



# 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

## RÁM KABINY VÝTAHU

FRAME OF THE ELEVATOR CABIN

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Řehulka

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

BRNO 2024





## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Filip Řehulka**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Rám kabiny výtahu

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte rám kabiny osobního výtahu s nosností 600 kg.

#### Cíle bakalářské práce:

Konstrukční návrh rámu kabiny výtahu.  
Funkční výpočet trakčního lanového výtahu.  
Kontrolní výpočet rámu kabiny.

#### Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 81-20.

ČSN EN 81-50.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

Polák, J.: Dopravní a manipulační zařízení II., 1. vyd., Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003, 104 s., ISBN: 80-248-0493-X.

Pavliška, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení IV, 1. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2004, 128 s., ISBN: 80-248-0537-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh výtahového rámu, jeho pevnostní výpočet a funkční výpočet výtahového systému s nosností 600 kg. Bylo nutné určit použití výtahu, počet přepravovaných osob a typ pohonu s použitím výtahových pásů místo lan. Výtah je navržen pro 6 osob a instalován v čtyřpatrovém obytném domě s trakčním pohonem s lanováním 2:1 a jmenovitou rychlostí  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Konstrukce rámu byla modelována v programu Autodesk Inventor, s použitím C a čtvercových profilů. Výpočty pro určení bezpečnosti byly provedeny dle norem ČSN EN 81-20 a ČSN EN 81-50.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Rám výtahu, osobní výtah, vodítka, trakční schopnost, výtahové pásy, pevnostní výpočet

## ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the design of the elevator frame, its strength calculation and functional calculation of the elevator system with a load capacity of 600 kg. It was necessary to determine the use of the elevator, the number of people carried and the type of drive that use elevator belts instead of ropes. The lift is designed for 6 people and installed in a four-storey residential building with traction drive with a 2:1 roping and a rated speed of  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . The frame structure was modelled in Autodesk Inventor, using C and square sections. Safety calculations were performed according to ČSN EN 81-20 and ČSN EN 81-50.

## KEYWORDS

Lift frame, passenger lift, guides, traction, lift belts, strength calculation



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŘEHULKA, Filip. Rám kabiny výtahu [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157489>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Přemysl Pokorný.





## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Přemysla Pokorného, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 24. května 2024

.....

Filip Řehulka





## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Přemyslu Pokornému, Ph.D. za cenné rady, užitečné připomínky a odborné vedení při psaní této závěrečné práce.

Chtěl bych také poděkovat svým rodičům za podporu při studiu i mimo něj.



# OBSAH

Úvod .....	15
<b>1 Výtah.....</b>	<b>16</b>
1.1 Výtahy a jejich rozdělení .....	16
1.2 Části výtahu .....	17
1.2.1 Rám.....	17
1.2.2 Kabina.....	18
1.2.3 Pohon.....	18
1.2.4 Vodítka .....	19
1.2.5 Lana a pásy .....	19
1.2.6 Omezovač rychlosti .....	20
1.3 Komponenty na rámu .....	20
1.3.1 Čelisti.....	21
1.3.2 Mazače.....	21
1.3.3 Zachycovače .....	21
1.3.4 Kladky .....	22
<b>2 Vlastní koncepční řešení .....</b>	<b>23</b>
2.1 Celý model.....	24
2.2 Hlavní konstrukční část .....	25
2.2.1 Horní vzpěra .....	26
2.2.2 Dolní vzpěra .....	27
2.3 Rám podlahy.....	28
2.3.1 Podpory rámu podlahy .....	28
2.3.2 Uložení kladek.....	29
2.4 Další použité součásti .....	30
2.4.1 Vodítka .....	30
2.4.2 Pásy.....	31
2.4.3 Vodící čelisti a vložka do čelisti.....	32
2.4.4 Zachycovač.....	32
2.4.5 Mazač.....	33
2.4.6 Omezovač rychlosti .....	33
2.4.7 Nárazníky.....	34
<b>3 Výpočty .....</b>	<b>35</b>
3.1 Vodítka .....	35
3.1.1 Situace 1 se zachycovači .....	37
3.1.2 Situace 2 se zachycovači .....	42
3.1.3 Situace 3 režim nakládání.....	46
3.2 Pásy.....	47
3.2.1 Výpočet podle maximální síly v pásech.....	47
3.2.2 Výpočet pásu pomocí ekvivalentního počtu kladek .....	47
3.3 Výpočet trakční schopnost .....	49
3.3.1 Stav nakládání klece .....	50
3.3.2 Stav nouzového brždění.....	51
3.4 Výpočet svarového spoje.....	51
3.4.1 Určení kritického místa .....	52

---

3.4.2	Posouzení bezpečnosti .....	53
3.5	Výpočet motoru a převodovky .....	54
3.5.1	Výpočet potřebného výkonu .....	54
3.5.2	Výběr elektromotoru .....	55
<b>4</b>	<b>Zhodnocení výpočtů a koncepčního řešení .....</b>	<b>57</b>
<b>Závěr</b>	<b>.....</b>	<b>58</b>
<b>Použité informační zdroje</b>	<b>.....</b>	<b>59</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
<b>Seznam příloh</b>	<b>.....</b>	<b>69</b>

## ÚVOD

V současné době, kdy dochází k vysoké urbanizaci, rozsáhlému rozšiřování měst a stavbě vysokých budov, je zaznamenávána vysoká poptávka po vertikální dopravě. Tato doprava, která zahrnuje výtahy, denně přepravuje mnoho lidí. Efektivní fungování výtahových systémů je zásadní pro hladký provoz moderních městských struktur. Jsou vyvíjeny a implementovány technologie, které zvyšují bezpečnost, rychlost, pohodlnost a spolehlivost přepravy osob a nákladu.

Hlavním aspektem moderních výtahů je efektivní využití prostoru. V současné době jsou využívány výtahové pásy, které umožňují, na rozdíl od výtahových lan, zmenšení průměrů kladek a trakčního kotouče. Díky těmto inovacím je možné využití bezpřevodového pohonu, který nepotřebuje vlastní strojovnu. Tímto je dosaženo toho, že veškeré komponenty výtahového systému nezabírají prostor mimo výtahovou šachtu.

Výtahy jsou navrhovány tak, aby splňovaly náročné požadavky stanovené úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Jedním z hlavních konstrukčních prvků, který podléhá těmto požadavkům, je rám výtahu. Rám výtahu je hlavní nosnou částí výtahové kabiny a jsou na něj kladeny nejvyšší nároky na bezpečnost. Při nežádoucím pohybu kabiny a sepnutí brzd je rám prvním pasivním bezpečnostním prvkem, který chrání cestující. Rám musí odolávat statickým a dynamickým silám při pohybu a brzdění. Proto je nutné, aby měl vysokou tuhost a pevnost. Tento aspekt je však v dnešní době často opomíjen, s důrazem na lehkost výtahových rámu. Předpokládá se, že výtah bude zastaven díky brzdám na motoru nebo na rámu, jimiž je vybaven.

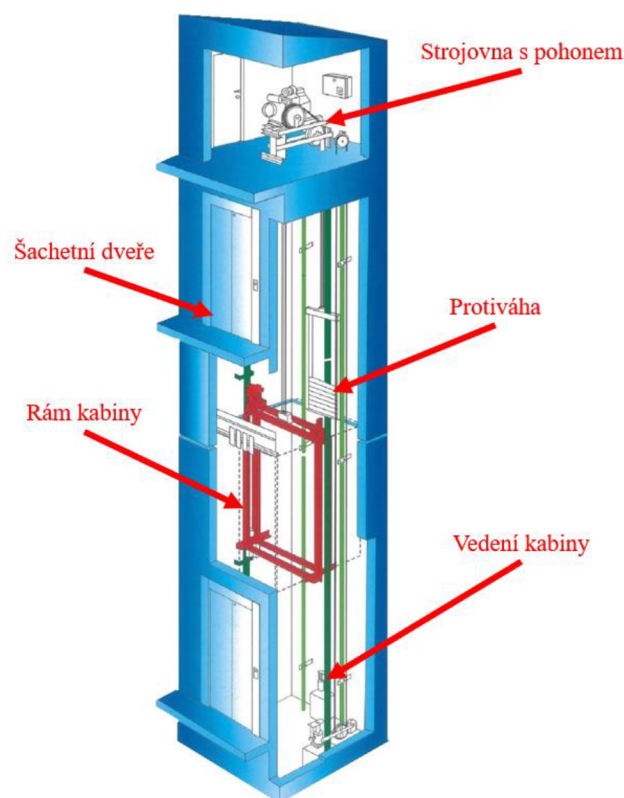
# 1 VÝTAH

Tato část práce je zaměřena na popis výtahového zařízení a jeho klíčových součástí, které tvoří systém umožňující pohyb osob a nákladu v různých typech budov. Obsah rešerše zahrnuje definici výtahu a jeho základní dělení. Rešerše je zaměřována na popis jednotlivých částí výtahu, které jsou nezbytné pro správné a bezpečné fungování celého mechanismu.

## 1.1 VÝTAHY A JEJICH ROZDĚLENÍ

Výtahy jsou dopravní zařízení určena pro pohyb ve vedení ve svislé šachtě, umožňující přepravu osob nebo nákladu mezi patry vícepodlažních budov. Příklad takového výtahového systému lze vidět na (Obr. 1). Většina moderních výtahů je poháněna elektrickými motory, které využívají systém kabelů nebo pásů a kladkostrojů s protizávažím, které slouží pro zmenšení energetické náročnosti výtahu.[1]

Veškeré rozměry, použití jednotlivých komponent a bezpečnostní předpisy jsou určeny normami ČSN EN 81-50 [2] a ČSN EN 81-20 [3]. Tyto normy specifikují technické požadavky na konstrukci a instalaci výtahů, se zaměřením na bezpečnost cestujících a pracovníků, kteří provádějí údržbu. Tyto normy obsahují podrobné požadavky na mechanickou pevnost, konstrukční materiály a rozměry jednotlivých komponent, aby se zajistila dostatečná bezpečnost a spolehlivost výtahových systémů.



Obr. 1 Šachta výtahu s kabinou [4]

## 1.2 ČÁSTI VÝTAHU

Tato část se zaměřuje na jednotlivé části výtahového mechanismu, které jsou důležité pro bezpečné fungování.

### 1.2.1 RÁM

Rám výtahu je hlavní nosnou částí, na kterou je upevněna kabina, vodící čelisti, kladky a zachycovače. Rám výtahu je navrhován tak, aby odolával různým typům zatížení, jako jsou například statická zatížení z váhy kabiny, váhy od hmotnosti nákladu, dynamická zatížení z pohybu kabiny a zátěži při nouzovém brzdění.[5] Konstrukce rámu výtahu zahrnuje spodní vzpěry a svislé nosné sloupce, které jsou spojovány pomocí šroubů, nýtů nebo svařováním [5]. Takový typ rámu lze vidět na (Obr. 2).



Obr. 2 Rám výtahu [6]

Rám je rovněž konstruován tak, aby při případném selhání všech bezpečnostních prvků a spuštění výtahu do prohlubně na doseky odolal nárazu a ochránil cestující uvnitř kabiny. Rám musí také splňovat bezpečnostní předpisy, které jsou zahrnuty v normách ČSN EN 81-50 [2] a ČSN EN 81-20 [3].

### 1.2.2 KABINA

Kabina výtahu, která je zobrazena na (*Obr. 3*), je uzavřeným prostorem určeným pro přepravu osob nebo nákladu. Je tvořena pevnou konstrukcí, obvykle z plechových dílů, které jsou sešroubovány k sobě. Kabina je vybavena dveřmi, podlahou, stropem a vnitřními ovládacími prvky pro cestující. Konstrukce kabiny je postavena na rámu podlahy, který je spojen s rámem výtahu. Konstrukce kabiny je regulována normami [2] a [3] pro zajištění bezpečí cestujících.



*Obr. 3* Kabina výtahu [7]

### 1.2.3 POHON

Pohony výtahů lze rozdělit na pohon využívající k pohybu kabiny lana, hydraulické systémy a řetězy [8].

Nejčastěji je používán trakční pohon (*Obr. 4*), při kterém jsou kabina a protizávaží zavěšeny na ocelových laněch, jež jsou vedeny přes kladku poháněnou výtahovým elektromotorem, kde je pohyb přenášen třením mezi lany a kladkou. Další možností je navíjení lan na buben. Tento pohon se nevyužívá v kombinaci s protizávažím, proto je potřeba většího výkonu motoru, avšak nedochází zde k tak velkému opotřebení bubnu jako u trakčních kol. [9]

U hydraulického pohonu je zdvihacím elementem síla, kterou vyvolá čerpadlo poháněné natlakovaným hydraulickým olejem. Tento pohon lze rozdělit na přímý a nepřímý, v závislosti na tom, zda je hlava pístu hydromotoru (*Obr. 5*) přímo či nepřímo spojena s klecí. Pokud je hlava pístu připevněna k nosné konstrukci klece nebo její kostře jedná se o přímý pohon, jestliže je hlava spojena s klecí nebo kosterou pomocí lan, jedná se poté o nepřímý hydraulický pohon. [9]





Obr. 4 Převodový výtahový stroj [10]



Obr. 5 Výtahový hydromotor [11]

#### 1.2.4 VODÍTKO

Vodítka je jednou z hlavních součástí výtahového systému, určující směr pohybu výtahové kabiny a protiváhy. Jsou vyrobena z pevných ocelí nebo hliníku, aby vydržela velké síly a zatížení, kterým jsou vystavena [12]. Vodítka se vyrábějí v podobě dlouhých tyčí s profilem T, které lze vidět na (Obr. 6), přičemž v moderních výtahových systémech se tento profil používá nejčastěji. Méně používaným profilem je tvar písmene C, který se specificky používá u výtahů, kde tento typ vyžadují architektonické nebo designové požadavky. [13]



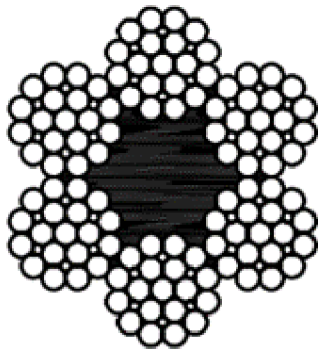
Obr. 6 Výtahové vodítka broušené typu T [12]

#### 1.2.5 LANA A PÁSY

Výtahová lana jsou hlavním nosným elementem výtahového systému. Jsou vyrobena z vysokopevnostní oceli, aby odolávala vysokým silám a opotřebením. Lana přenášejí hmotnost kabiny a protiváhy poháněné přes trakční kotouč a kladky, čímž zajišťují pohyb kabiny v šachtě. Lano (Obr. 7) se skládá z jádra, které je obaleno několika vrstvami ocelových drátů obvykle se tato vrstva skládá z šesti, osmi nebo devíti pramenů spletených do pramenů tyto jádra mohou být vyrobena z přírodních nebo syntetických vláken nebo z dalšího ocelového lana.

Ploché pásy (Obr. 8), které nahrazují ocelová lana, jsou tvořeny ocelovými lany o průměru 2 mm, zapouzdřenými v černém polyuretanovém povlaku. Tato konstrukce umožňuje vyšší ohebnost pásů, což dovozuje použití menších trakčních kotoučů a kladek při zachování vysoké

pevnosti v tahu. Při zkouškách se prokázalo, že tyto pásy mají delší životnost než běžná ocelová lana při stejných provozních podmínkách. [14]



Obr. 7 Výtahové lano [15]



Obr. 8 Výtahový pás POLYROPE [16]

### 1.2.6 OMEZOVAČ RYCHLOSTI

Omezovač rychlosti (Obr. 9) slouží k detekci a zamezení nekontrolovaného pohybu kabiny po překročení maximální jmenovité rychlosti nastavené na omezovači. Pokud omezovač zaznamená, že došlo k překročení rychlosti, aktivuje pomocí lanka brzdny systém, čímž dojde k zastavení kabiny a zachycení do vodítek. Dle norem [2; 3] je omezovač rychlosti povinnou výbavou každého výtahového systému.



Obr. 9 Omezovač rychlosti LX120 obousměrný [17]

## 1.3 KOMPONENTY NA RÁMU

Tato podkapitola je zaměřena na komponenty, které jsou připevněny na rámu výtahu. Komponenty, jako jsou například čelisti, zachycovače a kladky, jsou považovány za důležitý prvek pro efektivní fungování, bezpečnou a pohodlnou jízdu.

### 1.3.1 ČELISTI

Čelisti slouží pro vedení výtahu ve vodičích. Jejich hlavní funkcí je zajištění hladkého a přesného pohybu kabiny ve výtahové šachtě bez jakéhokoliv vychýlení či kmitání. Dělí se na kluzné čelisti (*Obr. 10*) pro pomalé a středně rychlé výtahy a valivé čelisti (*Obr. 11*) pro výtahy s vysokými rychlostmi. Čelisti jsou namontovány na každé straně rámu po párech [18].



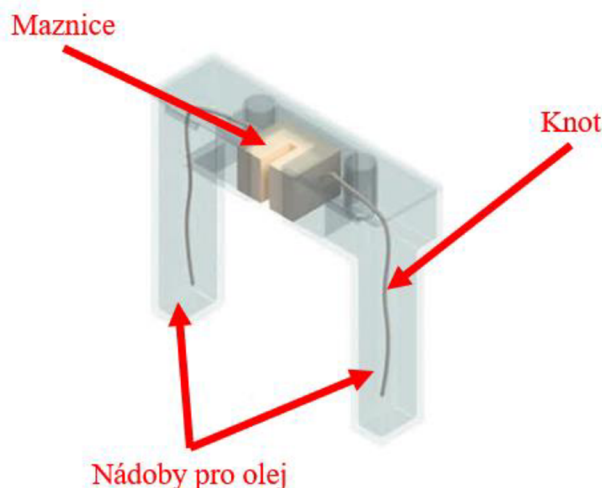
*Obr. 10* Kluzné čelisti ETN - HSM [19]



*Obr. 11* Valivé čelisti ETN – GG1 [20]

### 1.3.2 MAZAČE

Mazače jsou používány pro mazání vodiček z důvodu zmenšení tření a opotřebení čelistí. Tyto mazače (*Obr. 12*) se instalují buď na samotné čelisti nebo na rám výtahu v kombinaci se stěračem oleje. Mazače pro výtahy využívají jako mazivo olej, který je umístěn v nádobách pro olej. Olej se poté dopravuje pomocí knotů do maznice [21].



*Obr. 12* Mazač Oiler 140 [převzato a upraveno z 22]

### 1.3.3 ZACHYCOVAČE

Zachycovače jsou bezpečnostní zařízení, která slouží k zastavení kabiny při nekontrolovaném rychlém pohybu. Senzory nebo mechanické systémy detekují, že rychlost kabiny překročila bezpečnou mez, a aktivují zachycovače [23]. Zachycovací mechanismus může být okamžitý

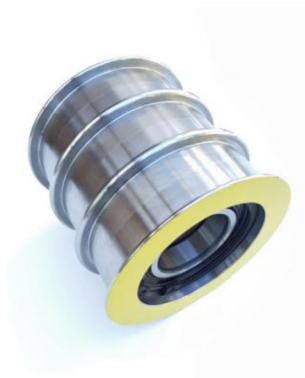
(Obr. 13), kdy se čelisti sepnou ihned, nebo progresivní, kdy brzdění probíhá postupně podle rychlosti a váhy kabiny v okamžiku vybavení [24].



Obr. 13 Zachycovač s okamžitým sepnutím [24]

#### 1.3.4 KLADKY

Kladky pomáhají rotační pohyb z motoru přenášet na translační pohyb výtahové kabiny. Při trakčním systému jsou lana výtahu vedena přes trakční kotouč, který je připevněn k motoru. Kladky pro výtahová lana mají větší průměry kvůli malé ohebnosti lan. Tento problém je řešen výtahovými pásy, jejichž kladky mají menší průměry, díky čemu se šetří místo a celková hmotnost rámu.



Obr. 14 Kladka pro pásy [25]



Obr. 15 Kladka pro lana [26]

## 2 VLASTNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Tato část se zaměřuje na vlastní koncepční řešení výtahového rámu. Cílem je detailně popsat navržený koncept, včetně konstrukce, materiálu a dalších parametrů. Použití tohoto rámu se uvažuje pro výtah v obytném domě se 4 patry a nosností  $Q = 600$  kg. Rám je navržen pro přepravu 6 osob. Minimální počet cestujících, které lze přepravit je řízeno dle normy ČSN EN 81-20 [3] a je určen podle nosnosti výtahu pomocí vzorce (2.1). Pro tuto nosnost může být tedy výtah dimenzován pro 6 osob.

$$\frac{Q}{75} = \text{počet osob} \quad (2.1)$$

$$\frac{600}{75} = 8 \text{ osob}$$

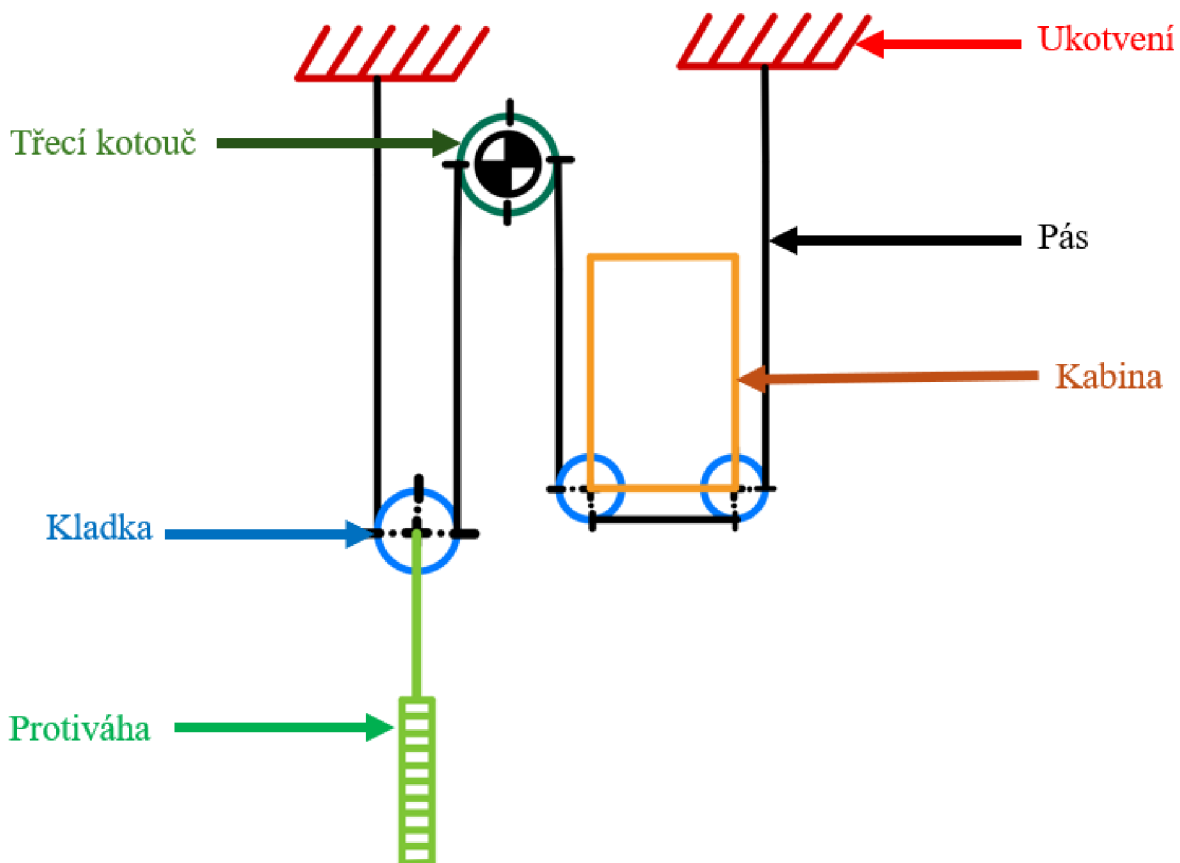
Podle počtu přepravovaných osob je poté dle normy [3] určena nejmenší užitá plocha klece, která činí dle (Tab. 1)  $1,17 \text{ m}^2$ . Celý koncepční návrh byl dále navrhnout dle této nejmenší užité plochy.

Tab. 1 Nejmenší užitá plocha podle počtu cestujících [3]

Počet cestujících	Nejmenší užitná plocha klece ( $\text{m}^2$ )	Počet cestujících	Nejmenší užitná plocha klece ( $\text{m}^2$ )
1	0,28	11	1,87
2	0,49	12	2,01
3	0,60	13	2,15
4	0,79	14	2,29
5	0,98	15	2,43
6	1,17	16	2,57
7	1,31	17	2,71
8	1,45	18	2,85
9	1,59	19	2,99
10	1,73	20	3,13

Při více než 20 osobách se přidává  $0,115 \text{ m}^2$  na každou osobu navíc.

Výtah je uvažován jako trakční s kluzným vedením, který využívá místo výtahových lan, pásy a kladky od firmy POLYROPE [14]. Výtahový systém používá lanování 2:1 a je popsán na (Obr. 16).



