

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ



Ocelová dvojrozhledna, Hraniční vrch
Steel double-view tower, „Hranicni vrch“

Student:

Kateřina Uhlířová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

V Ostravě 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

Zadání bakalářské práce

Student: **Kateřina Uhlířová**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb
Téma: **Ocelová dvojrozhledna, Hraniční vrch**
Steel double-view tower, "Hranicni vrch"
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Pasportizaci současného stavu ocelové rozhledny – statické řešení, detaily, vady, koroze.
2. Variantní řešení rozhledny při zachování užitných vlastností.
3. Výběr varianty, stanovení zatížení a předběžný návrh hlavních nosných prvků.
4. Podrobný statický výpočet základních nosných prvků rozhledny.
5. Návrh a posouzení detailů a spojů.
6. Dispoziční a architektonické řešení zvolené varianty rozhledny, základní výkresová dokumentace (část projektové dokumentace pro stavební řízení).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí. (potřebné části)
- [3] ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-8: Navrhování styčníků.
- [5] Odborné časopisy – Konstrukce, Stavitel, Structural Engineering, Stahlbau
- [6] Internet

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 06.05.2019



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Miroslava Rosmanita, Ph.D. a uvedla jsem veškeré použité zdroje a literaturu.

V Ostravě 6. 5. 2019

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb.– autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 6. 5. 2019

.....

podpis studenta

Anotace bakalářské práce

UHLÍŘOVÁ, Kateřina. *Ocelová dvojrozhledna Hraniční vrch*. Ostrava, 2019. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 130 s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

Název tématu: Ocelová dvojrozhledna Hraniční vrch

Autor: Kateřina Uhlířová

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

Počet stran: 130

Bakalářská práce se zabývá popisem a posouzením stávajícího stavu dvojrozhledny a její historie. Na základě užitečných vlastností bylo určeno variantní řešení, na němž bylo stanoveno zatížení (stále, užité i klimatické). Zpracování obsahuje 3D model nosných prvků konstrukce, včetně vypočítaného zatížení, který byl vytvořen v programu Scia engineer. Správnost modelu byla ověřena jednoduchým ručním výpočtem. Ze zjištěných vnitřních sil byly provedeny posudky nosných prvků a vybraných spojů konstrukce. Práce se také zabývá rozdíly účinky zatížení s přidávanými předpjatými tyčemi a bez nich. Závěr práce byl věnován dynamickému zatížení. Práce je doplněna zhotovenou výkresovou dokumentací.

Klíčová slova

rozhledna, příhradová konstrukce, lávka, ocelová konstrukce, tyč, lano, dynamika, stabilita, zatížení, vnitřní síly

The Annotation of the Bachelor's thesis

UHLÍŘOVÁ, Kateřina. *Steel double-view tower, „Hranicni vrch“*. Ostrava, 2019. The bachelor thesis. VŠB - Technical university Ostrava, 130 p. Head of work: Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

The title of the topic: Steel double-view tower, „Hranicni vrch“

Author: Kateřina Uhlířová

Head of the work: Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

Number of pages: 130

The bachelor thesis deals with the description and review of the current state of the double-view tower and its history. On the basis of the utility properties, a variant solution was determined on which the load (dead, utility and climatic load) was determined. Processing includes a 3D model of structural members, including the calculated load that was created in the Scia engineer. The correctness of the model was verified by a simple manual calculation. Detected internal forces were used for the design of bearings and the selected structural joints. The work also deals with the differences in the effects of loading with and without prestressed bars. The conclusion of the work was devoted to the dynamics. The work is completed with the drawing documentation.

Key words

view tower, truss, bridge, steel structure, rod, rope, dynamics, stability, load, internal forces

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod	13
2 Pasportizace současného stavu rozhledny	14
2.1 Historie.....	14
2.2 Příprava konstrukce na přestavbu	14
2.3 Stav konstrukce po přestavbě	16
2.4 Aktuální stav konstrukce	19
3 Variantní řešení.....	21
4 Stanovení zatížení.....	22
4.1 Zatížení stálé	22
4.2 Zatížení užité.....	27
4.3 Zatížení sněhem	28
4.4 Zatížení větrem	30
4.4.1 Teoretická část.....	30
4.4.2 Výpočetní část	32
4.5 Zatížení námrazou.....	40
5 Statický výpočet	41
5.1 Ověření správnosti modelu	41
5.2 Posudek prutů na tah.....	44
5.2.1 Teoretická část.....	44
5.2.2 Výpočetní část	44
5.3 Posudek prutů na vzpěrný tlak.....	49
5.3.1 Teoretická část.....	49
5.3.2 Výpočetní část	50
5.4 Posudek prutů na ohyb.....	61

5.5	Posouzení MSP	62
5.6	Posudek schodnice	65
6	Návrh a posouzení vybraných spojů.....	67
6.1	Teorie pro výpočet spojů	67
6.1.1	Koutový svar	67
6.1.2	Čepový přípoj	67
6.1.3	Šroubový přípoj	69
6.2	Styčnick	70
6.2.1	Posouzení svaru desky na sloup	70
6.2.2	Přípoj diagonály.....	71
6.2.3	Přípoj horizontály	73
6.3	Montážní styk	74
6.3.1	Varianta A.....	74
6.3.2	Varianta B.....	76
6.4	Patky a kotvení.....	76
6.4.1	Patka kotvící lana	76
7	Dynamika	80
8	Závěr.....	82
9	Seznam literatury.....	84
	Seznam příloh.....	85

Seznam použitých značek a symbolů

A	plocha [m ²]
A_c	plocha ohraničená okraji čelní plochy, promítnutá kolmo k čelní ploše [m ²]
A_g	plocha styčnickového plechu v rovině kolmé na směr větru [m ²]
A_{net}	plocha oslabeného průřezu [mm ²]
A_s	plocha závitu šroubu [mm ²]
A_{SVAR}	plocha svaru [mm ²]
$C_0(z)$	součinitel ortografie [-]
C_e	součinitel expozice [-]
$C_r(z)$	součinitel drsnosti terénu [-]
C_t	tepelný součinitel [-]
E	modul pružnosti oceli [GPa]
F	síla [kN]
$F_{ }$	součet zatížení působící rovnoběžně na svar [kN]
F_{\perp}	součet zatížení působící kolmo na svar [kN]
$F_{b,Rd}$	únosnost spojovacího prostředku šroubu nebo čepu v otláčení [kN]
$F_{v,Rd}$	únosnost šroubu nebo čepu ve stříhu [kN]
F_y	součet zatížení působící v ose y [kN]
F_z	součet zatížení působící v ose z [kN]
$I_v(z)$	intenzita turbulence [-]
I_y	moment setrvačnosti k ose y [mm ⁴]
I_z	moment setrvačnosti k ose z [mm ⁴]
L_a	délka svaru [mm]
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka pro vybočení v rovině [m]
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka pro vybočení z roviny [m]
M	moment [kN m]
M_{Ed}	návrhový moment [kN m]

M_{Rd}	návrhová únosnost prutu v ohybu [kN m]
M_x	kroutící moment v ose x [kN m]
M_y	ohybový moment na osu y [kN m]
M_z	ohybový moment na osu z [kN m]
$N_{b,Rd}$	návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku [kN]
N_{Ed}	návrhová tahová nebo tlaková síla [kN]
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost prutu v tahu [kN]
$N_{U,Rd}$	únosnost oslabeného průřezu v tahu [kN]
Q_k	charakteristická hodnota osamělého břemena užitého zatížení [kN]
Re	Reynoldsovo číslo [-]
R_x	reakce v ose x [kN]
R_y	reakce v ose y [kN]
R_z	reakce v ose z [kN]
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem [kN/m ²]
W_{el}	elastický modul pružnosti [mm ³]
W_{SVAR}	modul pružnosti svaru [mm ³]
W_y	modul pružnosti k ose y [mm ³]
W_z	modul pružnosti k ose y [mm ³]
a	tloušťka svaru [mm]
a_M	vzdálenost určena obrázkem 6.1 - 2
a_p	vzdálenost okraje otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci ve směru zatížení
b	průměr prutu [mm]
b_M	vzdálenost určena obrázkem 6.1 - 2
c_{dir}	součinitel směru větru [-]
c_f	součinitel síly [-]
$c_{f,0}$	součinitel síly pro příhradové konstrukce a lešení bez vlivu proudění kolem volných konců [-]
c_M	vzdálenost určena obrázkem 6.1 - 2

c_p	součinitel tlaku [-]
c_p	vzdálenost okraje otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci kolmo k zatížení
$c_{p,net}$	součinitel výsledného tlaku [-]
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku [-]
c_{season}	součinitel ročního období [-]
d	průměr čepu nebo šroubu [mm]
d_0	průměr otvoru pro šroub nebo čep [mm]
e_1	vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci ve
e_2	vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci kolmo ke směru zatížení
f_u	charakteristická hodnota mezi pevnosti oceli [MPa]
f_{ub}	charakteristická hodnota mezi pevnosti šroubu [MPa]
f_{up}	charakteristická hodnota mezi pevnosti čepu [MPa]
f_y	charakteristická hodnota mezi kluzu oceli [MPa]
f_{yd}	návrhová hodnota mezi kluzu oceli [MPa]
f_{yk}	charakteristická hodnota mezi kluzu oceli [MPa]
f_{yp}	charakteristická hodnota mezi pevnosti čepu [MPa]
h_o	výška počítaného objektu [m]
h_p	výška atiky/zábradlí [m]
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y [mm]
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z [mm]
k	tuhost [kN/m]
k_1	součinitel pro výpočet únosnosti šroubů v otláčení [-]
k_b	součinitel bezpečnosti vzpěru [-]
k_l	součinitel turbulence [-]
k_r	součinitel terénu [-]
l	délka prutu [m]
p_1	rozteč spojovacích prostředků ve směru zatížení

q_k	charakteristická hodnota plošného užitečného zatížení [kN/m ²]
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak [kN/m ²]
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m ²] směru zatížení
t	tloušťka spojovacího prostředku [mm]
t_e	minimální tloušťka spojovacího prostředku pro absenci páčení [mm]
t_{min}	minimální tloušťka spojovacího prostředku s vlivem páčení [mm]
$v(z)$	maximální rychlost větru [m/s]
v_b	základní rychlost větru [m/s]
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru [m/s]
$v_m(z)$	střední rychlost větru [m/s]
w_k	charakteristická hodnota zatížení větrem [kN/m ²]
z	celková výška konstrukce [m]
z_0	parametr drsnosti terénu [m]
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu pro II. kategorii [m]
z_{max}	maximální výška [m]
z_{min}	minimální výška [m]
χ	součinitel vzpěrnosti [-]
χ_y	součinitel vzpěrnosti na osu y [-]
χ_z	součinitel vzpěrnosti na osu z [-]
ψ_A	součinitel koncového efektu [-]
α_b	součinitel pro výpočet únosnosti šroubů v otláčení [-]
α_v	součinitel pro výpočet únosnosti šroubů ve stříhu zohledňující třídu šroubů [-]
α_y	součinitel imperfekce pro osu y [-]
α_z	součinitel imperfekce pro osu z [-]
β_w	korekční faktor [-]
γ_{M0}	součinitel spolehlivosti pro únosnost průřezů všech tříd [-]
γ_{M1}	součinitel spolehlivosti při posuzování stability prutů [-]

γ_{M2}	součinitel spolehlivosti při posuzování oslabeného průřezu v tahu nebo pro únosnost šroubů, čepů i únosnost plechů v otláčení
δ	deformace [mm]
δ_2	dovolená deformace [mm]
λ_1	pomocná štíhlost [-]
λ_y	štíhlost na osu y [-]
λ_z	štíhlost na osu z [-]
$\bar{\lambda}_y$	poměrná štíhlost na osu y [-]
$\bar{\lambda}_z$	poměrná štíhlost na osu z [-]
μ	tvarový součinitel [-]
ν	kinematická viskozita vzduchu [m ² /s]
ρ	měrná hmotnost vzduchu [kg/m ³]
σ	napětí [MPa]
σ_{\perp}	normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru [MPa]
σ_w	napětí ve svaru vyvolané ohybovým momentem [MPa]
τ_{\parallel}	smykové napětí rovnoběžné s osou svaru [MPa]
τ_{\perp}	smykové napětí kolmé na osu svaru [MPa]
φ	součinitel plnosti [-]

1 Úvod

Práce se zabývá prohloubením znalostí navrhování a posuzování ocelových konstrukcí a jejich částí. Nejprve proběhlo osobní seznámení s konstrukcí, její historií, vnějšími podmínkami a konstrukčním systémem. Během prohlídky byla vytvořena fotodokumentace, která je součástí práce.

S ohledem na užité vlastnosti bylo zvoleno variantní řešení, jehož geometrie byla nejprve vytvořena v programu AutoCAD a následně vymodelována v programu Scia engineer. V potaz byly brány reálné profily konstrukce, které se naměřily během osobní prohlídky, nebo se dohledaly z externích zdrojů. Hlavní model obsahoval konstrukce obou věží, lávky, plošin a zastřešení. Funkčnost modelu byla ověřena na jednoduchém modelu. Konstrukce schodiště byla modelována v odlišném souboru a její účinky přidány do hlavního modelu. Následně bylo vytvořeno zatížení, které bylo přidáno do vytvořeného modelu.

Byly navrhnuty a posouzeny hlavní nosné prvky. Všechny typy průřezů byly posouzeny na tah, vzpěrný tlak i ohyb elastického. Kromě posudku na mezní stav únosnosti byl zohledněn i mezní stav použitelnosti. Byl vybrán nejzatíženější styčník věží a ten rozebrán a posouzen na účinky vnitřních sil. Montážní styk byl posouzen na maximální tahovou sílu ze všech osmi sloupů.

Největší zajímavostí jsou nově přidaná táhla, proto byly zhodnoceny rozdíly účinků vnějšího zatížení na konstrukci s táhly a bez nich. Jejich porovnání je k nahlédnutí na koncích kapitol 5.2 a 5.3. Byla také provedena modální analýza ke zjištění vlastních tvarů konstrukce a opětovné srovnání výsledků s táhly i bez nich. Součástí práce je výkresová dokumentace.

2 Pasportizace současného stavu rozhledny

2.1 Historie

Velká část 2. kapitoly čerpá ze zdrojů [11], [8], [9] nebo poznatků autora. Roku 1980 postavil státní podnik Správa pošt a telekomunikace Praha dvě příhradové věže za účelem zlepšení bezdrátového signálu ve vesnicích přilehlých městu Městu Albrechtice. Později, až do roku 1991 byly využívány společností Eurotel, poté se však staly nepotřebnými z důvodu pokroku technologie, a proto se po odkoupení roku 2006, za symbolickou cenu 1 000 Kč, staly majetkem Města Albrechtice. Původní stavba zahrnovala dvě příhradové věže čtvercového půdorysu ve vzdálenosti 18 metrů. Vzhledem k umístění věží na hřebeni Hraničního vrchu, jenž se nachází 541 m. n. m., se obec rozhodla o využití věží jako dvou rozhleden spojené lávkou ve výšce 25 metrů.

Vytvoření dokumentace, zajištění příslušných povolení a zprovoznění trvalo šest let a již roku 2011 byla rozhledna zpřístupněna veřejnosti.



Obr. 2.1 - 1 – Původní stav [11]

Obr. 2.1 - 2 – Stavba [11]

2.2 Příprava konstrukce na přestavbu

Z původní konstrukce byly odebrány vysílací panely, ostatní prvky byly zachovány pro nový návrh. Snížily se tím finanční náklady potřebné pro výstavbu nových věží. Větší z věží, dále jen věž A, má půdorysný rozměr $3,2 \times 3,2$ m, menší z věží, dále jen věž B, má $2,125 \times 2,125$ m. Obě věže byly spojeny lávkou ve výšce 25 metrů o délce 17 metrů. Kolem věže A bylo umístěno schodiště, jež $4 \times$ obtočí celou věž a je složeno ze 17 ramen (dohromady o 149 stupních). Nad oběma plošinami byly zkonstruovány přístřešky jehlanového tvaru se sklonem 30° .

Původní protikorozní ochrana byla stále v dobrém stavu. Jediný problém představovala začínající koroze na šroubech, ale i tam byl úbytek materiálu zanedbatelný.

Jeden z problémů představovalo kotvení příhradových věží, kde vlhkost a tlející listí způsobovalo korozi spodně situovaných šroubů. Z tohoto důvodu se tato část konstrukce zabetonovala, aby se v budoucnosti tato situace neopakovala.



Obr. 1.2 - 1 – Stav před rekonstrukcí [8]



Obr. 2.2. - 2 – Stav podzim 2018

Dalším problémem byla trhlina ve svislém nosném prvku ve věži B ve výšce 12 m nad terénem. Trhlina byla situována nad montážním stykem a dosahovala tloušťky 20 mm v nejširším úseku. Po prozkoumání se tento fenomén přisoudil zatékání vody do prostoru uvnitř trubky a následnému zamrznutí a prasknutí. Trhlina byla nejprve ošetřena navrtáním proti případnému šíření a následně tupým svarem uzavřena.



Obr. 2.2 - 3 – Trhlina [8]

Všechny ocelové prvky byly ošetřeny novou protikorozní ochranou pozinkování ponořením, z tohoto důvodu musely být eliminovány montážní svary a zásahy do konstrukce se omezily na minimum. Obě příhradové věže byly ošetřeny a uzpůsobeny pro následnou přestavbu.

2.3 Stav konstrukce po přestavbě

Vrcholy obou věží se přizpůsobily pro pohyb návštěvníků a přidaly se vyhlídkové plošiny. Plošina na věži A má stejný půdorysný rozměr jako věž, plošina na věži B má přesahy, fungující jako konzoly. Do obou plošin jsou kotveny sloupky nesoucí střechu. Plošiny jsou podepřeny příčnicí z profilů IPE160 a podélníky z profilu HEA220. Každá z věží je opatřena jedním předsazeným příčnicí pro uložení lávky. Plošina na věži B má navíc obvod z profilů U160. Povrchová úprava plošin je řešena sličkovým plechem tloušťky 4 mm.



Obr. 2.3 - 1 – Pohled připojení sloupu na příče



Obr. 2.3 - 2 – Pohled na vrchol střešní konstrukce



Obr. 2.3 - 3 – Připojení příčnicí držící lávku 1



Obr. 2.3 - 4 – Připojení příčnicí držící lávku 2

Na obou plošinách se nacházejí střechy uložené na čtveřici sloupů z profilů HEB140. Paty sloupů jsou vetknuté do plošin a jejich vrchní část je propojena rámovými příčlemi profilů HEA140. Hřebenové vaznice jsou z profilů IPE200 pro střechu věže A a IPE180 pro střechu věže B. Okrajové vaznice jsou profilů U160 a ostatní U140.



Obr. 2.3 - 5 – Konstrukce lávky [9]

Lávka je přímá, konstantní šířky a oba její konce jsou ve stejné výškové hladině. Průchozí šířka je 1,4 metru a jedná se o rámovou konstrukci. Podélné pásy jsou z profilů HEA160, napojené svislice z IPE120 a diagonály, které jsou orientovány tak, aby všechny byly tažené (v případě silného větru tlačené) z trubek kruhového průřezu CHS 76,1 × 4. Příčnický, jež spojuje spodní pásy jsou z profilů IPE140. Ztužující prvky v rovině podlahy jsou úhelníky L 70 × 6. Pochozí vrstvu opět tvoří slzičkový plech tloušťky 4 mm, který volně navazuje na obě plošiny.



Obr. 2.3 - 6 – Detail kotvení schodiště 1

Obr. 2.3 - 7 – Detail kotvení schodiště 1

Schodiště je jištěno dvojicí schodnic z profilů UPE220. Povrch stupňů a podest je zajištěn pororoštem. Schodiště je přišroubováno ke konstrukci přes svislé styčnickové plechy tloušťky 15 mm, které jsou přivařeny na sloupy věže.



Obr. 2.3 - 8 – Propojení schodnic schodiště



Obr. 2.3 - 9 – Detail propojení vnějších schodnic



Obr. 2.3 - 10 – Detail napojení vnitřní schodnice na vnější



Obr. 2.3 - 11 – Detail propojení vnitřních schodnic

Hlavní změnou statického schématu při stavbě nové konstrukce bylo způsobeno přidáním táhly typu Macalloy 460 dimenze M30. Táhla byla kotvena do betonových patek s mikropilotami. Tato změna byla nutná z hlediska působení dynamického zatížení na rozhledně, které nepříznivě ovlivňovalo stabilitu celé konstrukce.



Obr. 2.3 - 12 – Předpínání tyčí [11]

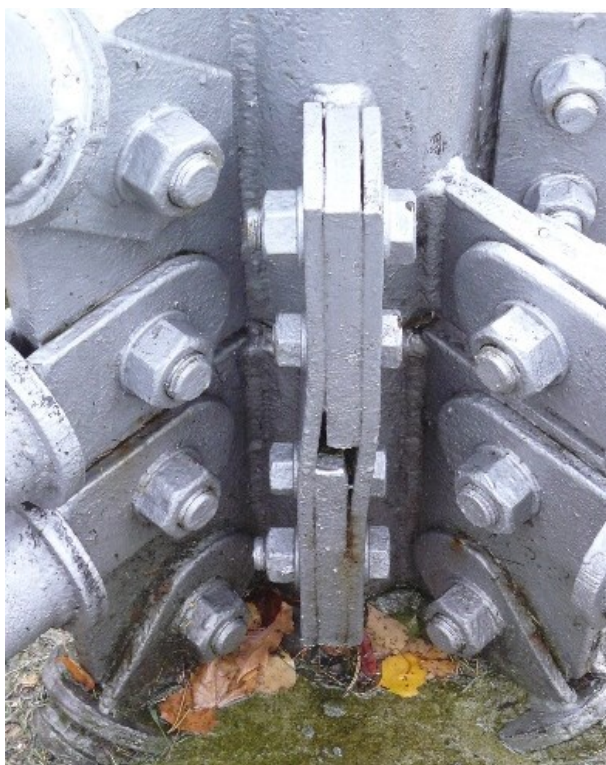
*Obr. 2.3 - 13 – Kotvení tyčí 1**Obr. 2.3 - 14 – Kotvení tyčí 2*

2.4 Aktuální stav konstrukce

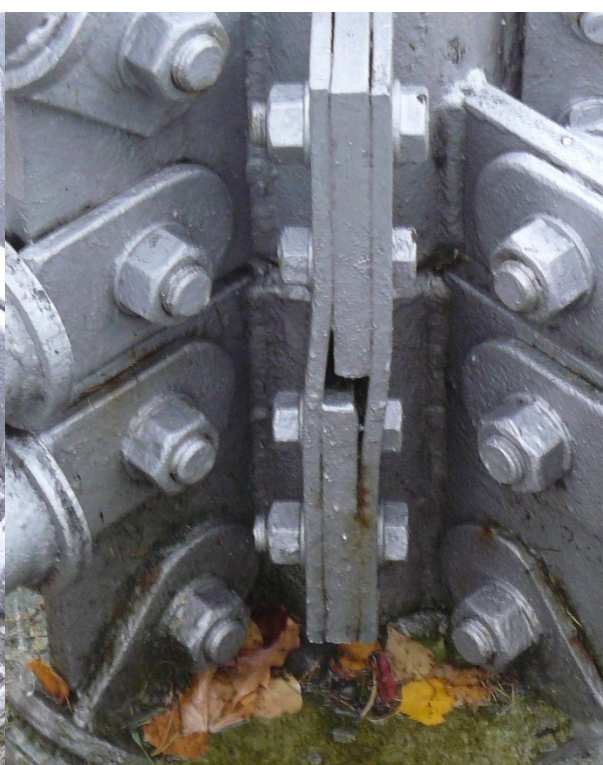
Konstrukce je v zachovalém stavu a není nutno ji v nejbližší době ošetřovat. V montážních styčných sloupů obou věží se objevují náznaky koroze, ovšem v tak malém rozsahu, že jsou v tuto chvíli zanedbatelné.

*Obr. 2.4 - 1 – Koroze na montážním styku 1**Obr. 2.4 - 2 – Koroze na montážním styku 2*

V jednom případě se projevila lokální deformace styčnickového plechu nad kotvením sloupu. Tento problém nejspíše vznikl již v době montáže, kdy se plech navařil s jistou excentricitou.



Obr. 2.4 - 3 – Deformace styčnickového plechu 1

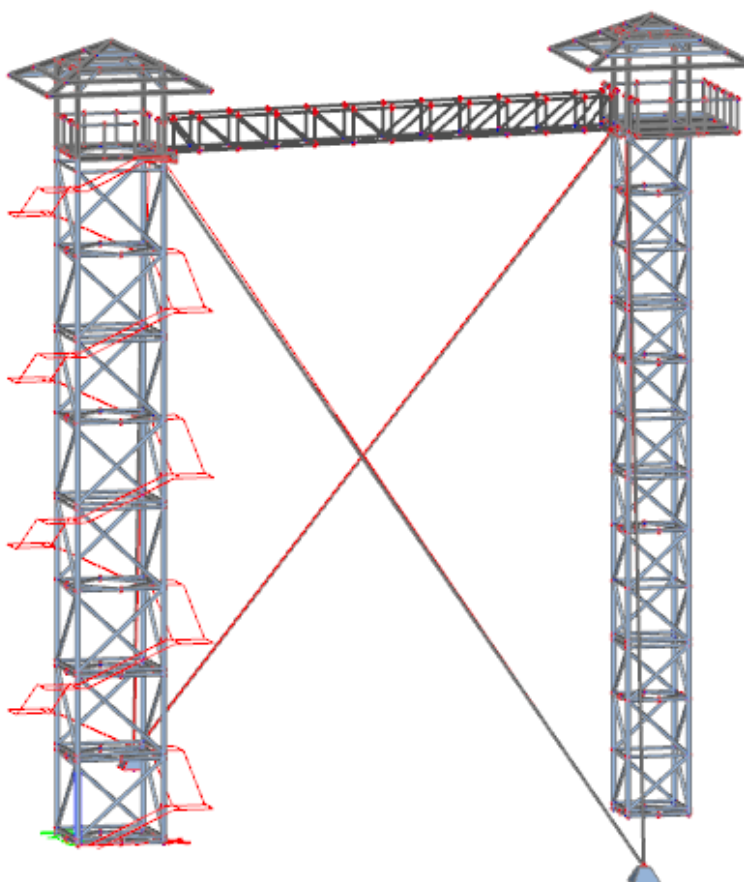


Obr. 2.4 - 4 – Deformace styčnickového plechu 2

3 Variantní řešení

Vzhledem k zachování všech užitných vlastností se nenalezlo více vhodných variantních řešení. Při zachování typu a celkové geometrie konstrukce by existovala i jiná řešení, avšak nevycházely by z předpokladu o zachování stávající konstrukce dvou věží. Z tohoto důvodu se jako variantní řešení považuje stávající konstrukce.

Práce se také zabývá rozdíly účinků konstrukce s přidánými táhly a bez nich se zohledněním nelineární analýzy. Jejich porovnání jsou k nahlédnutí na koncích kapitol 5.2 a 5.3. V kapitole 6.3, kde posuzujeme vybrané spoje se jako variantní řešení navrhne estetičtější přípoj, který by se použil při stavbě nové konstrukce, bez zachování stávajících věží. Stávající přípoj je také posouzen. Práce je vypracována dle normy [1].



Obr. 3 - 1 – Variantní řešení

4 Stanovení zatížení

Vytvořené zatěžovací stavy z vypočítaného zatížení kapitoly 4 jsou součástí práce a jsou k nahlédnutí v příloze A.

4.1 Zatížení stálé

Stálé zatížení bylo určeno vlastní tíhou reálnými profily a bylo zadáno do programu Scia engineer. Stálé zatížení je navrženo v souladu s normou [2]. Na konstrukci bylo použito celkem 24 odlišných profilů, které jsou k nahlédnutí v obrázku 4.1. - 1. Taktéž je počítáno s betonovými patkami, které jsou pro zjednodušení v modelu uvažovány jako masivní pruty s náběhy, do kterých jsou kotvena dohromady 4 táhla.

