



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## ZASTŘEŠENÍ STANICE METRA

METRO STATION ROOFING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Filip

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Horáček, Ph.D.

BRNO 2023

## **ABSTRAKT**

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce zastřešení stanice metra. Střecha je uvažována ve tvaru válcové plochy. Objekt je navrhován pro lokalitu Brno–Veveří. Půdorysné rozměry střechy jsou 50,23 x 21 m, výška 3,65 m. Konstrukce je tvořena obdélníkovými uzavřenými profily, které jsou svařovány tak, že v půdoryse vytváří síť rovnostranných trojúhelníků. Opláštění je navrženo ze skleněných tabulí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Stanice metra, zastřešení, ocelová konstrukce, zatížení konstrukce, vnitřní síly, stabilita

## **ABSTRACT**

The subject of the bachelor's thesis is the design and assessment of the steel supporting structure of the metro station roof. The roof is designed as a cylindrical surface. The building is designed for the Brno–Veveří location. The dimensions of the roof are 50.23 x 21 m, height 3.65 m. The structure is made of rectangular hollows, which are welded. It creates the network of equilateral triangles in the plan. Cladding is designed from glass panels.

## **KEYWORDS**

Metro station, roofing, steel structure, structural load, inner strength, stability

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

FILIP, Radim. *Zastřešení stanice metra*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí Ing. Martin Horáček, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zastřešení stanice metra* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2023

---

Radim Filip  
autor

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zastřešení stanice metra* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2023

---

Radim Filip  
autor

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Horáčkovi Ph.D. za cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu během studia.

## **OBSAH PRÁCE**

Úvod

Technická zpráva

Závěr

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých softwarů

Seznam příloh

## **ÚVOD**

Bakalářská práce se zabývá statickým návrhem a posouzením ocelové nosné konstrukce zastřešení stanice metra, která se nachází v hloubce pouhých 6 metrů pod povrchem a je tedy nutno nad ní navrhovat střechu. Ta byla z architektonických důvodů zvolena ve tvaru válcové plochy s kompletně proskleným pláštěm.

Cílem statického návrhu nosné konstrukce je stanovení a následné posouzení dimenzí jednotlivých částí konstrukce. V první části je zvolena geometrie a následně pro ni stanoveno zatížení a jeho kombinace. K posouzení na mezní stav únosnosti je třeba stanovení vzpěrných délek prutů. K tomu je využita stabilitní analýza v programu Dlubal RFEM. Dále je v rámci statického výpočtu řešen i mezní stav použitelnost, kotvení konstrukce a posouzení svarů.

Ve výkresové dokumentaci je detailně řešena geometrie konstrukce a způsoby jejího kotvení a montáže.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**ZASTŘEŠENÍ STANICE METRA**

METRO STATION ROOFING

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Radim Filip**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Martin Horáček, Ph.D.**

**BRNO 2023**

## **Obsah:**

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 1   | Základní informace .....  | 4 |
| 2   | Geometrie konstrukce .....                                      | 4 |
| 2.1 | Schématický půdorys .....                                       | 4 |
| 2.2 | Příčný řez .....  | 4 |
| 2.3 | Axonometrie .....   | 5 |
| 3   | Popis konstrukce .....  | 5 |
| 4   | Zatížení .....  | 6 |
| 4.1 | Stálá zatížení .....  | 6 |
| 4.2 | Užitná zatížení .....   | 6 |
| 5   | Konstrukční řešení.....   | 7 |
| 5.1 | Varianta A – vlastní svařovaný styčník přes TR 177,8x12,5 ..... | 7 |
| 5.2 | Varianta B – systémové řešení MERO .....                        | 7 |
| 6   | Kotvení .....   | 7 |
| 7   | Protipožární ochrana .....                                      | 8 |
| 8   | Antikoroziční ochrana.....                                      | 8 |
| 9   | Údržba konstrukce.....  | 8 |
| 10  | Výroba, doprava a montáž.....                                   | 8 |
| 11  | Výkaz materiálu.....  | 8 |

