



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**MODULOVÁ ŘADA DÍLENSKÝCH MOBILNÍCH
PORTÁLOVÝCH JEŘÁBŮ**

MODULAR SERIES OF WORKSHOP MOBILE PORTAL CRANES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Novák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Bc. Tomáš Novák**
Studijní program: Automobilní a dopravní inženýrství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**
Akademický rok: 2021/22

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

Modulová řada dílenských mobilních portálových jeřábů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Koncepční návrh modulové řady dílenských portálových jeřábů pro tyto parametry:

- nosnosti od 500 kg do 3200 kg,
- rozpětí od 3000 mm do 4000 mm,
- maximální výšky jeřábu od 2000 mm do 4000 mm.

Cíle diplomové práce:

Rešeršní studie jeřábů obdobných užitkových vlastností.

Pevnostní výpočet nosných konstrukcí jednotlivých variant.

Návrh konfigurátoru pro zjednodušený návrh vybraných konstrukčních variant.

Sestava jeřábu alespoň dvou vybraných konfigurací.

Podsestavy a svařovací sestavy jedné z variant.

Seznam doporučené literatury:

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

ČSN EN 13001-1. Jeřáby - Návrh všeobecně - Část 1: Základní principy a požadavky. Praha:Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

REMTA, František, Ladislav KUPKA a František DRAŽAN. Jeřáby. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1975.

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

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem modulové řady dílenských mobilních portálových jeřábů s nosností od 500 kg do 3200 kg. Úvod práce se zabývá řešerší, ve které je nejprve dílenský mobilní portálový jeřáb zařazen do kategorizace podle konstrukce, dále jsou detailně popsány jeho části a na závěr řešerše jsou uvedeny jeřáby s podobnými užitkovými vlastnostmi. Hlavní část práce je zaměřena na návrh modulové řady, návrh nosné konstrukce a na pevnostní výpočty nosných částí. V závěru práce se nachází kontrola výpočtů podle MKP modelu, odhad ceny jeřábu a návrh konfigurátoru pro rychlé vyhledání požadovaného jeřábu zákazníkem. Součástí práce jsou přílohy, ve kterých jsou uvedeny parametry a vypočtené hodnoty všech portálových jeřábů modulové řady.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jeřáb, portálový jeřáb, mobilní portálový jeřáb, dílenský jeřáb, nosnost, modulová řada

ABSTRACT

The Master's thesis deals with the proposal of a modular series of workshop mobile gantry cranes with a load capacity from 500 kg to 3.200 kg. The introduction deals with the recherche, in which the workshop mobile gantry crane is firstly categorized according to the construction. Then, its parts are described in detail and at the end of the recherche, cranes with similar utility properties are presented. The main part of the work is focused on the proposal of the modular series, the proposal of the load-bearing structure and the strength calculations of the load-bearing parts. At the end of the work, there is a check of calculations according to the FEM model, an estimate of the crane price and a proposal configurator for a quick search of a required crane by a customer. The work includes appendices in which the parameters and calculated values of all gantry cranes of the module series are given.

KEYWORDS

Crane, gantry crane, mobile gantry crane, workshop crane, lifting capacity, module series

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁK, T. *Modulová řada dílenských mobilních portálových jeřábů*. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 125 s. Vedoucí diplomové práce Miroslav Škopán. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139316>

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 18. května 2022

.....

Tomáš Novák

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě děkuji doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za vzorné vedení mé diplomové práce a za relevantní připomínky k ní. Dále děkuji firmě KRÁLOVO POLE CRANES, a.s. za výpomoc při vypracování této diplomové práce a za možnost nahlédnout do firemních norem. Závěrem děkuji své rodině za jejich trpělivost a podporu, kterou mi po dobu mého studia poskytovala.

OBSAH

Úvod	12
1 Definice a základní pojmy portálových jeřábů	13
1.1 Definice slova jeřáb	13
1.2 Základní pojmy v oblasti portálových jeřábů	13
2 Kategorizace podle konstrukce	14
2.1 Jeřáby mostového typu	14
2.1.1 Mostový jeřáb	14
2.1.2 Portálový jeřáb	15
2.1.3 Poloportálový jeřáb	16
2.2 Jeřáby výložníkového typu	16
2.2.1 Portálový výložníkový jeřáb	17
2.2.2 Sloupový výložníkový jeřáb	17
2.2.3 Věžový jeřáb	18
2.2.4 Mobilní jeřáby	18
2.2.5 Nástěnný jeřáb	19
2.3 Jeřáby s nosnými lany	19
2.3.1 Lanový jeřáb	19
3 Popis dílenského mobilního portálového jeřábu	20
3.1 Hlavní konstrukční díly	21
3.2 Jeřábová kočka	22
3.3 Kabelová vlečka	23
3.3.1 Kolejnice pro kabeláž	23
3.3.2 Kladky pro kabeláž	23
3.4 Pojezdová kola	24
3.5 Další komponenty	24
4 Rešeršní studie jeřábů obdobných vlastností	25
4.1 Mobilní sloupový jeřáb	25
4.2 Mobilní sloupový jeřáb s lomeným ramenem	26
4.3 Mobilní hydraulický jeřáb	26
4.3.1 Mobilní hydraulický jeřáb	26
4.3.2 Mobilní hydraulický jeřáb s pevnou konstrukcí	27
5 Návrh modulové řady	28
6 Konstrukční návrh portálového jeřábu	29
6.1 Návrh nosného rámu	29
6.2 Volba jeřábové kočky	31
6.3 Volba kabelové vlečky	32
6.4 Volba pojezdových kol	33
6.5 Volba dalších komponentů	33
6.6 Celkový pohled	35
7 Pevnostní výpočty nosných konstrukcí	36
7.1 Návrh provozního využití	36

7.1.1	Celkový počet pracovních cyklů.....	36
7.1.2	Určení druhu provozu	37
7.1.3	Životnost jeřábu	39
7.2	Bezpečnostní požadavky a opatření	39
7.2.1	Účinky při zdvihání a gravitační účinky působící na hmotnost jeřábu.....	40
7.2.2	Setrvačné a gravitační účinky působící svisle na břemeno zdvihu	41
7.2.3	Zatížení způsobená pojezdem po nerovném povrchu	41
7.2.4	Zatížení způsobená zrychlením všech pohonů jeřábu.....	42
7.2.5	Zatížení zkušebními břemeny	42
7.2.6	Přehled bezpečnostních součinitelů	43
7.3	Volba materiálu	43
7.3.1	EN 10025-2.....	43
7.3.2	EN 10219-1	44
7.4	Vstupní parametry jeřábu	44
7.4.1	Vstupní hodnoty	44
7.4.2	Výpočet celkových hmotností.....	46
7.5	Výpočet zatížení působící na jeřáb.....	47
7.5.1	Zatížení od hmotnosti jeřábu.....	47
7.5.2	Zatížení od hmotnosti břemene	48
7.5.3	Zatížení od hmotnosti jeřábu a břemene	48
7.5.4	Zatížení od zrychlení zdvihového pohonu	48
7.5.5	Zatížení při zkouškách	48
7.5.6	Přehled zatížení působící na jeřáb.....	49
7.6	Kombinace zatížení	49
7.6.1	Díleční součinitele bezpečnosti pro hmotnost jeřábu	50
7.6.2	Výpočet kombinací zatížení.....	50
7.7	Prokázání statické způsobilosti jeřábu	52
7.7.1	Lokální napětí v nosných přírubách zatížených koly.....	52
7.7.2	Bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti jeřábového mostu.....	56
7.7.3	Bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti nosného sloupu	61
7.7.4	Bezpečnost vůči meznímu stavu vzpěrné stability podpor	63
7.7.5	Bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti pojezdového příčnicku	64
7.7.6	Přehled maximálních napětí a bezpečností	66
7.8	Prokázání způsobilosti šroubových spojů	66
7.8.1	Spojení jeřábového mostu a nosného sloupu	66
7.8.2	Spojení nosného sloupu a pojezdového příčnicku	68
7.9	Prokázání způsobilosti svarových spojů.....	70
7.9.1	Svarový spoj v horní části nosného sloupu	71
7.9.2	Svarový spoj v dolní části nosného sloupu	80
7.10	Kontrola způsobilosti pojezdových kol	83
7.11	Prokázání únavové pevnosti	83
7.11.1	Prokázání únavy v nosných konstrukcích.....	85
7.11.2	Prokázání únavy svarových spojů.....	90
7.12	Kontrola konstrukce na průhyb	95
7.12.1	Kontrola průhybu jeřábového mostu.....	95
7.12.2	Kontrola průhybu nosného sloupu	96
7.12.3	Kontrola průhybu pojezdového příčnicku	96
7.13	Kontrola jeřábu na překlopení	97

8	Pevnostní analýza	99
8.1	Jeřabový most	99
8.2	Nosný sloup	100
8.3	Pojezdový příčník	101
9	Odhad ceny.....	103
10	Návrh konfigurátoru	105
10.1	Základní varianta konfigurátoru.....	105
10.2	Odlišná varianta konfigurátoru.....	107
10.3	Výpočetní konfigurátor se základními parametry	107
10.4	Ceny jednotlivých komponentů na jeřábu.....	111
	Závěr	112
	Použité informační zdroje.....	114
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	118
	Seznam příloh	125

ÚVOD

Jednadvacáté století je doba, kterou charakterizují slova jako úspěchanost, přetechnizovanost, peníze, rychlost, mohutnost a megalomanství. Tato slova jsou v přímé úměře s potřebami lidí a vývojem společnosti v současné době a zřejmě i v budoucnu. Aby člověk dokázal splnit zadané cíle, přizpůsobil techniku potřebám svým a potřebám výroby. Vyrábí se větší, těžší a složitější soustrojí. K tomuto účelu je potřeba i technika, kterou se zabývá tato práce [36].

Jeřáby se používají denně a práce bez nich je už teoreticky nemožná. Používají se nejen z omezených možností lidské síly, ale také pro ulehčení a zrychlení práce se zvedáním a manipulací jakýchkoliv předmětů. Je zkonstruováno velké množství druhů jeřábů. Na stavbách se setkáváme s mobilními jeřáby, věžovými jeřáby a různými příhradovými jeřáby. V překladištích a přístavech potom s lodními a sloupovými jeřáby. V dílenských podmínkách, kterým se věnuje tato práce se většina těchto jeřábů neuplatní z důvodu omezených prostorových možností. Rovněž potřeby při těchto pracích jsou jiné [36].

Pro práci v dílenském prostředí jsou ideálními pomocníky dílenské mobilní portálové jeřáby s nosností 500 kg až 3200 kg a s možností manipulace v omezených a členitých vnitřních prostorách. Jedná se o jeřáby, jejichž nasazení není tak výrazné, aby se nám ekonomicky vyplatilo osadit celkové výrobní prostory složitějším zařízením [36].

CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je navržení modulové řady mobilních dílenských portálových jeřábů s nosností od 500 kg do 3200 kg, rozpětím od 2000 mm do 3000 mm a výškou jeřábu od 2000 mm do 4000 mm pro firmu KRÁLOVO POLE CRANES, a.s. Jednotlivé navržené jeřáby v modulové řadě je potřeba podrobit výpočtům a optimalizovat tak, aby jejich cena byla co nejnižší. Výstupem této práce je naprogramovaný konfigurator, který podle požadavků zákazníka vybere ideální mobilní dílenský portálový jeřáb z navržené modulové řady.

1 DEFINICE A ZÁKLADNÍ POJMY PORTÁLOVÝCH JEŘÁBŮ

Tato kapitola se zabývá definováním a popisem slova jeřáb a vysvětlením základních pojmů v oblasti portálových jeřábů, které jsou používány v této práci.

1.1 DEFINICE SLOVA JEŘÁB

Jeřáb je zařízení z kategorie zdvihadel. Slouží ke zvednutí a následnému přemístění předmětů (břemen), jak ve svislém, tak i vodorovném směru, často kombinací obou směrů. Břemeno bývá připevněno, zvednuto a přemístěno pomocí soustav kladek, lan nebo řetězů, na jejichž konci je umístěn hák nebo jiný prostředek pro uchopení břemene (magnet, drapák, ...) [1] [3].

1.2 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI PORTÁLOVÝCH JEŘÁBŮ

Břemeno je technický (odborný) název pro jakýkoliv předmět, který pomocí jeřábu zdviháme a přemísťujeme na jiné místo.

Nosnost je základní jednotka vyjádřena v tunách nebo kilogramech, která vyjadřuje, jakou hmotnost je dané zařízení v základních parametrech schopné zvednout.

Rozpětí jeřábu je vodorovná vzdálenost možného pohybu kočky.

Výška zdvihu je vzdálenost měřená od horní polohy háku po maximální délku nosného média (lano, řetěz) v závislosti na případném násobení tahu pomocí kladkostroje.

Jeřábový most je hlavní nosná část, po které se pohybuje kočka. Skládá se z jednoho nebo více nosníků, které jsou podle druhu jeřábu na každé straně pevně nebo pohyblivě ukotveny.

Kočka, také nazýváno jako jeřábová kočka, je pojízdné zdvihací zařízení, které se pohybuje po nosné konstrukci jeřábu. Břemeno je zpravidla zvedáno pod úrovní jízdní dráhy kočky.

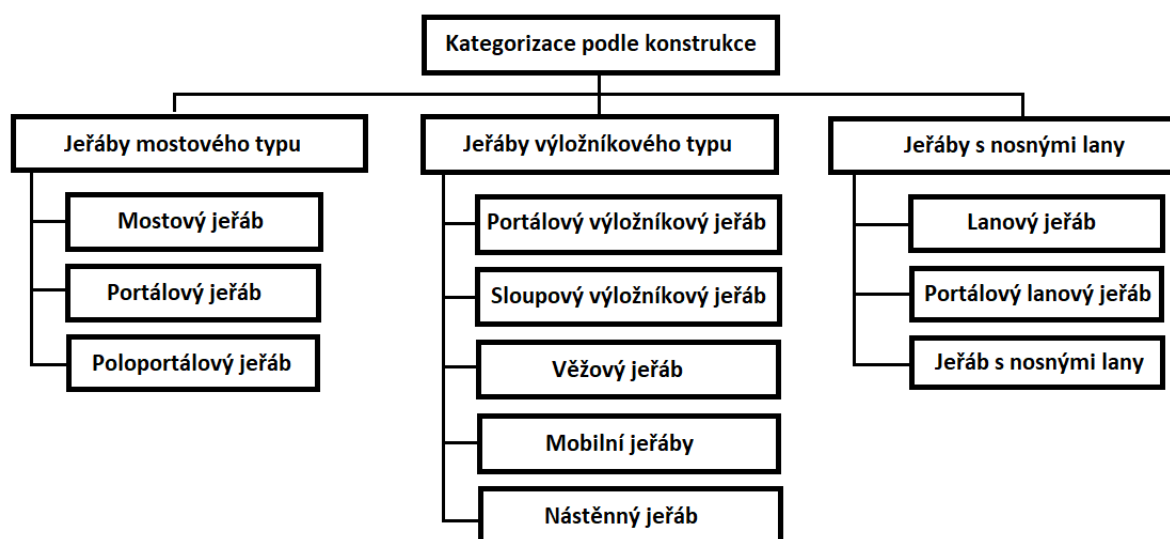
Modulová řada je odborný (technický) název. Jiný způsob pojmenování je produktová řada a znamená to označení pro stejné konstrukční řešení různých nosností.

2 KATEGORIZACE PODLE KONSTRUKCE

Úvodem bylo představeno, čím se tato diplomová práce zabývá, k jakým účelům slouží jeřáb a byly specifikovány základní pojmy. Pokud by tuto práci ale četl čtenář neznalý tohoto oboru, je důležité na začátku práce poskytnout informace o tom, jaké druhy jeřábů existují, a do které kategorie jeřábů patří mobilní dílenský portálový jeřáb, který bude řešen v této práci.

Již bylo zkonstruováno několik druhů jeřábů, přičemž každý druh je vhodné použít na jiném místě. Tyto druhy lze rozdělovat podle různých hledisek, které nám udává norma ČSN ISO 4306-1. Rozdělení jeřábů může být podle konstrukce (mostový, výložníkový, nosná lana), podle prostředku pro uchopení břemene (háček, magnet, drapák), podle druhu pohybu (stacionární, přemístitelný, pojízdný, ...), podle druhu pohonu (ruční, elektrický, hydraulický), podle rozsahu otáčení (otočný, neotočný, omezeně otočný) nebo podle způsobu ovládání (z kabiny, ze země, závěsným panelem, ...) [1] [2].

V této práci je kategorizace provedena podle konstrukce. Do rozdělení je zahrnuta většina druhů jeřábů. Obecné použití je popsáno u každého z druhů jeřábů. Blíže upřesněny a stručně popsány jsou pak pouze ty, které se běžně používají v dílnách, opravárnách, halách a dalších provozovnách, kde se rovněž používá mobilní dílenský portálový jeřáb.



Obr. 2.1 Schéma kategorizace jeřábů

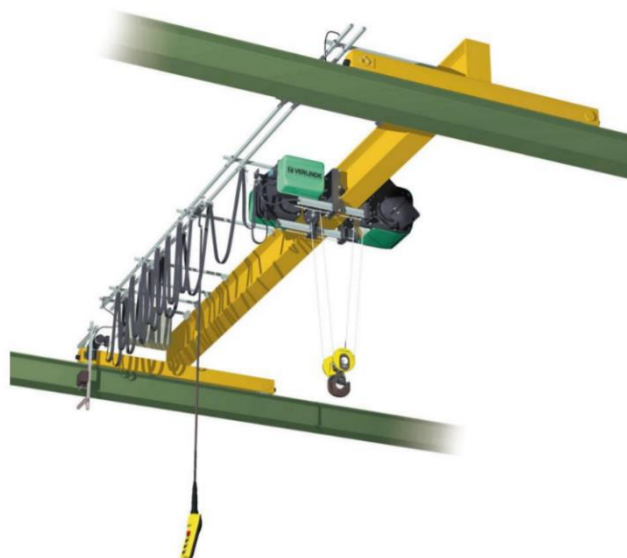
2.1 JEŘÁBY MOSTOVÉHO TYPU

První skupinou jsou jeřáby mostového typu. Do této skupiny spadají ty druhy jeřábů, jejichž nosnou ocelovou konstrukci tvoří jeřábový most [1].

2.1.1 MOSTOVÝ JEŘÁB

Mostový jeřáb se nejčastěji používá ve výrobních halách, překladištích apod. Konstrukce je tvořena jeřábovým mostem, který pojíždí po vyvýšené jeřábové dráze se dvěma větvemi. Most je tvořen jedním (jednonosníkové) nebo dvěma nosníky (dvounosníkové), které jsou

spojeny pomocí příčníků v tuhý rám. Po horní ploše mostu nebo i po spodních kantrách pojíždí kočka se zdvihadlem, lanem a kladnicí s hákem. Pohon tohoto druhu jeřábu je nejčastěji elektrický s mechanickými nebo hydraulickými převody [2].



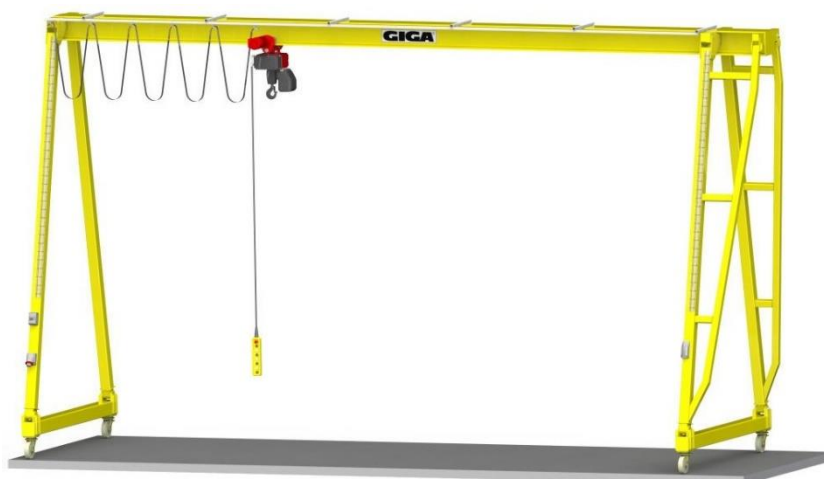
Obr. 2.2 Jednonosíkový mostový jeřáb [5]

2.1.2 PORTÁLOVÝ JEŘÁB

Portálové jeřáby jsou vyráběny ve velké škále nosností a nachází uplatnění na mnoha místech. Velké v rádech desítek až stovek tun se používají v přístavech, na otevřených skládkách a překladištích. Mále v rádech jednotek tun se používají ve výrobních, dílnách, montážních halách a skladovacích halách. A právě na tyto malé dílenské portálové jeřáby je zaměřena tato diplomová práce.

Konstrukce portálového jeřábu je ve tvaru portálu, který se skládá z jeřábového mostu uloženého na dvou vlastních podporách. Podpory mohou být pevně ukotveny do země nebo mohou být pojízdné (mobilní). Pevně ukotvené portálové jeřáby mají velice omezený pracovní prostor a v dílnách moc nenachází uplatnění. Mobilní portálové jeřáby jsou typické pro použití v dílenském prostředí, což je další specifikace, na kterou je zaměřena tato práce [2] [4].

Jeřábový most je pak rovněž vybaven kočkou s hákem, magnetem nebo drapákem. Pohon může být ruční nebo elektrický. Podrobnější popis dílenského mobilního portálového jeřábu se nachází v kapitole 3 [2].



Obr. 2.3 Mobilní portálový jeřáb [6]

2.1.3 POLOPORTÁLOVÝ JEŘÁB

Poloportálové jeřáby se používají v dílnách, montážních halách nebo výrobních závodech. Konstrukci tohoto jeřábu tvoří jeřábový most, který má na jedné straně podporu ukotvenou pohyblivě nebo nepohyblivě na zemi a na druhé straně je jeřábový most položen na vyvýšené jeřábové dráze, na budově, opěrné zdi apod. Jeřábový most je vybaven kočkou s hákem. Pohon může být ruční nebo elektrický [2].



Obr. 2.4 Mobilní poloportálový jeřáb [6]

2.2 JEŘÁBY VÝLOŽNÍKOVÉHO TYPU

Druhou skupinou jsou jeřáby výložníkového typu. Do této skupiny spadají ty druhy jeřábů, jejichž manipulační mechanismus je tvořen výložníkem. Ten slouží pro umístění břemene do požadované vzdálenosti a výšky. Výhodou tohoto typu jeřábu je, že výložník u většiny druhů jeřábů je schopen se otáčet o 360°. Jeřáb tohoto typu je poté zpravidla umístěn na pojízdném podvozku různých typů, čímž se jeho dosah znásobí [1].

2.2.1 PORTÁLOVÝ VÝLOŽNÍKOVÝ JEŘÁB

Tento typ jeřábu je používán pro venkovní nákladní yard, v přístavech, na otevřených skládkách a překladištích. Portálový výložníkový jeřáb je většinou masivní konstrukce a pro dílenské použití se nehodí. Horní otočný vršek, na kterém se nachází výložník, je spojen pomocí točny se spodní částí, která je ve tvaru portálu [7].



Obr. 2.5 Portálový výložníkový jeřáb [7]

2.2.2 SLOUPOVÝ VÝLOŽNÍKOVÝ JEŘÁB

Sloupový výložníkový jeřáb se používá v dílnách, montážních halách výrobních závodech nebo přístavech. Hlavní částí je výložník, který je uložen buď kolmo (nemění svůj sklon) nebo stavitelně (lze jej vztyčovat a sklápět) ke sloupu. Dle konstrukce rozlišujeme dvě hlavní kategorie sloupových výložníkových jeřábů. S neotočným nebo otočným sloupem. Buď se otáčí výložník kolem sloupu, na sloupu nebo se otáčí celý sloup s výložníkem. Ve vodorovné poloze po výložníku pojíždí kočka, čímž se mění vyložení. Sloupové jeřáby mohou být stacionární nebo mobilní [2].



Obr. 2.6 Sloupový výložníkový jeřáb [8]

2.2.3 VĚŽOVÝ JEŘÁB

Věžové jeřáby jsou používány pro stavbu dílen a velkých objektů, tzn. lze je vidět na stavbách, u skladů nebo loděnicích. Konstrukce těchto jeřábů je tvořena několika příhradovými díly, které se skládají z prutové soustavy (silnostěnné bezešvé ocelové trubky). Věžové jeřáby jsou vysoké desítky metrů a jejich nosnost se pohybuje v desítkách tun.



Obr. 2.7 Věžový jeřáb [9]

2.2.4 MOBILNÍ JEŘÁBY

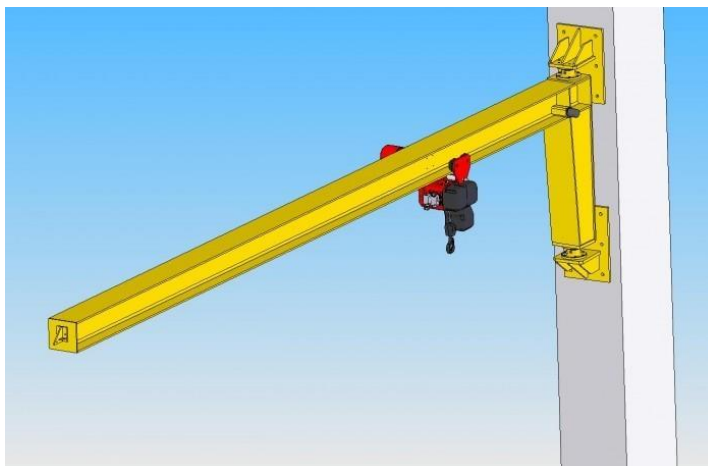
Typickými místy použití mobilních jeřábů jsou staveniště, loděnice, dílny, montážní haly apod. Do kategorie mobilní jeřáby spadá několik typů jeřábů. Jsou to jeřáby na automobilovém podvozku, pásovém podvozku, železničním podvozku nebo plovoucím podvozku. Tyto jeřáby se vyznačují tím, že jsou schopny pohybu vlastní silou mezi jednotlivými pracovišti oproti jiným typům. V dílenském provozu je možné se setkat především s automobilovým jeřábem, který může být nasazen právě při sestavení mobilního dílenského portálového jeřábu.



Obr. 2.8 Automobilový jeřáb [10]

2.2.5 NÁSTĚNNÝ JEŘÁB

Nástěnný jeřáb se používá v dílnách, skladištích, na rampách skladišť, výrobních závodech apod. Konstrukce je tvořena otočným výložníkem, jehož rozsah se odvíjí podle umístění tohoto jeřábu. Může být připevněn na zeď, sloup haly nebo jiné nosné konstrukce. Otočný pohyb konzoly je ruční. Nástěnný jeřáb mívá jednoduchou kočku taženou lanem nebo řetězem. Pohon zdvihacího ústrojí je ruční nebo elektrický [2].



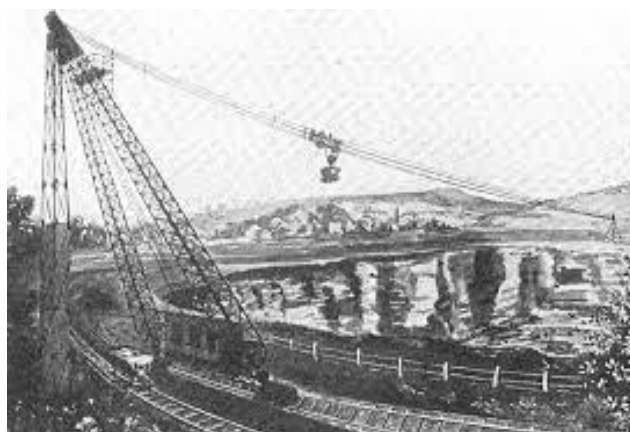
Obr. 2.9 Nástěnný jeřáb [6]

2.3 JEŘÁBY S NOSNÝMI LANY

Třetí skupinou jsou jeřáby s nosnými lany. Do této skupiny spadají ty druhy jeřábů, jejichž konstrukce je tvořena nosným lanem. Jedná se o lanový jeřáb, portálový lanový jeřáb a jeřáb s nosnými lany [1].

2.3.1 LANOVÝ JEŘÁB

Tento typ jeřábu se používá v kamenných lomech nebo pro stavbu mostů. Hlavní část je tvořena nosným lanem, po kterém se pohybuje jeřábová kočka [4].



Obr. 2.10 Lanový jeřáb nad kamenolomem [11]

3 POPIS DÍLENSKÉHO MOBILNÍHO PORTÁLOVÉHO JEŘÁBU

Výrobou těchto jeřábů se v dnešní době zabývá řada firem, proto se na trhu vyskytuje velké množství dílenských mobilních portálových jeřábů. Tyto jeřáby jsou vyráběny a nabízeny do nosnosti 5 tun (jedná se o zdvihací zařízení, na které stačí obsluhu pouze školení a nemusí být držitelem jeřábnického průkazu) a rozpětí do 6 metrů. Dříve se hlavní nosná část konstruovala jako jeden svařenec. Od tohoto řešení se upouští a jako nejpoužívanější jeřáby jsou na internetu vyhledávány ty varianty, které se snadno sestaví a rozeberou z několika montážních dílů. Trend dnešní doby nabízí i univerzální varianty, u kterých lze měnit rozpětí a výšku zdvihu pomocí kolíků a závlaček. Podle výše zmíněných faktů, je tento popis zaměřen na konstrukční variantu, která má možnost montáže a demontáže.

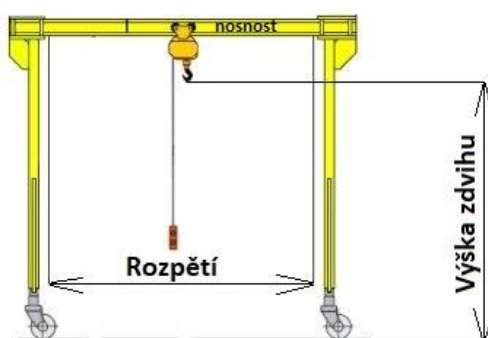
Hlavní nosná konstrukce je tvořena jeřábovým mostem, který je nejčastěji pomocí šroubů a matic spojen se dvěma podporami (nohami).

Důležitým přídatným komponentem je jeřábová kočka, která se pohybuje po jeřábovém mostě. Slouží ke zdvihání a spouštění břemene. Skládá se z lanového nebo řetězového bubnu a soustavy kladek s lanem nebo řetězem, na jejichž konci je umístěn hák. Pro pohyb jeřábové kočky, lana nebo řetězu se používá ruční nebo elektrický pohon. V případě použití elektrického pohonu je kočka doplněna elektromotorem. Od kočky je na kabelu spuštěn ovládací panel pro pohyby lana nebo i pohyby samotné kočky. Jiným řešením umístění tohoto panelu je jeho varianta dálkového řízení. Pracovní prostor kočky je určen rozpětím jeřábu a výškou zdvihu.

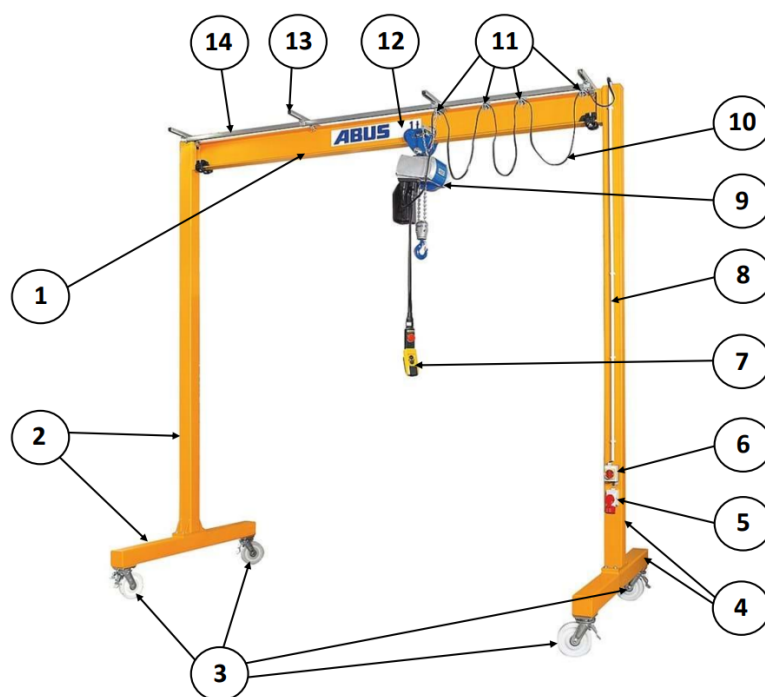
Na boční straně jedné z podpor je umístěna elektrická zásuvka pro přívod elektřiny se zapínacím a vypínacím tlačítkem, popřípadě i s pojistkou. Elektrický kabel od této zásuvky je veden po rámu podpory k jeřábovému mostu. Na jeřábový most je připevňována kabelová vlečka, která se skládá z kolejničky a kladky pro uchycení kabeláže. Tato kabeláž je přivedena do elektromotoru kočky a zajišťuje tak její funkci.

Dalšími komponenty jsou čtyři (i více) zajistitelná kola připevněná ze spodu podpor, která zajišťují pohyb po pracovním prostoru. Pohon těchto kol bývá ruční, ale může být i elektrický.

V dnešní době je hlavním cílem konstruovat tyto jeřáby co nejbezpečnější. Bezpečnostní prvky jsou označení jeřábového mostu maximální dovolenou nosností předepsanou výrobcem, žárové zinkování proti korozi pro použití ve venkovním prostředí, ochranná stříška kladkostroje pro použití ve venkovním prostředí. Bezpečnost těchto zdvihadel je zajištěna nosností samotné kočky a pohyblivostí proti šikmému tahu [12].



Obr. 3.1 Zakótování důležitých parametrů, které jsou prvním kritériem při výběru dílenského portálového mobilního jeřábu [12]

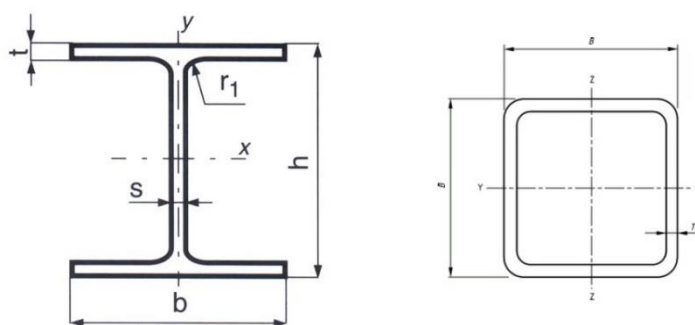


Obr. 3.2 Popis dílenského mobilního portálového jeřábu [13]

1 – jeřábový most, 2 – levá podpora tvořena dvěma profily, 3 – pojezdová kola, 4 – pravá podpora tvořena dvěma profily, 5 – zásuvka, 6 – vypínač, 7 – ovládací panel, 8 – kryt kabelového vedení na podpoře, 9 – kočka, 10 – shrnovací kabelové vedení na mostě, 11 – kladky pro uchycení kabeláže, 12 – označení nosnosti, 13 – konstrukční řešení držadla kolejnice, 14 – kolejnice pro kladky

3.1 HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ DÍLY

Mezi primární konstrukční díly patří jeřábový most a podpory. Jeřábový most dílenských portálových jeřábů je tvořen jedním nosníkem tvaru I, T, IPE, IPN nebo HEB a HEA – profilu. Konstrukční řešení podpor je různé, záleží na návrhu výrobce. Dříve se nejčastěji používala příhradová konstrukce tvaru A. Dnes se většinou jedná o nosný sloup čtvercového průřezu, případně i HEB (HEA) profilu. Ten může být sešroubován nebo svařen s mostem samostatně nebo k němu mohou být přivařeny desky, žebra, podpěrné tyče, případně další profily pro jeho vyztužení. Většinou se používají materiály, které jsou normalizované a jsou k dispozici na internetových stránkách nebo v kamenných obchodech s hutními materiály [15].

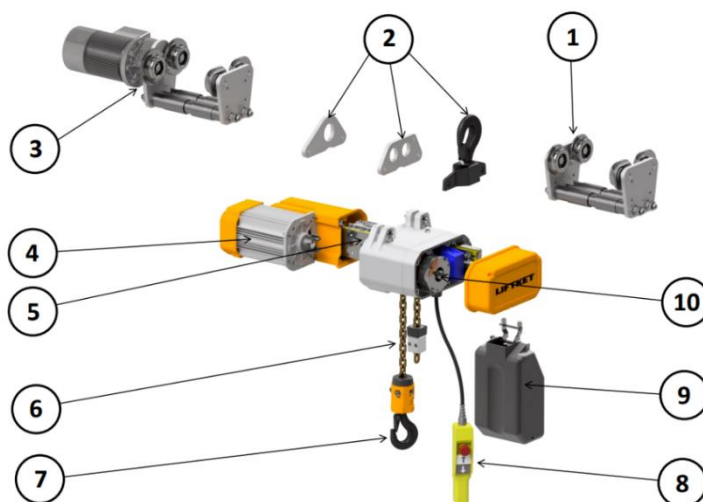


Obr. 3.3 Normalizované profily [14]

3.2 JEŘÁBOVÁ KOČKA

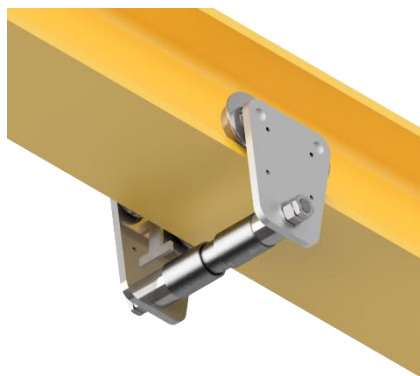
Jeřábová kočka, též nazývána jako kladkostroj, je hlavní doplňkové zařízení. Při navrhování konstrukce mobilního dílenského portálového jeřábu je možné si navrhnout, zkonstruovat a sestavit vlastní kočku nebo je možné si ji vybrat a koupit u společnosti zabývající se její výrobou. Výběr záleží na nosnosti, nosné konstrukci, parametrech jeřábu, typu jeřábu, druhu práce, provozních podmínkách a požadavcích zákazníka [15].

U dílenských mobilních portálových jeřábů se používají kočky podvěsné. Tyto kočky se pohybují po čtyřech pojezdových rolnách z legované oceli s kuličkovými ložisky po spodní pásnici nosníku. Díky tomu mohou pracovat jak na rovných, tak i kuželových nosnících. Jak již bylo zmíněno, pohon může být ruční nebo elektrický. V případě použití elektrického pohonu je kočka doplněna při vyšších výkonech trojfázovým asynchronním motorem s kroužkovou kotvou a při nižších výkonech s elektromotorem s kotvou nakrátko. Tento pohon zajišťuje pohyb kočky po nosníku a také pohon zdvihacích mechanismů. U zdvihových mechanismů je funkce provedena pomocí hřídele, který je vedený z elektromotoru. Hřídel přenáší krouticí moment přes integrovanou kluznou spojku a dvoučelistovou brzdu do převodovky. Z převodovky je poháněný lanový nebo řetězový buben, který je lanem nebo řetězem spojený s vodícími kladkami a hákem [16] [17].



Obr. 3.4 Popis jeřábové kočky [18]

1 – vozík pro ruční pohon pojezdových rolen, 2 – jiné konstrukční varianty pro uchycení kočky používané na jiných jeřábech nebo jiných pojezdech, 3 – elektrický pohon pojezdových rolen, 4 – přírubový motor, 5 – převodovka se šikmým ozubením, 6 – řetěz, 7 – uchopovací prostředek – hák, 8 – ovládací panel, 9 – vak pro řetěz – toto řešení je náhradou za řetězový buben, 10 – brzda a spojka [18]



Obr. 3.5 Detailní pohled pojezdu na rolnách [18]

3.3 KABELOVÁ VLEČKA

Pro přívod elektrické energie je potřeba kabelové vedení. Tuto kabeláž je nutné umístit na takové místo na dílenském portálovém jeřábu, aby byla zajištěna bezpečnost před porušením kabelu, a zároveň aby zůstalo pracovní rozpětí kočky v maximálních hodnotách. Na podporách je možné umístit kabelové vedení na rám. Na jeřábovém mostě umístit kabeláž na rám nelze z důvodu pojezdu kočky. Proto se používá kabelová vlečka, která slouží pro uchycení a vedení kabeláže.

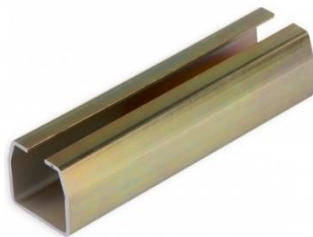
Existuje velké množství konstrukčních variant kabelové vlečky. Nejjednodušší variantou je umístit potřebné množství uzavřeného ocelového profilu čtvercového průřezu na horní stranu nosníku (vršek portálového jeřábu). Na tyto profily je přichycena kolejnice, která je v potřebné konstantní vzdálenosti od nosníku tak, aby byl zajištěn mezi ní a nosníkem pohyb jeřábové kočky. V kolejnici se pohybují kladky, do kterých je uchycena kabeláž. Ta se do kladek uchycuje po stejné dlouhých úsecích, čímž vznikne shrnovací vedení.



Obr. 3.6 Konstrukční řešení kabelové vlečky [19]

3.3.1 KOLEJNICE PRO KABELÁŽ

Kolejnice je polotovár, jejíž výrobou a distribucí se zabývá řada firem. Jedná se tedy o normalizovanou součást. Je tvořena dutým profilem C průřezu nebo čtvercového průřezu s drážkou na spodní straně pro pohyb kladek. Kolejnice může být z hliníku nebo zinkované oceli.



Obr. 3.7 Pozinkovaná kolejnice [20]

3.3.2 KLDKY PRO KABELÁŽ

Kladka je rovněž normalizovaná součást, jejíž výrobou se zabývá řada firem. V principu se jedná o spojení pojezdových kladek se závěsem pro kabelové vedení. Konstrukční provedení se liší u každého výrobce.



Obr. 3.8 Pohyblivá kladka [20]

3.4 POJEZDOVÁ KOLA

Pojezdová kola, též nazývána pojezdové kladky, zajišťují mobilitu portálového jeřábu. Jedná se o součást, která je také normalizována a je k dispozici v internetových nebo kamenných obchodech. Konstrukce pojezdové kladky se skládá z konzoly, hřbetní desky, brzdy, ložiska a kola. Konzola je speciálního tvaru z lisovaného ocelového plechu. Na horní straně konzoly je zkonstruován otočný věnec, do kterého je namontována hřbetní deska. Tato deska obsahuje otvory, které slouží pro spojení s portálovým jeřábem. Otočný věnec zajišťuje otočný pohyb celého pojezdového kola. Na spodní straně je připevněno ložisko, které zajišťuje rotační pohyb disku s gumovým běhounem. Celé kolo může být doplněno brzdou, která se umísťuje pod věnec. Pojezdové kladky jsou různých průměrů a jsou dimenzovány vždy pro určitou nosnost. V případě, že nestačí maximální nosnost, lze kola vyvěsit nebo přemostit, aby nedošlo při zdvihu k poškození (u větších nosností mostů).



Obr. 3.9 Pojezdová kladka [21]

3.5 DALŠÍ KOMPONENTY

Mezi další potřebné komponenty patří spojovací materiál, elektrická zásuvka, vypínač, kabel, bezpečnostní polepy a šrafování. Gumové dorazové prvky sloužící k ochraně kočky. Doplnkovým komponentem je kabelová lišta, která slouží k ochraně a vedení kabelu.

4 REŠERŠNÍ STUDIE JEŘÁBŮ OBDOBNÝCH VLASTNOSTÍ

Před samotným návrhem modulové řady a konstrukce, bylo vhodné uvést, co to vlastně mobilní dílenský portálový jeřáb je, a jak je konstruován. V předchozích kapitolách byl tedy tento jeřáb kategorizován a detailně popsán. Jedním z cílů je však i rešeršní studie jeřábů obdobných užitkových vlastností. Tato kapitola se tedy zabývá dílenskou jeřábovou technikou, která může být odlišné konstrukce, ale má podobné užitkové vlastnosti portálovým jeřábům a je používána pro stejné účely v dílenském prostředí.

4.1 MOBILNÍ SLOUPOVÝ JEŘÁB

Tento typ jeřábu byl navržen společností KRÁLOVO POLE CRANES a.s. Jedná se o výložníkový sloupový jeřáb, který je řazen podle konstrukce do kategorie jeřáby výložníkového typu. Mobilní sloupový jeřáb je zařízení pro vertikální a horizontální dopravu břemen v dílnách, skladech a drobných provozech [22].

Jeho konstrukce se skládá z podstavce se závažím, sloupu, otočného ramene, pojezdových kol, táhla pojezdu a kladkostroje. Podstavec se závažím je základní částí konstrukce. K němu je šrouby připevněn sloup, na kterém je v horní části namontováno rameno z I profilu. Po tomto profilu se po spodní přírubě pohybuje kočka. Její pohon může být ruční nebo elektrický. Otáčení ramene je prováděno ručním vodorovným působením na rameno nebo na zavěšené břemeno, případně zdvihový řetěz. Celá konstrukce je uložena na čtyřech kolech. V přední části je namontováno táhlo pro ruční pojezd. Pojezd lze provádět pouze bez zavěšení břemene [22].

Mezi podobné užitkové vlastnosti s mobilním dílenským portálovým jeřábem patří použití v dílenském prostředí, mobilita, konstrukce z podobných dílů nebo použití podobných komponentů. Hlavním rozdílem však zůstává celková hmotnost jeřábu zvýšená o nutnost použití adekvátní protiváhy. Jeho výhodou je použití v těsnějších prostorech.



Obr. 4.1 Mobilní sloupový jeřáb [22]

4.2 MOBILNÍ SLOUPOVÝ JEŘÁB S LOMENÝM RAMENEM

Tento typ jeřábu byl také navržen společností KRÁLOVO POLE CRANES a.s. Jedná se o výložníkový sloupový jeřáb s lomeným ramenem, který je řazen podle konstrukce do kategorie jeřáby výložníkového typu. Mobilní sloupový jeřáb s lomeným ramenem je zařízení pro vertikální a horizontální dopravu břemen v dílnách, skladech a drobných provozech [23].

Jeho konstrukce se skládá z podstavce, sloupu, otočného lomeného ramene a kladkostroje. Základním dílem je podstavec, na který je přišroubován sloup. Na vrcholku sloupu se nachází točna, do které je namontováno lomené rameno. Na konci lomeného ramene je zavěšen kladkostroj. Ten může být ruční, elektrický nebo pneumatický. K mobilitě jeřábu je potřeba paletový vůz, pro který jsou v podstavci vytvořeny otvory pro zajetí [23].

Mezi podobné užitkové vlastnosti s mobilním dílenským portálovým jeřábem patří použití v dílenském prostředí, mobilita nebo konstrukce z podobných dílů.



Obr. 4.2 Mobilní sloupový jeřáb s lomeným ramenem [23]

4.3 MOBILNÍ HYDRAULICKÝ JEŘÁB

Jedná se o nejpoužívanější druh dílenského jeřábu, který je řazen podle konstrukce do kategorie jeřáby výložníkového typu. Na trhu se vyskytuje velké množství typů mobilního skládacího hydraulického jeřábu. Jednotlivé typy jsou nepatrně odlišné konstrukce, ale základní kostru mají stejnou. Ta je tvořena takzvanou žirafou.

4.3.1 MOBILNÍ HYDRAULICKÝ JEŘÁB

Jedná se o jeřáb používaný na břemena menších rozměrů s omezenými parametry (výměny motoru apod.).

Konstrukce tohoto typu je tvořena několika svařenými ocelovými rámy, hydraulickým sloupkovým zvedákem s hydraulickým válcem, zdvihací pákou se zalícováním pro ovládání ventilu, závěsného stavitelného háku a kol. Ocelový rám je sestaven z uzavřených profilů

čtvercového nebo obdélníkového průřezu. Ocelové rámy jsou demontovatelně sestaveny (skládací provedení z důvodu úspory prostoru) v pojízdný stroj vybavený teleskopickým výložníkem (ruční ovládání), na jehož konci je zavěšen hák [24].



Obr. 4.3 Mobilní skládací hydraulický jeřáb [24]

4.3.2 MOBILNÍ HYDRAULICKÝ JEŘÁB S PEVNOU KONSTRUKCÍ

Jedná se o stejný konstrukční typ jako mobilní hydraulický jeřáb, jehož konstrukce ocelových rámů je pevně svařena.



Obr. 4.4 Mobilní hydraulický jeřáb s pevnou konstrukcí [25]

5 NÁVRH MODULOVÉ ŘADY

V této kapitole je popsán návrh modulové řady. V kapitole 1 byl definován pojem modulová řada. Jiná rozšířená specifikace tohoto pojmu je, že se jedná o soubor produktů, které jsou si navzájem velmi podobné nebo stejné, mají stejný design a podobné funkce nebo vlastnosti. V modulové řadě je každý produkt označen číslem, podle kterého je daný produkt specifikován, a podle kterého lze daný produkt vyhledat.

Modulová řada dílenských mobilních portálových jeřábů je navržena tak, aby odpovídala zadaným parametrům. Zadané parametry jsou nosnost v rozsahu od 500 kg do 3200 kg, rozpětí v rozsahu od 3000 mm do 4000 mm a výška jeřábu v rozsahu od 2000 mm do 4000 mm. Dle těchto podmínek je navržena modulová řada, která obsahuje 24 dílenských mobilních portálových jeřábů. Každý jeřáb je navržen pro jinou nosnost nebo jiné rozpětí a jinou výšku zdvihu tak, aby pokrytí zadaného rozsahu bylo rovnoměrné. Snahou je vždy nabízet takové modulové řady, aby byla naplněna poptávka zákazníka, proto je nabízeno v zadaném rozsahu 24 jeřábů.

Důležité je zde zmínit, že konstrukční řešení nosných částí je navrženo u všech variant totožné. Rozdíly jsou v použitých rozměrech materiálu. Délky jsou voleny podle daného rozsahu rozpětí a výšky jeřábu. Tloušťky materiálů jsou voleny podle nosnosti, kterou má daný jeřáb mít. Podrobnější popis a vysvětlení se nachází v kapitole 6.

Označení jednotlivých variant v modulové řadě je voleno podle názvu firmy, pro kterou je tato práce zpracovávána. Další symboly v označení udávají nosnost, označení typu jeřábu a verzi jeřábu v dané nosnosti. Jako příklad je použito návrhové označení dílenského mobilního portálového jeřábu KPC–1600 PC–2. Význam tohoto označení je následující:

KPC	-	1600	PC	-	2
= Název firmy KRÁLOVO POLE CRANES a.s.		= nosnost v kilogramech	= označení typu jeřábu PORTAL CRANE		= verze portálového jeřábu v dané nosnosti

V příloze I je zobrazena tabulka, ve které je popsáno všech 24 návrhových variant dílenských mobilních jeřábů. U všech je uvedena návrhová nosnost, rozpětí a výška jeřábu. Tyto hodnoty byly voleny, dle výše zmíněných faktů, aby pokrytí zadaných parametrů bylo rovnoměrné.