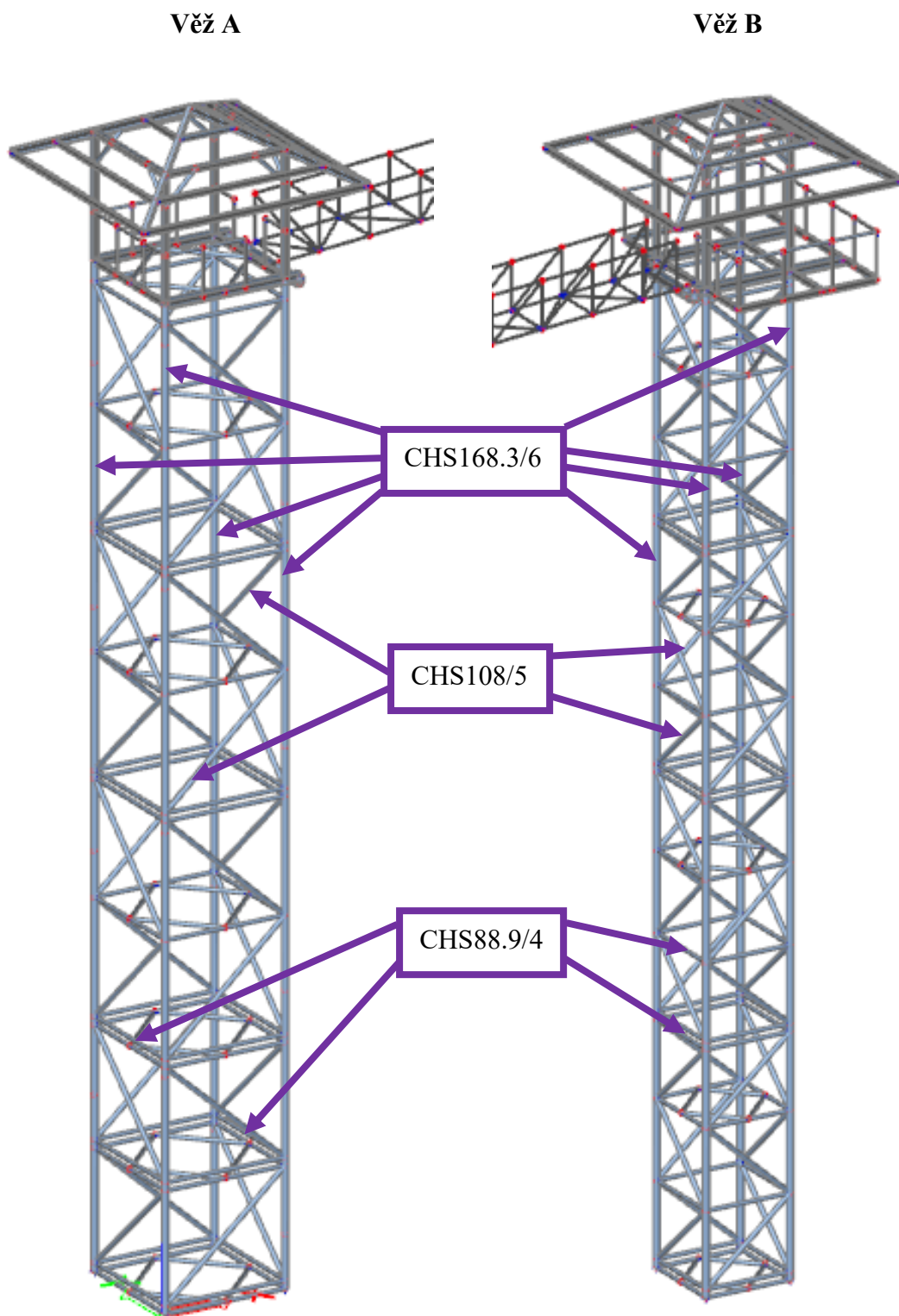
Do stálého zatížení konstrukce byla taktéž zahrnuta vlastní tíha profilů schodiště, které sice není součástí výchozího modelu, avšak jeho účinky nejsou zanedbány. Z tohoto důvodu není profil schodiště UPE220 zaznamenán v obrázku 4.1. - 1.

Profil CS23 je pouze pomocný, pro zajištění tuhé vazby, proto není uvažován do součtu profilů konstrukce a posudku prutů.

Prut CS24 byl navrhnut na základě reálného průřezu Macalloy 460 dimenze M30. Specifikace těchto táhel jsou součástí přílohy B.



4.1 - 1 – Výčet prutů 3D modelu



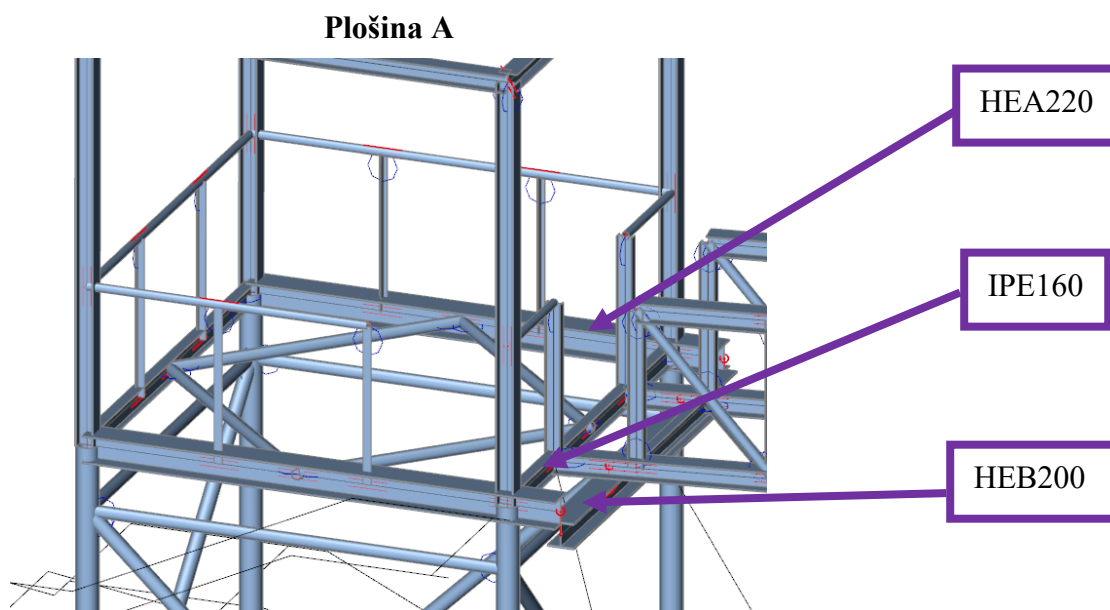
Obr. 4.1 - 2 – Profily věže A

Obr. 4.1 - 3 – Profily věže B

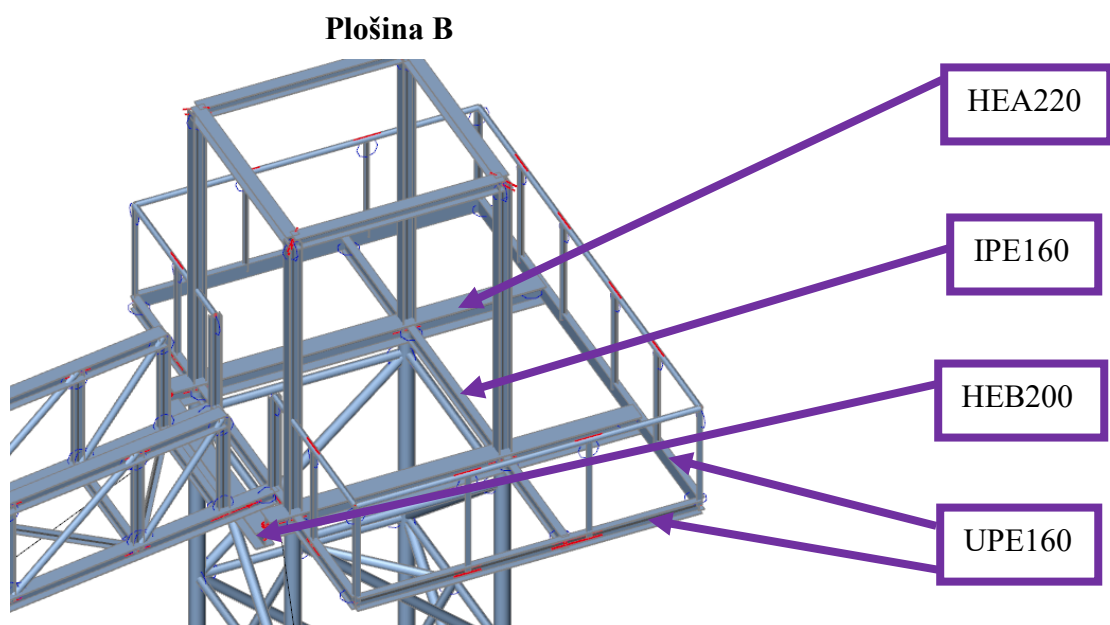
Profil CHS168.3/6 – Hlavní sloupy věží

Profil CHS108/5 – Všechny diagonály věží

Profil CHS88.9/4 – Všechny pruty věží v rovině xy



Obr. 4.1 - 4 – Profily plošiny A



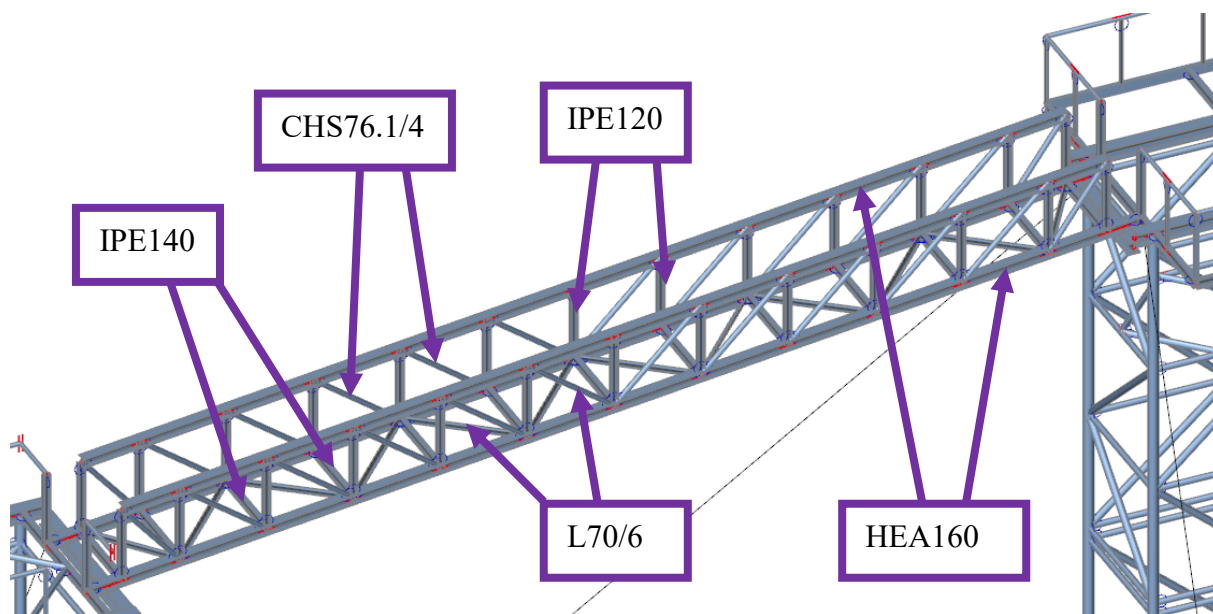
Obr. 4.1 - 5 – Profily plošiny B

Profil HEA220 – Podélníky obou plošin

Profil IPE160 – Příčnický obou plošin, které jsou kotveny do podélníků

Profil HEB200 – Předsazený příčník podepírající lávku

Profil UPE160 – Okrajové pruty plošiny B

Lávka

Obr. 4.1 - 6 – Profily lávky

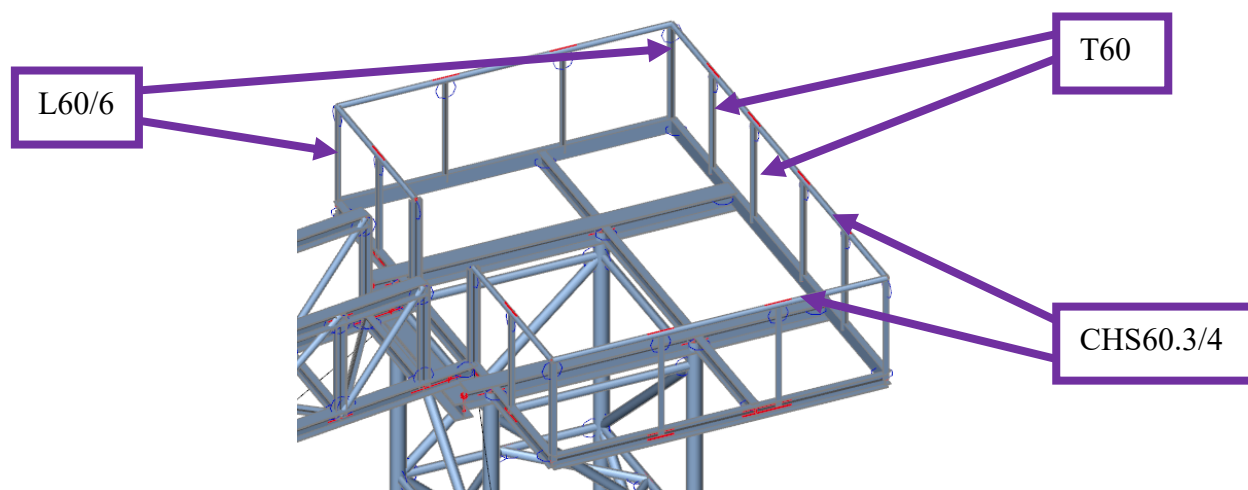
Profil HEA160 – Vrchní i spodní podélníky lávky

Profil IPE140 – Příčnický lávky v pochozí rovině

Profil L70/6 – Ztužidla v pochozí rovině

Profil IPE120 – Sloupky lávky

Profil CHS76.1/4 – Tažené diagonály lávky

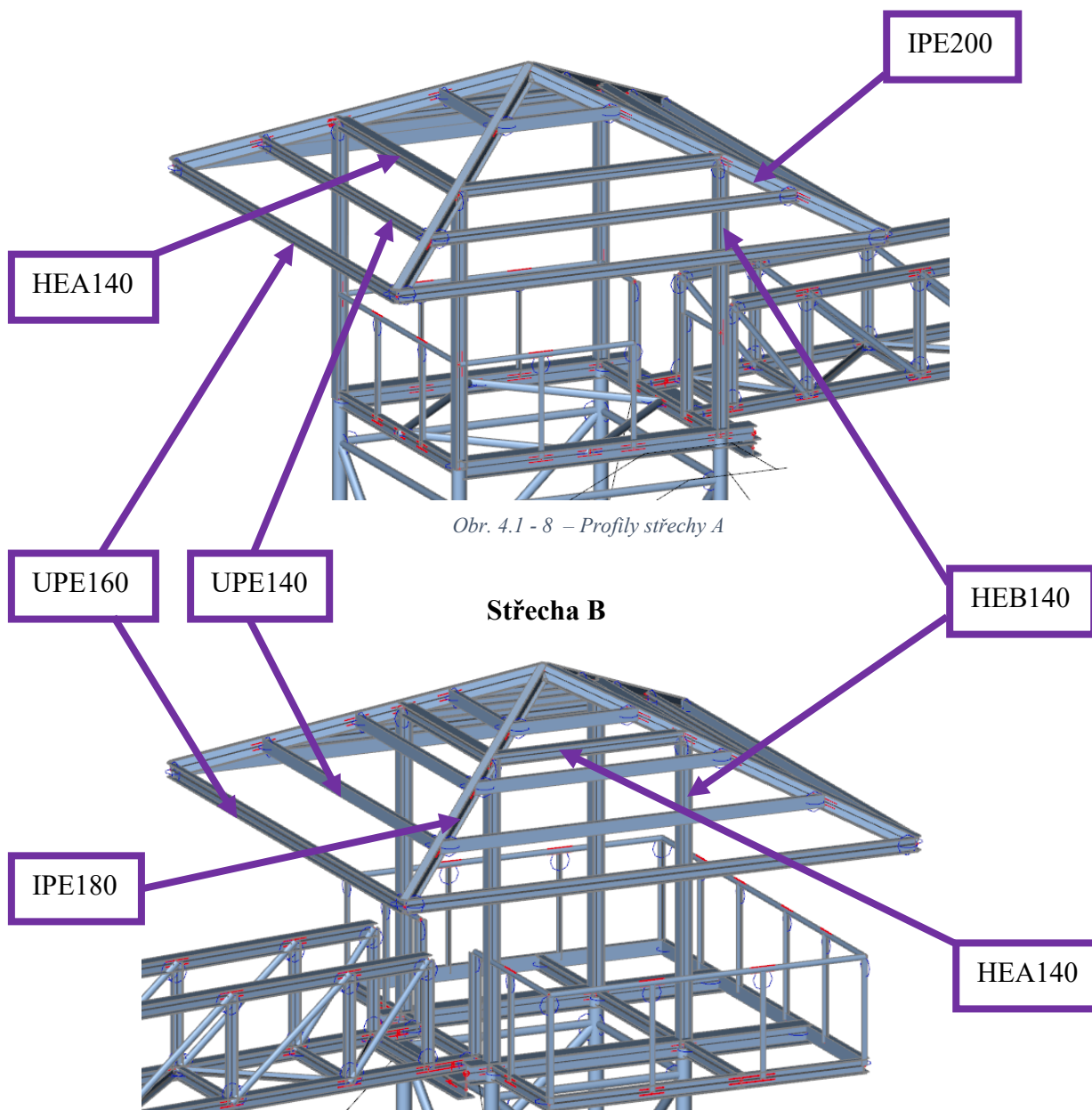
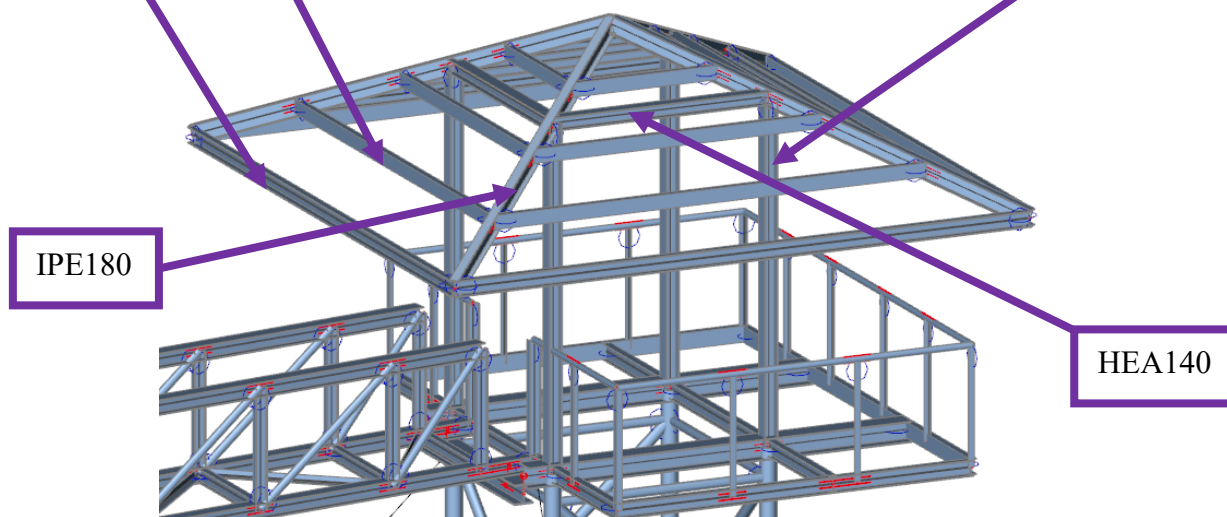
Zábradlí

Obr. 4.1 - 7 – Profily zábradlí

Profil T60 – Nerohové sloupky zábradlí

Profil L60/6 – Rohové sloupky zábradlí

Profil CHS60.3/4 – Madlo zábradlí

Střecha A**Střecha B**

Profil HEB140 – Sloupky obou střech

Profil HEA140 – Příčle obou střech

Profil IPE200 – Hřebenová vaznice střechy A

Profil IPE180 – Hřebenová vaznice střechy B

Profil UPE160 – Okrajová vaznice střech

Profil UPE140 – Ostatní vaznice střech

4.2 Zatížení užité

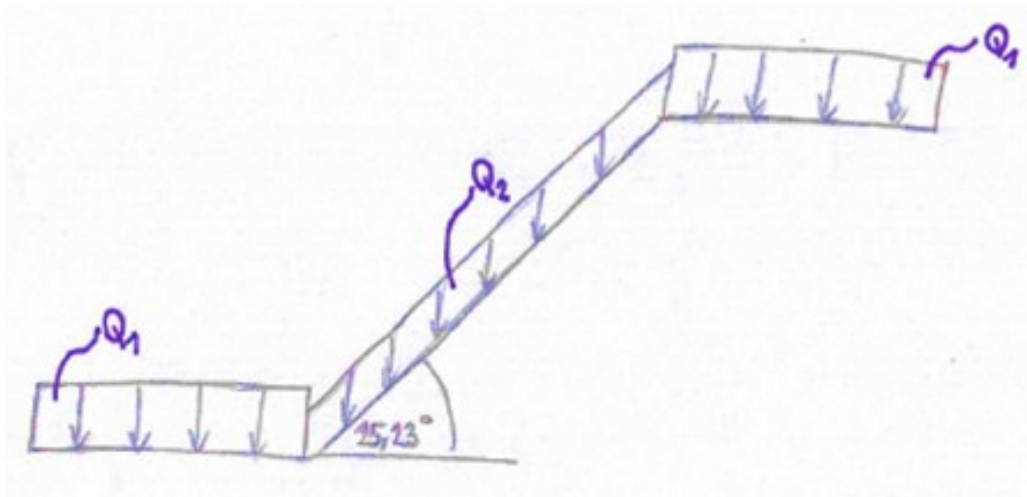
Výpočet užitého zatížení byl proveden dle normy [2]. Vnitřní předpis užívání rozhledny omezuje počet osob a užívání za nepříznivého počasí, proto pro užité zatížení byla zvolena kategorie A – obytné plochy pro domácí činnost, jelikož se nejvíce přibližuje skutečné povaze zatížení konstrukce. Na první pohled by se jevilo nejlepší řešení použití kategorie C – shromažďování lidí, avšak taková masa lidí by se v jedné chvíli na rozhledně nepohybovala, proto se uvažuje snížené zatížení kategorie A. I v takovém případě, kdy se počítá se sníženým zatížením kategorie A, je zatížení vztažené k ploše mnohonásobně vyšší než povolené zatížení. Užité zatížení přístřešku se neuvažuje.

Uvažované zatížení kategorie A:

	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Balkony (plošiny, lávka)	<u>2,5</u> - 4	<u>2</u> - 3
Schody (včetně podest)	<u>2</u> - 4	<u>2</u> - 4

Tabulka 4.2 - 1 – Užité zatížení

Poznámka: hodnoty použité pro výpočet jsou označeny podtržením



Obr. 4.2 - 1 – Schéma zatížení na schodišti

Zatížení q_1 , které bylo použito na podestách se rovná zvolenému zatížení 2 kN/m². Zatížení q_1 bylo nadále přepočítáno na šikmé rameno na hodnotu q_2 , které se rovná 1,81 kN/m².

Umístění	Hodnota q_i [kN/m ²]
Lávka	2,50
Schodiště - stupně	1,81
Schodiště - podesty	2,00
Střešní konstrukce	---
Plošiny	2,50

Tabulka 4.2 - 2 – Výčet hodnot užitečného zatížení na konstrukci

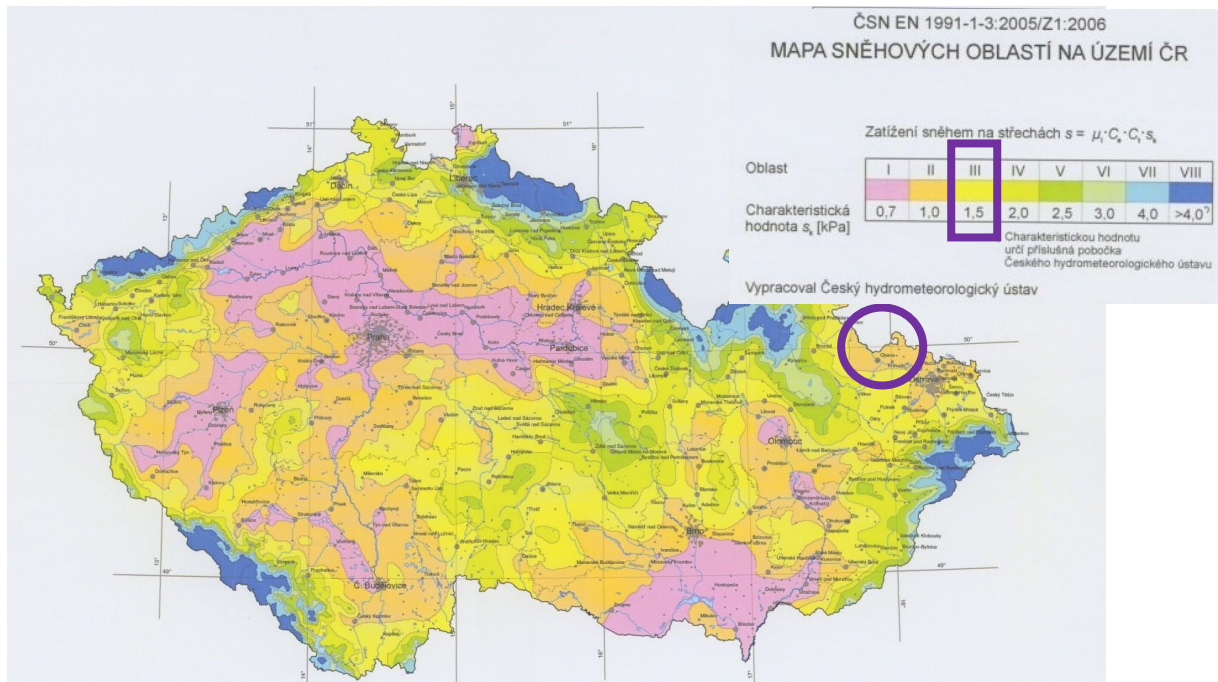
4.3 Zatížení sněhem

Výpočet byl uskutečněn dle normy [3]. Výchozí vzorec pro výpočet zatížení sněhem na střešních konstrukci S_k je:

$$S_k = \mu \times C_e \times C_t \times s_k \quad (1)$$

kde μ je tvarový součinitel zatížení sněhem, C_e součinitel expozice, C_t tepelný součinitel a s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi v kN/m².

Hodnota s_k se získá ze sněhové mapy dle lokality konstrukce. Konstrukce se nachází na pomezí sněhových oblastí II a III, proto se uvažuje horší z variant a volí se III. sněhová oblast s hodnotou $s_k = 1,5$ kN/m²

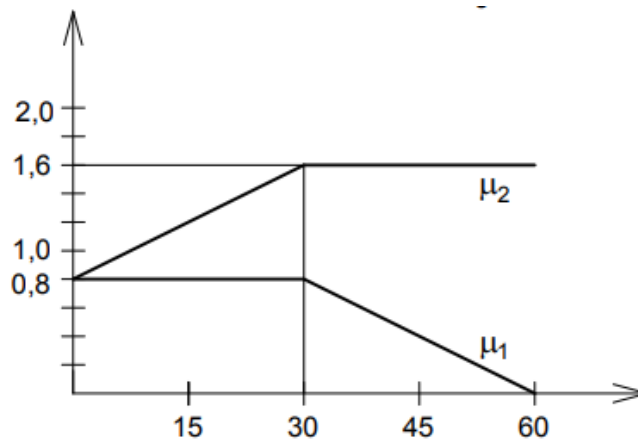


Obr. 4.3 - 1 – Mapa sněhových oblastí [10]

Součinitel expozice se určí z okolí konstrukce, které může mít příznivý nebo negativní vliv při zatížením sněhem. Konstrukce se nachází na hřebeni, kde je obklopena stromy, ty se však nenacházejí v její těsné blízkosti, a proto se uvažuje normální typ krajiny, kterému odpovídá součinitel expozice $C_e = 1,0$.

Vzhledem k otevřené, nezateplené a nevyhřívané stavbě se tepelný součinitel C_t rovná taktéž 1,0.

Poslední ze součinitelů je tvarový součinitel, který se spočítal zvlášť pro střechu a pro rovné plochy (lávka). Byl použit součinitel μ_1 , jelikož nemůže nastat situace navátí a hromadění sněhu z přiléhajících konstrukcí či objektů. Sklon střechy činí 30° , proto tvarový součinitel bude v obou případech 0,8.



Obr. 4.3 - 2 – Tvarový součinitel μ [3]

Pro konečné zatížení sněhem byl použit vztah (1).

$$S_k = \mu C_e C_t s_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Použitím goniometrických vztahů se vypočtené zatížení přepočítalo na šikmou střešní plochu s hodnotou $1,04 \text{ kN/m}^2$ a $1,09 \text{ kN/m}^2$ pro šikmou část schodiště. Kompletní výčet hodnot použité do programu Scia engineer jsou k nahlédnutí v tabulce 4.3 - 1.

Umístění	Hodnota S_k [kN/m^2]
Lávka	1,20
Schodiště - stupně	1,09
Schodiště - podesty	1,20
Střešní konstrukce	1,04
Plošiny	---

Tabulka 4.3 - 1 – Výčet hodnot zatížení sněhem na konstrukci

4.4 Zatížení větrem

4.4.1 Teoretická část

Zatížení větrem na střešní konstrukci je proměnlivé, a tudíž velice složité pro výpočet. Vychází z dlouholetého měření a pozorování a výpočet nikdy nemůže zohlednit všechny jevy, které mohou nastat. Vztahy uvedené v této kapitole jsou obsahem normy [4], podle které byl proveden výpočet.

Základní rychlost větru v_b v m/s závisí na součinitelích a výchozí základní rychlosti větru. Získáme jej ze vztahu:

$$v_b = c_{\text{dir}} \times c_{\text{season}} \times v_{b,0} \quad (2)$$

kde c_{dir} je součinitel směru větru a c_{season} součinitel ročního období. Pro obě tyto veličiny se doporučuje použít hodnoty 1,0. Výchozí základní rychlost větru, značená $v_{b,0}$, se získává z mapy větrných oblastí dle lokality konstrukce.

Ze základní rychlosti větru se dá určit střední rychlost větru $v_m(z)$:

$$v_m(z) = C_r(z) \times C_o(z) \times v_b \quad (3)$$

kde $C_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu závisící na výšce konstrukce a $C_o(z)$ součinitel ortografie, který se pro zjednodušení výpočtu může uvažovat 1,0.

Součinitel drsnosti terénu $C_r(z)$ závisí na součiniteli terénu k_r , k němuž se potřebuje určit kategorie terénu, jehož parametry se použijí k následnému výpočtu.

$$C_r(z) = k_r \times \ln \frac{z}{z_0} \quad (4)$$

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} \quad \text{pro } z_{\text{min}} < z < z_{\text{max}} \quad (5)$$

kde veličina z zaznamenává celkovou výšku konstrukce v metrech a z_0 a $z_{0,II}$, taktéž zadané v metrech, jsou parametry drsnosti terénu a zjistí se z tabulky kategorie terénu.

