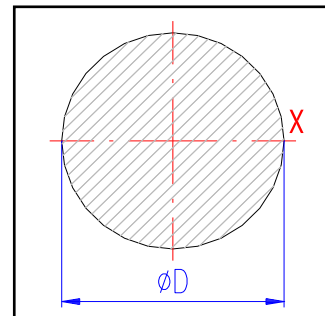
$$M_T = 2707,793 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 2.2.4 Kontrola válce na vzpěr

Jelikož bude válec vysunut do velké výšky a bude na něho působit velké zatížení, je potřeba tomuto věnovat naši pozornost a zkontrolovat, zda vyhovuje na vzpěr. K tomuto výpočtu jsem využil program MITcal, ze kterého jsou přiložené výpočty.

### Uložení prutu

Koeficient redukované délky	
Teoretická hodnota	0,70
Doporučená konstrukční hodnota	0,80
Hodnota použitá pro výpočet	0,80



Obr. 2.19 Průřez válce

### Statické hodnoty profilu a materiálové hodnoty

Průměr válce	D	95	[mm]
Plocha	S	7088,2	[mm <sup>2</sup> ]
Kvadr. moment setrvačnosti	I <sub>x</sub>	3998198,2	[mm <sup>4</sup> ]
Max. vzdálenost vlákna	y	47,5	[mm]
Poloměr setrvačnosti	r	23,75	[mm]
Materiál nosníku			
Modul pružnosti v tahu	E	200000	[MPa]
Mez kluzu v tahu	s <sub>y</sub>	248	[MPa]
Mezní štíhlost (plastické/pružné)	SRc(lc)	126	
Mezní štíhlost (čistý tlak/plastické)	SRcs (lcs)	20	

### Hodnoty využité při kontrole na vzpěr

Skutečná délka prutu	L	4400	[mm]
Axiální síla	F	120000	[N]
Redukovaná (efektivní) délka	L <sub>eff</sub>	3520	[mm]
Štíhlostní poměr	SR(l)	148,21	

### Euler (Pružný vzpěr)

Kritické napětí	σ <sub>c</sub>	89,86	[MPa]
Kritická síla	F <sub>cr</sub>	636955	[N]
Koeficient bezpečnosti	ks	5,31	

### Přímková náhrada, Tetmajer

Kritické napětí	σ <sub>c</sub>	89,86	[MPa]
Kritická síla	F <sub>cr</sub>	636955	[N]
Koeficient bezpečnosti	ks	5,31	



Obr. 2.20 Ukázka zatížení válce

### Parabolická náhrada, Johnson

Kritické napětí	$\sigma_c$	89,86	[MPa]
Kritická síla	$F_{cr}$	636955	[N]
Koeficient bezpečnosti	$k_s$	5,31	

### Secant metoda

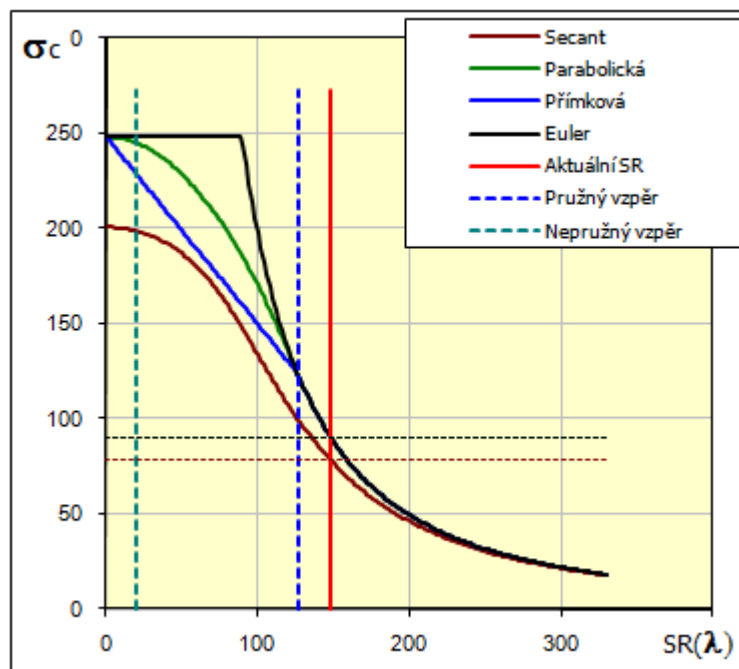
Excentricita	$e$	2,8	[mm]
Max. vzdálenost vlákna	$y$	47,5	[mm]
Stupeň excentricity	$\mu$	0,24	
Napětí v prutu	$\sigma$	22,076	[MPa]
Kritické napětí	$\sigma_c$	77,897	[MPa]
Kritická síla	$F_{cr}$	552151,392	[N]
Koeficient bezpečnosti	$k_s$	4,60	