Jedná se však o základní koncepční návrh modulové řady. Je možné navrhnout a zkonstruovat i jinou variantu, upravenou podle přání zákazníka. Pokud by se požadavky zákazníků časem častěji shodovaly na jiných variantách (tj. jiná nosnost, jiné rozpětí, jiná výška jeřábu), může být přidán nový návrh do základní modulové řady.

Mezi cíle diplomové práce patří provést výkresovou dokumentaci. Má být vytvořena sestava alespoň dvou vybraných konfigurací, dále pak podsestavy a svařovací sestavy jedné z variant. Na základě konstrukčního návrhu a výpočtů (viz. kapitola 6 a 7) budou vypracovány tyto cíle, které jsou uvedeny v přílohách IX až XVI. První sestava, podsestavy a svařovací sestavy jedné z variant jsou aplikovány na typ konfigurace označenou KPC – 500 PC – 1. Druhá sestava je aplikována na typ KPC – 3200 PC – 3.

6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH PORTÁLOVÉHO JEŘÁBU

V této kapitole je popsán a odůvodněn návrh konstrukčního řešení dílenského mobilního portálového jeřábu. Jak bylo naznačeno u návrhu modulové řady v kapitole 5, navržená konstrukce nosných částí je u všech jeřábů z modulové řady stejná. Rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou v použitých rozměrech materiálu, které jsou voleny podle výpočtů. To je z důvodu, aby nosné části předepsanou zátěž vydržely nebo naopak, aby nebyly zbytečně mnohonásobně předimenzovány.

Je zde popsána pouze obecná varianta. Tato varianta je popsána pouze tak, jak je navrženo a sestaveno konstrukční řešení, ale nejsou uvedeny žádné rozměry. To je z důvodu, že rozměry (tloušťka stěn) jsou voleny a poupravovány až na základě výpočtů, které jsou počítány v kapitole 7. Je důležité ale nejprve provést tento předběžný návrh z několika důvodů. Ty hlavní důvody jsou volba typu nosníků a profilů, volba přídavného materiálu a návrh svarů. Volba a návrh těchto záležitostí jsou nezbytné před výpočty, protože jsou hlavním klíčovým kritériem používaným při výpočtech. V případě výpočtových nesrovnalostí bude konstrukční řešení ještě upraveno.

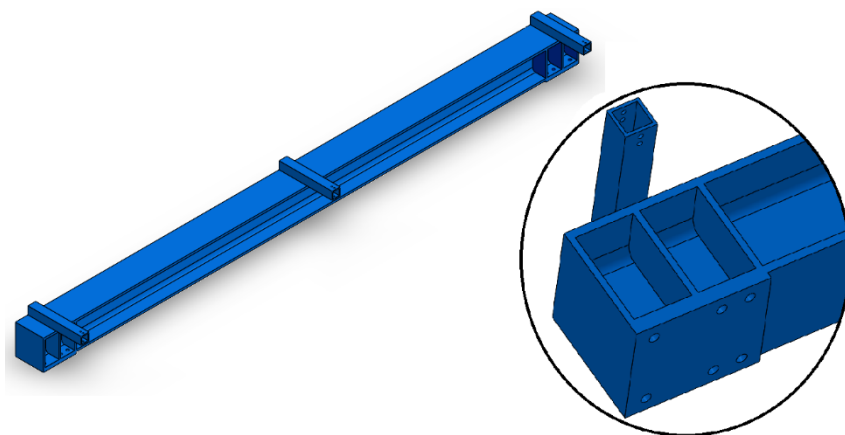
V této kapitole je také nutné zvolit některé výše zmíněné přídavné komponenty. To je z důvodu, že jejich parametry bude potřebné znát při výpočtech. U kladkostroje a kabelové vlečky je potřeba znát hmotnosti. Volba ostatních komponent je také zahrnuta do této kapitoly, ale výběr jejich rozměrů je proveden až na základě výpočtů.

U konstrukčního návrhu dílenského mobilního portálového jeřábu, který je popsán níže, je snahou dosáhnout několika cílů. Mezi ty hlavní patří, že pořizovací cena bude finančně nenáročná, ovladatelnost bude uživatelsky jednoduchá a bude tvořen nízkým počtem komponentů (minimální poruchovost). Mezi vedlejší cíle patří, že bude snadno rozebíratelný. Toto jsou hlavní kritéria, podle kterých je navržen konstrukční návrh, a podle kterých jsou voleny všechny komponenty.

6.1 NÁVRH NOSNÉHO RÁMU

Nosný rám portálového jeřábu je sestaven z pěti hlavních dílů, které jsou spojeny šrouby. Mezi tyto díly patří jeřábový most, dva sloupy a dva pojízdné příčníky podpor. Všechny díly je upraveno a v kritických průřezích vyztuženo plechy pomocí technologie svařování.

Jeřábový most je tvořen HEB profilem, který je normalizovaný, a je vybrán z katalogu výrobce Ferona, a.s. Tento profil je na obou koncích uzavřen z boku plechy. Dále na obou koncích je na spodní straně přivařena plotna, do které je vyvrtáno na každém konci 6 děr pro šrouby. Další úpravu tvoří přivařených osm žeber, čtyřech na každém konci, umístěných na zesílení kritických průřezů pokračujícího zatížení z podpěry. Poslední úpravu tvoří tři uzavřené čtvercové profily, které jsou přivařeny na horní plochu nosníku. Ty slouží pro uchycení kabelové vlečky.

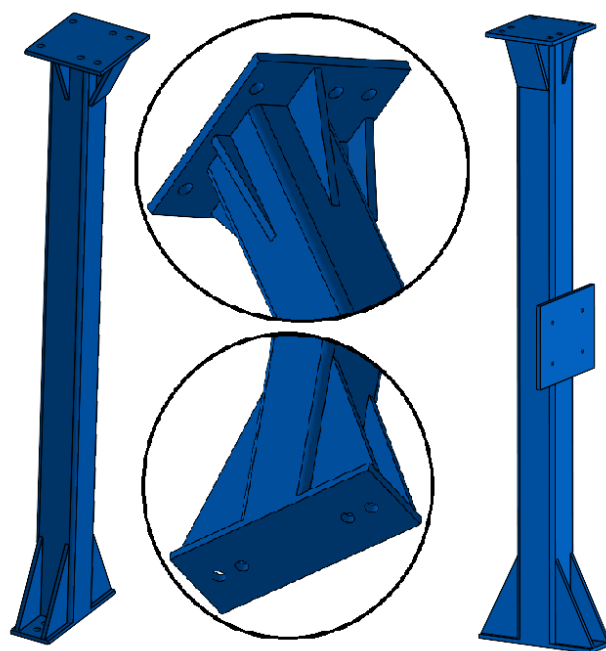


Obr. 6.1 Jeřábový most tvořen HEB profilem a znázornění detailního upravení

Podpory jsou navrženy na obou stranách nosníku konstrukčně stejné. Na každé straně je podpora sestavena ze dvou dílů. První díl je nosný sloup, který je dole přišroubován na pojízdný příčník a nahoře je přišroubován na jeřábový most. Tyto díly jsou tvořeny uzavřeným čtvercovým profilem, který je normalizovaný, a je vybrán z katalogu společnosti Feron, a.s.

K prvnímu dílu (nosný sloup) je nahoře přivařena plechová deska, která je ze čtyř stran vyztužena přivařenými trojúhelníkovými žebry. Horní desky jsou svrtány s plotnami na jeřábovém mostě (6 děr, tak aby odpovídaly svou roztečí těm na jeřábovém mostě). Na druhém konci dílu je též přivařena deska plechu, která je vyztužena pouze ze dvou stran čtyřmi trojúhelníkovými žebry. Tyto desky jsou svrtány čtyřmi dírami s pojezdovým příčníkem.

Rozdíl mezi jednou a druhou podporou je, že na jedné je z boku přivařen obdélníkový plech. Na tento plech je umístěna zásuvka a vypínač.



Obr. 6.2 Oba první díly podpor a jejich detailní znázornění konců

K pojezdovému příčníku je na obou stranách přivařen čtvercový plech, který má funkci uzavření profilu. Další dva plechy jsou přivařeny ze spodu profilu. Do nich jsou vyvrtány díry, vyřezány závity pro upevnění pojezdové kladky. Uprostřed profilu jsou vyvrtány díry tak, aby odpovídali svou roztečí těm na nosném sloupu (svrtáno s deskami při výrobě).



Obr. 6.3 Druhý díl podpory

6.2 VOLBA JEŘÁBOVÉ KOČKY

Volba nosnosti kladkostroje musí být stejná nebo nižší jako nosnost portálového jeřábu. Pokud výrobce nenabízí stejnou nosnost je vybrána nejbližší nižší nosnost. Když by byla vybrána jeřábová kočka o několik řádů vyšší nosnosti, byla by ohrožena bezpečnost při používání se zařízením. To znamená, že pokud se obsluha rozhodne zvedat na zařízení těžší břemeno, než na jaké je konstruováno, poškozením lze předejít pouze dodržením použití adekvátní kočky (tyto kočky nejsou vybaveny přetěžovacím zařízením).

Za těchto předpokladů jsou, pro výše navrženou nosnou konstrukci, zvoleny jeřábové kočky z katalogu výrobce LIFTKET Hoffmann GmbH. Hlavním hlediskem výběru této firmy je, že navržená modulová řada v této práci má velký rozsah nosnosti. Aby nemusely být použity kladkostroje o řády nižší nosnosti, nebo aby kladkostroje nemusely být dodávány více společnostmi, je vybrána firma LIFTKET, která nabízí dostatečný rozsah nosností svých kladkostrojů, jejichž výběr pokryje navrhnutou modulovou řadu v této práci. Nosnosti mostů jsou upraveny podle nabídky modulové řady koček.

Z katalogu výše uvedeného výrobce jsou vybrány elektrické kladkostroje označeny jako LIFTKET STAR. Jedná se o ručně postrkovaný řetězový kladkostroj, který může být použit na I, IPE, IPN, HEA a HEB profily.

V příloze II. je uvedena tabulka, ve které jsou uvedeny zvolené kladkostroje z katalogu výrobce LIFTKET. Tyto vybrané kladkostroje jsou přiřazeny k jednotlivým portálovým jeřábům v modulové řadě. Součástí této tabulky jsou i základní parametry všech kladkostrojů. Napájení těchto kladkostrojů je zpravidla 400 V. Hodnoty byly čerpány z katalogového listu, který firma uvádí na svých internetových stránkách [29].

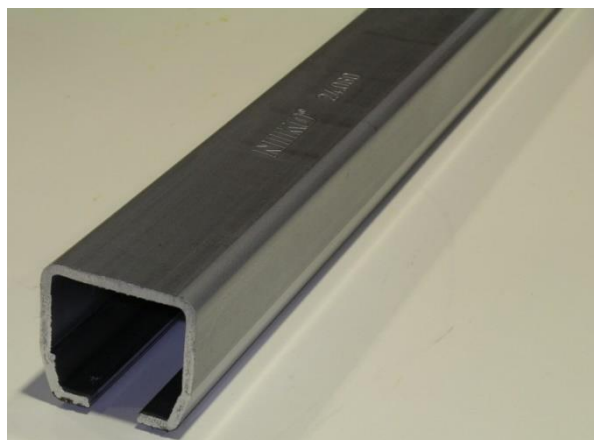


Obr. 6.4 Vybraná jeřábová kočka od společnosti LIFTKET [18]

6.3 VOLBA KABELOVÉ VLEČKY

Na výše popsaném konstrukčním návrhu nosných částí jsou navrženy uzavřené čtvercové profily pro uchycení kabelové vlečky. Pro tuto vlečku jsou všechny součásti (kolejnice a kladky) voleny od výrobce NIKO Vertriebs GmbH. Z katalogu tohoto výrobce je vybrána surová kolejnice 020 z oceli, která je šrouby připevněna k přivařeným čtvercovým profilům na HEB profilu. Pro uchycení kabelu a pojezdu v kolejnici jsou voleny nylonové kabelové kladky L01. Dále je volena koncová svorka pro kabel, která slouží k tomu, aby kladky nevyjely z kolejnice.

V příloze III je uvedena tabulka, ve které je k jednotlivým typům portálových jeřábů modulové řady přiřazena délka kolejnice, počet pojízdných kladek a koncových svorek.



Obr. 6.5 Vybraná surová kolejnice 020 od společnosti NIKO Vertriebs GmbH [20]



Obr. 6.6 Vybraná nylonová kladka L01 a koncová svorka od společnosti NIKO Vertriebs GmbH [20]

6.4 VOLBA POJEZDOVÝCH KOL

Navrhnutý nosný rám je připraven pro osazení čtyřmi pojezdovými koly. Tato kola jsou vybrána z katalogu distributora NAVRÁTIL, spol. s.r.o. Jedná se o kola série S120 C10, což je otočné provedení kola s brzdou a uchycením na čtyři šrouby. Tato kola byla vybrána z důvodu dobrého poměru cena výkon.

V příloze IV je uvedena tabulka, ve které jsou uvedeny zvolené pojezdové kladky z katalogu distributora NAVRÁTIL, spol. s.r.o. Tato kola jsou přiřazena, na základě výpočtů (viz. kapitola 7), k jednotlivým portálovým jeřábům v modulové řadě. Součástí této tabulky jsou i základní parametry všech pojezdových kladek. Hodnoty byly čerpány z katalogového listu, který firma uvádí na svých internetových stránkách [30] [37].



Obr. 6.7 Vybrané pojezdové kladky od společnosti NAVRÁTIL, spol. s.r.o. [37]

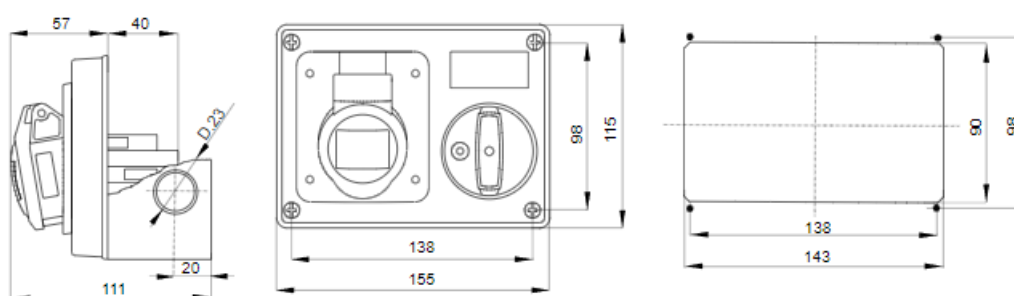
6.5 VOLBA DALŠÍCH KOMPONENTŮ

Mezi další potřebné komponenty, které je nutné zvolit, patří volba šroubů, matic a podložek, volba elektrické zásuvky, vypínače, kabelového vedení a volba kabelové lišty.

Elektrická zásuvka je zvolena v kombinaci s vypínačem od distributora ELFETEX, spol. s.r.o. Jedná se o pětipólovou zásuvku s krycím víčkem, vypínačem s mechanickým blokováním a pojistkou. Tato zásuvka je v katalogu distributora označena GEWISS Kombinace GW66009. Její rozměry jsou 155 x 115 x 111 milimetrů. Napětí je 380-415 V (50+60 Hz). Bude použita na všechny navržené portálové jeřáby v modulové řadě.



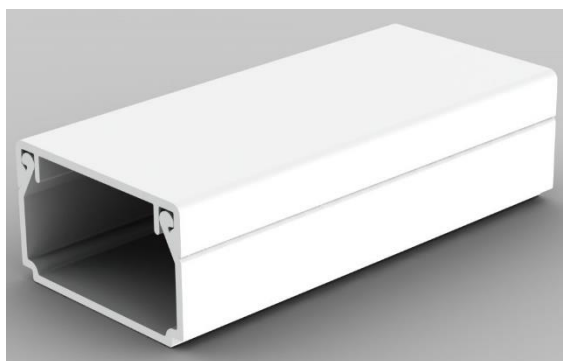
Obr. 6.8 Vybraná elektrická zásuvka od distributora ELFETEX, spol. s.r.o. [31]



Obr. 6.9 Zakótované rozměry elektrické zásuvky [34]

Elektrický kabel je zvolen od výrobce KRANTECHNIK s.r.o. Jedná se o plochý kabel vhodný pro suché i mokré pracovní podmínky. Typ kabelu je zvolen H07VVH6-F. Hmotnost kabelu je 180 kg/km. Rozměry kabelu jsou 18 x 5 milimetrů. Délka kabelu na jeden jeřáb je potřeba 5 – 7 metrů podle typu jeřábu. Tento kabel bude použit u všech portálových jeřábů v modulové řadě stejný [32].

Pro ochranu kabelu na podpoře je zvolena kabelová lišta od výrobce KOPOS Kolín a.s. V katalogu výrobce je označena jako lišta hranatá LHD 25x15 HD. Tato lišta je vhodná pro použití v agresivním a chemickém prostředí. Volba rozměru je 25 x 15 mm. Délka lišty na jeden jeřáb je potřeba 0,5 – 2,0 metrů podle typu jeřábu. Tato lišta bude použita u všech portálových jeřábů navržených v modulové řadě stejná [33].



Obr. 6.10 Vybraná kabelová lišta od společnosti KOPOS Kolín a.s. [33]

Poslední zvolené součásti jsou šrouby, podložky a matice. Ty jsou vybrány od distributora Pematex s.r.o. Níže se nacházejí informace o přesné volbě typu těchto součástí, a také o počtu potřebných spojovacích součástí na jeden portálový jeřáb.

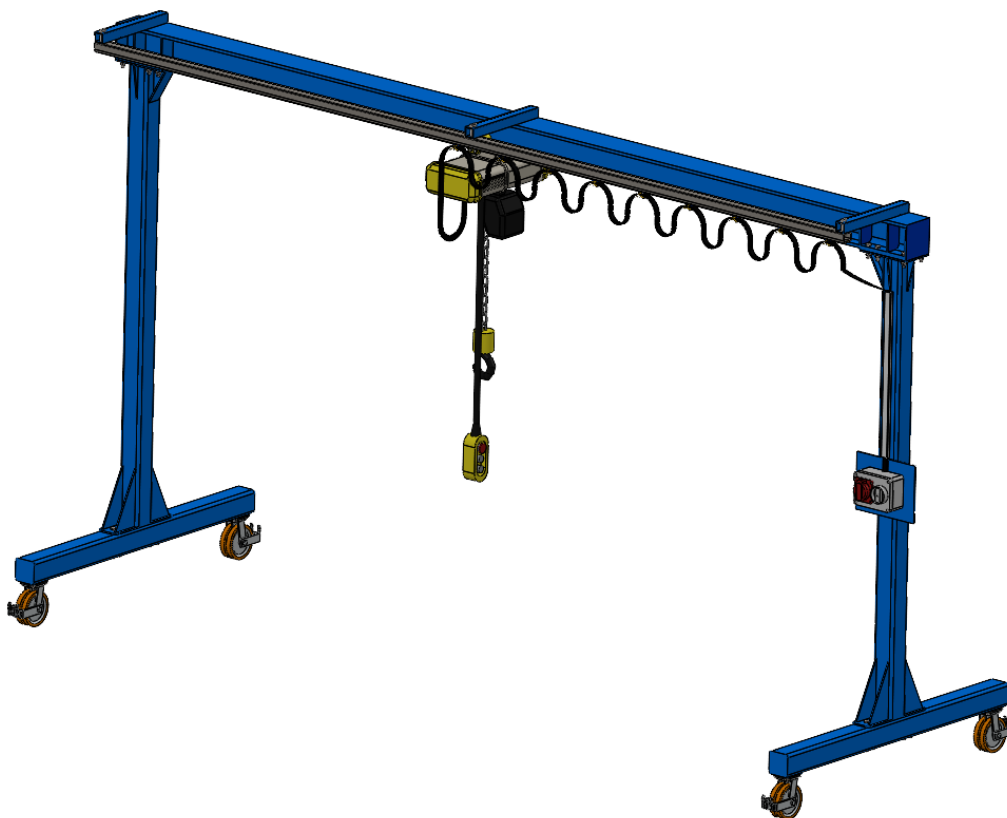
Pro výše navržený návrh jsou potřebné tři druhy šroubů. První druh je použit pro spojení nosníku s nosnými sloupy a spojení nosných sloupů s pojezdovými příčníky. Na spojení těchto částí je zapotřebí 20 šroubů. Jsou vybrány pozinkované pevnostní šrouby se šestihrannou hlavou a jemným závitem z ocele podle DIN 960. Druhý druh je použit na spojení kolejnice s profily na nosníku. Pro tento spoj je potřeba 6 šroubů. Jsou vybrány imbusové šrouby z ocele podle DIN 912. Stejný druh šroubu je použit na připevnění zásuvky (4 šrouby). Třetí druh šroubů je potřebný pro spojení pojezdových kladek s podporami. Na tento spoj je potřeba 16 šroubů. Jsou vybrány pevnostní šrouby se šestihrannou hlavou z ocele podle DIN 933 [35].

Podložky jsou potřeba na první dva druhy šroubů. Celkem je potřeba 26 podložek. Jsou vybrány pozinkované podložky z ocele podle DIN 125A [35].

Matice jsou rovněž potřeba na první dva druhy. Celkem je potřeba 26 matic. Jsou vybrány pozinkované pojistné matice podle DIN 985 [35].

6.6 CELKOVÝ POHLED

Podle výše popsaného slovního návrhu se zde nachází celkový pohled na 3D model pro zřejmou představu, jak je navržena nosná konstrukce a provedena volba komponentů. Tento model byl vypracován v programu Solidworks.



Obr. 6.11 Navržený dílenský mobilní portálový jeřáb modulové řady KPC – 500 PC - 1

7 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

Tato kapitola se zabývá výpočty a návrhovými rozměry nosných konstrukcí. Podle cílů práce mají být provedeny výpočty u všech variant navržených jeřábů. Jelikož by provedení výpočtů všech navržených portálových jeřábů zabralo mnoho stran, je zde vypracován vzorový výpočet aplikovaný na jeřáb označený KPC – 500 PC – 1. Každý výpočet je vždy uveden vzorcem, dosazení do vzorce, výsledkem a uvedením odkud byl tento vzorec čerpán.

Pro ostatní navržené portálové jeřáby se v příloze V nachází tabulky, ve kterých jsou k jednotlivým typům uvedeny výsledky těchto výpočtů. Dále v příloze VI se nachází tabulky, ve kterých jsou uvedeny rozměry jednotlivých profilů.

7.1 NÁVRH PROVOZNÍHO VYUŽITÍ

Jedná se o výpočet, který udává předpoklad celkového počtu pracovních cyklů, určení druhu provozu a živostnost samotného jeřábu. Do výpočtu je potřebné použít vstupní data, která se získávají z mnohaleté praxe. Vzhledem k tomu, že v zadání není určené přesné pracoviště a není blíže specifikováno pro jaký typ práce budou jeřáby používány, celkový počet pracovních cyklů bude odhadnut podle autorových zkušeností z praxe. Na základě úvahy, že se jedná o jeřáby, jejichž nasazení není tak časté, je předpokládáno využití v opravárnách, servisu automobilů a na dílnách u CNC strojů. Níže uvedené tabulky a vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-1, ČSN EN 15011 a materiálů pro studenty [3] [38][39].

7.1.1 CELKOVÝ POČET PRACOVNÍCH CYKLŮ

Nejprve je určen typ provozu, podle kterého je určen celkový počet pracovních cyklů.

Tab. 7.1 Návod pro vybrání tříd U portálových jeřábů [38]

Číslo	Typ provozu	Třída U
1	Ručně poháněné jeřáby	$U_0 - U_2$
2	Jeřáby montážní a pro údržbu, přerušovaný provoz	$U_1 - U_3$
3	Dílenské jeřáby obecně, provoz s hákem	$U_2 - U_5$
4	Jeřáby v továrnách a překladištích, přerušovaný provoz	$U_2 - U_5$
5	Jeřáby ve skladištích, nepřerušovaný provoz	$U_5 - U_8$
6	Jeřáby v papírnách v technologickém provozu	$U_3 - U_5$
7	Jeřáby v loděnicích, provoz s hákem	$U_2 - U_5$
8	Jeřáby v ocelárnách v technologickém provozu	$U_4 - U_6$
9	Jeřáby v terminálech na pryžových pneumatikách nebo kolejnicích	$U_5 - U_7$
10	Kontejnerové jeřáby pro překládání z lodí na břeh	$U_6 - U_8$
11	Vykládací výložníkové jeřáby, drapákový nebo magnetový provoz	$U_6 - U_9$
12	Jeřáby na šrotišti, drapákový nebo magnetový provoz	$U_6 - U_8$
13	Jeřáby ve spalovnách, drapákový provoz	$U_5 - U_8$

Podle tabulky 7.1 je voleno číslo 3. Dílenské jeřáby obecně, provoz s hákem. Bude uvažována třída U_5 . Na základě zvolené třídy je v tabulce 7.2 stanovený celkový počet pracovních cyklů.

Tab. 7.2 Určení počtu pracovních cyklů C podle třídy U [38]

Třída	Celkový počet pracovních cyklů pro návrhový výpočet
U_0	$C = 1,60 \times 10^4$
U_1	$C = 3,15 \times 10^4$
U_2	$C = 6,30 \times 10^4$
U_3	$C = 1,25 \times 10^5$
U_4	$C = 2,50 \times 10^5$
U_5	$C = 5,00 \times 10^5$
U_6	$C = 1,00 \times 10^6$
U_7	$C = 2,00 \times 10^6$
U_8	$C = 4,00 \times 10^6$
U_9	$C = 8,00 \times 10^6$

Celkový počet pracovních cyklů: $C = 5,00 \times 10^5$. (1)

7.1.2 URČENÍ DRUHU PROVOZU

Dále je určen druh provozu, u kterého rozeznáváme čtyři druhy [39].

- Lehký
- Střední
- Těžký
- Velmi těžký

Určení druhu provozu záleží na těchto kritériích [39].

- Počet cyklů za rok
- Poměrné zatížení
- Pracovní rychlost

Počet pracovních cyklů za rok

Počet pracovních cyklů za rok je odhadnut na základě úvahy, že se jedná o jeřáby, jejichž nasazení není tak výrazné a jejich použití bude pro občasné zdvihy v automobilových servisech nebo u CNC strojů.

Počet pracovních cyklů za rok: $Tr < 25\,000$ (2)

Poměrné zatížení

Poměrné zatížení q je poměr průměrného zatížení mechanismu k celkovému zatížení při jmenovitém břemeni, vyjádřený v procentech. Jedná se o další parametr, který je volen na základě dlouholeté praxe. Na základě předpokladu zdvihů motorů a středně těžkých obrobků u CNC strojů je poměrné zatížení voleno mezilehlé s příklonem na zdvih těžších břemen [39].

$$\text{Poměrné zatížení: } q = 60 \% \quad (3)$$

Pracovní rychlost

Pracovní rychlost zdvihu je určena podle kladkostroje, který byl vybrán od firmy LIFTKET Hoffmann GmbH. Rychlosti jednotlivých kladkostrojů jsou uvedeny v příloze II. Pracovní rychlost pojezdu je řazena do prvního stupně, protože se jedná o ruční pojezd, který bude menší, než je maximální hodnota.

$$\text{Pracovní rychlost zdvihu kladkostroje: } v_z \leq 4 \text{ m/min} \quad (4)$$

$$\text{Pracovní rychlost pojezdu jeřábu: } v_p \leq 50 \text{ m/min} \quad (5)$$

SROVNÁVACÍ ČÍSLA

Každý z výše uvedených faktorů je řazen do jednoho ze tří stupňů, kde každý stupeň je hodnocen srovnávacími čísly 1, 2, 3 podle tabulky 7.3 [39].

Tab. 7.3 Tabulka srovnávacích čísel pro určení druhu provozu jeřábu [39]

Počet pracovních cyklů za rok $Tr [-]$	Srovnávací číslo	Poměrné zatížení $q [\%]$	Srovnávací číslo	Pracovní rychlost		Srovnávací číslo
				Zdvihací $v_z [\text{m/min}]$	Pojížděcí $v_p [\text{m/min}]$	
do 20 000	1	do 30	1	do 8	do 50	1
20 000 až 50 000	2	30 až 60	2	8 až 25	50 až 100	2
přes 50 000	3	přes 60	3	přes 25	přes 100	3

Druh provozu se určí tak, že na základě matematické operace součet, jsou výsledná srovnávací čísla sečtena a podle tabulky 7.4 je určen výsledek.

$$\text{Součet srovnávacích čísel: } sr_{\Sigma} = 2 + 2 + 1 = 5 \quad (6)$$

Tab. 7.4 Tabulka určení druhu provozu [39]

Součet srovnávacích čísel	Druh provozu
3 nebo 4	lehký
5 nebo 6	střední
7 nebo 8	těžký
9 nebo 10	velmi těžký

Podle součtu srovnávacích čísel a tabulky 7.4 vyplývá, že druh provozu jeřábu je **střední**.

7.1.3 ŽIVOTNOST JEŘÁBU

Životnost jeřábu je určena na základě dělení dvou faktorů. První faktor je celkový počet pracovních cyklů. Druhý faktor je počet pracovních cyklů za rok.

$$T = \frac{\text{Celkový počet pracovních cyklů}}{\text{Počet pracovních cyklů za rok}} = \frac{500\,000}{25\,000} = 20 \text{ let} \quad (7)$$

Kde: T [rok] návrhová životnost v rocích

Podle normy ČSN ISO 12482-1 je po dosažení 20 let od výroby jeřábu nutné provést zvláštní posouzení. Tento úkon zahrnuje posudek nosné konstrukce, mechanických částí jeřábu a elektrických částí jeřábu. Na základě tohoto posudku se rozhodne, zda jeřáb může být i nadále používán. Navrhnutá životnost jeřábu označeného KPC – 500 PC – 1 je právě 20 let, kdy po uplynutí této doby je vždy nutné provést zvláštní posudek [40].

7.2 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY A OPATŘENÍ

Jedná se o výpočty součinitelů a zátěžných stavů, které slouží k prokázání odolnosti proti selhání zařízení nežádoucím přemístěním, posunem, pružnou nestabilitou nebo únavou [41].

Zatížení působící na jeřáb jsou rozdělena do tří kategorií [41].

- Pravidelná zatížení
- Občasná zatížení
- Výjimečná zatížení

V každé kategorii je nutné vyšetřit ty stavy, se kterými se dílenský portálový jeřáb může při používání v provozu reálně setkat. Níže uvedené tabulky, definice a vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-2 [41].

PRAVIDELNÁ ZATÍŽENÍ

Jedná se o zatížení, která se vyskytují opakovaně za normálního provozu [41].

- a) Účinky při zdvihání a gravitační účinky působící na hmotnost jeřábu
- b) Setrvačné a gravitační účinky působící svisle na břemeno zdvihu
- c) Zatížení způsobená pojezdem po nerovném povrchu
- d) Zatížení způsobená zrychlením všech pohonů jeřábu
- e) Zatížení způsobená přetvořením / přemístěním

OBČASNÁ ZATÍŽENÍ

To jsou zatížení, která se vyskytují občas. Při výpočtu na únavu se obvykle zanedbávají [41].

- a) Zatížení způsobená větrem za provozu
- b) Zatížení sněhem a námrazou
- c) Zatížení způsobená změnami teploty
- d) Zatížení způsobená přičením

VÝJIMEČNÁ ZATÍŽENÍ

Jedná se o zatížení, která se vyskytují výjimečně. Při výpočtu na únavu jsou obvykle vyloučena [41].

- a) Zatížení způsobená zdviháním ležícího břemena za výjimečných okolností
- b) Zatížení způsobená větrem mimo provoz
- c) Zatížení zkušebními břemeny
- d) Zatížení způsobená silami na nárazníky
- e) Zatížení způsobená klopícími silami
- f) Zatížení způsobená nouzovým zastavením
- g) Zatížení způsobená dynamickým vypnutím omezovače zdvihové síly
- h) Zatížení způsobená dynamickým vypnutím omezovače momentu zdvihání
- i) Zatížení způsobená neúmyslným odpadnutím břemena
- j) Zatížení způsobená selháním mechanismů nebo částí
- k) Zatížení způsobená vnějším dynamickým buzením podepření jeřábu
- l) Zatížení způsobená při montáži a demontáži

7.2.1 ÚČINKY PŘI ZDVIHÁNÍ A GRAVITAČNÍ ÚČINKY PŮSOBÍCÍ NA HMOTNOST JEŘÁBU

Při zdvihání břemena ze země nebo při uvolnění břemena nebo jeho částí je konstrukce jeřábu vystavena účinkům vybuzení kmitání, které se musí zohlednit jako účinek zatížení. Gravitační síla od hmotnosti jeřábu nebo od jeho částí se vynásobí součinitelem $\emptyset_1$ [41].

$$\emptyset_1 = 1 + \delta = 1 + 0,05 = 1,05 \quad (8)$$

Kde: $\emptyset_1$ [-] dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str. 12
 δ [-] hodnota, která závisí na konstrukci jeřábu dle [41], str. 12

7.2.2 SETRVAČNÉ A GRAVITAČNÍ ÚČINKY PŮSOBÍCÍ SVISLE NA BŘEMENO ZDVIHU

Při zdvihání volně ležícího břemena je jeřáb vystaven dynamickým účinkům při převzetí břemena jeřábem ze země. Tyto dynamické účinky se zohlední vynásobením gravitačních sil od hmotnosti břemena součinitelem $\emptyset_2$ [41].

Tab. 7.5 Tabulka třídy tuhosti [41]

Třídy tuhosti	Charakteristické svislé přemístění břemena δ	Součinitel β_2 [s/m]
HC1	$0,8 \text{ m} \leq \delta$	0,17
HC2	$0,3 \text{ m} \leq \delta < 0,8 \text{ m}$	0,34
HC3	$0,15 \text{ m} \leq \delta < 0,3 \text{ m}$	0,51
HC4	$\delta < 0,15 \text{ m}$	0,68

Tab. 7.6 Tabulka výběru hodnot $\emptyset_{2,min}$ [41]

Třída tuhosti	Třída pohonu zdvihu				
	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
HC1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
HC2	1,1	1,1	1,05	1,1	1,05
HC3	1,15	1,15	1,05	1,15	1,05
HC4	1,2	1,2	1,05	1,2	1,05
Poznámka: Minimální hodnoty $\emptyset_{2,min}$ závisí na kombinaci tříd HC a HD					

$$\emptyset_2 = \emptyset_{2,min} + \beta_2 \cdot v_h = 1,05 + 0,17 \cdot 0,066 = 1,061 \quad (9)$$

Kde: $\emptyset_2$ [-] dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
 $\emptyset_{2,min}$ [-] minimální velikost $\emptyset_2$ dle [41], tab. 7.5., str. 13
 β_2 [s/m] součinitel závislý na třídě tuhosti dle [41], tab. 7.6., str. 13
 v_h [m/s] rychlost zdvihu dle [41], str. 13

7.2.3 ZATÍŽENÍ ZPŮSOBENÁ POJEZDEM PO NEROVNÉM POVRCHU

V místě výkonu práce, tedy v dílnách nebo halách je předpokládán ideální betonový povrch. I tak je nutné do výpočtu zahrnout pojezd po nerovném povrchu z důvodu, například pokud by byl jeřáb použit ve venkovním prostředí před dílnou, kde se nachází betonový nebo asfaltový povrch s mírnými nerovnostmi. Tyto nerovnosti budou uvažovány do 5 cm.

$$\emptyset_3 = 1,05 \quad (10)$$

Kde: $\emptyset_3$ [-] dynamický součinitel působící při pojezdu po nerovném povrchu dle [41], str. 14

7.2.4 ZATÍŽENÍ ZPŮSOBENÁ ZRYCHLENÍM VŠECH POHONŮ JEŘÁBU

Jedná se o zatížení, která jsou vyvolaná na jeřábu působením hnacích sil při zrychlení nebo brždění. Pro pohony bez rázů při zpětném chodu nebo pro případy, kde rázy při zpětném chodu nevyvolávají dynamické síly, a kde jsou pozvolné změny sil, je tato hodnota volena podle $1 \leq \emptyset_4 \leq 1,5$ [41].

$$\emptyset_4 = 1,4 \quad (11)$$

Kde: $\emptyset_4$ [-] dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17

7.2.5 ZATÍŽENÍ ZKUŠEBNÍMI BŘEMENY

Před samotným uvedením jeřábu do provozu jsou jeřáby testovány zkušebními břemeny. Tento výpočet se musí aplikovat pro jeřáb v jeho provozním uspořádání a systém jeřábu nesmí být změněn [41].

a) Dynamické zkušební břemeno

Zkušební břemeno musí být nejméně 110 % břemena jmenovité hmotnosti [41].

$$\emptyset_{5dyn} = 0,5 \cdot (1 + \emptyset_2) = 0,5 \cdot (1 + 1,061) = 1,031 \quad (12)$$

Kde: $\emptyset_{5dyn}$ [-] dynamický součinitel pro dynamická zkušební břemena dle [41], str. 27
 $\emptyset_2$ [-] dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12

b) Statické zkušební břemeno

Zkušební břemeno musí být nejméně 125 % břemena jmenovité hmotnosti [41].

$$\emptyset_{5stat} = 1 \quad (13)$$

Kde: $\emptyset_{5stat}$ [-] dynamický součinitel pro statická zkušební břemena dle [41], str. 27

7.2.6 PŘEHLED BEZPEČNOSTNÍCH SOUČINITELŮ

Tab. 7.7 Tabulka s přehledem bezpečnostních součinitelů

Označení	Název	Hodnota [-]
$\emptyset_1$	Dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu	1,05
$\emptyset_2$	Dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu	1,061
$\emptyset_3$	Dynamický součinitel působící při pojezdu po nerovném povrchu	1,05
$\emptyset_4$	Dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu	1,4
$\emptyset_{5dyn}$	Dynamický součinitel pro dynamická zkušební břemena	1,031
$\emptyset_{5stat}$	Dynamický součinitel pro statická zkušební břemena	1

7.3 VOLBA MATERIÁLU

Na nosný rám je zvolen HEB profil z materiálu S355J2 podle EN 10025-2. Na podpory jsou zvoleny uzavřené duté čtvercové profily (jäckly) z materiálu S355J2H podle EN 10219-1. Na přídatné vyztužovací plechy a žebra obdélníkového a trojúhelníkového tvaru je zvolen materiál plech S355J2C+N podle EN 10025-2. Na přídatné uzavřené duté čtvercové profily pro uchycení kabelové vlečky je zvolen materiál S355J2C+N podle EN 10025-2.

Jednotlivé profily budou upraveny a vyztuženy plechy a žebry pomocí technologie svařování. To probíhá podle postupu obloukového svařování ručně nebo metodou MIG/MAG.

7.3.1 EN 10025-2

Nelegovaná jakostní konstrukční ocel. Vhodná pro ploché a dlouhé výrobky válcované za tepla. Určená pro další zpracování. Ocel je vhodná ke svařování obvykle používanými způsoby svařování, s rostoucí tloušťkou výrobku a jeho pevností se mohou vyskytovat trhliny za studena v oblasti svaru. Ocel je vhodná pro běžné operace mechanického opracování. Ocel se zaručenou hodnotou nárazové práce při teplotě do -20°C [26] [27].

Tab. 7.8 Pevnostní charakteristiky materiálů S355J2 a S355J2C+N [27]

Tloušťka t	Modul pružnosti v tahu E	Mez pevnosti fu	Mez kluzu fy	Tažnost	Nárazová práce KV
[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[J]
t ≤ 16	206 000	490	355	22	27
16 < t ≤ 40			345	22	
40 < t ≤ 63			335	21	

7.3.2 EN 10219-1

Nelegovaná jakostní ocel pro ocelové konstrukce. Na svařované duté profily tvářené za studena, bez následného zpracování, z nelegovaných a jemnozrnných konstrukčních ocelí (kruhového, čtvercového, obdélníkového průřezu). Vhodná ke svařování všemi svařovacími postupy. Ocel se zaručenou hodnotou nárazové práce při teplotě do -20°C [26] [28].

Tab. 7.9 Pevnostní charakteristiky materiálu S355J2H [28]

Tloušťka t	Modul pružnosti v tahu E	Mez pevnosti fu	Mez kluzu fy	Tažnost	Nárazová práce KV
[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[J]
$t \leq 16$	206 000	510	355	22	27
$16 < t \leq 40$			345	21	
$40 < t \leq 63$			335	20	

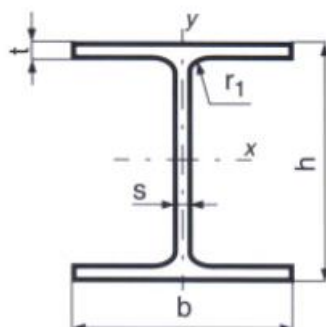
7.4 VSTUPNÍ PARAMETRY JEŘÁBU

K navržené konstrukci (viz. kapitola 6) jsou zde uvedeny hodnoty, které určují délku, šířku, výšku a tloušťku jednotlivých součástí. Jejich uvedení se zde nachází z důvodu, že je na základě těchto hodnot nutné určit a dopočítat konkrétní parametry (např. celkovou hmotnost jeřábu). Tyto parametry budou dále používány pro výpočty zatížení působící na jeřáb. Na rám byly zvoleny normalizované profily z katalogu výrobce Ferona, a.s. Všechny údaje byly čerpány z internetových stránek podle [14], kde tato společnost všechny parametry poskytuje.

7.4.1 VSTUPNÍ HODNOTY

Tab. 7.10 Tabulka s parametry jeřábového mostu [14]

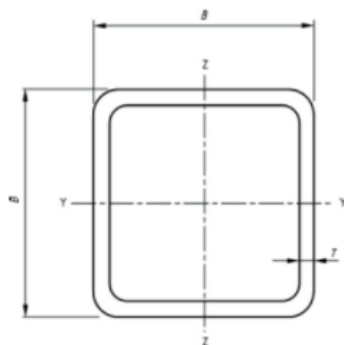
Název	Jeřábový most - profil HEB 120 válcovaný za tepla						
Norma	EN 10365						
Parametry	Délka profilu	Výška průřezu	Šířka příruby	Tloušťka příruby	Tloušťka stojiny	Hmotnost	Celková hmotnost
Označení	d	h	b	t	s	G	G _c
Jednotky	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[kg]
Hodnota	3400	120	120	11	6,5	26,7	90,78
Poznámka	Označení podle obr. 7.1						



Obr. 7.1 Písmenné označení HEB profilu [14]

Tab. 7.11 Tabulka s parametry nosného sloupu [14]

Název	Nosný sloup - profil dutý svařovaný se čtvercovým průřezem				
Norma	EN 10219				
Parametry	Délka profilu	Délka strany	Tloušťka stěny	Hmotnost	Celková hmotnost
Označení	D_1	B_1	T_1	M_1	M_{c1}
Jednotky	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[kg]
Hodnota	1595	80	5	10,959	17,480
Poznámka	Označení podle obr. 7.2				



Obr. 7.2 Písmenné označení dutého svařovaného profilu se čtvercovým průřezem [14]

Tab. 7.12 Tabulka s parametry pojezdového příčnicku [14]

Název	Pojezdový příčník - profil dutý svařovaný se čtvercovým průřezem				
Norma	EN 10219				
Parametry	Délka profilu	Délka strany	Tloušťka stěny	Hmotnost	Celková hmotnost
Označení	D_2	B_2	T_2	M_2	M_{c2}
Jednotky	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[kg]
Hodnota	1150	80	5	10,959	12,603
Poznámka	Označení podle obr. 7.2				

Tab. 7.13 Tabulka s parametry přídatných vyztužovacích plechů [14]

Název	Přídavné vyztužovací plechy - Plech válcovaný za tepla				
Norma	ČSN EN 10051				
Parametry	Délka	Šířka	Tloušťka	Hmotnost	Celková hmotnost
Označení	D ₃	B ₃	T ₃	M ₃	M _{c3}
Jednotky	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/ks]	[kg]
Normalizovaná hodnota	2000	1000	5	78,5	
Potřebná hodnota	1500	900	5		52,99

Tab. 7.14 Tabulka s parametry přídatných profilů [14]

Název	Přídavné profily - profil dutý svařovaný se čtvercovým průřezem				
Norma	EN 10219				
Parametry	Délka profilu	Délka strany	Tloušťka stěny	Hmotnost	Celková hmotnost
Označení	D ₄	B ₄	T ₄	M ₄	M _{c4}
Jednotky	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[kg]
Hodnota	340	35	3	2,919	0,992
Poznámka	Označení podle obr. 7.2				

Tab. 7.15 Tabulka s parametry hmotností přídatných komponentů

Název součásti	Kladkostroj	Pojezdové kola	Kabelová vlečka	Šrouby, matice a podložky	Kabel	Další komponenty
Označení	m _{kl}	m _{pk}	m _{kv}	m _{šmp}	m _{ka}	m _{dk}
Jednotky	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
Hodnota	18	3,5	1,5	1,2	1,4	3

7.4.2 VÝPOČET CELKOVÝCH HMOTNOSTÍ

Na základě tabulek 7.10 až 7.15 je proveden výpočet celkových hmotností samotné ocelové konstrukce a přídatných komponentů. Tyto hodnoty se budou používat pro výpočty zatížení působící na jeřáb.

$$m_{ok} = G_c + 2 \cdot M_{c1} + 2 \cdot M_{c2} + M_{c3} + 3 \cdot M_{c4} \quad (14)$$

$$m_{ok} = 90,78 + 2 \cdot 17,480 + 2 \cdot 12,603 + 52,99 + 3 \cdot 0,992 = 206,908 \text{ kg}$$

Kde:	m_{ok}	[kg]	celková hmotnost nosného rámu
	G_c	[kg]	celková hmotnost jeřábového mostu
	M_{c1}	[kg]	celková hmotnost nosného sloupu
	M_{c2}	[kg]	celková hmotnost pojezdového příčnicku
	M_{c3}	[kg]	celková hmotnost přídatných vyztužovacích plechů
	M_{c4}	[kg]	celková hmotnost přídatných profilů

$$m_{osj} = m_{kl} + 4 \cdot m_{pk} + m_{kv} + m_{šmp} + m_{ka} + m_{dk} \quad (15)$$

$$m_{osj} = 18 + 4 \cdot 3,5 + 1,5 + 1,2 + 1,4 + 3 = 39,1 \text{ kg}$$

Kde:	m_{osj}	[kg]	celková hmotnost ostatních součástí jeřábu
	m_{kl}	[kg]	hmotnost kladkostroje
	m_{pk}	[kg]	hmotnost pojezdového kola
	m_{kv}	[kg]	celková hmotnost kabelové vlečky
	$m_{šmp}$	[kg]	celková hmotnost šroubů, matic a podložek
	m_{ka}	[kg]	hmotnost kabelu
	m_{dk}	[kg]	hmotnost dalších komponentů

$$m_{cel} = m_{ok} + m_{osj} = 206,908 + 39,1 = 246,008 \text{ kg} \quad (16)$$

Kde:	m_{cel}	[kg]	celková hmotnost jeřábu
	m_{ok}	[kg]	celková hmotnost nosného rámu
	m_{osj}	[kg]	celková hmotnost ostatních součástí jeřábu

7.5 VÝPOČET ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA JEŘÁB

Jedná se o výpočty, jejichž výsledné hodnoty budou působit na jeřáb při používání v běžném provozu. Tyto hodnoty se uspořádají do kombinací, kde bude vybrána kombinace s nejvíce nepříznivým zatěžovacím účinkem. Podle této kombinace bude provedeno porovnání s pevnostními charakteristikami materiálu, kde bude zkoumáno, zda navržená konstrukce zatížení vydrží či nikoli. Níže uvedené tabulky a vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-2, ČSN EN 13001-3-1+A2 a konstruování strojních součástí [41] [42] [43].

7.5.1 ZATÍŽENÍ OD HMOTNOSTI JEŘÁBU

Hmotnost jeřábu byla zjištěna podle navržených rozměrů jednotlivých součástí, které byly vynásobeny hmotností kg/m, kterou udává výrobce daného materiálu. Do celkové hmotnosti jeřábu byly započítány i další komponenty jeřábu.

$$i_1 = m_{cel} \cdot g = 246,008 \cdot 9,81 = 2\,413,34 \text{ N} \quad (17)$$

Kde:	i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
	m_{cel}	[kg]	celková hmotnost jeřábu
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení

7.5.2 ZATÍŽENÍ OD HMOTNOSTI BŘEMENE

Do výpočtu je vždy použita maximální hmotnost břemene, kterou je jeřáb schopen zvednout.

$$i_2 = m_b \cdot g = 500 \cdot 9,81 = 4\,905 \text{ N} \quad (18)$$

Kde:	i_2	[N]	zatížení od hmotnosti břemene
	m_b	[kg]	celková hmotnost břemene
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení

7.5.3 ZATÍŽENÍ OD HMOTNOSTI JEŘÁBU A BŘEMENE

Jedná se o součet hmotností jeřábu a břemene. Toto zatížení vzniká při zvedání břemene.

$$i_3 = i_1 + i_2 = 2413,34 + 4905 = 7\,318,34 \text{ N} \quad (19)$$

Kde:	i_3	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu a břemene
	i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
	i_2	[N]	zatížení od hmotnosti břemene

7.5.4 ZATÍŽENÍ OD ZRYCHLENÍ ZDVIHOVÉHO POHONU

Zrychlení zdvihu kladkostroje je 4 m/min podle přílohy II.

$$i_4 = [(m_b + m_{klp}) \cdot g] \cdot a = [(500 + 4) \cdot 9,81] \cdot 0,066 = 329,616 \text{ N} \quad (20)$$

Kde:	i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
	m_b	[kg]	celková hmotnost břemene
	m_{klp}	[kg]	hmotnost uchopovacích prostředků
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
	a	[m/s ²]	zrychlení zdvihu

7.5.5 ZATÍŽENÍ PŘI ZKOUŠKÁCH

Hmotnost, kterou má zkušební těleso, je dána normou ČSN EN 13001-2 [41].

a) Dynamická zkouška

Při této zkoušce se jeřáb používá jako při běžném provozu. Břemeno musí mít hmotnost minimálně 110% maximální hmotnosti břemene [41].

$$i_{5dyn} = m_{dyn} \cdot g = 550 \cdot 9,81 = 5\,395,5 \text{ N} \quad (21)$$

Kde: i_{5dyn} [N] zatížení zkušebním břemenem při dynamické zkoušce
 m_{dyn} [kg] hmotnost zkušebním břemenem (110% hmotnost břemena)
 g [m/s²] tíhové zrychlení

b) Statická zkouška

Při této zkoušce se jeřáb rovněž používá jako při běžném provozu. Břemeno musí mít hmotnost minimálně 125% maximální hmotnosti břemene [41].

$$i_{5stat} = m_{dyn} \cdot g = 625 \cdot 9,81 = 6\,131,25 \text{ N} \quad (22)$$

Kde: i_{5stat} [N] zatížení zkušebním břemenem při statické zkoušce
 m_{stat} [kg] hmotnost zkušebním břemenem (125% hmotnost břemena)
 g [m/s²] tíhové zrychlení

7.5.6 PŘEHLED ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA JEŘÁB

Tab. 7.16 Tabulka s přehledem zatížení působící na jeřáb

Označení	Název	Hodnota [N]
i_1	Zatížení od hmotnosti jeřábu	2413,34
i_2	Zatížení od hmotnosti břemene	4905
i_3	Zatížení od hmotnosti jeřábu a břemene	7318,34
i_4	Zatížení od zrychlení zdvihového pohonu	329,62
i_{5dyn}	Zatížení při dynamické zkoušce	5395,5
i_{5stat}	Zatížení při statické zkoušce	6131,25

7.6 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Podle metody mezních stavů se musí jednotlivé účinky zatížení vynásobit součiniteli bezpečnosti a superponovat podle specifikovaných kombinací zatížení. Z těchto kombinací zatížení bude vybrána kombinace s nejvíce zatěžovacím účinkem. Ta potom bude podrobena výpočtu na prokázání způsobilosti jeřábu [41].