Zatížení větrem zohledňuje také intenzitu turbulence $I_v(z)$, kterou určíme vztahem:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_o(z) \times \ln \frac{z}{z_0}} \quad (6)$$

kde k_1 je součinitel turbulence, uvažujeme hodnotu 1,0.

Jednou z nejdůležitějších veličin při výpočtu větru je maximální dynamický tlak $q_p(z)$, jenž se s výškou konstrukce mění a určíme jej vztahem:

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] \times \frac{1}{2} \rho \times v_m^2(z) \quad (7)$$

kde ρ je měrná hmotnost vzduchu a uvažuje se hodnota $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Výsledné zatížení větrem se pak určí součinem maximálního dynamického tlaku $q_p(z)$ a výsledného součinitele tlaku c_p , který se stanoví pomocí příslušné tabulky, dle typu střechy.

$$w_k = q_p(z) \times c_p \quad (8)$$

Zatížení větrem na příhradovou konstrukci vychází z výpočtu zatížení větrem na střechy či svislé konstrukce. Zohlednit se musí především plnost příhradové konstrukce. Součinitel plnosti φ se vypočte následovně:

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{\sum_i b_i \times l_i + \sum_k A_{g,k}}{A_c} \quad (9)$$

kde A je součet průmětů ploch prutů a styčnickových plechů do čelní roviny v m^2 a A_c je plocha ohraničená okraji čelní plochy, promítnutá kolmo k čelní ploše v m^2 , b_i je průměr příslušného prutu v metrech a l_i jeho délka v metrech. $A_{g,k}$ je plocha k -tého styčnickového plechu v rovině kolmé na směr větru v m^2 .

Výsledné zatížení větrem w v kN/m^2 se vypočte pomocí vztahu:

$$w = q_p \times b \times c_f \quad (10)$$

kde q_p je dříve vypočtený maximální dynamický tlak v kN/m^2 , b je průměr prutu v m a c_f součinitel síly.

Součinitel síly se zjistí z následujícího vztahu:

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda \quad (11)$$

kde $c_{f,0}$ je součinitel síly pro příhradové konstrukce a lešení bez vlivu proudění kolem volných konců a zjistí se z grafu pomocí Reynoldsova čísla a součinitele plnosti. ψ_λ je součinitel koncového efektu a závisí na efektivní štíhlosti a součiniteli plnosti.

Reynoldsovo číslo se zjistí ze vztahu:

$$Re = \frac{b \times v(z)}{\nu} \quad (12)$$

kde b je průměr prutu v metrech, $v(z)$ je maximální rychlost větru v m/s a ν je kinematičká viskozita vzduchu a její hodnota je $15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Maximální rychlost větru se stanoví:

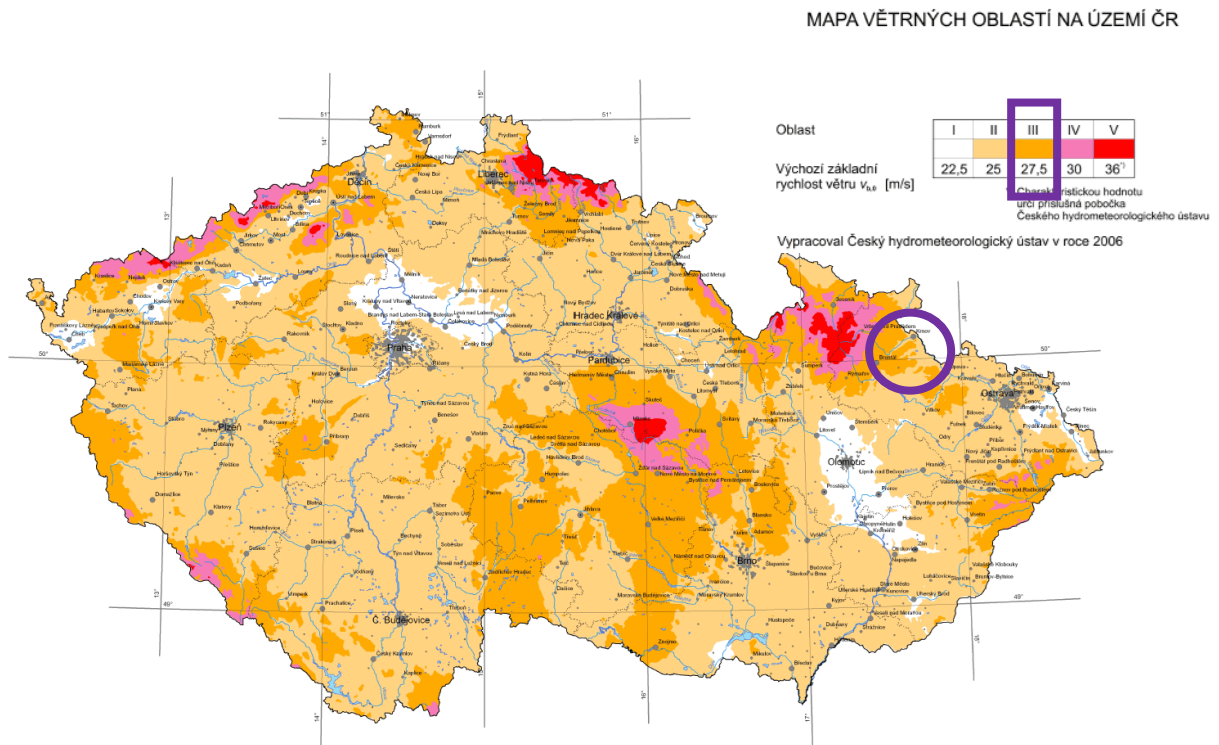
$$v(z) = \sqrt{\frac{2 g_p}{\rho}} \quad (13)$$

kde g_p je maximální dynamický tlak větru v N/m^2 a ρ je měrná hmotnost vzduchu $1,25 \text{ kg/m}^3$.

4.4.2 Výpočetní část

Pomocí vztahů (2) - (13) určíme zatížení větrem.

- **Základní rychlost větru**



Obr. 4.4 - 1 – Mapa větrných oblastí [10]

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 27,5$ m/s

Součinitelé: $c_{dir} = 1,0$

$c_{season} = 1,0$

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1 \times 1 \times 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

- **Součinitel drsnosti terénu**

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10
POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.		

Tabulka 4.4 - 1 – Kategorie terénu a jejich parametry [4]

Celková výška konstrukce $z = 29$ m.

Parametry III. kategorie terénu potřebné pro výpočet:

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{\max} = 200 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 < z = 29 < z_{\max} = 200$$

VYHOVÍ

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,2154$$

$$C_r(z) = k_r \times \ln \frac{z}{z_0} = 0,2154 \times \ln \frac{29}{0,3} = 0,9846$$

- **Střední rychlost větru**

Součinitel ortografie $C_o = 1,0$

$$v_m(z) = C_r(z) \times C_o(z) \times v_b = 0,9846 \times 1 \times 27,5 = 27,0765$$

- **Intenzita turbulence**

Součinitel turbulence $k_I = 1,0$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{C_o(z) \times \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \times \ln \frac{29}{0,3}} = 0,2188$$

- **Maximální dynamický tlak**

Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] \times \frac{1}{2} \rho \times v_m^2(z) = [1 + 7 \times 0,2188] \times \frac{1,25}{2} \times 27,0765^2 =$$

$$= 1,1599 \text{ kN/m}^2$$

- **Výsledné zatížení na zábradlí**

Zábradlí bylo uvažováno jako plné, bez možné propustnosti vzduchu skrz mříže.

Z tohoto důvodu byl určen součinitel vnějšího tlaku $c_{pe} = +0,8$ (zeď typu D).

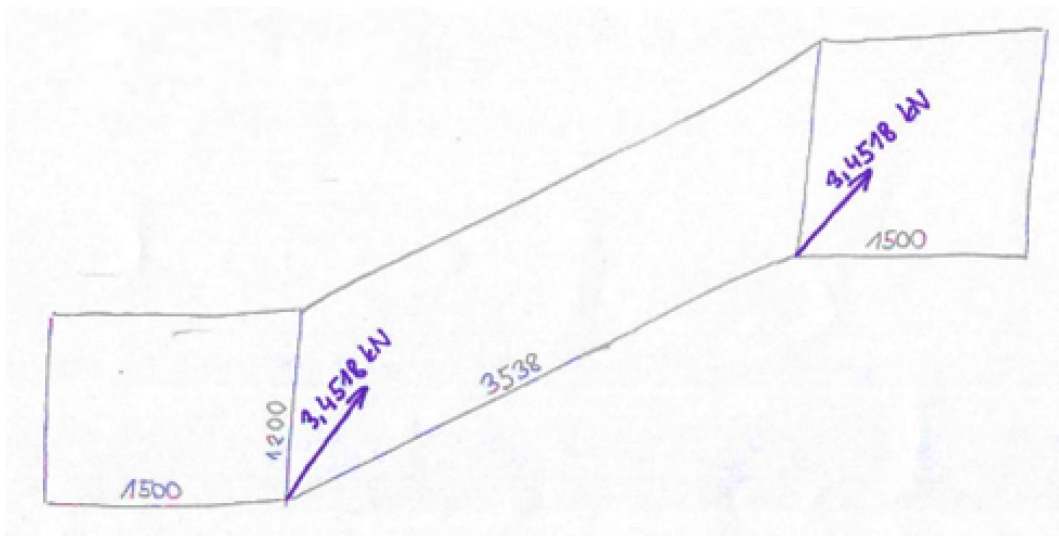
$$\text{Poměr } \frac{h}{d} = \frac{29}{3,2} = 9,0625$$

Oblast	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

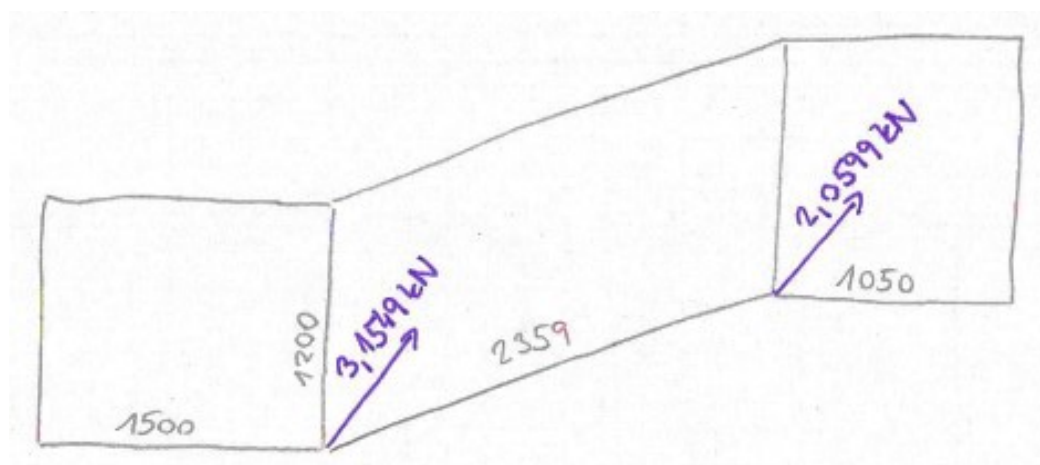
Tabulka 4.4 - 2 – Součinitelé vnějšího tlaku pro svislé stěny [4]

$$w_k^D = q_p(z) \times c_p = 1,1599 \times 0,8 = 0,9279 \text{ kN/m}^2$$

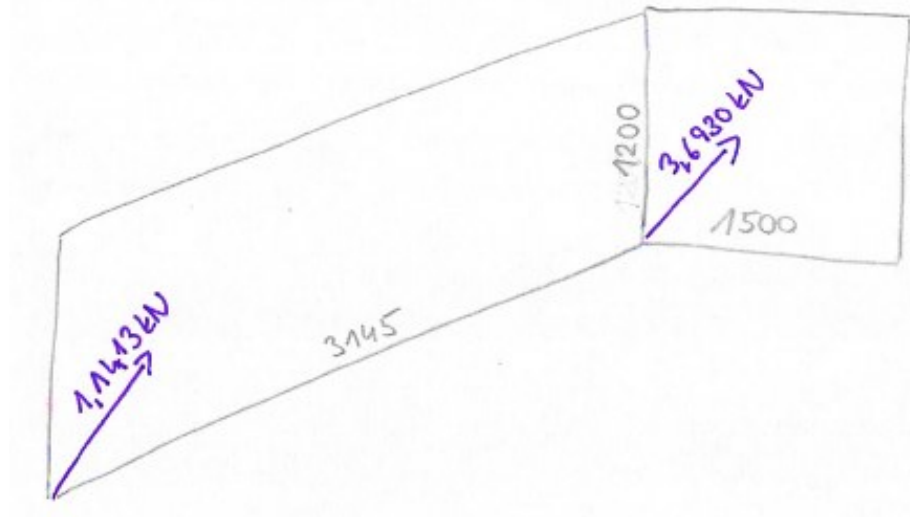
Zábradlí na plošině i lávce je zatíženo bočním plošným zatížením $0,9279 \text{ kN/m}^2$. Zábradlí na schodišti je zatíženo stejnou hodnotou, avšak do modelu byly přidány pouze síly zohledňující toto zatížení dle schémat na obrázcích 4.4 - 2, 4.4 - 3 a 4.4 - 4.



Obr. 4.4 - 2 – Schéma zatížení větrem na prostřední ramena schodišť



Obr. 4.4 - 3 – Schéma zatížení větrem na vrchní rameno schodiště



Obr. 4.4 - 4 – Schéma zatížení větrem na dolní rameno schodiště

- **Výsledné zatížení na lávku**

Lávka byla uvažována jako plochá střecha s atikou (zábradlí tvořeno příhradovinou). Byly určeny 2 směry větru, podélný a příčný. V závislosti na těchto dvou směrech bylo nutné zatížení rozdělit do více zatěžovacích stavů v programu Scia engineer.

$$\text{Poměr } \frac{h_p}{h} = \frac{1,25}{25} = 0,05$$

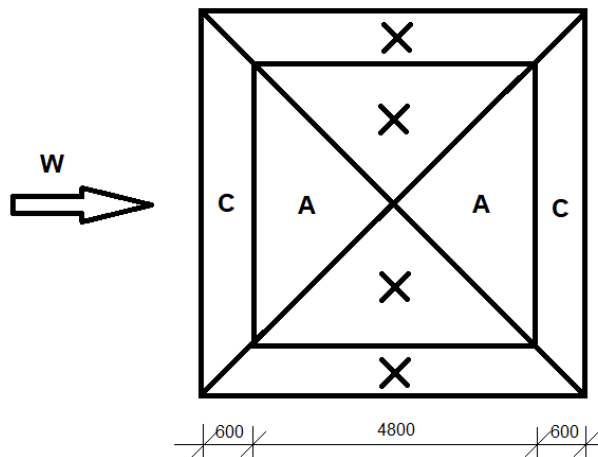
- **Výsledné zatížení na střechy nad plošinami**

Zastřešení bylo uvažováno jako přístřešek. Vzhledem k typu střechy, který není v normě definován, se schéma střechy vytvořilo z dostupných schémat v normě [4].

Pro podélný i příčný vítr se použijí součinitelé s hodnotami: $c_{p, \text{net}}^A = -1,4 (+1,3)$

$$c_{p, \text{net}}^C = -1,4 (+1,6)$$

Poznámka: Plusové hodnoty značí vítr směrem dolů a záporné směrem nahoru.



Obr. 4.4 - 7 – Schéma zatížení podélným i příčným větrem

Výsledné hodnoty zatížení větrem byly vypočtené pomocí vztahu (8):

Oblasti	Kladné hodnoty w [kN/m ²]	Záporné hodnoty w [kN/m ²]
A	1,5079	- 1,6239
C	1,8558	- 1,6239

Tabulka 4.4 - 4 – Výčet hodnot zatížení větrem na přístřešek

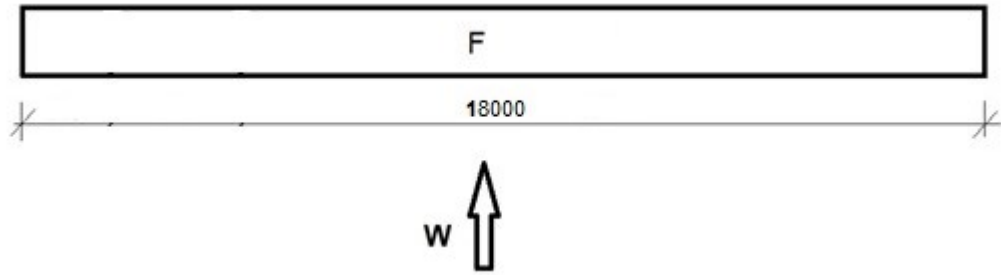
Typ střechy		Oblasti							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
S atikou	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Zakřivené hrany	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Mansardové hrany	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

POZNÁMKY

- 1 Pro střechy s atikou nebo se zakřivenými okraji lze použít lineární interpolaci pro mezilehlé hodnoty h_p/h a r/h .
- 2 Pro střechy s mansardovými okraji lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami $\alpha = 30^\circ$, 45° a $\alpha = 60^\circ$. Pro $\alpha > 60^\circ$ se lineárně interpoluje mezi hodnotami pro $\alpha = 60^\circ$ a hodnotami pro ploché střechy s ostrými hranami.
- 3 V oblasti I, kde jsou dány kladné a záporné hodnoty, mají být uváženy obě hodnoty
- 4 Pro mansardové hrany samotné jsou součinitele vnějšího tlaku uvedeny v tabulce 7.4a „Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy: směr větru 0° “, oblast F a G, v závislosti na úhlu sklonu mansardového okraje.
- 5 Pro samotné zakřivené hrany se součinitele vnějšího tlaku stanovují lineární interpolací podél křivky mezi hodnotami na stěně a na střeše.
- 6 Pro mansardové okraje s horizontálním rozměrem menším než $e/10$ mají být použity hodnoty pro ostré hrany. Velikost e je definována na obrázku 7.6.

Tabulka 4.4 - 3 – Součinitele vnějšího tlaku pro ploché střechy [4]

Pro příčný vítr se zvolila hodnota $c_{pe,10}^F = -1,4$



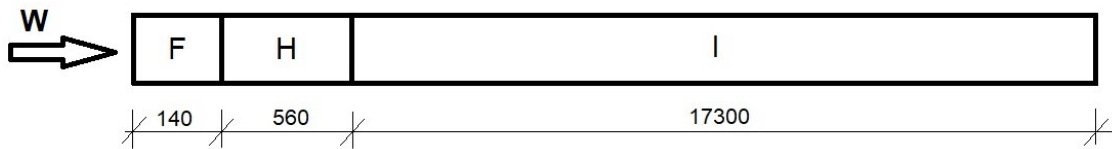
Obr. 4.4 - 5 – Schéma zatížení příčným větrem na lávku

$$w_k^F = q_p(z) \times c_p = 1,1599 \times (-1,4) = 1,6239 \text{ kN/m}^2$$

Pro podélný vítr se lávka rozdělí na 3 oblasti s následujícími hodnotami:

$$c_{pe,1}^F = -2,0$$

$$c_{pe,1}^H = -1,2$$

$$c_{pe,10}^I = \pm 0,2$$


Obr. 4.4 - 6 – Schéma zatížení podélným větrem na lávku

$$w_k^F = q_p(z) \times c_p = 1,1599 \times (-2) = -2,3198 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = q_p(z) \times c_p = 1,1599 \times (-1,2) = -1,3919 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^I = q_p(z) \times c_p = 1,1599 \times (\pm 0,2) = \pm 0,2320 \text{ kN/m}^2$$

• Součinitel plnosti

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{\sum_i b_i \times l_i + \sum_k A_{g,k}}{d \times l}$$

$$\varphi_A = \frac{(2 \times 0,168 \times 25 + 8 \times 0,108 \times 4,352 + 14 \times 0,0889 \times 3,2)}{3,2 \times 25} +$$

$$+ \frac{18 \times 0,4 \times 0,08}{3,2 \times 25} = 0,21$$

$$\varphi_B = \frac{(2 \times 0,168 \times 25 + 12 \times 0,108 \times 3 + 17 \times 0,0889 \times 2,25)}{3,2 \times 25} +$$

$$+ \frac{24 \times 0,4 \times 0,08}{3,2 \times 25} = 0,29$$

• Reynoldsovo číslo

$$v(z) = \sqrt{\frac{2 g_p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 1159,87}{1,25}} = 43,0789 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{b \times v(z)}{\nu}$$

$$Re^{0,168} = \frac{0,168 \times 43,0789}{15 \times 10^{-6}} = 4,8 \times 10^5$$

$$Re^{0,108} = \frac{0,108 \times 43,0789}{15 \times 10^{-6}} = 3,1 \times 10^5$$

$$Re^{0,0889} = \frac{0,0889 \times 43,0789}{15 \times 10^{-6}} = 2,6 \times 10^5$$

• Efektivní štíhlost

Č.	Poloha konstrukce, vítr kolmý k rovině strany	Efektivní štíhlost
1		Pro mnohoúhelníkové, obdélníkové a ostrohranné průřezy a příhradové konstrukce: pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 1,4l/b$ nebo $\lambda = 70$; pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = 2l/b$ nebo $\lambda = 70$.
2		Pro válce s kruhovým průřezem: pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7l/b$ nebo $\lambda = 70$; pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$.
3		Pro mezilehlé hodnoty l se doporučuje použít lineární interpolaci.
4		Pro $l \geq 50$ m, větší z hodnot $\lambda = 0,7l/b$ nebo $\lambda = 70$. Pro $l < 15$ m, větší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$. Pro mezilehlé hodnoty l se doporučuje použít lineární interpolaci.

Obr. 4.4 - 8 – Efektivní štíhlost pro různé typy průřezů [4]

Věž A: $l \geq 50$ m $\lambda = 1,4 \times \frac{l}{b} = 1,4 \times \frac{25}{3,2} = 10,9375$

$l < 15$ m $\lambda = 2 \times \frac{l}{b} = 2 \times \frac{25}{3,2} = 15,6250$

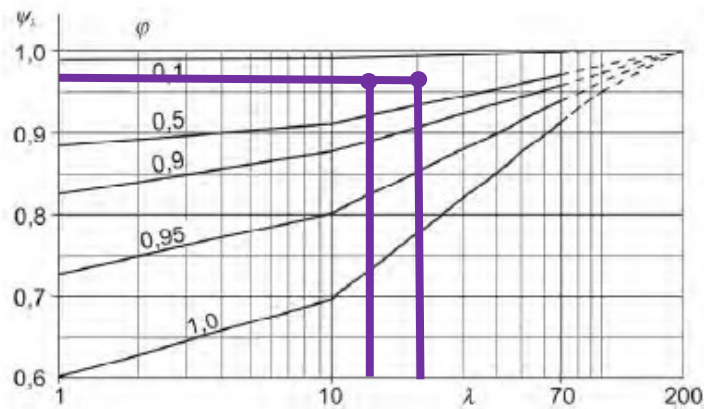
interpolace pro $l = 25$ m $\lambda^A = 14,2857$

$$\text{Věž B: } l \geq 50 \text{ m} \quad \lambda = 1,4 \times \frac{l}{b} = 1,4 \times \frac{25}{2,25} = 15,5555$$

$$l < 15 \text{ m} \quad \lambda = 2 \times \frac{l}{b} = 2 \times \frac{25}{2,25} = 22,2222$$

$$\text{interpolace pro } l = 25 \text{ m} \quad \lambda^B = 20,3174$$

- **Součinitel koncového efektu**



Obr. 4.4 - 9 – Graf pro zjištění součinitele koncového efektu [4]

$$\text{Věž A: } \lambda = 14,2857$$

$$\text{Věž B: } \lambda = 20,3174$$

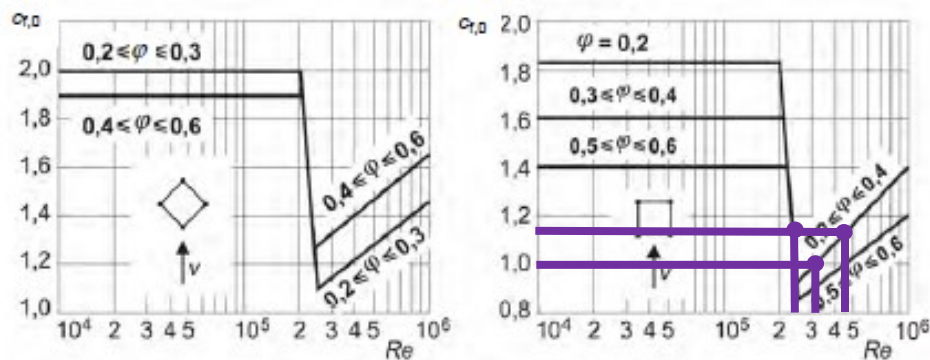
$$\varphi = 0,21$$

$$\varphi = 0,29$$

$$\psi_\lambda = 0,97$$

$$\psi_\lambda = 0,97$$

- **Součinitel síly**



Obr. 4.4 - 10 – Součinitelé síly pro prostorovou příhradovou konstrukci [4]

$$\text{Součinitelé síly bez vlivu proudění pro obě věže} \quad c_{f,0}^{0,168} = c_{f,0}^{0,0889} = 1,15$$

$$c_{f,0}^{0,108} = 1,00$$

Pro zjednodušení výpočtu se uvažuje jednotný součinitel $c_{f,0} = 1,15$

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda = 1,15 \times 0,97 = 1,1155$$

- **Výsledné zatížení na příhradovou část konstrukce**

$$w = q_p \times b \times c_f$$

$$w^{0,168} = q_p \times b \times c_f = 1,1599 \times 0,168 \times 1,1155 = 0,2174 \text{ kN/m}$$

$$w^{0,108} = q_p \times b \times c_f = 1,1599 \times 0,108 \times 1,1155 = 0,1397 \text{ kN/m}$$

$$w^{0,0889} = q_p \times b \times c_f = 1,1599 \times 0,0889 \times 1,1155 = 0,1150 \text{ kN/m}$$

4.5 Zatížení námrazou

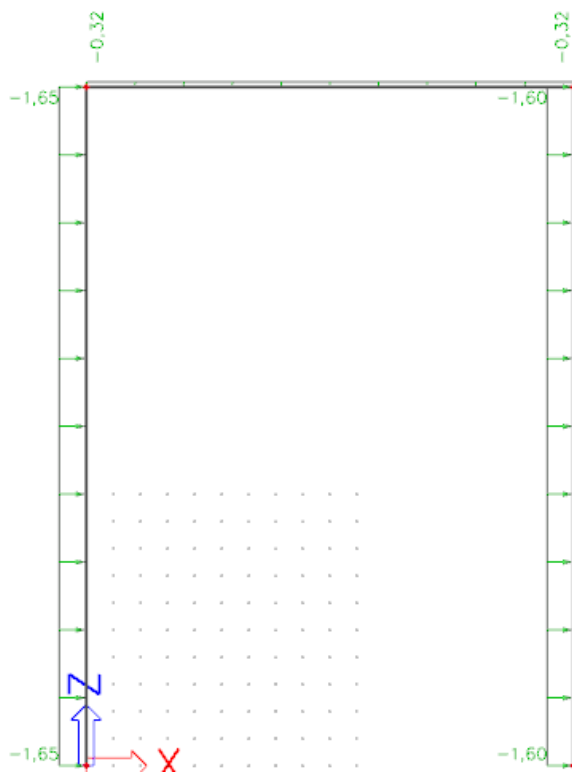
Zatížení námrazou zhoršuje účinky větru a dynamiky celé konstrukce. Námraza po dobu jejího trvání zvyšuje vlastní tíhu konstrukce a zvětšuje plochu průřezů, což nepříznivě ovlivňuje zatížení větrem. Zatěžovací stav, který by zohlednil zatížení námrazou, by nebyl pro tuto konstrukci stěžejní, jelikož při takovém zatížení by se na konstrukci nevyskytovalo užité zatížení a vzhledem k nárůstu účinků zatížení větrem by se nám snížil součinitel pro zatížení sněhem. Zatížení námrazou tedy není zahrnuto ve statickém výpočtu.

5 Statický výpočet

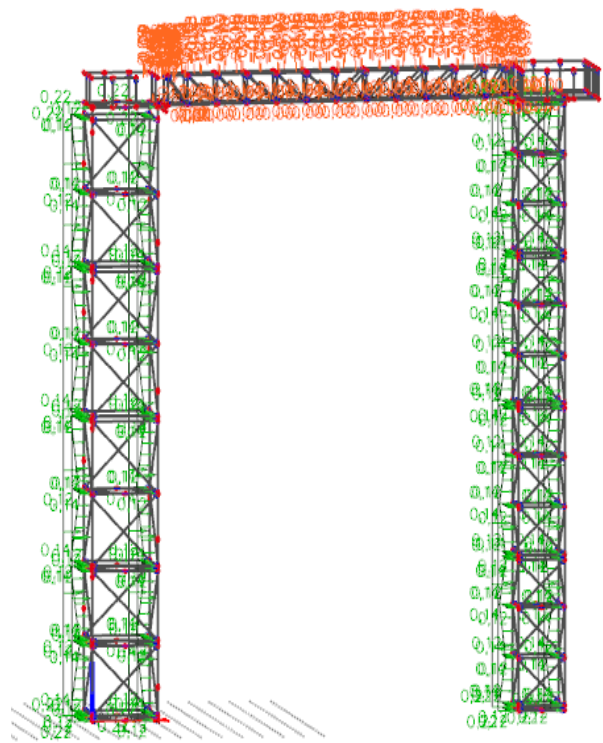
Vnitřní síly byly převzaty z programu Scia engineer a následně použity k posouzení nosných prvků. Pro model bylo použito 24 různých profilů definovaných v kapitole 4.1, dvou betonových patek a čtyřech táhlech. Byly vytvořeny 2 modely pro posouzení rozdílů konstrukce, a to s táhly a bez táhel. Práce se zabývá také srovnáním účinků lineární a nelineární analýzy na totožném modelu (bez táhel) a srovnáním účinků nelineárních analýz na modelu s táhly a bez nich. Vzhledem k přidaným táhlům k původní konstrukci je rozbor těchto dat velice nápomocná k porozumění rozdílu chování konstrukce. Srovnání je na koncích kapitol zaměřujících se na tahovou a tlakovou únosnost prutu.