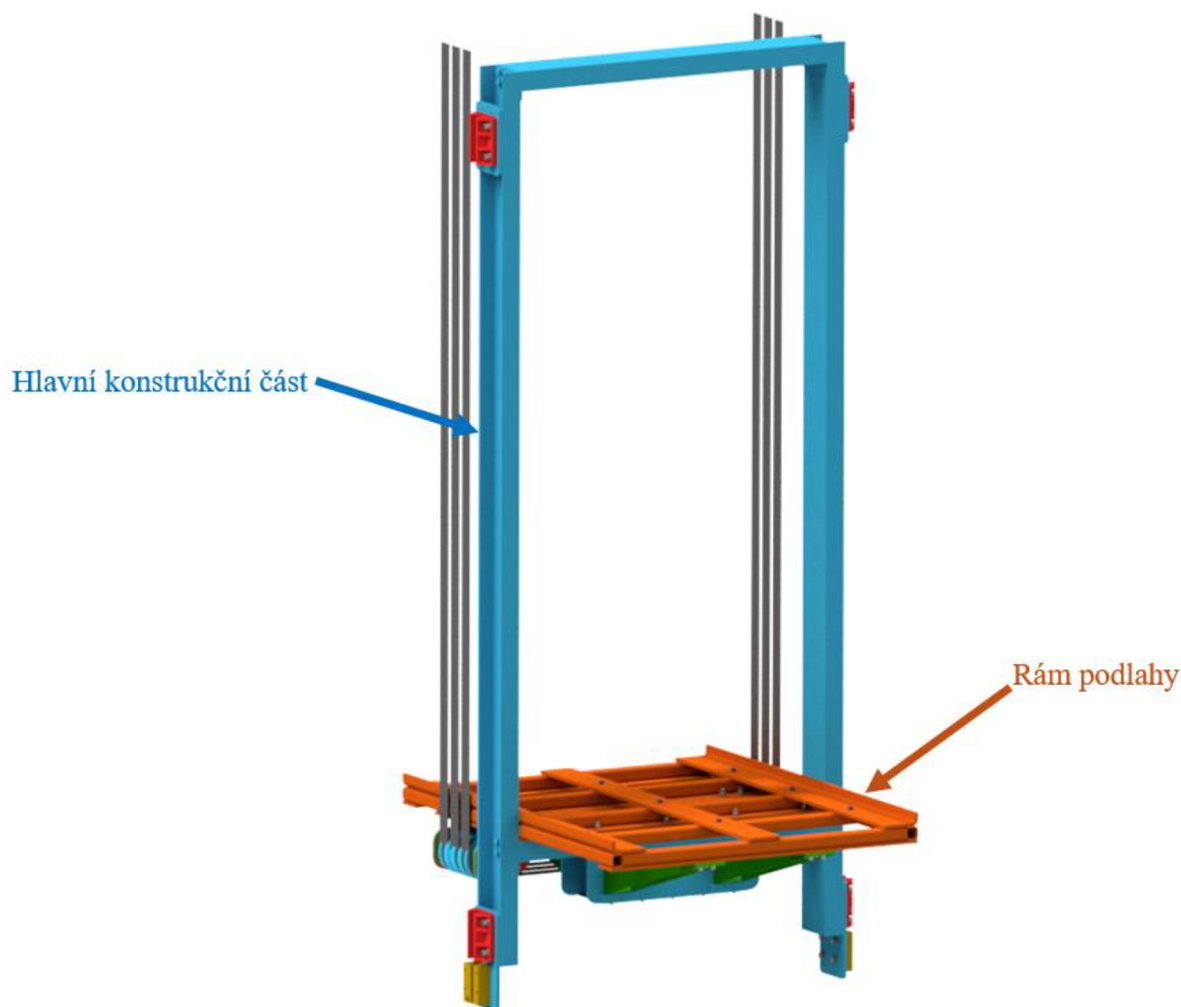
Obr. 16 Popis schématu výtahového systému

## 2.1 CELÝ MODEL

Toto konstrukční řešení se skládá ze 2 částí. První je hlavní konstrukční část vyobrazena modrou barvou na (Obr. 17) a druhou částí je rám podlahy vyobrazen barvou oranžovou. Celková výška rámu je 2730 mm, šířka 1000 mm a hloubka činí 1250 mm.

Celý rám je konstruován tak, aby hlavním spojovacím a nosným prvkem byl svarový spoj. Šroubové spoje slouží primárně ke spojování jednotlivých součástí k sobě, nikoliv k přenášení sil a momentů. Toto řešení bylo zvoleno kvůli vyšší bezpečnosti.

Veškeré součásti rámu, které nejsou normalizovány nebo vybrány od externích dodavatelů, jsou vyrobeny z materiálu E235.



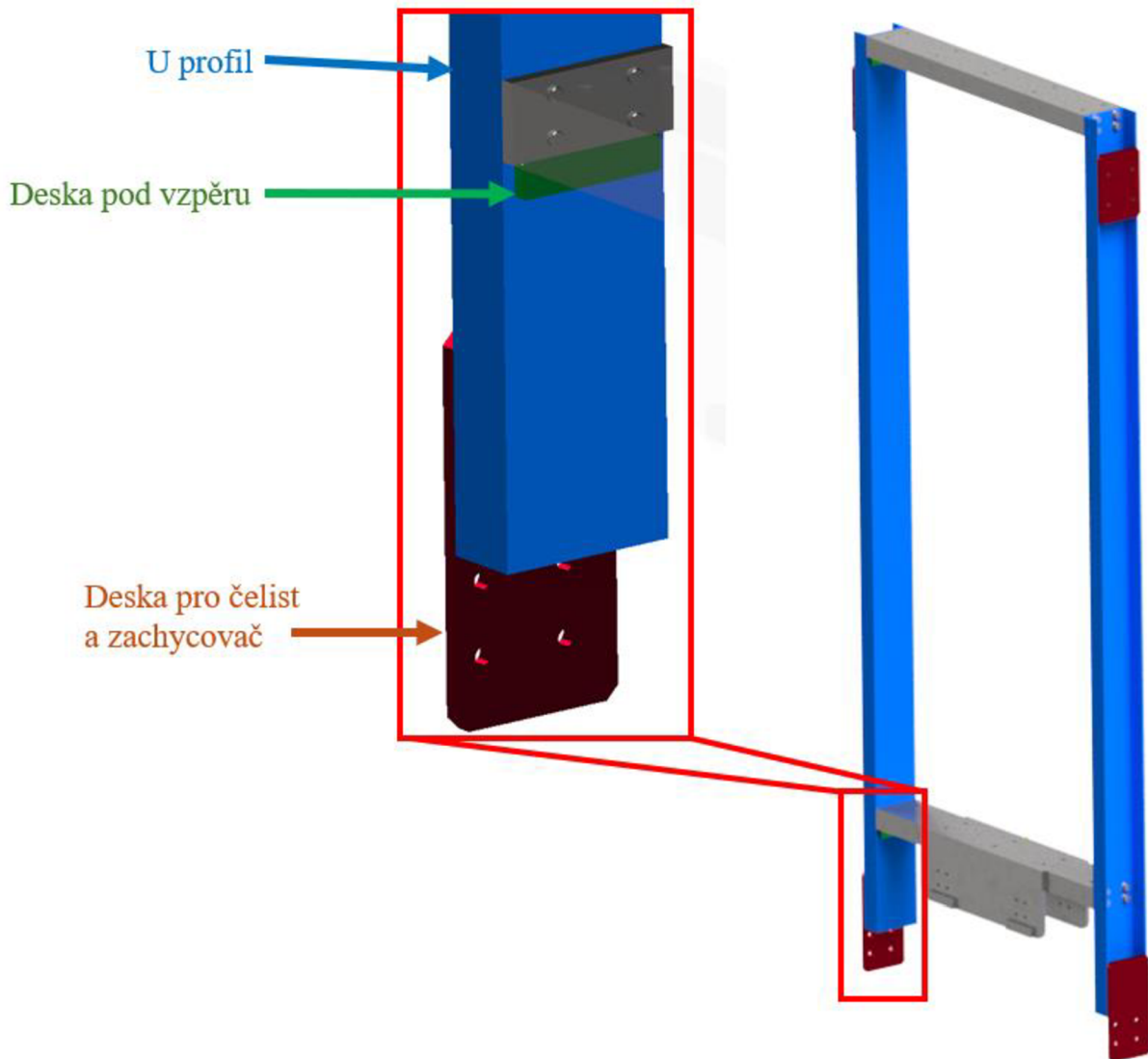
Obr. 17 Koncepční návrh rámu výtahu

## 2.2 HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁST

Nosná konstrukce výtahového rámu je tvořena U profily se značením U140, které splňují normu ČSN EN 10025-2 [27]. Každý z těchto profilů má délku 2600 mm a tvoří boky rámu. Tyto profily byly zvoleny kvůli jejich vysoké pevnosti a stabilitě, které jsou nezbytné pro tuhost rámu. Tuhost rámu je důležitá, kdyby nastala situace, že veškerá hmotnost nákladu by působila do jednoho z rohů podlahy. V tomto případě by se celá konstrukce začala kroutit, což by například konstrukce tvořená z plechů nemusela vydržet a nevratně se zdeformovat.

Na bočních U profilech jsou pevně navařeny desky, které slouží k připevnění zachycovačů a kluzných čelistí. Na rovné části U profilů jsou navařeny malé desky, které slouží ke správnému usazení horní a dolní vzpěry. Tyto desky jsou vyobrazeny zelenou barvou. Veškeré součásti lze vidět na (Obr. 18).



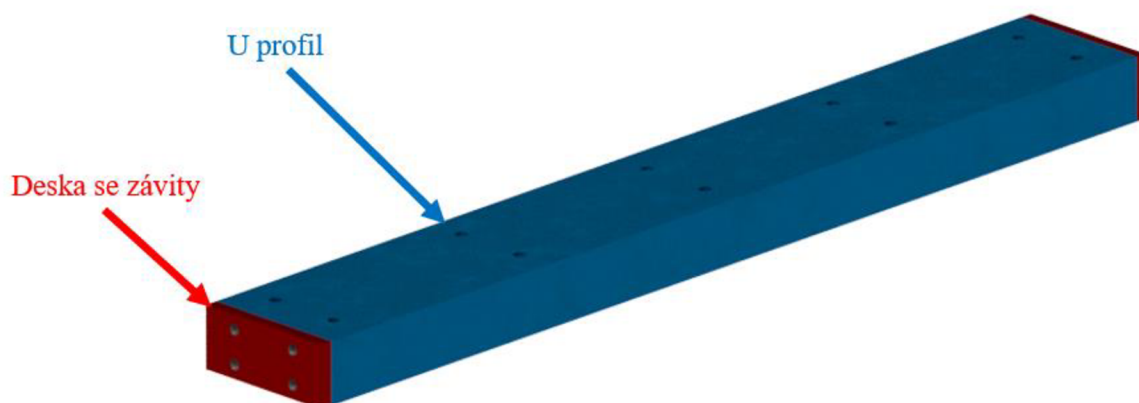


Obr. 18 Spojení hlavní nosné konstrukce se spodní vzpěrou

### 2.2.1 HORNÍ VZPĚRA

Horní vzpěra (Obr. 19) je vyrobena z U profilu U140 s délkou 1000 mm. Na obou koncích horní vzpěry jsou přivařeny desky s rozměry 60x12x140 mm. Tyto desky jsou opatřeny dírami se závity pro šrouby M12. Tyto díry poté slouží ke spojení s hlavní konstrukční částí pomocí šroubů.

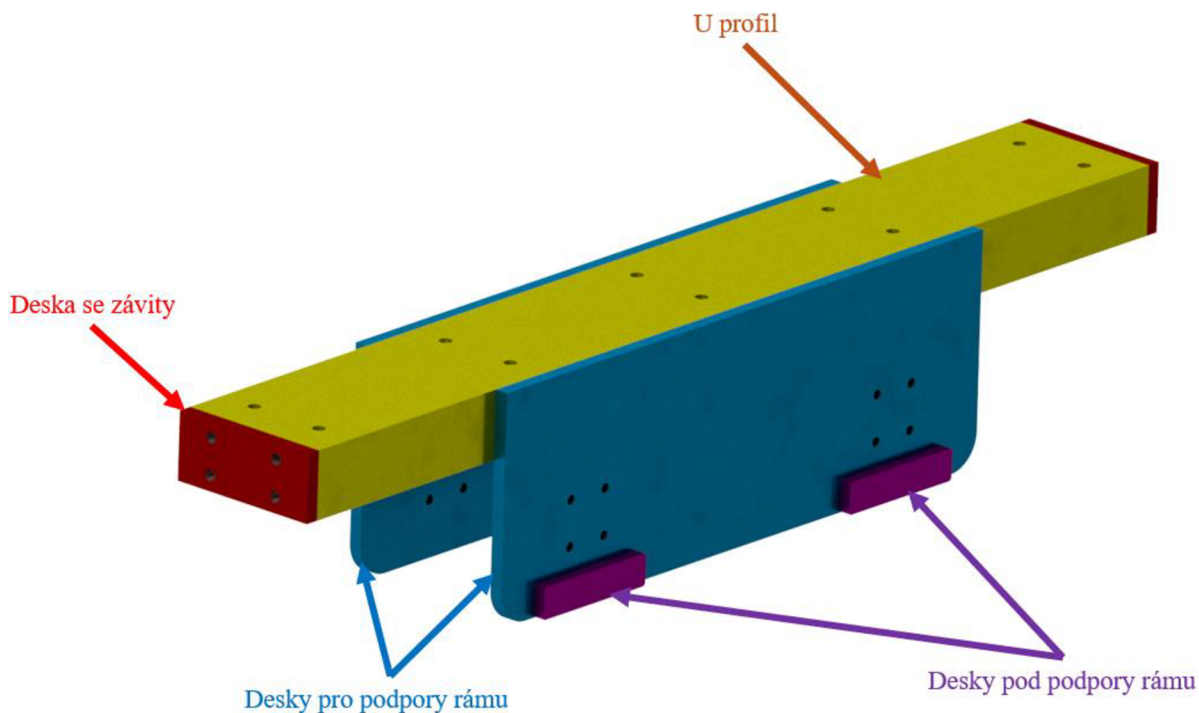




Obr. 19 Horní vzpěra

### 2.2.2 DOLNÍ VZPĚRA

Dolní vzpěra (Obr. 20) je navržena podle stejného konstrukčního konceptu jako horní vzpěra. Rozdíl mezi těmito vzpěrami spočívá v tom, že k dolní vzpěře jsou navíc přivařeny dvě desky, na které jsou montovány podpory rámu. Na těchto deskách jsou přivařeny další dvě desky, které slouží jako opěry pro podpory.

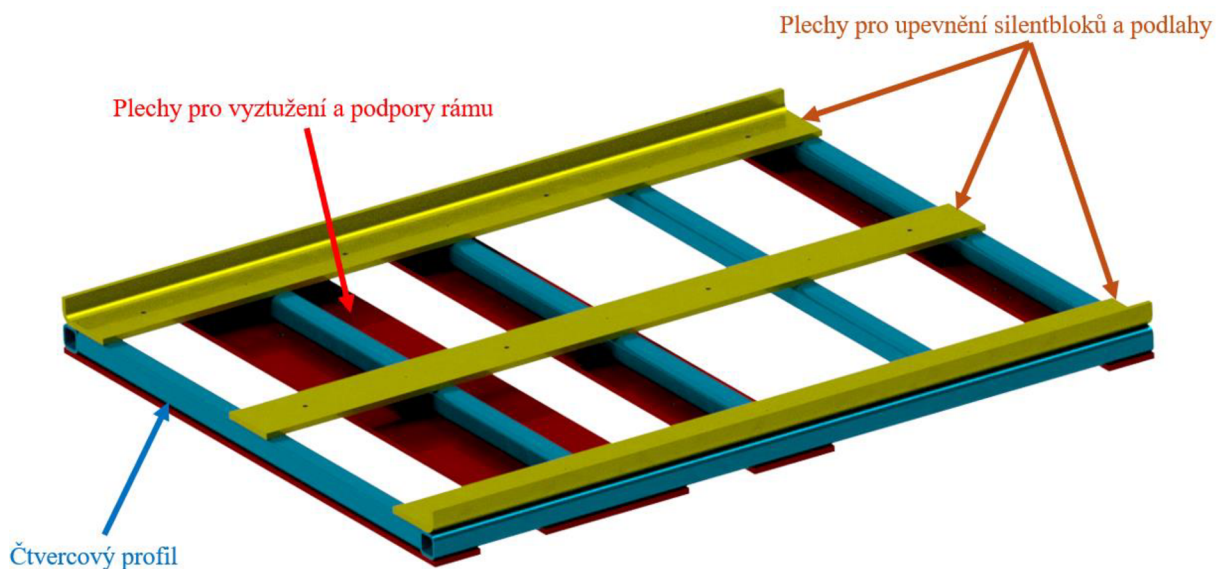


Obr. 20 Dolní vzpěra

## 2.3 RÁM PODLAHY

Rám podlahy (*Obr. 21*) výtahu je tvořen čtvercovými profily 40x40x5 mm, které splňují normu ČSN EN 10219-1 [28]. Tyto profily jsou uspořádány do obdélníkového tvaru o rozměrech 1250x1000 mm tímto výtah splňuje minimální užitou plochu podlahy, která je dána dle (*Tab. 1*). Rám je vyztužen napříč obdélníku třemi čtvercovými profily o stejných rozměrech, které jsou rozmístěny v první čtvrtině, uprostřed a ve třetí čtvrtině rámu.

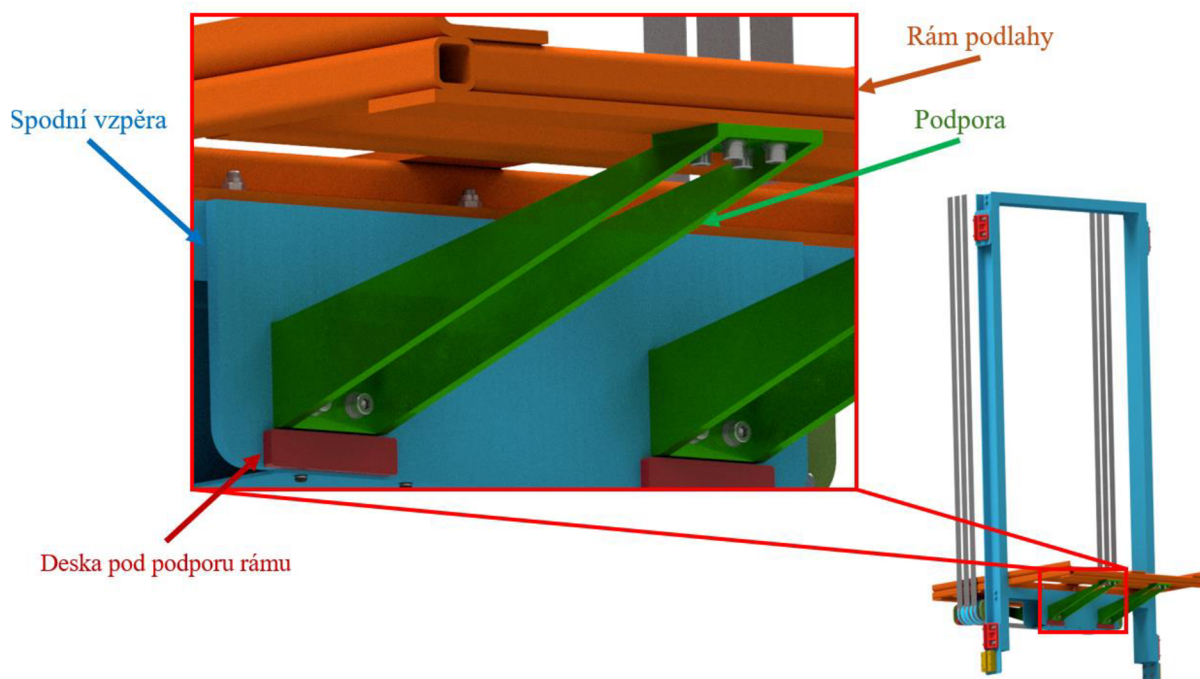
Na horní části rámu jsou připevněny plechy o tloušťce 10 mm, které slouží k uchycení silentbloků a podlahy kabiny. Na spodní stranu čtvercových profilů jsou připevněny desky o tloušťce 10 mm, které umožňují připojení dalších konstrukčních prvků k rámu podlahy. Celá konstrukce je svařena do jednoho celku.



*Obr. 21* Rám podlahy

### 2.3.1 PODPORY RÁMU PODLAHY

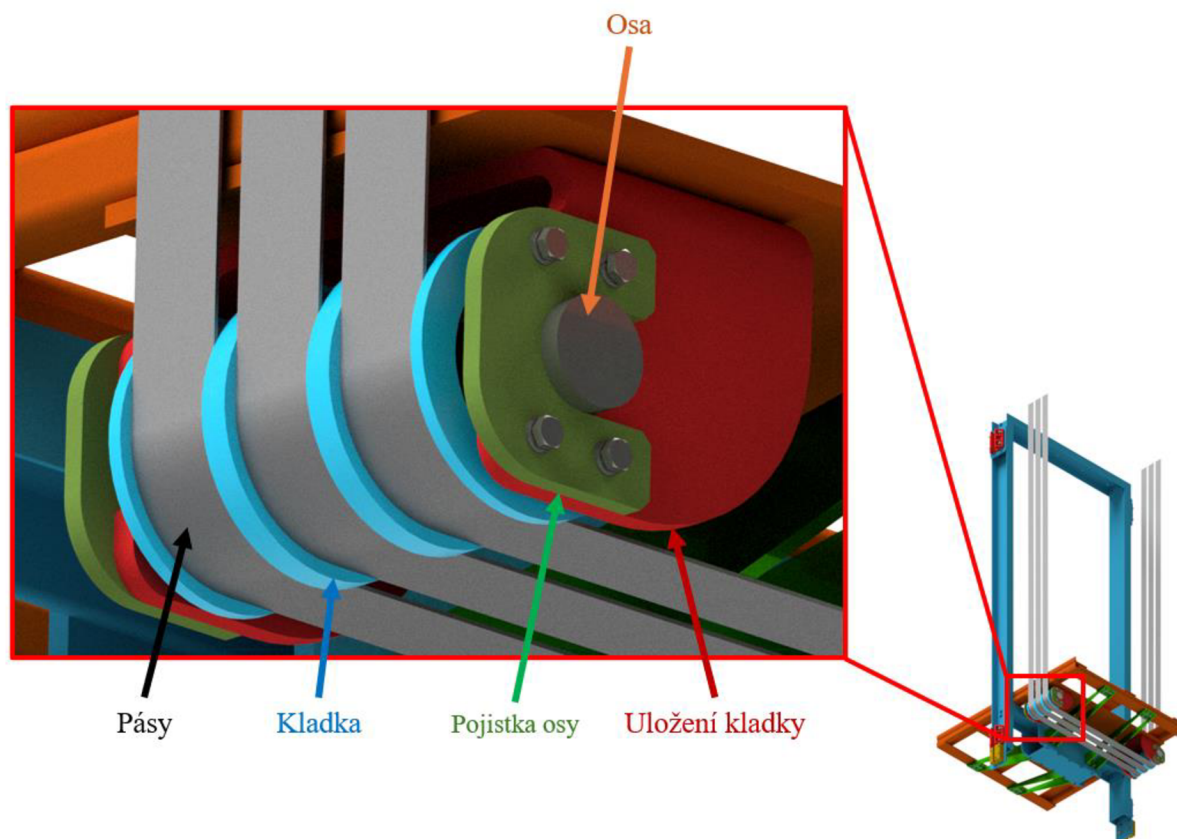
Podpory rámu slouží k zvýšení celkové pevnosti, stability konstrukce, rovnoměrnému rozložení zatížení, zmenšení průhybů podlahy a zvýšení nosnosti. Podpory jsou umístěny mezi rámem podlahy a spodní vzpěrou pomocí šroubů, jak je zobrazeno na (*Obr. 22*).



Obr. 22 Podpory rámu podlahy

### 2.3.2 ULOŽENÍ KLADEK

Kladky jsou uloženy na spodní straně rámu podlahy směrem k umístění výtahových dveří. Toto umístění je zvoleno kvůli posunutí těžiště zavěšení výtahového rámu, které ovlivňuje výpočet sil působících na vodítka. Zároveň toto umístění kladek pod kabinu umožňuje jednoduchou a bezpečnější práci pro obsluhu výtahu při jeho seřizování a instalaci. Uložení je připevněno k rámu podlahy pomocí šroubů M12. Do uložení je vložena osa s vybráním, které lze vidět na (Obr. 23), která zabraňuje prokluzování a nežádoucímu pohybu osy v uložení. Na uložení jsou instalovány pojistky, které slouží k zamezení pohybu osy. Každá z těchto pojistek je připevněna k uložení pomocí čtyř šroubů M8. Pojistky jsou navrženy tak, aby zajišťovaly bezpečné uchycení osy v uložení, zabraňovaly jejímu nežádoucímu pohybu a dovozovaly jednoduchou vyměnitelnost kladek. Tato opatření přispívají k celkové stabilitě a spolehlivosti systému, čímž se minimalizuje riziko selhání během provozu výtahu.



Obr. 23 Uložení kladek

## 2.4 DALŠÍ POUŽITÉ SOUČÁSTI

Tato část popisuje další použité součásti jako jsou vodítka, výtahové pásky, čelisti, zachycovače, mazače, omezovač rychlosti a nárazníky. Tyto komponenty jsou vybírány a kupovány od externích dodavatelů.

### 2.4.1 VODÍTKA

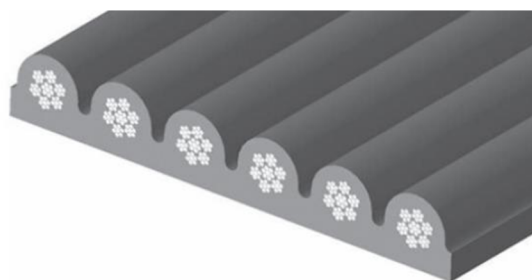
Typ vodítek zvolených pro toto konstrukční řešení je T70-1 (Obr. 24), strojově broušen, s délkou 5 m a šířkou pro čelisti 9 mm [29]. Vodítko vybrané pro tuto konstrukci je od firmy FRONTIER COMPONENTS a veškeré specifikace vodítka jsou uvedeny v (Tab. 5). Vodítka splňují veškeré požadavky kladené normami [5] a [1].



