

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 / Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T019 / Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh manipulačního rámu pro manipulaci se zátkou UPP nádoby
reaktoru ITER

Autor: **Bc. Martin ŠULC**
Vedoucí práce: **Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZDE VLOŽIT ZADÁNÍ

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

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

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

V Plzni dne:

.....
Podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	PŘIJMENÍ Bc. ŠULC	JMÉNO MARTIN
STUDIJNÍ OBOR	2302T019 / Stavba výrobních strojů a zařízení	
VEDOUCÍ PRÁCE	PŘIJMENÍ Prof. Ing. LAŠOVÁ, Ph.D.	JMÉNO VÁCLAVA
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KKS	
DRUH PRÁCE	Diplomová	
NÁZEV PRÁCE	Návrh manipulačního rámu pro manipulaci se zátkou UPP nádoby reaktoru ITER	

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
----------------	---------	----------------	-----	----------------------	------

Počet stran: (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	56	TEXTOVÁ ČÁST	54	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	<p>Práce se zabývá návrhem rámu, který bude použit při zvedání diagnostického zařízení jeřábem. Zvedané diagnostické zařízení (zátky UPP) má délku 6m a hmotnost 25t, přenášet jej je však povoleno pouze za přírubu. Rám musí být navržen s ohledem na přenášené ohybové zatížení.</p> <p>Práce obsahuje návrh konstrukčních řešení. Z možných variant je vybrána jedna, která je dále rozpracována.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	Rám, manipulátor, těžiště, Škoda JS, jeřáb

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	SURNAME Bc .ŠULC	NAME MARTIN
FIELD OF STUDY	2302T019 / Design of Manufacturing Machines and Equipment	
SUPERVISOR	SURNAME Prof. Ing. LAŠOVÁ, Ph.D.	NAME VÁCLAVA
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS	
TYPE OF WORK	Diploma	
TITLE	Design of Lifting frame for ITERs upper port plug (UPP) manipulation	

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

Number of Pages: (A4 and equivalent of A4)

TOTAL	56	TEXT PART	54	GRAFICAL PART	2
--------------	----	------------------	----	----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>The thesis examines a lifting frame design process. The lifting frame is to be used for lifting the UPP diagnostic container. The container is 6m long and weights around 25t. Handling is, however, allowed only using a flange surface. The lifting frame has to be designed to withstand considerable bending loads.</p> <p>The thesis contains design proposals. Comparison of proposals is made and a desired option is selected. A construction design is made for selected variant.</p>
KEY WORDS	Lifting frame, handling, centre of gravity, Škoda JS, crane

OBSAH

Seznam obrázků	III
Seznam tabulek	IV
Seznam příloh	V
Přehled použitých zkratk a symbolů.....	VI
1. Předmluva a poděkování	1
2. Zadávající podnik – ŠKODA JS.....	2
3. Řešený problém.....	4
3.1. Cíl práce	4
3.2. Současný stav	5
3.3. Transformační proces.....	6
3.4. Zátka UPP	7
4. Hrubá struktura navrhovaného zařízení.....	11
4.1. Druhý nalezený technický nesoulad	13
5. Manipulace s navrhovaným zařízením	14
6. Analýza rizik.....	16
7. Požadavky na navrhované zařízení.....	20
7.1. Hlavní požadavky.....	20
7.2. Požadavky z analýzy rizik.....	20
7.3. Požadavky zadavatele.....	21
7.4. Požadavky legislativní.....	21
7.5. Požadavky z konstrukčních zvyklostí	22
7.6. Tabulka požadavků dle metodiky EDSM	23
8. Rešerše manipulačních prvků.....	27
8.1. Lifting Frame Škoda pro manipulaci se zkušebními zátkami UPP	27
8.2. Jeřábové vidle.....	28
8.3. Věžový jeřáb	30
9. Návrh variant.....	31
9.1. Varianta A.....	34
9.2. Varianta B	35
9.3. Varianta C	36
10. Hodnocení variant a výběr	37
10.1. Vybraná varianta	38
11. Konstrukční návrh.....	39

11.1. Příprava modelu zátky UPP na výpočet.....	39
11.2. Návrh materiálu a stavebních prvků	41
11.3. Návrh struktury	41
12. Poznatky a návrhy pro výrobu.....	44
12.1. Provedení svarů.....	44
12.2. Provedení ochrany proti korozi.....	44
12.3. Konstrukce po natření	45
13. Návrh údržby	46
Závěr	47
Použitá literatura.....	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Autor (uprostřed) s odborníky ze Škody JS a.s.	1
Obrázek 2 - Skladovací mříže Škoda pro německou JE Obrigheim (1)	3
Obrázek 3 - První vlastní kontejner Škoda 1000 (4)	3
Obrázek 4 - Vizualizace cíle práce	4
Obrázek 5 - Vizualizace současného stavu	5
Obrázek 6 - Transformační proces navrhovaného zařízení	6
Obrázek 7 - Zátka UPP	7
Obrázek 8 - Konstrukce zátky UPP (6)	8
Obrázek 9 - Poloha zátky UPP uvnitř reaktoru ITER (6)	8
Obrázek 10 - Rozměry zátky UPP	9
Obrázek 11 - Poloha těžiště zátky UPP, příruba je zvýrazněna	10
Obrázek 12 – Působení gravitační síly od hmotnosti zátky při sevření příruby	10
Obrázek 13 - Základní struktura navrhovaného zařízení	11
Obrázek 14 - Zakomponování hrubé struktury do stávajícího stavu	12
Obrázek 15 - Prověšení vlivem změny polohy těžiště	13
Obrázek 16 - Manipulace s navrhovaným zařízením	14
Obrázek 17 - Lifting Frame UPP Škoda	27
Obrázek 18 - Jeřábové vidle (7)	28
Obrázek 19 - Samovyvažovací paletové vidle (7)	29
Obrázek 20 - Věžový jeřáb (obrázek s licenci freeuse)	30
Obrázek 21 - Hrubá struktura navrhovaného zařízení (viz kapitolu 4)	31
Obrázek 22 - Varianta A	34
Obrázek 23 - Varianta B	35
Obrázek 24 - Varianta C	36
Obrázek 25 - Vítězná varianta	38
Obrázek 26 - Hmotnost a pozice těžiště modelu zátky UPP	39
Obrázek 27 - Poloha souřadnicového systému u modelu zátky	40
Obrázek 28 - Konstrukční návrh varianty A	41
Obrázek 29 - Konstrukční návrh varianty A	41
Obrázek 30 - Návrh závěsných ok	42
Obrázek 31 - Odpružené opěrné nohy	42
Obrázek 32 - Hmotnost a poloha těžiště navrženého zařízení	43
Obrázek 33 - Hmotnost a poloha těžiště celé soustavy	43
Obrázek 34 - Odstín RAL 2008	44
Obrázek 35 - Navržená konstrukce po natření	45
Obrázek 36 - Navržená konstrukce po natření	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Technický nesoulad č.1	5
Tabulka 2 - Rozměry zátky UPP	9
Tabulka 3 - Technický nesoulad č. 2	13
Tabulka 4 - Tabulka rizik pro jednotlivé kroky manipulace	16
Tabulka 5 - Požadavky z analýzy rizik	20
Tabulka 6 - Tabulka požadavků dle EDSM.....	23
Tabulka 7 - Morfologická matice s navrženými možnostmi.....	32
Tabulka 8 - Morfologická matice s návrhem variant.....	33
Tabulka 9 - Hodnocení variant	37

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Výkres sestavy

Příloha 2 – Výkres hlavní traverzy

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Parametr	Značení	Velikost
Délka zátky	l_{UPP}	5950 mm
Šířka zátky	b_{UPP}	1355 mm
Výška zátky	h_{UPP}	1360 mm
Počet otvorů v přírubě	n_p	42
Průměr otvoru v přírubě	d_p	56 mm
Hmotnost zátky	m_{UPP}	25 t
Vzdálenost těžiště od příruby	l_T	2855 mm
Ohybový moment tíhy zátky k přírubě	M_O	700 188,75 Nm

1. PŘEDMLUVA A PODĚKOVÁNÍ

Tato diplomová práce vznikla na podnět podniku ŠKODA JS a.s., jehož je autor zaměstnancem. Na základě podnikem řešeného konstrukčního problému bylo vypracováno zadání diplomové práce.

Autor této diplomové práce si dal za cíl nalézt řešení problému v souladu s přáními zadavatele, s požadavky mateřské instituce (tj. Západočeské univerzity v Plzni, Fakulty Strojní) a dle konstrukčních a jiných zvyklostí.

Text má čtenáře uvést do problematiky, představit možná technická řešení problému a na závěr zhodnotit do jaké míry byl cíl splněn. Navrhnutá řešení jsou konstrukčně řešena do té míry, která umožňuje adekvátní zhodnocení a porovnání a poté je dále rozpracována pouze vybraná varianta.

Při tvorbě byl použit software Siemens NX, software Autodesk Inventor Professional a software Luxion KeyShot.

Zadávací podnik ŠKODA JS a.s. poskytl autorovi veškerá data a materiály umožňující práci na projektu a zároveň pověřil svého pracovníka Ing. Martina Prokše dohledem nad projektem. Autor velmi oceňuje spolupráci se zadávacím podnikem a s konzultantem a touto cestou jim děkuje.

Dále autor děkuje Prof. Ing. Václavě Lašové, Ph.D. a Ing. Petru Bernardinovi, Ph.D. za vedení ze strany mateřské instituce.

Na závěr si autor dovoluje ještě vyslovit poděkování největší, a to Ing. Petře Frkové za nezměrnou trpělivost s osobou autorovou a za motivaci vedoucí k dokončení této práce. Bez její pomoci by tato práce před Vámi, čtenářem, nebyla. Nechť žije dlouho a blaze.



Obrázek 1 - Autor (uprostřed) s odborníky ze Škody JS a.s.

2. ZADÁVAJÍCÍ PODNIK – ŠKODA JS

Společnost Škoda JS a.s., dříve Škoda Jaderné strojírenství s.r.o., je česko-slovenská společnost (1), specializující se na vývoj, výrobu a servis technologií pro jadernou energetiku.

Společnost navazuje na dlouhou, hrdou a slavnou tradici celosvětově proslulých plzeňských Škodových závodů, od nichž se oddělila v roce 1993 (2), po rozdělení závodů na cca. 25 dceřiných společností. Všem nástupnickým společnostem, tj. i Škodě JS a.s., připadlo právo používat název a klasické okřídlené logo „ŠKODA“. Specializování se podniku na jaderné zařízení však předchází tomuto rozpadu a sahá až k počátkům jaderné energetiky v tehdejších Československu. V roce 1956 začaly vznikat plány na stavbu Atómové elektrárny A-1 v Jaslovských Bohuniciach, první jaderné elektrárny v ČSR. Nádobu reaktoru a vnitřní komponenty aktivní zóny vyrobil právě závod Škoda (2).

Většina objektů společnosti se nachází ve dvou lokalitách v západočeské Plzni. Tzv. reaktorová hala se nachází uvnitř hlavního areálu bývalých Škodových závodů v centru Plzně. V této lokalitě probíhá většina výroby a operací spojených s výrobou. Druhou lokalitou je areál v krásných a klidných lesích severně od jezera Bolevec. Zde se nachází sídlo společnosti a dále pak oddělení konstrukce, technologie, oddělení financí, administrativy atd. Lokalita je to historicky cenná. Od roku 1901 zde fungovala zkušební stělnice děl a ještě před Velkou válkou se tu začala vyrábět také munice pro vojáky Českého království a zbytku Podunajské monarchie (3). Pozůstatky zastřelovacích objektů a pozorovacích bunkrů jsou dodnes zachovány. Dne 25. května 1917 se v továrně odehrála jedna z největších válečných tragédií v Plzeňském kraji, když došlo v areálu k silnému výbuchu. Přesný počet obětí není znám (byl předmětem válečné cenzury), udává se však, že mrtvých bylo až 202 (3). V areálu společnosti je pomníček připomínající tehdejší události.

V současnosti nabízí společnost kompletní strukturu činností, od vývoje a zpracování projektu, přes výrobu a předání hotového výrobku až po pododací servis, údržbu, zaučení a konzultace. Portfolio společnosti závisí na momentálních zakázkách, obecně však společnost nabízí (1):

- Zařízení pro jaderné elektrárny typu VVER a RBMK, tj. pro „východní“ typy elektráren
- Zařízení pro jaderné elektrárny typu PWR a BWR, tj. pro „západní“ typy elektráren
- Zařízení pro výzkumné a školní reaktory
- Kontejnery pro transport a skladování použitého jaderného paliva
- Transportéry pro transport použitého jaderného paliva
- Investiční inženýring
- Servis

Dne 18. 12. 2018, dodala společnost první kontejner pro vyhořelé jaderné palivo vlastní konstrukce do JE Temelín. Do roku 2035 jich do JE Temelín dodá šedesát. Kontejner pojme 19 použitých palivových kazet typu VVER 1000 (západního nebo východního původu) a uchová je až šedesát let (4). Viz Obrázek 3.



Obrázek 2 - Skladovací mříže Škoda pro německou JE Obrigheim (1)



Obrázek 3 - První vlastní kontejner Škoda 1000 (4)

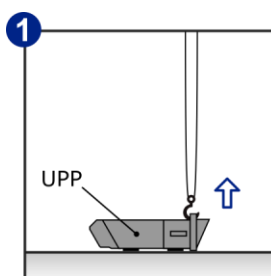
3. ŘEŠENÝ PROBLÉM

Práce se zabývá návrhem rámu, který bude použit při zvedání diagnostického zařízení jeřábem. Zvedané diagnostické zařízení (zátka UPP) má délku 6m a hmotnost 25t, přenášet jej je však povoleno pouze za přírubu. Rám musí být navržen s ohledem na přenášené ohybové zatížení.

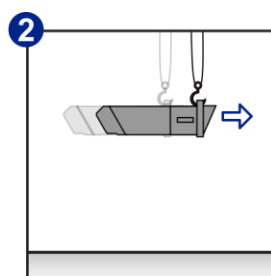
3.1. Cíl práce

Cílem práce je navrhnout zařízení, které umožní:

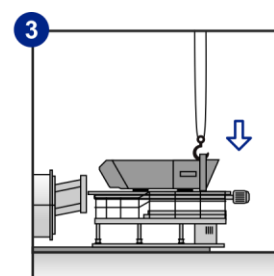
1. Zvednutí zátky UPP (25 tun) pomocí jeřábového háku
 - Bez poškození zátky UPP
 - Bez poškození navrhovaného zařízení
2. Přenos zátky UPP v prostoru pomocí jeřábového háku, tj. přenos ve 3 osách
 - Bez ohrožení okolí
 - Bez poškození zátky UPP
 - Bez poškození navrhovaného zařízení
 - Za splnění zadaných rychlostních parametrů
3. Vyjmutí zátky UPP v definovaném prostoru
 - Bez poškození okolí
 - Bez poškození zátky UPP
 - Bez poškození navrhovaného zařízení



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 1
- ZVEDNUTÍ JEŘÁBEM



- ZÁTKA MEZI MÍSTY
- PŘENOS JEŘÁBEM



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 2
- VYJMUTÍ Z JEŘÁBU

Obrázek 4 - Vizualizace cíle práce

To je hlavní cíl práce a účel navrhovaného zařízení. Tyto body musí navrhované zařízení bez výjimky splnit.

