

# Porovnání rámových konstrukcí dopravníků

Martin Veselý

---

Bakalářská práce  
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

|                   |                                          |
|-------------------|------------------------------------------|
| Jméno a příjmení: | Martin Veselý                            |
| Osobní číslo:     | T24484                                   |
| Studijní program: | B0788A270001 Procesní inženýrství        |
| Forma studia:     | Kombinovaná                              |
| Téma práce:       | Porovnání rámových konstrukcí dopravníků |

## Zásady pro vypracování

- Teoretická studie na dané téma
- Porovnání rámu dopravníku vyrobeného metodou svařování s montovaným z hliníkového modulárního profilového systému
- Provedení pevnostních analýz konstrukcí
- Posouzení potřebných dovedností a kvalifikace montážníků pro tyto typy rámu
- Technicko-ekonomické hodnocení daných rámových konstrukcí

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

JANČÍK, Luděk a Jiří ZÝMA. *Části a mechanismy strojů*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 201 s. ISBN 8001028917.  
CLEGHORN, W. L. a Nikolai DECHEV. *Mechanics of Machines*. International second edition. Oxford: Oxford University Press, [2016], XVII, 621 s. ISBN 9780199379910.  
ZHOU, Lingyu, Liping WANG a Liqiang JIANG. *Design of steel structures: materials, connections, and components*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2022, 1 online resource. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://www.sciencedirect.com/science/book/9780323916820>  
FARKAS, József a Károly JÁRMAI. *Design and optimization of metal structures*. Chichester, UK: Horwood Pub., 2008, 1 online zdroj (XXI, 300 p.). ISBN 9781613444016. Dostupné také z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDOMS0006/design\\_and\\_optimization\\_of\\_metal\\_structures](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDOMS0006/design_and_optimization_of_metal_structures)

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

**doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 25. dubna 2025

# PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

## Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne .....

.....  
podpis autora



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou a porovnáním dvou typů rámových konstrukcí používaných u dopravníků – hliníkového modulárního systému a svařované konstrukce. Cílem práce je zhodnotit technické, ekonomické a praktické aspekty obou řešení a identifikovat jejich výhody, nevýhody a optimální oblasti použití.

První část práce obsahuje teoretický přehled, který zahrnuje charakteristiku obou typů konstrukcí, jejich materiálové složení, výrobní procesy a specifika montáže. Dále jsou popsány klíčové vlastnosti, jako jsou pevnost, tuhost, hmotnost a možnosti přizpůsobení. V praktické části je provedena analýza reálných konstrukcí z obou materiálů, včetně porovnání výrobních nákladů, montážní náročnosti a dlouhodobé údržby.

Klíčová slova: hliníkový modulární systém, svařovaná konstrukce, materiál, výrobní proces, montáž, pevnost, tuhost, hmotnost, montáž, údržba.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis focuses on the analysis and comparison of two types of conveyor frame structures – the aluminum modular system and welded construction. The aim of the thesis is to evaluate the technical, economic, and practical aspects of both solutions and identify their advantages, disadvantages, and optimal areas of application.

The first part of the thesis provides a theoretical overview, including the characteristics of both types of structures, their material composition, manufacturing processes, and assembly specifics. Key properties such as strength, rigidity, weight, and adaptability are also described.

Keywords: aluminum modular system, welded construction, technical, economic, structure, material, manufacturing process, assembly, strength, rigidity, weight.

Rád bych vyjádřil vděk panu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph. D., mému vedoucímu, za jeho cennou pomoc, odborné vedení a neocenitelné rady, které mi poskytl během zpracování této bakalářské práce. Jeho připomínky a podněty byly klíčové pro vylepšení kvality práce a prohloubení mého odborného porozumění danému tématu.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Adamovi Škrobákovi Ph. D., za jeho cenné rady a pomoc při technických výpočtech, které se ukázaly jako nezbytné pro správné a přesné zpracování analytické části práce.

Bez jejich podpory a odborné asistence by tato práce nemohla dosáhnout současné podoby.

# OBSAH

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD.....</b>                                               | <b>11</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>                                  | <b>12</b> |
| <b>1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE.....</b>                        | <b>13</b> |
| 1.1 RÁMOVÉ KONSTRUKCE V DOPRAVNÍCÍCH.....                      | 13        |
| 1.2 FUNKCE RÁMU V DOPRAVNÍKU .....                             | 13        |
| 1.3 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO RÁMOVÉ KONSTRUKCE .....            | 14        |
| <b>2 TYPY DOPRAVNÍKŮ.....</b>                                  | <b>15</b> |
| 2.1 PÁSOVÉ .....                                               | 15        |
| 2.2 ŠNEKOVÉ.....                                               | 16        |
| 2.3 VÁLEČKOVÉ .....                                            | 17        |
| <b>3 TYPY RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ .....</b>                        | <b>18</b> |
| 3.1 MODULÁRNÍ RÁMOVÉ SYSTÉMY .....                             | 18        |
| 3.1.1 Principy a konstrukce modulárního systému .....          | 18        |
| 3.1.2 Výhody modulárního systému .....                         | 18        |
| 3.1.3 Nevýhody modulárního systému.....                        | 19        |
| 3.1.4 Možnosti spojování .....                                 | 19        |
| 3.2 SVAŘOVANÉ RÁMOVÉ KONSTRUKCE .....                          | 22        |
| 3.2.1 Principy a konstrukce svařovaného rámu .....             | 22        |
| 3.2.2 Výhody svařovaného rámu .....                            | 22        |
| 3.2.3 Nevýhody svařovaného rámu.....                           | 22        |
| 3.2.4 Metody svařování.....                                    | 22        |
| 3.2.5 Typy svarů.....                                          | 23        |
| <b>4 POROVNÁNÍ RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ.....</b>                    | <b>27</b> |
| 4.1 POROVNÁNÍ PEVNOSTI A NOSNOSTI .....                        | 27        |
| 4.2 FLEXIBILITA A PŘÍZPŮSOBIVOST KONSTRUKCE.....               | 28        |
| 4.3 NÁKLADY NA VÝROBU A INSTALACI.....                         | 28        |
| 4.4 ÚDRŽBA A ŽIVOTNOST.....                                    | 29        |
| 4.5 VHODNOST PRO SPECIFICKÉ APLIKACE .....                     | 29        |
| <b>5 VÝBĚR VHODNÉ RÁMOVÉ KONSTRUKCE PRO DOPRAVNÍKY .....</b>   | <b>30</b> |
| 5.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝBĚR RÁMOVÉ KONSTRUKCE.....           | 30        |
| 5.2 PŘÍKLADY VÝBĚRU RÁMOVÉ KONSTRUKCE PRO RŮZNÉ APLIKACE ..... | 30        |
| 5.3 DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR RÁMOVÉ KONSTRUKCE .....               | 32        |
| <b>6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>                          | <b>33</b> |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>                                  | <b>35</b> |
| <b>7 NÁVRH RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ.....</b>                        | <b>36</b> |
| 7.1 NÁVRH MODULÁRNÍ KONSTRUKCE .....                           | 36        |

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| 7.2      | NÁVRH SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE .....                | 38        |
| <b>8</b> | <b>PEVNOSTÍ ANALÝZA .....</b>                   | <b>39</b> |
| 8.1      | VÝPOČTY KONSTRUKCE Z MODULÁRNÍHO SYSTÉMU .....  | 39        |
| 8.1.1    | Kontrola šroubových spojů .....                 | 39        |
| 8.1.2    | Kontrola tlaku v úhelníku .....                 | 41        |
| 8.1.3    | Kontrola průhybu nosníku .....                  | 41        |
| 8.1.4    | Kontrola vzpěru stojny .....                    | 42        |
| 8.2      | PEVNOSTNÍ SIMULACE MODULÁRNÍHO SYSTÉMU .....    | 42        |
| 8.3      | VÝPOČTY SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE .....              | 45        |
| 8.3.1    | Výpočet svaru .....                             | 46        |
| 8.3.2    | Výpočet průhybu nosníku .....                   | 46        |
| 8.3.3    | Kontrola vzpěru stojny .....                    | 47        |
| 8.4      | PEVNOSTNÍ SIMULACE SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE .....   | 48        |
| 8.5      | SHRNUTÍ .....                                   | 50        |
| <b>9</b> | <b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ KONSTRUKCÍ .....</b>   | <b>52</b> |
| 9.1      | HODNOCENÍ MODULÁRNÍHO SYSTÉMU .....             | 52        |
| 9.2      | HODNOCENÍ SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE .....            | 52        |
| 9.3      | VLIV MONTÁŽNÍKŮ NA CENU KONSTRUKCÍ .....        | 53        |
| 9.3.1    | Požadavky na kvalifikaci pracovníků .....       | 53        |
| 9.3.2    | Časová náročnost montáže .....                  | 53        |
| 9.3.3    | Dopad na celkové náklady .....                  | 53        |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>                              | <b>55</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>          | <b>57</b> |
|          | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     | <b>60</b> |
|          | <b>SEZNAM .....</b>                             | <b>61</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b> | <b>62</b> |

## ÚVOD

Dopravní systémy jsou nedílnou součástí moderních průmyslových provozů, logistiky a skladového hospodářství. Slouží k přepravě materiálů a zboží, a to s vysokou efektivitou, přesností a rychlostí. Základním stavebním prvkem každého dopravního systému je jeho konstrukční rám, který zajišťuje nejen stabilitu a pevnost celého zařízení, ale také jeho schopnost odolávat různým provozním podmínkám.

Volba konstrukčního materiálu a technologie výroby rámu má klíčový vliv na vlastnosti dopravníku, jako jsou jeho hmotnost, pevnost, životnost, snadnost montáže a údržby. Mezi nejčastěji používané typy rámu patří hliníkové modulární systémy a svařované konstrukce. Každý z těchto přístupů přináší specifické výhody a omezení, které ovlivňují jejich použití v praxi.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na porovnání hliníkových modulárních systémů a svařovaných konstrukcí z hlediska jejich technických, ekonomických a provozních vlastností. Cílem je analyzovat klíčové parametry, jako jsou pevnost, flexibilita, náklady na výrobu a montáž, údržba a dlouhodobá udržitelnost, a určit, které řešení je vhodnější pro konkrétní typy aplikací. Tato analýza poskytne ucelený pohled na problematiku a může sloužit jako praktický návod pro konstruktéry, techniky a provozovatele dopravníků.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V teoretické části je popsána charakteristika obou typů konstrukcí, jejich materiálové složení a technologické postupy při jejich výrobě. Praktická část zahrnuje experimentální analýzu a porovnání konkrétních konstrukcí z hlediska jejich mechanických vlastností, ekonomických parametrů a časové náročnosti jejich implementace.

# **I    TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

### 1.1 Rámové konstrukce v dopravnících

představují klíčový element pro stabilitu a funkčnost celého dopravního systému. Rám je nosná struktura, která zajišťuje připojení jednotlivých komponentů dopravníku, jako jsou pásy, válce, motory a další mechanické součásti. Úkolem rámu je nejen přenášet síly působící na systém, ale také chránit citlivé části před mechanickým poškozením, deformacemi a vnějším vlivem. Rámové konstrukce mohou mít různý tvar a materiálové složení v závislosti na požadavcích aplikace [12].