Obr. 24 Vodítka T70-1 [29]

#### 2.4.2 PÁSY

Pro toto konstrukční řešení byly zvoleny výtahové pásy POLYROPE F50 s nosností 60kN [2] od firmy POLYROPE, které jsou vyobrazeny na (Obr. 25). Pásy jsou certifikovány pro instalaci jako závěsný prostředek v osobních či nákladních výtazích v souladu s normami [9; 1] a na základě směrnice EU pro výtahy Lifts Directive 2014/33/EU.



Obr. 25 Řez výtahovým pásem POLYROPE [14]



### 2.4.3 VODÍCÍ ČELISTI A VLOŽKA DO ČELISTI

Pro toto koncepční řešení byly vybrány vodící čelisti HSM 140 [30] (Obr. 26), které jsou distribuovány společností FRONTIER COMPONENTS. Pro tuto čelist je doporučena vložka EM09-140DT-GF [31] (Obr. 27). Čelist je vyrobena z hliníkového odlitku a disponuje tržní silou 80 kN.



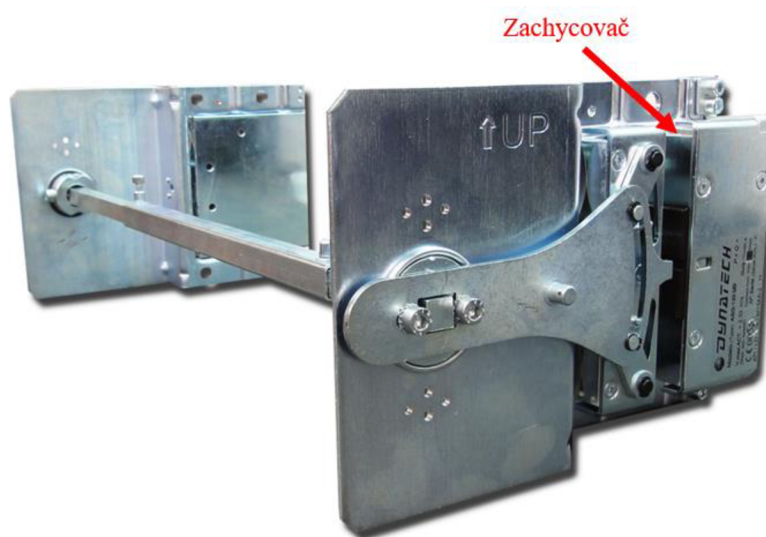
Obr. 26 Vodící čelist HSM 140 AL [30]



Obr. 27 Vložka do čelisti EM09 [31]

### 2.4.4 ZACHYCOVAČ

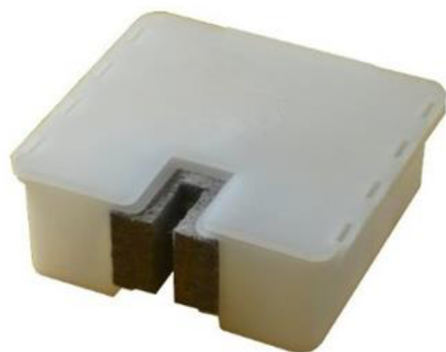
Zachycovač zvolen v tomto konstrukčním řešení je typu ASG – 100 – UD [32] (Obr. 28) pro jmenovité zatížení od nákladu a hmotnosti rámu 1522 kg s šířkou vodítek 9 mm. Zachycovač je obousměrný z důvodu použití protizávaží. Tento zachycovač je certifikován podle norem [2; 3] a distribuován firmou FRONTIER COMPONENTS, je vyroben z korozi-vzdorného materiálu, díky kterému je zaručena dlouhá životnost. Při použití tohoto typu zachycovače je nutné použít vodítka mazaná.



Obr. 28 Zachycovač ASG – 100 – UD

### 2.4.5 MAZAČ

Jako mazač je zvolen olejový mazač ETN – 3009 [33] (*Obr. 29*) pro čelisti HSM a velikost vodička 9 mm. Společně s mazačem je zvolen i olejový sběrač ETN HR 9 – 10 [34] (*Obr. 30*) pro vodička s velikostí 9 mm. Tyto součástky jsou distribuovány firmou LM Metal Lift s.r.o.



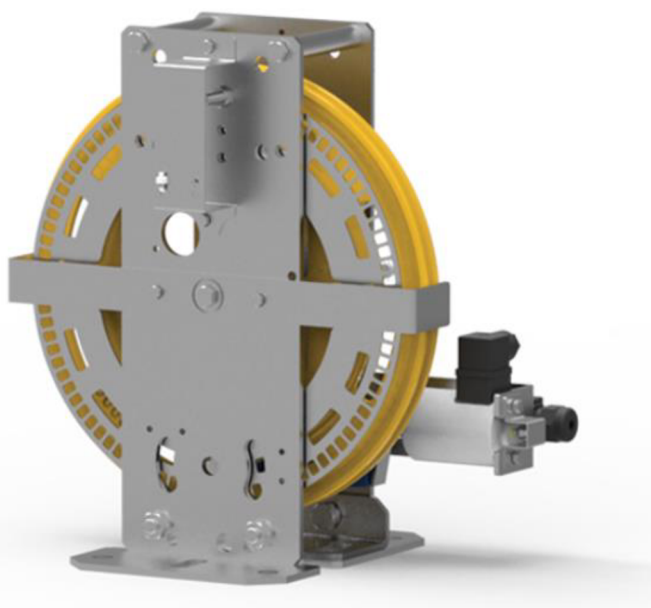
*Obr. 29* Mazač ETN – 3009 [33]



*Obr. 30* Olejový sběrač ETN HR [34]

### 2.4.6 OMEZOVAČ RYCHLOSTI

Jako omezovač rychlosti je zvolen omezovač rychlosti [35] (*Obr. 31*) od firmy Montanari Giulio distribuován firmou FRONTIER COMPONENTS. Tento omezovač rychlosti je vybrán na základě nominální rychlosti výtahu, která je  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Vybavovací rychlost, při které se omezovač rychlosti aktivuje, je 125 % nominální rychlosti tj.  $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Omezovač rychlosti splňuje veškeré podmínky kladené normami [2] a [3].



*Obr. 31* Omezovač rychlosti od firmy Montanari Giulio [35]

### 2.4.7 NÁRAZNÍKY

Podle nominální rychlosti  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  výtahu byl určen pro toto konstrukční řešení pryžový nárazník [36] (Obr. 32) dodáván firmou FRONTIER COMPONENTS. Tento nárazník je umístěn v prohlubni šachty na dosedu [37] (Obr. 33) ve výšce 1 m nad podlahou prohlubně v počtu 2 kusů. Rozsah zatížení jednoho nárazníku pro rychlost  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  je 3600 kg. Nárazníky jsou v souladu s normami [2; 3] a splňují veškeré požadavky.



Obr. 32 Nárazník [36]



Obr. 33 Dosed univerzální [37]



### 3 VÝPOČTY

Tato část je zaměřena na hlavní namáhané prvky výtahového rámu. Provádí se detailní výpočty vodítek pro různé situace dle ČSN 81-50 [2] a ČSN 81-20 [3]. Situace 1 představuje případ, kdy je veškerý náklad umístěn na přední polovině podlahy, zatímco Situace 2 zahrnuje případ, kdy je zátěž umístěna na pravé polovině podlahy.

Tyto situace jsou analyzovány pro režimy s aktivovanými zachycovači a pro režim nakládání. Režim jízdy není zahrnut ve výpočtech, protože se předpokládá, že režim, kdy jsou aktivovány zachycovače, je kritičtější. V tomto režimu je totiž větší pravděpodobnost výskytu extrémních situací, které mohou způsobit větší namáhání vodítek.

Jako hlavními vstupními hodnotami pro výpočet je celková nosnost výtahu  $Q = 600$  kg a celková hmotnost rámu kabiny, klece, dveří a dalších součástí, které jsou připevněny k rámu  $P = 720$  kg. Tato hodnota je odečtena pomocí programu Autodesk Inventor. Na základě výsledků těchto výpočtů je testováno, zda vybrané vodítko výtahu vyhovuje stanoveným požadavkům. Je předpokládáno, že vodítka protiváhy jsou méně namáhána a z tohoto důvodu nejsou do výpočtů zahrnuta.

Další částí této sekce jsou výpočty týkající se výtahových pásů. Následuje výpočet trakční schopnosti výtahu, posouzení svarového spoje v nejkritičtějších místech konstrukce a výběr pohonu.

Těmito výpočty se zajišťuje, že navržený výtahový rám splňuje veškeré požadavky na bezpečnost a efektivní provoz.

#### 3.1 VODÍTKA

Vhodnost vodítek je ověřena podle normy [2; 3]. Tato metoda slouží k zjištění, že síla působící na vodítko nevyvolá větší průhyb, než je maximální povolený průhyb. Také se zkoumá, zda vodítko splňuje bezpečnostní požadavky pro vzpěr a kombinované namáhání od dalších napětí jako je ohyb a tlak společně s napětím od vzpěru.

Výpočty jsou prováděny pro režimy zachycení a nakládání. Režim nakládání je ověřován přidáním náhradní síly, která se určuje dle konkrétního typu použití výtahu. V tomto výpočtu je síla umístěna na práh výtahových dveří, což je nejbližší bod od počátku souřadného systému, a vytváří tak riziko kritické situace.

Jako první je nutné, aby byl stanoven součinitel nárazu (*Tab. 2*), protože zohledňuje režim, který je analyzován a násobí vypočtenou sílu.

Tab. 2 Součinitel nárazu [3]

Náraz	Součinitel nárazu	Hodnota
Činnost samosvorných zachycovačů, dosedacího zařízení nebo s nárazníky pohlcujícími energii	$k_1$	3
Jízda	$k_2$	1,2
Pomocné díly upevněné na vodítka a jiné provozní případy	$k_3$	1,5

V tabulce (Tab. 2) je součinitel  $k_3$  stanovená hodnota výrobcem pro danou situaci. Tato hodnota není veřejně dostupná a z tohoto důvodu je uvažována konzervativní hodnota 1,5.

Dovolené namáhání je určeno dle [3] pomocí součinitele bezpečnosti (Tab. 4) a vlastností materiálu vodítek (Tab. 3). Součinitel bezpečnosti je zvolen dle tažnosti materiálu a zatěžovacího případu. Přesnou tažnost materiálu vodítek výrobci neuvádějí je tedy volena tažnost větší jak 12 %.

Tab. 3 Vlastnosti materiálu E235 [38]

Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	Modul pružnosti $E$ [GPa]	Tažnost $A$ [%]
370	210	>12 %

Tab. 4 Součinitel bezpečnosti pro vodítka [3]

Zatěžovací případy	Tažnost $A$ [%]	Součinitel bezpečnosti $S_t$
Normální provoz a nakládání/vykládání	>12 %	2,25
Činnost bezpečnostního zařízení	>12 %	1,8

Dovolené namáhání je určeno z rovnice (3.1).

$$\sigma_{dov} = \frac{R_m}{S_t} \quad (3.1)$$

Dovolené namáhání pro normální provoz je spočteno z rovnice (3.1).

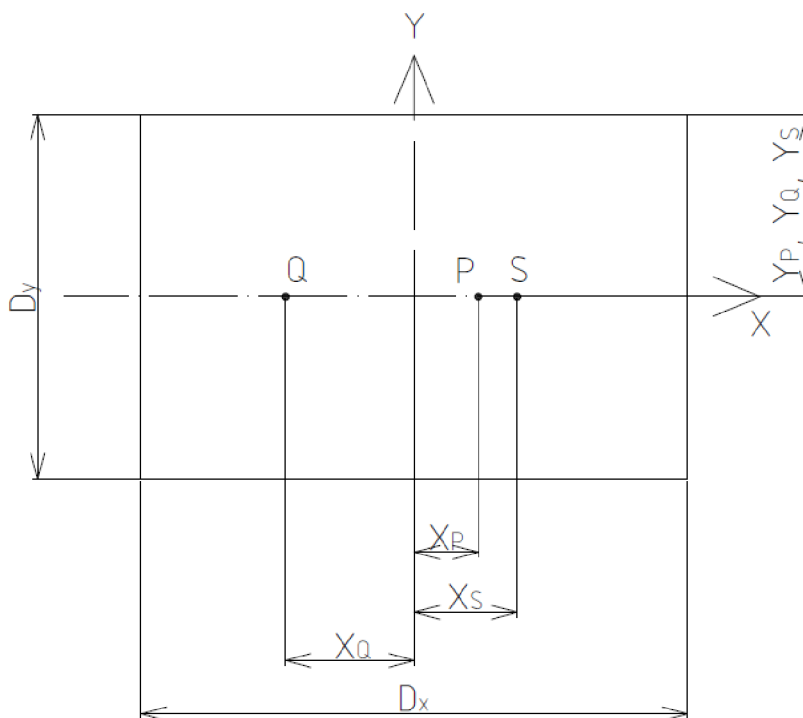
$$\sigma_{dov,1} = \frac{370}{2,25} = 164,4 \text{ MPa}$$

Dovolené namáhání při činnosti bezpečnostního zařízení je určeno z rovnice (3.1).

$$\sigma_{dov,2} = \frac{370}{1,8} = 205,6 \text{ MPa}$$

### 3.1.1 SITUACE 1 SE ZACHYCOVAČI

V Situaci 1 je uvažováno celkové zatížení od hmotnosti nákladu působí na zadní polovinu podlahy. Toto rozložení je kritičtější, než kdyby bylo uvažováno, že je veškerá zátěž na přední polovině podlahy kvůli umístění kladek na rámu výtahu. Při uvažování perfektního rozložení hmotností nebude náklad na vodítka vyvolávat sílu na ose y. Těžiště od jednotlivých zatížení jsou vyobrazena na (Obr. 34) kde bod Q je těžiště od hmotnosti závaží, bod P těžiště rámu a bod S těžiště zavěšení. Do umístění bodu P je započtena i hmotnost výtahových dveří o hmotnosti 70 kg. Ostatní prvky kabiny jsou rozmístěny symetricky nebo by jejich vliv na umístění těžiště byl minimální a nejsou tedy uvažovány.



Obr. 34 Rozložení zatížení v kleci pro Situaci 1

Určení sil působících v ose x na vodítka lze spočítat dle [2].

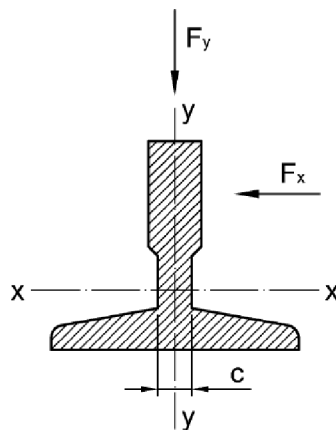
$$F_x = \frac{k_2 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad (3.2)$$

$$F_{x,1} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (600 \cdot 312,5 + 720 \cdot 53,7)}{2 \cdot 2450} = 1357,9 \text{ N}$$

V této situaci se síla  $F_y$  nevyskytuje, a její výpočet je tedy vynechán.

### Ohyb

Při výpočtu ohybového namáhání je uvažováno, že vodičko je spojitý nosník s pružnými ukotvovacími místy ve vzdálenosti  $l$ . Tyto kotvící body jsou umístěny na začátku, konci a v každé třetině délky vodička tzn. maximální vzdálenost mezi kotvami je 1666 mm. Síla způsobující ohybové namáhání působí ve středu délky vodička mezi kotvami a ohybové momenty působí na neutrální osu profilu vodička, jak je vyobrazeno na (Obr. 35). Pro výpočet ohybového momentu je použita síla  $F_{x,1}$  z rovnice (3.2) a charakteristické vlastnosti vodička dle (Tab. 5). Veškeré výpočty jsou řízeny dle norem [2; 3].



Obr. 35 Osy vodička [2]

Tab. 5 Charakteristické vlastnosti vodička [29]

S [mm <sup>2</sup> ]	q <sub>l</sub> [kg·m <sup>-1</sup> ]	I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>x</sub> [mm <sup>3</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>y</sub> [mm <sup>3</sup> ]
9,51	7,47	41,3	9,24	18,65	5,35

Ohybový moment v ose  $y$  je vypočten z rovnice (3.3).

$$M_y = \frac{4 \cdot F_x \cdot l}{16} \quad (3.3)$$

$$M_{y,1} = \frac{4 \cdot 1622,9 \cdot 1666}{16} = 424,18 \text{ Nm}$$

Ohybové namáhání je určeno z rovnice (3.4).

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{y,1} = \frac{424,18}{5,35} = 79,29 \text{ MPa}$$

Pro stanovení namáhání na vzpěr je zapotřebí hodnota „ $\lambda$ “ která se vypočítá pomocí vzorce (3.5).

$$\lambda = \frac{l}{i} \quad (3.5)$$

$$\lambda = \frac{1666}{35} = 47,6$$

Dle normy [2] tato hodnota vychází v rozmezí mezi 20 a 60 pro zvolenou mez pevnosti  $R_m = 370 \text{ MPa}$  tedy platí že hodnota  $\omega_R$ :

$$\omega_R = 1,19$$

### Svislá síla působící na vodítko

Pro výpočet svislé síly je uvažován vzorec (3.6) pro klec a vodítka upevněná ve stěně šachty dle normy [3].

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{n} + (M_g \cdot g) \quad (3.6)$$

$$F_v = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (600 + 720)}{2} + (4 \cdot 37,35 \cdot 9,81) = 20882,28 \text{ N}$$

Namáhání na vzpěr je určeno z rovnice (3.7).

$$\sigma_v = \frac{(F_v + k_3 \cdot M_g) \cdot \omega_R}{S} \quad (3.7)$$

$$\sigma_v = \frac{(20882,28 + 1,5 \cdot 37,35) \cdot 1,19}{9,51} = 26,16 \text{ MPa}$$

Pro výpočet kombinovaného ohybové namáhání je použit vzorec (3.8).

$$\sigma_{red,o1} = \sigma_{x,1} + \sigma_{y,1} \quad (3.8)$$

$$\sigma_{red,o1} = 0 + 79,29 = 79,29 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání od ohybu a tlaku je spočteno pomocí rovnice (3.9).

Síla  $M_{aux}$  je síla vyvolaná od tíhy pomocných zařízení, které jsou upevněna na vodítka. V tomto případě na vodítka není nic upevněno  $M_{aux}$  je tedy v tomto případě i dalších případech 0 N.

$$\sigma_{red,ot1} = \sigma_{red,o1} + \frac{F_v + k_3 + M_{aux}}{S} \quad (3.9)$$

$$\sigma_{red,ot1} = 79,29 + \frac{20882,28 + 1,5 \cdot 0}{9,51} = 101,24 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání na ohyb a vzpěr je určeno ze vzorce (3.10).

$$\sigma_{red,ov1} = \sigma_v + 0,9 \cdot \sigma_{red,o1} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{red,ov1} = 26,16 + 0,9 \cdot 79,29 = 97,52 \text{ MPa}$$

Pro porovnání s dovoleným namáháním je využit vzorec (3.11).

$$k = \frac{\sigma_{dov}}{\sigma_{red}} \quad (3.11)$$

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu je spočítán z rovnice (3.11).

$$k_{o,1} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,o1}}$$

$$k_{o,1} = \frac{205,6}{97,52} = 2,1$$

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a tlaku je spočteno z rovnice (3.11).

$$k_{o,t1} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,ot1}}$$

$$k_{o,t1} = \frac{205,6}{101,24} = 2,03$$

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a vzpěru je spočteno z rovnice (3.11).

$$k_{o,v1} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,ov1}}$$

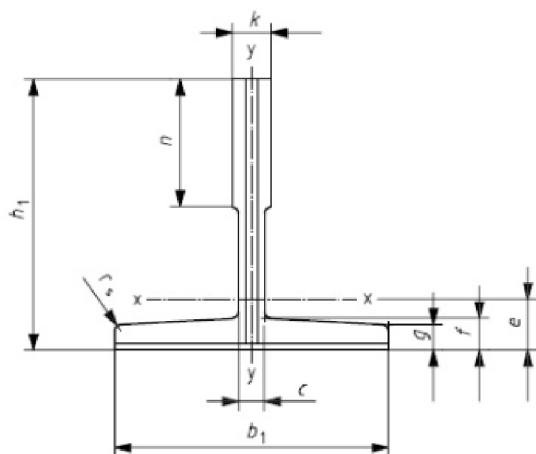
$$k_{o,v1} = \frac{205,6}{97,52} = 2,1$$

### Ohyb příruby vodítka

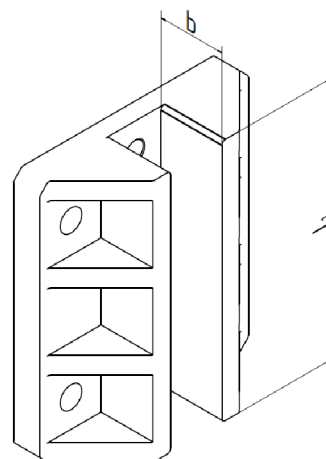
Při výpočtu vodítka je brán v úvahu i ohyb příruby vodítka. Pro výpočet je použit vzorec (3.12), ze kterého je určeno maximální ohybové napětí, které je určeno dle druhu použitých vodících čelistí dle [2]. Veškeré rozměry a geometrie potřebné pro výpočet tohoto napětí jsou sepsány v (Tab. 6) a vyobrazeny na (Obr. 36) a (Obr. 37).

Tab. 6 Rozměry potřebné pro výpočet ohybového napětí [29; 30]

$h_1$ [mm]	$b$ [mm]	$f$ [mm]	$l_1$ [mm]	$c$ [mm]
65	17	6	135	6



Obr. 36 Schéma vodítka [29]



Obr. 37 Schéma čelisti [30]

Pro výpočet maximálního ohybového napětí od síly  $F_{x,1}$  je použit vzorec (3.12) pro kluzné vodící čelisti dle [2].

$$\sigma_{F_{x,1}} = \frac{F_{x,1} \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l_1 + 2 \cdot (h_1 - f))} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{F_{x,1}} = \frac{1357,9 \cdot (65 - 17 - 6) \cdot 6}{6^2 \cdot (135 + 2 \cdot (65 - 6))} = 37,57 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti pro ohybové namáhání na přírubě vodítka je spočten podle rovnice (3.11).

$$k_{OF,1} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{Fx,1}}$$

$$k_{OF,1} = \frac{205,6}{37,57} = 5,47$$

### Průhyby vodítka

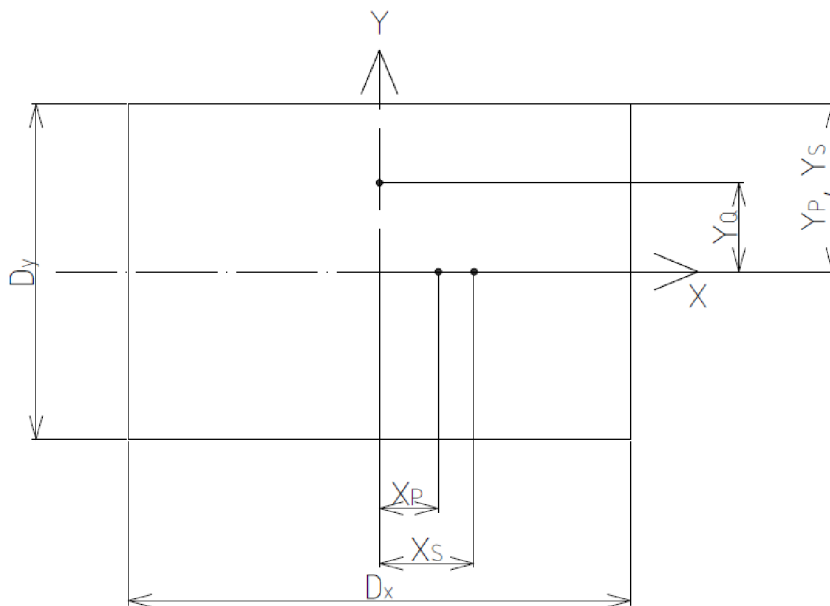
Jelikož při této situaci nevzniká ohyb na vodítka v ose y je počítáno pouze s průhybem v ose x, který je vypočten pomocí rovnice (3.13).

$$\delta_{x,1} = \frac{F_{x,1} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (3.13)$$

$$\delta_{x,1} = \frac{1357,9 \cdot 1666^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 41,3} = 2,34 \text{ mm}$$

### 3.1.2 SITUACE 2 SE ZACHYCOVAČI

V Situaci 2 je uvažováno, že celkové zatížení od hmotnosti nákladu působí na pravou polovinu podlahy. V tomto případě nehraje roli, zda je počítáno s rozložením nákladu na levou nebo pravou polovinu podlahy. Těžiště od jednotlivých zatížení jsou vyobrazena na (Obr. 38).



Obr. 38 Rozložení zatížení v kleci pro Situaci 2



Určení sil působících v ose x a ose y na vodičko lze spočítat dle [2].

Síla  $F_{x,2}$  je spočtena z rovnice (3.2) a síla  $F_{y,2}$  z rovnice (3.14).

$$F_{x,2} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (600 \cdot 0 + 720 \cdot 53,7)}{2 \cdot 2450} = 92,86 \text{ N}$$

$$F_{y,2} = \frac{k_2 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad (3.14)$$

$$F_{y,2} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (600 \cdot 250 + 720 \cdot 0)}{\frac{2}{2} \cdot 2450} = 720,49 \text{ N}$$

### Ohyb

Při výpočtu ohybového namáhání jsou uvažovány stejné podmínky jako při situaci 1. Pro výpočet ohybového momentu je použita rovnice (3.3) a charakteristické vlastnosti vodička dle (Tab. 5). Veškeré výpočty jsou řízeny stejně jako v situaci 1.