Vedle toho se, samozřejmě, na navrhované zařízení kladou další požadavky. Ty vycházejí z legislativy, konstrukčních zvyklostí, požadavků zadavatele, technologických možností, či

z doporučení dodavatelů komponent. Konečné požadavky na navrhované zařízení, z kterých autor vycházel, jsou v kapitole 7.

3.2. Současný stav

Současný stav je následující:

1. Zátka UPP neumožňuje zvednutí pomocí jeřábového háku (z důvodů uvedených v kapitole 3.4), bez poškození zátky UPP
2. Zátka UPP neumožňuje přenos pomocí jeřábového háku (z důvodů uvedených v kapitole 3.4), bez poškození zátky UPP a bez ohrožení okolí
3. Zátka UPP neumožňuje vyjmutí pomocí jeřábového háku (z důvodů uvedených v kapitole 3.4), bez poškození zátky UPP a bez poškození okolí

, ale:

4. Zátku UPP je třeba přenést mezi požadovanými místy



Obrázek 5 - Vizualizace současného stavu

Současný stav je tedy tzv. „Technický nesoulad“, nebo-li „contradiction“ (tento termín je užíván například v metodě TRIZ (5)). Tento první nalezený nesoulad zní:

Tabulka 1 - Technický nesoulad č.1

Zátku UPP je třeba přenést	, ALE	Zátku UPP nelze přenést
----------------------------	-------	-------------------------

Jakýkoliv nesoulad je východiskem pro návrh řešení, které nesoulad odstraní. V tomto případě je hlavním řešením (nikoliv však jediným!) prvního nesouladu:

- Navržení takového zařízení, které umožní přenos zátky UPP pomocí jeřábového háku

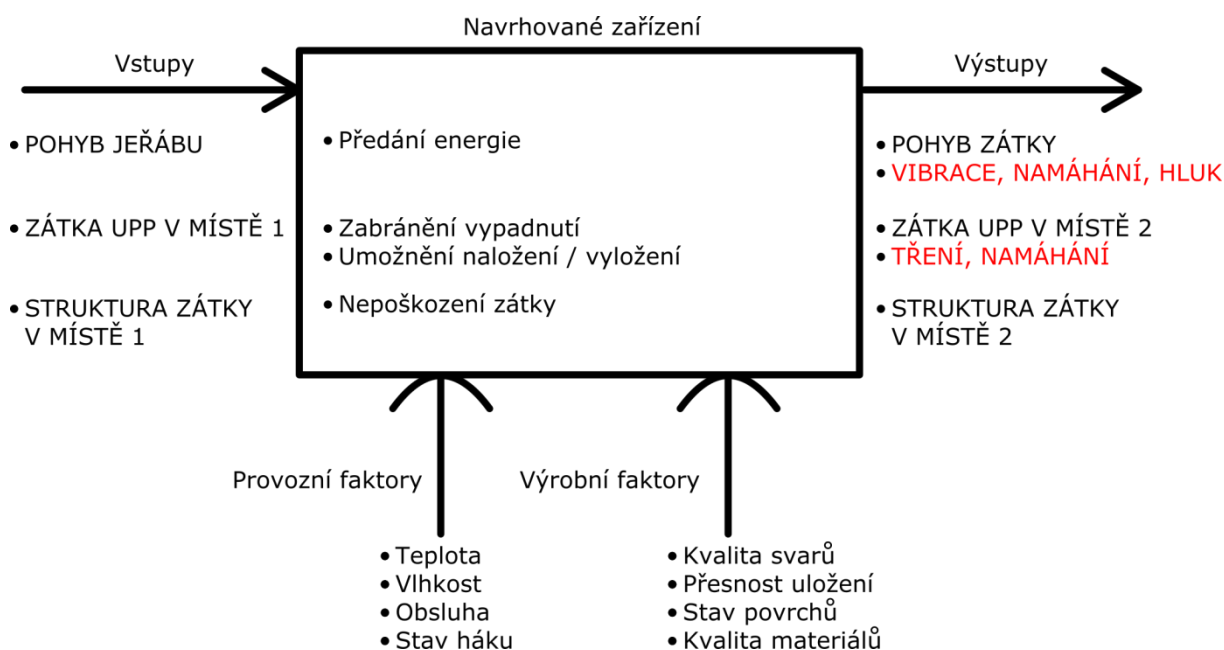
Toto řešení tedy zpětně popisuje cíl práce. Lze tedy říci, že tento technický nesoulad (č. 1) popisuje, proč je nutno navrhnout požadované zařízení.

3.3. Transformační proces

Transformační proces pohlíží na navrhované zařízení, jako na prostředek ke změně vstupních stavů na výstupní stavy. Hlavní transformaci doprovází řada transformací vedlejších. Grafickým znázorněním transformačního procesu je takzvaný „Black Box“.

V našem případě použijeme znázornění transformačního procesu k lepšímu popsání funkcí, které chceme, aby navrhované zařízení plnilo, popřípadě k popsání nežádoucích transformací, které bude muset navrhované zařízení redukovat.

Dále pak „Black Box“ lépe zobrazí, jaké vlivy ovlivňují funkci navrhovaného zařízení.



Obrázek 6 - Transformační proces navrhovaného zařízení

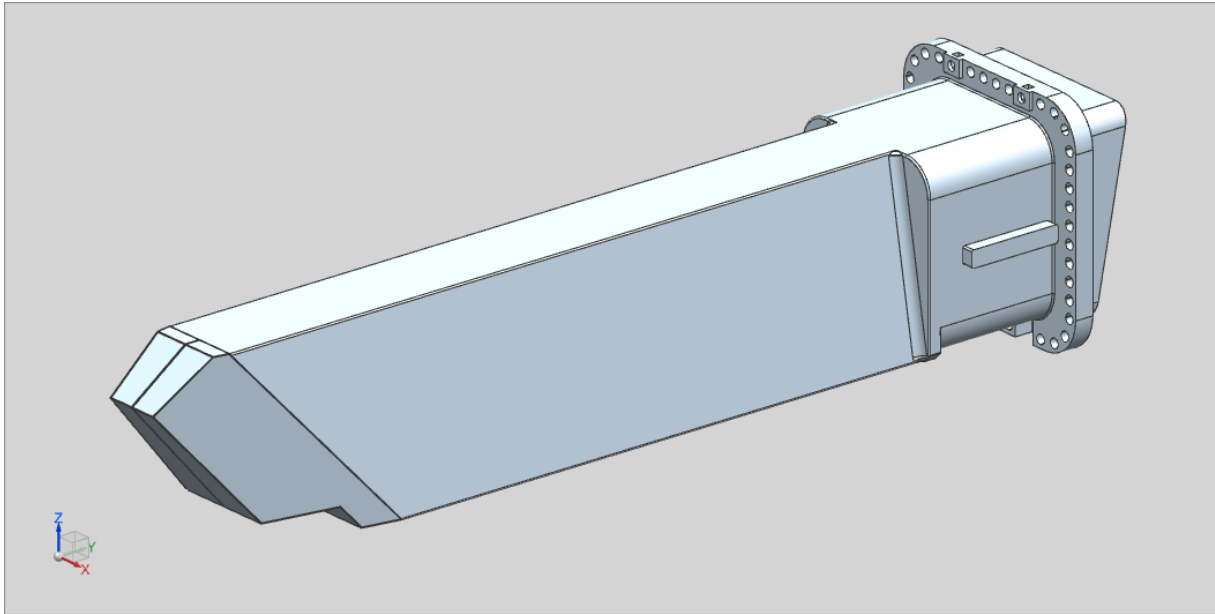
Po rozepsání transformací (viz Obrázek 6) lze usoudit, že aby navrhované zařízení plnilo cíl práce z kapitoly 3.1, je třeba, aby:

- Předávalo pohybovou energii z jeřábového háku na zátku
- Umožnilo pevné spojení se zátkou, které znemožní vypadnutí
- Umožnilo odpojení zátky
- Nepoškodilo zátku

Lze předpokládat, že hlavní funkce navrhovaného zařízení budou doprovázeny nežádoucími vlivy, které je třeba redukovat. Například při předávání energie jsou nežádoucími vlivy ve formě vibrací a namáhání. Proti předání energie budou působit zejména výrobní faktory, jakými jsou stav povrchů, kvalita materiálů, či přesnost geometrie.

3.4. Zátka UPP

Zátka UPP (viz Obrázek 7), nebo-li „Upper port plug“, je typ kontejneru, jehož užití se plánuje v reaktoru ITER. Manipulace s ní je předmětem této práce.



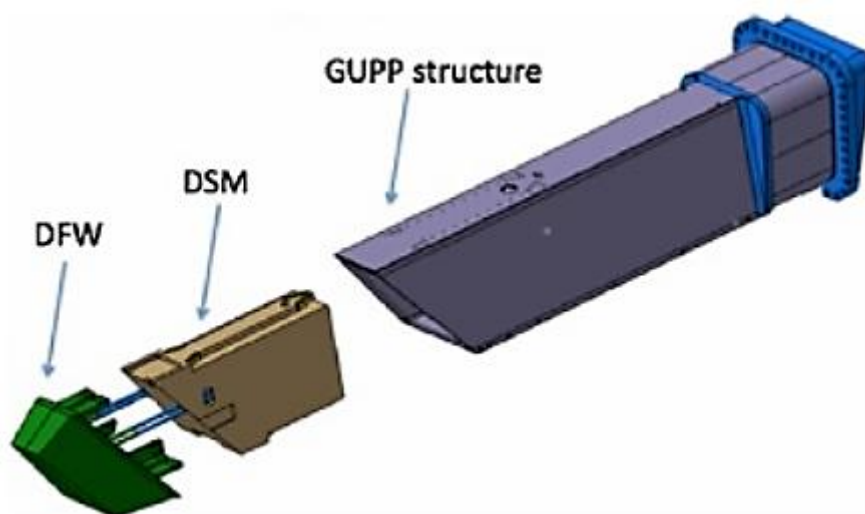
Obrázek 7 - Zátka UPP

Jde o konstrukci z nerezové oceli, skládající se ze tří částí (viz Obrázek 8). Zadní část (označovaná jako GUPP, dle Obrázek 8) je dutá a umožňuje vložení různého vybavení. Naložená zátka se vkládá z boku do otvoru ve vakuové komoře reaktoru ITER. Ve vakuové komoře reaktoru ITER probíhá reakce a proudí plazma (reaktor ITER je výzkumný reaktor typu Tokamak a mělo by jít o první využitelný reaktor, ve kterém probíhá jaderná fúze).

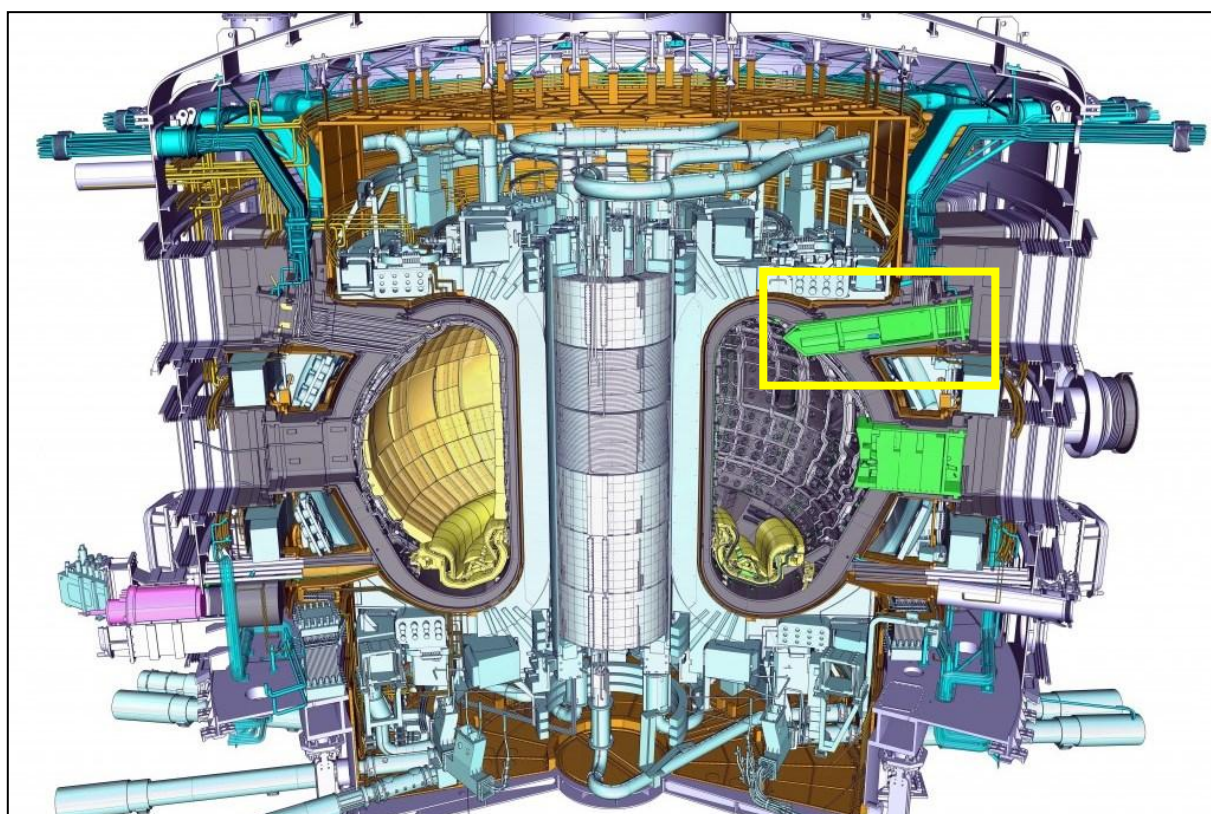
Zátka má tyto funkce (6):

1. Dle vloženého vybavení může vyhodnocovat:
 - Teplotu uvnitř vakuové komory
 - Vyzařovanou radiaci
 - Hustotu plazmatu
2. Utěšňuje vakuovou komoru a slouží jako radiační ochrana (tj. část označovaná jako DFW, dle Obrázek 8, tvoří stěnu vakuové komory)

Zátka UPP tedy představuje standardizovanou platformu (kontejner) pro vyhodnocování termionukleárního procesu uvnitř reaktoru ITER (6). Plánuje se, že do reaktoru ITER se bude vkládat 12 těchto zátek s různým vybavením. Standardizovaná podoba zátky umožňuje využití jednoho druhu přípravků a zařízení pro obsluhu, dopravu a zkoušky zátky, bez ohledu na druh vloženého vybavení. **Pro další návrh navrhovaného zařízení nebude tedy rozlišován druh vloženého vybavení v zátku UPP.**



Obrázek 8 - Konstrukce zátky UPP (6)



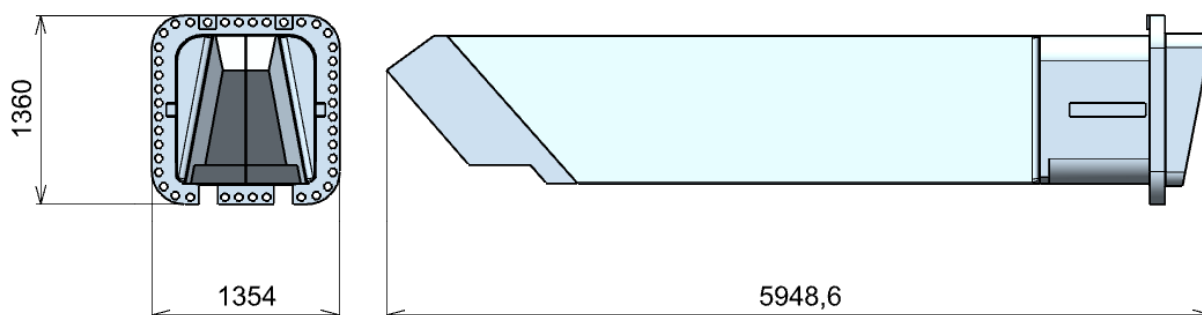
Obrázek 9 - Poloha zátky UPP uvnitř reaktoru ITER (6)

Pro další návrh požadovaného zařízení jsou důležité zejména rozměry zátky UPP a manipulační instrukce.