5.1 Ověření správnosti modelu

Správnost modelu byla ověřena na jednoduchém tříprutovém modelu se zatížením podélného větru.



Obr. 5.1 - 1 – Zjednodušený model



Obr. 5.1 - 2 – 3D model

- **Výpočet zjednodušeného modelu**

Zatížení větrem bylo pro zjednodušený model upraveno, aby co nejvíce odpovídalo skutečnosti. Zatížení na věže bylo vypočítáno pomocí upraveného vzorce (10), kde průměr kruhového průřezu nahradil součin $\phi \times d$, který nám vyjadřuje plnost dané šířky věže.

Celé zatížení vynásobíme 2, jelikož součinitel plnosti zohledňuje pouze jednu (čelní) stranu příhradové konstrukce.

$$w_k = 2 \times \varphi \times d \times q_p \times c_f$$

$$w_k^A = 2 \times 0,21 \times 3,2 \times 1,1599 \times 1,058 = 1,6492 \text{ kN/m}$$

$$w_k^B = 2 \times 0,29 \times 2,25 \times 1,1599 \times 1,058 = 1,6016 \text{ kN/m}$$

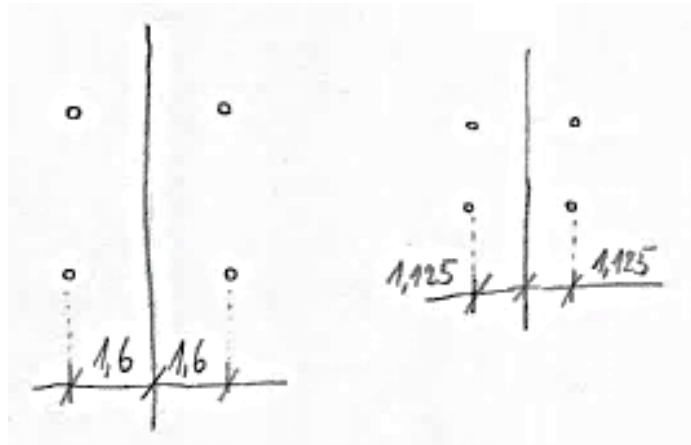
Součet zatížení ve vertikálním směru F_z se rozdělí rovnoměrně do obou podpor

$$R_{z,a} = R_{z,b} = \frac{q_z \times l}{2} = \frac{0,322 \times 18}{2} = 2,90 \text{ kN}$$

Horizontální reakce R_x a ohybový moment M_y se rozloží do podpor dle tuhosti jednotlivých prutů, které bylo nutno rozlišit. Průřez sloupů je u obou věží stejný.

$$A = 3,0590 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,0087 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$



Obr. 5.1 - 3 – Schéma umístění sloupů věží

$$I_{y,A} = 4 \times (I_y + A \times 1,6^2) = 0,03136 \text{ m}^4$$

$$I_{y,B} = 4 \times (I_y + A \times 1,125^2) = 0,01553 \text{ m}^4$$

$$\text{Poměr } \frac{I_{y,A}}{I_{y,B}} = \frac{0,03136}{0,01553} = 2,02$$

S ohledem na poměr tuhostí byly vybrány průřezy s odpovídajícím poměrem. Výsledné hodnoty momentů zjednodušeného modelu převzaté z programu Scia engineer:

$$M_{y,A} = -638,95 \text{ kN m}$$

$$M_{y,B} = -376,92 \text{ kN m}$$

Zjednodušeně se také dají vypočítat pomocí zjištěného poměru tuhostí:

$$M_{y,A} = \sum_i \left(q_i \times \frac{l_i^2}{2} \right) \times \frac{I_{y,A}}{I_{y,A} + I_{y,B}} =$$

$$= (-1,6492 - 1,6016) \times \frac{25^2}{2} \times \frac{0,03136}{0,03136 + 0,01553} = -679,42 \text{ kN m}$$

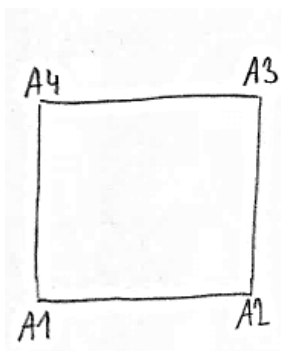
$$M_{y,B} = \sum_i \left(q_i \times \frac{l_i^2}{2} \right) \times \frac{I_{y,B}}{I_{y,A} + I_{y,B}} =$$

$$= (-1,6492 - 1,6016) \times \frac{25^2}{2} \times \frac{0,01553}{0,03136 + 0,01553} = -336,46 \text{ kN m}$$

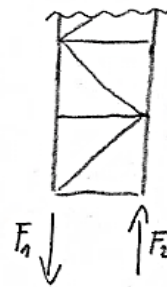
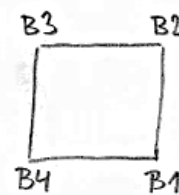
• **Výsledky 3D modelu a následné srovnání se zjednodušeným modelem**

Podpora	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kN m]	M_y [kN m]	M_z [kN m]
A1	-18,94	-0,18	-91,59	0,37	-3,99	0,14
A2	-3,69	-0,11	89,68	0,34	-0,88	0,31
A3	-18,79	-0,21	92,98	0,38	-3,95	-0,15
A4	-3,66	0,03	-88,4	0,31	-0,87	-0,31
B1	-3,78	0,47	92,68	0,31	-1,43	0,16
B2	-14,84	-0,27	86,47	0,47	-3,22	-0,07
B3	-3,77	0,52	-91,1	0,3	-1,42	-0,16
B4	-14,89	-0,25	-84,88	0,46	-3,24	0,06

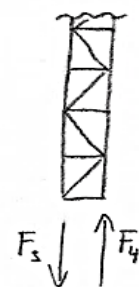
Tabulka 5.1 - 1 – Výsledky 3D modelu



Obr. 5.1 - 4 – Schéma umístění podpor pro tabulku 5 - 2



Obr. 5.1 - 5 – Schéma sil



$$F_1 = -91,59 - 88,4 = -179,99 \text{ kN}$$

$$F_2 = 89,68 + 92,98 = 182,66 \text{ kN}$$

$$F_3 = -91,1 - 84,88 = -175,98 \text{ kN}$$

$$F_4 = 92,68 + 86,47 = 179,15 \text{ kN}$$

$$M_{y,A} = F_1 \times 1,6 - F_2 \times 1,6 + \sum_i M_{y,i} =$$

$$= - 179,99 \times 1,6 - 182,66 \times 1,6 - 9,69 = - 589,93 \text{ kN m}$$

$$M_{y,B} = F_3 \times 1,125 - F_4 \times 1,125 + \sum_i M_{y,i} =$$

$$= - 175,98 \times 1,125 - 179,15 \times 1,125 - 9,31 = - 408,83 \text{ kN m}$$

Jelikož jde pouze o hrubé porovnání výsledků, počítáme pouze se silami ve směru osy z a příslušnými ohybovými momenty, které vyvodí srovnatelné ohybové momenty s výsledky z programu Scia engineer zjednodušeného modelu. Zjednodušený výpočet zjednodušeného modelu se od 3D modelu již trochu odchyluje, ale to je způsobeno přílišným zjednodušením.

	Zjednodušený model ruční výpočet	Zjednodušený model SCIA	3D model SCIA
$M_{y,A}$ [kN m]	-679,42	-638,95	-589,93
$M_{y,B}$ [kN m]	-336,46	-376,92	-408,83

Tabulka 5.1 - 2 – Srovnání výsledků zjednodušeného a 3D modelu

5.2 Posudek prutů na tah

Výpočet byl proveden dle normy [5]. Na konci kapitoly je provedeno porovnání nelineárních analýz konstrukce s táhly a bez nich. Taktéž bylo provedeno porovnání lineární a nelineární analýzy pro model bez táhel.

5.2.1 Teoretická část

Návrhová tahová únosnost prutu $N_{t,Rd}$ v kN se vypočte:

$$N_{t,Rd} = A \times f_{yd} \quad (13)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (14)$$

kde A je plocha průřezu v m^2 , f_{yd} je návrhová hodnota meze kluzu v kPa, f_{yk} je charakteristická hodnota meze kluzu v kPa a γ_{M0} součinitel materiálu.

5.2.2 Výpočetní část

Pro konkrétní výpočet byl zvolen průřez CHS168,3/6, který je použit pro sloupky obou věží a v celé konstrukci se nachází celkem 8 prutů tohoto průřezu.

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t,Rd} = A \times f_{yd} = 3060 \times 235 = 719\,100 \text{ N} = 719,10 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 719,10 \text{ kN} > N_{Ed} = 242,43 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Poznámka: Umístění a popis všech profilů je znázorněno v kapitole 4.1

• Posudky prutů **BEZ** táhel - LINEÁRNÍ ANALÝZA:

	Prut	Kombinace	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	Posudek
VĚŽE	B678	CO198	328,67	CHS168,3/6	3060	719,10	0,46	VYHOVÍ
	B475	CO198	110,82	CHS108/5	1620	380,70	0,29	VYHOVÍ
	B696	CO184	30,26	CHS88,9/4	1070	251,45	0,12	VYHOVÍ
PLOŠINY	B268	CO43	10,75	HEA220	6430	1511,05	0,01	VYHOVÍ
	B272	CO42	12	IPE160	2010	472,35	0,03	VYHOVÍ
	B286	CO187	19,34	HEB200	7810	1835,35	0,01	VYHOVÍ
	B770	CO212	0,47	UPE160	2170	509,95	0,00	VYHOVÍ
LÁVKA	B674	CO186	202,21	HEA160	3880	911,80	0,22	VYHOVÍ
	B575	CO198	6,92	IPE140	1640	385,40	0,02	VYHOVÍ
	B586	CO185	16,06	L70/6	813	191,06	0,08	VYHOVÍ
	---	---	---	IPE120	1320	310,20	---	---
	B619	CO187	66,68	CHS76,1/4	906	212,91	0,31	VYHOVÍ
STŘECHY	B499	CO216	9,74	HEB140	4300	1010,50	0,01	VYHOVÍ
	B152	CO118	23,42	HEA140	3140	737,90	0,03	VYHOVÍ
	B735	CO111	32,22	IPE200	2850	669,75	0,05	VYHOVÍ
	B739	CO104	46,34	IPE180	2390	561,65	0,08	VYHOVÍ
	B742	CO194	3,74	UPE160	2170	509,95	0,01	VYHOVÍ
	B767	CO104	7,92	UPE140	1840	432,40	0,02	VYHOVÍ

Tabulka 5.2 - 1 – Posudky na tah prutů bez táhel lineárně

- Posudky prutů **BEZ** táhel - **NELINEÁRNÍ ANALÝZA**:

	Prut	Kombinace	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	Posudek
VĚŽE	B678	NC197	329,81	CHS168,3/6	3060	719,10	0,46	VYHOVÍ
	B475	NC197	111,23	CHS108/5	1620	380,70	0,29	VYHOVÍ
	B696	NC221	29,02	CHS88,9/4	1070	251,45	0,12	VYHOVÍ
PLOŠINY	B268	NC42	10,77	HEA220	6430	1511,05	0,01	VYHOVÍ
	B272	NC41	12,04	IPE160	2010	472,35	0,03	VYHOVÍ
	B286	NC186	19,40	HEB200	7810	1835,35	0,01	VYHOVÍ
	B770	NC211	0,48	UPE160	2170	509,95	0,00	VYHOVÍ
LÁVKA	B674	NC186	218,81	HEA160	3880	911,80	0,24	VYHOVÍ
	B575	NC186	11,14	IPE140	1640	385,40	0,03	VYHOVÍ
	B586	NC186	21,09	L70/6	813	191,06	0,11	VYHOVÍ
	---	---	---	IPE120	1320	310,20	---	---
	B619	NC186	67,40	CHS76,1/4	906	212,91	0,32	VYHOVÍ
STŘECHY	B499	NC215	9,71	HEB140	4300	1010,50	0,01	VYHOVÍ
	B152	NC117	23,39	HEA140	3140	737,90	0,03	VYHOVÍ
	B735	NC110	32,23	IPE200	2850	669,75	0,05	VYHOVÍ
	B741	NC103	46,33	IPE180	2390	561,65	0,08	VYHOVÍ
	B742	NC197	3,74	UPE160	2170	509,95	0,01	VYHOVÍ
	B767	NC103	7,91	UPE140	1840	432,40	0,02	VYHOVÍ

Tabulka 5.2 - 2 – Posudky na tah prutů bez táhel nelineárně

- Posudky prutů **S** táhly - **NELINEÁRNÍ ANALÝZA**:

	Prut	Kombinace	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	Posudek
VĚŽE	B678	NC197	242,43	CHS168,3/6	3060	719,10	0,34	VYHOVÍ
	B460	NC221	89,16	CHS108/5	1620	380,70	0,23	VYHOVÍ
	B696	NC221	25,9	CHS88,9/4	1070	251,45	0,10	VYHOVÍ
PLOŠINY	B711	NC173	12,27	HEA220	6430	1511,05	0,01	VYHOVÍ
	B272	NC41	11,92	IPE160	2010	472,35	0,03	VYHOVÍ
	B286	NC186	20,08	HEB200	7810	1835,35	0,01	VYHOVÍ
	B770	NC211	0,45	UPE160	2170	509,95	0,00	VYHOVÍ
LÁVKA	B674	NC186	209,25	HEA160	3880	911,80	0,23	VYHOVÍ
	B563	NC186	10,84	IPE140	1640	385,40	0,03	VYHOVÍ
	B577	NC186	20,4	L70/6	813	191,06	0,11	VYHOVÍ
	---	---	---	IPE120	1320	310,20	---	---
	B619	NC186	68,32	CHS76,1/4	906	212,91	0,32	VYHOVÍ
STŘECHY	B148	NC205	10,57	HEB140	4300	1010,50	0,01	VYHOVÍ
	B155	NC103	23,36	HEA140	3140	737,90	0,03	VYHOVÍ
	B735	NC110	32,23	IPE200	2850	669,75	0,05	VYHOVÍ
	B741	NC103	46,32	IPE180	2390	561,65	0,08	VYHOVÍ
	B742	NC193	3,75	UPE160	2170	509,95	0,01	VYHOVÍ
	B769	NC103	7,93	UPE140	1840	432,40	0,02	VYHOVÍ

Tabulka 5.2 - 3 – Posudky na tah prutů s táhly

- Porovnání LINEÁRNÍ a NELINEÁRNÍ analýzy modelu **BEZ** táhel

	Profil	LINEÁRNĚ $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	NELINEÁRNĚ $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	ROZDÍL %
VĚŽE	CHS168,3/6	0,457	0,459	0,44
	CHS108/5	0,291	0,292	0,34
	CHS88,9/4	0,120	0,115	-4,35
PLOŠINY	HEA220	0,007	0,007	0,00
	IPE160	0,025	0,026	3,85
	HEB200	0,011	0,011	0,00
	UPE160	0,001	0,001	0,00
LÁVKA	HEA160	0,222	0,240	7,50
	IPE140	0,018	0,029	37,93
	L70/6	0,084	0,110	23,64
	IPE120	---	---	---
	CHS76,1/4	0,313	0,317	1,26
STŘECHY	HEB140	0,010	0,010	0,00
	HEA140	0,032	0,032	0,00
	IPE200	0,048	0,048	0,00
	IPE180	0,083	0,083	0,00
	UPE160	0,007	0,007	0,00
	UPE140	0,018	0,018	0,00

Tabulka 5.2 - 4 – Nárůst využití průřezů nelineárního výpočtu

Tabulka 5.2 - 4 zobrazuje rozdíly využití průřezů při zavedení lineární a nelineární analýzy. Můžeme pozorovat, že rozdíly se většinou s nelineárním výpočtem zvyšují, ale její velikostí jsou zanedbatelné. Hodnoty 37,93 % a 23,64 % jsou vyšší pouze z důvodu velmi malých hodnot využití průřezu a proto jim nemusíme věnovat přílišnou pozornost.

- Porovnání NELINEÁRNÍ analýzy modelů S táhly a BEZ táhel

	Profil	BEZ TÁHEL $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	S TÁHLY $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	ROZDÍL %
VĚŽE	CHS168,3/6	0,459	0,337	26,58
	CHS108/5	0,292	0,234	19,86
	CHS88,9/4	0,115	0,103	10,43
PLOŠINY	HEA220	0,007	0,008	-14,29
	IPE160	0,026	0,025	3,85
	HEB200	0,011	0,011	0,00
	UPE160	0,001	0,001	0,00
LÁVKA	HEA160	0,240	0,230	4,17
	IPE140	0,029	0,028	3,45
	L70/6	0,110	0,107	2,73
	IPE120	---	---	---
	CHS76,1/4	0,317	0,321	-1,26
STŘECHY	HEB140	0,010	0,011	-10,00
	HEA140	0,032	0,032	0,00
	IPE200	0,048	0,048	0,00
	IPE180	0,083	0,083	0,00
	UPE160	0,007	0,007	0,00
	UPE140	0,018	0,018	0,00

Tabulka 5.2 - 5 – Snižování vnitřních sil modelu s táhly

Tabulka 5.2 - 5 zobrazuje rozdíly účinků modelů s táhly a bez nich. Můžeme pozorovat, že rozdíly pro vysoce namáhané prvky se s přítomností táhel zvětšily a tudíž jejich využití průřezu se snížilo, což je jev, kterého jsme chtěli přidáním táhel dosáhnout. Záporné vysoké hodnoty, například -14,29 %, udávají zvětšení využití průřezu prvku v modelu s táhly, ale jedná se o tak malé využití průřezu, že tomuto problému nepřisuzujeme vysokou pozornost.

- Posouzení táhla na maximální tahovou sílu

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{460}{1} = 460 \text{ MPa}$$

$$N_{t,Rd} = A \times f_{yd} = \frac{28^2 \times \pi}{4} \times 460 = 283\,246 \text{ N} = 283,25 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 283,25 \text{ kN} > N_{Ed} = 57,61 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{57,61}{283,25} = 0,20$$

Namáhaní táhla dosahuje 20 %, jedná se o ideální hodnotu pro takto namáhaný prvek.

5.3 Posudek prutů na vzpěrný tlak

Výpočet byl proveden dle normy [5]. Na konci kapitoly je provedeno srovnání nelineárních analýz konstrukce s táhly a bez nich. Taktéž bylo provedeno porovnání lineární a nelineární analýzy pro model bez táhel.

5.3.1 Teoretická část

Vztah pro výpočet návrhové únosnosti při vzpěrném tlaku $N_{b,Rd}$ se vypočítá:

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yd} \quad (15)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad (16)$$

kde χ je součinitel vzpěrnosti, do výpočtu se použije menší z hodnot χ_y nebo χ_z . Veličina A je plocha v m^2 , f_{yd} je návrhová mez kluzu oceli kPa a f_{yk} charakteristická mez kluzu oceli v kPa. Součinitel γ_{M1} se používá pro vzpěrný tlak a jeho hodnota je 1,00.

Součinitel vzpěrnosti χ se získá pomocí vztahu (17), do vztahu (15) se pak dosadí menší z hodnot χ_y nebo χ_z .

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \quad \chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} \quad (17)$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] \quad \phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] \quad (18)$$

kde ϕ_y a ϕ_z jsou hodnoty pro výpočet součinitele vzpěrnosti χ a závisí na součiniteli imperfekce α . $\bar{\lambda}_y$ a $\bar{\lambda}_z$ jsou poměrné štíhlosti v daných směrech, které se vypočítají pomocí vztahů (20).

Kritická síla N_{cr} závisí na momentu setrvačnosti a vzpěrné délce k příslušné ose.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \quad N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} \quad (19)$$

Poměrné štíhlosti $\bar{\lambda}_y$ a $\bar{\lambda}_z$ jsou dány vztahy:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{A \times f_{yd}}{N_{cr,y}}} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{A \times f_{yd}}{N_{cr,z}}} \quad (20)$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \quad (21)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}} \quad (22)$$

kde λ_y a λ_z jsou štíhlosti k příslušným osám, λ_1 je hodnota štíhlosti. $L_{cr,y}$ a $L_{cr,z}$ jsou vzpěrné délky, které mohou být odlišné pro vybočení z roviny nebo v rovině. i_y a i_z jsou poloměry setrvačnosti daných os, E je modul pružnosti v kPa a f_{yd} mez kluzu v kPa.

5.3.2 Výpočetní část

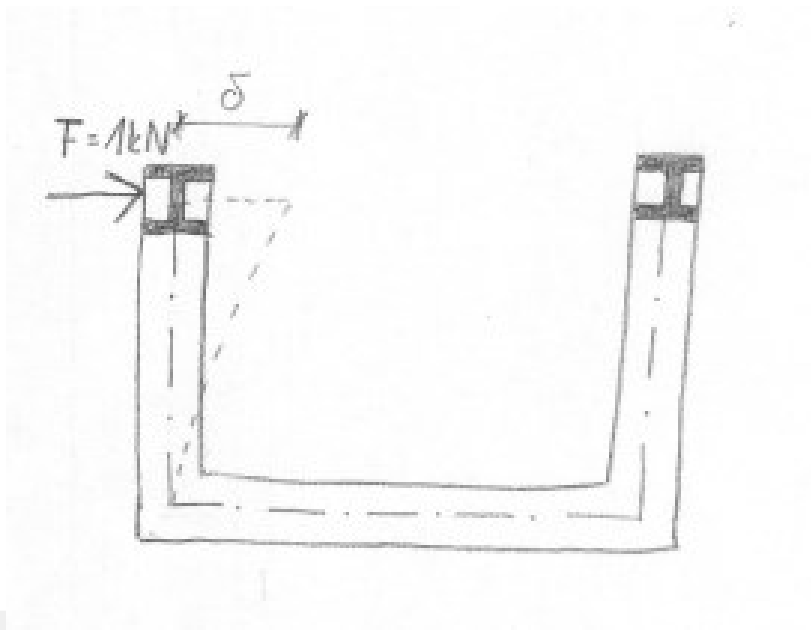
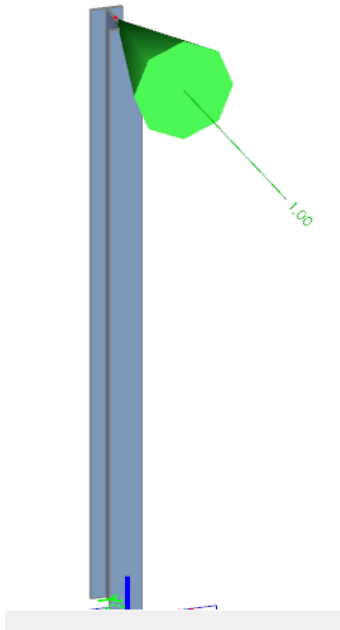
Pomocí vztahů (15) - (22) určíme únosnost vzpěrného tlaku. Pro výpočet byl vybrán průřez HEA160. Tyto profily byly použity pro podélníky konstrukce lávky. V celém projektu jsou 4 pruty tohoto profilu a pro výpočet byl použit vrchně situovaný podélník ve výšce zábradlí.

- **Základní údaje**

Vzpěrná délka L_{cr} je odlišná k vybočení z roviny nebo v rovině. V rovině se vzpěrná délka rovná konstrukčnímu řešení příhrady.

$$L_{cr,y} = 1,5 \text{ m}$$

Vzpěrná délka $L_{cr,z}$ pro vybočení z roviny se nedá jednoduše určit. Prut je držen proti vybočení pouze tuhostí sloupků lávky v rovině vybočení, pro zjištění její tuhosti se namodeloval zjednodušený model sloupku s jednotkovým zatížením a poté namodelován prut HEA160 se skutečnými tuhostmi.



Obr. 5.3 - 1 – Jednotkové zatížení na sloupku

Obr. 5.3 - 2 – Schéma deformace příčného polorámu

Zatěžovací síla $F = 1 \text{ kN}$

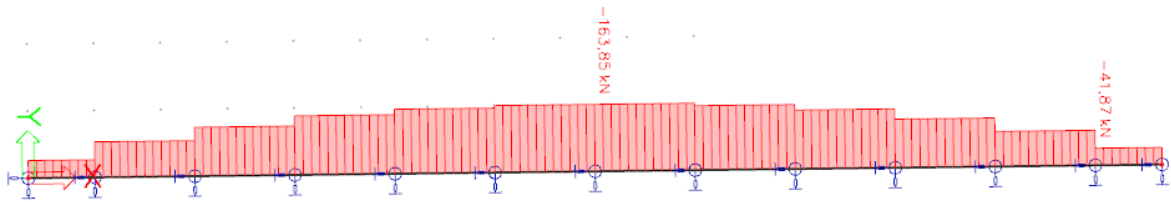
Zjištěná deformace $\delta = 0,9 \text{ mm}$

$$\text{Tuhost } k = \frac{F}{\delta} = \frac{1}{0,0009} = 1111, \overline{11} \text{ kN/m} = 1,11 \text{ MN/m}$$

Tuhost byla zadána do přidávaných podpor v místech sloupků a bylo přidáno zatížení, aby vnitřní síly odpovídaly vnitřním silám reálného modelu. Z tohoto modelu jsme zjistili vzpěrnou délku $L_{cr,z} = 5,58$ m.

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	1,500	1,500	m
Součinitel vzpěru k	3,72	1,00	
Vzpěrná délka L_{cr}	5,577	1,500	m

Tabulka. 5.3 - 1 – Výsledná vzpěrná délka



Obr. 5.3 - 3 – Normálové síly prutu s přidávanými tuhostmi

$$A = 3880 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 16\,700\,000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 6\,160\,000 \text{ mm}^4$$

$$N_{Ed} = 169,75 \text{ kN}$$

S ohledem na větší vzpěrnou délku a menší ohybovou tuhost, je jisté, že hledaný (menší) součinitel vzpěru bude v případě vybočení z roviny. Z tohoto důvodu by se mohl vyloučit výpočet v rovině nosníku.

- **Kritická síla**

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 6,16 \times 10^{-6}}{5,58^2 \times 10^3} = 410,04 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 16,7 \times 10^{-6}}{1,5^2 \times 10^3} = 15\,383,42 \text{ kN}$$

$$k_b = \frac{N_{cr,\min}}{N_{Ed}} = \frac{410,04}{169,75} = 2,42$$

Součinitel k udává poměr kritického Eulerova břemena ku skutečnému zatížení. Doporučuje se, aby prvky měly hodnotu kolem 2-3 a v případě celé konstrukce větší než 10. V případě, že by součinitel k vyšel méně než 1, pak by prvek zkolaboval dřív, než by dosáhl požadovaného zatížení.

- Součinitel vzpěrnosti

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}} = \pi \sqrt{\frac{210\,000}{235}} = 93,87$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5580}{\sqrt{\frac{6\,160\,000}{3880}}} = 140,04$$

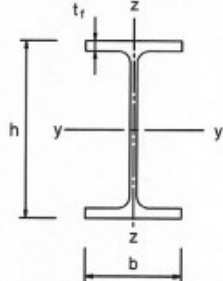
$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1500}{\sqrt{\frac{16\,700\,000}{3880}}} = 22,86$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{140,04}{93,87} = 1,49$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{22,86}{93,87} = 0,24$$

Součinitel α :

Tabulka –Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka vzpěrné pevnosti	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a a ₀
		40 mm $< t_f \leq 100$	y-y z-z	b a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c
		$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d c

Obr. 5.3 - 4 – Přiřazení křivek vzpěrnosti [5]

Jelikož počítáme vzpěrnou únosnost pro H profil, použijeme pro vybočení z osy z křivku vzpěrnosti c, pro kterou odpovídá hodnota $\alpha = 0,49$ a pro vybočení z osy y křivku b, pro kterou odpovídá hodnota $\alpha = 0,34$.

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \left[1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,49(1,49 - 0,2) + 1,49^2 \right] = \\ &= 1,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \left[1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,34(0,24 - 0,2) + 0,24^2 \right] = \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,93 + \sqrt{1,93^2 - 1,49^2}} = 0,32$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,24^2}} = 0,98$$

- **Výsledná návrhová únosnost vzpěrného tlaku**

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yd} = 0,32 \times 3880 \times 235 \times 10^{-3} = 289,41 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 289,41 \text{ kN} > N_{Ed} = 169,75 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Posudky prutů BEZ táhel – LINEÁRNÍ ANALÝZA:

	Prut	kombinace	N_{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	Směr	L [m]	L_{cr}/L	L_{cr} [m]	I [mm ⁴]
VĚŽE	B680	CO184	515,08	CHS168,3/6	3060,00	---	3,20	0,90	2,88	10100000
	B476	CO185	109,7	CHS108/5	1620,00	---	4,42	0,75	3,32	2150000
	B695	CO186	35,04	CHS88,9/4	1070,00	---	3,20	0,75	2,40	963000
PLOŠINY	B711	CO68	2,32	HEA220	6430,00	y	3,20	1,00	3,20	54100000
			2,32		6430,00	z	2,25	1,00	2,25	19600000
	B710	CO184	26,32	IPE160	2010,00	y	3,20	1,00	3,20	8690000
			26,32		2010,00	z	2,25	1,00	2,25	683000
	B495	CO210	4,43	HEB200	7810,00	y	3,20	1,00	3,20	57000000
			4,43		7810,00	z	3,20	1,00	3,20	20000000
B770	CO187	1,1	UPE160	2170,00	y	17,00		10,00	9110000	
		1,1		2170,00	z	2,25	1,00	2,25	1070000	
LÁVKA	B787	CO187	166,93	HEA160	3880,00	y	1,50	1,00	1,50	16700000
			166,93		3880,00	z	5,20		5,58	6160000
	B569	CO184	4,06	IPE140	1640,00	---	1,40	1,00	1,40	449200
	B576	CO205	26,2	L70/6	813,00	---	2,20	1,00	2,20	369000
	B614	CO187	53,09	IPE120	1320,00	y	1,20	1,00	1,20	3180000
			53,09		1320,00	z	1,20	2,00	2,40	277000
---	---	---	---	CHS76,1/4	906,00	---	1,92	0,75	1,44	591000
STŘECHY	B499	CO112	30,18	HEB140	4300,00	---	3,44	2,00	6,88	5500000
	B152	CO207	8,01	HEA140	3140,00	---	3,20	1,00	3,20	3890000
	B734	CO198	9,18	IPE200	2850,00	---	1,28	1,00	1,28	1424000
	B740	CO207	16,46	IPE180	2390,00	---	1,13	1,00	1,13	1009000
	B742	CO118	15,62	UPE160	2170,00	---	6,00	1,00	6,00	1070000
	B761	CO104	14,38	UPE140	1840,00	---	4,50	1,00	4,50	788000

Tabulka 5.3 - 2 – Posudky na vzpěrný tlak prutů bez táhel lineárně 1

Poznámka: Označené hodnoty nejsou převzaty z konstrukčního řešení a musely být vypočteny pomocí programu Scia engineer.

