

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Manipulační modulární nástavba pro kolejový montážní univerzální vozík

Autor: **Lukáš FIALA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc.**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš FIALA**

Osobní číslo: **S15B0074P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Manipulační modulární nástavba pro kolejový montážní univerzální vozík**

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:

Navrhněte univerzální modulární nástavbu pro vybrané kolejové pracovní vozy MUV. Nástavba slouží pro uchycení jeřábového ramene a pracovní plošiny. Návrh nástavby musí být přizpůsoben rámu vozidla (konstrukční uzel pro uchycení nástavby). Předpoklad je vypracování rešerše MUV vozíků v oblasti konstrukce rámu vozidla. Zpracovat vlastní návrh nástavby a vypracovat potřebnou výkresovou dokumentaci.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše, specifikace požadavků
2. Konstrukční návrh ve variantách
3. Kvalifikovaný výběr varianty řešení
4. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KALINČÁK, D. Kol'ajové vozidlá I. Žilina: EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2008

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra: obecné strojní části I. Brno: Computer Press, 1999

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Ladislav Tříška, Ph.D.**

Strkan s.r.o.

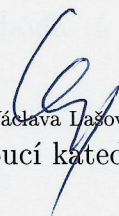
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Fiala	Jméno Lukáš	
STUDIJNÍ OBOR	Dopravní a manipulační technika		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Manipulační modulární nástavba pro kolejový montážní univerzální vozík		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	46	TEXTOVÁ ČÁST	40	GRAFICKÁ ČÁST	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Úkolem této práce je navrhnout univerzální modulární nástavbu pro vybrané kolejové pracovní vozy MUV. Nástavba slouží pro uchycení jeřábového ramene.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>MUV, nástavba, jeřáb, hydraulická ruka, motorový vůz, hnací vozidlo, posuvné vozidlo</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Fiala	Name Lukáš	
FIELD OF STUDY	Transport and handling machinery		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Handling modular superstructure for a railcar mover		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	46	TEXT PART	40	GRAPHICAL PART	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The task of this thesis is to design modular superstructure for the chosen railcar mover. The superstructure is used to attach a hydraulic crane.
KEY WORDS	Railcar mover, shunter, crane, superstructure, railroad

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu Doc. Ing. Ladislavu Němcovi CSc.
Dále pak technickému konzultantovi Ing. Ladislavu Třískovi Ph.D. z firmy Strkan s.r.o. a Ing.
Jiřímu Hruškovi za odborné rady.

Obsah

Obsah	1
Seznam obrázků.....	2
Seznam tabulek.....	3
Seznam použitých zkratk symbolů	5
1 Úvod	6
1.1 Představení společnosti	6
1.1.1 Produkty společnosti	6
2 Pracovní vozidla	7
2.1 Rozdělení pracovních vozidel	8
2.2 Rozchod koleje	8
2.3 Základní pojmy	9
2.4 Parametry manipulačních vozidel	9
3 Přídavné zařízení	10
3.1 Upevnění přídavného zařízení.....	10
3.2 Umístění jeřábu na vozidle.....	12
3.3 Konstrukce upevnění jeřábu	12
3.4 Příslušenství jeřábu	13
4 Koncepce modulární nástavby.....	14
4.1 Zvolená vozidla	14
4.1.1 Line LOK E 7.90 E	15
4.1.2 Line CRAB 3100 E.....	15
4.2 Zvolené přídavné zařízení	15
4.2.1 PK 10002 SH High Performance - varianta B	16
4.2.2 PC 3800 Compact - varianta B	16
4.3 Návrh variant.....	17
4.3.1 Teorie výběru varianty	18
4.3.2 Varianta I	18
4.3.3 Varianta II	19
4.3.4 Varianta III.....	19
4.3.5 Varianta IV.....	20
4.4 Kvalitativní výběr varianty.....	21
5 Výpočty	23

5.1	Výpočet šroubů	23
5.1.1	Přítlačné šrouby	23
5.1.1.1	Vzorce pro výpočet přítlačných šroubů.	23
5.1.1.2	Konzola s jeřábem PK 10002 SH B.....	25
5.1.1.3	Konzola s jeřábem PC 3800 B	27
5.1.2	Přídržné šrouby	29
5.1.2.1	Vzorce pro výpočet přídržných šroubů.....	29
5.1.2.2	Konzola s jeřábem PK 10002 SH B.....	30
5.1.2.3	Konzola s jeřábem PC 3800 B	31
5.2	Výpočet stability vozidla.....	32
5.2.1.1	Jeřáb PK 10002 SH B	33
5.2.1.2	Jeřáb PC 3800	34
5.3	Výpočet tuhosti svařence	35
6	Závěr.....	37
	Seznam příloh.....	38
	Zdroje.....	39

Seznam obrázků

Obrázek 1: Logo firmy Zephir [5].....	6
Obrázek 2: Vozidlo třídy KUBO [14].....	7
Obrázek 3: Vozidlo třídy CRAB [9]	7
Obrázek 4: Rozchod koleje [4].....	8
Obrázek 5: Temeno koleje [3].....	9
Obrázek 6: Znázornění statického a kinematického obrysu vozidla [3]	9
Obrázek 7: Vzájemná poloha průjezdného průřezu a obrysu vozidla [3]	9
Obrázek 8: Rám podvozku silničního nákladního vozidla. Viditelné podélné nosníky [16]...	10
Obrázek 9: Jeřáb připevněný na rámu nákladního vozidla [17].....	10
Obrázek 10: Upevnění jeřábu na pracovní ploše kolejového vozidla [18]	11
Obrázek 11: Vozidlo MUV 75 pro údržbu železničních tratí [13]	11
Obrázek 12: Prodloužený rám vozidla MUV [20]	11
Obrázek 13: Uchycení jeřábu s otočným čepem zabudovaným do vozidla [19]	11
Obrázek 14: Vozidlo s vysunutými stabilizátory [10]	12

Obrázek 15: Uchycení jeřábu pro nižší zátěž. Čerchovaně v levé části je znázorněna obdélníková plocha pro uchycení samotného jeřábu [12].....	13
Obrázek 16: Detail uchycení jeřábu pomocí 8 šroubů [11]	13
Obrázek 17: Uchycení jeřábu pomocí 4 šroubů [11]	13
Obrázek 18: Vozidlo ZEPHIR LOK 7.90 E [8]	15
Obrázek 19: Vozidlo ZEPHIR CRAB 3100 E [9]	15
Obrázek 20: Výrobce stanovené dovolené zatížení při daném vysunutí ramene jeřábu PK 10002 SH B [22]	16
Obrázek 21: Výrobce stanovené dovolené zatížení při daném vysunutí ramene jeřábu PC 3800 B[21].....	16
Obrázek 22: Typový výkres jeřábu Palfinger PC 3800 Compact [21]	17
Obrázek 23: Typový výkres jeřábu Palfinger PK 10002 SH High Performance [22]	17
Obrázek 24: Návrh varianty I.....	18
Obrázek 25: Varianta II.....	19
Obrázek 26: Detail zásuvného systému	19
Obrázek 27: Varianta III	20
Obrázek 28: Varianta IV	20
Obrázek 29: Otláčné destičky po skrytí jedné z příložek.....	21
Obrázek 30: Konzole pro uchycení jeřábu PK 10002 SH B.....	22
Obrázek 31: Znázorněné upevnění obou variant konzol na jednom vozidle	22
Obrázek 32: Náčrt konzoly s rozměry potřebnými pro výpočet šroubů	23
Obrázek 33: Náčrt příložky s rozměry potřebnými pro výpočet šroubů.....	29
Obrázek 34: Náčrt konzoly upevněné na vozidle s rozměry potřebnými pro výpočet stability vozidla	32
Obrázek 35: Napětí na konzoly pro menší jeřáb	36
Obrázek 36: Napětí na konzoly pro větší jeřáb	36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozhodovací tabulka.....	21
Tabulka 2: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla.....	25
Tabulka 3: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla.....	26
Tabulka 4: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla	27

Tabulka 5: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla.....	28
Tabulka 6: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla.....	30
Tabulka 7: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla	30
Tabulka 8: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla	31
Tabulka 9: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla	31
Tabulka 10: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla	33
Tabulka 11: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla.....	33
Tabulka 12: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla	34
Tabulka 13: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla	34

Seznam použitých zkratk symbolů

MUV – motorový univerzální vozík

T.K. – temeno kolejnice

m – hmotnost [kg], [t]

v – rychlost [km/h]

l – délka [m], [mm]

F – síla [kN]

MPa – jednotka tlaku

1 Úvod

Manipulační vozy nacházejí uplatnění v širokém spektru pracovních odvětví, ať už jde o manipulaci s předměty na vozovce nebo na koleji, v továrně, ve skladu nebo v depu. Pod vesměs jednotným cílem, přesunem nákladu, lze ale nalézt specifika, která dávají vzniknout velkému množství druhů takovýchto vozů.

Tyto vozidla se od sebe liší prostředím, v kterém jsou využívány, tím, s čím manipulují, potažmo hmotností takového objektu, typem podvozku, a v neposlední řadě unikátními přáními zákazníka. Dosažením univerzálnosti takového vozidla a kompatibility s těmito kritérii, dochází k usnadnění logistiky a především ke snížení ekonomické zátěže zákazníka.

Cílem této bakalářské práce je navržení univerzální modulární nástavby pro dané manipulační vozidlo firmy ZEPHIR S.p.A. Tato nástavba bude sloužit pro uchycení vybraného jeřábového ramene nebo pracovní plošiny. Tímto přídatným modulem se rozšíří možnosti využitelnosti daného vozidla, které pak bude pro zákazníka zajímavější a pro firmu Zephir konkurenceschopnější.

Konstrukce tažných manipulačních vozidel firmy Zephir dovoluje připojení přídatných zařízení na zadní pevnou část vozidla, ale uchycení přídatného zařízení není navrženo. Tato skutečnost vedla k návrhu koncepce nástavby pro připevnění různých typů jeřábů nebo jiných přídatných elementů. Výhodou je využití produktů (jeřábů) na trhu dostupných a vyráběných primárně pro využití v jiných odvětvích manipulace s materiálem (nákladní automobily).

1.1 Představení společnosti

Italská firma Zephir S.p.A. je přední výrobce dvojcestných posunovacích vozidel a průmyslových tažných zařízení na evropském trhu. Tato společnost, která vznikla na přelomu šedesátých a sedmdesátých let minulého století, už od začátku pracuje s vizí vozů schopných pohybu po koleji i mimo ni, čímž dosahuje velké efektivity práce a snížení provozních nákladů. V jejím portfoliu jsou v současnosti jak vozidla dieselová, tak i elektrická, čímž se rozšířilo pole využitelnosti těchto tažných strojů. To, že aplikace těchto produktů je opravdu velmi rozmanitá, dokazuje uplatnění těchto vozidel v metrech, dolech, přístavech, v manipulaci s vlaky osobními i nákladními, ve strojírenství nebo údržbě tratí. [5][6]



Obrázek 1: Logo firmy Zephir [5]

1.1.1 Produkty společnosti

Společnost Zephir se již od svého vzniku zaměřila na posunovací vozidla, dokonce jako první na světě přišla s dvojcestným modelem.

Vlajkovým produktem této firmy je třída LOK založená v současné době na 11 modelech, které jsou ekvivalentem lokomotiv o hmotnosti od 10 do 100 tun, vhodné pro tažení vozů o hmotnosti od 600 do 6000 tun. Podle zdrojů společnosti tento model pak ušetří až 50 % nákladů oproti lokomotivě se stejnými parametry.

Třída LOKOM je určena pouze na kolejovou trať, třídy CRAB a KUBO byly vyvinuty pro užití ve vnitřních prostorách. Většina modelů má pak jak svoji diesellovou, tak baterií poháněnou variantu a možnost dálkového ovládní vozidla. Samozřejmostí je konstrukce podle posledních evropských standardů. [5]

Klasická kola vozidel firmy Zephir určená pro pohyb po kolejnici jsou vybavena vloženým gumovým prstencem. Díky tomu je dosahováno větší efektivity ve velikosti tažné síly oproti klasickým lokomotivám. Tento prvek zvyšuje koeficient tření a jízda s takovými koly v ideálních podmínkách může být pak oproti obvyklým více než dvakrát efektivnější. [15]



Obrázek 3: Vozidlo třídy CRAB [9]



Obrázek 2: Vozidlo třídy KUBO [14]

2 Pracovní vozidla

Univerzální vozidla, která na železnici většinou zastávají více funkcí především údržbového charakteru, jsou v českém prostředí známá pod zkratkou MUV, neboli motorový univerzální vozík. Pod tímto označením byly vyrobeny i například vozy MUV 73 a 69 vyráběné na českém území určené pro údržbu dráhy, přepravu pracovníků nebo nákladu. Jejich univerzálnost spočívá ve variabilitě možného vybavení takového vozu, kdy ložná plocha může být multifunkčně vybavena elektrickým generátorem, plošinou pro opravu troleje nebo hydraulickou rukou s řadou nástavců od háku po sekačku porostu v okolí dráhy.

Pod pojem MUV lze zařadit i vozidla vyráběná především v zahraničí, jejichž hlavním úkolem je posun a manipulace s jakýmkoliv nákladem především po kolejích. Využití tak nacházejí na nádražích, depech nebo firemních vlečkách, kde tato vozidla s vlastním pohonem velmi efektivně nahrazují, rozměrově i hmotnostně mnohem větší, posunovací lokomotivy, nehledě na ekonomickou stránku věci a nezávislost na dodávce napájecí energie. V překladu do angličtiny railcar movers nebo také jedním slovem shunters, jsou vozidla vyráběná převážně s dvojitým podvozkem, zajišťujícím pohyb po železnici i mimo ni. Podle studie společnosti Transparency Market Research nazvané Railcar Mover Market – Global Industry Analysis, která pojednává o světovém trhu s těmito vozidly a změnách v dění na tomto trhu v předešlých 6 letech, jsou dominantními hráči v této oblasti firmy Shuttlewagon, Trackmobile, Rail King, Unimog, Zweig, Zwiheoff, Unilokomotive, Zephir a UCA. [7]

Vzhledem k možnému provozu vozidla na železnici je třeba dodržet platné normy. Tyto normy vozidlo samotné splňuje, umístěním nástavby však nesmí dojít k porušení těchto předpisů, tedy především obrysu vozidla. Z tohoto důvodu není možné jeřáb umístit z boku vozidla. Umístění jeřábu, ale ovlivňuje stabilitu a je tak třeba tento faktor vzít v úvahu při návrhu konstrukce. Stabilitu vozidla pak může ovlivnit i daný rozchod kolejí.

2.1 Rozdělení pracovních vozidel

Hnací vozidla mají vlastní pohon a jsou tak často využívána pro přesun vozů před nebo za hnacím vozidlem. Patří mezi ně lokomotivy různých pohonů, nejčastěji elektrické a motorové. Dále pak motorové a elektrické vozy vhodné jak pro přepravu osob, tak i pro přepravu materiálu.

Vozy nejsou schopny se samovolně pohybovat a pro pohyb musí být připojeny k hnacímu vozidlu. Mohou být taženy nebo sunuty. Dva základní typy jsou osobní vozy určené primárně pro přepravu osob, zavazadel nebo nákladů menších hmotností a rozměrů (např. pošty) a nákladní vozy přizpůsobené vždy přepravovanému nákladu, nákladní vozy pro přepravu tuhých látek, kapalin nebo například vozy pro přepravu kontejnerů.

Speciální vozidla jsou málo se vyskytující, často na míru upravená kolejová vozidla, vhodná pro konkrétní potřeby majitele. Jedná se o vozidla vytvořená v malém počtu kusů. Řadí se mezi ně vozidla pro údržbu tratí a trolejového vedení, nebo pro odstraňování následků nehod na železnici, úzkorozchodné průmyslové, důlní nebo hutní vozidla nebo vozidla přizpůsobená přepravě nadměrně rozměrného, těžkého ale i nebezpečného nákladu.[1][2]

2.2 Rozchod koleje

Rozchod koleje lze definovat jako nejmenší vzdálenost mezi hlavami kolejnic. Tento rozměr je celosvětově nesjednocený, nicméně konkrétní typ rozchodu je vždy charakteristický pro určitou geografickou oblast. Rozdělení podle rozchodu koleje je odvozeno od takzvaného normálního rozchodu.

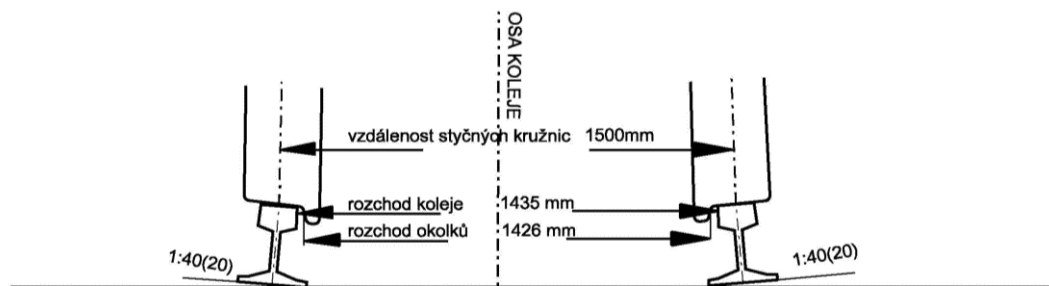
Nejrozšířenější skupinou jsou *vozidla normálního rozchodu*. Na tratích s tímto rozchodem je jmenovitý rozchod koleje 1435 mm. Tento typ je zastoupen až na 64 % světových železničních tratích, využíván je v převážné části Evropy, v Severní Americe, Číně nebo Austrálii.

Vozidla úzkorozchodná s rozchodem pod hodnotou 1435 mm mají největší zastoupením v Jižní Africe a Jižní Americe.

Vozidla nad jmenovitým rozchodem 1435 mm se nazývají *širokorozchodná* a vyskytují se na Pyrenejském poloostrově a v zemích bývalého Sovětského svazu.

Jak širokorozchodné tak i úzkorozchodné trati se vyskytují na 15 % světových tratí.