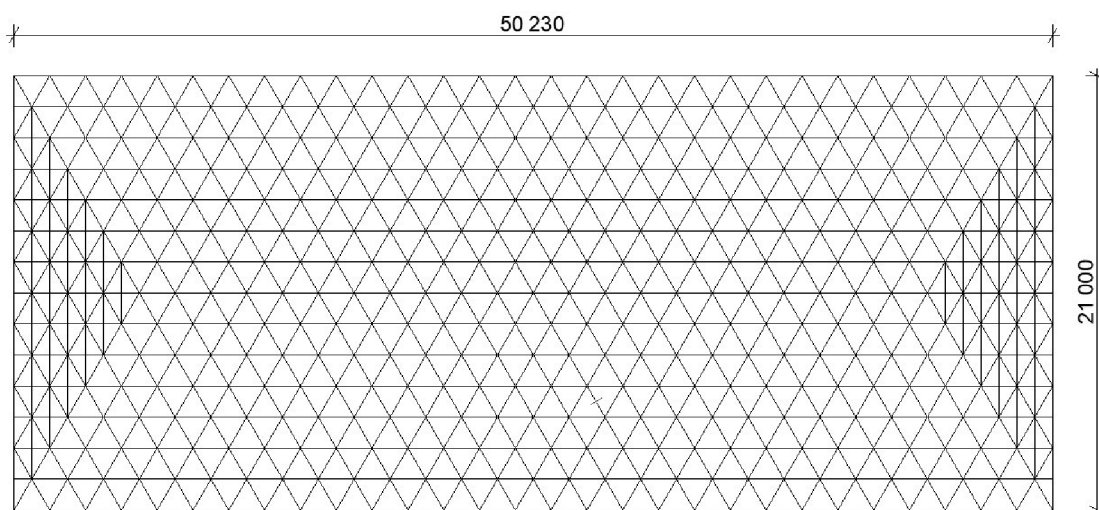


## 1 Základní informace

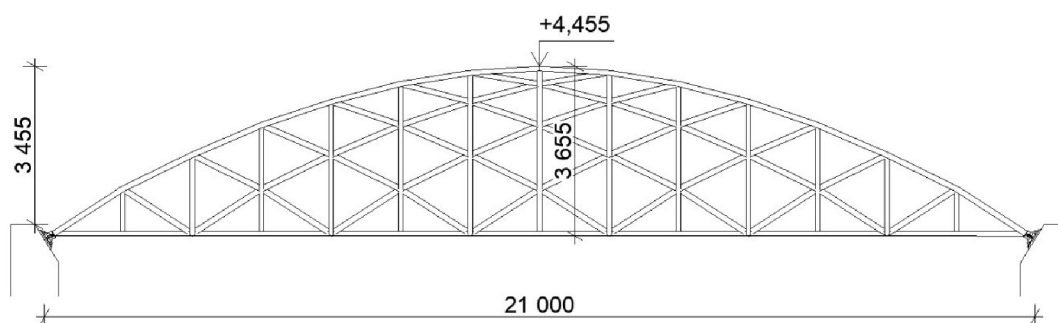
- Umístění stavby: Brno, Veverí
- Účel stavby: Stanice metra
- Půdorysné rozměry: 21,00 m x 50,23 m
- Výška konstrukce: 3,65 m
- Použitý materiál: Ocel S355 JR  
Beton C25/30
- Třída provedení: EXC3