V kontextu dopravníků jsou rámové konstrukce navrženy tak, aby poskytovaly stabilitu i při pohybu těžkých materiálů nebo zboží, a to i při vysokých rychlostech nebo náročných provozních podmínkách. Výběr rámu je ovlivněn faktory jako:

- Velikost dopravníku
- Typ a hmotnost přepravovaných materiálů
- Rychlost pohybu
- Požadavky na údržbu a životnost [7]

### 1.2 Funkce rámu v dopravníku

Rám dopravníku plní několik klíčových funkcí nezbytných pro efektivní a bezpečný provoz dopravníku:

- Podpora a stabilizace: Rám poskytuje pevnou základnu pro umístění dalších součástí dopravníku. Zajišťuje, že všechny komponenty jsou v požadované pozici a nedochází k jejich pohybu nebo posunu během provozu.
- Distribuce zatížení: Rám rozděluje síly působící během provozu rovnoměrně na ostatní součásti, čímž zabraňuje jejich poškození nebo deformacím.
- Ochrana komponentů: Chrání citlivé součásti, jako jsou motory a elektrické prvky, před vlivy prostředí, například prachem, vlhkostí nebo chemickými látkami.
- Zajištění bezpečnosti: Zabraňuje nežádoucímu pohybu součástí nebo vzniku nebezpečných situací, které by mohly ohrozit pracovníky či zařízení [10].

### 1.3 Materiály používané pro rámové konstrukce

Výběr materiálu pro rámové konstrukce je zásadní pro jejich výkon, životnost a náklady na výrobu. Mezi nejběžnější materiály patří:

- Hliník: Nízká hmotnost, snadná zpracovatelnost a odolnost vůči korozi. Vhodný pro aplikace vyžadující snadnou manipulaci a flexibilitu.
- Ocel: Nejčastěji používaná pro svařované konstrukce s vysokou pevností a nosností. Ideální pro těžší aplikace.
- Nerezová ocel: Odolná proti korozi, vhodná pro agresivní prostředí nebo aplikace s chemickými látkami.
- Plastové a kompozitní materiály: Lehká a flexibilní alternativa, ale s nižší pevností než ocel [2].

*Tabulka 1 Využití materiálů v dopravnících [13]*

| Materiál      | Procentuální použití |
|---------------|----------------------|
| Hliník        | 30 %                 |
| Ocel          | 45 %                 |
| Nerezová ocel | 20 %                 |
| Plast         | 5 %                  |

Volba materiálu závisí na požadavcích na:

- Nosnost
- Odolnost vůči korozi
- Hmotnostní limity
- Environmentální podmínky

Správná volba materiálu hraje klíčovou roli v celkové efektivitě a životnosti rámové konstrukce dopravníku [1].

## 2 TYPY DOPRAVNÍKŮ

Dopravníky jsou nezbytnou součástí mnoha průmyslových procesů, kde slouží k efektivní a bezpečné přepravě materiálů. Existuje široká škála typů dopravníků, každý navržený pro specifické aplikace, od přepravy sypkých materiálů až po transport těžkých nákladů [3]. Výběr správného typu dopravníku závisí na několika faktorech, jako je typ materiálu, kapacita, vzdálenost a pracovní podmínky [1]. Tato kapitola se zaměřuje na hlavní typy dopravníků, jejich výhody, nevýhody a vhodné aplikace.

### 2.1 Pásové

Pásové dopravníky jsou nejběžnější a používají se k přepravě materiálů v různých průmyslových odvětvích. Skládají se z nekonečného pásu, který se pohybuje mezi dvěma nebo více válci. Pás může být vyroben z různých materiálů, jako je guma, PVC nebo ocel [3].

- **Výhody:**
  - Vysoká kapacita pro přepravu materiálu.
  - Flexibilita v délce a konstrukci.
  - Možnost přepravy materiálů na různé vzdálenosti a v různých prostředích.
- **Nevýhody:**
  - Méně vhodné pro transport těžkých nebo ostrých materiálů, které by mohly pás poškodit.
  - Potřeba pravidelné údržby pásu [6].



Obrázek 1 Pásový dopravník [14]

## 2.2 Šnekové

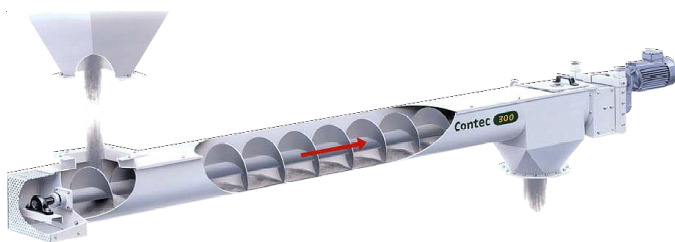
Tyto dopravníky fungují na principu šroubového pohybu, kdy šneková hřídel s lamelami (nebo spirálou) pohání materiál po vnitřním povrchu trubky nebo kanálu.

- **Výhody:**

- Efektivní pro přepravu sypkých materiálů, prášků nebo granulí.
- Kompaktní konstrukce, ideální pro omezené prostory.
- Možnost přepravy materiálu ve vertikálním i horizontálním směru.

- **Nevýhody:**

- Omezená kapacita při větších vzdálenostech.
- Méně vhodné pro materiály s velkými frakcemi nebo vysokou vlhkostí [7].



Obrázek 2 Šnekový dopravník [15]

## 2.3 Válečkové

Válečkové dopravníky se skládají z řady válců, které jsou umístěny vedle sebe a pohánějí materiál pomocí gravitace nebo motoru. Tento typ dopravníku se často používá v logistice, například na skladech.

- **Výhody:**
  - Velmi efektivní pro přepravu jednotkových nákladů (krabic, beden).
  - Není potřeba motorového pohonu, pokud jde o gravitační systém.
- **Nevýhody:**
  - Nevhodné pro přepravu sypkých nebo nepevně držících materiálů.
  - Omezená kapacita v případě horizontálního transportu [4].



Obrázek 3 Válečkový dopravník [16]

### 3 TYPY RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ

#### 3.1 Modulární rámové systémy

Modulární rámové systémy jsou tvořeny sestavou standardizovaných komponentů, které lze snadno spojovat a vytvářet požadovanou konstrukci. Tyto systémy umožňují rychlou a flexibilní montáž i demontáž, což je činí ideálními pro aplikace vyžadující časté úpravy nebo mobilitu. Jednotlivé součásti jsou vzájemně kompatibilní, což usnadňuje výběr, montáž i opravy [2].



Obrázek 4 Možnosti modulárního systému [17]

##### 3.1.1 Principy a konstrukce modulárního systému

- Skládají se z předem připravených standardizovaných profilů různé velikosti a tvaru.
- Profily se spojují šroubovými spoji, což eliminuje potřebu svařování.
- Nejčastěji používaným materiálem je hliník, ale v některých případech se používají i ocel nebo plasty.
- Konstrukce modulů umožňuje jejich přizpůsobení konkrétním požadavkům na velikost a nosnost.

##### 3.1.2 Výhody modulárního systému

- Flexibilita a přizpůsobivost: Snadno se přizpůsobují měnícím se potřebám a umožňují úpravu velikosti či konfigurace.
- Rychlá montáž a demontáž: Použití šroubových spojů šetří čas a náklady.
- Nízké náklady na údržbu: Poškozené moduly lze jednoduše vyměnit.

- Ekologické aspekty: Standardizované profily snižují množství odpadu.

### 3.1.3 Nevýhody modulárního systému

- Nižší pevnost a nosnost: Oproti svařovaným rámcům mají nižší odolnost vůči extrémnímu zatížení.
- Omezené možnosti pro složité geometrie: Nevhodné pro aplikace se specifickými konstrukčními požadavky.
- Vyšší cena na jednotkový výkon: Hliníkové profily mohou být dražší než tradiční materiály [1].

### 3.1.4 Možnosti spojování

Tyto systémy, například od společnosti Alutec KK, nabízejí širokou škálu spojovacích prvků, které umožňují flexibilní a efektivní montáž bez nutnosti třískového obrábění.

- Spojení pomocí úhelníku

Spojování profilů pomocí montážního úhelníku je základní metodou pro spojování profilů v pravém úhlu. Používají se různé typy úhlových spojek, které se připevňují pomocí šroubů a matic. Tento typ spojení zajišťuje pevnost a stabilitu konstrukce.



*Obrázek 5 Spojení pomocí úhelníku [18]*

- Přímé spojení

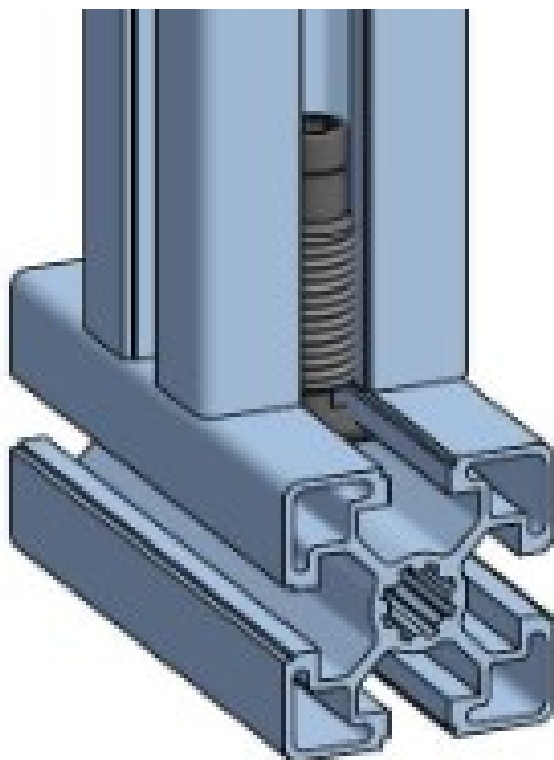
Přímé spojení umožňuje spojit dva profily pomocí šroubu a speciální matice, která se vloží do drážky profilu. Tato metoda je rychlá a efektivní, avšak může mít omezenou pevnost v porovnání se spojením pomocí úhelníku.



*Obrázek 6 Přímé spojení [19]*

- Automatické konektory

Automatické konektory představují moderní způsob spojování profilů bez nutnosti vrtání nebo závitování. Tyto konektory se jednoduše zasunou do drážky profilu a utáhnou se šroubem, čímž vytvoří pevné spojení.



*Obrázek 7 Spojení pomocí úhelníku [20]*

- Kloubové spoje

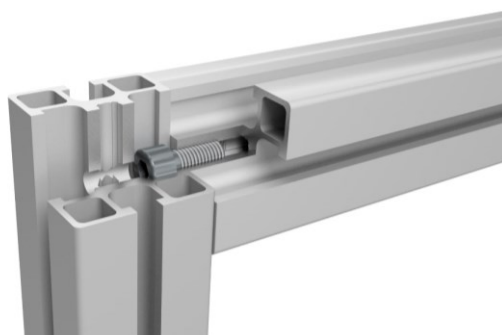
Kloubové spoje umožňují nastavení úhlu mezi profily, což je užitečné při konstrukci ráků s nestandardními úhly. Tyto spoje poskytují flexibilitu a přizpůsobivost konstrukce.



*Obrázek 8 Kloubové spojení [19]*

- Šroubové spojení

Šroubové spojení je další variantou, kterou je možné spojit profily. Spočívá ve vytvoření závitu na čelní ploše profilu, do kterého se vsune šroub a následné vyvrtání otvoru v profilu, který je spojován. Šroub pak může být vložen v profilu [5].



*Obrázek 9 Šroubové spojení [21]*

### 3.2 Svařované rámové konstrukce

Svařované rámové konstrukce jsou vysoce pevné a stabilní, což je činí vhodnými pro aplikace s vysokými požadavky na nosnost a odolnost. Rámy se skládají z jednotlivých částí, které jsou spojeny svařováním [9].