Pokračování tabulky 5.3 – 2

	Profil	N_{cr} [kN]	k_b	λ	Φ	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	Posudek
VĚŽE	CHS168,3/6	2523,80	4,90	0,53	0,68	50,13	0,91	656,86	0,78	VYHOVÍ
	CHS108/5	405,50	3,70	0,97	1,05	91,00	0,69	261,63	0,42	VYHOVÍ
	CHS88,9/4	346,52	9,89	0,85	0,93	80,00	0,76	192,30	0,18	VYHOVÍ
PLOŠINY	HEA220	10950,06	4719,85	0,37	0,60	34,89	0,94	1416,22	0,00	VYHOVÍ
		8024,35	3458,77	0,43	0,65	40,75	0,88	1328,54	0,00	VYHOVÍ
	IPE160	1758,89	66,83	0,52	0,69	48,67	0,88	413,81	0,06	VYHOVÍ
		279,62	10,62	1,30	1,61	122,06	0,39	183,72	0,14	VYHOVÍ
	HEB200	11537,03	2604,30	0,40	0,61	37,46	0,93	1700,50	0,00	VYHOVÍ
		4048,08	913,79	0,67	0,84	63,24	0,74	1360,21	0,00	VYHOVÍ
UPE160	188,82	171,65	1,64	2,20	154,34	0,27	138,85	0,01	VYHOVÍ	
	438,06	398,24	1,08	1,30	101,33	0,50	252,71	0,00	VYHOVÍ	
LÁVKA	HEA160	15383,42	92,15	0,24	0,54	22,86	0,98	897,71	0,19	VYHOVÍ
		410,04	2,46	1,49	1,93	140,04	0,32	289,41	0,58	VYHOVÍ
	IPE140	475,01	117,00	0,90	1,08	84,59	0,60	231,00	0,02	VYHOVÍ
	L70/6	158,02	6,03	1,10	1,26	103,27	0,54	102,30	0,26	VYHOVÍ
	IPE120	4577,03	86,21	0,26	0,54	24,45	0,98	303,53	0,17	VYHOVÍ
		99,67	1,88	1,76	2,44	165,68	0,24	75,22	0,71	VYHOVÍ
CHS76,1/4	590,72	---	---	---	---	---	---	---	---	
STŘECHY	HEB140	240,83	7,98	2,05	3,05	192,37	0,19	190,24	0,16	VYHOVÍ
	HEA140	787,35	98,30	0,97	1,16	90,92	0,56	412,24	0,02	VYHOVÍ
	IPE200	1815,55	197,77	0,61	0,78	57,04	0,78	523,08	0,02	VYHOVÍ
	IPE180	1652,36	100,39	0,58	0,76	54,75	0,80	446,74	0,04	VYHOVÍ
	UPE160	61,60	3,94	2,88	5,29	270,20	0,10	52,36	0,30	VYHOVÍ
	UPE140	80,65	5,61	2,32	3,70	217,45	0,15	65,68	0,22	VYHOVÍ

Tabulka 5.3 - 3 – Posudky na vzpěrný tlak prutů bez táhel lineárně 2

Poznámka: Označené hodnoty nevyhoví na požadovanou štíhlost $\lambda < 200$. Tento problém je vyřešen konstrukčním řešením střechy, kde U profily jsou přichyceny na OSB desky a vypočtená štíhlost je určena pouze pro samostatný prut dané délky.

- Posudky prutů **BEZ** táhel - NELINEÁRNÍ ANALÝZA:

	Prut	kombinace	N_{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	Směr	L [m]	L_{cr}/L	L_{cr} [m]	I [mm ⁴]
VĚŽE	B680	NC183	507,19	CHS168,3/6	3060,00	---	3,20	0,90	2,88	10100000
	B476	NC222	110,11	CHS108/5	1620,00	---	4,42	0,75	3,32	2150000
	B695	NC221	34,87	CHS88,9/4	1070,00	---	3,20	0,75	2,40	963000
PLOŠINY	B285	NC186	2,40	HEA220	6430,00	y	3,20	1,00	3,20	54100000
			2,40		6430,00	z	2,25	1,00	2,25	19600000
	B710	NC165	26,00	IPE160	2010,00	y	3,20	1,00	3,20	8690000
			26,00		2010,00	z	2,25	1,00	2,25	683000
	B495	NC209	4,43	HEB200	7810,00	y	3,20	1,00	3,20	57000000
			4,43		7810,00	z	3,20	1,00	3,20	20000000
B770	NC186	1,11	UPE160	2170,00	y	17,00		10,00	9110000	
		1,11		2170,00	z	2,25	1,00	2,25	1070000	
LÁVKA	B787	NC186	169,61	HEA160	3880,00	y	1,50	1,00	1,50	16700000
			169,61		3880,00	z	5,20		5,58	6160000
	B569	NC186	5,14	IPE140	1640,00	---	1,40	1,00	1,40	449200
	B576	NC186	31,76	L70/6	813,00	---	2,20	1,00	2,20	369000
	B614	NC186	53,63	IPE120	1320,00	y	1,20	1,00	1,20	3180000
			53,63		1320,00	z	1,20	2,00	2,40	277000
---	---	---	CHS76,1/4	906,00	---	1,92	0,75	1,44	591000	
STŘECHY	B499	NC117	30,20	HEB140	4300,00	---	3,44	2,00	6,88	5500000
	B152	NC206	8,00	HEA140	3140,00	---	3,20	1,00	3,20	3890000
	B734	NC197	9,19	IPE200	2850,00	---	1,28	1,00	1,28	1424000
	B741	NC206	16,50	IPE180	2390,00	---	1,13	1,00	1,13	1009000
	B742	NC111	15,62	UPE160	2170,00	---	6,00	1,00	6,00	1070000
	B761	NC103	14,37	UPE140	1840,00	---	4,50	1,00	4,50	788000

Tabulka 5.3 - 4 – Posudky na vzpěrný tlak prutů bez táhel nelineárně I

Poznámka: Označené hodnoty nevychází z konstrukčního řešení a musely být vypočteny s pomocí programu Scia engineer

Pokračování tabulky 5.3 – 4

	Prut	kombinace	N_{cr} [kN]	k_b	λ	Φ	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	Posudek
VĚŽE	B680	NC183	2523,80	4,98	0,53	0,68	50,13	0,91	656,86	0,77	VYHOVÍ
	B476	NC222	405,50	3,68	0,97	1,05	91,00	0,69	261,63	0,42	VYHOVÍ
	B695	NC221	346,52	9,94	0,85	0,93	80,00	0,76	192,30	0,18	VYHOVÍ
PLOŠINY	B285	NC186	10950,06	4562,52	0,37	0,60	34,89	0,94	1416,22	0,00	VYHOVÍ
			8024,35	3343,48	0,43	0,65	40,75	0,88	1328,54	0,00	VYHOVÍ
	B710	NC165	1758,89	67,65	0,52	0,69	48,67	0,88	413,81	0,06	VYHOVÍ
			279,62	10,75	1,30	1,61	122,06	0,39	183,72	0,14	VYHOVÍ
	B495	NC209	11537,03	2604,30	0,40	0,61	37,46	0,93	1700,50	0,00	VYHOVÍ
			4048,08	913,79	0,67	0,84	63,24	0,74	1360,21	0,00	VYHOVÍ
B770	NC186	188,82	170,10	1,64	2,20	154,34	0,27	138,85	0,01	VYHOVÍ	
		438,06	394,65	1,08	1,30	101,33	0,50	252,71	0,00	VYHOVÍ	
LÁVKA	B787	NC186	15383,42	90,70	0,24	0,54	22,86	0,98	897,71	0,19	VYHOVÍ
			410,04	2,42	1,49	1,93	140,04	0,32	289,41	0,59	VYHOVÍ
	B569	NC186	475,01	92,41	0,90	1,08	84,59	0,60	231,00	0,02	VYHOVÍ
	B576	NC186	158,02	4,98	1,10	1,26	103,27	0,54	102,30	0,31	VYHOVÍ
	B614	NC186	4577,03	85,34	0,26	0,54	24,45	0,98	303,53	0,18	VYHOVÍ
			99,67	1,86	1,76	2,44	165,68	0,24	75,22	0,71	VYHOVÍ
---	---	590,72	---	---	---	---	---	---	---	---	
STŘECHY	B499	NC117	240,83	7,97	2,05	3,05	192,37	0,19	190,24	0,16	VYHOVÍ
	B152	NC206	787,35	98,42	0,97	1,16	90,92	0,56	412,24	0,02	VYHOVÍ
	B734	NC197	1815,55	197,56	0,61	0,78	57,04	0,78	523,08	0,02	VYHOVÍ
	B741	NC206	1652,36	100,14	0,58	0,76	54,75	0,80	446,74	0,04	VYHOVÍ
	B742	NC111	61,60	3,94	2,88	5,29	270,20	0,10	52,36	0,30	VYHOVÍ
	B761	NC103	80,65	5,61	2,32	3,70	217,45	0,15	65,68	0,22	VYHOVÍ

Tabulka 5.3 - 5 – Posudky na vzpěrný tlak prutů bez táhel nelineárně 2

Poznámka: Označené hodnoty nevyhoví na požadovanou štíhlost $\lambda < 200$. Tento problém je vyřešen konstrukčním řešením střechy, kde U profily jsou přichyceny na OSB desky a vypočtená štíhlost je určena pouze pro samostatný prut dané délky.

- Posudky prutů S táhly – NELINEÁRNÍ ANALÝZA:

	Prut	kombinace	N_{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	Směr	L [m]	L_{cr}/L	L_{cr} [m]	I [mm ⁴]
VĚŽE	B680	NC183	442,41	CHS168,3/6	3060,00	---	3,20	0,90	2,88	10100000
	B474	NC187	91,48	CHS108/5	1620,00	---	4,42	0,75	3,32	2150000
	B695	NC221	31,50	CHS88,9/4	1070,00	---	3,20	0,75	2,40	963000
PLOŠINY	B285	NC186	6,10	HEA220	6430,00	y	3,20	1,00	3,20	54100000
			6,10		6430,00	z	2,25	1,00	2,25	19600000
	B710	NC165	22,87	IPE160	2010,00	y	3,20	1,00	3,20	8690000
			22,87		2010,00	z	2,25	1,00	2,25	683000
	B495	NC209	8,77	HEB200	7810,00	y	3,20	1,00	3,20	57000000
			5,86		7810,00	z	3,20	1,00	3,20	20000000
B770	NC186	1,19	UPE160	2170,00	y	17,00		10,00	9110000	
		1,19		2170,00	z	2,25	1,00	2,25	1070000	
LÁVKA	B787	NC186	169,75	HEA160	3880,00	y	1,50	1,00	1,50	16700000
			169,75		3880,00	z	5,20		5,58	6160000
	B569	NC186	5,10	IPE140	1640,00	---	1,40	1,00	1,40	449200
	B576	NC186	29,67	L70/6	813,00	---	2,20	1,00	2,20	369000
	B614	NC186	54,38	IPE120	1320,00	y	1,20	1,00	1,20	3180000
			54,38		1320,00	z	1,20	2,00	2,40	277000
---	---	---	CHS76,1/4	906,00	---	1,92	0,75	1,44	591000	
STŘECHY	B148	NC103	31,12	HEB140	4300,00	---	3,44	2,00	6,88	5500000
	B154	NC205	8,68	HEA140	3140,00	---	3,20	1,00	3,20	3890000
	B734	NC197	9,13	IPE200	2850,00	---	1,28	1,00	1,28	1424000
	B740	NC206	16,42	IPE180	2390,00	---	1,13	1,00	1,13	1009000
	B742	NC117	15,61	UPE160	2170,00	---	6,00	1,00	6,00	1070000
	B761	NC103	14,36	UPE140	1840,00	---	4,50	1,00	4,50	788000

Tabulka 5.3 - 6 – Posudky na vzpěrný tlak prutů s táhly I

Poznámka: Označené hodnoty nevychází z konstrukčního řešení a musely být vypočteny s pomocí programu Scia engineer

Pokračování tabulky 5.3 – 6

	Profil	N_{cr} [kN]	k_b	$\bar{\lambda}$	Φ	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	Posudek
VĚŽE	CHS168,3/6	2523,80	5,70	0,53	0,68	50,13	0,91	656,86	0,67	VYHOVÍ
	CHS108/5	405,50	4,43	0,97	1,05	91,00	0,69	261,63	0,35	VYHOVÍ
	CHS88,9/4	346,52	11,00	0,85	0,93	80,00	0,76	192,30	0,16	VYHOVÍ
PLOŠINY	HEA220	10950,06	1795,09	0,37	0,60	34,89	0,94	1416,22	0,00	VYHOVÍ
		8024,35	1315,47	0,43	0,65	40,75	0,88	1328,54	0,00	VYHOVÍ
	IPE160	1758,89	76,91	0,52	0,69	48,67	0,88	413,81	0,06	VYHOVÍ
		279,62	12,23	1,30	1,61	122,06	0,39	183,72	0,12	VYHOVÍ
	HEB200	11537,03	1315,51	0,40	0,61	37,46	0,93	1700,50	0,01	VYHOVÍ
		4048,08	690,80	0,67	0,84	63,24	0,74	1360,21	0,00	VYHOVÍ
UPE160	188,82	158,67	1,64	2,20	154,34	0,27	138,85	0,01	VYHOVÍ	
	438,06	368,12	1,08	1,30	101,33	0,50	252,71	0,00	VYHOVÍ	
LÁVKA	HEA160	15383,42	90,62	0,24	0,54	22,86	0,98	897,71	0,19	VYHOVÍ
		410,04	2,42	1,49	1,93	140,04	0,32	289,41	0,59	VYHOVÍ
	IPE140	475,01	93,14	0,90	1,08	84,59	0,60	231,00	0,02	VYHOVÍ
	L70/6	158,02	5,33	1,10	1,26	103,27	0,54	102,30	0,29	VYHOVÍ
	IPE120	4577,03	84,17	0,26	0,54	24,45	0,98	303,53	0,18	VYHOVÍ
		99,67	1,83	1,76	2,44	165,68	0,24	75,22	0,72	VYHOVÍ
CHS76,1/4	590,72	---	---	---	---	---	---	---	---	
STŘECHY	HEB140	240,83	7,74	2,05	3,05	192,37	0,19	190,24	0,16	VYHOVÍ
	HEA140	787,35	90,71	0,97	1,16	90,92	0,56	412,24	0,02	VYHOVÍ
	IPE200	1815,55	198,86	0,61	0,78	57,04	0,78	523,08	0,02	VYHOVÍ
	IPE180	1652,36	100,63	0,58	0,76	54,75	0,80	446,74	0,04	VYHOVÍ
	UPE160	61,60	3,95	2,88	5,29	270,20	0,10	52,36	0,30	VYHOVÍ
	UPE140	80,65	5,62	2,32	3,70	217,45	0,15	65,68	0,22	VYHOVÍ

Tabulka 5.3 - 7 – Posudky na vzpěrný tlak prutů s táhly 2

Poznámka: Označené hodnoty nevyhoví na požadovanou štíhlost $\lambda < 200$. Tento problém je vyřešen konstrukčním řešením střechy, kde U profily jsou přichyceny na OSB desky a vypočtená štíhlost je určena pouze pro samostatný prut dané délky.

- Porovnání LINEÁRNÍ a NELINEÁRNÍ analýzy modelu **BEZ** táhel

	Profil	LINEÁRNĚ $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	NELINEÁRNĚ $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	ROZDÍL %
VĚŽE	CHS168,3/6	0,784	0,772	-1,55
	CHS108/5	0,419	0,421	0,48
	CHS88,9/4	0,182	0,181	-0,55
PLOŠINY	HEA220	0,002	0,002	0,00
		0,002	0,002	0,00
	IPE160	0,064	0,063	-1,59
		0,143	0,142	-0,70
	HEB200	0,003	0,003	0,00
		0,003	0,003	0,00
UPE160	0,008	0,008	0,00	
	0,004	0,004	---	
LÁVKA	HEA160	0,186	0,189	1,59
		0,577	0,586	1,54
	IPE140	0,018	0,022	18,18
	L70/6	0,256	0,310	17,42
	IPE120	0,175	0,177	1,13
	CHS76,1/4	---	---	---
STŘECHY	HEB140	0,159	0,159	0,00
	HEA140	0,019	0,019	0,00
	IPE200	0,018	0,018	0,00
	IPE180	0,037	0,037	0,00
	UPE160	0,298	0,298	0,00
	UPE140	0,219	0,219	0,00

Tabulka 5.3 - 8 – Nárůst vnitřních sil nelineárního výpočtu

Tabulka 5.3 - 8 zobrazuje rozdíly využití průřezů při zavedení lineární a nelineární analýzy. Můžeme pozorovat, že rozdíly se většinou s nelineárním výpočtem zvyšují, ale jsou zanedbatelně malé. Hodnoty 18,18 % a 17,42 % jsou vyšší pouze z důvodu velmi malých hodnot a proto jim nemusíme věnovat přílišnou pozornost.

- Porovnání NELINEÁRNÍ analýzy modelů **S** táhly a **BEZ** táhel

	Profil	BEZ TÁHEL $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	S TÁHLY $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	ROZDÍL %
VĚŽE	CHS168,3/6	0,784	0,674	14,03
	CHS108/5	0,419	0,350	16,47
	CHS88,9/4	0,182	0,164	9,89
PLOŠINY	HEA220	0,002	0,004	-100,00
		0,002	0,005	-150,00
	IPE160	0,064	0,055	14,06
		0,143	0,125	12,59
	HEB200	0,003	0,005	-66,67
		0,003	0,004	-33,33
UPE160	0,008	0,009	-12,50	
	0,004	0,005	-25,00	
LÁVKA	HEA160	0,186	0,189	-1,61
		0,577	0,587	-1,73
	IPE140	0,018	0,022	-22,22
	L70/6	0,256	0,290	-13,28
	IPE120	0,175	0,179	-2,29
		0,706	0,723	-2,41
CHS76,1/4	---	---	---	
STŘECHY	HEB140	0,159	0,164	-3,14
	HEA140	0,019	0,021	-10,53
	IPE200	0,018	0,018	0,00
	IPE180	0,037	0,037	0,00
	UPE160	0,298	0,298	0,00
	UPE140	0,219	0,219	0,00

Tabulka 5.3 - 9 – Snížení vnitřních sil modelu s táhly

Tabulka 5.3 - 9 zobrazuje rozdíly účinků modelů s táhly a bez nich. Můžeme pozorovat, že rozdíly pro vysoce namáhané prvky se s přítomností táhel zvýšily, tím pádem se využití jejich průřezu sníží. Záporné vysoké hodnoty, například -100 % nebo -150 %, udávají zvětšení namáhání prvku v modelu s táhly, ale jedná se o tak malé vnitřní síly, že tomuto problému nepřisuzujeme vysokou pozornost.

5.4 Posudek prutů na ohyb

Posudek byl uskutečněn podle normy [5]. Výpočet je proveden pro elastický modul průřezu s ohledem k rezervě konstrukce. Ohybové momenty nejsou dominantou této konstrukce, přesto nejsou zanedbatelné jejich lokální účinky. Největší ohybový moment, který se v konstrukci nachází má hodnotu 32,55 kN m. Tento ohybový moment je na příčnicku podepírající lávku v modelu s táhly. Návrhový ohybový moment se získá následujícím způsobem:

$$M_{Rd} = W_y \times f_{yd} \quad (23)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (24)$$

kde M_{Rd} je návrhový moment únosnosti v N, W_y je elastický modul průřezu v mm^3 , f_{yd} je návrhová hodnota meze kluzu v MPa, f_{yk} je charakteristická hodnota meze kluzu v MPa a γ_{M0} součinitel materiálu.

$$W_y = 570\,000 \text{ mm}^3$$

S použitím vztahů (23) a (24) se vypočetl návrhový moment:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = W_y \times f_{yd} = 570\,000 \times 10^{-9} \times 235 \times 10^6 = 133\,950 \text{ N m} = 133,95 \text{ kN m}$$

$$M_{Rd} = 133,95 \text{ kN m} > M_{Ed} = 32,55 \text{ kN m} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Tabulka 5.4 - 1 zobrazuje únosnost prvků při ohybu elastického průřezu. S ohledem na tabulky 5.3 - 5, 5.3 - 6 a 5.4 - 1 by se vybraly stavy pro kombinace dvouosého ohybového momentu a vzpěru. Tento posudek není součástí statického výpočtu, avšak průřez IPE160 je již téměř vyčerpán a pokud by v kombinaci s největším ohybovým momentem byl tlak nebo moment na druhou osu, pak by prvek musel změnit průřez nebo konstrukčně tento problém vyřešit.

- Posudky prutů na ohybový moment elastického průřezu:

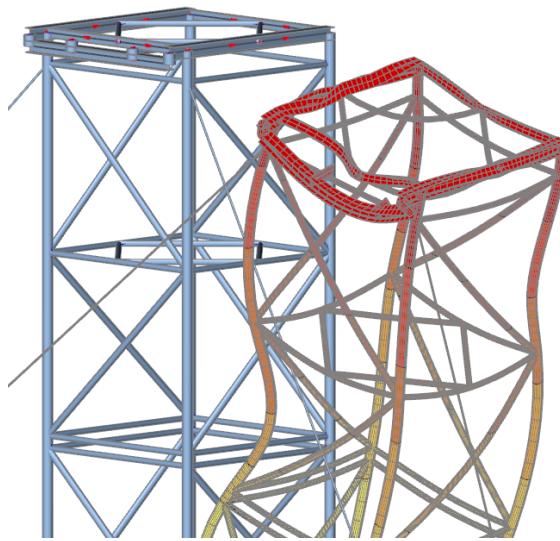
	Prut	Kombinace	M_{Ed} [kN m]	Profil	Směr	W [mm ³]	M_{Rd} [kN m]	M_{Ed}/M_{Rd}	Posudek
VĚŽE	B679	NC221	20,92	CHS168,3/6	---	120000,00	28,20	0,74	VYHOVÍ
	B472	NC187	1,10	CHS108/5	---	39800,00	9,35	0,12	VYHOVÍ
	B447	NC37	1,54	CHS88,9/4	---	21700,00	5,10	0,30	VYHOVÍ
PLOŠINY	B285	NC186	17,20	HEA220	y	515000,00	121,03	0,14	VYHOVÍ
	B711	NC41	8,22		z	178000,00	41,83	0,20	VYHOVÍ
	B710	NC186	9,37	IPE160	y	109000,00	25,62	0,37	VYHOVÍ
	B275	NC186	3,84		z	16700,00	3,92	0,98	VYHOVÍ
	B495	NC186	32,55	HEB200	y	570000,00	133,95	0,24	VYHOVÍ
	B286	NC186	4,79		z	200000,00	47,00	0,10	VYHOVÍ
	B770	NC26	2,58	UPE160	y	114000,00	26,79	0,10	VYHOVÍ
	B770	NC171	1,58		z	22600,00	5,31	0,30	VYHOVÍ
LÁVKA	B674	NC186	11,88	HEA160	y	220000,00	51,70	0,23	VYHOVÍ
	B673	NC186	4,66		z	77000,00	18,10	0,26	VYHOVÍ
	B569	NC186	0,92	IPE140	y	77300,00	18,17	0,05	VYHOVÍ
	B565	NC186	0,01		z	12300,00	2,89	0,00	VYHOVÍ
	B580	NC186	0,22	L70/6	---	7270,00	1,71	0,13	VYHOVÍ
	B596	NC186	2,65	IPE120	y	53000,00	12,46	0,21	VYHOVÍ
	B614	NC186	0,49		z	8650,00	2,03	0,24	VYHOVÍ
	B620	960,47	1,27	CHS76,1/4	---	15500,00	3,64	0,35	VYHOVÍ
STŘECHY	B150	NC186	2,57	HEB140	y	216000,00	50,76	0,05	VYHOVÍ
	B499	NC186	2,08		z	78500,00	18,45	0,11	VYHOVÍ
	B500	NC103	1,23	HEA140	y	155000,00	36,43	0,03	VYHOVÍ
	B500	NC221	0,09		z	55600,00	13,07	0,01	VYHOVÍ
	B737	NC105	4,79	IPE200	y	194000,00	45,59	0,11	VYHOVÍ
	B736	NC191	0,07		z	28500,00	6,70	0,01	VYHOVÍ
	B738	NC116	4,41	IPE180	y	146000,00	34,31	0,13	VYHOVÍ
	B741	NC184	0,04		z	22200,00	5,22	0,01	VYHOVÍ
	B743	NC188	6,73	UPE160	y	114000,00	26,79	0,25	VYHOVÍ
	B743	NC188	0,02		z	22600,00	5,31	0,00	VYHOVÍ
	B761	NC173	7,37	UPE140	y	85600,00	20,12	0,37	VYHOVÍ
	B753	NC215	0,02		z	18200,00	4,28	0,00	VYHOVÍ

Tabulka 5.4 - 1 – Posudek na ohyb

5.5 Posouzení MSP

Mezní stav použitelnost posouzen na základě průhybů v programu Scia engineer. Dovořená deformace $\delta_2 = L/500$ pro nosoucí sloupy. Věže A a B uvažovány jako nosoucí sloupy délky 25 metrů.

