



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:

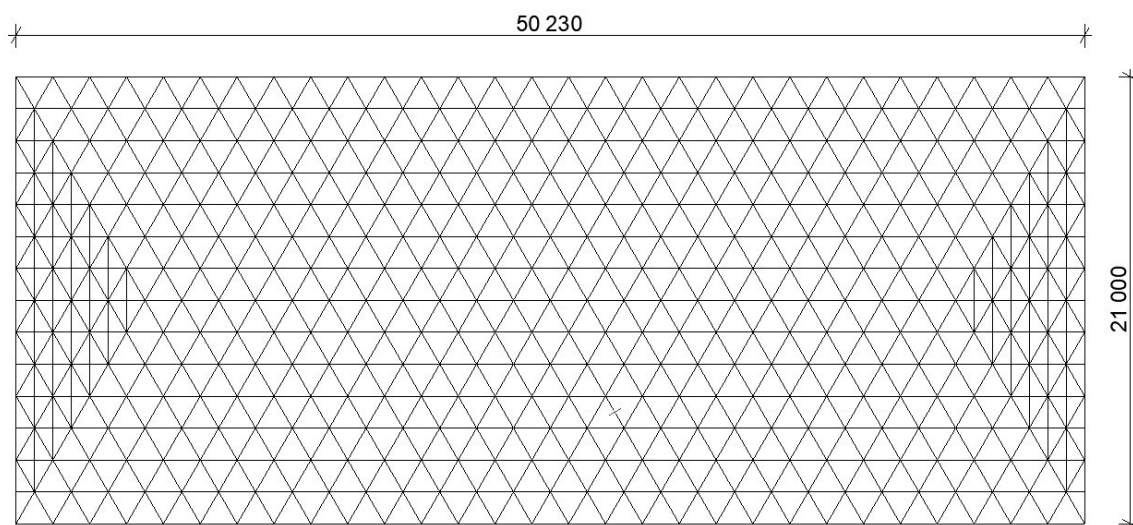
1	Základní informace	4
2	Geometrie konstrukce	4
2.1	Schématický půdorys	4
2.2	Příčný řez	4
2.3	Axonometrie	5
3	Popis konstrukce	5
4	Zatížení	6
4.1	Stálá zatížení	6
4.2	Užitná zatížení	6
5	Konstrukční řešení	7
5.1	Varianta A – vlastní svařovaný styčnický přes TR 177,8x12,5	7
5.2	Varianta B – systémové 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

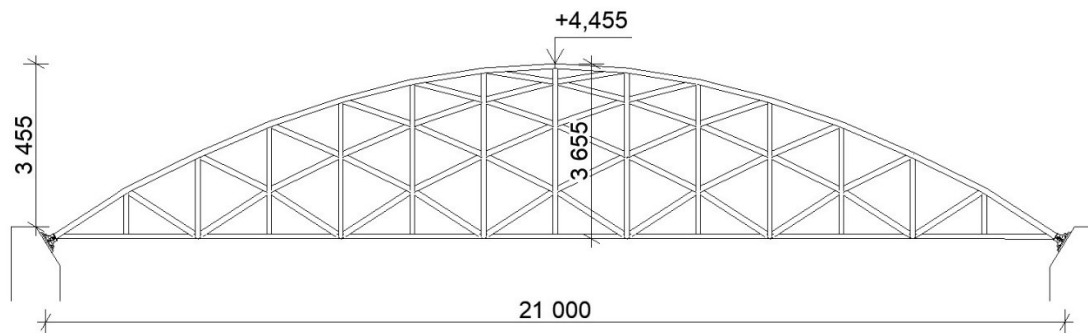
- Umístění stavby: Brno, Veveří
- Účel stavby: Stanice metra
- Půdorysné rozměry: 21,00 m x 50,23 m
- Výška konstrukce: 3,65 m
- Použitý materiál: Ocel S355 JR
Beton C25/30
- Třída provedení: EXC3