Zátka UPP měří bezmála 6m. Průřez má v hlavní části tvar obráceného V (viz Obrázek 10), v zadní části přechází do průřezu obdélníkového. V zadní části se nachází příruba s manipulačními otvory. V klidové poloze spočívá zátka na čtveřici lyžin (v originále „skids“), další lyžiny jsou po stranách zátky a slouží k vedení zátky při vsouvání do stěny reaktoru. Hmotnost zátky je 25t.

Tabulka 2 - Rozměry zátky UPP

Parametr	Značení	Velikost
Délka zátky	l_{UPP}	5950 mm
Šířka zátky	b_{UPP}	1355 mm
Výška zátky	h_{UPP}	1360 mm
Počet otvorů v přírubě	n_p	42
Průměr otvorů v přírubě	d_p	56 mm
Hmotnost zátky	m_{UPP}	25 t



Obrázek 10 - Rozměry zátky UPP

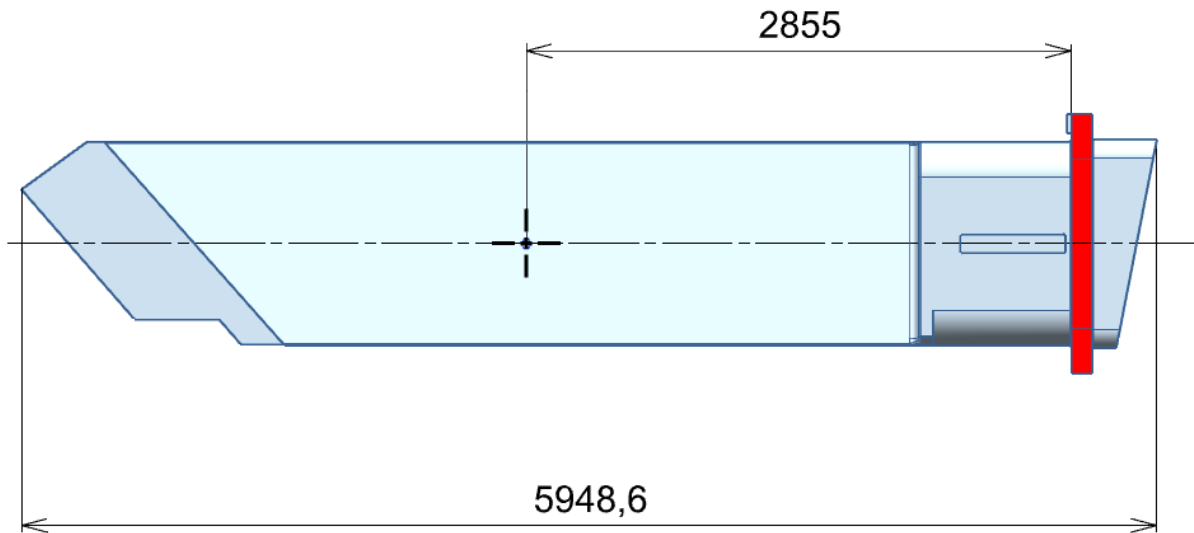
Dle manipulačních instrukcí organizace ITER, **nelze zátku přenášet jinak, než za povolené plochy na přírubě** (viz zadání diplomové práce).

Tato skutečnost bude hlavní překážkou v návrhu požadovaného manipulačního zařízení, a to proto, že příruba leží ve velké vzdálenosti od těžiště zátky UPP. Navrhované zařízení musí tedy být navrženo s ohledem na velké ohybové zatížení (viz Obrázek 12).

Dále tato skutečnost znamená, že ve stávající podobě nelze zátku UPP přenášet pomocí jeřábového háku, jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2, a to z těchto důvodů:

1. Zátku nelze obvázat ocelovým lanem, za které by se dala zvednout hákem
2. Manipulační otvory v přírubě nejsou navrženy pro zvedání hákem
3. Při zvedání hákem přes manipulační otvory v přírubě bude zátka rotovat a hrozí její kontakt s okolím, popřípadě poškození háku, nebo zátky

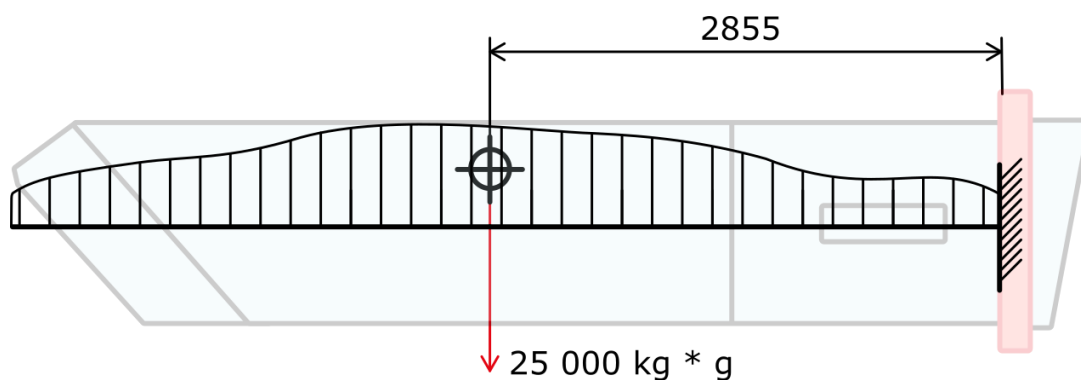
Těžiště zátky UPP je od příruby vzdálené 2855mm a leží v ose zátky, viz Obrázek 11.



Obrázek 11 - Poloha těžiště zátky UPP, příruba je zvýrazněna

Při manipulaci se zátkou, tj. při sevření pouze příruby, bude tedy vznikat ohybový moment vzniklý samotnou hmotností zátky (viz Obrázek 12). Ten lze vypočítat pomocí jednoduchého vzorce (Vzorec 1):

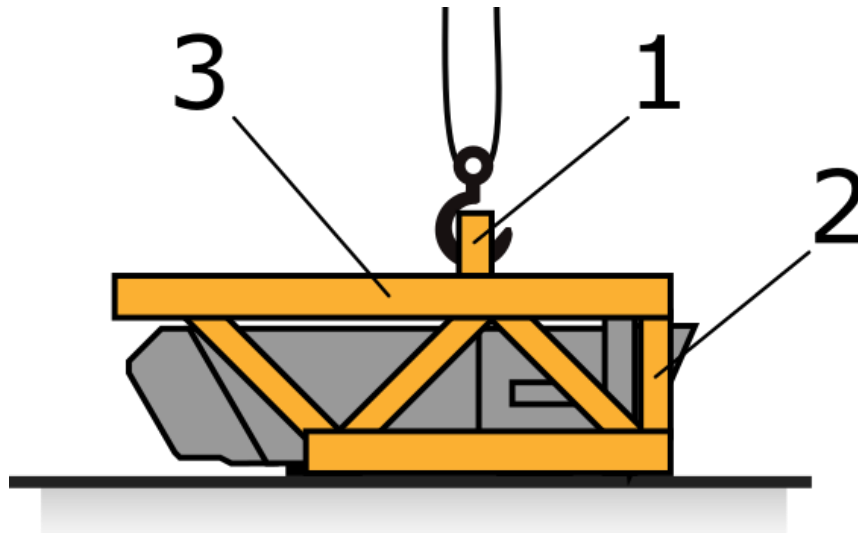
$$M_O = (m_{UPP} \cdot g) \cdot l_T = (25000 \cdot 9,81) \cdot 2,855 = 700,2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Vzorec 1}$$



Obrázek 12 – Působení gravitační síly od hmotnosti zátky při sevření příruby

4. HRUBÁ STRUKTURA NAVRHOVANÉHO ZAŘÍZENÍ

Předchozí kapitoly popsaly základní funkce, které by mělo navrhované zařízení plnit. Z těchto funkcí je možné navrhnout velmi hrubou strukturu zařízení, které bude splňovat cíl práce.



Obrázek 13 - Základní struktura navrhovaného zařízení

Navržená hrubá struktura (viz Obrázek 13) je složena z následujících konstrukčních celků:

1. Část pro spojení navrhovaného zařízení s jeřábovým hákem
2. Část pro spojení navrhovaného zařízení s přírubou zátky UPP
3. Část pro převod sil

Od části č. 1 pro spojení navrhovaného zařízení s jeřábovým hákem je očekáváno plnění těchto funkcí z předchozích kapitol:

- Zachytávání pohybové energie z jeřábového háku
- Umožnění spojení zátky s jeřábovým hákem

Od části č. 2 pro spojení navrhovaného zařízení s přírubou zátky UPP je očekáváno plnění těchto funkcí z předchozích kapitol:

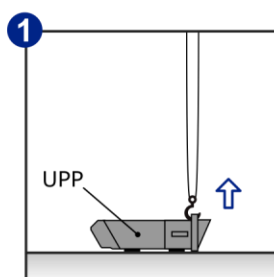
- Umožnění pevného spojení mezi zařízením a zátkou, které znemožní vypadnutí
- Umožnění odpojení zátky
- Spojení s přírubou. Manipulace zařízení pouze s ní.
- Nepoškození zátky

Od části č. 3 pro převod sil je očekáváno plnění těchto funkcí z předchozích kapitol:

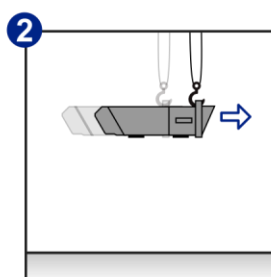
- Předávání pohybové energie z jeřábového háku na zátku
- Zachytávání ohybového momentu od hmotnosti zátky (viz kapitolu 3.4)

Zakomponováním navržené hrubé struktury do stávajícího stavu bychom měli splnit cíl práce. Viz Obrázek 14.

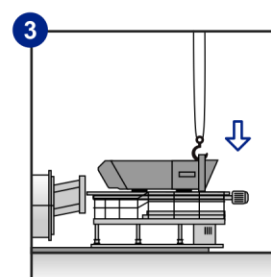
CÍL PRÁCE



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 1
- ZVEDNUTÍ JEŘÁBEM

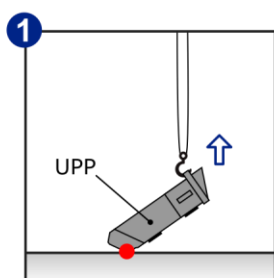


- ZÁTKA MEZI MÍSTY
- PŘENOS JEŘÁBEM

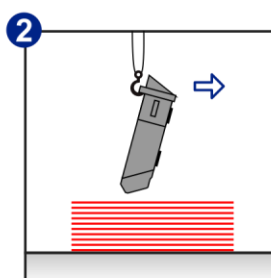


- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 2
- VYJMUTÍ Z JEŘÁBU

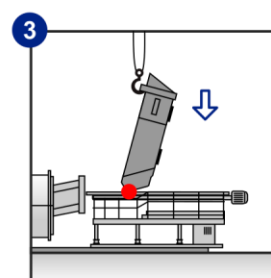
SOUČASNÝ STAV



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 1
- POŠKOZENÍ ZÁTKY

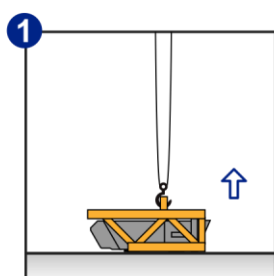


- ZÁTKA MEZI MÍSTY
- OHROŽENÍ OKOLÍ

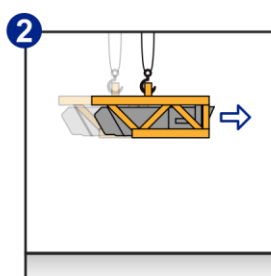


- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 2
- POŠKOZENÍ OKOLÍ

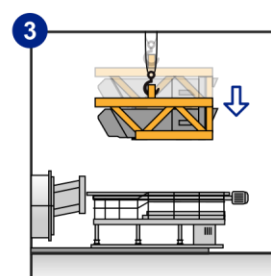
STAV PO ZAKOMPOOVÁNÍ HRUBÉ STRUKTURY



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 1
- ZVEDNUTÍ JEŘÁBEM



- ZÁTKA MEZI MÍSTY
- PŘENOS JEŘÁBEM



- ZÁTKA UPP V MÍSTĚ 2
- VYJMUTÍ Z JEŘÁBU

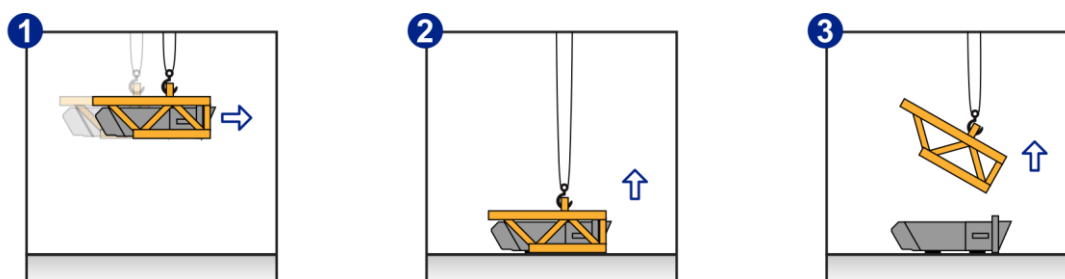
Obrázek 14 - Zakomponování hrubé struktury do stávajícího stavu

Z obrázku (Obrázek 14) plyne, že zařazení hrubé struktury do současného stavu vede ke splnění cíle práce. V dalších návrzích budeme tedy vycházet z této hrubé struktury.

Dále z obrázku plyne, že po vyřazení kterékoliv ze tří částí hrubé struktury, již nebude navržené zařízení splňovat cíl práce. Navržená hrubá struktura je tudíž úplná, bez zbytečných prvků.

4.1. Druhý nalezený technický nesoulad

Pro přenos zátky UPP by měla být část č. 1 pro spojení s hákem nad společným těžištěm zátky a zařízení. V momentě odpojení zátky však bude manipulováno pouze s navrhovaným zařízením. Těžiště této soustavy bude v jiném místě. Vzdálenost mezi původním a novým těžištěm bude ramenem momentu. Zařízení se tedy prověsí (otočí) kolem části č. 1 pro spojení s hákem (viz Obrázek 15).



