

OZELENĚNÍ VNITROBLOKU  
DIVADLA RADOST

SO.01  
MEMBRÁNOVÉ  
ZASTŘEŠENÍ



# STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TECHNICKÁ ZPRÁVA

## 1. ÚVOD

*Předmětem této přílohy je statické zhodnocení jednotlivých konstrukčních částí či komponentů vynášející samotnou stínící plachtu („membránové“ zastřešení). Konkrétně se jedná o posouzení ocelové konstrukce kruhu, přípojovacích plechů, lan a kotevních přípravků. Tyto jednotlivé konstrukční části či komponenty jsou specifikovány v kapitolách níže.*

*Tato příloha neřeší posouzení/návrh stínící plachty („membrány“). Dále tato příloha neřeší železobetonové či navazující konstrukce, do kterých se kotví kotevní přípravky. Je nutné, aby účinky od zastřešení byly zohledněny projektantem těchto konstrukcí, případně řešeny v navazujícím stupni dokumentace.*

*V rámci návrhu kotevních přípravků se řeší také kotvení do betonu a lokální účinky na samotný železobeton (tzn. že se kotvy nevytrhnou), avšak globální účinky musí být zohledněny projektantem navazujících konstrukcí, jak je již zmíněno výše.*

*Jako výchozím podkladem pro posouzení jednotlivých konstrukčních prvků slouží podklady [1].*

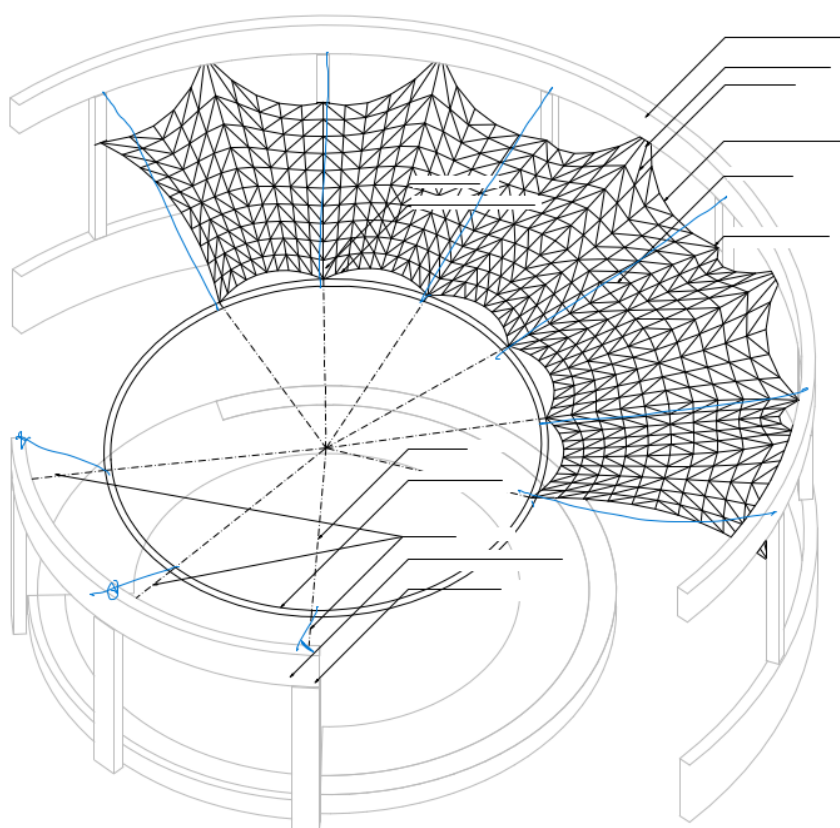
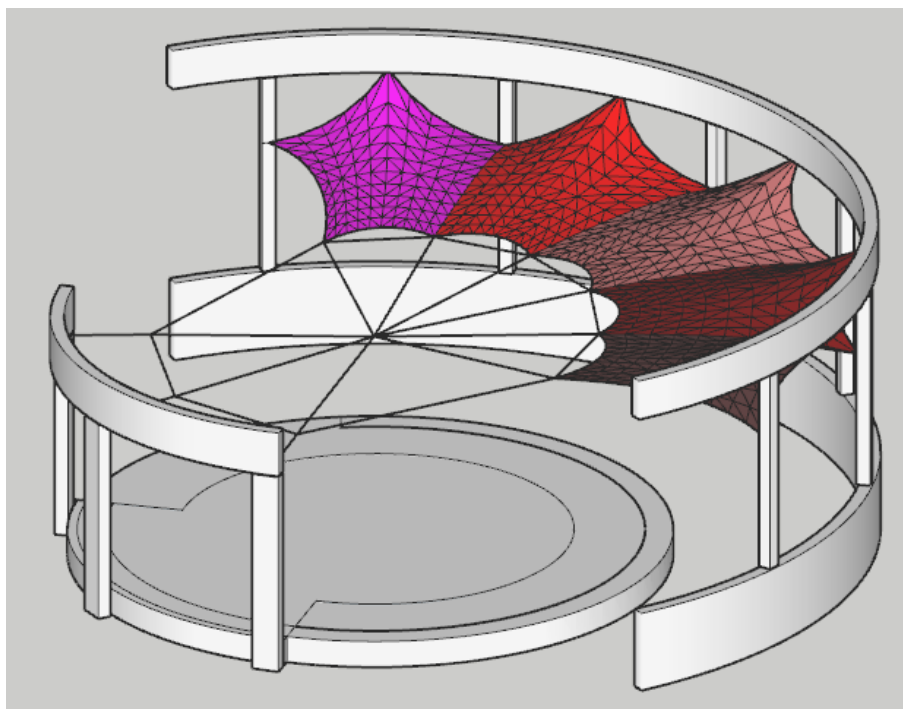
*Místo stavby: Divadlo Radost, Bratislavská 32, 602 00 Brno.*