Dílní součinitele bezpečnosti a sady kombinací zatížení jsou uvedeny v tabulce v příloze VII. Na základě této tabulky jsou vypočítány jednotlivé kombinace, do kterých jsou použity hodnoty z předešlých podkapitol (viz. 7.2., 7.3., 7.4.). Níže uvedené tabulky a vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-2 [41].

7.6.1 DÍLČÍ SOUČinitele BEZPEČNOSTI PRO HMOTNOST JEŘÁBU

V tab. PVII.1 je potřebné určit dílčí součinitel bezpečnosti pro hmotnost jeřábu. Tento součinitel je volen podle tab. 7.17. Výběr daného součinitele je jednak podle hodnot získaných výpočtem a také podle příznivé a nepříznivé hmotnosti. Pro jeřáb řešený v této práci platí nepříznivé hmotnosti, protože zvyšují výsledné účinky [41].

Tab. 7.17 Hodnoty součinitele γ_p pro hmotnost jeřábu [41]

Hmotnosti částí jeřábu a jejich těžiště	Kombinace zatížení					
	A		B		C	
	nepříznivá	příznivá	nepříznivá	příznivá	nepříznivá	příznivá
získané výpočtem	1,22	0,95	1,16	0,97	1,10	1,00
získané vážením	1,16	1,00	1,10	1,00	1,05	1,00
při speciální podmínce	1,16	1,10	1,10	1,05	1,05	1,00

7.6.2 VÝPOČET KOMBINACÍ ZATÍŽENÍ

$$A_1 = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \emptyset_2 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p \quad (23)$$

$$A_1 = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,22 + 4905 \cdot 1,061 \cdot 1,34 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,34 = 10\,685,677\text{ N}$$

Kde: A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 i_1 [N] zatížení od hmotnosti jeřábu
 i_2 [N] zatížení od hmotnosti břemene
 i_4 [N] zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
 γ_p [-] dílčí součinitel bezpečnosti
 $\emptyset_1$ [-] dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
 $\emptyset_2$ [-] dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
 $\emptyset_4$ [-] dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17

$$A_2 = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \emptyset_3 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p \quad (24)$$

$$A_2 = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,22 + 4905 \cdot 1,05 \cdot 1,34 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,34 = 10\,611,186\text{ N}$$

Kde: A_2 [N] kombinace náhlého uvolnění části břemene dle [41], str. 34, 35
 i_1 [N] zatížení od hmotnosti jeřábu
 i_2 [N] zatížení od hmotnosti břemene
 i_4 [N] zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
 γ_p [-] dílčí součinitel bezpečnosti
 $\emptyset_1$ [-] dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
 $\emptyset_2$ [-] dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
 $\emptyset_3$ [-] dynamický součinitel působící při pojezdu po nerovném povrchu dle [41], str. 14

$$B_{11} = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \emptyset_2 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p \quad (25)$$

$$B_{11} = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,16 + 4905 \cdot 1,061 \cdot 1,22 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,22 = 9\,853,560\text{ N}$$

Kde: B_{11}	[N]	kombinace zatížení při zdvihání a dalších účinků dle [41], str. 34, 35
i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
i_2	[N]	zatížení od hmotnosti břemene
i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
$\emptyset_1$	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
$\emptyset_2$	[-]	dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
$\emptyset_4$	[-]	dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17

$$B_{22} = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \emptyset_3 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p \quad (26)$$

$$B_{22} = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,16 + 4905 \cdot 1,05 \cdot 1,22 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,22 = 9\,785,740\text{ N}$$

Kde: B_{22}	[N]	kombinace náhlého uvolnění části břemene a dalších účinků dle [41]
i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
i_2	[N]	zatížení od hmotnosti břemene
i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
$\emptyset_1$	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
$\emptyset_2$	[-]	dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
$\emptyset_3$	[-]	dynamický součinitel působící při pojezdu po nerovném povrchu dle [41], str. 14

$$C_{3d} = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p + i_{5dyn} \cdot \emptyset_{5dyn} \cdot \gamma_p \quad (27)$$

$$C_{3d} = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,10 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,1 + 5395,5 \cdot 1,031 \cdot 1,1$$

$$C_{3d} = 9\,412,077\text{ N}$$

Kde: C_{3d}	[N]	kombinace zatížení jeřábu za podmínek dynamické zkoušky dle [41]
i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
i_{5dyn}	[N]	zatížení zkušební břemenem při dynamické zkoušce
γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
$\emptyset_1$	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
$\emptyset_4$	[-]	dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17
$\emptyset_{5dyn}$	[-]	dynamický součinitel pro dynamická zkušební břemena dle [41], str. 27

$$C_{3s} = i_1 \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p + i_{5stat} \cdot \emptyset_{5stat} \cdot \gamma_p \quad (28)$$

$$C_{3s} = 2413,34 \cdot 1,05 \cdot 1,10 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,1 + 6131,25 \cdot 1 \cdot 1,1$$

$$C_{3s} = 10\,039,394 \text{ N}$$

Kde: C_{3s}	[N]	kombinace zatížení jeřábu za podmínek statické zkoušky dle [41]
i_1	[N]	zatížení od hmotnosti jeřábu
i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
i_{5stat}	[N]	zatížení zkušebním břemenem při statické zkoušce
γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
$\emptyset_1$	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
$\emptyset_4$	[-]	dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17
$\emptyset_{5stat}$	[-]	dynamický součinitel pro statická zkušební břemena dle [41], str. 27

Na základě výpočtů kombinací zatížení bylo zjištěno, že při kombinaci A_1 dochází k největšímu zatížení jeřábu. Jedná se o zatížení, které kombinuje hmotnost jeřábu, hmotnost břemene a účinky od zrychlení pohonů. Výsledek této kombinace je maximální hodnota zatížení, které jeřáb může být vystaven při používání v běžném provozu. Výpočet kombinace zatížení A_1 bude dále podroben výpočtům na prokázání způsobilosti jeřábu.

7.7 PROKÁZÁNÍ STATICKÉ ZPŮSOBILOSTI JEŘÁBU

Výsledkem tohoto prokázání je, že navrhnuté profily musí vydržet zatížení, které podle kombinace zatížení bude působit na jeřáb při běžném provozu. Každý výpočet je počítán na bezpečnost, která musí vyjít větší než 1. V případě, že by některá hodnota nevyšla větší než 1, tak musí být použity větší rozměrové parametry navržených součástí. U prokázání způsobilosti jeřábu je nutné provést výpočet na lokální a globální napětí.

Lokální napětí určuje namáhání jednoho dílu, na němž se provádí kontrola na jednotlivé pásnice. Výpočet lokálního napětí je proveden na základě norem, kde je přesně určeno, jak podle koeficientů určit celkové namáhání.

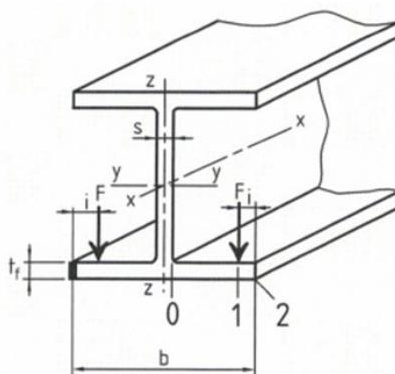
Globální napětí určuje namáhání jednoho dílu jako celku. Tento výpočet je proveden silovou metodou, kde podle ohybových momentů je zjištěno celkové namáhání v jednotlivých profilech. Pro tento výpočet je portálový jeřáb vyšetřován jako prutová soustava.

Na základě výpočtů těchto napětí je lokální napětí přičteno podle dané součásti ke globálnímu napětí a z obou napětí je určena bezpečnost jednotlivých součástí, a tedy i celého jeřábu.

7.7.1 LOKÁLNÍ NAPĚTÍ V NOSNÝCH PŘÍRUBÁCH ZATÍŽENÝCH KOLY

Při pojíždění jeřábové kočky po přírubách nosníku vzniká ohybové namáhání příruby, které je bráno jako lokální napětí v místě působení zatížení kola F (viz. obr. 7.3) bez ohledu na způsob

podepření. Níže uvedené tabulky a vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 15011 [38].



Obr. 7.3 Body výpočtu lokálního napětí na HEB profilu [38]

Podle obr. 7.3 jsou provedeny tři výpočty lokálního napětí. Místa vzniku lokálního napětí jsou na obrázku znázorněny čísly 0, 1, 2 [38].

- 0 – napětí v přechodu stojina/příruba
- 1 – napětí v bodě působení zatížení
- 2 – napětí na hraně nosníku

V těchto místech působí lokální napětí ve dvou směrech x a y. Výpočet se sestává z působící síly, tloušťky příruby a také koeficientů a součinitelů. Koeficienty jsou uvedeny v tab. 7.18 a součinitel je 0,75 pro všechny případy stejný [38].

Tab. 7.18 Koeficienty lokálního napětí [38]

Směr napětí	Nosník s rovnoběžně rozloženou tloušťkou příruby
Podélné ohybové napětí	$C_{x0} = 0,050 - 0,580 \cdot \lambda + 0,148 \cdot e^{3,015 \cdot \lambda}$
	$C_{x1} = 2,230 - 1,490 \cdot \lambda + 1,390 \cdot e^{-18,33 \cdot \lambda}$
	$C_{x2} = 0,730 - 1,580 \cdot \lambda + 2,910 \cdot e^{-6,00 \cdot \lambda}$
Příčné ohybové napětí	$C_{y0} = -2,110 + 1,977 \cdot \lambda + 0,0076 \cdot e^{6,53 \cdot \lambda}$
	$C_{y1} = 10,108 - 7,408 \cdot \lambda - 10,108 \cdot e^{-1,364 \cdot \lambda}$
	$C_{y2} = 0$

$$\lambda = \frac{i}{0,5 \cdot (b-s)} = \frac{40}{0,5 \cdot (120-6,5)} = 0,705 \quad (29)$$

Kde: λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 i [mm] vzdálenost bodu působení od hrany nosníku
 b [mm] šířka příruby
 s [mm] tloušťka stojiny

LOKÁLNÍ NAPĚTÍ V PŘECHODU STOJINA/PŘÍRUBA

$$c_{x0} = 0,050 - 0,580 \cdot \lambda + 0,148 \cdot e^{3,015 \cdot \lambda} \quad (30)$$

$$c_{x0} = 0,050 - 0,580 \cdot 0,705 + 0,148 \cdot 2,71^{3,015 \cdot 0,705} = 0,881$$

Kde: c_{x0} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 0 dle [38], str. 64
 λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 e [-] Eulerovo číslo

$$\sigma_{Fx0} = 0,75 \cdot C_{x0} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot 0,881 \cdot \frac{10685,677}{11^2} = 51,369 \text{ MPa} \quad (31)$$

Kde: σ_{Fx0} [MPa] napětí v přechodu stojina / příruba ve směru x dle [38], str. 63, 64
 c_{x0} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 0 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

$$c_{y0} = -2,110 + 1,977 \cdot \lambda + 0,0076 \cdot e^{6,53 \cdot \lambda} \quad (32)$$

$$c_{y0} = -2,110 + 1,977 \cdot 0,705 + 0,0076 \cdot 2,71^{6,53 \cdot 0,705} = 0,042$$

Kde: c_{y0} [-] koeficient lokálního napětí směru y pro stav 0 dle [38], str. 64
 λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 e [-] Eulerovo číslo

$$\sigma_{Fy0} = 0,75 \cdot C_{y0} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot 0,042 \cdot \frac{10685,677}{11^2} = 2,425 \text{ MPa} \quad (33)$$

Kde: σ_{Fy0} [MPa] napětí v přechodu stojina / příruba ve směru y dle [38], str. 63, 64
 c_{y0} [-] koeficient lokálního napětí směr y pro stav 0 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

LOKÁLNÍ NAPĚTÍ V BODĚ PŮSOBNÍ ZATÍŽENÍ

$$c_{x1} = 2,230 - 1,490 \cdot \lambda + 1,390 \cdot e^{-18,33 \cdot \lambda} \quad (34)$$

$$c_{x1} = 2,230 - 1,490 \cdot 0,705 + 1,390 \cdot 2,71^{-18,33 \cdot 0,705} = 1,180$$

Kde: c_{x1} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 1 dle [38], str. 64
 λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 e [-] Eulerovo číslo

$$\sigma_{Fx1} = 0,75 \cdot C_{x1} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot 1,180 \cdot \frac{10685,677}{11^2} = 68,828 \text{ MPa} \quad (35)$$

Kde: σ_{Fx1} [MPa] napětí v bodě působení zatížení ve směru x dle [38], str. 63, 64
 C_{x1} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 1 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

$$c_{y1} = 10,108 - 7,408 \cdot \lambda - 10,108 \cdot e^{-1,364 \cdot \lambda} \quad (36)$$

$$c_{y1} = 10,108 - 7,408 \cdot 0,705 - 10,108 \cdot 2,71^{-1,364 \cdot 0,705} = 1,022$$

Kde: c_{y1} [-] koeficient lokálního napětí směru y pro stav 1 dle [38], str. 64
 λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 e [-] Eulerovo číslo

$$\sigma_{Fy1} = 0,75 \cdot C_{y1} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot 1,022 \cdot \frac{10685,677}{11^2} = 59,604 \text{ MPa} \quad (37)$$

Kde: σ_{Fy1} [MPa] napětí v bodě působení zatížení ve směru y dle [38], str. 63, 64
 C_{y1} [-] koeficient lokálního napětí směr y pro stav 1 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

LOKÁLNÍ NAPĚTÍ NA HRANĚ NOSNÍKU

$$c_{x2} = 0,730 - 1,580 \cdot \lambda + 2,910 \cdot e^{-6,00 \cdot \lambda} \quad (38)$$

$$c_{x2} = 0,730 - 1,580 \cdot 0,705 + 2,910 \cdot 2,71^{-6,00 \cdot 0,705} = -0,341$$

Kde: c_{x2} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 2 dle [38], str. 64
 λ [-] součinitel pro koeficienty lokálního napětí dle [38], str. 64
 e [-] Eulerovo číslo

$$\sigma_{Fx2} = 0,75 \cdot C_{x2} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot (-0,341) \cdot \frac{10685,677}{11^2} = -19,909 \text{ MPa} \quad (39)$$

Kde: σ_{Fx2} [MPa] napětí na hraně nosníku ve směru x dle [38], str. 63, 64
 C_{x2} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 2 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

$$c_{y2} = 0 \quad (40)$$

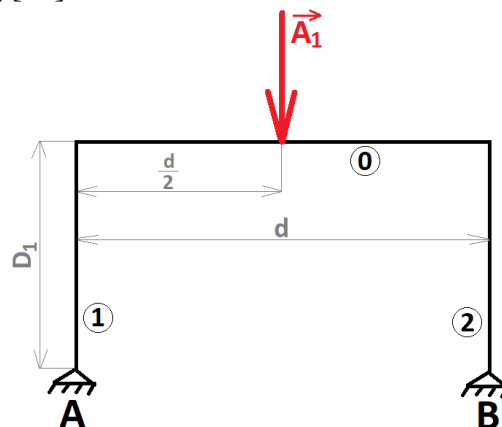
Kde: c_{y2} [-] koeficient lokálního napětí směru y pro stav 2 dle [38], str. 64

$$\sigma_{Fy2} = 0,75 \cdot c_{y2} \cdot \frac{A_1}{t_f^2} = 0,75 \cdot 0 \cdot \frac{10685,677}{11^2} = 0 \text{ MPa} \quad (41)$$

Kde: σ_{Fy2} [MPa] napětí na hraně nosníku ve směru y dle [38], str. 63, 64
 c_{y2} [-] koeficient lokálního napětí směr y pro stav 2 dle [38], str. 64
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

7.7.2 BEZPEČNOST VŮČI MEZNÍMU STAVU PRUŽNOSTI JEŘÁBOVÉHO MOSTU

Jeřábový most je počítán jako rovinný nosník uložený na dvou vazbách, na který působí zatížení jednotlivých hmotností a břemene. Na obr. 7.4 je znázorněna působící síla A_1 , ve které jsou zahrnuty jednotlivé složky zatížení (tj. hmotnost profilu, hmotnost přídatných komponent a hmotnost břemene). Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z teorie nosných konstrukcí, nosné konstrukce stavebních strojů I a konstruování strojních součástí [43] [44] [45].



Obr. 7.4 Schéma portálového jeřábu převedené na prutovou soustavu

V silové metodě je nutné určit stupeň statické určitosti. Úloha podle obr. 7.4 je 1x staticky neurčitá. To znamená, že vazba A nebo B musí být vyšetřena na deformační podmínky. To bude provedeno pomocí kontroly na vzpěr.

$$i_s = 3 \cdot (n - 1) - 3 \cdot v - 2 \cdot r - p = 3 \cdot 1 - 3 \cdot 0 - 2 \cdot 2 - 0 = -1 \quad (42)$$

Kde: i_s [-] statická určitost dle [44]
 n [-] počet částí konstrukce dle [44]
 v [-] vetknuté podpory dle [44]
 r [-] rotační vazby dle [44]
 p [-] posuvné podpory dle [44]

Pro sílu A_1 je provedena úprava vstupních parametrů ve výpočtu, protože na nosník nemají vliv hmotnosti od pojezdových příčníků a pojezdových kol. Rovněž jsou od tohoto výpočtu odečteny podpory, protože při výpočtu ohybového momentu je uvažována pouze jedna strana, která do výpočtu bude zahrnuta zvlášť. Upravená síla je označena $A_{1\check{c}}$.

$$m_{\check{c}1cel} = m_{cel} - 2 \cdot M_{c1} - 2 \cdot M_{c2} - \frac{M_{c3}}{5} - 4 \cdot m_{pk} \quad (43)$$

$$m_{\check{c}1cel} = 246,008 - 2 \cdot 17,480 - 2 \cdot 12,603 - \frac{52,99}{5} - 4 \cdot 3,5 = 161,246 \text{ kg}$$

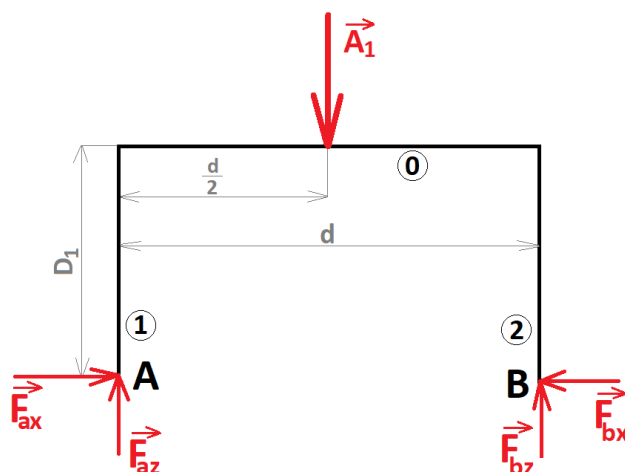
Kde:	$m_{\check{c}1cel}$ [kg]	korekce 1 částečné celkové hmotnosti jeřábu
	m_{cel} [kg]	celková hmotnost jeřábu
	M_{c1} [kg]	celková hmotnost nosného sloupu
	M_{c2} [kg]	celková hmotnost pojezdového příčniku
	M_{c3} [kg]	celková hmotnost přidavných vyztužovacích plechů
	m_{pk} [kg]	hmotnost pojezdového kola

$$A_{1\check{c}} = (m_{\check{c}1cel} \cdot g) \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \emptyset_2 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \emptyset_4 \cdot \gamma_p \quad (44)$$

$$A_{1\check{c}} = (161,246 \cdot 9,81) \cdot 1,05 \cdot 1,22 + 4905 \cdot 1,061 \cdot 1,34 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,34$$

$$A_{1\check{c}} = 9\,620,501 \text{ N}$$

Kde:	$A_{1\check{c}}$ [N]	částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen
	$m_{\check{c}1cel}$ [kg]	korekce 1 částečné celkové hmotnosti jeřábu
	g [m/s ²]	tíhové zrychlení
	i_2 [N]	zatížení od hmotnosti břemene
	i_4 [N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
	γ_p [-]	dílčí součinitel bezpečnosti
	$\emptyset_1$ [-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
	$\emptyset_2$ [-]	dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
	$\emptyset_4$ [-]	dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17



Obr. 7.5 Uvolnění rámu pro výpočet momentové rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0 : -A_{1\check{c}} \cdot \frac{d}{2} - M_{c1} \cdot d + F_{bz} \cdot d = 0$$

$$F_{bz} = \frac{A_{1\check{c}} \cdot \frac{d}{2} + (M_{c1} \cdot g) \cdot d}{d} = \frac{9620,501 \cdot \frac{3400}{2} + (17,480 \cdot 9,81) \cdot 3400}{3400} = 4\,981,725 \text{ N} \quad (45)$$

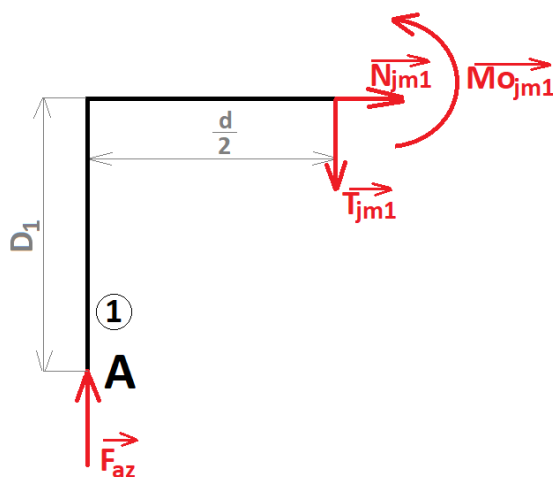
Kde: F_{bz} [N] reakční síla v bodě B při výpočtu jeřábového mostu
 $A_{1\check{c}}$ [N] částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen
 d [mm] délka profilu jeřábového mostu
 M_{c1} [kg] celková hmotnost nosného sloupu
 g [m/s²] tíhové zrychlení

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = 0 : F_{az} - A_{1\check{c}} - 2 \cdot g \cdot M_{c1} + F_{bz} = 0$$

$$F_{az} = A_{1\check{c}} + 2 \cdot g \cdot M_{c1} - F_{bz} \quad (46)$$

$$F_{az} = 9620,501 + 2 \cdot 9,81 \cdot 17,480 - 4981,725 = 4\,981,725 \text{ N}$$

Kde: F_{az} [N] reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
 $A_{1\check{c}}$ [N] částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen
 M_{c1} [kg] celková hmotnost nosného sloupu
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 F_{bz} [N] reakční síla v bodě B



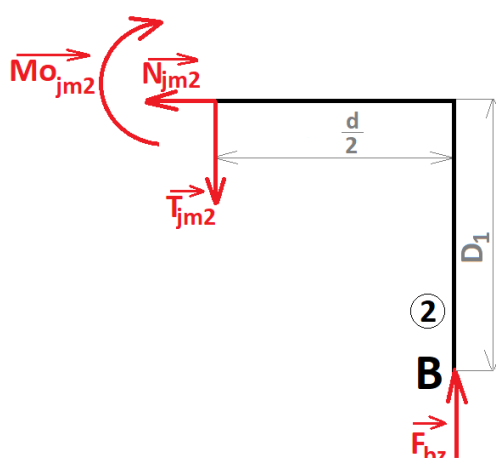
Obr. 7.6 Schéma řezu pro výpočet ohybového momentu na jeřábovém mostě

$$Mo_{jm1} = F_{az} \cdot \frac{d}{2} - (M_{c1} \cdot g) \cdot \frac{d}{2} - \frac{(G \cdot g) \cdot d^2}{2} \quad (47)$$

$$Mo_{jm1} = 4981,725 \cdot \frac{3400}{2} - (17,480 \cdot 9,81) \cdot \frac{3400}{2} - \frac{(26,7 \cdot 9,81) \cdot 3400^2}{2000}$$

$$Mo_{jm1} = 6\,663\,487,63 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kde:	Mo_{jm1}	[N/mm]	ohybový moment jeřábového mostu k bodu A
	F_{az}	[N]	reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
	d	[mm]	délka profilu jeřábového mostu
	M_{c1}	[kg]	celková hmotnost nosného sloupu
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
	G	[kg/m]	hmotnost 1 kg/m nosníku jeřábového mostu



Obr. 7.7 Schéma řezu pro kontrolu ohybového momentu na jeřábovém mostě

$$Mo_{jm2} = F_{bz} \cdot \frac{d}{2} - (M_{c1} \cdot g) \cdot \frac{d}{2} - \frac{(G \cdot g) \cdot d^2}{2} \quad (48)$$

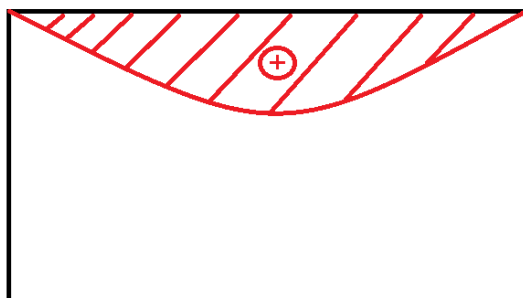
$$Mo_{jm2} = 4981,725 \cdot \frac{3400}{2} - (17,480 \cdot 9,81) \cdot \frac{3400}{2} - \frac{(26,7 \cdot 9,81) \cdot 3400^2}{2 \cdot 1000}$$

$$Mo_{jm2} = 6\,663\,487,63 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kde:	Mo_{jm2}	[N/mm]	ohybový moment jeřábového mostu k bodu B
	F_{az}	[N]	reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
	d	[mm]	délka profilu jeřábového mostu
	M_{c1}	[kg]	celková hmotnost nosného sloupu
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
	G	[kg/m]	hmotnost 1 kg/m nosníku jeřábového mostu

Podle momentové rovnováhy jsou vypočítány reakční síly v bodě A a B. Tyto síly jsou dále dosazeny do výpočtu ohybového momentu. Na obr. 7.8 je znázorněn výsledný průběh

ohybového momentu. Největší ohybový moment nastává uprostřed jeřábového mostu. Následuje výpočet globálního napětí.



Obr. 7.8 Výsledný průběh ohybového momentu jeřábového mostu

Následně je vypočítáno globální napětí. Tento výpočet je proveden na základě ohybového momentu a průřezového modulu. Hodnota průřezového modulu je použita z katalogu zvoleného výrobce, tj. Feron, a.s. Tato hodnota je uvedena u vstupních hodnot v příloze VI.

$$\sigma_{Fjm} = \frac{M_{ojm1}}{W_{ojm}} = \frac{6\,663\,487,63}{52837,380} = 126,113 \text{ MPa} \quad (49)$$

Kde: σ_{Fjm} [MPa] globální napětí jeřábového mostu
 M_{ojm1} [N/mm] ohybový moment jeřábového mostu k bodu A
 W_{ojm} [mm³] průřezový modul jeřábového mostu v ohybu dle [14]

Nakonec je potřeba určit bezpečnost. Jak bylo řečeno na začátku této podkapitoly, lokální napětí je nejprve potřeba přičíst ke globálnímu napětí a z obou napětí určit bezpečnost jeřábového mostu.

$$\sigma_{jm} = \sigma_{Fx1} + \sigma_{Fjm} = 68,828 + 126,113 = 194,941 \text{ MPa} \quad (50)$$

Kde: σ_{jm} [MPa] celkové napětí jeřábového mostu
 σ_{Fx1} [MPa] napětí v bodě působení zatížení ve směru x dle [38], str. 63, 64
 σ_{Fjm} [MPa] globální napětí jeřábového mostu

$$k_{jm} = \frac{f_y}{\sigma_{jm}} = \frac{355}{194,941} = 1,821 \quad (51)$$

Kde: k_{jm} [-] bezpečnost jeřábového mostu
 f_y [MPa] jmenovitá pevnost meze kluzu dle [28]
 σ_{jm} [MPa] celkové napětí jeřábového mostu

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost jeřábového mostu vyhovuje.

7.7.3 BEZPEČNOST VŮČI MEZNÍMU STAVU PRUŽNOSTI NOSNÉHO SLOUPU

U podpor je uvažováno uložení na dvou vazbách (tzn. pojezdové příčníky jsou nahrazeny vazbou), na které působí zatížení A_1 (tj. zatížení samotné hmotnosti jeřábového mostu, vlastních hmotností podpor a hmotnosti břemene). Výpočet je proveden podle obr. 7.4. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z konstruování strojních součástí a z fyzikálně technické příručky [43] [46].

Pro sílu A_1 je provedena úprava vstupních parametrů ve výpočtu, protože na podpory nemají vliv hmotnosti od pojezdových příčníků a pojezdových kol. Upravená síla je označena $A_{1\check{c}2}$.

$$m_{\check{c}2cel} = m_{cel} - 2 \cdot M_{c2} - \frac{M_{c3}}{7} - 4 \cdot m_{pk} \quad (52)$$

$$m_{\check{c}2cel} = 246,008 - 2 \cdot 12,603 - \frac{52,99}{7} - 4 \cdot 3,5 = 199,233 \text{ kg}$$

Kde:	$m_{\check{c}2cel}$	[kg]	korekce 2 částečné celkové hmotnosti jeřábu
	m_{cel}	[kg]	celková hmotnost jeřábu
	M_{c2}	[kg]	celková hmotnost pojezdového příčníku
	M_{c3}	[kg]	celková hmotnost přidavných vyztužovacích plechů
	m_{pk}	[kg]	hmotnost pojezdového kola

$$A_{1\check{c}2} = (m_{\check{c}2cel} \cdot g) \cdot \phi_1 \cdot \gamma_p + i_2 \cdot \phi_2 \cdot \gamma_p + i_4 \cdot \phi_4 \cdot \gamma_p \quad (53)$$

$$A_{1\check{c}2} = (199,233 \cdot 9,81) \cdot 1,05 \cdot 1,22 + 4905 \cdot 1,061 \cdot 1,34 + 329,62 \cdot 1,4 \cdot 1,34$$

$$A_{1\check{c}2} = 10\,097,869 \text{ N}$$

Kde:	$A_{1\check{c}2}$	[N]	částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen – korekce 2
	$m_{\check{c}2cel}$	[kg]	korekce 2 částečné celkové hmotnosti jeřábu
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
	i_2	[N]	zatížení od hmotnosti břemene
	i_4	[N]	zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
	γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
	ϕ_1	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
	ϕ_2	[-]	dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu dle [41], str. 12
	ϕ_4	[-]	dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu dle [41], str. 17

Následně je vypočítán ohybový moment, jehož výpočet je proveden na základě výpočtu součinitele α_k . Ten je vypočítán z délek a momentů setrvačnosti jeřábového mostu a podpor. Tento výpočet je vhodné použít, protože je určen pro výpočty staticky neurčitých konstrukcí. Hodnoty momentů setrvačnosti jsou použity z katalogu zvoleného výrobce, tj. Feron, a.s. Tyto hodnoty jsou uvedeny u vstupních hodnot v příloze VI. [46].

$$\alpha_k = \frac{I_{jm} \cdot D_1}{I_p \cdot d} = \frac{3170242,771 \cdot 1595}{1412500 \cdot 3400} = 1,053 \quad (54)$$

Kde:	α_k	[-]	součinitel pro výpočet ohybového momentu podpory dle [46]
	I_{jm}	[mm ⁴]	moment setrvačnosti jeřábového mostu k ose ohybu y dle [14]
	D_1	[mm]	délka profilu nosného sloupu (podpory)
	I_p	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu podpory dle [14]
	d	[mm]	délka profilu jeřábového sloupu

$$M_{op} = A_{1\&2} \cdot \frac{\frac{d}{2} \cdot \frac{d}{2}}{d} \cdot \frac{3}{2 \cdot (3 + 2 \cdot \alpha_k)} \quad (55)$$

$$M_{op} = 10097,869 \cdot \frac{1700 \cdot 1700}{3400} \cdot \frac{3}{2 \cdot (3 + 2 \cdot 1,053)} = 2\,521\,602,757 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kde:	M_{op}	[N/mm]	ohybový moment nosného sloupu dle [46]
	$A_{1\&2}$	[N]	částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen – korekce 2
	d	[mm]	délka profilu jeřábového sloupu
	α_k	[-]	součinitel pro výpočet ohybového momentu podpory dle [46]

Následuje výpočet maximálního napětí na podpoře, ze kterého bude vypočtena bezpečnost nosného sloupu.

$$\sigma_p = \frac{M_{op}}{W_{op}} = \frac{2521602,757}{35312,5} = 71,408 \text{ MPa} \quad (56)$$

Kde:	σ_p	[MPa]	celkové napětí nosného sloupu
	M_{op}	[N/mm]	ohybový moment nosného sloupu dle [46]
	W_{op}	[mm ³]	průřezový modul nosného sloupu v ohybu dle [14]

$$k_p = \frac{f_y}{\sigma_p} = \frac{355}{71,408} = 4,971 \quad (57)$$

Kde:	k_p	[-]	bezpečnost nosného sloupu
	f_y	[MPa]	jmenovitá pevnost meze kluzu dle [28]
	σ_p	[MPa]	celkové napětí nosného sloupu

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost nosného sloupu vyhovuje.

7.7.4 BEZPEČNOST VŮČI MEZNÍMU STAVU VZPĚRNÉ STABILITY PODPOR

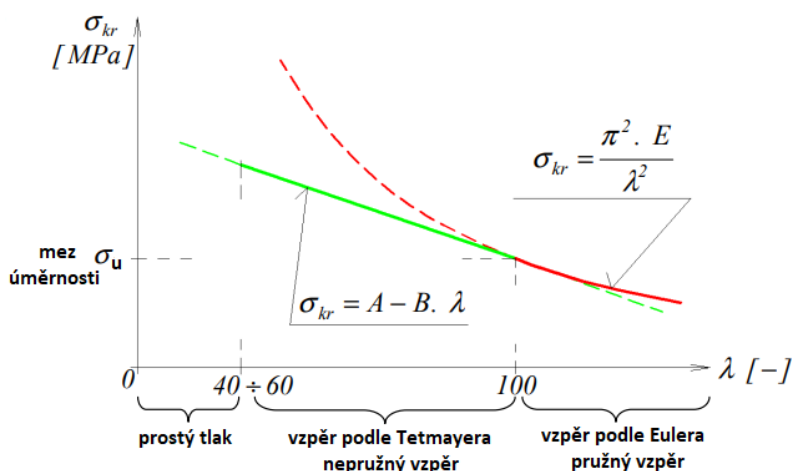
U podpor je nutná kontrola také na vzpěrnou stabilitu. Jelikož se jedná o profily ve svislém směru, tak mimo ohybu na ně působí také tlak. Nejprve je provedena kontrola na typ vzpěru a poté je proveden samotný výpočet. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z předmětu dopravní a manipulační zařízení a ze strojnických tabulek [47] [48].

$$i_p = \sqrt{\frac{I_p}{S_p}} = \sqrt{\frac{1412500}{1500}} = 30,687 \text{ mm} \quad (58)$$

Kde: i_p [mm] poloměr setrvačnosti průřezu nosného sloupu dle [47]
 I_p [mm⁴] kvadratický moment průřezu podpory dle [14]
 S_p [mm²] plocha namáhaného průřezu nosného sloupu dle [14]

$$\lambda_p = \frac{D_1}{i_p} = \frac{1595}{30,687} = 51,977 \quad (59)$$

Kde: λ_p [-] štíhlost nosného sloupu dle [47]
 D_1 [mm] délka profilu nosného sloupu (podpory)
 i_p [mm] poloměr setrvačnosti průřezu nosného sloupu dle [47]



Obr. 7.9 Rozlišení namáhání prutů tlakovou silou [47]

Podle obr. 7.9 dochází k porušení stability v pružné oblasti, tzn. napětí od zatěžujících sil leží pod mezí úměrnosti σ_u . Výpočtem však bylo zjištěno, že se jedná o nepružný vzpěr (tj. podle podmínky $\lambda_p < 100$). Výpočet dále probíhá podle Tetmayerova-Jasinského rovnice.

$$\sigma_{krp} = f_y - 0,62 \cdot \lambda_p = 355 - 0,62 \cdot 51,977 = 322,774 \text{ MPa} \quad (60)$$

Kde: σ_{krp} [MPa] kritické maximální napětí z hlediska vzpěru podpory dle [48]
 f_y [MPa] jmenovitá pevnost meze kluzu dle [28]
 λ_p [-] štíhlost nosného sloupu dle [47]

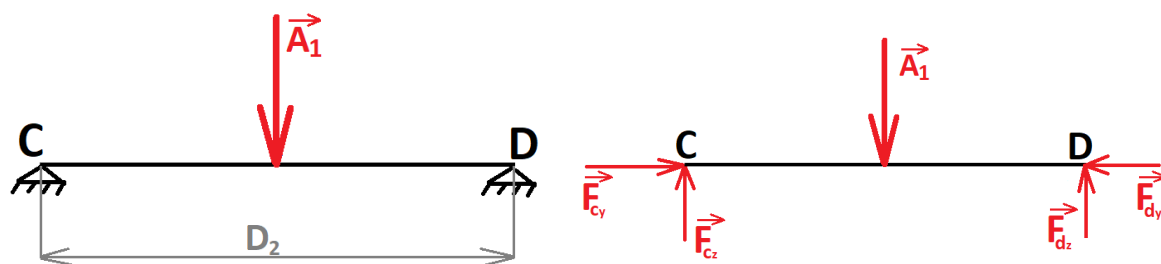
$$k_{pvs} = \frac{\sigma_{krp}}{\sigma_p} = \frac{322,774}{71,408} = 4,520 \quad (61)$$

Kde:	k_{pvs}	[-]	bezpečnost nosného sloupu vzhledem ke vzpěrné stabilitě
	σ_{krp}	[MPa]	kritické maximální napětí z hlediska vzpěru podpory dle [48]
	σ_p	[MPa]	celkové napětí nosného sloupu

Nakonec je určena bezpečnost. Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost nosného sloupu vzhledem k mezímu stavu vzpěrné stability vyhovuje.

7.7.5 BEZPEČNOST VŮČI MEZNÍMU STAVU PRUŽNOSTI POJEZDOVÉHO PŘÍČNÍKU

Pojezdový příčník je počítán jako rovinný prut uložený na dvou vazbách. Na obr. 7.10 je vyznačena síla A_1 (tj. hmotnost břemene, hmotnost jeřábového mostu, hmotnosti nosných sloupů a přidavných komponentů), která působí na pojezdový příčník v případě, kdy se jeřábová kočka nachází na kraji jeřábového mostu. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z teorie nosných konstrukcí, nosné konstrukce stavebních strojů I a konstruování strojních součástí [43] [44] [45].



Obr. 7.10 Schéma pojezdového příčníku převedeného na prutovou soustavu a uvolnění pro výpočet momentové rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n M_{iC} = 0 : -A_1 \cdot \frac{D_2}{2} + F_{dz} \cdot D_2 = 0$$

$$F_{dz} = \frac{A_1 \cdot \frac{D_2}{2}}{D_2} = \frac{10685,677 \cdot \frac{1150}{2}}{1150} = 5\,342,838 \text{ N} \quad (62)$$

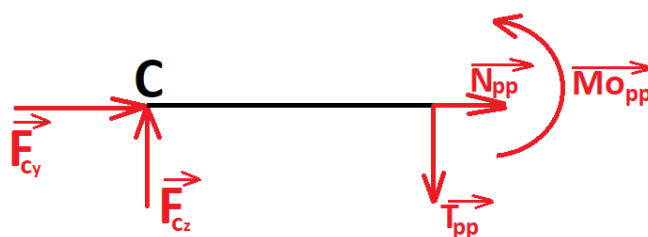
Kde:	F_{dz}	[N]	reakční síla v bodě D při výpočtu pojezdového příčníku
	A_1	[N]	kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
	D_2	[mm]	délka profilu pojezdového příčníku

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = 0 : F_{cz} - A_1 + F_{dz} = 0$$

$$F_{cz} = A_1 - F_{dz} = 0 \quad (63)$$

$$F_{cz} = 10685,677 - 5342,838 = 5\,342,838 \text{ N}$$

Kde: F_{cz} [N] reakční síla v bodě C při výpočtu pojezdového příčnicku
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 F_{dz} [N] reakční síla v bodě D při výpočtu pojezdového příčnicku



Obr. 7.11 Schéma řezu pro výpočet ohybového momentu na pojezdovém příčnicku

$$M_{opp} = F_{cz} \cdot \frac{D_2}{2} = 5342,838 \cdot \frac{1150}{2} = 3\,072\,132,126 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (64)$$

Kde: M_{opp} [N/mm] ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C
 F_{cz} [N] reakční síla v bodě C při výpočtu pojezdového příčnicku
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčnicku

Následuje výpočet maximálního napětí na pojezdovém příčnicku, ze kterého bude vypočtena jeho bezpečnost.

$$\sigma_{pp} = \frac{M_{opp}}{W_{opp}} = \frac{3072132,126}{35312,5} = 86,998 \text{ MPa} \quad (65)$$

Kde: σ_{pp} [MPa] celkové napětí pojezdového příčnicku
 M_{opp} [N/mm] ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C
 W_{opp} [mm³] průřezový modul pojezdového příčnicku v ohybu dle [14]

$$k_{pp} = \frac{f_y}{\sigma_{pp}} = \frac{355}{86,998} = 4,081 \quad (66)$$

Kde: k_{pp} [-] bezpečnost pojezdového příčnicku
 f_y [MPa] jmenovitá pevnost meze kluzu dle [28]
 σ_{pp} [MPa] celkové napětí pojezdového příčnicku

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost pojezdového příčnicku vyhovuje.

7.7.6 PŘEHLED MAXIMÁLNÍCH NAPĚTÍ A BEZPEČNOSTÍ

Tab. 7.19 Přehled bezpečností na prokázání způsobilosti jeřábu

Součást (díl)	Maximální napětí	Mez kluzu materiálu	Bezpečnost	Závěr
Jednotky	[MPa]	[MPa]	[-]	
Jeřábový most	194,941	355	1,821	vyhovuje
Nosný sloup	71,408	355	4,971	vyhovuje
Pojezdový příčník	86,998	355	4,081	vyhovuje

Výpočty na prokázání statické způsobilosti jeřábu bylo zjištěno, že bezpečnosti jednotlivých součástí jsou vyhovující. Z výše uvedených hodnot v tab. 7.19 je patrné, že pro typ jeřábu KPC – 500 PC – 1 jsou profily zbytečně předimenzovány. Tato skutečnost je z důvodu, že firma KRÁLOVO POLE CRANES, a.s., pro kterou je vypracována tato diplomová práce, měla požadavek, aby na 24 navržených portálových jeřábů v modulové řadě bylo použito maximálně pět rozměrově odlišných nosných součástí (tzn. modulová řada je tvořena z pěti různých modulů, tj. jeřábové mosty = 5x odlišný HEB profil, nosné sloupky a pojezdové příčníky = 5x odlišný uzavřený čtvercový profil. Pozn. odlišné rozměry profilů platí pro výšku, šířku a tloušťku. Délka profilu může být vždy odlišná).

Aplikace robustnějších profilů u jeřábů s menší nosností nebo menším rozpětím bude mít vliv jednak na větší bezpečnost, ale také na vyšší cenu. Firma s tímto přístupem návrhu souhlasila. Pro snížení bezpečnosti jednotlivých profilů a jejich redukce na hodnoty blízké se 1 by bylo nutné použít více rozměrově odlišných profilů. Nejlepší variantou by bylo použití rozměrově odlišných profilů na každý jeřáb zvlášť.

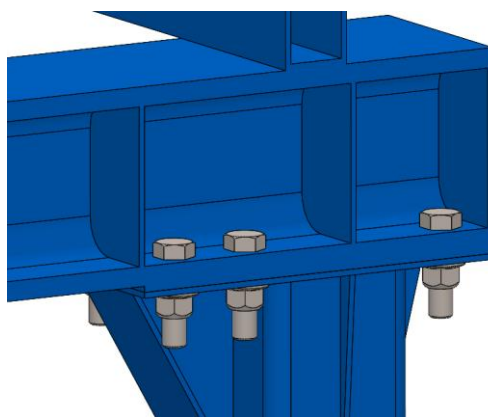
Na začátku přílohy VI jsou tabulky, ve kterých je přehled pěti profilů (tj. HEB – profil a uzavřený čtvercový profil), které jsou na modulovou řadu použity.

7.8 PROKÁZÁNÍ ZPŮSOBILOSTI ŠROUBOVÝCH SPOJŮ

V konstrukčním návrhu portálového jeřábu (viz. kapitola 6) je popsáno spojení nosných částí (jeřábový most, nosné sloupky a pojezdové příčníky). To je provedeno, kvůli snadné montáži a demontáži, pomocí šroubů. U těchto šroubů je nutné zkontrolovat bezpečnost, aby namáhání vydržely. Kontrola bezpečnosti šroubů bude provedena u spojení jeřábového mostu s nosnými sloupky a u spojení nosných sloupů s pojezdovými příčníky. Na portálovém jeřábu jsou použity další šrouby (spoj kolejnice s profily a spoj pojezdových kladek s pojezdovými příčníky), pro které není nutné kontrolu provádět. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-3-1+A2 a konstruování strojních součástí [42] [43].

7.8.1 SPOJENÍ JEŘÁBOVÉHO MOSTU A NOSNÉHO SLOUPY

Pro spojení jeřábového mostu s nosnými sloupky je potřeba 12 šroubů. Jejich výběr a specifikace jsou uvedeny v podkapitole 6.5. Konkrétní vstupní hodnoty se nachází v této podkapitole. Pro ostatní portálové jeřáby jsou hodnoty šroubů uvedeny v příloze VI.



Obr. 7.12 Detailní pohled na spojení jeřábového mostu s nosným sloupem

VSTUPNÍ HODNOTY

Tab. 7.20 Tabulka s parametry šroubu na spojení jeřábového mostu a nosného sloupu

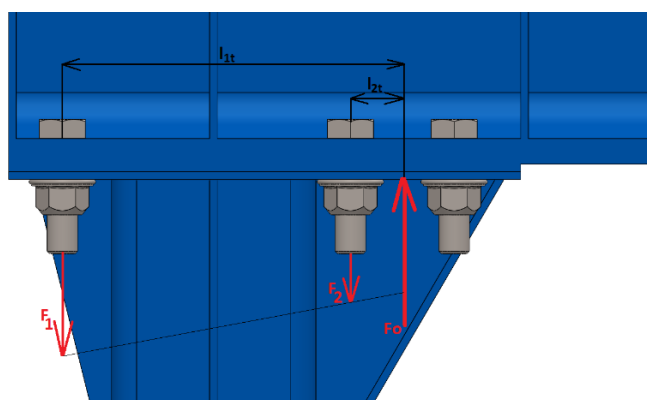
Popis	Rozměr	Norma
Šroub M10-45-8.8	M10-45-8.8	DIN 960
Pojistná matice	M10-8.8	DIN 985
Podložka	10	DIN 125A
Další údaje	Hodnota	Jednotky
Plocha šroubu	78,540	[mm ²]
Mez pevnosti šroubu	800	[MPa]

PROKÁZÁNÍ ZPŮSOBILOSTI SPOJE

Bezpečnost šroubu je provedena na základě výpočtu výsledné síly působící na šrouby a maximální únosnosti šroubu v tahu.

$$F_{s1} = \frac{F_{az}}{6} = \frac{4981,725}{6} = 830,288 \text{ N} \quad (67)$$

Kde: F_{s1} [N] síla působící na jeden šroub u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43]
 F_{az} [N] reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu



Obr. 7.13 Výpočtové schéma spoje jeřábového mostu s nosným sloupem

$$F_{s1} = \frac{M_{op}}{2} \cdot \frac{l_{1t}}{l_{1t}^2 + l_{2t}^2} = \frac{2521602,757}{2} \cdot \frac{133}{133^2 + 20^2} = 9\,270,086 \text{ N} \quad (68)$$

Kde: F_{s1} [N] zatížení od ohybového momentu u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43], str. 483
 M_{op} [N/mm] ohybový moment nosného sloupu dle [46]
 l_{1t} [mm] vzdálenost těžiště tlakového zatížení od vzdálenějšího šroubu dle [43]
 l_{2t} [mm] vzdálenost těžiště tlakového zatížení od bližšího šroubu dle [43]

$$F_{vš1} = F_{s1} + F_{s1} = 830,288 + 9270,086 = 10\,100,373 \text{ N} \quad (69)$$

Kde: $F_{vš1}$ [N] výsledná síla působící na šrouby u spoje jeřábového mostu a podpory
 F_{s1} [N] síla působící na jeden šroub u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43]
 F_{s1} [N] zatížení od ohybového momentu u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43], str. 483

$$F_{st1} = \frac{0,9 \cdot R_m \cdot S_{s1}}{1,25} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 78,540}{1,25} = 45\,238,934 \text{ N} \quad (70)$$

Kde: F_{st1} [N] maximální únosnost šroubu v tahu u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43]
 R_m [MPa] mez pevnosti šroubu dle [43]
 S_{s1} [mm²] plocha šroubu u spoje jeřábového mostu a podpory

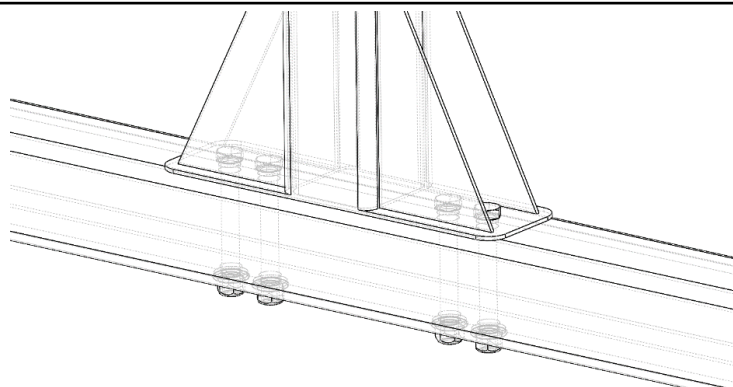
$$k_{s1} = \frac{F_{st1}}{F_{vš1}} = \frac{45238,934}{10100,373} = 4,479 \quad (71)$$

Kde: k_{s1} [-] bezpečnost šroubu vůči MSP u spoje jeřábového mostu a podpory
 F_{st1} [N] maximální únosnost šroubu v tahu u spoje jeřábového mostu a podpory dle [43]
 $F_{vš1}$ [N] výsledná síla působící na šrouby u spoje jeřábového mostu a podpory

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost šroubu u spoje jeřábového mostu a podpory vyhovuje.