#### 3.2.1 Principy a konstrukce svařovaného rámu

- Tvořeny kovovými díly svařenými do pevného rámu.
- Nejčastěji používaným materiálem je ocel, díky své vysoké pevnosti a odolnosti.
- Svařování umožňuje vytvářet složité a pevné spoje, vhodné pro vysoké zatížení a extrémní podmínky [1].

#### 3.2.2 Výhody svařovaného rámu

- Vysoká pevnost a stabilita: Schopnost snášet vysoké zatížení i v náročných podmínkách.
- Možnost přizpůsobení: Rámy lze navrhnout dle specifických požadavků.
- Odolnost v náročných podmínkách: Vhodné pro aplikace s extrémními teplotami nebo chemickými látkami.

#### 3.2.3 Nevýhody svařovaného rámu

- Vyšší náklady na výrobu.
- Omezená flexibilita při pozdějších úpravách konstrukce.
- Nutná povrchová úprava zabraňující korozi.

#### 3.2.4 Metody svařování

Při výrobě rámových konstrukcí dopravníků se používají různé typy svařování, které jsou vybírány podle materiálů, tloušťky plechů a požadavků na pevnost spojů [11]. Každá metoda svařování má své specifické výhody, které jsou vhodné pro konkrétní aplikace. Jednotlivé metody jsou zobrazeny na obrázcích 10, 11 a 12.

- **TIG svařování (Tungsten Inert Gas)**

Tato metoda je známá svou vysokou kvalitou svaru, což ji činí ideální pro tenké materiály a složité konstrukce. Používá se především u nerezové oceli a hliníku.

- **MIG/MAG svařování (Metal Inert Gas / Metal Active Gas)**

Tento typ je rychlý a efektivní, vhodný pro středně tlusté materiály. Je často používán pro výrobu rámců dopravníků, kde je potřeba rychlá výroba a dobrá pevnost svaru.

- **MMA svařování (Manual Metal Arc)**

MMA je flexibilní a cenově efektivní metoda ideální pro silnější materiály a opravy. Je oblíbená v terénních podmínkách nebo při svařování v méně kontrolovaných prostředích.

- **Autogenní svařování**

Tato metoda využívá plamen pro tavení kovu a je často používána pro opravy nebo menší konstrukce. Je vhodná pro materiály, které nelze svařovat elektrickým obloukem.

- **Svařování bodové (spot welding)**

Bodové svařování je rychlý způsob, jak spojit tenké materiály na malých plochách. Používá se zejména pro výrobu rámců dopravníků, kde je nutná rychlá montáž a efektivita [3].

### 3.2.5 Typy svarů

Při svařování rámových konstrukcí dopravníků se využívají různé typy svarů, které se liší tvarem a způsobem provedení. Výběr vhodného typu svaru závisí na geometrii spojovaných dílů, tloušťce materiálu a požadovaných mechanických vlastnostech spoje.

- **Tupé svary**

Tupé svary jsou nejběžnějším typem svaru, který se používá pro spojování dvou rovnoběžných ploch. Spoj vzniká mezi stěnou součásti, která tvoří její tloušťku, a druhou součástí. V závislosti na tloušťce materiálu se tupé svary dělí na [5]:

- **I-svar:** Používá se pro tenké materiály, kde není nutná hluboká penetrace svaru.
- **V-svar:** Vhodný pro středně silné materiály, poskytuje lepší penetraci.
- **½V-svar:** Používá se pro silnější materiály, kde je potřeba hlubší penetrace.
- **U-svar:** Vhodný pro velmi silné materiály, poskytuje maximální penetraci.
- **½U-svar:** Používá se pro velmi silné materiály, kde není nutná maximální penetrace.
- **W-svar:** Vhodný pro materiály s vysokou tloušťkou a požadavkem na vysokou pevnost spoje.

- **½W-svar:** Používá se pro materiály s vysokou tloušťkou, kde není nutná maximální pevnost spoje.
- **X-svar:** Vhodný pro spojování čtyř ploch pod úhlem 90°, poskytuje vysokou pevnost spoje.
- **½X-svar:** Používá se pro spojování čtyř ploch pod úhlem 90°, kde není nutná maximální pevnost spoje.
- **Y-svar:** Používá se pro spojování tří ploch pod úhlem 90°, poskytuje vysokou pevnost spoje.
- **½Y-svar:** Používá se pro spojování tří ploch pod úhlem 90°, kde není nutná maximální pevnost spoje [8].
- **Koutové svary**

Koutové svary se používají pro spojování dvou ploch pod úhlem k sobě. Tento typ svaru je charakteristický svou schopností spojovat materiály v rozích a hranách konstrukcí.

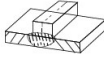
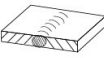
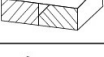
Koutové svary se dělí na:

- **Koutový svar:** Základní typ koutového svaru, vhodný pro spojování materiálů pod úhlem 90°.
- **Oblý koutový svar:** Používá se pro spojování materiálů s oblými hranami, poskytuje lepší distribuci napětí.
- **Děrový koutový svar:** Vhodný pro spojování materiálů s otvory, poskytuje lepší pevnost spoje.
- **Bodové svary**

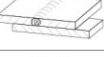
Bodové svary jsou metoda spojování dvou nebo více vrstev materiálu v jednom bodě. Tento typ svaru je často používán v automobilovém průmyslu a při výrobě plechových konstrukcí. Bodové svary se vytvářejí pomocí elektrického odporového ohřevu v místě kontaktu spojovaných materiálů.

- **Děrové svary**

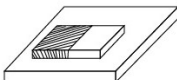
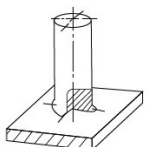
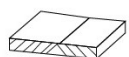
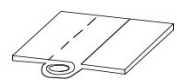
Děrové svary se používají pro spojování materiálů pomocí svaru, který vyplňuje podélný nebo kruhový otvor v jedné ze spojovaných desek. Tento typ svaru je vhodný pro klopné spoje, kde je potřeba zajistit pevnost spoje v místě otvoru [4].

| Čís. | Pojmenování spoje                                        | Zobrazení                                                                          | Značka                                                                              |
|------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | Lemový svar <sup>*)</sup><br>(teny jsou úplně roztaveny) |  |  |
| 2.   | I - svar                                                 |  |  |
| 3.   | V - svar                                                 |  |  |
| 4.   | 1/2V - svar                                              |  |  |
| 5.   | Y - svar                                                 |  |  |
| 6.   | 1/2Y - svar                                              |  |  |
| 7.   | U - svar                                                 |  |  |
| 8.   | 1/2U - svar                                              |  |  |
| 9.   | Podložení svaru                                          |  |  |

Obrázek 10 Typy svarů [22]

| Čís. | Pojmenování spoje                           | Zobrazení                                                                                                                                                                    | Značka                                                                                |
|------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 10   | Koutový svar                                |                                                                                          |  |
| 11   | Děrový (žlábkový) svar                      |                                                                                          |  |
| 12   | Bodový svar                                 | <br> |  |
| 13   | Sřovný svar                                 | <br> |  |
| 14   | V - svar se strmým úkosem (na podložku)     |                                                                                          |  |
| 15   | 1/2 V - svar se strmým úkosem (na podložku) |                                                                                          |  |
| 16   | Celní plochý svar                           |                                                                                          |  |

Obrázek 11 Typy svarů [22]

| Čís. | Pojmenování spoje | Zobrazení                                                                         | Značka                                                                              |
|------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 17   | Návar             |  |  |
| 18   | Překlátovaný spoj |  |  |
|      |                   |  |                                                                                     |
| 19   | Šikmý spoj        |  |  |
| 20   | Sdrápkový spoj    |  |  |

Obrázek 12 Typy svarů [22]

## 4 POROVNÁNÍ RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ

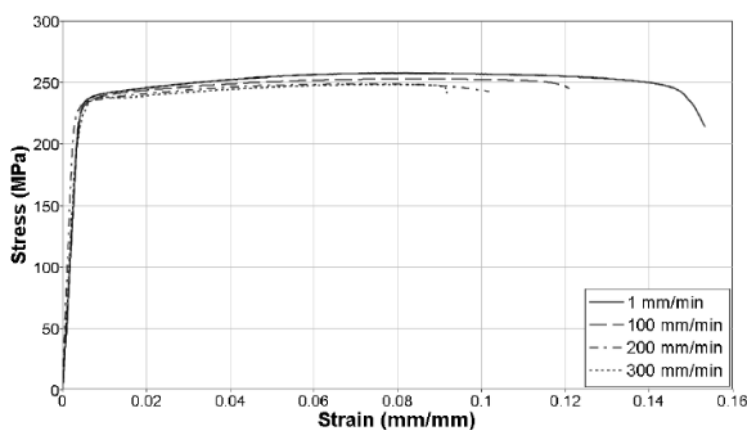
### 4.1 Porovnání pevnosti a nosnosti

Jedním z hlavních kritérií při výběru rámové konstrukce je její pevnost a nosnost, které určují schopnost rámu odolávat mechanickému zatížení a deformacím během provozu.

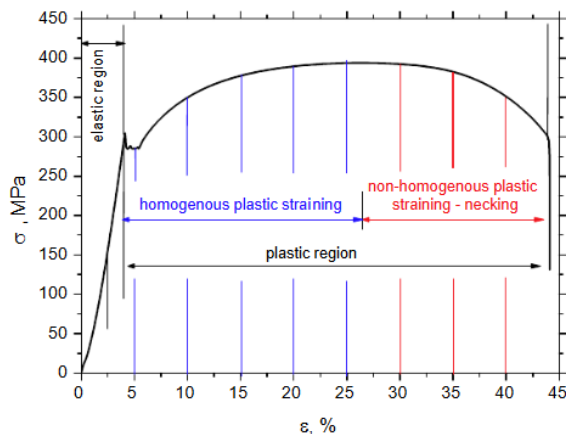
- Svařované rámové konstrukce vynikají svou pevností. Pevné a trvalé spojení jednotlivých částí svařováním zajišťuje vysokou stabilitu a schopnost snášet značné zatížení. Jsou ideální pro těžké aplikace vyžadující dlouhou životnost a vysokou nosnost [2].
- Modulární rámové systémy mají oproti tomu nižší nosnost. Spoje mezi jednotlivými moduly nejsou tak pevné jako svařované spoje, což omezuje jejich použití v aplikacích s extrémními požadavky na zatížení [1]. Nicméně pro běžné aplikace jsou modulární systémy dostatečně tuhé.

Tabulka 2 Porovnání mech. vlastností materiálů [23]

| Vlastnost               | Ocel S235              | Hliník EN AW 6066 T6   |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Modul pružnosti (E)     | 210 GPa                | 669 GPa                |
| Mez kluzu (Re)          | 235 MPa                | 260 MPa                |
| Pevnost v tahu (Rm)     | 360–510 MPa            | 310 MPa                |
| Tažnost (A)             | 26 %                   | 12 %                   |
| Hustota ( $\rho$ )      | 7,85 g/cm <sup>3</sup> | 2,7 gm/cm <sup>3</sup> |
| Tvrdoost (Brinell) (HB) | 120 HB                 | 90 HB                  |



Obrázek 13 Hookův diagram Al slitina [24]



Obrázek 14 Hookův diagram ocel [23]

## 4.2 Flexibilita a přizpůsobivost konstrukce

Flexibilita konstrukce určuje, jak snadno lze rám přizpůsobit změnám nebo provádět úpravy.