*Tato příloha je zpracována pro dokumentaci pro výběr dodavatele.*

## 2. VŠEOBECNĚ O KONSTRUKCI/OBJEKTU

*Hlavní nosnou konstrukci zastínění tvoří ocelový kruh, který je „vypnut“ pomocí 18 nosných lan, jež jsou kotvena skrze kotevní přípravky ke stávající konstrukci. Na tuto hlavní nosnou konstrukci je pak přichycena stínící plachta, jež je z velké části podporována právě touto konstrukcí. Pouze na pěti místech je přichycena ke stávající konstrukci kvůli dopnutí. Plachta je vypnuta pomocí polyesterových lan a karabin.*

*Stínící plachta bude složit pro zastínění amfiteátru divadla Radost.*



Obr. 1: Architektonický návrh [1].

### 3. ZATÍŽENÍ

Hlavní nosná konstrukce tvořená ocelovým kruhem a nosnými lany, bude vypnuta skrze nosná lana „rukou“. To znamená, že konstrukce nebude záměrně předpínána, spíše půjde o to, aktivovat všechna lana tak, aby nebyla prověřená a zapojena do systému. Dle výpočetního modelu, by lana neměla být napínána více než 1,5 kN. Reálně budou lana napnuta na sílu 0,3 – 1,4 kN. Na tuto konstrukci bude upnuta stínící plachta pomocí karabin, viz níže.

V případě stínící plachty se nejedná o předeprnutou membránu, ale o lehké stínění, jež bude „napínáno“ rukou. Součástí plachty je polyesterové jachtingové lano o průměru 6 mm, které má pevnost 90 kN [24] a nerezová karabina o parametrech 100x10 udávající mezní zatížení 3,5 kN [15].

Nejslabším místem stínící plachty je právě ona karabina s mezním zatížením 3,5 kN. Z důvodu bezpečnosti je tato hodnota přenásobena součinitelem 1,5 a na tuto hodnotu jsou navrhovány navazující prvky, viz požadavky [1]. Vypočtená hodnota je následující  $3,5 \text{ kN} \cdot 1,5 = \underline{5,25 \text{ kN}}$ . Níže je vyobrazen nejslabší článek stínící konstrukce.