## 2 Geometrie konstrukce

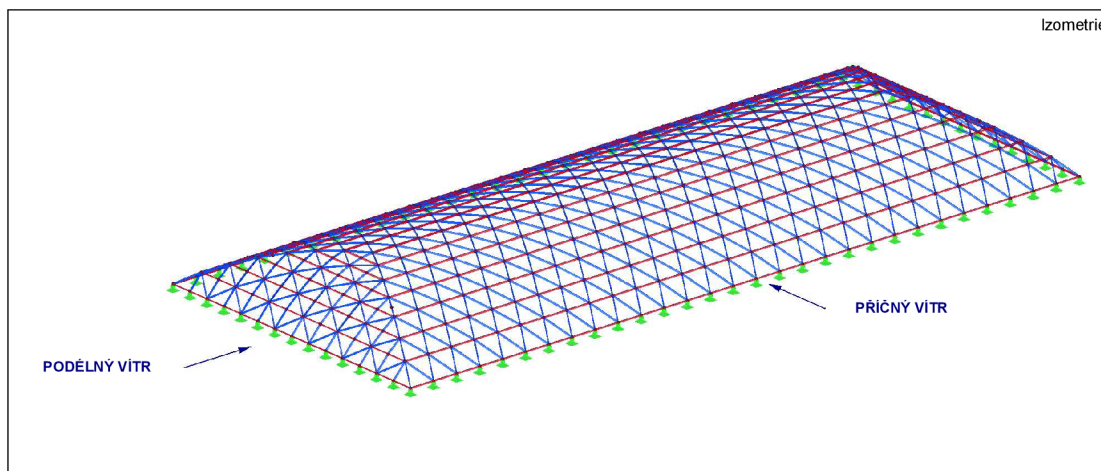
### 2.1 Schématický půdorys



### 2.2 Příčný řez



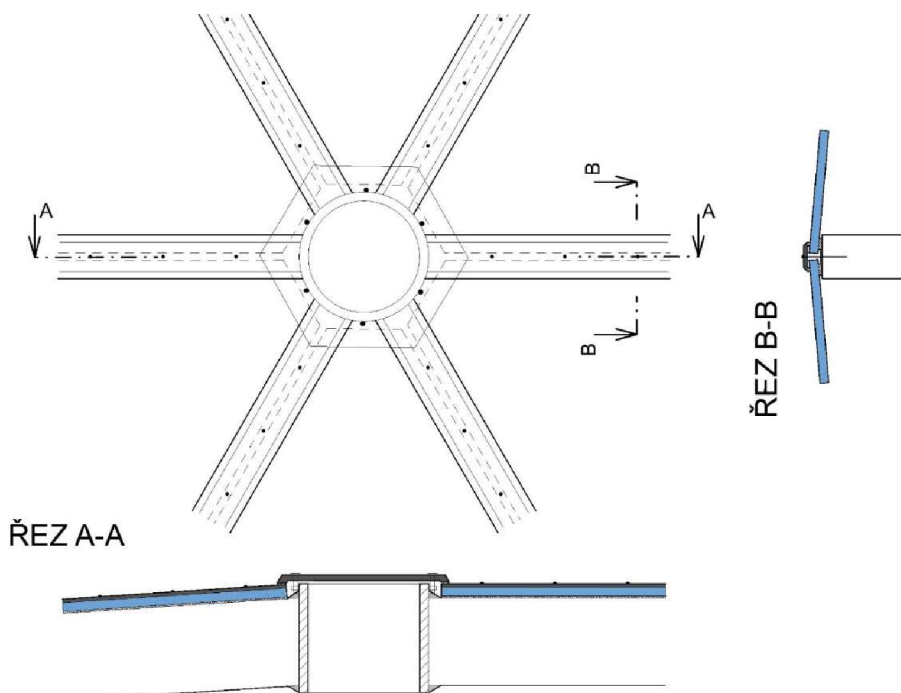
## 2.3 Axonometrie



## 3 Popis konstrukce

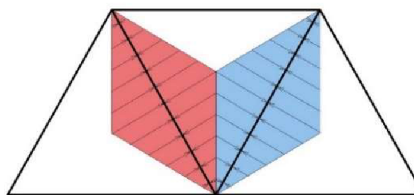
Půdorys stavby tvoří obdélník o půdorysných rozměrech 50,23 x 21 m. Nástupiště stanice se nachází v hloubce 6 m. Výška konstrukce nad terénem je 4,5 m.

Konstrukce střechy je uložena na železobetonových stěnách, které jsou zkoseny v patřičném sklonu kvůli uložení patních plechů. Nosná konstrukce zastřešení se skládá z dutých obdélníkových profilů. Ty budou svařeny tak, že v půdoryse vytvoří síť rovnostranných trojúhelníků. Na tyto jednotlivé trojúhelníkové plochy budou poté do tmelu ukládány skleněné tabule a kotveny přes těsnící lištu do ocelových profilů.



## 4 Zatížení

Veškerá zatížení jsou spočítána na plochu  $1 \text{ m}^2$ . Z důvodu složitosti výpočtu je jeho přepočítání na jednotlivé pruty stanoveno pouze za pomoci softwaru RFEM 5.31. Každý prut přebírá vždy zatížení z jedné třetiny obou přilehlých trojúhelníkových ploch.



### 4.1 Stálá zatížení

#### Vlastní tíha

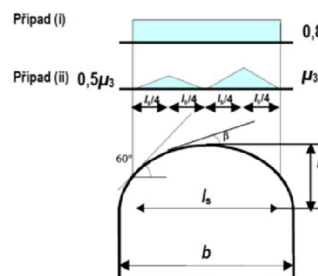
Vlastní tíha samotné nosné konstrukce byla přesně stanovena za pomoci softwaru Dlubal RFEM 5.31. Dále je započítáno opláštění, které tvoří skleněné panely o celkové tloušťce 16 mm. Objemová hmotnost skla je  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

### 4.2 Užitná zatížení

#### Zatížení sněhem

- Sněhová oblast – II
- Typ krajiny – normální

Zatížení sněhem je uvažováno ve dvou variantách. Plný sníh na celou konstrukci rovnoměrně a navátý sníh jako trojúhelníkové zatížení různých intenzit na každou polovinu válcové střechy.



