

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh automatizované palety pro uložení postranice
karoserie automobilu

Autor: **Bc. Jindřich Zbránek**

Vedoucí práce: **Ing. Vladislav Kemka, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jindřich ZBRÁNEK**
Osobní číslo: **S12N0086P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh automatizované palety pro uložení postranice karoserie automobilu**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracujte konstrukční návrh automatizované palety pro uložení postranice karoserie automobilu. Proveďte optimalizaci polohy a uložení postranice karoserie automobilu. Paleta bude ručně zakládána a automaticky vykládána robotem svařovací linky. Velikost palety musí být v souladu s požadavky na prostorové omezení při silniční dopravě.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše palet pro uložení dílů automobilů.
2. Vypracování konstrukčního návrhu palety včetně systematické specifikace požadavků a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení.
3. Zjištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením.
4. Vypracování potřebné výkresové dokumentace a technologického postupu zvolené části palety.
5. Technickoekonomické hodnocení, závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

DRAŽAN, F., JEŘÁBEK, K. *Manipulace s materiálem.* Praha: SNTL, 1979

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

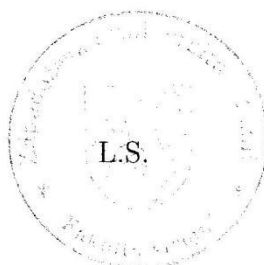
HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 2.* Brno: Computer Press, 2000


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladislav Kemka**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Václav Dufek**
Stauner palet, s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


Doc. Ing. J. Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Vladislavu Kemkovi, Ph.D. za pomoc při psaní mé diplomové práce, za výborné vedení a za cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Václavu Dufkovi, ze společnosti Stauner Palet s.r.o, za poskytnuté materiály a další informace získané na praxi ve zmiňované firmě.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Zbránek	Jméno Jindřich	
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kemka, Ph.D.	Jméno Vladislav	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh automatizované palety pro uložení postranice karoserie automobilu		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	104	TEXTOVÁ ČÁST	64	GRAFICKÁ ČÁST	40
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje návrh automatizované palety pro přepravu postranice karoserie automobilu. V práci jsou nastíněny tři možné varianty konstrukce. Součástí práce jsou kontrolní výpočty, technologický postup výroby, technicko-ekonomické hodnocení a výkresová dokumentace.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Automatizovaná paleta, karoserie, postranice, MKP analýza, svařenec, konzola</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Zbránek	Name Jindřich		
FIELD OF STUDY	2301T001 “Transport and handling machinery“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kemka, Ph.D.	Name Vladislav		
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Design of automated pallet for storage of car body side			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	104	TEXT PART	64	GRAPHICAL PART	40
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis contains a design of automated pallet for transport car body sides. In this thesis are outlined three possible variants of design. Next parts are control calculations, technological process of production, techno-economic evaluation and design documentation.
KEY WORDS	automated pallet, car body, car body sides, FEM analysis, weldment, console

Obsah:

Úvod.....	1
1 Úvodní část.....	2
1.2 Historie palet ve strojním průmyslu	2
1.3 Zadávající organizace	2
1.4 Palety v automobilovém průmyslu	3
1.5 Upřesnění zadání	3
2 Návrh technického produktu/systému.....	4
2.1 Průzkum stavu techniky.....	4
2.1.1 Aretační prvky.....	4
2.1.2 Ochranné prvky	6
2.1.3 Příprava pro skladování.....	6
2.1.4 Používané materiály	6
2.1.5 Svary.....	9
2.1.6 Analýza vysokozdvíhých vozíků s ohledem na používané palety	10
2.1.7 Manipulace s materiálem pomocí robota	11
2.2 Specifikace požadavků na technický systém.....	12
2.3 Návrh orgánové struktury	15
2.4 Přehled variant.....	16
2.4.1 Varianta I.....	16
2.4.2 Varianta II.	17
2.4.3 Varianta III.	18
2.5 Hodnocení variant navržených orgánových struktur technického systému	19
3 Optimalizace rozměrů a polohy postranice.....	20
3.1 Analýza rozměrů dílu	20
3.2 Analýza rozměrů palety s ohledem na transportní prostředky	20
3.3 Finální poloha dílu.....	21
4 Konstrukční návrh palety	22
4.1 Síly působící na paletu.....	22
4.1.1 Statické	22
4.1.2 Dynamické	24
4.1.3 Výsledné maximální síly na paletu	25
4.2 Konzola.....	26

4.2.1	Výpočet konzole v místě B	26
4.2.2	Výpočet konzole v místě A	29
4.3	Šrouby upevňující konzole	31
4.4	Obvodový rám	34
4.4.1	Kontrola namáhání na vzpěr	34
4.4.2	Kontrola svarů	35
4.5	Rozbor konstrukce	38
5	Kontrola návrhu palety pomocí MKP	43
5.1	Paleta je přepravována vysokozdvizným vozíkem a uchopena kolmo na bok s jednou stohovanou paletou.....	44
5.1.1	Rozbor zatížení.....	44
5.1.2	Spodní rám	45
5.1.3	Obvodový rám.....	45
5.1.4	Konzola A	47
5.1.5	Konzola B.....	48
5.1.6	Šrouby	49
5.2	Paleta je přepravována vysokozdvizným vozíkem a uchopena kolmo na čelo palety s jednou stohovanou paletou	50
5.2.1	Rozbor zatížení.....	50
5.2.2	Napětí	51
5.2.3	Deformace	51
5.3	Paleta je skladována ve stohu čtyř palet	52
5.3.1	Rozbor zatížení.....	52
5.3.2	Napětí	53
5.3.3	Deformace rámců	53
6	Technologický postup	54
7	Technicko-ekonomické hodnocení	57
7.1	Technické hodnocení	57
7.2	Ekonomické hodnocení	57
	Závěr.....	60
	Seznam použité literatury	61

Seznam příloh:

Příloha 1: Siemens NX8 – 3D model palety pro uložení postranice

Příloha 2: Siemens NX8 – Výkres sestavy: DP – 2014 – 1000

Příloha 3: Siemens NX8 – Výkres spodního rámu: DP – 2014 – 1001

Příloha 4: Siemens NX8 – Výkres obvodového rámu: DP – 2014 – 1002

Příloha 5: Siemens NX8 – Typový výkres palety: DP – 2014 – 1000 - 1

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Sídlo firmy Stauner Palet s.r.o.....	2
Obrázek 2: Paleta na klikové hřídele.....	3
Obrázek 3: Paleta na blok motoru	3
Obrázek 4: Paleta na autoskla	3
Obrázek 5: Paleta na díly karoserie.....	3
Obrázek 6: Paleta se svislými sloupky	4
Obrázek 7: Klapkový mechanismus.....	5
Obrázek 8: Paleta s horizontálními sloupky a plastovými lištami	5
Obrázek 9: Plastové lišty.....	6
Obrázek 10: Paleta z kompozitu.....	7
Obrázek 11: Plastová paleta	7
Obrázek 12: Hliníková paleta.....	8
Obrázek 13: Technologičnost svařovaných součástí	9
Obrázek 14: Europaleta.....	10
Obrázek 15: Parametry vysokozdvížných vozíků	10
Obrázek 16: Manipulační robot KR 60 L16-2 KS	11
Obrázek 17: Varianta I.	16
Obrázek 18: Varianta II.	17
Obrázek 19: Varianta III.	18
Obrázek 20: Rozměry postranice	20
Obrázek 21: Rozložení tíhové síly postranice na konzole	22
Obrázek 22: Zjednodušené zatížení konzolí	23
Obrázek 23: Dynamické síly na paletu při přepravě	24
Obrázek 24: Silové schéma konzole B.....	26

Obrázek 25: Umístění výstuhu konzole	27
Obrázek 26: Profil konzole B.....	27
Obrázek 27: Návrh rozložení šroubů	31
Obrázek 28: Rozmístění svarů konzole.....	36
Obrázek 29: Napětí v koutovém svaru	37
Obrázek 30: Konstrukce spodního rámu	39
Obrázek 31: Konstrukce obvodového rámu.....	39
Obrázek 32: Konstrukce konzole B	40
Obrázek 33: Zakládací lišta.....	40
Obrázek 34: Jistící rameno pod konzolou B	41
Obrázek 35: Rameno v zadní části palety	41
Obrázek 36: Detail dorazu zadního ramene	42
Obrázek 37: Umístění desek pro dokumentaci	42
Obrázek 38: Rozbor zatížení při přepravě kolmo na bok.....	44
Obrázek 39: Průběh napětí – spodní rám	45
Obrázek 40: Průběh deformace – spodní rám	45
Obrázek 41: Průběh napětí – obvodový rám	46
Obrázek 42: Průběh deformace – obvodový rám.....	46
Obrázek 43: Napětí v konzole A.....	47
Obrázek 44: Deformace v konzole A.....	47
Obrázek 45: Napětí v konzole B	48
Obrázek 46: Deformace v konzole B	48
Obrázek 47: Napětí na šroubech	49
Obrázek 48: Zatížení šroubů	50
Obrázek 49: Rozbor zatížení při přepravě kolmo na čelo	50
Obrázek 50: Napětí.....	51
Obrázek 51: Deformace	52
Obrázek 52: Zatížení palety ve stohu	52
Obrázek 53: Napětí.....	53
Obrázek 54: Deformace	53

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Tabulka specifikace požadavků	14
Tabulka 2: Morfologická matice	15
Tabulka 3: Hodnocení variant	19
Tabulka 4: Tabulka rozměrů přepravních prostor	21
Tabulka 5: Rozměry maximálních roztečí vidlí	38
Tabulka 6: Technologický postup – část 1	55
Tabulka 7: Technologický postup – část 2	56
Tabulka 8: Tabulka nákladů za přímý materiál	58

Seznam grafů:

Graf 1: Graf výhodnosti variant	19
---------------------------------------	----

Přehled použitých zkratk a symbolů

BMW	-	Bayerische Motoren Werke AG
CAD	-	Computer aided design
ISO	-	International Organization for Standardization
HDPE	-	High density polyethylene
HDPP	-	High density polypropylene
ČSN	-	Česká technická norma (dříve Československá státní norma)
EN	-	Evropská norma
MKP	-	Metoda konečných prvků
FEM	-	Finite element method

Úvod

Jako téma diplomové práce jsem si vybral „Optimalizace a návrh automatizované palety pro ukládání a následný transport postranice karoserie automobilu“. Cílem mojí práce je popsání konstrukce této palety

Automatizované palety jsou využívány převážně pro sériovou výrobu, kde je jejich přínos především z hlediska ekonomického. Úspora spočívá především v opakovatelném použití a nahrazení některých ustavovacích přípravků. Diplomová práce se zabývá návrhem a optimalizací palety nesoucí postranice karoserie automobilu.

Zadávací firma Stauner Palet s.r.o. má mnohaleté zkušenosti s návrhem a výrobou transportních přípravků, z nichž některé zajímavé řešení konstrukce jsou popsány v této práci. Pro každou součást je nutné udělat danou analýzu a navrhnout originální řešení pro splnění požadavků zákazníka.

První část práce nás seznamuje se zadavatelem a se sortimentem, jehož výrobou se zabývá. Jsou zde dopodrobna rozebrány některé zajímavé konstrukční prvky používané u automatizovaných palet. Následuje specifikace požadavků na paletu, ke které přistupujeme jako k technickému produktu za využití konstrukční nauky. Po specifikování požadavků, respektive problematiky, je vytvořena morfologická matice s výslednými variantami, které jsou následně zhodnoceny.

Druhá část se zaměřuje na nejlepší variantu palety. Je v ní uvedena optimalizace rozměrů palety v závislosti na ukládaný díl. Je zde brán ohled i na dopravní a manipulační techniku. Také jsou zde uvedeny tři možné varianty s popisem výhod a nevýhod každého návrhu.

Třetí část práce se zabývá většinou rozměrů a to jak rozměrem postranice auta, pro kterou byla navržena paleta, tak také ideálními rozměry palety podle velikosti bočnice. Je zde zohledněno také logistické hledisko. Na konci třetí kapitoly je vyřešeno, jaké je ideální uložení dílu do palety.

Následující část obsahuje rozbor sil působících na paletu. Dále jsou zde uvedeny jednotlivé konstrukční výpočty nosných a upevňovacích prvků palety, včetně kontroly svarového a šroubového spoje. Výpočty zahrnují návrh namáhaných profilů a svarů. Poté je zde dopodrobna rozebrána celá konstrukce palety a její stavba.

V kapitole s pořadovým číslem pět je kontrolována konstrukce pomocí metody konečných prvků v softwaru unigraphics NX 8. Na zadané paletě mohou nastat tři zátěžné stavy, které jsou zde využitím této metody řešeny. Je zde zachycen průběh napětí a deformací.

Dále je v práci vypracován technologický postup zvolené části palety a technicko-ekonomické hodnocení konstrukce a výroby. Závěr shrnuje veškeré poznatky z diplomové práce, jako příloha je zde přidána výkresová dokumentace.

1 Úvodní část

1.2 Historie palet ve strojním průmyslu

V roce 1913 byla v Americe zavedena, ve firmě Ford Motor Company, první pásová výroba v automobilovém průmyslu. Zaměstnanci firmy se nechali inspirovat pásovým zařízením, které se v té době používalo především na jatkách. Tato inovace v technologii výroby vedla ke zvýšené produkci a zároveň nižší ceně automobilu (Ford model T). Automobilové díly byly přepravovány v dřevěných bednách. Materiál z těchto beden byl poté dále zpracován a využit při výrobě dřevěných částí těchto automobilů. Zpracování těchto dřevěných beden bylo výhodné ze dvou důvodů a to sice jako recyklace použitého materiálu a zároveň z hlediska nákladů na výrobu.

Od té doby je jakákoli sériová výroba spjata s automatizací, která vede ke zvýšení efektivnosti výroby a to i při udržení požadované jakosti. Dále pro zvýšení účinnosti přepravy byla snaha o co největší využití přepravních prostředků. To se projevilo především za druhé světové války, kdy se americká zásobovací trasa riskantně táhla přes pacifický oceán.

Úplně první palety sloužili pro skladování dílů a jejich následný transport. Tehdy se jednalo o jednoduché konstrukce, do kterých byly díly zakládány ručně. Palety a automatické linky se poté staly součástí moderní výroby. Dnes už palety neslouží jen pro transport, ale také pro ustanovení polohy dílů a kooperují s obslužnými roboty automatizovaných linek. Jedním takovým zařízením je paleta pro uložení dílů automobilů o které pojednává tato práce.

1.3 Zadávající organizace

Firma Stauner Palet s.r.o. je členem mezinárodního sdružení firem Josta Engineering + Vetriebs GmbH. Toto sdružení firem má pobočky v Chorvatsku, Německu a České republice. Samotná firma Stauner Palet se zabývá výrobou systémů pro logistiku a ukládání dílů. Mezi zákazníky patří hlavně zástupci automobilového průmyslu a objevují se zde jména jako např. Porsche, Audi, Daimler, BMW, Volkswagen a Continental.



Obrázek 1: Sídlo firmy Stauner Palet s.r.o. [6]

Výše zmíněná firma produkuje speciální kontejnery pro lisované díly, nádoby pro skladování dílů, kontejnery pro montáž dílů i speciální palety pro agregáty. Vývojová

kancelář pracuje s různým CAD softwarem, proto dokáže flexibilně reagovat na požadavky zákazníka. Získané ISO certifikáty jsou zárukou vysoké kvality. Sídlo firmy je na adrese Starý Klíčov 143.

1.4 Palety v automobilovém průmyslu

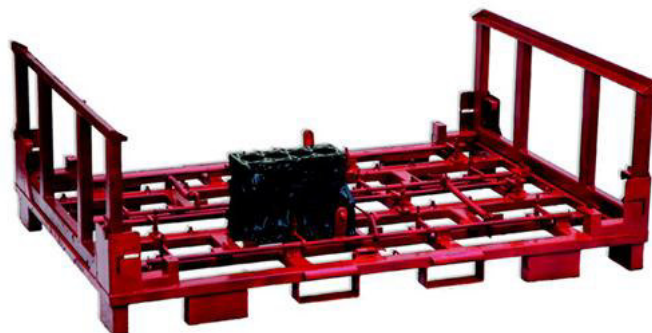
Sériová výroba, kterou automobilový průmysl bezesporu je, vyžaduje vždy maximální produktivitu. V samotné automobilce se většina komponentů vozu již nevyrábí, jsou dodávány od jednotlivých firem a dochází zde tedy pouze ke kompletizaci vozu. Složitější systémy jsou vyráběny v dílčích provozech a následně dováženy na montáž do továrny. Pro jejich přepravu jsou potřeba speciální přípravky, aby nedošlo k jejich poškození a zároveň se po nich požaduje kooperace s automatizovanými pracovišti.

Palety můžeme rozdělit podle typu přepravovaných součástí, palety pro:

- Hnací ústrojí automobilu (bloky motorů, hlavy válců, převodovky, chladiče...)
- Podvozek (nápravy, poloosy,...)
- Karoserie (sloupky, postranice, přední kapota...)
- Ostatní díly (klimatizace,...)



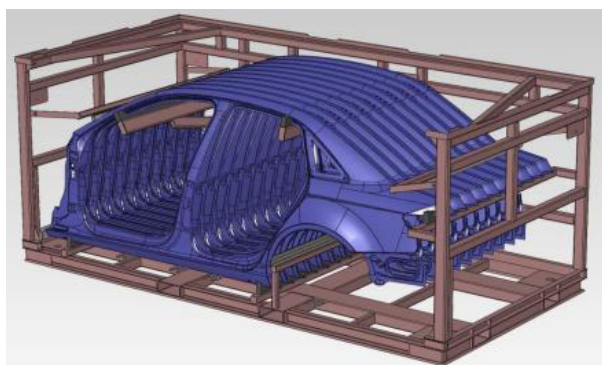
Obrázek 2: Paleta na klikové hřídele [7]



Obrázek 3: Paleta na blok motoru [7]



Obrázek 4: Paleta na autoskla [8]



Obrázek 5: Paleta na díly karoserie [9]

1.5 Upřesnění zadání

Úkol je, dle zadání, návrh automatizované palety. Paleta může mít maximální hloubku 1800mm a maximální výšku 1500mm. Počet uložených dílů má být v rozmezí 11-12 dílů. Vzdálenost mezi díly minimálně 100mm, aby nedošlo ke kontaktu

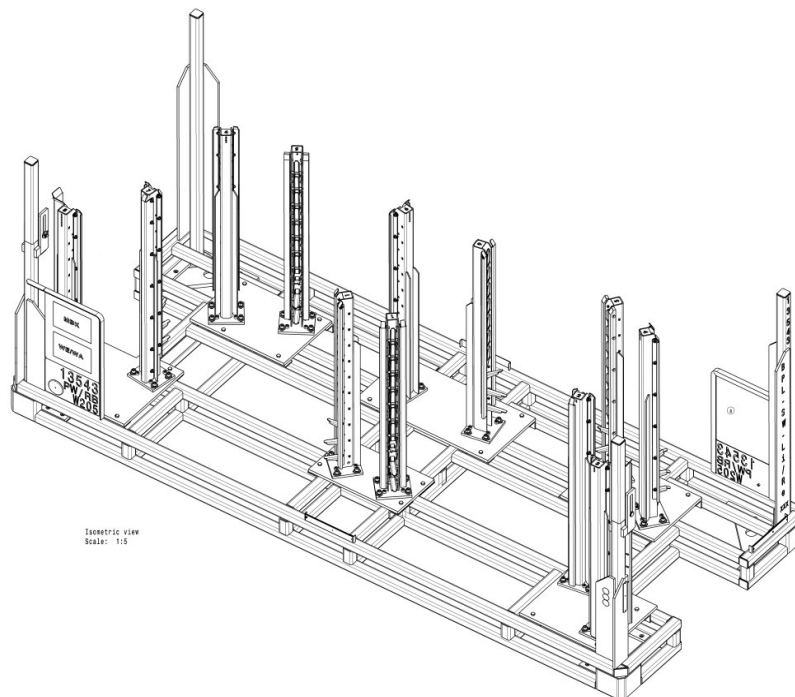
2 Návrh technického produktu/systému

2.1 Průzkum stavu techniky

Pro návrh produktu je vhodné se lépe seznámit s vyráběnými produkty. To obnáší porovnání jejich konstrukce a zjištění výhod a nevýhod daných řešení. Z důvodu návrhu palety pro originální díl se nepředpokládá existence produktu, který splňuje podmínky zadání. Důležitější proto budou jednotlivé prvky ostatních konstrukcí.

2.1.1 Aretační prvky

U běžných palet se zpravidla používají klasické kotvicí prvky (šrouby, kolíky, provazy,...), avšak specializované palety využívají tvaru součásti, kde prvky palety mají negativní tvar. Kovové automatické palety mají svařovaný hlavní rám, na který jsou dle potřeb dílu přesně připevněny sloupky, které tento díl drží. Polohy sloupků jsou poté kontrolovány optickými přístroji. Sloupky mohou být horizontální nebo vertikální, výběr záleží na jednotlivém druhu dílu a samozřejmě také na jeho dalším technologickém zpracování.

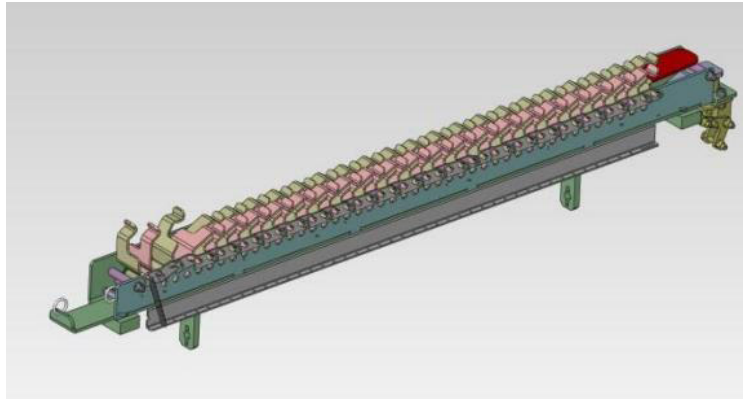


Obrázek 6: Paleta se svislými sloupky [10]

Všechny vertikální sloupky potřebují nějaký druh mechanismu. Tento mechanismus má za úkol, při založení dílu do palety, ustavit jeho polohu a zároveň připravit držák následujícímu dílu. Držák musí být při zakládání předchozího dílu sklopen, aby nebránil manipulaci s dílem, avšak po založení tohoto dílu musí být opět vyklopen pro následující díl. V praxi se často používá klapkový mechanismus nebo se každý díl zakládá za pomoci otočných palců.

Zakládací palce si lze představit jako otočné páky. Před uložením dalšího dílu jsou obsluhou otočeny do potřebné polohy. Při vykládání musí být páky opět otáčeny, proto je jejich míra automatizace menší.

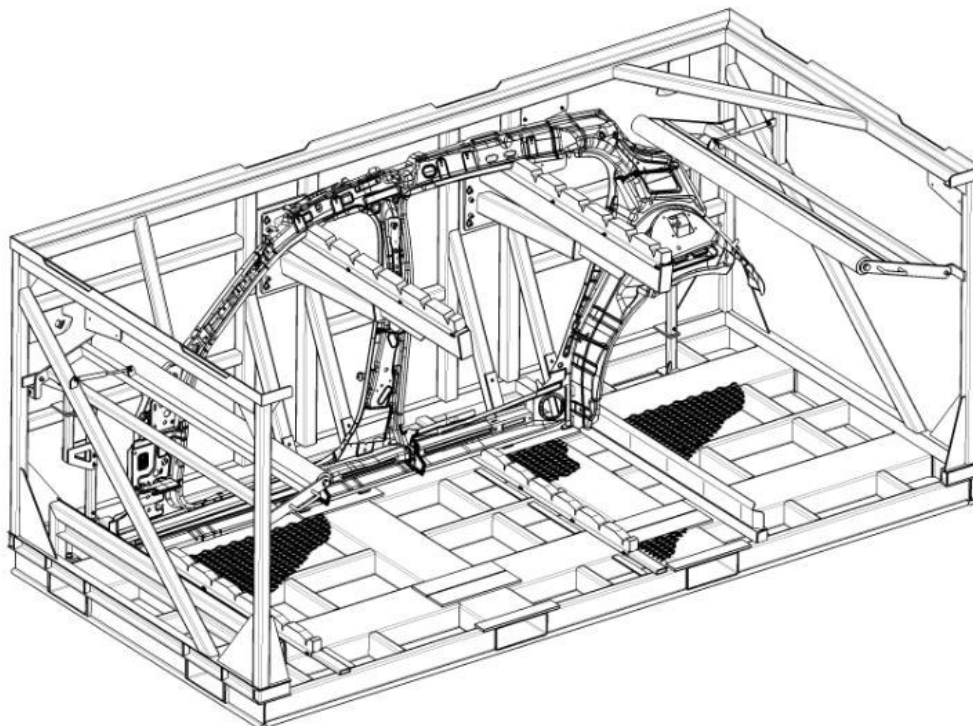
V klapkovém mechanismu jsou klapky mezi sebou propojeny, tak aby plnily svoji funkci. Mechanismus polohy klapky, který zajišťuje jejich vyklopení, funguje na jednoduchých principech. Na opačné straně klapky je závaží nebo je klapka držena dvěma pružinami. Pružiny slouží k aretaci klapky a to ve dvou polohách. V ostatních polohách jsou za pomoci pružin staženy do krajních poloh.



Obrázek 7: Klapkový mechanismus [11]

Při využití gravitační síly je klapka spojena s další klapkou přes páky. V jedné z nich je drážka pro závaží, ta se naklopí ve chvíli, kdy je do předchozí klapky ukládán díl. To způsobí pohyb závaží, které naklopí nezatíženou klapku.

Horizontální sloupky obvykle nepotřebují být opatřeny žádným speciálním mechanismem. Jsou v nich totiž V drážky, do kterých díl dobře zapadne. Výhoda těchto sloupků spočívá v jednoduchosti uložení, avšak při vykládání se díl musí přizvednout, aby se mohl uvolnit. Tento pohyb musí být samozřejmě respektován při návrhu.



Obrázek 8: Paleta s horizontálními sloupky a plastovými lištami [12]

Klapkový i palcový mechanismus má pouze jeden stupeň volnosti, stejně tak má pouze jeden stupeň volnosti díl, který je uložen do zářezů horizontálních sloupků. Při manipulaci působí na díly v paletě síly, které by vedly k jejich uvolnění v případě rázu. Aretace musí fungovat samozřejmě i pro případ částečně naplněné palety. U horizontálních sloupků se přes díly obvykle položí jisticí prvek, který zabraňuje vyskočení dílu ze sloupku. Pro zajištění bývá osazena tlumičovými vzpěrami, které přitlačují díl do zářezů.

2.1.2 Ochranné prvky

K poškození dílu by mohlo docházet při zakládání dílu a to v případě, že by materiál palety byl tvrdší než materiál zakládaného dílu. Kvůli tomu jsou ocelové palety vybaveny plastovými lištami (viz obrázek 9), nebo je v místě kontaktu s paletou nanesen ochranný povlak.



Obrázek 9: Plastové lišty [13]

Těžké nebo křehké díly by mezi sebou neměli přicházet do kontaktu, aby se o sebe vzájemně nepoškodily. Tyto díly mohou být pevně aretovány k paletě, nebo by měli být odděleny přepážkami.

Drobnější a křehčí díly jsou přepravovány zpravidla v uzavřených paletách, tak nedojde k jejich poškození či dokonce vypadnutí z palety.

2.1.3 Příprava pro skladování

Automatizované palety, které slouží pro přepravu dílů, jsou většinou po doručení skladovány. Některé palety musí být stohovatelné, aby mohla být efektivněji využita plocha skladu. Této vlastnosti se využívá i při přepravě, pokud je to možné. Na ocelových paletách jsou ocelové pilíře, které nesou hmotnost palet, které jsou na nich uloženy. Pilíře jsou na každém rohu a mohou být složitelné nebo pevné. Při stohování je paleta namáhána silou od palet nad ní položených, tyto síly se však nesmí na uložený díl přenášet.

2.1.4 Používané materiály

Kompozity

Na našem trhu se objevují kompozitní palety, které jsou lisované ze dřeva. Základním materiálem na výrobu jsou dřevěná vlákna a pryskyřice. Palety jsou lisovány za vysokých teplot a tlaku. Tímto formovacím procesem tak vznikají tužší palety, které mají větší hustotu než suché dřevo. Tyto palety mají tedy navržený ideální tvar pro automobilní průmysl. Jsou zasouvateľné a o rozměru 1,22m x 1,14m.

Automobilový průmysl je v dnešní době závislý na stále se obnovujících a zdokonalujících se technologiích výroby, přičemž tyto kompozitní palety mohou být považovány za novou technologii v přepravování dílů dopravních prostředků.



Obrázek 10: Paleta z kompozitu [14]

Výhody a nevýhody kompozitních palet:

- *Výhody*: nižší cena, větší odolnost než dřevěné, elektrický izolant
- *Nevýhody*: neopravitelné, pro méně tvarově složité díly

Polymery

Ve Spojených státech se každoročně vyrobí osm miliónů plastových palet. Využití najdou v automobilovém, potravinářském, farmaceutickém a chemickém průmyslu. Pro všechny tyto druhy průmyslu je bezesporu největší výhodou jejich hygieničnost, protože palety nejsou porézní a tudíž nereagují s přepravovaným materiálem. Dají se snadno čistit a dezinfikovat. Všechny hygienické palety se vyrábějí z plně zdravotních materiálů HDPE a HDPP. Plastové prvky jsou používány i u ostatních druhů palet, a to především tam, kde je potřeba ochrana dílu před otěrem povrchu. Protože jsou i antistatické, najdou také uplatnění v elektrotechnickém průmyslu. Jejich cena je oproti dřevu větší, ale výrobci palet se ji snaží snižovat použitím recyklovatelných plastů.