7.8.2 SPOJENÍ NOSNÉHO SLOUPU A POJEZDOVÉHO PŘÍČNÍKU

Pro spojení nosných sloupů s pojezdovými příčníky je potřeba 8 šroubů. Jejich výběr a specifikace jsou uvedeny v podkapitole 6.5. Konkrétní vstupní hodnoty se nachází v této podkapitole. Pro ostatní portálové jeřáby jsou hodnoty šroubů uvedeny v příloze VI.



Obr. 7.14 Detailní pohled na spojení nosného sloupu s pojezdovým příčným

VSTUPNÍ HODNOTY

Tab. 7.21 Tabulka s parametry šroubu na spojení nosných sloupů s pojezdovými příčnými

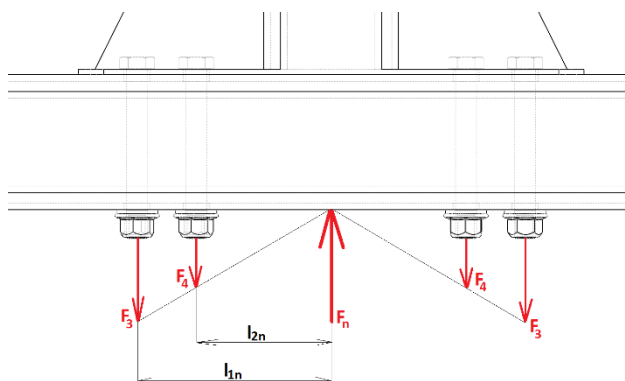
Popis	Rozměr	Norma
Šroub M10-100-8.8	M10-100-8.8	DIN 960
Pojistná matice	M10-8.8	DIN 985
Podložka	10	DIN 125A
Další údaje	Hodnota	Jednotky
Plocha šroubu	78,540	[mm ²]
Mez pevnosti šroubu	800	[MPa]

PROKÁZÁNÍ ZPŮSOBILOSTI SPOJE

Bezpečnost šroubů je provedena na základě výpočtu výsledné síly působící na šrouby a maximální únosnosti šroubu v tahu, přičemž je brán zřetel i na ohyb profilu pojezdového příčníku.

$$F_{s2} = \frac{A_1}{4} = \frac{10685,677}{4} = 2\,671,419\, \text{N} \quad (72)$$

Kde: F_{s2} [N] síla působící na jeden šroub u spoje podpory a pojez. příčníku dle [43]
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35



Obr. 7.15 Výpočtové schéma spoje nosného sloupu s pojezdovým příčným

$$F_{s2} = \frac{M_{opp}}{2} \cdot \frac{l_{1n}}{l_{1n}^2 + l_{2n}^2} = \frac{3072132,126}{2} \cdot \frac{115}{115^2 + 80^2} = 9\,001,151 \text{ N} \quad (73)$$

Kde: F_{s2} [N] zatížení od ohybového momentu u spoje podpory a pojez. příčnicku dle [43], str. 483
 M_{opp} [N/mm] ohybový moment jezdového příčnicku k bodu C
 l_{1n} [mm] vzdálenost těžiště tlakového zatížení od vzdálenějšího šroubu dle [43]
 l_{2n} [mm] vzdálenost těžiště tlakového zatížení od bližšího šroubu dle [43]

$$F_{vs2} = F_{s2} + F_{s2} = 2671,419 + 9001,151 = 11\,672,571 \text{ N} \quad (74)$$

Kde: F_{vs2} [N] výsledná síla působící na šrouby u spoje podpory a pojez. příčnicku
 F_{s2} [N] síla působící na jeden šroub u spoje podpory a pojez. příčnicku dle [43]
 F_{s2} [N] zatížení od ohybového momentu u spoje podpory a pojez. příčnicku dle [43], str. 483

$$F_{st2} = \frac{0,6 \cdot R_m \cdot S_{s2}}{1,25} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 78,540}{1,25} = 30\,159,289 \text{ N} \quad (75)$$

Kde: F_{st2} [N] maximální únosnost šroubu v tahu u spoje podpory a pojez. příčnicku dle [43]
 R_m [MPa] mez pevnosti šroubu dle [43]
 S_{s2} [mm²] plocha šroubu u spoje podpory a pojez. příčnicku

$$k_{s2} = \frac{F_{st2}}{F_{vs2}} = \frac{30159,289}{11672,571} = 2,584 \quad (76)$$

Kde: k_{s2} [-] bezpečnost šroubu vůči MSP u spoje podpory a pojez. příčnicku
 F_{st2} [N] maximální únosnost šroubu v tahu u spoje podpory a pojez. příčnicku dle [43]
 F_{vs2} [N] výsledná síla působící na šrouby u spoje podpory a pojez. příčnicku

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost šroubu u spoje podpory a pojez. příčnicku vyhovuje.

7.9 PROKÁZÁNÍ ZPŮSOBILOSTI SVAROVÝCH SPOJŮ

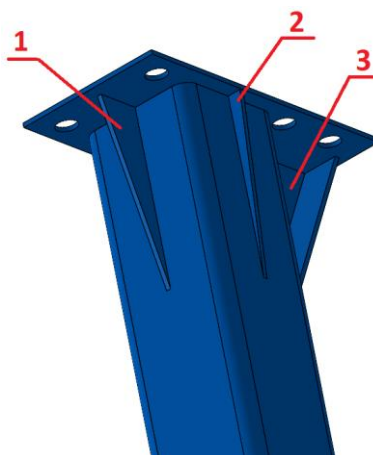
K nosnému rámu, který se skládá z pěti dílů, jsou přivařeny plechy. Ty plní funkci buď zakrytí konců profilů nebo vyztužení v kritických místech. Na prokázání způsobilosti svarových spojů budou podrobeny výpočtům pouze svary v kritických místech. Jedná se zejména o svary na nosných sloupech, kde přivařené plechy výrazně zvyšují pevnost. Ostatní svary není nutné podrobovat výpočtům, protože nejsou tak výrazně namáhány na ohyb nebo slouží jen jako kosmetický prvek. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-3-1+A2 a konstruování strojních součástí [42] [43].

Pro obloukové svařování je použita obalená elektroda E-B 121, která je vhodná pro univerzální použití značně namáhaných součástí. Její použití je vhodné pro všechny polohy svařování. Mechanická hodnota potřebná pro výpočty je mez kluzu $R_{me} = 500 \text{ MPa}$ [48].

7.9.1 SVAROVÝ SPOJ V HORNÍ ČÁSTI NOSNÉHO SLOUPU

Výpočet je proveden na základě určení účinné plochy svaru, která pro větší bezpečnost bude počítána na celkové zatížení. Dále bude vypočítáno maximální napětí, ze kterého podle meze kluzu bude určena bezpečnost svaru.

Na obr. 7.16 jsou tři rozměrově odlišné přivařené plechy, které podle číselného označení jsou vypočítány každý zvlášť.



Obr. 7.16 Detailní pohled přivařených plechů v horní části na nosném sloupu

VÝPOČET SVARU 1

$$S_{p1} = 0,707 \cdot z_1 \cdot (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s1}) = 0,707 \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 30) = 229,775 \text{ mm}^2 \quad (77)$$

Kde: S_{p1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na plechu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídavných vyztužovacích plechů
 $\check{s}_{s1}$ [mm] šířka svaru 1 na plechu

$$S_{s1} = 1,414 \cdot z_1 \cdot h_{s1} = 1,414 \cdot 5 \cdot 120 = 848,400 \text{ mm}^2 \quad (78)$$

Kde: S_{s1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na nosném sloupu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 h_{s1} [mm] výška svaru 1 na nosném sloupu

$$S_{c1} = S_{p1} + S_{s1} = 229,775 + 848,400 = 1\,078,175 \text{ mm}^2 \quad (79)$$

Kde: S_{c1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na podpoře dle [43], str.515
 S_{p1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na plechu dle [43], str.515
 S_{s1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$y_{p1} = \frac{\check{s}_{s1}^2}{T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s1}} = \frac{30^2}{5 + 2 \cdot 30} = 13,846 \text{ mm} \quad (80)$$

Kde: y_{p1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s1}$ [mm] šířka svaru 1 na plechu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$y_{s1} = \frac{h_{s1}^2}{T_3 + 2 \cdot h_{s1}} = \frac{120^2}{5 + 2 \cdot 120} = 58,78 \text{ mm} \quad (81)$$

Kde: y_{s1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 h_{s1} [mm] výška svaru 1 na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{pu1} = \frac{2 \cdot \check{s}_{s1}^3}{3} - 2 \cdot \check{s}_{s1}^2 \cdot y_{p1} + (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s1}) \cdot y_{p1}^2 \quad (82)$$

$$J_{pu1} = \frac{2 \cdot 30^3}{3} - 2 \cdot 30^2 \cdot 13,84 + (5 + 2 \cdot 30) \cdot 13,84^2 = 5\,538,462 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{pu1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s1}$ [mm] šířka svaru 1 na plechu
 y_{p1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na plechu dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{su1} = \frac{2 \cdot h_{s1}^3}{3} - 2 \cdot h_{s1}^2 \cdot y_{s1} + (T_3 + 2 \cdot h_{s1}) \cdot y_{s1}^2 \quad (83)$$

$$J_{su1} = \frac{2 \cdot 120^3}{3} - 2 \cdot 120^2 \cdot 58,78 + (5 + 2 \cdot 120) \cdot 58,78^2 = 305\,632,653 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{su1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na nosném sloupu dle [43], str.515
 h_{s1} [mm] výška svaru 1 na nosném sloupu
 y_{s1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{cu1} = J_{pu1} + J_{su1} = 5538,462 + 305632,653 = 311\,171,115 \text{ mm}^3 \quad (84)$$

Kde: J_{cu1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na podpoře
 J_{pu1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na plechu dle [43], str.515
 J_{su1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$R_{es} = 0,577 \cdot R_{me} = 0,577 \cdot 500 = 288,5 \text{ MPa} \quad (85)$$

Kde: R_{es} [MPa] mez kluzu ve smyku
 R_{me} [MPa] mez kluzu elektrody

$$J_{cs1} = 0,707 \cdot z_1 \cdot J_{cu1} = 0,707 \cdot 5 \cdot 311171,115 = 1\,099\,989,890 \text{ mm}^4 \quad (86)$$

Kde: J_{cs1} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 dle [43], str.530
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 J_{cu1} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na podpoře

$$\tau'_1 = \frac{F_{az}}{S_{c1}} = \frac{4981,725}{1078,175} = 4,621 \text{ MPa} \quad (87)$$

Kde: τ'_1 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 1 dle [43], str.530
 F_{az} [N] reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
 S_{c1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_1 = \frac{\frac{M_{op}}{2} \cdot y_{s1}}{J_{cs1}} = \frac{\frac{2521602,757}{2} \cdot 58,78}{1099989,890} = 67,368 \text{ MPa} \quad (88)$$

Kde: τ''_1 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 1 dle [43], str.530
 M_{op} [N/mm] ohybový moment nosného sloupu dle [46]
 y_{s1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs1} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 dle [43], str.530

$$\tau_1 = \sqrt{\tau_1'^2 + \tau_1''^2} = \sqrt{4,621^2 + 67,368^2} = 67,526 \text{ MPa} \quad (89)$$

Kde: τ_1 [MPa] výsledné napětí působící na svar 1 dle [43], str.530
 τ_1' [MPa] napětí od posouvající síly svaru 1 dle [43], str.530
 τ_1'' [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 1 dle [43], str.530

$$k_{s1} = \frac{R_{es}}{\tau_1} = \frac{288,5}{67,526} = 4,272 \quad (90)$$

Kde: k_{s1} [-] součinitel bezpečnosti pro svar 1 dle [43], str.530
 R_{es} [MPa] mez kluzu ve smyku
 τ_1 [MPa] výsledné napětí působící na svar 1 dle [43], str.530

Výpočtem bylo zjištěno, že součinitel bezpečnosti svaru jedna je větší než 1. To znamená, že svarový spoj lze použít.

VÝPOČET SVARU 2

$$S_{p2} = 0,707 \cdot z_1 \cdot (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s2}) = 0,707 \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 9) = 152,005 \text{ mm}^2 \quad (91)$$

Kde: S_{p2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na plechu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů
 $\check{s}_{s2}$ [mm] šířka svaru 2 na plechu

$$S_{s2} = 1,414 \cdot z_1 \cdot h_{s2} = 1,414 \cdot 5 \cdot 120 = 848,400 \text{ mm}^2 \quad (92)$$

Kde: S_{s2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na nosném sloupu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 h_{s2} [mm] výška svaru 2 na nosném sloupu

$$S_{c2} = S_{p2} + S_{s2} = 152,005 + 848,400 = 1\,000,405 \text{ mm}^2 \quad (93)$$

Kde: S_{c2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na podpoře dle [43], str.515
 S_{p2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na plechu dle [43], str.515
 S_{s2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$y_{p2} = \frac{\check{s}_{s2}^2}{T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s2}} = \frac{19^2}{5 + 2 \cdot 9} = 8,395 \text{ mm} \quad (94)$$

Kde: y_{p2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s2}$ [mm] šířka svaru 2 na plechu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$y_{s2} = \frac{h_{s2}^2}{T_3 + 2 \cdot h_{s2}} = \frac{120^2}{5 + 2 \cdot 120} = 58,78 \text{ mm} \quad (95)$$

Kde: y_{s2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 h_{s2} [mm] výška svaru 2 na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{pu2} = \frac{2 \cdot \check{s}_{s2}^3}{3} - 2 \cdot \check{s}_{s2}^2 \cdot y_{p2} + (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s2}) \cdot y_{p2}^2 \quad (96)$$

$$J_{pu2} = \frac{2 \cdot 19^3}{3} - 2 \cdot 19^2 \cdot 8,395 + (5 + 2 \cdot 19) \cdot 8,395^2 = 1\,541,946 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{pu2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s2}$ [mm] šířka svaru 2 na plechu
 y_{p2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na plechu dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{su2} = \frac{2 \cdot h_{s2}^3}{3} - 2 \cdot h_{s2}^2 \cdot y_{s2} + (T_3 + 2 \cdot h_{s2}) \cdot y_{s2}^2 \quad (97)$$

$$J_{su2} = \frac{2 \cdot 120^3}{3} - 2 \cdot 120^2 \cdot 58,78 + (5 + 2 \cdot 120) \cdot 58,78^2 = 305\,632,653 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{su2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na nosném sloupu dle [43], str.515
 h_{s2} [mm] výška svaru 2 na nosném sloupu
 y_{s2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{cu2} = J_{pu2} + J_{su2} = 1541,946 + 305632,653 = 307\,174,599 \text{ mm}^3 \quad (98)$$

Kde: J_{cu2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na podpoře
 J_{pu2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na plechu dle [43], str.515
 J_{su2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$J_{cs2} = 0,707 \cdot z_1 \cdot J_{cu2} = 0,707 \cdot 5 \cdot 307174,599 = 1\,085\,862,207 \text{ mm}^4 \quad (99)$$

Kde: J_{cs2} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 dle [43], str.530
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 J_{cu2} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na podpoře

$$\tau'_2 = \frac{F_{az}}{S_{c2}} = \frac{4981,725}{1000,405} = 4,980 \text{ MPa} \quad (100)$$

Kde: τ'_2 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 2 dle [43], str.530
 F_{az} [N] reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
 S_{c2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_2 = \frac{\frac{M_{op}}{2} \cdot y_{s2}}{J_{cs2}} = \frac{\frac{3072132,126}{2} \cdot 58,78}{1085862,207} = 68,245 \text{ MPa} \quad (101)$$

Kde: τ''_2 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 2 dle [43], str.530
 M_{op} [N/mm] ohybový moment nosného sloupu dle [46]
 y_{s2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs2} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 dle [43], str.530

$$\tau_2 = \sqrt{\tau'^2_2 + \tau''^2_2} = \sqrt{4,980^2 + 68,245^2} = 68,426 \text{ MPa} \quad (102)$$

Kde: τ_2 [MPa] výsledné napětí působící na svar 2 dle [43], str.530
 τ'_2 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 2 dle [43], str.530
 τ''_2 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 2 dle [43], str.530

$$k_{s2} = \frac{R_{es}}{\tau_2} = \frac{288,5}{68,426} = 4,216 \quad (103)$$

Kde: k_{s2} [-] součinitel bezpečnosti pro svar 2 dle [43], str.530
 R_{es} [MPa] mez kluzu ve smyku
 τ_2 [MPa] výsledné napětí působící na svar 2 dle [43], str.530

Výpočtem bylo zjištěno, že součinitel bezpečnosti svaru dva je větší než 1. To znamená, že svarový spoj lze použít.

VÝPOČET SVARU 3

$$S_{p3} = 0,707 \cdot z_1 \cdot (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s3}) = 0,707 \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 70) = 512,575 \text{ mm}^2 \quad (104)$$

Kde: S_{p3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na plechu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů
 $\check{s}_{s3}$ [mm] šířka svaru 3 na plechu

$$S_{s3} = 1,414 \cdot z_1 \cdot h_{s3} = 1,414 \cdot 5 \cdot 120 = 848,400 \text{ mm}^2 \quad (105)$$

Kde: S_{s3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na nosném sloupu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 h_{s3} [mm] výška svaru 3 na nosném sloupu

$$S_{c3} = S_{p3} + S_{s3} = 512,575 + 848,400 = 1\,360,975 \text{ mm}^2 \quad (106)$$

Kde: S_{c3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na podpoře dle [43], str.515
 S_{p3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na plechu dle [43], str.515
 S_{s3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$y_{p3} = \frac{\check{s}_{s3}^2}{T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s3}} = \frac{70^2}{5 + 2 \cdot 70} = 33,793 \text{ mm} \quad (107)$$

Kde: y_{p3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s3}$ [mm] šířka svaru 3 na plechu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$y_{s3} = \frac{h_{s3}^2}{T_3 + 2 \cdot h_{s3}} = \frac{120^2}{5 + 2 \cdot 120} = 58,78 \text{ mm} \quad (108)$$

Kde: y_{s3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 h_{s3} [mm] výška svaru 3 na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{pu3} = \frac{2 \cdot \check{s}_{s3}^3}{3} - 2 \cdot \check{s}_{s3}^2 \cdot y_{p3} + (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s3}) \cdot y_{p3}^2 \quad (109)$$

$$J_{pu3} = \frac{2 \cdot 70^3}{3} - 2 \cdot 70^2 \cdot 33,793 + (5 + 2 \cdot 70) \cdot 33,793^2 = 63\,080,460 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{pu3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s3}$ [mm] šířka svaru 3 na plechu
 y_{p3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na plechu dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{su3} = \frac{2 \cdot h_{s3}^3}{3} - 2 \cdot h_{s3}^2 \cdot y_{s3} + (T_3 + 2 \cdot h_{s3}) \cdot y_{s3}^2 \quad (110)$$

$$J_{su3} = \frac{2 \cdot 120^3}{3} - 2 \cdot 120^2 \cdot 58,78 + (5 + 2 \cdot 120) \cdot 58,78^2 = 305\,632,653 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{su3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na nosném sloupu dle [43], str.515
 h_{s3} [mm] výška svaru 3 na nosném sloupu
 y_{s3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{cu3} = J_{pu3} + J_{su3} = 63\,080,460 + 305\,632,653 = 368\,713,113 \text{ mm}^3 \quad (111)$$

Kde: J_{cu3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na podpoře
 J_{pu3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na plechu dle [43], str.515
 J_{su3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$J_{cs3} = 0,707 \cdot z_1 \cdot J_{cu3} = 0,707 \cdot 5 \cdot 368713,113 = 1\,303\,400,854 \text{ mm}^4 \quad (112)$$

Kde: J_{cs3} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 dle [43], str.530
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 J_{cu3} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na podpoře

$$\tau'_3 = \frac{F_{az}}{S_{c3}} = \frac{4981,725}{1360,975} = 3,660 \text{ MPa} \quad (113)$$

Kde: τ'_3 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 3 dle [43], str.530
 F_{az} [N] reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
 S_{c3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_3 = \frac{\frac{M_{op}}{2} \cdot y_{s3}}{J_{cs3}} = \frac{\frac{2521602,757}{2} \cdot 58,78}{1303400,854} = 56,855 \text{ MPa} \quad (114)$$

Kde: τ''_3 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 3 dle [43], str.530
 M_{op} [N/mm] ohybový moment nosného sloupu dle [46]
 y_{s3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs3} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 dle [43], str.530

$$\tau_3 = \sqrt{\tau'^3_3 + \tau''^2_3} = \sqrt{3,660^2 + 56,855^2} = 56,972 \text{ MPa} \quad (115)$$

Kde: τ_3 [MPa] výsledné napětí působící na svar 3 dle [43], str.530
 τ'_3 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 3 dle [43], str.530
 τ''_3 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 3 dle [43], str.530

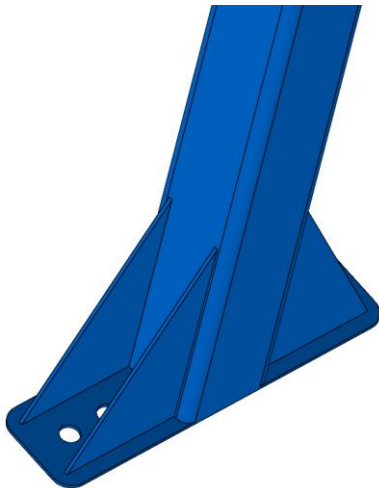
$$k_{s3} = \frac{R_{es}}{\tau_3} = \frac{288,5}{56,972} = 5,064 \quad (116)$$

Kde: k_{s3} [-] součinitel bezpečnosti pro svar 3 dle [43], str.530
 R_{es} [MPa] mez kluzu ve smyku
 τ_3 [MPa] výsledné napětí působící na svar 3 dle [43], str.530

Výpočtem bylo zjištěno, že součinitel bezpečnosti svaru tři je větší než 1. To znamená, že svarový spoj lze použít.

7.9.2 SVAROVÝ SPOJ V DOLNÍ ČÁSTI NOSNÉHO SLOUPU

Postup výpočtu probíhá stejně jako výpočet svarového spoje v horní části nosného sloupu. V tomto případě jsou však všechny plechy rozměrově stejné, proto stačí kontrola na svary u jednoho plechu. Ve výpočtech je symbolika svaru označena jako svar 4.



Obr. 7.17 Detailní pohled přivařených plechů v dolní části na nosném sloupu

$$S_{p4} = 0,707 \cdot z_1 \cdot (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s4}) = 0,707 \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 100) = 724,675 \text{ mm}^2 \quad (117)$$

Kde: S_{p4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na plechu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídavných vyztužovacích plechů
 $\check{s}_{s4}$ [mm] šířka svaru 4 na plechu

$$S_{s4} = 1,414 \cdot z_1 \cdot h_{s4} = 1,414 \cdot 5 \cdot 200 = 1\,414,000 \text{ mm}^2 \quad (118)$$

Kde: S_{s4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na nosném sloupu dle [43], str.515
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 h_{s4} [mm] výška svaru 4 na nosném sloupu

$$S_{c4} = S_{p4} + S_{s4} = 724,675 + 1\,414,000 = 2\,138,675 \text{ mm}^2 \quad (119)$$

Kde: S_{c4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na podpoře dle [43], str.515
 S_{p4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na plechu dle [43], str.515
 S_{s4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$y_{p4} = \frac{\check{s}_{s4}^2}{T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s4}} = \frac{100^2}{5 + 2 \cdot 100} = 48,780 \text{ mm} \quad (120)$$

Kde: y_{p4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s4}$ [mm] šířka svaru 4 na plechu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$y_{s4} = \frac{h_{s4}^2}{T_3 + 2 \cdot h_{s4}} = \frac{200^2}{5 + 2 \cdot 200} = 98,765 \text{ mm} \quad (121)$$

Kde: y_{s4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 h_{s4} [mm] výška svaru 4 na nosném sloupu
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{pu4} = \frac{2 \cdot \check{s}_{s4}^3}{3} - 2 \cdot \check{s}_{s4}^2 \cdot y_{p4} + (T_3 + 2 \cdot \check{s}_{s4}) \cdot y_{p4}^2 \quad (122)$$

$$J_{pu4} = \frac{2 \cdot 100^3}{3} - 2 \cdot 100^2 \cdot 48,780 + (5 + 2 \cdot 100) \cdot 48,780^2 = 178\,861,789 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{pu4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na plechu dle [43], str.515
 $\check{s}_{s4}$ [mm] šířka svaru 4 na plechu
 y_{p4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na plechu dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{su4} = \frac{2 \cdot h_{s4}^3}{3} - 2 \cdot h_{s4}^2 \cdot y_{s4} + (T_3 + 2 \cdot h_{s4}) \cdot y_{s4}^2 \quad (123)$$

$$J_{su4} = \frac{2 \cdot 200^3}{3} - 2 \cdot 200^2 \cdot 98,765 + (5 + 2 \cdot 200) \cdot 98,765^2 = 1\,382\,716,049 \text{ mm}^3$$

Kde: J_{su4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na nosném sloupu dle [43], str.515
 h_{s4} [mm] výška svaru 4 na nosném sloupu
 y_{s4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 T_3 [mm] tloušťka přídatných vyztužovacích plechů

$$J_{cu4} = J_{pu4} + J_{su4} = 178861,789 + 1382716,049 = 1\,561\,577,838 \text{ mm}^3 \quad (124)$$

Kde: J_{cu4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na podpoře
 J_{pu4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na plechu dle [43], str.515
 J_{su4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na nosném sloupu dle [43], str.515

$$J_{cs4} = 0,707 \cdot z_1 \cdot J_{cu4} = 0,707 \cdot 5 \cdot 1561577,838 = 5\,520\,177,657 \text{ mm}^4 \quad (125)$$

Kde: J_{cs4} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 dle [43], str.530
 z_1 [mm] tloušťka svaru na nosném sloupu
 J_{cu4} [mm³] jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na podpoře

$$\tau'_4 = \frac{A_1}{S_{c4}} = \frac{10685,677}{2138,675} = 4,996 \text{ MPa} \quad (126)$$

Kde: τ'_4 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 4 dle [43], str.530
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 S_{c4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_4 = \frac{M_{op} \cdot y_{s4}}{J_{cs4}} = \frac{2521602,757 \cdot 98,765}{5520177,657} = 45,116 \text{ MPa} \quad (127)$$

Kde: τ''_4 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 4 dle [43], str.530
 M_{op} [N/mm] ohybový moment nosného sloupu dle [46]
 y_{s4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs4} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 dle [43], str.530

$$\tau_4 = \sqrt{\tau'^4_4 + \tau''^4_4} = \sqrt{4,996^2 + 45,116^2} = 45,392 \text{ MPa} \quad (128)$$

Kde: τ_4 [MPa] výsledné napětí působící na svar 4 dle [43], str.530
 τ'_4 [MPa] napětí od posouvající síly svaru 4 dle [43], str.530
 τ''_4 [MPa] napětí od ohybového momentu působící na svar 4 dle [43], str.530

$$k_{s4} = \frac{R_{es}}{\tau_4} = \frac{288,5}{45,392} = 6,356 \quad (129)$$

Kde: k_{s4} [-] součinitel bezpečnosti pro svar 4 dle [43], str.530
 R_{es} [MPa] mez kluzu ve smyku
 τ_4 [MPa] výsledné napětí působící na svar 4 dle [43], str.530

Výpočtem bylo zjištěno, že součinitel bezpečnosti svaru čtyři je větší než 1. To znamená, že svarový spoj lze použít.

7.10 KONTROLA ZPŮSOBILOSTI POJEZDOVÝCH KOL

Další výpočet, který patří mezi hlavní bezpečnostní kritéria, je kontrola způsobilosti pojezdových kol. V podkapitole 6.4 byly zvoleny pojezdová kola z katalogu distributora NAVRÁTIL, spol. s.r.o., jež nabízí různé únosnosti (pozn. parametry pojezdových kol se nachází v příloze IV). Aby bylo zajištěno, že jsou tato kola vybrána správně, a že vydrží vznikající zatížení, je nezbytné provést kontrolu jejich bezpečnosti. Ta je provedena při zatížení jedné strany portálového jeřábu (tzn. zatížení dvou pojezdových kol) při maximálním možném zatížení tj. A_1 .

$$Li_j = \frac{A_1}{g} = \frac{10685,677}{9,81} = 1\,098,264 \text{ kg} \quad (130)$$

Kde: Li_j [kg] maximální možná hmotnost portálového jeřábu
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 g [m/s²] tíhové zrychlení

$$k_{pk} = \frac{2 \cdot n_{pk}}{Li_j} = \frac{2 \cdot 590}{1098,264} = 1,083 \quad (131)$$

Kde: k_{pk} [-] bezpečnost pojezdových kol
 n_{pk} [kg] únosnost jednoho pojezdového kola
 Li_j [kg] maximální možná hmotnost portálového jeřábu

Výpočtem bylo zjištěno, že volba pojezdových kol byla provedena správně.

7.11 PROKÁZÁNÍ ÚNAVOVÉ PEVNOSTI

V nosných prvcích nebo ve spojích při cyklickém namáhání se mohou tvořit trhliny. Aby se zabránilo vzniku těchto trhlin, je nutné provést kontrolu únavové pevnosti. Výpočet únavové pevnosti vychází z předpokladu počtu výskytu rozkmitů během životnosti jeřábu. Tento odhad je nutné určit na základě dlouholetých zkušeností z praxe. V podkapitole 7.1 byl uveden předpoklad na celkový počet cyklů a poměrné zatížení ($q = 60 \%$). Z odhadu na

poměrné zatížení bude stanoven předpoklad na počet výskytu rozkmitu napětí. Níže uvedené vzorce použité v této podkapitole byly čerpány z ČSN EN 13001-3-1+A2 [42].

Předpoklad využití navržených jeřábů je v opravárnách, servisech automobilů a na dílnách u CNC strojů. V těchto pracovních podmínkách je potřeba uvažovat poměrné zatížení v závislosti na čase. Úvaha je následující:

- 5 % času za životnost jeřábu bude zvedáno 100 % zatížení
- 15 % času za životnost jeřábu bude zvedáno 80 % zatížení
- 50 % času za životnost jeřábu bude zvedáno 60 % zatížení
- 30 % času za životnost jeřábu bude zvedáno 25 % zatížení

Na základě této úvahy bude stanoven parametr historie napětí, ze kterého bude vypočítán návrhový rozkmit napětí únosnosti. Ten poté bude porovnán s největším rozkmitem návrhových napětí (pozn. největší rozkmit návrhových napětí vychází z rozdílu napětí při nezatíženém stavu a při stavu, kdy je jeřáb plněm zatížen).

Při výpočtech bude nutné výslednou hodnotu parametru historie napětí odvolat k určité třídě historie napětí. Pro toto odvolání slouží tab. 7.22 a tab. 7.23.

Tab. 7.22 Třídy S parametru historie napětí $s_{m1,2}$ [42]

Třída	Parametr historie napětí $s_{m1,2}$
S02	$0,001 < s_{m1,2} \leq 0,002$
S01	$0,002 < s_{m1,2} \leq 0,004$
S0	$0,004 < s_{m1,2} \leq 0,008$
S1	$0,008 < s_{m1,2} \leq 0,016$
S2	$0,016 < s_{m1,2} \leq 0,032$
S3	$0,032 < s_{m1,2} \leq 0,063$
S4	$0,063 < s_{m1,2} \leq 0,125$
S5	$0,125 < s_{m1,2} \leq 0,250$
S6	$0,250 < s_{m1,2} \leq 0,500$
S7	$0,500 < s_{m1,2} \leq 1,000$
S8	$1,000 < s_{m1,2} \leq 2,000$
S9	$2,000 < s_{m1,2} \leq 4,000$

Tab. 7.23 Hodnoty $s_{m1,2}$ pro třídy historie napětí S [42]

Třída	S02	S01	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
$s_{m1,2}$	0,002	0,004	0,008	0,016	0,032	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0

$$v_u = \frac{C}{N_{ref}} = \frac{500000}{2000000} = 0,250 \quad (132)$$

Kde: v_u [-] relativní celkový počet výskytů rozkmitů napětí dle [42], str. 38
 C [-] celkový počet pracovních cyklů dle [38], str. 46
 N_{ref} [-] referenční počet cyklů dle [42], str. 39

7.11.1 PROKÁZÁNÍ ÚNAVY V NOSNÝCH KONSTRUKCÍCH

Součinitel spektra je závislý na sklonu křivky, která má hodnotu 5 pro výpočty v nosných konstrukcích [42].

$$k_{m1} = \sum_i \left[\frac{\Delta m_i}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_i}{C} \quad (133)$$

$$k_{m1} = \left[\frac{\Delta m_{100}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_5}{C} + \left[\frac{\Delta m_{80}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{15}}{C} + \left[\frac{\Delta m_{60}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{50}}{C} + \left[\frac{\Delta m_{25}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{30}}{C}$$

$$k_{m1} = \left[\frac{500}{500} \right]^5 \cdot \frac{25000}{500000} + \left[\frac{400}{500} \right]^5 \cdot \frac{75000}{500000} + \left[\frac{300}{500} \right]^5 \cdot \frac{250000}{500000} + \left[\frac{125}{500} \right]^5 \cdot \frac{125000}{500000} = 0,138$$

Kde: k_{m1} [-] součinitel spektra 1 v závislosti na m_u dle [42], str. 38
 m [kg] maximální nosnost portálového jeřábu
 m_i [kg] rozkmit i-tého napětí dle [42], str. 38
 m_u [-] konstanta sklonu křivky uvažovaného komponentu dle [42], str. 39
 c_i [-] počet výskytů rozkmitů i-tého napětí dle [42], str. 39
 C [-] celkový počet pracovních cyklů dle [38], str. 46

$$s_{m1} = v_u \cdot k_{m1} = 0,25 \cdot 0,138 = 0,035 \quad (134)$$

Kde: s_{m1} [-] parametr historie napětí 1 dle [42], str. 38
 v_u [-] relativní celkový počet výskytů rozkmitů napětí dle [42], str. 38
 k_{m1} [-] součinitel spektra 1 v závislosti na m_u dle [42], str. 38

Podle tab. 7.22 je parametr historie napětí 1 řazen do třídy S3. Pro tuto třídu je normalizovaná hodnota podle tab. 7.23 $s_{m1} = 0,063$. Pro dílčí součinitel spolehlivosti únavové pevnosti platí hodnota 1,25, což je nejprísnejší stupeň [42].

$$\Delta \sigma_{Rd1} = \frac{\Delta \sigma_{c1}}{\gamma_{mf} \cdot m_u \sqrt{s_{m1}}} = \frac{225}{1,25 \cdot \sqrt{0,063}} = 312,899 \text{ MPa} \quad (135)$$

Kde: $\Delta \sigma_{Rd1}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti nosných profilů dle [42], str. 41
 $\Delta \sigma_{c1}$ [MPa] charakteristická únavová pevnost nosných profilů dle [42], str. 58
 γ_{mf} [-] dílčí součinitel spolehlivosti únavové pevnosti
 m_u [-] konstanta sklonu křivky uvažovaného komponentu dle [42], str. 39
 s_{m1} [-] parametr historie napětí 1 dle [42], str. 38

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY JEŘÁBOVÉHO MOSTU

Dále je nutné vypočítat rozdíl napětí při nezatíženém stavu a při stavu, kdy je jeřáb maximálně zatížen. Pro napětí plně zatíženého jeřábu platí výpočet (50). Výpočet napětí nezatíženého jeřábu je nutné provést.

$$\sum_{i=1}^n M_{iA,B} = 0 : -(m_{\text{č1cel}} \cdot g \cdot \phi_1 \cdot \gamma_p) \cdot \frac{d}{2} - M_{c1} \cdot d + F_{ujm} \cdot d = 0$$

$$F_{ujm} = \frac{(m_{\text{č1cel}} \cdot g \cdot \phi_1 \cdot \gamma_p) \cdot \frac{d}{2} + (M_{c1} \cdot g) \cdot d}{d} = \frac{(161,246 \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 1,22) \cdot \frac{3400}{2} + (17,480 \cdot 9,81) \cdot 3400}{3400} \quad (136)$$

$$F_{ujm} = 1\,184,633 \text{ N}$$

Kde: F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 $m_{\text{č1cel}}$ [kg] korekce 1 částečné celkové hmotnosti jeřábu
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 ϕ_1 [-] dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
 γ_p [-] dílčí součinitel bezpečnosti
 d [mm] délka profilu jeřábového mostu
 M_{c1} [kg] celková hmotnost nosného sloupu

$$M_{o_{jm3}} = F_{ujm} \cdot \frac{d}{2} - (M_{c1} \cdot g) \cdot \frac{d}{2} - \frac{(G \cdot g) \cdot d^2}{2} \quad (137)$$

$$M_{o_{jm3}} = 1184,633 \cdot \frac{3400}{2} - (17,480 \cdot 9,81) \cdot \frac{3400}{2} - \frac{(26,7 \cdot 9,81) \cdot 3400^2}{2000}$$

$$M_{o_{jm3}} = 208\,430,197 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kde: $M_{o_{jm3}}$ [N/mm] ohybový moment jeřábového mostu k bodu A, B
 F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 d [mm] délka profilu jeřábového mostu
 M_{c1} [kg] celková hmotnost nosného sloupu
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 G [kg/m] hmotnost 1 kg/m nosníku jeřábového mostu

$$\sigma_{ujm} = \frac{M_{o_{jm3}}}{W_{o_{jm}}} = \frac{208430,197}{52837,380} = 3,945 \text{ MPa} \quad (138)$$

Kde: σ_{ujm} [MPa] globální napětí nezatíženého jeřábového mostu
 $M_{o_{jm3}}$ [N/mm] ohybový moment nezatíženého jeřábového mostu k bodu A, B
 $W_{o_{jm}}$ [mm³] průřezový modul jeřábového mostu v ohybu dle [14]

$$\sigma_{ux1} = 0,75 \cdot C_{x1} \cdot \frac{F_{ujm}}{t_f^2} = 0,75 \cdot 1,180 \cdot \frac{1184,633}{11^2} = 8,633 \text{ MPa} \quad (139)$$

Kde: σ_{ux1} [MPa] napětí v bodě působení nezatíženého jeřábu ve směru x dle [38], str. 63
 C_{x1} [-] koeficient lokálního napětí směru x pro stav 1 dle [38], str. 64
 F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 t_f [mm] tloušťka příruby dle [38], str. 64

$$\sigma_{njm} = \sigma_{ux1} + \sigma_{ujm} = 3,945 + 8,633 = 12,608 \text{ MPa} \quad (140)$$

Kde: σ_{njm} [MPa] celkové napětí nezatíženého jeřábového mostu
 σ_{ux1} [MPa] napětí v bodě působení nezatíženého jeřábu ve směru x
 σ_{ujm} [MPa] globální napětí nezatíženého jeřábového mostu

$$\Delta\sigma_{sdjm} = \sigma_{jm} - \sigma_{njm} = 194,941 - 12,608 = 182,333 \text{ MPa} \quad (141)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sdjm}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí jeřábového mostu dle [42], str. 40
 σ_{jm} [MPa] celkové napětí jeřábového mostu
 σ_{njm} [MPa] celkové napětí nezatíženého jeřábového mostu

$$k_{ujm} = \frac{\Delta\sigma_{Rd1}}{\Delta\sigma_{sdjm}} = \frac{312,899}{182,333} = 1,716 \quad (142)$$

Kde: k_{ujm} [-] bezpečnost únavové pevnosti jeřábového mostu
 $\Delta\sigma_{Rd1}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti nosných profilů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sdjm}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí jeřábového mostu dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti jeřábového mostu vyhovuje.

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY NOSNÉHO SLOUPU

Výpočet probíhá obdobně jako u jeřábového mostu. Nejprve je vypočteno napětí nosného sloupu při nezatíženém stavu, které je následně odečteno od napětí při plném zatížení. Pro napětí zatíženého jeřábu platí výpočet (56).

$$M_{op1} = (m_{\check{2}cel} \cdot g \cdot \emptyset_1 \cdot \gamma_p) \cdot \frac{\frac{d}{2} \cdot \frac{d}{2}}{d} \cdot \frac{3}{2 \cdot (3 + 2 \cdot \alpha_k)} \quad (143)$$

$$M_{op1} = (199,233 \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 1,22) \cdot \frac{1700 \cdot 1700}{3400} \cdot \frac{3}{2 \cdot (3 + 2 \cdot 1,053)} = 625\,210,807 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kde:	M_{op1}	[N/mm]	ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
	$m_{\check{2}cel}$	[kg]	korekce 2 částečné celkové hmotnosti jeřábu
	g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
	$\emptyset_1$	[-]	dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
	γ_p	[-]	dílčí součinitel bezpečnosti
	d	[mm]	délka profilu jeřábového sloupu
	α_k	[-]	součinitel pro výpočet ohybového momentu podpory dle [46]

$$\sigma_{np} = \frac{M_{op1}}{W_{op}} = \frac{625210,807}{35312,5} = 17,705 \text{ MPa} \quad (144)$$

Kde:	σ_{np}	[MPa]	celkové napětí nezatíženého nosného sloupu
	M_{op1}	[N/mm]	ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
	W_{op}	[mm ³]	průřezový modul nosného sloupu v ohybu dle [14]

$$\Delta\sigma_{sdp} = \sigma_p - \sigma_{np} = 71,408 - 17,705 = 53,703 \text{ MPa} \quad (145)$$

Kde:	$\Delta\sigma_{sdp}$	[MPa]	největší rozkmit návrhových napětí podpory dle [42], str. 40
	σ_p	[MPa]	celkové napětí nosného sloupu
	σ_{np}	[MPa]	celkové napětí nezatíženého nosného sloupu

$$k_{up} = \frac{\Delta\sigma_{Rd1}}{\Delta\sigma_{sdp}} = \frac{312,899}{53,703} = 5,826 \quad (146)$$

Kde:	k_{up}	[-]	bezpečnost únavové pevnosti nosného sloupu
	$\Delta\sigma_{Rd1}$	[MPa]	návrhový rozkmit napětí únosnosti nosných profilů dle [42], str. 41
	$\Delta\sigma_{sdp}$	[MPa]	největší rozkmit návrhových napětí podpory dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti nosných sloupů vyhovuje.

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY POJEZDOVÉHO PŘÍČNÍKU

Pro pojezdový příčník platí stejný postup výpočtu jako u jeřábového mostu nebo nosného sloupu. Nejprve je vypočteno napětí nosného sloupu při nezatíženém stavu, které je následně odečteno od napětí při plném zatížení. Pro napětí v pojezdovém příčníku plně zatíženého jeřábu platí výpočet (65).

$$\sum_{i=1}^n M_{iC,D} = 0 : -(m_{cel} \cdot g \cdot \phi_1 \cdot \gamma_p) \cdot \frac{D_2}{2} + F_{upp} \cdot D_2 = 0$$

$$F_{upp} = \frac{(m_{cel} \cdot g \cdot \phi_1 \cdot \gamma_p) \cdot \frac{D_2}{2}}{D_2} = \frac{(246,008 \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 1,22) \cdot \frac{1150}{2}}{1150} = 1\,545,746 \text{ N} \quad (147)$$

Kde: F_{upp} [N] reakční síla v bodě C, D při výpočtu pojezdového příčnicku
 m_{cel} [kg] celková hmotnost jeřábu
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 ϕ_1 [-] dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu dle [41], str.12
 γ_p [-] dílčí součinitel bezpečnosti
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčnicku

$$M_{opp1} = F_{upp} \cdot \frac{D_2}{2} = 1545,746 \cdot \frac{1150}{2} = 888\,803,877 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (148)$$

Kde: M_{opp1} [N/mm] ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C, D
 F_{upp} [N] reakční síla v bodě C, D při výpočtu pojezdového příčnicku
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčnicku

$$\sigma_{npp} = \frac{M_{opp1}}{W_{opp}} = \frac{888803,877}{35312,5} = 25,170 \text{ MPa} \quad (149)$$

Kde: σ_{npp} [MPa] celkové napětí nezatíženého pojezdového příčnicku
 M_{opp1} [N/mm] ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C, D
 W_{opp} [mm³] průřezový modul pojezdového příčnicku v ohybu dle [14]

$$\Delta\sigma_{sdpp} = \sigma_{pp} - \sigma_{npp} = 86,998 - 25,170 = 61,829 \text{ MPa} \quad (150)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sdpp}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí pojez. příčnicku dle [42], str. 40
 σ_{pp} [MPa] celkové napětí pojezdového příčnicku
 σ_{npp} [MPa] celkové napětí nezatíženého pojezdového příčnicku

$$k_{upp} = \frac{\Delta\sigma_{Rd1}}{\Delta\sigma_{sdpp}} = \frac{312,899}{61,829} = 5,061 \quad (151)$$

Kde: k_{up} [-] bezpečnost únavové pevnosti pojezdových příčnicku
 $\Delta\sigma_{Rd1}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti nosných profilů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sdpp}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí pojez. příčnicku dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti pojezdových příčnicků vyhovuje.

7.11.2 PROKÁZÁNÍ ÚNAVY SVAROVÝCH SPOJŮ

V této podkapitole je nejprve nutné definovat, z čeho vychází označení svaru 1,2,3. Toto označení vychází z obr. 7.16. Součinitel spektra je závislý na sklonu křivky, která má hodnotu 3 pro výpočty svarových spojů [42].

$$k_{m2} = \sum_i \left[\frac{\Delta m_i}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_i}{C} \quad (152)$$

$$k_{m2} = \left[\frac{\Delta m_{100}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_5}{C} + \left[\frac{\Delta m_{80}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{15}}{C} + \left[\frac{\Delta m_{60}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{50}}{C} + \left[\frac{\Delta m_{25}}{\Delta m} \right]^{m_u} \cdot \frac{c_{30}}{C}$$

$$k_{m2} = \left[\frac{500}{500} \right]^3 \cdot \frac{25000}{500000} + \left[\frac{400}{500} \right]^3 \cdot \frac{75000}{500000} + \left[\frac{300}{500} \right]^3 \cdot \frac{250000}{500000} + \left[\frac{125}{500} \right]^3 \cdot \frac{125000}{500000} = 0,239$$

Kde:	k_{m2}	[-]	součinitel spektra 2 v závislosti na m_u dle [42], str. 38
	m	[kg]	maximální nosnost portálového jeřábu
	m_i	[kg]	rozkmit i-tého napětí dle [42], str. 38
	m_u	[-]	konstanta sklonu křivky uvažovaného komponentu dle [42], str. 39
	c_i	[-]	počet výskytů rozkmitů i-tého napětí dle [42], str. 39
	C	[-]	celkový počet pracovních cyklů dle [38], str. 46

$$s_{m2} = v_u \cdot k_m = 0,25 \cdot 0,239 = 0,060 \quad (153)$$

Kde:	s_{m2}	[-]	parametr historie napětí 2 dle [42], str. 38
	v_u	[-]	relativní celkový počet výskytů rozkmitů napětí dle [42], str. 38
	k_{m2}	[-]	součinitel spektra 2 v závislosti na m_u dle [42], str. 38

Podle tab. 7.22 je parametr historie napětí 2 řazen do třídy S3. Pro tuto třídy je normalizovaná hodnota podle tab. 7.23 $s_{m1} = 0,063$. Pro dílčí součinitel spolehlivosti únavové pevnosti platí hodnota 1,25, což je nejpřísnější stupeň [42].

$$\Delta \sigma_{Rd2} = \frac{\Delta \sigma_{c2}}{\gamma_{mf} \cdot m_u \sqrt{s_{m1}}} = \frac{80}{1,25 \cdot 3 \sqrt{0,063}} = 160,842 \text{ MPa} \quad (154)$$

Kde:	$\Delta \sigma_{Rd2}$	[MPa]	návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů dle [42], str. 41
	$\Delta \sigma_{c2}$	[MPa]	charakteristická únavová pevnost svarového spoje dle [42], str. 74
	γ_{mf}	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti únavové pevnosti
	m_u	[-]	konstanta sklonu křivky uvažovaného komponentu dle [42], str. 39
	s_{m2}	[-]	parametr historie napětí 2 dle [42], str. 38

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY SVAROVÉHO SPOJE 1

Nejprve je nutné vypočítat rozdíl napětí při zatíženém a nezatíženém stavu. Pro napětí v zatíženém svarovém spoji 1 platí výpočet (89). Výpočet nezatíženého svarového spoje je nutné provést.

$$\tau'_{u1} = \frac{F_{ujm}}{S_{c1}} = \frac{1184,633}{1078,175} = 1,099 \text{ MPa} \quad (155)$$

Kde: τ'_{u1} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 1 dle [43], str.530
 F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 S_{c1} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 1 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_{u1} = \frac{\frac{M_{op1}}{2} \cdot y_{s1}}{J_{cs1}} = \frac{\frac{625210,807}{2} \cdot 58,78}{1099989,890} = 16,703 \text{ MPa} \quad (156)$$

Kde: τ'_{u1} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 1 dle [43]
 M_{op1} [N/mm] ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
 y_{s1} [mm] poloha těžiště svaru 1 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs1} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 dle [43], str.530

$$\tau_{u1} = \sqrt{\tau'^2_{u1} + \tau''^2_{u1}} = \sqrt{1,099^2 + 16,703^2} = 16,739 \text{ MPa} \quad (157)$$

Kde: τ_{u1} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 1 dle [43], str.530
 τ'_{u1} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 1 dle [43], str.530
 τ''_{u1} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 1 dle [43]

$$\Delta\sigma_{sds1} = \tau_1 - \tau_{u1} = 67,526 - 16,739 = 50,787 \text{ MPa} \quad (158)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sds1}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 1 dle [42], str. 40
 τ_1 [MPa] výsledné napětí působící na svar 1 dle [43], str.530
 τ_{u1} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 1 dle [43], str.530

$$k_{us1} = \frac{\Delta\sigma_{Rd2}}{\Delta\sigma_{sds1}} = \frac{160,842}{50,787} = 3,167 \quad (159)$$

Kde: k_{us1} [-] bezpečnost únavové pevnosti svaru 1
 $\Delta\sigma_{Rd2}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sds1}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 1 dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti svaru 1 vyhovuje.