Věž A



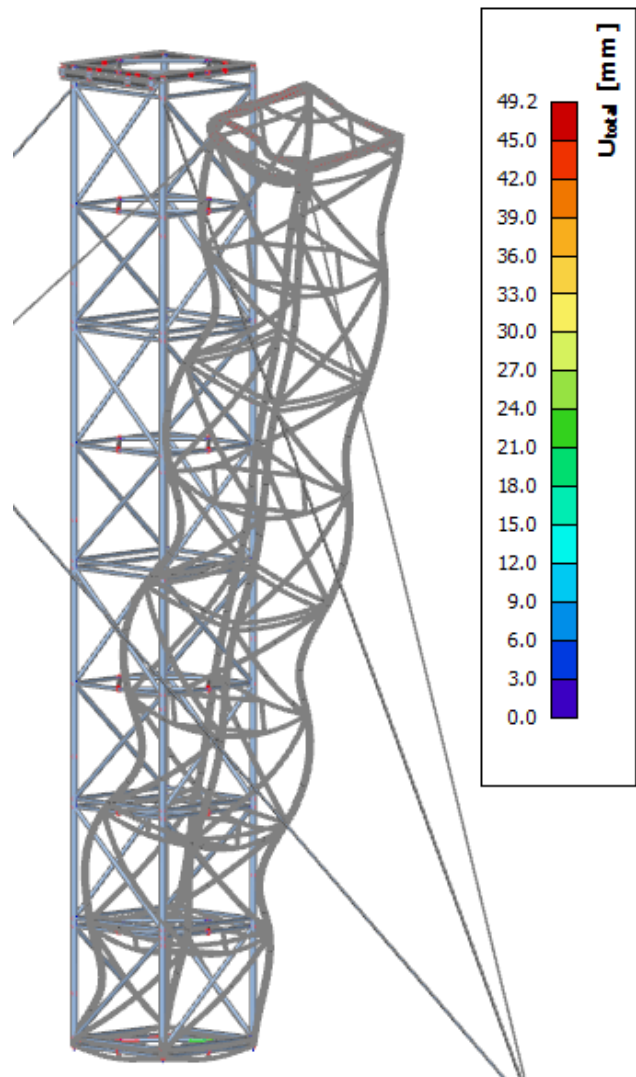
Obr. 5.6 - 1 – Detail deformace věže A

deformace od zatížení $\delta = 49,2$ mm

maximální dovolení zatížení $\delta_2 = L/500$

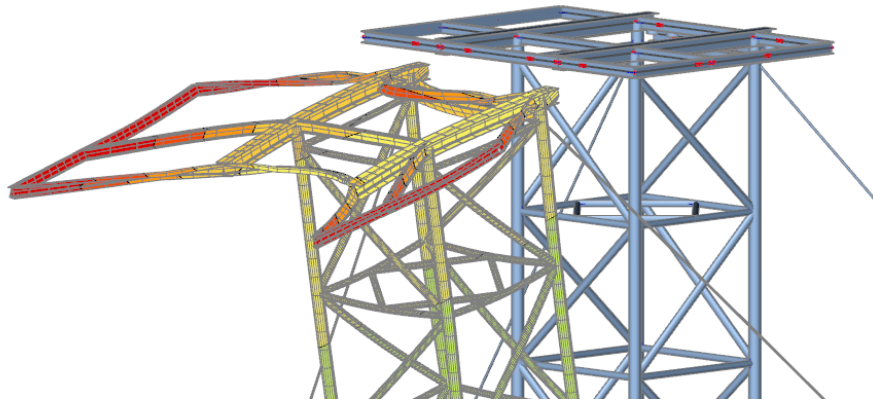
$\delta_2 = 2 \times 25\,000 / 500 = 100$ mm

$\delta_2 = 100$ mm $>$ $\delta = 49,2$ mm **VYHOVÍ**



Obr. 5.6 - 2 – Deformace věže A

Věž B



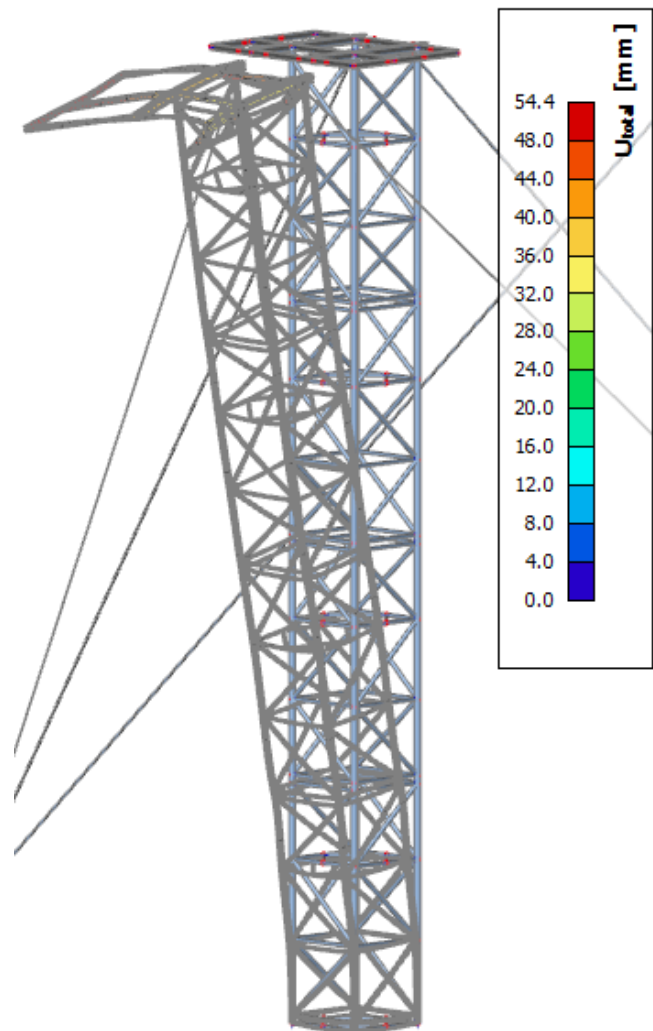
Obr. 5.6 - 3 – Detail deformace věže B

deformace od zatížení $\delta = 54,4$ mm

maximální dovolení zatížení $\delta_2 = L/500$

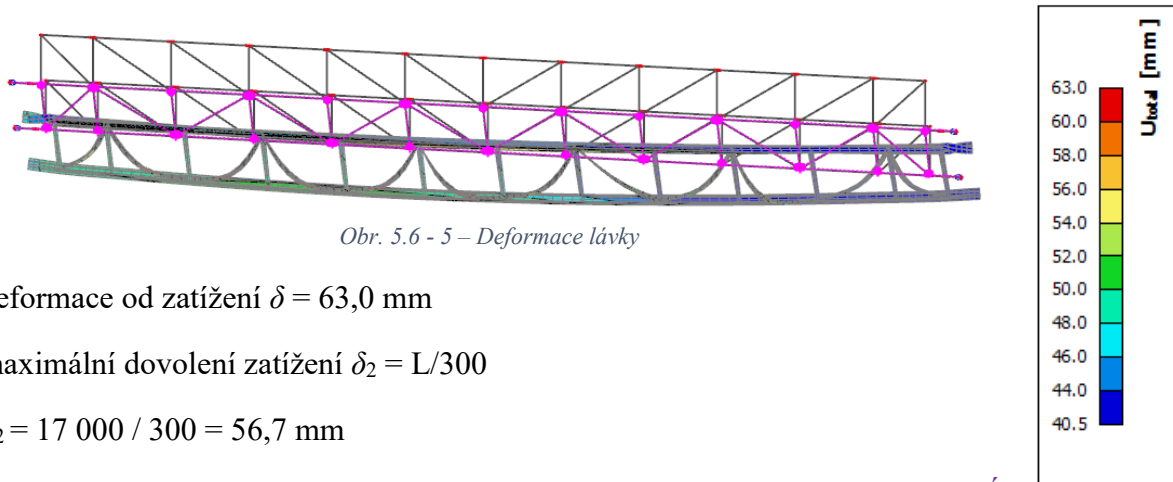
$$\delta_2 = 2 \times 25\,000 / 500 = 100 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 100 \text{ mm} > \delta = 54,4 \text{ mm} \quad \text{VYHOVÍ}$$



Obr. 5.6 - 4 – Deformace věže B

Lávka



Obr. 5.6 - 5 – Deformace lávky

deformace od zatížení $\delta = 63,0$ mm

maximální dovolení zatížení $\delta_2 = L/300$

$$\delta_2 = 17\,000 / 300 = 56,7 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 56,7 \text{ mm} > \delta = 63,0 \text{ mm}$$

NEVYHOVÍ

Průhybu lávky v tuto chvíli nic nebrání, v reálné konstrukci jsou konstrukčně přidáné prvky, které pomáhají celkové tuhosti konstrukce, které se ale v modelu nedají zohlednit. Jedná se například o zábradlí, které je po celém obvodu plošin i lávky,

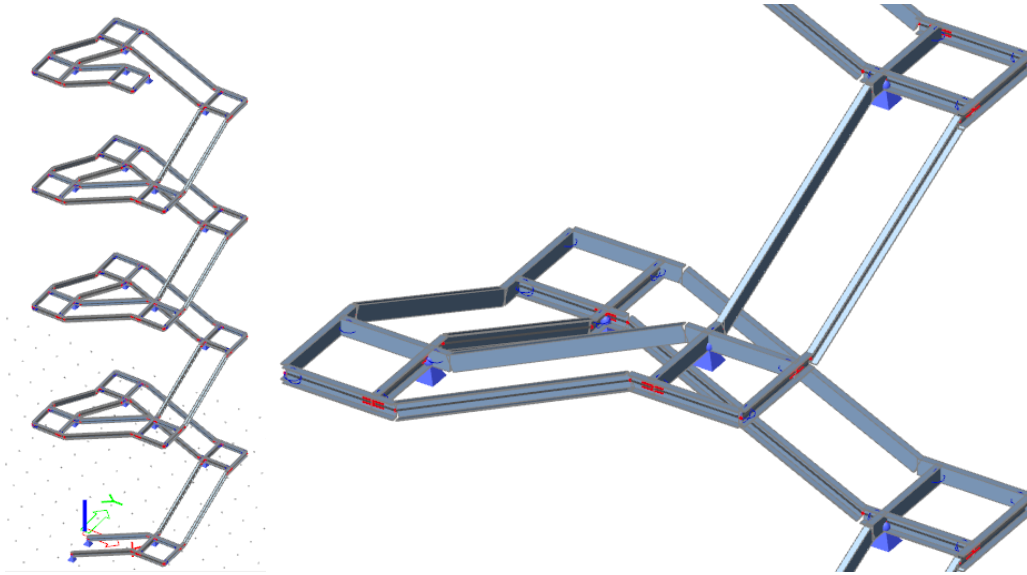
5.6 Posudek schodnice

Prut	Profil	Kombinace	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kN m]	M_y [kN m]	M_z [kN m]
B101	UPE220	CO53/1	-14,95	-0,04	-0,39	0,00	0,00	0,00
B51	UPE220	CO31/2	39,02	-0,01	-5,95	0,00	-9,62	-0,02
B14	UPE220	CO51/3	-1,06	-6,37	1,35	1,23	-2,88	-9,24
B116	UPE220	CO13/4	0,00	11,90	1,11	-0,20	-0,74	-8,19
B52	UPE220	CO31/2	32,75	-0,01	-22,26	-0,01	-16,27	-0,02
B92	UPE220	CO33/5	-0,21	3,43	15,45	-0,32	-17,10	-3,50
B1	UPE220	CO45/6	-4,98	-4,19	0,96	-2,42	1,45	-7,83
B75	UPE220	CO58/7	5,96	-3,81	-1,10	1,98	-3,19	-4,83
B56	UPE220	CO33/5	20,46	-0,19	-16,62	-0,28	-17,73	-0,70
B45	UPE220	CO33/5	-2,03	0,06	-7,09	0,09	6,50	-0,07
B115	UPE220	CO13/4	4,61	-3,52	-2,11	-0,09	-0,94	-9,51
B12	UPE220	CO51/3	-0,11	3,52	2,14	-0,01	1,82	5,25

Tabulka 5.6 - 1 – Vnitřní síly na schodnicích

Poznámka: Označené hodnoty jsou extrémy, které jsou použity pro posudky.

Schodnice byly posouzeny na maximální tahovou i tlakovou sílu. Dále byl proveden posudek ohybových momentů na obě osy. Kroutící moment byl při posudku zanedbán. Posudky na kombinaci ohybového momentu a vzpěrného tlaku nebyly provedeny, jelikož maximální hodnoty s příslušnými vnitřními silami nám tuto kombinaci neumožňují.



Obr. 5.6 - 1 – Model schodiště

- Posudek schodnic na tah:

Prut	Kombinace	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	Posudek
B51	CO31	39,02	UPE220	3390	796,65	0,05	VYHOVÍ

Tabulka 5.6 - 2 – Posudky na tah

- Posudek schodnic na vzpěrný tlak:

Prut	Kombinace	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	Směr	L [m]	L_{cr}/L	L_{cr} [m]	I [mm ⁴]
B101	CO53	14,95	UPE220	3390,00	y	3,54	1,00	3,54	26800000
		14,95		3390,00	z	3,54	1,00	3,54	2470000

Tabulka 5.6 - 3 – Posudky na vzpěrný tlak 1

Pokračování tabulky 5.6 - 3

Prut	Kombinace	N_{cr} [kN]	k_b	$\bar{\chi}$	Φ	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	Posudek
B101	CO53	4437,50	296,82	0,42	0,64	39,79	0,88	704,80	0,02	VYHOVÍ
		408,98	27,36	1,40	1,77	131,07	0,35	279,49	0,05	VYHOVÍ

Tabulka 5.6 - 4 – Posudky na vzpěrný tlak 2

- Posudek schodnic na ohyb:

Prut	Kombinace	M_{Ed} [kN m]	Profil	Směr	W [mm ³]	M_{Rd} [kN m]	M_{Ed}/M_{Rd}	Posudek
B56	CO33	17,73	UPE220	y	244000	57,34	0,31	VYHOVÍ
B115	CO13	9,51	UPE220	z	42500	9,99	0,95	VYHOVÍ

Tabulka 5.6 - 5 – Posudky na ohyb

6 Návrh a posouzení vybraných spojů

6.1 Teorie pro výpočet spojů

Spoje byly navrhnuty s pomocí normy [6].

6.1.1 Koutový svar

Průřezové charakteristiky svaru jsou určeny vztahy:

$$A_{\text{SVAR}} = 2 \times a \times L_a \quad (25)$$

$$W_{\text{SVAR}} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L_a^3 \quad (26)$$

kde A_{SVAR} je plocha svaru v mm^2 , W_{SVAR} je modul průřezu svaru v mm^3 , a je účinná tloušťka svaru v mm a L_a jeho délka v mm.

Napětí namáhající svar má následující vztahy:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{A_{\text{SVAR}}} \quad (27)$$

$$\sigma_W = \frac{M}{W_{\text{SVAR}}} \quad (28)$$

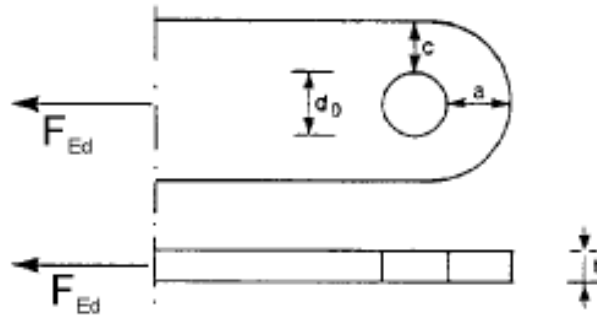
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_W}{\sqrt{2}} \quad (29)$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} \quad (30)$$

kde τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s osou svaru v MPa, σ_{\perp} je normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru v MPa, τ_{\perp} je smykové napětí kolmé na osu svaru v MPa a σ_W je napětí ve svaru vyvolané ohybovým momentem. Vztah (30) znázorňuje posudek svaru, závislý na zmíněných napětích.

6.1.2 Čepový přípoj

Geometrie čepového spoje se dělí na dva typy, typ A a B. Tato práce se zabývá typem A, kde je známá tloušťka t , typem B je určena geometrie a zjišťuje se požadované tloušťka t a otvor d_0 . Hledané vzdálenosti a_p a c_p jsou určeny vztahy (31) a (32).



Obr. 6.1 -1 – Geometrie čepového spoje typu A [6]

$$a_p \geq \frac{N_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{2 \times d_0}{3} \quad (31)$$

$$c_p \geq \frac{N_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{d_0}{3} \quad (32)$$

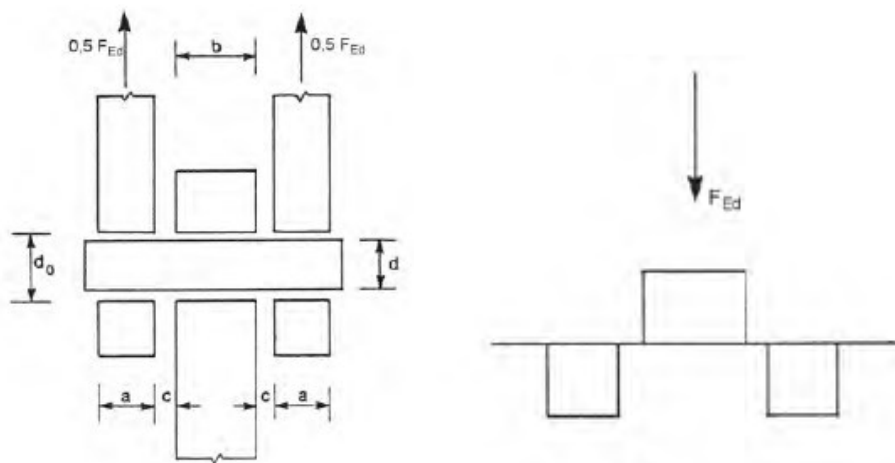
Únosnost čepu ve stříhu $F_{v,Rd}$ se určí vztahem (33), únosnost plechu a čepu v otažení $F_{b,Rd}$ se pak určí vztahem (34).

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times A \times f_{up}}{\gamma_{M2}} \quad (33)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \times t \times d \times f_y}{\gamma_{M0}} \quad (34)$$

kde A je plocha čepu v mm^2 , f_{up} je mez pevnosti čepu v MPa, průměr čepu značen d je v mm, tloušťka značená t je taktéž v mm a f_y je mez kluzu čepu nebo spojované části, vybírá se menší z daných hodnot.

Únosnost čepu v ohybu se značí M_{Rd} a vypočítá se pomocí vztahu (35), návrhový moment M_{Ed} závisí na geometrii konstrukce, která je znázorněna v obrázku 6.1 - 2.

Obr. 6.1 - 2 – Geometrie pro výpočet M_{Ed} [6]

$$M_{Rd} = 1,5 \times \frac{W_{el} \times f_{yp}}{\gamma_{M0}} \quad (35)$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \times (b_M + 4 \times c_M + 2 \times a_M) \quad (36)$$

kde f_{yp} je mez kluzu čepu v MPa a hodnoty a_M , b_M a c_M jsou znázorněny v geometrii obrázku 6.1 – 2 (bez indexu M).

Posudek na kombinaci tahové a momentové únosnosti má tento tvar:

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right]^2 < 1 \quad (37)$$

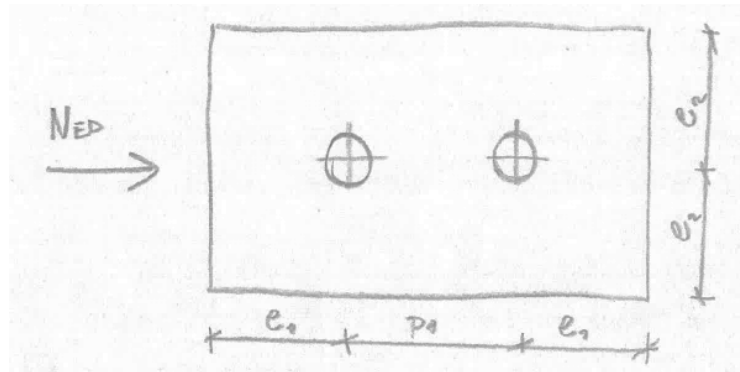
6.1.3 Šroubový přípoj

Únosnost ve stříhu jedné stříhové plochy $F_{v,Rd}$ se vypočítá:

$$F_{v,Rd} = 2 \times \frac{\alpha_v \times f_y \times A_s}{\gamma_{M2}} \quad (38)$$

kde α_v je součinitel, který se rovná 0,6 pro šrouby s pevnostmi 4.6, 5.6 a 8.8, f_{ub} je mez pevnosti v MPa a A_s je plocha závitu šroubu v mm^2 .

Únosnost v otláčení $F_{b,Rd}$ závisí na součinitelích k_1 a α_b , které jsou určeny geometrií nebo příslušnými pevnostmi spojovacích prostředků.



Obr. 6.1 - 3 – Geometrie pro součinitele k_1 a α_b

$$k_1 = \min \left[2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \right] \quad (39)$$

$$\alpha_b = \min \left[\begin{array}{l} 1 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \times d_0} \\ \frac{p_1}{3 \times d_0} \end{array} \right] \quad (40)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} \quad (41)$$

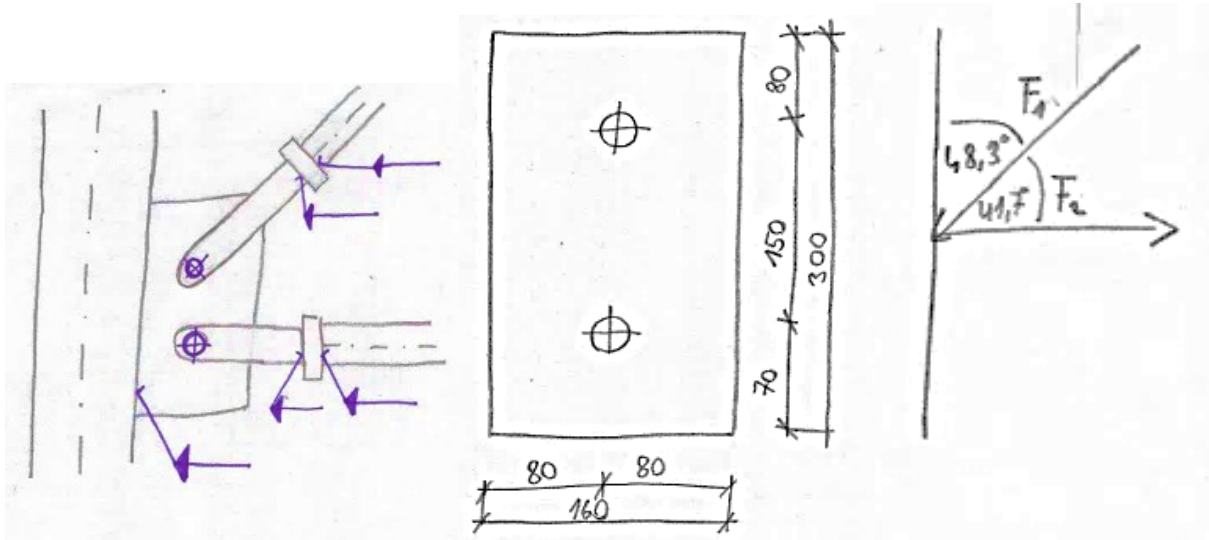
Únosnost oslabeného průřezu v tahu $N_{U,Rd}$ se zjistí ze vztahu:

$$N_{U,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} \quad (42)$$

kde A_{net} je plocha oslabeného průřezu v mm^2 a f_u mez pevnosti v MPa

6.2 Styčnick

Byl vybrán nejvíce namáhaný styčnick obou věží. Jedná se o styčnick na věži A, který je v dolní části konstrukce. Vybraný styčnick byl navrhnout a posouzen na svary znázorněné v obr. 6.1. Dále byly posouzeny čepové spoje a únosnost v tahu v oslabeném průřezu v místě čepů.



Obr. 6.1 - 1 – Schéma styčnicku

Obr. 6.1 - 2 – Geometrie desky

Obr. 6.1 - 3 – Síly působící na styčnick

$$F_1 = N_{Ed,1} = 89,16 \text{ kN}$$

$$F_2 = N_{Ed,2} = 20,92 \text{ kN}$$

6.2.1 Posouzení svaru desky na sloup

$$F_{||} = \sum F_z = \sin 41,7^\circ \times 89,16 = 59,31 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = \sum F_y = 0 \text{ kN}$$

$$M = 0,07497 \times 89,16 \times \sin 48,3^\circ + 0,05 \times 20,92 \times \sin 90^\circ = 6,04 \text{ kN m}$$

$$A_{S\text{VAR}} = 2 \times a \times L_a = 2 \times 4 \times 300 = 2\,400 \text{ mm}^2$$

$$W_{S\text{VAR}} = 2 \times \frac{1}{6} \times 4 \times 300^2 = 120\,000 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{||} = \frac{F_{||}}{A_{S\text{VAR}}} = \frac{59\,310}{2\,400} = 24,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{M}{W_{S\text{VAR}}} = \frac{6\,040\,000}{120\,000} = 50,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{50,33}{\sqrt{2}} = 35,59 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}}$$

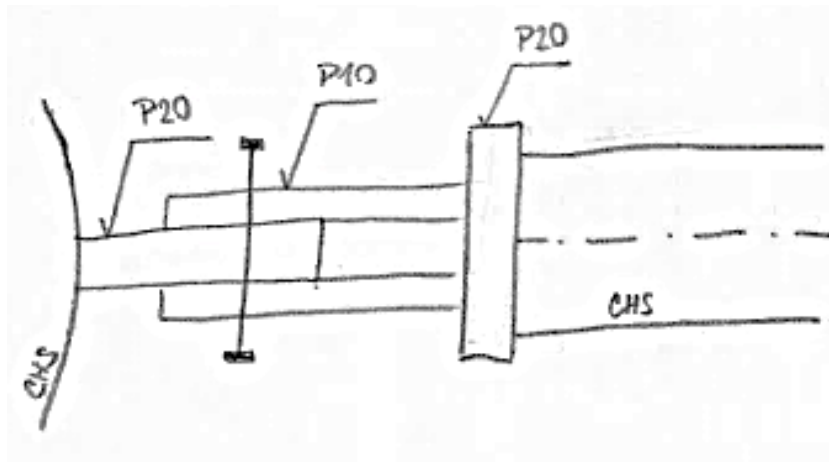
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{35,59^2 + 3 \times (35,59^2 + 24,71^2)} = 83,06 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 83,06 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

6.2.2 Přípoj diagonály



Obr. 6.2 - 4 – Schéma přípoje diagonály a horizontály

- Svar diagonály k desce

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} \geq \sigma$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_{SVAR}} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \times a \times L_a} = \frac{89\,160}{\sqrt{2} \times 3 \times \pi \times 108} = 61,94 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 61,94 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

- Svar desky k příložkám

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} \geq \sigma$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_{SVAR}} = \frac{N_{Ed}}{2 \times \sqrt{2} \times a \times L_a} = \frac{89\,160}{2 \times \sqrt{2} \times 3 \times 80} = 131,35 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 131,35 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

- **Posouzení čepu**

Návrh $a_p = 60 \text{ mm}$

$$c_p = 40 \text{ mm}$$

$$a_p \geq \frac{F_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{2 \times d_0}{3} = \frac{89\,160 \times 1}{2 \times 10 \times 235} + \frac{2 \times 26}{3} = 36,30 \text{ mm}$$

$$c_p \geq \frac{F_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{83\,310 \times 1}{2 \times 10 \times 235} + \frac{26}{3} = 27,64 \text{ mm}$$

GEOMETRIE VYHOVÍ

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times A \times f_{up}}{\gamma_{M2}} = 2 \times \frac{0,6 \times (12^2 \times \pi) \times 510}{1,25} \times 10^{-3} = 221,49 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \times t \times d \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \times 20 \times 24 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 169,20 \text{ kN}$$

$$\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 169,20 \text{ kN} > N_{Ed} = 8916 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

$$M_{Rd} = 1,5 \times \frac{W_{el} \times f_{yp}}{\gamma_{M0}} = 1,5 \times \frac{24^3 \times \pi}{32} \times 355 \times 10^{-6} = 0,72 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \times (b_M + 4 \times c_M + 2 \times a_M) =$$

$$= \frac{89,16}{8} \times (20 + 4 \times 1 + 2 \times 10) \times 10^{-3} = 0,49 \text{ kN m}$$

$$M_{Rd} = 0,72 \text{ kN m} > M_{Ed} = 0,49 \text{ kN m}$$

VYHOVÍ

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{N_{v,Ed}}{N_{v,Rd}} \right]^2 = \left[\frac{0,49}{0,72} \right]^2 + \left[\frac{89,16}{221,49} \right]^2 = 0,63 < 1$$

VYHOVÍ

- **Příložky v tahu**

$$N_{U,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 2 \times 10 \times (80 - 24) \times 360}{1,25} = 290,30 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \times 10 \times 80 \times 235}{1} = 376,00 \text{ kN}$$

$$\min(N_{U,Rd}; N_{t,Rd}) = 290,30 \text{ kN} > N_{Ed} = 89,16 \text{ kN}$$

6.2.3 Přípoj horizontály

Schéma připojení lze vidět na obrázku 6.1 - 4. Pro návrh byla použita maximální tahová síla $N_{Ed} = 25,90$ kN

- **Svar horizontály k desce**

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} \geq \sigma$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_{SVAR}} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \times a \times L_a} = \frac{25\,900}{\sqrt{2} \times 3 \times \pi \times 88,9} = 21,86 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 21,86 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

- **Svar desky k příložkám**

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} \geq \sigma$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_{SVAR}} = \frac{N_{Ed}}{2 \times \sqrt{2} \times a \times L_a} = \frac{25\,900}{2 \times \sqrt{2} \times 3 \times 60} = 50,87 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 50,87 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

- **Posouzení čepu**

Návrh $a_p = 40$ mm

$c_p = 30$ mm

$$a_p \geq \frac{F_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{2 \times d_0}{3} = \frac{25\,900 \times 1}{2 \times 10 \times 235} + \frac{2 \times 24}{3} = 21,51 \text{ mm}$$

$$c_p \geq \frac{F_{Ed} \times \gamma_{M0}}{2 \times t \times f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{25\,900 \times 1}{2 \times 10 \times 235} + \frac{24}{3} = 13,51 \text{ mm}$$

GEOMETRIE VYHOVÍ

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times A \times f_{up}}{\gamma_{M2}} = 2 \times \frac{0,6 \times (11^2 \times \pi) \times 510}{1,25} \times 10^{-3} = 186,11 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \times t \times d \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \times 20 \times 22 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 155,10 \text{ kN}$$

$$\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 155,10 \text{ kN} > N_{Ed} = 25,90 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

$$M_{Rd} = 1,5 \times \frac{W_{el} \times f_{yp}}{\gamma_{M0}} = 1,5 \times \frac{22^3 \times \pi}{32} \times 355 \times 10^{-6} = 0,56 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \times (b_M + 4 \times c_M + 2 \times a_M) =$$

$$= \frac{25\,900}{8} \times (20 + 4 \times 1 + 2 \times 10) \times 10^{-3} = 0,21 \text{ kN m}$$

$$M_{Rd} = 0,56 \text{ kN m} > M_{Ed} = 0,05 \text{ kN m}$$

VYHOVÍ

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{N_{v,Ed}}{N_{v,Rd}} \right]^2 = \left[\frac{0,21}{0,56} \right]^2 + \left[\frac{25,90}{186,11} \right]^2 = 0,16 < 1$$

VYHOVÍ

- **Příložky v tahu**

$$N_{U,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 2 \times 10 \times (60 - 22) \times 360}{1,25} = 196,99 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \times 10 \times 60 \times 235}{1} = 282,00 \text{ kN}$$

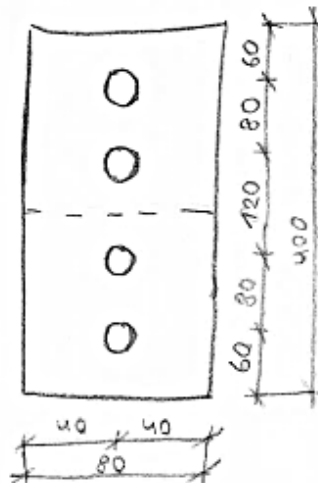
$$\min(N_{U,Rd}; N_{t,Rd}) = 196,99 \text{ kN} > N_{Ed} = 25,90 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

6.3 Montážní styk

6.3.1 Varianta A

Stávající stav rozhledny je řešen montážním stykem pomocí křidélek. Návrh čtyř křidélek pro maximální tahovou sílu $N_{t,Ed} = 242,43 \text{ kN}$. Síla pro jedno křídélko je $60,61 \text{ kN}$.