Obrázek 11: Plastová paleta [15]

Výhody a nevýhody plastových palet:

- *Výhody*: odolnost vůči chemikáliím, korozi a vyšším teplotám, neabsorbují vlhkost, větší životnost, slouží jako elektrický izolant, recyklovatelnost, snadno barevně modifikovatelné, opravitelnost tavením. U termo plastů je možnost vytváření speciálních tvarů. Svařováním se u některých palet mění jejich rozměry.
- *Nevýhody*: vyšší cena než dřevěné (rentabilní z dlouhodobého hlediska)

Ocel

Ocelové palety tvoří méně než jedno procento současných palet. Vyskytují se ve stejných průmyslech jako plastové palety a to proto, že mají podobné vlastnosti. Oproti ostatním materiálům je ocel pevnější a odolná vůči vysokým teplotám. Ocelové palety jsou používány pro sériovou výrobu, kde je potřeba velké životnosti a automatizovat proces nakládání nebo vykládání z palety.

Výhody a nevýhody ocelových palet:

- *Výhody:* nehořlavost, pevnost a tuhost, životnost, možnost výroby velkých palet, odolnost vůči některým chemikáliím reagujícími s plasty
- *Nevýhody:* vyšší cena (rentabilní z dlouhodobého hlediska), koroze, hmotnost, elektrická vodivost, ocel je feromagnetická, možnost vzniku jisker při tření o tvrdý povrch

Hliník

Má podobné vlastnosti jako ocel, ale není magnetický a je antikorozní. Je lehčí než ocel a některé dřevěné palety, tím snižuje přepravní náklady. Nevyžaduje žádnou údržbu (antikorozní nátěry apod.).

Výhody a nevýhody ocelových palet:

- *Výhody:* nehořlavost, pevnost a tuhost, životnost, odolnost vůči korozi, hmotnost, odolnost vůči korozi
- *Nevýhody:* nejvyšší cena (rentabilní z dlouhodobého hlediska), elektrická vodivost, tepelná vodivost



Obrázek 12: Hliníková paleta [16]

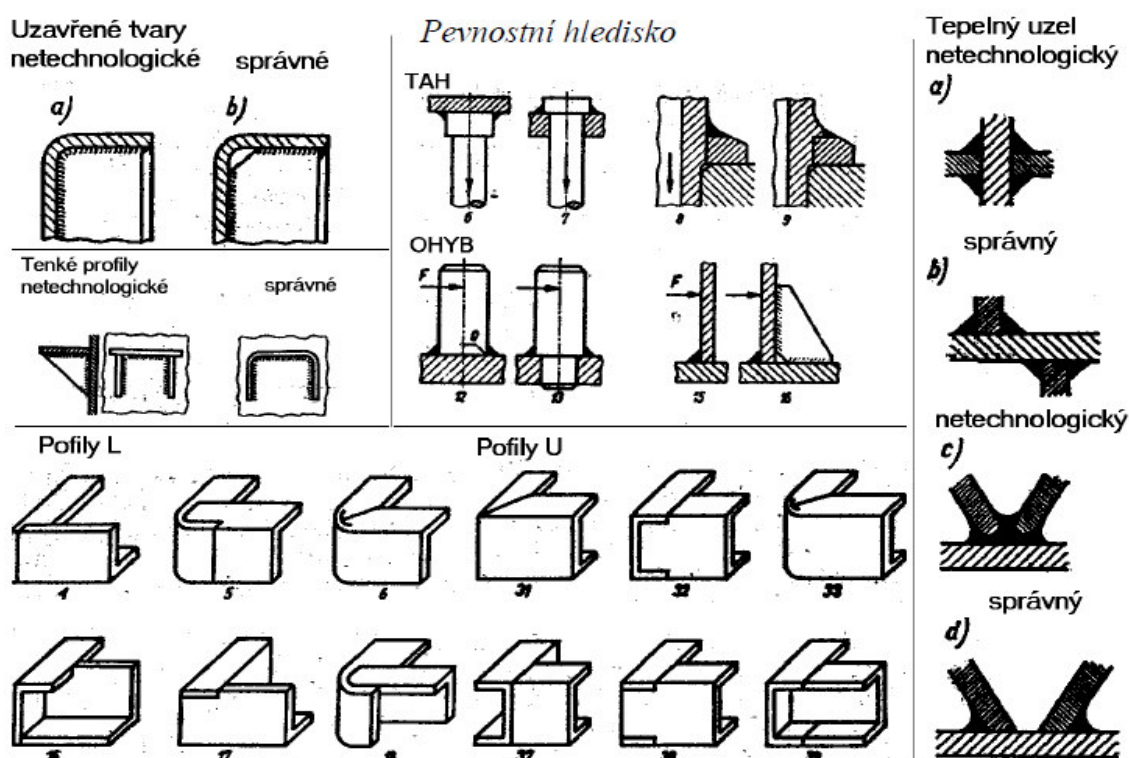
2.1.5 Svary

Jednotlivé díly palety jsou spojeny pomocí svarů. Při návrhu svarů se dodržují zásady pro správnou technologičnost konstrukce. Tím zamezujeme nadměrnému namáhání svarů, umožňujeme jejich proveditelnost a dosahujeme ekonomické úspory. Na paletě popisované v diplomové práci je při kontaktu dvou rovných ploch využit koutový svar a při kontaktu zaoblených ploch s ostrou hranou vznikají ideální svarové plochy pro tvorbu V svaru.

Technologičnost svařovaných součástí

Při návrhu svarů se dodržují hlavně následující zásady:

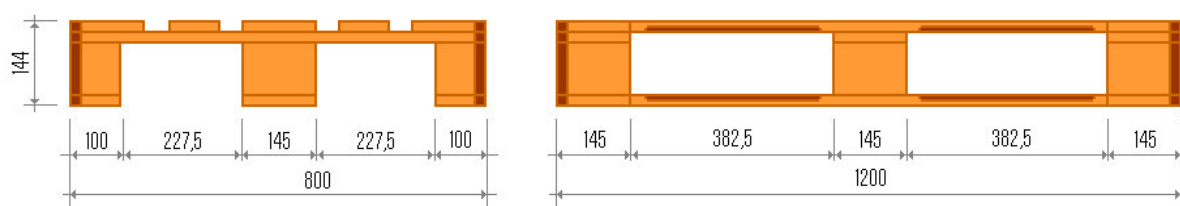
1. Místa svaru musejí být přístupná pro elektrodu.
2. Neumísťovat mnoho spojů v jednom místě. Kumulace tepla ovlivňuje metalurgii a tím i deformační procesy. Pokud je možnost, zachovává se symetrie k ose skupiny a tím je dodržena tepelná rovnováha.
3. Při různých tloušťkách průřezů upravovat hrany v místě spoje. Ideální je stejná tloušťka spojovaných průřezů.
4. Snažit se o kontakt svařovaných dílů pro zabezpečení polohy.
5. Využít jednoduchých tvarů normalizovaných polotovarů.
6. Vyhnout se uzavřeným tvarům, je potřeba technologická úprava.
7. Nevolit v místě svaru tenké stěny z důvodu možnosti propálení.
8. Umístit svarové spoje dál od povrchů, které se budou obrábět.
9. Povrchové nebo tepelné úpravy povrchu provádět až po svařování.
10. Při uzavřené konstrukci uvažovat o možnosti vzniku kondenzátu v konstrukci
11. Respektovat danou svařovací technologii při konstruování. Např. při automatizovaném svařování je vhodné použít dlouhé plynulé jednoduché svary.



Obrázek 13: Technologičnost svařovaných součástí [17]

2.1.6 Analýza vysokozdvížných vozíků s ohledem na používané palety

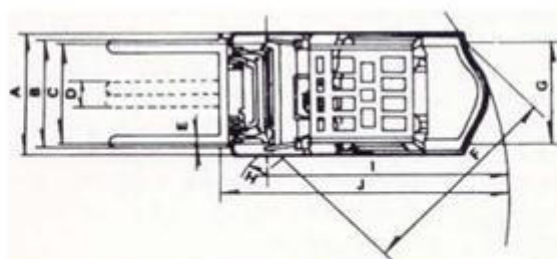
S větším množstvím přepravovaných dílů roste jak hmotnost, tak velikost a proto je k manipulaci s paletou potřeba nějakého manipulátoru. Europaleta je v Evropě nejrozšířenější přesně normovaná paleta. Její plocha je 0,96m² (1200x800mm), váha se pohybuje mezi 20-24kg dle vlhkosti dřeva. Jedná se o čtyřstrannou paletu, tzn. že je možná uchopitelnost ze všech čtyř stran. Její rozměry jsou odvozeny od evropských železničních vagonů, nikoliv od přepravních ISO-kontejnerů. Rozměry kontejneru pochází ze Spojených států, proto se transport v kontejnerech nevyplácí, kvůli rozdílným systémům délkových měř nedochází k využití plochy kontejneru. Většina zdvihací techniky je dimenzována právě pro nakládání těchto europalet.



Obrázek 14: Europaleta [18]

Paleta pro uložení postranic je rozměrově větší a je proto třeba použít vysokozdvížný vozík. Ten umožňuje zdvihání břemene do větší výšky (cca až 7m). Má mohutnější konstrukci než paletový vozík, aby nedošlo k jeho převrnutí. Používá se pro vykládání, nakládání zboží a pro ukládání do nízkých skladů. Má univerzálně stavitelné pracovní vidlice, na které je široké příslušenství přípravek. O pohon vozíku se stará elektromotor nebo spalovací motor.

Na obrázku 15 jsou uvedeny rozměry vidlic vysokozdvížných vozíků firmy BELET. Pokud se vynásobí číslo z názvu vozíku stem, dostaneme nosnost vozíku v kilogramech.



MODEL	DV15/MV15	DV18/MV18	DV20/MV20	DV25/MV25	DV30/MV30	DV35/MV35
MAXIMÁLNÍ ROZTEČ VIDLIC C.	950	950	1 050	1 050	1 200	1 200
ŠÍŘKA VIDLICE D.	100	100	120	120	130	130

Obrázek 15: Parametry vysokozdvížných vozíků [19]

Vidlice vozíku jsou nastavitelné, jejich minimální vnější rozteč je šířka dvou vidlic vedle sebe a maximální dle typu vozíku. To vede k velké univerzálnosti a je toho využíváno pro upevňování širokého množství příslušenství: montážní plošiny, pluhy, radlice, výklopné kontejnery, nosné háky, jeřábové ramen atd. Na kovových paletách dále mohou být závěsná oka pro manipulaci pomocí jeřábu. Tento případ manipulace může nastat při přemísťování palet po výrobní hale, např. za využití mostového jeřábu.

2.1.7 Manipulace s materiálem pomocí robota

V dnešní době se v továrnách na výrobu automobilů používají manipulační roboti téměř na veškerou těžkou práci a to zejména na manipulaci, svařování, lakování či jinou práci, která by měla být prováděna s nejvyšší přesností. Oproti lidské pracovní síle má manipulační robot bezesporu několik velkých výhod. Mezi ně patří především rychlost, vysoká flexibilita, vyšší kvalita práce a minimální odstávky stroje.

Pro vykládání postranice slouží manipulační roboti. Tito manipulační roboti jsou využíváni k překládání dílů z připravené palety na svařovací přípravek. Robot je ovládán pomocí optoelektronických senzorů a dokáže přemísťovat materiál s přesností na desetinu milimetru. U manipulačních robotů je nejčastěji využíván hydraulický pohon, popřípadě pneumatický či elektrický, to vše vždy závisí na požadovaném výkonu robota. Robot vykonává pohyb nazvaný „pick and place“ neboli „vezmi a umísti“, přičemž je robot schopen tento úkon provést za 2-10 sekund v závislosti na vzdálenosti překládání. Pro tuto činnost se zpravidla využívají roboti se šesti stupni volnosti.

Roboti mohou mít různé druhy koncových hlavic, mezi ně patří hlavice mechanické, podtlakové, magnetické a adhezní. Nejpoužívanějším typem jsou hlavice mechanické, které jsou použité i v případě přendávání postranice. Hlavice robota je speciálně upravena pro potřeby manipulace s postranicí a musí mít minimálně troje uchopovací čelisti, aby mohla být postranice přesunuta. Takto speciálně upravené čelisti jsou vytvořeny z důvodu stabilizování dílu při jeho přesunu a zároveň ke snížení upínací síly na jedny čelisti.

Mimo roboty manipulační se při výrobě palet také používají roboti na výrobu svarů, přičemž jediný robot zvládne během 24 hodin udělat 2,3 miliónu bodových svarů.

Na obrázku 16 je robot od firmy KUKA. Je zde uveden jako příklad manipulačního robota, jelikož jeho parametry vyhovují naší požadavkům na přenos postranice automobilu, která váží 13 kg. Více parametrů stroje viz tabulka v obrázku.



Obrázek 16: Manipulační robot KR 60 L16-2 KS [20]

2.2 Specifikace požadavků na technický systém

Při specifikaci se udělá přehled jednotlivých požadavků a následně jsou ohodnoceny známkou 1-4, kde 4 je největší váha tj. nejdůležitější parametr. Dochází ke zpřesnění zadání o nové hodnoty, které se v závislosti na váze budeme snažit splnit.

Požadované reflektivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory k provozní etapě životního cyklu.	Požadované hodnoty vč. dovolených odchylek	Váha (1-4)
1. POŽADAVKY K TRANSFORMAČNÍM FUNKCÍM & ÚČINKŮM TS		
1.1. Operátor (paleta)		
•Umožnit uložení postranice	Zakládána manuálně, vykládána robotem	4
•Zajištění polohy postranice při plnění	Automaticky, mechanicky	4
•Zajištění polohy postranice při manipulaci	Manuálně, mechanicky	4
•Umožnit manipulaci za pomoci techniky	Vysokozdvíhový vozík	4
•Možnost stohování palet	Tvarové prvky konstrukce	2
1.2.Operand (postranice)		
•Velikost postranice		4
-hmotnost	13,075kg	
-rozměry	1190x3020x406 (V x Š x H)	
1.3.Proces (přeprava)		
•Snadné naplnění a vykládání	Aretace dílu tvarem	3
•Umožnit manipulaci	Rozměry respektující dopravní prostředek	4
•Ochrana postranice před poškozením	Rámem palety	4
2. POŽADAVKY K PROVOZUSCHOPNOSTI TS (JEN V PROVOZNÍ ETAPĚ LC):		
2.1. Provoz v požadovaném MÍSTĚ		
•Provozní prostředí	Výrobní hala	3
2.2. Provoz v požadovaném ČASOVÉM rozmezí:		
•Životnost	7 let	4
•Frekvence použití	Velmi vysoká	4

Požadované reflektivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory k provozní etapě životního cyklu.	Požadované hodnoty vč. dovolených odchylek	Váha (1-4)
2.3. Pomocné procesy SERVISU OPERÁTORŮ při provozu		
•Údržba	minimální	4
•Provozní náklady	žádné	4
3. POŽADAVKY K ČLOVĚKU VE VŠECH ETAPÁCH ŽIVOTNÍHO CYKLU		
3.1. Zdraví, ergonomie, hygieničnost		
•Bezpečnost proti poranění		4
•Umístění ovládacích prvků		4
•Podpora nohou při zakládání		4
4. POŽADAVKY K OSTATNÍM TECHNICKÝM SYSTÉMŮM/PROSTŘEDKŮM VE VŠECH ETAPÁCH ŽIVOTNÍHO CYKLU BEZ PROVOZNÍ ETAPY (VIZ 2.1):		
4.1. Technické prostředky a Tg k dispozici		
•Vývoj a výroba	Standartní	3
•Distribuce (pozemní a námořní), likvidace	Standartní	3
5. POŽADAVKY K AKTIVNÍMU & REAKTIVNÍMU, MATER. & EKOLOG. OKOLNÍMU PŘÍRODNÍMU SYSTÉMU VE VŠECH ETAPÁCH ŽIVOTNÍHO CYKLU:		
5.1. Vstupní materiály a energie		
•Ekologičnost použitých materiálů a procesů	Výhradně	4
•Spotřeba materiálů a energií	Minimální	4
•Klimatické pásmo	Mírné	3
5.2. Výstupní materiály a energie		
•Ekologičnost výstupních materiálů a energií	Výhradně	4
•Množství odpadových materiálů a energií	Minimální	4
6. POŽADAVKY K (ODBORNÝM) INFORMAČNÍM SYSTÉMŮM VE VŠECH ETAPÁCH ŽIVOTNÍHO CYKLU:		
6.1. Informace a znalosti k dispozici		
•Vývoj a výroba	Standartní	3
•Distribuce, provoz & údržba, likvidace	Standartní	3

Požadované reflektivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory k provozní etapě životního cyklu.	Požadované hodnoty vč. dovolených odchylek	Váha (1-4)
6.2. Informace a znalosti vyvolané		
•Vývoj a výroba	Dílčí školení	4
•Distribuce, provoz & údržba, likvidace	Zaškolení obsluhy	4
7. POŽADAVKY K MANAŽERSKÉMU (INFORMAČNÍMU) SYSTÉMU VE VŠECH ETAPÁCH ŽIVOTNÍHO CYKLU:		
7.1. Produkt		
•Patenty a licence	Bez porušení	4
•Závazné normy	dodržet	4
•Typ výroby	kusová	3
•Počet kusů	500	4
7.2 Termíny		
•Celkové trvání vývoje a výroby	Maximálně 8 měsíců	4
8. POŽADAVKY NA OBECNÉ KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI:		
•Odolnost proti opotřebení	vysoká	4
•Odolnost proti UV záření	vysoká	4
9. POŽADAVKY NA OBECNÉ KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI:		
•Spojovací prvky	Normalizované	4
•Nenormalizované součásti	Snadná výroba z nakupovaných normalizovaných polotovarů	4
10. POŽADAVKY NA ZNAKOVÉ KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI (CHARAKTERISTIKY):		
• Typ ovládání a zakládání	manuální	4
• Typ vykládání	automatické	4

Tabulka 1: Tabulka specifikace požadavků

2.3 Návrh orgánové struktury

K požadovaným hlavním funkcím palety jsou v tabulce 2 přiřazeny odpovídající orgány tzv. nositele funkcí. Pro usnadnění tvorby variant jsou v tabulce uvedeny nejpravděpodobnější nositelé. Varianty vznikly proložením křivek na základě racionálního rozhodování.

Funkce		Funkční principy a odpovídající orgány		
		1	2	3
	Uložení dílu	Svisle	Vodorovně	
2	Zajištění dílu při plnění UMOŽNIT	Klapkový mechanismus	Plastové lišty s negativním profilem	Stavitelné plastové palce
3	Zajištění dílu při manipulaci UMOŽNIT	Zarážka poslední klapky	Rameno přes uložené díly	
4	Zajištění dílu JISTIT	Samosvorný mechanismus	Tlumičové vzpěry	Tíhou jisticích prvků
5	Manipulaci s paletou UMOŽNIT	Oka pro zvedání jeřábem	Otvory pro vysokozdvížený vozík v základním rámu	Kombinace obou způsobů
6	Stohování palety VÝHODOU	Obvodový rám	Stohování neumožněno	Pevné pilíře

Tabulka 2: Morfologická matice

● *Varianta I.*

Paleta se svislými pilíři opatřená klapkovým mechanismem s pružinami, který je jištěn samosvornou zarážkou klapky. Nelze stohovat.

● *Varianta II.*

Díl uložen na vodorovných příčnicích s plastovými lištami, jištěn rameny přes díly s tlumičovými vzpěrami

● *Varianta III.*

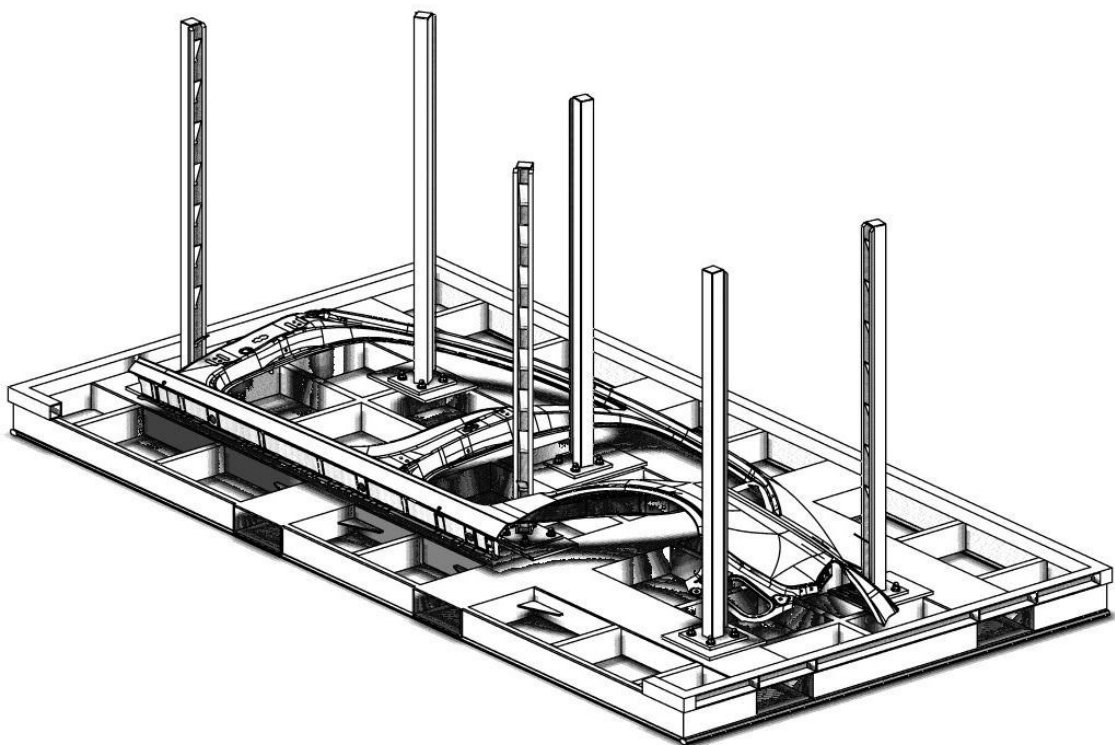
Paleta s vodorovnými příčnicími s plastovými zakládacími palci, jištění rameny drženími v poloze převážně vlastní vahou.

2.4 Přehled variant

2.4.1 Varianta I.

Každý díl je ukládán do klapkového mechanismu fungujícího na principu gravitace. Tento mechanismus je při transportu zajištěn pevnou záložkou. Pilíře jsou pevné s přesně definovanou polohou. Paleta je určena pro přepravu vysokozdvizným vozíkem. Kolem ukládaných postranic není žádný rám, proto nejsou díly po obvodu chráněny před nečekaným poškozením.

Tato varianta je vhodná převážně pro přepravu po výrobní hale, kde je menší riziko poškození. Při optimalizované konstrukci lze na spodní rám umístit sloupky pro pravou i levou postranic. Konstrukce však neumožňuje stohování palet na sebe.



Obrázek 17: Varianta I.

Výhody:

- Sloupky nesoucí díl jsou připevněny hned k hlavnímu rámu
- Stejný pohyb při zakládání a vykládání klapkového mechanismu
- Při správném návrhu rozložení možno paletu osadit sloupky pro levou i pravou postranic.
- Menší deformace nosných prvků než u dlouhé konzoly při vodorovném uložení

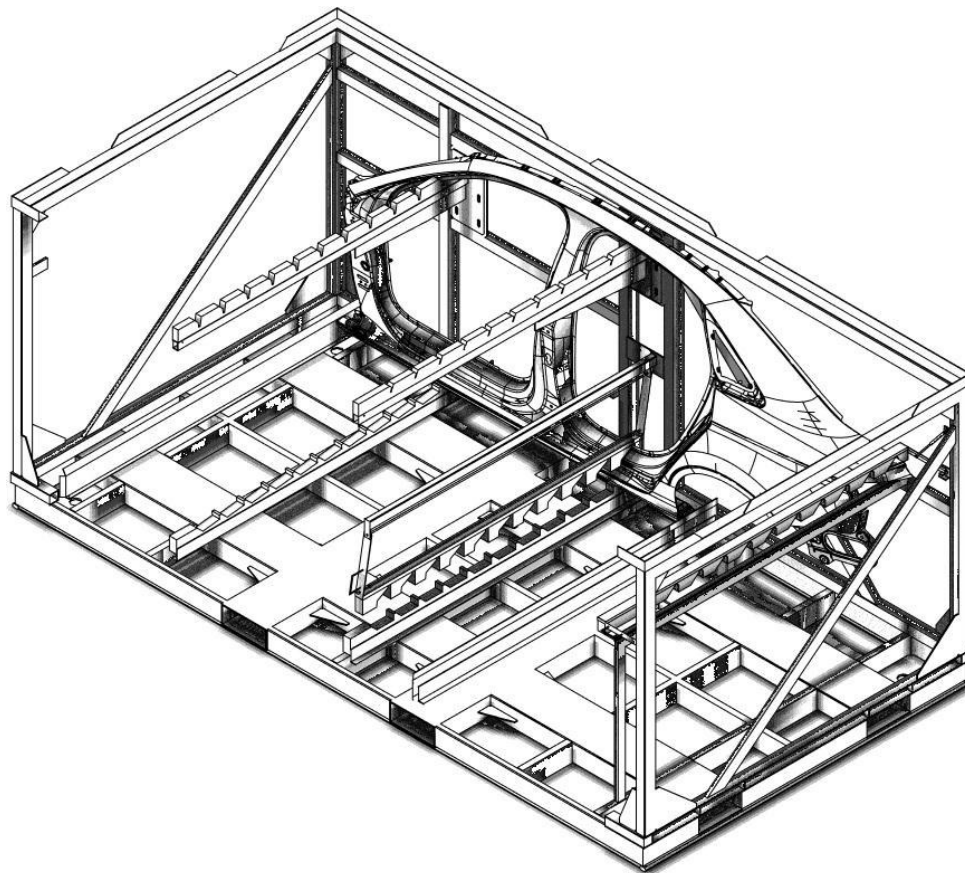
Nevýhody:

- Složitější a nákladnější mechanismus ukládání
- Menší ochrana dílu konstrukcí palety
- Paleta není stohovatelná
- Při zakládání a vykládání nutnost zvednutí dílu nad sloupky

2.4.2 Varianta II.

V případě této varianty již není díl ukládán na svislé sloupky, ale na vodorovné příčníky. Na nich jsou ochranné plastové lišty s negativním tvarem dílu. Při zakládání se díl přesouvá nad lištami, až k výřezu kam má být uložen. Pro uložení, respektive vyložení, následuje svislý pohyb. Konstrukce ukládání dílu je jednodušší a lišty jsou levnější než klapkový mechanismus, přesto je potřeba základní rám doplnit o konstrukci nesoucí příčníky s lištami.

Před transportem se na díly pokládá rameno s tlumičovou vzpěrou přidržující všechny díly. Kvůli konstrukci nesoucí příčníky lze paletu snadno upravit pro stohování a také aby lépe chránila díly. Ze zadání vidíme větší dovolenou hloubku palety než její výšku, proto budeme mít pro uložené díly větší prostor.



Obrázek 18: Varianta II.

Výhody:

- Obvodová konstrukce palety chrání díl
- Snadné stohování
- Tuhost konstrukce
- Jednoduchá konstrukce

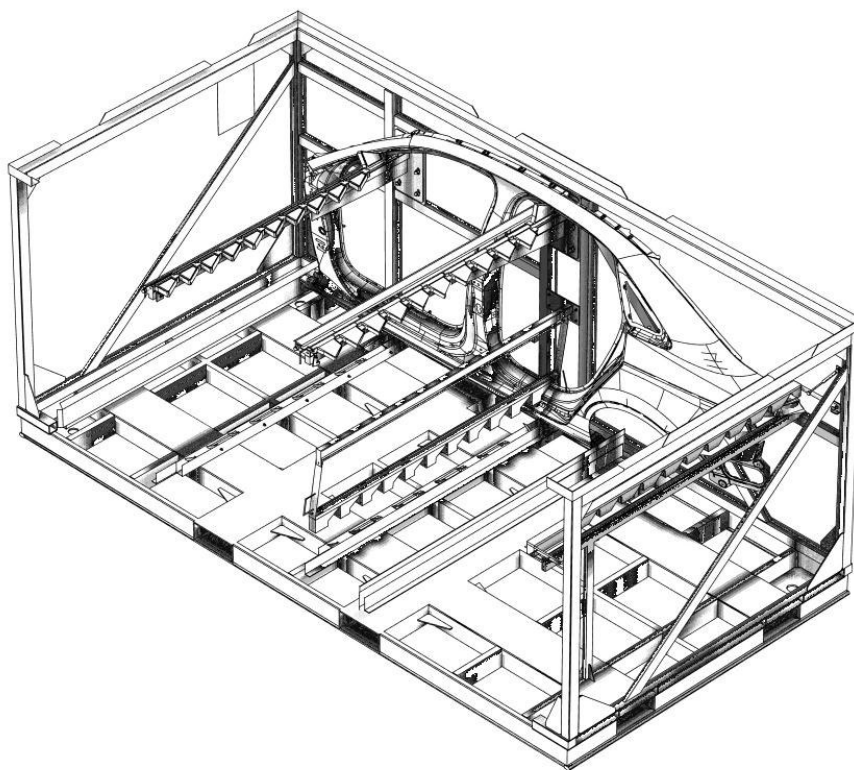
Nevýhody:

- Nutnost obvodového rámu pro konzole nesoucí díl
- Menší kapacita z důvodu nutnosti přizvednutí dílu
- Větší hmotnost konstrukce

2.4.3 Varianta III.

Paleta zmíněná ve třetí variantě kombinuje výhody palet s vodorovnými lištami a palet s klapkovým mechanismem. Palety s vodorovnými lištami jsou levnější na výrobu a snadno stohovatelné kvůli obvodovému rámu. Klapkový mechanismus je oproti tomu sice nákladnější, ale zase umožňuje snadnější nakládání a vykládání dílu. Tím šetří prostor a zvyšuje počet přepravovaných dílů.