### Prostý tlak

Napětí v tlaku	$\sigma$	16,93	[MPa]
Kritická síla	$F_{cr}$	1757878	[N]
Koeficient bezpečnosti	$k_s$	14,65	

### Výpočet max. síly

Koeficient bezpečnosti	$k_s$	4,00	
Max.F (Euler)	$F_{max}$	159239	[N]
Max.F (Parabolická)	$F_{max}$	159239	[N]
Max.F (Secant)	$F_{max}$	138038	[N]



Obr. 2.21 Výsledky jednotlivých teorií

## 3 Údržba

Je to kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.

### 3.1 Monitorování stavu hydraulického systému a oleje

[9] Při sledování stavu hydraulických systémů a hydraulických olejů se stejně jako při sledování jiných strojních zařízení a olejů v nich použitých provádějí analýzy oleje zaměřené na tři důležité skupiny - opotřebení stroje, stav oleje a znečištění oleje. V případě hydraulických systémů lze říci, že sledování znečištění oleje má zvláštní význam.

Pro pravidelné sledování hydraulických olejů se využívají následující parametry:

#### **Viskozita :**

Sleduje se pravidelně kinematická viskozita při 40 °C, jedná se o základní parametr všech mazacích olejů. Potvrzuje hlavně, zda byl použit správný olej nebo zda nedošlo k doplnění jiným olejem. Správná viskozita je důležitá pro vznik pokud možno hydrodynamického režimu mazání a vytvoření optimální tloušťky mazacího filmu. Postup stanovení je uveden v ČSN EN ISO 3104. Pokud se jedná o olej typu HV, stanovuje se také viskozita při 100 °C a hodnota viskozitního indexu.

#### **Obsah vody:**

Hydraulické oleje se dnes jednoznačně zařadily do skupiny průmyslových olejů, ve kterých by celkový obsah vody neměl překročit hranici 500 ppm. Doporučená maximální hranice obsahu vody se dokonce pohybuje na úrovni 200 ppm. Standardně se pro stanovení obsahu vody využívá coulometrická titrace (ASTM D 6304). Pro sledování obsahu vody lze také využít infračervenou spektrometrii.

### **Znečištění:**

V současnosti se u hydraulických olejů standardně stanovuje kód čistoty nebo celkové znečištění filtrací na membráně s porozitou 0,8 a 0,45  $\mu\text{m}$ . Zde nemohu než zopakovat notoricky známou skutečnost, že většina poruch hydraulických systémů je způsobena nadměrným množstvím nečistot všeho druhu v hydraulickém oleji. Podle statistiky udělané v USA lze vyčištěním oleje z hladiny 20/17 (ISO 4406:1987) na hladinu 14/11 prodloužit životnost stroje 5x a z hladiny 19/16 na tutéž hladinu 4x.

### **Obsah prvků:**

Standardně se využívá přímé stanovení obsahu prvků v oleji pomocí optické emisní spektrometrie s indukcí vázaným plazmatem. Takto lze stanovit více než 20 prvků ve vzorku oleje. Prvky lze rozdělit do tří skupin - otěrové kovy, které se využívají k monitorování stavu hydraulického systému a jeho částí (např. železo, měď, hliník, chrom, nikl...) prvky, které bývají součástí znečištění (křemík, bor, sodík....) prvky, které jsou součástí přísad (zinek, fosfor, vápník ..). Je důležité uvědomit si, že některé prvky mohou patřit do více skupin - například hliník je otěrový kov, ale zároveň je součástí prachu společně s křemíkem. Bor může být součástí přísad, ale i znečišťující element.