Ohybové momenty v ose x a y jsou spočteny z rovnic (3.15) a (3.16).

$$M_{x,2} = \frac{4 \cdot F_{y,2} \cdot l}{16} \quad (3.15)$$

$$M_{x,2} = \frac{4 \cdot 720,49 \cdot 1666}{16} = 225,06 \text{ Nm}$$

$$M_{y,2} = \frac{4 \cdot F_{x,2} \cdot l}{16} \quad (3.16)$$

$$M_{y,2} = \frac{4 \cdot 92,86 \cdot 1666}{16} = 29 \text{ Nm}$$

Ohybové namáhání v ose x a y jsou spočtena z rovnic (3.17) a (3.18).

$$\sigma_{x,2} = \frac{M_{x,2}}{W_x} \quad (3.17)$$

$$\sigma_{x,2} = \frac{225,06}{9,24} = 24,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{y,2} = \frac{M_{y,2}}{W_y} \quad (3.18)$$

$$\sigma_{y,2} = \frac{29}{5,35} = 5,42 \text{ MPa}$$

### Vzpěr

Namáhání na vzpěr je stejné jako v situaci 1. Výpočet se tedy neopakuje a výsledné hodnoty jsou převzaty z výpočtů pro Situaci 1.

### Kombinované ohybové namáhání

Kombinované namáhání je vypočteno pomocí rovnice (3.19).

$$\sigma_{red,o2} = \sigma_{x,2} + \sigma_{y,2} \quad (3.19)$$

$$\sigma_{red,o2} = \sigma_{x,2} + \sigma_{y,2} = 29,78 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání od ohybu a tlaku je určeno pomocí rovnice (3.20).

$$\sigma_{red,o2} = \sigma_{red,o2} + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{S} \quad (3.20)$$

$$\sigma_{red,o2} = 29,78 + \frac{20882,28 + 1,5 \cdot 0}{9,51} = 51,74 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání na ohyb a vzpěr je určeno pomocí rovnice (3.21).

$$\sigma_{red,ov2} = \sigma_v + 0,9 \cdot \sigma_{red,o2} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{red,ov2} = 26,16 + 0,9 \cdot 29,78 = 52,96 \text{ MPa}$$

Pro porovnání s dovoleným namáháním je využit vzorec (3.11).

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu je vypočten dle vzorce (3.22).

$$k_{o,2} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,o2}} \quad (3.22)$$

$$k_{o,2} = \frac{205,6}{29,78} = 6,9$$

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a tlaku je vypočten dle vzorce (3.23).

$$k_{ot,2} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,ot2}} \quad (3.23)$$

$$k_{ot,2} = \frac{205,6}{51,74} = 3,97$$

Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a vzpěru je vypočten dle vzorce (3.24).

$$k_{ov,2} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{red,ov2}} \quad (3.24)$$

$$k_{ov,2} = \frac{205,6}{52,96} = 3,88$$

### Ohyb příruby vodítka

Pro výpočet je použit vzorec (3.25) pro kluzné vodící čelisti dle vzorce.

$$\sigma_{Fx,2} = \frac{F_{x,2} \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l_1 + 2 \cdot (h_1 - f))} \quad (3.25)$$

$$\sigma_{Fx,2} = \frac{110,98 \cdot (65 - 17 - 6) \cdot 6}{6^2 \cdot (135 + 2 \cdot (50 - 6))} = 2,57 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti pro ohybové namáhání na přírubě vodítka je vypočten dle vzorce (3.26).

$$k_{OF,2} = \frac{\sigma_{dov,2}}{\sigma_{Fx,2}} \quad (3.26)$$

$$k_{OF,2} = \frac{205,6}{2,57} = 80$$

### Průhyby vodítka

Při této situaci je průhyb počítán v osách x a y pomocí vzorců (3.27) a (3.28).

$$\delta_{x,2} = \frac{F_{x,2} \cdot h^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (3.27)$$

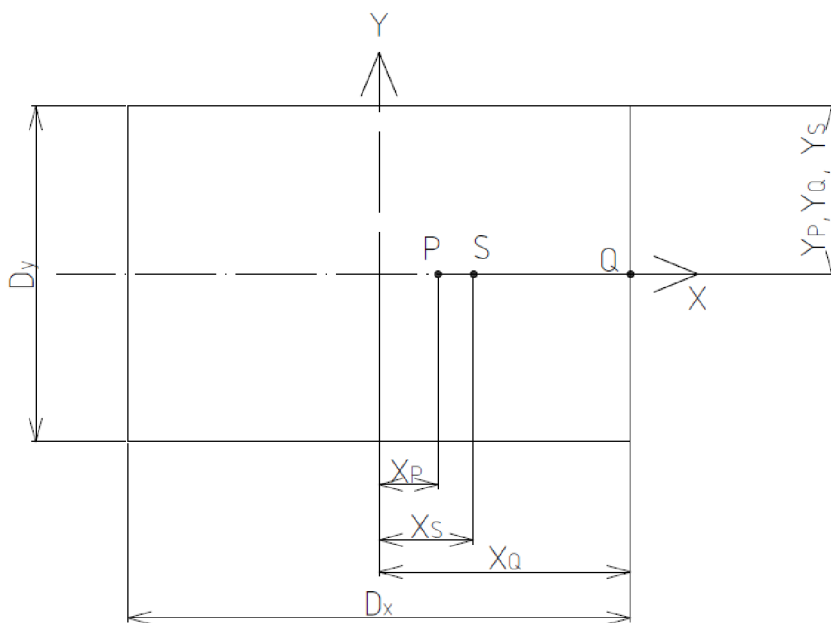
$$\delta_{x,2} = \frac{92,86 \cdot 1666^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 18,65} = 0,16 \text{ mm}$$

$$\delta_{y,2} = \frac{F_{y,2} \cdot h^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (3.28)$$

$$\delta_{y,2} = \frac{720,49 \cdot 1666^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 41,3} = 0,56 \text{ mm}$$

### 3.1.3 SITUACE 3 REŽIM NAKLÁDÁNÍ

V Situaci 3 je předpokládáno, že svislá síla  $F_S$  působí ve středu prahu klece ve vzdálenosti  $x_Q$  od počátku souřadnicového systému, jak je vyobrazeno na (Obr. 39). Velikost této síly působící na práh se určuje v závislosti na typu výtahu. Při působení této síly na práh je klec považována za prázdnou.



Obr. 39 Rozložení zatížení v kleci pro Situaci 3

Určení síly  $F_S$  je provedeno dle normy [3] Výpočet této síly je proveden pomocí rovnice (3.29).

$$F_S = 0,4 \cdot g \cdot Q \quad (3.29)$$

$$F_S = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 600 = 2353,6 \text{ N}$$

U režimu nakládání, při výpočtu síly  $F_{S,x}$ , není zohledňován součinitel nárazu, protože se v této situaci nevyskytují nárazy. V rovnici pro výpočet síly  $F_{S,x}$  je zanedbáván bod S, kvůli jeho nízkému ovlivnění síly a zjednodušení vzorce. Síla  $F_{S,x}$  je spočtena pomocí vzorce (3.30).

$$F_{S,x} = \frac{g \cdot P \cdot x_p + F_s \cdot x_Q}{n \cdot h} \quad (3.30)$$

$$F_{S,x} = \frac{9,81 \cdot 720 \cdot 53,7 + 2353,6 \cdot 625}{2 \cdot 2450} = 377,58 \text{ N}$$

Síla  $F_{S,x}$  je výrazně menší než síla  $F_{x,1}$  není tedy předpokládáno, že by tato situace byla kritickou a dále není řešena.

## 3.2 PÁSY

Norma [3] určuje požadavky a minimální součinitel bezpečnosti, který se vztahuje na ocelové lana, protože ale nejsou určeny žádné požadavky pro výtahové pásy. Výpočet je řízen dle požadavků ocelových lan.

Prvním požadavkem je použití nejméně dvou lan. Pro toto konstrukční řešení jsou použita 3 lana a tímto je požadavek splněn. Druhým požadavkem je, že součinitel bezpečnosti nesmí být menší, než je určeno dle konstrukčního provedení. Pro případ použití 3 pásů s třecím kotoučem předepisuje norma minimální součinitel bezpečnosti  $k_{pmin} = 12$ .

Zda zvolený pás vyhovuje se určí porovnáním minimální únosnosti pásů a největší silou v těchto pásech, stojí-li plně zatížená klec v dolní krajní stanici [3]. Krom tohoto výpočtu se musí vzít v úvahu i výpočet součinitele bezpečnosti podle normy [2]. U těchto dvou postupů nesmí vyjít menší součinitel bezpečnosti, než je minimální povolený.

### 3.2.1 VÝPOČET PODLE MAXIMÁLNÍ SÍLY V PÁSECH

Určení maximální síly v pásu slze spočítat dle rovnice (3.31).

$$F_{Pmax} = m_{kz} \cdot g = 11294,78 \text{ N} \quad (3.31)$$

Maximální dovolená nosnost pásu je  $F_{dov} = 60 \text{ kN}$ . Protože jsou používány 3 pásy, tato hodnota je násobena 3krát.

Výpočet součinitele bezpečnosti pásu podle maximální síly v pásech dle normy [3] lze vypočítat pomocí vzorce (3.32).

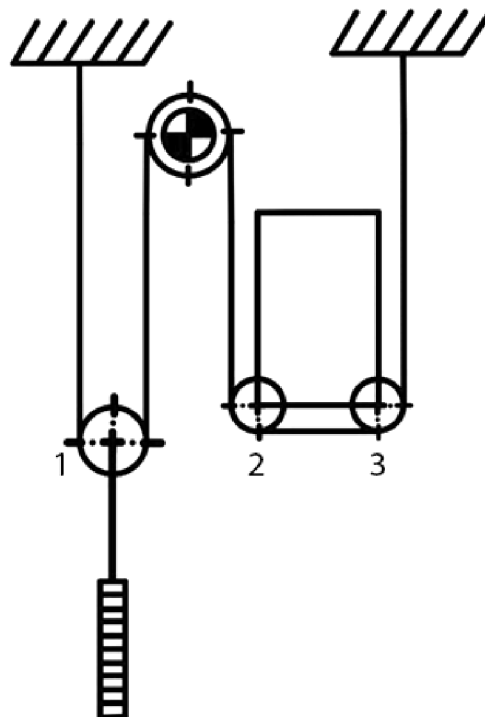
$$k_{p1} = \frac{3 \cdot F_{dov}}{F_{Pmax}} \quad (3.32)$$

$$k_{p1} = \frac{3 \cdot 60000}{12944,78} = 13,9$$

### 3.2.2 VÝPOČET PÁSU POMOCÍ EKVIVALENTNÍHO POČTU KLADEK

Pro výpočet součinitele bezpečnosti dle normy [2] je nutno určit ekvivalentní počet odkláněních kladek, který se určuje podle počtu ohybů pásu. Tyto ohyby jsou ovlivněny tvarem drážek a zda jsou ohyby protisměrné či nikoliv.

Pro určení počtu ohybů je zapotřebí, aby byl určen ekvivalentní počet třecích kotoučů a kladek podle obrázku (Obr. 40).



Obr. 40 Schéma výtahového systému

Ekvivalentní počet třecích kotoučů (přípevněn na motoru) dle obrázku (Obr. 40) je 1, tento třecí kotouč má polokruhové drážkování dle normy [2] je určeno  $N_{\text{equiv}(t)} = 1$ .

V tomto konstrukčním řešení jsou dle obrázku (Obr. 40) 2 kladky s ohybem ve stejném směru (kladky 1 a 3 s ohybem nahoru) a 2 kladky se podílejí na střídavém ohybu (kladky 2 a 3 s ohybem vodorovně a nahoru). Jako další je potřeba určit číslo  $K_p$  které je spočteno z průměrů třecího kotouče a středního průměru kladek pomocí rovnice (3.33). Z těchto hodnot je dle normy [2] určeno pomocí vzorce (3.34)  $N_{\text{equiv}(p)}$ .

$$K_p = \left( \frac{D_t}{D_p} \right)^4 \quad (3.33)$$

$$K_p = \left( \frac{D_t}{D_p} \right)^4 = 5$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \quad (3.34)$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = 5 \cdot (2 + 4 \cdot 2) = 50$$

Počet jednoduchých ohybů je určen pomocí následujícího vzorce (3.35).

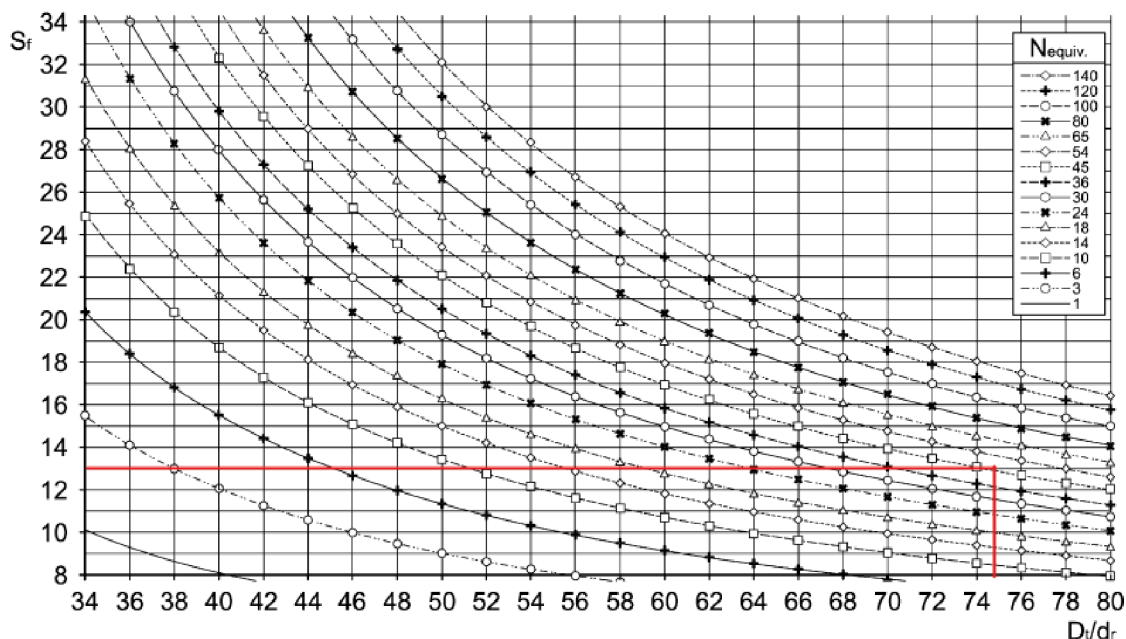
$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \quad (3.35)$$

$$N_{equiv} = 1 + 50 = 51$$

Pro zjištění součinitele bezpečnosti  $z$  (Obr. 41) je potřeba určit poměr třecího kotouče a průměru drátu v pásu.

$$\frac{D_t}{d_r} = \frac{150}{2} = 75$$

Součinitel bezpečnosti je určen odečtením z (Obr. 41)  $S_f = 13$  pomocí počtu ekvivalentních kladek a poměru třecího kotouče s průměrem drátu v pásu.



Obr. 41 Diagram pro určení součinitele bezpečnosti pásu [2]

### 3.3 VÝPOČET TRAKČNÍ SCHOPNOST

Trakční schopnost výtahu musí být vždy zajištěna za různých provozních podmínek. V tomto výpočtu se bude analyzovat trakční schopnost specificky při nakládání a vykládání kabiny výtahu a během zpomalování při nouzovém zastavení, protože stav normální jízdy není považován za kritickou podmínku. Správné fungování trakčního systému za těchto okolností je klíčové pro zajištění bezpečnosti a komfortu přepravy uživatelů výtahu. Zda je trakční schopnost zajištěna se testuje pomocí Eulerova vztahu. Celý výpočet se řídí dle normy [2].

Pro výpočet trakční schopnosti je pomocí vzorce (3.36) a technických dat pásu [39] vypočtena jeho celková hmotnost. Je předpokládáno, že pás je navlečen na trakčním kotouči o jmenovitém průměru  $D_t = 150$  mm. Dále je určen zdvih  $H = 19,2$  m, skutečná hmotnost nosných pásů na straně klece  $M_{SRcar} = 31,1$  kg a hmotnost vyvažovacího závaží včetně kladek  $M_{cwt} = 1026$  kg. Úhel opásání je uvažován  $\alpha = 180^\circ$  a třecí koeficient pásu je dle výrobce  $f_n = 0,25$  pro stav nakládání klece a  $f_b = 0,5$  pro stav nouzového brždění určen dle certifikátu [40].

$$m_p = \rho_p \cdot L_p \quad (3.36)$$

$$m_p = 0,36 \cdot 150 = 54 \text{ kg}$$

### 3.3.1 STAV NAKLÁDÁNÍ KLECE

Při stavu nakládání klece musí být statický poměr mezi  $T_1$  a  $T_2$  vypočten pro situaci, kdy je kabina v nejnepříznivější poloze šachty s 125 % jmenovitého zatížení [2]. Tento výpočet je klíčový pro zajištění trakční schopnosti během nakládání.

Síla v laně  $T_1$  pro stav nakládání klece je spočtena pomocí vzorce (3.37).

$$T_1 = \frac{(P + 1,25 \cdot Q)}{r} \cdot g + M_{SRcar} \cdot g \quad (3.37)$$

$$T_1 = \frac{(720 + 1,25 \cdot 600)}{2} \cdot 9,81 + 20,74 \cdot 9,81 = 7411,24 \text{ N}$$

Síla v laně  $T_2$  pro stav nakládání klece je určena pomocí rovnice (3.38).

$$T_1 = \frac{M_{cwt}}{r} \cdot g \quad (3.38)$$

$$T_1 = \frac{1026}{2} \cdot 9,81 = 5030,81 \text{ N}$$

Zajištění trakční schopnosti je zjištěna pomocí vztahu (3.39) kde je úhel  $\alpha$  dosazován v radiánech.

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_n \cdot \alpha} \quad (3.39)$$

$$\frac{7411,24}{5030,81} \leq e^{0,25 \cdot 3,1416}$$

$$1,49 \leq 2,2$$



### 3.3.2 STAV NOUZOVÉHO BRZDĚNÍ

Při stavu nouzového brždění je nutné, aby dynamický poměr  $T_1$  a  $T_2$  vypočítán pro situaci, kdy je kabina v nejnepříznivější poloze v šachtě pro stav zatížení kdy je klec zatížena jmenovitým nákladem.

Stav nouzového brždění je počítán pro již řešenou nejkritičtější situaci, tj. Situace 1 se zachycovači, kde třecí síla v čelistech odpovídá síle působící na vodičko násobenou koeficientem tření  $f_z = 0,15$ , který je orientačně určen pro tuto situaci z [41]. Třecí koeficient pro pás lze určit dle certifikátu od firmy Liftinstituut [42]. Při výpočtu je počítáno se nejmenším zpomalením, který dovoluje norma [2]  $a = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Výpočet jednotlivých veličin viz. Příloha G.

Síla v laně  $T_{1n}$  pro stav nouzového brždění je spočtena pomocí vzorce (3.40).

$$T_{1n} = \left( \frac{P+Q}{2} \right) \cdot (g+a) + M_{SRcar} \cdot (g+2 \cdot a) + \frac{m_{Pcar} \cdot 2 \cdot a}{2} - \frac{FR_{car}}{2} \quad (3.40)$$

$$T_{1n} = \left( \frac{720+600}{2} \right) \cdot (9,81+0,5) + 20,74 \cdot (9,81+2 \cdot 0,5) + \frac{12 \cdot 2 \cdot 0,5}{2} - \frac{203,69}{2} = 6930,63 \text{ N}$$

Síla v laně  $T_{2n}$  pro stav nouzového brždění je spočtena pomocí vzorce

$$T_{2n} = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot (g-a) - \frac{m_{Pcwt} \cdot a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2} \quad (3.41)$$

$$T_{2n} = \frac{1026}{2} \cdot (9,81-0,5) - \frac{6 \cdot 0,5}{2} + \frac{50,92}{2} = 4798,27 \text{ N}$$

Zajištění trakční schopnosti pro stav nouzového brždění zjistíme pomocí vztahu (3.42), kde je úhel  $\alpha$  dosazován v radiánech.

$$\frac{T_{1n}}{T_{2n}} \leq e^{f_b \cdot \alpha} \quad (3.42)$$

$$\frac{6930,63}{4798,27} \leq e^{0,5 \cdot 3,1416}$$

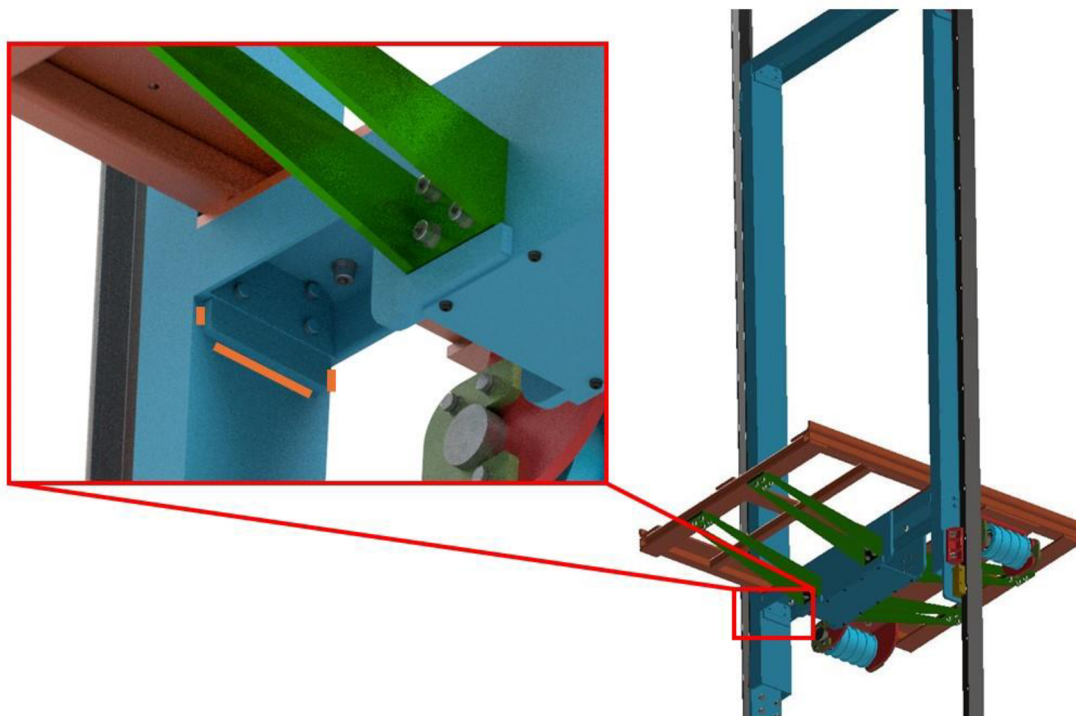
$$1,44 \leq 4,81$$

### 3.4 VÝPOČET SVAROVÉHO SPOJE

Kontrola návrhové únosnosti svarového spoje je kontrolována pomocí normy ČSN EN 1993-1-8 [43]. Tato norma určuje celý postup určení účinné plochy svaru, typ napětí, který se ve svarovém spoji vyskytuje, a podmínku kterou musí splňovat.

### 3.4.1 URČENÍ KRITICKÉHO MÍSTA

Svarový spoj, vyznačený oranžovou barvou o účinné tloušťce svaru 5 mm na (Obr. 42), je vybrán jako nejkritičtější svar na celé konstrukci. Nejnepříznivější situace pro tento svarový spoj nastává když 125 % hmotnosti od závaží bude položeno na levou část kabiny přímo nad rám. V tomto případě bude tento svar přenášet sám veškeré zatížení. Při výpočtu je předpokládáno, že materiál svarového spoje má lepší vlastnosti, než jsou vlastnosti svařovaných součástí z materiálu E235 tím pádem je ve výpočtech používáno vlastností této oceli.



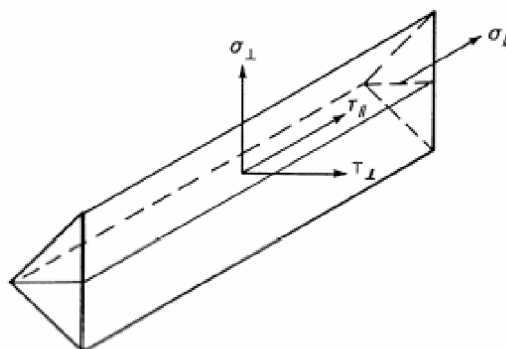
Obr. 42 Kritický svarový spoj

Účinná plocha průřezu svaru svislé návrhové plochy je  $A_{w\parallel} = 240 \text{ mm}^2$  a vodorovné návrhové plochy je  $A_{w\perp} = 580 \text{ mm}^2$ . Síla, kterou je svarový spoj zatěžován, je dle vzorce (3.43) spočtena z celkové hmotnosti od závaží a váhy prvků rámu. Tato hmotnost prvků rámu je odečtena pomocí programu Autodesk Inventor.

$$F_{sv} = (1,25 \cdot Q + P) \cdot g \quad (3.43)$$

$$F_{sv} = (1,25 \cdot 600 + 650) \cdot 9,81 = 13729,31 \text{ N}$$

Na svar působí pouze smykové napětí  $\tau$  kolmo a rovnoběžně s osou svaru. Tato napětí jsou vyobrazena na (Obr. 43). Smyková napětí jsou spočtena pomocí rovnic (3.44) a (3.45).



Obr. 43 Napětí v účinném průřezu koutového svaru [43]

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{sv}}{A_{w\parallel}} \quad (3.44)$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{13729,31}{240} = 57,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{sv}}{A_{w\perp}} \quad (3.45)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{13729,31}{580} = 23,67 \text{ MPa}$$

### 3.4.2 POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI

Posouzení bezpečnosti svarového spoje předepisuje norma [43]. Při ověřování únosnosti není uvažováno rovnoběžné normálové napětí s osou svaru. Při tomto řešení se nevyskytuje ani normálové napětí v kolmém svaru. Z toho faktu vyplývá podmínka dle rovnice (3.46).