Plastové lišty jsou u třetí varianty nahrazeny sklopnými plastovými palci, které mají podobnou funkci jako klapkový mechanismus. Díl se tedy nemusí při zakládání vůbec nadzvedávat a hrozí tak menší možnost kolize s ostatními díly. Konstrukce umožňuje i snadnou montáž prvků, které usnadňují manuální zakládání dílů. Automatizované vykládání probíhá robotem, ten díl vykládá zvednutím stejně jako u plastových lišt.



Obrázek 19: Varianta III.

Výhody:

- Obvodová konstrukce palety chrání díl
- Snadné stohování
- Možnost uložení většího počtu dílů oproti konstrukci pouze s lištami
- Tuhost konstrukce
- Prvky usnadňující obsluhu manuální zakládání

Nevýhody:

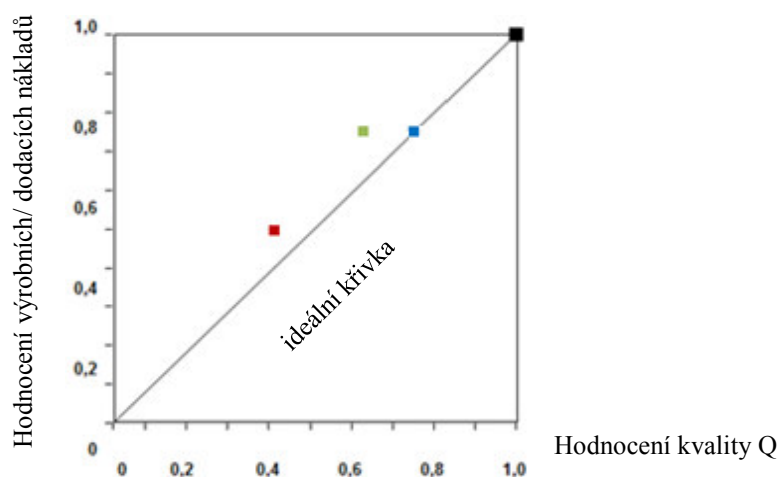
- Nákladnější na výrobu
- Nutnost obvodového rámu pro konzole nesoucí díl
- Větší hmotnost

2.5 Hodnocení variant navržených orgánových struktur technického systému

Hlavní funkce jsou hodnoceny 1 (minimum) až 4 (maximum), hodnocení zahrnuje také náklady. Získává se tak představa o kvalitě výrobku v závislosti na jeho ceně. Hodnocení je vloženo do grafu 1. Křivka v grafu, označena jako ideální, znázorňuje stav využití nákladů pro získání dostatečné kvality.

Varianta/alternativa		1	2	3	ideál
Kritéria kvality Q	Zajištění dílu	2	3	3	4
	Manipulace	3	2	2	4
	Stohování	1	3	3	4
	Zakládání	1	2	3	4
	Celkové hodnocení	7	10	11	16
	Celk. norm. hodn.	0,43	0,62	0,75	1
Kritéria nákladů C	Náklady	2	3	2	4
	Celkové hodnocení	2	3	2	4
	Celk. norm. hodn.	0,5	0,75	0,75	1
	Pořadí	3	2	1	

Tabulka 3: Hodnocení variant



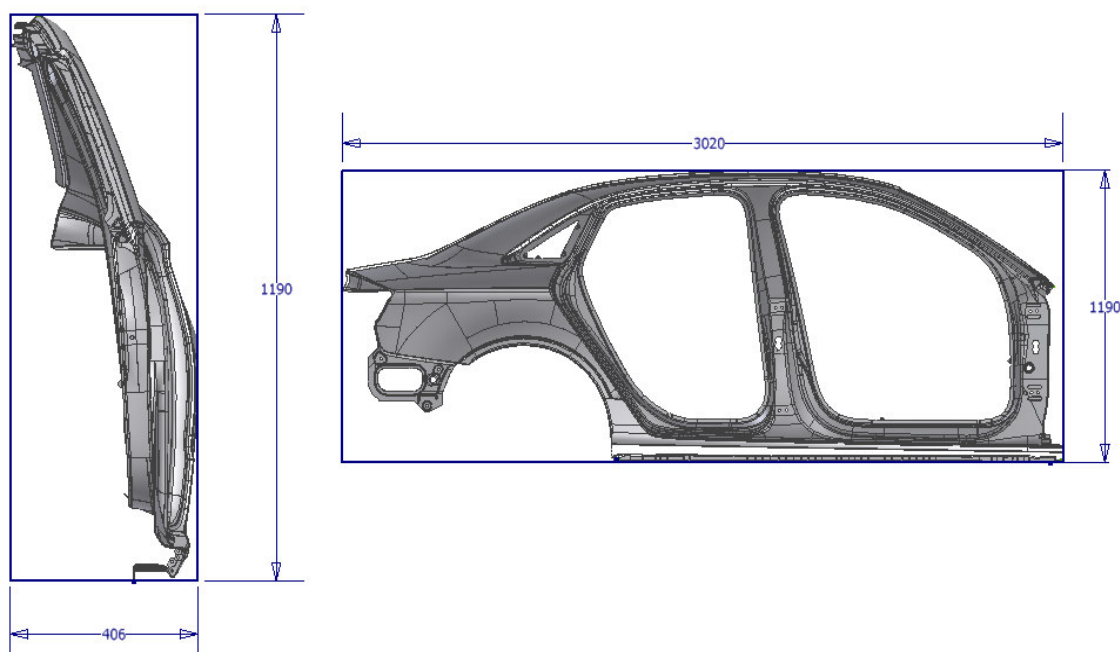
Graf 1: Graf výhodnosti variant

Z grafu 1 vyplývá, že varianta III. je nejlepší, protože se nejvíce blíží ideální křivce. Jejím opakem je levná varianta I., která má nízké hodnocení kvalitativních aspektů. Varianta II. má oproti ideálu trochu horší hodnocení kvality a to při stejných nákladech. Náklady u varianty III. jsou sníženy o ušetřené peníze vlivem jejího rychlejšího zakládání. Hodnocení je založeno na prognostice a racionálním uvažování, protože čím více hodnocených veličin, tím přesnější výsledky. I z popisu jednotlivých variant se tato jevila nejpravděpodobnější, proto byly porovnávány pouze hlavní funkce technického produktu

3 Optimalizace rozměrů a polohy postranice

3.1 Analýza rozměrů dílu

Od zadavatele máme maximální povolené rozměry palety, hloubku 1800mm a výšku 1500mm. Při uvažování o předběžných rozměrech spodního rámu budeme vycházet z předešlých konstrukcí. Spodní rám bude maximálně vysoký do 200mm. Stejně tak se určí i rozměr bočního rámu potřebného k uchycení vodorovných lišt ten je maximálně 80mm.



Obrázek 20: Rozměry postranice

Volné místo pro uložení dílů rámu vodorovně s podlahou:

$$\text{Uložení vodorovně} = \text{výška palety} - \text{výška spodního rámu} = 1500 - 200 = 1300 [\text{mm}]$$

Volné místo pro uložení dílů kolmo na podlahu

$$\text{Uložení kolmo} = \text{šířka palety} - \text{výška bočního rámu} = 1800 - 100 = 1700 [\text{mm}]$$

Ze vztahů je vidět výhodnější uložení dílů ve vodorovných lištách, tudíž se potvrdily výsledky hodnocení. Vzorce slouží pouze k výpočtu volného prostoru a nezabývají se možností komplikovanějšího ukládání dílů. Ty mohou být například střídavě ukládány, pootočený o 90° nebo přesazovány pro větší využití prostoru.

3.2 Analýza rozměrů palety s ohledem na transportní prostředky

Jelikož se paleta zpravidla přepravuje silniční nákladní dopravou, je proto rozměrově přizpůsobená pro tento druh přepravy. Avšak v průběhu výroby by mohlo také dojít ke změně logistiky. Je-li to možné, je vhodné podřídit návrh maximálních rozměrů palety i dalším substitučním možnostem přepravy, jako např. vlaková nákladní doprava. Pro kombinování několika druhů transportu byly vytvořeny normalizované přepravní kontejnery a v Evropě nejrozšířenější euro-kontejnery.

Rozměry přepravních prostorů

	Délka[m]	Šířka[m]	Výška[m]
Klasický plachtový návěš	13,6	2,45	2,7
Železniční nákladní vůz	15	2,6	2,85
Přepravní kontejner ISO 20 HC	5,89	2,35	2,68
Přepravní kontejner ISO 40 HC	12,32	2,35	2,68
Pozn. Průměrná výška dveří u krytých železničních vozů 2,15[m]			

Tabulka 4: Tabulka rozměrů přepravních prostor [22], [23]

3.3 Finální poloha dílu

Díl je zavěšen na dvou konzolách s otočnými palci. Každá konzole je navíc opatřena vodicími lištami, které slouží k opření dílu při zakládání. Ve spodní části palety jsou dorazy kolmo na postranice a dva klapkové mechanismy, které zabraňují vzájemnému dotyku spodních částí dílů. I přes použití těchto mechanismů umožňujících založení a vyložení vodorovným pohybem, bude postranice vykládána z palety robotem nadzvednutím nad úroveň zakládacích prvků a následným vodorovným pohybem.

Výhody mechanismů jsou tak využitelné pouze při zakládání, kdy obsluha nemusí s postranicí komplikovaně manipulovat a má možnost využít pomocných lišt. Před zakládáním si obsluha řádně zkontroluje nastavení palců, poté díl uloží na lišty a zasune k postavenému palci. Při posunu je postranice lehce nadzvedávána, aby nedošlo k jejímu poškození vlivem tření. Vodorovným pohybem zavede spodní část o přizvednutou spodní klapku, tak dojde k jejímu narovnání do svislé polohy a přizvednutí druhé klapky pro další díl. Následuje zvednutí dalšího palce, čímž dojde k zajištění dílu proti vodorovnému pohybu.

Do palety je vloženo postupně 11 dílů a po úplném naplnění obsluha provede aretaci posledního palce. To vede k aretaci všech palců, protože jednotlivé palce jsou mezi sebou v kontaktu. Proti naskočení dílů se přes ně položí rameno s negativním tvarem. Při vykládání dojde pouze k nadzvednutí těchto ramen, robot již díly vykládá vertikálním pohybem. Po vyložení jsou palce postaveny, pro jejich položení slouží vlastní sklopná lišta.

Poloha postranice v paletě závisí na dvou požadavcích, které se navzájem ovlivňují:

1. *Úspora místa* - Ukládá se rovnoběžně s obvodovým rámem, ten není nijak tvarovaný a tvoří tak rovinu. Prostor mezi rámem a postranicí má být co nejmenší a ovlivněný pouze potřebnou vůlí, aby nedošlo ke kontaktu vlivem pružné deformace postranice vzniklé při zakládání nebo transportu palety.
2. *Poloha těžiště* - Dalším důležitým požadavkem pro uložení dílu je poloha těžiště a to hlavně při použití klapkového mechanismu. Tíhová síla musí mít působiště dále od uložení, tak aby od síly vznikl moment. Ten má za úkol tlačit postranicí směrem do klapky mechanismu. Díly se tak mezi sebou nedotýkají, přidržují mechanismus v potřebné poloze a pro jejich vyhnutí z dané polohy je potřeba překonat tuto sílu. V návrhu palety je těžiště palety předsazeno o 23 [mm].

4 Konstrukční návrh palety

4.1 Síly působící na paletu

4.1.1 Statické

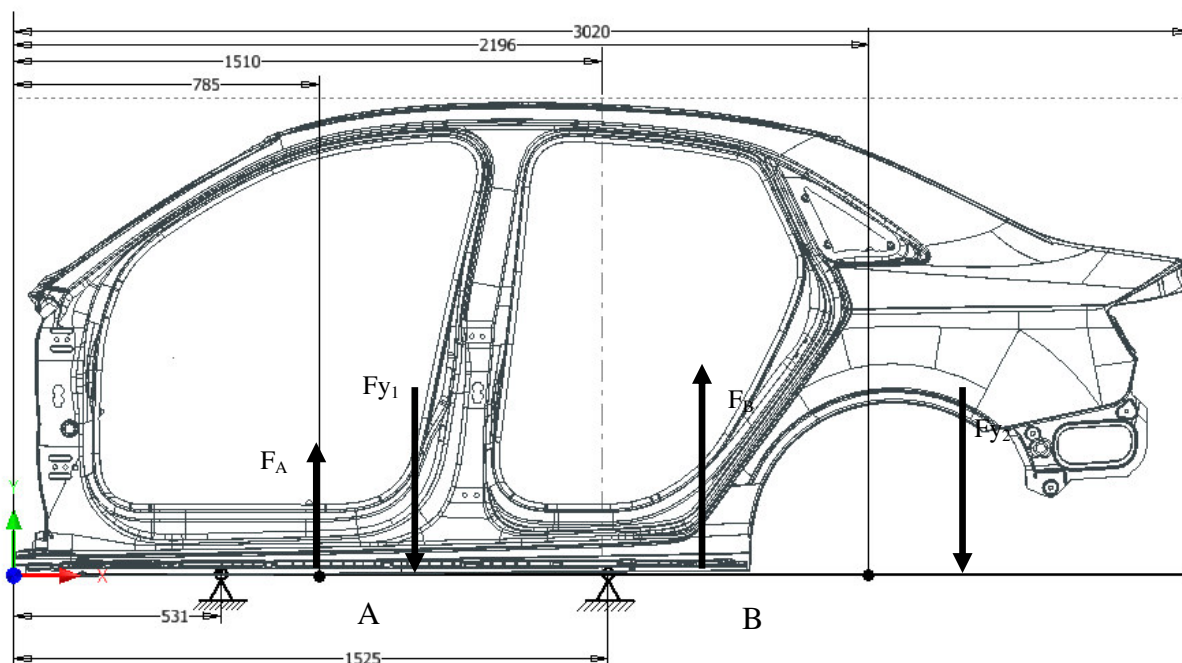
- *Síly od uložených dílů*

Díly jsou v paletě zavěšeny na konzolách. Hmotnost jedné postranice je $m_p=13,075$ Kg. Paleta má kapacitu dle finálního rozložení $n_p=11$ kusů.

$$F_{PS} = m_p \cdot g = 13,075 \cdot 9,81 = 128,3[\text{N}]$$

Kde	F_{PS}	je	tíhová statická síla od jedné postranice	[N]
	m_p		hmotnost postranice	[kg]
	g		tíhové zrychlení 9,81	[m/s ²]

Rozložení tíhové síly je závislé na poloze konzolí. Jejich polohu ovlivňuje tvar postranice, poloha těžiště a musí umožňovat snadné zakládání a vykládání dílů.



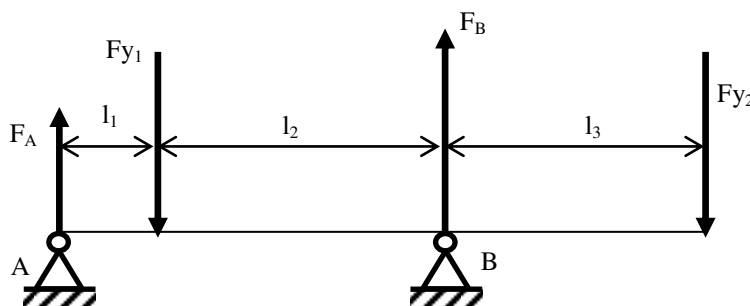
Obrázek 21: Rozložení tíhové síly postranice na konzole

Zobrazené vazby znázorňují polohu konzolí. Pro zpřesnění je postranice rozdělena na dvě poloviny. Pomocí softwaru se zjistí poloha těžišť těchto ploch a tíhové síly v nich působící. Na obrázku 21 jsou vzdálenosti těžišť ve směru osy X znázorněny tečkou. Vazbové síly se určují z podmínky rovnováhy sil a momentů. Vazby nezachycují síly ve směru osy X, ale pouze ve směru osy Y.

Velikosti tíhových sil získané softwarem:

$$F_{y1}=67,2[\text{N}]$$

$$F_{y2}=61,1[\text{N}]$$



Obrázek 22: Zjednodušené zatížení konzolí

Vzdálenosti l_1, l_2, l_3 z obrázku 22:

$$l_1=254[\text{mm}]$$

$$l_2=740[\text{mm}]$$

$$l_3=671[\text{mm}]$$

Výpočet reakce F_A z rovnosti sil F_Y :

$$\sum F_{y_i} = 0 = F_A - F_{y1} + F_B - F_{y2} \Rightarrow F_A = F_{y1} + F_{y2} - F_B \Rightarrow$$

$$F_A = 67,2 + 61,1 - 119,6 = 8,7[\text{N}] \doteq 9[\text{N}]$$

Kde:	F_A	je	reakce ve vazbě A	[N]
	F_B		reakce ve vazbě B	[N]
	F_{y1}		tíhová síla vzniklá od přední poloviny postranice	[N]
	F_{y2}		tíhová síla vzniklá od zadní poloviny postranice	[N]

Výpočet reakce F_B z rovnosti momentů k bodu A:

$$\sum M_{i_A} = 0 = -F_{y1} \cdot l_1 + F_B \cdot (l_1 + l_2) - F_{y2} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{y1} \cdot l_1 + F_{y2} \cdot (l_1 + l_2 + l_3)}{(l_1 + l_2)} = \frac{67,2 \cdot 0,254 + 61,1 \cdot (0,254 + 0,740 + 0,671)}{(0,254 + 0,740)}$$

$$= 119,6[\text{N}] \doteq 120[\text{N}]$$

Kde:	F_B	je	reakce ve vazbě B	[N]
	l_1, l_2, l_3		vzdálenosti působišť sil F_B, F_{y1}, F_{y2}	[mm]

Těžiště postranice je blízko uložení druhé konzole (vazba B), proto je zde několikanásobně větší zatížení od tíhové síly.

- *Síly vzniklé stohováním*

Na paletu se budou stohovat totožné palety: Zatím není známa hmotnost navrhované konstrukce, s ohledem na již vyrobené podobné konstrukce je předpokládána maximální hmotnost konstrukce palety $m_K=800[\text{Kg}]$. Počet na sobě stohovaných palet určují dva vztahy. První určuje maximální možný počet palet na sobě, aby byl stoh stabilní. Druhý vyjadřuje omezení prostorem.

$$n_K = \frac{6 \cdot B}{H} = \frac{6 \cdot 1800}{1500} = 7,2 \leq \frac{6000[\text{mm}]}{H} \Rightarrow \text{pro splnění podmínky } n_K = 4$$

Kde:	n_K	je	počet palet ve stohu	[1]
	B		šířka palety	[mm]
	H		výška palety	[mm]

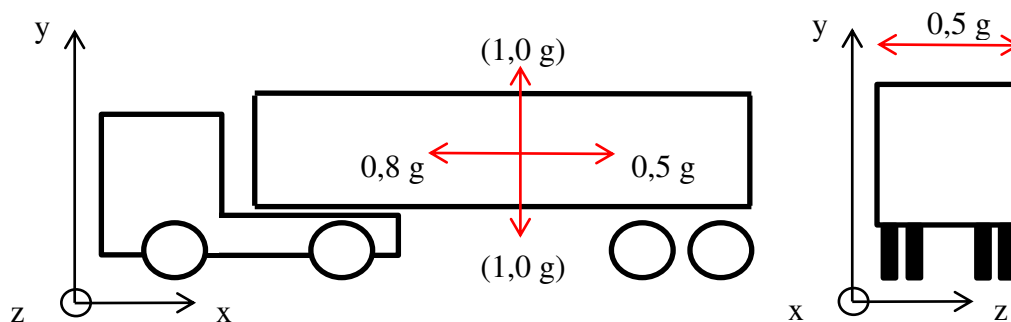
Nejvíce namáhaná bude spodní paleta, sílu zjistíme z počtu palet a jejich hmotností:

$$F_{SS} = [(n_K - 1) \cdot (m_K + n_p \cdot m_p)] \cdot g = [(4 - 1) \cdot (800 + 11 \cdot 13,075)] \cdot 9,81 = 27780[\text{N}]$$

Kde:	F_{SS}	je	síla od stohovaných palet na spodní paletu	[N]
	n_K		počet palet ve stohu	[1]
	m_K		hmotnost konstrukce palety	[kg]
	n_p		počet postranic v jedné paletě	[1]
	m_p		hmotnost jedné postranice	[kg]
	B		šířka palety	[mm]
	H		výška palety	[mm]

4.1.2 Dynamické

Paleta je dynamicky namáhána při transportu či manipulaci a hodnoty sil se určují dle zavedených směrnic. Počítá se s případem vzniku největších sil. Na obrázku 23 jsou vyznačena zrychlení, o které bude navíc konstrukce namáhána. Tyto zatížení se přičítají ke statickým silám.



Obrázek 23: Dynamické síly na paletu při přepravě

4.1.3 Výsledné maximální síly na paletu

- *Síly od uloženého dílu*

Statické síly jsou zvětšeny o dynamické. Dostává se tak hodnota maximálního možného zatížení. Směr os dle obrázku 23.

osa x:

$$F_x = 0,8 \cdot m_p \cdot g = 0,8 \cdot 9,81 \cdot 13,075 = 108,9 N$$

Kde:	F_x	je	síla vzniklá bržděním při transportu	[N]
	m_p		hmotnost jedné postranice	[kg]
	g		tíhové zrychlení 9,81	[m/s ²]

osa y:

Ve směru osy Y dojde k dvojnásobnému zvětšení vypočtených statických sil

$$F_{y_A} = 2 \cdot F_A = 2 \cdot 9 = 18 N$$

$$F_{y_B} = 2 \cdot F_B = 2 \cdot 120 = 240 N$$

Kde:	F_{y_A}	je	celková síla ve směru Y ve vazbě A	[N]
	F_{y_B}		celková síla ve směru Y ve vazbě B	[N]
	F_A		statická reakce ve vazbě A	[N]
	F_B		statická reakce ve vazbě B	[N]

osa z

$$F_z = 0,5 \cdot m_p \cdot g = 0,5 \cdot 13,075 \cdot 9,81 = 64,2 N$$

Kde:	F_z	je	celková síla ve směru Z vzniklá bočním zrychlením	[N]
	m_p		hmotnost jedné postranice	[kg]
	g		tíhové zrychlení 9,81	[m/s ²]

- *Síly vzniklé stohováním*

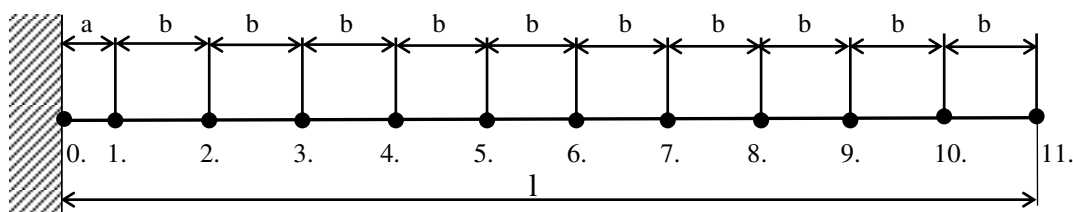
S ohledem na výšku palety a možnosti dopravních prostředků bude možné přepravovat maximálně dvě palety na sobě. Při dynamickém zrychlení je výsledná síla od druhé palety dvojnásobek vlastní hmotnosti. To je menší zatížení než při stohování ve skladu, kde je na paletě trojnásobek její hmotnosti.

$$F_s = F_{ss} = 27780 [N]$$

Kde:	F_s	je	maximální síla na rám palety vlivem stohování	[N]
	F_{ss}		síla od stohovaných palet na spodní paletu	[N]

4.2 Konzola

Horní část postranice je uložena v konzolách, ty jsou od uložených dílů namáhány hlavně ohybem. Vlivem zatížení konzole dochází k jejímu průhybu, proto se v některých případech musí konzola předeprnout. Při plném zatížení dochází k pružné deformaci, která je však v dovolených tolerancích. Výpočet je pro konzolu s proměnným průřezem, předpokládá se připevnění konzole k tuhému rámu. Ve skutečnosti se bude deformovat i rám a konzola nebude namáhána jen ve směru Y, tudíž je výpočet pouze orientační. Takto vypočtena konzola slouží pro získání představy orientačních rozměrů profilů, které budou dále upravovány na základě přesnějších výsledků získaných metodou konečných prvků.



Obrázek 24: Silové schéma konzole B

- a vzdálenost uložení prvního dílu od rámu
 b rozteč mezi jednotlivými díly
 l vzdálenost k poslednímu dílu
 0.-11. působíště sil od uložených dílů

4.2.1 Výpočet konzole v místě B

Ohyb

- momenty od uložených dílů v místě 10. – 0.

$$M_{010} = F_{yB} \cdot b = 240 \cdot 0,135 = 32,4 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{09} = (1+2) \cdot F_{yB} \cdot b = 3 \cdot F_{yB} \cdot b = 3 \cdot 240 \cdot 0,135 = 97,5 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{08} = (3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 6 \cdot F_{yB} \cdot b = 6 \cdot 240 \cdot 0,135 = 194,4 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{07} = (4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 10 \cdot F_{yB} \cdot b = 10 \cdot 240 \cdot 0,135 = 324 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{06} = (5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 15 \cdot F_{yB} \cdot b = 15 \cdot 240 \cdot 0,135 = 486 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{05} = (6+5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 21 \cdot F_{yB} \cdot b = 21 \cdot 240 \cdot 0,135 = 680,4 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{04} = (7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 28 \cdot F_{yB} \cdot b = 28 \cdot 240 \cdot 0,135 = 907,2 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{03} = (8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 36 \cdot F_{yB} \cdot b = 36 \cdot 240 \cdot 0,135 = 1166,4 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{02} = (9+8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 45 \cdot F_{yB} \cdot b = 45 \cdot 240 \cdot 0,135 = 1458 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

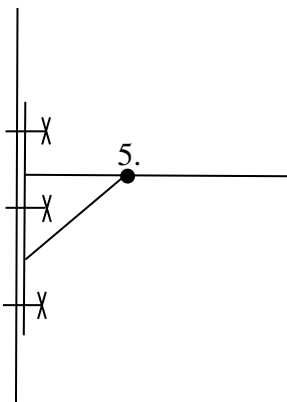
$$M_{01} = (10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{yB} \cdot b = 55 \cdot F_{yB} \cdot b = 55 \cdot 240 \cdot 0,135 = 1782 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$M_{00} = M_{0\text{max}} = F_{yB} \cdot a + (a+b) \cdot F_{yB} + (a+2b) \cdot F_{yB} + (a+3b) \cdot F_{yB} + (a+4b) \cdot F_{yB} + (a+5b) \cdot F_{yB} + (a+6b) \cdot F_{yB} + (a+7b) \cdot F_{yB} + (a+8b) \cdot F_{yB} + (a+9b) \cdot F_{yB} + (a+10b) \cdot F_{yB} =$$

$$= 240 \cdot 0,070 + (0,070 + 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 2 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 3 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 4 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 5 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 6 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 7 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 8 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 9 \cdot 0,135) \cdot 240 + (0,070 + 10 \cdot 0,135) \cdot 240 = 1966,8 \approx 1967 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

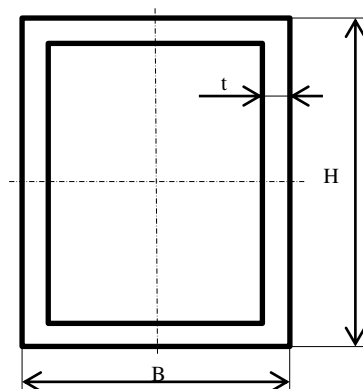
Kde: F_{yB}	je	celková síla ve směru Y ve vazbě B	[N]
b		rozteč mezi jednotlivými díly	[m]
a		vzdálenost uložení prvního dílu od rámu	[m]
$M_{00} - M_{010}$		posouvající se momenty v místě 0-10	[N.m]

Optimální tvar pro výrobu bude jednotný tvaru profilu. Z hodnot posouvajících momentů vyplývá, že vetknutý nosník jednotného průřezu by byl dál od upevnění předimenzovaný. Tento jev se zmenší změnou konstrukce, proto je dále uvažována podpěra připevněna mezi bodem 5 a připevňovací desku konzole. Z tohoto důvodu bude moment M_{05} pro volbu profilu maximální.