Obrázek 1- Zatížení válcové střechy sněhem dle ČSN EN 1991-1-3

#### Zatížení větrem

- Větrná oblast – II
- kategorie terénu – IV

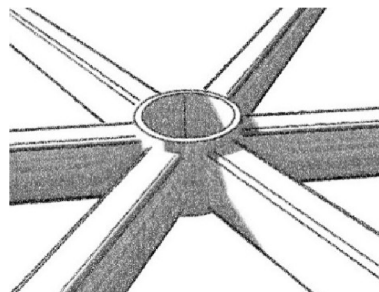
Pro lokalitu Brno, Veverí byla určena větrná oblast II dle mapy větrných oblastí. Kategorie terénu je vzhledem k vysoké okolní zástavbě zvolena jako nejvyšší, tedy IV.

Zatížení větrem je uvažováno ve dvou směrech, tedy příčný vítr a podélný. V případě větru příčného byl oblouk střechy rozdělen na tři oblasti (A-C). Menší čelní oblouky byly řešeny jako valby u valbové střechy v tomto směru. Pro podélný vítr jsou oblasti uvažovány přesně podle postupu pro valbové střechy uvedeného v ČSN EN 1991-1-4. Z důvodu proměnného sklonu je pro každou oblast určen průměrný sklon, pro který je stanovena hodnota zatížení.

## 5 Konstrukční řešení

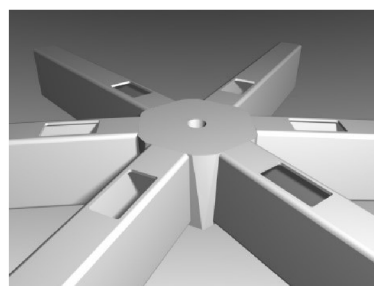
### 5.1 Varianta A – vlastní svařovaný styčník přes TR 177,8x12,5

Konstrukce je navržena jako svařovaná obdélníkových dutých průřezů. Styčníky tvoří úpalky kruhové trubky o průměru 177,8 mm a délce 150 mm. K ní jsou pod různými úhly přivařeny jednotlivé pruty.



### 5.2 Varianta B – systémové řešení MERO

Alternativou by mohlo být systémové řešení od německé společnosti Mero. Konkrétně se jedná o Block Node Systém, který umožňuje prudké změny sklonu na konstrukci. Opláštění je možno provádět přímo na nosnou konstrukci, nebo jako dvouvrstvé. Jednotlivé styčníky jsou vyráběny s velmi vysokou přesností pomocí CNC strojů. Spojování prvků se provádí za pomoci předpjatých šroubů, které jsou schované v prutech.

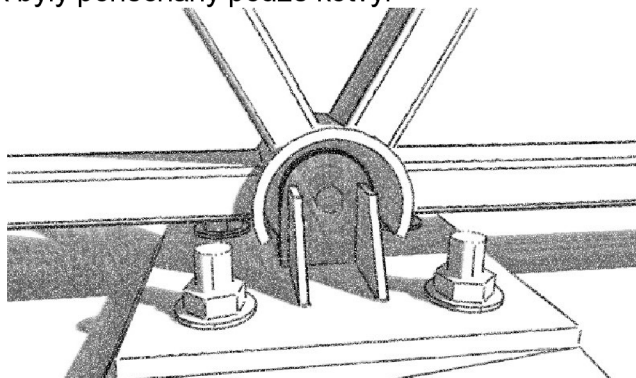


Obrázek 2- systémové řešení styčníků MERO (<https://www.mero.de/>)

## 6 Kotvení

Všechny podpory jsou navrženy jako kloubové. Styčnicková trubka je zde seříznuta a dovnitř je navařen kruhový plech s otvorem. Ten je vsazen mezi 2 plechy přivařené k patnímu plechu a zajištěn čepem. Do patního plechu jsou předem vytvořeny 4 otvory o průměru, který je o 30 mm větší než navržené kotvy. Jedná se o dodatečné kotvení pomocí chemických kotev.

Kotvení je z důvodu rozdílných smykových sil rozděleno na 2 typy. Na kratších stranách a v rozích jsou navrženy 4 kotvy o průměru 36 mm, na delších stranách 4 kotvy o průměru 27 mm. Jelikož je rozhodujícím posudkem smyk, bylo by možné navrhnout smykové zarážky a použít kotvy menší. Z důvodu jednodušší betonáže stěn však byly ponechány pouze kotvy.



## 7 Protipožární ochrana

Protipožární ochrana bude prováděna dle projektové dokumentace PBR.