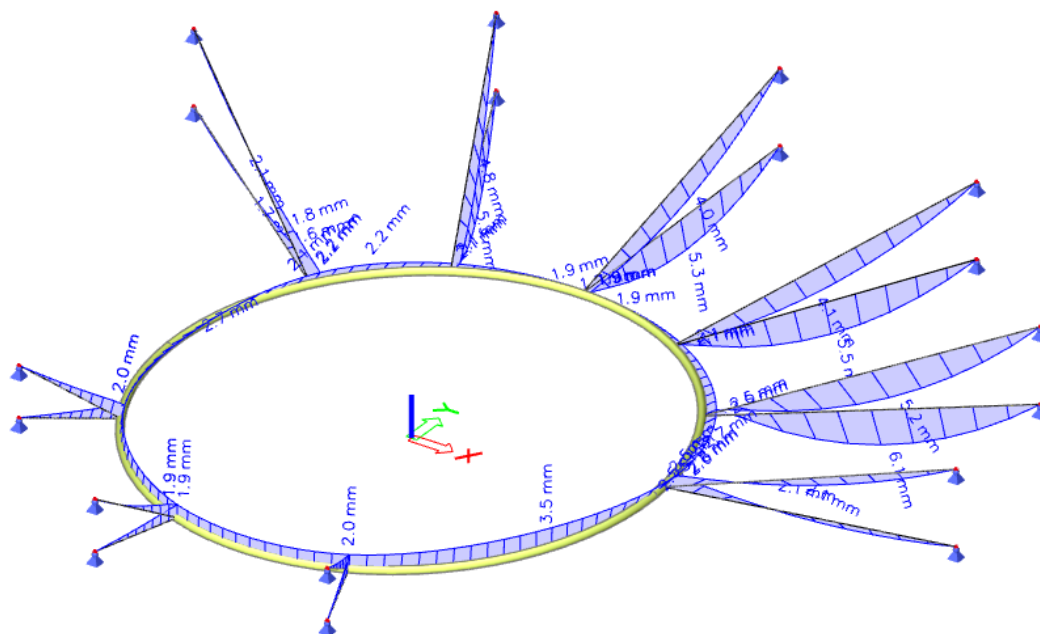
Obr. 2: Nejslabší článek stínící konstrukce [1] a [15].

Konstrukce není navržena na zatížení sněhem. Jedná se tedy o sezónní konstrukci.

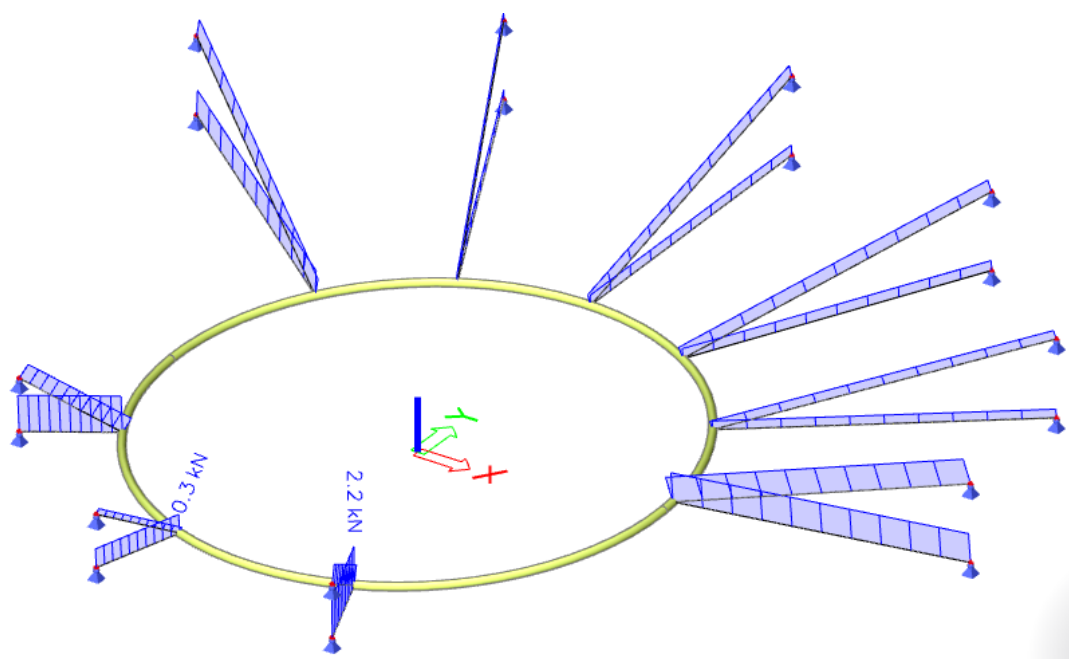
Konstrukce není schopna odolávat zatížení větrem dle [5] a je limitována únosností karabiny a to záměrně, aby nedošlo k poškození navazujících konstrukcí. Odborným odhadem je stanoveno, že je konstrukce schopna odolat zatížení větrem do 10 m/s.

#### 4. POSUZOVANÉ PRVKY

Pro posouzení jednotlivých prvků byla použita referenční síla, viz kapitola 3 a výsledky z výpočetního modelu.