Obrázek 25: Umístění výstupy konzole

Volený profil konzole dle ČSN EN 10219-2→50x30x2,5 (H x B x t); Materiál S235



Obrázek 26: Profil konzole B

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{0,030 \cdot 0,050^3 - 0,025 \cdot 0,045^3}{6 \cdot 0,050} = 4,9 \cdot 10^{-6} [\text{m}^3]$$

Kde:	W_o	je	modul průřezu v ohybu profilu v místě B	$[\text{m}^3]$
	B		vnější šířka profilu	$[\text{m}]$
	b		vnitřní šířka profilu	$[\text{m}]$
	H		vnější výška profilu	$[\text{m}]$
	h		vnitřní výška profilu	$[\text{m}]$

$$\sigma_o = \frac{M_{o5}}{W_o} = \frac{680,4}{4,9 \cdot 10^{-6}} = 138,9[\text{MPa}]$$

Kde:	σ_o	je	napětí při ohybu	[MPa]
	W_o		modul průřezu v ohybu	[m ³]
	M_{o5}		ohybový moment	[N.m]

Tah

Konzola může být dle směru síly F_z zatížena tahem nebo tlakem, Protože materiál má horší vlastnosti v tahu než v tlaku, je síla uvažována jako tahová.

$$S = B \cdot H - b \cdot h = 0,030 \cdot 0,050 - 0,025 \cdot 0,045 = 3,75 \cdot 10^{-4}[\text{m}^2]$$

Kde:	S	je	plocha průřezu	[m ²]
	B		vnější šířka profilu	[m]
	b		vnitřní šířka profilu	[m]
	H		vnější výška profilu	[m]
	h		vnitřní výška profilu	[m]

$$\sigma_t = \frac{F_z \cdot n_p}{S} = \frac{64,2 \cdot 11}{3,75 \cdot 10^{-4}} = 1,9[\text{MPa}]$$

Kde:	σ_t	je	napětí při tahu	[MPa]
	F_z		celková síla ve směru Z vzniklá bočním zrychlením	[N]
	n_p		počet postranic v jedné paletě	[1]
	S		plocha průřezu	[m ²]

Celkové napětí:

Napětí od ohybu a tahu jsou obě normálová, sečteme je dle následujícího vzorce:

$$\sigma_c = \sigma_t + \sigma_o = 1,9 + 138,9 = 140,8 \leq 156,6[\text{MPa}] = \frac{235}{1,5} = \frac{Re}{k} = \sigma_D$$

Kde:	σ_c	je	celkové napětí	[MPa]
	σ_t		napětí při ohybu	[MPa]
	σ_o		napětí při tahu	[MPa]
	σ_D		dovolené napětí	[MPa]
	Re		mez kluzu	[MPa]
	k		bezpečnost pro dynamické namáhání	[1]

4.2.2 Výpočet konzole v místě A

Konzola v místě A je zatížena méně než konzola v místě B. To je dáno jejím umístěním s ohledem na manipulaci. Výpočet probíhá stejně, jako u konzole v místě B. Hodnoty platné pro tuto konzolu jsou označeny indexem ['].

Ohyb

-momenty od uložených dílů v místě 10. – 0.

$$M_{O_{10}} = F_{y_A} \cdot b = 18,0 \cdot 0,135 = 2,43 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_9} = (1+2) \cdot F_{y_A} \cdot b = 3 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 7,29 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_8} = (3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 6 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 14,6 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_7} = (4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 10 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 24,3 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_6} = (5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 15 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 36,5 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_5} = (6+5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 21 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 51,03 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_4} = (7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 28 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 68,04 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_3} = (8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 36 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 87,5 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_2} = (9+8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 45 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 109,35 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_1} = (10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \cdot F_{y_A} \cdot b = 55 \cdot 18,0 \cdot 0,135 = 133,7 [\text{N.m}]$$

$$M_{O_0} = M_{O_{\max}} = F_{y_A} \cdot a + (a+b) \cdot F_{y_A} + (a+2b) \cdot F_{y_A} + (a+3b) \cdot F_{y_A} + (a+4b) \cdot F_{y_A} + (a+5b) \cdot F_{y_A} + (a+6b) \cdot F_{y_A} + (a+7b) \cdot F_{y_A} + (a+8b) \cdot F_{y_A} + (a+9b) \cdot F_{y_A} + (a+10b) \cdot F_{y_A} =$$

$$= 18,0 \cdot 0,070 + (0,070 + 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 2 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 3 \cdot 0,135) \cdot 18 +$$

$$(0,070 + 4 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 5 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 6 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 7 \cdot 0,135) \cdot 18 +$$

$$(0,070 + 8 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 9 \cdot 0,135) \cdot 18 + (0,070 + 10 \cdot 0,135) \cdot 18 = 147,51 \approx 148 [\text{N.m}]$$

Kde:	F_{y_A}	je	celková síla ve směru Y ve vazbě A	[N]
	b		rozteč mezi jednotlivými díly	[m]
	a		vzdálenost uložení prvního dílu od rámu	[m]
	$M_{O_0} - M_{O_{10}}$		posouvající se momenty v místě 0-10	[N.m]

Stejně jako v předchozím případě bude do místa 5 připevněna podpěra a maximální ohybový moment tak bude M_{O_5} . Profil bude předdimenzovaný s ohledem na neočekávanou kolizi při manipulaci a pro snadnější obrábění a svařování profilu.

Volený profil konzole dle ČSN EN 10219-2 → 40x20x2,5 (H x B x t); Materiál S235

$$W_{o'} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{0,020 \cdot 0,040^3 - 0,015 \cdot 0,035^3}{6,040} = 2,65 \cdot 10^{-6} [\text{m}^3]$$

Kde:	$W_{o'}$	je	modul průřezu v ohybu profilu v místě A	[m ³]
	B		vnější šířka profilu	[m]
	b		vnitřní šířka profilu	[m]
	H		vnější výška profilu	[m]
	h		vnitřní výška profilu	[m]

Ohybové napětí:

$$\sigma_o' = \frac{M o_{5'}}{W o'} = \frac{51,03}{2,65 \cdot 10^{-6}} = 19,3 [\text{MPa}]$$

Kde:	σ_o'	je	napětí při ohybu	[MPa]
	$W o'$		modul průřezu v ohybu	[m ³]
	$M o_{5'}$		ohybový moment	[N.m]

Tah

$$S' = B \cdot H - b \cdot h = 0,020 \cdot 0,040 - 0,015 \cdot 0,035 = 2,75 \cdot 10^{-4} [\text{m}^2]$$

Kde:	S'	je	plocha průřezu	[m ²]
	B		vnější šířka profilu	[m]
	b		vnitřní šířka profilu	[m]
	H		vnější výška profilu	[m]
	h		vnitřní výška profilu	[m]

$$\sigma_t' = \frac{Fz \cdot np}{S'} = \frac{64,2 \cdot 11}{2,75 \cdot 10^{-4}} = 2,6$$

Kde:	σ_t'	je	napětí při tahu	[MPa]
	Fz		celková síla ve směru Z vzniklá bočním zrychlením	[N]
	np		počet postranic v jedné paletě	[1]
	S'		plocha průřezu	[m ²]

Celkové napětí:

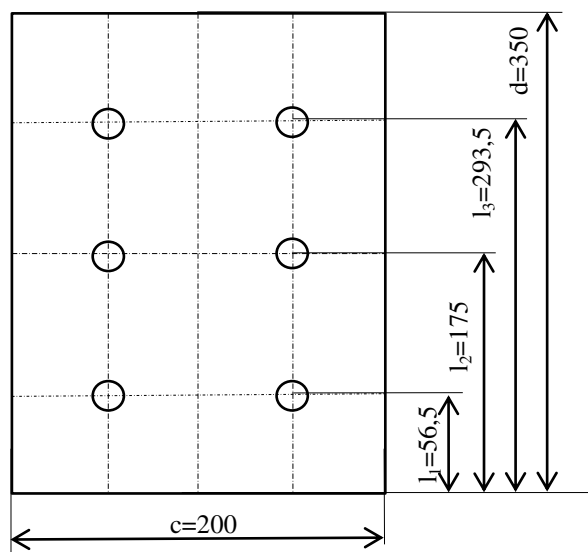
Napětí od ohybu a tahu jsou obě normálová, sečteme je dle následujícího vzorce:

$$\sigma_c' = \sigma_t' + \sigma_o' = 2,6 + 19,3 = 21,9 \leq 156,6 [\text{MPa}] = \frac{235}{1,5} = \frac{Re}{k} = \sigma_D$$

Kde:	σ_c'	je	celkové napětí	[MPa]
	σ_t'		napětí při ohybu	[MPa]
	σ_o'		napětí při tahu	[MPa]
	σ_D		dovolené napětí	[MPa]
	Re		mez kluzu	[MPa]
	k		bezpečnost pro dynamické namáhání	[1]

4.3 Šrouby upevňující konzole

Konzola bude upevněna pomocí šesti šroubů. Rozmístěny jsou do dvou řad po třech šroubech, viz obrázek 27. Nejvíce namáhány od ohybového momentu jsou šrouby v horní řadě. Další zatížení způsobuje síla F_z , která namáhá šrouby na tah. Princip spojení konzoly s rámem spočívá ve vyvolání dostatečné přitlačné síly. Vznikne tak mezi deskou konzoly a deskou rámu dostatečná třecí síla k udržení konzoly v požadované poloze. Šrouby jsou namáhány pouze tahem vzniklým od momentu a sil F_z .



Obrázek 27: Návrh rozložení šroubů

Maximální moment od svislých sil tak bude M_0 dále M_ξ . Největší síla v horních šroubech se vypočte z rovnováhy momentů ke spodní hraně připevňovací desky. Hrana tak představuje několik půlů pohybu v řadě.

Maximální síla od momentu:

$$M_0 = M_\xi = 2 \cdot \sum F_i \cdot l_i = 2 \cdot (F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3)$$

$$\frac{F_1}{l_1} = \frac{F_3}{l_3} \Rightarrow \frac{F_3 \cdot l_1}{l_3} \quad \frac{F_2}{l_2} = \frac{F_3}{l_3} \Rightarrow \frac{F_3 \cdot l_2}{l_3}$$

$$M_\xi = 2 \cdot \left(\frac{F_3 \cdot l_1^2}{l_3} + \frac{F_3 \cdot l_2^2}{l_3} + F_3 \cdot l_3 \right) \Rightarrow F_3 = \frac{M_\xi}{2 \cdot \left(\frac{l_1^2}{l_3} + \frac{l_2^2}{l_3} + l_3 \right)}$$

$$F_3 = \frac{1967}{2 \cdot \left(\frac{0,0565^2}{0,2935} + \frac{0,175^2}{0,2935} + 0,2935 \right)} = 2406,3[\text{N}]$$

Kde: F_1, F_2, F_3	jsou	síly vzniklé od momentu ve šroubech	[N]
l_1, l_2, l_3		vzdálenosti středů šroubů od spodní hrany desky	[m]
$M_\xi (M_0)$	je	moment od všech uložených dílů	[N.m]

(Indexy označují řadu, ke které se hodnota vztahuje)

Síla od tahové síly:

$$F_{Z\check{s}} = \frac{F_z/2 \cdot np}{n\check{s}} = \frac{64,2/2 \cdot 11}{6} = 58,85[\text{N}]$$

Kde:	$F_{Z\check{s}}$	je	tahová síla od postranice na jeden šroub	[N]
	np		počet postranic v jedné paletě	[1]
	$n\check{s}$		počet šroubů připevňující konzoli	[1]

Síla potřebná k vyvození tření mezi deskami:

$$F_{T\check{s}} = \frac{F_{yB} \cdot np}{f_o \cdot n\check{s}} = \frac{240 \cdot 11}{0,15 \cdot 6} = 2934[\text{N}]$$

Kde:	$F_{T\check{s}}$	je	normálová síla zajišťující potřebné tření mezi deskami	[N]
	f_o		součinitel klidového tření	[1]

Obě desky jsou z oceli → pro ocel na ocel je $f_o=0,15$ [26]

Celková síla na šroub

$$F\check{s} = F_3 + F_{Z\check{s}} + F_{T\check{s}} = 2406,3 + 58,85 + 2934 = 5400[\text{N}]$$

Kde:	$F\check{s}$	je	celková síla působící na šroub	[N]
	F_3		maximální síla na šroub vzniklá od momentu	[N]
	$F_{Z\check{s}}$		tahová síla od postranice na jeden šroub	[N]
	$F_{T\check{s}}$		normálová síla zajišťující potřebné tření mezi deskami	[N]

Materiál šroubu 8.8 → Re 640[MPa] $k=1,5$ [25]

$$\sigma_{D\check{s}} = \frac{Re}{k} = \frac{640}{1,5} = 426,7[\text{MPa}]$$

Kde:	$\sigma_{D\check{s}}$	je	dovolené napětí pro materiál šroubu	[MPa]
	Re		mez kluzu materiálu šroubu	[MPa]
	k		bezpečnost pro dynamické namáhání	[1]

Minimální plocha šroubu

$$\sigma_{\check{s}} = \frac{F\check{s}}{S\check{s}} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow S\check{s} \geq \frac{F\check{s}}{\sigma_{D\check{s}}} \geq \frac{5400}{426,7 \cdot 10^6} \geq 1,27 \cdot 10^{-5}[\text{m}^2]$$

Kde:	$\sigma_{\check{s}}$	je	napětí ve šroubu	[MPa]
	$F\check{s}$		celková působící síla na šroub	[N]
	$S\check{s}$		minimální plocha šroubu	$[\text{m}^2]$

S ohledem na robustní konstrukci palety je zvolen šroub: M12x1,5.

Hodnoty daného šroubu: $d_2=11,026$; $d_3=10,160$. [1]

$$S_{\check{s}M12} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2}{4} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,011026 + 0,010160}{2}\right)^2}{4} = 8,81 \cdot 10^{-5} [\text{m}^2]$$

Kde: $S_{\check{s}M12}$ je plocha šroubu M12 [m²]
 d_2 střední průměr šroubu [m]
 d_3 malý průměr šroubu [m]

Kontrola na tah

$$\sigma_{\check{s}M12} = \frac{F_{\check{s}M12}}{S_{\check{s}M12}} = \frac{5458}{8,81 \cdot 10^{-5}} = 62 \leq \sigma_{D\check{s}} = 426,7 [\text{MPa}]$$

Kde: $\sigma_{\check{s}M12}$ je napětí ve šroubu M12 [MPa]

Kontrola na protlačení hlavy šroubu nebo matice [25]

$$F_{p\check{s}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 20,45 \cdot 8 \cdot 360}{1,5} = 74,1 [\text{kN}]$$

Kde: $F_{p\check{s}}$ je maximální síla při které nedochází k protlačení [kN]
 d_m střední průměr kružnice opsané a vepsané šestihranu šroubu [mm]
 t_p tloušťka desky [mm]
 f_u jmenovitá mez pevnosti desky [MPa]
 γ_{M2} dílčí součinitel (bezpečnost) [1]

$$d_m = \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{0,019 + 0,0219}{2} = 0,02045$$

Kde: d_m je střední průměr kružnice opsané a vepsané šestihranu šroubu [m]
 d_0 vnitřní průměr kružnice vepsané šestihranu hlavy šroubu [m]
 d_1 vnější průměr kružnice opsané šestihranu hlavy šroubu [m]

Kontrola tlaku v závitu

Matice dle ČSN EN ISO 7040 – Samojistná šestihránná matice M12 $m=10,37\text{mm}$

$$p_s = \frac{F_{\check{s}}}{S} \leq p_{D\check{s}}$$

Kde: p_s je tlak v závitě [MPa]
 S styková plocha závitu [m]

$$S = Z \cdot S_1 = Z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1$$

Kde:	S	je	styková plocha závitu	[m ²]
	Z		počet závitů	[1]
	S ₁		plocha jedné otáčky závitu	[m ²]
	d ₂		střední průměr závitu	[m]
	H ₁		nosná hloubka závitu	[m]

$$Z = \frac{m}{p} = \frac{10,37}{1,5} = 6,91$$

Kde:	m	je	výška matice	[mm]
	p		stoupání závitu	[mm]

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{12 - 10,376}{2} = 0,812$$

Kde:	d	je	velký průměr závitu šroubu	[mm]
	D ₁		malý průměr závitu matice	[mm]

Dosazením výsledných hodnot do vzorečku pro tlak se dostane:

$$p = \frac{F_{\text{š}}}{Z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{5458}{6,91 \cdot \pi \cdot 11,026 \cdot 0,812} = 28 [\text{MPa}] \leq p_{D_{\text{š}}}$$

4.4 Obvodový rám

Všechny sloupky obvodového rámu jsou namáhány od stohování. Sloupky na kterých jsou upevněny konzole, navíc zatěžuje moment od uložených dílů. Kombinace obou namáhání je řešena metodou MKP níže. Předběžně je zvoleno 7 sloupků o rozměrech 60x50x3, tyto sloupky orientačně zkontrolujeme zda vyhovují vzpěru pro sílu vzniklou stohováním.

4.4.1 Kontrola namáhání na vzpěr

Výpočet dle Eulera:

$$J_{\min} = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{12} = \frac{0,060 \cdot 0,050^3 - 0,054 \cdot 0,044^3}{12} = 2,4167 \cdot 10^{-7} [\text{m}^4]$$

Kde:	J _{min}	je	kvadratický moment průřezu k ose (ke které je minimální)	[m ⁴]
	H,h		vnější a vnitřní výška profilu	[m]
	B,b		vnější a vnitřní šířka profilu	[m]

$$A = H \cdot B - h \cdot b = 0,060 \cdot 0,050 - 0,054 \cdot 0,044 = 6,24 \cdot 10^{-4} [\text{m}^2]$$

Kde: A je plocha průřezu $[\text{m}^2]$

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{l}{\sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}} = \frac{1,3}{\sqrt{\frac{2,4167 \cdot 10^{-7}}{6,24 \cdot 10^{-4}}}} = 66,05$$

Kde: λ je štíhlostní poměr $[1]$
 l délka sloupku $[\text{m}]$

$$\lambda_m = \sqrt{\beta \cdot \frac{E}{\sigma_u}} = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{205}} = 201 \rightarrow \lambda_m > \lambda \Rightarrow \text{Tetmajer}$$

Kde: λ_m je mezní štíhlost $[1]$
 σ_u mez úměrnosti $[\text{MPa}]$
 β koeficient typu uložení prutu $[1]$

Výpočet dle Tetmajera:

Pro materiál sloupků S235 platí $\Rightarrow \sigma_{kr} = 310 - 1,14 \cdot \lambda$ [2]

$$\sigma_{kr} = 310 - 1,14 \cdot 66,05 = 234,703 [\text{MPa}]$$

Kde: σ_{kr} je kritické napětí $[\text{MPa}]$

$$F_{kr} = \sigma_{kr} \cdot S = 234,703 \cdot 10^6 \cdot 6,24 \cdot 10^{-4} = 146454,67 [\text{N}]$$

Kde: F_{kr} je kritická síla $[\text{N}]$

Vzhledem k hodnotě kritické síly a síly na jeden sloupek je konstrukce vyhovující, bližší hodnoty získáme z metody konečných prvků.

4.4.2 Kontrola svarů

Svary budou kontrolovány sledováním napětí v analýze FEM. Orientačně se napočte svar konzole v místě B, která nese největší hmotnost postranice. Bude použit koutový svar, jehož důležitou hodnotou pro návrh je rozměr a tj. výška trojúhelníka. Svar bude namáhán od uložených dílů momentem a silou. Pro výpočet se uvažuje o namáhání svislých svarů na stříh od posouvajících se sil a všech svarů od kroucího momentu:

Jedná se o nosný svar dle EN 1993-1-8, který s délkou $L=180$ mm splňuje následující podmínku:

$$L_{min} \geq 6. a \text{ nebo } L_{min} \geq 30$$

Dle doporučení bude hodnota a pro tloušťku do 10[mm] = 3[mm] [21]

Napětí od síly:

Plocha svislých svarů

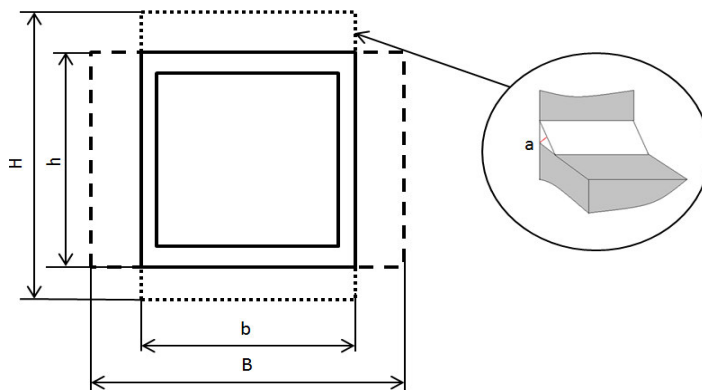
$$A_s = 2. a. h = 2.3.50 = 300[\text{mm}^2]$$

Kde: A_s je plocha svislých svarů [m]
 a nebezpečný průřez koutového svaru [m]
 h výška profilu [m]

$$\tau_{II} = \frac{Fy_B \cdot np}{A_s} = \frac{240.11}{300} = 8,8[\text{MPa}]$$

Kde: τ_{II} je napětí od svislých sil [N]

Napětí od ohybového momentu:



Obrázek 28: Rozmístění svarů konzole

$$I_{XT} = \frac{1}{12}(b \cdot H^3 - b \cdot h^3) + \frac{1}{12}(h \cdot B^3 - h \cdot b^3) \\ = \frac{1}{12}(40 \cdot 56^3 - 40 \cdot 50^3) + \frac{1}{12}(46 \cdot 50^3 - 40 \cdot 50^3) = 231220[\text{mm}^4]$$

Kde: I_{XT} je moment setrvačnosti svaru k vodorovné centrální ose [mm⁴]
 B šířka profilu včetně svarů [mm]
 b šířka profilu [mm]
 H výška profilu včetně svarů [mm]
 h výška profilu [mm]

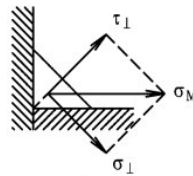
$$W_{O_s} = \frac{I_{x_T}}{\frac{H}{2}} = \frac{231220}{28} = 8257,8[\text{mm}^3]$$

Kde: W_{O_s} je průřezový modul v ohybu $[\text{mm}^3]$

$$\sigma_M = \frac{M_5}{W_{O_s}} = \frac{680,4 \cdot 10^3}{8257,8} = 82,4[\text{MPa}]$$

Kde: σ_M je ohybové napětí od momentu $[\text{MPa}]$

Rozložení napětí dle obrázku 29:



Obrázek 29: Napětí v koutovém svaru [21]

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_o}{\sqrt{2}} = \frac{82,4}{\sqrt{2}} = 58,3[\text{MPa}]$$

Kde: $\sigma_{\perp}, \tau_{\perp}$ jsou složky σ_M , normálové a smykové napětí na kritický průřez $[\text{MPa}]$

Jednotlivé složky napětí na svislé svary jsou sečteny podle následujícího vzorce, směry napětí dle obrázku.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{58,3^2 + 3 \cdot 58,3^2 + 3 \cdot 8,8^2} = 117,6[\text{MPa}] \leq \sigma_D = \frac{fu}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{235}{0,8 \cdot 1,25} = 235[\text{MPa}]$$

Kde: σ_M	je ohybové napětí od momentu	$[\text{MPa}]$
fu	mez pevnosti základního materiálu	$[\text{MPa}]$
γ_{Mw}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$[1]$
β_w	korekční součinitel	$[1]$

Pro vodorovné svary platí stejný vztah menší o složku τ_{II} , napětí svaru tak je opět menší než napětí dovolené.

Svar spojení konzole vyhovuje.

4.5 Rozbor konstrukce

Spodní rám

Konstrukci rámu ovlivňuje potřeba jeho uchopení vysokozdvížným vozíkem, proto se použije čtyřstranná paleta s možností uchopitelnosti ze všech čtyř stran. Rozteč a velikost děr pro vidlice vysokozdvížného vozíku budou ovlivněny hmotností palety a již používanými rozvrženími ostatních palet. Hmotnost naložené palety je maximálně 944[Kg], přičemž vozíkem se převáží maximálně dvě najednou. Nosnost vozíku pro manipulaci s jednou paletou je kolem 1000[kg], jejich maximální rozteč je 950[mm] a šíře vidlí je 100[mm]. Nosnost vozíku pro dvě palety musí být přes 1888[Kg]. Na obrázku 15 těmto parametrům vyhovují vozíky od rozměru šíře vidlí 120[mm], s maximální roztečí 1050[mm]. Pro dobrou stabilitu při přepravě se využije maximální rozteče obou typů vozíků. Rozteče jsou udávány na vnější strany vidlí, vnitřní rozměry se dopočtou.

Šíře vidlí[mm]	Vnější rozteč[mm]	Vnitřní rozteč[mm]
100	950	750
120	1050	810

Tabulka 5 : Rozměry maximálních roztečí vidlí

Z těchto hodnot se vybere u vnějších roztečí rozteč větší a z vnitřních rozteč menší a k hodnotám se ještě přidají přídatky 70[mm] pro špatné najetí vysokozdvížného vozíku. Vzniknou tak otvory 220[mm] ve vzdálenosti 680[mm]. Po vyhledávání vhodných profilů se zjistila nejvýhodnější varianta využít obdélníkový profil uzavřený 250x100x6.

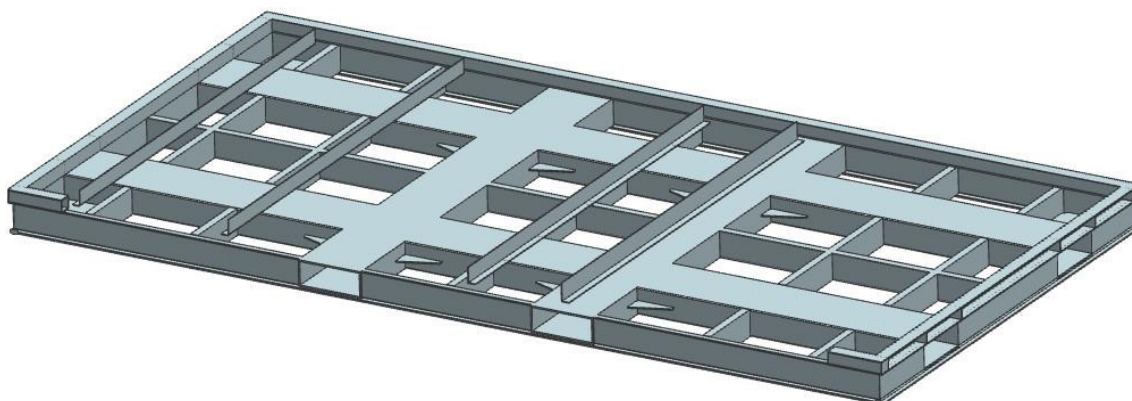
K dosažení všestranné uchopitelnosti musí být do příčného profilu vyfrézované plochy pro napojení podélného profilu. Ten je v těchto místech přerušen a přivařen na podélný profil. Vzniká tak průchozí svařovaná konstrukce pro uchopení pomocí vidlic vozíku. V místě spojení jsou pro zvýšení pevnosti navařeny výztužné trojúhelníky. Obvod tohoto rámu pro manipulaci je tvořen obdélníkovým profilem 100x40x4. Tento profil vyztužuje i vnitřní konstrukci rámu. Konstrukce je přikryta tahokovem, po němž chodí obsluha při zakládání. V rozích rámu jsou centrovací desky o tloušťce 8[mm] s kruhovými dírami $\phi 50$ [mm] na jedné straně a s oválnými dírami na straně druhé. Přes tyto body se centruje poloha palety k výrobní lince.

Na spodní část rámu je navařen polotovár ploché tyče válcované za tepla 30x18, oproti obrysu rámu je přesazen a má zaoblené rohy. Funkce zaoblení je pro lepší manipulaci při stohování, kde nasměřuje paletu na paletu.

K horní části rámu je připevněn pomocný rám z tenkostěnného U profilu 50x50x4. Je stejně přesazen jako spodní část rámu, aby pomáhal s vedením palety při ukládání. Profil je vyztužen plochými žebry v místech většího namáhání tj. nad otvory pro vozík a v místech spojení s obvodovým rámem.

Na rám jsou dále navařeny profily L60x30x3, na které se připevňují další části palety.

Konstrukce je schválně předimenzovaná z důvodu možného poškození vlivem horší manipulace. Robustnější konstrukce zajistí i dostatečnou tuhost konstrukce a tím i polohu postranice.



Obrázek 30: Konstrukce spodního rámu

Obvodový rám

Částí, na kterou působí nejvíce silových účinků, je obvodový rám. Hlavní konstrukce se skládá z obdélníkového profilu 60x50x3, který je v nejvíce namáhaných místech vyztužen pomocí trojúhelníkových žebér o délkách odvěsen 240mm a 200mm a tloušťce 6mm. Tyto vyztuhy mají zaoblené rohy, tímto se eliminují koncentrátoři napětí. Kontaktní plochy pro konzole jsou vytvořeny přivařením desek o rozměrech 350x200-8mm, v této části jsou podélné otvory pro šroub M12. Rám se skládá ze sedmi svislých sloupků rozmístěných dle namáhání. Sloupky namáhají uložené díly přes připevněné konzole. Vzhledem k rozložení sil bude v místě konzole A pouze jeden sloupek, v místě B jsou již dva. Mezi těmito sloupky jsou podélníky z profilu 50x40x3 zpevňující konstrukci, jejich funkce je i vytvořit plochy pro montáž částí palety.

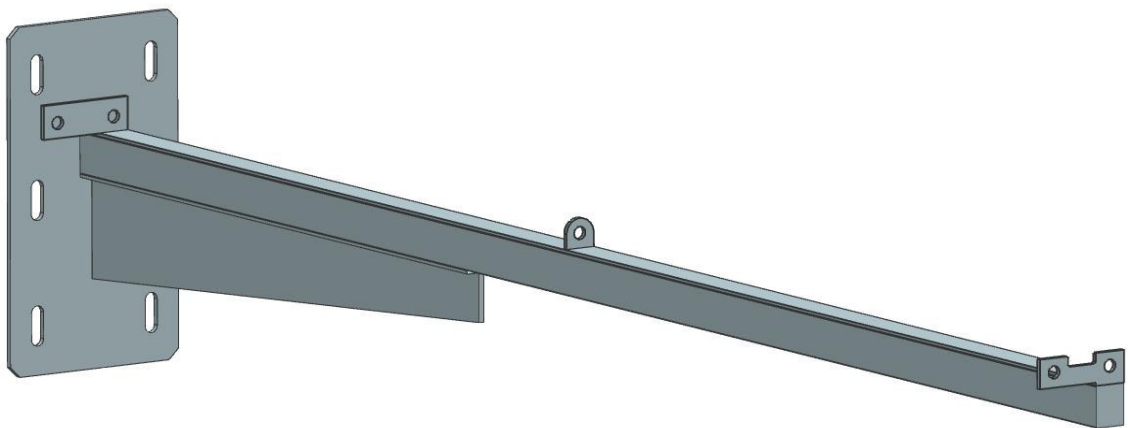
Boční stěny rámu vyztužují diagonály z profilu 60x30x3, zpevňují tak krajní sloupky a zachycují síly vzniklé od postranic. Diagonála vyztužuje také prostor mezi krajním sloupkem konzole B a rohovým sloupkem. Je zde také třetí diagonála z obdélníkového profilu o rozměru 60x30x3, která vyplňuje prostor. Sloupky jsou nahoře spojeny opět profilem 60x50x3 na který je navíc přivařen profil L 50x50x4. Na tento profil se usazuje další paleta, přičemž tvar profilu zabraňuje posunutí a pomáhá centrovat palety proti sobě. V místě pohybu vidlic vysokozdvížného vozíku je profil snížen pro zachování dostatečné velikosti uchopovacích otvorů.