Obr. 6.3 - 1 – Geometrie křídélka

- **Svar křídélka ke sloupu**

$$\tau_{||} = \frac{N_{Ed}}{2 \times a \times L_a} = \frac{60\,610}{2 \times 4 \times 200} = 37,88 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{N_{Ed} \times e}{W_{SVAR}} = \frac{60\,610 \times 40}{\sqrt{2} \times \frac{1}{6} \times 4 \times 200^2} = 64,29 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{64,29^2 + 3 \times (64,29^2 + 37,88^2)} = 144,35 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 144,35 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

- **Posouzení šroubů**

$$F_{v,Rd} = 2 \times \frac{\alpha_v \times f_y \times A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \times \frac{0,6 \times 800 \times 157}{1,25} \times 10^{-3} = 120,58 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left[\begin{array}{c} 2,5 \\ 2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \times \frac{40}{18} - 1,7 = 4,52 \end{array} \right] = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left[\begin{array}{c} \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3 \times d_0} = \frac{60}{3 \times 18} = 1,11 \\ \frac{p_1}{3 \times d_0} = \frac{80}{3 \times 18} = 1,48 \end{array} \right] = 1$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 16 \times 20 \times 360}{1,25} \times 10^{-3} = 230,40 \text{ kN}$$

$$\min(F_{b,Rd}; F_{v,Rd}) = 120,58 \text{ kN} > \frac{N_{t,Ed}}{4 \times 2} = \frac{242,43}{4 \times 2} = 30,30 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

- **Příložky**

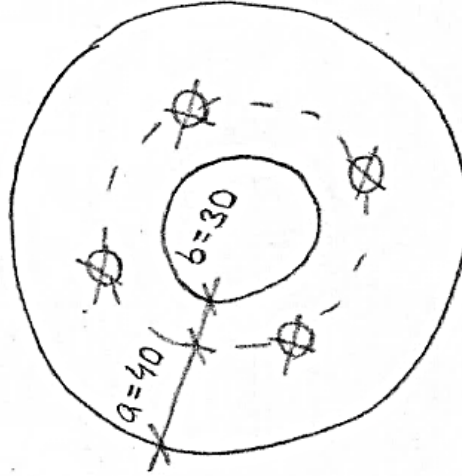
$$N_{U,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 2 \times 10 \times (80 - 18) \times 360}{1,25} = 321,41 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \times 10 \times 80 \times 235}{1} = 376,00 \text{ kN}$$

$$\min(N_{U,Rd}; N_{t,Rd}) = 321,41 \text{ kN} > \frac{N_{Ed}}{4} = 60,61 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

6.3.2 Varianta B

Výpočet je proveden zjednodušeně podle starší normy [7]. V případě nezachování stávající konstrukce věží by bylo estetičtější navržnutí kontaktního montážního styku.



Obr. 6.3 - 2 – Geometrie spoje

$$N_{Ed} = 242,43 \text{ kN}$$

$$t = 25 \text{ mm}$$

Šrouby M16

$$t_e = 4,3 \times \left(\frac{b \times d^2}{a} \right)^{\frac{1}{3}} = 4,3 \times \left(\frac{30 \times 16^2}{40} \right)^{\frac{1}{3}} = 24,81 \text{ mm}$$

$$R_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 157}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

$$R_{t,Rd} = 90,43 \text{ kN} > \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{242,43}{4} = 60,61 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

$t_e < t \rightarrow$ nenastává páčení

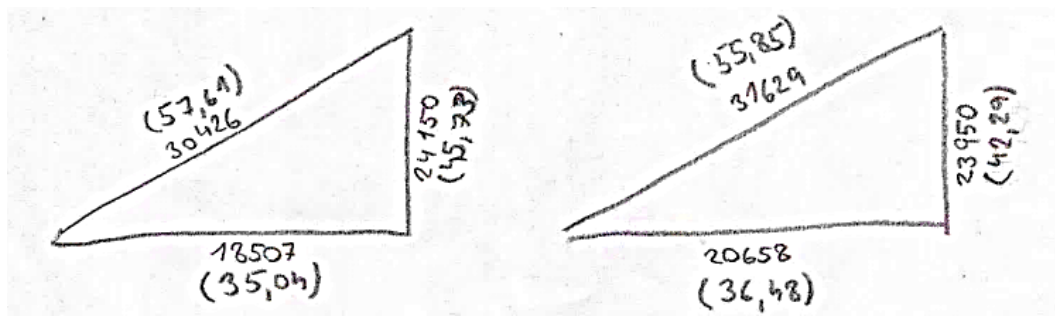
Tloušťka desky vyhoví, ale i tak se přidají 4 výztuhy pro zlepšení vlastností spoje.

6.4 Patky a kotvení

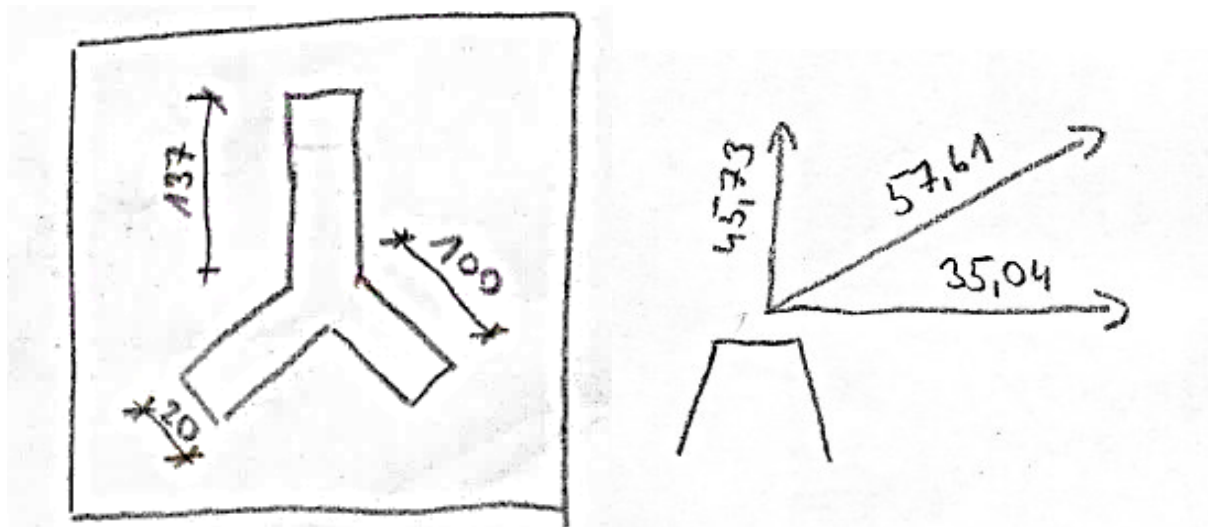
Patky sloupů i patky pro kotvení táhel byly zběžně navrženy programem FIXPERIENCE společností Fischer. Oba posudky jsou součástí práce jako příloha C a příloha D.

6.4.1 Patka kotvící lana

Geometrie profilu patky pro uchycení táhel není přesná a posudek svaru profilu na desku je proveden zvlášť, přičemž do výpočtu se nezahrnuje stojina, ale pouze pásnice:



Obr. 6.4 - 1 – Síly pro návrh patky



Obr. 6.4 - 1 – Geometrie reálného profilu

Obr. 6.4 - 2 – Rozložení síly jednoho táhla působící na patku

$$F_{\parallel} = \sum F_x = 35,04 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = \sum F_y = 0 \text{ kN}$$

$$M = 0,05 \times 45,73 = 2,29 \text{ kN m}$$

$$A_{\text{SVAR}} = 2 \times a \times L_a = 2 \times 5 \times 100 = 1\,000 \text{ mm}^2$$

$$W_{\text{SVAR}} = 2 \times \frac{1}{6} \times 5 \times 100^2 = 16\,667 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{A_{\text{SVAR}}} = \frac{35\,040}{1\,000} = 35,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{M}{W_{\text{SVAR}}} = \frac{2\,290\,000}{16\,667} = 137,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{137,40}{\sqrt{2}} = 97,15 \text{ MPa}$$

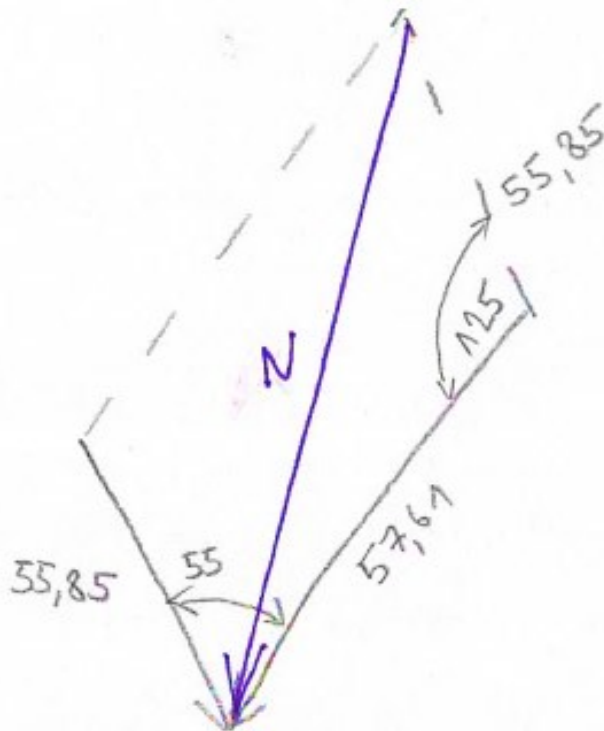
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{97,15^2 + 3 \times (35,04^2 + 97,15^2)} = 203,59 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

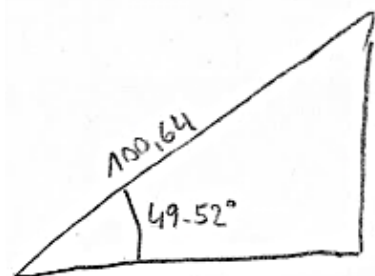
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 203,59 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_W \times \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ



Obr. 6.4 - 3 – Výslednice sil z obou táhel

$$N = \sqrt{55,85^2 + 57,61^2 - 2 \times 57,61 \times 55,85 \times \cos(125)} = 100,64 \text{ kN}$$



Obr. 6.4 - 3 – Rozdělení výslednice do kolmých směrů

$$F_x = 100,64 \times \cos(50) = 64,69 \text{ kN}$$

$$F_z = 100,64 \times \sin(50) = 77,09 \text{ kN}$$

$$V = \frac{F_z}{\gamma_c} = \frac{77,09}{21,00} = 3,67 \text{ m}^3$$

Je potřeba 3,67 m³ betonu pod patkou kotvící táhla. Volba hloubky zabetonování 1,5 m. Se zvolenou hloubkou vychází minimální půdorysný rozměr patky 1,56 m × 1,56 m. Výsledná velikost patky již začíná být velká a lepší variantou bude kotvení mikropilotami.

7 Dynamika

Do obou modelů byly přidány hmoty z vlastní tíhy konstrukce pro modální analýzu. Následně byly vypočítány vlastní frekvence a tvary konstrukcí obou modelů. Kapitola se zabývá jednoduchým porovnáním těchto proměnných.

Frekvence modelu s táhly

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,99	12,53	157,00	0,50
2	2,07	12,98	168,50	0,48
3	2,30	14,47	209,44	0,43
4	2,35	14,79	218,81	0,42
5	2,95	18,54	343,74	0,34
6	3,09	19,40	376,22	0,32
7	3,23	20,29	411,51	0,31
8	3,37	21,16	447,68	0,30
9	3,72	23,40	547,37	0,27
10	3,95	24,82	616,09	0,25
11	4,46	28,00	783,89	0,22
12	4,82	30,26	915,43	0,21
13	5,02	31,53	994,41	0,20
14	5,06	31,79	1010,36	0,20
15	5,06	31,79	1010,87	0,20
16	5,07	31,83	1012,87	0,20
17	5,07	31,83	1012,87	0,20
18	5,07	31,88	1016,65	0,20
19	5,13	32,26	1040,46	0,19
20	5,18	32,55	1059,36	0,19
21	5,22	32,77	1073,85	0,19

Tabulka 7 - 1 – vlastní frekvence s táhly

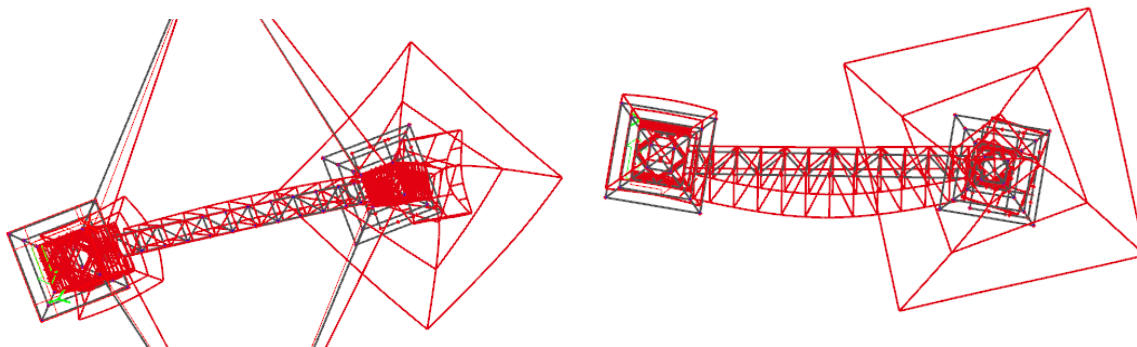
Frekvence modelu bez táhel

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,44	9,06	82,09	0,69
2	1,66	10,45	109,27	0,60
3	1,84	11,53	132,93	0,54
4	2,07	12,98	168,46	0,48
5	2,30	14,48	209,73	0,43
6	2,35	14,75	217,47	0,43
7	3,09	19,40	376,24	0,32
8	3,17	19,95	397,83	0,32
9	3,70	23,22	539,00	0,27
10	3,89	24,43	596,99	0,26
11	4,38	27,50	756,50	0,23
12	4,81	30,24	914,60	0,21
13	4,90	30,81	949,27	0,20
14	4,96	31,19	972,56	0,20
15	5,02	31,53	994,25	0,20
16	5,06	31,79	1010,36	0,20
17	5,06	31,79	1010,87	0,20
18	5,07	31,83	1012,87	0,20
19	5,07	31,83	1012,87	0,20
20	5,18	32,52	1057,43	0,19
21	5,21	32,73	1071,10	0,19

Tabulka 7 - 2 – vlastní frekvence bez táhel

Z porovnání hodnot frekvencí můžeme pozorovat, že táhla nám s jistotou vylepšují dynamické účinky zatížení. Nejnižší frekvence, na které model s táhly kmitá je 1,99 Hz, zatímco model bez táhel kmitá už na 1,44 Hz. Dále můžeme vyzorovat určité frekvence, které mají totožnou hodnotu, jak pro model s táhly, tak pro model bez táhel. Jedná se o lokální deformace konstrukce, na které působení táhel nemá vliv. Jedná se například o torzi střešní konstrukce, která působí na frekvenci 2,35 Hz.

Vlastní tvary konstrukcí pro frekvenci $f = 2,35$ *Obr. 7 - 1 – Vlastní tvar $f = 2,35$, s táhly**Obr. 7 - 2 – Vlastní tvar $f = 2,35$, bez táhel*

Vlastní tvary konstrukce bez táhel mají „čistší“ průběh. Je velice těžké najít identický globální vlastní tvar pro obě konstrukce, jelikož chování táhel značně ovlivňuje vlastní tvary konstrukce. Z tohoto důvodu nemohl být proveden detailnější rozbor globálních tvarů a jejich srovnání.

Výběr některých důležitých vlastních tvarů obou konstrukcí je k nahlédnutí v příloze E.

8 Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena především na návrh a posudek hlavních nosných prvků ocelové konstrukce. Pozornost byla věnována i seznámení se s danou konstrukcí, jejímu popisu, současnému stavu a historii. Bylo stanoveno stálé, užité a především klimatické zatížení, jež je dominantní pro tento typ konstrukce. Velký důraz byl kladen na vytvořený model v programu Scia engineer, jehož správnost byla ověřena na jednoduchém příkladu.

Po vytvoření modelu se pomocí vypočteného zatížení nadefinovaly zatěžovací stavy a jejich kombinace. Zajímavostí na konstrukci byla 4 táhla. Z tohoto důvodu byly vytvořeny dva identické modely a do jednoho byla přidána navrhovaná táhla, díky nimž se uskutečnila řada srovnání výsledků lineární a nelineární analýzy.

Všechny pruty byly úspěšně posouzeny na tahovou, tlakovou i ohybovou únosnost. Návrh byl doprovázen posouzením nejkritičtějších spojů, jež byly úspěšně posouzeny. Patky byly posouzeny programem Fixperience od společnosti Fischer. Mimo posudek na mezní stav únosnosti, byl proveden i posudek pro mezní stav použitelnosti, jež vyhověl pro obě věže rozhledny, pro konstrukci lávky však ne. Práce se okrajově zabývala i modální analýzou, vlastními tvary konstrukcí a jejich srovnáním.

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Miroslavovi Rosmanitovi, Ph.D. za ochotu bezpodmínečně pomoci v každé situaci, strávený čas během konzultací a cenné rady, které mi byly poskytovány po celou dobu tvorby bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala Ing. Davidovi Mikoláškoví, Ph.D. za odbornou pomoc a rady během tvorby modelu v programu Scia engineer.

9 Seznam literatury

Normy

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 76 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: *Zatížení – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: *Zatížení – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 52 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: *Zatížení – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 124 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 128 s.
- [7] ČSN 73 1401: *Navrhování ocelových konstrukcí*. 1. Praha: Český normalizační institut, 1995. 140 s.

Internetové zdroje

- [8] KONSTRUKCE. *Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. Ostrava: Ing. Lukášek Michal, 2012 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/rozhledna-hranicni-vrch-mesto-albrechtice-prestavba-antennich-vezi-na-rozhlednu/>
- [9] ČESKÝ ROZHLAS. *Český rozhlas* [online]. Ostrava: Nad' a Čvančarová, 2014 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://ostrava.rozhlas.cz/rozhledna-hranicni-vrch-ve-meste-albrechtice-zaujme-uz-napohled-6972854>
- [10] ŠTIČKA DAVID. *Fotovoltaické systémy* [online]. Radslavice: Davis Štíčka, c2015-2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/mapy/.cz/>
- [11] JESENÍKY: turistika. *Jeseníky info* [online]. Jeseníky, c2002-2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.jeseniky.net/rozhledna-hranicni-vrch-albrechtice>

Seznam příloh

Příloha A	Zatěžovací stavy
Příloha B	Systém konstrukčních táhel Macalloy
Příloha C	Návrh kotvení sloupů programem Fixperience
Příloha D	Návrh kotvení patek programem Fixperience
Příloha E	Vlastní tvary
Výkres č. 1	Pohled, půdorys
Výkres č. 2	Věž A
Výkres č. 3	Věž B
Výkres č. 4	Lávka
Výkres č. 5	Detaily

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ

PŘÍLOHY

Ocelová dvojrozhledna, Hraniční vrch
Steel double-view tower, „Hranicni vrch“

Student:

Kateřina Uhlířová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

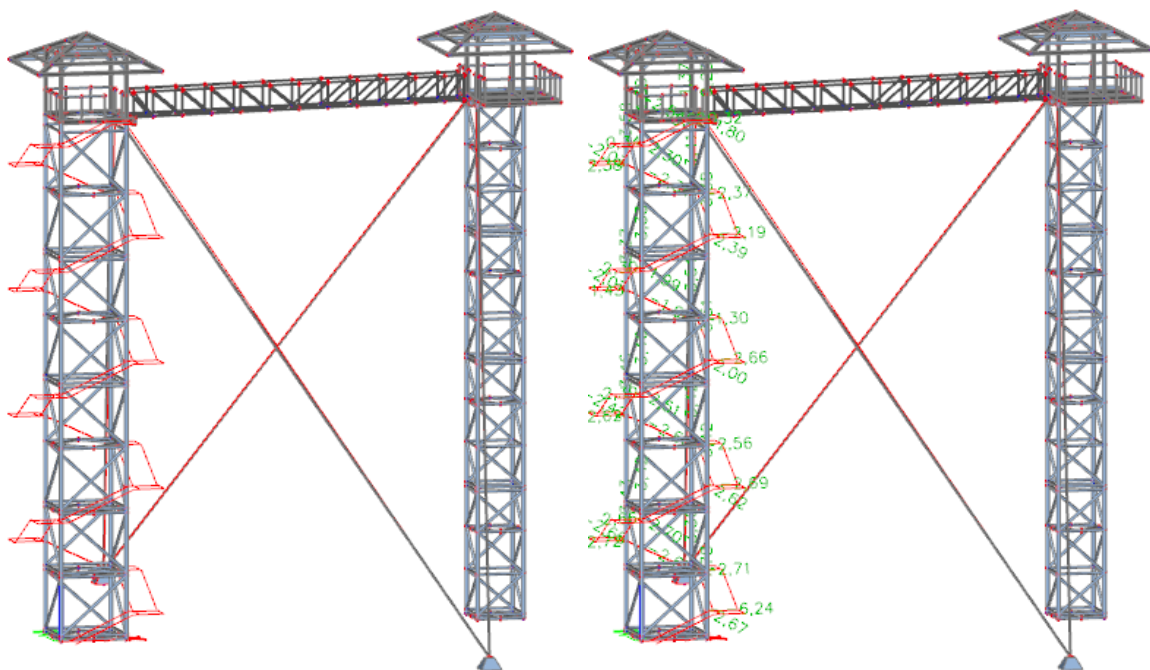
V Ostravě 2019

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

VĚŽE

SCHODIŠTĚ

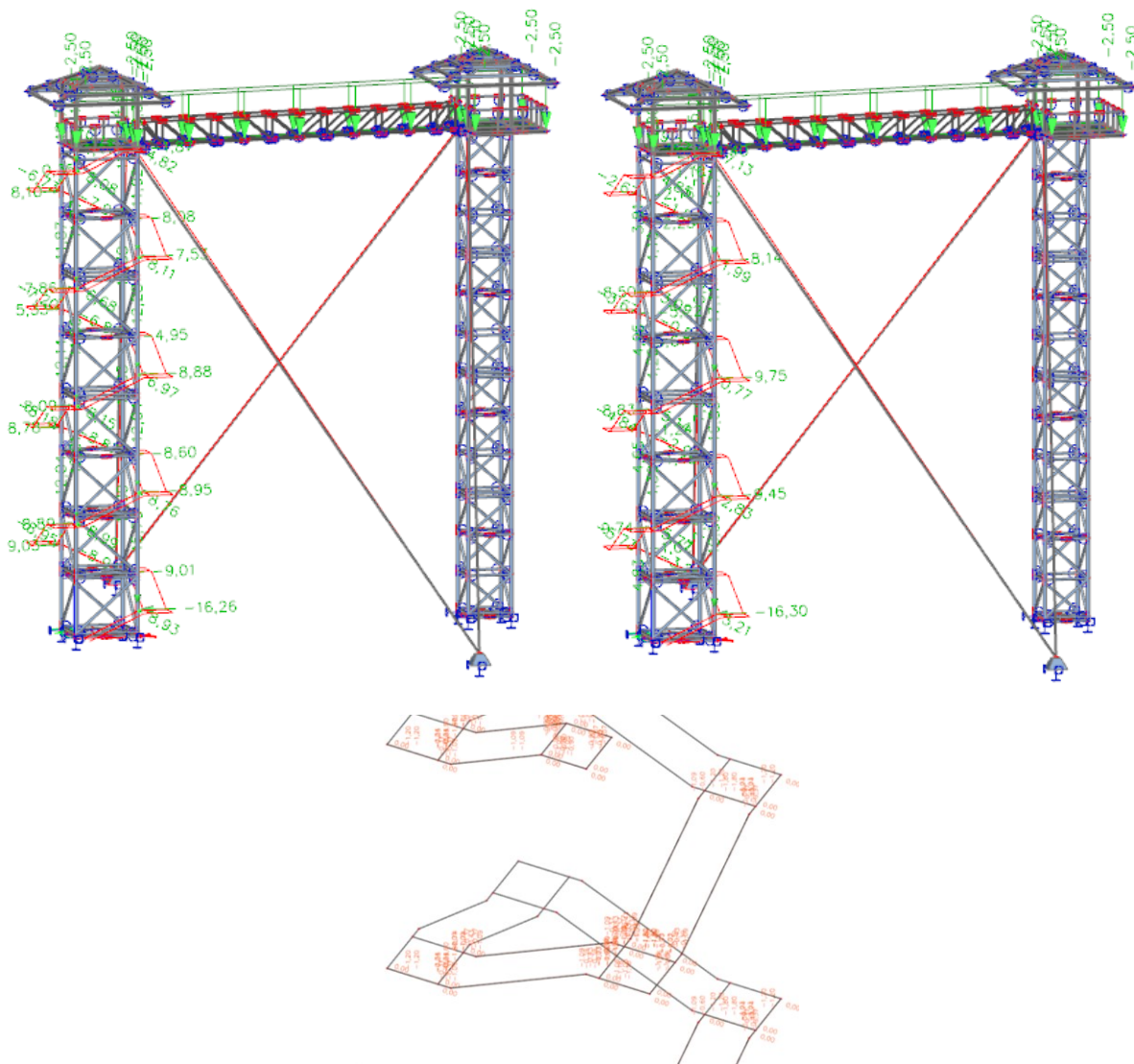
Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy	
ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS1 stálé - věže	ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS2 stálé - schodiště
ZS2 stálé - schodiště	Popis		ZS2 stálé - schodiště	Popis	
ZS3 užité - plné	Typ působení	Stálé	ZS3 užité - plné	Typ působení	Stálé
ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	SZ1	ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	SZ1
ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Vlastní tíha	ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Standard
ZS6 vítr - podélný1-1	Směr	-Z	ZS6 vítr - podélný1-1	Fáze pro spříazený výpočtový mo...	Finální fáze, dlouhodobá
ZS7 vítr - podélný1-2	Fáze pro spříazený výpočtový mo...	Finální fáze, dlouhodobá	ZS7 vítr - podélný1-2		
ZS8 vítr - podélný2-1			ZS8 vítr - podélný2-1		
ZS9 vítr - podélný2-2			ZS9 vítr - podélný2-2		
ZS10 vítr - příčný1			ZS10 vítr - příčný1		
ZS11 vítr - příčný2			ZS11 vítr - příčný2		



Stálé zatížení určuje vlastní tíhu konstrukce. Vlastní tíha věží je určena programem Scia engineer. Při výpočtu tíhy konstrukce schodiště se reakce odděleného modelu přenesla do hlavního, kde nám vlastní tíha schodiště působila jako „Standart“.

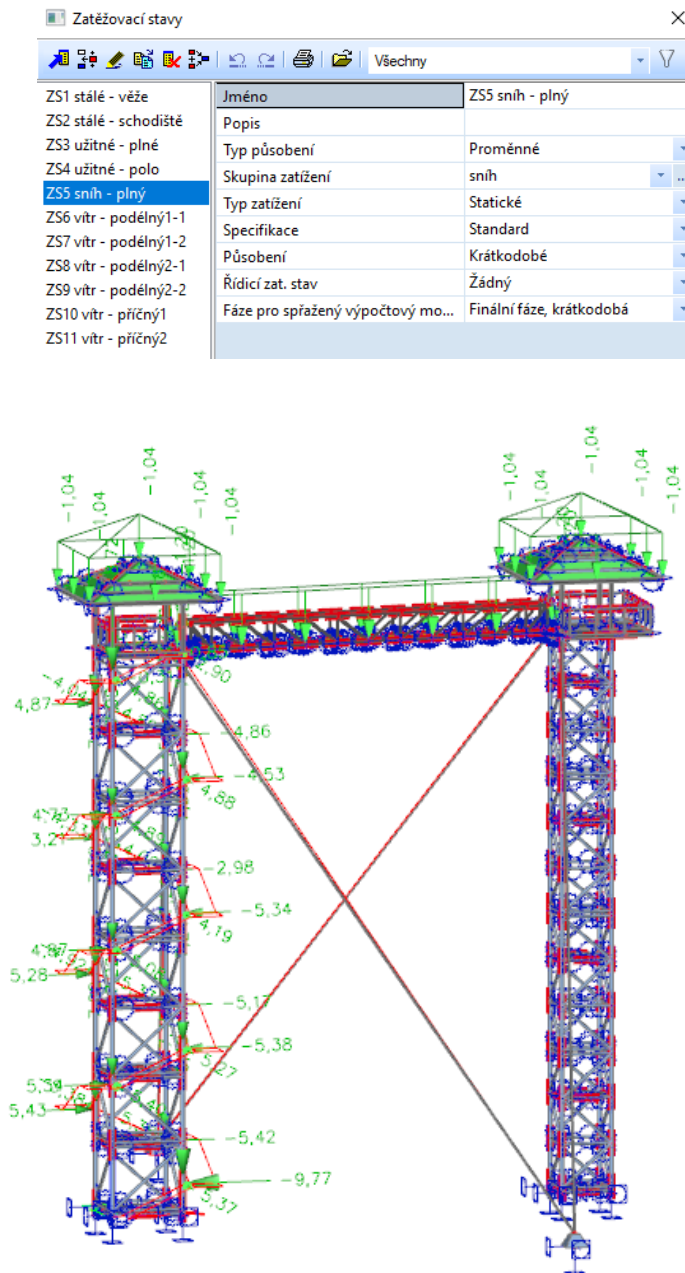
UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy			
ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS3 užité - plné	ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS4 užité - polo
ZS2 stálé - schodiště	Popis		ZS2 stálé - schodiště	Popis	
ZS3 užité - plné	Typ působení	Proměnné	ZS3 užité - plné	Typ působení	Proměnné
ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	užitné	ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	užitné
ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Statické	ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Statické
ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard	ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard
ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Střednědobé	ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Střednědobé
ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný	ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný
ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spážený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá	ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spážený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá
ZS10 vítr - příčný1			ZS10 vítr - příčný1		
ZS11 vítr - příčný2			ZS11 vítr - příčný2		



Byly vytvořeny 2 zatěžovací stavy pro užité zatížení. První stav zohledňuje plné zatížení na všech místech, kde se mohou vyskytovat lidé, druhý stav zohledňuje překlopení věží vlivem střídavě umístěných lidí na protějších podestách schodiště.