Korelační součinitel koutových svarů  $\beta_w$  a součinitel spolehlivosti  $\gamma_{M2}$  jsou určeny dle normy [43]. Hodnota  $f_u$  je jmenovitá hodnota meze pevnosti pro součást s nejslabšími vlastnostmi v tahu. V tomto případě se hodnota  $f_u$  řídí podle materiálu E235, pro který bylo určeno  $R_m = 370 \text{ MPa}$ .

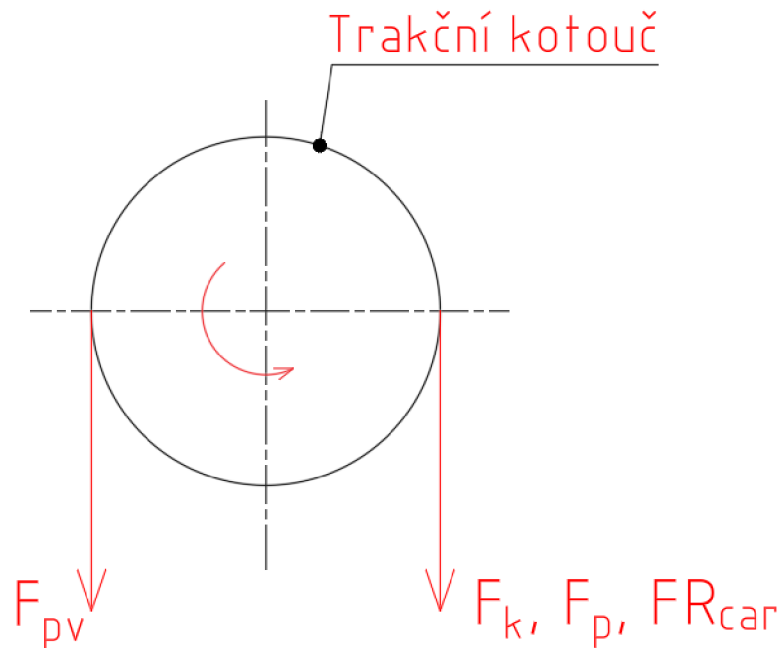
$$\sqrt{3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (3.46)$$

$$\sqrt{3 \cdot (23,67^2 + 57,2^2)} \leq \frac{370}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$107,23 \leq 370$$

### 3.5 VÝPOČET MOTORU A PŘEVODOVKY

V této výpočtové části bude stanoven potřebný výkon motoru na základě hmotnosti výtahové kabiny, maximální nosnosti, celkové hmotnosti všech pásů na straně kabiny, rychlosti a zrychlení výtahu. Tento výpočet je uvažován z polohy naložené kabiny na 125 % jmenovité nosnosti v nejnižším patře. V tomto stavu je uvažováno, že se musí zvednout všechny již uvedené hmotnosti. Pohyb trakčního kotouče je vyobrazen na (Obr. 44).



Obr. 44 Schéma působících sil na trakční kotouč

#### 3.5.1 VÝPOČET POTŘEBNÉHO VÝKONU

Pro určení potřebného výkonu motoru je potřeba určit celkovou sílu působící od hmotností. Tato síla se skládá ze složek sil, které jsou vyvolávány od hmotnosti kabiny, protiváhy, hmotnosti lana a tření mezi vodičkem a vložkou čelisti. Avšak síla od tření je násobně menší než síly z ostatních zdrojů, tato síla je zanedbávána, protože působí po celou dobu cesty výtahu.

Síla působící od kabiny je určena ze vzorce (3.47).

$$F_k = (P + 1,25 \cdot Q) \cdot g + [(P + 1,25 \cdot Q) \cdot a] + FR_{car} \quad (3.47)$$

$$F_k = (720 + 1,25 \cdot 600) \cdot 9,81 + [(720 + 1,25 \cdot 600) \cdot 0,5] + 203,69 = 16089,46 \text{ N}$$

Síla působící od protiváhy je vypočtena pomocí rovnice (3.48).

$$F_{pv} = (P + 0,5 \cdot Q) \cdot g + [(P + 0,5 \cdot Q) \cdot a] + FR_{car} \quad (3.48)$$

$$F_{pv} = (720 + 0,5 \cdot 600) \cdot 9,81 + [(720 + 0,5 \cdot 600) \cdot 0,5] + 203,69 = 16089,46 \text{ N}$$

Určení síly od hmotnosti lana je určeno ze vztahu (3.49).

$$F_p = (\rho_p \cdot L_p) \cdot g + (\rho_p \cdot L_p) \cdot a \quad (3.49)$$

$$F_p = (0,36 \cdot 125) \cdot 9,81 + (0,36 \cdot 125) \cdot 0,5 = 486,3 \text{ N}$$

Výpočet síly nutné ke zvednutí břemene je určeno pomocí vzorce (3.50).

$$F_{celk} = F_k + F_p + FR_{car} - F_{pv} \quad (3.50)$$

$$F_{celk} = 16089,46 + 486,3 + 203,69 - 11022,78 = 5756,66 \text{ N}$$

Moment potřebný pro zvedání břemene je dimenzován na 125 % jmenovité nosnosti výtahu. Tento moment je určen pomocí rovnice (3.51).

$$M_{zv} = 1,25 \cdot F_{celk} \cdot R_t \quad (3.51)$$

$$M_{zv} = 1,25 \cdot 5756,66 \cdot 75 = 539,79 \text{ Nm}$$

Výkon potřebný pro vypočtený zvedací moment je určen ze vztahu (3.52).

$$P_m = M_{zv} \cdot \frac{v}{R} \quad (3.52)$$

$$P_m = 539,79 \cdot \frac{1}{75} = 7,2 \text{ kW}$$

### 3.5.2 VÝBĚR ELEKTROMOTORU

Výběr elektromotoru je řízen podle požadovaného výkonu pro zvednutí kabiny. Podle potřebného zvedacího momentu a výkonových parametrů byl zvolen elektromotor 1LCBR 106M1- 2 s brzdou [44] od firmy Kelheim vyobrazen na (Obr. 45). Veškeré potřebné parametry motoru jsou uvedeny v (Tab. 7).



Obr. 45 Elektromotor 1LCBR 160M1- 2 [44]

Tab. 7 Parametry motoru 1LCBR 160M1– 2

Nominální výkon	11 kW
Otáčky při plné zátěži	2930 ot·s <sup>-1</sup>
Účinnost	86,2 %
Brzdový moment	147,2 Nm

Elektromotor má výstupní otáčky 2930 min<sup>-1</sup>. Z těchto otáček je pomocí vzorce (3.53) zjištěna obvodová rychlost na třecím kotouči o jmenovitém průměru 150 mm. Minimální požadovaná obvodová rychlost je 1 m·s<sup>-1</sup>.

$$v_m = \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot n_m}{60} \right) \cdot R_t \quad (3.53)$$

$$v_m = \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot 2930}{60} \right) \cdot 75 = 2,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Z vypočtených hodnot lze usoudit že pokud by bylo požadováno použití převodovky, její převodový poměr by musel být 2. U starších výtahových mechanismů jsou používány šnekové převodovky, které mají mnoho výhod jako je samosvornost a možnost přenášet velké síly. Mají ale velké převodové poměry a pro jejich použití by se musel použít výkonnější motor nebo zvětšení kladky. V tomto řešení tedy není převodovka použita.

## 4 ZHODNOCENÍ VÝPOČTŮ A KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ

Při výpočtu vodiček byla uvažována orientační tažnost vyšší než 12 %, mez pevnosti 370 MPa a Youngův modul 210 GPa kvůli nedostupnosti všech technických parametrů. Přesná tažnost může být určena pouze při zakoupení vodička, prostřednictvím ISO norem nebo certifikátů, které jsou dostupné až po dohodě s dodavatelem. Podobný problém nastává u součinitele nárazu  $k_3$ , který byl konzervativně zvolen na hodnotu 1,5, která ovlivňuje výpočet napětí při vzpěru. Výpočet pásů byl proveden podle norem ČSN EN 81-20 a ČSN EN 81-50. Tyto normy přesně nedefinují výpočty pro výtahové pásy, pouze pro výtahová lana, i když jsou pásy v praxi hojně využívány. Existují však certifikáty, které potvrzují vhodnost a použitelnost těchto pásů, schválené dle norem ČSN EN 81-20 a ČSN EN 81-50. Postupování podle uvedených norem je tedy považováno za validní způsob kontroly pásů.

Při výpočtech bylo zjištěno, že kritická situace zatížení nastává při Situaci 1, kdy je veškerá hmotnost nákladu soustředěna na zadní polovině podlahy kabiny. Při tomto zatížení byl zaznamenán maximální průhyb vodiček 2,34 mm, což je méně než maximální povolený průhyb 5 mm, při působení zachycovačů, stanovený normou ČSN EN 81-20. Při kontrole kombinovaných napětí vůči dovolenému napětí nebyl žádný bezpečnostní součinitel nižší než 2, což potvrzuje, že toto řešení splňuje všechny bezpečnostní požadavky týkající se namáhání vodiček.

Při výpočtech pásů byl normou ČSN EN 81-50 stanoven minimální součinitel bezpečnosti 12. Nejnižší součinitel bezpečnosti pro pásy byl pomocí ekvivalentního počtu kladek určen na 13, což znamená, že požadavek je splněn.

Svarový spoj splňuje kritérium, kdy redukované napětí ve svaru musí být menší než napětí stanovené normou Eurokód 3.

Při určování potřebného momentu a výkonu pro pohyb kabiny bylo počítáno se 125 % celkového zatížení. Na základě těchto výsledků byl vybrán elektromotor, který dodává maximální možnou obvodovou rychlost na třecím kotouči  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , což zaručuje dosažení požadované minimální rychlosti. Avšak použití bezpřevodového pohonu sebou nese bezpečnostní rizika při přerušení dodávky proudu, kdy je možné že se kabina zastaví v mezipatře. Při použití převodovky lze výtah ručně pomocí kliky dostat do nejbližšího patra bez nutnosti dodávky elektrické energie. Tato situace pro bezpřevodové pohony je podchycena normou ČSN 81-20 která nařizuje, aby výtahy byly vybaveny bateriemi, které pak umožní motoru pohnout s kabinou do nejbližšího patra a otevřít dveře. Pro další zvýšení bezpečnosti lze použít bezpřevodové pohony přímo určené pro výtahové pásy které jsou vybaveny kotoučovou brzdou. Tyto pohony však omezují svojí nízkou nosností konstrukci rámu. Je totiž uvažováno s tím, že rám je navržen pouze z ohýbaných plechů a pospojován šroubovými spoji. Toto řešení sice odlehčí výtahový rám, avšak na úkor bezpečnosti cestujících.

Celková konstrukce výtahového rámu je oproti ráům, vyráběnými firmami v dnešní době těžší zhruba o 150 kg. Tato konstrukce díky použití U profilů a oceli E235, však zajišťuje vyšší tuhost a pevnost. Montáž rámu je jednoduchá díky šroubovým spojmům a zároveň pevná díky použití svarových spojů na kritických místech rámu. Práce je doplněna o výkresovou dokumentaci a veškeré provedené výpočty, které jsou připnuty v příloze.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit koncepční návrh výtahového rámu kabiny s nosností 600 kg. Dále bylo nutné určit kde se výtah bude používat, počet přepravovaných osob a typ pohonu. Bylo stanoveno, že výtah bude sloužit pro 6 cestujících a bude instalován v čtyřpatrovém obytném domě. Výtahový systém bude používat trakční pohon s lanováním 2:1. Jmenovitá rychlost výtahu byla stanovena na  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Podle této rychlosti bylo zvoleno kluzné vedení vhodného pro pomalé a středně rychlé výtahy. Podle normy ČSN EN 81-20 byla určena minimální užitná plocha podlahy pro 6 osob, od které se odvíjely další rozměry koncepčního návrhu. Namísto klasických výtahových lan byly vybrány výtahové pásy umožňující použití menších kladek, které šetří místo.

Celá konstrukce rámu byla modelována v programu Autodesk Inventor, což usnadnilo odhad hmotnosti a určení těžiště potřebného pro výpočty. Základními prvky konstrukce jsou C a čtvercové profily, místo ohýbaných plechů. Šroubové spoje byly využity pro spojování součástí rámu, zatímco svarové spoje slouží jako hlavní nosné prvky vhodné pro přenášení namáhání. Hlavní nosná konstrukce vyrobená z C profilů zajišťuje dostatečnou tuhost a pevnost rámu při nerovnoměrném zatížení. Rám podlahy, obdélníkového tvaru, je složen ze čtvercových profilů, aby se zabránilo prohýbání podlahy. Plechy s otvory přivařené na rám slouží k přidání silentbloků a připojení podlahy.

Součástí návrhu jsou i komponenty nakupované od externích dodavatelů výtahových dílů. Podle norem ČSN EN 81-20 a ČSN EN 81-50 byly provedeny bezpečnostní výpočty týkající se vodítek, lan a trakční schopnosti výtahu. Pro kontrolní výpočet rámu byl vybrán svar, který je nejvíce namáhán při nejnepříznivějších podmínkách, přičemž postup výpočtu byl proveden podle normy Eurokód 3: ČSN EN 1993-1-8. Na základě vypočtených zatížení byl určen potřebný moment a výkon pro zvednutí kabiny. Na základě těchto výsledků byl vybrán elektromotor a šneková převodovka, jejichž schopnost dosáhnout požadované rychlosti kabiny byla následně ověřena.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Elevator. *Britannica* [online]. 2024 [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/elevator-vertical-transport>
- [2] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Přezkoušení a zkoušky - Část 50: Konstrukční zásady, výpočty, přezkoušení a zkoušky výtahových komponent*. 2.2021. 2021.
- [3] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Výtahy pro dopravu osob a nákladů - Část 20: Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů*. 2.2021. 2021.
- [4] Trakční výtah. *MSV Výtahy* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.msv-vytahy.cz/trakcni-vytah>
- [5] ONUR, Yusuf a C. İMRAK. Reliability analysis of elevator car frame using analytical and finite element methods. *Building Services Engineering Research & Technology - BUILD SERV ENG RES TECHNOL*. 2012/08/01, **33**, 293-305. Dostupné z: doi:10.1177/0143624411413168
- [6] Cabin frame G type. *Professor elevator* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.professorelevator.com/cabin-frame-gtype>
- [7] Elevator Cabin - Freightcar. *Global partner elevator* [online]. 2006 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.globalpartnerelevator.com/en-us/elevator-cabin-models/elevator-cabin-freightcar>
- [8] Trakční, nebo hydraulický výtah? *VÝTAHY PETERSIK s.r.o.* [online]. [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.vytahypetersik.cz/2023/07/25/aktualita-2/>
- [9] Produkty - Komponenty - Pohony. *LIFT SERVIS s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <http://www.liftservis.eu/cz/produkty/komponenty/pohony/>
- [10] Převodový výtahový stroj Montanari M104-M104B3-M104H. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/prevodovy-vytahovy-stroj-montanari-m104-m104b3-m104h/d-481479/>
- [11] AZK jednostupňový zvedací píst. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/alg-hydraulika-azk-jednostupnovy-zvedaci-pist/d-510041/>
- [12] A Comprehensive Guide to Elevator Guide Rails. *Dazen* [online]. 15.11. 2023n. 1. [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://dazentech.com/elevator-guide-rails-comprehensive->

guide/

- [13] Elevator Rails: The Backbone of Vertical Transportation. *Elevator shop* [online]. 30.7. 2023n. 1. [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.e-elevatorshop.com/blog/elevator-rails-the-backbone-of-vertical-transportation>
- [14] Výtahové pásy POLYROPE. *POLYROPE* [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.polyrope.info/cs/produkty/vytahove-pasy-polyrope-1>
- [15] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Ocelová drátěná lana - Bezpečnost - Část 5: Pramenná lana pro výtahy*. 01.06.2004.
- [16] F50 50-12x2,0 CONTI POLYROPE. *TYMA CZ, s.r.o.* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/f50-50-12x2-0-conti-polyrope-60-kn-en-81-50/>
- [17] Omezovač rychlosti LX120 Obousměrný. *PFB* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.pfb.it/cs/v%C3%BDrobek/343313/omezova%C4%8De-rychlosti/obousmerny-omezovac-rychlosti-vytah-lx120>
- [18] What is an elevator guide rail? *A-flye* [online]. 8.3. 2024n. 1. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.aflyelevators.com/what-is-an-elevator-guide-rail/>
- [19] Vodící čelisti ETN. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/etn-hsm140/d-182519/>
- [20] Valivé čelisti ETN. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/etn-gg1/d-189400/>
- [21] Samomazy Technico. *Technico - Výtahové komponenty* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.technico-s.cz/>
- [22] P+S YOUR PARTNER FOR LIFT- COMPONENTS. *ENAC* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://ensamblajesyaccesorios.com/descargas/>
- [23] Elevator safety gear. *Panda elevator* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.pandaelevatorparts.com/products/elevator-safety-gear/>
- [24] What is the function of elevator safety gear? *A-fly* [online]. 18.2. 2024n. 1. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.aflyelevators.com/what-is-the-function-of-elevator-safety-gear/#>
- [25] Kladka POLYROPE F25x4. *TYMA CZ, s.r.o.* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/polyrope-f25x4-d-115-mm-hladka/>
- [26] 500 OK - kladky 500mm pro lana. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/500-ok-kladky-500mm-pro-lana-3-4->

d12mm/d-510147/

- [27] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované konstrukční oceli*. 01.11.2020.
- [28] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Svařované duté profily z konstrukčních nelegovaných a jemnozrnných ocelí, tvářené za studena - Část 1: Technické dodací podmínky*. 2006.
- [29] VÝTAHOVÉ VODÍTKO BROUŠENÉ T70-1/B 5M. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/vytahove-voditko-brousene-t70-1-b-5m-03340043>
- [30] VODÍČÍ ČELIST HSM 140 AL. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/vodici-celist-hsm-140-al-140x120x40mm-provedeni-aluminium-02530006>
- [31] VLOŽKA VODÍČÍ ČELISTI EM09-140DT-GF. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/vlozka-vodici-celisti-em09-140dt-gf-bez-nutnosti-mazani-provedeni-diepotex-02530004>
- [32] ZACHYCOVAČ ASG-100-UD. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/zachycovac-asg-100-ud-q-p-1408-1636-kg-voditko-9mm-t25-ud-xl-02200171>
- [33] Mazač vodítka ETN - 3009. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/etn-3009/d-182115/>
- [34] Sběrač oleje ETN - HR 9-10. *LM Metal Lift s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/etn-hr-9-10/d-183257/>
- [35] OMEZOVAČ RYCHLOSTI RQ300 Ø300MM OBOUS. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/omezovac-rychlosti-rq300-300mm-obous-a3-lano-6-8mm-nom-rychl-1-0m-s-vyb-rychl-1-25m-01200021>
- [36] NÁRAZNÍK P+S D7-D, Ø 165 X 160 MM. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/naraznik-p-s-d7-d-165-x-160-mm-vc-kovove-vlozky-nosn-310-3600kg-1-00m-s-dle-en81-20-02510016>
- [37] DOSED UNIVERZÁLNÍ, ROZSAH VÝŠKY 600-1000 MM / MATERIÁL POZINK. *FRONTIER COMPONENTS s.r.o* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fceu.cz/dosed-univerzalni-rozsah-vysky-600-1000-mm-material-pozink-01800041>
- [38] Total Materia. *Total Materia* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.totalmateria.com/>

- [39] Návod k provozu a údržbě pro závěsné prostředky Typ: CONTI POLYROPE. *TYMA CZ, s.r.o.* [online]. 21.8. 2012n. 1. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-polyrope-operation-maintenance-manual-cs.pdf?v=d226a1f92e745757125e95cf09e9ab46>
- [40] CONTINENTAL. *Návod k provozu a údržbě pro závěsné prostředky Typ: CONTI POLYROPE* [Online]. 21.8. 2012. 2012. Dostupné také z: <https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-polyrope-operation-maintenance-manual-cs.pdf>
- [41] *Coefficient of Friction Equation and Table Chart* [online]. 2000 [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: [https://www.engineersedge.com/coefficients\\_of\\_friction.htm](https://www.engineersedge.com/coefficients_of_friction.htm)
- [42] TYPOVÝ CERTIFIKÁT PRO PRVKY VÝTAHŮ. *TYMA CZ, s.r.o.* [online]. 25.2. 2022n. 1. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-polyrope-certificate-cs.pdf>
- [43] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNI ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ]. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. 12.2006. 2006.
- [44] Elektromotor 11KW typ 1LCBR 160M1-2. *Kelheim* [online]. [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.kelheim.cz/produkt/elektromotor-11kw-typ-clbr-160m1-2/>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

A	[%]	Tažnost
a	[m·s <sup>-2</sup> ]	Zrychlení kabiny
A <sub>w⊥</sub>	[m <sup>2</sup> ]	Vodorovná návrhová účinná plocha průřezu svaru
A <sub>w  </sub>	[m <sup>2</sup> ]	Svislá návrhová účinná plocha průřezu svaru
b	[m]	Polovina šířky vodící čelisti
c	[m]	Tloušťka spojky mezi přírubou a stojnou mm
D <sub>p</sub>	[m]	Střední průměr všech kladek
D <sub>t</sub>	[m]	Průměr třecího kotouče
D <sub>x</sub>	[m]	Délka podlahy
D <sub>y</sub>	[m]	Šířka podlahy
E	[Pa]	Youngův modul pružnosti
f	[m]	Výška příruby vodítka v připojení ke stejně
F <sub>x</sub>	[N]	Síla působící na vodítko v ose x
F <sub>x,1</sub>	[N]	Síla působící na vodítko v ose x pro Situaci 1
F <sub>x,2</sub>	[N]	Síla působící na vodítko v ose x pro Situaci 2
F <sub>y</sub>	[N]	Síla působící na vodítko v ose y
F <sub>y,2</sub>	[N]	Síla působící na vodítko v ose y pro Situaci 2
f <sub>b</sub>	[-]	Třecí koeficient pásu pro stav brzdění klece
F <sub>celk</sub>	[N]	Celková síla potřebná ke zvednutí břemene
F <sub>dov</sub>	[N]	Dovolená nosnost pásu
F <sub>k</sub>	[N]	Síla působící od kabiny na trakční kotouč
f <sub>n</sub>	[-]	Třecí koeficient pásu pro stav nakládání klece
F <sub>Pmax</sub>	[N]	Maximální síla v pásu
F <sub>pv</sub>	[N]	Síla působící od protiváhy na trakční kotouč
F <sub>pV</sub>	[N]	Síla působící od hmotnosti lan na trakční kotouč

$F_S$	[N]	Síla od působení nákladu pro Situaci 3
$F_{sv}$	[N]	Síla působící na svar
$F_{x,S}$	[N]	Složka síly $F_S$ v ose X
$f_z$	[-]	Třecí koeficient mezi vložkou čelisti a vodítkem
$FR_{car}$	[N]	Třecí síla mezi vložkou čelisti a vodítkem výtahu
$FR_{cwt}$	[N]	Třecí síla mezi vložkou čelisti a vodítkem protiváhy
$F_v$	[N]	Svislá síla působící na vodítko
$g$	[m·s <sup>-2</sup> ]	Gravitační zrychlení
$h$	[m]	Největší vzdálenost mezi čelistmi
$H$	[m]	Zdvih výtahu
$h_1$	[m]	Výška vodítka
$i$	[m]	Minimální poloměr setrvačnosti
$k$	[-]	Součinitel bezpečnosti
$K_p$	[-]	Poměr průměrů třecího kotouče a kladky
$k_{p1}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pásu dle maximální síly v pásech
$k_{pmin}$	[-]	Minimální součinitel bezpečnosti pro pásy
$k_1$	[-]	Součinitel nárazu při činnosti samosvorných zachycovačů, dosedacího zařízení nebo s nárazníky pohlcující energii
$k_2$	[-]	Součinitel nárazu při jízdě
$k_3$	[-]	Součinitel nárazu pro pomocné díly upevněné na vodítka a jiné provozní případy
$k_o$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání v ohybu
$k_{o,1}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání v ohybu pro Situaci 1
$k_{o,2}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání v ohybu pro Situaci 2
$k_{OF}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro ohybové namáhání na přírubě vodítka
$k_{OF,1}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro ohybové namáhání na přírubě vodítka

		pro Situaci 1
$k_{OF,2}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro ohybové namáhání na přírubě vodítka pro Situaci 2
$k_{ot}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a tlaku
$k_{ot,1}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a tlaku pro Situaci 1
$k_{ot,2}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a tlaku pro Situaci 2
$k_{ov}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a vzpěru
$k_{ov,1}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a vzpěru pro Situaci 1
$k_{ov,2}$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro kombinované namáhání od ohybu a vzpěru pro Situaci 2
$l$	[m]	Největší vzdálenost mezi kotvami vodítek
$L_p$	[m]	Celková délka všech pásů
$l_1$	[m]	Délka vodící čelisti
$M_{cwt}$	[kg]	Hmotnost vyvažovacího závaží včetně kladek
$m_p$	[kg]	Hmotnost pásů
$m_{Pcar}$	[kg]	Redukovaná hmotnost kladek vzhledem ke kleci
$m_{Pcwt}$	[kg]	Redukovaná hmotnost kladek vzhledem k závaží
$M_{SRcar}$	[kg]	Skutečná hmotnost nosných pásů na straně klece
$M_{zv}$	[Nm]	Moment potřebný k zvednutí břemene
$M_{aux}$	[N]	Síla způsobena pomocnými zařízeními na jedno vodítko
$M_g$	[kg]	Hmotnost jediné linie vodítek
$M_x$	[Nm]	Ohybový moment působící na vodítko v ose x
$M_{x,2}$	[Nm]	Ohybový moment působící na vodítko v ose x pro Situaci 2
$M_y$	[Nm]	Ohybový moment působící na vodítko v ose y