Obrázek 31: Konstrukce obvodového rámu

Konzola v místě A, B

Nosná část konzole A se skládá ze dvou hlavních prvků, a to z desky polotovaru o rozměrech 330x180-8 a nosníku obdélníkového profilu 40x30x3. Deska má oválné díry pootočené o 90° vůči dírákům na rámu, polohu konzole tak můžeme při montáži kalibrovat. Nosník nese relativně malé zatížení, ale vlivem vetknutí a délky dochází k průhybu. Pokud nastane nečekané zatížení na konci nosníku, vlivem délky, síla vyvolá kroutící moment. Z tohoto důvodu je z hlediska stálého zatížení použit předimenzovaný obdélníkový profil, který je ještě do vzdálenosti 610mm podepřen žebrem z plechu tloušťky 4 mm. Na nosníku jsou navařeny držáky z ploché tyče 40x4-3, slouží k uchycení trubek. Jedna trubka nese podpěrnou lištu a druhá plastové palce, dále lištu na jejich vracení a pojistnou zarážku.



Obrázek 32: Konstrukce konzole B

Konzola B má stejnou konstrukci jako konzola A, jen je dimenzovaná pro větší zatížení. Připevňovací deska má stejné rozměry jako v předešlém případě, avšak je na ní přivařen nosník obdélníkového profilu o rozměrech 50x40x3. Ve spodní části je pro spojení s žebrem, vyztuženým plochou tyčí 40x4, o kterou se opírá do vzdálenosti 610mm, žebro z plechu tlustého 5mm. Ke konzoli jsou opět přivařeny držáky z ploché tyče 40x4-90mm.



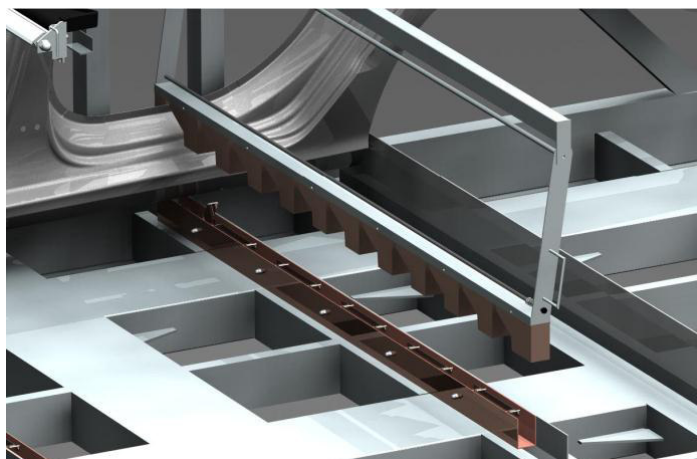
Obrázek 33: Zakládací lišta

Jisticí prvky proti nadskočení

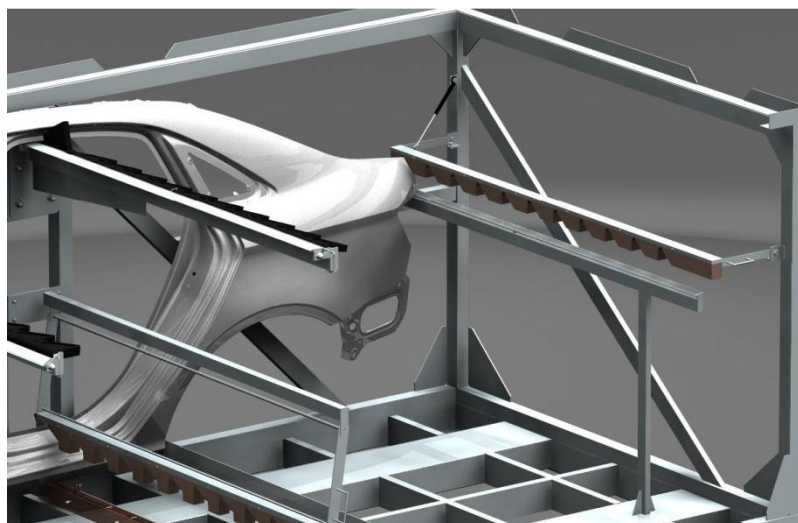
Postranice je proti nadskočení jištěna příčnými rameny.

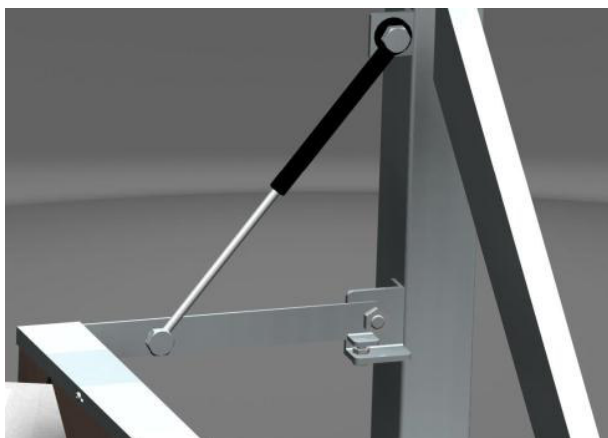
Rameno pod konzolou B:

Rameno je k rámu připevněno vlastní konzolí stejné konstrukce jako dvě předchozí. Místo obdélníkového profilu je zde však použit profil U 30x40x3, který je přivařen na plochou desku 210x100-4. Samotné rameno tvoří plastová lišta s kovovými zalisovanými úchyty. Přes profily je lišta přinýtována na profil U 50x30x3, dohromady tak tvoří příčné rameno, které je s konzolí spojeno plochou tyčí 50x4-340. Pro zajištění polohy slouží trubka ϕ 8mm, která prochází až do připraveného dorazu v obvodovém rámu. Pro uvolnění polohy se musí překonat síla pružiny, která tlačí na osazení na tyči. Na boku ramena je držák z tyče ϕ 6mm. Pohyb ramenem dolů usnadňuje tíhová síla, s pohybem nahoru oproti tomu pomáhá tlumičová vzpěra.

**Obrázek 34: Jistící rameno pod konzolou B****Rameno v zadní části palety:**

Velmi podobné rameno jako pod konzolí B, ale je připevněno přímo na rám. Plastová lišta je ke stejnému profilu přinýtovaná, tento profil je na stranách přivařen na ramena z ploché tyče 50x4-240. Mezi nimi a rámem jsou nastavitelné dorazy. Jsou vytvořeny z ploché tyče 50x4, přičemž v konstrukci se o ně budou opírat šrouby M6. Připevněna je zde také tlumičová vzpěra, ta nemá za úkol rameno zvedat, nýbrž přitlačovat. Ve zvednuté poloze je drženo závlačkou.

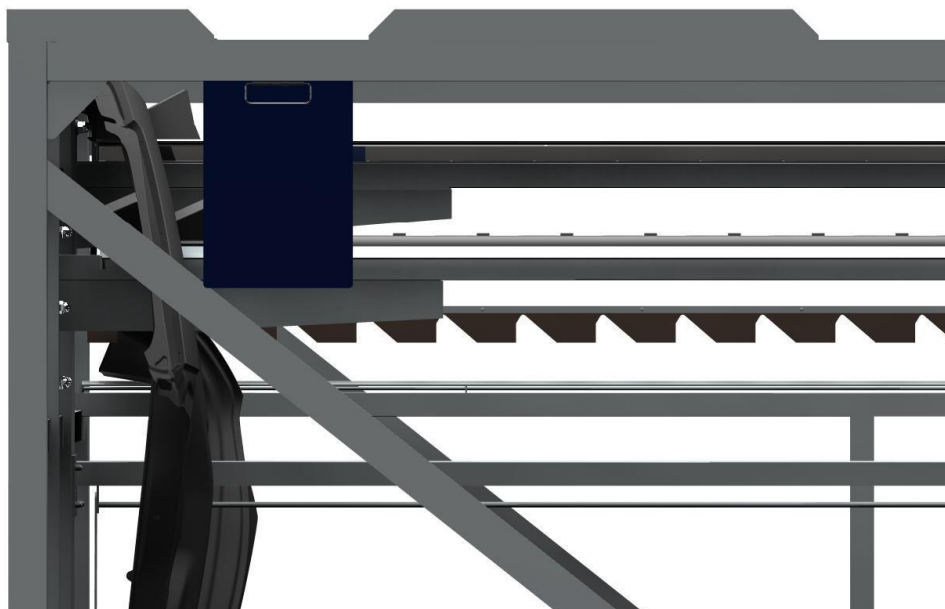
**Obrázek 35: Rameno v zadní části palety**



Obrázek 36: Detail dorazu zadního ramene

Prvky pro zakládání

Na paletě se nachází tři lišty pro zakládání. Jedna z lišt je dobře viditelná na obrázku. Dvě již byly uvedeny na konzolách. Jedná se o svařence. Konstrukci tvoří svařené tyče ploché o rozměru 40x4. Na nosnou konstrukci z těchto tyčí je nabodován nerezový plech o tloušťce 4mm. Třetí konzole je umístěna pod záděmi postranic, v těchto místech eliminuje chvění a kroucení dílu při zakládání. Pro její držení je potřeba na obvodový rám připevnit vlastní konstrukci z obdélníkového profilu 40x20x2,5. Na čele obvodového rámu jsou také upevněny desky na dokumentaci o převážném zboží (viz obrázek 37)



Obrázek 37: Umístění desek pro dokumentaci

5 Kontrola návrhu palety pomocí MKP

Součást se skládá z prvků o konečných rozměrech, tím se liší od klasické pružnosti a pevnosti, kde je řešena rovnováha na nekonečně malém elementu. Pro rozdělení součásti na konečný počet prvků je vytvořena síť skládající se z určitého typu prvků. Jednotlivé typy se liší ve tvaru, respektive v počtu a poloze jeho uzlů. V uzlech jsou hledány neznámé hodnoty řešení (posuvy, napětí,...). Na rozdíl od analytických metod se dostává výsledek z konečného počtu bodů a to bez ohledu na závislosti vstupních a výstupních veličin. Pokud by došlo ke změně veličin na vstupu, musí být úloha znovu řešena. Kvůli značnému rozvoji výpočetních technologií se z metody konečných prvků stal rychlý nástroj pro řešení i velmi složitých součástí.

Pro paletu mohou nastat tři odlišné zátěžné stavy:

1. Paleta je přepravována vysokozdvížným vozíkem a je uchopena kolmo na bok s jednou stohovanou paletou.
2. Paleta je přepravována vysokozdvížným vozíkem a je uchopena kolmo na čelo palety s jednou stohovanou paletou.
3. Paleta je skladována ve stohu čtyř palet.

Materiál palety je ocel S235 ($Re=235$), od zadavatele diplomové práce byla dána bezpečnost pro statické zatížení $k_s=1,3$ a bezpečnost pro dynamické zatížení $k_d=1,5$.

$$\sigma_{Ds} = \frac{Re}{k} = \frac{235}{1,3} = 180,7[\text{MPa}]$$

Kde: σ_{Ds} je dovolené napětí pro statické namáhání [MPa]

$$\sigma_{Dd} = \frac{Re}{k} = \frac{235}{1,5} = 156,6[\text{MPa}]$$

Kde: σ_{Dd} je dovolené napětí pro dynamické namáhání [MPa]

Staticky ztížená bude paleta pouze při stohování, když se s ní nebude manipulovat. Jedná se o třetí zátěžný stav, přičemž síla na rám je o tíhovou sílu jedné naplněné palety větší než v ostatních případech.

Model byl zjednodušen na hlavní nosné části, skládá se tak ze spodního rámu, obvodového rámu a dvou konzol. Jednotlivé části jsou zatěžovány tak, aby výsledky co nejvíce odpovídali realitě. Z výsledných hodnot je také důležité prohnutí konzole od uložených dílů, přestože by byla splněna podmínka dovoleného napětí, vlivem průhybu by došlo ke kontaktu některého z dílů se spodním rámem. Pro lepší názornost jsou hodnoty deformací a posunutí na obrázcích analýz zvětšeny o 10%. Pro výpočet se uvažuje nejhorší možný stav zatížení, proto na konstrukci působí zároveň všechny zrychlení daného stavu.

5.1 Paleta je přepravována vysokozdvížným vozíkem a uchopena kolmo na bok s jednou stohovanou paletou

Tento stav nastává při transportu, pokud je paleta za pomoci vysokozdvížného vozíku transportována na nákladní vůz. Nejčastěji se paleta bude uchopovat právě z boku pro lepší stabilitu a možnost lepšího naložení na přívěs.

5.1.1 Rozbor zatížení

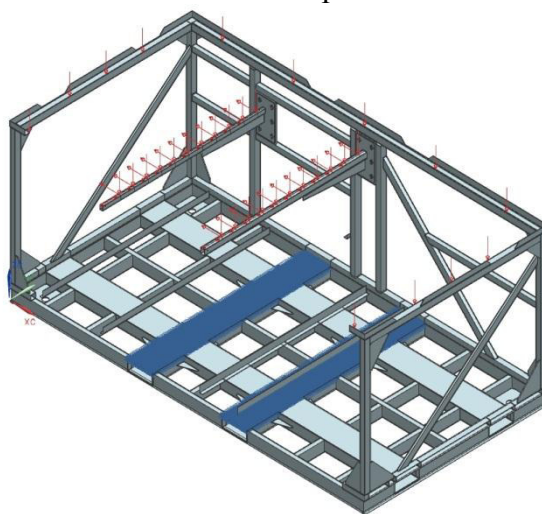
Ve spodním rámu budou v bočních příčnicích vloženy vidle. Najednou mohou být přepravovány maximálně dvě palety, proto shora na obvodový rám působí síla od druhé palety. Konzole jsou namáhány silami od uložených dílů, přičemž vznikají dynamické síly vyvolané manipulováním s paletou. Díky vlivu dynamické síly budou svislé síly asi dvojnásobně větší. Konzole navíc zatěžuje síla vzniklá bočním zrychlením a síla vzniklá změnou rychlosti vozíku. I přesto, že konzole by neměly přenášet sílu vzniklou bočním zrychlením, je ve výpočtu definovaná část její složky, která se přenáší vlivem tření mezi uložením a postranicí. Její vznik způsobuje drobná vůle mezi postranicemi a opěrnými lištami ve spodním rámu. Situace je zobrazena na obrázku 38, červené šipky vyznačují síly a modře je vyznačeno uložení palety.

Pokud díl při zakládání úplně nedosedne na lištu, která zamezuje jeho pohybu ve směru kolmém na konzole, pak vzniká, vlivem zrychlení a tření, mezi postranicí a ukládacím palcem síla. Tato síla působí jenom výjimečně, ale pro analýzu ji lze tedy považovat za regulérní složku síly od postranice působící na konzole. Síla se nepřenese na konzole celá ale jenom její část, protože je závislá na součiniteli tření a rozložení hmotnosti postranic. Opět je zohledněno maximální zatížení od všech dynamických účinků.

$$F_{t_{XA}} = \mu \cdot F_{YA} = 0,35 \cdot 18 = 6,3[\text{N}]$$

$$F_{t_{XB}} = \mu \cdot F_{YB} = 0,35 \cdot 240 = 84[\text{N}]$$

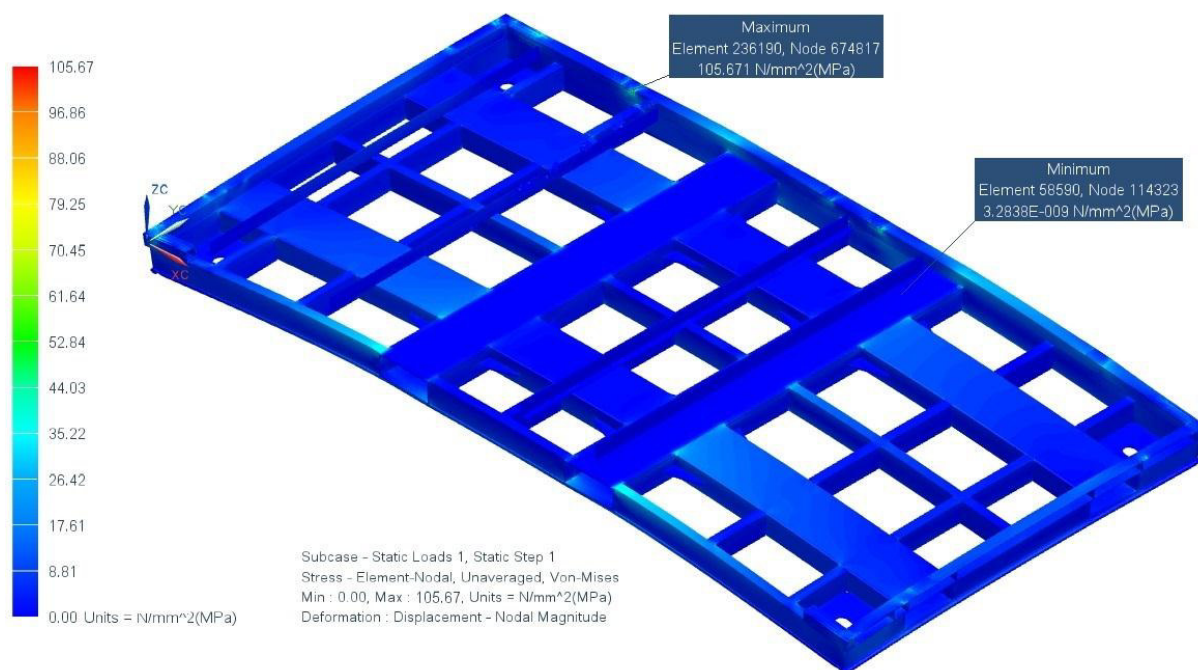
Kde: F_{YA} je celková síla ve směru Y ve vazbě A [N]
 F_{YB} celková síla ve směru Y ve vazbě B [N]
 μ součinitel tření mezi ocelí a plastem [1]



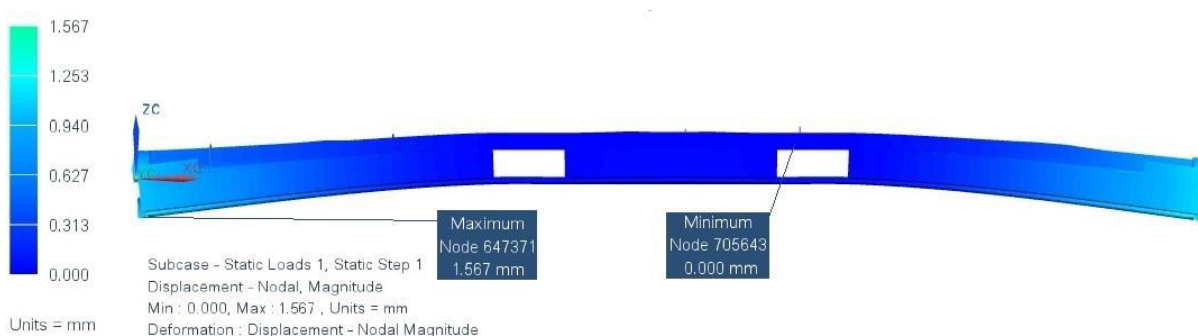
Obrázek 38: Rozbor zatížení při přepravě kolmo na bok

5.1.2 Spodní rám

Na spodní rám je síla přenášena od obvodového rámu. Nejmenší nulové napětí je, vlivem uložení v místě podepření, od vidlí vozíku. Nejvyšší napětí je 105,67[MPa] pod sloupkem konzole A. Jedná se o lokální extrém způsobený menší dosedací plochou sloupku. Hodnota napětí je tedy dvojnásobně menší než dovolené napětí. V místě spojů dílů rámu se pohybuje napětí maximálně kolem 62[MPa]. Největší posunutí je na vzdálenějších krajích od uložení vlivem ohybu. Více namáhaný je kraj v blízkosti konzolí, zde je prohnutí 1,6 [mm] ve směru osy Z. V ose Y je větší deformace ve směru od obvodového rámu, který zachycuje část napětí.



Obrázek 39: Průběh napětí – spodní rám

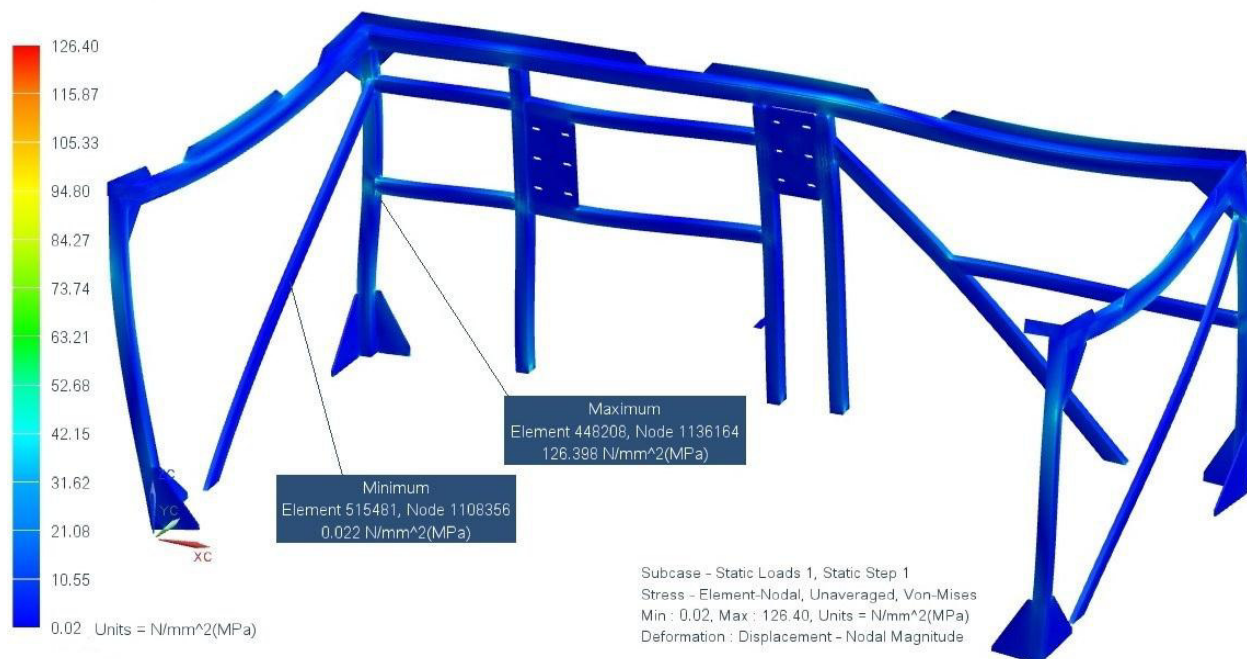


Obrázek 40: Průběh deformace – spodní rám

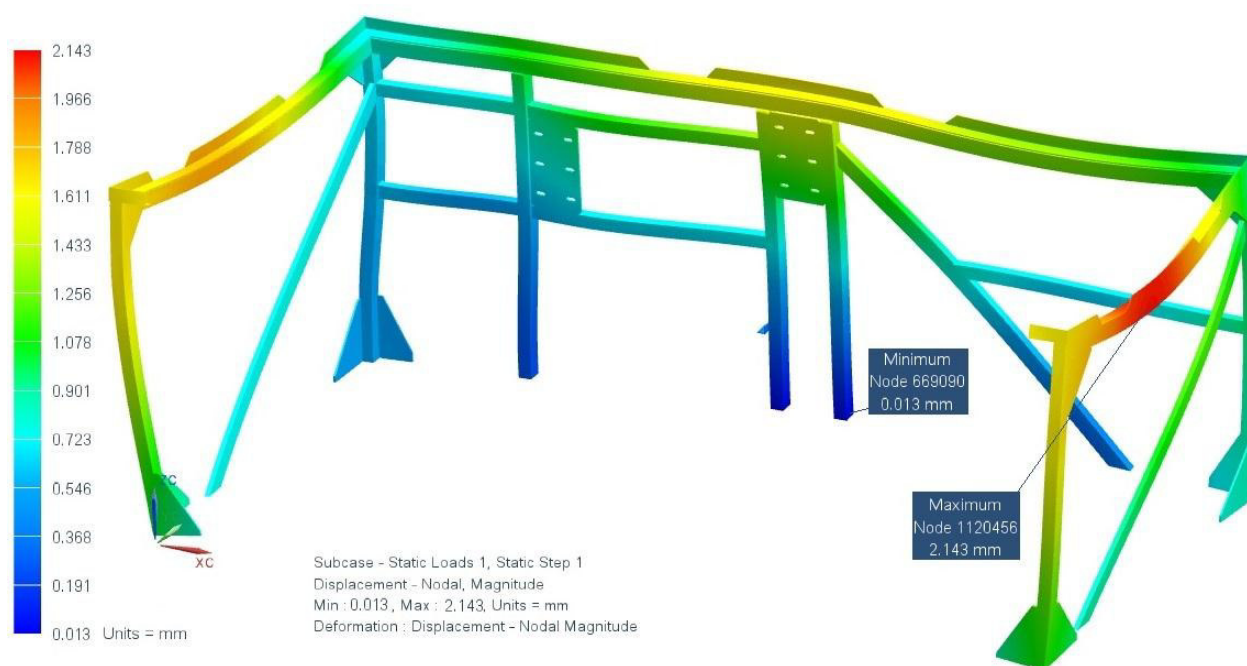
5.1.3 Obvodový rám

Rám nestojí na pevné podložce, ale na spodním deformovatelném rámu. Rámy jsou pevně spojené, proto průběh deformací a posunutí je do značné míry podobný. Nejmenší napětí je v diagonále uzavírající čelo palety 0,02[MPa]. Maximální napětí 126,40[MPa] je

v místě spojení podélného rámu s levým čelem. Síla od stohované palety se rovnoměrně rozkládá na horní část, ale ve skutečnosti by největší část síly přenášeli sloupky. Výsledky jsou i tak vyhovující, jen vzniká větší průhyb 2.143 [mm] na příčnicích spojujících sloupky. Minimum průhybu je opět nejbližší uložení palety.



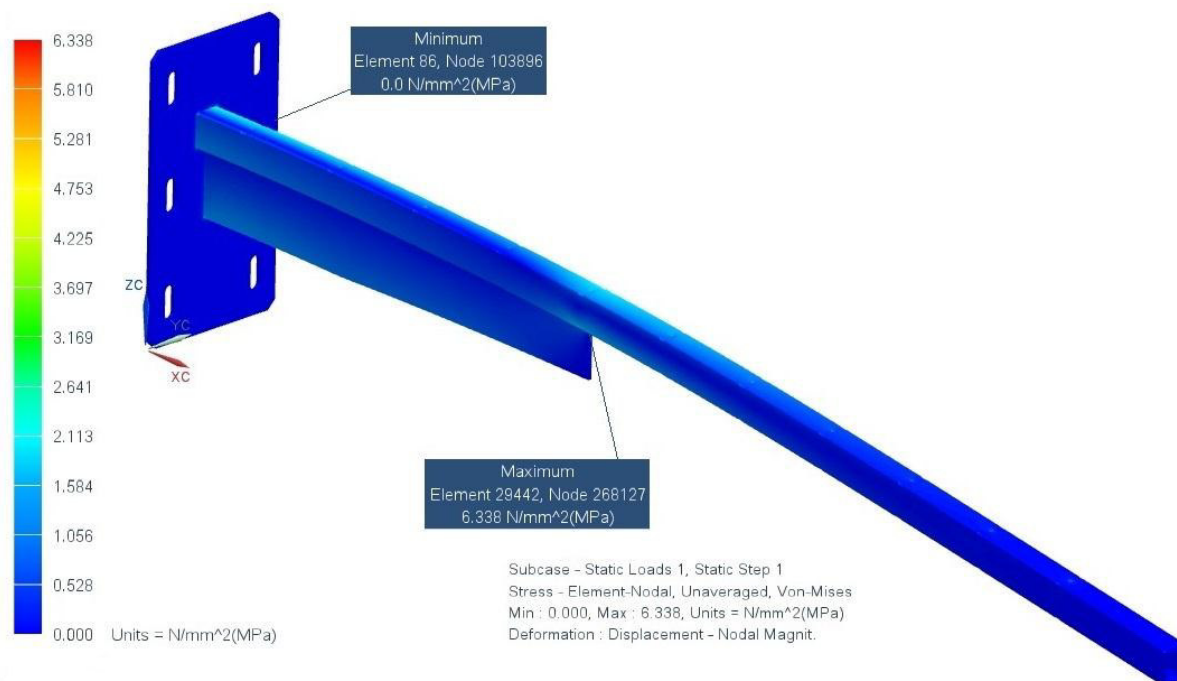
Obrázek 41: Průběh napětí – obvodový rám



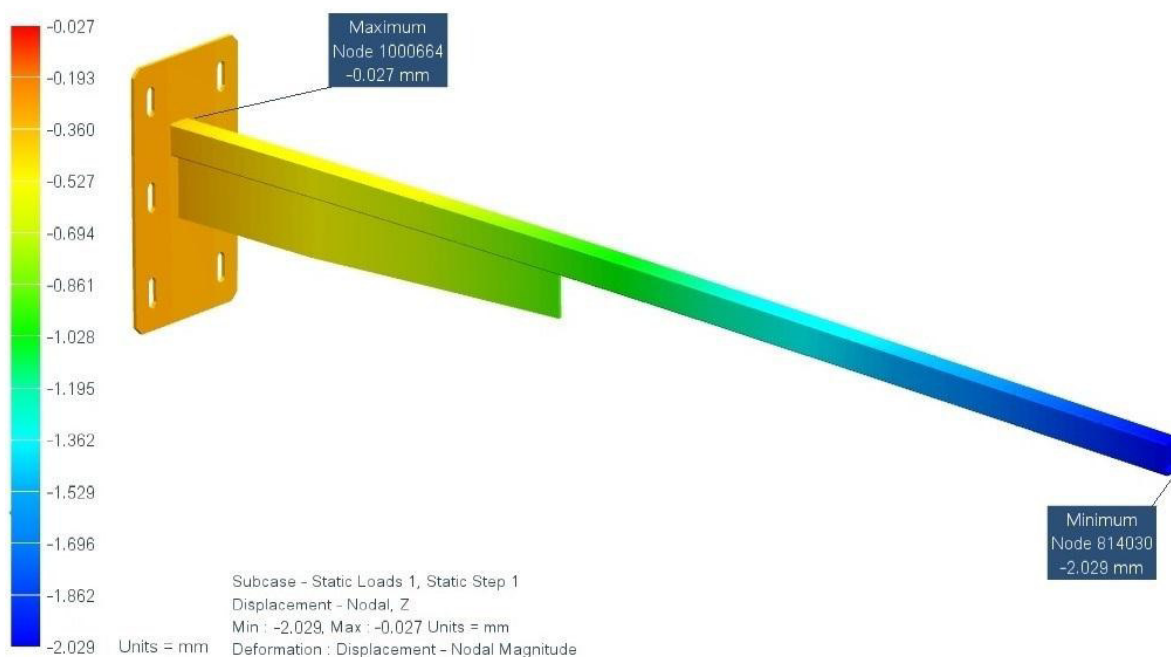
Obrázek 42: Průběh deformace – obvodový rám

5.1.4 Konzola A

Vlivem přenosu malých sil a předimenzování z důvodu bezpečnosti proti poškození, dochází k minimálnímu napětí. To se pohybuje na pouhých 6,338 [MPa] v místě spojení žebra s nosníkem. Napětí zde bylo sníženo odstraněním ostrých rohů. I přes malé napětí dochází k průhybu 2,029[mm]. Konzola je upevněna na obvodový deformovaný rám, proto je minimální hodnota průhybu nenulová.