Obrázek 15 - Prověšení vlivem změny polohy těžiště

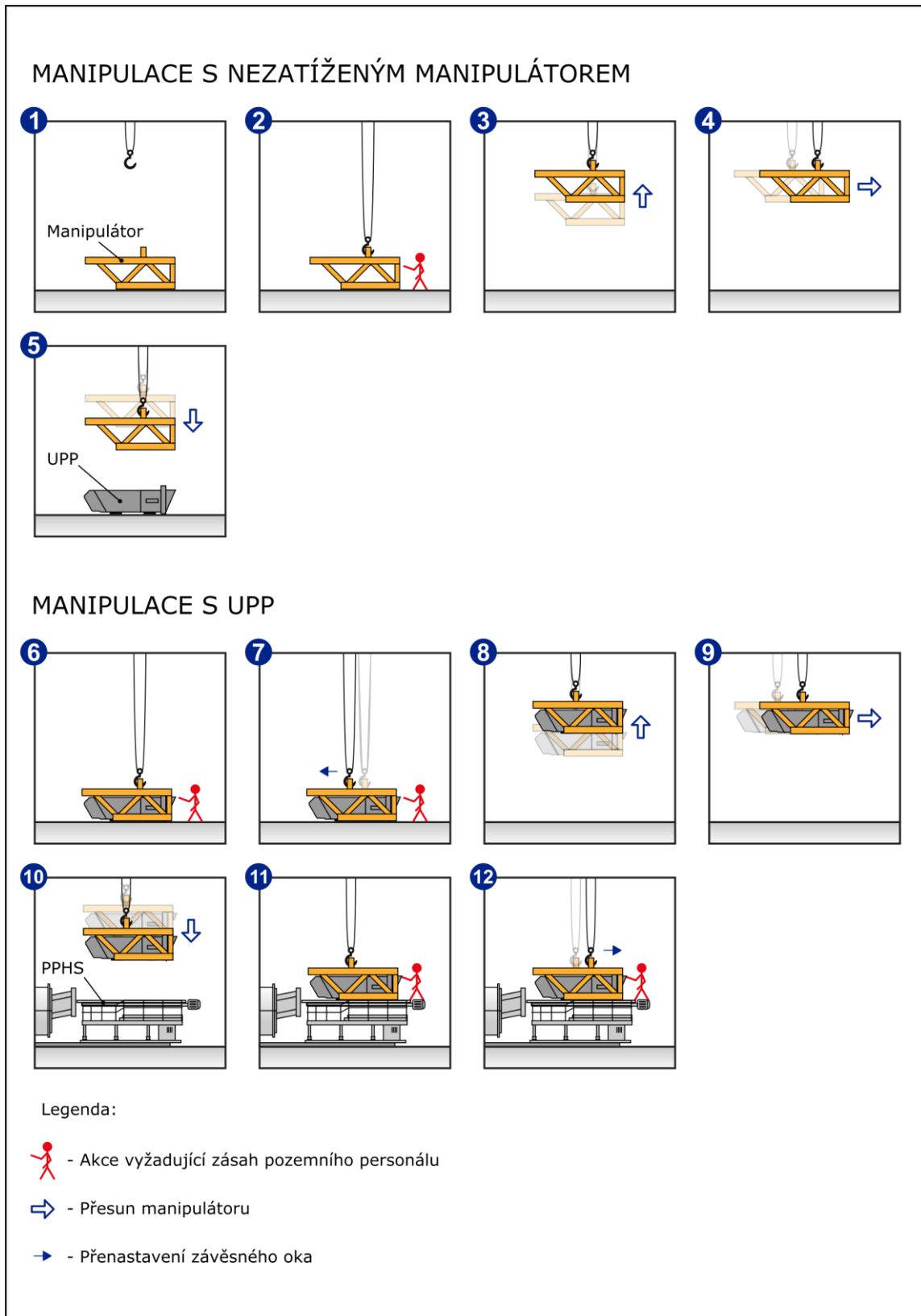
Poloha části č. 1 pro spojení s hákem by měla být tedy jak nad těžištěm pouze navrhovaného zařízení, tak nad těžištěm celé soustavy. Tento stav vyjadřuje technický nesoulad. Jde o druhý nalezený nesoulad. (pro první viz kapitolu 3.2)

Tabulka 3 - Technický nesoulad č. 2

<p>Část č. 1 pro spojení s hákem</p> <ul style="list-style-type: none"> • musí být nad těžištěm samotného zařízení bez zátky 	<p>, ALE</p>	<p>Část č. 1 pro spojení s hákem</p> <ul style="list-style-type: none"> • musí být nad těžištěm zařízení s připojenou zátkou
---	--------------	---

Řešení tohoto nesouladu existuje celá řada. Různé varianty budou usuzovány dále, při tvorbě morfologické matice. (viz kapitolu 9)

5. MANIPULACE S NAVRHOVANÝM ZAŘÍZENÍM



Obrázek 16 - Manipulace s navrhovaným zařízením

Pro lepší určení požadavků, které budou na navrhované zařízení kladené, je vhodné nejdříve prozkoumat všechny kroky použití daného zařízení.

Navrhovaný způsob manipulace se zařízením (s hrubou strukturou) lze vidět na Obrázek 16. Obrázek zobrazuje tyto kroky:

- Krok č. 1: Zařízení je ve skladu.
- Krok č. 2: Zařízení je spojeno s jeřábovým hákem.
- Krok č. 3 a 4: Zařízení se pohybuje, díky přenosu pohybu z jeřábového háku.
- Krok č. 5: Zařízení je navedeno na zátku.
- Krok č. 6: Zátka UPP je připojena k zařízení.
- Krok č. 7: Vyřešení technického nesouladu č. 2. (na obrázku řešeno přenastavením závěsného oka, tj. změnou polohy části č. 1 pro spojení s hákem)
- Krok č. 8 a 9: Zařízení se zátkou se pohybuje, díky přenosu pohybu z jeřábového háku
- Krok č. 10: Zařízení se zátkou je navedeno na místo 2.
- Krok č. 11: Zátka je odpojena od zařízení.
- Krok č. 12: Vyřešení technického nesouladu č. 2.

Na provedení kroků 2; 6; 7; 11 a 12 bude potřeba zásah obsluhy.

Z navrženého způsobu manipulace plyne, že navržená hrubá struktura je dostatečná k provedení všech jednotlivých kroků a není ji potřeba doplnit.

Krok č. 1, kdy je zařízení uloženo ve skladu, však vyžaduje, aby část č. 3 hrubé struktury byla doplněna o další funkci, kterou musí plnit – Vytvoření dosedací plochy pro stabilní uložení zařízení. Tato funkce není nutná ke splnění cíle práce, je však nutná pro nepoškození navrhovaného zařízení během dlouhodobého uložení ve skladu.

Od části č. 3 pro převod sil je tedy očekáváno plnění těchto funkcí:

- Předávání pohybové energie z jeřábového háku na zátku
- Zachytávání ohybového momentu od hmotnosti zátky (viz kapitolu 3.4)
- +
- Vytvoření dosedací plochy pro stabilní uložení zařízení

6. ANALÝZA RIZIK

Analýza rizik vychází z plánu manipulace. Jde o rozbor jednotlivých rizik, která mohou nastat u navrhovaného zařízení. Ke každému riziku je přiřazena pravděpodobnost, že nastane a příčina jejího vzniku. Takto provedená analýza dále poslouží k určení požadavků na navrhované zařízení. Jde také o výchozí rozbor pro návrh potřebných kontrol a potřebných omezení v manipulaci.

Návrh rizik a možných příčin probíhá tzv. „brainstormingem“ a vychází z autorových zkušeností. Hodnota pravděpodobnosti je rovněž přiřazena autorem a jde o subjektivní hodnocení vycházející ze zkušeností.

Tabulka 4 - Tabulka rizik pro jednotlivé kroky manipulace

Krok č. 1: Zařízení je ve skladu			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Zařízení může korodovat	Střední	Konstrukce	Navržena nedostatečná ochrana vůči korozi
		Výroba	Nedodržení postupu při aplikaci nátěru
		Kontrola	Nedodržení postupu při kontrole nátěru Nedodržení postupu při kontrole použitých dílů (např. u šroubů)
		Nákup	Záměna navržených dílů s díly s nedostatečnou ochranou vůči korozi (např. u šroubů)
Krok č. 2: Zařízení je spojeno s jeřábovým hákem			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Hák může vyklouznout ze závěsu	Malá	Konstrukce	Špatně navržený tvar závěsného oka
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci s hákem
Hák nepůjde pohodlně zaháknout	Malá	Konstrukce	K závěsnému oku byl navržen špatný přístup pro obsluhu
Krok č. 3 a 4: Zařízení se pohybuje, bez zátky UPP			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Zařízení se prověsí (otočí) kolem háku	Střední	Konstrukce	Špatně navržená poloha závěsného místa
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením

Zařízení nevydrží zatížení a poškodí se.	Malá (není zavěšena zátka UPP)	Konstrukce	Špatně navržená konstrukce, nebo technologie výroby Špatně spočítaná konstrukce
		Výroba	Nedodržení postupu výroby
		Kontrola	Nedodržení postupu kontroly (např. svarů)
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením Předchozí poškození zařízení
		Logistika	Předchozí poškození zařízení při převozu
Zařízení ohrozí okolí	Velká	Konstrukce	Špatně navržená vizuální upozornění
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
		Okolí	Nedodržení pracovních zásad Nedostatečná pozornost
Krok č. 5: Zařízení je navedeno na zátku			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Poškození zátky UPP	Střední	Konstrukce	Špatně navržená protipatření Špatně navržený způsob připojování zátky
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Krok č. 6: Zátka UPP je připojena k zařízení			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Připojení zátky UPP nelze provést	Malá	Konstrukce	Špatně navržený způsob připojování zátky
		Výroba	Nedodržení výrobních tolerancí
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Poškození zátky UPP	Střední	Konstrukce	Špatně navržený způsob připojování zátky
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením

Krok č. 7: Vyřešení technického nesouladu č. 2			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Záchyt bude vůči těžišti ve špatné poloze	Střední	Konstrukce	Špatně navržená poloha závěsného místa
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Krok č. 8 a 9: Zařízení s připojenou zátkou UPP se pohybuje			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Zařízení nevydrží zatížení a poškodí se.	Střední	Konstrukce	Špatně navržená konstrukce, nebo technologie výroby Špatně spočítaná konstrukce
		Výroba	Nedodržení postupu výroby
		Kontrola	Nedodržení postupu kontroly (např. svarů)
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením Předchozí poškození zařízení
		Logistika	Předchozí poškození zařízení při převozu
		Okolí	Nepředpokládané další zatížení zařízení (např. zemětřesení)
Zařízení ohrozí okolí	Velká	Konstrukce	Špatně navržená vizuální upozornění
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
		Okolí	Nedodržení pracovních zásad Nedostatečná pozornost
Krok č. 10: Zařízení se zátkou je navedeno na místo 2			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Poškození zátky UPP	Střední	Konstrukce	Špatně navržená protiopatření
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Poškození okolí	Střední	Konstrukce	Špatně navržená protiopatření
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením

Krok č. 11: Zátka je odpojena od zařízení			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Odpojení zátky UPP nelze provést	Střední	Konstrukce	Špatně navržený způsob připojování zátky
		Výroba	Nedodržení výrobních tolerancí
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Poškození zátky UPP	Střední	Konstrukce	Špatně navržený způsob připojování zátky
		Obsluha	Nedodržení postupu při manipulaci se zařízením
Krok č. 12: Vyřešení technického nesouladu č. 2			
Riziko	Pravděpodobnost	Oblast příčiny	Možné příčiny
Stejná rizika jako v kroku 7			

Provedení analýzy rizik v této fázi návrhu umožňuje omezení vlivu konstrukce, jako příčiny. Větší pravděpodobnost výskytu byla proto autorem přiřazena u rizik, u nichž je možný vliv obsluhy a okolí. Typickým příkladem je například riziko ohrožení okolí při pohybu zařízení (tomuto riziku byla přidělena pravděpodobnost nejvyšší). To je ve většině případů zapříčiněno nepozorností, či nedbalostí. Lze proto říct, že vyšší pravděpodobnost výskytu měla rizika s vlivem obsluhy a okolí proto, že zatímco konstrukce prochází dlouhým a důkladným návrhem a výroba prochází kontrolami, chyby obsluhy jsou většinou náhodné, provedené v krátkém časovém období a mnohdy se stanou i po předešlém správném provedení. Je úkolem pro konstrukci, aby možnost výskytu těchto chyb minimalizovala.

7. POŽADAVKY NA NAVRHOVANÉ ZAŘÍZENÍ

Požadavky na navrhované zařízení budou vycházet zejména z předchozích kapitol. Vedle toho se, ale na navrhované zařízení kladou další požadavky. Ty vycházejí z legislativy, konstrukčních zvyklostí, požadavků zadavatele, technologických možností, či z doporučení dodavatelů komponent.

7.1. Hlavní požadavky

Tyto požadavky vycházejí z kapitol 3 a 4. Jde o hlavní vlastnosti zařízení, které musí zařízení bez výjimky splňovat.

- Zařízení umožní zvednutí zátky UPP pomocí jeřábového háku
- Zařízení bude manipulovat se zátkou UPP pouze za přírubu
- Zařízení vydrží bez poškození zatížení od zátky UPP
- Zařízení umožní připojení a odpojení zátky UPP
- Zařízení bude mít prvek, který umožní správnou polohu závěsu, vůči těžišti (tj. vyřeší technický nesoulad č. 2)
- Zařízení umožní přenášení zátky UPP pomocí jeřábového háku
- Zařízení bude mít dosedací plochu pro uložení ve skladu

7.2. Požadavky z analýzy rizik

Tyto požadavky se snaží řešit možná rizika, nalezená v kapitole 6.

Tabulka 5 - Požadavky z analýzy rizik

Riziko	Možné řešení - Požadavek
Zařízení ohrozí okolí (pravděpodobnost – velká)	Zařízení musí mít výrazné vizuální bezpečnostní prvky. Tj. Bude natřeno výraznou barvou
Záchyt bude vůči těžišti ve špatné poloze (pravděpodobnost – střední)	Bylo by vhodné, pokud by zařízení obsahovalo pojistku, která by znemožňovala nastavení záchytu do polohy určené pro přenos samotného zařízení, pokud by byla připojena zátka UPP. Pokud by byl záchyt v poloze určené pro přenos samotného zařízení, pak by naopak nešla zátka připojit.
Zařízení může korodovat (pravděpodobnost – střední)	Návod na obsluhu bude obsahovat požadavek na vizuální kontrolu před a po každém použití a po uplynutí určitého časového úseku.
Předchozí poškození zařízení (pravděpodobnost – střední)	Návod na obsluhu bude obsahovat požadavek na vizuální kontrolu před a po každém použití.

7.3. Požadavky zadavatele

Hlavní požadavek zadavatele je vytvoření návrhu zařízení, které bude splňovat zadání. Vedle toho si však zadavatel přeje:

- Respektování požadavků a předpisů ITER Organization a cílové země určení (Francie).
pozn. Autor neměl při tvorbě práce předpisy organizace ITER k dispozici.
- Používání materiálů dle norem EN, nikoliv dle norem ČSN. (tj. například použití oceli S355J2, nebo 1.0570, namísto oceli ČSN 11 503)
- Používání technologií, které jsou pro zadavatele dostupné.
pozn. Autor je zaměstnancem Škody JS a.s. S používanými technologiemi je tudíž seznámen.

7.4. Požadavky legislativní

Navrhované zařízení je ve své podstatě volně zavěšený prostředek pro uchopení břemen. Budou na něj tedy kladené požadavky legislativní, určující bezpečnostní požadavky a/nebo opatření, které musí stroje splňovat a jejich ověření.

Hlavní normy, kterým musí navrhované zařízení, vyhovovat jsou:

- EN 13155 - Jeřáby - Volně zavěšené prostředky pro uchopení břemen
- European Directive 2001/45/EC - concerning the minimum safety and health requirements for the use of work equipment by workers at work
- French Decree 2004-924
- European Directive 89/655/EEC - concerning the minimum safety and health requirements for the use of work equipment by workers at work
- EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí
- EN 1090-2 - Technické požadavky na ocelové konstrukce
- EN 1993 - Navrhování ocelových konstrukcí

pozn. Autor neměl při tvorbě práce většinu těchto norem k dispozici.