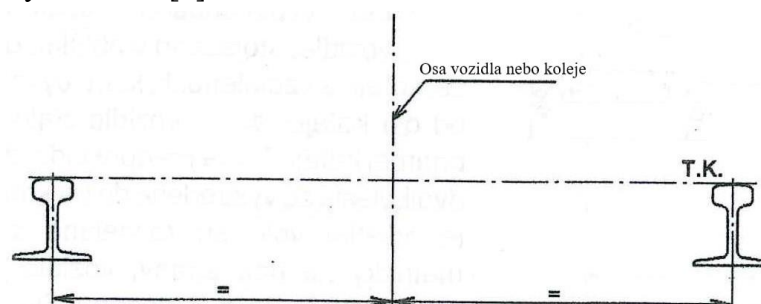
Posledním, speciálním, typem jsou *vozidla s měnitelným rozchodem*, která díky dvojkolí uzpůsobenému pro plynulou změnu rozchodu kol vozidla za provozu, zajišťují možnost změny ze širokého na normální rozchod. K jejich využití dochází při potřebě přechodu mezi dvěma typy rozchodů bez výrazné ztráty času nebo nutnosti vykládky nákladu.[1]



Obrázek 4: Rozchod koleje [4]

2.3 Základní pojmy

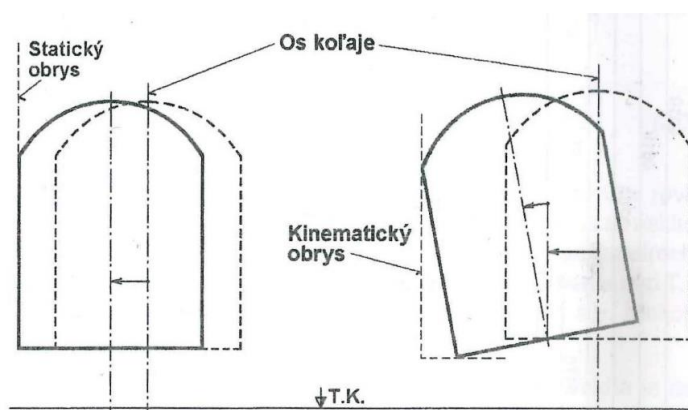
Temeno kolejnice je nejvyšší nacházející se bod na hlavě kolejnice. Rovina valení vzniká spojením těchto vrcholových bodů dvou kolejnic. Tato rovina je nazývána temenem koleje (T.K.). Zavedení temene koleje je využíváno pro definování kolmé vzdálenosti daného bodu od této roviny – výšky nad T.K. [3]



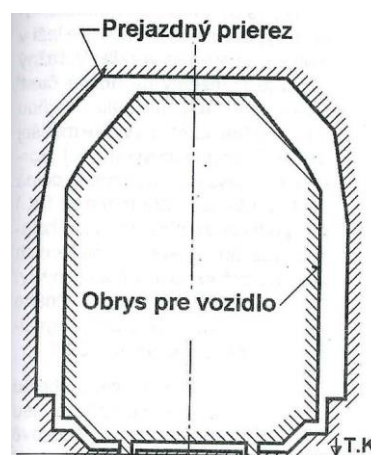
Obrázek 5: Temeno koleje [3]

Průjezdny průřez je zjednodušeně řečeno zvětšený obrys vozidla. Jedná se o obrazec kopírující tvar vozidla v rovině kolmé k ose koleje, jehož osa, shodná s pomyslným středem koleje, je zároveň kolmá k ose temene koleje. Určuje tak vzdálenost, kterou je nutné dodržet při umístění staveb, zařízení a předmětů v bezprostředním okolí koleje, pokud z funkčnosti věci tyto objekty nemusí ležet ve vzdálenosti menší než průjezdným průřezem definované. [2][3]

Pro získání průjezdného průřezu je nutné vypočítat statický a kinematický obrys vozidla. Při výpočtu rozměrů ze statického obrysu se berou v potaz pouze příčné posuvy skříně od osy koleje. Vedle toho kinematický obrys obsahuje i naklonění skříně vozidla okolo jeho podélné osy. [3]



Obrázek 6: Znárodnění statického a kinematického obrysu vozidla [3]



Obrázek 7: Vzájemná poloha průjezdného průřezu a obrysu vozidla [3]

2.4 Parametry manipulačních vozidel

Manipulační vozidla nebo také pomocná kolejová vozidla mají vzhledem ke své funkci i příslušné parametry.

Definujícími vlastnostmi takových vozidel jsou rozměrové parametry, a to délka, šířka výška, rozchod kol a rozvor náprav. Rozhodující je ale především jejich hmotnost a maximální tažná kapacita. Tato vozidla jsou koncipována jako rozměrově malá s velkou tažnou silou

a nejsou přizpůsobena pro umístění nákladu. Jejich konstrukce je odlišná od nákladních nebo údržbových kolejových vozidel nebo silničních nákladních automobilů, které se pro instalaci jeřábu nejčastěji využívají. Nemají tak ani žádnou ložnou plochu ani prostor pro obvyklé připojení jeřábu.

3 Přídavné zařízení

Zvolením jeřábového ramene jako přídavného zařízení je docíleno možnosti výběru z velkého množství typů, velikostí a výrobců takovýchto ramen. Hlavním parametrem jeřábu je jeho nosnost na požadovaném rameni. Klasické vykládací jeřáby operují v bezprostředním okolí vozidla, speciální jeřáby fungují i v okolí elektrického vedení, pod úrovní vozidla nebo naopak ve výrazných výškách. Díky ovládání jeřábu jak z bezprostřední blízkosti z panelu na vozidle, tak pomocí dálkového ovládání, se pak zvyšuje nejen bezpečnost obsluhy, ale i přesnost manipulace. Rozmanitost využití je ale především výrazně rozšířena díky příslušenství, které výrobci k jeřábům nabízejí. Předními výrobci hydraulických ramen, se kterými je možné se setkat na našem území, jsou Palfinger, Fassi, Hiab nebo Hyva.

3.1 Upevnění přídavného zařízení

Nejrozšířenějším typem upevnění jeřábového ramene je aplikace využívaná na silničních nákladních vozidlech. Jejich rám je pro tuto možnost uzpůsoben, a protože se rám stejného typu nachází u všech typově podobných nákladních vozidel, konstrukce usazení jeřábu je mezi výrobci unifikována. Silniční nákladní vozidla jsou pro tuto eventualitu dopředu připravena, což usnadňuje instalaci přídavného zařízení. Rám vozidla je případně možné při plánované montáži jeřábu ještě více vyztužit.

U kolejových vozidel jsou jeřáby využívány také, ale nejedná se převážně o vozidla tažná (jako jsou vozidla Zephir), ale především o údržbová nebo nákladní. Tato vozidla doplněná o jeřáb se stávají autonomními pro svůj účel na železnici, ale nejsou schopny posunu výrazné hmotnosti, jako je tomu u hnacích posunovacích vozidel. Jejich konstrukce je tedy od vozidel údržbových odlišná.



Obrázek 9: Jeřáb připevněný na rámu nákladního vozidla [17]



Obrázek 8: Rám podvozku silničního nákladního vozidla. Viditelné podélné nosníky [16]

Na údržbových kolejových vozidlech je možné se setkat s využitím stejného uchycení jako u nákladních automobilů. Jeřáb s tímto typem rámu je upevněn na nástavbě rámu vozidla nebo na pracovní ploše vozidla, pokud poskytuje dostatečnou pevnost (Obrázek 11).



Obrázek 10: Upevnění jeřábu na pracovní ploše kolejového vozidla [18]



Obrázek 11: Vozidlo MUV 75 pro údržbu železničních tratí [13]

Příkladem je montáž jeřábu na motorovém univerzálním vozíku MUV 75 od firmy CZ LOKO. Toto vozidlo s maximální tažnou silou 16 kN, tedy nižší než vozidla určená pro posunování, je určené pro údržbu železnice. Na Obrázku 11 (detailněji na Obrázku 12) je vidět nástavba rámu vozidla, která představuje řešení podobné jako u silničních nákladních vozidel. Princip uchycení jeřábu na prodlouženém rámu vozidla MUV je detailněji popsán v kapitole 3.3. Jeřáb i se stabilizačními prvky je upevněn na nosnících rovnoběžných s osou koleje, které jsou k rámu vozidla přivařeny. Vzhledem k pohybu na železnici, jsou pak na této konstrukci přidělané i ochranné prvky ve výšce nárazníků a světla.

Speciálním typem upevnění jeřábu na kolejových vozidlech je zakotvení jeřábu pomocí otočného čepu (Obrázek 13).



Obrázek 12: Prodloužený rám vozidla MUV [20]



Obrázek 13: Uchycení jeřábu s otočným čepem zabudovaným do vozidla [19]

3.2 Umístění jeřábu na vozidle

Hydraulický jeřáb může být na nákladním silničním vozidle umístěn hned za kabinou řidiče, vzadu na konci vozidla nebo uprostřed vozidla.

Volba vhodného umístění závisí mimo jiné na požadavku, kam a odkud se náklad vykládá. Pokud se jeřáb nachází za kabinou, je zajištěna větší stabilita vozidla při manipulaci s materiálem. Rameno ale nemusí mít požadovaný dosah. Umístění v zadní části vozu umožňuje sklápění korby pouze do boku a při manipulaci s těžšími břemeny je omezena stabilita vozidla. Z hlediska stability je nejvýhodnější variantou umístění uprostřed vozidla. Tím ale dojde ke ztrátě ložné plochy. Tato varianta se tak hodí pro specializovaná vozidla, která plní pouze funkci vozidla s hydraulickou rukou.

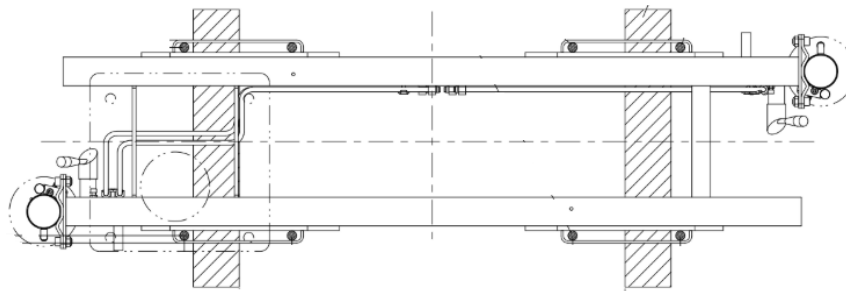
Stabilitu vozidla značně zlepšují výsuvná ramena. Ta mohou být přímo součástí jeřábu nebo samotného vozidla. Jejich vysunutím do stran se eliminují momenty, které už náprava nezachytí. Takové stabilizátory se standardně umísťují do blízkosti jeřábu. U větších jeřábů jsou přímo jejich součástí. Pro ještě výraznější zajištění rovnovážného stavu vozidla jsou podpěry umísťovány do zadní části vozidla v okolí zadní nápravy. Speciální možností je instalace stabilizátorů, které mají možnost šikmého výsunu, nikoliv kolmého k ose vozidla, jak tomu je u předchozích variant. Při pohledu shora na vozidlo podpěry vytvoří písmeno X, což zajistí požadované vyrovnání protipůsobících momentů.



Obrázek 14: Vozidlo s vysunutými stabilizátory [10]

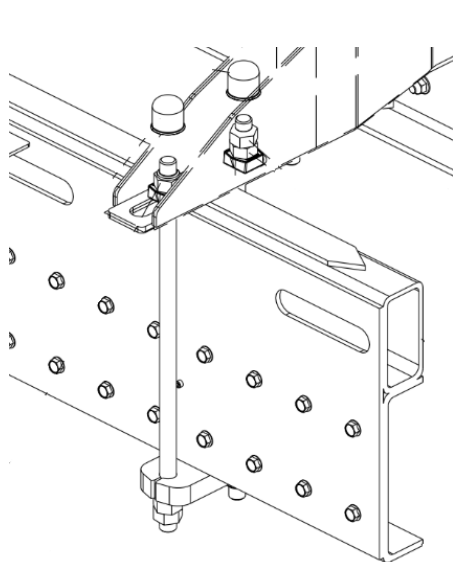
3.3 Konstrukce upevnění jeřábu

Jeřáby se vyrábí ve velikostních variantách podle možností daného vozidla, požadované nosnosti a délky ramene. Podle velikosti tak lze rozlišit odlišné uchycení jeřábu. Menší jeřáby, zhruba do 2 tun zátěže, bývají zpravidla uchyceny pomocí základové desky, na které je uchycena osa jeřábu. Základová deska je přišroubována k nosné ploše, kterou poskytuje přímo vozidlo, nebo je tato plocha vytvořena mezi nosníky stejného principu, využívaného u větších jeřábů. U těch je kotvení pomocí 2 nosníků na spodní části přizpůsobených k upevnění na nosnou konstrukci vozidla. U nákladních vozidel jak silničních, tak kolejových, je jako nosné konstrukce využito podélných nosníků. Tyto nosníky spojené z více typů profilů vedou podél celé podélné osy vozidla a zajišťují tak dostatečnou tuhost vozidla, a jsou proto vhodné i na uchycení jeřábu. Pro zvýšení požadované tuhosti je, především u jeřábu umístěného na převisu za vozidlem, mezi těmito podélnými nosníky instalována příčná vzpěra nebo vzpěra do X. Uchycení na manipulačních tažných vozidlech Zephir je v tomto ohledu nestandardní, protože tento prvek není dostupný.

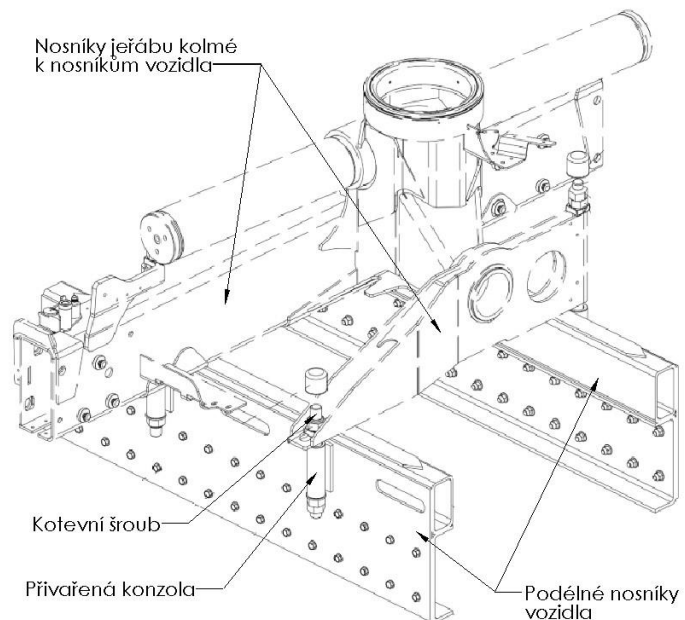


Obrázek 15: Uchycení jeřábu pro nižší zátěž. Čerchovaně v levé části je znázorněna obdélníková plocha pro uchycení samotného jeřábu [12]

Tělo jeřábu je vybaveno dvěma nosníky kolnými k nosníkům nákladního automobilu. Spojení těchto nosníků je provedeno čtyřmi nebo osmi kotevními šrouby ke konzolám přivařeným k nosníkům vozidla, nebo pomocí příložky pod nosníky a osmi kotevních šroubů. Detailně zobrazeno na obrázcích 16 a 17.



Obrázek 16: Detail uchycení jeřábu pomocí 8 šroubů [11]



Obrázek 17: Uchycení jeřábu pomocí 4 šroubů [11]

3.4 Příslušenství jeřábu

Příslušenství jeřábu významně rozšiřuje využitelnost nástavby. Co se týče nástavců využitelných pro potřebu manipulačních posunovacích vozidel, jedná se především o následující prvky:

- Drapák
- Hák
- Sekačka porostu
- Koš pro osoby

Možností je ale i vrták nebo drapáková lopata. Poslední ze zmíněných bodů představuje významnou pomoc při potřebě prací ve výškách a nahrazuje tak velmi efektivně pracovní plošiny, které jsou schopné zdvihu pouze ve svislém směru nad vozidlem.

4 Koncepce modulární nástavby

Hlavním předpokladem koncepce, získané od zadavatele, je přítomnost dostatečně tuhé a pevné plochy kolmé k vozovce (koleji) spojené s rámem vozidla. Tato skutečnost zajistí potřebné prostředí pro připojení modulární nástavby, která vozidlo spojí s hydraulickým jeřábem.

Požadavky na nástavbu jsou následující:

- Jednoduchá montáž a demontáž
- Univerzálnost konstrukce na různé velikosti jeřábů
- Univerzálnost instalace pro různé typy vozidel
- Jednoduchá výroba
- Jednoduše opakovatelná výroba
- Nízká hmotnost s dostatečnou pevností a tuhostí konstrukce

U hnacích kolejových vozidel, jako jsou vozidla Zephir, je kladen důraz výhradně na funkci posunu jiných vozů. S možností jakékoliv nástavby se tak při konstrukci vozidla nepočítá jako s hlavní prioritou. Pro uchycení jeřábu na takovémto vozidle je třeba najít způsob, který dovolí využití standardního upevnění u vyráběných jeřábových modelů. Takové řešení významně usnadní výběr vhodného jeřábu a promítne se i do ekonomické stránky řešení, protože u standardizovaného dílu je předpoklad toho, že bude finančně výhodnější, než speciálně vytvořené řešení využitelné pouze jeden konkrétní případ.

Možnosti přídavných zařízení musí odrážet jejich využitelnost pro daná vozidla. Nejrozšířenější využití takových zařízení je u silničních vozidel, kde lze najít vhodnou volbu pro manipulační kolejová vozidla. Pokud je na korbě prostor, využívá se nůžkových plošin nebo hydraulických jeřábů ve velikostech závislých na velikosti vozidla. Na konci vozidla se využívá vyklápěcích čel, která zjednodušují přístup k materiálu na korbě.

Pro manipulační kolejová vozidla Zephir, která žádnou ložnou plochu neposkytují, a manipulace se zátěží je vyžadována v bezprostředním okolí vozidla, je tak nejvhodnější volbou jeřáb typu hydraulické ruky.

K hydraulické ruce dodávají výrobci i řadu přídavných zařízení, které rozšiřují pole možného využití (viz kapitola 3.2) a pro zákazníka je tak tento produkt zajímavější.

Řešení konstrukce modulární nástavby je zredukováno na vytvoření propojení vozidla a jeřábu. Rozmanitostí adaptérů jeřábů i samotných velikostí jeřábů je zajištěna dostatečná univerzálnost požadována po výrobku.

Dále jsou v této práci zvolena konkrétní vozidla a přídavná zařízení, pro které jsou provedeny pevnostní výpočty.

4.1 Zvolená vozidla

Následující vozidla jsou zvolena tak, aby byla schopna unést odpovídající jeřáb. Obě dvě vozidla jsou vybrána ze skupiny elektricky poháněných vozidel (na baterie).

4.1.1 Line LOK E 7.90 E

Toto vozidlo je nejlehčí z třídy LOK E. Modely s vyšší hmotností mají stejné rozměry, ale vyšší hmotnosti, mohou tedy být tímto modelem nahrazeny bez potřeby dodatečných výpočtů. Stejně parametry má tato třída i v dieselem poháněných modelech.

Hmotnost tohoto vozidla je 16 t a výrobce udává možnost tažení soupravy o hmotnosti až 1400 t tažnou silou 70 kN. Důležitým parametrem je dvoucestnost tohoto vozidla, které je tak přizpůsobené jízdě po koleji i po silnici. Při nezatíženém stavu vozidlo dosahuje rychlosti 17 km/h a při zatíženém 7 km/h.

- Délka vozidla: 4800 mm
- Šířka vozidla: 2500 mm
- Výška vozidla: 3400 mm

Pro toto vozidlo byl vybrán jeřáb PK 10002 SH High Performance - varianta B.

4.1.2 Line CRAB 3100 E

Vozidlo z třídy CRAB o hmotnosti 6,6 t je taktéž dvoucestné. Je udávána schopnost tažení až 730 t s tažnou silou 36 kN. U tohoto vozidla je dosaženo rychlosti 7 km/h při nezatíženém stavu a při zatíženém pouze 2 km/h.

- Délka vozidla: 3100 mm
- Šířka vozidla: 2450 mm
- Výška vozidla: 2435 mm

Pro toto vozidlo byl vybrán jeřáb PC 3800 Compact - varianta B.



Obrázek 18: Vozidlo ZEPHIR LOK 7.90 E [8]



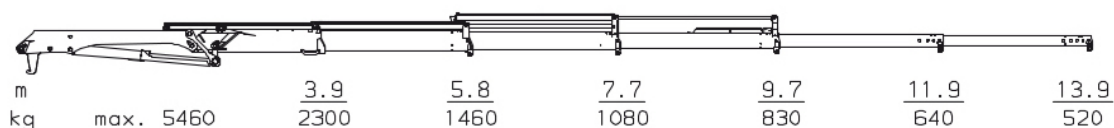
Obrázek 19: Vozidlo ZEPHIR CRAB 3100 E [9]

4.2 Zvolené přídatné zařízení

Ze široké nabídky jeřábů s výsuvným ramenem byly pro instalaci na zvolených vozidlech Zephir vybrány 2 jeřáby různých velikostí.

4.2.1 PK 10002 SH High Performance - varianta B

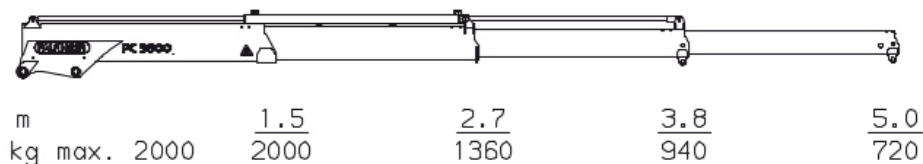
Tento jeřáb ve variantě B má maximální nosnost 5460 kg a maximální délku ramene 13,9 m. K tomuto jeřábu je možné připevnit pracovní koš, který dovolí obsluze pracovat ve výškách. Upevnění jeřábu je přizpůsobeno pro nákladní automobily. Pro uchycení na vozidle Zephir je proto zvolena dvojitá konzola. Hmotnost samotného jeřábu bez zátěže je 1270 kg. Základní rozměry ve složeném stavu vhodném pro transport jsou uvedeny na Obrázku 23.