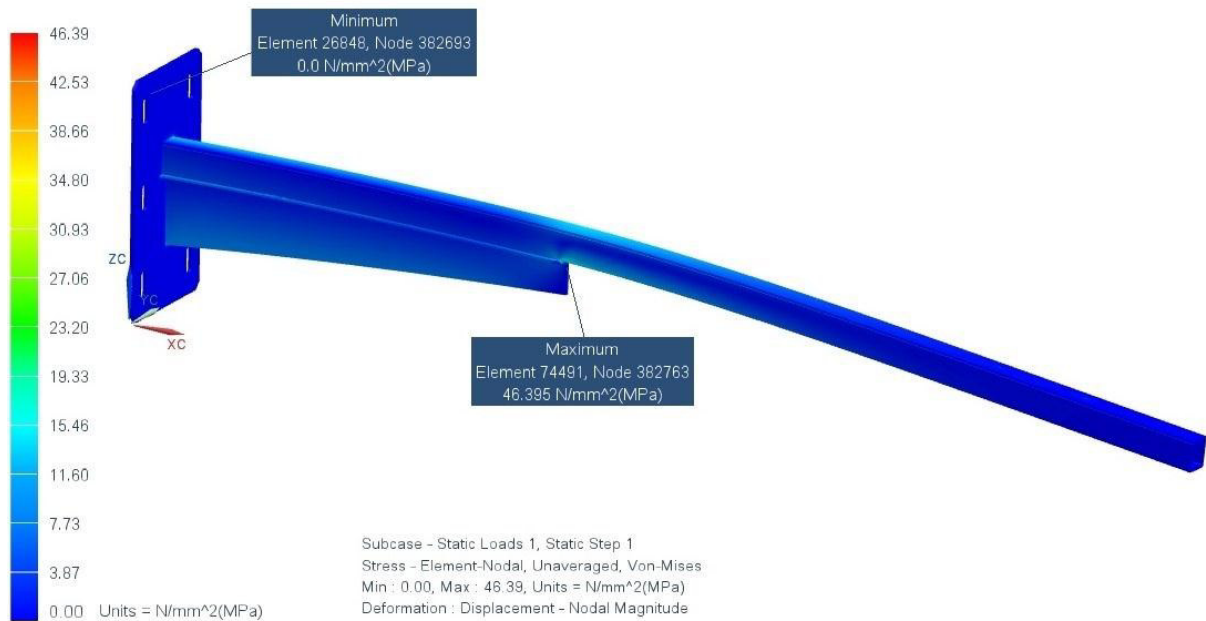
Obrázek 43: Napětí v konzole A



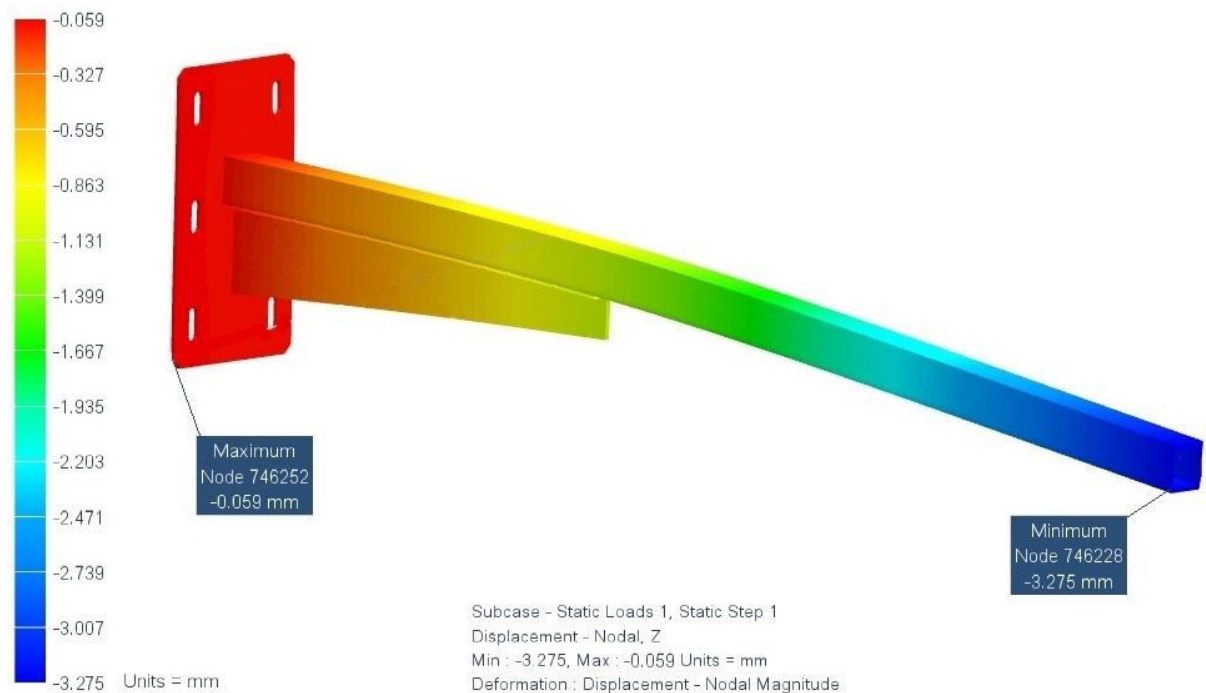
Obrázek 44: Deformace v konzole A

5.1.5 Konzola B

Tvar je podobný s konzolí A, tudíž je podobný i průběh jednotlivých veličin. Větší napětí způsobuje větší zatížení, přičemž maximální napětí 46,39[MPa] je opět na konci žebra. V místě připojení žebra je nosník vyztužen plochou tyčí, díky tomu je sníženo napětí mezi součástmi. Rohy žebra jsou v místech kontaktu opět zaoblené pro eliminaci koncentrace napětí.



Obrázek 45: Napětí v konzole B

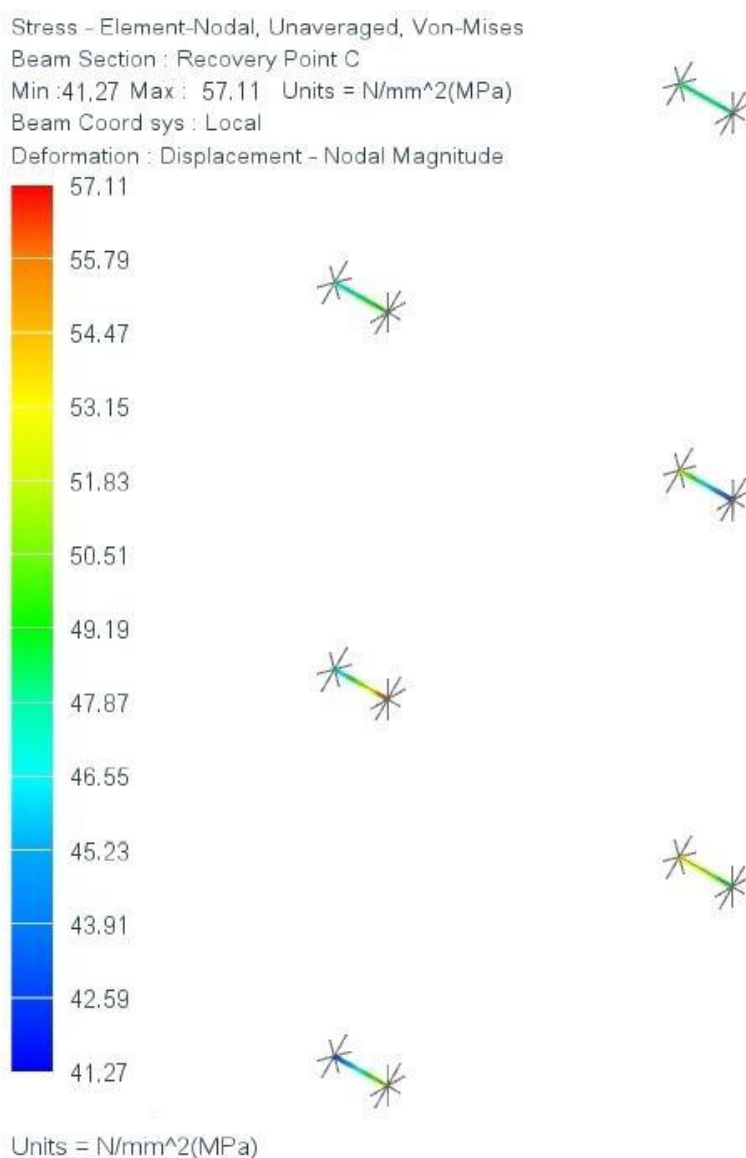


Obrázek 46: Deformace v konzole B

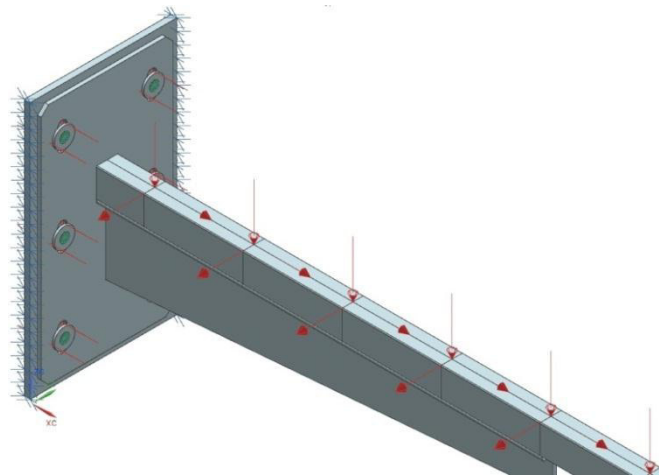
5.1.6 Šrouby

Na modelu jsou šrouby zjednodušeně vymodelovány jako 1D elementy pevně vetknuty v místě hlav šroubů a matic. Šrouby spojují desky obvodového rámu a konzol. V MKP analýze jsou kontrolovány pouze více zatížené šrouby konzole B, protože na konzoli A jsou použity méně namáhané stejné šrouby. Boky desky obvodového rámu jsou, v okrajových podmínkách, definovány jako pevně vetknuté, ve skutečnosti se zde nachází koutové svary.

Přes šrouby je na desku rámu připojena deska konzole, na kterou působí síly od postranic navýšeny o dynamické účinky. Kvůli předepnutí jsou šrouby namáhány minimálním napětím 41,27 [MPa], i když jsou konzole nezatíženy. Maximální napětí vzniklé ve šroubech M12 od uložených postranic je 57,11[MPa], tudíž šrouby vyhovují.



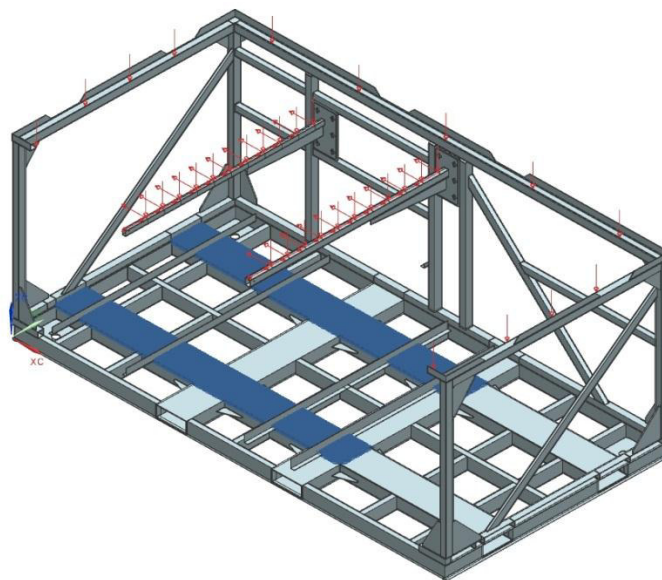
Obrázek 47: Napětí na šroubech



Obrázek 48: Zatížení šroubů

5.2 Paleta je přepravována vysokozdvížným vozíkem a uchopena kolmo na čelo palety s jednou stohovanou paletou

Takto se uchopuje paleta především při přepravě po výrobním závodě či skladu, kde jsou úzké uličky a není místo k zajištění vozíkem z boku. Paleta takto nemusí být přepravována najetím z čela a vytažena z řady stojících palet. Ideální stav zasunutí vidlí je tehdy, pokud vidle přesahují přepravovaný materiál. V krajním případě je zasunutí nutné minimálně do dvou třetin palety, aby mohl náklad být přepravován. Paleta je tak více namáhána a v reálných podmínkách bude díky tomu více odolná vůči hrubému zacházení.



Obrázek 49: Rozbor zatížení při přepravě kolmo na čelo

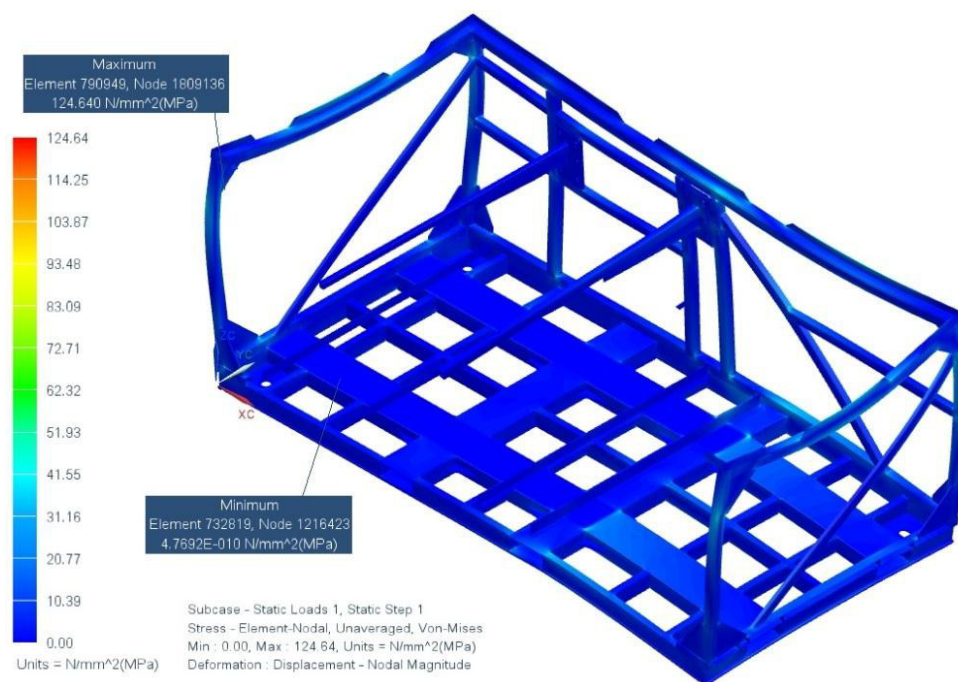
5.2.1 Rozbor zatížení

Spodní rám je opět držen pomocí vidlic vysokozdvížného vozíku, ale tentokrát je, oproti kapitole 5.1, držen z čela. Ostatní síly na paletu jsou totožné jako v předchozí podkapitole 5.1.1. Konstrukce je uchycena za větší plochu a síly od zatížení působí na menších ramenech.

Analýza slouží hlavně pro kontrolu. Konzole jsou zatíženy stejně velkými silami jako v případě 5.1, proto již nebudou dále rozebírány. Dílčí součásti palety byly podrobně popsány v prvním případě, kdy jsou síly na konzole a šrouby maximální. Předmětem zkoumání dalších stavů je tak hlavně spodní a obvodový rám, které jsou pro zlepšení představy průběhu napětí a deformací zobrazovány jako celek

5.2.2 Napětí

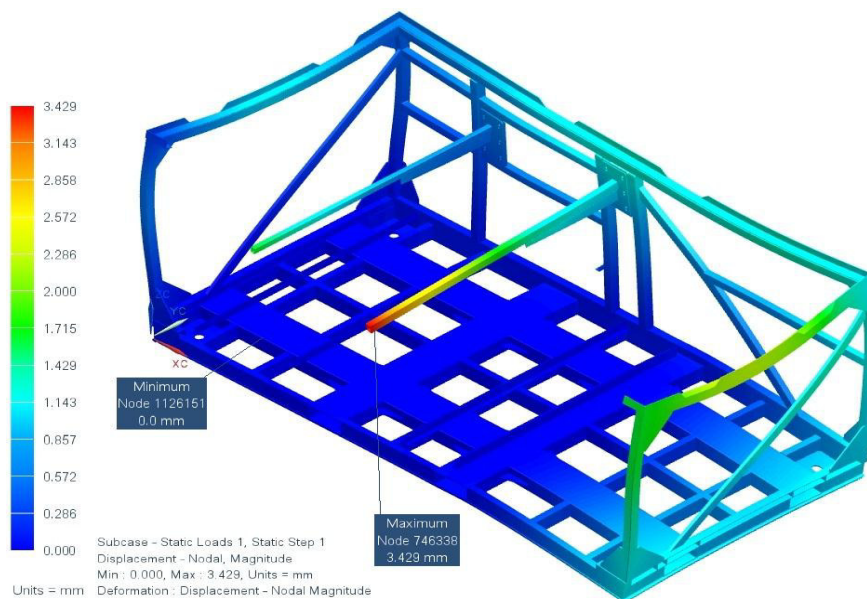
Změna uložení má za následek zpevnění spodního rámu. Ohyb v rovině ZC-XC je kolem uložení minimální, rám se v této rovině ohýbá až v nepodložené třetině, napětí ve spojení těchto převislých konců je maximálně 81,3[MPa]. Napětí spodního rámu nabývá maxima u spojení paty levého vnějšího sloupku s trojúhelníkovou výztuhou, jeho hodnota 92,39[MPa] je však stále v dovolených mezích. Jedná se o lokální extrém, ostatní hodnoty spodního rámu se pohybují do 60[MPa]. Vlivem tuhosti spodního rámu se více deformuje obvodový rám, zvětšení nastává hlavně v rovině ZC-YC. Konce rohových výztuh se zde začínají opírat o sloupky a vznikají tak lokální extrémy. Pro co nejmenší koncentrace napětí v těchto místech mají výztuhy zaoblené ostré rohy. Maximální napětí 124.64[MPa] je u spojení horní výztuhy se sloupkem, který je na otevřené straně obvodového rámu blíže ke konzolám.



Obrázek 50: Napětí

5.2.3 Deformace

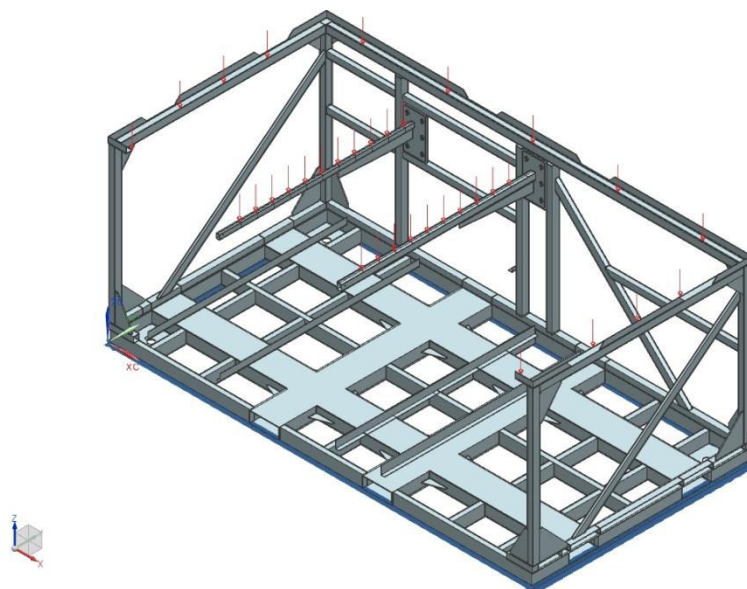
Deformace je největší u konzole B, její průhyb při pohybu se všemi možnými zrychleními je 3,5[mm], nedochází ke kontaktu s paletou ani ostatními díly. Jako v předchozím případě se na obvodovém rámu prohýbá horní příčnick spojující sloupky. Dochází zde k posunutí 2,245[mm] ve směru Z.



Obrázek 51: Deformace

5.3 Paleta je skladována ve stohu čtyř palet

Po přepravě je paleta skladována, zpravidla ve stohu a to především pro úsporu místa. Jak vyplynulo z výpočtů, je počet palet ve stohu $n_K=4$. Nejvíce je tedy namáhána spodní paleta a to staticky vahou tří palet na ní položených. Na paletu nepůsobí žádné zrychlení, stejně jako při jejím vykládání, prohnutí konzolí je v tomto případě směrodatné pro automatizovaného robota linky.



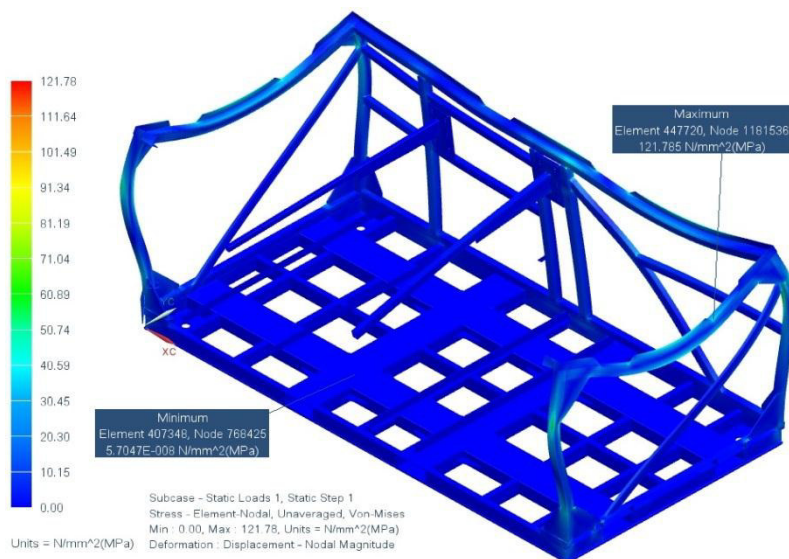
Obrázek 52: Zatížení palety ve stohu

5.3.1 Rozbor zatížení

Rám stojí na pevné podložce, na konzole tedy působí jenom tíhové síly od postranic. Zatížení je menší než v předchozích případech, tudíž konzole budou vyhovovat. Obvodový rám je zatížen silou tří plných palet, dochází tedy k jeho maximálnímu zatížení. rám je zatížen silou tří plných palet, dochází tedy k jeho maximálnímu zatížení.

5.3.2 Napětí

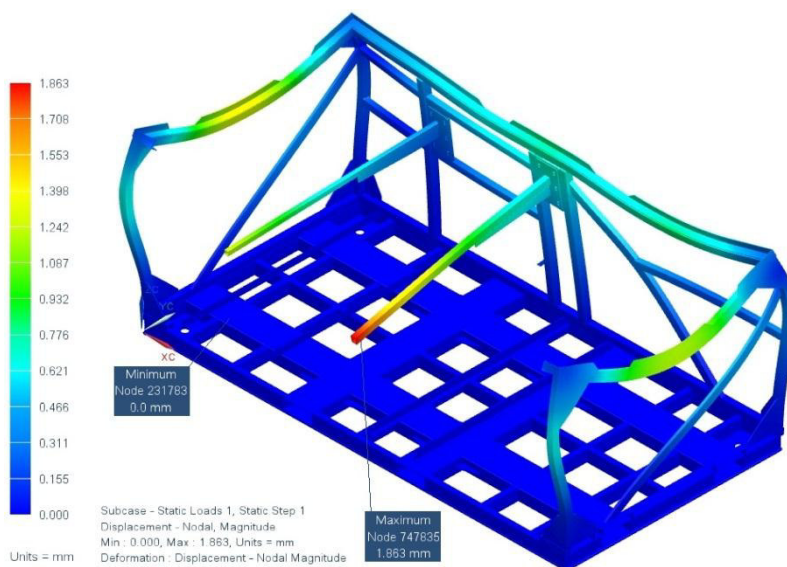
Spodní rám je vlivem uložení natolik zpevněn, že jeho deformace je minimální. Nejvíce se deformuje v místech napojení s obvodovým rámem. V těchto místech je pomocný rám z U profilu, místa největšího namáhání jsou vyztuženy vloženými žebry. Napětí zde dosahuje hodnot kolem 100[MPa]. Horní trojúhelníkové výztuhy, směrem blíže k otevření obvodového rámu, mají v místech zaoblených konců hodnoty v rozmezí 101-110[MPa]. Maximální napětí 121,78[MPa] je na pravém horním příčniku, protože se v jeho okolí vyskytuje méně sloupků. Celá konstrukce se pohybuje v řádech desítek megapascalů, paleta tak dosahuje vysoké tuhosti.



Obrázek 53: Napětí

5.3.3 Deformace rámu


Průhyb 1,863 [mm] je největší na konci konzole, tato hodnota je tudíž pro robota linky přijatelná. Na obvodovém rámu se nejvíce prohýbá horní příčník spojující sloupky. Dochází zde k posunutí 2,245[mm] ve směru osy Z.




Obrázek 54: Deformace

6 Technologický postup

Technologický postup je vytvořen pro spodní nosný rám. V tomto případě se jedná o svařenec. K výrobě bude tedy použit svařovací přípravek, který zamezí nepřesnostem vlivem tepelného namáhání. Profily použité na výrobu rámu jsou nakupovány a dále zpracovávány dle potřeb výrobku. V první řadě jsou polotovary zkráceny na potřebnou délku, poté následují individuální úpravy dílů dle jejich výkresů. Vyrobené součásti jsou dále svařovány se snahou o co nejmenší vznik deformací od tepelného namáhání. Finální fáze výroby zahrnuje zbroušení nerovností a kontrolu, která je důležitá i během dílčích operací. Jednotlivé časy spjaté s výrobou budou určeny až po výrobě prvního polotovaru. Technologický postup je rozepsán v tabulkách 6 a 7 na dalších stranách.