$M_{y,1}$	[Nm]	Ohybový moment působící na vodičko v ose y pro Situaci 1
$M_{y,2}$	[Nm]	Ohybový moment působící na vodičko v ose y pro Situaci 2
$n$	[-]	Počet vodiček
$n_m$	[-]	Otáčky motoru
$N_{equiv}$	[-]	Ekvivalentní počet pásových kladek
$N_{equiv(p)}$	[-]	Ekvivalentní počet odkláněcích kladek
$N_{equiv(t)}$	[-]	Ekvivalentní počet třecích kotoučů
$N_{pr}$	[-]	Počet kladek se střídavým ohybem
$N_{ps}$	[-]	Počet kladek s ohybem ve stejném smyslu
$P$	[kg]	Váha rámu a kabiny
$P_m$	[W]	Potřebný výkon elektromotoru
$Q$	[kg]	Nosnost výtahu
$r$	[-]	Součinitel lanování
$R_t$	[m]	Poloměr třecího kotouče
$R_m$	[Pa]	Mez kluzu materiálu E235
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha průřezu jednoho vodička
$S_f$	[-]	Součinitel bezpečnosti podle počtu ekvivalentních kladek a poměru třecího kotouče s průměrem drátu pásu
$S_t$	[-]	Součinitel bezpečnosti pro vodička
$T_1$	[N]	Síla v laně na straně kabiny
$T_{1n}$	[N]	Síla v laně na straně kabiny při nouzovém brždění
$T_2$	[N]	Síla v laně na straně protiváhy
$T_{2n}$	[N]	Síla v laně na straně protiváhy při nouzovém brždění
$v_m$	[m·s <sup>-1</sup> ]	Rychlost možná na trakčním kotouči
$x_P$	[m]	Souřadnice těžiště rámu od závaží v ose X
$x_Q$	[m]	Souřadnice těžiště zatížení od závaží v ose X
$x_S$	[m]	Souřadnice těžiště od závaží v ose X



$y_P$	[m]	Souřadnice těžiště rámu od závaží v ose Y
$y_Q$	[m]	Souřadnice těžiště zatížení od závaží v ose Y
$\alpha$	[°]	úhel opásání třetího kotouče
$\beta_w$	[-]	Korelační součinitel koutových svarů
$\gamma_{M2}$	[-]	Součinitel spolehlivosti
$\delta_{x,1}$	[m]	Průhyb v ose x při Situaci 1
$\delta_{x,2}$	[m]	Průhyb v ose x při Situaci 2
$\delta_{y,2}$	[m]	Průhyb v ose y při Situaci 2
$\lambda$	[-]	Štíhlostní poměr vodítka
$\rho_p$	[kg·m <sup>-1</sup> ]	Délková hustota pásu
$\sigma_{dov1}$	[Pa]	Dovolené namáhání pro normální provoz
$\sigma_{dov2}$	[Pa]	Dovolené namáhání při činnosti bezpečnostního zařízení
$\sigma_{red,o1}$	[Pa]	Redukované napětí v ohybu pro Situaci 1
$\sigma_{red,o2}$	[Pa]	Redukované napětí v ohybu pro Situaci 2
$\sigma_{red,ot1}$	[Pa]	Redukované napětí v ohybu a tlaku pro Situaci 1
$\sigma_{red,ot2}$	[Pa]	Redukované napětí v ohybu a tlaku pro Situaci 2
$\sigma_{red,ov1}$	[Pa]	Redukované napětí na ohyb a vzpěr pro Situaci 1
$\sigma_{red,ov2}$	[Pa]	Redukované napětí na ohyb a vzpěr pro Situaci 2
$\sigma_{x2}$	[Pa]	Ohybové namáhání v ose x pro Situaci 2
$\sigma_{y2}$	[Pa]	Ohybové namáhání v ose Y pro Situaci 2
$\sigma_{F_x,1}$	[Pa]	Maximální ohybové napětí od síly $F_{x,1}$
$\sigma_{F_x,2}$	[Pa]	Maximální ohybové napětí od síly $F_{x,2}$
$\sigma_v$	[Pa]	Namáhání na vzpěr
$\sigma_Y$	[Pa]	Ohybové namáhání v ose Y
$\sigma_{Y1}$	[Pa]	Ohybové namáhání v ose Y pro Situaci 1
$\tau_{\parallel}$	[Pa]	Smykové napětí působící na svar ve svislém směru

$\tau_L$	[Pa]	Smykové napětí působící na svar ve vodorovném směru
$\omega_R$	[-]	Hodnota omega
$\omega$	[s <sup>-1</sup> ]	Úhlová rychlost třecího kotouče

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha A** – Výpočty ČSN EN 81-50, 81-20 Situace 1

**Příloha B** - Výpočty ČSN EN 81-50, 81-20 Situace 2

**Příloha C** - Výpočty ČSN EN 81-50, 81-20 Situace 3

**Příloha D** – Výpočty lan

**Příloha E** - Výpočet svaru

**Příloha F** - Výpočet motoru

**Příloha G** - Výpočet trakční schopnosti

**Příloha H** - Výkres sestavy

**Příloha I** - Výkres rámu podlahy

## Příloha A

# Výpočty k bakalářské práci dle normy ČSN 81 - 50 / 20

Legenda : Q - hmotnost nákladu, P - hmotnost klece, S - zavěšení klece

## 1) Určení zatěžujících sil na vodičko

### Situace 1 - 100% hmotnosti na přední polovině podlahy

$$\begin{aligned}n &:= 2 & h &:= 2450 \text{ mm} & k_1 &:= 3 \\x_Q &:= 312,5 \text{ mm} & y_Q &:= 0 \text{ mm} & k_2 &:= 1,2 \\x_P &:= 53,7 \text{ mm} & y_P &:= 0 \text{ mm} \\x_S &:= 292,75 \text{ mm} & y_S &:= 0 \text{ mm}\end{aligned}$$

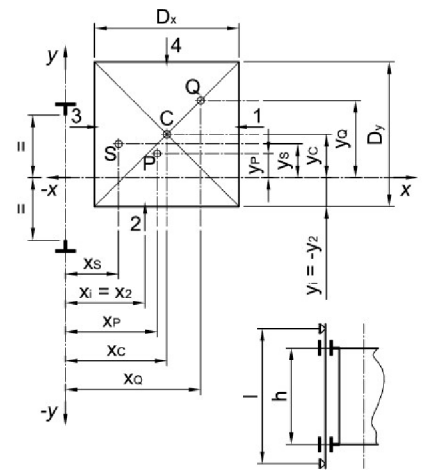
$$Q := 600 \text{ kg} \quad P := 720 \text{ kg}$$

$$F_{x,1} := \frac{k_1 \cdot g_e \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = 1357,9048 \text{ N}$$

$$F_{y,1} := \frac{k_1 \cdot g_e \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = 0$$

Používám zde součinitel  $k_2 \Rightarrow$  režim jízdy

$F_{y,1}$  je rovno 0 N protože při této situaci se vodička neopírají v ose Y o vodička



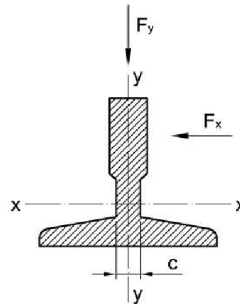
## 2) Výpočet ohybu ve vodítku

### Ohyb ve vodítkách

#### 5.10.2 Ohyb

5.10.2.1 Při výpočtu ohybového namáhání v různých osách vodítka (obrázek 4) lze předpokládat, že:

- vodítko je spojitý nosník s pružnými upevňovacími místy ve vzdálenosti  $l$ ;
- výsledná síla způsobující ohybové namáhání působí ve středu mezi sousedními upevňovacími místy;
- ohybové momenty působí v neutrální ose profilu vodítka.



Obrázek 4 – Osy vodítka

- $F_h$  vodorovná síla působící na vodítko vodicími čelistmi v jednotlivých zatěžovacích případech v N;  
 $l$  maximální vzdálenost mezi kotvami v mm;  
 $M_m$  ohybový moment v Nmm;  
 $\sigma_m$  ohybové namáhání v N/mm<sup>2</sup>;  
 $W$  moment odporu v mm<sup>3</sup>.

## 3) Určení součinitele bezpečnosti

$$R_m := 370 \text{ MPa}$$

$$S_{t1} := 2,25$$

$$S_{t2} := 1,8$$

Dovolené namáhání při normálním provozu a nakládání/vykládání

$$\sigma_{dov1} := \frac{R_m}{S_{t1}} = 164,4444 \text{ MPa}$$

Dovolené namáhání při činnosti bezpečnostního zařízení (spuštění zachycovačů)

$$\sigma_{dov2} := \frac{R_m}{S_{t2}} = 205,5556 \text{ MPa}$$

Norma 81 - 20 str. 85

#### 5.7.4.5 Dovolená namáhání

Dovolená namáhání se stanoví ze vzorce:

$$\sigma_{perm} = \frac{R_m}{S_t}$$

kde je

$R_m$  namáhání v tahu v N/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{perm}$  dovolené namáhání v N/mm<sup>2</sup>;

$S_t$  součinitel bezpečnosti.

Součinitel bezpečnosti se bere z tabulky 15.

Tabulka 15 – Součinitelé bezpečnosti pro vodítka

Zatěžovací případy	Tažnost (A <sub>s</sub> )	Součinitel bezpečnosti
Normální provoz a nakládání/vykládání	A <sub>s</sub> > 12 %	2,25
	8 % ≤ A <sub>s</sub> ≤ 12 %	3,75
Činnost bezpečnostního zařízení	A <sub>s</sub> > 12 %	1,8
	8 % ≤ A <sub>s</sub> ≤ 12 %	3,0

Hodnoty pevnosti musejí být převzaty od výrobce.

Materiály s tažností menší než 8 % se považují za příliš křehké a nesmějí se používat.

**Tažnost materiálu E235 B je více jak 21% odpovídá tedy Součiniteli bezpečnosti 2,25 při normálním provozu a 1,8 při činnosti bezpečnostního zařízení (dle stránek totalmateria.com)**

#### 4) Volba koeficientu k - součinitel nárazu

#### 5) Namáhání vodítka na ohyb - situace 1

##### Specifika vodítka

$$S := 9,51 \text{ cm}^2 \quad W_{xx} := 9,24 \text{ cm}^3 \quad W_{yy} := 5,35 \text{ cm}^3 \quad I_{xx} := 41,30 \text{ cm}^4 \quad I_{yy} := 18,65 \text{ cm}^4 \quad q_1 := 7,47$$

Technická specifikace vodítek

CODE	s	q <sub>1</sub>	e	I <sub>xx</sub>	W <sub>xx</sub>	I <sub>yy</sub>	W <sub>yy</sub>	I <sub>yy</sub>	q <sub>1</sub>
	cm <sup>2</sup>	kg/mt	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm
T45/A pd	4.25	3.34	1.31	8.08	2.53	1.38	3.84	1.71	0.95
T50/A pd	4.75	3.73	1.43	11.24	3.15	1.54	5.25	2.10	1.05
<b>T70-1/B</b>	<b>9.51</b>	<b>7.47</b>	<b>2.04</b>	<b>41.30</b>	<b>9.24</b>	<b>2.09</b>	<b>18.65</b>	<b>5.35</b>	<b>1.40</b>

#### Situace 1 - 100% hmotnosti na přední polovině podlahy

<https://www.fceu.cz/vytahove-voditko-brousene-t70-1-b-5m-03340043>

E 235 B

F<sub>h</sub> - Vodorovná síla působící na vodítka vodícími čelistmi v jednotlivých zatěžovacích případech

Součinitel rázu dle ČSN 81 - 20

l - maximální vzdálenost mezi kotvami vodítek

$$l := 1666 \text{ mm}$$

Namáhání na ohyb v ose Y

M<sub>m</sub> ohbový moment v Nmm

$$M_{o,y1} := \frac{3 \cdot F_{x,1} \cdot l}{16} = 424,1755 \text{ N m}$$

Ohybové namáhání

$$\sigma_{o,y1} := \frac{M_{o,y1}}{W_{yy}} = 79,2851 \text{ MPa}$$

Namáhání v ose X

$$M_{o,x1} := \frac{3 \cdot F_{y,1} \cdot l}{16} = 0 \text{ N m}$$

Ohybové namáhání

$$\sigma_{o,x1} := \frac{M_{o,x1}}{W_{xx}} = 0 \text{ MPa}$$

Norma 81 - 50 str. 39

## 6) Vzpěr

$$i := 35 \text{ mm}$$

$$l_k := 1666 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{l}{i} = 47,6$$

- A plocha průřezu jednoho vodička v mm<sup>2</sup>;
- F<sub>v</sub> svislá síla na vodičko klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží v N;
- k<sub>s</sub> součinitel rázu;
- M<sub>aux</sub> síla způsobená pomocnými zařízeními na jedno vodičko v N;
- σ<sub>k</sub> namáhání ve vzpěru v N/mm<sup>2</sup>;
- ω hodnota omega.

Hodnoty „ω“ se mohou vypočítat s použitím následujících vzorců:

$$\lambda = \frac{k}{i} \quad \text{a} \quad k = l$$

kde je

$$\lambda = \frac{k}{i} \quad \text{štíhlostní poměr,}$$

i minimální poloměr setrvačnosti v mm;

l největší vzdálenost mezi kotvami vodiček v mm;

k vzpěrná délka v mm.

### !! ω se mění s λ !!

Pro ocel s pevností v tahu R<sub>m</sub> = 370 N/mm<sup>2</sup>:

$$20 \leq \lambda \leq 60: \quad \omega = 0,00012920 \times \lambda^{1,89} + 1;$$

$$60 \leq \lambda \leq 85: \quad \omega = 0,00004627 \times \lambda^{2,14} + 1;$$

$$85 \leq \lambda \leq 115: \quad \omega = 0,00001711 \times \lambda^{2,35} + 1,04;$$

$$115 \leq \lambda \leq 250: \quad \omega = 0,00016887 \times \lambda^{2,00}.$$

Pro ocel s pevností v tahu R<sub>m</sub> = 520 N/mm<sup>2</sup>:

$$20 \leq \lambda \leq 50: \quad \omega = 0,00008240 \times \lambda^{2,06} + 1,021;$$

$$50 \leq \lambda \leq 70: \quad \omega = 0,00001895 \times \lambda^{2,41} + 1,05;$$

$$70 \leq \lambda \leq 89: \quad \omega = 0,00002447 \times \lambda^{2,36} + 1,03;$$

$$89 \leq \lambda \leq 250: \quad \omega = 0,00025330 \times \lambda^{2,00}.$$

Hodnota „ω“ oceli s pevností v tahu R<sub>m</sub> mezi 370 N/mm<sup>2</sup> a 520 N/mm<sup>2</sup> se vypočte ze vzorce:

$$\omega_R = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \times (R_m - 370) \right] + \omega_{370}$$

E 235 B

$$\omega_{370} := 0,00012920 \cdot \lambda^{1,89} + 1 = 1,1914$$

$$\omega_{520} := 0,00008240 \cdot \lambda^{2,06} + 1,021 = 1,2564$$

$$\omega_R := \left( \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 \text{ MPa} - 370 \text{ MPa}} \cdot (R_m - 370 \text{ MPa}) \right) + \omega_{370} = 1,1914$$

Norma 81 - 50 str. 40

## 7) Namáhání na vzpěr:

$$Q := 600 \text{ kg} \quad P_k := 400 \text{ kg} \quad P_R := 320 \text{ kg} \quad k_3 := 1,5 \quad M_{aux} := 0 \text{ N} \quad A := 9,51 \text{ cm}^2$$

$$M_g := q_1 \cdot 5 \text{ kg} = 37,35 \text{ kg}$$

$M_{aux}$  je síla od tíhy věcí zavěšených na vodičkách (já nic nezavěšuji na vodička)

$$F_v := \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q + P)}{n} + 4 \cdot M_g \cdot g_n = 20882,2805 \text{ N}$$

$$\sigma_v := \frac{(F_v + k_3 \cdot M_{aux}) \cdot \omega_R}{S} = 26,161 \text{ MPa}$$

81 - 20 str. 83

**5.7.2.3.5** Svislá síla  $F_v$  klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží způsobující tlak a vzpěr nebo tažnou sílu se vypočítá ze vzorce:

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro klec;}$$

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot M_{owt}}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro vyvažovací závaží;}$$

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot M_{bwt}}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro vyrovnávací závaží;}$$

$F_p = n_b \cdot F_r$  v případě vodiček postavených v prohlubni nebo zavěšených (upevněných na stropě šachty);

$F_p = 1/3 n_b \cdot F_r$  v případě volně postavených vodiček (bez upevnění).

kde je

$F_p$  tlak silami všech kotev na jedno vodičko (vlivem sedání budovy a smrštění betonu) v N;

$F_r$  tlak silami všech přichytek na kotvu v N;

$g_n$  normální zrychlení volného pádu (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$k_1$  součinitel nárazu podle tabulky 14 ( $k_1 = 0$  v případě bez zachycovačů působících na vodička);

$M_g$  hmotnost jedné linie vodiček v kg;

$n$  počet vodiček;

$n_b$  počet kotev na vodičku;

$P$  hmotnost prázdné klece a jí nesených komponent, např. částí závěsných kabelů, vyvažovacích lan/případně řetězů atd. v kg;

$Q$  jmenovité zatížení v kg.

**POZNÁMKA**  $F_p$  závisí na způsobu upevnění vodiček, počtu upevnění, kotev a provedení přichytek. U malých zdvihů je účinek sedání budovy (ne dřevěné) malý a může být pohlcen pružností kotev. V tomto případě je použití přichytek bez prokluzu obvyklé.



## 8) Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu

### 5.10.4 Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu

Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu se určí podle vzorců:

$$\text{namáhání na ohyb} \quad \sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}}$$

$$\text{namáhání na ohyb a tlak/tah} \quad \sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}}}{A} \leq \sigma_{\text{perm}}$$

#### Namáhání a ohyb:

$$\sigma_{\text{red},o1} := \sigma_{o,x1} + \sigma_{o,y1} = 79,2851 \text{ MPa}$$

$M_{\text{aux}}$  je síla od tíhy věcí zavěšených na vodítkách  
(já nic nezavěšuji na vodítka)

$$k_{o1} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},o1}} = 2,5926$$

používám konzervativní hodnotu  $k_3$  1,5

#### Namáhání na Ohyb a tlak / tah

$$\sigma_{\text{red},ot1} := \sigma_{\text{red},o1} + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}}}{S} = 101,2434 \text{ MPa} \quad \text{Sigma}_k$$

$$k_{o,t1} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},ot1}} = 2,0303$$

#### Namáhání na ohyb a vzpěr

$$\sigma_{\text{red},ov1} := \sigma_v + 0,9 \cdot \sigma_{\text{red},o1} = 97,5176 \text{ MPa}$$

$$k_{o,v1} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},ov1}} = 2,1079$$

$A$  plocha průřezu vodítka v  $\text{mm}^2$ ;

$F_v$  svislá síla na vodítka klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží v N;

$k_3$  součinitel rázu;

$M_{\text{aux}}$  síla způsobená pomocnými zařízeními na jedno vodítko v N;

$\sigma$  kombinované namáhání v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_x$  namáhání na vzpěr v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_m$  namáhání na ohyb v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_{\text{perm}}$  dovolené namáhání v  $\text{N/mm}^2$ , viz normy vyžadující použití této normy (např. 5.7.4.5 EN 81-20:2020);

$\sigma_x$  namáhání na ohyb v ose x v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_y$  namáhání na ohyb v ose y v  $\text{N/mm}^2$ .

Norma 81 - 50 str. 40

## 9) Ohyb příruby vodítka

Pro kluzné vodící čelisti:

$$h_1 := 65 \text{ mm} \quad b := 17 \text{ mm} \quad f := 6 \text{ mm}$$

$$l_1 := 135 \text{ mm} \quad c_p := 6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{F_x,1} := \frac{F_{x,1} \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c_p^2 \cdot (l_1 + 2 \cdot (h_1 - f))} = 37,5705 \text{ MPa}$$

$$k_{OF,1} := \frac{\sigma_{dov2}}{\sigma_{F_x,1}} = 5,4712$$

Při situace 1 vodítka vyhovují

### 5.10.5 Ohyb příruby vodítka

Je nutno vzít v úvahu ohyb příruby vodítka. Pro vodítka profilu T se použije vzorec:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm} \quad \text{pro kladkové vodící čelisti}$$

$$\sigma_F = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2 \cdot (h_1 - f))} \leq \sigma_{perm} \quad \text{pro kluzné vodící čelisti}$$

kde je

$b$  polovina šířky vodící čelisti v mm;

$c$  tloušťka spojky mezi přírubou a stojně v mm;

$f$  výška příruby vodítka v připojení k stojně v mm;

$F_x$  síla způsobená vodící čelistí na vodící plochu vodítka v N;

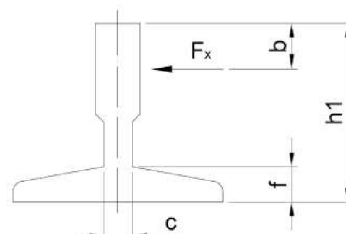
$h_1$  výška vodítka v mm;

$l$  délka vodící čelisti v mm;

$\sigma_F$  místní namáhání v ohybu příruby vodítka v N/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{perm}$  dovolené namáhání v N/mm<sup>2</sup>.

POZNÁMKA Rozměry jsou uvedeny v obrázku 5.



Obrázek 5 – Rozměry pro výpočet ohybu příruby

## 10) Dovoléné průhyby vodítek - situace 1

### 5.7.4.6 Dovoléné průhyby

Pro vodítka tvaru T a jejich upevnění (kotvy, dělicí nosníky) jsou maximální vypočítané dovolené průhyby  $\delta_{perm}$ :

- $\delta_{perm} = 5$  mm v obou směrech vodítek klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží, na které působí zachycovače;
- $\delta_{perm} = 10$  mm v obou směrech vodítek klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží, na které nepůsobí zachycovače.

$$E := 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$l := 1666 \text{ mm}$$

$$\delta_y := 0,7 \cdot \frac{F_{y,l} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_x := 0,7 \cdot \frac{F_{x,l} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{yy}} = 2,338 \text{ mm}$$

Dovoléné průhyb je 5 mm tomuto kritériu vodítka **vyhovuje**

### 5.10.6 Průhyby

Průhyby se vypočítají z následujících vzorců:

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot \beta}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm}$$

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot \beta}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm}$$

kde je

- $\delta_{perm}$  maximální dovoléné průhyb v mm;
- $\delta_x$  průhyb v ose x v mm;
- $\delta_y$  průhyb v ose y v mm;
- $\delta_{str-x}$  průhyb konstrukce budovy v ose x v mm;
- $\delta_{str-y}$  průhyb konstrukce budovy v ose y v mm;
- $E$  modul pružnosti v N/mm<sup>2</sup>;
- $F_x$  síla z vedení v ose x v N;
- $F_y$  síla z vedení v ose y v N;
- $I_x$  moment setrvačnosti k ose x v mm<sup>4</sup>;
- $I_y$  moment setrvačnosti k ose y v mm<sup>4</sup>;
- $l$  největší vzdálenost mezi kotvami vodítek v mm.

## Příloha B

# Výpočty k bakalářské práci dle normy ČSN 81 - 50 / 20

Legenda : Q - hmotnost nákladu, P - hmotnost klece, S - zavěšení klece

## 1) Určení zatěžujících sil na vodičko

### Situace 2 - 100% hmotnosti na levé polovině podlahy

$$n := 2 \quad h := 2450 \text{ mm} \quad k_2 := 1,2$$

$$x_Q := 0 \text{ mm} \quad y_Q := 250 \text{ mm}$$

$$x_P := 53,7 \text{ mm} \quad y_P := 0 \text{ mm}$$

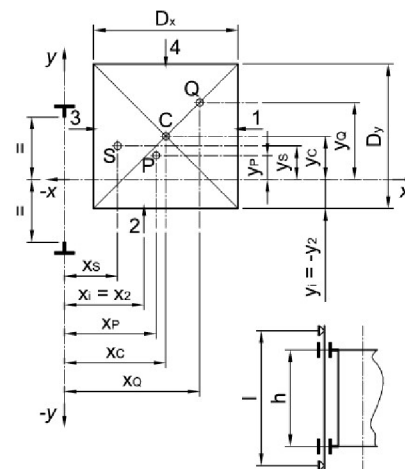
$$x_S := 292,75 \text{ mm} \quad y_S := 0 \text{ mm}$$

$$Q := 600 \text{ kg} \quad P := 720 \text{ kg}$$

$$F_{x,2} := \frac{k_2 \cdot g_e \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = 92,8566 \text{ N}$$

$$F_{y,2} := \frac{k_2 \cdot g_e \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = 720,4886 \text{ N}$$

Používám zde součinitel  $k_2$  ==> režim jízdy



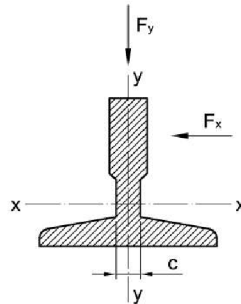
## 2) Výpočet ohybu ve vodítku

### Ohyb ve vodítkách

#### 5.10.2 Ohyb

5.10.2.1 Při výpočtu ohybového namáhání v různých osách vodítka (obrázek 4) lze předpokládat, že:

- vodítko je spojitý nosník s pružnými upevňovacími místy ve vzdálenosti  $l$ ;
- výsledná síla způsobující ohybové namáhání působí ve středu mezi sousedními upevňovacími místy;
- ohybové momenty působí v neutrální ose profilu vodítka.



Obrázek 4 – Osy vodítka

- $F_h$  vodorovná síla působící na vodítko vodicími čelistmi v jednotlivých zatěžovacích případech v N;  
 $l$  maximální vzdálenost mezi kotvami v mm;  
 $M_m$  ohybový moment v Nmm;  
 $\sigma_m$  ohybové namáhání v N/mm<sup>2</sup>;  
 $W$  moment odporu v mm<sup>3</sup>.