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY SVAROVÉHO SPOJE 2

Průběh výpočtu je stejný jako pro svar 1. Pro napětí v zatíženém svarovém spoji 2 platí výpočet (102).

$$\tau'_{u2} = \frac{F_{ujm}}{S_{c2}} = \frac{1184,633}{1000,405} = 1,184 \text{ MPa} \quad (160)$$

Kde: τ'_{u2} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 2 dle [43], str.530
 F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 S_{c2} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 2 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_{u2} = \frac{\frac{M_{op1}}{2} \cdot y_{s2}}{J_{cs2}} = \frac{\frac{625210,807}{2} \cdot 58,78}{1085862,207} = 16,921 \text{ MPa} \quad (161)$$

Kde: τ''_{u2} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 2 dle [43]
 M_{op1} [N/mm] ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
 y_{s2} [mm] poloha těžiště svaru 2 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs2} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 dle [43], str.530

$$\tau_{u2} = \sqrt{\tau'^2_{u2} + \tau''^2_{u2}} = \sqrt{1,184^2 + 16,921^2} = 16,962 \text{ MPa} \quad (162)$$

Kde: τ_{u2} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 2 dle [43], str.530
 τ'_{u2} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 2 dle [43], str.530
 τ''_{u2} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 2 dle [43]

$$\Delta\sigma_{sds2} = \tau_2 - \tau_{u2} = 68,426 - 16,962 = 51,464 \text{ MPa} \quad (163)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sds2}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 2 dle [42], str. 40
 τ_2 [MPa] výsledné napětí působící na svar 2 dle [43], str.530
 τ_{u2} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 2 dle [43], str.530

$$k_{us2} = \frac{\Delta\sigma_{Rd2}}{\Delta\sigma_{sds2}} = \frac{160,842}{51,464} = 3,125 \quad (164)$$

Kde: k_{us2} [-] bezpečnost únavové pevnosti svaru 2
 $\Delta\sigma_{Rd2}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sds2}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 2 dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti svaru 2 vyhovuje.

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY SVAROVÉHO SPOJE 3

Průběh výpočtu je stejný jako pro svar 1. Pro napětí v zatíženém svarovém spoji 3 platí výpočet (115).

$$\tau'_{u3} = \frac{F_{ujm}}{S_{c3}} = \frac{1184,633}{1360,975} = 0,870 \text{ MPa} \quad (165)$$

Kde: τ'_{u3} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 3 dle [43], str.530
 F_{ujm} [N] reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
 S_{c3} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 3 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_{u3} = \frac{\frac{M_{op1}}{2} y_{s3}}{J_{cs3}} = \frac{\frac{625210,807}{2} \cdot 58,78}{1303400,854} = 14,097 \text{ MPa} \quad (166)$$

Kde: τ'_{u3} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 3 dle [43]
 M_{op1} [N/mm] ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
 y_{s3} [mm] poloha těžiště svaru 3 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs3} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 dle [43], str.530

$$\tau_{u3} = \sqrt{\tau'_{u3}^2 + \tau''_{u3}^2} = \sqrt{0,870^2 + 14,097^2} = 14,123 \text{ MPa} \quad (167)$$

Kde: τ_{u3} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 3 dle [43], str.530
 τ'_{u3} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 3 dle [43], str.530
 τ''_{u3} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 3 dle [43]

$$\Delta\sigma_{sds3} = \tau_3 - \tau_{u3} = 56,972 - 14,123 = 42,849 \text{ MPa} \quad (168)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sds3}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 3 dle [42], str. 40
 τ_3 [MPa] výsledné napětí působící na svar 3 dle [43], str.530
 τ_{u3} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 3 dle [43], str.530

$$k_{us3} = \frac{\Delta\sigma_{Rd2}}{\Delta\sigma_{sds3}} = \frac{160,842}{42,849} = 3,754 \quad (169)$$

Kde: k_{us3} [-] bezpečnost únavové pevnosti svaru 3
 $\Delta\sigma_{Rd2}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sds3}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 3 dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti svaru 3 vyhovuje.

PROKÁZÁNÍ ÚNAVY SVAROVÉHO SPOJE V DOLNÍ ČÁSTI NOSNÉHO SLOUPU

Průběh výpočtu je stejný jako pro svar 1. Pro napětí v zatíženém svarovém spoji v dolní části nosného sloupu platí výpočet (128). Tento svar je v symbolech označen jako svar 4.

$$\tau'_{u4} = \frac{F_{upp}}{S_{c4}} = \frac{1545,746}{2138,675} = 0,723 \text{ MPa} \quad (170)$$

Kde: τ'_{u4} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 4 dle [43], str.530
 F_{upp} [N] reakční síla v bodě C, D při výpočtu pojezdového příčnicku
 S_{c4} [mm²] plocha účinného průřezu u svaru 4 na podpoře dle [43], str.515

$$\tau''_{u4} = \frac{M_{op1} \cdot y_{s4}}{J_{cs4}} = \frac{625210,807 \cdot 98,765}{5520177,657} = 11,186 \text{ MPa} \quad (171)$$

Kde: τ'_{u4} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 4 dle [43]
 M_{op1} [N/mm] ohybový moment nezatíženého nosného sloupu dle [46]
 y_{s4} [mm] poloha těžiště svaru 4 v ose y na podpoře dle [43], str.515
 J_{cs4} [mm⁴] celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 dle [43], str.530

$$\tau_{u4} = \sqrt{\tau'^2_{u4} + \tau''^2_{u4}} = \sqrt{0,723^2 + 11,186^2} = 11,209 \text{ MPa} \quad (172)$$

Kde: τ_{u4} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 4 dle [43], str.530
 τ'_{u4} [MPa] napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 4 dle [43], str.530
 τ''_{u4} [MPa] napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 4 dle [43]

$$\Delta\sigma_{sds4} = \tau_4 - \tau_{u4} = 45,392 - 11,209 = 34,182 \text{ MPa} \quad (173)$$

Kde: $\Delta\sigma_{sds4}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 4 dle [42], str. 40
 τ_4 [MPa] výsledné napětí působící na svar 4 dle [43], str.530
 τ_{u4} [MPa] výsledné napětí působící na nezatížený svar 4 dle [43], str.530

$$k_{us4} = \frac{\Delta\sigma_{Rd2}}{\Delta\sigma_{sds4}} = \frac{160,842}{34,182} = 4,705 \quad (174)$$

Kde: k_{us4} [-] bezpečnost únavové pevnosti svaru 4
 $\Delta\sigma_{Rd2}$ [MPa] návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů dle [42], str. 41
 $\Delta\sigma_{sds4}$ [MPa] největší rozkmit návrhových napětí svaru 4 dle [42], str. 40

Výpočtem bylo zjištěno, že bezpečnost únavové pevnosti svaru v dolní části nosného sloupu vyhovuje.

7.12 KONTROLA KONSTRUKCE NA PRŮHYB

Dalším kritériem je kontrola konstrukce na její tuhost, aby se při zatížení nepřiměřeně neprohýbala. Nejprve je vypočítán skutečný průhyb, který je porovnán s požadavkem na tuhost konstrukce. Do výpočtu průhybu je použita nejvíce nepříznivá zatížení, tj. A_1 . Požadavek na tuhost konstrukce je určen normou ČSN EN 13001-3-1+A2. Tuhost jeřábového mostu je $L/500$, tuhost nosného sloupu a pojezdového příčnicku je $L/350$.

7.12.1 KONTROLA PRŮHYBU JEŘÁBOVÉHO MOSTU

Pro sílu A_1 je provedena úprava vstupních parametrů ve výpočtu, protože na nosník nemají vliv hmotnosti od nosných sloupů, pojezdových příčnicků a pojezdových kol. Upravená síla je označena $A_{1\check{c}}$, tj. výpočet (44). Největší průhyb je počítán vždy uprostřed, proto je délka jeřábového mostu poloviční.

$$y_{jm} = \frac{A_{1\check{c}} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3}{48 \cdot E \cdot I_{jm}} = \frac{9620,501 \cdot 1700^3}{48 \cdot 206000 \cdot 3170242,771} = 1,508 \text{ mm} \quad (175)$$

Kde: y_{jm} [mm] velikost průhybu jeřábového mostu dle [48], str.45
 $A_{1\check{c}}$ [N] částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen
 d [mm] délka profilu jeřábového mostu
 E [MPa] modul pružnosti v tahu
 I_{jm} [mm⁴] moment setrvačnosti jeřábového mostu k ose ohybu y dle [14]

$$y_{maxjm} = \frac{d}{500} = \frac{3400}{500} = 6,8 \text{ mm} \quad (176)$$

Kde: y_{maxjm} [mm] maximální velikost průhybu jeřábového mostu dle [42], str.45
 d [mm] délka profilu jeřábového mostu

$$k_{yjm} = \frac{y_{maxjm}}{y_{jm}} = \frac{6,8}{1,508} = 4,510 \quad (177)$$

Kde: k_{yjm} [-] bezpečnost průhybu jeřábového mostu
 y_{maxjm} [mm] maximální velikost průhybu jeřábového mostu dle [42], str.45
 y_{jm} [mm] velikost průhybu jeřábového mostu dle [48], str.45

Výpočtem bylo zjištěno, že skutečný průhyb je menší než maximálně možný průhyb. Z bezpečnostního hlediska průhyb jeřábového mostu vyhovuje.

7.12.2 KONTROLA PRŮHYBU NOSNÉHO SLOUPU

Pro sílu A_1 je provedena úprava vstupních parametrů ve výpočtu, protože na podpory nemají vliv hmotnosti od pojezdových příčníků a pojezdových kol. Upravená síla je označena $A_{1\check{2}}$, tj. výpočet (53). U nosného sloupu je uvažováno, že se jedná o vetknutý nosník, proto se neuvažuje zatížení uprostřed.

$$y_p = \frac{A_{1\check{2}} \cdot D_1^3}{96 \cdot E \cdot I_p} = \frac{10097,869 \cdot 1595^3}{96 \cdot 206000 \cdot 1412500,0} = 1,467 \text{ mm} \quad (178)$$

Kde: y_p [mm] velikost průhybu nosného sloupu dle [48], str.45
 $A_{1\check{2}}$ [N] částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen – korekce 2
 D_1 [mm] délka profilu nosného sloupu (podpory)
 I_p [mm⁴] kvadratický moment průřezu podpory dle [14]
 E [MPa] modul pružnosti v tahu

$$y_{maxp} = \frac{D_1}{350} = \frac{1595}{350} = 4,557 \text{ mm} \quad (179)$$

Kde: y_{maxp} [mm] maximální velikost průhybu nosného sloupu dle [42], str.45
 D_1 [mm] délka profilu nosného sloupu (podpory)

$$k_{yp} = \frac{y_{maxp}}{y_p} = \frac{4,557}{1,467} = 3,107 \quad (180)$$

Kde: k_{yp} [-] bezpečnost průhybu nosného sloupu
 y_{maxp} [mm] maximální velikost průhybu nosného sloupu dle [42], str.45
 y_p [mm] velikost průhybu nosného sloupu dle [48], str.45

Výpočtem bylo zjištěno, že skutečný průhyb je menší než maximálně možný průhyb. Z bezpečnostního hlediska průhyb nosného sloupu vyhovuje.

7.12.3 KONTROLA PRŮHYBU POJEZDOVÉHO PŘÍČNÍKU

Na pojezdový příčník působí plné zatížení A_1 . Největší průhyb je počítán uprostřed, proto je délka pojezdového příčníku dělena dvěma.

$$y_{pp} = \frac{A_1 \cdot \left(\frac{D_2}{2}\right)^3}{48 \cdot E \cdot I_p} = \frac{10685,677 \cdot \left(\frac{11500}{2}\right)^3}{48 \cdot 206000 \cdot 1412500,0} = 0,145 \text{ mm} \quad (181)$$

Kde: y_{pp} [mm] velikost průhybu pojezdového příčníku dle [48], str.45
 A_1 [N] kombinace zdvihání a přemísťování břemen dle [41], str. 34, 35
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčníku
 I_p [mm⁴] kvadratický moment průřezu pojez. příčníku dle [14]
 E [MPa] modul pružnosti v tahu

$$y_{maxpp} = \frac{D_2}{350} = \frac{1150}{350} = 3,286 \text{ mm} \quad (182)$$

Kde: y_{maxpp} [mm] maximální velikost průhybu pojez. příčnicku dle [42], str.45
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčnicku

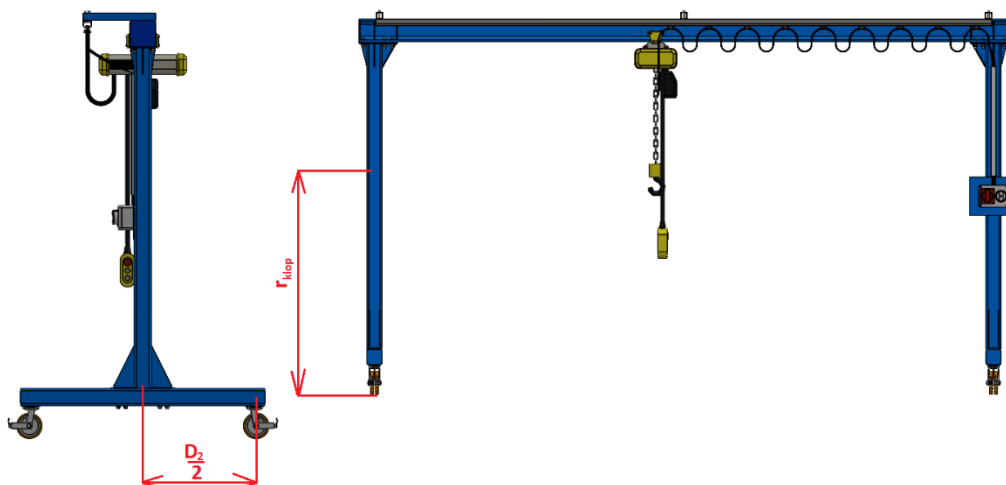
$$k_{ypp} = \frac{y_{maxp}}{y_p} = \frac{3,286}{0,145} = 22,590 \quad (183)$$

Kde: k_{ypp} [-] bezpečnost průhybu pojezdového příčnicku
 y_{maxpp} [mm] maximální velikost průhybu pojez. příčnicku dle [42], str.45
 y_{pp} [mm] velikost průhybu pojezdového příčnicku dle [48], str.45

Výpočtem bylo zjištěno, že skutečný průhyb je menší než maximálně možný průhyb. Z bezpečnostního hlediska průhyb pojezdového příčnicku vyhovuje.

7.13 KONTROLA JEŘÁBU NA PŘEKLOPENÍ

Poslední výpočet je kontrola na překlopení jeřábu. Aby tomuto nebezpečí bylo zabráněno, je nutné uvažovat například opření obsluhy o jeřáb. Vstupní hodnotou pro tento výpočet je teoretická síla, kterou dokáže člověk vyvinout kolmo na jeřáb (pro tuto sílu je uvažováno 100 kg, což je předdimenzovaná hodnota, kterou by musel člověk vyvinout k překlopení). Další vstupní hodnota je bod klopení, tj. těžiště jeřábu. Kritický bod klopení je určen podle programu Solidworks, tento bod jsou 3/2 výšky jeřábu.



Obr. 7.18 Zakótované vzdálenosti působitě vyrovnávací a klopné síly

$$M_{vyro} = (m_{cel} \cdot g) \cdot \frac{D_2}{2} = (246,008 \cdot 9,81) \cdot \frac{1150}{2} = 1\,387\,671,939 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (184)$$

Kde: M_{vyro} [N/mm] vyrovnávací moment
 m_{cel} [kg] celková hmotnost jeřábu
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 D_2 [mm] délka profilu pojezdového příčnicku

$$M_{klop} = (m_{oč} \cdot g) \cdot \frac{r_{klop}}{3/2} = (m_{oč} \cdot g) \cdot \frac{(pk_v + B_2 + D_1 + h + B_4 + 4 \cdot T_3)}{3/2} \quad (185)$$

$$M_{klop} = (100 \cdot 9,81) \cdot \frac{(150 + 80 + 1595 + 120 + 35 + 4 \cdot 5)}{\frac{3}{2}} = 1\,311\,270,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kde: M_{klop} [N/mm] klopný moment
 $m_{oč}$ [kg] hmotnost způsobená od opření člověka
 g [m/s²] tíhové zrychlení
 D_1 [mm] délka profilu nosného sloupu (podpory)
 B_2 [mm] délka strany profilu pojezdového příčnicku
 B_4 [mm] délka strany přidavného profilu
 h [mm] výška průřezu jeřábového mostu
 T_3 [mm] tloušťka přidavných vyztužovacích plechů
 pk_v [mm] výška pojezdového kola

$$k_{překl} = \frac{M_{vyro}}{M_{klop}} = \frac{1387671,939}{1311270,000} = 1,058 \quad (186)$$

Kde: $k_{překl}$ [-] bezpečnost překlopení jeřábu
 M_{vyro} [N/mm] vyrovnávací moment
 M_{klop} [N/mm] klopný moment

Výpočtem bylo zjištěno, že se jeřáb nepřeklopí.

Na závěr pevnostních výpočtů nosných konstrukcí je vhodné znovu připomenout, že každý výpočet je počítán na bezpečnost, která musí být větší než 1. Jelikož byl od firmy požadavek na použití pěti různých modulů (vysvětlení viz. podkapitola 7.7.6), tak jednotlivé bezpečnosti u typu jeřábu KPC – 500 PC – 1 jsou patrně předimenzovány. V závěru práce se nachází odstavec, ve kterém je provedena diskuse o případných lepších výsledcích (tzn. redukce bezpečností tak, aby se blížily hodnotě 1).

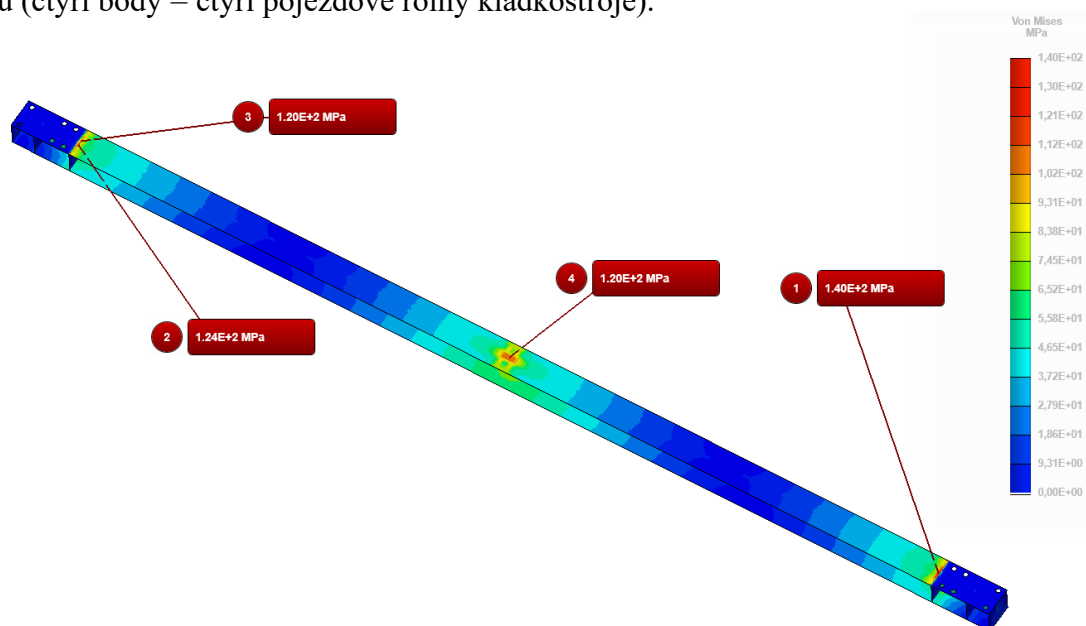
8 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

Pro kontrolu výpočtů je použit MKP model, který byl vytvořen v programu MSC Apex. Jednotlivé součásti (tj. jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník) jsou kontrolovány zvlášť. Na jednotlivé díly je aplikována síla A_1 , která představuje vznikající zatížení během provozu (tato síla je vstupní hodnotou, kterou není možné výpočetním programem zkontrolovat, proto je předpokládán správný výpočet). Na modelech je poté zkoumán průběh napětí a průhyb, jehož hodnota by měla být stejná, jako ve výpočtech viz. kapitola 7.

Pevnostní analýzou by mělo být dosaženo kontroly na výpočty zejména reakčních sil, ohybových momentů, globálních napětí a průhybů, ze kterých vychází bezpečnost jednotlivých součástí. Touto kontrolou je tedy potvrzeno, zda daná součást vydrží vznikající zatížení během provozu.

8.1 JEŘÁBOVÝ MOST

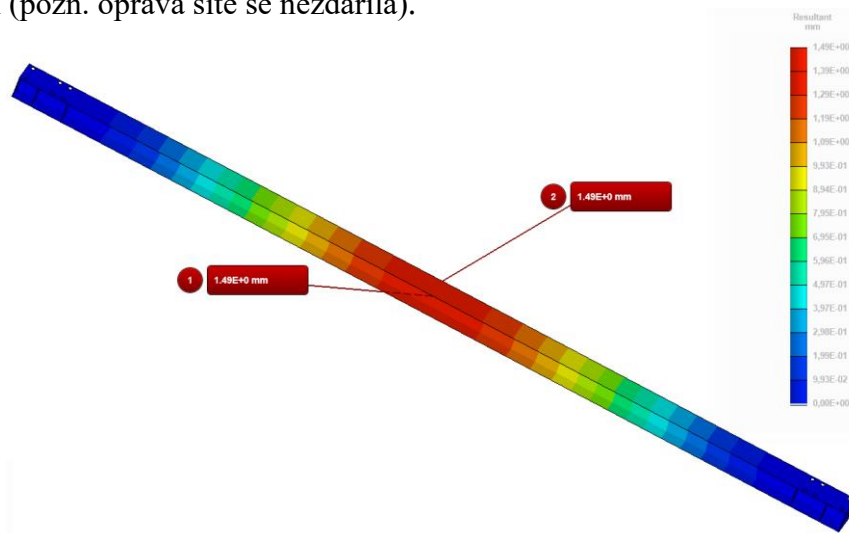
Model jeřábového mostu je nepatrně upraven pro jednodušší vytvoření sítě konečných prvků. Úprava je provedena tak, že od jeřábového mostu jsou odebrány přídatné profily, ke kterým je připevněna kabelová vlečka. Na pásnici je aplikována síla A_{16} , která je rozdělena do čtyř bodů (čtyři body = čtyři pojezdové rolny kladkostroje).



Obr. 8.1 Jeřábový most s vyznačenými maximálními hodnotami koncentrace napětí

MKP modelem jeřábového mostu bylo zjištěno maximální napětí. Místa tohoto napětí jsou znázorněna na obr. 8.1. Výsledné napětí (v obr. 8.1 označena čísla 2, 3, 4) je skoro shodné s výpočtem 49 (viz. podkapitola 7.7), tzn. výpočet je proveden správně. Nepatrný rozdíl v hodnotách je způsobený zadáním velikosti mezi jednotlivými elementy v síti konečných prvků. Lepších hodnot by bylo dosaženo zadáním menší velikosti, což by ale mělo vliv na delší dobu výpočtu programu. Výsledné napětí (v obr. 8.1 označeno číslem 1) je vyšší než výpočet 49. Při vytváření sítě konečných prvků vznikl v tomto místě problém s tím, že síť

nešla vytvořit a musela být ručně zvětšena. To způsobilo nereálné napětí, které tam ve skutečnosti není (pozn. oprava sítě se nezdařila).

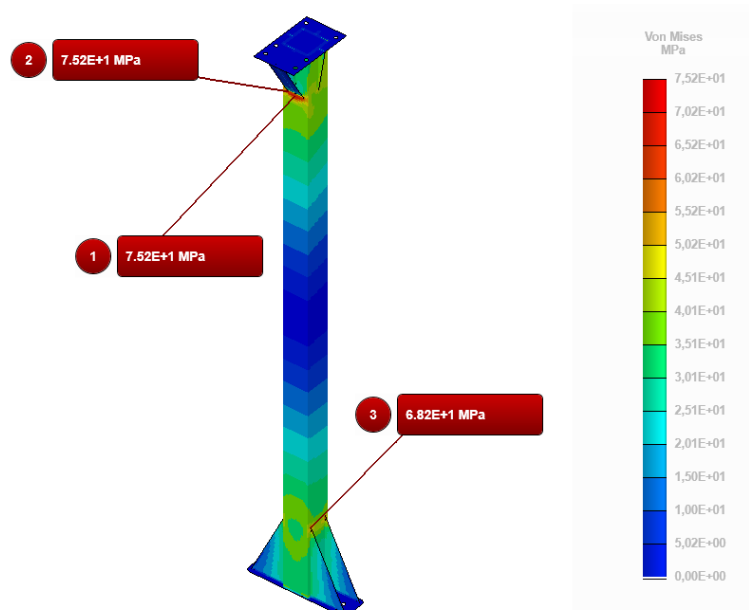


Obr. 8.2 Jeřábový most s vyznačenými průhyby

Při zkoumání průhybu na MKP modelu (obr. 8.2) jeřábového mostu bylo zjištěno, že je téměř shodný s výpočtem 175. Na nepatrný rozdíl v hodnotách má vliv velikost jednotlivých elementů v síti konečných prvků.

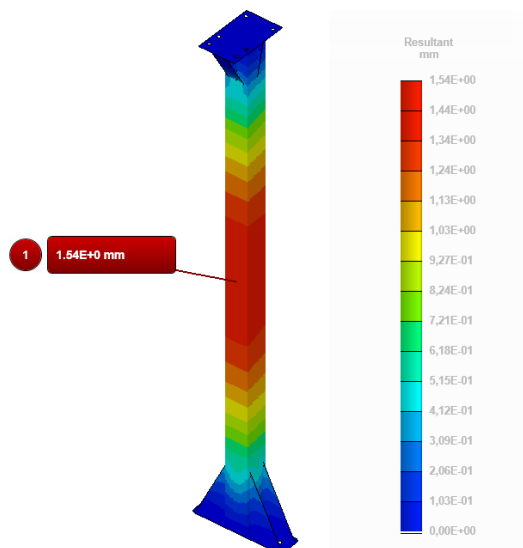
8.2 NOSNÝ SLOUP

Na nosný sloup je aplikována síla $A_{1\&2}$, jejíž působíště je zadáno ve vzdálenosti podle skutečného pohybu jeřábové kočky (tzn. maximální možné místo, kam se jeřábová kočka může posunout na jeřábovém mostě).



Obr. 8.3 Nosný sloup s vyznačenými maximálními hodnotami koncentrace napětí

MKP modelem nosného sloupu bylo zjištěno maximální napětí. Místa tohoto napětí jsou znázorněna na obr. 8.3. Výsledné napětí je skoro shodné s výpočtem 56. Nepatrný rozdíl mezi hodnotami je způsoben sítí konečných prvků v místě svarů. V těchto místech musela být síť upravena ručně, tzn. to je důvod rozdílů hodnot.

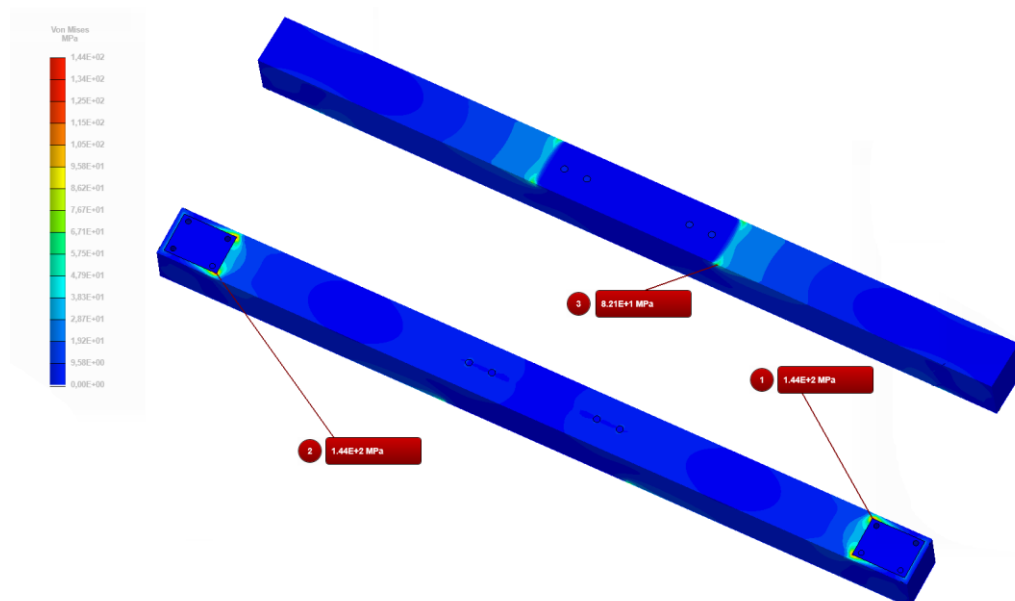


Obr. 8.4 Nosný sloup s vyznačenými průhyby

Při zkoumání průhybu na MKP modelu (obr. 8.4) nosného sloupu bylo zjištěno, že je téměř shodný s výpočtem 178.

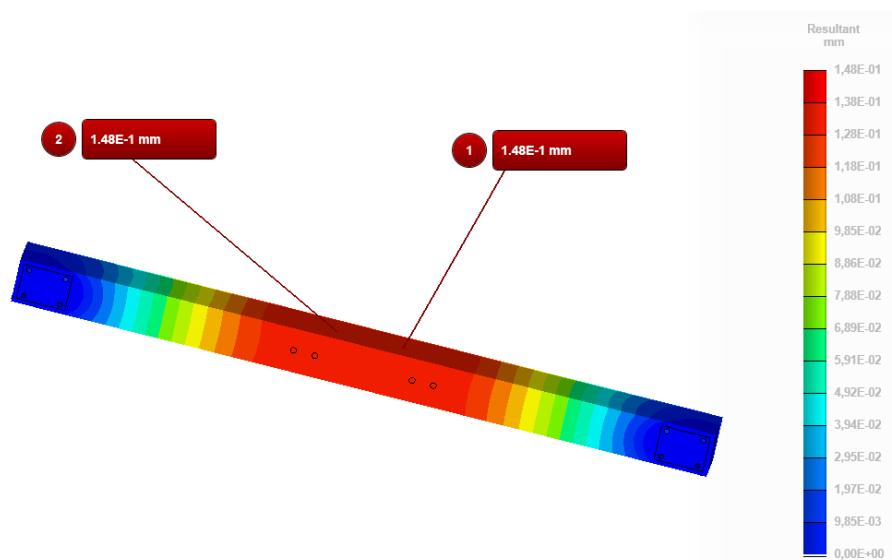
8.3 POJEZDOVÝ PŘÍČNÍK

Na pojezdový příčník je aplikována síla A_1 , jejíž rozsah působnosti je zadán podle působení dolní části nosného sloupu.



Obr. 8.5 Pojezdový příčník s vyznačenými maximálními hodnotami koncentrace napětí

MKP modelem pojezdového příčnicku bylo zjištěno maximální napětí. Místa tohoto napětí jsou znázorněna na obr. 8.5. Výsledné napětí (v obr. 8.5 označeno číslem 3) je téměř shodné s výpočtem 65. Nepatrný rozdíl v hodnotách je opět způsobený zadáním velikosti mezi jednotlivými elementy v síti konečných prvků. V dolní části pojezdového příčnicku u navařených plechů byl problém s vytvořením sítě konečných prvků. Síť musela být upravena ručně, což způsobilo nereálné hodnoty napětí, tzn. že výsledné napětí (v obr. 8.5 označeno čísly 1 a 2) tam ve skutečnosti není (pozn. oprava sítě se nezdařila, aby byly znázorněny skutečné hodnoty).



Obr. 8.6 Pojezdový příčník s vyznačenými průhyby

Při zkoumání průhybu na MKP modelu (obr. 8.6) pojezdového příčnicku bylo zjištěno, že je téměř shodný s výpočtem 181.

9 ODHAD CENY

Jedním ze základních požadavků společnosti KPC bylo, aby jeřáby byly co nejlevnější. V této kapitole je určen odhad ceny jeřábu KPC – 500 PC – 1. Pro ostatní portálové jeřáby v modulové řadě se odhad ceny nachází v příloze VIII. Pro určení ceny je však rozhodujících několik faktorů, které jsou podrobeny rozboru níže.

Prvním faktorem jsou použité profily. Jak již bylo zmíněno v podkapitole 7.7.6 na modulovou řadu je použito 5 různých profilů. Aplikace robustnějších profilů u jeřábů menších nosností má značný vliv na cenu (Pozn. pro snížení ceny by bylo vhodné použít rozměrově menší profily tak, aby zároveň vycházely výpočty).

Druhým faktorem je, že cena at' už nosných profilů (tj. HEB profily a uzavřené čtvercové profily) nebo přídatných komponentů (tj. jeřábová kočka, pojezdová kola, šrouby atd.) je závislá na počtu odebraných kusů (tzn. že při větším odběru kusů je cena za jeden kus nižší než při menším odběru kusů, kdy je cena za kus vyšší).

S druhým faktorem souvisí třetí faktor, což je vztah odběratele s dodavatelem. To znamená, že mezi společnostmi mohou být nastaveny partnerské vztahy. Jednoduše řečeno, mezi společnostmi je domluva, která říká, když vy od nás budete odbírat pravidelně materiál (tj. profily, jeřábové kočky atd.), tak my vám budeme poskytovat x % slevu.

Dalším faktorem je, že práce vzniká v pokoronavirové době a co hůř, v době, kdy je válka na Ukrajině. To má vliv na cenu jednak z hlediska všelijakých sankcí uvalených na Rusko a také z hlediska výroby různých součástí ve válkou zasažených zemích (tzn. výroba součástí na Ukrajině nebo Rusku). Kvůli těmto důvodům jsou každý den ceny materiálů a energií zvyšovány. Rovněž negativně se promítá do ceny i rostoucí inflace v Česku i celé Evropské Unii.

Níže uvedené ceny jsou tedy spíše informativní a platí k datu 1.5.2022. Ceny byly čerpány z internetových stránek, kde zvolené firmy tyto ceny uvádějí pro běžného zákazníka. Do ceny za jeřáb jsou řazeny tyto položky:

Tab. 9.1 Ceny za nosný rám

Nosný rám – KPC – 500 PC - 1					
Položka	Jeřábový most (HEB profil)	Nosný sloup (uzavřený čtvercový profil)	Pojezdový příčník (uzavřený čtvercový profil)	Přídavné vyztužovací plechy	Přídavné profily (uzavřený čtvercový profil)
Počet kusů	1	2	2	1	3
Cena za ks/m	1 747,00 Kč	827,00 Kč	827,00 Kč	5 085,00 Kč	216,00 Kč
Celková cena	5 939,80 Kč	2 638,13 Kč	1 902,10 Kč	3 433,00 Kč	220,32 Kč

Tab. 9.2 Cena za další položky (tj. materiál ke svařování a nátěrový materiál atd.)

Další položky - KPC - 500 PC - 1		
Položka	Režie	Nátěrový materiál
Cena	932,00 Kč	750,00 Kč

Pro tyto položky nebyla v návrhu nosného rámu zvolena firma. Ceny byly čerpány z obchodního řetězce OBI.

Tab. 9.3 Cena za spojovací materiál

Spojovací materiál - KPC - 500 PC - 1									
Položka	Šrouby (jeřábový most - nosný sloup)	Šrouby (nosný sloup - pojezdový příčník)	Šrouby (kabelová vlečka)	Šrouby (el. zásuvka)	Šrouby (pojezdová kola)	Matice (jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník)	Matice (kabelová vlečka)	Podložka (jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník)	Podložka (kabelová vlečka)
Počet kusů	12	8	6	4	16	20	6	20	6
Cena za ks	10,25 Kč	11,25 Kč	2,16 Kč	2,25 Kč	2,00 Kč	2,10 Kč	1,66 Kč	0,25 Kč	0,20 Kč
Celková cena	123,00 Kč	90,00 Kč	13,00 Kč	9,00 Kč	32,00 Kč	42,00 Kč	10,00 Kč	5,00 Kč	2,00 Kč

Tab. 9.4 Ceny za přídatné komponenty

Přídatné komponenty - KPC - 500 PC - 1								
Položka	Jeřábová kočka	Kabelová vlečka - kolejnice	Kabelová vlečka - kladky	Kabelová vlečka - koncovky	Pojezdová kola	Elektrická zásuvka	Elektrický kabel	Kabelová lišta
Počet kusů	1	1	8	2	4	1	1	1
Cena za kus	33 439,00 Kč	580,00 Kč	275,60 Kč	112,50 Kč	3 736,00 Kč	746,00 Kč	850,00 Kč	50,00 Kč
Celková cena	33 439,00 Kč	580,00 Kč	2 205,00 Kč	225,00 Kč	14 944,00 Kč	746,00 Kč	850,00 Kč	50,00 Kč

Poslední položka, kterou je nutné zahrnout do celkové ceny, je přidaná hodnota pro firmu. Tzn. do ceny je potřeba zahrnout marži firmy. Tato cena zahrnuje tzv. výrobní náklady. Tj. mzdy (tzn. na výrobě jeřábu pracovalo několik zaměstnanců firmy, tj. návrhový konstruktér, výpočetní technik, obchodník, svářeč, montážní dělník atd.), opotřebení materiálu (tzn. pro sestavení konstrukce je použito vybavení, které se výrobou jeřábu opotřebovává) a zisk (pro rozvoj firmy tzn. aby se firma mohla rozšiřovat, mohlo se koupit nové vybavení atd.). Na základě těchto předpokladů je návrh této ceny 40 000 Kč pro typ jeřábu KPC – 500 PC – 1.

Dle výše uvedených cen je celková cena jeřábu 109 181 Kč bez DPH.

Všechny ceny, a tedy i celková cena za jeřáb, jsou uvedeny bez DPH. To je z důvodu, že dílenské portálové jeřáby kupují zpravidla podnikající osoby nebo společnosti, kteří jsou plátcí DPH (tzn. daň z přidané hodnoty se těmto firmám vrací).

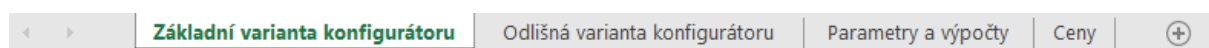
10 NÁVRH KONFIGURÁTORU

Hlavním důvodem, proč firma KRÁLOVO POLE CRANES, a.s. vypsala tuto závěrečnou práci, je požadavek na návrh konfigurátoru pro zjednodušený návrh vybraných konstrukčních variant, který by firma ráda využívala v praxi. Níže je popsáno, na jakém principu tento konfigurátor funguje, a jak jej ovládat.

Hlavní představa funkčnosti konfigurátoru je následující. Přijde nový zákazník s poptávkou po portálovém jeřábu. Obchodní referent se ho zeptá, jaké jsou jeho požadavky. První požadavek, na který se zákazníka zeptá, je jakou nosnost jeřábu potřebuje. Druhý a třetí požadavek, na který se zeptá, je jaké má rozměrové požadavky tzn. délka a výška jeřábu. Po zadání těchto tří parametrů mu konfigurátor ukáže ideální variantu tzn. bude zobrazen typ a cena jeřábu. Podle zobrazeného typu jeřábu poté konstrukční technik tento typ vyhledá ve firemních tabulkách, ve kterých může zákazníka seznámit s konstrukčními detaily (např. jaké jsou velikosti profilů, spojovací materiál, model kočky, atd.). Tento konfigurátor je vhodné použít i na webové stránky, kde by se zákazník mohl předem informovat, jaké konstrukční varianty firma nabízí.

Na základě této představy jsou vyhotoveny dvě varianty konfigurátorů, které fungují na stejném principu. U první základní varianty konfigurátoru jsou požadovány parametry nosnost, délka jeřábu a výška jeřábu. U druhé odlišné varianty konfigurátoru jsou požadovány parametry nosnost, výška zdvihu a rozpětí jeřábu.

Konfigurátor byl vyhotoven v programu Microsoft Excel. V tomto programu je jeho návaznost tvořena čtyřmi sešity. První sešit je základní varianta konfigurátoru, která obsahuje tabulku pro zadání požadovaných parametrů (tj. nosnost, délka a výška jeřábu). V druhém sešitu je odlišná varianta konfigurátoru, která obsahuje tabulku pro zadání jiných parametrů (tj. nosnost, výška zdvihu a rozpětí jeřábu). Ve třetím sešitu se nachází vstupní hodnoty, ve kterých konfigurátor vyhledává. Ve čtvrtém sešitu jsou rozepsány jednotlivé položky s cenami.



Obr. 10.1 Náhled na čtyři sešity v Microsoft Excel, které tvoří konfigurátor

10.1 ZÁKLADNÍ VARIANTA KONFIGURÁTORU

Jak již bylo zmíněno, první základní varianta konfigurátoru kombinuje vyhledání ideální varianty portálového jeřábu na základě tří parametrů (tj. nosnost, délka a výška jeřábu). Na obr. 10.2 je znázorněn vzhled tabulky. Z hlediska funkčnosti této tabulky stačí konstrukčnímu technikovi kliknout myší do prvního políčka (tj. nosnost) a hned se mu zobrazí, co je požadováno tzn. po rozkliknutí šipky vybere požadovanou nosnost zákazníkem (pozn. stejná nosnost je nabízena pouze jednou, i když pro stejnou nosnost existuje více typů jeřábů).

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu		[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu		[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu		[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Obr. 10.2 Vzhled základního konfigurátoru a ukázka funkce

Po zadání nosnosti klikne konstrukční technik do druhého políčka, kde se mu opět zobrazí, co je požadováno tzn. po rozkliknutí šipky vybere požadovanou délku jeřábu (pozn. nabízená délka je zobrazena pouze pro zvolenou nosnost. Pokud by u jiných nosností byly navrženy i jiné délky jeřábů, tak po zadání nosnosti jsou jiné délky filtrovány a jsou nabízeny délky dané nosnosti).

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu		[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Obr. 10.3 Po zadání nosnosti jsou nabízeny pouze délky pro danou nosnost

Po zadání nosnosti a délky klikne technik do třetího políčka, kde se mu opět zobrazí, co je požadováno tzn. po rozkliknutí šipky vybere požadovanou výšku jeřábu (pozn. nabízená výška je zobrazena pouze pro zvolenou nosnost a délku jeřábu).

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu		[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu	2000	[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu	2000	[mm]
Výsledný typ jeřábu		Měna
	Cena bez DPH	[CZK]

Obr. 10.4 Po zadání nosnosti a délky jsou nabízeny pouze výšky pro danou nosnost a délku

Po zadání všech tří parametrů se ihned zobrazí typ jeřábu a jeho cena.

Základní varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	500	[kg]
Délka jeřábu	3400	[mm]
Výška jeřábu	2000	[mm]
Výsledný typ jeřábu	Cena bez DPH	Měna
KPC-500 PC-1	109 181,00 Kč	[CZK]

Obr. 10.5 Výsledek hledání typu jeřábu podle požadavků zákazníka základního konfigurátoru

10.2 ODLIŠNÁ VARIANTA KONFIGURÁTORU

Jak již bylo řečeno, odlišná varianta konfigurátoru funguje na stejném principu jako ta základní s tím rozdílem, že jsou požadovány jiné vstupní hodnoty, tj. nosnost, výška zdvihu a rozpětí jeřábu. Tyto hodnoty jsou také důležitým hlediskem při výběru portálového jeřábu, proto je navrženo odlišné hledání typu jeřábu. Pro tuto variantu zde není uveden podrobný popis, jak konfigurátor funguje, protože je funkce stejná jako u základní varianty. Je zde uveden pouze obrázek výsledku hledání typu jeřábu KPC – 3200 PC – 3, pro který je vyhotovena druhá sestava.

Odlišná varianta konfigurátoru		
Požadavek	Zadej hodnotu	Jednotky
Nosnost	3200	[kg]
Výška zdvihu	3049	[mm]
Rozpětí jeřábu	4000	[mm]
Výsledný typ jeřábu	Cena bez DPH	Měna
KPC-3200 PC-3	280 827,00 Kč	[CZK]

Obr. 10.6 Výsledek hledání typu jeřábu podle požadavků zákazníka odlišného konfigurátoru

10.3 VÝPOČETNÍ KONFIGURÁTOR SE ZÁKLADNÍMI PARAMETRY

Základní a odlišná varianta konfigurátorů fungují na základě kombinace výpočtových a vstupní hodnot jednotlivých profilů. Pro tyto kombinace se v sešitu 3 (tj. parametry a výpočty) nachází všechny nezbytné vstupní parametry jednotlivých jeřábů a také všechny výpočty z kapitoly 7.

Přehlednost sešitu 3 je navržena obdobně, jako tabulky v příloze V a VI. V levé části se nachází sloupec, který obsahuje:

- Informace o rozměrech jednotlivých profilů
 - Parametr (délky, šířka, výška atd. profilů)
 - Označení
 - Jednotky

- Informace o výpočtech
 - Číslo výpočtu (podle číslování v kapitole 7)
 - Označení
 - Jednotky

Tento sloupec je zmrazen tak, aby při pohybu tabulky doprava bylo stále zobrazeno, o jaký parametr se jedná. Názorná ukázka viz. obr. 10.7

V horní části excelu se nachází řádek, kde jsou v každém sloupci zvlášť uvedeny jednotlivé typy jeřábů. Tento řádek je rovněž zmrazen, aby při pohybu tabulkou dolů bylo stále zřejmé, o jaký typ jeřábu se jedná. Názorná ukázka viz. obr. 10.7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				

Informace pro
KPC, co se musí
zadati, aby
výpočet fungoval

Číslo výpočtu / Parametr		Označení	Jednotky	Rozměry a výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových hřebenů																
				KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2	KPC-1000 PC-3	KPC-1300 PC-1	KPC-1300 PC-2	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-20
Nutné zadat	Naměřená nosnost	m	[kg]	500	500	500	800	800	800	1000	1000	1000	1600	1600	1600	2000	2000	2000	2000	20
Nutné zadat	Jeřábový most																			
Nutné zadat	Delšíka s	[mm]		3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	
Nutné zadat	Výška h	[mm]		120	120	120	120	160	160	160	160	160	200	200	200	200	200	200	200	
Nutné zadat	Šířka t	[mm]		110,0	120	120	120	160	160	160	160	160	200	200	200	200	200	200	200	
Nutné zadat	Tloušťka p	[mm]		11,0	11,0	11,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	
Nutné zadat	Tloušťka s	[mm]		6,5	6,5	6,5	6,5	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	
Nutné zadat	hmotnost	G	[kg/m]	26,700	26,700	26,700	26,700	26,700	42,600	42,600	42,600	42,600	42,600	61,300	61,300	61,300	61,300	61,300	61,300	
Nutné zadat	Cent. moment	W	[cm³]	90,787	90,787	117,480	117,480	90,787	146,160	146,160	146,160	146,160	187,440	187,440	187,440	200,037,5	200,037,5	200,037,5	200,037,5	
Nutné zadat	Pol. moment	Wpl	[mm³]	52837,380	52837,380	52837,380	52837,380	52837,380	111004,800	111004,800	111004,800	111004,800	111004,800	111004,800	111004,800	200033,275	200033,275	200033,275	200033,275	
Nutné zadat	Kladivový moment	Wk	[mm³]	1170242,771	1170242,771	1170242,771	1170242,771	888084,000	888084,000	888084,000	888084,000	888084,000	888084,000	888084,000	2000327,5	2000327,5	2000327,5	2000327,5	2000327,5	
Nutné zadat	Nosný sloup																			
Nutné zadat	Delšíka s	D1	[mm]	1595	2395	3555	1575	2315	3495	1515	2515	3449	1357	2357	3337	1409	2397	3337	1409	
Nutné zadat	Delšíka s	D2	[mm]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	120	120	120	120	120	120	120	
Nutné zadat	Tloušťka t1	T1	[mm]	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Nutné zadat	hmotnost	M1	[kg/m]	10,599	15,959	13,969	10,599	13,959	13,969	13,969	13,969	13,969	20,087	20,087	20,087	20,087	20,087	20,087	20,087	
Nutné zadat	Cent. moment	W	[cm³]	17,489	28,439	49,860	17,260	35,129	70,124	21,183	35,132	69,280	27,218	47,345	79,320	28,303	47,345	79,320	28,303	
Nutné zadat	Pol. moment	Wpl	[mm³]	1500,000	1500,000	3900,000	1500,000	1900,000	2700,000	1900,000	2700,000	2700,000	3700,000	3700,000	3700,000	3700,000	3700,000	3700,000	3700,000	
Nutné zadat	Pol. moment	Wk	[mm³]	35312,500	35312,500	57316,667	35312,500	37316,667	99043,200	37316,667	57316,667	57316,667	99043,200	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200	99043,200	137767,314	
Nutné zadat	Kladivový moment	Wk	[mm³]	1412500,000	1412500,000	2865833,333	1412500,000	2865833,333	5942592,000	2865833,333	5942592,000	5942592,000	5942592,000	5942592,000	5942592,000	645712,000	5942592,000	5942592,000	645712,000	
Nutné zadat	Pojízbový přírůstek																			
Nutné zadat	Delšíka s	D1	[mm]	3150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	
Nutné zadat	Delšíka s	D2	[mm]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	120	120	120	120	120	120	120	
Nutné zadat	Tloušťka t1	T1	[mm]	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Nutné zadat	hmotnost	M1	[kg/m]	10,599	15,959	13,969	10,599	13,959	13,969	13,969	13,969	13,969	20,088	20,088	20,088	20,088	20,088	20,088	20,088	
Nutné zadat	Cent. moment	W	[cm³]	12,687	15,891	24,446	12,687	20,216	40,432	20,216	40,432	40,432	20,216	35,021	55,021	20,216	35,021	55,021	20,216	
Nutné zadat	Pol. moment	Wpl	[mm³]	35312,500	35312,500	57316,667	35312,500	37316,667	99043,200	37316,667	57316,667	57316,667	99043,200	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200	99043,200	137767,314	
Nutné zadat	Přídavné vytvářecí plochy																			
Nutné zadat	Normovaná delšíka	Dn	[mm]	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
Nutné zadat	Normovaná šířka	Bn	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
Nutné zadat	Podlešná delšíka	Dp	[mm]	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	

Základní varianta konfiguratury

Odtíná varianta konfiguratury

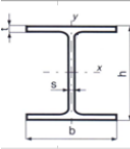
Parametr a výpočet

Číslo

Obr. 10.7 Vzhled výpočetního konfigurátoru se základními parametry. Zmrazení levého sloupce a horního řádku pro lepší přehlednost

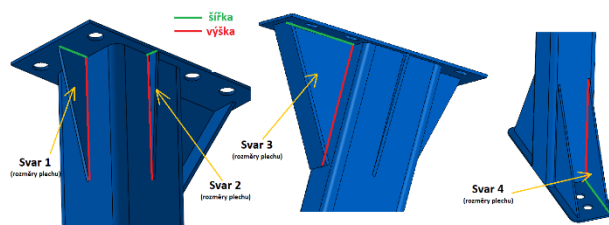
Vstupní parametry, které je nutné zadat, jsou označeny modrou barvou a na začátku každého takového řádku je ještě napsáno „nutné zadat“. Parametry, které je nutné zadat, jsou:

- Rozměry jednotlivých profilů (tj. délka, šířka stojiny, šířka plechu, výška, hmotnost za kg/m). Před levým sloupcem jsou pro jistotu vloženy ještě obrázky, co jednotlivé označení znamenají, pokud by to nebylo jasné z popisu parametru (viz. obr. 10.8).

	Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2
	Jeřábkový most					
Nutné zadané	Délka	d	[mm]		3400	3900
Nutné zadané	Výška	h	[mm]		120	160
Nutné zadané	Šířka	b	[mm]		120	160
Nutné zadané	Tloušťka p.	t	[mm]		11,0	13,0
Nutné zadané	Tloušťka s.	s	[mm]		6,5	8,0
Nutné zadané	Hmotnost	G	[kg·m]		26,700	42,600
	Cel. hmotnost	G _c	[kg]		90,780	166,140
Průř. mod.	W _{0m}		[mm ³]		52837,800	111004,800
	Kvadratický moment	I _{0m}	[mm ⁴]		3170242,771	8880384,040

Obr. 10.8 Ukázka zadání rozměru součásti

- Informace o svařování. Při zvětšení profilů je potřeba upravit i rozměry vyztužovacích plechů a velikosti svaru. Pro jasnější představu, co přesně je potřeba upravit, je v Excelu k této tabulce vložen obrázek.



Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval			Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1
Informace o svařování							
Nutné zadat	Mez kluzu materiálu	R_{me}	[MPa]			500	500
Nutné zadat	Tloušťka svaru	z_s	[mm]			5	5
Nutné zadat	Výška svaru 1	h_{s1}	[mm]			120	120
Nutné zadat	Šířka svaru 1	δ_{s1}	[mm]			25	30
Nutné zadat	Výška svaru 2	h_{s2}	[mm]			120	120
Nutné zadat	Šířka svaru 2	δ_{s2}	[mm]			9	19
Nutné zadat	Výška svaru 3	h_{s3}	[mm]			120	120
Nutné zadat	Šířka svaru 3	δ_{s3}	[mm]			55	70
Nutné zadat	Výška svaru 4	h_{s4}	[mm]			200	200
Nutné zadat	Šířka svaru 4	δ_{s4}	[mm]			100	100

Obr. 10.9 Ukázka zadání informace o svařování

- Informace o přídavných komponentech. Tzn. hmotnost kladkostroje, výška kladkostroje, hmotnost pojezdového kola, výška pojezdového kola, nosnost pojezdového kola, hmotnost kabelu atd.

Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval				Rozměry	
	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1
	Přídavné komponenty				
Nutné zadat	Hmotnost kladkostroje	m_{kl}	[kg]	36	36
Nutné zadat	Vzdálenost pojezdu kladkostroje	i	[mm]	50	50
Nutné zadat	Výška kladkostroje	G_2	[mm]	460	561
Nutné zadat	Rychlost zdvihu kladkostroje	v_2	[m/min]	8	4

Obr. 10.10 Ukázka zadání přídavných komponentů

- Informace o šroubových spojkách. Tzn. jak velký šroub je použit, jaká vzdálenost je mezi šrouby atd. Pro jasnější představu jsou opět přiloženy obrázky, co jaká vzdálenost znamená (viz. obr. 10.11).

Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval

			šroubových spojk / nosných konstru	
	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	
	šroubových spoje			
Nutné zadat	Průměr šroubu	d_s	[mm]	
	Plocha šroubu	S_s	[mm ²]	
Nutné zadat	Mez pevnosti šroubu	R_m	[N/Па]	
Nutné zadat	Vzdálenost zatížení vzdálenějšího šroubu (j-m-p)	l_{11}	[mm]	
Nutné zadat	Vzdálenost zatížení bližšího šroubu (j-m-p)	l_{12}	[mm]	
Nutné zadat	Vzdálenost zatížení vzdálenějšího šroubu (p-pp)	l_{13}	[mm]	
Nutné zadat	Vzdálenost zatížení bližšího šroubu (p-pp)	l_{14}	[mm]	

Obr. 10.11 Ukázka zadání šroubových spojků

- Informace o zvolených materiálech. Tzn. modul pružnosti v tahu, mez pevnosti a mez kluzu.

Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval	/ nosných konstrukci				
	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1
	Zvolené materiály				
Nutné zadat	Modul pružnosti v tahu	E	[MPa]	206000	206000
Nutné zadat	Mez pevnosti jeřábový most	f_{ujm}	[MPa]	490	490
Nutné zadat	Mez pevnosti podpory	f_{up}	[MPa]	510	510
Nutné zadat	Mez kluzu	f_y	[MPa]	355	355

Obr. 10.12 Ukázka zadání zvolených materiálů

V kapitole 7 je provedeno 186 výpočtů, které jsou naprogramovány do konfigurátoru v excelu. Po zadání všech výše zmíněných vstupních hodnot se automaticky provede výpočet. Tento pevnostní výpočet, jak již bylo zmíněno, je počítán na bezpečnost, která musí být větší než 1. V konfigurátoru v excelu je funkce provedena tak, že pokud po zadání vstupních hodnot nebude některá z bezpečností vycházet, daná bezpečnost bude červená, v opačném případě zelená (viz. obr. 10.13). (Pozn. V obrázku na ukázce jsou záměrně změněny hodnoty tak, aby nevycházely a bylo názorně předvedeno, jak to bude vypadat).

Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	/ nosných konstrukci	
				KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2
	170	τ'_{u4}	[MPa]	0,723	0,851
	171	τ''_{u4}	[MPa]	11,186	12,979
	172	τ_{u4}	[MPa]	11,209	13,007
	173	$\Delta\sigma_{sd4}$	[MPa]	34,182	33,473
	174	k_{u4}	[-]	4,705	4,805
	175	y_{jm}	[mm]	1,508	2,321
	176	y_{majjm}	[mm]	6,800	7,800
	177	k_{yjm}	[-]	4,510	3,360
	178	y_p	[mm]	1,467	6,610
	179	y_{majp}	[mm]	4,557	7,414
	180	k_{yp}	[-]	3,107	1,122
	181	y_{pp}	[mm]	0,145	0,307
	182	y_{majpp}	[mm]	3,286	4,143
	183	k_{ypp}	[-]	22,590	13,513
	184	M_{vyro}	[N/mm]	1387671,939	2060076,086
	185	M_{klap}	[N/mm]	1704651,000	1965270,000
	186	k_{plexi}	[-]	0,814	1,048

Obr. 10.13 Ukázka výpočetní konfigurátoru a ukázka vyhovující a nevyhovující bezpečnosti

Takto je možné následně regulovat jednotlivé vstupní hodnoty tak, aby se bezpečnosti blížily k hodnotě 1 a nebyly zbytečně předimenzovány. Poslední náležitost, kterou je důležité k výpočtu zmínit je, že na začátku výpočtu byl navrhnout počet pracovních cyklů a vybrané koeficienty, které jsou pro všechny jeřáby stejné. Jelikož se jedná o hodnoty, které jsou voleny na základě zkušeností, tak by firma (tj. KRÁLOVO POLE CRANES, a.s.) mohla chtít tyto hodnoty jiné, což je potřeba změnit přímo ve výpočtech. Pro tuto změnu je před každým řádkem napsáno „pro vše stejné“ (viz. obr. 10.14).

Informace pro KPC, co se musí zadat, aby výpočet fungoval				KPC-500 PC-1
	Číslo výpočtu / Parametr	Označení	Jednotky	
	Pevnostní výpočty			
Pro vše stejné	1	C	[-]	500000
Pro vše stejné	2	Tr	[-]	25000
Pro vše stejné	3	q	[%]	60
	4	v _z	[m/min]	4
Pro vše stejné	5	v _p	[m/min]	50
Pro vše stejné	6	sr _z	[-]	5
	7	Tr	[rok]	20
Pro vše stejné	8	Ø ₁	[-]	1,05
	9	Ø ₂	[-]	1,061
Pro vše stejné	10	Ø ₃	[-]	1,05
Pro vše stejné	11	Ø ₄	[-]	1,4
	12	Ø _{sdyn}	[-]	1,031
Pro vše stejné	13	Ø _{stat}	[-]	1
	14	m _{ok}	[kg]	206,908

Obr. 10.14 Hodnoty, které byly zvoleny z tabulek podle zkušeností

Jednotlivé výpočty jsou v excelu označeny číslem, kterým jsou rovněž označeny v této práci. Pokud by byl potřeba zobrazit nebo upravit výpočet, je nutné v kapitole 7 vyhledat daný výpočet.

V modulové řadě je navrženo 24 portálových jeřábů, které jsou základním pilířem pro názornou ukázkou funkčnosti konfigurátoru. Do konfigurátoru by však bylo vhodné zavést více typů jeřábů (tzn. délky např. po 100 mm), aby byla větší nabídka a tím i větší poptávka. Po vložení více variant jeřábů by poté firmě stačilo se vždy podívat, co je potřeba na konstrukci jeřábu objednat a poté by šel jeřáb už do výroby.

10.4 CENY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ NA JEŘÁBU

Konfigurátor ukazuje i celkovou cenu za jeřáb. To je naprogramováno tak, že ve čtvrtém sešitu jsou po jednotlivých položkách rozepsány ceny, které jsou sečteny a výsledná cena je poté zobrazena v buňce k tomu určené. I zde je pro lepší orientaci zmrazen hlavní sloupec a řádek. Na obr. 10.15 je ukáзка cen položek.

Položka	Počet		
	[ks]	KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2
Matice - kabelová vlečka	6	10,00 Kč	10,00 Kč
Podložka - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	5,00 Kč	5,00 Kč
Podložka - kabelová vlečka	6	2,00 Kč	2,00 Kč
Přídavné komponenty			
Jeřábová kočka	1	33 439,00 Kč	33 439,00 Kč
Kabelová vlečka - kolejnice	odlišné	580,00 Kč	665,00 Kč
Kabelová vlečka - kladky	odlišné	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč
Kabelová vlečka - koncovka	2	225,00 Kč	225,00 Kč
Pojezdová kola	4	14 944,00 Kč	14 944,00 Kč
Elektrická zásuvka	1	746,00 Kč	746,00 Kč
Elektrický kabel	odlišné	850,00 Kč	950,00 Kč
Kabelová lišta	odlišné	50,00 Kč	70,00 Kč
Položka KPC - návrh, konstrukce, výroba			
Přidaná hodnota		40 000,00 Kč	43 000,00 Kč
Celková cena bez DPH		109 181,0 Kč	117 717,0 Kč

Obr. 10.15 Ukáзка cen za jednotlivé položky

Jedná se o diplomovou práci, která byla vytvořena pro firmu KRÁLOVO POLE CRANES, a.s. Hlavní část práce pojednává o návrhu modulové řady mobilních dílenských jeřábů s předem daným rozsahem parametrů (tj. nosnost v rozmezí od 500 kg do 3200 kg, rozpětí od 2000 mm do 3000 mm a výška jeřábu od 2000 mm do 4000 mm), které jsou podrobeny výpočtům tak, aby jejich nosné konstrukce vydržely vznikající zatížení během provozu a zároveň finanční náklady spojené s výrobou byly co nejnižší. Výstupem této práce je naprogramovaný konfigurator v programu Microsoft Excel, který podle požadavků zákazníka vybere vhodný mobilní dílenský portálový jeřáb. Tento konfigurator nalezne uplatnění nejen pro zákazníky, ale i pro samotné konstrukční techniky ve firmě.

Účelem této práce bylo splnit několik cílů (požadavků KPC), které jsou v dalších odstavcích shrnuty a pro některé cíle je napsáno i doporučení pro zlepšení. Diplomovou práci lze rozdělit na tři pomyslné části.

První část práce (tj. první čtyři kapitoly) se zabývá rešerší, která má čtenáři udělat představu o tom, co je to mobilní dílenský portálový jeřáb, do které kategorie patří, z jakých součástí se portálový jeřáb skládá a jaké jsou odlišené typy zařízení s obdobnými užitkovými vlastnostmi. Tyto kapitoly jsou založeny na základě sběru informací z literatury a internetu, a mají podat ucelený přehled informací o probírané problematice.

Druhá část práce je zaměřena na samotný návrh modulové řady, návrh nosné konstrukce jeřábů a pevnostní výpočty všech typů. V modulové řadě je navrženo 24 typů jeřábů, které tvoří základní pilíř modulové řady. Toto množství bylo navrženo z důvodu, aby byl jednak pokryt zadaný rozsah parametrů, ale také aby byla demonstrována funkčnost konfiguratoru. V návrhu nosné konstrukce je detailně popsáno, jak je řešen konstrukční návrh nosného rámu a také podle čeho byly zvoleny ostatních komponenty. Druhou část práce uzavírají pevnostní výpočty, jejichž postup byl konzultován s firmou. Zde je důležité zmínit, že v práci jsou do vzorců dosazeny hodnoty pouze pro jeden typ jeřábu, tj. KPC – 500 PC – 1. Pro ostatní jeřáby jsou v příloze V uvedeny pouze výsledky těchto výpočtů. Ve výpočtech jsou také voleny jednotlivé rozměry profilů. Pro všechny portálové jeřáby v modulové řadě se návrh těchto rozměrů nachází v příloze VI. Pro výpočty je důležitým východiskem, že jsou počítány na bezpečnost, která musí být větší než 1, ale zase není dobré je počítat na vyšší hodnoty. To je z důvodu finančního hlediska.

U těchto bezpečností nastal ve výpočtech menší problém s tím, že některé jeřáby jsou zbytečně předimenzovány. Tento problém nastal z důvodu, že na modulovou řadu mělo být použito pouze 5 různých profilů. Tyto profily bylo potřeba volit tak, aby jeden profil pokryl cca 4 – 5 jeřábů. Aby byla splněna bezpečnost u jeřábu s vyšší nosností, musel být použit robustnější profil, což způsobilo u jeřábu s menší nosností předimenzování (pozn. u jeřábů s menší nosností nemohl být použit menší profil, protože už by zase nevycházela bezpečnost). Řešením pro tento problém by bylo použití více profilů. Nejlepší variantou by poté bylo použití na každý jeřáb jiný profil tak, aby se bezpečnosti blížili hodnotě 1.

S tímto problémem souvisí i návrh počtu pracovních cyklů. Ten byl zvolen na 500 000 cyklů, což mělo značný vliv na únavové bezpečnosti, které vycházely více než statické. Vzhledem k tomu, že byly častokrát použity větší profily, tak únavové bezpečnosti vycházely. Při optimalizaci jeřábů na menší profily by bylo vhodné však uvažovat použití menšího počtu pracovních cyklů, což by vyrovnalo únavové a statické hodnoty.

Důležité k výpočtové zprávě je také zmínit, že navržená modulová řada portálových jeřábů je vzhledem k rozpětí a konstrukčnímu řešení pojezdového příčníku primárně určena k pracím v provozech s omezenými prostorovými možnostmi (tzn. manipulace s jeřábem mezi obráběcími stroji, stroji blízko nosných zdí a sloupů), proto předpoklad použití stroje je pouze v rozsahu

jeřábového mostu a neuvažuje se s manipulací celkového portálu pod zatížením. Zařízení je proto vybaveno pouze pojezdovými koly bez pohonu a bez jakéhokoli nivelačního zařízení (tzn. použití pouze na vodorovné podlaze). Z těchto důvodů jsou pevnostní výpočty počítány pouze na statické svislé zatížení a neuvažuje se s dalšími horizontálními silami.

Ve třetí části práce se nachází kontrola výpočtů, odhad ceny jeřábů a návrh konfigurátoru.

Kontrola výpočtů je provedena pomocí MKP modelu v MSC Apex, na kterém jsou zkoumány zejména napětí a průhyby. U MKP modelu nastaly rovněž menší komplikace, a to při vytváření sítě konečných prvků. Ve svarových spojích tato síť nešla automaticky vytvořit a musela být vytvořena ručně, což způsobilo některé nereálné hodnoty. Po konzultaci se školitelem na MSC Apex byl stanoven závěr, že jsou modely vytvořeny správně.

V odhadu ceny jsou popsány určitá kritéria, která mají značný vliv na celkovou cenu. Celkové ceny je tedy třeba brát s rezervou a případnou poptávku za mobilní dílenské portálové jeřáby je třeba směřovat na firmu KRÁLOVO POLE CRANES, a.s.

Pro návrh konfigurátoru je na začátku závěru zmíněno, že konfigurátor může nalézt uplatnění nejen pro zákazníky, ale i pro samotné konstrukční techniky ve firmě. To je myšleno tak, že je konfigurátor navržen jednak pro vyhledání daného typu jeřábu podle požadavků zákazníka, ale také je navržen pro určení způsobilosti jeřábu (tzn. po zadání vstupních parametrů ukáže konstrukčnímu technikovi, zda jsou splněny bezpečnosti zvolených konstrukčních součástí). Zde bych chtěl zmínit původní myšlenku funkčnosti konfigurátoru, kterou jsem poté změnil. Firma původně měla požadavek, aby konfigurátor byl navržen tak, že po zadání pěti nosných součástí (tj. např. 5x HEB – profil a 5x uzavřený čtvercový profil) byla provedena kombinace a vyšla nejlepší varianta pro požadovanou nosnost. U této varianty mně přišlo nevýhodné kombinovat tyto díly, protože by nastal problém s tím, že by bezpečnosti byly předimenzovány. Z těchto důvodů jsem konfigurátor navrhl tak, že je sice nutné zadat pro každý jeřáb profily zvlášť a optimalizovat je na bezpečnosti blížíci se hodnotě 1, tím však ale bude zajištěno, že nebudou portálové jeřáby předimenzovány nebo naopak, že by se zbourily.

Konfigurátor je demonstrován na navržených 24 portálových jeřábech. V tomto počtu mají dané nosnosti poměrně malý rozsah délek a výšek. Vhodné by bylo pro každou nosnost zavést více typů jeřábů (tj. délky a výšky cca po 50 – 100 mm), čímž by byla zajištěna větší nabídka. Modulová řada by poté byla tvořena cca 100 jeřáby, což by určitě uvítali zákazníci. Poslední důležitý bod, který je ke konfigurátoru potřeba zmínit je, že pokud by byl potřeba nějaký výpočet poupravit, přidat nebo změnit, v konfigurátoru je možné se orientovat podle této práce.

Na závěr píši doporučení, jak by se dal vylepšit konstrukční návrh portálového jeřábu. Jeřáb je zkonstruován na ruční pohon. U těžších jeřábů by bylo vhodné použít pojezd elektrický. Z hlediska pevnostních výpočtů by bylo nutné zahrnout některé součinitele do bezpečnostních požadavků a opatření (tj. dynamické součinitele), což by mělo vliv na výslednou sílu zatížení. Rovněž by bylo nutné upravit bezpečnost na překlopení. U těžších jeřábů by bylo vhodné také použít elektrický pojezd kladkostroje. Použití elektrického kladkostroje by z hlediska pevnostních výpočtů mělo vliv na hmotnost a na bezpečnostní požadavky a opatření (tj. dynamické součinitele). Další úpravy a vylepšení byla zmíněna v závěru nebo v samotném textu práce.

I přes výše zmíněná drobná vylepšení si myslím, že navržená modulová řada a konfigurátor jsou připraveny pro použití v podnikání.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Technické normy. ČSN ISO 4306-1. Jeřáby-slovník. Část 1: Všeobecně. In: *technicke-normy-csn* [online] © 2020 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-iso-4306-1-270000-173377.html>
- [2] REMTA, František, Ladislav KUPKA a František DRAŽAN. Jeřáby. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1975.
- [3] ČSN EN 13001-1. Jeřáby - Návrh všeobecně - Část 1: Základní principy a požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [4] CVEKL, Z., JANOVSKEÝ, L., PODIVÍNSKÝ, J., TALÁCKO, J.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, ČVUT Praha 1984.
- [5] STEKLÝ, Jakub. Model mostového jeřábu. In: *vut* [online] Brno 2016 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=125296
- [6] 3D modely portálových a poloportálových jeřábů. In: *gigasro* [online] [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://www.gigasro.cz/portalove-jezaby-a-poloportalove-jezaby.html>
- [7] Portálový výložníkový jeřáb. In: *cz.shipyardjibcrane* [online] [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://cz.shipyardjibcrane.com/shipyard-crane/portal-jib-crane.html>
- [8] Sloupový otočný jeřáb. In: *iteco* [online] © 2017 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://www.iteco.cz/sloupove-otocne-jezaby-lsx-s-elektrickym-retezovym-kladkostrojem-abucompact.html>
- [9] Jak funguje věžový jeřáb. In: *mozaweb* [online] [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: https://www.mozaweb.com/cs/Extra-3D_modely-Jak_funguje_vezovy_jerab-210439
- [10] Jeřáby. In: *klimex* [online] © 2022 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://klimex.cz/mobilni-jezaby/>
- [11] Lanový jeřáb nad kamenolomem. In: *podzemi.solvayovylomy* [online] [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/cteni/bergwerk/1.htm>
- [12] Dílenské portálové jeřáby. In: *tedox* [online] © 2022 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.tedox.cz/dilenske-portalove-jezaby>
- [13] Lightweight mobile gantry. In: *chakraprima* [online] [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://www.chakraprima.com/product/lightweight-mobile-gantry>
- [14] Sortiment online. In: *online.ferona* [online] © 2017 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/vyhledavani/307>
- [15] Jeřábová kočka JK1. In: *deltalift* [online] [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://www.deltalift.cz/kladkostroje/pojezdove-kocky/jerabova-kocka-jk1-manualni>

- [16] Jeřabové kočky. In: *strojarna.webnode* [online] [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: https://strojarna.webnode.cz/_files/2000000003-64645655e2/Je%C5%99%C3%A1bov%C3%A9%20ko%C4%8Dky.pdf
- [17] REMTA, František. *Jeřáby I*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956, 620 s.
- [18] Kladkostroje LIFTKET. In: *kladkostroje* [online] © 2022 [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: https://www.kladkostroje.cz/?gclid=Cj0KCQiAuP-OBhDqARIsAD4XHpeYSw4RWL4Cj7YdbyUyvU33pR4XaxInpYO0g8tNjcR6i58b_hFh2oEaAr0jEALw_wcB
- [19] Kabeltrolleysysteem voor C-profiel rails. In: *lappbenelux.lappgroup* [online] © 2022 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://lappbenelux.lappgroup.com/producten/catalogus/kabelaccessoires/kabels-geleiden-en-bevestigen/kabeltrolleysystemen/kabeltrolleysysteem-voor-c-profiel-rails.html>
- [20] Kování pro kabelové vlečky. In: *niko-kovani* [online] © 2016 - 2022 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://www.niko-kovani.cz/kabelove-vlecky>
- [21] Kladka LE-VE 125R-FI. In: *vkloziska* [online] [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: https://www.vkloziska.cz/kladka-le-ve-125r-fi#zalozka=detail_parametry
- [22] Ruční mobilní sloupové jeřáby. In: *kpc* [online] [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://www.kpc.cz/produkty/dilenska-manipulace/rucni-mobilni-sloupove-jeraby/>
- [23] Ruční mobilní sloupové jeřáby s lomeným ramenem. In: *kpc* [online] [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://www.kpc.cz/produkty/dilenska-manipulace/rucni-mobilni-sloupove-jeraby-s-lomenym-ramenem/>
- [24] Skládací dílenský jeřáb. In: *manutan* [online] © 2021 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: https://www.manutan.cz/cs/mcz/skladaci-dilensky-gerab-do-2-000-kg-886175?gclid=CjwKCAiA55mPBhBOEiwANmzoQnOGvsD2AlwjSQqq4Vw9ypDQt eZHOaLD_CQzNzc_YKGNpS50tyOpNhoCS88QAvD_BwE
- [25] Pojízdný dílenský jeřáb OMCN 222. In: *technology-garage* [online] © 2022 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: https://www.technology-garage.cz/pojizdny-dilensky-gerab-omcn-222-3-t_z671/
- [26] Materiálové normy. In: *online.ferona* [online] © 2017 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/materialove-normy/>
- [27] Přehled vlastností oceli S355J2. In: *bbolzano* [online] © 2020 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
- [28] Čtyřboké duté profily EN 10219. In: *salzgitter* [online] [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <http://www.salzgitter.cz/index.php?page=46>

- [29] LIFTKET Technická data 2018/2019. In: *kladkostroje* [online] [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.kladkostroje.cz/assets/www/pdf/katalog-liftket-cz.pdf>
- [30] Představení firmy. In: *navratilsro* [online] © 2016-2022 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.navratilsro.cz/o-nas/>
- [31] GEWISS Kombinace GW66009. In: *elfetex* [online] © 2022 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.elfetex.cz/gewiss-kombinace-gw66009-16a-5p-400v-ip44-592009>
- [32] Kably. In: *kratechnik* [online] © 2022 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://kratechnik.cz/kably>
- [33] Lišta hranatá LHD 25x15 HD. In: *kopos* [online] © 2022 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.kopos.cz/cs/produkt/2095-lista-hranata>
- [34] GW66009. In: *gewiss* [online] © 2022 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.gewiss.com/ww/en/products/experience-catalogue/catalogs/series/product/building/iec-309-hp-range-plugs-and-socket-outlets-iec-309-standards/GW66009>
- [35] Spojovací materiál. In: *sroubyonline* [online] [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://www.sroubyonline.cz/spojovaci-material>
- [36] Novák, T. Automobilové jeřáby s nosností 200 až 1200 t. In: *vut* [online] Brno 2020 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=210847
- [37] Kola série S120.C10 In: *navratilsro* [online] © 2016-2022 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: https://www.navratilsro.cz/supertezkotonazni-kola/kola-serie-c10-dvojmontaz/_c962
- [38] ČSN EN 15011. Jeřáby – Mostové a portálové jeřáby. Brusel: Řídící centrum CEN-CENELEC, 2020
- [39] MYNÁŘ, B., KAŠPÁREK, J.: Dopravní a manipulační zařízení. Brno: VUT, 2004
- [40] ČSN ISO 12482-1. Jeřáby – Sledování stavu Část 1: Všeobecně. Český normalizační institut, 1997
- [41] ČSN EN 13001-2. Jeřáby - Návrh všeobecně - Část 2: Účinky zatížení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [42] ČSN EN 13001-3-1+A2. Jeřáby – Obecný návrh – Část 3-1: Mezní stavy a prokázání způsobilosti ocelových konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [43] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [44] JURÁŠEK, O.: Nosné konstrukce stavebních strojů I. Brno: VUT, 1985

- [45] JURÁŠEK, O.: Teorie nosných konstrukcí. Brno: VUT, 1988
- [46] JAKOVLEV, K., P.: Fyzikálně technická příručka. Díl 1. Část 1 a 2; matematika, chemie, fyzika, obecná mechanika, pružnost a pevnost, teorie mechanismů. Praha 1963.
- [47] MALÁŠEK, J.: Dopravní a manipulační zařízení – vzpěr. Brno: VUT, 2016
- [48] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky – pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Úvaly, 2011

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[m·s ⁻²]	Zrychlení zdvihu
A_1	[N]	Kombinace zdvihání a přemísťování břemen
$A_{1\epsilon}$	[N]	Částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen
$A_{1\epsilon 2}$	[N]	Částečná kombinace zdvihání a přemísťování břemen – korekce 2
A_2	[N]	Kombinace náhlého uvolnění části břemene
b	[mm]	Šířka příruby jeřábového mostu
B_1	[mm]	Délka strany profilu nosného sloupu
B_{11}	[N]	Kombinace zatížení při zdvihání a dalších účinků
B_2	[mm]	Délka strany profilu pojezdového příčnicku
B_{22}	[N]	Kombinace náhlého uvolnění části břemene a dalších účinků
B_3	[mm]	Šířka přidavných vyztužovacích plechů
B_4	[mm]	Délka strany přidavného profilu
C	[-]	Celkový počet pracovních cyklů
C_{3d}	[N]	Kombinace zatížení jeřábu za podmínek dynamické zkoušky
C_{3s}	[N]	Kombinace zatížení jeřábu za podmínek statické zkoušky
c_i	[-]	Počet výskytů rozkmitů i -tého napětí
c_{x0}	[-]	Koeficient lokálního napětí směru x pro stav 0
c_{x1}	[-]	Koeficient lokálního napětí směru x pro stav 1
c_{x2}	[-]	Koeficient lokálního napětí směru x pro stav 2
c_{y0}	[-]	Koeficient lokálního napětí směr y pro stav 0
c_{y1}	[-]	Koeficient lokálního napětí směr y pro stav 1
c_{y2}	[-]	Koeficient lokálního napětí směr y pro stav 2
d	[mm]	Délka profilu jeřábového mostu
D_1	[mm]	Délka profilu nosného sloupu
D_2	[mm]	Délka profilu pojezdového příčnicku
D_3	[mm]	Délka přidavných vyztužovacích plechů
D_4	[mm]	Délka přidavného profilu
E	[MPa]	Modul pružnosti v tahu
F_{az}	[N]	Reakční síla v bodě A při výpočtu jeřábového mostu
F_{bz}	[N]	Reakční síla v bodě B při výpočtu jeřábového mostu
F_{cz}	[N]	Reakční síla v bodě C při výpočtu pojezdového příčnicku
F_{dz}	[N]	Reakční síla v bodě D při výpočtu pojezdového příčnicku
F_{s1}	[N]	Síla působící na jeden šroub u spoje jeřábového mostu a podpory
F_{s2}	[N]	Síla působící na jeden šroub u spoje podpory a pojez. příčnicku
F_{s1}	[N]	Zatížení od ohybového momentu u spoje jeřábového mostu a podpory
F_{s2}	[N]	Zatížení od ohybového momentu u spoje podpory a pojez. příčnicku
F_{stl}	[N]	Maximální únosnost šroubu v tahu u spoje jeřábového mostu a podpory

F_{st2}	[N]	Zatížení od ohybového momentu u spoje podpory a pojez. příčnicku
F_{ujm}	[N]	Reakční síla v bodě A, B při výpočtu nezatíženého jeřábu
F_{upp}	[N]	Reakční síla v bodě C, D při výpočtu pojezdového příčnicku
$F_{vš1}$	[N]	Výsledná síla působící na šrouby u spoje jeřábového mostu a podpory
$F_{vš2}$	[N]	Výsledná síla působící na šrouby u spoje podpory a pojez. příčnicku
f_y	[MPa]	Jmenovitá pevnost meze kluzu
g	[m·s ⁻²]	Tíhové zrychlení
G	[kg/m]	Hmotnost 1 kg/m nosníku jeřábového mostu
G_c	[kg]	Celková hmotnost jeřábového mostu
h	[mm]	Výška průřezu jeřábového mostu
h_{s1}	[mm]	Výška svaru 1 na nosném sloupu
h_{s2}	[mm]	Výška svaru 2 na nosném sloupu
h_{s3}	[mm]	Výška svaru 3 na nosném sloupu
h_{s4}	[mm]	Výška svaru 4 na nosném sloupu
i	[mm]	Vzdálenost bodu působení od hrany nosníku
i_1	[N]	Zatížení od hmotnosti jeřábu
i_2	[N]	Zatížení od hmotnosti břemene
i_3	[N]	Zatížení od hmotnosti jeřábu a břemene
i_4	[N]	Zatížení od zrychlení zdvihového pohonu
i_{5dyn}	[N]	Zatížení zkušebním břemenem při dynamické zkoušce
i_{5stat}	[N]	Zatížení zkušebním břemenem při statické zkoušce
I_{jm}	[mm ⁴]	Moment setrvačnosti jeřábového mostu k ose ohybu y
I_p	[mm ⁴]	Kvadratický moment průřezu podpory
i_p	[mm]	Poloměr setrvačnosti průřezu nosného sloupu
i_s	[-]	Statická určitost
J_{cs1}	[mm ⁴]	Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1
J_{cs2}	[mm ⁴]	Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2
J_{cs3}	[mm ⁴]	Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3
J_{cs4}	[mm ⁴]	Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4
J_{cu1}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na podpoře
J_{cu2}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na podpoře
J_{cu3}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na podpoře
J_{cu4}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na podpoře
J_{pu1}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na plechu
J_{pu2}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na plechu
J_{pu3}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na plechu
J_{pu4}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na plechu
J_{su1}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 1 na sloupu

J_{su2}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 2 na sloupu
J_{su3}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 3 na sloupu
J_{su4}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu svaru 4 na sloupu
k_{jm}	[-]	Bezpečnost jeřábového mostu
k_{m1}	[-]	Součinitel spektra 1 v závislosti na m_u
k_{m2}	[-]	Součinitel spektra 2 v závislosti na m_u
k_p	[-]	Bezpečnost nosného sloupu
k_{pk}	[-]	Bezpečnost pojezdových kol
k_{pp}	[-]	Bezpečnost pojezdového příčnicku
$k_{překl}$	[-]	Bezpečnost překlopení jeřábu
k_{s1}	[-]	Součinitel bezpečnosti pro svar 1
k_{s2}	[-]	Součinitel bezpečnosti pro svar 2
k_{s3}	[-]	Součinitel bezpečnosti pro svar 3
k_{s4}	[-]	Součinitel bezpečnosti pro svar 4
$k_{\xi 1}$	[-]	Bezpečnost šroubu vůči MSP u spoje jeřábového mostu a podpory
$k_{\xi 2}$	[-]	Bezpečnost šroubu vůči MSP u spoje podpory a pojez. příčnicku
k_{ujm}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti jeřábového mostu
k_{upp}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti pojezdových příčnicku
k_{us1}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti svaru 1
k_{us2}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti svaru 2
k_{us3}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti svaru 3
k_{us4}	[-]	Bezpečnost únavové pevnosti svaru 4
k_{yjm}	[-]	Bezpečnost průhybu jeřábového mostu
k_{yp}	[-]	Bezpečnost průhybu nosného sloupu
l_{1n}	[mm]	Vzdálenost těžiště tlakového zatížení od vzdálenějšího šroubu
l_{1t}	[mm]	Vzdálenost těžiště tlakového zatížení od vzdálenějšího šroubu
l_{2n}	[mm]	Vzdálenost těžiště tlakového zatížení od bližšího šroubu
l_{2t}	[mm]	Vzdálenost těžiště tlakového zatížení od bližšího šroubu
L_{ij}	[kg]	Maximální možná hmotnost portálového jeřábu
m	[kg]	Nosnost portálového jeřábu
M_1	[kg/m]	Hmotnost 1 kg/m profilu nosného sloupu
M_2	[kg/m]	Hmotnost 1 kg/m profilu pojezdového příčnicku
M_3	[kg/ks]	Hmotnost přídatného vyztužovacího plechu za kus
M_4	[kg/m]	Hmotnost 1 kg/m přídatného profilu
m_b	[kg]	Celková hmotnost břemene
M_{c1}	[kg]	Celková hmotnost nosného sloupu
M_{c2}	[kg]	Celková hmotnost pojezdového příčnicku
M_{c3}	[kg]	Celková hmotnost přídatných vyztužovacích plechů

M_{c4}	[kg]	Celková hmotnost přídatných profilů
m_{cel}	[kg]	Celková hmotnost jeřábu
$m_{\check{c}1cel}$	[kg]	Korekce 1 částečné celkové hmotnosti jeřábu
$m_{\check{c}2cel}$	[kg]	Korekce 2 částečné celkové hmotnosti jeřábu
m_{dk}	[kg]	Hmotnost dalších komponentů
m_{dyn}	[kg]	Hmotnost zkušebním břemenem (110% hmotnost břemena)
m_i	[kg]	Rozkmit i-tého napětí
m_{ka}	[kg]	Hmotnost kabelu
m_{kl}	[kg]	Hmotnost kladkostroje
M_{klop}	[N/mm]	Klopný moment
m_{klp}	[kg]	Hmotnost uchopovacích prostředků
m_{kv}	[kg]	Hmotnost kabelové vlečky
$m_{oč}$	[kg]	Hmotnost způsobená od opření člověka
Mo_{jm1}	[N/mm]	Ohybový moment jeřábového mostu k bodu A
Mo_{jm2}	[N/mm]	Ohybový moment jeřábového mostu k bodu B
Mo_{jm3}	[N/mm]	Ohybový moment nezátíženého jeřábového mostu k bodu A, B
m_{ok}	[kg]	Celková hmotnost nosného rámu
Mo_p	[N/mm]	Ohybový moment nosného sloupu
Mo_{p1}	[N/mm]	Ohybový moment nezátíženého nosného sloupu
Mo_{pp}	[N/mm]	Ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C
Mo_{pp1}	[N/mm]	Ohybový moment pojezdového příčnicku k bodu C, D
m_{osj}	[kg]	Celková hmotnost ostatních součástí jeřábu
m_{pk}	[kg]	Hmotnost pojezdového kola
m_{stat}	[kg]	Hmotnost zkušebním břemenem (125% hmotnost břemena)
$m_{šmp}$	[kg]	Celková hmotnost šroubů, matic a podložek
m_u	[-]	Konstanta sklonu křivky uvažovaného komponentu
M_{vyro}	[N/mm]	Vyrovňovací moment
n	[-]	Počet částí konstrukce
n_{pk}	[kg]	Únosnost jednoho pojezdového kola
N_{ref}	[-]	Referenční počet cyklů
$\emptyset_1$	[-]	Dynamický součinitel při působení hmotnosti jeřábu
$\emptyset_2$	[-]	Dynamický součinitel při působení na břemeno zdvihu
$\emptyset_{2,min}$	[-]	Minimální velikost $\emptyset_2$
$\emptyset_3$	[-]	Dynamický součinitel působící při pojezdu po nerovném povrchu
$\emptyset_4$	[-]	Dynamický součinitel pro zatížení způsobená akcelerací pohonu jeřábu
$\emptyset_{5dyn}$	[-]	Dynamický součinitel pro dynamická zkušební břemena
$\emptyset_{5stat}$	[-]	Dynamický součinitel pro statická zkušební břemena
p	[-]	Posuvné podpory

q	[%]	Poměrné zatížení
r	[-]	Rotační vazby
R_{es}	[MPa]	Mez kluzu ve smyku
R_m	[MPa]	Mez pevnosti šroubu
R_{me}	[MPa]	Mez kluzu elektrody
s	[mm]	Šířka stojiny jeřábového mostu
S_{c1}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 1 na podpoře
S_{c2}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 2 na podpoře
S_{c3}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 3 na podpoře
S_{c4}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 4 na podpoře
s_{m1}	[-]	Parametr historie napětí 1
s_{m2}	[-]	Parametr historie napětí 2
S_p	[mm ²]	Plocha namáhaného průřezu nosného sloupu
S_{p1}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 1 na plechu
S_{p2}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 2 na plechu
S_{p3}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 3 na plechu
S_{p4}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 4 na plechu
$sr_{\check{c}}$	[-]	Součet srovnávacích čísel
S_{s1}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 1 na nosném sloupu
S_{s2}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 2 na nosném sloupu
S_{s3}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 3 na nosném sloupu
S_{s4}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu u svaru 4 na nosném sloupu
$S_{\check{s}1}$	[mm ²]	Plocha šroubu u spoje jeřábového mostu a podpory
$S_{\check{s}2}$	[mm ²]	Plocha šroubu u spoje podpory a pojezd. příčnicku
$\check{s}_{s1}$	[mm]	Šířka svaru 1 na plechu
$\check{s}_{s2}$	[mm]	Šířka svaru 2 na plechu
$\check{s}_{s3}$	[mm]	Šířka svaru 3 na plechu
$\check{s}_{s4}$	[mm]	Šířka svaru 4 na plechu
T	[rok]	Návrhová životnost v rocích
t	[mm]	Tloušťka příruby jeřábového mostu
T_1	[mm]	Tloušťka stěny profilu nosného sloupu
T_2	[mm]	Tloušťka stěny profilu pojezdového příčnicku
T_3	[mm]	Tloušťka přidavných vyztužovacích plechů
T_4	[mm]	Tloušťka stěny přidavného profilu
t_f	[mm]	Tloušťka příruby
Tr	[-]	Počet pracovních cyklů za rok
v	[-]	Vetknuté podpory
v_h	[m·s ⁻¹]	Rychlost zdvihu

v_p	[m·min ⁻¹]	Pracovní rychlost pojezdu jeřábu
v_u	[-]	Relativní celkový počet výskytů rozkmitů napětí
v_z	[m·min ⁻¹]	Pracovní rychlost zdvihu kladkostroje
W_{ojm}	[mm ³]	Průřezový modul v ohybu jeřábového mostu
W_{op}	[mm ³]	Průřezový modul nosného sloupu v ohybu
W_{opp}	[mm ³]	Průřezový modul pojezdového příčnicku v ohybu
y_{jm}	[mm]	Velikost průhybu jeřábového mostu
y_{maxjm}	[mm]	Maximální velikost průhybu jeřábového mostu
y_{maxp}	[mm]	Maximální velikost průhybu nosného sloupu
y_p	[mm]	Velikost průhybu nosného sloupu
y_{p1}	[mm]	Poloha těžiště svaru 1 v ose y na plechu
y_{p2}	[mm]	Poloha těžiště svaru 2 v ose y na plechu
y_{p3}	[mm]	Poloha těžiště svaru 3 v ose y na plechu
y_{p4}	[mm]	Poloha těžiště svaru 4 v ose y na plechu
y_{s1}	[mm]	Poloha těžiště svaru 1 v ose y na podpoře
y_{s2}	[mm]	Poloha těžiště svaru 2 v ose y na podpoře
y_{s3}	[mm]	Poloha těžiště svaru 3 v ose y na podpoře
y_{s4}	[mm]	Poloha těžiště svaru 4 v ose y na podpoře
z_1	[mm]	Tloušťka svaru na nosném sloupu
α_k	[-]	Součinitel pro výpočet ohybového momentu
β_2	[s/m]	Součinitel závislý na třídě tuhosti
γ_{mf}	[-]	Dílčí součinitel spolehlivosti únavové pevnosti
γ_p	[-]	Dílčí součinitel bezpečnosti
δ	[-]	Výraz používaný při výpočtu σ_1
$\Delta\sigma_{c1}$	[MPa]	Charakteristická únavová pevnost nosných profilů
$\Delta\sigma_{c2}$	[MPa]	Charakteristická únavová pevnost svarového spoje
$\Delta\sigma_{Rd1}$	[MPa]	Návrhový rozkmit napětí únosnosti nosných profilů
$\Delta\sigma_{Rd2}$	[MPa]	Návrhový rozkmit napětí únosnosti svarových spojů
$\Delta\sigma_{sdjm}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí jeřábového mostu
$\Delta\sigma_{sdp}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí podpory
$\Delta\sigma_{sdpp}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí pojezdových příčnicku
$\Delta\sigma_{sds1}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí svaru 1
$\Delta\sigma_{sds2}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí svaru 2
$\Delta\sigma_{sds3}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí svaru 3
$\Delta\sigma_{sds4}$	[MPa]	Největší rozkmit návrhových napětí svaru 4
λ	[-]	Součinitel pro koeficienty lokálního napětí
σ_{Fjm}	[MPa]	Globální napětí jeřábového mostu
σ_{Fx0}	[MPa]	Napětí v přechodu stojina / příruba ve směru x

σ_{Fx1}	[MPa]	Napětí v bodě působení zatížení ve směru x
σ_{Fx2}	[MPa]	Napětí na hraně nosníku ve směru x
σ_{Fy0}	[MPa]	Napětí v přechodu stojina / příruba ve směru y
σ_{Fy1}	[MPa]	Napětí v bodě působení zatížení ve směru y
σ_{Fy2}	[MPa]	Napětí na hraně nosníku ve směru y
σ_{jm}	[MPa]	Celkové napětí jeřábového mostu
σ_{krp}	[MPa]	Kritické maximální napětí z hlediska vzpěru podpory
σ_{njm}	[MPa]	Celkové napětí nezatíženého jeřábového mostu
σ_{np}	[MPa]	Celkové napětí nezatíženého nosného sloupu
σ_{npp}	[MPa]	Celkové napětí nezatíženého pojezdového příčnicku
σ_p	[MPa]	Celkové napětí nosného sloupu
σ_{pp}	[MPa]	Celkové napětí pojezdového příčnicku
σ_{ujm}	[MPa]	Globální napětí nezatíženého jeřábového mostu
σ_{ux1}	[MPa]	Napětí v bodě působení nezatíženého jeřábu ve směru x
τ'_{1}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na svar 1
τ'_{2}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na svar 2
τ'_{3}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na svar 3
τ'_{4}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na svar 4
τ'_{u1}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 1
τ'_{u2}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 2
τ'_{u3}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 3
τ'_{u4}	[MPa]	Napětí od ohybového momentu působící na nezatížený svar 4
τ_1	[MPa]	Napětí od posouvající síly svaru 1
τ_2	[MPa]	Napětí od posouvající síly svaru 2
τ_3	[MPa]	Napětí od posouvající síly svaru 3
τ_4	[MPa]	Napětí od posouvající síly svaru 4
τ_{u1}	[MPa]	Napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 1
τ_{u2}	[MPa]	Napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 2
τ_{u3}	[MPa]	Napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 3
τ_{u4}	[MPa]	Napětí od posouvající síly nezatíženého svaru 4
τ_1	[MPa]	Výsledné napětí působící na svar 1
τ_2	[MPa]	Výsledné napětí působící na svar 2
τ_3	[MPa]	Výsledné napětí působící na svar 3
τ_4	[MPa]	Výsledné napětí působící na svar 4
τ_{u1}	[MPa]	Výsledné napětí působící na nezatížený svar 1
τ_{u2}	[MPa]	Výsledné napětí působící na nezatížený svar 2
τ_{u3}	[MPa]	Výsledné napětí působící na nezatížený svar 3
τ_{u4}	[MPa]	Výsledné napětí působící na nezatížený svar 4

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – Tabulka modulové řady dílenských portálových jeřábů

Příloha II – Tabulka používaných kladkostrojů na portálových jeřábech v modulové řadě

Příloha III – Tabulka parametrů kabelové vlečky používané na jeřábech v modulové řadě

Příloha IV – Tabulka parametrů pojezdových kladek používaných na jeřábech v modulové řadě

Příloha V – Tabulky výsledků výpočtů pro všechny jeřáby v modulové řadě

Příloha VI – Tabulky s rozměry jednotlivých profilů pro všechny jeřáby v modulové řadě

Příloha VII – Tabulka zatížení, kombinace zatížení a dílčí součinitele bezpečnosti

Příloha VIII – Tabulky s navrženými cenami pro všechny jeřáby v modulové řadě

Příloha IX - 2-KPC-500 PC-1-00 (portálový jeřáb)

Příloha X - 4-KPC-500 PC-1-00 (kusovník)

Příloha XI - 3-KPC-500 PC-1-01 (jeřábový most)

Příloha XII - 3-KPC-500 PC-1-02 (pravý nosný sloup)

Příloha XIII – 3-KPC-500 PC-1-03 (levý nosný sloup)

Příloha XIV - 4-KPC-500 PC-1-04 (pojezdový příčník)

Příloha XV - 2-KPC-3200 PC-3-00 (portálový jeřáb)

Příloha XVI - 4-KPC-3200 PC-3-00 (kusovník)

PŘÍLOHA I

Zde je uvedena tabulka, ve které je koncepční návrh modulové řady dílenských mobilních portálových jeřábů pro následující parametry: nosnost v rozsahu od 500 kg do 3200 kg, rozpětí v rozsahu od 3000 mm do 4000 mm a výška jeřábu v rozsahu od 2000 mm do 4000 mm.

Tab. PI.1 Návrhová modulová řada dílenských portálových jeřábů

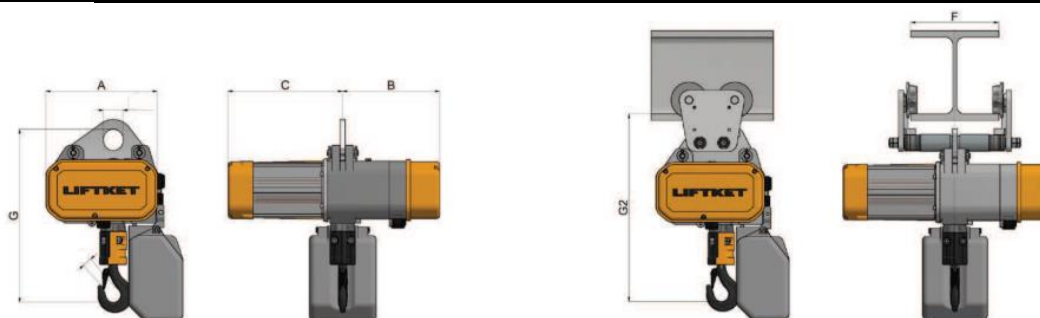
Modulová řada dílenských mobilních portálových jeřábů				
	Označení	Nosnost [kg]	Rozpětí [mm]	Výška Jeřábu [mm]
1	KPC - 500 PC - 1	500	3000	2000
2	KPC - 500 PC - 2	500	3500	3000
3	KPC - 500 PC - 3	500	4000	4000
4	KPC - 800 PC - 1	800	3000	2000
5	KPC - 800 PC - 2	800	3500	3000
6	KPC - 800 PC - 3	800	4000	4000
7	KPC - 1000 PC - 1	1000	3000	2000
8	KPC - 1000 PC - 2	1000	3500	3000
9	KPC - 1000 PC - 3	1000	4000	4000
10	KPC - 1600 PC - 1	1600	3000	2000
11	KPC - 1600 PC - 2	1600	3500	3000
12	KPC - 1600 PC - 3	1600	4000	4000
13	KPC - 2000 PC - 1	2000	3000	2000
14	KPC - 2000 PC - 2	2000	3500	3000
15	KPC - 2000 PC - 3	2000	4000	4000
16	KPC - 2500 PC - 1	2500	3000	2000
17	KPC - 2500 PC - 2	2500	3500	3000
18	KPC - 2500 PC - 3	2500	4000	4000
19	KPC - 2800 PC - 1	2800	3000	2000
20	KPC - 2800 PC - 2	2800	3500	3000
21	KPC - 2800 PC - 3	2800	4000	4000
22	KPC - 3200 PC - 1	3200	3000	2000
23	KPC - 3200 PC - 2	3200	3500	3000
24	KPC - 3200 PC - 3	3200	4000	4000

PŘÍLOHA II

Zde je uvedena tabulka, ve které jsou k jednotlivým navrženým typům dílenských mobilních portálových jeřábů přiřazeny kladkostroje, které byly vybrány od společnosti LIFTKET Hoffmann GmbH.