- Modulární rámové systémy jsou vysoce flexibilní. Standardizované a kompatibilní moduly umožňují snadné přizpůsobení potřebám aplikace. Je možné měnit konfiguraci rámu, přidávat nebo odstraňovat moduly a upravovat velikost. Tato flexibilita je výhodná v dynamických prostředích s častými změnami.
- Svařované rámové konstrukce mají nízkou flexibilitu. Jakmile je rám sestaven, změny vyžadují složité opravy, což je časově i finančně náročné [4].

## 4.3 Náklady na výrobu a instalaci

Náklady na výrobu a instalaci zahrnují materiálové výdaje, pracovní sílu a čas potřebný k montáži.

- Modulární rámové systémy mají nižší náklady díky rychlé a snadné montáži. Standardizované komponenty nevyžadují složité svařování, což snižuje náklady na pracovní sílu. Jsou ideální pro projekty s omezeným rozpočtem nebo vyžadující rychlou implementaci.
- Svařované rámové konstrukce jsou nákladnější na výrobu a instalaci. Svařování vyžaduje specializované vybavení a dovednosti, což zvyšuje náklady. Tento typ rámu je vhodný pro aplikace, kde je prioritou vysoká pevnost a stabilita [3].

Tabulka 3 Porovnání nákladů [25]

| Parametr                | Svařovaný rám | Modulární systém |
|-------------------------|---------------|------------------|
| Cena surového materiálu | Nižší         | Vyšší            |
| Náklady na zpracování   | Vyšší         | Nižší            |
| Náklady na instalaci    | Vyšší         | Nižší            |
| Celkové náklady         | Vyšší         | Nižší            |

#### 4.4 Údržba a životnost

Dlouhodobá efektivita rámových konstrukcí závisí na jejich údržbě a životnosti.

- Svařované rámové konstrukce mají delší životnost a vykazují vysokou odolnost vůči opotřebení. Počáteční vyšší náklady na výrobu a montáž jsou kompenzovány nízkými požadavky na údržbu. Případné opravy jsou však složitější a nákladnější.
- Modulární rámové systémy mají nižší náklady na údržbu, protože poškozené moduly lze snadno vyměnit. Jejich životnost však může být kratší, zejména pokud jsou vystaveny extrémním podmínkám, jako jsou chemikálie nebo vysoké teploty [1].

#### 4.5 Vhodnost pro specifické aplikace

Výběr rámové konstrukce závisí na konkrétních požadavcích aplikace.

- Modulární rámové systémy jsou vhodné pro menší a střední systémy, kde je požadována flexibilita, rychlá montáž a přizpůsobitelnost. Jsou ideální pro prostředí s častými změnami konfigurace.
- Svařované rámové konstrukce jsou preferovány v těžkém průmyslu, kde je kladen důraz na vysokou nosnost, pevnost a dlouhou životnost. Jsou vhodné pro aplikace v náročných podmínkách, jako jsou vysoké teploty nebo chemické prostředí [2].

## 5 VÝBĚR VHODNÉ RÁMOVÉ KONSTRUKCE PRO DOPRAVNÍKY

### 5.1 Faktory ovlivňující výběr rámové konstrukce

Při rozhodování o výběru rámové konstrukce pro dopravníky je třeba zvážit několik klíčových faktorů:

- **Nosnost a pevnost:** Pro aplikace vystavené vysokému mechanickému zatížení je nezbytné zvolit rám, který tyto síly bezpečně přenesení. Svařované rámové konstrukce jsou ideální pro aplikace s vysokými požadavky na nosnost a pevnost.
- **Flexibilita a přizpůsobivost:** Pokud je třeba, aby byl dopravník flexibilní a snadno modifikovatelný, modulární rámové systémy nabízejí jednoduchou montáž a přizpůsobení změnám v průběhu času.
- **Náklady na výrobu a instalaci:** Rozpočet je často rozhodujícím faktorem. Modulární systémy jsou výhodné díky nižším nákladům na výrobu a instalaci, což je činí vhodnými pro aplikace s omezeným rozpočtem.
- **Údržba a životnost:** Konstrukce s nízkými náklady na údržbu a dlouhou životností jsou ideální tam, kde je potřeba minimalizovat prostoje. Svařované rámy mají delší životnost a vyšší odolnost vůči poškození, což může vyvážit vyšší počáteční náklady.
- **Provozní podmínky:** Pro náročné podmínky, jako jsou vysoké teploty, chemické látky nebo mechanické nárazy, jsou vhodné svařované rámové konstrukce z odolných materiálů, například nerezové oceli [9].

### 5.2 Příklady výběru rámové konstrukce pro různé aplikace

Pro lepší pochopení toho, jak se jednotlivé faktory promítají do výběru rámové konstrukce, lze uvést několik příkladů aplikací, které ukazují, jak různé požadavky ovlivňují výběr rámu.

- **Lehký dopravník pro balení a montáž:** Pro aplikace, které vyžadují flexibilitu, snadnou montáž a možnost přizpůsobení velikosti, je vhodný modulární rámový systém. Díky jednoduché montáži a nízkým nákladům je tento typ rámu ideální pro menší aplikace, kde nejsou kladeny vysoké požadavky na hmotnost.



Obrázek 15 Dopravník pro balení a montáž [26]

- Dopravník pro těžký průmysl: Pro těžké průmyslové aplikace s důrazem na vysokou nosnost, stabilitu a odolnost je nejlepší volbou svařovaná rámová konstrukce. Tato konstrukce dokáže snášet velké zátěže a nabízí dlouhou životnost i v extrémních podmínkách. Vyšší počáteční náklady jsou kompenzovány dlouhodobou spolehlivostí.



Obrázek 16 Dopravník pro těžký průmysl [27]

- Mobilní dopravník pro logistiku a sklady: Aplikace, kde je dopravník často přemísťován a kde je klíčová flexibilita a snadné přizpůsobení, vyžadují modulární rámový systém. Tento systém se snadno montuje, demontuje a přizpůsobuje, což z něj činí ideální volbu pro dynamická prostředí, například logistické sklady.



*Obrázek 17 Dopravník pro logistiku [28]*

### **5.3 Doporučení pro výběr rámové konstrukce**

Na základě analýzy jednotlivých faktorů a příkladů aplikací lze doporučit:

- Svařované rámy, které jsou vhodné pro aplikace s vysokými požadavky na nosnost, pevnost a odolnost, například v těžkém průmyslu.
- Modulární rámy, ty jsou ideální pro aplikace, kde je prioritou flexibilita, nízké náklady na údržbu a rychlá montáž, například v menších výrobních linkách nebo logistice.
- Pro mobilní aplikace s častými změnami konfigurace jsou nejvhodnější modulární rámy díky snadné manipulaci a přizpůsobivosti.
- Pro aplikace vystavené extrémním podmínkám, jako jsou chemické látky nebo vysoké teploty, se doporučují svařované konstrukce z materiálů s vysokou odolností, například z nerezové oceli [8].

## 6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Výběr rámové konstrukce pro dopravníky je komplexní proces, který závisí na celé řadě faktorů jako jsou požadavky na nosnost, flexibilitu, náklady, údržbu a specifické provozní podmínky [6].

Modulární rámové systémy jsou vhodné pro aplikace, kde je kladen důraz na flexibilitu, nízké náklady na instalaci a údržbu, a kde nejsou vyžadovány vysoké hodnoty pevnosti a nosnosti [1].

Naopak svařované rámové konstrukce jsou ideálním řešením pro aplikace, kde jsou vysoké nároky na stabilitu, nosnost a dlouhou životnost. Tyto rámy poskytují spolehlivost a odolnost i v nejnáročnějších provozních podmínkách [5].



## II PRAKTICKÁ ČÁST

## 7 NÁVRH RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ

V této části práce je cílem provést technické porovnání dvou navržených rámových konstrukcí dopravníků, jež se liší nejen materiálem, ale i průřezem. Pomocí pevnostních analýz se určí kritická místa obou konstrukcí a zhodnotí se, jaký je jejich rozdíl a tento rozdíl se porovná s cenou jednotlivých konstrukcí, přičemž se vyhodnotí, která z konstrukcí je výhodnější.

Pro účely porovnání rámových konstrukcí dopravníků je nezbytné definovat konkrétní příklady, které budou následně podrobeny výpočtům, analýzám a kalkulacím. Aby bylo možné zajistit relevantní a objektivní porovnání, je kladen důraz na sjednocení parametrů obou konstrukcí. Tento přístup umožní provést spravedlivé srovnání jejich výkonu a efektivity, přičemž identické parametry poskytují rovné podmínky pro hodnocení jednotlivých konstrukčních řešení.

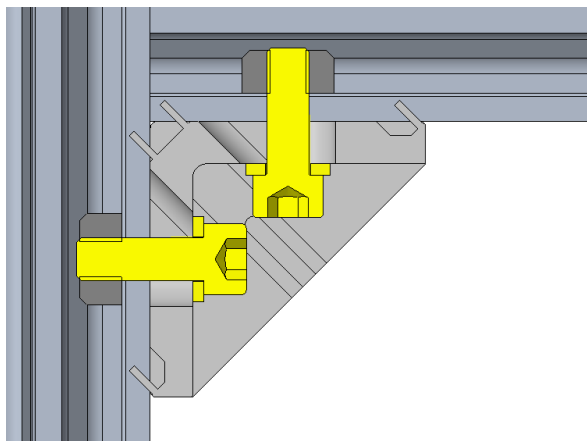
Následující parametry budou použity pro obě konstrukce:

- Délka rámu: *3 000 mm*
- Šířka rámu: *700 mm*
- Výška rámu: *1000 mm*
- Rozteč výztuh (v podélném směru): *740 mm*
- Rozteč výztuh (v horizontálním směru) *480 mm*

Tyto parametry zajistí rovnost podmínek pro výpočty, analýzu a následné srovnání konstrukčních vlastností obou rámu.

### 7.1 Návrh modulární konstrukce

Rám konstrukce modulárního systému bude sestaven z profilů firmy Alutec KK. Konkrétně se použije profil *104040L*, úhelník *304040*, matice *M6 210100* a šroub *DIN 912 M6x18*. Profil *104040L* disponuje čtvercovým průřezem *40x40 mm* a je vyroben z materiálu *AlMgSi 0.5F25*. Spoje v rámci konstrukce jsou realizovány pomocí úhelníku, který propojuje jednotlivé profily s využitím matice *M6* a šroubu *M6x18*. Spoj úhelníku a profilů je znázorněn na obrázku níže, zatímco celý rám je zobrazen na následujícím obrázku.



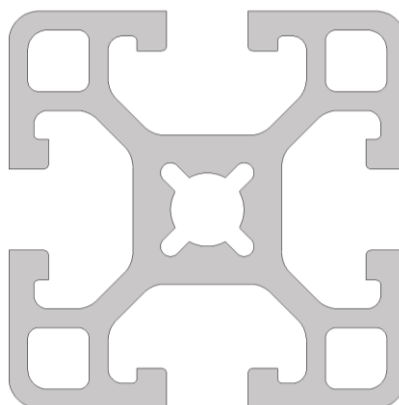
Obrázek 18 Spojení hliníkových profilů

(zdroj: vlastní)



Obrázek 19 Modulární rám

(zdroj: vlastní)



Obrázek 20 Průřez hliníkového profilu

(zdroj: vlastní)

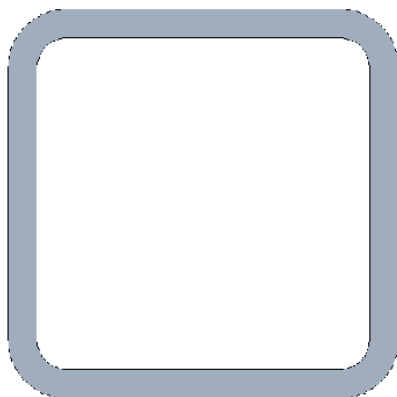
## 7.2 Návrh svařované konstrukce

Uvažovaná svařovaná konstrukce bude vyrobena z oceli *S235*, která je zaručeně svařitelná. Rámová konstrukce bude tvořena čtvercovým průřezem (jeklem) o rozměrech  $40 \times 3 \text{ mm}$  a bude svařena koutovými svary o velikosti  $a_3$  v celé délce profilu. Tato konstrukce, odpovídající parametrům uvedeným v úvodu kapitoly 7, je znázorněna na obrázku 21.