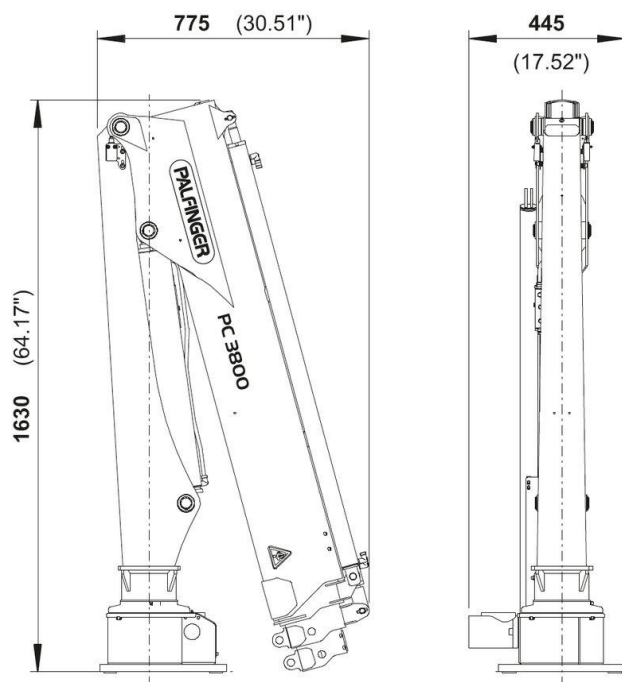
Obrázek 20: Výrobce stanovené dovolené zatížení při daném vysunutí ramene jeřábu PK 10002 SH B [22]

4.2.2 PC 3800 Compact - varianta B

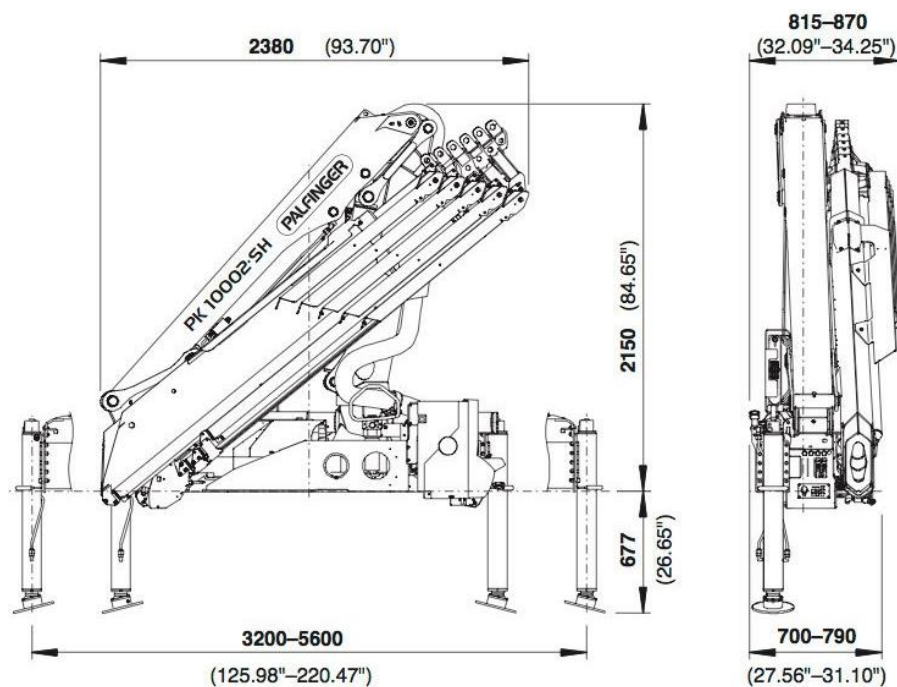
Menší z jeřábů s maximální nosností 2000 kg a maximální délkou ramene 5 m je koncipovaný na samostatnou konzolu. Při požadavku na stabilizační podpěry je však možná instalace i na dvojici konzol jako u jeřábu PK 10002 SH. Tato možnost uchycení je znázorněna na Obrázku 15. Tento typ jeřábu dovoluje připojení příslušenství podle maximální nosnosti jeřábu. Hmotnost jeřábu bez zátěže je 262 kg a jeho rozměry jsou uvedeny na typovém výkrese na Obrázku 22.



Obrázek 21: Výrobce stanovené dovolené zatížení při daném vysunutí ramene jeřábu PC 3800 B [21]



Obrázek 22: Typový výkres jeřábu Palfinger PC 3800 Compact [21]



Obrázek 23: Typový výkres jeřábu Palfinger PK 10002 SH High Performance [22]

4.3 Návrh variant

Při hledání řešení optimální konstrukce je třeba brát v potaz uchycení jeřábu, které je uzpůsobeno pro aplikaci na vodorovné nosníky. Plocha vhodná pro umístění jeřábu je ale svislá, nástavbu by tedy mohla řešit konzola. Ta umožní jak uchycení nástavby na svislou

plochu vozidla, tak uchycení jeřábu. Konzola se, i s ohledem na odmontovatelnost nástavby, k vozidlu přišroubuje. Do vozidla je proto třeba vyvrtat rastr závitových děr.

V závislosti na velikosti a hmotnosti vozidla a volbě velikosti jeřábu jsou rozlišeny 2 typy konzol. Pro obecně menší rozměry a hmotnosti lze použít jednu konzolu, pro větší jeřáby jsou potřeba dvě od sebe vzdálené konzoly.

Pro splnění požadavků na nástavbu je zvolen svařenec z výpalků. Výpalky byly, například oproti realizaci odlitím jednotlivých prvků konzoly, zvoleny pro jejich levnou, rychlou, přesnou a v dnešní době jednoduchou výrobu. Metoda svařování zajistí požadovanou přesnost a pevnost. Pro navržené metody výroby je vybrána běžná neušlechtilá konstrukční ocel 11 343 (S 235 JR), která je dobře svařitelná.

4.3.1 Teorie výběru varianty

Vlastní konstrukci musí předcházet důkladné promyšlení řešeného problému. Je potřeba si definovat požadavky, které má výrobek splňovat, co je od něho očekáváno. Takovýto požadavkový list je základem pro sestavení tabulky výběru nejvhodnější varianty. Každou variantu lze vyhodnotit pro každý požadavek, kdy je každá varianta ohodnocena body podle toho, jak v daném požadavku ob stojí. Přiřazením vah podle významu požadavku je možné danou specifikaci (například podle přání zákazníka) více upřednostnit. [23]

4.3.2 Varianta I

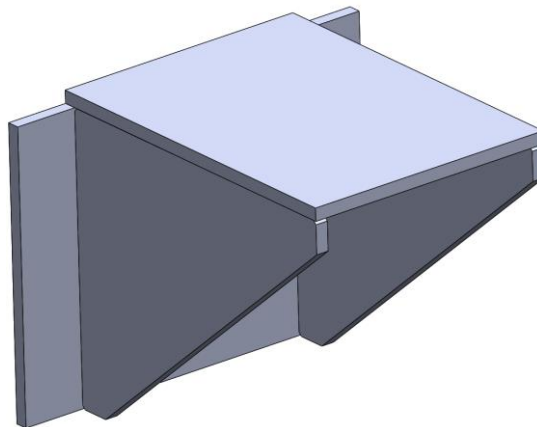
Návrh konzoly na Obrázku 25 je svařenec z plechových výpalků tloušťky 15 mm. Vodorovná základní deska je podepřena dvěma žebry trojúhelníkovitého tvaru. A to vše drží čelní nosná deska po stranách přišroubovaná k vozidlu. Je zřejmé, že tato konstrukce je velmi robustní a je třeba ji odlehčit.

Výhody

- Jednoduchost konstrukce
- Nízké náklady na výrobu
- Jednoduchost montážního uzlu vozidlo – konzola

Nevýhody

- Vysoká hmotnost
- Při nesprávné instalaci, nedotažením šroubů, dochází k namáhání šroubů na stříh



Obrázek 24: Návrh varianty I

4.3.3 Varianta II

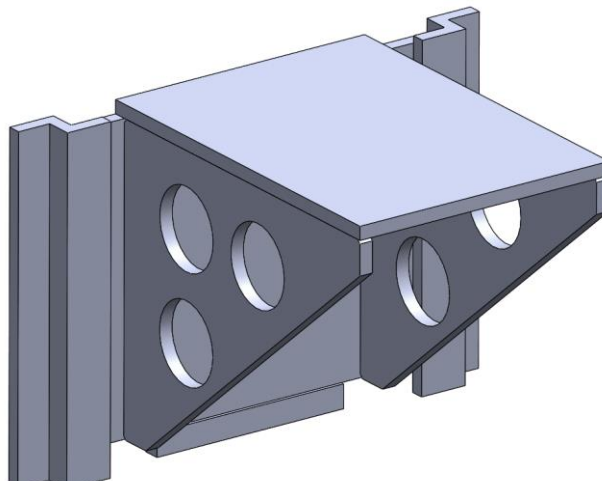
Odlehčení ve svislých podporách vodorovné desky je provedeno třemi kruhovitými otvory. Ve vzniklých úzkých místech v podporách by však došlo ke koncentraci napětí a tedy ohrožení nosnosti. Zároveň je řešeno uchycení konzoly k vozidlu. Původní návrh přímého přišroubování konzoly je změněn na zásuvný systém pro rychlejší odmontování konzoly. Zásuvný systém je celý přivařený k vozidlu, a stejně tak spodní opěrka k zajištění konzoly, ve svislém směru.

Výhody

- Nižší hmotnost
- Jednoduchá instalace díky zásuvnému systému
- Nízké náklady na výrobu

Nevýhody

- Pevnostně nedostačující konstrukce zásuvného systému
- Vůle v zásuvném systému
- Špatné stanovení polohy polotovarů svařence – odlišnost v rozměrech každého svařence



Obrázek 25: Varianta II



Obrázek 26: Detail zásuvného systému

4.3.4 Varianta III

Další návrh předpokládá vytvoření konzoly z ohnutého plechu. Lze ale očekávat nedostatečnou pevnost a tuhost konzoly. Na podpěrách je vytvořeno celistvé odlehčení se sraženými vrcholem pro snížení koncentrace napětí. Pro zaručení přesného svaření jsou podpěry opatřeny zámkem.

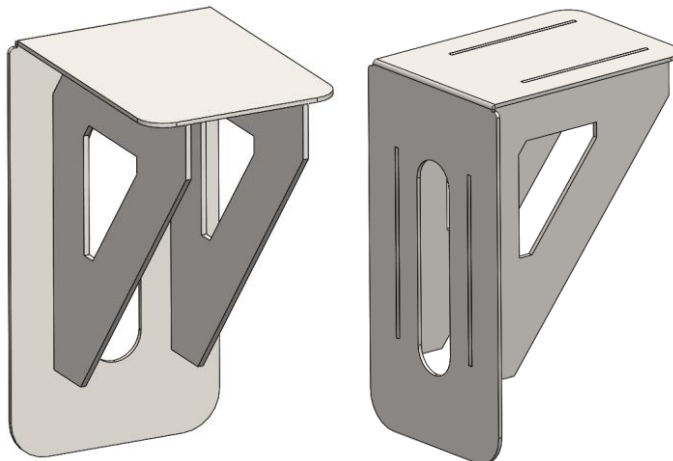
Výhody

- Přesná výroba zajištěná zámkem
- Jednoduchá opakovatelnost výroby

- Nízké náklady na výrobu
- Nízká hmotnost

Nevýhody

- Nevyhovující z hlediska pevnosti a technologičnosti výroby
- Tenké plechy nezajistí dostatečnou tuhost
- Ostré rohy v odlehčení žeber

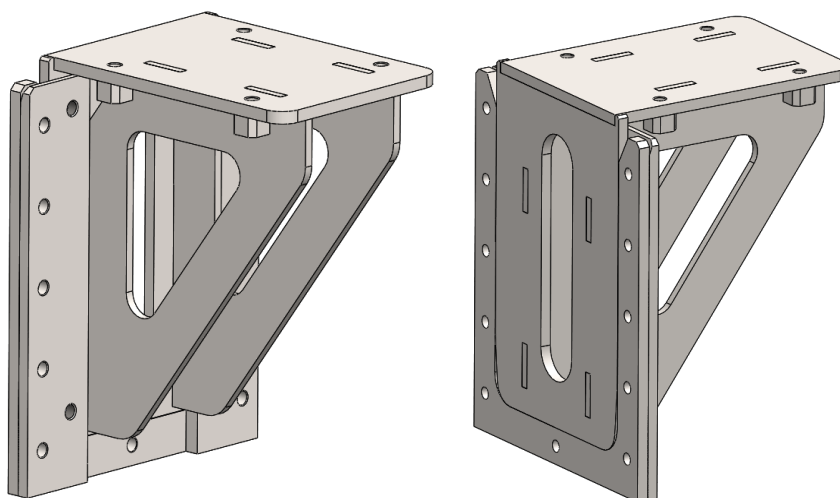


Obrázek 27: Varianta III

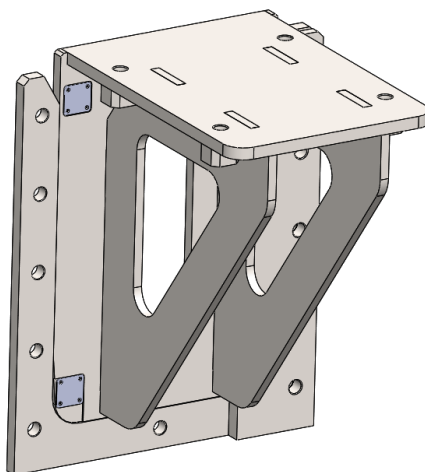
4.3.5 Varianta IV

Konzola je svařena z tlustých plechů a zároveň je vyřešeno připevnění k vozidlu. Při montáži se nejdříve přišroubuje podložka ve tvaru U spolu se dvěma příložkami. Následně se zasune vlastní konzola a dotažením čtyř přitlačných šroubů se upevní. Na spodní straně horní desky se nacházejí čtyři navařené speciální matice pro uchycení jeřábu.

Otlačné nerezové destičky na Obrázku 29 se nacházejí pod přitlačnými šrouby. Tlak ze šroubů je převeden na tyto destičky, které jsou lehce vyměnitelné a nedojde tak k poškození svařence.



Obrázek 28: Varianta IV



Obrázek 29: Otláčné destičky po skrytí jedné z příložek

Výhody

- Jednoduchá montáž a demontáž
- Jednoduchá výroba
- Zajištění přesných rozměrů zámky na svařenci
- Nízká hmotnost při zajištění dostatečné pevnosti a tuhosti

Nevýhody

- Velké množství montážních uzlů – přídržných šroubů

4.4 Kvalitativní výběr varianty

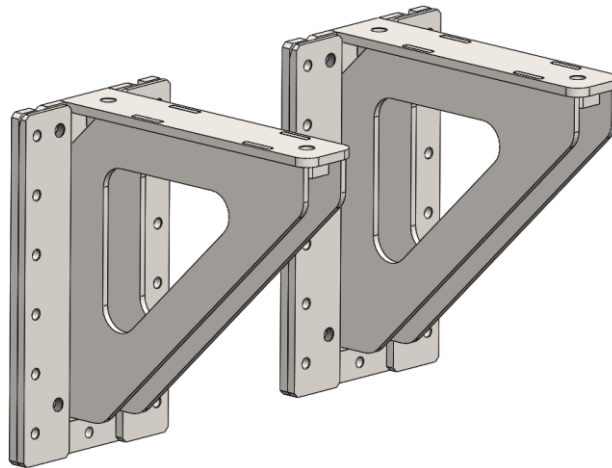
Rozhodovací tabulka sestavená pro výběr nejlepší konstrukční varianty jednoznačně určí variantu, která dané specifikace splňuje nejlépe. Každý z požadavků se ohodnotí pro každou variantu body od 1 do 5, kdy 5 je nejméně vyhovující a 1 nejvíce vyhovující. Každá varianta získá jistý počet bodů součtem získaných hodnot z hodnocení jednotlivých požadovaných funkcí. Varianta s nejnižším počtem bodů je ta, která je tímto procesem vyhodnocena jako nejvhodnější.

Tabulka 1: Rozhodovací tabulka

Funkce	Varianta I	Varianta II	Varianta III	Varianta IV
Jednoduchost montáže a demontáže	1	3	2	4
Univerzálnost konstrukce na různé velikosti jeřábů	5	4	5	1
Univerzálnost instalace pro různé typy vozidel	2	2	2	2
Jednoduchost výroby	1	2	1	2
Jednoduchá opakovatelnost výroby	4	4	3	1
Nízká hmotnost s dostatečnou pevností a tuhostí konstrukce	5	4	2	3
Součet získaných bodů	18	19	15	13

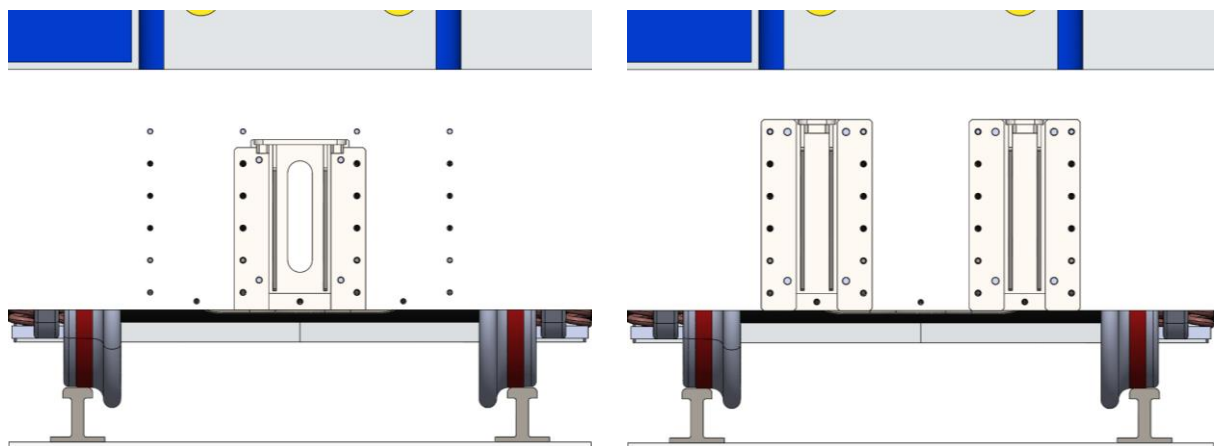
Celá konstrukce je koncipována jako modul zasouvateľný do prostoru mezi příložkami přišroubovanými k nosné stěně vozidla. Tím se zajistí jak jednoduchá odnímatelnost samotné konzoly, tak absolutní odmontování veškeré konstrukce. Další možností, která by se nabízela, by bylo konzolu přivařit, ale tento stav by byl trvalý. Nebyla by tak splněna podmínka zadavatele, tedy odmontovatelnosti konstrukce.

Zvolená varianta konzoly je určena pro menší z jeřábů PC 3800 B. Pro uchycení jeřábu PK 10002 SH B je možné tuto variantu modifikovat. Založená je na stejném principu jako pro jeřáb PC 3800. Konzoly jsou ale dvě, jsou zúžené, na výšku větší a od sebe vzdálené tak, aby zachytily větší moment od většího jeřábu.



Obrázek 30: Konzole pro uchycení jeřábu PK 10002 SH B

Modulárnost nástavby je zaručena shodnou roztečí děr pro uchycení konzoly pro menší i větší jeřáb. Stejný rastr děr vytvořený na jednom vozidle tak může sloužit pro upevnění obou variant. Názorně viditelné na Obrázku 31.