Tab. PII.1 Tabulka používaných kladkostrojů na portálových jeřábech v modulové řadě [29]

Modulová řada portálových jeřábů s používanými typy kladkostrojů LIFTKET													
	Označení portálového jeřábu	Nosnost portál. jeřábu [kg]	Přiřazený kladkostroj LIFTKET STAR	Nosnost jeřábové kočky [kg]	Rychlost zdvihu [m/min]	Délka řetězu [m]	Výkon motoru [W]	Hmotnost [kg]	Rozměry [mm]				
									A	B	C	G	G2
1	KPC-500 PC-1	500	LIFTKET STAR 500 - 030/54	500	4	10	37	18	212	192	220	380	406
2	KPC-500 PC-2												
3	KPC-500 PC-3												
4	KPC-800 PC-1	800	LIFTKET STAR 800 - 070/54	800	8	10	110	36	266	232	274	413	460
5	KPC-800 PC-2												
6	KPC-800 PC-3												
7	KPC-1000 PC-1	1000	LIFTKET STAR 1000 - 070/61	1000	4	10	75	36	266	232	274	413	561
8	KPC-1000 PC-2												
9	KPC-1000 PC-3												
10	KPC-1600 PC-1	1600	LIFTKET STAR 1600 - 070/54	1600	4	10	110	41	266	232	274	514	561
11	KPC-1600 PC-2												
12	KPC-1600 PC-3												
13	KPC-2000 PC-1	2000	LIFTKET STAR 2000 - 070/55	2000	3	10	110	41	266	232	274	514	561
14	KPC-2000 PC-2												
15	KPC-2000 PC-3												
16	KPC-2500 PC-1	2500	LIFTKET STAR 2500 - 090/55	2500	4	10	220	78	359	283	359	620	655
17	KPC-2500 PC-2												
18	KPC-2500 PC-3												
19	KPC-2800 PC-1	2800	LIFTKET STAR 2800 - 090/55	2800	4	10	220	78	359	283	359	620	655
20	KPC-2800 PC-2												
21	KPC-2800 PC-3												
22	KPC-3200 PC-1	3200	LIFTKET STAR 3200 - 090/55	3200	4	10	220	78	360	284	360	621	656
23	KPC-3200 PC-2												
24	KPC-3200 PC-3												



Obr. PII.1 Zakótované rozměry parametrů uvedených v Tab. PII. 1 [29]

PŘÍLOHA III

Zde je uvedena tabulka, ve které jsou k jednotlivým navrženým typům dílenských mobilních portálových jeřábů přiřazeny délky kolejnic, počty kladek a svorek kabelové vlečky, které byly vybrány od společnosti NIKO Vertriebs GmbH.

Tab. PIII.1 Tabulka parametrů kabelové vlečky pro jednotlivé portálové jeřáby [20]

Modulová řada portálových jeřábů s uvedenými parametry kabelové vlečky						
	Označení portálového jeřábu	Nosnost portálového jeřábu [kg]	Délka kolejnice [mm]	Rozměr kolejnice (h x b x s) [mm]	Počet nylonových kabelových kladek L01	Počet koncových kladek
1	KPC-500 PC-1	500	3222	35 x 40 x 2,75	8	2
2	KPC-500 PC-2	500	3722	35 x 40 x 2,75	10	2
3	KPC-500 PC-3	500	4222	35 x 40 x 2,75	12	2
4	KPC-800 PC-1	800	3222	35 x 40 x 2,75	8	2
5	KPC-800 PC-2	800	3722	35 x 40 x 2,75	10	2
6	KPC-800 PC-3	800	4222	35 x 40 x 2,75	12	2
7	KPC-1000 PC-1	1000	3222	43,5 x 48,5 x 3,2	8	2
8	KPC-1000 PC-2	1000	3722	43,5 x 48,5 x 3,2	10	2
9	KPC-1000 PC-3	1000	4222	43,5 x 48,5 x 3,2	12	2
10	KPC-1600 PC-1	1600	3222	43,5 x 48,5 x 3,2	8	2
11	KPC-1600 PC-2	1600	3722	43,5 x 48,5 x 3,2	10	2
12	KPC-1600 PC-3	1600	4222	43,5 x 48,5 x 3,2	12	2
13	KPC-2000 PC-1	2000	3222	43,5 x 48,5 x 3,2	8	2
14	KPC-2000 PC-2	2000	3722	43,5 x 48,5 x 3,2	10	2
15	KPC-2000 PC-3	2000	4222	43,5 x 48,5 x 3,2	12	2
16	KPC-2500 PC-1	2500	3222	60 x 65 x 3,6	8	2
17	KPC-2500 PC-2	2500	3722	60 x 65 x 3,6	10	2
18	KPC-2500 PC-3	2500	4222	60 x 65 x 3,6	12	2
19	KPC-2800 PC-1	2800	3222	60 x 65 x 3,6	8	2
20	KPC-2800 PC-2	2800	3722	60 x 65 x 3,6	10	2
21	KPC-2800 PC-3	2800	4222	60 x 65 x 3,6	12	2
22	KPC-3200 PC-1	3200	3222	60 x 65 x 3,6	8	2
23	KPC-3200 PC-2	3200	3722	60 x 65 x 3,6	10	2
24	KPC-3200 PC-3	3200	4222	60 x 65 x 3,6	12	2

PŘÍLOHA IV

Zde je uvedena tabulka, ve které jsou k jednotlivým navrženým typům dílenských mobilních portálových jeřábů přiřazeny pojezdové kladky, které byly vybrány od společnosti NAVRÁTIL, spol. s.r.o.

Tab. PIV.1 Tabulka parametrů pojezdových kladek pro jednotlivé portálové jeřáby [37]

Modulová řada portálových jeřábů s uvedenými parametry pojezdových kladek								
	Označení portálového jeřábu	Nosnost portálového jeřábu [kg]	Označení pojezdové kladky	Zatížení 1 kola [kg]	Stavební výška [mm]	Velikost upevňovací desky [mm]	Rozteč otvorů na desce [mm]	Průměr otvorů na desce [mm]
1	KPC-500 PC-1	500	S120.C10.100	590	150	80 x 80	60 x 45	8
2	KPC-500 PC-2							
3	KPC-500 PC-3	500	S120.C10.125	1100	170	85 x 80	70 x 60	10
4	KPC-800 PC-1	800						
5	KPC-800 PC-2							
6	KPC-800 PC-3							
7	KPC-1000 PC-1	1000						
8	KPC-1000 PC-2							
9	KPC-1000 PC-3	1000	S120.C10.150	1600	212	100 x 80	80 x 60	12
10	KPC-1600 PC-1	1600	S120.C10.200	2000	264	105 x 80	80 x 60	14
11	KPC-1600 PC-2							
12	KPC-1600 PC-3							
13	KPC-2000 PC-1	2000	S120.C10.157	2500	212	150 x 110	115 x 90	14
14	KPC-2000 PC-2							
15	KPC-2000 PC-3							
16	KPC-2500 PC-1	2500	S120.C10.252	3200	314	180 x 130	150x100	16
17	KPC-2500 PC-2							
18	KPC-2500 PC-3							
19	KPC-2800 PC-1	2800						
20	KPC-2800 PC-2							
21	KPC-2800 PC-3							
22	KPC-3200 PC-1	3200						
23	KPC-3200 PC-2							
24	KPC-3200 PC-3							

PŘÍLOHA V

V kapitole 7 se nachází podrobný popis a odůvodnění postupu při pevnostních výpočtech aplikovaný na jeden portálový jeřáb. Zde jsou k ostatním portálovým jeřábům navržených v modulové řadě uvedeny výsledky výpočtů z kapitoly 7.

Tab. PV.1 Výsledky pevnostních výpočtů jeřábů 1 – 8 (značeno podle navržené modulové řady)

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
1	C	[-]	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000
2	Tr	[-]	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
3	q	[%]	60	60	60	60	60	60	60	60
4	v_z	[m/min]	4	4	4	8	8	8	4	4
5	v_p	[m/min]	50	50	50	50	50	50	50	50
6	sr_z	[-]	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Tr	[rok]	20	20	20	20	20	20	20	20
8	ϕ_1	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
9	ϕ_2	[-]	1,061	1,061	1,061	1,073	1,073	1,073	1,061	1,061
10	ϕ_3	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
11	ϕ_4	[-]	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12	$\phi_{s\text{dyn}}$	[-]	1,031	1,031	1,031	1,036	1,036	1,036	1,031	1,031
13	$\phi_{s\text{stat}}$	[-]	1	1	1	1	1	1	1	1
14	m_{ok}	[kg]	206,90841	248,75181	321,65459	206,47005	332,87767	464,549434	275,25827	332,87767
15	m_{osj}	[kg]	39,1	40,9	48,7	63,1	65,2	67	63,4	65,2
16	m_{cel}	[kg]	246,00841	289,65181	370,35459	269,57005	398,07767	531,549434	338,65827	398,07767
17	i_1	[N]	2413,34	2841,48	3633,18	2644,48	3905,14	5214,50	3322,24	3905,14
18	i_2	[N]	4905	4905	4905	7848	7848	7848	9810	9810
19	i_3	[N]	7318,34	7746,48	8538,18	10492,48	11753,14	13062,50	13132,24	13715,14
20	i_4	[N]	329,616	330,924	332,232	1051,632	1054,248	1056,864	656,616	657,924
21	$i_{s\text{dyn}}$	[N]	5395,5	5395,5	5395,5	8632,8	8632,8	8632,8	10791	10791
22	$i_{s\text{stat}}$	[N]	6131,25	6131,25	6131,25	9810	9810	9810	12262,5	12262,5
23	A_1	[N]	10685,677	11236,580	12253,195	16640,949	18260,762	19942,957	19439,249	20188,403
24	A_2	[N]	10611,186	11162,090	12178,704	16402,579	18022,392	19704,587	19290,268	20039,422
25	B_{11}	[N]	9853,560	10377,271	11343,789	15287,478	16827,430	18426,696	17870,235	18582,447
26	B_{22}	[N]	9785,740	10309,451	11275,969	15070,455	16610,406	18209,673	17734,596	18446,807
27	C_{3d}	[N]	9412,077	9908,595	10825,017	14514,994	15975,085	17491,422	17082,490	17757,758
28	C_{3s}	[N]	10039,394	10535,912	11452,333	15464,890	16924,981	18441,318	18337,123	19012,392
29	λ	[-]	0,705	0,705	0,705	0,705	0,658	0,658	0,658	0,658
30	c_{x0}	[-]	0,881	0,881	0,881	0,881	0,744	0,744	0,744	0,744
31	σ_{Fx0}	[MPa]	51,369	54,078	59,080	79,219	52,758	57,765	56,415	58,645
32	c_{y0}	[-]	0,042	0,042	0,042	0,042	-0,251	-0,251	-0,251	-0,251
33	σ_{Fy0}	[MPa]	2,425	2,553	2,789	3,739	-17,825	-19,517	-19,061	-19,814
34	c_{x1}	[-]	1,180	1,180	1,180	1,180	1,250	1,250	1,250	1,250
35	σ_{Fx1}	[MPa]	68,828	72,459	79,160	106,144	88,601	97,011	94,743	98,488
36	c_{y1}	[-]	1,022	1,022	1,022	1,022	1,114	1,114	1,114	1,114
37	σ_{Fy1}	[MPa]	59,604	62,748	68,551	91,919	78,969	86,465	84,443	87,781
38	c_{x2}	[-]	-0,341	-0,341	-0,341	-0,341	-0,253	-0,253	-0,253	-0,253
39	σ_{Fx2}	[MPa]	-19,909	-20,960	-22,898	-30,704	-17,957	-19,662	-19,202	-19,961
40	c_{y2}	[-]	0	0	0	0	0	0	0	0
41	σ_{Fy2}	[MPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
42	i_s	[-]	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
43	$m_{\Sigma\text{cel}}$	[kg]	161,246	176,396	191,546	179,246	256,706	288,284	233,606	256,706

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
44	A _{1c}	[N]	9620,501	9813,339	10006,177	15505,882	16484,199	16885,935	18119,098	18411,841
45	F _{bz}	[N]	4981,725	5185,652	5490,251	7922,266	8586,745	9130,881	9267,159	9550,566
46	F _{az}	[N]	4981,725	5185,652	5490,251	7922,266	8586,745	9130,881	9267,159	9550,566
47	MO _{jm1}	[N/mm]	6663487,63	7576050,458	8471341,022	11666061,75	12893919,24	14529198,84	12985736,88	14773369,66
48	MO _{jm2}	[N/mm]	6663487,63	7576050,458	8471341,022	11666061,75	12893919,24	14529198,84	12985736,88	14773369,66
49	σ _{fjm}	[MPa]	126,113	143,384	160,329	220,792	116,156	130,888	116,984	133,088
50	σ _{jm}	[MPa]	194,941	215,843	239,489	326,936	204,758	227,899	211,727	231,576
51	k _{jm}	[-]	1,821	1,645	1,482	1,086	1,734	1,558	1,677	1,533
52	m _{c2cel}	[kg]	199,233	236,301	293,893	216,795	329,998	432,165	278,960	329,998
53	A _{1c2}	[N]	10097,869	10566,142	11292,337	15977,742	17405,230	18694,030	18689,043	19332,872
54	α _k	[-]	1,053	1,493	0,894	1,040	1,998	1,186	1,381	1,998
55	MO _p	[N/mm]	2521602,757	2581173,797	3891834,287	4010644,184	3638248,118	5742605,962	4135822,971	4041186,644
56	σ _p	[MPa]	71,408	73,095	67,901	113,576	63,476	57,981	72,157	70,506
57	k _p	[-]	4,971	4,857	5,228	3,126	5,593	6,123	4,920	5,035
58	i _p	[mm]	30,687	30,687	38,837	30,687	38,837	46,605	38,837	38,837
59	λ _p	[-]	51,977	84,565	91,536	51,325	64,757	74,907	39,009	64,757
60	σ _{kfp}	[MPa]	322,774	302,570	298,248	323,178	314,850	308,558	330,814	314,850
61	k _{psv}	[-]	4,520	4,139	4,392	2,845	4,960	5,322	4,585	4,466
62	F _{dz}	[N]	5342,838	5618,290	6126,597	8320,475	9130,381	9971,479	9719,625	10094,202
63	F _{cz}	[N]	5342,838	5618,290	6126,597	8320,475	9130,381	9971,479	9719,625	10094,202
64	MO _{pp}	[N/mm]	3072132,126	4073260,379	5360772,605	4784272,906	6619526,224	8725043,782	5588784,150	7318296,252
65	σ _{pp}	[MPa]	86,998	115,349	93,529	135,484	115,490	88,093	97,507	127,682
66	k _{pp}	[-]	4,081	3,078	3,796	2,620	3,074	4,030	3,641	2,780
67	F _{s1}	[N]	830,288	864,275	915,042	1320,378	1431,124	1521,814	1544,526	1591,761
68	F _{s1}	[N]	9270,086	9489,085	14307,423	14744,200	13375,173	21111,355	15204,391	14856,482
69	F _{vš1}	[N]	10100,373	10353,360	15222,465	16064,578	14806,297	22633,168	16748,917	16448,243
70	F _{st1}	[N]	45238,934	45238,934	45238,934	45238,934	65144,065	65144,065	65144,065	65144,065
71	k _{s1}	[-]	4,479	4,369	2,972	2,816	4,400	2,878	3,889	3,961
72	F _{s2}	[N]	2671,419	2809,145	3063,299	4160,237	4565,190	4985,739	4859,812	5047,101
73	F _{s2}	[N]	9001,151	11934,393	15706,722	14017,615	19394,790	25563,823	16374,782	21442,142
74	F _{vš2}	[N]	11672,571	14743,539	18770,021	18177,852	23959,981	30549,562	21234,594	26489,243
75	F _{st2}	[N]	30159,289	30159,289	30159,289	30159,289	43429,377	43429,377	43429,377	43429,377
76	k _{s2}	[-]	2,584	2,046	1,607	1,659	1,813	1,422	2,045	1,640
77	S _{p1}	[mm ²]	229,775	229,775	194,425	229,775	194,425	237,552	194,425	194,425
78	S _{s1}	[mm ²]	848,400	848,400	848,400	848,400	848,400	1018,080	848,400	848,400
79	S _{ci}	[mm ²]	1078,175	1078,175	1042,825	1078,175	1042,825	1255,632	1042,825	1042,825
80	Y _{p1}	[mm]	13,846	13,846	11,364	13,846	11,364	11,161	11,364	11,364
81	Y _{s1}	[mm]	58,78	58,78	58,78	58,78	58,78	58,54	58,78	58,78
82	J _{pu1}	[mm ³]	5538,462	5538,462	3314,394	5538,462	3314,394	3441,220	3314,394	3314,394
83	J _{su1}	[mm ³]	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	309073,171	305632,653	305632,653
84	J _{cu1}	[mm ³]	311171,115	311171,115	308947,047	311171,115	308947,047	312514,391	308947,047	308947,047
85	R _{es}	[MPa]	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500
86	J _{cs1}	[mm ⁴]	1099989,890	1099989,890	1092127,811	1099989,890	1092127,811	1325686,046	1092127,811	1092127,811
87	τ ₁	[MPa]	4,621	4,810	5,265	7,348	8,234	7,272	8,887	9,158
88	τ ₁	[MPa]	67,368	68,960	104,724	107,150	97,901	126,784	111,290	108,743
89	τ ₁	[MPa]	67,526	69,127	104,857	107,402	98,246	126,993	111,644	109,128
90	k _{s1}	[-]	4,272	4,173	2,751	2,686	2,936	2,272	2,584	2,644
91	S _{p2}	[mm ²]	152,005	152,005	81,305	152,005	194,425	152,712	194,425	194,425
92	S _{s2}	[mm ²]	848,400	848,400	848,400	848,400	848,400	1018,080	848,400	848,400
93	S _{c2}	[mm ²]	1000,405	1000,405	929,705	1000,405	1042,825	1170,792	1042,825	1042,825
94	Y _{p2}	[mm]	8,395	8,395	3,522	8,395	11,364	6,250	11,364	11,364
95	Y _{s2}	[mm]	58,78	58,78	58,78	58,78	58,78	58,54	58,78	58,78
96	J _{pu2}	[mm ³]	1541,946	1541,946	200,739	1541,946	3314,394	843,750	3314,394	3314,394
97	J _{su2}	[mm ³]	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	309073,171	305632,653	305632,653
98	J _{cu2}	[mm ³]	307174,599	307174,599	305833,392	307174,599	308947,047	309916,921	308947,047	308947,047
99	J _{cs2}	[mm ⁴]	1085862,207	1085862,207	1081121,041	1085862,207	1092127,811	1314667,578	1092127,811	1092127,811

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
100	τ'_2	[MPa]	4,980	5,184	5,905	7,919	8,234	7,799	8,887	9,158
101	τ''_2	[MPa]	68,245	69,857	105,790	108,544	97,901	127,847	111,290	108,743
102	τ_2	[MPa]	68,426	70,049	105,955	108,832	98,246	128,085	111,644	109,128
103	k_{s2}	[-]	4,216	4,119	2,723	2,651	2,936	2,252	2,584	2,644
104	S_{p3}	[mm ²]	512,575	512,575	406,525	512,575	512,575	492,072	512,575	512,575
105	S_{s3}	[mm ²]	848,400	848,400	848,400	848,400	848,400	1018,080	848,400	848,400
106	S_{c3}	[mm ²]	1360,975	1360,975	1254,925	1360,975	1360,975	1510,152	1360,975	1360,975
107	Y_{p3}	[mm]	33,793	33,793	26,304	33,793	33,793	26,078	33,793	33,793
108	Y_{s3}	[mm]	58,78	58,78	58,78	58,78	58,78	58,54	58,78	58,78
109	J_{pu3}	[mm ³]	63080,460	63080,460	31346,014	63080,460	63080,460	32031,968	63080,460	63080,460
110	J_{su3}	[mm ³]	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	305632,653	309073,171	305632,653	305632,653
111	J_{cu3}	[mm ³]	368713,113	368713,113	336978,668	368713,113	368713,113	341105,139	368713,113	368713,113
112	J_{cs3}	[mm ⁴]	1303400,854	1303400,854	1191219,59	1303400,854	1303400,854	1446968	1303400,854	1303400,854
113	τ'_3	[MPa]	3,660	3,810	4,375	5,821	6,309	6,046	6,809	7,017
114	τ''_3	[MPa]	56,855	58,198	96,013	90,428	82,032	116,158	93,250	91,117
115	τ_3	[MPa]	56,972	58,322	96,112	90,615	82,274	116,315	93,499	91,386
116	k_{s3}	[-]	5,064	4,947	3,002	3,184	3,507	2,480	3,086	3,157
117	S_{p4}	[mm ²]	724,675	724,675	724,675	724,675	724,675	873,852	724,675	724,675
118	S_{s4}	[mm ²]	1414,000	1414,000	1414,000	1414,000	1414,000	1696,800	1414,000	1414,000
119	S_{c4}	[mm ²]	2138,675	2138,675	2138,675	2138,675	2138,675	2570,652	2138,675	2138,675
120	Y_{p4}	[mm]	48,780	48,780	48,780	48,780	48,780	48,544	48,780	48,780
121	Y_{s4}	[mm]	98,765	98,765	98,765	98,765	98,765	98,522	98,765	98,765
122	J_{pu4}	[mm ³]	178861,789	178861,789	178861,789	178861,789	178861,789	181229,773	178861,789	178861,789
123	J_{su4}	[mm ³]	1382716,049	1382716,049	1382716,049	1382716,049	1382716,049	1392446,634	1382716,049	1382716,049
124	J_{cu4}	[mm ³]	1561577,838	1561577,838	1561577,838	1561577,838	1561577,838	1573676,407	1561577,838	1561577,838
125	J_{cs4}	[mm ⁴]	5520177,657	5520177,657	5520177,657	5520177,657	5520177,657	6675535,320	5520177,657	5520177,657
126	τ'_4	[MPa]	4,996	5,254	5,729	7,781	8,538	7,758	9,089	9,440
127	τ''_4	[MPa]	45,116	46,182	69,632	71,757	65,094	84,753	73,997	72,304
128	τ_4	[MPa]	45,392	46,480	69,867	72,178	65,652	85,108	74,553	72,917
129	k_{s4}	[-]	6,356	6,207	4,129	3,997	4,394	3,390	3,870	3,957
130	Li_j	[kg]	1089,264	1145,421	1249,051	1696,325	1861,444	2032,921	1981,575	2057,941
131	k_{pk}	[-]	1,083	1,030	1,761	1,297	1,182	1,082	1,110	1,069
132	v_u	[-]	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
133	k_{m1}	[-]	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
134	s_{m1}	[-]	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
135	$\Delta\sigma_{rd1}$	[MPa]	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899
136	F_{ujm}	[N]	1184,633	1387,333	1690,705	1295,582	1957,607	2499,290	1675,427	1957,607
137	Mo_{jm3}	[N/mm]	208430,197	169327,409	112338,907	400699,330	-32899,048	-60302,223	79793,491	-32899,048
138	σ_{ujm}	[MPa]	3,945	3,205	2,126	7,584	-0,296	-0,543	0,719	-0,296
139	σ_{fx1}	[MPa]	8,663	10,145	12,364	9,474	10,857	13,862	9,292	10,857
140	σ_{njm}	[MPa]	12,608	13,350	14,490	17,058	10,561	13,318	10,011	10,561
141	$\Delta\sigma_{sdjm}$	[MPa]	182,333	202,493	224,999	309,878	194,197	214,581	201,715	221,015
142	k_{ujm}	[-]	1,716	1,545	1,391	1,010	1,611	1,458	1,551	1,416
143	Mo_{p1}	[N/mm]	625210,807	725411,789	1272853,858	683857,383	866845,872	1668298,161	775773,296	866845,872
144	σ_{np}	[MPa]	17,705	20,543	22,207	19,366	15,124	16,844	13,535	15,124
145	$\Delta\sigma_{sdp}$	[MPa]	53,703	52,553	45,693	94,210	48,352	41,137	58,623	55,383
146	k_{up}	[-]	5,826	5,954	6,848	3,321	6,471	7,606	5,338	5,650
147	F_{upp}	[N]	1545,746	1819,971	2327,051	1693,791	2501,243	3339,887	2127,893	2501,243
148	Mo_{pp1}	[N/mm]	888803,877	1319478,733	2036169,491	973929,735	1813401,475	2922401,314	1223538,591	1813401,475
149	σ_{npp}	[MPa]	25,170	37,366	35,525	27,580	31,638	29,506	21,347	31,638
150	$\Delta\sigma_{sdpp}$	[MPa]	61,829	77,983	58,004	107,904	83,852	58,587	76,160	96,044
151	k_{upp}	[-]	5,061	4,012	5,394	2,900	3,732	5,341	4,108	3,258

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
152	k_{m2}	[-]	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
153	s_{m2}	[-]	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
154	$\Delta\sigma_{Rd2}$	[MPa]	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842
155	τ'_{u1}	[MPa]	1,099	1,287	1,621	1,202	1,877	1,990	1,607	1,877
156	τ''_{u1}	[MPa]	16,703	19,380	34,251	18,270	23,326	36,832	20,875	23,326
157	τ_{u1}	[MPa]	16,739	19,423	34,289	18,310	23,401	36,886	20,937	23,401
158	$\Delta\sigma_{sds1}$	[MPa]	50,787	49,704	70,567	89,092	74,845	90,107	90,707	85,727
159	k_{us1}	[-]	3,167	3,236	2,279	1,805	2,149	1,785	1,773	1,876
160	τ'_{u2}	[MPa]	1,184	1,387	1,819	1,295	1,877	2,135	1,607	1,877
161	τ''_{u2}	[MPa]	16,921	19,633	34,600	18,508	23,326	37,141	20,875	23,326
162	τ_{u2}	[MPa]	16,962	19,681	34,647	18,553	23,401	37,202	20,937	23,401
163	$\Delta\sigma_{sds2}$	[MPa]	51,464	50,367	71,308	90,279	74,845	90,882	90,707	85,727
164	k_{us2}	[-]	3,125	3,193	2,256	1,782	2,149	1,770	1,773	1,876
165	τ'_{u3}	[MPa]	0,870	1,019	1,347	0,952	1,438	1,655	1,231	1,438
166	τ''_{u3}	[MPa]	14,097	16,356	31,402	15,419	19,545	33,745	17,491	19,545
167	τ_{u3}	[MPa]	14,123	16,388	31,431	15,448	19,598	33,786	17,535	19,598
168	$\Delta\sigma_{sds3}$	[MPa]	42,849	41,935	64,682	75,167	62,676	82,529	75,964	71,789
169	k_{us3}	[-]	3,754	3,836	2,487	2,140	2,566	1,949	2,117	2,240
170	τ'_{u4}	[MPa]	0,723	0,851	1,088	0,792	1,170	1,299	0,995	1,170
171	τ''_{u4}	[MPa]	11,186	12,979	22,774	12,235	15,509	24,622	13,880	15,509
172	τ_{u4}	[MPa]	11,209	13,007	22,800	12,261	15,553	24,656	13,916	15,553
173	$\Delta\sigma_{sds4}$	[MPa]	34,182	33,473	47,067	59,917	50,099	60,452	60,638	57,364
174	k_{us4}	[-]	4,705	4,805	3,417	2,684	3,211	2,661	2,653	2,804
175	y_{jm}	[mm]	1,508	2,321	3,399	2,430	1,392	2,048	1,014	1,555
176	y_{maxjm}	[mm]	6,800	7,800	8,800	6,800	7,800	8,800	6,800	7,800
177	k_{yjm}	[-]	4,510	3,360	2,589	2,798	5,604	4,298	6,708	5,017
178	y_p	[mm]	1,467	6,610	8,952	2,235	4,885	6,768	1,147	5,427
179	y_{maxp}	[mm]	4,557	7,414	10,157	4,500	7,186	9,974	4,329	7,186
180	k_{yp}	[-]	3,107	1,122	1,135	2,014	1,471	1,474	3,775	1,324
181	y_{pp}	[mm]	0,145	0,307	0,290	0,227	0,246	0,227	0,130	0,271
182	y_{maxpp}	[mm]	3,286	4,143	5,000	3,286	4,143	5,000	3,286	4,143
183	k_{ypp}	[-]	22,590	13,513	17,261	14,506	16,870	21,991	25,195	15,260
184	M_{vyro}	[N/mm]	1387671,939	2060076,086	3179031,212	1520577,260	2831227,908	4562687,454	1910286,637	2831227,908
185	M_{klop}	[N/mm]	1311270,000	1965270,000	2619270,000	1311270,000	1965270,000	2619924,000	1311270,000	1965270,000
186	$k_{překl}$	[-]	1,058	1,048	1,214	1,160	1,441	1,742	1,457	1,441

Tab. PV.2 Výsledky pevnostních výpočtů jeřábů 9 – 16 (značeno podle navrhnuté modulové řady)

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
1	C	[-]	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000
2	Tr	[-]	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
3	q	[%]	60	60	60	60	60	60	60	60
4	v _z	[m/min]	4	4	4	4	3	3	3	4
5	v _p	[m/min]	50	50	50	50	50	50	50	50
6	sr _ℓ	[-]	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Tr	[rok]	20	20	20	20	20	20	20	20
8	Ø ₁	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
9	Ø ₂	[-]	1,061	1,061	1,061	1,061	1,059	1,059	1,059	1,061
10	Ø ₃	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
11	Ø ₄	[-]	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12	Ø _{5dyn}	[-]	1,031	1,031	1,031	1,031	1,029	1,029	1,029	1,031
13	Ø _{5stat}	[-]	1	1	1	1	1	1	1	1
14	m _{ok}	[kg]	462,862	384,173	467,049	586,595	386,262	469,138	589,067	455,017
15	m _{osj}	[kg]	73,000	76,800	78,600	80,800	80,400	82,200	84,000	123,400
16	m _{cel}	[kg]	535,862	460,973	545,649	667,395	466,662	551,338	673,067	578,417
17	i ₁	[N]	5256,81	4522,14	5352,81	6547,14	4577,95	5408,62	6602,79	5674,27
18	i ₂	[N]	9810	15696	15696	15696	19620	19620	19620	24525
19	i ₃	[N]	15066,81	20218,14	21048,81	22243,14	24197,95	25028,62	26222,79	30199,27
20	i ₄	[N]	659,232	1049,016	1050,324	1051,632	982,962	983,943	984,924	1637,616
21	i _{5dyn}	[N]	10791	17265,6	17265,6	17265,6	21582	21582	21582	26977,5
22	i _{5stat}	[N]	12262,5	19620	19620	19620	24525	24525	24525	30656,25
23	A ₁	[N]	21922,341	30083,463	31150,002	32682,396	35537,207	36603,133	38134,700	45220,040
24	A ₂	[N]	21773,360	29845,093	30911,632	32444,026	35313,736	36379,661	37911,229	44847,587
25	B ₁₁	[N]	20231,009	27623,290	28637,278	30094,209	32591,526	33604,955	35061,125	41463,937
26	B ₂₂	[N]	20095,370	27406,267	28420,254	29877,186	32388,067	33401,496	34857,666	41124,838
27	C _{3d}	[N]	19320,946	26413,148	27374,583	28756,052	31235,899	32196,831	33577,604	39661,005
28	C _{3s}	[N]	20575,580	28420,561	29381,997	30763,465	33778,798	34739,730	36120,503	42797,589
29	λ	[-]	0,658	0,524	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,609
30	c _{x0}	[-]	0,744	0,464	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669	0,624
31	σ _{Fx0}	[MPa]	63,807	40,836	61,085	64,167	69,701	71,845	74,926	64,267
32	c _{y0}	[-]	-0,251	-0,843	-0,408	-0,408	-0,408	-0,408	-0,408	-0,502
33	σ _{Fy0}	[MPa]	-21,559	-74,209	-37,240	-39,119	-42,493	-43,800	-45,679	-51,669
34	c _{x1}	[-]	1,250	1,450	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294	1,323
35	σ _{Fx1}	[MPa]	107,158	127,663	118,065	124,024	134,719	138,864	144,819	136,178
36	c _{y1}	[-]	1,114	1,280	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,192
37	σ _{Fy1}	[MPa]	95,508	112,735	106,161	111,519	121,136	124,862	130,217	122,724
38	c _{x2}	[-]	-0,253	0,029	-0,196	-0,196	-0,196	-0,196	-0,196	-0,156
39	σ _{Fx2}	[MPa]	-21,718	2,514	-17,845	-18,746	-20,362	-20,988	-21,889	-16,084
40	c _{y2}	[-]	0	0	0	0	0	0	0	0
41	σ _{Fy2}	[MPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
42	i _s	[-]	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
43	m _{ℓ1cel}	[kg]	288,284	317,846	350,296	383,146	318,246	350,696	383,146	429,706
44	A _{1ℓ}	[N]	18811,123	28284,848	28695,088	29110,355	33672,127	34081,754	34491,381	43351,248
45	F _{bz}	[N]	10085,199	14409,825	14811,999	15333,311	17113,712	17515,579	18035,950	21925,291
46	F _{az}	[N]	10085,199	14409,825	14811,999	15333,311	17113,712	17515,579	18035,950	21925,291
47	Mo _{jn1}	[N/mm]	16646905,25	20566300,19	23404421,22	26200293,39	25145487,53	28656420,35	32119421,63	32130971,35
48	Mo _{jn2}	[N/mm]	16646905,25	20566300,19	23404421,22	26200293,39	25145487,53	28656420,35	32119421,63	32130971,35
49	σ _{Fjm}	[MPa]	149,966	102,778	116,962	130,934	125,663	143,208	160,514	98,397
50	σ _{jm}	[MPa]	257,124	230,441	235,027	254,958	260,382	282,072	305,333	234,576
51	k _{jm}	[-]	1,381	1,541	1,510	1,392	1,363	1,259	1,163	1,471
52	m _{ℓ2cel}	[kg]	430,478	376,480	449,104	545,905	378,969	451,593	548,377	484,725
53	A _{1ℓ2}	[N]	20598,014	29021,678	29936,770	31155,682	34435,210	35349,688	36567,773	44042,642
54	α _k	[-]	1,171	1,344	2,035	1,574	1,395	2,080	1,598	2,457

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
55	Mo _p	[N/mm]	6361276,379	6505528,727	6192646,718	8362460,164	7581737,479	7220643,519	9737426,386	7095184,751
56	σ _p	[MPa]	64,227	65,684	62,525	60,700	76,550	72,904	70,680	71,637
57	k _p	[-]	5,527	5,405	5,678	5,848	4,638	4,869	5,023	4,816
58	i _p	[mm]	46,605	46,605	46,605	54,760	46,605	46,605	54,760	46,605
59	λ _p	[-]	74,005	29,117	50,574	60,939	30,233	51,690	61,888	27,186
60	σ _{k_{rp}}	[MPa]	309,117	336,947	323,644	317,218	336,256	322,952	316,629	328,145
61	k _{p_{sv}}	[-]	4,813	5,130	5,176	5,226	4,393	4,430	4,480	4,581
62	F _{dz}	[N]	10961,170	15041,731	15575,001	16341,198	17768,604	18301,567	19067,350	22610,020
63	F _{cz}	[N]	10961,170	15041,731	15575,001	16341,198	17768,604	18301,567	19067,350	22610,020
64	Mo _{pp}	[N/mm]	9591024,093	8648995,560	11291875,677	14298548,242	10216947,139	13268635,726	16683931,456	13000761,418
65	σ _{pp}	[MPa]	96,837	87,325	114,010	103,788	103,156	133,968	121,102	131,264
66	k _{pp}	[-]	3,666	4,065	3,114	3,420	3,441	2,650	2,931	2,628
67	F _{s1}	[N]	1680,866	2401,638	2468,667	2555,552	2852,285	2919,263	3005,992	3654,215
68	F _{s1}	[N]	23385,753	23916,063	22765,825	30742,639	27872,494	26545,016	35797,383	26083,796
69	F _{v_{s1}}	[N]	25066,619	26317,700	25234,491	33298,191	30724,779	29464,279	38803,374	29738,011
70	F _{s1}	[N]	65144,065	88668,311	88668,311	115811,672	115811,672	115811,672	115811,672	115811,672
71	k _{s1}	[-]	2,599	3,369	3,514	3,478	3,769	3,931	2,985	3,894
72	F _{s2}	[N]	5480,585	7520,866	7787,500	8170,599	8884,302	9150,783	9533,675	11305,010
73	F _{s2}	[N]	28101,090	25341,006	33084,477	41893,836	29935,004	38876,258	48882,856	38091,403
74	F _{v_{s2}}	[N]	33581,675	32861,872	40871,977	50064,435	38819,306	48027,041	58416,532	49396,413
75	F _{s2}	[N]	43429,377	59112,207	59112,207	77207,781	77207,781	77207,781	77207,781	77207,781
76	k _{s2}	[-]	1,293	1,799	1,446	1,542	1,989	1,608	1,322	1,563
77	S _{p1}	[mm ²]	237,552	195,132	195,132	152,712	195,132	195,132	237,552	237,552
78	S _{s1}	[mm ²]	1018,080	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760
79	S _{c1}	[mm ²]	1255,632	1382,892	1382,892	1340,472	1382,892	1382,892	1425,312	1425,312
80	y _{p1}	[mm]	11,161	8,696	8,696	6,250	8,696	8,696	11,161	11,161
81	y _{s1}	[mm]	58,54	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53
82	J _{pu1}	[mm ³]	3441,220	1855,072	1855,072	843,750	1855,072	1855,072	3441,220	3441,220
83	J _{su1}	[mm ³]	309073,171	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550
84	J _{cu1}	[mm ³]	312514,391	487971,623	487971,623	486960,300	487971,623	487971,623	489557,770	489557,770
85	R _{es}	[MPa]	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500
86	J _{cs1}	[mm ⁴]	1325686,046	2069975,623	2069975,623	2065685,593	2069975,623	2069975,623	2076704,062	2076704,062
87	t' ₁	[MPa]	8,032	10,420	10,711	11,439	12,375	12,666	12,654	15,383
88	t'' ₁	[MPa]	140,443	107,691	102,511	138,717	125,506	119,528	160,668	117,071
89	τ ₁	[MPa]	140,673	108,193	103,069	139,188	126,114	120,197	161,166	118,077
90	k _{s1}	[-]	2,051	2,667	2,799	2,073	2,288	2,400	1,790	2,443
91	S _{p2}	[mm ²]	152,712	356,328	356,328	279,972	356,328	356,328	322,392	492,072
92	S _{s2}	[mm ²]	1018,080	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760
93	S _{c2}	[mm ²]	1170,792	1544,088	1544,088	1467,732	1544,088	1544,088	1510,152	1679,832
94	y _{p2}	[mm]	6,250	18,107	18,107	13,636	18,107	18,107	16,118	26,078
95	y _{s2}	[mm]	58,54	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53
96	J _{pu2}	[mm ³]	843,750	12005,036	12005,036	5727,273	12005,036	12005,036	8838,268	32031,968
97	J _{su2}	[mm ³]	309073,171	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550
98	J _{cu2}	[mm ³]	309916,921	498121,586	498121,586	491843,823	498121,586	498121,586	494954,818	518148,519
99	J _{cs2}	[mm ⁴]	1314667,578	2113031,767	2113031,767	2086401,497	2113031,767	2113031,767	2099598,337	2197986,016
100	t' ₂	[MPa]	8,614	9,332	9,593	10,447	11,083	11,344	11,943	13,052
101	t'' ₂	[MPa]	141,620	105,496	100,422	137,340	122,948	117,093	158,916	110,611
102	τ ₂	[MPa]	141,882	105,908	100,879	137,736	123,447	117,641	159,364	111,379
103	k _{s2}	[-]	2,033	2,724	2,860	2,095	2,337	2,452	1,810	2,590
104	S _{p3}	[mm ²]	492,072	492,072	492,072	407,232	492,072	492,072	322,392	466,620
105	S _{s3}	[mm ²]	1018,080	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760
106	S _{c3}	[mm ²]	1510,152	1679,832	1679,832	1594,992	1679,832	1679,832	1510,152	1654,380
107	y _{p3}	[mm]	26,078	26,078	26,078	21,094	26,078	26,078	16,118	24,582
108	y _{s3}	[mm]	58,54	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53
109	J _{pu3}	[mm ³]	32031,968	32031,968	32031,968	18035,156	32031,968	32031,968	8838,268	27269,430
110	J _{su3}	[mm ³]	309073,171	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
111	J_{cu3}	[mm ³]	341105,139	518148,519	518148,519	504151,706	518148,519	518148,519	494954,818	513385,980
112	J_{cs3}	[mm ⁴]	1446968	2197986,016	2197986,016	2138611,538	2197986,016	2197986,016	2099598,337	2177783,329
113	τ'_{33}	[MPa]	6,678	8,578	8,818	9,613	10,188	10,427	11,943	13,253
114	τ''_{33}	[MPa]	128,672	101,419	96,541	133,987	118,196	112,567	158,916	111,637
115	τ_3	[MPa]	128,845	101,781	96,943	134,331	118,635	113,049	159,364	112,421
116	k_{s3}	[-]	2,239	2,835	2,976	2,148	2,432	2,552	1,810	2,566
117	S_{p4}	[mm ²]	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852
118	S_{s4}	[mm ²]	1696,800	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480
119	S_{c4}	[mm ²]	2570,652	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332
120	γ_{p4}	[mm]	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544
121	γ_{s4}	[mm]	98,522	108,520	108,520	108,520	108,520	108,520	108,520	108,520
122	J_{pu4}	[mm ³]	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773
123	J_{su4}	[mm ³]	1392446,634	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985
124	J_{cu4}	[mm ³]	1573676,407	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759
125	J_{cs4}	[mm ⁴]	6675535,320	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816
126	τ'_{44}	[MPa]	8,528	10,978	11,367	11,926	12,968	13,357	13,916	16,502
127	τ''_{44}	[MPa]	93,884	82,084	78,136	105,514	95,663	91,107	122,862	89,524
128	τ_4	[MPa]	94,271	82,815	78,959	106,186	96,538	92,081	123,648	91,032
129	k_{s4}	[-]	3,060	3,484	3,654	2,717	2,988	3,133	2,333	3,169
130	L_j	[kg]	2234,693	3066,612	3175,331	3331,539	3622,549	3731,206	3887,329	4609,586
131	k_{pk}	[-]	1,432	1,304	1,260	1,201	1,380	1,340	1,286	1,388
132	v_u	[-]	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
133	k_{m1}	[-]	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
134	s_{m1}	[-]	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
135	$\Delta\sigma_{Rd1}$	[MPa]	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899
136	F_{ujm}	[N]	2491,014	2264,527	2665,474	3185,560	2277,288	2678,234	3197,685	2949,643
137	M_{Ojm3}	[N/mm]	-60302,223	-80706,354	-281302,278	-524760,520	-76433,706	-276401,300	-524760,520	-127629,928
138	σ_{ujm}	[MPa]	-0,543	-0,403	-1,406	-2,622	-0,382	-1,381	-2,622	-0,391
139	σ_{ex1}	[MPa]	13,816	10,945	11,496	13,739	9,822	11,551	13,791	10,128
140	σ_{njm}	[MPa]	13,272	10,542	10,090	11,117	9,440	10,170	11,169	9,737
141	$\Delta\sigma_{sdjm}$	[MPa]	243,851	219,899	224,937	243,841	250,942	271,902	294,164	224,839
142	k_{ujm}	[-]	1,283	1,423	1,391	1,283	1,247	1,151	1,064	1,392
143	M_{Op1}	[N/mm]	1670658,041	1060524,210	1167446,050	1841332,499	1048548,081	1159193,926	1835030,605	981304,223
144	σ_{np}	[MPa]	16,868	10,708	11,787	13,366	10,587	11,704	13,320	9,908
145	$\Delta\sigma_{sdp}$	[MPa]	47,359	54,976	50,737	47,334	65,963	61,200	57,360	61,729
146	k_{up}	[-]	6,607	5,692	6,167	6,610	4,744	5,113	5,455	5,069
147	F_{upp}	[N]	3366,985	2896,433	3428,476	4193,446	2932,179	3464,222	4229,086	3634,372
148	M_{Op1}	[N/mm]	2946112,029	1665449,228	2485645,145	3669265,438	1686003,192	2511561,012	3700449,921	2089763,928
149	σ_{npp}	[MPa]	29,746	16,815	25,097	26,634	17,023	25,358	26,860	21,100
150	$\Delta\sigma_{sdpp}$	[MPa]	67,091	70,510	88,913	77,154	86,134	108,610	94,242	110,164
151	k_{upp}	[-]	4,664	4,438	3,519	4,056	3,633	2,881	3,320	2,840
152	k_{m2}	[-]	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
153	s_{m2}	[-]	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
154	$\Delta\sigma_{Rd2}$	[MPa]	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842
155	τ'_{u1}	[MPa]	1,984	1,638	1,927	2,376	1,647	1,937	2,243	2,069
156	τ''_{u1}	[MPa]	36,885	17,556	19,326	30,544	17,357	19,189	30,278	16,192
157	τ_{u1}	[MPa]	36,938	17,632	19,421	30,636	17,435	19,286	30,361	16,323
158	$\Delta\sigma_{sds1}$	[MPa]	103,735	90,562	83,648	108,551	108,679	100,911	130,805	101,754
159	k_{us1}	[-]	1,551	1,776	1,923	1,482	1,480	1,594	1,230	1,581
160	τ'_{u2}	[MPa]	2,128	1,467	1,726	2,170	1,475	1,735	2,117	1,756
161	τ''_{u2}	[MPa]	37,194	17,198	18,932	30,241	17,004	18,798	29,948	15,298
162	τ_{u2}	[MPa]	37,254	17,260	19,010	30,319	17,067	18,878	30,023	15,399
163	$\Delta\sigma_{sds2}$	[MPa]	104,628	88,648	81,869	107,418	106,379	98,763	129,342	95,980
164	k_{us2}	[-]	1,537	1,814	1,965	1,497	1,512	1,629	1,244	1,676

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
165	τ'_{u3}	[MPa]	1,650	1,348	1,587	1,997	1,356	1,594	2,117	1,783
166	τ''_{u3}	[MPa]	33,793	16,533	18,200	29,503	16,346	18,071	29,948	15,440
167	τ_{u3}	[MPa]	33,833	16,588	18,269	29,570	16,403	18,142	30,023	15,543
168	$\Delta\sigma_{sds3}$	[MPa]	95,012	85,193	78,674	104,761	102,232	94,907	129,342	96,878
169	k_{us3}	[-]	1,693	1,888	2,044	1,535	1,573	1,695	1,244	1,660
170	τ'_{u4}	[MPa]	1,310	1,057	1,251	1,530	1,070	1,264	1,543	1,326
171	τ''_{u4}	[MPa]	24,657	13,381	14,730	23,233	13,230	14,626	23,154	12,382
172	τ_{u4}	[MPa]	24,691	13,423	14,783	23,283	13,273	14,681	23,205	12,452
173	$\Delta\sigma_{sds4}$	[MPa]	69,579	69,392	64,175	82,902	83,265	77,400	100,443	78,579
174	k_{us4}	[-]	2,312	2,318	2,506	1,940	1,932	2,078	1,601	2,047
175	y_{jm}	[mm]	2,281	0,702	1,075	1,567	0,836	1,277	1,856	0,550
176	y_{maxjm}	[mm]	8,800	6,800	7,800	8,800	6,800	7,800	8,800	6,800
177	k_{yjm}	[-]	3,858	9,682	7,253	5,617	8,133	6,107	4,741	12,371
178	y_p	[mm]	7,191	0,617	3,336	6,070	0,820	4,205	7,463	0,762
179	y_{maxp}	[mm]	9,854	3,877	6,734	9,534	4,026	6,883	9,683	3,620
180	k_{yp}	[-]	1,370	6,283	2,019	1,571	4,912	1,637	1,297	4,749
181	y_{pp}	[mm]	0,250	0,097	0,202	0,230	0,115	0,237	0,268	0,146
182	y_{maxpp}	[mm]	5,000	3,286	4,143	5,000	3,286	4,143	5,000	3,286
183	k_{ypp}	[-]	20,005	33,758	20,507	21,776	28,578	17,452	18,663	22,458
184	M_{vyro}	[N/mm]	4599706,524	2600232,987	3880788,672	5728751,660	2632323,485	3921250,604	5777439,376	3262707,148
185	M_{klop}	[N/mm]	2619924,000	1311924,000	1965924,000	2619924,000	1311924,000	1965924,000	2619924,000	1311924,000
186	k_{pfeld}	[-]	1,756	1,982	1,974	2,187	2,006	1,995	2,205	2,487

Tab. PV.3 Výsledky pevnostních výpočtů jeřábů 17 – 24 (značeno podle navrhnuté modulové řady)