Obrázek 21 Svařovaný rám

(zdroj: vlastní)



Obrázek 22 Průřez ocelového profilu

(zdroj: vlastní)

## 8 PEVNOSTÍ ANALÝZA

Pevnostní analýza bude provedena za účelem stanovení pevnostních podmínek jednotlivých konstrukcí, což umožní porovnání dosažených výsledků a následné zhodnocení, která z variant je s ohledem na dané parametry výhodnější. Úkolem této analýzy je zjistit maximální statické zatížení každé konstrukce a provést jejich srovnání. V rámci analýzy bude dále uvažováno zatížení rámu převážně radiální silou, která simuluje posun břemene po dopravníku.

Obě konstrukce mají celkovou délku  $3\,000\text{ mm}$  (viz úvod kapitoly 7) a celkový počet stojin (5), který je mezi každou stojnou totožný ( $740\text{ mm}$ ). Tudíž při následujících výpočtech bude celková konstrukce rozdělena na jeden segment o celkové délce  $740\text{ mm}$  a dvěma podporami. Pro korektní výpočty je nutné znát následující konstanty:

- Dovolené napětí v tahu (S235)  $\sigma_{td} = 150\text{ MPa}$
- Dovolené napětí v tlaku (S235)  $P_d = 150\text{ MPa}$
- Dovolené napětí v ohybu (EN AW 6066 – T6)  $\sigma_{od} = 80\text{ MPa}$
- Dovolené napětí v tlaku (EN AW 6066 – T6)  $P_d = 80\text{ MPa}$
- Youngův modul pružnosti (EN AW 6066 – T6)  $E = 70\text{ GPa}$
- Youngův modul pružnosti (S235)  $E = 210\text{ GPa}$
- Mez kluzu (elektrody řady 60)  $R_m = 345\text{ MPa}$

### 8.1 Výpočty konstrukce z modulárního systému

Jelikož je rám modulárního systému spojen šroubovým spojem, je nezbytné ověřit maximální zatížení, které tyto šrouby unesou před jejich selháním. Dále je potřeba ověřit, jaké zatížení může být aplikováno na úhelníky z hliníkové slitiny před tím, než selžou, a dále je potřeba zkontrolovat průhyb daných profilů a vzpěr jednotlivých stojin.

#### 8.1.1 Kontrola šroubových spojů

V důsledku zatížení rámu radiální silou je nezbytné provést kontrolu šroubů z hlediska jejich odolnosti vůči tahu a stlačení.

- Kontrola tahu

Z pevnostní podmínky na tah lze určit maximální axiální sílu, kterou lze použít, aniž by došlo k poškození šroubu.

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{td} \quad (1)$$

$$F = \sigma_{td} * S = \sigma_{td} * \frac{\pi * (d_2 + d_3)^2}{4} \quad (2)$$

$$F = 150 * \frac{\pi * (\frac{5,35 + 4,773}{2})^2}{4} = 3\,018\text{ N} \quad (2)$$

Použité šrouby (*M6x18*) vydrží maximální tahovou sílu  $F = 3\,018\text{ N}$ , kterou je nutné vynásobit koeficientem počtu šroubů, na které působí síla. Jelikož je každý nosník podepřen dvěma úhelníky a každý úhelník má 2 šrouby, bude koeficient  $k = 4$ . Z toho plyne, že kritická tahová síla  $F = 12\,072\text{ N}$ .

- Kontrola tlaku

Jelikož je dopravník zatížen radiální silou a v ose této síly jsou umístěny šrouby, je nutné zkontrolovat, zda nedochází k příliš velkému tlaku mezi styčnými plochami. Nejprve je potřeba určit, která plocha je nejmenší, a bude tedy docházet k největšímu tlaku.

Výpočet plochy mezi hlavou šroubu a podložkou

$$S = \frac{\pi * (D - d)^2}{4} \quad (3)$$

$$S = \frac{\pi * (10 - 6,4)^2}{4} = 10,17\text{ mm}^2 \quad (3)$$

Výpočet plochy mezi podložkou a úhelníkem

$$S = b * d - \frac{\pi * d^2}{4} \quad (4)$$

$$S = 8,4 * 12 - \frac{\pi * 12^2}{4} = 12,3\text{ mm}^2 \quad (4)$$

Výpočet plochy mezi maticí a drážkou profilu

$$S = a^2 - a * b \quad (5)$$

$$S = 13^2 - 13 * 8,2 = 62,4\text{ mm}^2 \quad (5)$$

Nejmenší styčná plocha je mezi hlavou šroubu a podložkou, tudíž by se jevílo, že je potřeba kontrolovat tuto plochu. Nicméně dovolený tlak mezi dvěma kovovými díly je

podstatně vyšší, než mezi kovovým a hliníkovým, proto je nutné zkontrolovat plochu mezi podložkou a úhelníkem a počítat s dovoleným tlakem pro hliníkovou slitinu.

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad (6)$$

$$F \leq P_d * S = 80 * 12,3 = 984 \text{ N} \quad (7)$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že kritické místo, které první selže, je šroub mezi podložkou a úhelníkem. Na první pohled je zřejmé, že síla vypočítaná z tlaku na šroub je výrazně nižší, nicméně je nutné neopomenout koeficient počtu šroubů, jenž bude-li aplikován, odpovídá výsledná síla:  $F = 3\,936 \text{ N}$ .

### 8.1.2 Kontrola tlaku v úhelníku

Díky tomu, že jsou profily spojeny úhelníky z hliníkové slitiny, nabízí se možnost, aby byla provedena kontrola úhelníků na otláčení.

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad (8)$$

$$F \leq P_d * S = 80 * 608,6 = 48\,688 \text{ N} \quad (9)$$

Celková síla pak bude vynásobena koeficientem počtu úhelníků na profil  $k = 2$ , tudíž výsledná síla pak bude  $F = 97\,376 \text{ N}$ .

### 8.1.3 Kontrola průhybu nosníku

Na základě radiálního zatížení nosníku lze předpokládat, že bude v nosníku vznikat ohybové napětí a také průhyb. Proto je nezbytně nutné zkontrolovat, zda nosníky splní pevnostní podmínku na ohyb a jaký průhyb v nosníku eventuálně vznikne.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{od} \quad (10)$$

$$M_o = F * a \quad (11)$$

$$F = \frac{\sigma_{od} * W_o}{a} = \frac{80 * 4,73}{0,37} = 1\,022,7 \text{ N} \quad (12)$$

Dále je vhodné vypočítat, jaké bude spojitě zatížení nosníku s danou silou a průhyb.

$$Q = F * l = 1\,022,7 * 0,74 = 756,8 \text{ N/m} \quad (13)$$

$$w_{max} = \frac{F * l^3}{48 * E * I} = \frac{1022,7 * 0,74^3}{48 * 70 * 94,6} = 1,3 \text{ mm} \quad (14)$$

#### 8.1.4 Kontrola vzpěru stojny

Stojna je pevně přikotvena k zemi a zároveň je přišroubována a zpevněna příčkami. Proto je délka, která bude použita ve výpočtu uvažována od horizontální výztuhy po horní zatíženou plochu. Jelikož je profil v obou místech pevně sešroubován, ve výpočtu se použije pevné uložení na obou koncích.

Nejprve je nutné znát poloměr setrvačnosti:

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}} = \sqrt{\frac{94\,600}{623,994}} = 12,3 \text{ mm} \quad (15)$$

Následně se vypočítá redukovaná délka

$$l_{red} = \frac{1}{2} * l = \frac{1}{2} * 480 = 240 \text{ mm} \quad (16)$$

Štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i} = \frac{240}{12,3} = 19,5 \quad (17)$$

Vzhledem k tomu, že  $\lambda \leq \lambda_m$  (40), je nutné uvažovat tlakové namáhání. Kontrola otlačení se provádí na základě pevnostní podmínky v tlaku.

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad (18)$$

$$F \leq P_d * S = 80 * 623,994 = 49\,920 \text{ N} \quad (19)$$

Z těchto výpočtů je zřejmé, že nejnižší přípustná síla je ve šroubových spojích. Nabízí se zvýšení tuhosti a pevnosti konstrukce, kterého je možné dosáhnout zvýšením počtu šroubových spojení, zvětšením šroubů, nebo použitím šroubů s vyšší pevností.

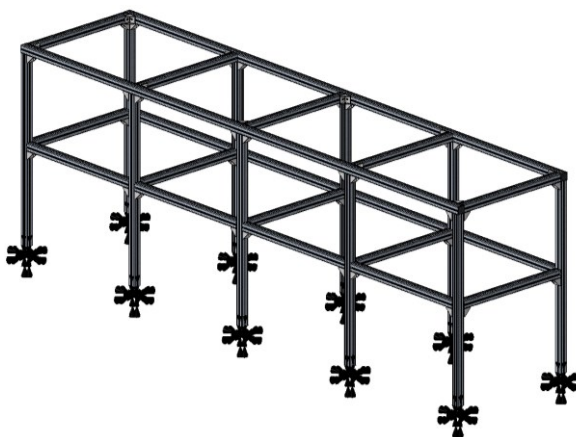
## 8.2 Pevnostní simulace modulárního systému

Pevnostní simulace je užitečný nástroj sloužící ke komplexní simulaci, poskytující velmi přesné informace, které by byly jinak velmi obtížně dosažitelné běžnými výpočty. Simulace

se většinou provádí FEM (MKP) metodou. Následující simulace byla provedena v programu Creo.

- Definování vazeb

Jelikož je rám pevně přikotven k zemi, jsou pevné vazby v patkách, viz obr.

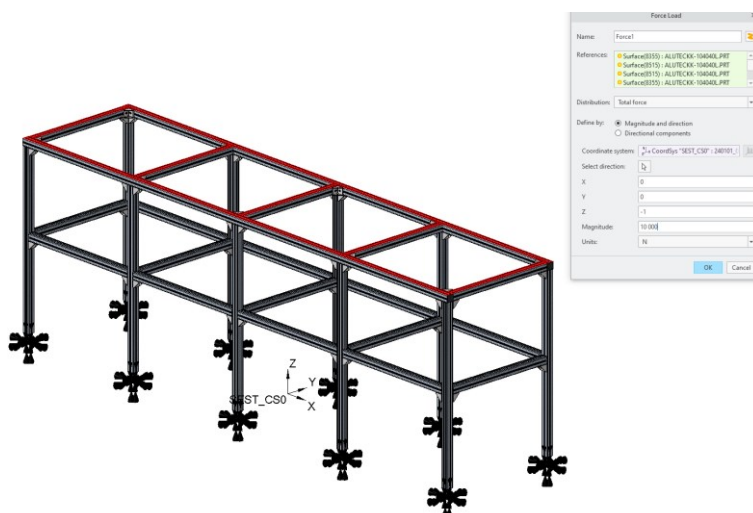


Obrázek 23 Vazby v simulaci

(zdroj: vlastní)

- Aplikace zatěžujících sil

Celková síla, která byla aplikována na rám, byla rozložena do celé horní plochy profilů a byla zvolena velikost 10 000 N.