## 8 Antikorozní ochrana

Protikorozní ochrana ocelové konstrukce bude zajištěna nátěrem dle ČSN EN ISO 12944–2.

## 9 Údržba konstrukce

Po celou dobu životnosti konstrukce je nutno dohlížet na její technický stav. Kontroly budou prováděny pravidelně, způsobilou osobou. Především je důležité dohlížet na pravidelné obnovy nátěru konstrukce a předejít tak korozi.

## 10 Výroba, doprava a montáž

Konstrukce je rozdělena celkem na 46 samostatných částí, tyto části budou vytvořeny předem a následně dopraveny na staveniště. Největší prvek je navržen tak, aby ho bylo možné dopravit na staveniště po pozemní komunikaci. Jeho půdorysné rozměry jsou 12,1x4,3 m. Vzhledem k symetrii celé konstrukce jsou díly navrženy tak, že se v konstrukci opakují. Celkem se zde nachází 17 různých typů dílců.

Na staveništi budou jednotlivé části střešní konstrukce svařovány montážními svary. Výsledné spojení jednotlivých částí bude probíhat na podpurné konstrukci – skruži. Nejprve budou osazeny krajní prvky, a zároveň ihned kotveny do předem vytvořené ŽB stěny. Dále se bude pokračovat směrem k vrcholu. Dílec bude vždy vyzvednut jeřábem na příslušné místo a připojen montážními svary ke zbytku konstrukce.

## 11 Výkaz materiálu

| položka č.   | průřez          | třída oceli | počet prvků | celková délka prvků (m) | měrná hmotnost (kg/m) | celková hmotnost (t) |
|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1            | TR 4HR 120x60x6 | S355        | 959         | 1159,00                 | 15,1                  | 17,501               |
| 2            | TR 4HR 120x60x4 | S355        | 498         | 784,80                  | 10,4                  | 8,162                |
| 3            | TR 177,8x12,5   | S355        | 315         | 47,25                   | 50,9                  | 2,405                |
| 4            | TR 323,9x25     | S355        | 56          | 8,40                    | 184,5                 | 1,550                |
| celkem       |                 |             |             |                         |                       | <b>28,068</b>        |
| 5 % na svary |                 |             |             |                         |                       | 1,403                |
| celkem       |                 |             |             |                         |                       | <b>29,471</b>        |

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení a posouzení nosné ocelové konstrukce zastřešení stanice metra tak, aby byl splněn statický, a zároveň i architektonický požadavek na konstrukci.

Nejprve byla zvolena geometrie konstrukce a následně na ní vypočítáno zatížení a jeho kombinace. Byly navrženy a posouzeny jednotlivé pruty na MSÚ. Dále je v rámci statického výpočtu řešen i mezní stav použitelnosti, kotvení konstrukce a posouzení svarů. Součástí práce je také výkresová dokumentace navržené konstrukce.

Konstrukce je navržena dle aktuálně platných norem a vyhovuje na oba mezní stavy.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Knižní zdroje

PILGR, Milan, 2019. *Kovové konstrukce: Navrhování prvků ocelových konstrukcí*. Brno: CERM. ISBN 978-80-7623-018-7.

### Normativní předpisy

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2005.

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2007.

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2004.

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2006.

ČSN EN 1993-1-3: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplňující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2008.

ČSN EN 1993-1-8: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2013.

ČSN EN 1990 ed. 2: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2021.

ČSN EN 1993-2: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2008.

ČSN EN 1992-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2019.

ČSN EN 1992-4: *Navrhování betonových konstrukcí – Část 4 Navrhování kotvení do betonu*, 2021. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

## Internetové zdroje

*Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením* [online], c2001–2023. Tiefenbach, Deutschland: Dlubal software [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.mero.de/bausysteme/knotensysteme-1/knotensysteme.html>

*MERO Knotensysteme* [online], c2021. Würzburg, Deutschland: MERO-TSK International [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.mero.de/bausysteme/knotensysteme-1/knotensysteme.html>

*HILTI* [online], c2019. Schaan, Liechtenstein: HILTI GROUP [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

Dlubal RFEM 5.31  
Archicad 24  
HILTI PROFIS ENGINEERING  
Lumion 2023  
Microsoft Word  
Microsoft Excel

## SEZNAM PŘÍLOH

A – Statický výpočet

B – Výkresová dokumentace

Půdorys  
Podélný a příčný řez  
Kotevní plán  
Detail styčnicku  
Montážní výkres

C – Programové výstupy

Výstup z programu Dlubal RFEM  
Výstup z programu Hilti PROFIS Engineering