		FAKULTA STROJNÍ <i>Katedra konstruování strojů</i>		VÝROBNÍ POSTUP		Číslo výkresu: DP-2014-1001											
						Hmotnost:		Ks/rok: 500									
Čís. oper.		Číslo pracoviště		Typ stroje		Název součásti:		Materiál: S 235		čistá :		hrubá :		Ks/dávka: 500			
						Spodní rám		Polotovar:						Dávka/rok :			
				Popis operace		Spec.nástroje, měřidla, přípravky		t_s	t_{AC}	t_{BC}	t_{TKK}	t_{th}	t_{tk}	t_{pz}			
1	5165	Pásová pila	Nařezat 2x profil 250x100x6mm na délku 1795mm														
10			Nařezat 2x profil 250x100x6mm na délku 696mm														
15			Nařezat 4x profil 250x100x6mm na délku 1153mm														
20			Nařezat 5x profil 100x40x4mm na délku 680mm														
25			Nařezat 4x profil 100x40x4mm na délku 1153mm														
30			Nařezat 4x profil 100x40x4mm na délku 302,5mm														
35			Nařezat 1x profil U 50x40x4mm na délku 3500mm														
40			Nařezat 2x profil U 50x40x4mm na délku 1800mm														
45			Nařezat 2x profil U 50x40x4mm na délku 215mm														
50			Nařezat 2x plochou tyč 30x18 na délku 1800mm														
55			Nařezat 1x plochou tyč 30x18 na délku 3440mm														
60			Nařezat 10x profil 100x40x4mm na délku 272,5mm														
65			Nařezat 2x profil 100x40x4mm na délku 1115mm														
70			Nařezat 10x profil 100x40x4mm na délku 325mm														
75			Nařezat 4x profil L 60x30x3mm na délku 1640mm														
80			9421	Zámečnick	Srazit ostré hrany												
85	35224	CNC frézka	Vyrobit 16 z PLO 150x80x5 trojúhelníkové příložky dle výkresu														
90			Vyrobit 2x z PLO 250x280x8 dle výkresu centrovací desky s kruhovým otvorem														
95			Vyrobit 2x z PLO 250x280x8 dle výkresu centrovací desky s oválným otvorem														
100			Na profilu 250x100x6-1795 vyfrézovat do ploch 100x1795 průchozí díry pro navaření kolmých profilů														
105	2814	Laser	Pálit z plechu tl. 6mm dle výkresů výztužné příložky														
110	18721	Kontrola	Kontrola rozměrů polotovarů														
115	9860	Svařovací pracoviště	Ustanovení příčníků 250x100x6-1795mm			Svařovací přípravek											
120			Ustanovení podélníků 250x100x6mm-696mm														
125			Přibodování příčníků na podélníky														
Pokračování na listě:											List: 1/2						

Tabulka 6: Technologický postup – část 1

		FAKULTA STROJNÍ <i>Katedra konstruování strojů</i>		VÝROBNÍ POSTUP		Číslo výkresu: DP-2014-1001				
						Hmotnost:		Ks/rok: 500		
Čís. oper.	Číslo pracoviště	Typ stroje	Popis operace	Spec.nástroje, měřidla, přípravky	čistá :	hrubá :	Ks/dávka: 500		TKK	
					Spodní rám		Dávka/rok :			
130	9860	Svařovací pracoviště	Kontrola provedení	Svařovací přípravek						
135			Přivaření příčníků							
140			Ustanovení a přivaření vnitřního podélníku 100x40x4-680mm a dvou příčníků 100x40x4-325mm, vnitřní kříž							
145			Ustanovení a přibodování 4 podélníků 250x100x6-1153 do připravených výřezů							
150			Přibodování podélníků na příčnky							
			Kontrola provedení							
155			Přivaření příčníků							
			Ustanovení a přivaření podélníků 100x40x4-1115mm a osmi příčníků 100x40x4-325mm, vnitřní kříže mezi podélníky							
160			Ustanovení a přivaření příčníků 100x40x4-680 zavírající prostor mezi profily 250x100x6							
165			Ustanovení a přivaření 2 příčníků 100x40x4-272,5 vyztužujících prostor mezi podélníkem 250x100x6 a obvodovým podélníkem 100x40x4							
			Ustanovení a přibodování centrovacích desek a obvodových profilů obepínajících tyto desky 100x40x4-1153, 100x40x4-302,5							
170			Kontrola provedení							
175			Přivaření desek a nabodovaných profilů							
			Ustanovení a přivaření vyztužných příčníků obvodového rámu 100x40x4-272,5							
180			Ustanovení a přivaření vyztužných trojúhelníků do rohů napojení profilů 250x100x6							
			Ustanovení a přivaření pomocného rámu z profilu U 50x40x4							
185			Ustanovení a přivaření vyztužných žeber do profilu U50x40x4							
			Otočení rámu o 180°							
190	Kompletace svarů									
195	Ustanovení a přivaření na obvod rámu profilu 30x18									
200	9421	Zamečnick	Broušení nerovností, zarovnání svarů							
205	18721		Kontrola provedení							
Pokračování na listě:									List: 2/2	

Tabulka 7: Technologický postup – část 2

7 Technicko-ekonomické hodnocení

Hlavním cílem řešení je navrhnout konstrukci splňující požadavky zadavatele s ohledem na možnosti výroby. Mezi požadavky je i orientační cena, která ovlivňuje konstrukci nejvíce. Pokud je více konkurenčních technických produktů vyhovujících zadání, potom je právě prodejní cena faktorem ovlivňující výběr kupujícího.

7.1 Technické hodnocení

Hlavní díly palety byly orientačně, pomocí výpočtu, dimenzovány pro vznik hrubé konstrukce. Ta byla jako celek podrobena počítačově podporovanému výpočtu MKP, což vedlo k představě o zatížení, která je potřeba k co nejefektivnějšímu využití materiálu. Jeho rozmístění kryje postranici v paletě a tím zabraňuje poškození a ustanovuje tak její přesnou polohu. Také umožňuje manuální zakládání i automatizované vykládání a současně dělá paletu odolnou vůči okolním vlivům. V řešení byla také zohledněna možnost rychlejšího zakládání oproti ostatním variantám, cena řešení je však vyšší. Vyšší je ale také následná návratnost investice.

Konstrukce využívá výhody svařování a skládá se z dostupných polotovarů a také normalizovaných součástí. Všechny polotovary je možné upravovat přímo ve firmě při využití již zakoupených a používaných strojů. Výroba probíhá paralelně pro co nejvyšší využití výrobních kapacit. Například během výroby svařenců, dochází ke kompletaci klapkového mechanismu na jiném pracovišti. Po vzniku hlavního rámu jsou tak dílčí části montovány na paletu.

7.2 Ekonomické hodnocení

Pro zjištění konkurenceschopnosti z cenového hlediska, je v tabulce 8 předběžně určena cena výrobku. Určí se přímé náklady na jednici, ke kterým se připočtou nepřímé náklady jako režijní přírážky. Vzhledem k neznámosti firemního ekonomiky jsou přírážky pouze odhadovány.

	materiál	metráž[m];plocha[m2]; počet	cena/m ;/m ² ; / ks	cena celkem
spodní rám	odbělníkový profil 250x100x6	9,594	1844	17688
	odbělníkový profil 100x40x4	17,427	150	2614
	plochá tyč 30x18	7,04	109	767
	profil U 50x40x4	7,33	83	608
	profil L60x30x3	6,56	80	525
	plech černý 5mm	1,2x0,080	834	81
	plech černý 8mm	1x0,28	1367	383
	plech černý 6mm	0,032x1,408	1025	46
	tahokov 42/12,5/2,5/1,5	2,5x1,7	343	1458
obvodový rám	obdélníkový profil 60x50x3	18,885	100	1889
	obdélníkový profil 50x40x3	4,158	90	374
	obdélníkový profil 60x30x3	5,11	86	440
	plech 8mm	0,7x0,2	1367	192
	plech 6mm	1,68x0,2	1025	345

	materiál	metráž[m];plocha[m2]; počet	cena/m ;/m ² ; / ks	cena celkem
konzole A	plech 8mm	0,33x0,18	1367	81
	obdélníkový profil 40x30x3	1,6	68	109
	plech 4mm	0,61x0,080	668	33
konzole B	plech 8mm	0,33x0,18	1367	81
	obdélníkový profil 50x40x3	1,6	90	144
	plochá tyč 40x4	0,62	29	18
	plech 5mm	0,095x0,61	834	48
konstrukce s jisticím ramenem	profil U 30x40x3	1,58	63	100
	plech 4mm	0,21x0,1	668	14
	profil U50x30x3	1,555	60	90
	plochá tyč 50x4	0,68	44	30
	plastová lišta	1ks	499	486
	tyč KR8 pro aretaci	1,6	635	1016
	tlumič	1ks	870	870
zadní pojistné rameno	profil U50x30x3	1,675	60	101
	plochá tyč 50x4	0,68	44	30
	plastová lišta	1ks	499	486
	tlumič	1ks	870	870
ostatní prvky	zakládací palce	26ks	54	1404
	pomocné lišty	3ks	170	510
	lišty zamezující pohybu	2ks	170	340
	konstrukce zadní lišty-obdélníkový profil 40x50x5,5	2,325	50	116
	ostatní montážní prvky (šrouby, matky, tyče, ...)	-	500	500
	klapkový mechanismus	2ks	2770	5540
ostatní materiál	lak	-	622	622
Celkem				41049

Tabulka 8: Tabulka nákladů za přímý materiál

Přímé mzdy se určí z předpokládaného mzdového tarifu a odhadu doby výroby.

Doba výroby = 16hodin, počet pracovníků=4, Mzdový tarif= 120 (Kč/měsíc)

$PM_z = (16 \cdot 120) \cdot 4 = 7680,-$

Režijní přírážky:

Režijní materiál: 12% přímého materiálu

Výrobní režie: 150% přímých mezd

Správní a odbytová režie: 30% vlastních nákladů výroby

Zisk 10% úplných vlastních nákladů

Rabat 10% prodejní ceny

Kalkulační schéma:

	Přímý materiál	41 049,-
+	Režijní materiál	4 926
<hr/>		
=	Materiál celkem	45 975,-
+	Přímé mzdy	7 680,-
+	Výrobní režie	11 520,-
<hr/>		
=	Vlastní náklady výroby	65 175,-
+	Správní a odbytová režie	19 553,-
<hr/>		
=	Úplné vlastní náklady	84 728,-
+	Zisk	8 473,
<hr/>		
=	Cena při prodeji za hotové	93 201,-
+	Rabat	10 356,-
<hr/>		
=	Prodejní cena	103 557,-

Ceny přímého materiálu jsou maloobchodní a včetně DPH, ostatní položky jsou dopočteny na základě odhadu, proto je výpočet pouze orientační. Ve skutečnosti při dobrém odbytu a výrobě většího množství kusů bude cena nižší

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrzení co nejefektivnější konstrukce palety pro uložení postranice automobilu. Celkový proces návrhu konstrukce a následné výroby, byl rozebrán v jednotlivých kapitolách.

První kapitola byla pouze kapitolou úvodní, avšak i zde je mnoho informací, které jsou důležité. Píše se zde např. o zadavatelské firmě Stauner palet s.r.o, která se na výrobu palet specializuje. Také je zde uvedena zajímavá historie využívání palet a současné využívání palet v automobilovém průmyslu, pro který jsou tyto palety velmi důležité.

V další části dochází k rozboru běžně využívaných konstrukcí, používaných materiálů a dopravních prostředků, což byla důležitá vodítka pro návrh palety. Po tomto rozboru dochází k bližšímu specifikování požadavků na paletu v závislosti na získaných informacích. Pro jejich splnění jsou navrženy tři různé varianty, ze kterých je na základě hodnocení nákladů a kvality, vybrána nejlepší. Od tohoto bodu se dále odvíjela veškerá práce na paletě, která byla již přesně zacílena na zvolenou nejlepší variantu.

Třetí kapitola, s názvem „Optimalizace rozměrů a polohy postranice“, sama svým názvem vypovídá o obsahu. Jsou zde rozebrány a zohledněny parametry jak bočnice, tak palety a je zde rozhodnuto o finálním uložení dílu do palety.

Zajímavá konstrukční část je ve čtvrté kapitole. Pomocí výpočtů zde totiž byla nadimenzována hrubá konstrukce palety. Ve výpočtech je uveden návrh konzolí, šroubového spoje, svarového spoje a obvodového rámu. Jsou zde popsány jednotlivé díly, jejich funkce a polotovary z kterých jsou vyrobeny. Z daných informací je vytvořen 3D model a popisy jsou tak doplněny o názorné obrázky dílů.

Kapitola pět je věnována kontrole konstrukci pomocí metody konečných prvků. Jsou zde popsány tři zátěžné stavy, které mohou na paletu působit. V hodnocení prvního stavu jsou konstrukce dílů a místa deformací popsány nejpodrobněji, protože následující dva případy se liší pouze v silových účincích a okrajových podmínkách.

Na následujících stránkách je vypracován výrobní postup pro spodní rám. Tímto postupem dochází hlavně ke zkontrolování vyrobitelnosti.

Poslední část hodnotí vzniklou paletu z technického a ekonomického hlediska. Ekonomické hodnocení je pouze orientační, ale i tak je důležité pro spuštění výroby.

Celkově tedy zvolená varianta palety vyhovuje a to ve všech ohledech. Dražší počáteční náklady mají svou návratnost v lepším a kvalitnějším zpracování, které dovoluje rychlejší zakládání palety. Dále umožňuje opakovaný bezpečný převoz dílů bez poškození, proto je tato paleta ideálním logistickým nástrojem.

Seznam použité literatury

Knížní publikace:

- [1] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003, xv, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [2] DRAŽAN, F., JEŘÁBEK, K. *Manipulace s materiálem* Praha: SNTL, 1979
- [3] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 1*. Brno: Computer Press, 1999
- [4] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 2*. Brno: Computer Press, 2000
- [5] BÖGE, Alfred. *Vieweg Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik ; mit 441 Tabellen*. 18., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg, 2007, xv, 865 s. ISBN 978-383-4801-104.

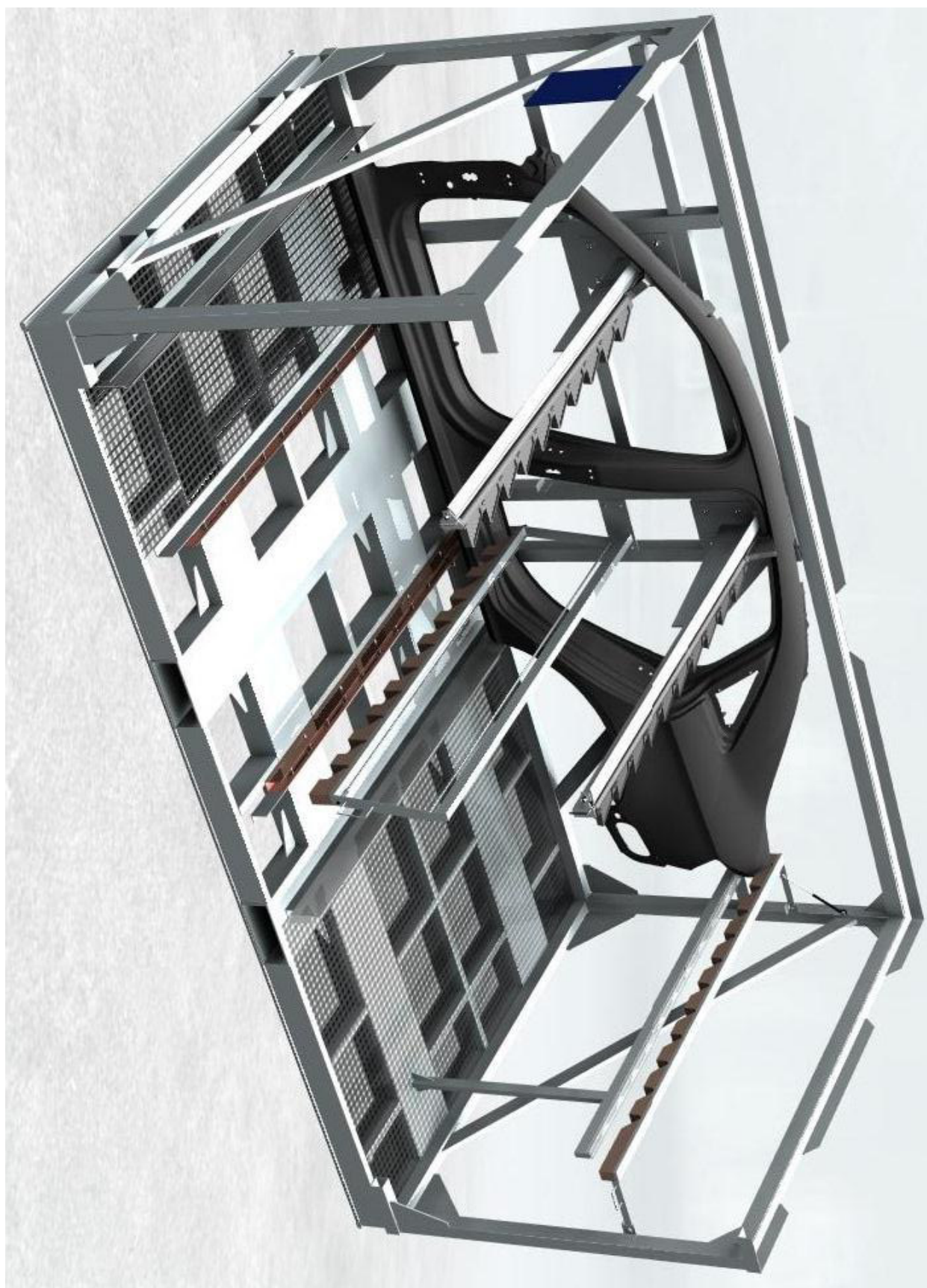
Publikace na internetu:

- [6] STAUNER PALET S.R.O. *Firmenprofil* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.stauner.cz/index.asp?idmenu=2>
- [7] MEKINS GROUP. *Products: Automotive pallets* [online]. 2014. vyd. [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: <http://www.mekins.com/material-handling/automotive-pallets.htm#thumb>
- [8] METAL PRODUCTS (ARDEN) LTD. *Pallets & Stillages: Steel Pallet* [online]. 2009. vyd. [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: http://www.metalproducts.co.uk/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=2
- [9] ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE. *Firma Stauner palet s.r.o.* [online]. 2013. vyd. [cit. 2013-09-19]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~nemecl/kvpr/akvap/DP-koment13/Stauner/Dip3.pdf>
- [10] STAUNER PALET S.R.O. *Výkres: T513543*. Starý Klíčov, 5.11.2012.
- [11] ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE. *Firma Stauner palet s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-09-19]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~nemecl/kvpr/akvap/DP-koment13/Stauner/Dip2.pdf>
- [12] STAUNER PALET S.R.O. *Výkres: 12-70-A-300 415*. Starý Klíčov, 2.10.2013.
- [13] WELDRITE LTD. *Automotive Pallets* [online]. 2013 [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: <http://weldriteld.com/automotive-pallets/>
- [14] LITCO INTERNATIONAL, inc. *News* [online]. 2012 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.litco.com/news/wooden-pallets/new-48-x-45-presswood-automotive-pallet-is-cost-effective-alternative-to-plastic.htm>
- [15] DIRECT INDUSTRY. *Products: Plastic pallet* [online]. 2014 [cit. 2013-12-06]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/craemer/conductive-plastic-pallets-16816-678217.htm>
- [16] ZAGRES CZ, s.r.o. *Bedny, boxy a přepravky: Palety* [online]. 2008, 2014 [cit. 2013-12-06]. Dostupné z: <http://www.zarges.cz/produkt/hlinikova-paleta-s-lyzinami/206/>

- [17] HRUBÝ, Jiří. Technologičnost konstrukce součástí vyráběných svařováním. [online]. s. 4 [cit. 2014-02-01]. Dostupné z: <http://www.345.vsb.cz/jirihruby/Tek/Tek05.pdf>
- [18] DOPRAVA V PRAXI. *Rozměr EUR palety: EURO paleta* [online]. 2012 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: www.dohtmlprava.vpraxi.cz/eurpaleta.
- [19] BELET MANIPULAČNÍ TECHNIKA. *Čelní a boční manipulační vozíky* [online]. 2014 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://obchod.belet.cz/qx203/manipulacni-technika-celni-a-bocni-motorove-voziky>
- [20] KUKA ROBOTER GMBH. *Industrial Robots: Special Models: Shelf-Mounted Robots: KR 60 L16-3 KS* [online]. 2014 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/shelf_mounted_robots/kr60_l16_2_ks/start.htm
- [21] VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Svarové spoje: Obecně o svařování* [online]. 2007 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02_cvi_05.pdf
- [22] CONTAINEX CONTAINER-HANDELSGESELLSCHAFT M.B.H. *Produkty: Přepravní kontejner* [online]. 2014 [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: <http://www.containex.cz/cs/produkty/skladovy-kontejner/prepravni-kontejner>
- [23] DOPRAVA V PRAXI. *Specifikace kamióňů: Obecná specifikace* [online]. 2012 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z http://www.doprava.vpraxi.cz/specifikace_kamionu.html
- [24] INBOUND LOGISTIC. *Selecting Pallet Types: One Size Does Not Fit All* [online]. 2014 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/selecting-pallet-types-one-size-does-not-fit-all/>
- [25] VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Dokumentační portál IDOC: Článek Šroubové spoje* [online]. 2014 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocel/03a%20Sroubove%20spoje.pdf>
- [26] CONVERTER. *Součinitel smykového tření: Statický* [online]. 2002 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>
- [27] Spoje ocelových konstrukcí: Příklad: Šroubovaný přípoj konzoly na sloup. In: [online]. [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/priklady/>
- [28] Spoje ocelových konstrukcí: Sortiment: Šrouby. In: [online]. [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/sortiment/>
- [29] THE COMPLETE GUIDE TO CHAIN. *Coefficient of Friction* [online]. 2006 [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: <http://chain-guide.com/basics/2-3-1-coefficient-of-friction.html>

Příloha 1

Siemens MX8 – Model palety pro uložení postranice



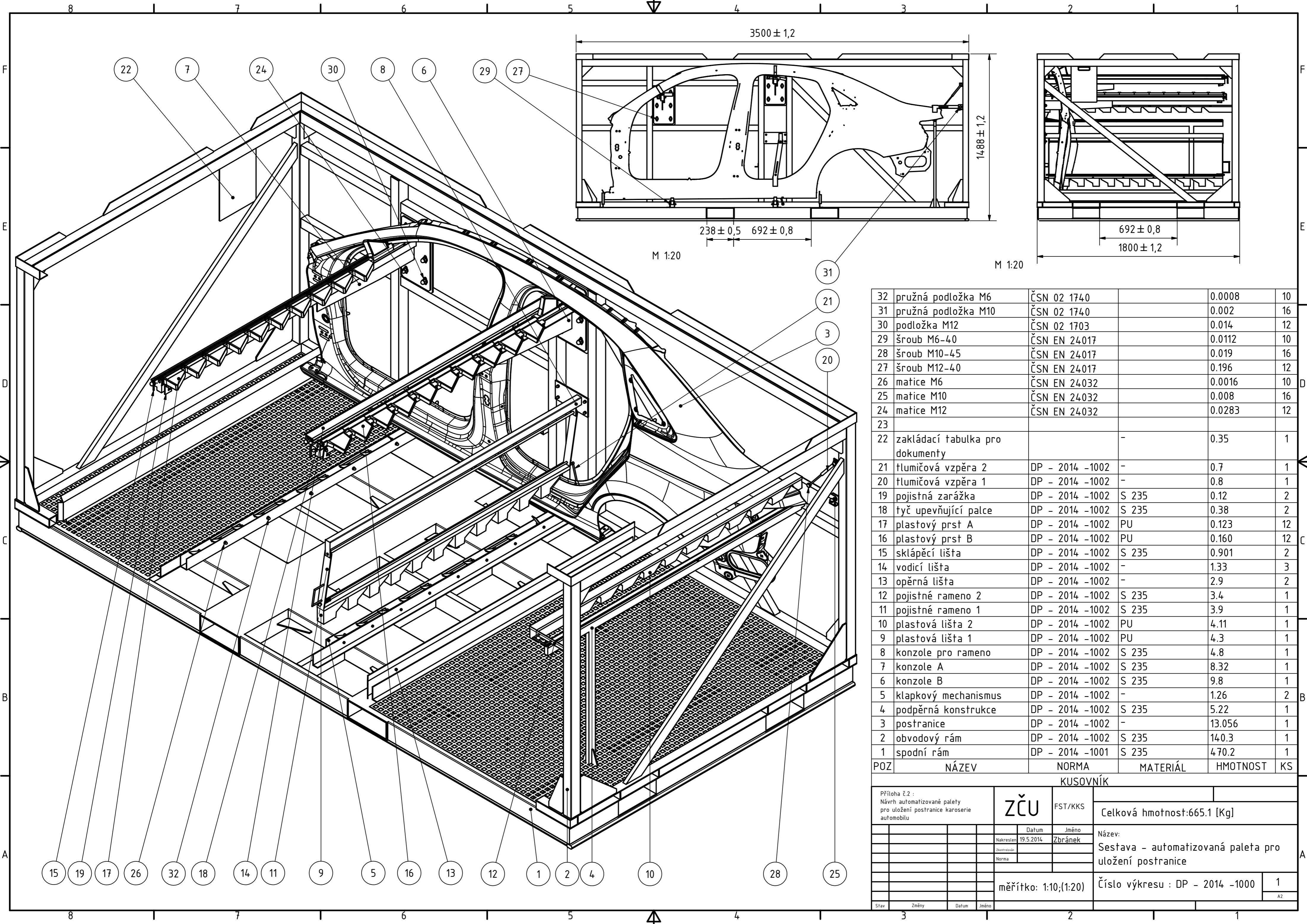
Příloha č. 1 – Obrázek č. 1 – ISO pohled



Příloha č. 1 – Obrázek č. 2 – Boční pohled

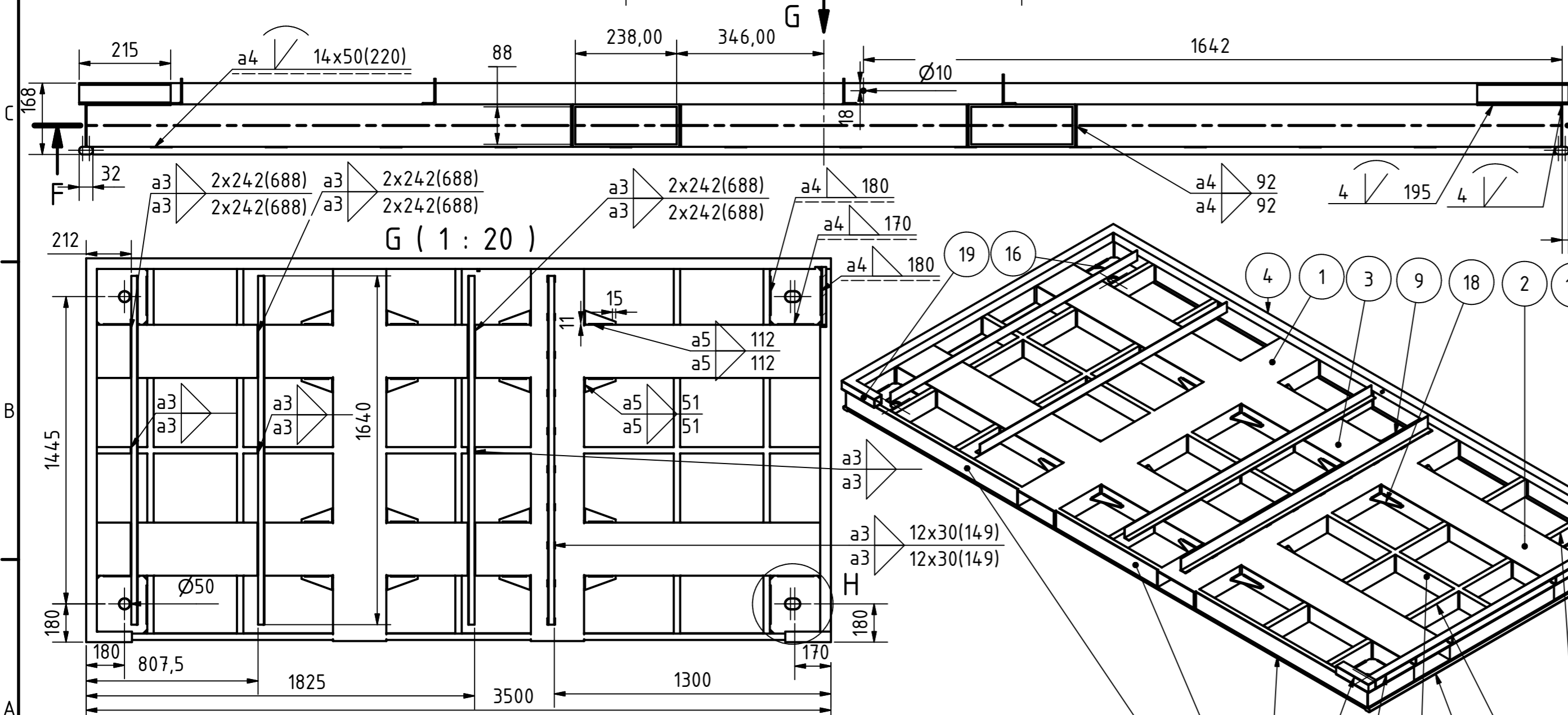
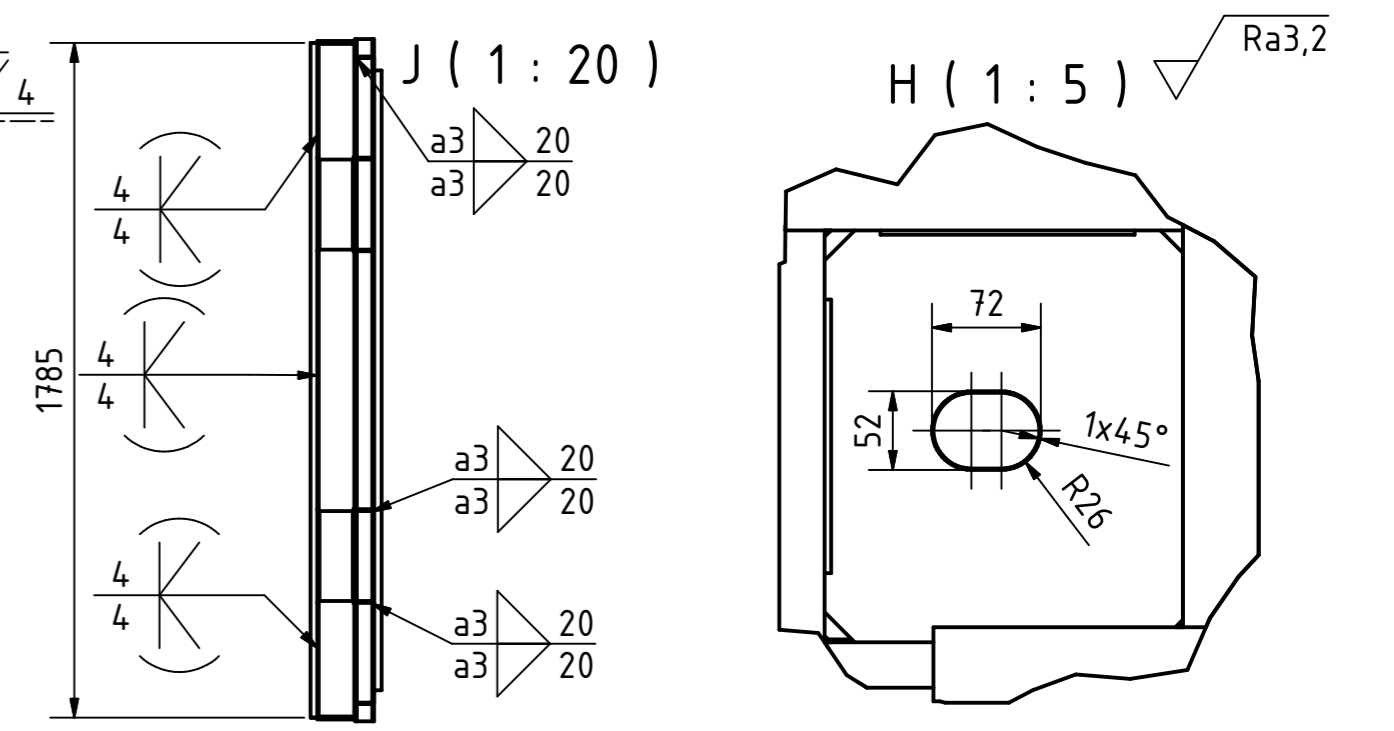
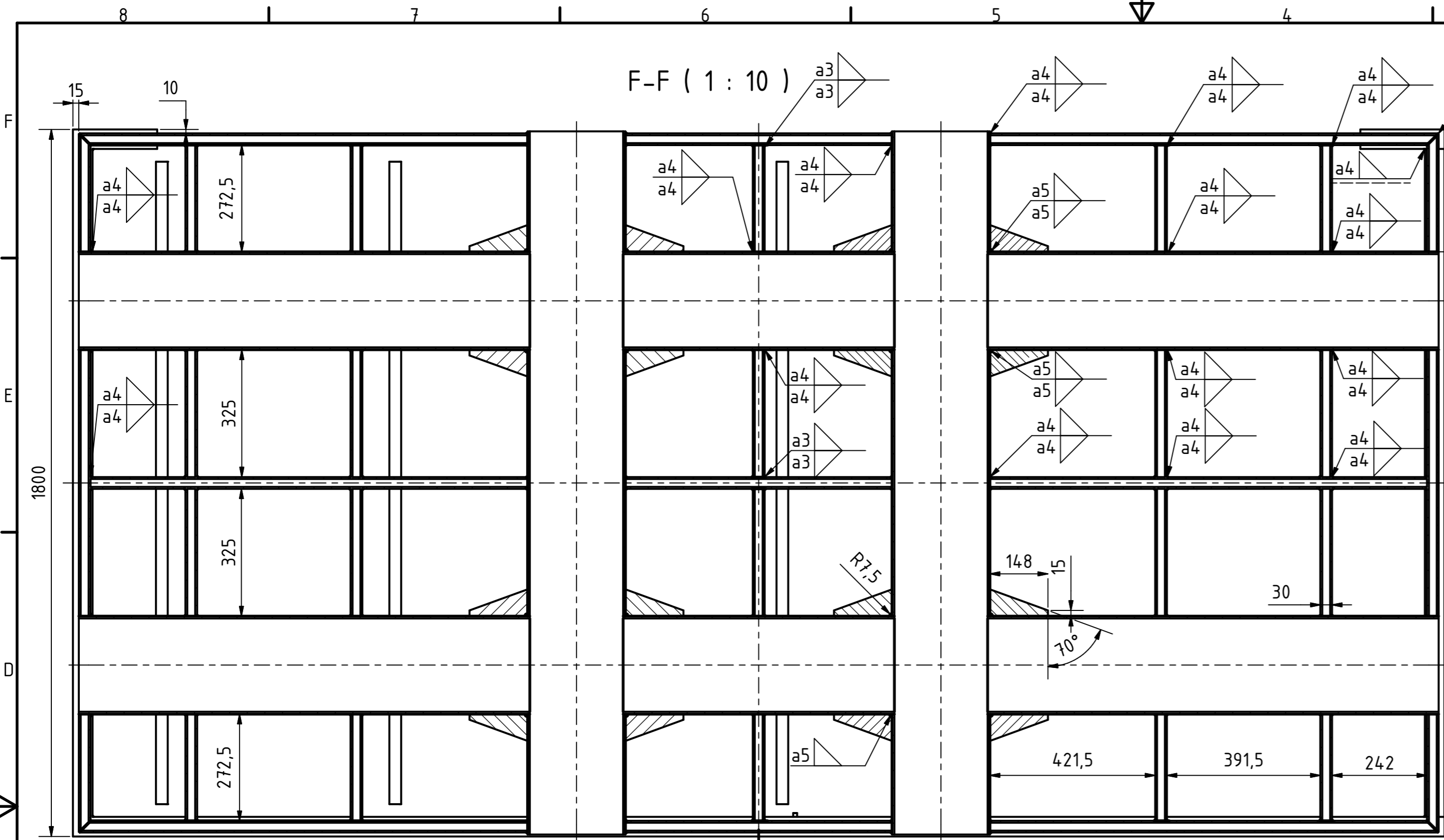