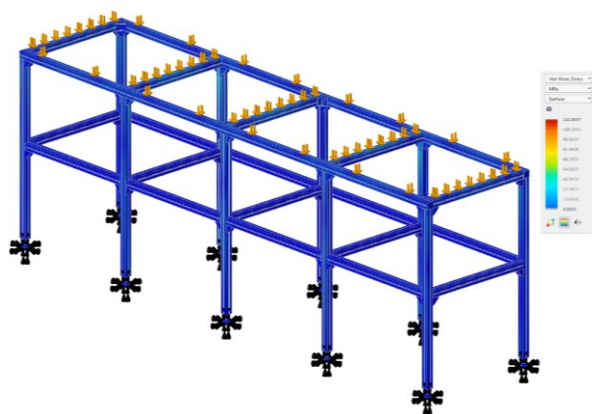


Obrázek 24 Aplikace zatížení

(zdroj: vlastní)

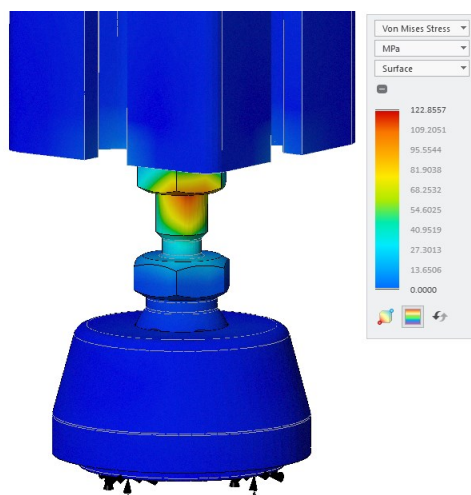
- Prezence výsledků

Na závěr je možné zhodnotit výsledky simulace. V obrázcích níže je viditelné, že maximální napětí je ve stavěcích patkách. Dále je patrné, že napětí v profilech se pohybuje v hodnotách do 50 MPa, což je v pořádku pro daný materiál. Zároveň lze ze simulace vyčíst, že maximální průhyb je 0,8 mm a je na příčné vzpěře profilu, který není podepřen ve směru síly.



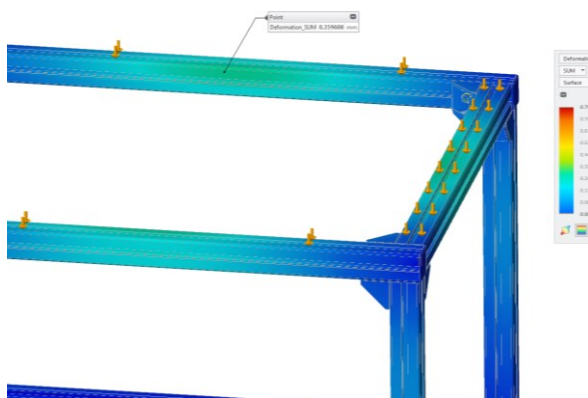
Obrázek 25 Distribuce napětí

(zdroj: vlastní)

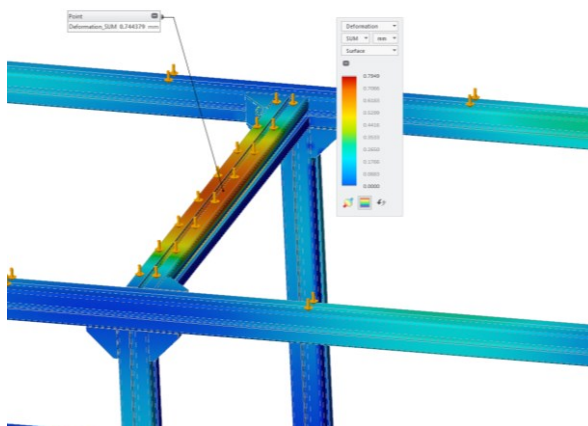


Obrázek 26 Napětí v patce

(zdroj: vlastní)



Obrázek 27 Průhyb

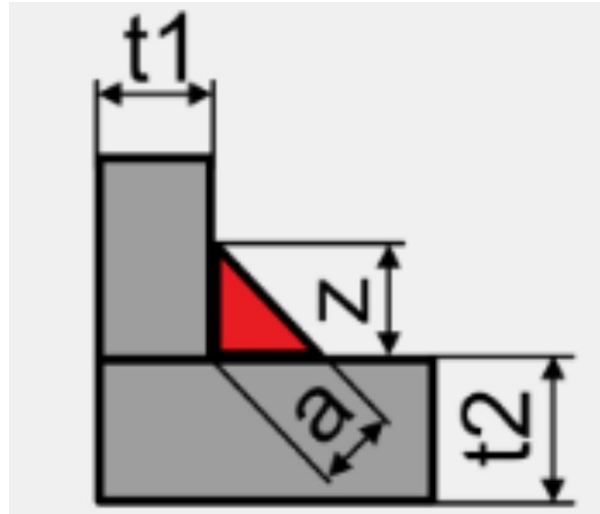
*(zdroj: vlastní)*

Obrázek 28 Maximální průhyb

*(zdroj: vlastní)*

### 8.3 Výpočty svařované konstrukce

Svařovaný rám je z profilu se čtvercovým průřezem  $40 \times 3$  a je svařen koutovým svarem o velikosti  $a3$  v celkové délce profilu ( $40 \text{ mm}$ ). V následujících kapitolách bude prověřena kritická síla namáhající svar. Dále je nutné ověřit průhyb nosníku a vzpěr.



Obrázek 29 Značení svaru [22]

### 8.3.1 Výpočet svaru

Svary v rámu jsou zatíženy radiální silou, tudíž vzniká střižná síla, kterou je nutné vypočítat.

Dovolené napětí ve stříhu je přibližně 30–40 % meze kluzu.

$$\tau_{sd} = Re * k = 345 * 0,35 = 120 \text{ MPa} \quad (20)$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{sd} \quad (21)$$

$$F \leq \tau_{sd} * S = \tau_{sd} * a * l \quad (22)$$

$$F = 120 * 3 * 40 = 14\,400 \text{ N} \quad (22)$$

Celkové maximální zatížení svarů pak bude vynásobeno koeficientem počtu svarů ( $k = 2$ ) a výsledná síla tedy bude  $F = 28\,800 \text{ N}$ .

### 8.3.2 Výpočet průhybu nosníku

Obdobně jako u modulárního systému je vhodné vypočítat maximální možnou zatěžující sílu z podmínky na ohyb a průhyb.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{od} \quad (23)$$

$$M_o = F * a \quad (24)$$

$$F = \frac{\sigma_{od} * W_o}{a} = \frac{150 * 4,5}{0,37} = 1\,824 \text{ N} \quad (25)$$

Dále je vhodné vypočítat, jaké bude spojitě zatížení nosníku s danou silou.

$$Q = F * l = 1\,824 * 0,74 = 1\,350 \text{ N/m} \quad (26)$$

$$w_{max} = \frac{F * l^3}{48 * E * I} = \frac{1\,824 * 0,74^3}{48 * 210 * 93,2} = 0,79 \text{ mm} \quad (27)$$

### 8.3.3 Kontrola vzpěru stojny

Stojna je pevně přikotvena k zemi a zároveň je přišroubována a zpevněna příčkami. Délka použitá ve výpočtu bude uvažována od horizontální výztuhy po horní zatíženou plochu. Jelikož je profil v obou místech pevně sešroubován, ve výpočtu bude použito pevné uložení na obou koncích.

Nejprve je nutné znát poloměr setrvačnosti:

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}} = \sqrt{\frac{9,32}{4,21}} = 1,49 \text{ cm} = 14,9 \text{ mm} \quad (28)$$

Následně se vypočítá redukovaná délka:

$$l_{red} = \frac{1}{2} * l = \frac{1}{2} * 480 = 240 \text{ mm} \quad (29)$$

Štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i} = \frac{240}{14,9} = 16,1 \quad (29)$$

Jelikož  $\lambda \leq \lambda_m (40)$ , je dále nutné počítat s tlakem. Kontrola otláčení se provede dle pevnostní podmínky na tlak:

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad (30)$$

$$F \leq P_d * S = 150 * 421 = 63\,150 \text{ N} \quad (31)$$

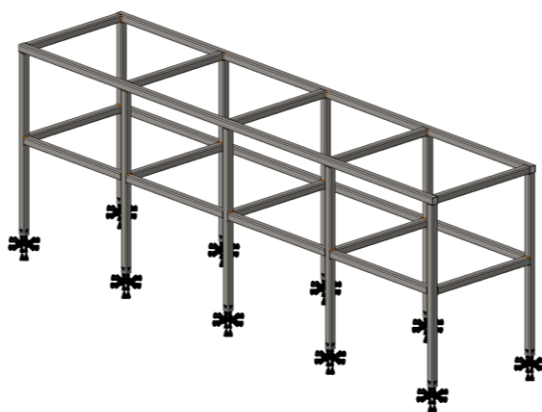
Z těchto výpočtů je zřejmé, že kritický bod v této konstrukci jsou svary, jež v případě prostého nosníku s dvěma podporami a dvěma svary vydrží maximální radiální sílu  $F = 28\,800\text{ N}$ . Nicméně je vhodné mít na paměti bezpečnost, kterou je v případě konkrétní konstrukce vzít v potaz.

## 8.4 Pevnostní simulace svařované konstrukce

Pevnostní simulace svařované konstrukce bude mít obdobný postup a bude aplikovaná stejná síla pro maximalizaci relevance výsledných hodnot.

- Definování vazeb

Neboť je rám pevně přikotven k zemi, jsou pevné vazby v patkách, viz obr.

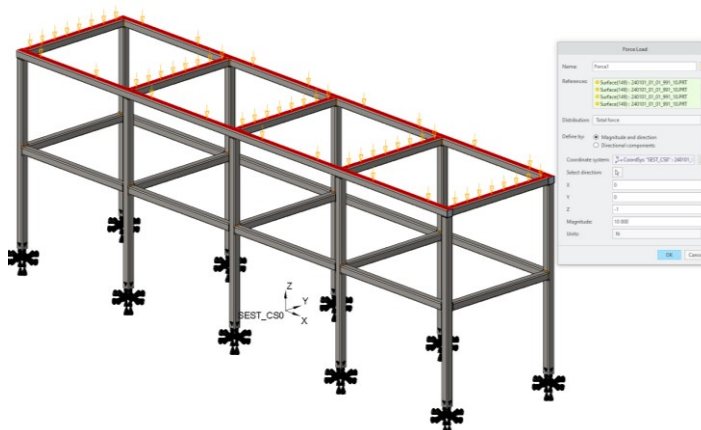


Obrázek 30 Definice vazeb

(zdroj: vlastní)

- Aplikace zatěžujících sil

Celková síla, která byla aplikována na rám, byla rozložena na celou horní plochu profilů a byla zvolena velikost  $10\,000\text{ N}$ .