2 Geometrie konstrukce

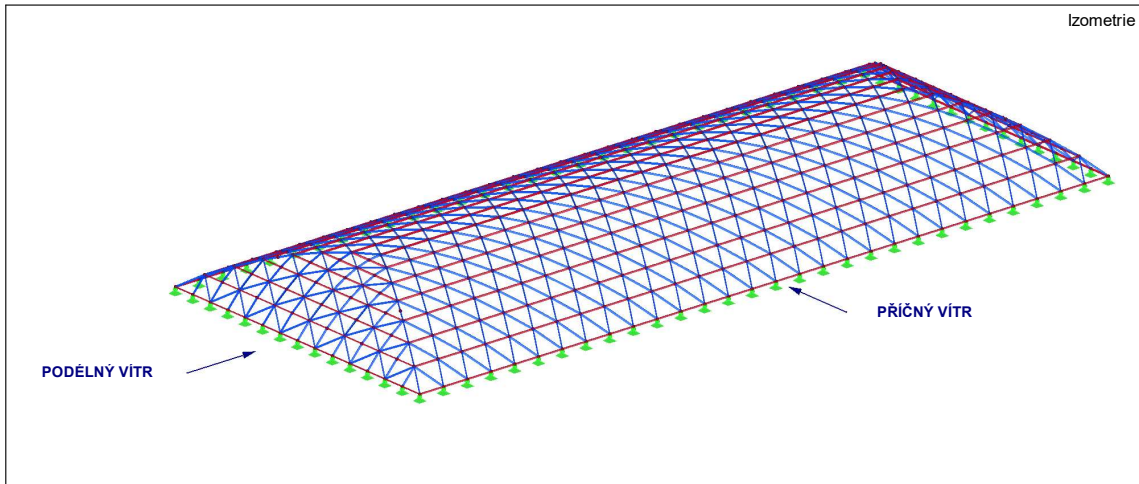
2.1 Schématický půdorys



2.2 Příčný řez



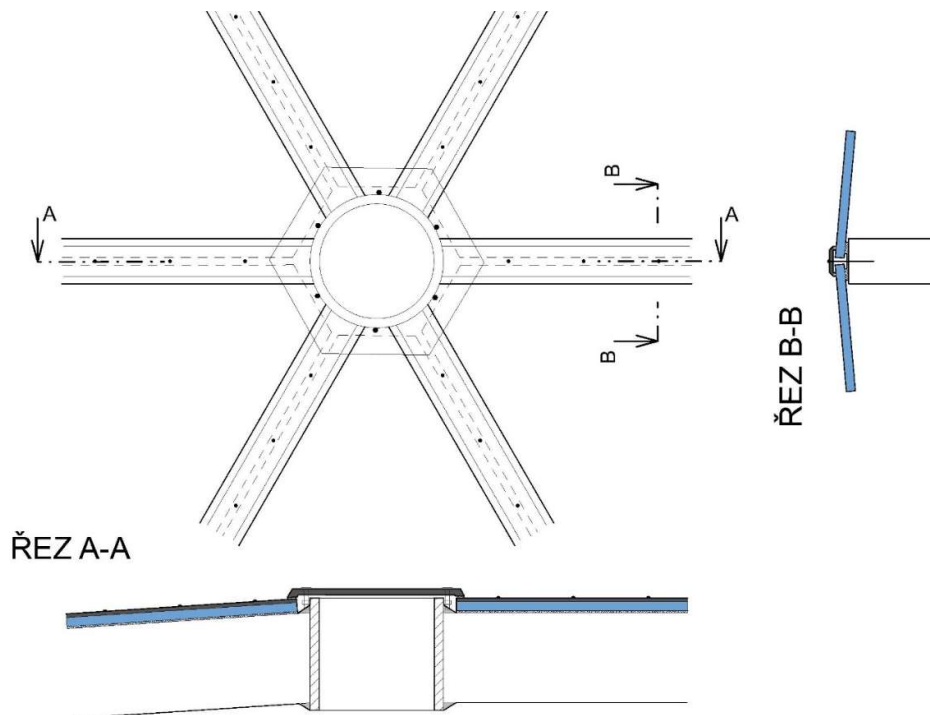
2.3 Axonometrie



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.