### **Degradace oleje:**

Pro sledování degradace oleje se využívá infračervená spektrometrie. S pomocí této metody lze sledovat mnoho důležitých faktorů, ale pro monitorování stavu oleje v rámci diagnostiky se využívá především sledování produktů oxidace oleje, jejichž vznik a nárůst jejich množství znamená vždy velký problém končící většinou výměnou oleje.

## 3.2 Hydraulický agregát

Na obr. 3.1 můžete vidět ukázkou hydraulického agregátu. Slouží jako pohon hydraulického válce. Je vybaven nádrží, motorem, rozvaděči a ventily.



Obr. 3.1 Možný vzhled hydraulického agregátu

### 3.2.1 Údržba hydraulické soustavy

Předpokladem správné a dlouhé životnosti agregátu je dobrá údržba hydraulické soustavy a zvláště čistota hydraulické kapaliny. Před jakoukoliv opravou hydraulických prvků nebo rozvodů zvláště důkladně očistěte jejich okolí a pracujte jen s čistým nářadím. Proti vniknutí nečistot během údržbářských prací uzavřete všechny otvory ochrannými víčky. Při montáži agregátů hydraulické soustavy je nutno dbát na správné uložení.

#### 3.2.1.1 *Kontrola hladiny hydraulického oleje*

Kontrolujte denně stav hydraulického oleje při spuštěném válci. Pokud není v olejoznaku vidět hladina, doplňte ji do poloviny olejoznaku:

- odšroubujte přívzdušňovací zátku
- očistěte okolí hrdla

- dolijte čistý přefiltrovaný olej do poloviny olejoznaku
- našroubujte zátku

Při provozu musí být hladina oleje vidět ve spodní části olejoznaku za provozní teploty! Pokles hladiny pod úroveň olejoznaku vede ke stoupání provozní teploty, k hromadění rozpuštěného vzduchu a tím k většímu opotřebením hydraulických komponentů.

### **3.2.1.2 Kontrola teploty hydraulického oleje**

Průběžně kontrolujte teplotu hydraulického oleje. Při příliš vysoké teplotě (nad 60°C) dochází ke snížení mazacích vlastností oleje a tím k většímu opotřebením hydraulických komponentů. S přibývajícím teplotou (nad 75 °C) dochází k rychlému stárnutí oleje, těsnění a hadic.

### **3.2.1.3 Kontrola vlastností hydraulického oleje**

Stárnutí oleje závisí na provozních podmínkách:

- Teplotě
- provozním tlaku
- vlhkosti vzduchu
- znečištění okolí ...

Doporučuje se provádět rozbor odebraného vzorku oleje ve kterékoliv tribodiagnostické laboratoři, která zároveň stanoví podmínky správného odběru vzorku.

### **3.2.1.4 Výměna vložek hydraulických filtrů**

Čistící vložky hydraulických filtrů se mění při výměně hydraulického oleje (po dvou letech) nebo při signalizaci znečištění za provozní teploty oleje (cca 40°C). Zanesení vložky tlakového filtru je signalizováno kontrolkou.

Filtrační vložky se mění po sejmutí hlavy filtru a nelze je regenerovat. Nové filtrační vložky musí mít jmenovitou filtrační schopnost 25 µm. Použité filtrační vložky se musí ekologicky zlikvidovat (spálení, uložení v nepropustném obalu na skládce).

### **3.2.1.5 Čištění odvodušňovacího filtru**

Tento filtr umožňuje vyrovnávání přefiltrovaného vzduchu nad kolísající hladinou hydraulického oleje. Nejméně jednou ročně je třeba ho vyšroubovat a vyčistit technickým benzínem a pak vyfoukáním směrem zevnitř ven.

### **3.2.1.6 Výměna hydraulického oleje**

Výměna se provádí po dvou letech provozu nebo dle stavu hydraulického oleje, první výměna po 50 – 75 hodinách provozu.