Obrázek 31: Znáznorněné upevnění obou variant konzol na jednom vozidle

5 Výpočty

Výpočty při návrhu konzoly je třeba zkontrolovat především zatížení šroubů. Ty tvoří kritická místa v celé konstrukci. Ostatní části jsou z materiálu takové tloušťky, že je možné předpokládat jejich dostatečnou tuhost a pevnost.

Nedílnou součástí konstrukce je i výpočet stability vozidla se zatíženým jeřábem. Stabilita je vyhodnocena v nejméně ohrožujících polohách zatíženého jeřábu, v ose vozidla a kolmo k ose vozidla.

5.1 Výpočet šroubů

V konstrukci se nacházejí 2 typy šroubů, které zajišťují konzolu v dané poloze.

Jedná se o šrouby přitlačné, které přitlačují celou konstrukci k vozidlu a vytvářejí tak dostatečnou třecí sílu mezi konzolou a vozidlem. S výpočtem těchto šroubů je nepřímě spojeno dimenzování tloušťky plechu příločky, aby byl zajištěn dostatečný počet závitů, které přenášejí sílu vyvozenou zatížením šroubů.

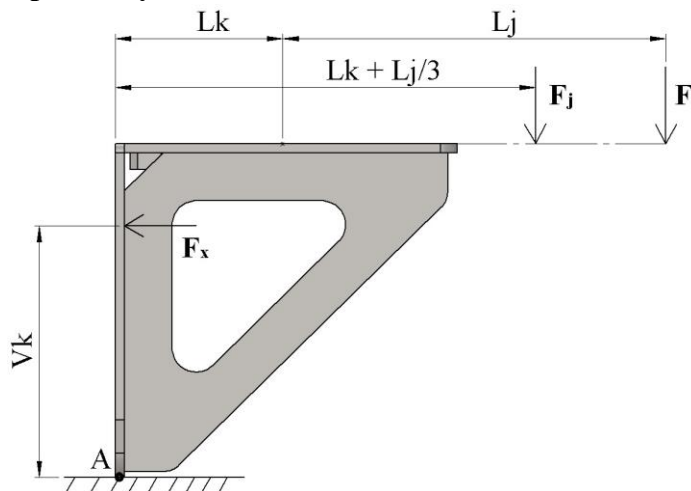
Druhým typem jsou šrouby přídržné, jejichž funkcí je spojení zásuvného systému s vozidlem. Ačkoliv jsou navrženy dvě varianty konzol pro odlišné jeřáby, přídržné šrouby jsou u obou variant stejné. Zajistí se tím tak možnost umístění obou variant na jedno vozidlo.

Oba dva typy šroubů byly dimenzovány při zatížení jeřábu vysunutého ve směru osy vozidla a ve směru kolmém k ose vozidla.

5.1.1 Přitlačné šrouby

Tyto šrouby nesou převážnou část zatížení, lze proto očekávat velký průměr šroubu.

5.1.1.1 Vzorce pro výpočet přitlačných šroubů.



Obrázek 32: Náčrt konzoly s rozměry potřebnými pro výpočet šroubů

Dosažením do následujících vzorců jsou získány výsledky uvedené v Tabulkách 2 - 5.

Reakce v ose y

$$R_y = F_z + F_j = (m_z + m_j) \cdot g \quad (1)$$

Momentová rovnováha k bodu A

$$F_j \cdot \left(L_k + \frac{L_j}{2}\right) + F_z \cdot (L_k + L_j) - F_x \cdot V_k = 0 \quad (2)$$

Vyjádřená přitlačná síla F_x z (2)

$$F_x = \frac{F_j \left(L_k + \frac{L_j}{2}\right) + F_z(L_k + L_j)}{V_k} \quad (3)$$

Přitlačná síla působící jeden šroub s připočtením bezpečnosti 10% vzhledem k nerovnoměrnému rozložení zátěže

$$F_s^t = \frac{1,1 \cdot F_x}{n_s^t} \quad (4)$$

Průměr jádra přitlačného šroubu s 20% bezpečností proti odlehnutí

$$D_j^t = \sqrt{\frac{4 \cdot F_s^t \cdot 1,2}{\pi \cdot \sigma_{D_s^t}}} \quad (5)$$

Určení průměru šroubu

$$D_s^t = \frac{D_j^t}{0,8} \quad (6)$$

Plocha závitu zvoleného šroubu, kde průměr D_1 ke zvolenému metrickému šroubu je zjištěn ze strojnických tabulek

$$S_z = \frac{(D^{t^2} - D_1^{t^2}) \cdot \pi}{4} \quad (7)$$

Napětí na jednom závitu, připočteno 20% předpětí

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot F_s^t}{S_z} \quad (8)$$

Minimální počet závitů

$$n_{min} = \frac{\sigma}{\sigma_{Dm}} \quad (9)$$

Výška jednoho závitu

$$z = t - a \quad (10)$$

Počet závitů

$$n_z = \frac{z}{p} \quad (11)$$

Šroub navržen s bezpečností

$$s = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\frac{F}{S_1}}{\frac{F}{S_2}} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{\frac{\pi \cdot D^{t^2}}{4}}{\frac{\pi \cdot D_s^{t^2}}{4}} = \left(\frac{D^t}{D_s^t}\right)^2 \quad (12)$$

Bezpečnost proti otláčení závitů

$$s = \frac{n_z}{n_{min}} \quad (13)$$

5.1.1.2 Konzola s jeřábem PK 10002 SH B

Z výpočtů vyplynulo, že přítláčný šroub konzol většího jeřábu musí být M30 s bezpečností 1,36, která se vztahuje k pevnosti šroubu. Pokud je jeřáb se zátěží vysunut kolmo k ose vozidla, stačil by šroub M20. Volí se tedy větší rozměr.

Tabulka 2: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přítláčných šroubů pro konzolu s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	5460	520
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	1270	1270
Síla od zátěže	F_z	N	53 563	5 101
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	12 459	12 459
Délka ramene jeřábu	L_j	m	2,5	13,9
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	350	350
Výška konzoly	V_k	mm	650	650
Reakce	R_y	N	66 021	17 560
Přítláčná síla na šrouby	F_x	N	257 533	207 351
Návrh přítláčného šroubu				
Počet šroubů	$n_{št}$	-	4	4
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	70 821	57 021
Dovolené zatížení materiálu šroubu	$\sigma_{Dš}$	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^t	mm	20,56	18,45
Průměr šroubu	D_s^t	mm	25,70	23,06
Zvolený průměr	D^t	mm	30	30
Bezpečnost	s	-	1,36	1,69
Kontrola na otláčení závitů				
Dovolené zatížení materiálu konzoly	σ_{Dm}	MPa	110	110
Stoupání	P	mm	3,5	3,5
Malý průměr závitů	D_1	mm	26,21	26,21
Plocha závitů	S_z	mm ²	167,28	167,28
Napětí při 1 závitě	σ	MPa	508,06	409,06
Minimální počet závitů	n_{min}	-	4,62	3,72
Tloušťka plechu	t	mm	25	25
Zkosení	a	mm	2	2
Výška závitů	z	mm	23	23
Počet závitů	n_z	-	6,57	6,57
Bezpečnost	s	-	1,42	1,77

Tabulka 3: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	5460	520
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	1270	1270
Síla od zátěže	F_z	N	53563	5101
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	12459	12459
Délka ramene jeřábu	L_j	m	2,5	13,9
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	350	350
Výška konzoly	V_k	mm	650	650
Rozteč kotevních šroubů	L	mm	835	835
Reakce 1	R_{y1}	N	205 812	162 830
Reakce 2	R_{y2}	N	-139 790	-145 270
Síla na šrouby	F_x	N	110 822	87 678
Návrh přitlačného šroubu				
Počet šroubů	n_s^t	-	4	4
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	30 476	24 111
Dovolené zatížení materiálu šroubu	σ_{D_s}	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^t	m	0,013	0,01
Průměr šroubu	D_s^t	mm	16,86	15,00
Zvolený průměr	D^t	mm	30	30
Kontrola na otláčení závitů				
Dovolené zatížení materiálu konzoly	σ_D	MPa	110	110
Stoupání	P	mm	3,5	3,5
Malý průměr závitu	D_1	mm	26,21	26,21
Plocha závitu	S_z	mm ²	167,28	167,28
Napětí při 1 závitě	σ	MPa	218,63	172,97
Minimální počet závitů	n_{min}	-	1,99	1,57
Tloušťka plechu	t	mm	25	25
Zkosení	a	mm	2	2
Výška závitu	z	mm	23	23
Počet závitů	n_z	-	6	6
Bezpečnost	s	-	3,31	4,18

5.1.1.3 Konzola s jeřábem PC 3800 B

U této varianty je obdobná situace jako u většího jeřábu. Ačkoliv by v kolmém směru jeřábu od osy vozidla stačil šroub M20, musí se volit šroub M24 kvůli zátěži v podélném směru.

Tabulka 4: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přitlačných šroubů pro konzolu s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B nejdelší rameno	PC 3800 B největší zátěž
Zátěž	m_z	kg	720	2000
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	262	262
Síla od zátěže	F_z	N	7 063	19 620
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	2 570	2 570
Délka ramene jeřábu	L_j	m	5,00	1,50
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	250	250
Výška konzoly	V_k	mm	538,5	538,5
Reakce	R_y	N	9 633	22 190
Síla na šrouby	F_x	N	78 009	67 340
Návrh přitlačného šroubu				
Počet šroubů	$n_{št}$	-	2	2
Síla na 1 šroub	F_{ξ}^t	N	42 905	37 037
Dovolené zatížení materiálu šroubu	$\sigma_{D\dot{s}}$	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^t	m	0,016	0,015
Průměr šroubu	$D_{\dot{s}}^t$	mm	20,00	18,58
Zvolený průměr	D^t	mm	24	24
Bezpečnost	s	-	1,44	1,67
Kontrola na otláčení závitů				
Dovolené zatížení materiálu konzoly	σ_{Dm}	MPa	110	110
Stoupání	P	mm	3	3
Malý průměr závitu	D_1	mm	20,75	20,75
Plocha závitu	S_z	mm ²	114,16	114,16
Napětí při 1 závitě	σ	MPa	451,00	389,31
Min počet závitů	n_{min}	-	4,10	3,54
Tloušťka plechu	t	mm	25	25
Zkosení	a	mm	2	2
Výška závitu	z	mm	23	23
Počet závitů	n_z	-	7	7
Bezpečnost	s	-	1,87	2,17

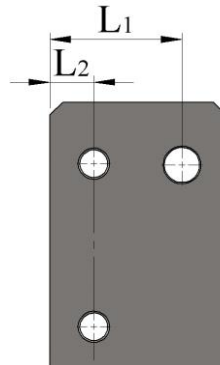
Tabulka 5: Vypočtené hodnoty. Návrh a kontrola přítláčných šroubů pro konzolu s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B nejdelší rameno	PC 3800 B největší zátěž
Zátěž	m_z	kg	720	2 000
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	262	262
Síla od zátěže	F_z	N	7 063	19 620
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	2 570	2 570
Délka ramene jeřábu	L_j	m	5,00	1,50
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	250	250
Výška konzoly	V_k	mm	538,5	538,5
Rozteč kotevních šroubů	L	mm	300	300
Reakce 1	R_{y1}	N	136 816	113 479
Reakce 2	R_{y2}	N	-127 182	-91 289
Síla na šrouby	F_x	N	63 517	52 683
Návrh přítláčného šroubu				
Počet šroubů	n_s^t		2	2
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	34 934	28 976
Dovolené zatížení materiálu šroubu	σ_{D_s}	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^t	mm	14,44	13,15
Průměr šroubu	D_s^t	mm	18,05	16,44
Zvolený průměr	D^t	mm	24	24
Bezpečnost	s	-	1,77	2,13
Kontrola na otláčení závitů				
Dovolené zatížení materiálu konzoly	σ_D	MPa	110	110
Stoupání	P	mm	3	3
Malý průměr závitu	D_1	mm	20,75	20,75
Plocha závitu	S_z	mm ²	114,16	114,16
Napětí při 1 závitě	σ	MPa	367,21	304,58
Minimální počet závitů	n_{min}		3,34	2,77
Tloušťka plechu	t	mm	25	25
Zkosení	a	mm	2	2
Výška závitu	z	mm	23	23
Počet závitů	n_z		7	7
Bezpečnost	s		2,30	2,77

5.1.2 Přídržné šrouby

Tyto šrouby spojují zásuvný systém s vozidlem a zachycují přes příložku sílu působící na přitlačné šrouby. Vzhledem k tuhosti příložky je předpoklad, že se síla rovnoměrně rozdělí mezi všechny přídržné šrouby. Přídržné šrouby navrhujeme podle pevnosti materiálu šroubu v tahu. Kontrola na otláčení se neprovádí, protože materiál a tloušťka plechu vozidla není známa.

5.1.2.1 Vzorce pro výpočet přídržných šroubů.



Obrázek 33: Náčrt příložky s rozměry potřebnými pro výpočet šroubů

Dosazením do těchto vzorců jsou získány výsledky uvedené v Tabulkách 6 - 9.

Síla na jeden přídržný šroub

$$F_{\dot{s}}^d = \frac{F_s^t}{n_{\dot{s}}^d} \cdot \frac{L_1}{L_2} \quad (14)$$

Průměr jádra přídržného šroubu s 20% bezpečností proti odlehnutí

$$D_j^d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\dot{s}}^d \cdot 1,2}{\pi \cdot \sigma_{D\dot{s}}}} \quad (15)$$

Určení průměru šroubu

$$D_{\dot{s}}^d = \frac{D_j^d}{0,8} \quad (16)$$

Šroub navržen s bezpečností

$$s = \left(\frac{D^d}{D_{\dot{s}}^d} \right)^2 \quad (17)$$

5.1.2.2 Konzola s jeřábem PK 10002 SH B

Určující rozměr šroubu je při zátěži v ose vozidla. Tento rozměr je vypočten na M20 s nejnižší bezpečností 1,21 a to při největší zátěži na nejkratším rameni.

Tabulka 6: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Počet šroubů	n_s^d	-	6	6
Vzdálenost přitlačného šroubu	L_1	mm	105	105
Vzdálenost přídržného šroubu	L_2	mm	35	35
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	35 411	28 511
Dovolené zatížení materiálu šroubu	$\sigma_{Dš}$	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^d	mm	14,54	13,04
Průměr šroubu	D_s^d	mm	18,17	16,31
Zvolený průměr	D^d	mm	20	20
Bezpečnost	s	-	1,21	1,50

Tabulka 7: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Počet šroubů	n_s^d	-	6	6
Vzdálenost přitlačného šroubu	L_1	mm	105	105
Vzdálenost přídržného šroubu	L_2	mm	35	35
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	15 238	12 056
Dovolené zatížení materiálu šroubu	$\sigma_{Dš}$	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^d	mm	9,54	8,48
Průměr šroubu	D_s^d	mm	11,92	10,60
Zvolený průměr	D^d	mm	20	20
Bezpečnost	s	-	2,81	3,56

5.1.2.3 Konzola s jeřábem PC 3800 B

Pro dodržení modulárnosti nastavby je třeba zvolit stejný rozměr přídržných šroubů jako pro variantu konzoly s větším jeřábem. Bez tohoto požadavku by dostačoval šroub M16.

Tabulka 8: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla

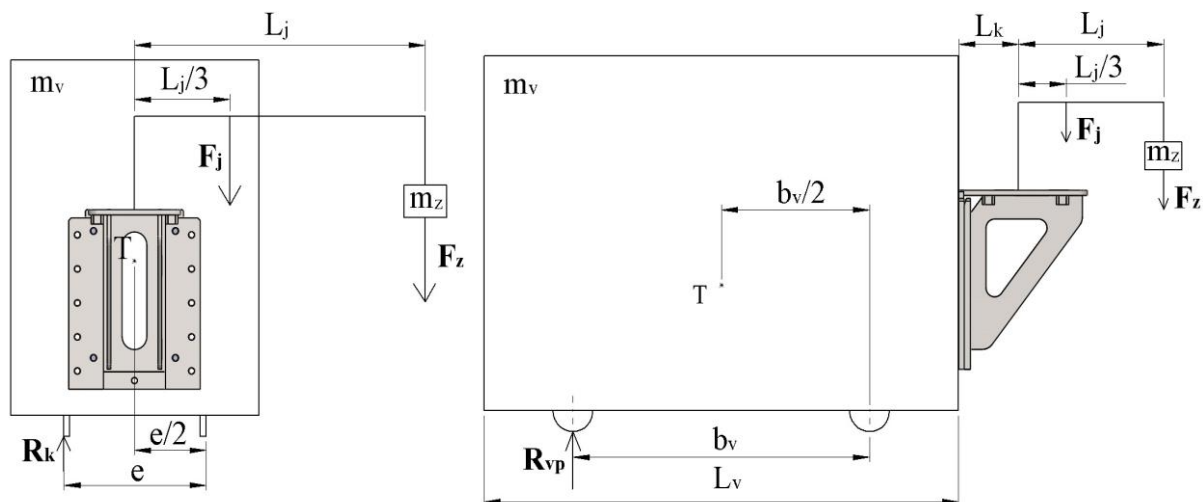
Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B nejdelší rameno	PC 3800 B největší zátěž
Počet šroubů	n_s^d	-	5	5
Vzdálenost přitlačného šroubu	L_1	mm	100	100
Vzdálenost přídržného šroubu	L_2	mm	35	35
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	24 517	21 164
Dovolené zatížení materiálu šroubu	σ_{D_s}	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^d	mm	12,10	11,24
Průměr šroubu	D_s^d	mm	15,12	14,05
Zvolený průměr	D^d	mm	20	20
Bezpečnost	s	-	1,75	2,03

Tabulka 9: Vypočtené hodnoty. Návrh přídržných šroubů konzoly s jeřábem PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B nejdelší rameno	PC 3800 B největší zátěž
Počet šroubů	n_s^d	-	5	5
Vzdálenost přitlačného šroubu	L_1	mm	100	100
Vzdálenost přídržných šroubů	L_2	mm	35	35
Síla na 1 šroub	F_s^t	N	19 962	16 557
Dovolené zatížení materiálu šroubu	σ_{D_s}	MPa	256	256
Průměr jádra	D_j^d	mm	10,92	9,94
Průměr šroubu	D_s^d	mm	13,64	12,43
Zvolený průměr	D^d	mm	20	20
Bezpečnost	s	-	2,15	2,59

5.2 Výpočet stability vozidla

Ověření stability vozidla je založeno na porovnání momentů, které působí na vozidlo. Moment od vozidla musí být větší než moment od jeřábu se zátěží. Z rozdílů těchto momentů lze vypočítat reakci v přední nápravě nebo pod koly, které jsou na opačné straně od vysunutého jeřábu. Jsou-li tyto reakce kladné, je vozidlo stabilní. Nulová reakce znamená mez stability. V takovém případě by bylo nutné vysunutí stabilizačních podpěr.



Obrázek 34: Náčrt konzoly upevněné na vozidle s rozměry potřebnými pro výpočet stability vozidla

Dosazením do těchto vzorců jsou získány výsledky uvedené v Tabulkách 9 - 12.

Tíhová síla F působící v těžišti tělesa s hmotností m , kde g je tíhové zrychlení

$$F = m \cdot g \quad (18)$$

Moment vyvolaný hmotností vozidla, pokud je rameno v ose vozidla

$$M_v = m_v \cdot g \cdot \frac{b_v}{2} \quad (19)$$

Moment vyvolaný jeřábem se zátěží, pokud je rameno v ose vozidla

$$M_j = F_j \cdot \left[\frac{L_j}{3} + L_k + \left(\frac{L_v - b_v}{2} \right) \right] + F_z \cdot \left[L_j + L_k \left(\frac{L_v - b_v}{2} \right) \right] \quad (20)$$

Reakce pod předními koly

$$R_{vp} = \frac{M_v - M_j}{b_v} \quad (21)$$

Moment vyvolaný hmotností vozidla, pokud je rameno kolmo k ose vozidla

$$M_v = m_v \cdot g \cdot \frac{e}{2} \quad (22)$$

Moment vyvolaný jeřábem se zátěží, pokud je rameno kolmo k ose vozidla

$$M_j = F_j \cdot \left(\frac{L_j}{3} - \frac{e}{2} \right) + F_z \cdot \left(L_j - \frac{e}{2} \right) \quad (23)$$

Reakce pod bočními koly

$$R_k = \frac{M_v - M_j}{e} \quad (24)$$

5.2.1.1 Jeřáb PK 10002 SH B

Tato varianta nesplňuje podmínku stability v případě zátěže na nejdelším rameni kolmo k ose vozidla. Stabilitu je třeba zajistit pomocí stabilizačních podpěr, které by stačilo vysunout pouze o 20 mm na každou stranu od rozchodu kol. Umístění vedle kolejnice je tedy dostačující. Nebo se v tomto případě musí snížit maximální možná zátěž z 520 kg na 493 kg.