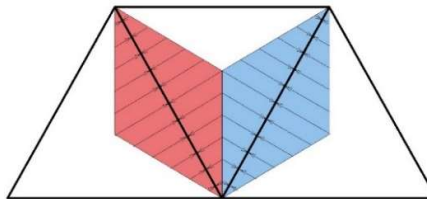
Konstrukce střechy je uložena na železobetonových stěnách, které jsou zkoseny v patřičném sklonu kvůli uložení patních plechů. Nosná konstrukce zastřešení se skládá z dutých obdélníkových profilů. Ty budou svařeny tak, že v půdoryse vytvoří síť rovnostranných trojúhelníků. Na tyto jednotlivé trojúhelníkové 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 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

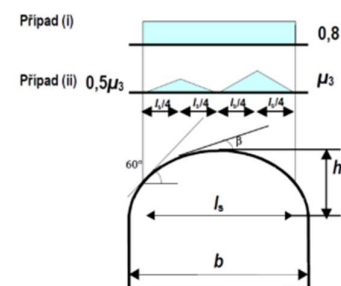
Vlastní tíha samotné nosné konstrukce byla přesně stanovena za pomoci softwaru Dlubal RFEM 5.31. Dále je započítáno opláštění, které tvoří skleněné panely o celkové tloušťce 16 mm . Objemová hmotnost skla je 2600 kg/m^3 .

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

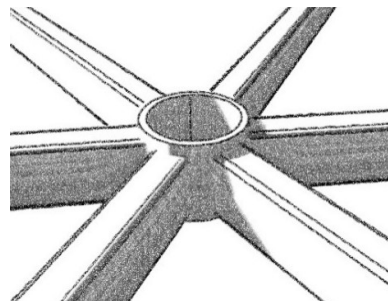
Pro lokalitu Brno, Veverčí byla určena větrná oblast II dle mapy větrných oblastí. Kategorie terénu je vzhledem k vysoké okolní zástavbě zvolena jako nejvyšší, tedy IV.

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

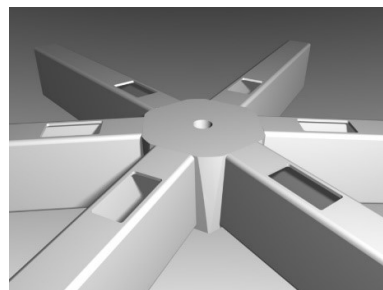
5.1 Varianta A – vlastní svařovaný styčník přes TR 177,8x12,5

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.

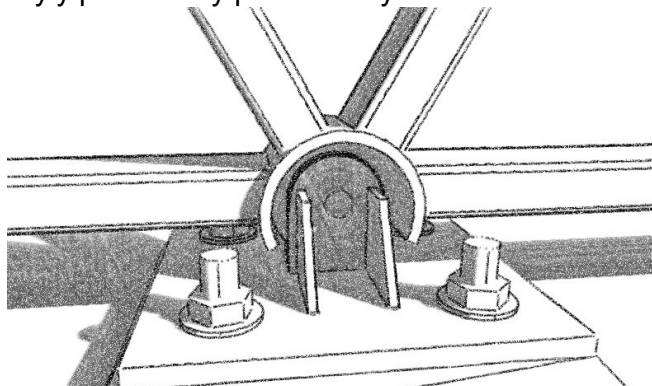


Obrázek 2- systémové řešení styčníků MERO (<https://www.mero.de/>)

6 Kotvení

Všechny podpory jsou navrženy jako kloubové. Styčníková 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 zářezky a použít kotvy menší. Z důvodu jednodušší betonáže stěn však byly ponechány pouze kotvy.



7 Protipožární ochrana

Protipožární ochrana bude prováděna dle projektové dokumentace PBŘ.

8 Antikoroziní ochrana

Protikoroziní 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 podpůrné 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						28,068
5 % na svary						1,403
celkem						29,471

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 – Doplnující 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