Postup výměny oleje:

- zařízení musí být v transportní poloze
- vypustí se olej do připravených nádob po odšroubování zátky ve dnu nádrže
- po zašroubování zátky se nalije asi třetina potřebného množství oleje (přefiltrovaný na 25 $\mu$ m)
- vysune se a znovu zasune zařízení
- znovu se vypustí hydraulický olej
- vymění se filtrační vložky olejových filtrů
- napustí se nový olej do poloviny olejoznaku

### **3.2.1.7 Odvodušnění hydraulické soustavy**

Po odstranění příčiny (netěsné sání, nedostatek oleje) se vzduch odstraní provedením úplných dvojdvihů přímočarých hydromotorů (rozvinutí a svinutí).

### **3.2.1.8 Kontrola a nastavení tlaků**

Hodnota nastavení tlaku - 1 MPa = 10 bar

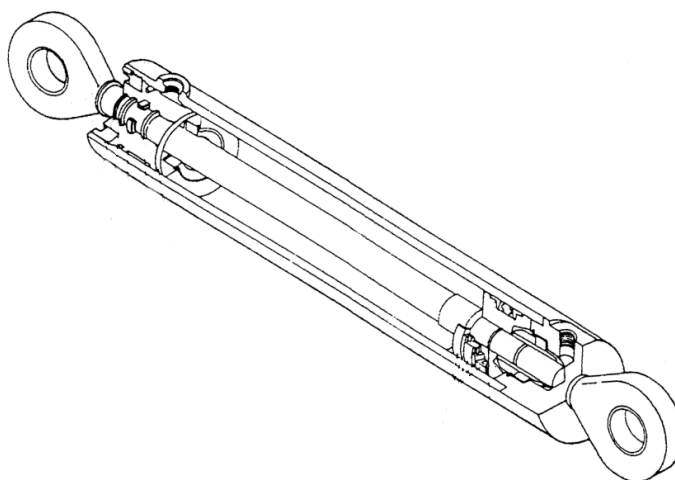
Provádí se pomocí tlakoměrné soupravy (manometr s hadičkou) z vybavení stroje na hodnoty uvedené v hydraulickém schématu. Tlakoměrná souprava se šroubuje



do tlakoměrné přípojky. Vždy musí být v činnosti ta funkce, při které se tlak měří, přímočaré hydromotory musí být vždy na konci pohybu. Hodnota pojistného tlaku se seřizuje otáčením regulačního šroubu na pojistném ventilu.

### 3.3 Hydraulický válec

Jednočinné hydraulické válce určené pouze pro vysouvání a řešené buď jako plunžry (bez pístu) nebo jako hydraulické válce s pístem, který slouží pouze pro lepší vedení pístnice. Zpětný pohyb zabezpečuje vnější síla nebo zabudovaná pružina. Jeho příklad můžete vidět na obr. 3.2.



Obr. 3.2 Řez hydraulickým válcem

Údržbu, odborné prohlídky a zkoušky mohou provádět pouze kvalifikované osoby, vyškolené z bezpečnosti a údržby těchto válců.

**VŽDY:**

- používejte výhradně součástky dodané výrobcem
- přezkoušejte funkci válce po provedení údržby
- označte porouchaný nebo opravovaný válec vhodným nápisem (např. „MIMO PROVOZ“).

**NIKDY:**

- neprovádějte údržbu, pokud je na válci uloženo břemeno
- nepracujte s válcem, který se opravuje
- nepoužívejte čistících tekutin na kyselinové bázi.

### **3.3.1 Všeobecné pokyny**

Následující instrukce podávají obecné důležité informace o rozebrání, kontrole, opravě a sestavení. Jestliže byl válec z jakéhokoliv důvodu demontován, postupujte podle následujících pokynů:

1. Údržbu provádějte v čistém prostředí
2. Nikdy nerozebírejte válec více, než je nutné k provedení potřebné opravy
3. Nikdy nepoužívejte nadměrnou sílu při demontování dílů
4. Nikdy nepoužívejte teplo (žár) jako prostředek při demontáži dílů, pokud jsou díly určeny pro další použití
5. Udržujte pracoviště čisté a bez cizích látek, které by se mohly dostat na kluznou plochu pístu nebo do vnitřního mechanismu válce
6. Pokud sevřete díl ve svěráku, vždy použijte vhodné podložky k ochraně povrchu dílů