Obr. 3: Deformace po vypnutí – nelineární kombinace mezního stavu použitelnosti.

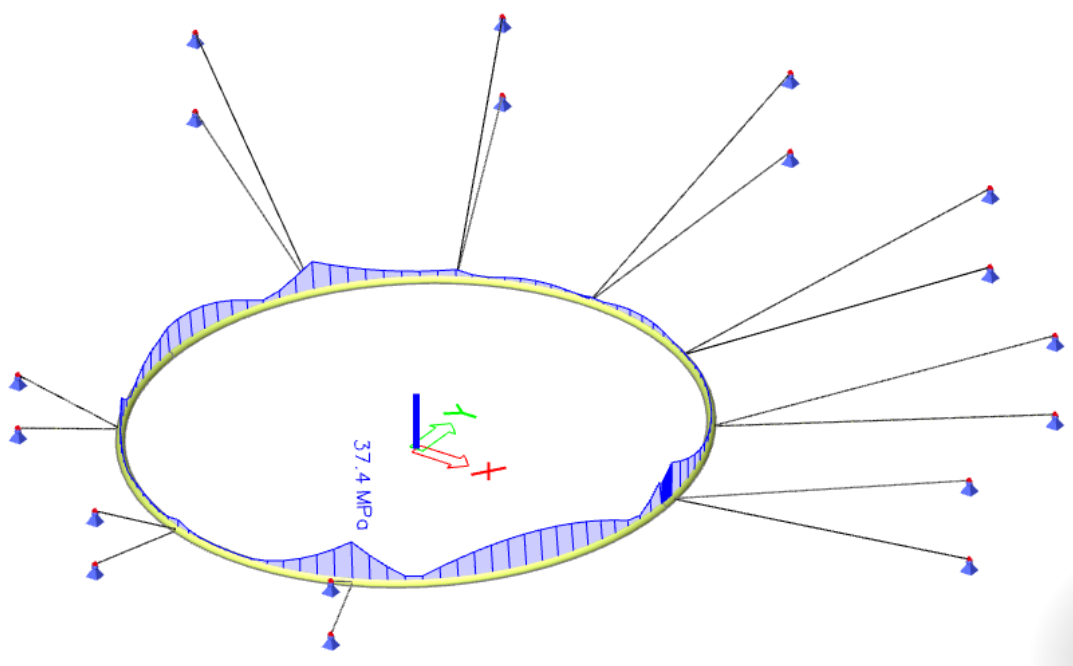


Obr. 4: Síly v lanech po vypnutí – nelineární kombinace mezního stavu únosnosti.

#### 4.1. OCELOVÝ KRUH

Ocelový kruh je vypnut mezi 18 ocelových lan a je navržen jako podélně svařovaná hladká trubka o dimenzích 101,6 x 4,0 mm dle normy ČSN EN 10219-2. Třída oceli S235JRH (1.0039) dle ČSN EN 10219-1. Kvůli ověření dostupnosti na trhu byl použit sortiment, viz [17].

Výpočet je proveden dle normy [11]. Využití ocelového kruhu na stav, kdy je upnut mezi ocelová lana včetně součinitele bezpečnosti 1,5, viz obrázek níže. Využití prvku není nijak velké, tudíž snese daleko větší zatížení. V podstatě se dříve utrhnou ocelová lana, než dojde k přetížení samotné trubky.



Obr. 5: Srovnávací napětí na ocelovém kruhu po vypnutí (využití do 16%).

#### 4.2. LANA

Navržena jsou jednopramenná nerezová lana s 19 dráty o celkovém průměru 4 mm, jež splňují normu ČSN EN 12385-4 a DIN 3053. Jsou vyrobená z materiálu AISI 316 (A4). Pevnost lan je v našem případě min. 1570 MPa, viz [23].

Vidličky lan jsou systémové, jež mají minimálně stejnou únosnost jako lano, viz [23].

Výpočet lan je proveden v souladu s normou [13]. Výpočet je proveden níže.

Charakteristiky lan a vidliček jsou převzaty z [23]. Konkrétní dodavatel lan může mít odlišné parametry, v tomto případě je nutné provést přepočty pro dané charakteristiky a nechat si je odsouhlasit zpracovatelem tohoto dokumentu.

Maximální síla v lanech od vypnutí hlavní nosné konstrukce a účinků větru do stavu, nežli se přetrhne karabina je 2,2 kN (vypnutí konstrukce) + 5.25 kN (mezní síla od karabiny) = 7,45 kN.