## 3) Určení součinitele bezpečnosti

$$R_m := 370 \text{ MPa}$$

$$S_{t1} := 2,25$$

$$S_{t2} := 1,8$$

Dovolené namáhání při normálním provozu a nakládání/vykládání

$$\sigma_{dov1} := \frac{R_m}{S_{t1}} = 164,4444 \text{ MPa}$$

Dovolené namáhání při činnosti bezpečnostního zařízení (spuštění zachycovačů)

$$\sigma_{dov2} := \frac{R_m}{S_{t2}} = 205,5556 \text{ MPa}$$

Norma 81 - 20 str. 85

#### 5.7.4.5 Dovolená namáhání

Dovolená namáhání se stanoví ze vztahu:

$$\sigma_{perm} = \frac{R_m}{S_t}$$

kde je

$R_m$  namáhání v tahu v N/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{perm}$  dovolené namáhání v N/mm<sup>2</sup>;

$S_t$  součinitel bezpečnosti.

Součinitel bezpečnosti se bere z tabulky 15.

Tabulka 15 – Součinitelé bezpečnosti pro vodítko

Zatěžovací případy	Tažnost (A <sub>s</sub> )	Součinitel bezpečnosti
Normální provoz a nakládání/vykládání	A <sub>s</sub> > 12 %	2,25
	8 % ≤ A <sub>s</sub> ≤ 12 %	3,75
Činnost bezpečnostního zařízení	A <sub>s</sub> > 12 %	1,8
	8 % ≤ A <sub>s</sub> ≤ 12 %	3,0

Hodnoty pevnosti musejí být převzaty od výrobce.

Materiály s tažností menší než 8 % se považují za příliš křehké a nesmějí se používat.

Tažnost materiálu E235 B je více jak 21% odpovídá tedy Součiniteli bezpečnosti 2,25 při normálním provozu a 1,8 při činnosti bezpečnostního zařízení (dle stránek totalmateria.com)

#### 4) Volba koeficientu k - součinitel nárazu

#### 5) Namáhání vodítka na ohyb - situace 2

##### Specifika vodítka

$$S := 9,51 \text{ cm}^2 \quad W_{xx} := 9,24 \text{ cm}^3 \quad W_{yy} := 5,35 \text{ cm}^3 \quad I_{xx} := 41,30 \text{ cm}^4 \quad I_{yy} := 18,65 \text{ cm}^4$$

Technická specifikace vodiček

CODE	s	q1	e	I <sub>xx</sub>	W <sub>xx</sub>	I <sub>yy</sub>	W <sub>yy</sub>	I <sub>yy</sub>
	cm <sup>2</sup>	kg/mt	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>
T45/A pd	4.25	3.34	1.31	8.08	2.53	1.38	3.84	1.71
T50/A pd	4.75	3.73	1.43	11.24	3.15	1.54	5.25	2.10
<b>T70-1/B</b>	<b>9.51</b>	<b>7.47</b>	<b>2.04</b>	<b>41.30</b>	<b>9.24</b>	<b>2.09</b>	<b>18.65</b>	<b>5.35</b>

#### Situace 2 - 100% váhy na levé polovině podlahy

<https://www.fceu.cz/vytahove-voditko-brousene-t70-1-b-5m-03340043>

E 235 B

F<sub>h</sub> - Vodorovná síla působící na vodítka vodícími čelistmi v jednotlivých zatěžovacích případech

$$k_1 := 3 \quad \text{Součinitel rázu dle ČSN 81 - 20}$$

l - maximální vzdálenost mezi kotvami vodiček

$$l := 1666 \text{ mm}$$

Namáhání na ohyb v ose Y

Namáhání v ose X

M<sub>m</sub> ohbový moment v Nmm

$$M_{o,y2} := \frac{3 \cdot F_{x,2} \cdot l}{16} = 29,0061 \text{ N m}$$

$$M_{o,x2} := \frac{3 \cdot F_{y,2} \cdot l}{16} = 225,0626 \text{ N m}$$

Ohybové namáhání

Ohybové namáhání

$$\sigma_{o,y2} := \frac{M_{o,y2}}{W_{yy}} = 5,4217 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{o,x2} := \frac{M_{o,x2}}{W_{xx}} = 24,3574 \text{ MPa}$$

Norma 81 - 50 str. 39

## 6) Vzpěr

$$i := 35 \text{ mm}$$

$$l := 1666 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{l}{i} = 47,6$$

- $A$  plocha průřezu jednoho vodička v  $\text{mm}^2$ ;  
 $F_v$  svislá síla na vodičko klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží v N;  
 $k_3$  součinitel rázu;  
 $M_{\text{aux}}$  síla způsobená pomocnými zařízeními na jedno vodičko v N;  
 $\sigma_k$  namáhání ve vzpěru v  $\text{N/mm}^2$ ;  
 $\omega$  hodnota omega.

Hodnoty „ $\omega$ “ se mohou vypočítat s použitím následujících vzorců:

$$\lambda = \frac{k}{i} \quad \text{a} \quad k = l$$

kde je

$$\lambda = \frac{k}{i} \quad \text{štíhlostní poměr,}$$

$i$  minimální poloměr setrvačnosti v mm;

$l$  největší vzdálenost mezi kotvami vodiček v mm;

$k$  vzpěrná délka v mm.

### !! $\omega$ se mění s $\lambda$ !!

Pro ocel s pevností v tahu  $R_m = 370 \text{ N/mm}^2$ :

$$20 \leq \lambda \leq 60: \quad \omega = 0,00012920 \times \lambda^{1,89} + 1;$$

$$60 \leq \lambda \leq 85: \quad \omega = 0,00004627 \times \lambda^{2,14} + 1;$$

$$85 \leq \lambda \leq 115: \quad \omega = 0,00001711 \times \lambda^{2,25} + 1,04;$$

$$115 \leq \lambda \leq 250: \quad \omega = 0,00016887 \times \lambda^{2,00}.$$

Pro ocel s pevností v tahu  $R_m = 520 \text{ N/mm}^2$ :

$$20 \leq \lambda \leq 50: \quad \omega = 0,00008240 \times \lambda^{2,08} + 1,021;$$

$$50 \leq \lambda \leq 70: \quad \omega = 0,00001895 \times \lambda^{2,41} + 1,05;$$

$$70 \leq \lambda \leq 89: \quad \omega = 0,00002447 \times \lambda^{2,38} + 1,03;$$

$$89 \leq \lambda \leq 250: \quad \omega = 0,00025330 \times \lambda^{2,00}.$$

Hodnota „ $\omega$ “ ocelí s pevností v tahu  $R_m$  mezi  $370 \text{ N/mm}^2$  a  $520 \text{ N/mm}^2$  se vypočte ze vzorce:

$$\omega_R = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \times (R_m - 370) \right] + \omega_{370}$$

E 235 B

$$\omega_{370} := 0,00012920 \cdot \lambda^{1,89} + 1 = 1,1914$$

$$\omega_{520} := 0,00008240 \cdot \lambda^{2,06} + 1,021 = 1,2564$$

$$\omega_R := \left( \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 \text{ MPa} - 370 \text{ MPa}} \cdot (R_m - 370 \text{ MPa}) \right) + \omega_{370} = 1,1914$$

Norma 81 - 50 str. 40



**7) Namáhání na vzpěr:**

$$Q := 600 \text{ kg} \quad P_k := 400 \text{ kg} \quad P_R := 320 \text{ kg} \quad k_3 := 1,5 \quad M_{aux} := 0 \text{ N} \quad A := 9,51 \text{ cm}^2$$

$$M_g := 37,35 \text{ kg}$$

$M_{aux}$  je síla od tíhy věcí zavěšených na vodítkách (já nic nezavěšuji na vodítka)

$$F_v := \frac{k_1 \cdot g_e \cdot (Q + P)}{n} + 4 \cdot M_g \cdot g_e = 20882,2805 \text{ N}$$

$$\sigma_v := \frac{(F_v + k_3 \cdot M_{aux}) \cdot \omega_R}{S} = 26,161 \text{ MPa}$$

81 - 20 str. 83

**5.7.2.3.5** Svislá síla  $F_v$  klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží způsobující tlak a vzpěr nebo tažnou sílu se vypočítá ze vzorce:

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro klec;}$$

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot M_{cwt}}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro vyvažovací závaží;}$$

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot M_{bwt}}{n} + (M_g \cdot g_n) + F_p \text{ pro vyrovnávací závaží;}$$

$F_p = n_b \cdot F_r$  v případě vodítek postavených v prohlubni nebo zavěšených (upevněných na stropě šachty);

$F_p = 1/3 n_b \cdot F_r$  v případě volně postavených vodítek (bez upevnění).

kde je

$F_p$  tlak silami všech kotev na jedno vodítko (vlivem sedání budovy a smrštění betonu) v N;

$F_r$  tlak silami všech přichytek na kotvu v N;

$g_n$  normální zrychlení volného pádu ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );

$k_1$  součinitel nárazu podle tabulky 14 ( $k_1 = 0$  v případě bez zachycovačů působících na vodítka);

$M_g$  hmotnost jedné linie vodítek v kg;

$n$  počet vodítek;

$n_b$  počet kotev na vodítku;

$P$  hmotnost prázdné klece a jí nesených komponent, např. části závěsných kabelů, vyvažovacích lan/případně řetězů atd. v kg;

$Q$  jmenovité zatížení v kg.

**POZNÁMKA**  $F_p$  závisí na způsobu upevnění vodítek, počtu upevnění, kotev a provedení přichytek. U malých zdvihů je účinek sedání budovy (ne dřevěné) malý a může být pohlcen pružností kotev. V tomto případě je použití přichytek bez prokluzu obvyklé.



## 8) Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu

### 5.10.4 Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu

Kombinované namáhání ve vzpěru a tlaku/tahu nebo ohybu se určí podle vzorců:

$$\text{namáhání na ohyb} \quad \sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}}$$

$$\text{namáhání na ohyb a tlak/tah} \quad \sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}}}{A} \leq \sigma_{\text{perm}}$$

#### Namáhání a ohyb:

$$\sigma_{\text{red},o2} := \sigma_{o,x2} + \sigma_{o,y2} = 29,7791 \text{ MPa}$$

$M_{\text{aux}}$  je síla od tíhy věcí zavěšených na vodičkách  
(v mém případě nic na vodička není zavěšeno)

$$k_{o,2} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},o2}} = 6,9027$$

používám konzervativní hodnotu  $k_3$  1,5

#### Namáhání na Ohyb a tlak / tah

$$\sigma_{\text{red},ot2} := \sigma_{\text{red},o2} + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}}}{S} = 51,7374 \text{ MPa} \quad \text{Sigma}_k$$

$$k_{ot,2} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},ot2}} = 3,9731$$

#### Namáhání na ohyb a vzpěr

$$\sigma_{\text{red},ov2} := \sigma_v + 0,9 \cdot \sigma_{\text{red},o2} = 52,9622 \text{ MPa}$$

$$k_{ov,2} := \frac{\sigma_{\text{dov}2}}{\sigma_{\text{red},ov2}} = 3,8812$$

$A$  plocha průřezu vodička v  $\text{mm}^2$ ;

$F_v$  svislá síla na vodičko klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží v N;

$k_3$  součinitel rázu;

$M_{\text{aux}}$  síla způsobená pomocnými zařízeními na jedno vodičko v N;

$\sigma$  kombinované namáhání v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_x$  namáhání na vzpěr v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_m$  namáhání na ohyb v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_{\text{perm}}$  dovolené namáhání v  $\text{N/mm}^2$ , viz normy vyžadující použití této normy (např. 5.7.4.5 EN 81-20:2020);

$\sigma_x$  namáhání na ohyb v ose x v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_y$  namáhání na ohyb v ose y v  $\text{N/mm}^2$ .

Norma 81 - 50 str. 40

## 9) Ohyb příruby vodítka

Pro kluzné vodící čelisti:

$$h_1 := 65 \text{ mm} \quad b_1 := 17 \text{ mm} \quad f := 6 \text{ mm}$$

$$l_1 := 135 \text{ mm} \quad c_p := 6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{F_{x,2}} := \frac{F_{x,2} \cdot (h_1 - b_1 - f) \cdot 6}{c_p^2 \cdot (l_1 + 2 \cdot (h_1 - f))} = 2,5692 \text{ MPa}$$

$$k_{OF,2} := \frac{\sigma_{dov2}}{\sigma_{F_{x,2}}} = 80,009$$

### 5.10.5 Ohyb příruby vodítka

Je nutno vzít v úvahu ohyb příruby vodítka. Pro vodítka profilu T se použije vzorec:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm} \quad \text{pro kladkové vodící čelisti}$$

$$\sigma_F = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2 \cdot (h_1 - f))} \leq \sigma_{perm} \quad \text{pro kluzné vodící čelisti}$$

kde je

$b$  polovina šířky vodící čelisti v mm;

$c$  tloušťka spojky mezi přírubou a stojnou v mm;

$f$  výška příruby vodítka v připojení k stojně v mm;

$F_x$  síla způsobená vodící čelistí na vodící plochu vodítka v N;

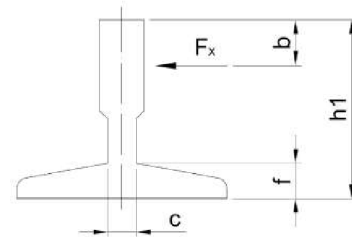
$h_1$  výška vodítka v mm;

$l$  délka vodící čelisti v mm;

$\sigma_F$  místní namáhání v ohybu příruby vodítka v N/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{perm}$  dovolené namáhání v N/mm<sup>2</sup>.

POZNÁMKA Rozměry jsou uvedeny v obrázku 5.



Obrázek 5 – Rozměry pro výpočet ohybu příruby

Norma 81 - 50 str. 41

## 10) Dovoléné průhyby vodítek - situace 1

### 5.7.4.6 Dovoléné průhyby

Pro vodítka tvaru T a jejich upevnění (kotvy, dělicí nosníky) jsou maximální vypočítané dovoléné průhyby  $\delta_{perm}$ :

- $\delta_{perm} = 5$  mm v obou směrech vodítek klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží, na které působí zachycovače;
- $\delta_{perm} = 10$  mm v obou směrech vodítek klece, vyvažovacího nebo vyrovnávacího závaží, na které nepůsobí zachycovače.

$$E := 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$l = 1666 \text{ mm}$$

$$\delta_{y,2} := 0,7 \cdot \frac{F_{y,2} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}} = 0,5602 \text{ mm}$$

$$\delta_{x,2} := 0,7 \cdot \frac{F_{x,2} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{yy}} = 0,1599 \text{ mm}$$

Dovoléné průhyby je 5 mm tomuto kritériu vodítka **vyhovuje**

### 5.10.6 Průhyby

Průhyby se vypočítají z následujících vzorců:

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm}$$

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm}$$

kde je

- $\delta_{perm}$  maximální dovoléné průhyby v mm;
- $\delta_x$  průhyb v ose x v mm;
- $\delta_y$  průhyb v ose y v mm;
- $\delta_{str-x}$  průhyb konstrukce budovy v ose x v mm;
- $\delta_{str-y}$  průhyb konstrukce budovy v ose y v mm;
- $E$  modul pružnosti v N/mm<sup>2</sup>;
- $F_x$  síla z vedení v ose x v N;
- $F_y$  síla z vedení v ose y v N;
- $I_x$  moment setrvačnosti k ose x v mm<sup>4</sup>;
- $I_y$  moment setrvačnosti k ose y v mm<sup>4</sup>;
- $l$  největší vzdálenost mezi kotvami vodítek v mm.

## Příloha C

# Výpočty k bakalářské práci dle normy ČSN 81 - 50 / 20

Legenda : Q - hmotnost nákladu, P - hmotnost klece, S - zavěšení klece

## 1) Určení zatěžujících sil na vodičko

### Situace 3 - nakládání a vykládání

$$a := 53,7 \text{ mm} \quad b := 312,5 \text{ mm} \quad c := 1740 \text{ mm} \quad d := 310 \text{ mm} \quad n := 2 \quad h := 2450 \text{ mm} \quad k_2 := 1,2$$

$$x_Q := 625 \text{ mm} \quad y_Q := 0 \text{ mm}$$

$$x_P := 53,7 \text{ mm} \quad y_P := 0 \text{ mm}$$

$$y_S := 0 \text{ mm}$$

$$Q := 600 \text{ kg} \quad P := 720 \text{ kg}$$

$$F_S := 0,4 \cdot g_e \cdot Q = 2353,596 \text{ N}$$

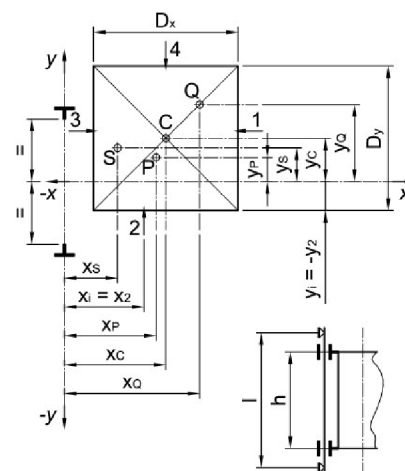
$$F_{S,x} := \frac{g_e \cdot P \cdot x_P + F_S \cdot x_Q}{n \cdot h} = 377,584 \text{ N}$$

U režimu nakládání nezohledňuji součinitel k - součinitel nárazu

$F_{y}$  je rovno 0 N protože při této situaci se vodička neopírají v ose Y o vodička

$$F_{S,y} := 0 \text{ N}$$

Síla  $F_{x,3}$  je násobně menší než při nejkritičtější situaci (Situace 1) dál tedy nepokračuji ve výpočtu



# Příloha D

## Výpočty k bakalářské práci dle normy ČSN 81 - 50

### Součinitel bezpečnosti lana

Kabina :

$$m_{kabina, závaží} := (600 + 720) \text{ kg} = 1320 \text{ kg}$$

#### Výpočet síly v laně podle normy ČSN 81 - 50

Pro půlkruhové drážky

$$N_{equiv,t} := 1 \quad \text{Ekvivalentní počet třecích kotoučů}$$

$$D_t \text{ průměr třecího kotouče} \quad D_t := 150 \text{ mm}$$

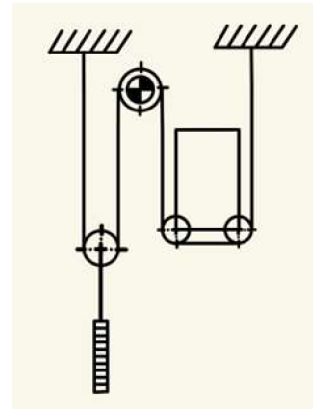
$$D_p \text{ střední průměr kladek} \quad D_p := 100 \text{ mm}$$

$$N_{ps} \text{ počet kladek s ohybem ve stejném smyslu} \quad N_{ps} := 2$$

$$N_{pr} \text{ počet kladek se střídavým ohybem} \quad N_{pr} := 2$$

$$K_p := \left( \frac{D_t}{D_p} \right)^4 = 5,0625$$

$$N_{equivp} := K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) = 50,625$$



$$N_{equivt} := N_{equiv,t} = 1 \quad \text{ekvivalentní počet třecích kotoučů určen dle provedení konstrukčního řešení}$$

$$N_{equiv} := N_{equivt} + N_{equivp} = 51,625$$

d, r průměr lan (1 pramen 2mm, mám 6 pramenů)

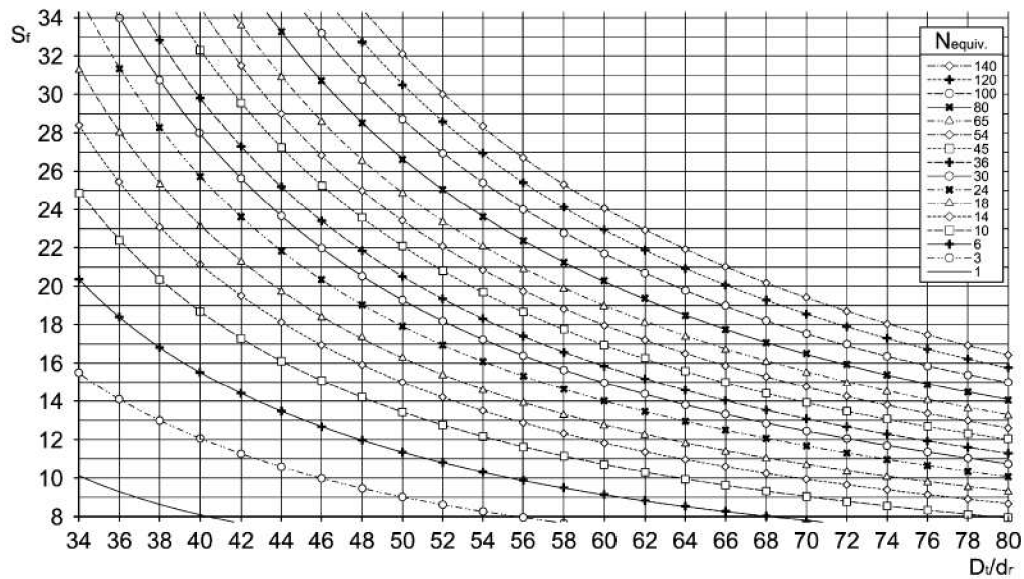
$$d_r := 2 \text{ mm}$$

$$S_f := 10 \left( \frac{\log_{10} \left( \frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{8,567}} \right)}{\log_{10} \left( 77,09 \cdot \left( \frac{D_t}{d_r} \right) \right)} - 2,894 \right) = 3,4742 \cdot 10^{257}$$

$$\frac{D_t}{d_r} = 75$$

Křivky na obrázku 10 vycházejí ze vztorce:

$$S_f = 10 \left( \frac{\log_{10} \left( \frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{8,567}} \right)}{\log_{10} \left( 77,09 \cdot \left( \frac{D_t}{d_r} \right) \right)} - 2,894 \right)$$



Obrázek 10 – Stanovení minimálního součinitele bezpečnosti

Dle ČSN EN 81 - 20 ed.2 str 67:

Součinitel bezpečnosti je poměr mezi minimální únosností jednoho lana v [N] a největší silou v tomto laně [N]

$$F_{dov,pásu} := 60 \text{ kN}$$

Na jedné kladce jsou tyto pásy 3

$$F_{pás} := m_{kabina,závaží} \cdot g_e = 12944,778 \text{ N}$$

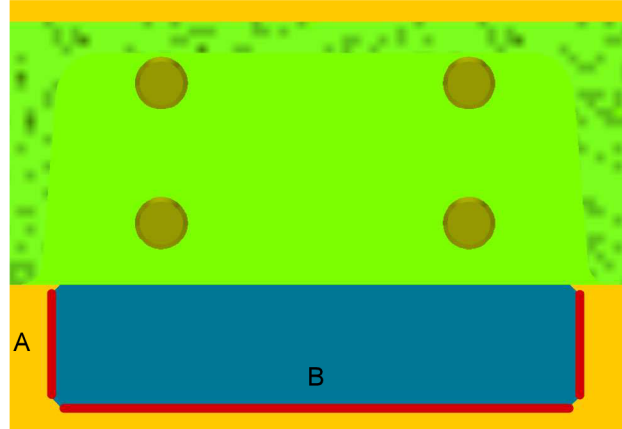
$$k_{pás} := \frac{F_{dov,pásu}}{F_{pás}} = 4,6351$$

$$k_{c,pás} := \frac{3 \cdot F_{dov,pásu}}{F_{pás}} = 13,9052$$

# Příloha E

## Rozměry svaru

$A := 24 \text{ mm}$       A - Délka svislého svaru  
 $B := 116 \text{ mm}$       B - Délka vodorovného svaru



## Únosnost svaru pro 125% Q

$$Q := 1,25 \cdot 600 \text{ kg} \quad F_{Rg} := 650 \text{ kg} \quad g_e = 6374,3225 \text{ N}$$

$$F := Q \cdot g_e + F_{Rg} = 13729,31 \text{ N}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,svislá} := 2 \cdot A$$

$$A_{W,svislá} := a \cdot L_{eff,svislá} = 240 \text{ mm}^2$$

$$L_{eff,rovnoběžná} := B$$

$$A_{W,kolmá} := a \cdot L_{eff,rovnoběžná} = 580 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{kolmé} := \frac{F}{A_{W,kolmá}} = 23,6712 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{F}{A_{W,svislá}} = 57,2055 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rovnoběžné} := 0 \text{ MPa}$$

Pro E235

$$f_u := 370 \text{ MPa} \quad \beta_w := 0,80 \quad \gamma_{M2} := 1,25$$

$$\sigma_{RED,s} := \sqrt{\sigma_{rovnoběžné}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{rovnoběžné}^2)} = 107,2305 \text{ MPa} \quad \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 370 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 266,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{RED,s} = 107,2305 \text{ MPa} \quad f_{vw,d} := \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 213,6196 \text{ MPa}$$

(6) Únosnost koutového svaru je dostatečná, jsou-li splněny obě následující podmínky:

$$[\alpha \cdot 2 + 3 \cdot (\tau \cdot 2 + \tau \cdot 2)]^{0,5} \leq f_t / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad \text{a} \quad \alpha \leq 0,9 \cdot f_t / \gamma_{M2}$$

kde  $f_t$  je jmenovitá hodnota meze pevnosti nejslabší spojované části v tahu;

$\beta_w$  korelační součinitel podle tabulky 4.1.