Další normy, které musí zařízení splňovat, vyplynou z dalšího návrhu. Pokud například půjde o svařovanou konstrukci, bude zařízení muset plnit normy na svařované konstrukce, svařování, či zkoušení svarů.

Celý životní cyklus zařízení, a to zejména výroba a likvidace, je pak zatížen normami ekologickými.

7.5. Požadavky z konstrukčních zvyklostí

Vedle všech konkrétních požadavků, z předchozích kapitol, je vhodné, aby se konstrukce snažila plnit i přístupy z konstrukčních zvyklostí. Jde o vlastnosti, jejichž začleněním do návrhu, zvýšíme užitnou hodnotu navrhovaného zařízení.

Může jít například o:

1. Umožnění modifikování
2. Nízká cena stroje
3. Možnost řízení
4. Snadná obsluha
5. Malé rozměry
6. Nízká hmotnost
7. Rychlost pohybu
8. Umožnění demontáže
9. Krátká doba montáže
10. Krátká doba výroby
11. Ekologičnost výroby

7.6. Tabulka požadavků dle metodiky EDSM

Jiným přístupem k zapsání požadavků je tabulka vycházející z metody EDSM (Engineering Design Science and Methodology). Tu pro použití v diplomových pracích uvolnil Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc. Ten je předním světovým odborníkem a nadšeným propagátorem moderních přístupů EDS, nového vědního oboru označovaného jako Engineering Design Science (EDS).

Tabulka (Tabulka 6) je univerzální, je tedy možné, že některé body nejsou pro řešení zařízení aplikovatelné. V takovém případě byla k požadavku přiřazena váha 1.

Použití tabulky ukazuje jiné požadavky kladené na navrhované zařízení. Takové, které autor ještě nejmenoval v předchozích kapitolách.

Tabulka 6 - Tabulka požadavků dle EDSM

POŽADAVKY (na charakteristiky) K VNĚJŠÍM VLASTNOSTEM TS VZTAŽ. K TRANF. PROCESŮM ŽIVOTNÍCH ETAP TS	POŽADOVANÁ HODNOTA A PŘÍPADNÁ TOLERANCE	VÁHA (1 - 4)
(1) Požadavky k provozním funkčním účinkům:		
Technický systém:		
<ul style="list-style-type: none"> • Převést zátku UPP z místa 1 do místa 2 		4
<ul style="list-style-type: none"> - Hmotnost 	25 tun	
<ul style="list-style-type: none"> - Rychlost 	0,5 m / min	
Převážný proces		
<ul style="list-style-type: none"> • Nepoškodit zátku UPP 		4
<ul style="list-style-type: none"> • Umožnit řízení 		3
(2) Požadavky k ostatním provozním vlastnostem:		
<ul style="list-style-type: none"> • Prostředí 	C3 dle ČSN EN ISO 12944-2	3
<ul style="list-style-type: none"> • Četnost použití 	občasné	3
<ul style="list-style-type: none"> • Životnost 	20 let	3
<ul style="list-style-type: none"> • Údržba 	minimální	3
<ul style="list-style-type: none"> • Čištění 	minimální	3
<ul style="list-style-type: none"> • Spolehlivost 	vysoká	4
<ul style="list-style-type: none"> • Spotřeba energie 	minimální	1
(3) Požadavky k vlastnostem pro předvýrobní procesy a výrobu:		
<ul style="list-style-type: none"> • Náročnost výroby 	nízká	3
<ul style="list-style-type: none"> • Druh výroby 	kusová	3
<ul style="list-style-type: none"> • Náročnost montáže 	nízká	2

• Možnost modifikace	vysoká	1
• Unifikace součástí	vysoká	2
• Normalizace součástí	vysoká	3
• Počet součástí	nízký	2
(4) Požadavky k vlastnostem pro distribuci:		
• Skladovací prostor	minimální	1
• Umožnění manipulace	umožnit	3
• Umožnění přepravy	umožnit	3
(5) Požadavky k vlastnostem pro likvidaci:		
• Demontovatelnost	jednoduchá	1
• Opravitelnost	vysoká	3
• Recyklovatelnost	vysoká	1
• Znovupoužitelnost součástí	vysoká	2
POŽADAVKY (na charakteristiky) K VNĚJŠÍM VLASTNOSTEM TS VZTAŽ. K OPERÁTORŮM TRANF. PROCESŮ ŽIVOTNÍCH ETAP TS		
POŽADOVANÁ HODNOTA A PŘÍPADNÁ TOLERANCE		VÁHA (1 - 4)
(1) Požadavky k vlastnostem pro řízení a management:		
• Konkurenceschopnost	vysoká	2
(2) Požadavky k vlastnostem k lidem:		
• Barevné provedení	výrazné, bezpečnostní	3
• Tvarový design	uspokojivý	1
• Bezpečnost	vysoká	4
• Přístupnost	vysoká	3
• Čistota	vysoká	1
• Intuitivní ovládání	vysoké	3
• Snadnost ovládání	vysoká	3
(3) Požadavky k aktivnímu materiálovému a energetickému okolí:		
• Ekologická nezávadnost	vysoká	4
• Recyklovatelnost	vysoká	1
(4) Požadavky k aktivnímu informačnímu okolí:		
• Splnění zákonů a předpisů	úplné	4

• Splnění norem	vysoké	3
• Porušení patentových a licenčních práv	žádné	3
(5) Požadavky k vlastnostem k ostatním TS:		
• Normalizace	vysoká	3
• Typizace	vysoká	3
(6) Požadavky k vlastnostem k informacím:		
• Dokumentace	minimální, jasná	1
• Návod k obsluze	minimální, jasný	3
• Návod k údržbě	minimální, jasný	3
(7) Požadavky k ekonomickému a časovému řízení:		
• Výrobní cena	nízká	4
• Cena vývoje	nízká	4
• Čas výroby	nízký	3
• Čas vývoje	nízký	3
POŽADAVKY (na charakteristiky) KE VNITŘNÍM A STRUKTURNÍM VLASTNOSTEM TS		
POŽADOVANÁ HODNOTA A PŘÍPADNÁ TOLERANCE		VÁHA (1 - 4)
(1) Požadavky k obecným konstrukčním vlastnostem:		
• Tuhost konstrukce	vysoká	4
• Přesnost	vysoká	3
• Hmotnost	nízká	2
• Vyrobitelnost	vysoká	4
• Odolnost	vysoká	3
• Množství součástí	nízké	2
• Smontovatelnost	vysoká	3
(2) Požadavky k elementárním konstrukčním vlastnostem:		
• Dodavatelé	spolehliví, ověření	3

Požadavky s přiřazenou vahou – 4 (váha byla přiřazena autorem) jsou pro navrhované zařízení nejdůležitější. Jde o:

- Požadavek na přepravení zátky UPP z místa 1 do místa 2
- Požadavek na nepoškození zátky UPP
- Požadavek na vysokou spolehlivost

- Požadavek na vysokou bezpečnost
- Požadavek na ekologickou nezávadnost
- Požadavek na splnění předpisů a norem
- Požadavek na nízkou výrobní cenu
- Požadavek na nízkou cenu vývoje
- Požadavek na vysokou tuhost konstrukce
- Požadavek na vysokou vyrobiteľnosť

8. REŠERŠE MANIPULAČNÍCH PRVKŮ

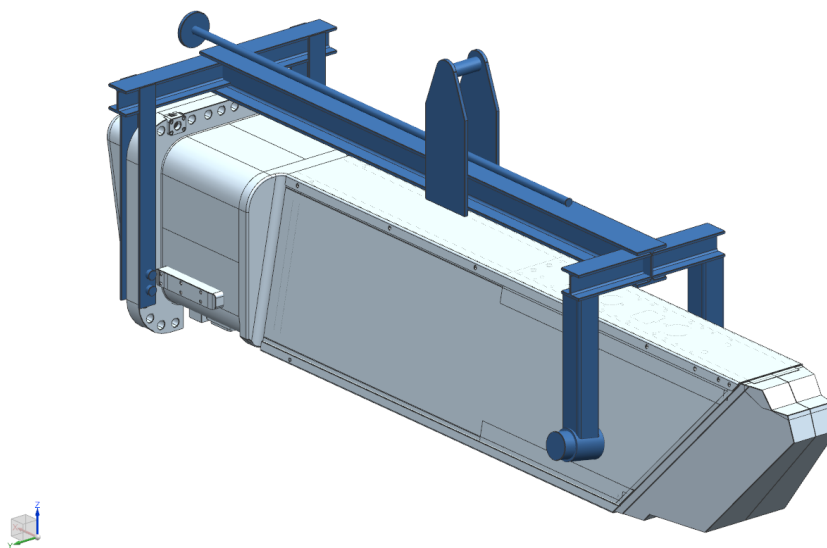
Při návrhu jakéhokoliv konstrukčního celku je dobré se inspirovat jinými konstrukcemi. I zařízení se zcela odlišným účelem může obsahovat prvky, které svými vlastnostmi vylepší navrhované zařízení. Pro účel návrhu existují různé databáze těchto prvků. Zkušenosti konstruktéři mají pak tyto znalosti takzvaně „v hlavě“. V situaci absence databáze a znalostí se provádí takzvaná rešerše, tj. vyhledávání různých konstrukčních řešení a analýza použitých prvků. Podkladem pro rešerši může být prodejní katalog, odborná kniha, odborný článek na internetu, či prosté pozorování okolí.

V této rešerši (z anglického termínu „research“, výzkum) budou představeny a analyzovány konstrukce, které se nejvíce podobají navrhovanému zařízení.

8.1. Lifting Frame Škoda pro manipulaci se zkušebními zátkami UPP

Vývoj tohoto zařízení ve Škodě JS a.s. probíhá souběžně s tvorbou této práce. Vyvíjené zařízení má plnit takřka totožný účel, jako navrhované zařízení z této práce, jediným rozdílem je, že namísto zátky UPP, která bude používána v reaktoru, zvedá takzvanou „dummy“ zátku UPP, tj. zátku zkušební.

Zkušební zátku UPP má stejné rozměry a hmotnost, liší se však tím, že manipulace s ní je umožněna i mimo plochy příruby. Lifting Frame Škoda (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) nemusí tedy odolávat velkému ohybovému zatížení, tak jak bylo v této práci popsáno v kapitole 3.4. Manipulace se zkušební zátkou je kromě příruby povolena v přední části.



Obrázek 17 - Lifting Frame UPP Škoda

Lifting Frame Škoda je svařovanou konstrukcí. Skládá se z hlavní nosné traverzy tvaru I, která je vybavena měnitelnou polohou závěsu. Tuto traverzu bude pravděpodobně dodávat firma Unimann. K hlavní traverze jsou na každém jejím konci přišroubovány příčníky dvojího typu - přední a zadní.

Přední příčník je svařovaný z ocelových profilů tvaru I a U. Je vybaven zařízením, přes které se zamyká ke zkušební zátce UPP. Zadní příčník je taktéž svařenec z ocelového profilu tvaru I, výpalků a obrobků. Je vybaven vahadlovým mechanismem, přes který se příruba zkušební zátky UPP připojí k manipulátoru.

Přibližné rozměry Lifting Frame Škoda jsou:

- Výška: 2 500 mm
- Šířka: 2 000 mm
- Délka: 4 000 mm
- Hmotnost: 3 000 kg

pozn. Informace o Lifting Frame Škoda byly poskytnuty společností Škoda JS a.s. Tyto informace není možné veřejně dohledat, jsou tudíž bez citace.

Pro návrh zařízení v této práci jsou důležité poznatky:

- Technický nesoulad č. 2 (viz kapitolu 4.1) je řešen měnitelnou polohou závěsu
- Komerčně použitelné zařízení vyrábí firma Unimann
- Změna polohy závěsu je řešena pohybovým šroubem
- Konstrukce (která je podobně zatížená) je svařovaná z dostupných profilů
- Konstrukce (která je podobně zatížená, zátka UPP váží 25 tun) má hmotnost 3 tuny.
- Připojení zátky je provedeno přes vahadlový mechanismus

8.2. Jeřábové vidle

Jeřábové vidle (viz Obrázek 18) jsou komerčně dostupnou konstrukcí, která slouží k manipulaci s materiálem, zejména na paletách a v bednách. Lze je využít na všech typech jeřábů. Určené jsou zejména pro statické jeřáby, autojeřáby, mostové jeřáby a hydraulické ruky. Vlastní únosnost se nejčastěji pohybuje od jedné do tří tun (7).



Obrázek 18 - Jeřábové vidle (7)

Pro potřeby této práce je podstatné to, že jeřábové vidle jsou konstrukcí zatíženou velmi podobným způsobem (i když menšími silami) jako navrhované zařízení a to, že plní stejný cíl. Konstrukce tedy řeší mnoho podobných problémů.

- Většinou jde o svařovaný rám, který umožňuje přenášení materiálu (palet) pomocí jeřábového oka. Účel konstrukce je tedy stejný, jako cíl popsán v kapitole 3.1.
- Materiál je umístěn na dvojici vidlí, které zatěžují zbytek rámu. Rám je zatěžován velkým ohybovým namáháním, tj. stejně jako navrhované zařízení v této práci (viz kapitolu 3.4)
- Po vyjmutí materiálu se změní poloha těžiště. Konstrukce musí tedy řešit stejný problém, jako byl popsán v kapitole 4.1.

U většiny jeřábových vidlí je změna polohy závěsu řešena ručně. Existují však také typy zvané „Samovyvažovací paletové vidle“ (7). U těch je vyvážení celých vidlí do roviny řešeno pružinou (viz Obrázek 19), která působí proti závěsu. Závěs je uložen otočně.



Obrázek 19 - Samovyvažovací paletové vidle (7)

Pro návrh zařízení v této práci jsou důležité poznatky:

- Konstrukce (která je podobně zatížená) je svařovaná z dostupných profilů
- Technický nesoulad č. 2 (viz kapitolu 4.1) je řešen měnitelnou polohou závěsu
- Změna polohy závěsu je řešena ručně, nebo u samovyvažovacích paletových vidlí, pomocí pružiny
- Materiál není připojen, je podepřen. Tento stav není možný u zátky v této práci

8.3. Věžový jeřáb

Věžový jeřáb (viz Obrázek 20) je známou konstrukcí, u níž je správná poloha těžiště během zatížení doslova otázkou života a smrti operátora. Celá konstrukce musí být dobře vyvážená, a to i ve chvíli, kdy se zatížená jeřábová kočka pohybuje a mění tím polohu zatížení.

Vyvážení jeřábu se provádí pomocí protizávaží. Hlavní rameno tedy funguje jako houpačka, se zatížením od materiálu na jedné straně a od protizávaží na straně druhé. Při pohybu jeřábové kočky s materiálem musí i uložení protizávaží změnit polohu, aby byla docílena rovnováha.