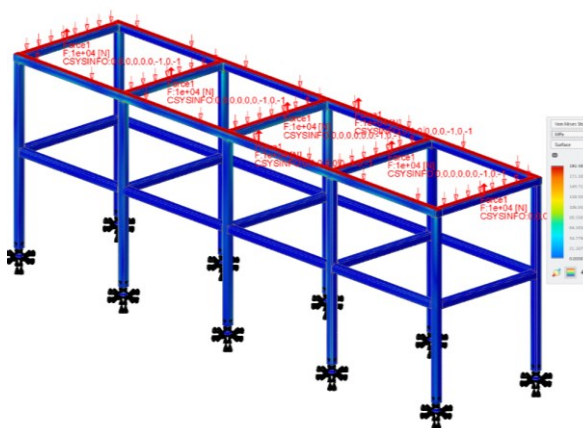


Obrázek 31 Aplikace zatížení

(zdroj: vlastní)

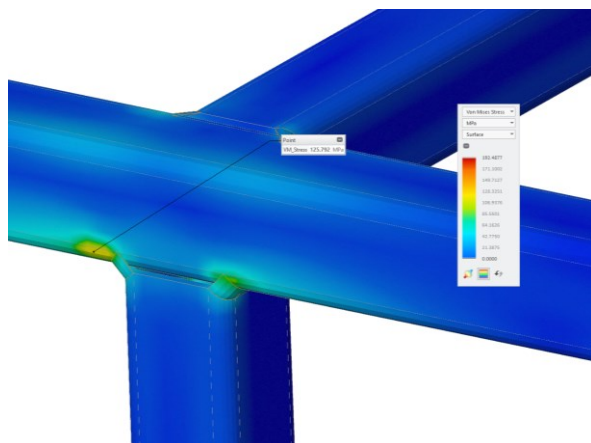
- Presentace výsledků

Na závěr je možné zhodnotit výsledky simulace. V obrázcích níže je viditelné, že maximální napětí je v těsné blízkosti svarů či ve svarech. Dále lze pozorovat, že napětí v profilech se pohybuje v hodnotách do  $150 \text{ MPa}$ , což je v pořádku pro daný materiál. V neposlední řadě lze ze simulace vyčíst, že maximální průhyb je  $0,8 \text{ mm}$  a nachází se na vzpěrách profilů.



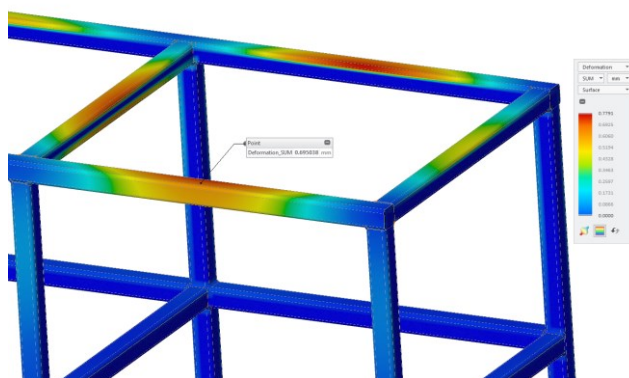
Obrázek 32 Distribuce napětí

(zdroj: vlastní)



Obrázek 33 Maximální napětí

(zdroj: vlastní)



Obrázek 34 Průhyb

(zdroj: vlastní)

## 8.5 Shrnutí

Na základě výpočtů lze říct, že obě konstrukce jsou poměrně robustní a tuhé. Modulární systém má kritický bod v místě šroubových spojů, konkrétně v tlaku mezi podložkou a úhelníkem, zatímco svařovaná konstrukce v místě svarů. Svary lze zatížit přibližně 7x vyšší silou než šroubové spoje, a to i při uvážení dvojnásobného počtu šroubů. Konkrétní hodnoty jsou zobrazeny v tabulce. Nicméně na základě simulace je nutné prohlásit, že při užití stejné zatěžující síly je napětí v rámových systémech na velmi podobné úrovni vzhledem k maximálnímu dovolenému napětí daného materiálu. Což je velmi zajímavé a ukazuje to důmyslnost hliníkového profilu a jeho navržení. Především pak jeho důraz na odolnost vůči ohybu a s ním spojeného průhybu, jenž je také téměř totožný. Zároveň je viditelné, že síla,

kteřá se na základě výpočtu zdála být kritická ve šroubech, je ve skutečnosti marginální, jelikož ve šroubových spojích vzniká malé napětí. To je pravděpodobně zapříčiněno velkým množstvím šroubových spojů v celé konstrukci.

Tabulka 4 Porovnání výsledků pevnostních výpočtů

| Typ rámu          | Kritické místo        | Maximální síla  | Průhyb         |
|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| Modulární         | <i>Šroubové spoje</i> | <i>3 936 N</i>  | <i>1,3 mm</i>  |
| Svařovaný ocelový | <i>Svary</i>          | <i>28 800 N</i> | <i>0,79 mm</i> |

Tabulka 5 Porovnání výsledků MKP simulace

| Typ rámu          | Aplikovaná síla | Maximální napětí | Napětí v profilech | Maximální průhyb |
|-------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|
| Modulární         | <i>10 000 N</i> | <i>122 MPa</i>   | <i>50 MPa</i>      | <i>0,8 mm</i>    |
| Svařovaný ocelový | <i>10 000 N</i> | <i>192 MPa</i>   | <i>150 MPa</i>     | <i>0,8 mm</i>    |

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ KONSTRUKCÍ

Tato kapitola se zabývá ekonomickým posouzením dvou vybraných rámových konstrukcí dopravníků – hliníkového modulárního systému a svařovaného ocelového rámu. Cílem je analyzovat a porovnat nákladovost obou řešení v kontextu jejich návrhu, výroby a montáže. Výsledkem bude určení, která z konstrukcí je z ekonomického hlediska výhodnější, a formulace doporučení pro efektivní návrh rámu dopravníku z pohledu nákladů.

### 9.1 Hodnocení modulárního systému

Tato podkapitola se zaměřuje na ekonomické zhodnocení hliníkového modulárního rámu dopravníku. Cílem je posoudit náklady spojené s jeho návrhem, výrobou a montáží a vyhodnotit jeho výhody i nevýhody z hlediska nákladové efektivity.

Na základě návrhu modulárního rámu byla vyžádána cenová nabídka od společnosti Alutec KK, která se specializuje na výrobu konstrukcí z hliníkových profilů. Nabídka zahrnovala kompletní dodávku rámu včetně všech potřebných komponent a montáže.

**Celková cena rámu činila 1007 € včetně DPH.**

Tato částka představuje reálný náklad na realizaci rámu a slouží jako důležitý vstup pro ekonomické srovnání s alternativní variantou svařovaného rámu, uvedenou v následující podkapitole. Cena zahrnuje nejen samotný materiál, ale i práci, montáž a upevňovací prvky, což umožňuje komplexní posouzení nákladové efektivity tohoto řešení.

### 9.2 Hodnocení svařované konstrukce

Tato podkapitola se věnuje ekonomickému hodnocení svařovaného rámu dopravníku. Cílem je analyzovat náklady spojené s jeho návrhem, výrobou a montáží a zhodnotit jeho efektivitu ve srovnání s alternativními konstrukčními řešeními.

Na základě návrhu svařovaného rámu byla vyžádána cenová nabídka od společnosti Aura engineering. Nabídka zahrnovala kompletní dodávku rámu včetně všech potřebných komponent, svařovacích prací a finální montáže.

**Celková cena rámu činila 1 192 € včetně DPH.**

Tato částka představuje reálný náklad na výrobu svařovaného rámu a slouží jako klíčový vstup pro ekonomické srovnání s alternativní variantou modulárního rámu, uvedenou v následující podkapitole. Cena zahrnuje nejen samotný materiál (ocelové profily), ale i práci, svařování, povrchovou úpravu a montážní prvky, což umožňuje komplexní zhodnocení nákladové efektivity tohoto řešení.

### **9.3 Vliv montážníků na cenu konstrukcí**

Při hodnocení ekonomické efektivity rámových konstrukcí dopravníků je nezbytné zohlednit vliv lidského faktoru, konkrétně montážních pracovníků, na celkové náklady realizace. Různé typy rámů – ať už hliníkové modulární, svařované ocelové či jiné – se liší nejen v materiálových a výrobních nákladech, ale i v náročnosti a časové náročnosti montáže.

#### **9.3.1 Požadavky na kvalifikaci pracovníků**

Svařování a práce s těžšími materiály vyžadují vyšší kvalifikaci a specializaci pracovníků, což může vést k vyšším mzdovým nákladům. U hliníkových modulárních rámů je možné využít širší spektrum pracovníků s nižšími nároky na odbornou přípravu, což může přispět k úsporám v oblasti pracovních nákladů.

#### **9.3.2 Časová náročnost montáže**

Doba potřebná k montáži rámu přímo ovlivňuje celkové náklady na realizaci projektu. Rychlejší montáž znamená nižší náklady na pracovní sílu a možnost rychlejšího uvedení zařízení do provozu. Hliníkové modulární rámy, díky své konstrukční jednoduchosti, obvykle umožňují rychlejší montáž než svařované ocelové rámy.

#### **9.3.3 Dopad na celkové náklady**

I když materiálové náklady mohou být u hliníkových rámů vyšší než u ocelových, úspory v oblasti pracovních nákladů a zkrácení doby montáže mohou vést k celkově nižším nákladům na realizaci. Je důležité provést komplexní analýzu, která zohlední všechny faktory ovlivňující celkové náklady na projekt.

Tabulka 6 Porovnání celkových nákladů na realizaci rámu

| Typ rámu            | Materiálové náklady | Pracovní náklady | Celkové náklady |
|---------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Hliníkový modulární | 730 €               | 270 €            | 1 007 €         |
| Svařovaný ocelový   | 632 €               | 360 €            | 992 €           |

Dle tabulky by se na první pohled zdálo, že je svařovaný rám levnější, nicméně je potřeba zohlednit cenu povrchové úpravy rámu, která v tomto případě činí 180 €. Pokud by tedy byla tato částka přičtena k celkové ceně rámu dalo by se dojít k závěru, že je modulární rám o cca 165 € levnější.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na porovnání dvou odlišných konstrukčních řešení rámu dopravníku – modulárního rámu z hliníkových profilů a svařovaného rámu z oceli – s cílem zhodnotit jejich pevnostní, technické a ekonomické parametry. Výsledky provedených simulací a analýz ukazují, že z hlediska konstrukční tuhosti jsou obě varianty srovnatelné. Napětí vznikající v konstrukcích při zatížení zůstává u obou rámu pod hranicí mezního napětí příslušných materiálů, což potvrzuje jejich dostatečnou pevnost a schopnost odolávat provoznímu namáhání bez rizika porušení.

Z hlediska výrobních a provozních nákladů se jako výhodnější jeví použití modulárního rámu. Jeho hlavními přednostmi jsou nižší pracnost při montáži, absence potřeby svařování a povrchové úpravy a rovněž větší flexibilita při případných úpravách nebo rozšířeních konstrukce. Celková cena modulárního rámu včetně všech komponent a montáže je mírně nižší než u svařovaného řešení, což přispívá k jeho ekonomické atraktivitě, zejména v případě kusové nebo malosériové výroby.

Ačkoli se průřezy použitých profilů mezi oběma konstrukčními variantami liší, nijak to nesnižuje relevanci tohoto porovnání. Právě rozdílnost konstrukčních přístupů a použitých materiálů je podstatou této práce – pokud by byly průřezy shodné, dalo by se porovnání omezit na jednoduchý přepočít vycházející z přibližně třetinové meze kluzu slitiny hliníku ve srovnání s konstrukční ocelí. V takovém případě by byla tuhost a pevnost hliníkové konstrukce zhruba třetinová a nebylo by třeba provádět podrobnou analýzu. Skutečnost, že bylo možné dosáhnout srovnatelných mechanických vlastností při různých konstrukčních řešeních, dokládá význam této práce a praktický přínos zvoleného přístupu.