(4.1)

## Příloha F

### Výpočet motoru a převodovky

$$\text{Potřebná síla zdvihu:} \quad \rho_{lana} := 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad L_{lana} := 125 \text{ m}$$

$$Q := 600 \text{ kg} \quad P := 720 \text{ kg} \quad m_{lana} := \rho_{lana} \cdot L_{lana} = 45 \text{ kg}$$

$$FR_{car} := 0,15 \cdot 1357,9 \text{ N} = 203,685 \text{ N} \quad m_{protivaha} := (P + 0,5 \cdot Q) + 0,5 \cdot m_{lana} = 1042,5 \text{ kg}$$

$$F_{kabina} := (P + 1,25 \cdot Q) g_e + \left( (P + 1,25 \cdot Q) \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) + FR_{car} = 16089,4605 \text{ N} \quad v := 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F_{protivaha} := (P + 0,5 \cdot Q) g_e + \left( (P + 0,5 \cdot Q) \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 11022,783 \text{ N} \quad \text{Je předpokládána rychlost výtahu } 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$F_{lano} := m_{lana} g_e + m_{lana} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 486,2992 \text{ N} \quad R_t := 75 \text{ mm}$$

$$F_c := (F_{kabina} + F_{lano} - F_{protivaha} + FR_{car}) = 5756,6618 \text{ N}$$

$$\omega := \frac{v}{R_t} = 13,3333 \text{ Hz}$$

$$M := F_c \cdot R_t \cdot 1,25 = 539,687 \text{ N m}$$

$$P_{motoru} := M \cdot \omega = 7,1958 \text{ kW}$$

$$n := 2930 \text{ rpm}$$

$$v_m := \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot R_t = 2,4098 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### Postup číslo 2 dle VŠB - Ostrava

$$\eta_{motoru} := 0,93$$

$$F_z := g_e \cdot (P + Q + m_{lana} - m_{protivaha}) = 3162,6446 \text{ N}$$

$$M_{zv} := F_z \cdot R_t = 237,1983 \text{ N m}$$

$$P_{mot} := \frac{F_z \cdot v}{\eta_{motoru}} = 3,4007 \text{ kW}$$



# Příloha G

## Výpočet trakční schopnosti

$$P := 720 \text{ kg}$$

$$Q := 600 \text{ kg}$$

M<sub>SRcar</sub> je hmotnost nosných lan

Používají se pásy místo lan

H zdvih

$$h_{min} := 3,5 \text{ m} \quad h_{podlahy} := 30 \text{ cm} \quad x := 4 \text{ m}$$

h,min minimální výška od podlahy ke stropu

h,podlahy tloušťka podlahy

x místo nad a pod kabinou

$$H := 4 \cdot (h_{min} + h_{podlahy}) + x = 19,2 \text{ m}$$

$$y := \frac{19,2}{2} \text{ m} \quad \text{y dle normy na úrovni 0,5H je 0}$$

$$n_s := 3 \quad \text{n,s je počet nosných lan}$$

$$\rho_p := 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{\rho jednotková hmotnost}$$

$\rho$  pro 60kN pás je 0,36 kg/m

$$L_p := 150 \text{ m} \quad \text{L délka pásu}$$

$$m_p := \rho_p \cdot L_p = 54 \text{ kg}$$

$$M_{SRcar} := ((0,5 \cdot H + y) \cdot n_s \cdot \rho_p) = 20,736 \text{ kg}$$

$$r := 2$$

součinitel lanování

**Stav nakládání klece:**

Klec zatížena 125% jmenovitého zatížení v dolní kraní stanici, bez uvažování tření

M<sub>SRcar</sub> hmotnost na straně klece

T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub> jsou síly v lanech

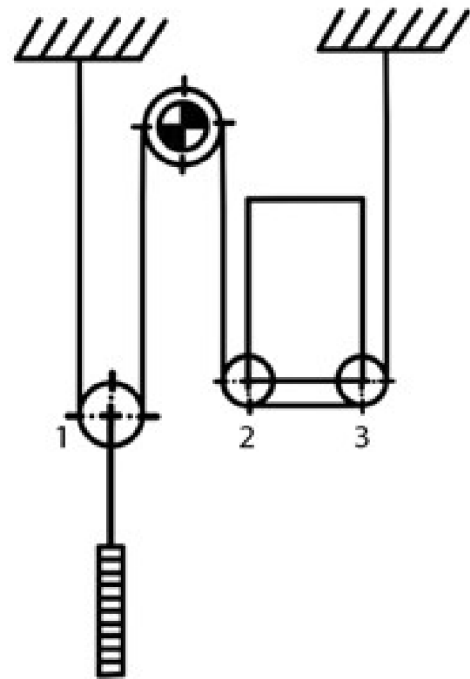
$$T_1 := \frac{(P + 1,25 \cdot Q)}{r} g_e + M_{SRcar} g_e = 7411,2384 \text{ N}$$

M<sub>cwt</sub> hmotnost vyvažovacího závaží včetně kladek

$$m_{kladek} := 6 \text{ kg}$$

$$M_{cwt} := P + 0,5 \cdot Q + m_{kladek} = 1026 \text{ kg}$$

$$T_2 := \frac{M_{cwt}}{r} g_e = 5030,8114 \text{ N}$$



### Stav nouzového brždění

$f := 0,15$  třecí koeficient mezi vložkou čelisti a vodítkem

a nesmí být menší než 0,5 dle ČSN

$$F_{x,1} := 1357,9 \text{ N} \quad F_{y,1} := 0 \text{ N}$$

[https://www.engineersedge.com/coefficients\\_of\\_friction.htm](https://www.engineersedge.com/coefficients_of_friction.htm)

$$F_{g,celk} := F_{x,1} + F_{y,1} = 1357,9 \text{ N}$$

$$a := 0,5 \text{ m s}^{-2}$$

$$m_{Pcar} := 12 \text{ kg}$$

$$FR_{car} := f \cdot F_{g,celk} = 203,685 \text{ N}$$

$$T_{1,n} := \left( \frac{P+Q}{r} \right) \cdot (g_e + a) + M_{SRcar} \cdot (g_e + 2 \cdot a) + \frac{m_{Pcar} \cdot 2 \cdot a}{r} - \frac{FR_{car}}{r} = 6930,6332 \text{ N}$$

$m_{Pcwt}$  redukovaná hmotnost kladek vzhledem k vyvažovacímu závaží

- Součinitel tření  $\mu = 0,25$ . Dostatečná únosnost při statickém zatížení kabiny výtahu na 125 % jmenovité zátěže se vypočte podle EN 81-50:2014, čl. 5.11. Pro výpočet lze " $\mu$ " položit rovno " $f$ ".

<https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-polyrope-certificate-cs.pdf>

v ideálním případě se protiváha o vodítka neopírá budu tedy počítat s určenou minimální hodnotou  $0,25F_x$

$$F_{x,p1} := 0,25 \cdot F_{x,1} = 339,475 \text{ N} \quad F_{y,p1} := 0$$

$$F_{t,protivaha} := f \cdot (F_{x,p1} + F_{y,p1}) = 50,9212 \text{ N}$$

$$m_{Pcwt} := 6 \text{ kg}$$

$$FR_{cwt} := F_{t,protivaha}$$

$F_t$  získáno z rovnic silové rovnováhy na vodítkách - čelisti

$m_{Pcwt}$  redukovaná hmotnost kladek vzhledem k vyvažovacímu závaží

$FR_{cwt}$  třecí síla v šachtě (ve vodítkách)

$$T_{2,n} := \left( \frac{M_{cwt}}{r} \cdot (g_e - a) - \frac{m_{Pcwt} \cdot 1 \cdot a}{r} + \frac{FR_{cwt}}{r} \right) = 4798,2721 \text{ N}$$

Tato situace je nejkritičtější ze všech (situace 1 se zachycovači)

### Stav nakládání klece:

### Stav nouzového bržení

$$\frac{T_1}{T_2} = 1,4732$$

$$\frac{T_{1,n}}{T_{2,n}} = 1,4444$$

$$f_n := 0,25$$

$$f_b := 0,5$$

Třecí koeficient převzat z: <https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-polyrope-certificate-cs.pdf>

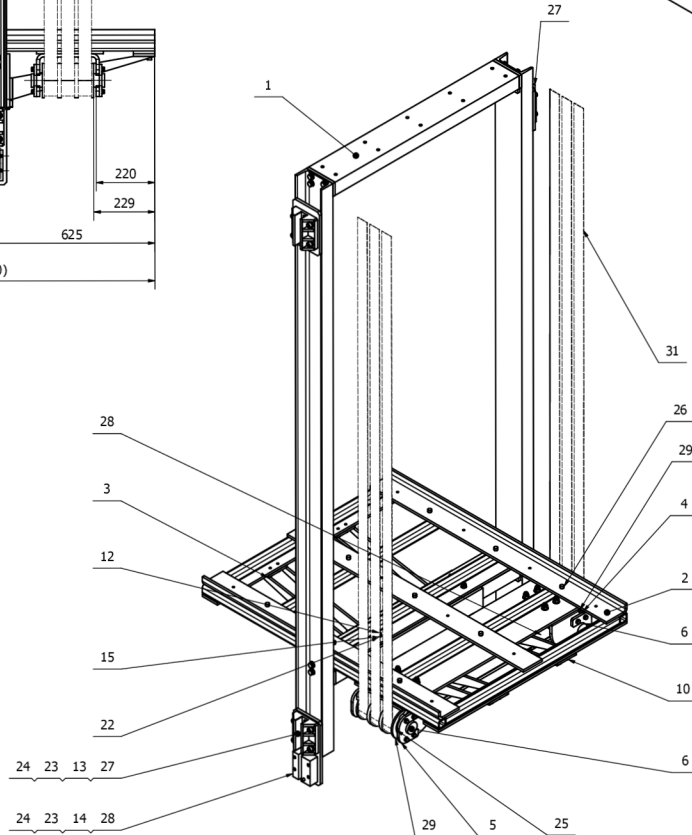
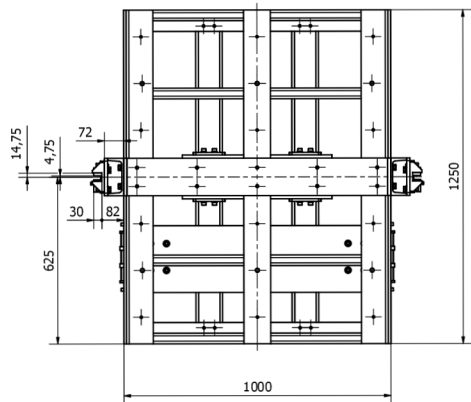
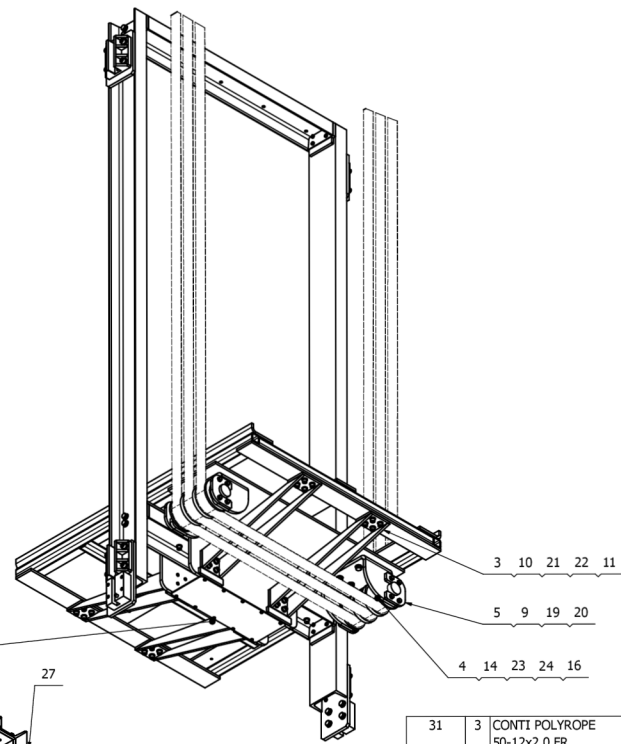
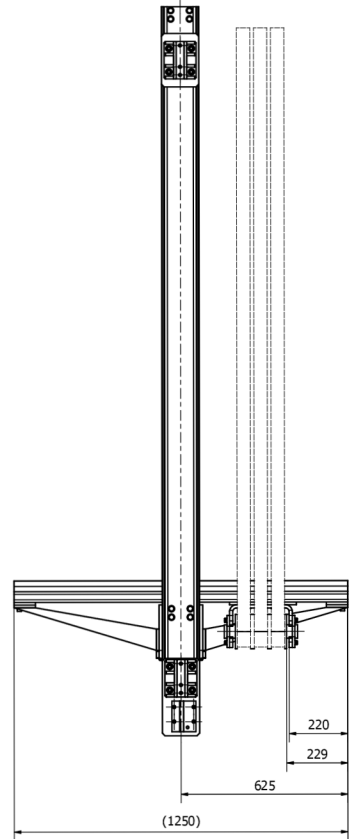
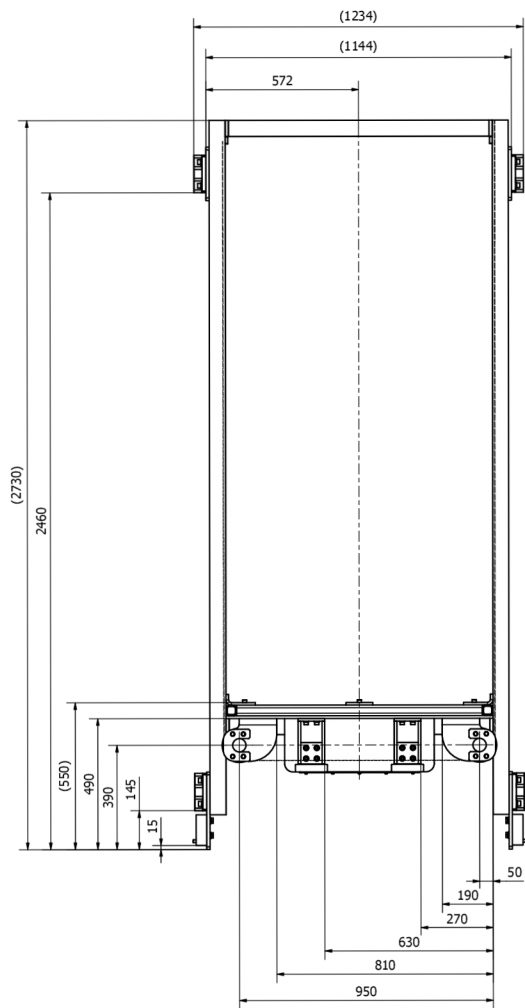
$$\alpha \text{ úhel opásání lan na třecím kotouči } 180^\circ \quad \alpha := 180 \cdot \frac{\pi}{180} = 3,1416$$

$$e^{(f_n \cdot \alpha)} = 2,1933$$

$$e^{(f_b \cdot \alpha)} = 4,8105$$

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f \cdot \alpha} \quad \text{pro nakládání klece a nouzové brždění;}$$

Dle ČSN 81 - 50 Trakční schopnost vyhovuje



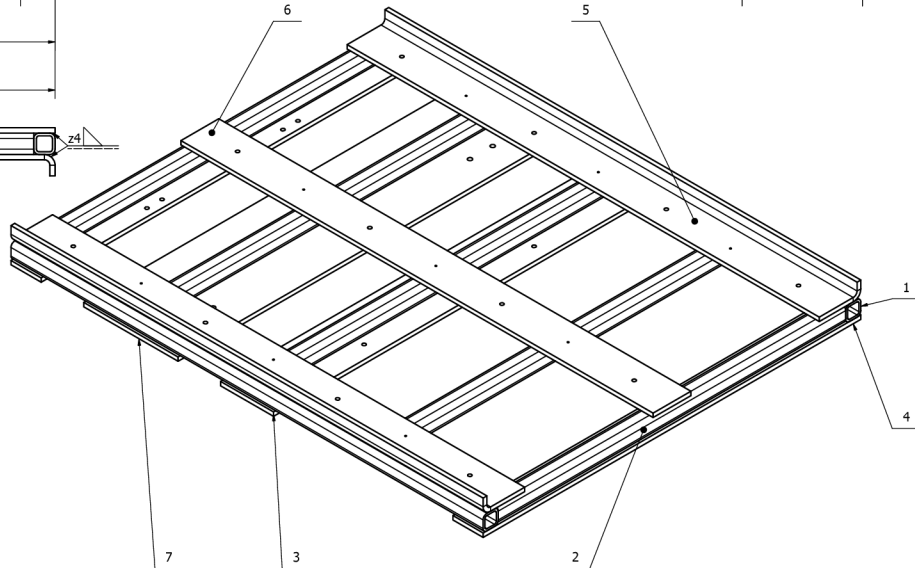
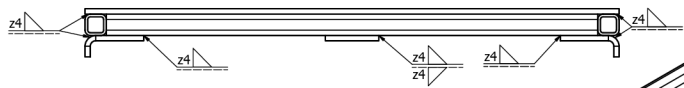
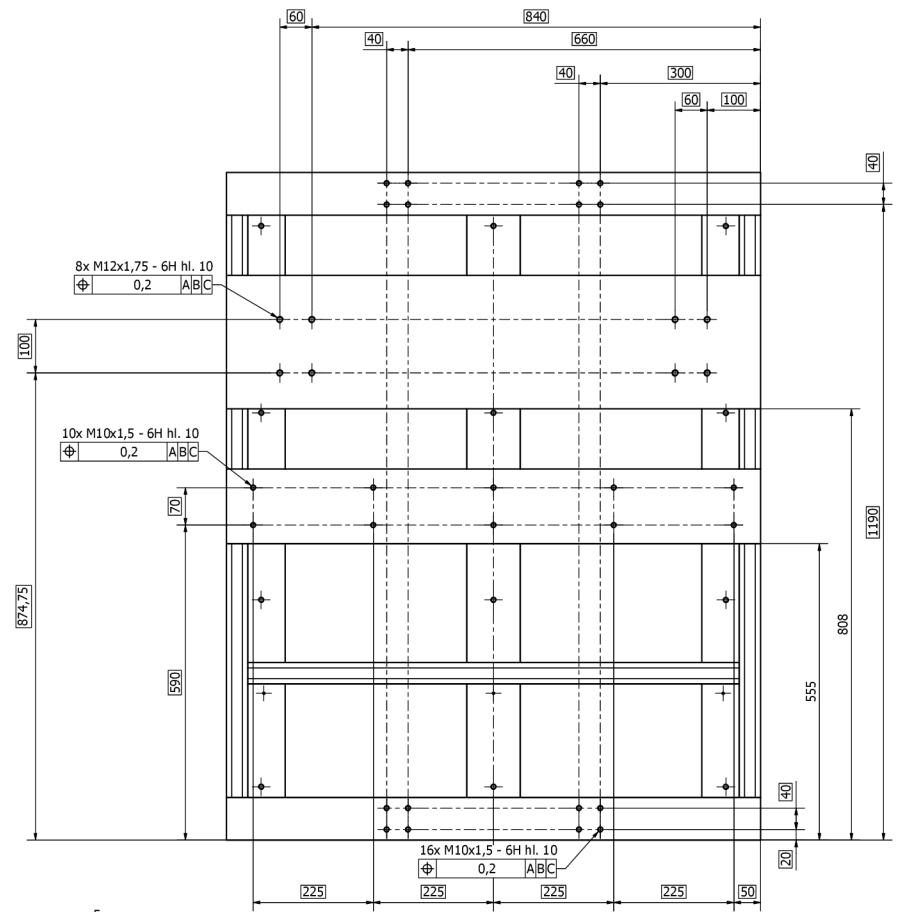
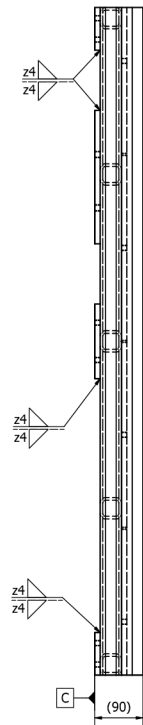
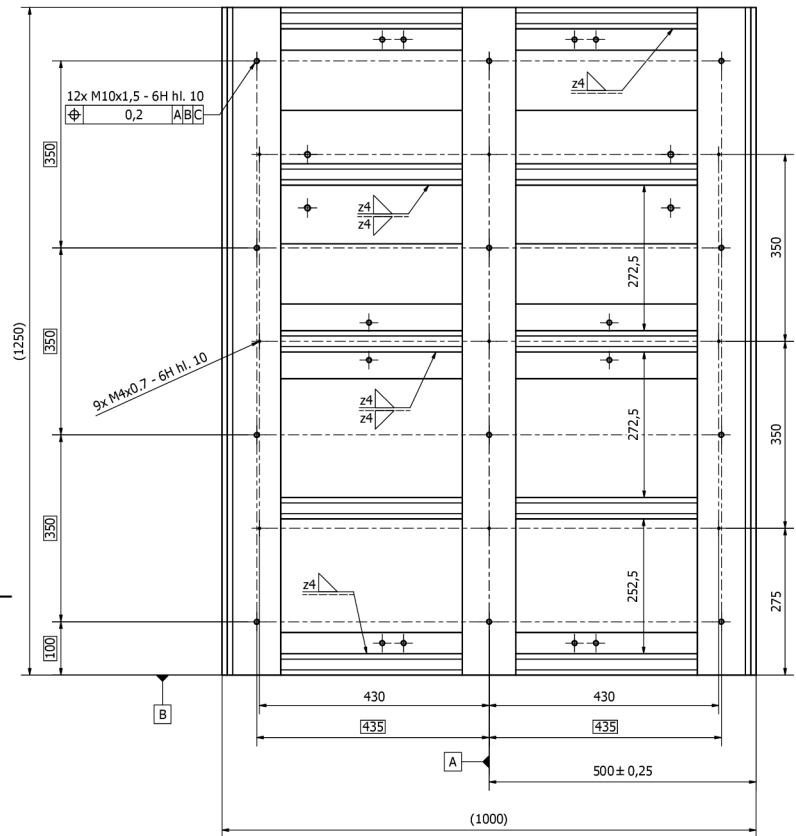
31	3	CONTI POLYROPE 50-12x2.0 FR	Výťahový pás
30	1	EM09-140DT-GF	Vložka vodicí čelisti
29	2	POLYROPE F50x4	Výťahová kladka
28	2	ASG-120-UD_A6G9+T25-UD	Zachycovač
27	4	HSM 140 AL	Vodicí čelist
26	9	Silentblok válcový 1510 typ D - M4 x 10	
25	4	CSN 02 4630 - 6210	Kuličková ložiska jednořadá
24	40	DIN 125 - A 13	Podložka
23	32	DIN 128 - A12	Pružná podložka
22	52	DIN 125 - A 10,5	Podložka
21	42	DIN 128 - A10	Pružná podložka
20	16	DIN 125 - A 8,4	Podložka
19	16	DIN 128 - A8	Pružná podložka
18	10	CSN 02 1702 - 5,3	Podložky pro šestihranné šrouby a matice
17	10	CSN 02 1741 - 5	Pružné podložky obdélníkového průřezu
16	8	DIN 6924 - M12	Šestihranná matice
15	10	DIN 6924 - M10	Šestihranná matice
14	16	DIN 933 - M12 x 50	Šestihranný šroub
13	16	ISO 4762 - M12 x 35	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem
12	10	DIN 912 - M10 x 40	Šroub s válcovou hlavou
11	16	DIN 912 - M10 x 30	Šroub s válcovou hlavou
10	16	DIN 912 - M10 x 20	Šroub s válcovou hlavou
9	16	DIN 933 - M8 x 25	Šestihranný šroub
8	10	ISO 7380-1 - M5 x 12	Šrouby s pětikulovou hlavou s vnitřním šestihranem - výrobní třída A
7	1	B1-S00-004	Dosedací plech
6	2	B1-S00-003	Čep kladky
5	4	B1-S00-002	Zajištění čepu
4	2	B1-S00-001	Uložení kladky
3	4	B1-S03-03	Vzpěra
2	1	B1-S02-02	Rám podlahy
1	1	B1-S02-01	Nosný rám

POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
<b>KUSOVNÍK</b>			
Drsnost povrchu	✓	Hrany ISO 13715	Měřítko 1:10
			Primitivní
			Obecné tolerance ISO 22081
			Sestava
			Lineární rozměry a3
			Úhlové rozměry a3
Materiál	Polotovár	Hmotnost 1320 kg	Chráněno podle ISO 15016
Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVEN	Název	SESTAVA VÝTAHU
Vyhotovitel	Řehulka	Číslo dokumentu	B1-S00
Schválil		Datum vydání	23.05.2024

ÚADI

SESTAVA VÝTAHU

B1-S00



LAKOVAT (RAL)  
PROFILY (POZ. 1 A POZ. 2) SVAŘIT  $\frac{z4}{z4}$

POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
7	1	B1-S01-005	DESKA PRO UCHYCENÍ KLADEK
6	1	B1-S01-004	PLECH HORNÍ PROSTŘEDNÍ
5	2	B1-S01-003	PLECH HORNÍ BOČNÍ
4	2	B1-S01-002	SPODNÍ DESKA PROSTŘEDNÍ
3	1	B1-S01-001	SPODNÍ DESKA
2	5	CSN 425720 - 40x5-920	JEKL
1	2	CSN 425720 - 40x5-1250	JEKL

KUSOVNÍK	
Drsnost povrchu	Hrany ISO 13715
$\sqrt{Ra 12,5}$ DLE $\frac{z4}{z4}$	$\frac{L-0,1}{L-0,1}$
Měřítko	Prsmítání
1:5	$\frac{z4}{z4}$
Sestava	Obecné tolerance ISO 22081
Lineární rozměry $\frac{z4}{z4}$	$\frac{z4}{z4}$
Úhlové rozměry $\frac{z4}{z4}$	$\frac{z4}{z4}$

Materiál	ROZPISU	Polotovar	DLE ROZPISU	Hmotnost	114 kg	Chráněno podle ISO 16016
ÚADI	SVÁRENEC	Řehulka	Název	RÁM PODLAHY		
Schválit	Číslo dokumentu	B1-S01-00				
Datum vydání	23.05.2024	List 1/1				