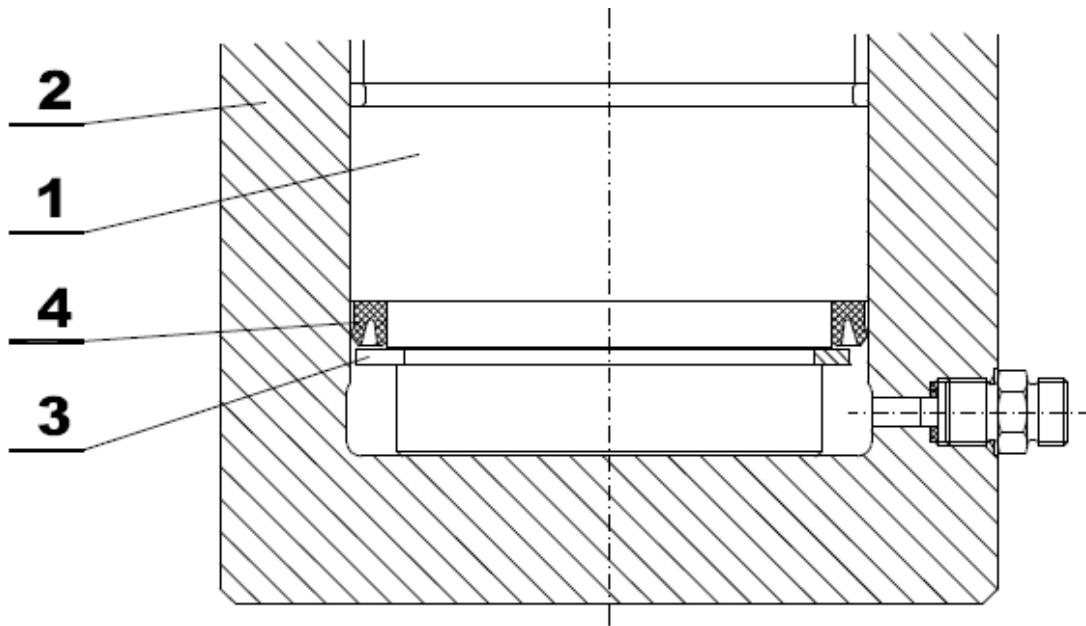
### **3.3.2 Výměna manžety pístu (demontáž pístu)**

Řez válcem s částmi použitými při výměně manžety pístu vidíte na obr. 3.3

1. Vypusťte z válce všechny olej a odpojte válec od čerpadla
2. Vytáhněte píst (1) z válce (2) společně s maticí pístu
3. Sundejte pojistný kroužek (3) a stáhněte manžetu pístu (4)
4. Po výměně manžety (4) proveďte montáž opačným postupem

Dbejte, aby při nasazování pístu do válce nedošlo k stržení (uskřípnutí) manžety pístu.

Dbejte, aby píst byl naprosto čistý.



**Obr. 3.3 Složení válce pro výměnu manžety**

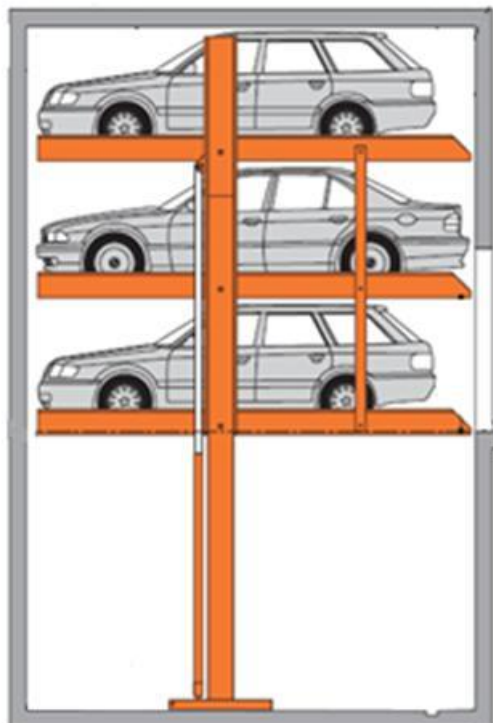
U všech opravených válců musí být provedena odbornou osobou zatěžovací zkouška: Válec se zatíží břemenem, jehož hmotnost nepřesahuje jmenovitou nosnost válce. Píst se zvedne o 10 mm a v této klidové poloze se ponechá min. 3 minuty (bez aretace pístu maticí). Pak se břemeno spustí do výchozí polohy. Při této zkoušce se ověřuje správná funkce čerpadla, hydraulického válce, vysokotlaké hadice a vypouštěcího ventilu. Zvedání i spouštění musí být plynulé, nesmí docházet k přičení nebo zadírání. Při zatížení v klidové poloze nesmí během stanovených 3 minut docházet ke znatelnému poklesu pístu a k prosakování oleje kolem manžety pístu nebo jiného těsnění.