<b>Minimum breaking force</b>	
$d$	4 mm
$R_r$	1570 MPa
$K$	0.525
$F_{min}$	13.2 kN
$k_e$	0.9
$F_{uk}$	11.9 kN
<b>Tension resistance</b>	
$V_R$	1.0
$F_{Rd}$	7.9 kN > 7.45 kN
<b>Vyhoví</b>	

Obr. 6: Výpočet lana dle [13].

### 4.3. PŘIPOJOVACÍ PLECHY

Připojovací plechy jsou navrženy na tahovou únosnost lana. Materiál připojovaných plechů S235JR dle [18]. Velikost vidliček, což má podstatný vliv pro návrh plechů, byla převzata z [23].

Výpočet připojovacích plechů je proveden dle [12], tabulka 3.9 typ A, viz níže. Navržená tloušťka plechu je 7 mm. Minimální šířka plechu v místě napojení na patní desku kotevního přípravku nebo trubku je 50 mm. Plechy jsou k jednotlivým částem přivařeny pomocí oboustranných koutových svarů  $a = 3$  mm.

<b>Dimenze připojovacích plechů</b>	
$F_{ed} =$	7.9 kN
$\gamma_{m0} =$	1.0
$t =$	7 mm
$f_y =$	235 MPa
$h =$	8 mm
$b =$	6 mm
$d_0 =$	7 mm
	- distance mezi čepem a koncem vidličky (katalog)
	- průměr čepu (katalog)
	- průměr čepu $d + 1$ mm
$a >$	7.1 mm
$c >$	4.7 mm
$f_a = d_0/2 + a =$	10.6 mm
$f_c = d_0/2 + c =$	8.2 mm
	< 11.5 mm
	< 11.5 mm
	VYHOVÍ
	VYHOVÍ

Obr. 7: Posouzení geometrie plechu dle [12].

#### 4.4. KOTEVNÍ PŘÍPRAVKY

Návrh kotevních přípravků je proveden na tahovou únosnost lana. Je uvažováno s tím, že se přípravky kotví do betonu o pevnostní třídě C25/30 (odhad - adekvátní podklady ke stávající konstrukci nejsou dostupné). Přenos smykové síly je skrze kotvy. Plechy níže jsou z oceli S235JR dle [18].

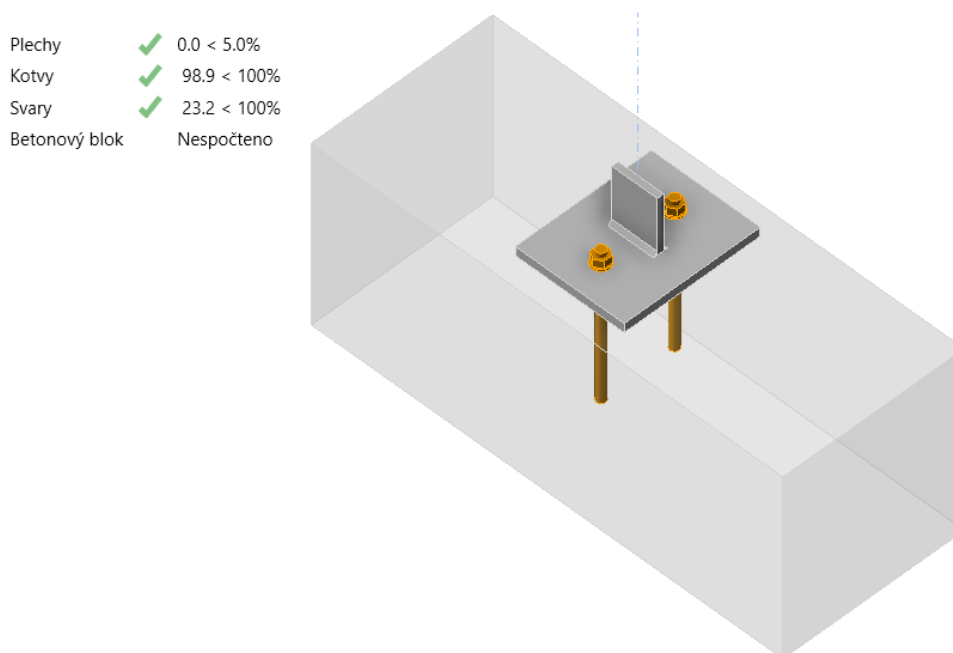
Kotevní přípravek se kotví do železobetonového sloupu o rozměrech 200 x 200 mm. Hloubka kotvení je minimálně 140 mm. Půdorysný rozměr patní desky je 150 x 120 mm. Tloušťka patní desky je 10 mm.