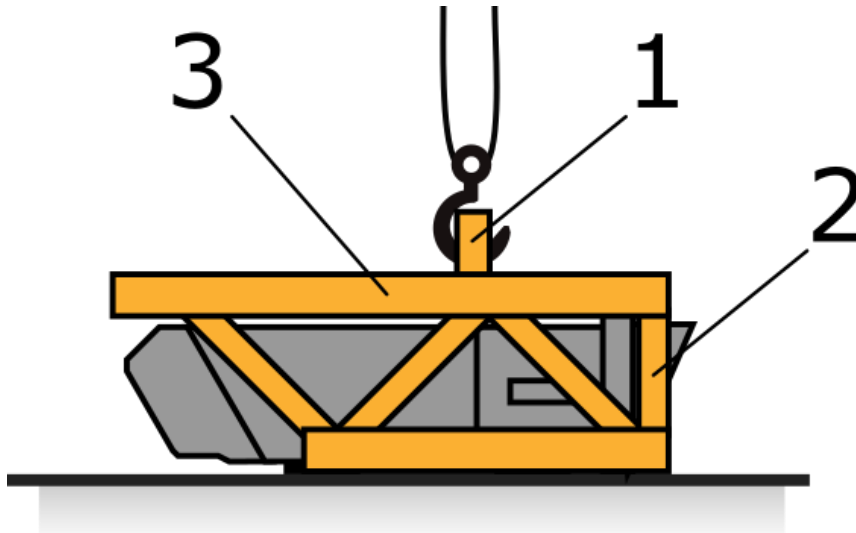
Obrázek 20 - Věžový jeřáb (obrázek s licenci freeuse)

Pro návrh zařízení v této práci jsou důležité poznatky:

- Změna těžiště soustavy je prováděna protizávažím a změnou jeho polohy

9. NÁVRH VARIANT

V této části je navržena hrubá struktura (viz Obrázek 21) z kapitoly 4 dále rozvinuta. Jednotlivé části hrubé struktury jsou nahrazeny skutečnými funkčními prvky.



Obrázek 21 - Hrubá struktura navrhovaného zařízení (viz kapitolu 4)

Prvků, které se dají použít, je obrovské množství a každý má své výhody a nevýhody. Ne vždy se tedy dá říct, zda je vybraný prvek pro danou aplikaci nejlepší. K tomu všemu se jednotlivé prvky ovlivňují mezi sebou a to jak pozitivně, tak negativně. Hodnotit konečný návrh tedy půjde pouze jako soustavu všech prvků. Z těchto důvodů bude v této kapitole provedeno návrhů hned několik.

Každá z navržených variant bude používat jiných prvků, ne nutně lepších nebo horších, než u variant dalších, k vytvoření funkční struktury zařízení. Posléze budou varianty porovnány různými kritérii a vybraná varianta bude použita pro další konstrukční návrh.

Jak bylo řečeno, funkčních prvků je obrovské množství. Pro přehlednost se při návrhu variant používá takzvaná „morfologická matice“. Morfologická matice je prostředkem pro rozhodování. Vycházet budeme z požadavků na celé navrhované zařízení (viz kapitolu 7) a z jednotlivých funkcí, které má zařízení plnit (viz kapitolu 4).

Pro jednotlivé funkce budou v tabulce (viz Tabulka 7) zapsány různé možnosti jejich plnění. Možnosti budou zvoleny autorem na základě rešerše (viz kapitolu 8). Spojením různých možností vznikne varianta funkční struktury zařízení. V této práci budou navrženy tři varianty.

Tabulka 7 - Morfologická matice s navrženými možnostmi

Funkce	1. Možnost	2. Možnost	3 Možnost
Typ konstrukce	Svařovaná	Odlévaná	Montovaná
Materiál konstrukce	Konstrukční ocel	Nerezová ocel	Hliník
Povrchová úprava	Bez povrchové úpravy	Nátěr	Pozinkování
Spojení s hákem	Závěsné oko	Pomocí lan	---
Kompensace při změně polohy těžiště	Změna polohy závěsu	Změna polohy protizávaží	---
Druh kompenzace	Spojité	Nespojitá – montážní místa	---
Princip pohonu kompenzace	Ruční – pohybový šroub	Ruční - jiný	Elektrický
Princip řízení kompenzace	Ruční	Poloautomatické	Automatické
Pojistka proti chybě při kompenzaci	Mechanická	Elektrická	Bez pojistky
Vizuální zabezpečení	Výrazný nátěr	Polepení	Bez zabezpečení
Princip připojení zátky	Svěrný spoj - pomocí šroubů	Svěrný spoj - jiný	Podtlak

Funkce „Pojistka proti chybě při kompenzaci“ a „Vizuální zabezpečení“ vycházejí z analýzy rizik, jde o opatření navržená v kapitole 7.2. Splněním těchto funkcí omezíme riziko chyby obsluhy navrhovaného zařízení.

Spojením různých možností vznikly tři rozdílné varianty funkční struktury zařízení.

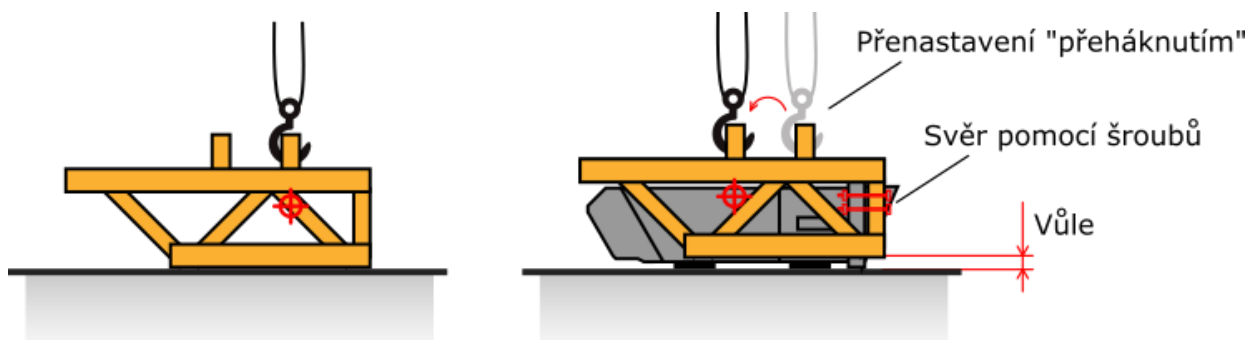
- Varianta A – označena červeně
- Varianta B – označena modře
- Varianta C – označena zeleně

Tabulka 8 - Morfologická matice s návrhem variant

Funkce	1. Možnost	2. Možnost	3 Možnost
Typ konstrukce	Svařovaná	Odlévaná	Montovaná
Materiál konstrukce	Konstrukční ocel	Nerezová ocel	Hliník
Povrchová úprava	Bez povrchové úpravy	Nátěr	Pozinkování
Spojení s hákem	Závěsné oko	Pomocí lan	---
Kompensace při změně polohy těžiště	Změna polohy závěsu	Změna polohy protizávaží	---
Druh kompenzace	Spojité	Nespojitá – montážní místa	---
Princip pohonu kompenzace	Ruční – pohybový troub	Ruční - jiný	Elektrický
Princip řízení kompenzace	Ruční	Poloautomatické	Automatické
Pojistka proti chybě při kompenzaci	Mechanická	Elektrická	Bez pojistky
Vizuální zabezpečení	Výrazný nátěr	Polepení	Bez zabezpečení
Princip připojení zátky	Svěrný spoj - pomocí šroubů	Svěrný spoj - jiný	Podtlak

9.1. Varianta A

Varianta A bude funkční struktura zařízení se svařovanou konstrukcí z konstrukční oceli. Odolnost proti korozi bude zajištěna výrazným nátěrem. Spojení s jeřábovým hákem bude provedeno přes závěsné oko, jehož dvě polohy budou napevno dány pomocí montážních míst (děr se závitem), nebo mohou být rovnou použita dvě pevná oka. Závěsná oka budou moci v takovém případě zůstat v jedné poloze. To umožní případné vyztužení z pevnostních důvodů. Háček bude muset být při kompenzaci polohy těžiště odpojen a připojen na druhém místě. Po dobu přepojování bude zařízení namontováno na zátce. Zátka bude připojena svěrným spojením, staženým pomocí šroubů.



Obrázek 22 - Varianta A

Výhody této varianty jsou:

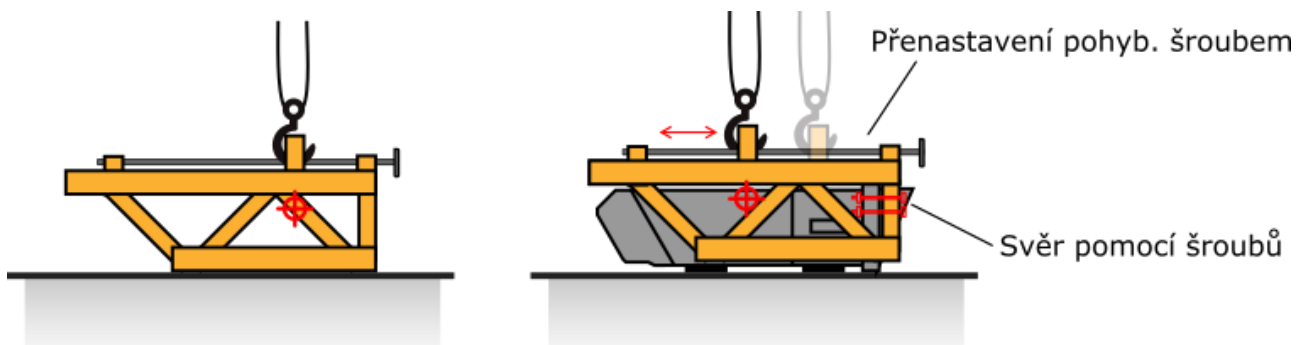
- Kompenzace změny polohy těžiště je provedena bez pohyblivých prvků
 - Závěsná oka mohou být lépe vyztužena
 - Jednodušší konstrukce
 - Levnější konstrukce
- Polohy závěsných ok jsou přesně dané
 - Odpadá riziko chybného nastavení obsluhou

Naopak, nevýhody jsou tyto:

- Polohy závěsných ok jsou přesně dané
 - Není možná případná kalibrace
 - Nároky na přesnost pozic
- Po dobu přepojování bude zařízení namontováno na zátce
 - Namáhání příruby zátky, možnost jejího poškození
- Háček bude muset být při kompenzaci polohy těžiště odpojen a ručně připojen na druhém místě
 - Nárok na přístupnost pro obsluhu

9.2. Varianta B

Varianta B bude rovněž svařovaná konstrukce. Oproti variantě A bude závěsné oko posuvné. Hák nebude tedy muset být odpojen a připojen na druhém místě a zátka nebude během změny polohy zatížena hmotností zařízení. Ovládání pohybu závěsného oka je provedeno pomocí pohybového šroubu (podobně jako u Lifting Frame Škoda, viz kapitolu 8.1). Zatížení závěsného oka bude muset být vyvedeno mimo pohybový šroub.



Obrázek 23 - Varianta B

Výhody této varianty jsou:

- Závěsné oko je posuvné
 - Je možná případná kalibrace
 - Menší nároky na přesnost
- Hák nebude muset být odpojen a připojen na druhém místě
 - Zátka nebude během změny polohy zatížena hmotností zařízení
 - Bez nároku na přístup obsluhy
- Ovládání pohybu závěsného oka je provedeno pomocí pohybového šroubu
 - Možnost vyvedení ovládání do výhodné polohy

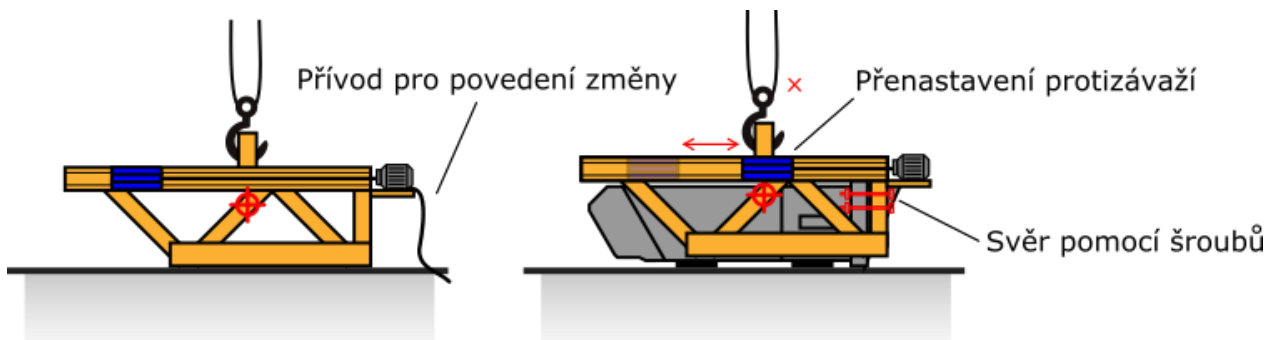
Naopak, nevýhody jsou tyto:

- Ovládání pohybu závěsného oka je provedeno pomocí pohybového šroubu
 - Zatížení závěsného oka bude muset být vyvedeno mimo pohybový šroub, menší nosnost, nemožnost závěsné oko vyztužit
 - Nároky na údržbu
 - Složitější konstrukce
 - Dražší konstrukce
 - Riziko chybného nastavení polohy obsluhou

9.3. Varianta C

Varianta C bude řešit kompenzaci polohy těžiště protizávažím a změnou jeho polohy (podobně jako u věžového jeřábu, viz kapitolu 8.3). Závěsné oko bude tedy moci zůstat v jedné poloze. To umožní případné vyztužení z pevnostních důvodů. Hák nebude potřeba přepojovat.

Pohonem pro změnu polohy protizávaží byl zvolen elektromotor, protože se předpokládá značná hmotnost protizávaží. Přidání elektrického zdroje do konstrukce umožní využití množství elektrických pojistek a bezpečnostních prvků. Naopak však klade nároky na přístupnost elektrického připojení v průběhu připojování, nebo odpojování zátky.



Obrázek 24 - Varianta C

Výhody této varianty jsou:

- Závěsné oko bude moci zůstat v jedné poloze
 - Závěsné oko může být lépe vyztuženo
- Pohonem pro změnu polohy protizávaží byl zvolen elektromotor
 - Možnost využití množství elektrických pojistek a bezpečnostních prvků
 - Možnost přesného řízení, řízení z pohodlného místa
- Kompenzace polohy těžiště je prováděna protizávažím
 - Je možná případná kalibrace
 - Menší nároky na přesnost

Naopak, nevýhody jsou tyto:

- Kompenzace polohy těžiště je prováděna protizávažím
 - Složitá konstrukce a drahá konstrukce
 - Hmotnost protizávaží, větší namáhání zařízení
- Pohonem pro změnu polohy protizávaží byl zvolen elektromotor
 - Nutnost přívodu elektrické energie v místě připojení a odpojení zátky

10. HODNOCENÍ VARIANT A VÝBĚR

Jak bylo ukázáno v popisu jednotlivých variant, použití jednotlivých konstrukčních prvků má většinou své výhody, ale i své nevýhody. Nyní, když byly navrženy celé funkční struktury, můžeme jednotlivé varianty porovnat mezi sebou.

Porovnání bude provedeno ohodnocením toho, jak daná varianta plní zvolené kritérium. Kritéria byla zvolena autorem. Každé kritérium má přiřazenou váhu, podle jeho důležitosti. Hodnocení je provedeno v Tabulka 9. Varianta s největším součtem je považována za nejvýhodnější dle použitého hodnocení.