Příloha č. 1 – Obrázek č. 3 – ISO pohled – naplněná paleta



32	pružná podložka M6	ČSN 02 1740		0.0008	10
31	pružná podložka M10	ČSN 02 1740		0.002	16
30	podložka M12	ČSN 02 1703		0.014	12
29	šroub M6-40	ČSN EN 24017		0.0112	10
28	šroub M10-45	ČSN EN 24017		0.019	16
27	šroub M12-40	ČSN EN 24017		0.196	12
26	matice M6	ČSN EN 24032		0.0016	10
25	matice M10	ČSN EN 24032		0.008	16
24	matice M12	ČSN EN 24032		0.0283	12
23					
22	zakládací tabulka pro dokumenty		-	0.35	1
21	tlumičová vzpěra 2	DP - 2014 -1002	-	0.7	1
20	tlumičová vzpěra 1	DP - 2014 -1002	-	0.8	1
19	pojistná zarážka	DP - 2014 -1002	S 235	0.12	2
18	tyč upevňující palce	DP - 2014 -1002	S 235	0.38	2
17	plastový prst A	DP - 2014 -1002	PU	0.123	12
16	plastový prst B	DP - 2014 -1002	PU	0.160	12
15	sklápěcí lišta	DP - 2014 -1002	S 235	0.901	2
14	vodicí lišta	DP - 2014 -1002	-	1.33	3
13	opěrná lišta	DP - 2014 -1002	-	2.9	2
12	pojistné rameno 2	DP - 2014 -1002	S 235	3.4	1
11	pojistné rameno 1	DP - 2014 -1002	S 235	3.9	1
10	plastová lišta 2	DP - 2014 -1002	PU	4.11	1
9	plastová lišta 1	DP - 2014 -1002	PU	4.3	1
8	konzole pro rameno	DP - 2014 -1002	S 235	4.8	1
7	konzole A	DP - 2014 -1002	S 235	8.32	1
6	konzole B	DP - 2014 -1002	S 235	9.8	1
5	klapkový mechanismus	DP - 2014 -1002	-	1.26	2
4	podpěrná konstrukce	DP - 2014 -1002	S 235	5.22	1
3	postranice	DP - 2014 -1002	-	13.056	1
2	obvodový rám	DP - 2014 -1002	S 235	140.3	1
1	spodní rám	DP - 2014 -1001	S 235	470.2	1
POZ	NÁZEV	NORMA	MATERIÁL	HMOTNOST	KS

KUSOVNÍK					
Příloha č.2 : Návrh automatizované palety pro uložení postranice karoserie automobilu		ZČU	FST/KKS	Celková hmotnost:665.1 [Kg]	
		Datum Nakreslen 19.5.2014	Jméno Zbránek	Název: Sestava - automatizovaná paleta pro uložení postranice	
		Zkontrolován		Číslo výkresu : DP - 2014 -1000	
		Norma		1	
				měřítko: 1:10;(1:20)	
Stav	Změny	Datum	Jméno		AZ

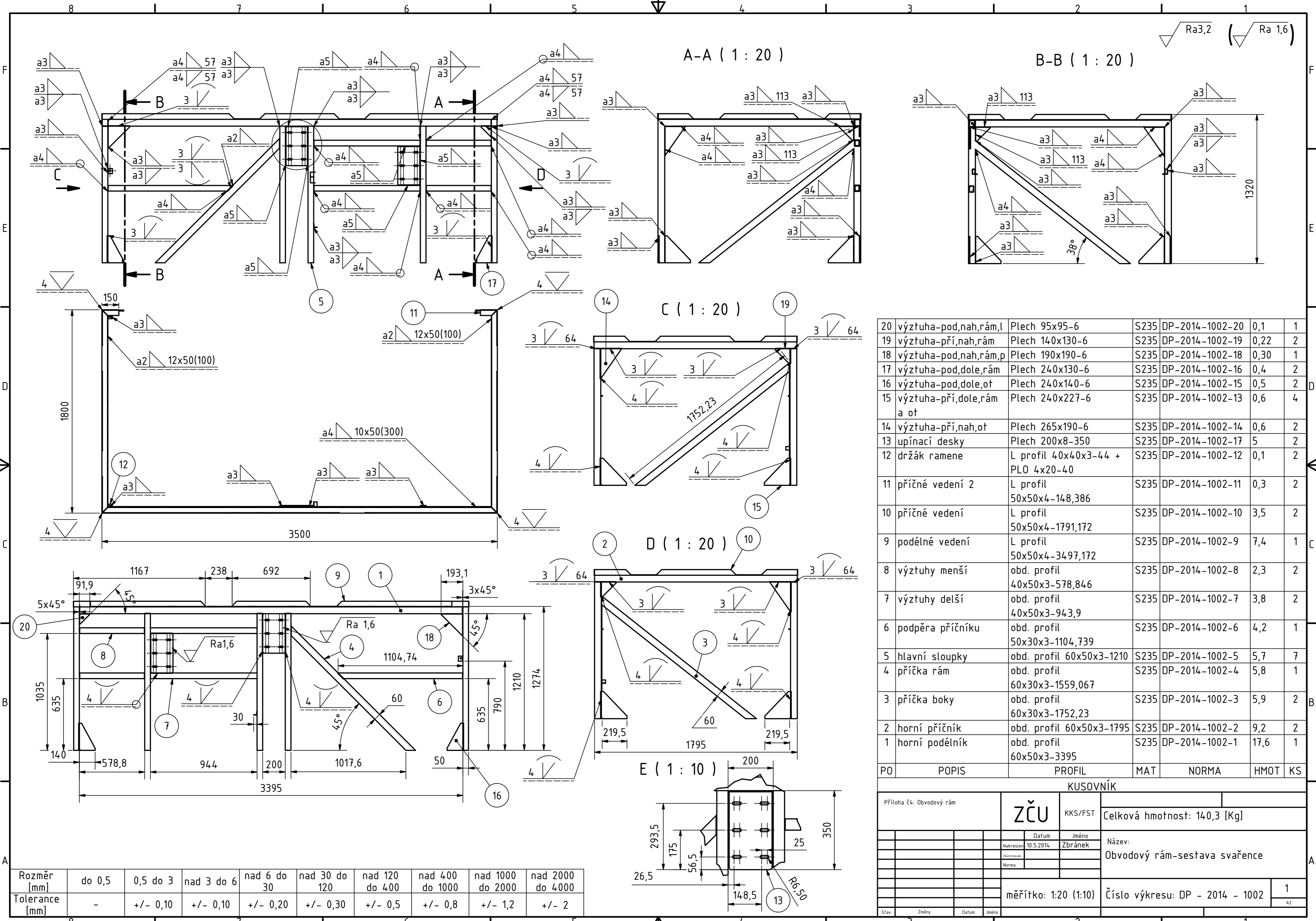


20	výztuha U profilu	Plech 140x130-6	S235	DP-2014-1001-19	0,14	12
19	výztuha U profilu rohová	Plech 95x95-6	S235	DP-2014-1001-20	0,20	4
18	výztužné žebra	Plech 150x80-5	S235	DP-2014-1001-18	0,24	16
17	centrovací deska ovl. otvor	Plech 250x280-8	S235	DP-2014-1001-17	3,46	2
16	centrovací deska kr. otvor	Plech 250x280-8	S235	DP-2014-1001-16	3,54	2
15	podélník pomoc. rámu 2	U profil 50x40x4-215	S235	DP-2014-1001-15	0,85	2
14	vnější příčnéky	obd. profil 100x40x4-272,5	S235	DP-2014-1001-14	2,1	10
13	obvodové příčnéky	obd. profil 100x40x4-302,5	S235	DP-2014-1001-13	2,5	4
12	vnitřní příčnéky	obd. profil 100x40x4-325	S235	DP-2014-1001-12	2,8	10
11	spodní příčný nárazník	PLO 30x18-1800	S235	DP-2014-1001-11	6,1	2
10	spodní podélný nárazník	PLO 30x18-3440	S235	DP-2014-1001-10	11,8	2
9	montážní lišty	L profil 60x30x3-1640	S235	DP-2014-1001-9	3,1	4
8	příčky mezi úchopy	obd. profil 100x40x4-680	S235	DP-2014-1001-8	5,8	5
7	vnitřní podélníky	obd. profil 100x40x4-1115	S235	DP-2014-1001-7	10,2	2
6	příčník pomoc. rám	U profil 50x40x4-1800	S235	DP-2014-1001-6	7,1	2
5	obvodové podélníky	obd. profil 100x40x4-1153	S235	DP-2014-1001-5	8	4
4	podélník pomoc. rámu	U profil 50x40x4-3500	S235	DP-2014-1001-4	13,2	1
3	spojující podélník	obd. profil 250x100x6-696	S235	DP-2014-1001-3	18,6	2
2	hlavní podélník	obd. profil 250x100x6-1153	S235	DP-2014-1001-2	27,3	4
1	hlavní příčník	obd. profil 250x100x6-1795	S235	DP-2014-1001-1	45,9	2
PO	POPIS	PROFIL	MAT	NORMA	HMOT	KS

KUSOVNÍK					
Příloha č.3: Spodní rám		ZČU KKS/FST		Celková hmotnost: 470,2 [Kg]	
		Datum: 10.5.2014		Jméno: Zbránek	
		Název: Spodní rám-sestava svařence			
		měřítko: 1:10 (1:20,1:5)		Číslo výkresu: DP - 2014 - 1001	
		Stav: Změny		Datum: Jméno:	

Rozměr [mm]	do 0,5	0,5 do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1000	nad 1000 do 2000	nad 2000 do 4000
Tolerance [mm]	-	+/- 0,10	+/- 0,10	+/- 0,20	+/- 0,30	+/- 0,5	+/- 0,8	+/- 1,2	+/- 2

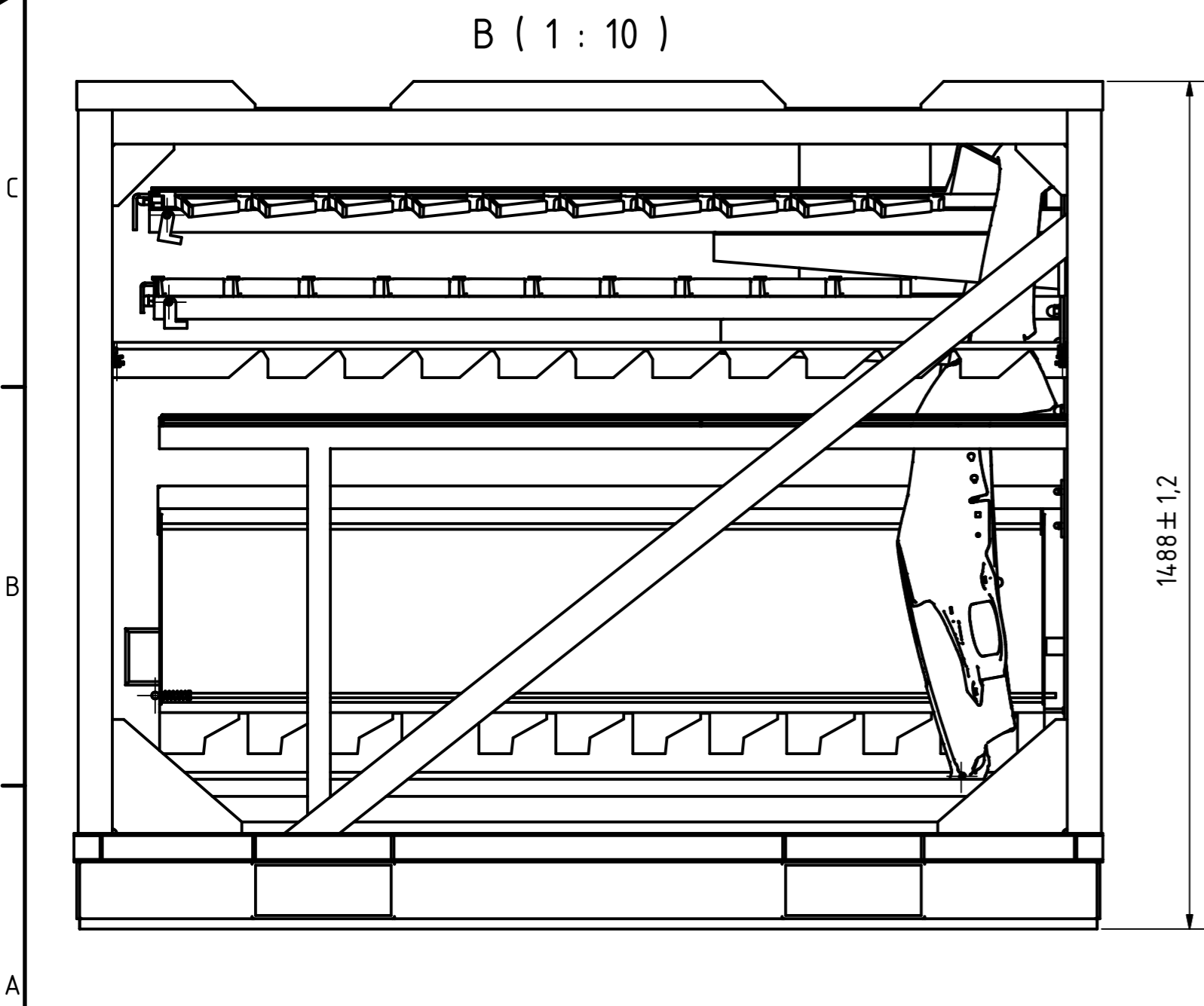
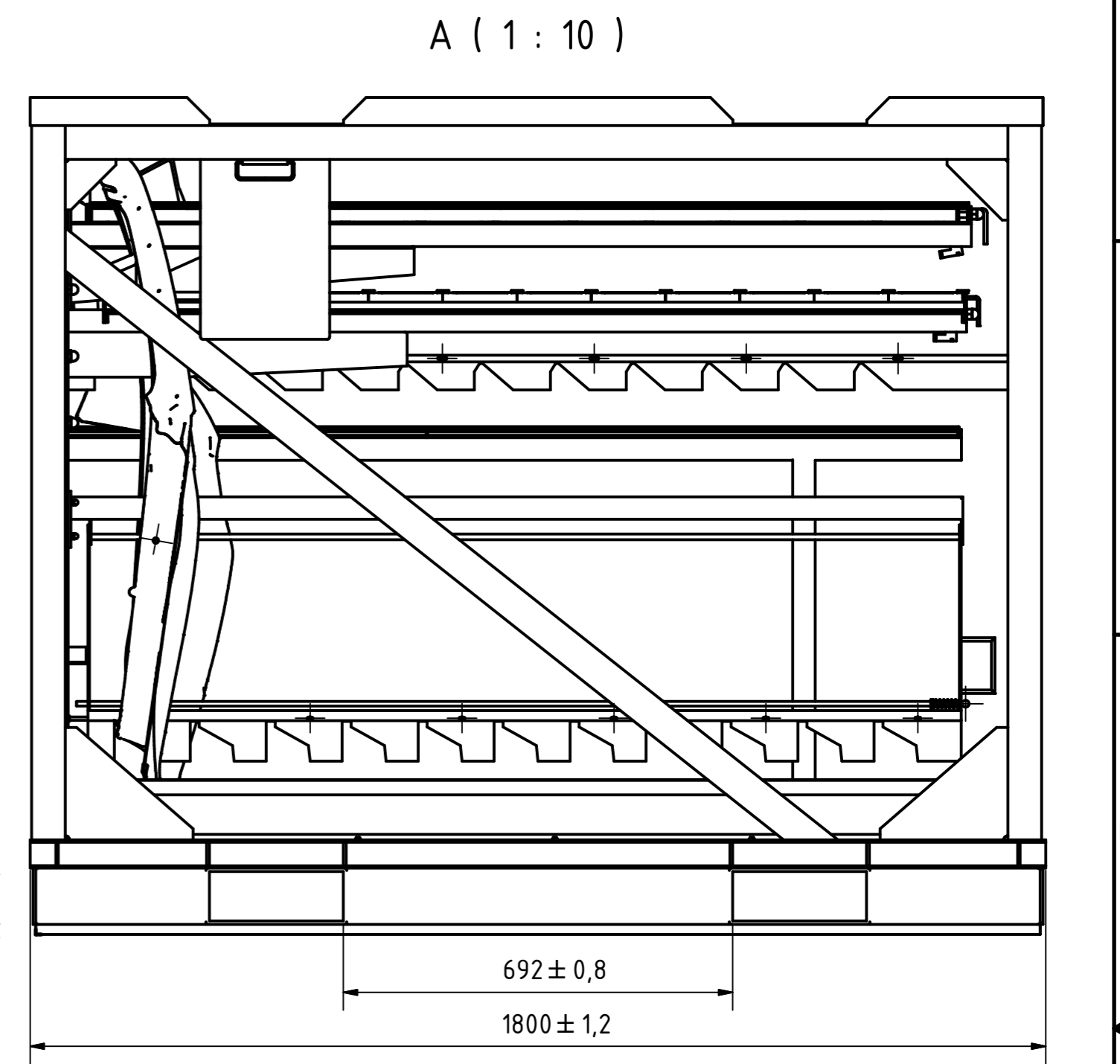
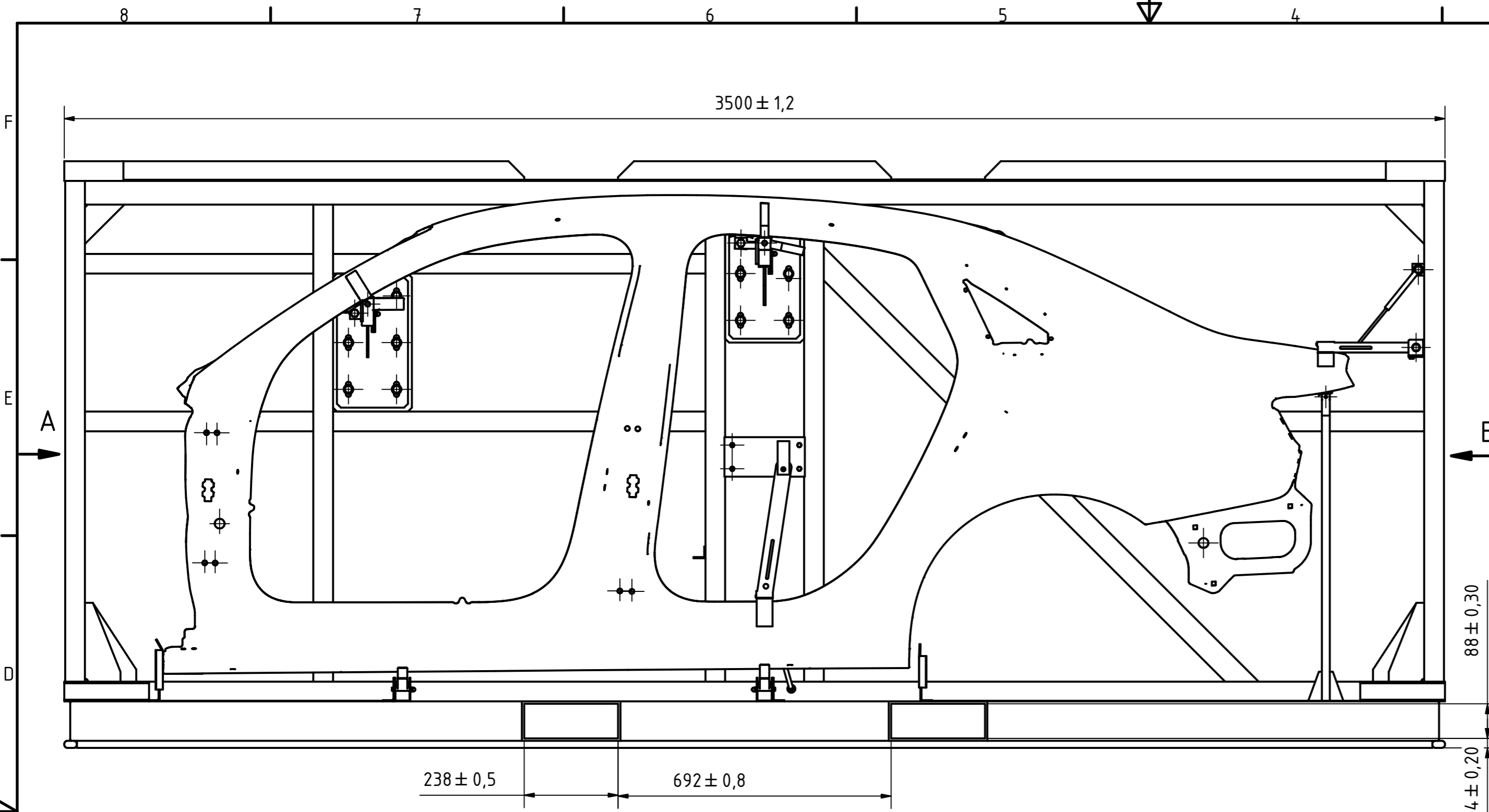
Ra3,2 (Ra1,6)



20	výztuha-pod,nah,rám,l	Plech 95x95-6	S235	DP-2014-1002-20	0,1	1
19	výztuha-pří,nah,rám	Plech 140x130-6	S235	DP-2014-1002-19	0,22	2
18	výztuha-pod,nah,rám,p	Plech 190x190-6	S235	DP-2014-1002-18	0,30	1
17	výztuha-pod,dole,rám	Plech 240x130-6	S235	DP-2014-1002-16	0,4	2
16	výztuha-pod,dole,ot	Plech 240x140-6	S235	DP-2014-1002-15	0,5	2
15	výztuha-pří,dole,rám a ot	Plech 240x227-6	S235	DP-2014-1002-13	0,6	4
14	výztuha-pří,nah,ot	Plech 265x190-6	S235	DP-2014-1002-14	0,6	2
13	upínací desky	Plech 200x8-350	S235	DP-2014-1002-17	5	2
12	držák ramene	L profil 40x40x3-44 + PLO 4x20-40	S235	DP-2014-1002-12	0,1	2
11	příčné vedení 2	L profil 50x50x4-148,386	S235	DP-2014-1002-11	0,3	2
10	příčné vedení	L profil 50x50x4-1791,172	S235	DP-2014-1002-10	3,5	2
9	podélné vedení	L profil 50x50x4-3497,172	S235	DP-2014-1002-9	7,4	1
8	výztuhy menší	obd. profil 40x50x3-578,846	S235	DP-2014-1002-8	2,3	2
7	výztuhy delší	obd. profil 40x50x3-943,9	S235	DP-2014-1002-7	3,8	2
6	podpěra příčnicku	obd. profil 50x30x3-1104,739	S235	DP-2014-1002-6	4,2	1
5	hlavní sloupky	obd. profil 60x50x3-1210	S235	DP-2014-1002-5	5,7	7
4	příčka rám	obd. profil 60x30x3-1559,067	S235	DP-2014-1002-4	5,8	1
3	příčka boky	obd. profil 60x30x3-1752,23	S235	DP-2014-1002-3	5,9	2
2	horní příčník	obd. profil 60x50x3-1795	S235	DP-2014-1002-2	9,2	2
1	horní podélník	obd. profil 60x50x3-3395	S235	DP-2014-1002-1	17,6	1
PO	POPIS	PROFIL	MAT	NORMA	HMOT	KS

KUSOVNÍK					
Příloha č.4: Obvodový rám		ZČU KKS/FST		Celková hmotnost: 140,3 [Kg]	
		Datum Nakreslen 10.5.2014 Zobrazováno Norma		Jméno Zbránek	
		měřítko: 1:20 (1:10)		Číslo výkresu: DP - 2014 - 1002	
Stav		Změny		Datum	
				Jméno	

Rozměr [mm]	do 0,5	0,5 do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1000	nad 1000 do 2000	nad 2000 do 4000
Tolerance [mm]	-	+/- 0,10	+/- 0,10	+/- 0,20	+/- 0,30	+/- 0,5	+/- 0,8	+/- 1,2	+/- 2



rozměry	3,5x1,49x1,8	(ŠxVxH) [m]
kapacita	11	[ks]
hmotnost prázdné palety	652	[kg]
hmotnost plné palety	795,62	[kg]
počet přepravovaných palet ve stohu	2	[ks]
počet stohovaných palet	4	[ks]
vykládání	robotem	[-]
zakládání	manuálně	[-]
uchopování ze všech stran	ano	[-]
Parametry	Hodnoty	Jednotky

Příloha č.5 : Návrh automatizované palety pro uložení postranice karoserie automobilu		ZČU	FST/KKS	Celková hmotnost:652 [Kg]
Nakreslen	19.5.2014	Zbránek	Jméno	Název:
Zkontrolován				Typový výkres palety
Norma				
měřítko: 1:10			Číslo výkresu: DP - 2014 -1000-1	1
Stav	Změny	Datum	Jméno	A2