Patní deska je se styčnickovým plechem připojena skrze oboustranný koutový svar  $a = 3$  mm. Styčnickový/připojovací plech viz kapitola 4.3.

Pro kotvení jsou použity kotvy M10 třídy 8.8, například kotva od firmy Hilti „Kotevní šroub HAS-U 8.8“ + „Lepící hmota HIT-HY 200-A V3“ či jiný odpovídající výrobek. Z hlediska montáže půjde o automaticky čištěný kotevní otvor a montážní podmínky – suché. Kotvení bude bez podlití s tím, že musí být zajištěn dokonale rovný povrch pod patní deskou.

Údaje o vyztužení sloupu nejsou známy. Kotvy jsou umístěny do míst, kde by neměla nastat kolize s výztuží sloupu. Toto je nutné ověřit před samotnou realizací a případně kotevní přípravky upravit.

V okolí patní desky 200 mm od jejího okraje (po výšce sloupu) nesmí být kotvena žádná další konstrukce či se zde nesmí nenacházet otvor, konec sloupu nebo jiný prvek, který by mohl negativně ovlivnit samotné kotvení.



Obr. 8: Výpočet kotvení do betonového sloupu.

## 5. ZÁVĚR

*Samotné statické posouzení jednotlivých konstrukčních částí či komponentů bylo provedeno dle platných ČSN EN a podkladů v kapitole 6. Jednotlivé konstrukční části splnily všechny požadavky na konstrukce dle mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti.*

*Všechny ocelové prvky včetně přípojí musí být opatřeny protikorozní ochranou.*

*Z hlediska kotvení je nutné splnit veškeré požadavky a technologické postupy dodavatele kotev!*

*V případě zjištění nových skutečností je nutné kontaktovat zpracovatele tohoto dokumentu.*

*Údržba konstrukce viz architektonicko – stavební řešení.*

## 6. POUŽITÁ LITERATURA A PODKLADY

- [1] Podklady stavební povolení a požadavky pro návrh, posláno v emailové komunikaci dne 17.07.2024 a 05.08.2024 panem Ing. arch. Tomášem Kocourkem;
- [2] ČSN EN 1990 ed. 2 (730002), Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí;
- [3] ČSN EN 1991-1-1 (730035), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb;
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem;
- [5] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem;
- [6] ČSN EN 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění;
- [7] [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz)
- [8] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (731201), Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- [9] ČSN 42 0139 (420139), Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká;
- [10] ČSN EN 10080 (421039), Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně;
- [11] ČSN EN 1993-1-1 (731401), Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- [12] ČSN EN 1993-1-8 (731401), Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků;
- [13] ČSN EN 1993-1-11 (731401), Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků;
- [14] ČSN EN 10210-1 (421051) Duté profily tvářené za tepla z nelegovaných a jemnozrnných konstrukčních ocelí - Část 1: Technické dodací podmínky;
- [15] <https://www.pavlinek.cz/nerezova-karabina-aisi-316-a4/>
- [16] ČSN EN 10210-2 (425952) Duté profily tvářené za tepla z konstrukční oceli - Část 2: Mezní úchytky, rozměry a charakteristiky průřezu;
- [17] <https://online.ferona.cz/>
- [18] ČSN EN 10025-2 (420904), Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované konstrukční oceli;
- [19] <https://www.hilti.cz/>
- [20] ČSN EN 1992-4 (731220), Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 4: Navrhování kotvení do betonu;

[21] ČSN EN 10219-1 (421052), Svařované duté profily z konstrukčních nelegovaných a jemnozrnných ocelí, tvářené za studena - Část 1: Technické dodací podmínky;

[22] ČSN EN 10219-2 (425953), Svařované duté profily tvářené za studena z konstrukčních ocelí - Část 2: Rozměry, mezní úchytky a geometrické charakteristiky průřezu;

[23] <https://www.pavlinek.cz>

[24] <https://www.lanexeshop.cz/cs/jachtingove-lano-bora-polyester-modra-6-mm/p-93/>

Vypracoval:

Ing. Tomáš Pacík

Datum: srpen 2024

podpis .....

Kontroloval:

Ing. Radek Šlachta

Datum: srpen 2024

podpis .....