Škála použitá při hodnocení je následující:

- 1 až 5, kde 1 – plní kritérium nejhůře, 5 – plní kritérium nejlépe

Tabulka 9 - Hodnocení variant

Kritérium	Váha	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Předpokládaná cena - co nejmenší	4	5 x4	3 x4	1 x4
Složitost - co nejmenší	2	5 x2	3 x2	3 x2
Nepoškození zátky - co největší	5	1 x5	3 x5	4 x5
Tuhost - co největší	3	5 x3	2 x3	3 x3
Nároky na přesnost - co nejmenší	2	2 x2	3 x2	3 x2
Bezpečnost - co největší	4	3 x4	5 x4	4 x4
Nároky na obsluhu - co nejmenší	3	4 x3	3 x3	2 x3
Přesnost nastavení - co největší	3	2 x3	4 x3	5 x3
Nároky na údržbu - co nejmenší	2	5 x2	3 x2	2 x2
Součet	---	94	89	82

Nejvýhodnější variantou dle použitého hodnocení se jeví varianta A. Nicméně varianta B dopadla v hodnocení relativně podobně. Je tedy dobré zhodnotit, jaké rozdíly panují mezi těmito dvěma variantami.

Nejvýše váženými kritérii byly:

- nepoškození zátky (váha 5)
- malá předpokládaná cena (váha 4)
- bezpečnost (váha 4)

Varianta A dopadla lépe v malé předpokládané ceně. Je to z důvodu, že tato varianta neprovádí kompenzaci polohy těžiště pohyblivými prvky. Zařízení je pak mnohem jednodušší.

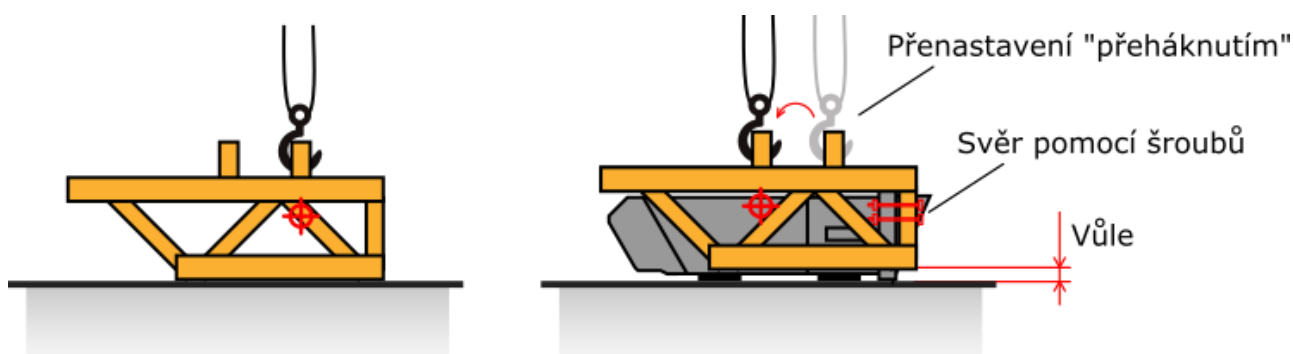
Varianta B dopadla lépe v bezpečnosti, a to proto, že obsluha nemusí ručně měnit polohu háku („přeháknout“). Nemusí tudíž zasahovat do prostoru nad rámem. Poloha háku ve variantě B je měněna z výhodné pozice pomocí ovládacího kola pohybového šroubu.

Zásadní rozdíl je však v riziku, že by zařízení mohlo poškodit zátku. Zde dopadla varianta A nejhůře. A to z důvodu, že hák bude muset být při kompenzaci polohy těžiště odpojen a připojen na druhém místě. Po dobu přepojování bude zařízení namontováno na zátce. Celá váha zařízení bude tedy spočívat na přírubě, která se může poškodit.

10.1. Vybraná varianta

Po uvážení se autor rozhodl vybrat variantu A pro další návrh. Neznamená to ale, že by varianta A byla optimální. Výběr probíhal subjektivním posouzením autora.

Varianta A sebou nese největší riziko poškození zátky UPP ze všech variant. A tím i riziko případného nesplnění základního požadavku z kapitoly 7.6 a cíle práce. Autor se ale domnívá, že tento nedostatek lze konstrukčně, či technologicky vyřešit. (například podepřením zařízení během změny polohy háku, nebo použitím odpružených opěrných noh, na které by zařízení usedlo (podobně jako například u autojeřábu))



Obrázek 25 - Vítězná varianta

11. KONSTRUKČNÍ NÁVRH

V této kapitole bude vybraná varianta A dále rozpracována do konstrukčního návrhu. Dosud pouze naznačené struktury budou přeměněny v díly s určeným materiálem a se svými rozměry.

Vzhledem k prostorové složitosti soustavy nebude návrh zařízení podpořen výpočty předem. Namísto toho nejdříve proběhne návrh dílů a rozměrů, dle zkušeností autora a dle podobnosti s jinými zařízeními a až poté podstoupí konstrukční návrh výpočet pomocí metody konečných prvků v softwaru Siemens NX. Pokud se ukáže, že navržené rozměry jsou poddimenzované, tak se model upraví a výpočet proběhne znovu. Základní struktura (tj. pozice a druh dílu a vazba s dalšími díly) však zůstane i přes změnu rozměrů a dimenzování, pravděpodobně stejná. Velmi poddimenzovaná místa se vyztuží pomocí žeber.

11.1. Příprava modelu zátky UPP na výpočet

Pro budoucí výpočet je nejdříve nutné připravit model zátky do takové podoby, aby odpovídal zadání. Autor neměl k dispozici úplný model zátky, který by obsahoval vnitřní strukturu a zařízení, ale jenom model s vnějšími rozměry. Pokud by se k takovému modelu přiřadil materiál, zátka by měla těžiště jinde, než ve skutečnosti a rovněž by měla odlišnou hmotnost.

V softwaru Siemens NX byl proto model upraven následovně:

1. Částem zátky, které byly od vyšetřované příruby nejdále, byl přidělen fiktivní materiál s mnohem vyšší hustotou. Zvolená hodnota hustoty umožňovala posouvání těžiště modelu do správné (zadané) pozice
2. Uvnitř zátky byl ubírán materiál s cílem snížit hmotnost ke správné hodnotě
3. Počátek souřadnicového systému byl zvolen v ose zátky na ploše příruby, tj. stejně jako je zvolen v Obrázek 11. Odečtené hodnoty těžiště z modelu budou tedy stejné jako ty zadané, tj. nebudou potřebovat přepočít.

Výsledná hmotnost zátky a pozice těžiště po úpravách modelu je na Obrázek 26. Hodnoty se tedy přiblížily hodnotám zadaným ($m_{UPP} = 25$ tun, $l_T = 2855$ mm)

Work Part	UPP_Model.prt	: 5--29--2019 8:05
Arrangement :		
Work part properties:		
Weight data was calculated		
Accuracy used	=	0.990000000
Density	=	0.000008109 kg/mm ³
Area	=	38277606.134006000 mm ²
Volume	=	3076712442.164200000 mm ³
Mass	=	24949.577337412 kg
Center of Mass		
Xcbar	=	0.061176775 mm
Ycbar	=	-2854.935152916 mm
Zcbar	=	-26.132172812 mm

Obrázek 26 - Hmotnost a pozice těžiště modelu zátky UPP



Obrázek 27 - Poloha souřadnicového systému u modelu zátky

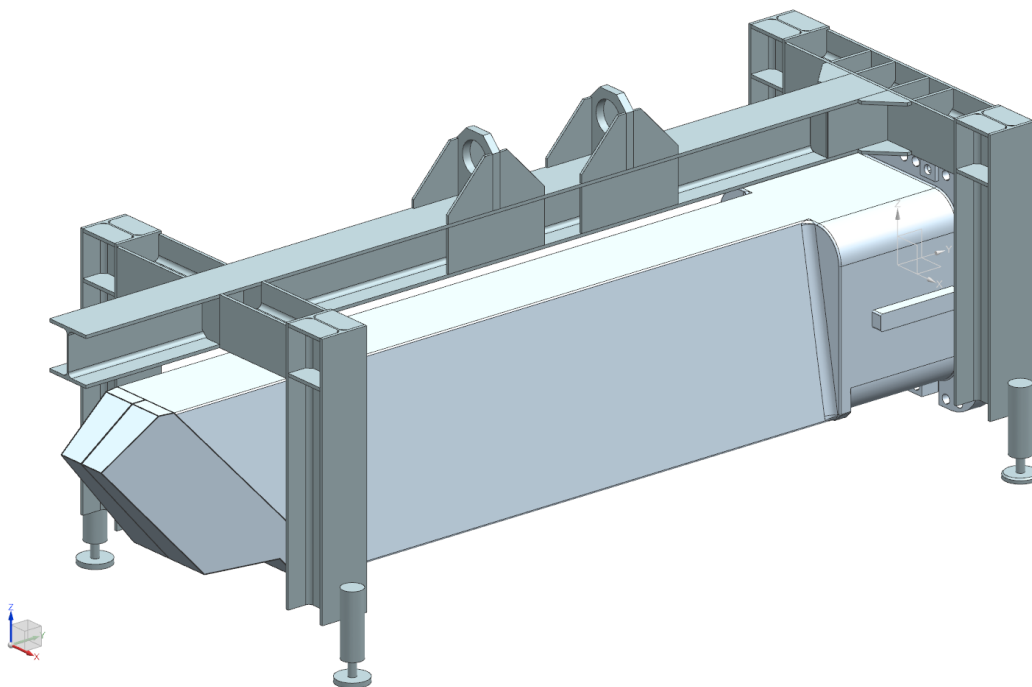
11.2. Návrh materiálu a stavebních prvků

Materiál, ze kterého budou svařované díly, byl zvolen: S355J2+N. Jde o konstrukční ocel s dobrými mechanickými vlastnostmi, vhodnou pro svařování.

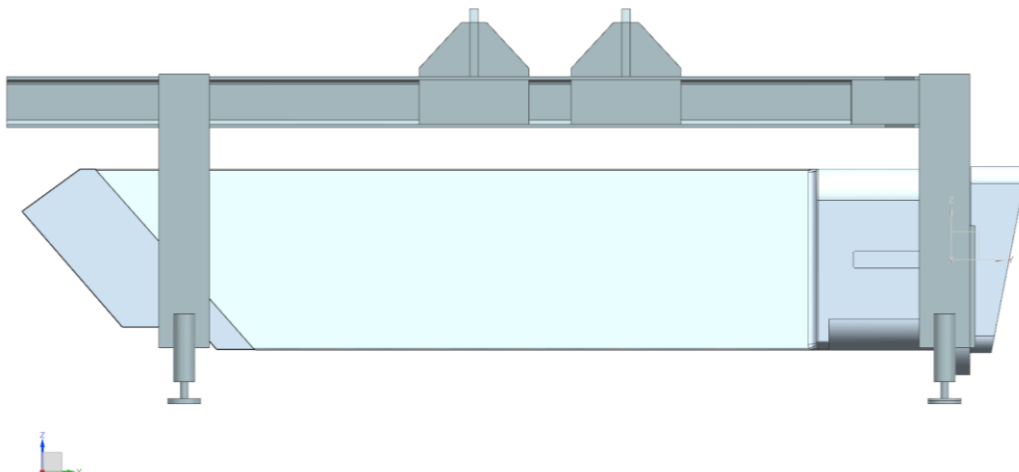
Základními stavebními prvky budou pálené plechy dle EN 10029 a nakupované profily dle DIN 1025-2.

11.3. Návrh struktury

Na následujících obrázcích je zobrazen prvotní návrh konstrukce.

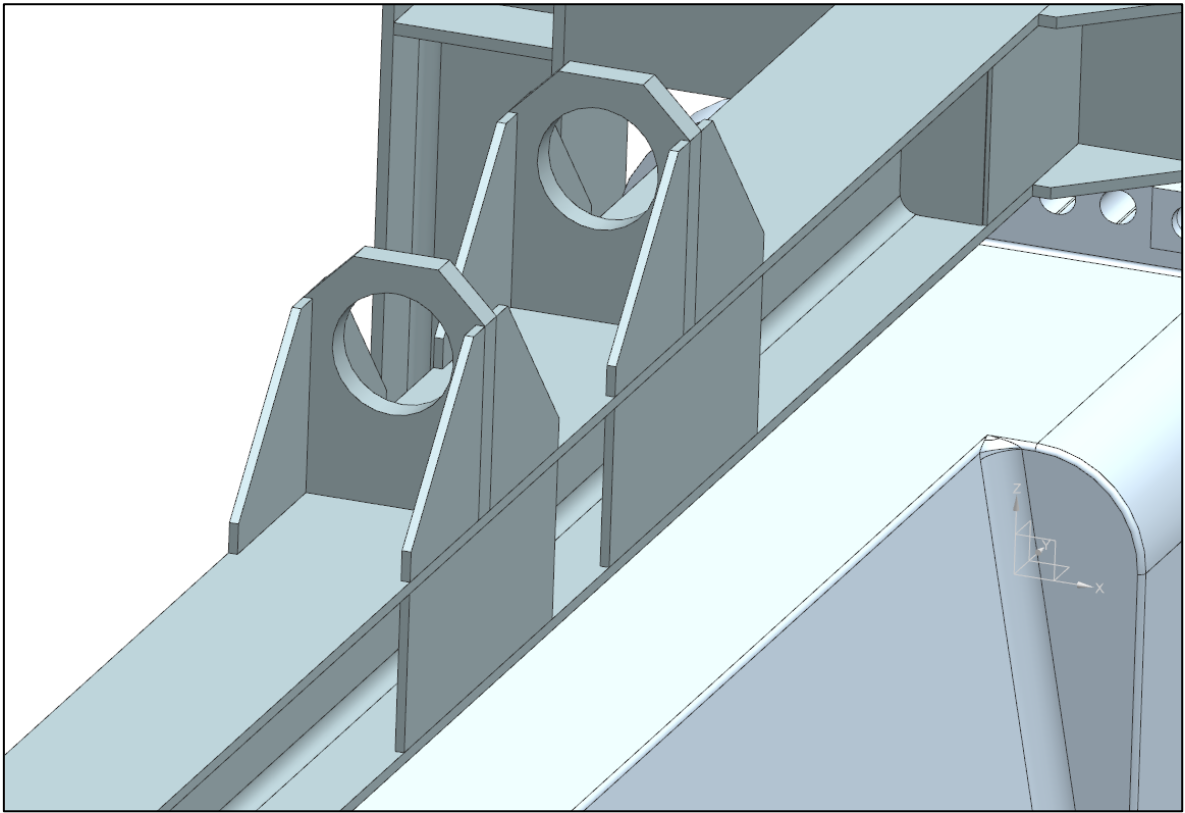


Obrázek 28 - Konstrukční návrh varianty A



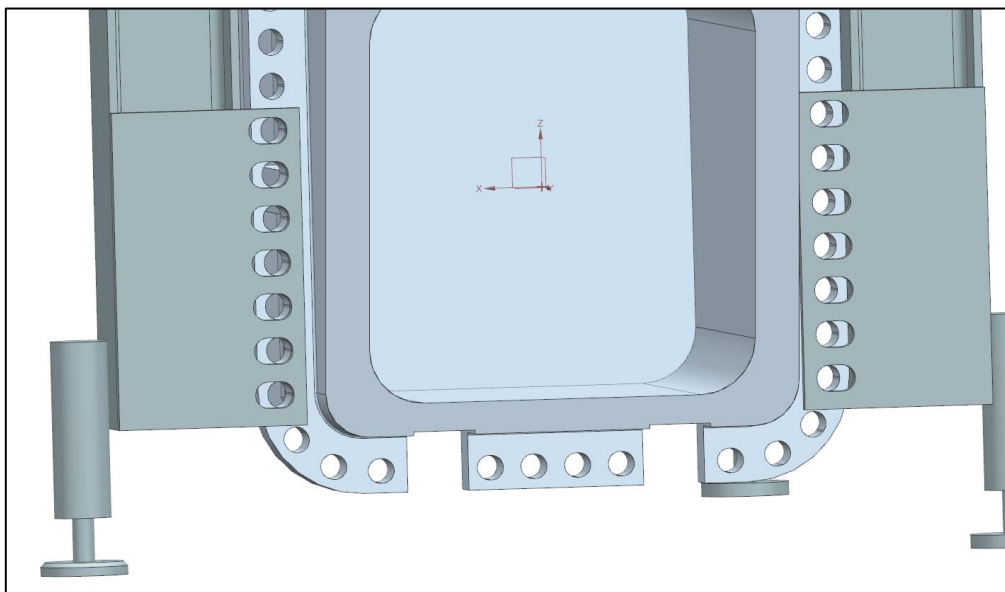
Obrázek 29 - Konstrukční návrh varianty A

Závěsná oka jsou trvale přivařena k hlavní traverze v místech nad těžišti. Viz Obrázek 30.