Tabulka 10: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PK 10002 SH B s ramenem vysunutým v ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	5 560	520
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	1 270	1 270
Síla od zátěže	F_z	N	54 544	5 101
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	12 459	12 459
Délka ramene jeřábu	L_j	m	2,50	13,90
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	350	350
Rozvor	b_v	mm	4 450	4 450
Délka vozidla	L_v	mm	4 800	4 800
Hmotnost vozidla	m_v	kg	16 000	16 000
Moment od vozidla	M_v	Nm	349 236	349 236
Moment od jeřábu	M_j	Nm	181 917	206 030
Reakce pod předními koly	R_{vp}	N	37 600	32 181

Tabulka 11: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PK 10002 SH B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PK 10002 SH B největší zátěž	PK 10002 SH B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	5 460	520
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	1 270	1 270
Síla od zátěže	F_z	N	53 563	5 101
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	12 459	12 459
Délka ramene jeřábu	L_j	m	2,50	13,90
Rozchod kolejí	e	mm	1 435	1 435
Hmotnost vozidla	m_v	kg	16 000	16 000
Moment od vozidla	M_v	Nm	112 619	112 619
Moment od jeřábu	M_j	Nm	96 918	116 033
Reakce pod kolem	R_k	N	10 941	-2 379

5.2.1.2 Jeřáb PC 3800

U této varianty stabilizátory nejsou třeba a vozidlo je stabilní i s jeřábem vysunutým do krajní polohy a s plnou povolenou zátěží.

Tabulka 12: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PC 3800 B s ramenem vysunutým v ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B největší zátěž	PC 3800 B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	2000	720
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	262	262
Síla od zátěže	F_z	N	19 620	7 063
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	2 570	2 570
Délka ramene jeřábu	L_j	m	1,50	5,00
Polovina ramene konzoly	L_k	mm	250	250
Rozvor	b_v	mm	1 850	1 850
Délka vozidla	L_v	mm	2 450	2 450
Hmotnost vozidla	m_v	kg	6 600	6 600
Moment od vozidla	M_v	Nm	59 890	59 890
Moment od jeřábu	M_j	Nm	42 920	54 465
Reakce pod předními koly	R_{vp}	N	9 173	2 932

Tabulka 13: Vypočtené hodnoty. Výpočet stability vozidla s konzolou pro jeřáb PC 3800 B s ramenem vysunutým kolmo k ose vozidla

Název veličiny	Označení	Jednotka	PC 3800 B největší zátěž	PC 3800 B nejdelší rameno
Zátěž	m_z	kg	2000	720
Hmotnost jeřábu	m_j	kg	262	262
Síla od zátěže	F_z	N	19 620	7 063
Síla od hmotnosti jeřábu	F_j	N	2 570	2 570
Délka ramene jeřábu	L_j	m	1,50	5,00
Rozchod kolejí	e	mm	1 435	1 435
Hmotnost vozidla	m_v	kg	6 600	6 600
Moment od vozidla	M_v	Nm	46 455	46 455
Moment od jeřábu	M_j	Nm	14 794	32 688
Reakce pod kolem	R_k	N	22 064	9 594

5.3 Výpočet tuhosti svařence

Tato simulace byla provedena pomocí programu NX 11, jako řešič byl použit NX Nastran.

Při výpočtu pomocí MKP byl použit zjednodušený model konzoly a zjednodušené stanovení vstupních podmínek úlohy. Zjednodušení vyplývá ze zafixování montážních otvorů připevněných k rámu vozidla.

K zafixování konzoly byla využita 3D tetrahedrová síť s velikostí elementu 20 mm a zjemněním sítě na velikost elementu 5 mm v okolí předpokládaných kritických míst.

Hodnoty závazné pro výpočet níže vypsané odrážejí krajní stav každé varianty, kdy je rameno jeřábu vysunuto na maximální možnou konstrukční délku s maximální výrobce dovolenou zátěží.

Varianta jednoduché konzole

- Jeřáb Palfinger PC 3800 B
- Hmotnost jeřábu: 262 kg
- Maximální délka ramene: 5 m
- Hmotnost zátěže: 720 kg

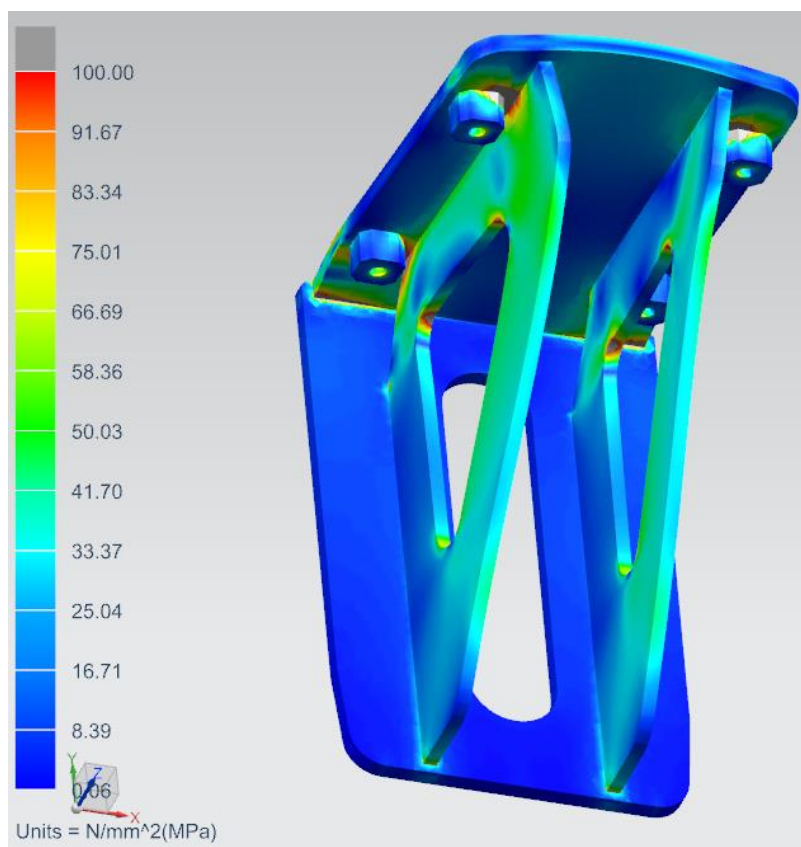
Varianta dvojité konzole

- Jeřáb Palfinger PK 10002 SH B
- Hmotnost jeřábu: 1270 kg
- Maximální délka ramene: 13,9 m
- Hmotnost zátěže: 520 kg

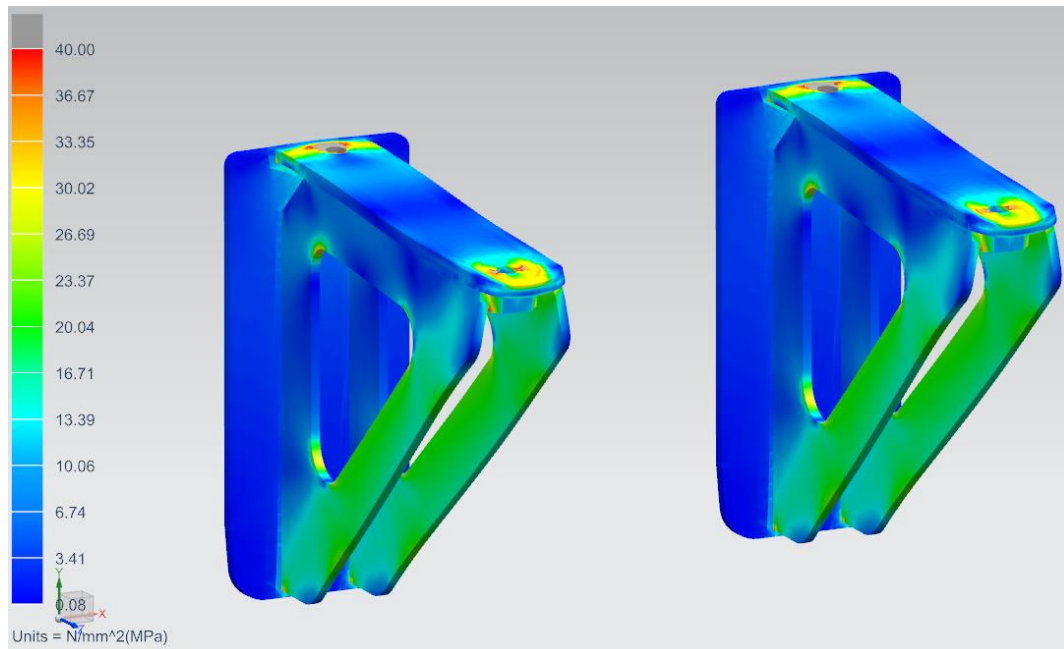
Celá konzola je uložena v zásuvném systému, který zajistí její polohu především v ose Y, ale také v ose X. Díky přítlačným šroubům pak dojde k vymezení polohy v ose Z a zároveň přítlačná síla vyvolá požadované tření mezi plochou vozidla a zadní plochou konzoly. Dostatečně velká přítlačná síla vyvolá takovou třecí sílu, která konzolu udrží v požadované poloze. Při dostatečné tuhosti plechu zadní desky konzoly i samotného zásuvného systému je tedy předpoklad, že zadní deska je dostatečně zafixována a je tak zajištěna nepohyblivost konzoly ve všech směrech. Této části konzoly přiléhající přímo k vozidlu jsou tak odebrány stupně volnosti v osách X, Y i Z.

Nejkritičtější hodnoty napětí se nacházejí v zaoblení odlehčovacích otvorů podpěr. Hodnoty těchto napětí se pohybují okolo 100 MPa u konzoly pro menší jeřáb a hodnoty pod 40 MPa pro konzolu určenou pro větší jeřáb. Zjištěné hodnoty jsou pod hodnotou dovoleného napětí materiálu a vyhovují.

Na základě těchto výpočtů byla optimalizována konstrukce v oblasti žeber. Tato optimalizace má za následek snížení hmotnosti daného řešení. MKP výpočet potvrdil dostatečnou tuhost navrženého řešení.



Obrázek 35: Napětí na konzole pro jeřáb PC 3800



Obrázek 36: Napětí na konzole pro jeřáb PK 10002 SH

6 Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo navrhnout modulární nástavbu pro zvolené dvoucestné vozidlo firmy Zephir, určené pro manipulaci s nákladem a vozy. Tato nástavba měla rozšířit možnosti daného vozidla a zvýšit tak jeho konkurenceschopnost na trhu. Vytvořený modul měl být mezikusem mezi vozidlem zadavatele a zvoleným jeřábem nebo plošinou od vybraného výrobce.

Pro tento návrh byla zvolena vozidla Line Lok E 7.90 E a Line Crab 3100 E. Jedná se o vozidla odlišných velikostí a hmotností, tomu také odpovídá příslušný zvolený jeřáb. Pro vozidlo větší, Line Lok E 7.90 E, byl zvolen jeřáb s větší nosností od firmy Palfinger PK 10002 SH High Performance B. Pro vozidlo menší, Line Crab 3100 E, byl zvolen jeřáb s menší nosností také od firmy Palfinger PC 3800 Compact B.

Jako finální návrh pro modulární nástavbu byla navržena konzola, která splňuje stanovené požadavky. Jedná se o konstrukci s jednoduchou výrobou a montáží, ale důležitým aspektem je především univerzálnost principu konzoly, který je využitelný pro obě varianty konzol určených pro oba typy jeřábů.

Navržená konzola je svařenec zasouvatelný do, k vozidlu přišroubovaného, systému. Poloha je zajištěna přítlačnými šrouby. Výpočet jak šroubů přítlačných i držících celou nástavbu na vozidle byl proveden v předpokládaných kritických pozicích maximálně dovoleně zatíženého jeřábu.

Modulárnost celého návrhu spočívá, v možnosti instalace obou variant konzol, pro různé velikosti jeřábů, na jedno vozidlo. Rastr děr je totiž pro obě varianty shodný a není proto potřeba zhotovení většího počtu závitových děr. Další výhoda spočívá i v samotných jeřábech. Vzhledem k unifikovanému systému uchycení jeřábů mezi výrobcí je možná volba jiného typově podobného jeřábu. Široké příslušenství každého jeřábu také velmi významně rozšiřuje škálu využití a tedy univerzálnosti stroje.

Seznam příloh

Příloha 1: Výkres svařence konzoly pro jeřáb PC 3800 Compact B

Příloha 2: Výkres svařence konzoly pro jeřáb PK 10002 SH High Performance B

Příloha 3: Typový výkres nástavby pro jeřáb PC 3800 Compact B

Příloha 4: Typový výkres nástavby pro jeřáb PK 10002 SH High Performance B

Příloha 5: Výrobní výkres zadní desky svařence konzoly pro jeřáb PC 3800 Compact B

Příloha 6: Výrobní výkres zadní desky svařence konzoly pro jeřáb PK 10002 SH High Performance B

Zdroje

- [1] HELLER, Petr. *Kolejová vozidla I*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017. ISBN 978-80-261-0693-7.
- [2] DOSTÁL, Josef a Petr HELLER. *Kolejová vozidla I*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2007. ISBN 978-80-7043-520-5.
- [3] KALINČÁK, DANIEL. *Koľajové vozidlá I*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně, 2008. ISBN 978-80-8070-684-1
- [4] *Jízda vlaku v přímé koleji* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.railian.com/teorie/rovne.html>
- [5] *Company* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://zephir.eu/en/azienda/#>
- [6] *Applications* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://zephir.eu/en/applicazioni/>
- [7] *Railcar Mover Market* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/global-railcar-mover-market.htm>
- [8] *Line Lok E* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://zephir.eu/project/line-lok-e/>
- [9] *Line Crab* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://zephir.eu/en/project/line-crab/>
- [10] *Lorry Cranes* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://www.pektiongchoon.com.sg/services.html>
- [11] Technická data jeřábu PK 10002 SH firmy Palfinger AG poskytnutá firmou KUHN – MT s.r.o.
- [12] Technická data jeřábu PC 3800 Compact firmy Palfinger AG poskytnutá firmou KUHN – MT s.r.o.
- [13] *Motorový univerzální vozík MUV 75* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.czloko.cz/produkty/lokomotivy/motorovy-univerzalni-vozik-muv-75.htm>
- [14] *Line KUBO* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://zephir.eu/en/project/line-kubo/>
- [15] *Zephir railroad shunting locomotives*. Propagační materiál firmy ZEPHIR SpA, poskytnutý firmou Procházka MP s.r.o.
- [16] *Daf CF* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://www.dafchel.ru/trucks/newCF/>
- [17] *PK 16002 HIGH PERFORMANCE* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://www.palfinger.com/en/products/loader-cranes/models/pk-16002-high-performance_p_2635
- [18] *PALFINGER Railway - Basic Line* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JLiNrQovFks>
- [19] *System solutions for railways*. 2016. Dostupné také z: <https://www.palfinger.com/action/download/download?id=MkpFNFBiME9rUHJRYitkcWQvS3ZIZz09>
- [20] *PŘEV RATNÁ NOVINKA PRO TRAŽOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ Z CZ LOKO* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/3912-Prevratna-novinka-pro-tratove-hospodarstvi-z-CZ-LOKO//?najdi=529501>

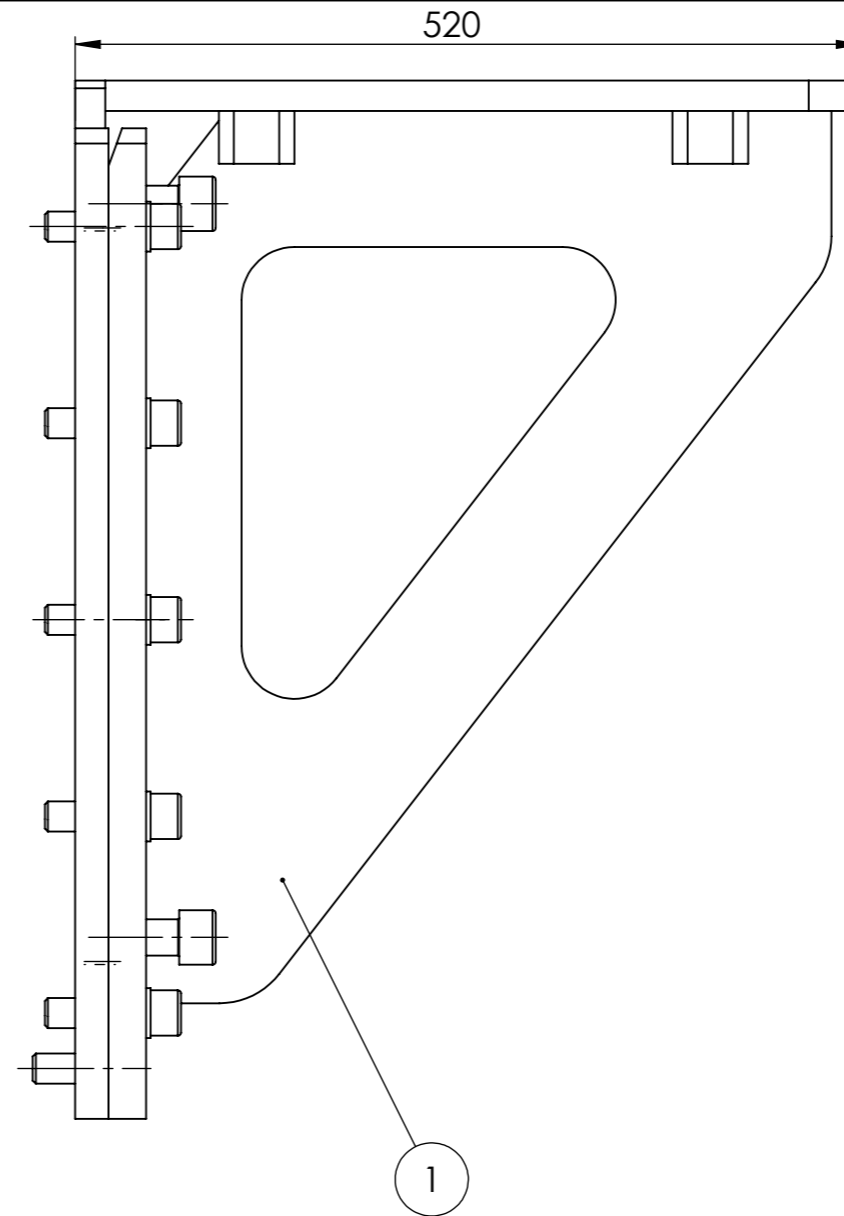
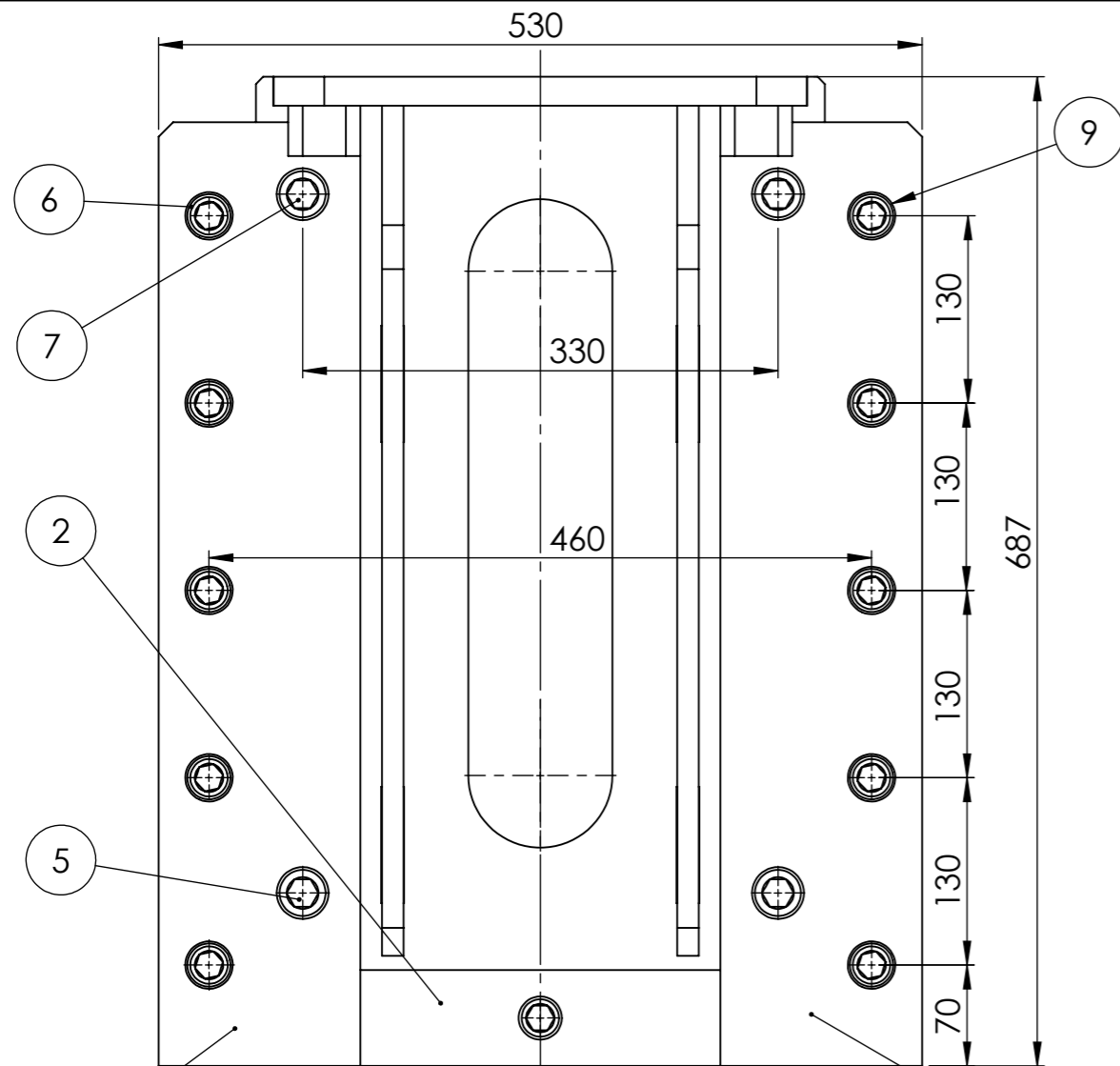
[21] *PC 3800 Compact* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z:

https://www.palfinger.com/en-mx/products/knuckle-boom-cranes/models/pc-3800-compact_p_636

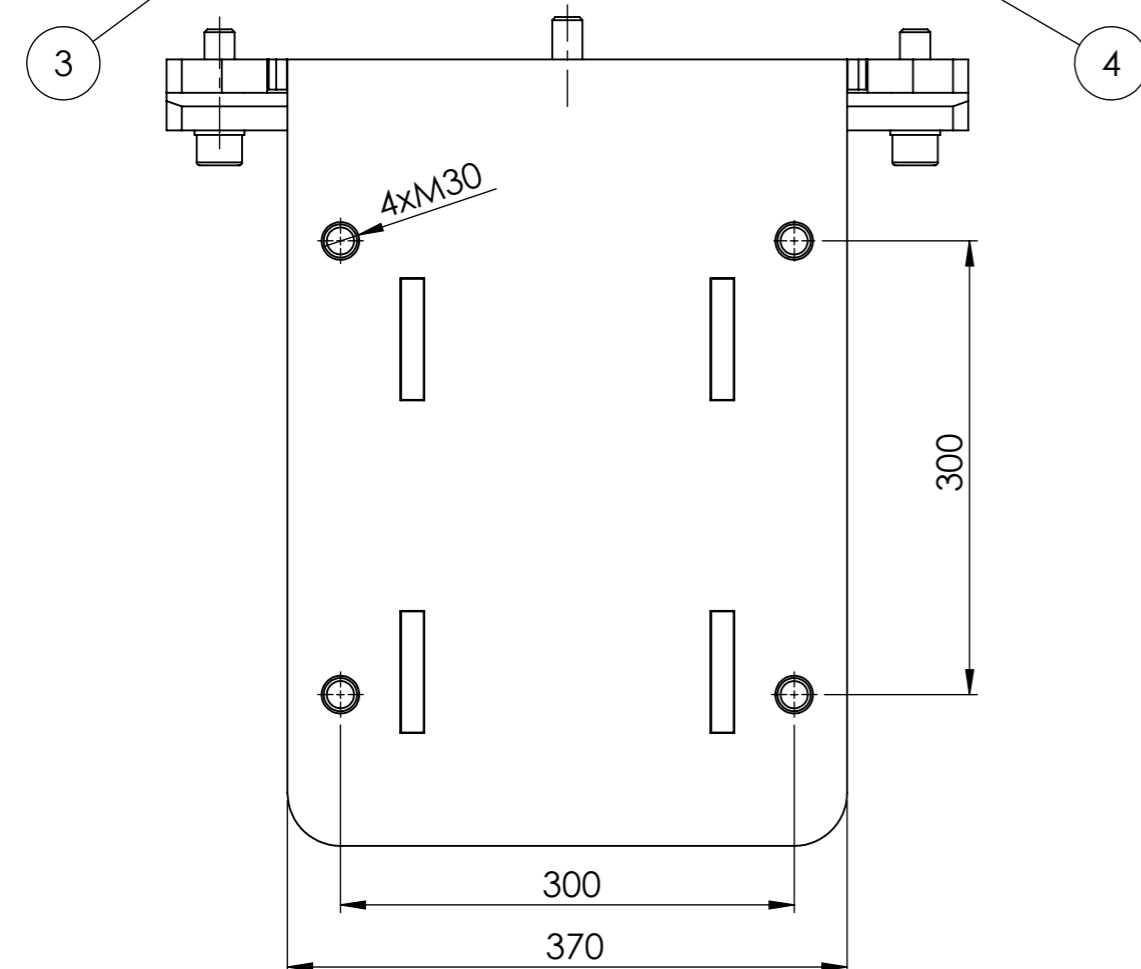
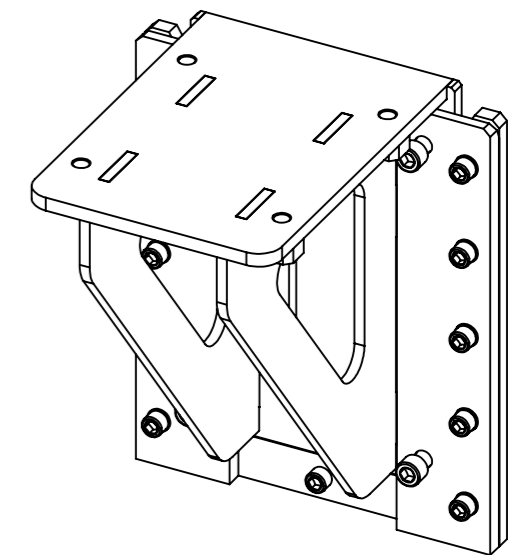
[22] *PK 10002 SH High Performance* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z:

https://www.palfinger.com/en/products/loader-cranes/models/pk-10002-sh-high-performance_p_2989

[23] VANĚK, Václav. *Základy konstruování: učební podklady pro cvičení*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2010. ISBN 978-80-7043-964-7.

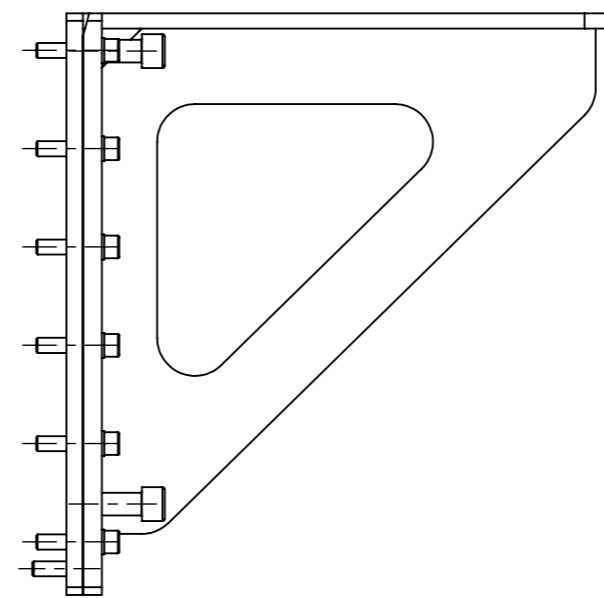
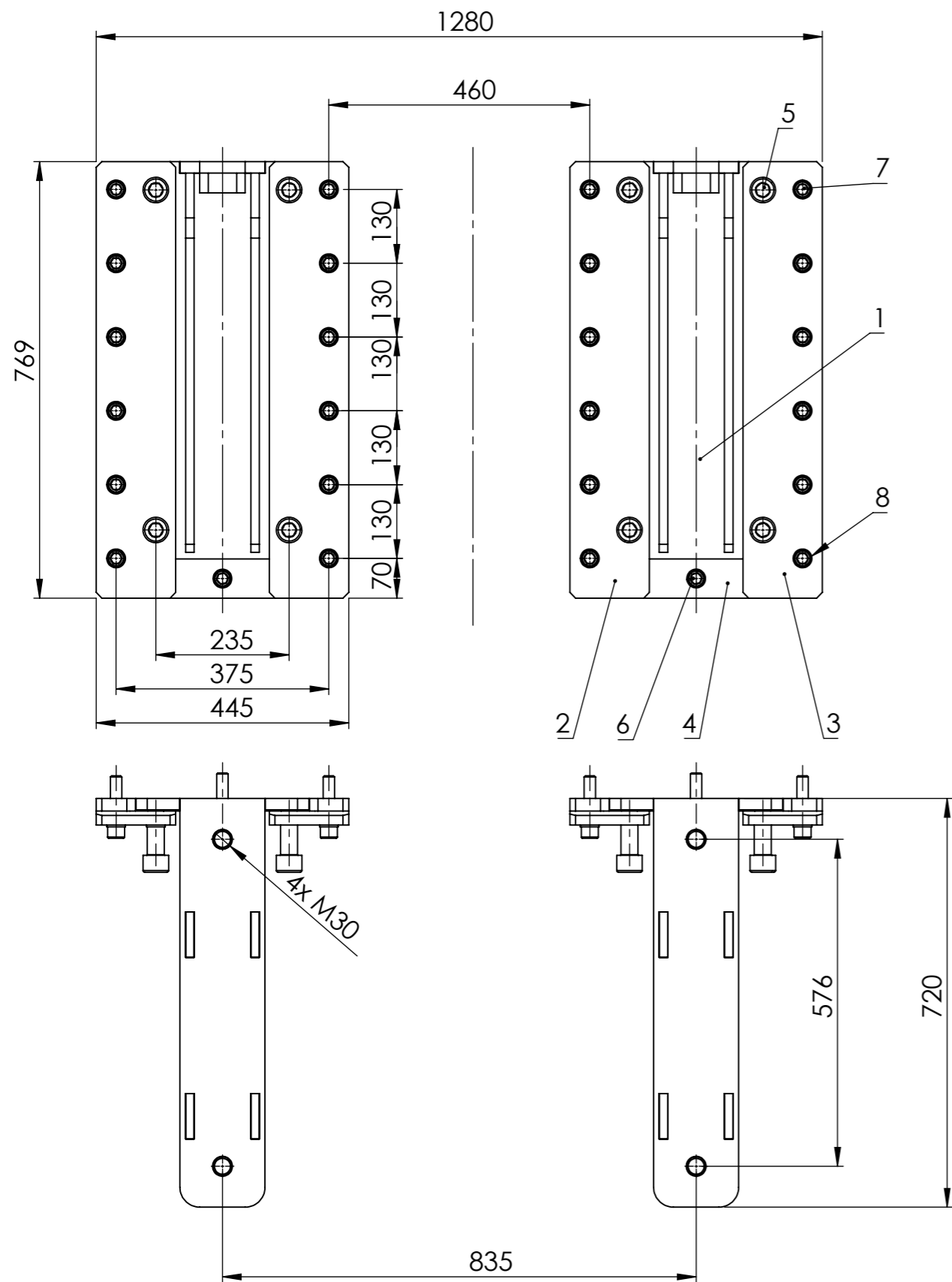


AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:10

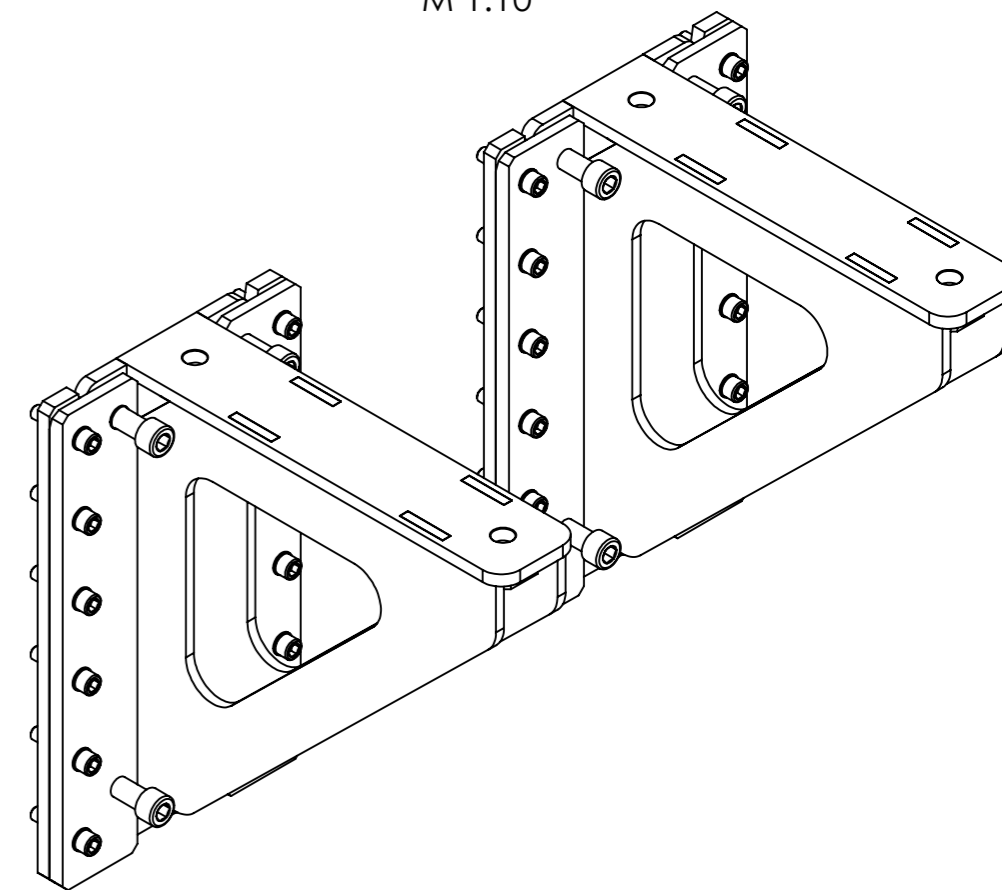


9	PODLOŽKA	PODLOŽKA 21 ČSN 021703		10
8	ŠROUB M20	M20 x 60 ČSN 021143		1
7	ŠROUB M24	M24 x 60 ČSN 021143		4
6	ŠROUB M20	M20 x 70 ČSN 021143		10
5	OTLAČNÝ PLECH	B19_12_4	S 235 JR	4
4	PŘÍLOŽKA PRAVÁ	B19_12_3	S 235 JR	1
3	PŘÍLOŽKA LEVÁ	B19_12_2	S 235 JR	1
2	U PLECH	B19_12_1	S 235 JR	1
1	SVARENEC_PC 3800	B19_12	S 235 JR	1
Poz.	Název/Rozměr	Výkres/Norma	Materiál	Mn.

		Povrch: Surface treatment:	RAL 9010	Přesnost ISO 2768 - mK EN ISO 13920-BE Tolerance ISO 8015 Svary ČSN EN ISO 5817	
Kreslil: Drawn:	Fiala	15.05.2019	Hmotnost [kg]: Mass [kg]:	147	Název: Name: NÁSTAVBA_PC 3800
Schválil: Approved:		15.05.2019	Verze: Version:		
			Č. výkresu: Drawing No.:	B19_1	Formát: Size: A3
					Měřítko: Scale: 1:10
					List/Počet listů: Sheet No./Sheets: 1/1

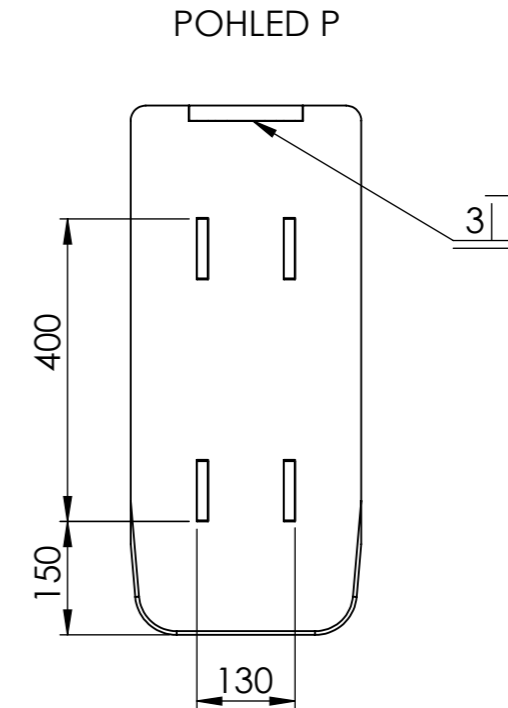
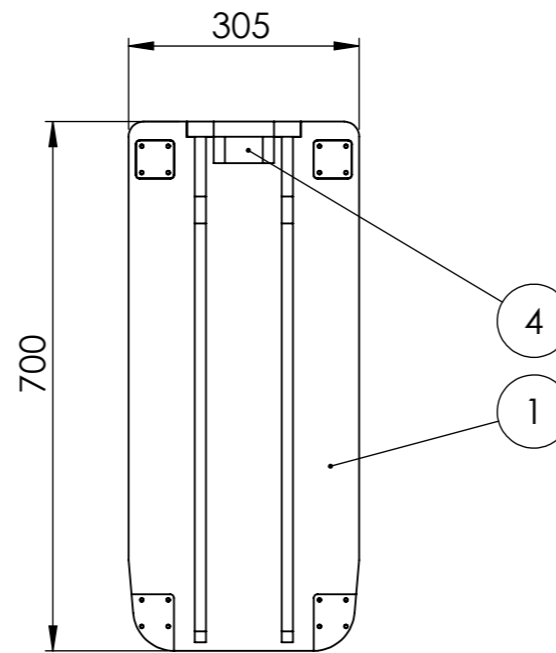
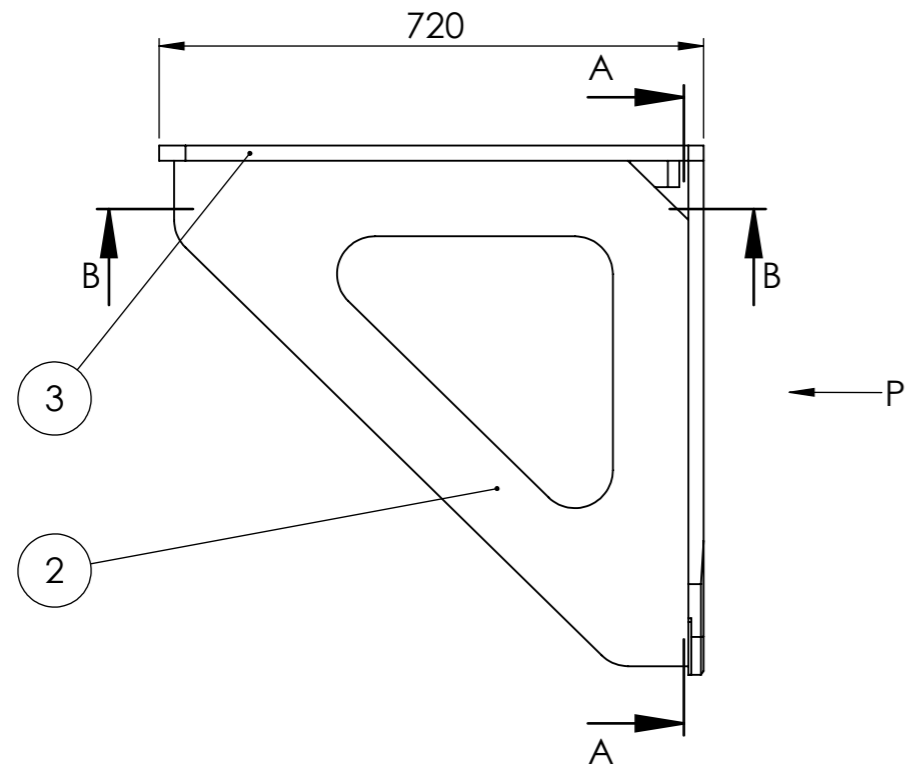


AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:10

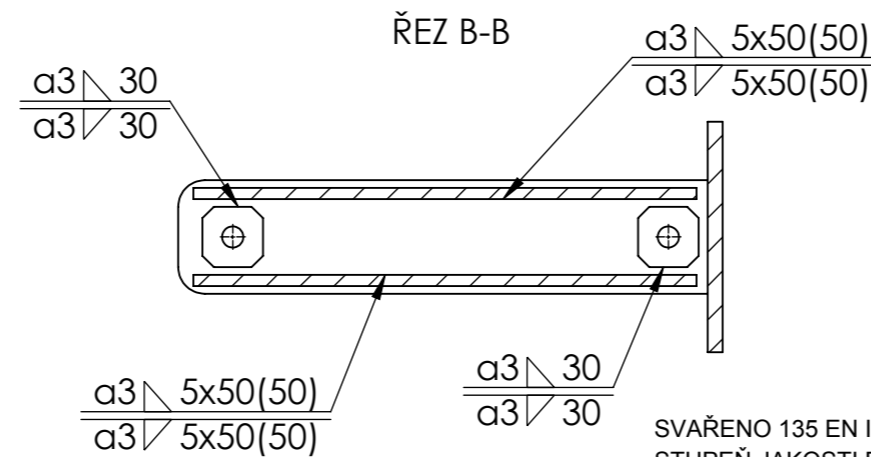
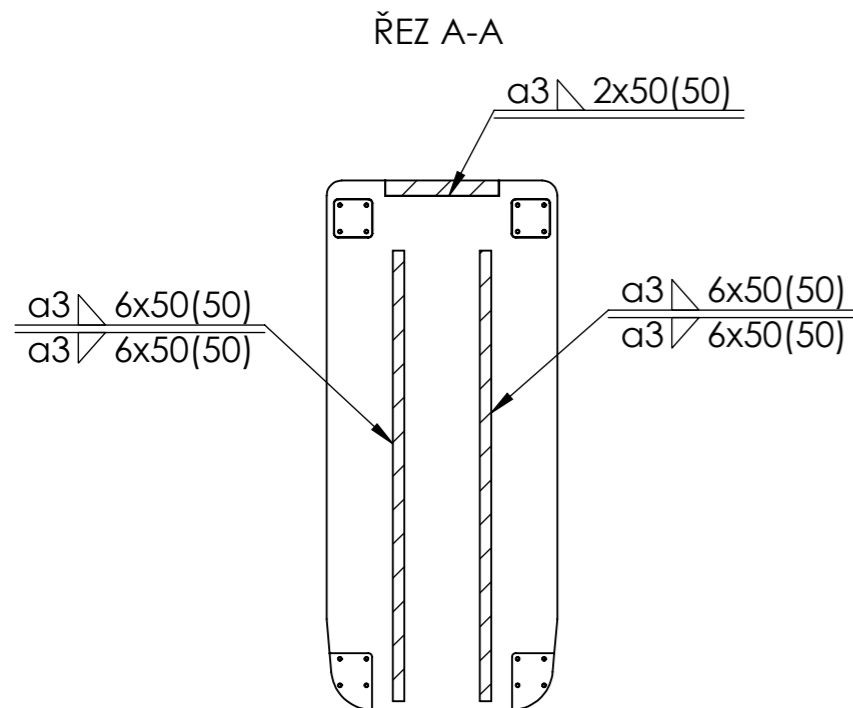
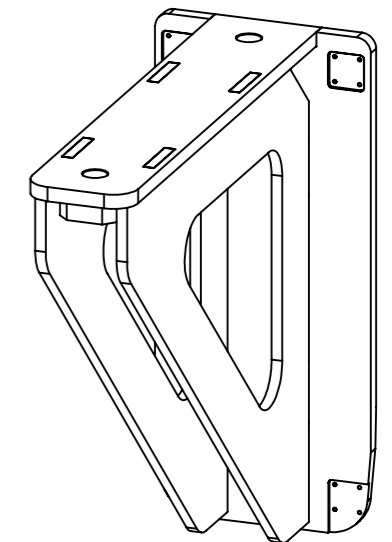


8	PODLOŽKA	PODLOŽKA 21 ČSN 021703		27
7	ŠROUB M20	M20 x 90 ČSN 021143		24
6	ŠROUB M20	M20 x 70 ČSN 021143		2
5	ŠROUB M30	M30 x 60 ČSN 021143		8
4	UPLECH	B19_22_3	S 235 JR	2
3	PŘÍLOŽKA PRAVÁ	B19_22_2	S 235 JR	2
2	PŘÍLOŽKA LEVÁ	B19_22_1	S 235 JR	2
1	SVAŘENEC_PK1 0002	B19_22	S 235 JR	2
Poz.	Název/Rozměr	Výkres/Norma	Materiál	MNOŽ.

		Povrch: Surface treatment:	RAL 9010	Přesnost ISO 2768 - mK EN ISO 13920-BE Tolerance ISO 8015 Svary ČSN EN ISO 5817	
Kreslil: Drawn:	Fiala	15.05.2019	Hmotnost [kg]: Mass [kg]:	Název: Name: NÁSTAVBA_PK 10002	
Schválil: Approved:		15.05.2019	Verze: Version:		
			Č. výkresu: Drawing No.:	B19_2	Formát: Size: A3 Měřítko: Scale: 1:10 List/Počet listů: Sheet No./Sheets: 1/1



AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:2



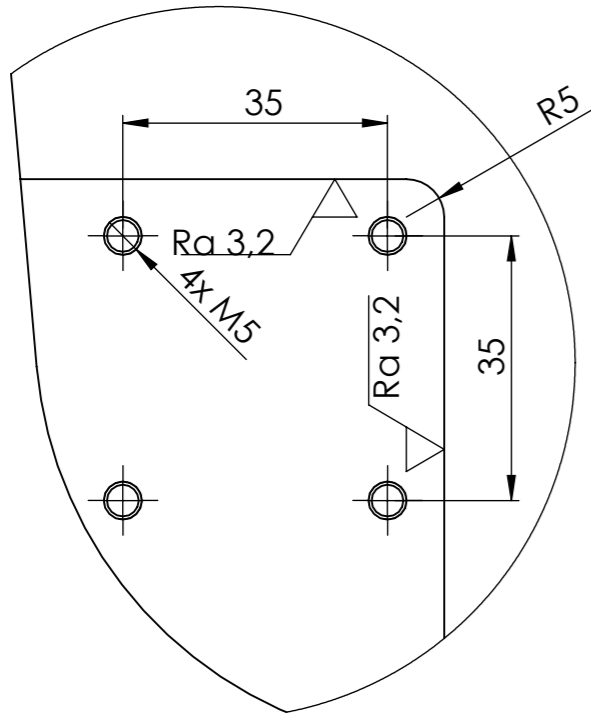
SVAŘENO 135 EN ISO 14341-A-G 42 Z M21 3Si1
STUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
TOLERANCE SVAŘENCE ČSN EN ISO 13920-BF

4	MATICE	B19_226	S 235 JR	2
3	HORNÍ PLECH	B19_225	S 235 JR	1
2	ŽEBRO	B19_224	S 235 JR	2
1	ZADNÍ DESKA_PC 3800	B19_223	S 235 JR	1
Poz.	Název/Rozměr	Výkres/Norma	Materiál	Mn.

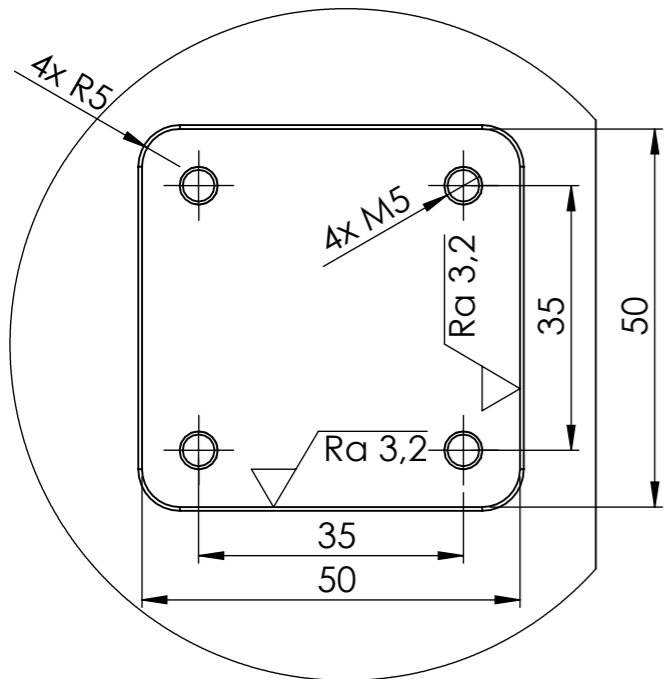
Neoznačené hrany: ISO 13715 $\pm 0,5$ $\pm 0,5$ <small>Unmarked edges:</small>		Povrch: RAL 9010 <small>Surface treatment:</small>	<small>Přesnost ISO 2768 - mK EN ISO 13920-BE</small> <small>Tolerance ISO 8015 Svary ČSN EN ISO 5817</small>
Kreslil: Fiala <small>Drawn:</small>	15.05.2019	Hmotnost [kg]: 98 <small>Mass [kg]:</small>	Název: Name: SVARENEC_PK 10002
Schválil: <small>Approved:</small>	15.05.2019	Verze: <small>Version:</small>	

Č. výkresu: <small>Drawing No.:</small>	B19_22	Formát: <small>Size:</small>	A3	Měřítko: <small>Scale:</small>	1:10	List/Počet listů: <small>Sheet No./Sheets:</small>	1/1
---	---------------	--	-----------	--	-------------	--	------------

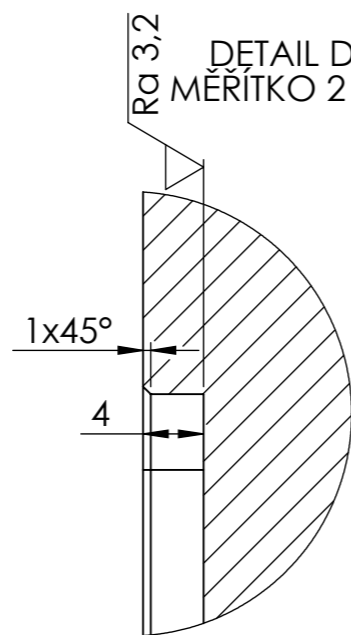
DETAIL B
MĚŘITKO 1 : 1



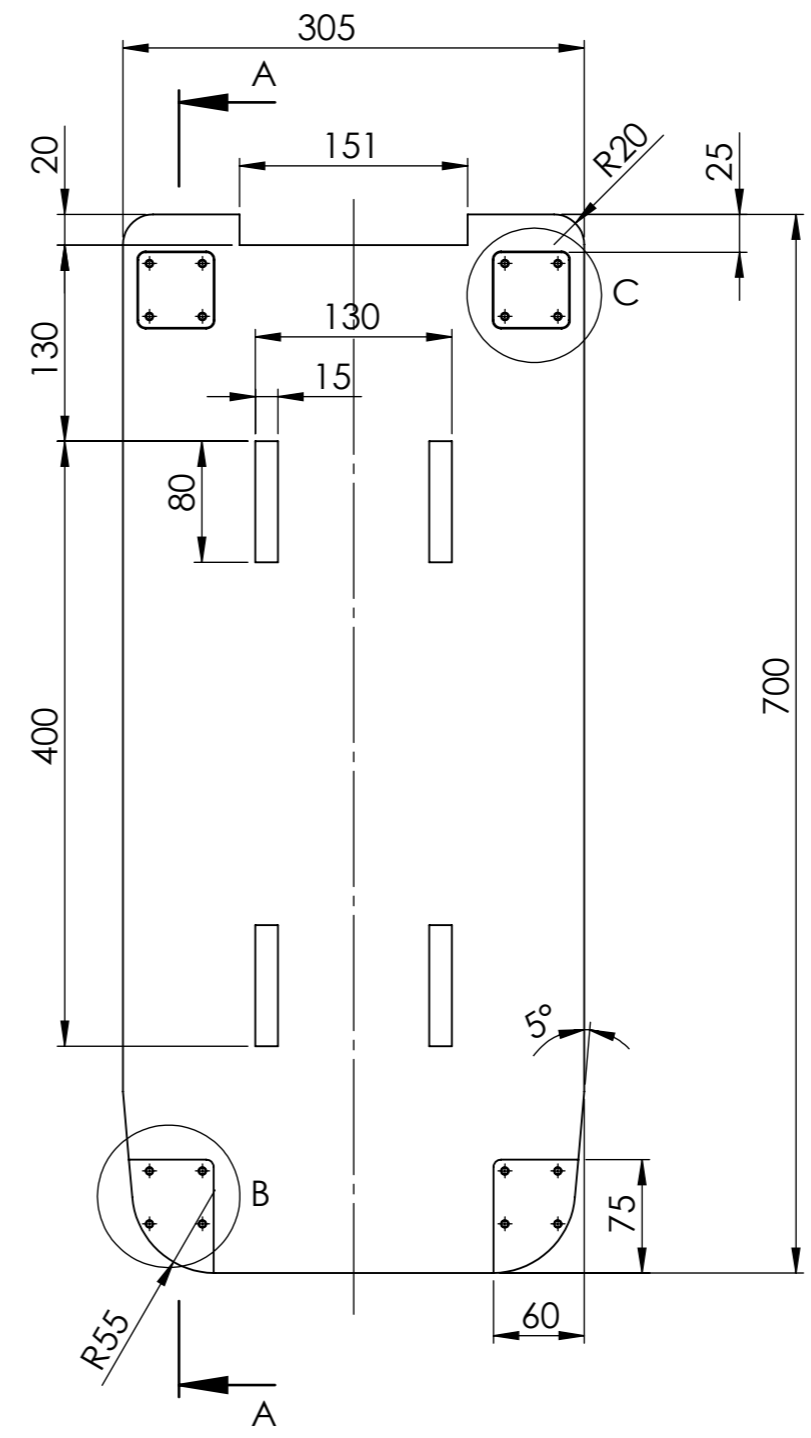
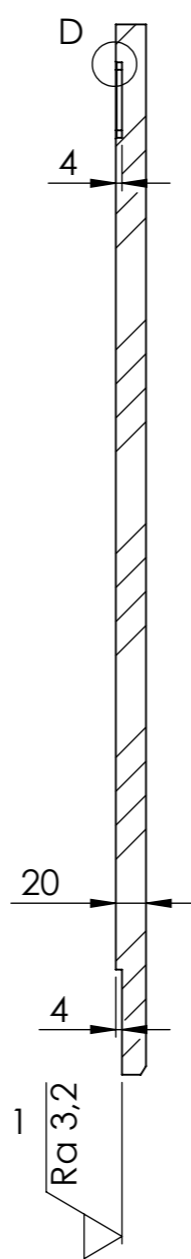
DETAIL C
MĚŘITKO 1 : 1



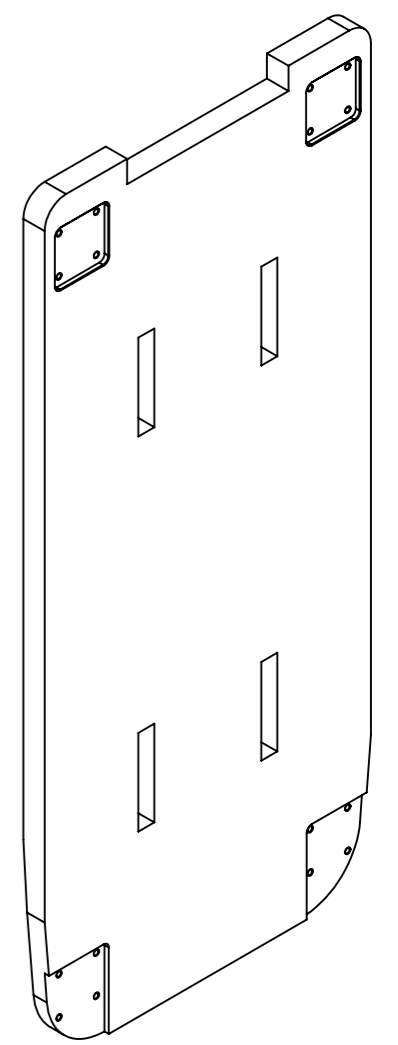
DETAIL D
MĚŘITKO 2 : 1



ŘEZ A-A

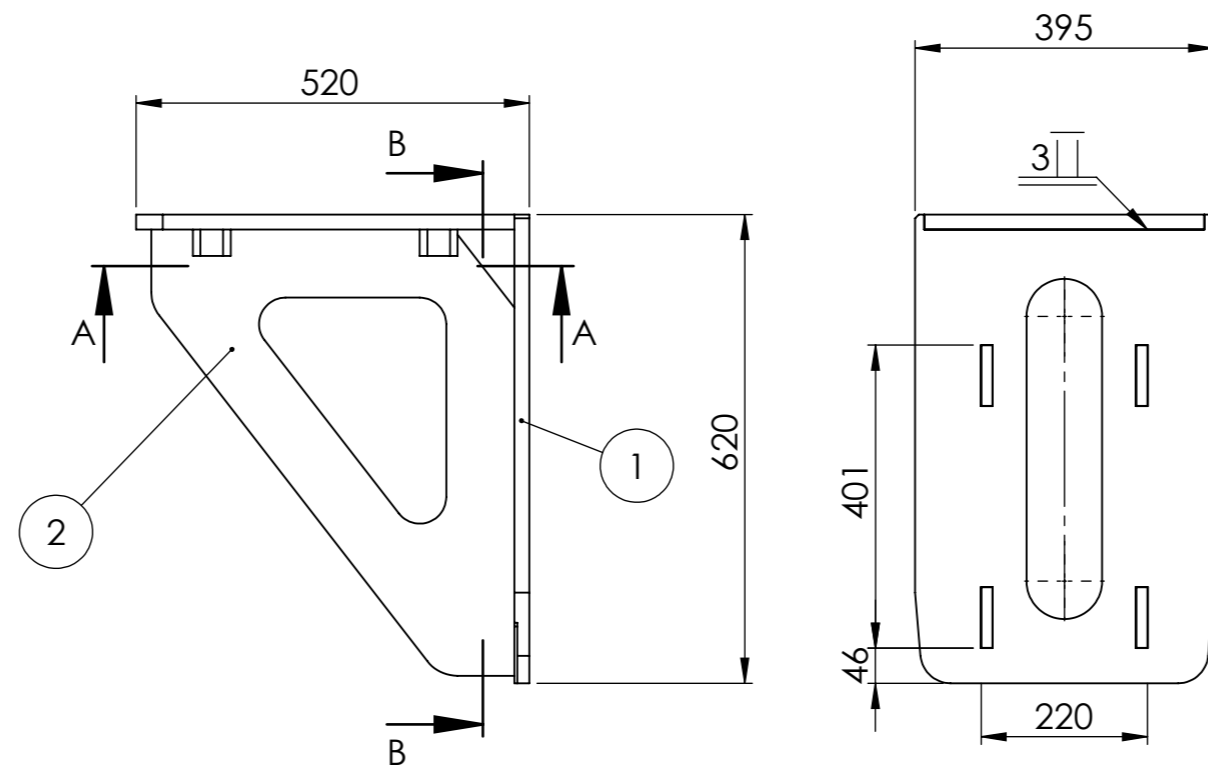
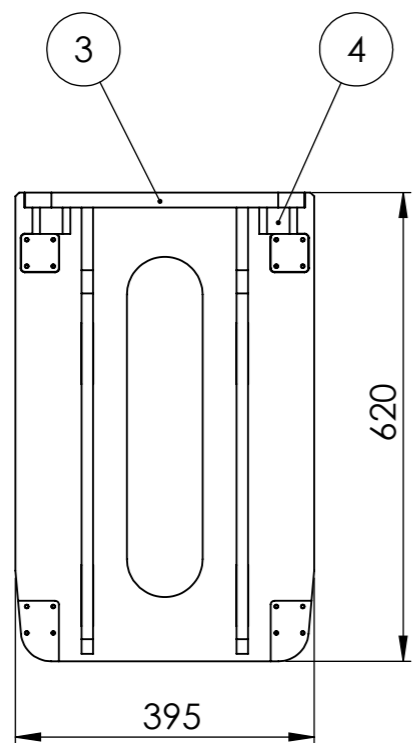


AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:5



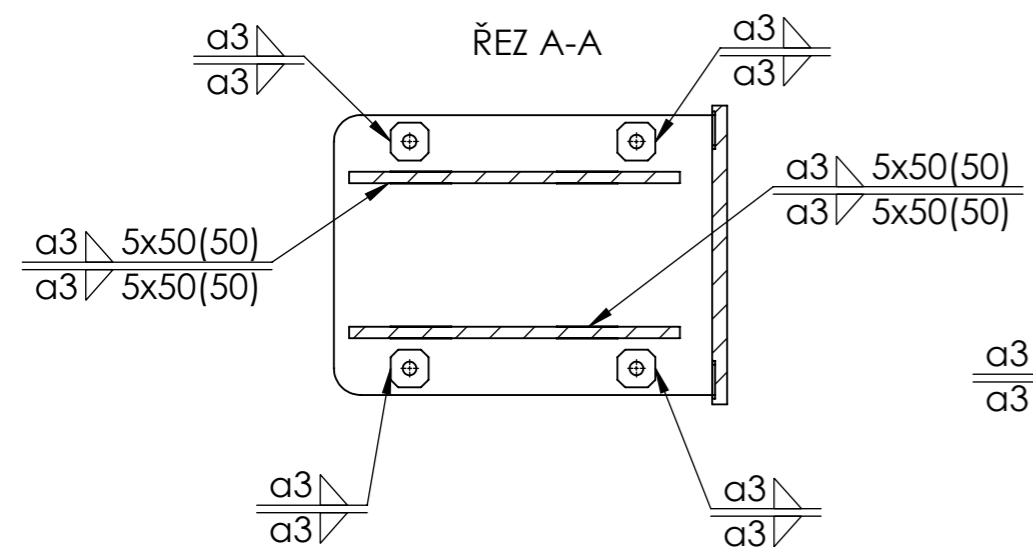
Pozn.1: Nezakótované rozměry definovány DXF.

Polotovár Raw Product	Název: Name:	VÝPALEK P20	Materiál: Material:	S 235 JR	Neoznačené hrany: Unmarked edges:	 Přesnost ISO 2768 - mK Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920-BE Svary ČSN EN ISO 5817		
	Norma: Standard:		Povrch: Surface treatment:		ISO 13715			
Kreslil: Drawn:	Fiala	15.05.2019	Hmotnost [kg]: Mass [kg]:		Název: Name:	ZADNÍ DESKA_SK 10002		
Schválil: Approved:		15.05.2019	Verze: Version:					
			Č. výkresu: Drawing No.:	B19_223		Formát: Size:	Měřítko: Scale:	List/Počet listů: Sheet No./Sheets:
						A3	1:5	1/1

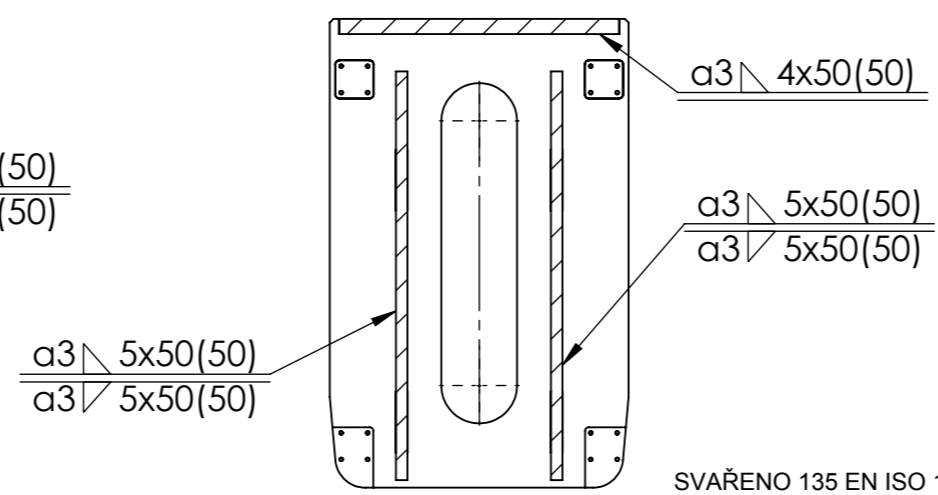


ŘEZ B-B

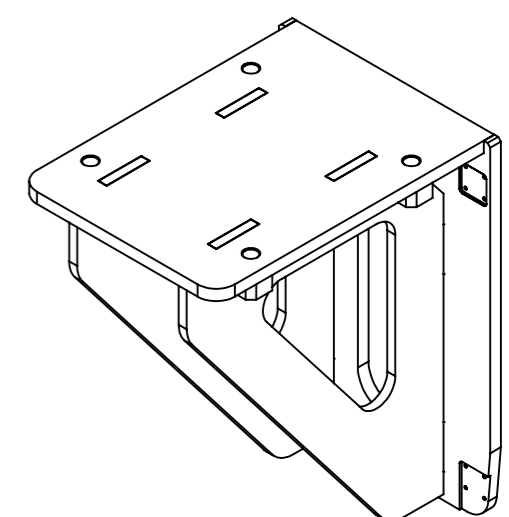
AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:10



ŘEZ A-A



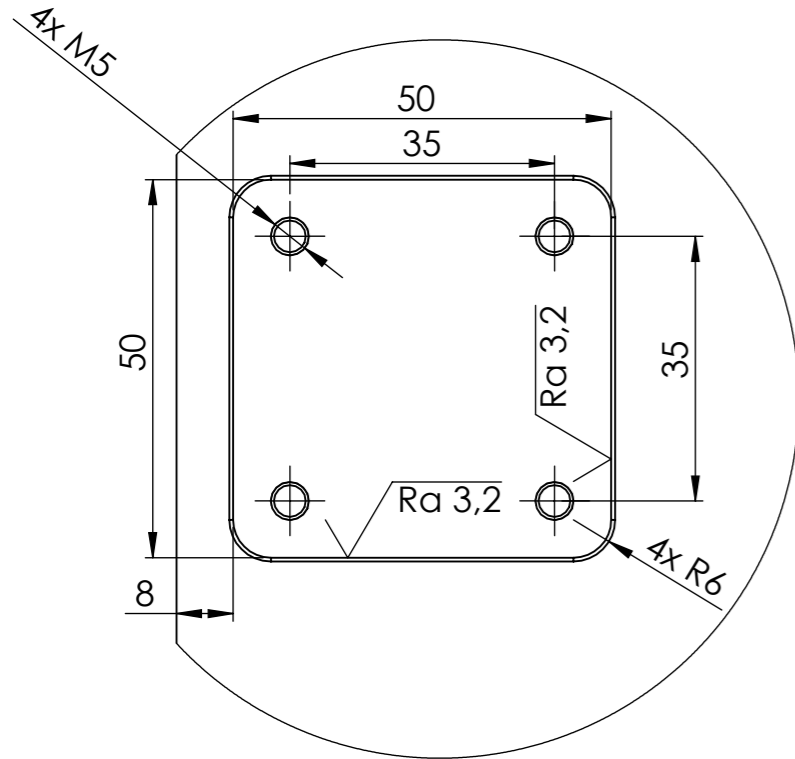
SVAŘENO 135 EN ISO 14341-A-G 42 Z M21 3Si1
STUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
TOLERANCE SVAŘENCE ČSN EN ISO 13920-BF



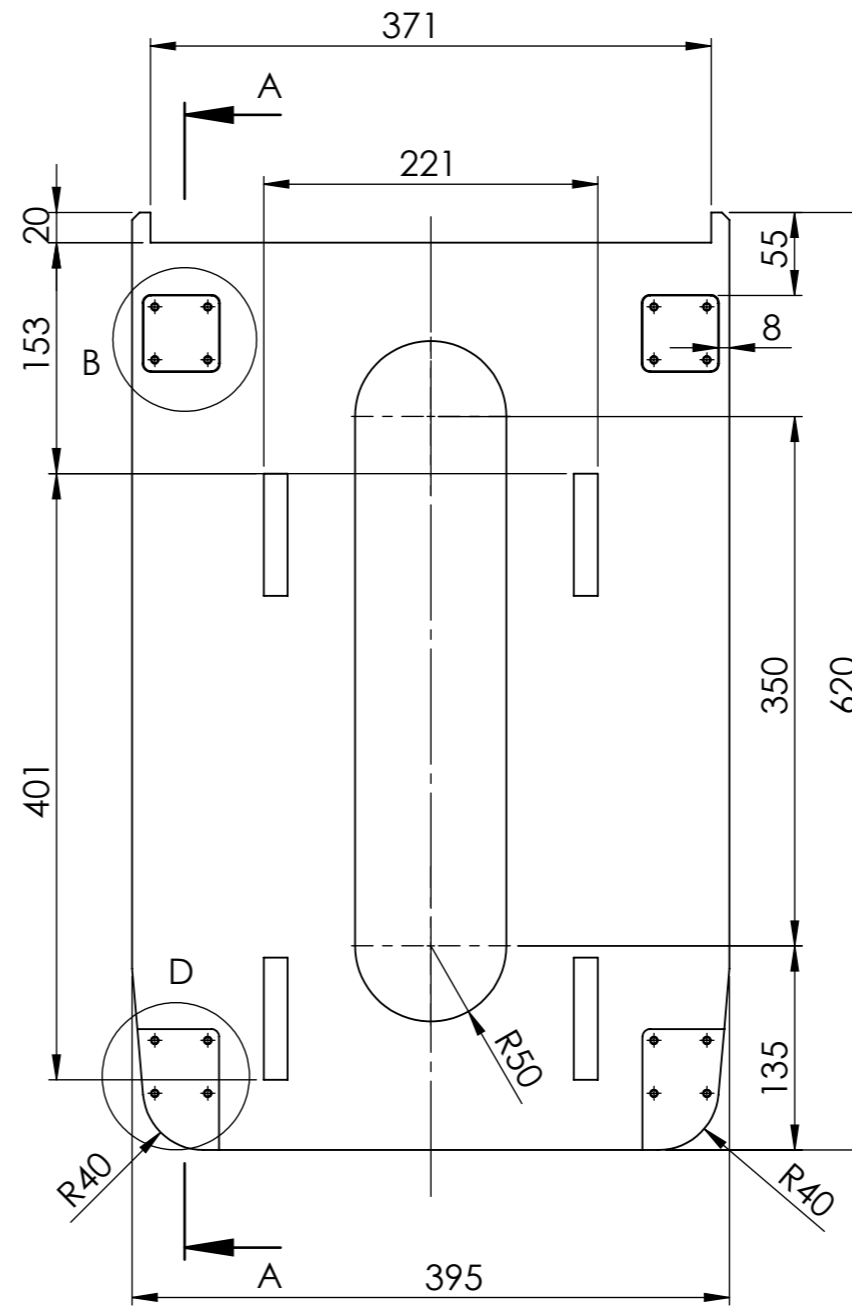
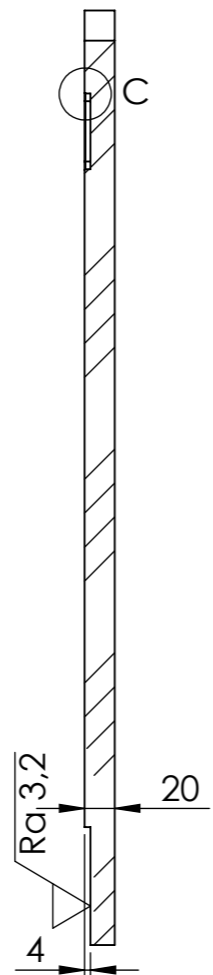
4	MATICE	B19_126	S 235 JR	4
3	HORNÍ PLECH	B19_125	S 235 JR	1
2	ŽEBRO	B19_124	S 235 JR	2
1	ZADNÍ DESKA_PC 3800	B19_123	S 235 JR	1
Poz.	Název/Rozměr	Výkres/Norma	Materiál	Mn.

Neoznačené hrany: ISO 13715 $\begin{matrix} -0,5 \\ +0,5 \end{matrix}$		Povrch: Surface treatment:		Přesnost ISO 2768 - mK EN ISO 13920-BE Tolerance ISO 8015 Svary ČSN EN ISO 5817	
Kreslil: Drawn: Fiala	15.05.2019	Hmotnost [kg]: 93,6 Mass [kg]:	Název: Name:	<h1>SVAŘENEC_PC 3800</h1>	
Schválil: Approved:	15.05.2019	Verze: Version:			
		Č. výkresu: Drawing No.:	B19_12	Formát: Size:	A3
				Měřítko: Scale:	1:10
				List/Počet listů: Sheet No./Sheets:	1/1

DETAIL B
MĚŘITKO 1 : 1

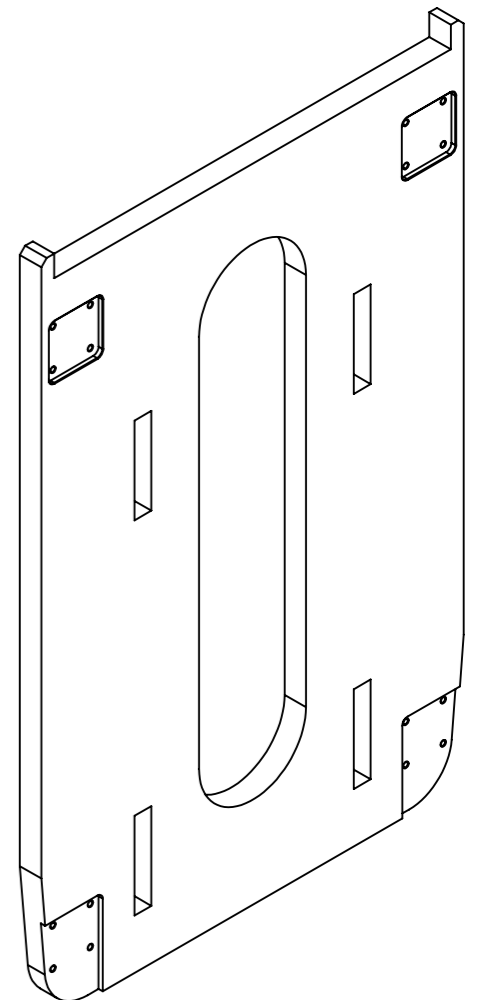


ŘEZ A-A

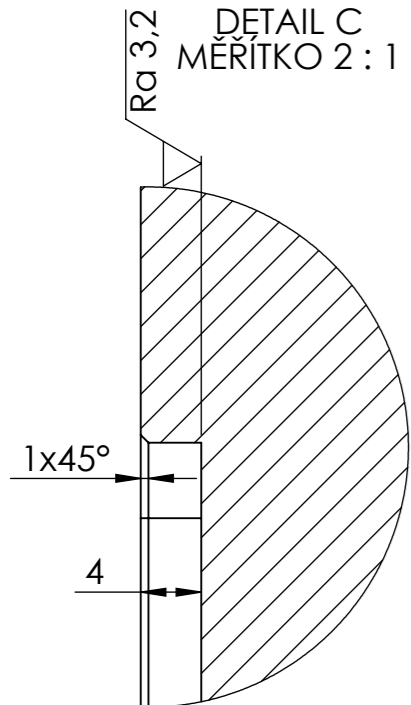


($\sqrt{Ra\ 3,2}$)

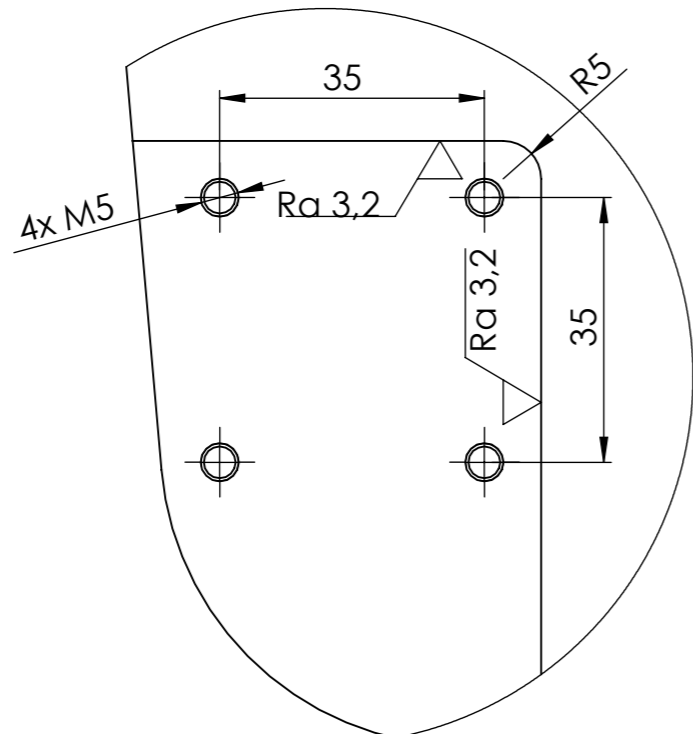
AXONOMETRICKÝ POHLED
M 1:5



DETAIL C
MĚŘITKO 2 : 1



DETAIL D
MĚŘITKO 1 : 1



Pozn. 1: Nezakótované rozměry definovány DXF.

Polotovár Raw Product	Název: Name:	P20	Materiál: Material:	S 235 JR	Neoznačené hrany: Unmarked edges:	 Přesnost ISO 2768 - mK Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920-BE Svary ČSN EN ISO 5817
	Norma: Standard:		Povrch: Surface treatment:		ISO 13715	
Kreslil: Drawn:	Fiala	15.05.2019	Hmotnost [kg]: Mass [kg]:		Název: Name:	ZADNÍ DESKA_PC 3800
Schválil: Approved:		15.05.2019	Verze: Version:			
			Č. výkresu: Drawing No.:	B19_123	Formát: Size:	A3
					Měřitko: Scale:	1:5
					List/Počet listů: Sheet No./Sheets:	1/1