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
1	C	[-]	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000	500000
2	Tr	[-]	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
3	q	[%]	60	60	60	60	60	60	60	60
4	v _z	[m/min]	4	4	4	4	4	4	4	4
5	v _p	[m/min]	50	50	50	50	50	50	50	50
6	sr _z	[-]	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Tr	[rok]	20	20	20	20	20	20	20	20
8	Ø ₁	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
9	Ø ₂	[-]	1,061	1,061	1,061	1,061	1,061	1,061	1,061	1,061
10	Ø ₃	[-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
11	Ø ₄	[-]	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12	Ø _{sdyn}	[-]	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031
13	Ø _{sstat}	[-]	1	1	1	1	1	1	1	1
14	m _{ok}	[kg]	575,274	678,676	471,872	575,274	696,563	476,111	629,809	742,898
15	m _{osj}	[kg]	125,500	127,300	123,700	125,500	128,100	124,500	126,300	128,100
16	m _{cel}	[kg]	700,774	805,976	595,572	700,774	824,663	600,611	756,109	870,998
17	i ₁	[N]	6874,60	7906,63	5842,57	6874,60	8089,95	5892,00	7417,43	8544,49
18	i ₂	[N]	24525	24525	27468	27468	27468	31392	31392	31392
19	i ₃	[N]	31399,60	32431,63	33310,57	34342,60	35557,95	37284,00	38809,43	39936,49
20	i ₄	[N]	1638,924	1640,232	1833,816	1835,124	1836,432	2095,416	2096,724	2098,032
21	i _{sdyn}	[N]	26977,5	26977,5	30214,8	30214,8	30214,8	34531,2	34531,2	34531,2
22	i _{sstat}	[N]	30656,25	30656,25	34335	34335	34335	39240	39240	39240
23	A ₁	[N]	46760,108	48084,594	49989,188	51313,674	52872,990	56123,933	58080,466	59526,680
24	A ₂	[N]	46387,655	47712,141	49572,041	50896,527	52455,842	55647,193	57603,726	59049,940
25	B ₁₁	[N]	42928,165	44187,414	45814,701	47073,949	48556,478	51402,622	53262,833	54637,823
26	B ₂₂	[N]	42589,066	43848,315	45434,910	46694,159	48176,687	50968,576	52828,786	54203,776
27	C _{3d}	[N]	41049,393	42243,404	43827,765	45021,776	46427,518	49181,370	50945,259	52249,024
28	C _{3s}	[N]	44185,977	45379,988	47340,739	48534,750	49940,492	53196,198	54960,087	56263,852
29	λ	[-]	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,560	0,560
30	c _{x0}	[-]	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,526	0,526
31	σ _{Fx0}	[MPa]	66,517	68,452	71,019	72,954	75,232	79,694	65,626	67,305
32	c _{y0}	[-]	-0,502	-0,502	-0,502	-0,502	-0,502	-0,502	-0,708	-0,708
33	σ _{Fy0}	[MPa]	-53,477	-55,033	-57,097	-58,652	-60,484	-64,071	-88,392	-90,654
34	c _{x1}	[-]	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,396	1,396
35	σ _{Fx1}	[MPa]	140,945	145,045	150,485	154,585	159,411	168,867	174,127	178,583
36	c _{y1}	[-]	1,192	1,192	1,192	1,192	1,192	1,192	1,250	1,250
37	σ _{Fy1}	[MPa]	127,020	130,715	135,617	139,312	143,662	152,183	156,013	160,006
38	c _{x2}	[-]	-0,156	-0,156	-0,156	-0,156	-0,156	-0,156	-0,054	-0,054
39	σ _{Fx2}	[MPa]	-16,647	-17,132	-17,774	-18,258	-18,828	-19,945	-6,702	-6,874
40	c _{y2}	[-]	0	0	0	0	0	0	0	0
41	σ _{Fy2}	[MPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
42	i _s	[-]	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
43	m _{c1cel}	[kg]	473,406	516,806	430,006	473,406	517,606	434,198	515,818	564,118
44	A _{1c}	[N]	43902,863	44450,708	47908,585	48456,430	49014,328	54032,676	55060,817	55670,238
45	F _{bz}	[N]	22475,395	22982,501	24245,073	24752,179	25320,440	27307,118	28087,416	28643,371
46	F _{az}	[N]	22475,395	22982,501	24245,073	24752,179	25320,440	27307,118	28087,416	28643,371
47	Mo _{jml}	[N/mm]	36598151,29	40995039,92	36004707,41	41037878,68	46015021,75	41210184,97	46746026,61	52405907,12
48	Mo _{jms}	[N/mm]	36598151,29	40995039,92	36004707,41	41037878,68	46015021,75	41210184,97	46746026,61	52405907,12
49	σ _{Fjm}	[MPa]	112,078	125,543	110,260	125,674	140,916	126,201	118,501	132,849
50	σ _{jms}	[MPa]	253,023	270,588	260,745	280,258	300,327	295,068	292,628	311,432
51	k _{jms}	[-]	1,364	1,275	1,323	1,231	1,149	1,169	1,179	1,108
52	m _{c2cel}	[kg]	584,347	675,287	493,407	584,347	687,530	497,840	633,737	733,259
53	A _{1c2}	[N]	45297,006	46442,267	48705,311	49850,573	51149,690	54832,447	56542,662	57795,770
54	α _k	[-]	2,341	2,999	1,490	2,341	2,409	1,490	2,436	3,134

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
55	M_{0p}	[N/mm]	8623473,273	8517215,229	10383555,467	9490364,110	10794079,228	11689808,256	10503454,688	10290065,757
56	σ_p	[MPa]	62,594	61,823	75,370	68,887	67,662	84,852	65,840	64,503
57	k_p	[-]	5,512	5,580	4,577	5,008	5,099	4,066	5,240	5,349
58	i_p	[mm]	54,760	54,760	54,760	54,760	58,839	54,760	58,839	58,839
59	λ_p	[-]	41,034	59,295	22,772	41,034	55,015	22,772	37,679	54,675
60	σ_{krp}	[MPa]	319,559	308,237	330,881	319,559	310,891	330,881	321,639	311,102
61	k_{psv}	[-]	5,105	4,986	4,390	4,639	4,595	3,900	4,885	4,823
62	F_{dt}	[N]	23380,054	24042,297	24994,594	25656,837	26436,495	28061,967	29040,233	29763,340
63	F_{cz}	[N]	23380,054	24042,297	24994,594	25656,837	26436,495	28061,967	29040,233	29763,340
64	M_{0pp}	[N/mm]	16950539,061	21037009,905	14371891,551	18601206,939	23131932,918	16135630,804	21054168,894	26042922,479
65	σ_{pp}	[MPa]	123,037	152,700	104,320	135,019	145,001	117,122	131,977	163,249
66	k_{pp}	[-]	2,804	2,259	3,307	2,555	2,379	2,946	2,614	2,113
67	F_{s1}	[N]	3745,899	3830,417	4040,845	4125,363	4220,073	4551,186	4681,236	4773,895
68	F_{s1}	[N]	31702,193	31311,560	38172,726	34889,116	39681,921	42974,860	38613,507	37829,033
69	F_{v51}	[N]	35448,092	35141,977	42213,571	39014,479	43901,994	47526,047	43294,743	42602,928
70	F_{st1}	[N]	146574,147	146574,147	146574,147	146574,147	180955,737	180955,737	180955,737	180955,737
71	k_{s1}	[-]	4,135	4,171	3,472	3,757	4,122	3,808	4,180	4,247
72	F_{s2}	[N]	11690,027	12021,149	12497,297	12828,419	13218,247	14030,983	14520,116	14881,670
73	F_{s2}	[N]	49664,000	61637,099	42108,727	54500,352	67775,090	47276,371	61687,374	76304,104
74	F_{v82}	[N]	61354,027	73658,248	54606,024	67328,770	80993,337	61307,354	76207,490	91185,774
75	F_{st2}	[N]	97716,098	97716,098	97716,098	97716,098	120637,158	120637,158	120637,158	120637,158
76	k_{s2}	[-]	1,593	1,327	1,789	1,451	1,489	1,968	1,583	1,323
77	S_{p1}	[mm ²]	195,132	195,132	195,132	195,132	152,712	195,132	152,712	152,712
78	S_{s1}	[mm ²]	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1357,440	1357,440	1357,440
79	S_{c1}	[mm ²]	1382,892	1382,892	1382,892	1382,892	1340,472	1552,572	1510,152	1510,152
80	y_{p1}	[mm]	8,696	8,696	8,696	8,696	6,250	8,696	6,250	6,250
81	y_{s1}	[mm]	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	78,53	78,53	78,53
82	J_{pu1}	[mm ³]	1855,072	1855,072	1855,072	1855,072	843,750	1855,072	843,750	843,750
83	J_{su1}	[mm ³]	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	720359,918	720359,918	720359,918
84	J_{cu1}	[mm ³]	487971,623	487971,623	487971,623	487971,623	486960,300	722214,991	721203,668	721203,668
85	R_{es}	[MPa]	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500	288,500
86	J_{cs1}	[mm ⁴]	2069975,623	2069975,623	2069975,623	2069975,623	2065685,593	3063635,990	3059345,961	3059345,961
87	τ'_1	[MPa]	16,252	16,619	17,532	17,899	18,889	17,588	18,599	18,967
88	τ''_1	[MPa]	142,750	140,991	171,886	157,101	179,053	149,818	134,802	132,063
89	τ_1	[MPa]	143,673	141,967	172,778	158,117	180,047	150,846	136,079	133,418
90	k_{s1}	[-]	2,008	2,032	1,670	1,825	1,602	1,913	2,120	2,162
91	S_{p2}	[mm ²]	407,232	407,232	407,232	407,232	441,168	441,168	441,168	441,168
92	S_{s2}	[mm ²]	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1357,440	1357,440	1357,440
93	S_{c2}	[mm ²]	1594,992	1594,992	1594,992	1594,992	1628,928	1798,608	1798,608	1798,608
94	y_{p2}	[mm]	21,094	21,094	21,094	21,094	23,087	23,087	23,087	23,087
95	y_{s2}	[mm]	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	78,53	78,53	78,53
96	J_{pu2}	[mm ³]	18035,156	18035,156	18035,156	18035,156	23001,888	23001,888	23001,888	23001,888
97	J_{su2}	[mm ³]	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	720359,918	720359,918	720359,918
98	J_{cu2}	[mm ³]	504151,706	504151,706	504151,706	504151,706	509118,438	743361,806	743361,806	743361,806
99	J_{cs2}	[mm ⁴]	2138611,538	2138611,538	2138611,538	2138611,538	2159680,414	3153340,781	3153340,781	3153340,781
100	τ'_2	[MPa]	14,091	14,409	15,201	15,519	15,544	15,182	15,616	15,925
101	τ''_2	[MPa]	138,169	136,466	166,370	152,059	171,260	145,556	130,784	128,127
102	τ_2	[MPa]	138,886	137,225	167,063	152,848	171,964	146,345	131,713	129,113
103	k_{s2}	[-]	2,077	2,102	1,727	1,887	1,678	1,971	2,190	2,234
104	S_{p3}	[mm ²]	364,812	364,812	364,812	364,812	263,004	364,812	263,004	263,004
105	S_{s3}	[mm ²]	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1187,760	1357,440	1357,440	1357,440
106	S_{c3}	[mm ²]	1552,572	1552,572	1552,572	1552,572	1450,764	1722,252	1620,444	1620,444
107	y_{p3}	[mm]	18,605	18,605	18,605	18,605	12,645	18,605	12,645	12,645
108	y_{s3}	[mm]	68,53	68,53	68,53	68,53	68,53	78,53	78,53	78,53
109	J_{pu3}	[mm ³]	12899,225	12899,225	12899,225	12899,225	4720,860	12899,225	4720,860	4720,860
110	J_{su3}	[mm ³]	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	486116,550	720359,918	720359,918	720359,918

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
111	J _{cu3}	[mm ³]	499015,775	499015,775	499015,775	499015,775	490837,410	733259,143	725080,778	725080,778
112	J _{cs3}	[mm ⁴]	2116824,917	2116824,917	2116824,917	2116824,917	2082132,295	3110485,285	3075792,662	3075792,662
113	τ ₃	[MPa]	14,476	14,803	15,616	15,943	17,453	15,855	17,333	17,676
114	τ ₃ ^{''}	[MPa]	139,591	137,871	168,082	153,624	177,639	147,561	134,081	131,357
115	τ ₃	[MPa]	140,340	138,663	168,806	154,449	178,494	148,410	135,197	132,541
116	k _{s3}	[-]	2,056	2,081	1,709	1,868	1,616	1,944	2,134	2,177
117	S _{p4}	[mm ²]	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852	873,852	1213,212	1213,212
118	S _{s4}	[mm ²]	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	1866,480	2121,000	2121,000
119	S _{c4}	[mm ²]	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	2740,332	3334,212	3334,212
120	Y _{p4}	[mm]	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544	48,544	68,531	68,531
121	Y _{s4}	[mm]	108,520	108,520	108,520	108,520	108,520	108,520	123,518	123,518
122	J _{pu4}	[mm ³]	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	181229,773	486116,550	486116,550
123	J _{su4}	[mm ³]	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	1846289,985	2696805,007	2696805,007
124	J _{cu4}	[mm ³]	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	2027519,759	3182921,557	3182921,557
125	J _{cs4}	[mm ⁴]	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	8600738,816	13501953,244	13501953,244
126	τ ₄	[MPa]	17,064	17,547	18,242	18,725	19,294	20,481	17,420	17,853
127	τ ₄ ^{''}	[MPa]	108,807	107,466	131,015	119,745	136,195	147,497	96,087	94,135
128	τ ₄	[MPa]	110,137	108,889	132,279	121,200	137,555	148,912	97,653	95,813
129	k _{s4}	[-]	2,619	2,649	2,181	2,380	2,097	1,937	2,954	3,011
130	L _{ij}	[kg]	4766,576	4901,590	5095,738	5230,752	5389,703	5721,094	5920,537	6067,959
131	k _{pk}	[-]	1,343	1,306	1,256	1,224	1,187	1,119	1,081	1,055
132	v _u	[-]	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
133	k _{m1}	[-]	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
134	s _{m1}	[-]	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
135	Δσ _{rd1}	[MPa]	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899	312,899
136	F _{ujm}	[N]	3498,521	4004,400	2992,641	3498,521	4065,555	3018,976	3798,047	4352,775
137	MO _{jms3}	[N/mm]	-406754,400	-756783,638	-124425,443	-406754,400	-745725,021	-79656,643	-618243,005	-1033403,939
138	σ _{ujm}	[MPa]	-1,246	-2,318	-0,381	-1,246	-2,284	-0,244	-1,567	-2,620
139	σ _{fx1}	[MPa]	12,012	13,749	10,275	12,012	13,959	10,366	12,981	14,877
140	σ _{njm}	[MPa]	10,767	11,432	9,894	10,767	11,676	10,122	11,414	12,258
141	Δσ _{sajm}	[MPa]	242,256	259,156	250,851	269,492	288,651	284,946	281,213	299,174
142	k _{ujm}	[-]	1,292	1,207	1,247	1,161	1,084	1,098	1,113	1,046
143	MO _{p1}	[N/mm]	1397981,522	1556289,970	1321882,682	1397981,522	1823275,613	1333760,253	1479391,219	1640580,580
144	σ _{np}	[MPa]	10,147	11,297	9,595	10,147	11,429	9,681	9,273	10,284
145	Δσ _{sdp}	[MPa]	52,447	50,527	65,775	58,739	56,233	75,171	56,567	54,219
146	k _{up}	[-]	5,966	6,193	4,757	5,327	5,564	4,163	5,531	5,771
147	F _{upp}	[N]	4403,179	5064,195	3742,163	4403,179	5181,610	3773,824	4750,864	5472,744
148	MO _{pp1}	[N/mm]	3192304,895	4431170,991	2151743,675	3192304,895	4533908,634	2169949,080	3444376,346	4788651,035
149	σ _{np}	[MPa]	23,172	32,164	15,619	23,172	28,421	15,751	21,591	30,017
150	Δσ _{sdp}	[MPa]	99,866	120,535	88,701	111,847	116,581	101,372	110,386	133,231
151	k _{upp}	[-]	3,133	2,596	3,528	2,798	2,684	3,087	2,835	2,349
152	k _{m2}	[-]	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
153	s _{m2}	[-]	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
154	Δσ _{rd2}	[MPa]	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842	160,842
155	τ _{u1}	[MPa]	2,530	2,896	2,164	2,530	3,033	1,944	2,515	2,882
156	τ _{u1} ^{''}	[MPa]	23,142	25,762	21,882	23,142	30,245	17,094	18,987	21,055
157	τ _{u1}	[MPa]	23,280	25,925	21,989	23,280	30,396	17,204	19,152	21,252
158	Δσ _{sds1}	[MPa]	120,393	116,043	150,789	134,837	149,650	133,643	116,926	112,167
159	k _{us1}	[-]	1,336	1,386	1,067	1,193	1,075	1,204	1,376	1,434
160	τ _{u2}	[MPa]	2,193	2,511	1,876	2,193	2,496	1,679	2,112	2,420
161	τ _{u2} ^{''}	[MPa]	22,399	24,936	21,180	22,399	28,928	16,607	18,421	20,428
162	τ _{u2}	[MPa]	22,506	25,062	21,263	22,506	29,036	16,692	18,541	20,571
163	Δσ _{sds2}	[MPa]	116,379	112,163	145,800	130,342	142,928	129,653	113,171	108,542
164	k _{us2}	[-]	1,382	1,434	1,103	1,234	1,125	1,241	1,421	1,482

Pevnostní výpočty nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Číslo výpočtu	Zkratka výpočtu	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
165	τ'_{u3}	[MPa]	2,253	2,579	1,928	2,253	2,802	1,753	2,344	2,686
166	τ''_{u3}	[MPa]	22,630	25,192	21,398	22,630	30,006	16,836	18,885	20,943
167	τ_{u3}	[MPa]	22,741	25,324	21,484	22,741	30,136	16,927	19,030	21,114
168	$\Delta\sigma_{sds3}$	[MPa]	117,598	113,339	147,321	131,707	148,358	131,483	116,167	111,427
169	k_{us3}	[-]	1,368	1,419	1,092	1,221	1,084	1,223	1,385	1,443
170	τ'_{u4}	[MPa]	1,607	1,848	1,366	1,607	1,891	1,377	1,425	1,641
171	τ''_{u4}	[MPa]	17,639	19,637	16,679	17,639	23,005	16,829	13,534	15,008
172	τ_{u4}	[MPa]	17,712	19,723	16,735	17,712	23,083	16,885	13,608	15,098
173	$\Delta\sigma_{sds4}$	[MPa]	92,425	89,166	115,544	103,488	114,472	132,027	84,045	80,715
174	k_{us4}	[-]	1,740	1,804	1,392	1,554	1,405	1,218	1,914	1,993
175	y_{jm}	[mm]	0,840	1,222	0,607	0,927	1,347	0,685	0,805	1,169
176	y_{maxjm}	[mm]	7,800	8,800	6,800	7,800	8,800	6,800	7,800	8,800
177	k_{yjm}	[-]	9,284	7,204	11,194	8,411	6,533	9,925	9,688	7,528
178	y_p	[mm]	2,695	8,336	0,495	2,965	7,332	0,558	2,604	8,132
179	y_{maxp}	[mm]	6,420	9,277	3,563	6,420	9,249	3,563	6,334	9,191
180	k_{yp}	[-]	2,383	1,113	7,195	2,165	1,261	6,391	2,433	1,130
181	y_{pp}	[mm]	0,187	0,338	0,100	0,205	0,299	0,112	0,187	0,337
182	y_{maxpp}	[mm]	4,143	5,000	3,286	4,143	5,000	3,286	4,143	5,000
183	k_{ypp}	[-]	22,170	14,801	32,969	20,203	16,700	29,365	22,144	14,833
184	M_{vyro}	[N/mm]	4984082,584	6918299,752	3359474,902	4984082,584	7078702,005	3387898,642	5377636,762	7476426,284
185	M_{klop}	[N/mm]	1965924,000	2619924,000	1311924,000	1965924,000	2619924,000	1311924,000	1965924,000	2619924,000
186	$k_{překl}$	[-]	2,535	2,641	2,561	2,535	2,702	2,582	2,735	2,854

PŘÍLOHA VI

V kapitole 7 ve vzorových pevnostních výpočtech aplikovaných na typ jeřábu KPC 500–PC-1 je provedena volba rozměrů jednotlivých profilů. Pro ostatní portálové jeřáby navržených v modulové řadě jsou tyto parametry uvedeny zde.

Tab. PVI.1 Přehled pěti použitých HEB profilů a uzavřených čtvercových profilů pro modulovou řadu

Moduly HEB profilů								
1. HEB 120	Délka	Výška	Šířka	Tloušťka p.	Tloušťka s.	Hmotnost	Průř. modul	Kvadratický moment
	d	h	b	t	s	G	W_{0jm}	I_{jm}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ³]	[mm ⁴]
	dle rozpětí	120	120	11	6,5	26,7	52837,38	3170242,771
2. HEB 160	Délka	Výška	Šířka	Tloušťka p.	Tloušťka s.	Hmotnost	Průř. modul	Kvadratický moment
	d	h	b	t	s	G	W_{0jm}	I_{jm}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ³]	[mm ⁴]
	dle rozpětí	160	160	13	8	42,6	111004,80	8880384,00
3. HEB 200	Délka	Výška	Šířka	Tloušťka p.	Tloušťka s.	Hmotnost	Průř. modul	Kvadratický moment
	d	h	b	t	s	G	W_{0jm}	I_{jm}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ³]	[mm ⁴]
	dle rozpětí	200	200	15	9	61,3	200103,28	20010327,5
4. HEB 240	Délka	Výška	Šířka	Tloušťka p.	Tloušťka s.	Hmotnost	Průř. modul	Kvadratický moment
	d	h	b	t	s	G	W_{0jm}	I_{jm}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ³]	[mm ⁴]
	dle rozpětí	240	240	17	10	83,2	326543,06	39185166,67
5. HEB 260	Délka	Výška	Šířka	Tloušťka p.	Tloušťka s.	Hmotnost	Průř. modul	Kvadratický moment
	d	h	b	t	s	G	W_{0jm}	I_{jm}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ³]	[mm ⁴]
	dle rozpětí	260	260	17,5	10	93,0	394477,56	51282083,33
Moduly nosných sloupů a pojezdových příčníků								
1. jáckl 80 x 80 x 5	Délka p.	Délka s.	Tloušťka	Hmotnost	Plocha průřezu	Průř. modul	Kvadratický moment	
	D ₁	B ₁	T ₁	M ₁	S _p	W _{0p}	I _p	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ⁴]	
	dle výšky	80	5	10,959	1500	35312,5	1412500,0	
2. jáckl 100 x 100 x 5	Délka p.	Délka s.	Tloušťka	Hmotnost	Plocha průřezu	Průř. modul	Kvadratický moment	
	D ₁	B ₁	T ₁	M ₁	S _p	W _{0p}	I _p	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ⁴]	
	dle výšky	100	5	13,969	1900	57316,7	2865833,3	
3. jáckl 120 x 120 x 6	Délka p.	Délka s.	Tloušťka	Hmotnost	Plocha průřezu	Průř. modul	Kvadratický moment	
	D ₁	B ₁	T ₁	M ₁	S _p	W _{0p}	I _p	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ⁴]	
	dle výšky	120	6	20,087	2736	99043,2	5942592,0	
4. jáckl 140 x 140 x 6	Délka p.	Délka s.	Tloušťka	Hmotnost	Plocha průřezu	Průř. modul	Kvadratický moment	
	D ₁	B ₁	T ₁	M ₁	S _p	W _{0p}	I _p	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ⁴]	
	dle výšky	140	6	23,77	3216	137767,3	9643712,0	
5. jáckl 150 x 150 x 6	Délka p.	Délka s.	Tloušťka	Hmotnost	Plocha průřezu	Průř. modul	Kvadratický moment	
	D ₁	B ₁	T ₁	M ₁	S _p	W _{0p}	I _p	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ⁴]	
	dle výšky	150	6	25,611	3456	159528,96	11964672,0	

Tab. PVI.2 Rozměry profilů a dalších prvků pro jeřáby 1–8 (značeno dle navrhnuté modulové řady)

Rozměry nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Parametr	Označení	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
Nosnost	m	[kg]	500	500	500	800	800	800	1000	1000
Jeřábový most										
Délka	d	[mm]	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900
Výška	h	[mm]	120	120	120	120	160	160	160	160
Šířka	b	[mm]	120	120	120	120	160	160	160	160
Tloušťka p.	t	[mm]	11,0	11,0	11,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Tloušťka s.	s	[mm]	6,5	6,5	6,5	6,5	8,0	8,0	8,0	8,0
Hmotnost	G	[kg/m]	26,700	26,700	26,700	26,700	42,600	42,600	42,600	42,600
Cel. hmotnost	G _c	[kg]	90,780	104,130	117,480	90,780	166,140	187,440	144,840	166,140
Průř. modul	W _{0m}	[mm ³]	52837,380	52837,380	52837,380	52837,380	111004,800	111004,800	111004,800	111004,800
Kvadratický moment	I _m	[mm ⁴]	3170242,77	3170242,77	3170242,77	3170242,77	8880384,00	8880384,00	8880384,00	8880384,00
Nosný sloup										
Délka p.	D ₁	[mm]	1595	2595	3555	1575	2515	3491	1515	2515
Délka s.	B ₁	[mm]	80	80	100	80	100	120	100	100
Tloušťka	T ₁	[mm]	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0
Hmotnost	M ₁	[kg/m]	10,959	10,959	13,969	10,959	13,969	20,087	13,969	13,969
Cel. hmotnost	M _{c1}	[kg]	17,480	28,439	49,660	17,260	35,132	70,124	21,163	35,132
Plocha průřezu	S _p	[mm ²]	1500,000	1500,000	1900,000	1500,000	1900,000	2736,000	1900,000	1900,000
Průř. modul	W _{0p}	[mm ³]	35312,500	35312,500	57316,667	35312,500	57316,667	99043,200	57316,667	57316,667
Kvadratický moment	I _p	[mm ⁴]	1412500,0	1412500,0	2865833,3	1412500,0	2865833,3	5942592,0	2865833,3	2865833,3
Pojezdový příčník										
Délka p.	D ₂	[mm]	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450
Délka s.	B ₂	[mm]	80	80	100	80	100	120	100	100
Tloušťka	T ₂	[mm]	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0
Hmotnost	M ₂	[kg/m]	10,959	10,959	13,969	10,959	13,969	20,086	13,969	13,969
Cel. hmotnost	M _{c2}	[kg]	12,603	15,891	24,446	12,603	20,255	35,151	16,064	20,255
Průř. modul	W _{0pp}	[mm ³]	35312,500	35312,500	57316,667	35312,500	57316,667	99043,200	57316,667	57316,667
Přídavné vyztužovací plechy										
Normovaná délka	D _{3n}	[mm]	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Normovaná šířka	B _{3n}	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Potřebná délka	D ₃	[mm]	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Potřebná šířka	B ₃	[mm]	900	900	900	900	900	900	900	900
Tloušťka	T ₃	[mm]	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0
Normovaná hmotnost za kus	M ₃	[kg/ks]	78,5	78,5	78,5	78,5	78,5	94,2	78,5	78,5
Hmotnost	M _{c3}	[kg]	52,99	52,99	52,99	52,99	52,99	63,59	52,99	52,99
Přídavné profily										
Délka p.	D ₄	[mm]	340	340	340	340	380	380	380	380
Délka s.	B ₄	[mm]	35	35	35	35	35	35	35	35
Tloušťka	T ₄	[mm]	3	3	3	3	3	3	3	3
hmotnost	M ₄	[kg/m]	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919
Cel. hmotnost	M _{c4}	[kg]	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
Celkové rozměry jeřábu										
Délka jeřábu	D _j	[mm]	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900
Šířka jeřábu	Š _j	[mm]	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450
Výška jeřábu	V _j	[mm]	1850	2850	3830	1830	2830	3830	1830	2830
Výška zdvihu	V _z	[mm]	1695	2695	3675	1675	2635	3635	1635	2635
Rozpětí jeřábu	R _j	[mm]	3000	3500	4000	3000	3500	4000	3000	3500
Přídavné komponenty										
Průměr šroubu	d _s	[mm]	10	10	10	10	12	12	12	12
Plocha šroubu	S _s	[mm ²]	78,540	78,540	78,540	78,540	113,097	113,097	113,097	113,097

Tab. PVI.3 Rozměry profilů a dalších prvků pro jeřáby 9–16 (značeno dle navrhnuté modulové řady)

Rozměry nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Parametr	Označení	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
Nosnost	m	[kg]	1000	1600	1600	1600	2000	2000	2000	2500
Jeřábový most										
Délka	d	[mm]	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400
Výška	h	[mm]	160	200	200	200	200	200	200	240
Šířka	b	[mm]	160	200	200	200	200	200	200	240
Tloušťka p.	t	[mm]	13,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	17,0
Tloušťka s.	s	[mm]	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0
Hmotnost	G	[kg/m]	42,600	61,300	61,300	61,300	61,300	61,300	61,300	83,200
Cel. hmotnost	G _c	[kg]	187,440	208,420	239,070	269,720	208,420	239,070	269,720	282,880
Průř. modul	W _{0jm}	[mm ³]	111004,800	200103,275	200103,275	200103,275	200103,275	200103,275	200103,275	326543,056
Kvadratický moment	I _{jm}	[mm ⁴]	8880384	20010327,5	20010327,5	20010327,5	20010327,5	20010327,5	20010327,5	39185166,67
Nosný sloup										
Délka p.	D ₁	[mm]	3449	1357	2357	3337	1409	2409	3389	1267
Délka s.	B ₁	[mm]	120	120	120	140	120	120	140	120
Tloušťka	T ₁	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Hmotnost	M ₁	[kg/m]	20,087	20,087	20,087	23,770	20,087	20,087	23,770	20,087
Cel. hmotnost	M _{c1}	[kg]	69,280	27,258	47,345	79,320	28,303	48,390	80,557	25,450
Plocha průřezu	S _p	[mm ²]	2736,000	2736,000	2736,000	3216,000	2736,000	2736,000	3216,000	2736,000
Průř. modul	W _{0p}	[mm ³]	99043,200	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200
Kvadratický moment	I _p	[mm ⁴]	5942592,0	5942592,0	5942592,0	9643712,0	5942592,0	5942592,0	9643712,0	5942592,0
Pojezdový příčník										
Délka p.	D ₂	[mm]	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150
Délka s.	B ₂	[mm]	120	120	120	140	120	120	140	120
Tloušťka	T ₂	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Hmotnost	M ₂	[kg/m]	20,086	20,086	20,086	23,770	20,086	20,086	23,770	20,086
Cel. hmotnost	M _{c2}	[kg]	35,151	23,099	29,125	41,598	23,099	29,125	41,598	23,099
Průř. modul	W _{0pp}	[mm ³]	99043,200	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200	99043,200	137767,314	99043,200
Přídavné vyztužovací plechy										
Normovaná délka	D _{3n}	[mm]	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Normovaná šířka	B _{3n}	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Potřebná délka	D ₃	[mm]	1500	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
Potřebná šířka	B ₃	[mm]	900	900	900	900	900	900	900	900
Tloušťka	T ₃	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Normovaná hmotnost za kus	M ₃	[kg/ks]	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2
Hmotnost	M _{c3}	[kg]	63,59	72,06	72,06	72,06	72,06	72,06	72,06	72,06
Přídavné profily										
Délka p.	D ₄	[mm]	380	420	420	420	420	420	420	460
Délka s.	B ₄	[mm]	35	35	35	35	35	35	35	35
Tloušťka	T ₄	[mm]	3	3	3	3	3	3	3	3
hmotnost	M ₄	[kg/m]	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919
Cel. hmotnost	M _{c4}	[kg]	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
Celkové rozměry jeřábu										
Délka jeřábu	D _j	[mm]	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400	3400
Šířka jeřábu	Š _j	[mm]	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750	1150
Výška jeřábu	V _j	[mm]	3788	1736	2736	3736	1788	2788	3788	1686
Výška zdvihu	V _z	[mm]	3593	1501	2501	3501	1553	2553	3553	1411
Rozpětí jeřábu	R _j	[mm]	4000	3000	3500	4000	3000	3500	4000	3000
Přídavné komponenty										
Průměr šroubu	d _s	[mm]	12	14	14	16	16	16	16	16
Plocha šroubu	S _s	[mm ²]	113,097	153,938	153,938	201,062	201,062	201,062	201,062	201,062

Tab. PVI.4 Rozměry profilů a dalších prvků pro jeřáby 17–24 (značeno dle navrhnuté modulové řady)

Rozměry nosných konstrukcí jednotlivých portálových jeřábů modulové řady										
Parametr	Označení	Jednotky	Typ jeřábu v modulové řadě							
			KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
Nosnost	m	[kg]	2500	2500	2800	2800	2800	3200	3200	3200
Jeřábový most										
Délka	d	[mm]	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400
Výška	h	[mm]	240	240	240	240	240	240	260	260
Šířka	b	[mm]	240	240	240	240	240	240	260	260
Tloušťka p.	t	[mm]	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,5	17,5
Tloušťka s.	s	[mm]	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Hmotnost	G	[kg/m]	83,200	83,200	83,200	83,200	83,200	83,200	93,000	93,000
Cel. hmotnost	G _c	[kg]	324,480	366,080	282,880	324,480	366,080	282,880	362,700	409,200
Průř. modul	W _{0jm}	[mm ³]	326543,056	326543,056	326543,056	326543,056	326543,056	326543,056	394477,564	394477,564
Kvadratický moment	I _{jm}	[mm ⁴]	39185166,67	39185166,67	39185166,67	39185166,67	39185166,67	39185166,67	51282083,33	51282083,33
Nosný sloup										
Délka p.	D ₁	[mm]	2247	3247	1247	2247	3237	1247	2217	3217
Délka s.	B ₁	[mm]	140	140	140	140	150	140	150	150
Tloušťka	T ₁	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Hmotnost	M ₁	[kg/m]	23,770	23,770	23,770	23,770	25,611	23,770	25,611	25,611
Cel. hmotnost	M _{c1}	[kg]	53,411	77,181	29,641	53,411	82,903	29,641	56,780	82,391
Plocha průřezu	S _p	[mm ²]	3216,000	3216,000	3216,000	3216,000	3456,000	3216,000	3456,000	3456,000
Průř. modul	W _{0p}	[mm ³]	137767,314	137767,314	137767,314	137767,314	159528,960	137767,314	159528,960	159528,960
Kvadratický moment	I _p	[mm ⁴]	9643712,0	9643712,0	9643712,0	9643712,0	11964672,0	9643712,0	11964672,0	11964672,0
Pojezdový příčník										
Délka p.	D ₂	[mm]	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750
Délka s.	B ₂	[mm]	140	140	140	140	150	140	150	150
Tloušťka	T ₂	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Hmotnost	M ₂	[kg/m]	23,770	23,770	23,770	23,770	25,611	23,770	25,611	25,611
Cel. hmotnost	M _{c2}	[kg]	34,467	41,598	27,336	34,467	44,819	27,336	37,136	44,819
Průř. modul	W _{0pp}	[mm ³]	137767,314	137767,314	137767,314	137767,314	159528,960	137767,314	159528,960	159528,960
Přídavné vyztužovací plechy										
Normovaná délka	D _{3n}	[mm]	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Normovaná šířka	B _{3n}	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Potřebná délka	D ₃	[mm]	1700	1700	1700	1700	1700	1800	1800	1800
Potřebná šířka	B ₃	[mm]	900	900	900	900	900	900	900	900
Tloušťka	T ₃	[mm]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Normovaná hmotnost za kus	M ₃	[kg/ks]	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2
Hmotnost	M _{c3}	[kg]	72,06	72,06	72,06	72,06	72,06	76,30	76,30	76,30
Přídavné profily										
Délka p.	D ₄	[mm]	460	460	460	460	460	460	500	500
Délka s.	B ₄	[mm]	35	35	35	35	35	35	35	35
Tloušťka	T ₄	[mm]	3	3	3	3	3	3	3	3
hmotnost	M ₄	[kg/m]	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919	2,919
Cel. hmotnost	M _{c4}	[kg]	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
Celkové rozměry jeřábu										
Délka jeřábu	D _j	[mm]	3900	4400	3400	3900	4400	3400	3900	4400
Šířka jeřábu	Š _j	[mm]	1450	1750	1150	1450	1750	1150	1450	1750
Výška jeřábu	V _j	[mm]	2686	3686	1686	2686	3686	1686	2686	3686
Výška zdvihu	V _z	[mm]	2411	3411	1411	2411	3411	1411	2391	3391
Rozpětí jeřábu	R _j	[mm]	3500	4000	3000	3500	4000	3000	3500	4000
Přídavné komponenty										
Průměr šroubu	d _s	[mm]	18	18	18	18	20	20	20	20
Plocha šroubu	S _s	[mm ²]	254,469	254,469	254,469	254,469	314,159	314,159	314,159	314,159

PŘÍLOHA VII

Tab. PVII.1 Tabulka zatížení, kombinace zatížení a dílčí součinitele bezpečnosti [41]

Kategorie zatížení	Zatížení f_i	Kombinace zatížení A				Kombinace zatížení B					Kombinace zatížení C														
		Součinitel γ_p	A1	A2	A3	A4	Součinitel γ_p	B1	B2	B3	B4	B5	Součinitel γ_p	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
Pravidelná	Hmotnost jeřábu	*)	ϕ_1	ϕ_1	1	-	*)	ϕ_1	ϕ_1	1	-	-	*)	ϕ_1	1	ϕ_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hmotnost břemena zdvíhu	1,34	ϕ_2	ϕ_3	1	-	1,22	ϕ_2	ϕ_3	1	-	-	1,1	ϕ_{2c}	η_w	-	1	1	1	ϕ_L	ϕ_9	1	1	-	
	Pojezd po nerovném povrchu	1,22	-	-	-	ϕ_4	1,16	-	-	-	ϕ_4	ϕ_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Účinky zrychlení od pohonů	1,34	ϕ_5	ϕ_5	-	ϕ_5	1,22	ϕ_5	ϕ_5	-	ϕ_5	-	1,1	-	-	ϕ_5	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Všechny pohyby	**)	1	1	1	1	1	**)	1	1	1	1	1	**)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Občasná	Přetvoření / přemístění																								
	Zatížení větrem za provozu	-	-	-	-	-	1,22	1	1	1	1	1	1,16	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	
	Zatížení sněhem a námrazou	-	-	-	-	-	1,22	1	1	1	1	1	1,1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Změny teploty	-	-	-	-	-	1,16	1	1	1	1	1	1,05	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Příčení	-	-	-	-	-	1,16	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Výjimečná	Zatížení větrem mimo provoz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Zatížení při zkouškách	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	ϕ_6	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Síly na nárazníky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	ϕ_7	-	-	-	-	-	-	-	
	Klopící síly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
	Síly pohonu od zastavení v nebezpečí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	ϕ_5	-	-	-	-	-	
Celkový součinitel bezpečnosti γ_i , jen pro metodu dovolených napětí	Síly pohonu při selhání mechanismů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	ϕ_5	-	-	
	Dynamické buzení podepření jeřábu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkový součinitel bezpečnosti γ_i , jen pro metodu dovolených napětí		-	1,48				-	1,34				-	1,22												
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu γ_m		1,1	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	1,1	-												
*) Dílčí součinitele bezpečnosti se musí uvažovat podle tabulky 7.15. se zohledněním proměnnosti součinitelů znázorněných v tabulce																									
**) Dílčí součinitele bezpečnosti používané pro zatížení způsobená přetvořením / přemístěním se musí uvažovat podle [41]																									

PŘÍLOHA VIII

Tab. PVIII.1 Návrhové ceny pro jeřáby 1–8 (značeno dle navrhnuté modulové řady)

Ceny jednotlivých součástí portálových jeřábů modulové řady									
Položka	Počet	Typ jeřábu v modulové řadě a uvedená cena v české měně							
		KPC-500 PC-1	KPC-500 PC-2	KPC-500 PC-3	KPC-800 PC-1	KPC-800 PC-2	KPC-800 PC-3	KPC-1000 PC-1	KPC-1000 PC-2
	[ks]								
Nosný rám									
Jeřábový most	1	5 939,80 Kč	6 813,30 Kč	7 686,80 Kč	5 939,80 Kč	10 869,30 Kč	12 262,80 Kč	9 475,80 Kč	10 869,30 Kč
Nosný sloup	2	2 638,13 Kč	4 292,13 Kč	7 493,94 Kč	2 605,05 Kč	5 301,62 Kč	10 584,71 Kč	3 193,62 Kč	5 301,62 Kč
Pojezdový příčník	2	1 902,10 Kč	2 398,30 Kč	3 689,00 Kč	1 902,10 Kč	3 056,60 Kč	5 306,00 Kč	2 424,20 Kč	3 056,60 Kč
Přídavné vyztužovací plechy	1	3 433,00 Kč	5 085,00 Kč	5 085,00 Kč	5 085,00 Kč	5 085,00 Kč	6 025,00 Kč	5 085,00 Kč	5 085,00 Kč
Přídavné profily	3	220,32 Kč	220,32 Kč	220,32 Kč	220,32 Kč	246,24 Kč	246,24 Kč	246,24 Kč	246,24 Kč
Další položky									
Režijní materiál	odlišné	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč
Nátěrový materiál	1 bal	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč
Spojovací materiál									
Šrouby jeřábový most - nosný sloup	12	123,00 Kč	123,00 Kč	123,00 Kč	123,00 Kč	132,00 Kč	132,00 Kč	132,00 Kč	132,00 Kč
Šrouby nosný sloup - pojezdový příčník	8	90,00 Kč	90,00 Kč	90,00 Kč	90,00 Kč	95,00 Kč	95,00 Kč	95,00 Kč	95,00 Kč
Šrouby - kabelová vlečka	6	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč
Šrouby - el. Zásuvka	4	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč
Šrouby - pojezdová kola	16	32,00 Kč	32,00 Kč	40,00 Kč	40,00 Kč	40,00 Kč	40,00 Kč	40,00 Kč	40,00 Kč
Matice - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	42,00 Kč	42,00 Kč	42,00 Kč	42,00 Kč	50,00 Kč	50,00 Kč	50,00 Kč	50,00 Kč
Matice - kabelová vlečka	6	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč
Podložka - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	5,00 Kč	5,00 Kč	5,00 Kč	5,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč
Podložka - kabelová vlečka	6	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč
Přídavné komponenty									
Jeřábová kočka	1	33 439,00 Kč	33 439,00 Kč	33 439,00 Kč	35 263,00 Kč	35 263,00 Kč	35 263,00 Kč	37 509,00 Kč	37 509,00 Kč
Kabelová vlečka - kolejnice	odlišné	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč
Kabelová vlečka - kladky	odlišné	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč
Kabelová vlečka - koncovka	2	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč
Pojezdová kola	4	14 944,00 Kč	14 944,00 Kč	15 988,00 Kč	15 988,00 Kč	15 988,00 Kč	15 988,00 Kč	15 988,00 Kč	15 988,00 Kč
Elektrická zásuvka	1	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč
Elektrický kabel	odlišné	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč
Kabelová lišta	odlišné	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč
Položka KPC - návrh, konstrukce, výroba									
Přidaná hodnota		40 000,00 Kč	43 000,00 Kč	46 000,00 Kč	49 000,00 Kč	52 000,00 Kč	55 000,00 Kč	58 000,00 Kč	61 000,00 Kč
Celková cena bez DPH		109 181,0 Kč	117 717,0 Kč	127 990,0 Kč	122 676,0 Kč	135 368,0 Kč	149 089,0 Kč	138 620,0 Kč	146 614,0 Kč

Tab. PVIII.2 Návrhové ceny pro jeřáby 9–16 (značeno dle navržené modulové řady)

Ceny jednotlivých součástí portálových jeřábů modulové řady									
Položka	Počet	Typ jeřábu v modulové řadě a uvedená cena v české měně							
	[ks]	KPC-1000 PC-3	KPC-1600 PC-1	KPC-1600 PC-2	KPC-1600 PC-3	KPC-2000 PC-1	KPC-2000 PC-2	KPC-2000 PC-3	KPC-2500 PC-1
Nosný rám									
Jeřábový most	1	12 262,80 Kč	13 722,40 Kč	15 740,40 Kč	17 758,40 Kč	13 722,40 Kč	15 740,40 Kč	17 758,40 Kč	18 859,80 Kč
Nosný sloup	2	10 457,37 Kč	4 114,42 Kč	7 146,42 Kč	12 333,55 Kč	4 272,09 Kč	7 304,09 Kč	12 532,52 Kč	3 841,54 Kč
Pojezdový příčník	2	5 306,00 Kč	3 486,80 Kč	4 396,40 Kč	6 468,00 Kč	3 486,80 Kč	4 396,40 Kč	6 471,50 Kč	3 486,80 Kč
Přídavné vyztužovací plechy	1	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč
Přídavné profily	3	246,24 Kč	272,16 Kč	272,16 Kč	272,16 Kč	272,16 Kč	272,16 Kč	272,16 Kč	298,08 Kč
Další položky									
Režijní materiál	odlišné	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč
Nátěrový materiál	1 bal	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč
Spojovací materiál									
Šrouby jeřábový most - nosný sloup	12	132,00 Kč	149,00 Kč	149,00 Kč	165,00 Kč	165,00 Kč	165,00 Kč	165,00 Kč	165,00 Kč
Šrouby nosný sloup - pojezdový příčník	8	95,00 Kč	109,00 Kč	109,00 Kč	120,00 Kč	120,00 Kč	120,00 Kč	120,00 Kč	120,00 Kč
Šrouby - kabelová vlečka	6	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč
Šrouby - el. zásuvka	4	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč
Šrouby - pojezdová kola	16	45,00 Kč	53,00 Kč	53,00 Kč	53,00 Kč	53,00 Kč	53,00 Kč	53,00 Kč	59,00 Kč
Matice - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	50,00 Kč	61,00 Kč	61,00 Kč	72,00 Kč	72,00 Kč	72,00 Kč	72,00 Kč	72,00 Kč
Matice - kabelová vlečka	6	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč
Podložka - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	9,00 Kč	14,00 Kč	14,00 Kč	19,00 Kč	19,00 Kč	19,00 Kč	19,00 Kč	19,00 Kč
Podložka - kabelová vlečka	6	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč
Přídavné komponenty									
Jeřábová kočka	1	37 509,00 Kč	44 467,00 Kč	44 467,00 Kč	44 467,00 Kč	46 357,00 Kč	46 357,00 Kč	46 357,00 Kč	52 875,00 Kč
Kabelová vlečka - kolejnice	odlišné	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč
Kabelová vlečka - kladky	odlišné	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč
Kabelová vlečka - koncovka	2	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč
Pojezdová kola	4	19 352,00 Kč	20 756,00 Kč	20 756,00 Kč	20 756,00 Kč	35 184,00 Kč	35 184,00 Kč	35 184,00 Kč	43 920,00 Kč
Elektrická zásuvka	1	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč
Elektrický kabel	odlišné	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč
Kabelová lišta	odlišné	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč
Položka KPC - návrh, konstrukce, výroba									
Přidaná hodnota		64 000,00 Kč	67 000,00 Kč	70 000,00 Kč	73 000,00 Kč	76 000,00 Kč	79 000,00 Kč	82 000,00 Kč	85 000,00 Kč
Celková cena bez DPH		163 577,0 Kč	166 602,0 Kč	176 422,0 Kč	189 597,0 Kč	192 121,0 Kč	201 941,0 Kč	215 117,0 Kč	221 114,0 Kč

Tab. PVIII.3 Návrhové ceny pro jeřáby 17–24 (značeno dle navrhnuté modulové řady)

Ceny jednotlivých součástí portálových jeřábů modulové řady									
Položka	Počet	Typ jeřábu v modulové řadě a uvedená cena v české měně							
		KPC-2500 PC-2	KPC-2500 PC-3	KPC-2800 PC-1	KPC-2800 PC-2	KPC-2800 PC-3	KPC-3200 PC-1	KPC-3200 PC-2	KPC-3200 PC-3
	[ks]								
Nosný rám									
Jeřábový most	1	21 633,30 Kč	24 406,80 Kč	18 859,80 Kč	21 633,30 Kč	24 406,80 Kč	18 859,80 Kč	25 205,70 Kč	28 437,20 Kč
Nosný sloup	2	8 309,41 Kč	12 007,41 Kč	4 611,41 Kč	8 682,41 Kč	11 970,43 Kč	4 611,41 Kč	8 566,49 Kč	12 430,49 Kč
Pojezdový příčník	2	5 362,10 Kč	6 471,50 Kč	4 252,70 Kč	5 602,80 Kč	6 471,50 Kč	4 252,70 Kč	5 602,80 Kč	6 762,00 Kč
Přídavné vyztužovací plechy	1	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	6 025,00 Kč	5 085,00 Kč	5 085,00 Kč
Přídavné profily	3	298,08 Kč	298,08 Kč	298,08 Kč	298,08 Kč	298,08 Kč	298,08 Kč	324,00 Kč	324,00 Kč
Další položky									
Režijní materiál	odlišné	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč	932,00 Kč
Nátěrový materiál	1 bal	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	750,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč
Spojovací materiál									
Šrouby jeřábový most - nosný sloup	12	180,00 Kč	180,00 Kč	180,00 Kč	180,00 Kč	189,00 Kč	189,00 Kč	189,00 Kč	189,00 Kč
Šrouby nosný sloup - pojezdový příčník	8	129,00 Kč	129,00 Kč	129,00 Kč	129,00 Kč	136,00 Kč	136,00 Kč	136,00 Kč	136,00 Kč
Šrouby - kabelová vlečka	6	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč	13,00 Kč
Šrouby - el. Zásuvka	4	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč
Šrouby - pojezdová kola	16	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč	59,00 Kč
Matice - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	81,00 Kč	81,00 Kč	81,00 Kč	81,00 Kč	87,00 Kč	87,00 Kč	87,00 Kč	87,00 Kč
Matice - kabelová vlečka	6	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč
Podložka - jeřábový most, nosný sloup, pojezdový příčník	20	23,00 Kč	23,00 Kč	23,00 Kč	23,00 Kč	27,00 Kč	27,00 Kč	27,00 Kč	27,00 Kč
Podložka - kabelová vlečka	6	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč
Přídavné komponenty									
Jeřábová kočka	1	52 875,00 Kč	52 875,00 Kč	59 247,00 Kč	59 247,00 Kč	59 247,00 Kč	66 283,00 Kč	66 283,00 Kč	66 283,00 Kč
Kabelová vlečka - kolejnice	odlišné	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč	580,00 Kč	665,00 Kč	750,00 Kč
Kabelová vlečka - kladky	odlišné	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč	2 205,00 Kč	2 760,00 Kč	3 310,00 Kč
Kabelová vlečka - koncovka	2	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč	225,00 Kč
Pojezdová kola	4	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč	43 920,00 Kč
Elektrická zásuvka	1	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč	746,00 Kč
Elektrický kabel	odlišné	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč	850,00 Kč	950,00 Kč	1 050,00 Kč
Kabelová lišta	odlišné	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč	50,00 Kč	70,00 Kč	90,00 Kč
Položka KPC - návrh, konstrukce, výroba									
Přidaná hodnota		88 000,00 Kč	91 000,00 Kč	94 000,00 Kč	97 000,00 Kč	100 000,00 Kč	103 000,00 Kč	106 000,00 Kč	109 000,00 Kč
Celková cena bez DPH		234 127,0 Kč	245 563,0 Kč	238 058,0 Kč	250 113,0 Kč	260 924,0 Kč	254 120,0 Kč	268 717,0 Kč	280 827,0 Kč