Obrázek 30 - Návrh závěsných ok

To, aby traverza během „přeháknutí“ háku z jednoho oka na druhé, celou vahou nespočívala na přírubě, která se může poškodit, je řešeno pomocí čtyř odpružených opěrných nohou. O tyto nohy se zařízení opře. Viz Obrázek 31.



Obrázek 31 - Odpružené opěrné nohy

Připojení UPP je řešeno šrouby. K traverze jsou pro tento účel přivařeny objemné desky s otvory. Otvory nejsou kruhové, ale jsou to drážky. Při nepřesném najetí traverzy na zátky je tedy pro našroubování šroubů připravena určitá tolerance.

Navržené zařízení má hmotnost 2,4 tuny. Použité profily HEB dle DIN 1025-2 mají rozměr 300. Poloha těžiště zařízení je na Obrázek 32.

```
Work Part          UPP_Model.prt : 5--29--2019 9:45
Arrangement :

Work part properties:

Weight data was calculated
Accuracy used      =      0.9900000000

Density           =      0.000007829 kg/mm3
Area              =      34097873.074488000 mm2
Volume            =      309136803.987480000 mm3
Mass              =      2420.232038418 kg

Center of Mass
Xcbar             =      -0.104622601 mm
Ycbar             =      -2229.055801884 mm
Zcbar             =      561.335918925 mm
```

Obrázek 32 - Hmotnost a poloha těžiště navrženého zařízení

Celková hmotnost a poloha těžiště celé soustavy je na Obrázek 33.

```
Density           =      0.000008084 kg/mm3
Area              =      72375479.208494000 mm2
Volume            =      3385849246.151700000 mm3
Mass              =      27369.809375830 kg

Center of Mass
Xcbar             =      0.046515622 mm
Ycbar             =      -2799.590475985 mm
Zcbar             =      25.815909019 mm
```

Obrázek 33 - Hmotnost a poloha těžiště celé soustavy

12. POZNATKY A NÁVRHY PRO VÝROBU

Lze předpokládat, že výroba bude probíhat dle návodů odborníků z oboru technologie. Během návrhu konstrukce však autor zjistil a navrhl různé požadavky, které by měla výroba splnit.

12.1. Provedení svarů

- Na navržené konstrukci je přibližně 40 m svarů. V naprosté většině jde o ½ V svary. Spojované součásti jsou z materiálu S355J2+N (1.0577)
- Po svaření je nutné, aby celý rám (a všechny svary) prošel tepelným zpracováním (žiháním)
- V analýze rizik (viz kapitolu 6) bylo zjištěno, že možným důvodem pro riziko „Zařízení nevydrží zatížení a poškodí se.“ je:
 - Nedodržení postupu výroby svarů
 - Nedodržení postupu kontroly svarů

Autor proto navrhuje:

- Aby svařování prováděli pouze svářeči s certifikací
- Aby se svařování řídilo normami (např. EN ISO 5817, EN ISO 5178, EN ISO 9606-1, atd.)
- Aby těsně po svaření byla provedena vizuální kontrola
- Aby v krátkém časovém horizontu po svaření byla provedena zkouška svarů dle doporučených metod a dle normy

12.2. Provedení ochrany proti korozi.

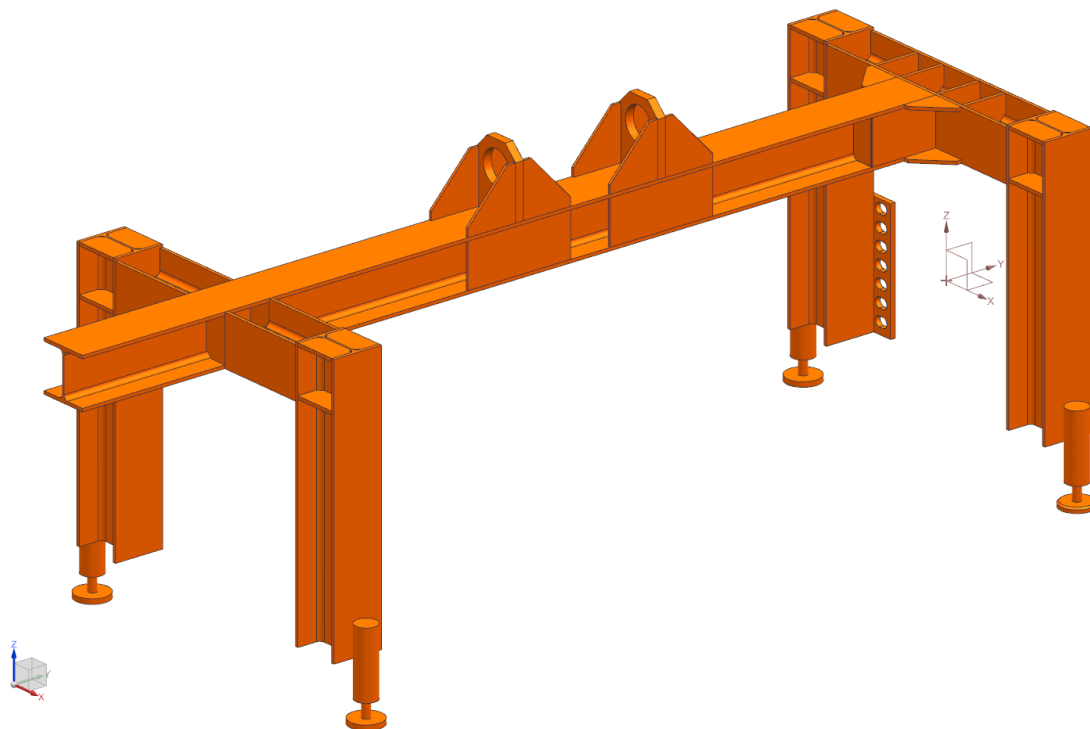
- Konstrukce byla navržena z materiálu S355J2+N (1.0577). Jde o konstrukční ocel, která není korozivzdorná
- Po tepelném zpracování je nutné, aby byl celý rám nalakován. Montované díly, aby byly pozinkovány
- Před samotným lakováním musí být povrch očištěn a otryskán
- Nátěr musí být vícevrstvý
- Vrchní vrstva bude výrazná, autor navrhuje odstín dle RAL 2008 (viz Obrázek 34)
- Po provedení nátěru je třeba provést kontrolu dle normy a vizuální kontrolu



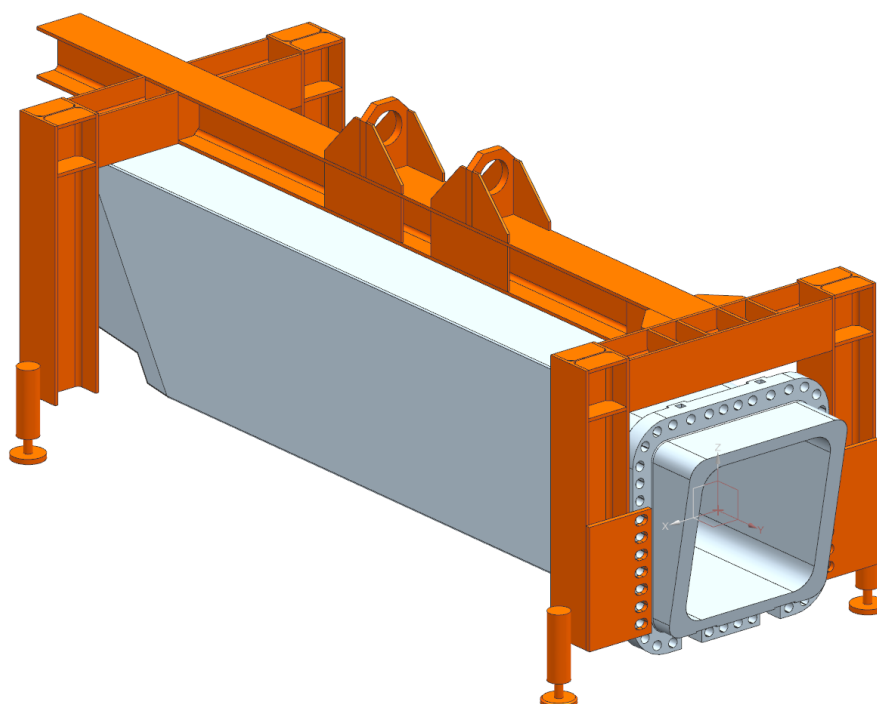
Obrázek 34 - Odstín RAL 2008

12.3. Konstrukce po natření

Navržená konstrukce vypadá po natření výraznou barvou RAL 2008 následovně:



Obrázek 36 - Navržená konstrukce po natření



Obrázek 35 - Navržená konstrukce po natření

13. NÁVRH ÚDRŽBY

Navržená konstrukce se může počas užívání opotřebit. Mohou se objevit prasklinky v laku, svary mohou začít prskat, atd. Popřípadě se mohou objevit mnohem závažnější nedostatky, způsobené například nedodržením pracovního postupu. Je proto důležité aby zařízení i po dokončení výroby procházelo pravidelnými kontrolami. Některé vady mohou časem, pokud ujdou zjištění, negativně ovlivnit fungování zařízení (viz analýzu rizik, kapitolu 6).

Autor tedy navrhuje tyto opatření:

1. Údržba a kontroly laku

- Lak zkontrolovat vizuálně před a po použití zařízení
- V případě dlouhodobého skladování lak kontrolovat vizuálně každý půl rok
- V případě nalezení vady dodržet následující postup:
 1. Místo vady pomocí brusného papíru, nebo strojně zabrousit
 2. Místo vady očistit od prachu
 3. Znovu natření místa podle návodu na provedení nátěru (viz kapitulu 12)

2. Údržba a kontroly pozinkovaných částí

- Pozinkované části zkontrolovat vizuálně před a po použití zařízení
- V případě dlouhodobého skladování pozinkované části kontrolovat vizuálně každý půl rok
- V případě nalezení vady dodržet následující postup:
 1. Místo vady pomocí brusného papíru, nebo strojně zabrousit
 2. Místo vady očistit od prachu, mastnoty a nečistot
 3. Místo nastříkat zinkovým opravným sprejem ze vzdálenosti cca 200 až 300 mm

3. Údržba a kontroly svarů

- Svary zkontrolovat vizuálně před a po použití zařízení
- V případě nalezení vady zařízení odstavit z provozu. Možnost opravy konzultovat s dodavatelem

ZÁVĚR

V práci předvedl autor kompletní konstrukční proces od posouzení problému, až po konstrukční návrh.

V úvodu práce bylo provedeno posouzení problému a cíle práce. Byl proveden rozbor vlastností, které by mělo navrhované zařízení plnit, pomocí úvahy a pomocí transformačních procesů („blackbox“). Ze získaných informací byla navržena hrubá struktura zařízení. Pro hrubou strukturu zařízení byl navržen možný proces manipulace. Byla provedena analýza rizik a posouzení požadavků kladených na zařízení nejen zadavatelem, ale také legislativou, či konstrukčními zvyklostmi.

V koncepčním návrhu byla provedena rešerše obdobných konstrukcí. Poté byly navrženy tři varianty funkční struktury zařízení. Subjektivním hodnocením autora byla vybrána jedna varianta k dalšímu rozpracování. Vybraná varianta se jevila jako nejvhodnější z hlediska nákladů, složitosti konstrukce, či složitosti údržby, zároveň však měla ze všech posuzovaných variant největší riziko, že poškodí přenášenou zátku.

V konečné fázi byla navržena konstrukce, požadavky na výrobu a požadavky na údržbu. Z důvodu prostorové složitosti zařízení probíhal návrh konstrukce téměř zcela v softwaru Siemens NX (a nikoliv výpočty, takzvaně „v ruce“). Bylo uvažováno, že pevnostní kontrola pomocí metody konečných prvků proběhne, z důvodu časové náročnosti, až po zhotovení konstrukce. Poté by už byla konstrukce pouze dimenzována. Autor však přiznává, že pevnostní kontrolu z důvodu časové náročnosti a z důvodů nedostatečné znalosti prostředí a metod provedl pouze omezeně a konstrukce není v současné podobě dimenzována. Tento bod vyžaduje další řešení se zadavatelem.

Návrh konstrukce vycházel z požadavků zjištěných v této práci. Autorovou snahou bylo všem požadavkům pokud možno vyhovět. Výsledná konstrukce je k vidění v kapitole 12.3.

POUŽITÁ LITERATURA

1. **ŠKODA JS a.s.** Profil společnosti. *ŠKODA JS a.s.* [Online] 2019. [Citace: 25. Květen 2019.] <http://www.skoda-js.cz/cs/o-spolecnosti/profil-spolecnosti.shtml>.
2. —. Hlavní milníky historie. *ŠKODA JS a.s.* [Online] 2019. [Citace: 25. Květen 2019.] <http://www.skoda-js.cz/cs/o-spolecnosti/hlavni-milniky-historie.shtml>.
3. **BUKOVSKÝ, S.** *Plzeň a Bolevec za Velké války*. Plzeň : Městský obvod Plzeň 1, 2017. ISBN 978-80-906278-3-3.
4. **Průmyslová ekologie s.r.o.** Škoda JS vyvinula a dodala první vlastní kontejner na vyhořelé jaderné palivo. *Průmyslová ekologie*. [Online] 2018. [Citace: 25. Květen 2019.] <http://www.prumyslovaekologie.cz/dokument/105101/skoda-js-vyvinula-a-dodala-prvni-vlastni-kontejner-na-vyhorele-jaderne-palivo.aspx>.
5. **ManagementMania.com.** Metoda TRIZ. *ManagementMania.com*. [Online] 2017. [Citace: 25. Květen 2019.] <https://managementmania.com/cs/metoda-triz>.
6. **Sunil, P., a další.** *Final design of the generic upper port plug structure for ITER diagnostic systems*. místo neznámé : www.academia.edu, 2015.
7. **Viazacieprostriedky.cz.** Jeřábové vidle. *Viazacieprostriedky.cz*. [Online] 2019. [Citace: 25. Květen 2019.] <https://viazacieprostriedky.cz/produkt/jerabove-vidle-tkg-vhs>.
8. **HOSNEDL, S. a KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojního inženýra - Obecné strojní části 2*. Praha : Computer Press, 2000.
9. —. *Příručka strojního inženýra - Obecné strojní části 1*. Praha : Computer Press, 199.