Na základě uvedených poznatků lze konstatovat, že modulární rám představuje plnohodnotnou alternativu ke klasickým svařovaným konstrukcím. Je však nutné přistupovat ke každému návrhu individuálně a vždy zohlednit charakter a velikost zatížení, kterému bude konstrukce vystavena. V případech vyšších silových namáhání nebo požadavků na extrémní tuhost může být svařovaný rám stále vhodnější volbou. Pro správné rozhodnutí je tedy nezbytné provést odpovídající pevnostní analýzu, která umožní objektivně posoudit, zda je modulární systém pro danou aplikaci dostatečně robustní a bezpečný.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] JANČÍK, Luděk a Jiří ZÝMA. *Části a mechanismy strojů*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 8001028917.
- [2] ZÝMA, Jiří, Karel KUKLÍK a Josef KUBÍK. *Strojírenské konstrukce: základní principy návrhu*. Praha: SNTL, 1986. ISBN 80-03-00010-X.
- [3] BALÁŽ, Zdeněk, Zdeněk RÁB, František ŠIMEK. *Mechanika strojů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04532-1.
- [4] RÁB, Zdeněk. *Základy mechaniky strojů: Teorie mechanických systémů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. ISBN 978-80-01-05359-3.
- [5] CLEGHORN, W. L. a Nikolai DECHEV. *Mechanics of Machines*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. ISBN 9780199379910.
- [6] ZHOU, Lingyu, Liping WANG a Liqiang JIANG. *Design of steel structures: materials, connections, and components*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2022. ISBN 9780323916820.
- [7] FARKAS, József a Károly JÁRMAI. *Design and optimization of metal structures*. Chichester, UK: Horwood Pub., 2008. ISBN 9781613444016.
- [8] MARTIN, Peter J.. *Steel Design*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9780073380249.
- [9] VÁVRA, Pavel. *Konstrukce strojů: Teorie a praxe*. Praha: Academia, 2015. ISBN 978-80-200-2497-6.
- [10] KOVÁŘ, Jan. *Konstruktivní návrh strojních součástí*. Praha: CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-578-6.
- [11] HEATHCOTE, Richard a A. C. R. MACKAY. *Introduction to Machine Design*. 4th ed. New York: Wiley, 2010. ISBN 9780470665646.
- [12] SMITH, Peter J.. *Mechanical Design Engineering Handbook*. Oxford: Elsevier, 2015. ISBN 9780080999654.
- [13] SMITH, Jordan. *Key benefits of using a conveyor frame kit*. Online. Dostupné z: <https://www.gramconveyor.com/conveyor-frame/>. [cit. 2025-4-22].

- [14] KHAIMAR, Atul. *Standard new 90 degree belt conveyor, for packaging*. Online. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/90-degree-belt-conveyor-20468492297.html>. [cit. 2025-4-22].
- [15] NAVZAS. *Šnekové dopravníky*. Online. Dostupné z: <https://www.navzas.cz/snekove-dopravniky>. [cit. 2025-4-22].
- [16] PENTASERVIS. *Válečkový dopravník 2500x1000 mm*. Online. Dostupné z: <https://www.pentaservis.cz/produkt/valeckovy-dopravnik-2500x1000-mm/>. [cit. 2025-4-22].
- [17] YIHEDA. *Aluminum profiles: selection and knowledge you need to know*. Online. Dostupné z: <https://www.china-me.com/news/article/aluminum-profiles-selection-and-knowledge#a>. [cit. 2025-4-22].
- [18] ALUTECKK. *Spojení úhelníkem*. Online. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/uhelnik>. [cit. 2025-4-22].
- [19] HALUMINIUM. *Joint*. Online. Dostupné z: <https://haluminium.com/Product/standard-accessories-joint/>. [cit. 2025-4-22].
- [20] ALUTECKK. *Automatické konektory – spojení profilů bez obrábění*. Online. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/novinky/automaticke-konektory-spojzeni-profilu-bez-obrabeni>. [cit. 2025-4-22].
- [21] ALUTECKK. *Spojení krátkým šroubem*. Online. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/spojeni-kratkym-sroubem>. [cit. 2025-4-22].
- [22] KRÍŽ, Rudolf, a kol. *Stavba a provoz strojů I*. Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1977. ISBN 04-231-77.
- [23] JURKOVIČ, Martin. *Analysis of magnetic anisotropy and nonhomogeneity of S235 ship structure steel after plastic straining by the use of Berkhausen noise*. Online. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/345167886\\_Analysis\\_of\\_Magnetic\\_Anisotropy\\_and\\_Non-Homogeneity\\_of\\_S235\\_Ship\\_Structure\\_Steel\\_after\\_Plastic\\_Strainning\\_by\\_the\\_Use\\_of\\_Barkhausen\\_Noise](https://www.researchgate.net/publication/345167886_Analysis_of_Magnetic_Anisotropy_and_Non-Homogeneity_of_S235_Ship_Structure_Steel_after_Plastic_Strainning_by_the_Use_of_Barkhausen_Noise). [cit. 2025-4-22].
- [24] BAYLEY, Thomas. *Vehicle crash can FEA model simulation and validation with experiment data*. Online. Dostupné z:

[https://www.researchgate.net/publication/274313880\\_Vehicle\\_Crash\\_Can\\_FEA\\_Model\\_Simulation\\_and\\_Validation\\_with\\_Experiment\\_Data](https://www.researchgate.net/publication/274313880_Vehicle_Crash_Can_FEA_Model_Simulation_and_Validation_with_Experiment_Data). [cit. 2025-4-22].

- [25] KASSCORP. *Switch from steel to aluminum saves both time and money*. Online. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/84452-aia-switch-from-steel-to-aluminum-saves-both-time-and-money?> [cit. 2025-4-22].
- [26] BOSCHREXROTH. *New varioflow belt conveyor: smooth transport of sealed-edge bags through to oversize packages*. Online. Dostupné z: <https://www.automate.org/news/new-varioflow-belt-conveyor-smooth-transport-of-sealed-edge-bags-through-to-oversize-packages>. [cit. 2025-4-22].
- [27] RUSTENHOLTZ, James. *Advanced metalworking conveyors*. Online. Dostupné z: <https://www.prab.com/conveyors/>. [cit. 2025-4-22].
- [28] UVOTEC. *Mobile motorized conveyors*. Online. Dostupné z: <https://www.uvotec.eu/conveyor-systems/mobile-motorized-conveyors?> [cit. 2025-4-22].

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Pásový dopravník [14].....               | 16 |
| Obrázek 2 Šnekový dopravník [15] .....             | 16 |
| Obrázek 3 Válečkový dopravník [16].....            | 17 |
| Obrázek 4 Možnosti modulárního systému [17].....   | 18 |
| Obrázek 5 Spojení pomocí úhelníku [18] .....       | 19 |
| Obrázek 6 Přímé spojení [19] .....                 | 20 |
| Obrázek 7 Spojení pomocí úhelníku [20] .....       | 20 |
| Obrázek 8 Kloubové spojení [19] .....              | 21 |
| Obrázek 9 Šroubové spojení [21].....               | 21 |
| Obrázek 10 Typy svarů [22] .....                   | 25 |
| Obrázek 11 Typy svarů [22] .....                   | 25 |
| Obrázek 12 Typy svarů [22] .....                   | 26 |
| Obrázek 13 Hookův diagram Al slitina [24].....     | 27 |
| Obrázek 14 Hookův diagram ocel [23].....           | 28 |
| Obrázek 15 Dopravník pro balení a montáž [26]..... | 31 |
| Obrázek 16 Dopravník pro těžký průmysl [27] .....  | 31 |
| Obrázek 17 Dopravník pro logistiku [28] .....      | 32 |
| Obrázek 18 Spojení hliníkových profilů .....       | 37 |
| Obrázek 19 Modulární rám .....                     | 37 |
| Obrázek 20 Průřez hliníkového profilu.....         | 37 |
| Obrázek 21 Svařovaný rám.....                      | 38 |
| Obrázek 22 Průřez ocelového profilu .....          | 38 |
| Obrázek 23 Vazby v simulaci .....                  | 43 |
| Obrázek 24 Aplikace zatížení .....                 | 43 |
| Obrázek 25 Distribuce napětí.....                  | 44 |
| Obrázek 26 Napětí v patce .....                    | 44 |
| Obrázek 27 Průhyb.....                             | 45 |
| Obrázek 28 Maximální průhyb .....                  | 45 |
| Obrázek 29 Značení svaru [22] .....                | 46 |
| Obrázek 30 Definice vazeb .....                    | 48 |
| Obrázek 31 Aplikace zatížení .....                 | 49 |
| Obrázek 32 Distribuce napětí.....                  | 49 |
| Obrázek 33 Maximální napětí.....                   | 50 |
| Obrázek 34 Průhyb.....                             | 50 |

**SEZNAM TABULEK**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1 Využití materiálů v dopravnících [13].....          | 14 |
| Tabulka 2 Porovnání mech. vlastností materiálů [23] .....     | 27 |
| Tabulka 3 Porovnání nákladů [25].....                         | 29 |
| Tabulka 4 Porovnání výsledků pevnostních výpočtů .....        | 51 |
| Tabulka 5 Porovnání výsledků MKP simulace.....                | 51 |
| Tabulka 6 Porovnání celkových nákladů na realizaci rámu ..... | 54 |

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

|               |                          |                         |
|---------------|--------------------------|-------------------------|
| D             | Průměr hlavy šroubu      | [mm]                    |
| d             | Průměr díry v podložce   | [mm]                    |
| a             | Délka strany matice      | [mm]                    |
| b             | Šířka drážky             | [mm]                    |
| l             | Délka nosníku            | [mm]                    |
| h             | Výška rámu               | [mm]                    |
| $l_{red}$     | Redukovaná délka nosníku | [mm]                    |
| $w_{max}$     | maximální průhyb         | [mm]                    |
| i             | Poloměr setrvačnosti     | [mm]                    |
| S             | Plocha                   | [mm <sup>2</sup> ]      |
| $W_o$         | Modul průřezu v ohybu    | [mm <sup>3</sup> ]      |
| I             | Kvadratický moment       | [mm <sup>4</sup> ]      |
| $\lambda$     | Štíhlost                 | [-]                     |
| k             | koeficient bezpečnosti   | [-]                     |
| A             | Tažnost                  | [%]                     |
| $\rho$        | Hustota                  | [kg · m <sup>-3</sup> ] |
| F             | Síla                     | [N]                     |
| Q             | Spojité zatížení         | [N · m]                 |
| $M_o$         | Ohybový moment           | [N·m]                   |
| E             | Youngův modul pružnosti  | [MPa]                   |
| Re            | Mez kluzu                | [MPa]                   |
| Rm            | Mez pevnosti             | [MPa]                   |
| $\sigma_t$    | Napětí v tahu            | [MPa]                   |
| $\sigma_{td}$ | Dovolené napětí v tahu   | [MPa]                   |
| P             | Tlak                     | [MPa]                   |

---

|               |                           |       |
|---------------|---------------------------|-------|
| $P_d$         | Dovolený tlak             | [MPa] |
| $\sigma_o$    | Napětí v ohybu            | [MPa] |
| $\sigma_{od}$ | Dovolené napětí v ohybu   | [MPa] |
| $\tau_s$      | Napětí ve střihu          | [MPa] |
| $\tau_{sd}$   | Dovolené napětí ve střihu | [MPa] |