## 4 Závěr

Firmou byl dán návrh vzhledu palety. Jednotlivé části jsem prověřil pomocí analýzy MKP. V místech, kde vznikalo vysoké napětí, jsem navrhl konstrukční úpravy a znovu provedl analýzu. Jednotlivé části projektu jsem postupně zpracoval a navrhl s pomocí konzultací s pracovníky zadávající firmy. Vzniklé problémy jsme vyřešili pomocí konstrukčních úprav nebo pomocí změny materiálu, aby bylo dosaženo požadované bezpečnosti. Jednotlivé části byly řešeny samostatně i jako celek.

Pro dokončení celého návrhu a optimalizace nebyl dostatečný časový rozsah. Proto jsem poslední vzniklé problémy uvedl a případné možné úpravy pro odstranění těchto nežádoucích problémů navrhl. Případné další úpravy si provede firma samostatně.

Po dokončení návrhu a vytvoření skutečné výstavby řešené parkovací jednotky by výsledný stav měl vypadat tak, jak můžete vidět na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Možný výsledek konečného vzhledu

## Použitá literatura:

- [1] Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I.: spojovací části strojů: návrh, výpočet, konstrukce*. Ostrava: Montanex a.s., 2000, ISBN 80-7225-018-3
- [2] Kaláb, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2007, 1. vydání; ISBN 978-80-248-1290-8 skripta
- [3] Leinveber, J. a kol.: *Strojnické tabulky*, Praha: Scientia 2000, 3. vydání ISBN 80-7183-164-6
- [4] [Http://www.marf.cz/](http://www.marf.cz/). [Http://www.komasystem.cz](http://www.komasystem.cz) [online]. 2009 [cit. 2009-12-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.komasystem.cz/system/obchodni-cinnost/koma-system-cz/>>.
- [5] ČSN 05 0120 . *Výpočet svarových spojů strojních konstrukcí*. 1971. 40 s
- [6] KUNZMANN, Rudolf . Brusel podporuje automatizované parkovací domy. *Hospodářské noviny* [online]. 2. 2. 2006, číslo ???, [cit. 2010-03-18] Dostupný z WWW: <[http://ihned.cz/3-17748360-infrastruktura-000000\\_d-35](http://ihned.cz/3-17748360-infrastruktura-000000_d-35)>
- [7] KUNZMANN, Rudolf; KOTORA, Bohumír . Dostanou automatizované parkovací domy "zelenou"? . *Technik*[online]. 23. 5. 2006, číslo 5/2006, [cit. 2010-03-18] Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-18513340-dostanou-automatizovane-parkovaci-domy-zelenou>>.
- [8] *KOMA Parking – PRODUKTOVÉ LISTY*. 2010. 16 s
- [9] [Http://www.tribotechnika.sk](http://www.tribotechnika.sk) [online]. 2008 - 2010 [cit. 2010-04-24]. Několik příkladů z proaktivní údržby hydraulických systémů. Dostupné z WWW: <<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42009/nekolik-prikladu-z-proaktivni-udrzby-hydraulickych-systemu.html>>.
- [10] ČSN EN 14010-1+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Poháněná zařízení pro parkování motorových vozidel - Požadavky na bezpečnost a elektromagnetickou kompatibilitu pro navrhování, výrobu, montáž a uvádění do provozu*.1.1.2010. 56 s

## Přiložená výkresová dokumentace:

SED325-01-01 – Sestava

SED325-01-02 – Rám - svařenec