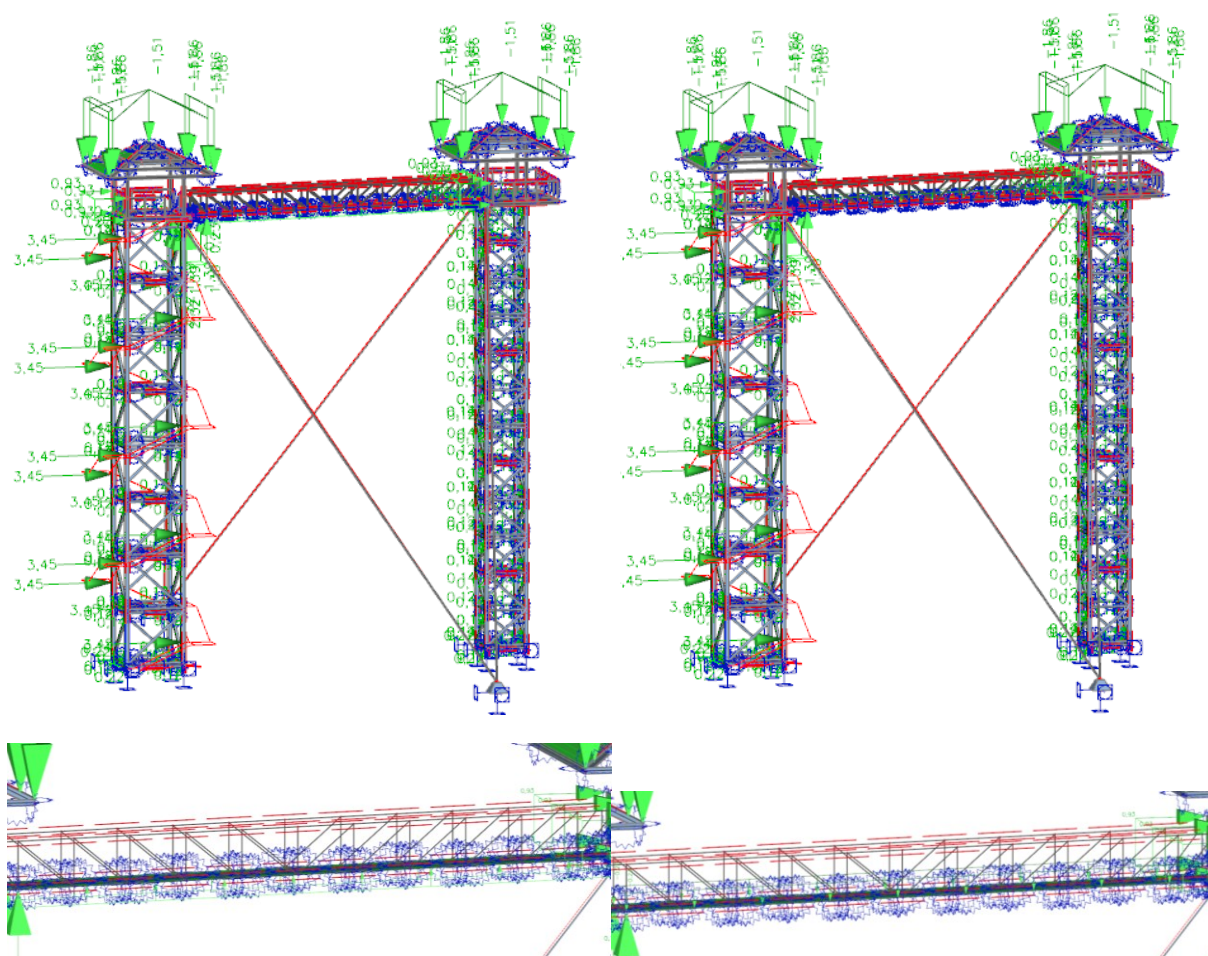
ZATÍŽENÍ SNĚHEM



Zatěžovací stav pro zatížení sněhem bylo vytvořeno pouze jedno a to při plném napadení sněhu na všechny odkryté části konstrukce (schodiště, lávka, střechy).

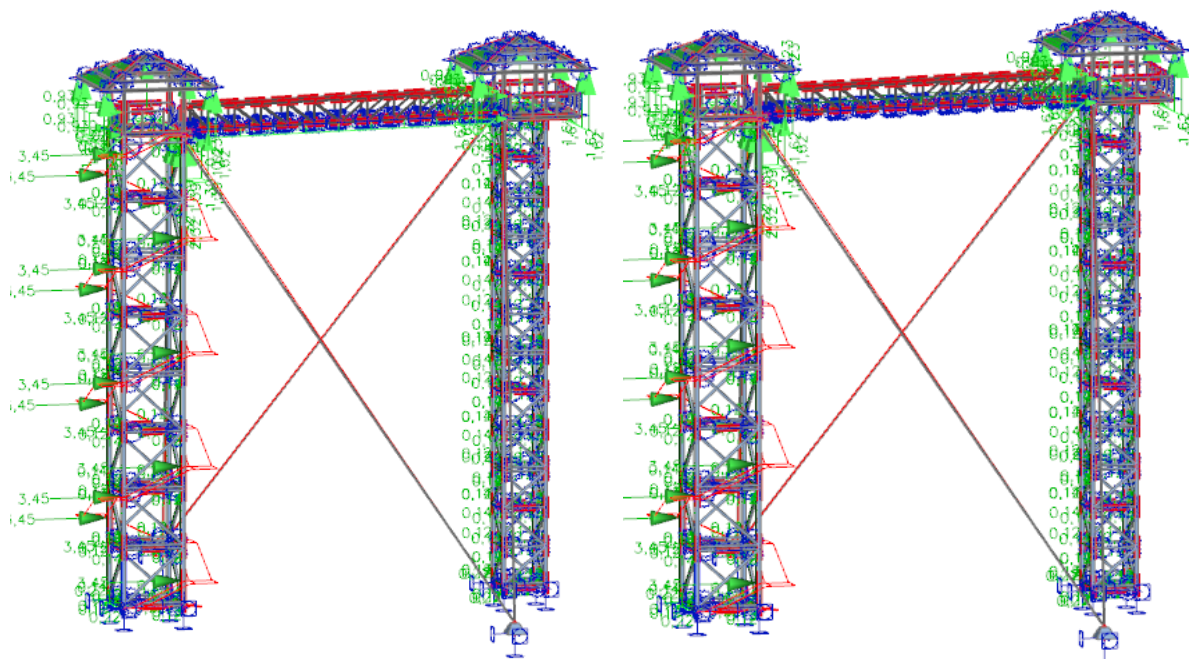
ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy		
ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS6 vítr - podélný1-1	Jméno	ZS7 vítr - podélný1-2
ZS2 stálé - schodiště	Popis		Popis	
ZS3 užité - plně	Typ působení	Proměnné	Typ působení	Proměnné
ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	vítr	Skupina zatížení	vítr
ZS5 sniž - plný	Typ zatížení	Statické	Typ zatížení	Statické
ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard	Specifikace	Standard
ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Krátkodobé	Působení	Krátkodobé
ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný	Řídící zat. stav	Žádný
ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spřížený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá	Fáze pro spřížený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá
ZS10 vítr - příčný1				
ZS11 vítr - příčný2				



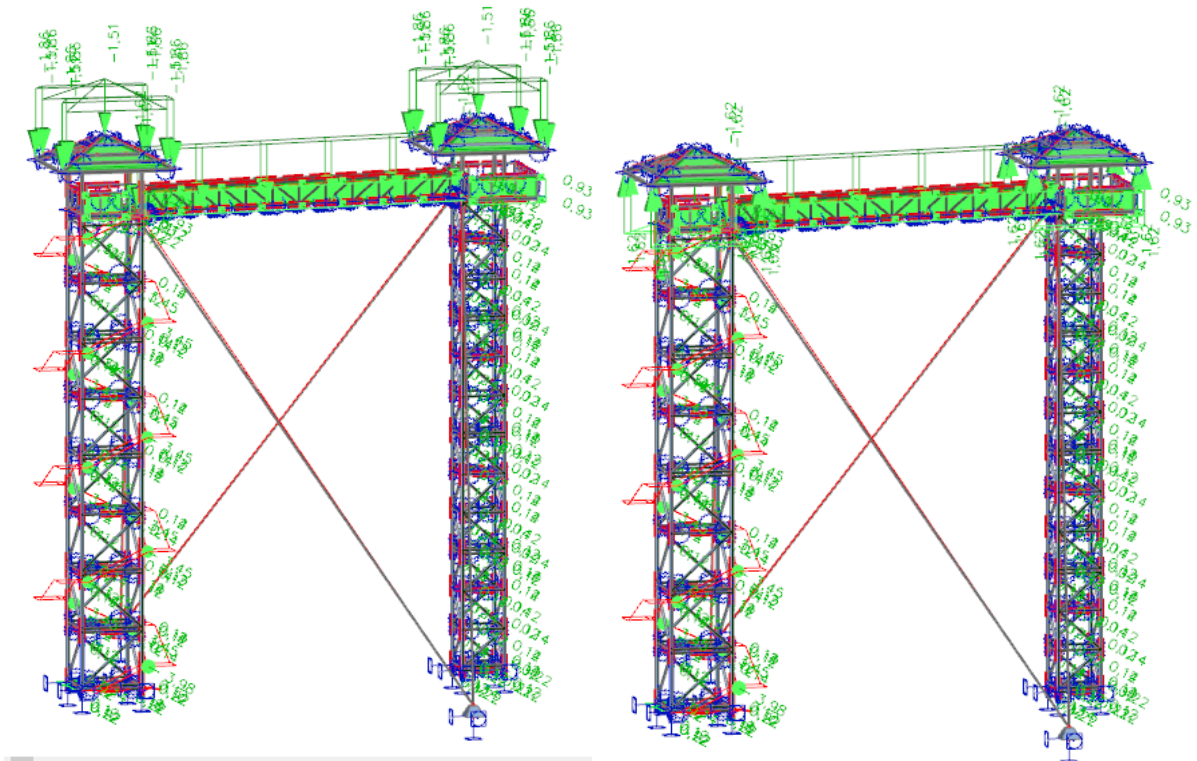
Zatížení podélným větrem 1-1 a 1-2 se liší pouze v zatížení větrem na konstrukci lávky. V prvním případě se jedná o vítr ve směru dolů v druhém směr nahoru.

Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy			
ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS8 vítr - podélný2-1	ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS9 vítr - podélný2-2
ZS2 stálé - schodiště	Popis		ZS2 stálé - schodiště	Popis	
ZS3 užité - plné	Typ působení	Proměnné	ZS3 užité - plné	Typ působení	Proměnné
ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	vitr	ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	vitr
ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Statické	ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Statické
ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard	ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard
ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Krátkodobé	ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Krátkodobé
ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný	ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný
ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spážený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá	ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spážený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá
ZS10 vítr - příčný1			ZS10 vítr - příčný1		
ZS11 vítr - příčný2			ZS11 vítr - příčný2		



Podélný vítr 2-1 a 2-2 se od větrů 1-1 a 1-2 liší v zatížení na střešní konstrukci, v jednom případě foukáme ze spod v druhém foukáme shora. Pro dvou variantách zatížení na střeších a lávce vzniknout 4 zatěžovací stavy.

Zatěžovací stavy		Zatěžovací stavy		
ZS1 stálé - věže	Jméno	ZS10 vítr - příčný1	Jméno	ZS11 vítr - příčný2
ZS2 stálé - schodiště	Popis		Popis	
ZS3 užité - plně	Typ působení	Proměnné	Typ působení	Proměnné
ZS4 užité - polo	Skupina zatížení	vitr	Skupina zatížení	vitr
ZS5 snih - plný	Typ zatížení	Statické	Typ zatížení	Statické
ZS6 vítr - podélný1-1	Specifikace	Standard	Specifikace	Standard
ZS7 vítr - podélný1-2	Působení	Krátkodobé	Působení	Krátkodobé
ZS8 vítr - podélný2-1	Řídící zat. stav	Žádný	Řídící zat. stav	Žádný
ZS9 vítr - podélný2-2	Fáze pro spřížený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá	Fáze pro spřížený výpočtový mo...	Finální fáze, krátkodobá
ZS10 vítr - příčný1			ZS10 vítr - příčný1	
ZS11 vítr - příčný2			ZS11 vítr - příčný2	



Hodnoty zatížení příčného větru na lávku se nemění, proto pro příčný vítr jsou pouze 2 zatěžovací stavy zohledňující rozdílné zatížení pro střešní konstrukci.

Tension Systems

Systém konstrukčních táhel Macalloy:

- Macalloy 460 ocelová táhla
- Macalloy S460 táhla z nerezové oceli
- Macalloy spojovací tyčové a lanové systémy z nerezové oceli
- Předpínání pomocí zařízení Macalloy TechnoTensioner



Macalloy

Systemy konstrukčních táhel

Od roku 1948 patří Macalloy Ltd. mezi přední světové společnosti v oblasti návrhu, výroby a dodávek systémů tyčí se závity. Začátkem 80. let se tato společnost stala průkopníkem koncepce konstrukcí s táhly a od té doby určuje směr vývoje nových systémů a technologií v této oblasti.

Nejen rozmanité možnosti využití systémů Macalloy a jejich obliba u architektů a projektantů, ale především množství úspěšně realizovaných aplikací ukazují, že se společnost Macalloy vydala správným směrem.



Most Hungerford Bridge

Architekt:
Lifschutz Davidson

Projektant:
WSP / Gifford

Dodavatel:
Costain Norwes Holst JV



Most Millennium Bridge

Důvody, proč projektanti i investoři volí systémy Macalloy, lze shrnout do několika bodů:

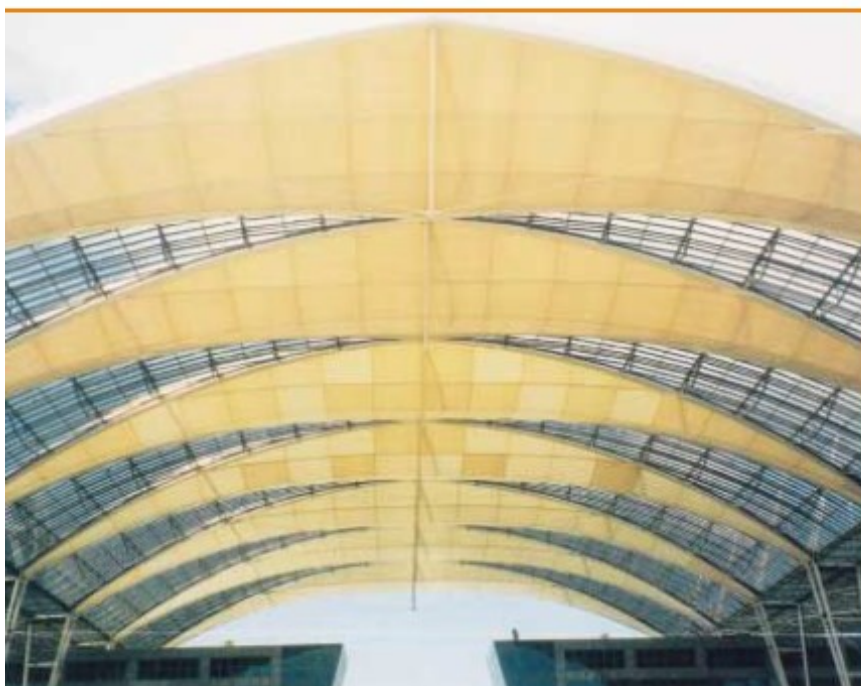
- společnost Macalloy byla první, která vyvinula systém konstrukčních táhel s mezí kluzu 460 MPa,
- společnost Macalloy nabízí širokou škálu tyčových a lanových systémů jak v provedení ocelovém tak i z nerezové oceli,
- společnost Macalloy byla první, která nabídla kónickou krycí pojistnou matici,
- společnost Macalloy jako první nabízí předpínání táhel na volné délce, vyvinula a patentovala předpínací zařízení Macalloy TechnoTensioner.
- jak ukázala řada testů, díky technologii nalisovaných závitů vykazují systémy Macalloy vynikající výsledky při únavovém zatížení,
- společnost Macalloy získala jako první z výrobců táhel certifikát dle EN 1993-1 (EC3)
- společnost Macalloy má více než 50 let zkušeností v oblasti konstrukčních táhel se závity. Je proto schopna nabídnout rozsáhlou podporu a poradenství projektantům pro zajištění optimálního návrhu.

Systemy konstrukčních táhel

Řady konstrukčních táhel

Standardní řadu společností Macalloy tvoří systémy:

- táhla z uhlíkové oceli Macalloy 460
- táhla z nerezové oceli Macalloy S460
- spojovací systém táhel Macalloy z nerezové oceli
- spojovací lanový systém Macalloy (lanový systém z nerezové oceli)



Mnichovské letištní středisko (MAC)

Architekt:
Murphy Jahn

Projektanti:
Ove Arup & Partner

Dodávka ocelové konstrukce:
Stahlbau Wolf / Helmut Fischer

Společnost Macalloy může navíc nabídnout i systémy přizpůsobené na míru, které vyhoví pro jakoukoliv aplikaci. Náš technický tým je vždy připraven pomoci vám při vývoji nových konstrukcí a umožní vám realizovat vaše projektové požadavky.



Korejské Světové obchodní středisko

Architekt:
WS Atkins

Projektant:
WS Atkins / Macalloy

Dodavatel:
Kyungnam Metal Co. Ltd.

Systém konstrukčních táhel Macalloy 460

Systém ocelových konstrukčních táhel Macalloy 460

Systém Macalloy 460 je založen na ocelových tyčích z jemnozrnné uhlíkové oceli s mezí kluzu 460 MPa. Díky tomu je systém přibližně o 30 % únosnější než systémy z oceli S355, což umožňuje použití menších průměrů prvků při stejném zatížení.

Tyče

Tyč Macalloy 460 má následující mechanické vlastnosti:

mez kluzu	460 MPa
mez pevnosti	610 MPa
minimální tažnost	19%
min. hodnota vrub. houževnatosti	27J @ -20 °C
modul pružnosti	205x10 ³ MPa

Je vyrobena ze svařitelné oceli s maximálním uhlíkovým ekvivalentem 0,55 %, takže svařování obloukem může být provedeno za použití standardních technik a nízkovodivých elektrod.

Do průměru M16 včetně jsou tyče dodávány v maximální délce 6 m. Pro průměry M20 až M100 je maximální délka tyče 11,950 m. Na objednávku je možno vyrobit i delší tyče, ale odběratel musí počítat s delší dodací lhůtou.

Společnost Macalloy je schopna na vyzádnání dodat konstrukční systém táhel i z oceli vyšších pevností, než jsou oceli s mezí kluzu 460 MPa, a to včetně komponentů s únosností odpovídající únosnosti táhel.

Komponenty

Společnost Macalloy nabízí řadu standardních komponentů: vidlicové nebo klinové koncovky, čepy, spojky a napínáky. Všechny komponenty jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby vyhověly únosnosti tyče.

Koncovky jsou navrženy pro připojení na plech jakosti S355. Potřebné rozměry plechu jsou uvedeny v tabulce 2. Dodržení těchto rozměrů zajistí plnohodnotný styk.

Klinové koncovky jsou navrženy jako protikus k vidlicovým koncovkám. Lze je také připojit mezi dva plechy kvality 355, které mohou spojení s vidlicovou koncovkou nahradit.

Čepy připojují koncovky k základní konstrukci a mohou být zajištěny buď pojistnými kroužky nebo architektonickými krytkami.

Kónické pojistné matice působí jako kontramatice, zajišťující táhla a ostatní komponenty ve správné poloze, a současně zakrývají závit na vlastní tyči. Kónické pojistné matice také zajišťují estetický a hladký přechod od komponentu k vlastní tyči. Mohou být použity na libovolné straně napínáku nebo spojky a na zadním konci vidlicové nebo klinové koncovky.

Spojky a napínáky představují snadný způsob, jak spojit dvě nebo více tyčí, když jsou táhla delší než maximální délka tyče. Napínáky mohou být dále používány k vnesení požadovaného předpětí do táhla a to za použití zařízení Macalloy TechnoTensioner (podrobněji popsáno v samostatné kapitole).

Komponenty na zakázku

S ohledem na technicky stále náročnější projekty a požadavky investorů, architektů a projektantů je možné vyrobit i speciální (např. spojovací) kusy na zakázku. Technici firmy jsou připraveni na vývoji těchto speciálních kusů se zákazníky spolupracovat.

Připustné odchylky a rektifikace

Připustné délkové tolerance při řezání pro tyče jsou ±6 mm pro průměry menší než 72 mm a ±25 mm pro větší průměry. Možnost rektifikace délky táhla v závitě je u každé vidlicové nebo klinové koncovky:

- M10 až M56: ± 1 průměru závitu
- M64 až M100: ± 25 mm

Další rektifikaci délky umožňují napínáky:

- M10 až M24: ± 25 mm
- M30 až M100: ± 50 mm

System konstrukčních táhel Macalloy 460

Ochrana proti korozí

Ve většině případů vyžaduje systém Macalloy 460 antikorozi ochranu. Druh ochrany se řídí typem korozního prostředí, jemuž je systém vystaven, požadavky na vzhled a finálními možnostmi. Mezi nejběžnější systémy ochrany, které jsou k dispozici, patří nátěry a galvanizace.

K zajištění spojitosti protikorozi ochrany po celém prvku je nutné věnovat specifickou péči koncovým spojům a spojům vytvořených spojkami. Proto se doporučuje utěsnit veškeré kónické pojistné matice vhodným těsnícím materiálem. Přesná specifikace je k dispozici na vyžádání.

Únava

Válcované závity zaručují minimální oslabení průřezové plochy tyče. Navíc při jejich výrobě (na rozdíl od závitů řezaných) nedochází k narušení materiálu vruby a tak vykazují výrobky Macalloy vynikající odolnost proti únavě.

Schválení

Systém Macalloy 460 byl testován Technickým zkušebním ústavem stavebním Praha, s.p. a schválen v souladu s nařízením vlády č. 163/2002 Sb pro použití v České republice pod č. 010-010789.

Systém vyhovuje normám

ČSN 73 1401, ČSN EN 1993-1-1 "Navrhování ocelových konstrukcí" a ČSN EN 1090-1 "Provádění ocelových konstrukcí".

System konstrukčních táhel Macalloy S460 z nerezové oceli

Macalloy S460 představuje konstrukční systém táhel v provedení austenitická/duplexní* nerezová ocel. Stejně jako systém Macalloy 460 má minimální mez kluzu 460 MPa. Standardně je dodáván v průměrech M10 až M56, ale jako zvláštní položku ho společnost Macalloy dodá i ve větších průměrech (dosud největší průměr byl M76).

*Tělesa sad šepů nad SPA24 mohou být z martenitické nerezové oceli.

Tyč

Mechanické vlastnosti nerezové tyče Macalloy S460 jsou následující:

mez kluzu	460 MPa
mez pevnosti	610 MPa
minimální tažnost	15 %
modul pružnosti	190 x 10 ⁹ MPa

Použitá austenitická nerezová ocel má vynikající vlastnosti vrubové houževnatosti. V případě potřeby může být systém Macalloy S460 vyroben na zakázku také z nerezového materiálu s vyšší pevností, po přidání odpovídajících přísad.

Tyče jsou standardně dodávány v délkách do 7,5 m pro všechny průměry.

Komponenty

S výjimkou kónické pojistné matice jsou veškeré nerezové komponenty rozměrově stejné jako v provedení se standardní ocelí.

Styčnickové plechy pro nerez S460

Vidlicovou koncovku lze připojovat buď k styčnickovým plechům z oceli, nebo z nerezové oceli za použití materiálu s pevností odpovídající oceli S355.

Jestliže jsou použity styčnickové plechy z uhlíkové oceli, doporučujeme použít izolační rukávy a podložky pro zamezení bimetalické koroze. V takových případech by měly být dodrženy rozměry podle styčnickového plechu B v tabulce 2. Při vyžádání ceny si také laskavě vyberte vhodné izolační rukávy a podložky.

Konečná úprava

Veškeré nerezové tyče a komponenty mají povrch Grit 220 (N3), leštěná úprava. V případě požadavku je možná i jiná povrchová úprava.

Napínání pomocí zařízení Macalloy TechnoTensioner

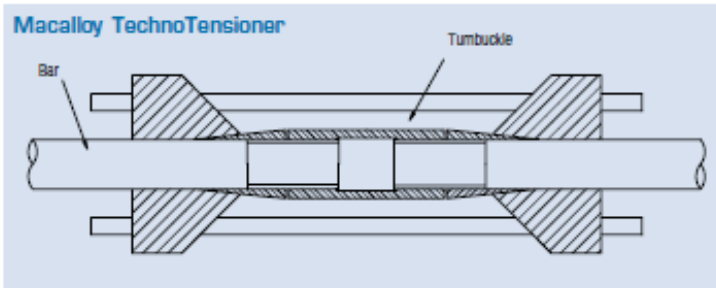
Společnost Macalloy byla vždy na vysoké technické úrovni v oblasti konstrukčních systémů předpjatých táhel a byla průkopníkem ve vývoji metod jejich předpínání. Její pracovníci si již dlouho uvědomovali potřebu měření velikosti předpětí v táhle a proto bylo vyvinuto pro praktické použití patentované zařízení Macalloy TechnoTensioner.

Hydraulická napínací jednotka může být umístěna na standardní napínákový spoj a je připevněna na kónickou pojistnou matici po obou stranách napínáku. Pomocí zařízení TechnoTensioner je pak do táhla vneseno předpětí, měřitelné s přesností $\pm 2,5\%$.

Zařízení TechnoTensioner je možno v případě potřeby pronajmout. Nutnou podmínkou jeho použití je ale dozor specialisty, vyškoleného přímo firmou Macalloy.



Zařízení TechnoTensioner na londýnském mostě Millennium Bridge, VB



Předpínací systém byl původně vyvinut pro projekt 88 Wood Street v Londýně v roce 1997. Od té doby byl úspěšně použit na četných projektech po celém světě např. u staveb:

- Multifunkční aréna Sazka v Praze
- londýnský most Millennium Bridge, VB
- mnichovské letištní středisko, Německo
- Terminal 2 mnichovského letiště, Německo
- most ve Wroclawě, Polsko
- budova Rady Tsing Yi, Hong Kong

- hlavní tribuna Newmarket, VK
- stadion Millennium Stadium, Cardiff, VB
- nádraží Flintholm, Dánsko
- pěší most v Dorenez, Švýcarsko
- pěší most River Tees, Stockton, VB
- velký dvůr Arundel, Londýn, VB
- Mid City Place, Londýn, VB
- centrum Deansgate Centre, Manchester, VB

Důležitá poznámka: pro nerezové systémy by TechnoTensioner měl být používán pouze po konzultaci se společností Macalloy.

Expo 2000 Brucken, Hannover

Foto:
Jurgen Schmidt

Architekt:
gmp, von Gerkan, Marg & Partner

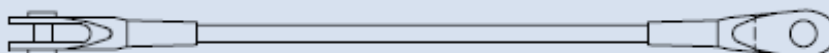
Projektant:
Schleich, Bergermann & Partner

Dodavatel ocelové konstrukce:
Noell Stahl- und Maschinenbau GmbH



Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Zavít	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1758	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1586	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	18,70	22,20	32,00	41,50	48,70	58,00



Macalloy 460

– systém konstrukčních táhel

Tabulka 2: Rozměrové parametry systému táhel Macalloy 460

Zavít	Jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Koncovka		FA10	FA12	FA16	FA20	FA24	FA30	FA36	FA42	FA48	FA56	FA64	FA76	FA85	FA90	FA100
L	mm	63	75	99	122	148	178	204	232	266	314	348	410	459	489	555
G (min)	mm	11	12	15	19	24	28	34	39	44	49	59	76	78	86	91
C Dia.	mm	17	19	25	29	35	44	52	60	69	80	91	108	121	129	143
D Dia.	mm	11,5	13	17	21,4	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	78,5	91,5	98,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	61	70	81	97	111	132	153	162	188
Y	mm	20	22	29	37	44	50	64	75	87	97	115	146	154	169	174
H	mm	30	34	45	53	64	81	94	109	123	147	169	201	236	248	289
Styčnický ploch A*		GPA10	GPA12	GPA16	GPA20	GPA24	GPA30	GPA36	GPA42	GPA48	GPA56	GPA64	GPA76	GPA85	GPA90	GPA100
T (použitá mat.)	mm	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
D	mm	11,5	13	17	21,5	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	78,5	91,5	98,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	62	71	81	97	111	132	153	162	189
H (min)	mm	30	34	45	53	63	81	95	109	123	147	169	201	236	248	289
Styčnický ploch B**		GPB10	GPB12	GPB16	GPB20	GPB24	GPB30	GPB36	GPB42	GPB48	GPB56					
T (použitá mat.)	mm	8	9	12	15	20	22	30	35	45	52					
D	mm	15,5	17	21	25,5	30	38	42	48	55,5	63,5					
E	mm	20	24	31	38	44	55	64	72	83	99					
H (min)	mm	38	40	51	57	67	85	99	113	127	151					
Koncovka		SA10	SA12	SA16	SA20	SA24	SA30	SA36	SA42	SA48	SA56	SA64	SA76	SA85	SA90	SA100
B	mm	78	92	118	147	174	213	249	284	321	364	408	471	524	555	625
T (min)	mm	8	9	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	72	80	85
C Dia.	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
D Dia.	mm	11,5	13	17,5	21,5	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	78,5	91,5	98,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	62	71	81	97	111	132	153	162	189
H	mm	30	34	45	53	63	81	95	109	123	147	169	201	236	248	289
Čep		PA10	PA12	PA16	PA20	PA24	PA30	PA36	PA42	PA48	PA56	PA64	PA76	PA85	PA90	PA100
P Dia.	mm	10,5	12	16	20	24	29	35	41	47	55	63	76	80	93	108
L	mm	22	24	30	39	48	52	66	79	91	100	120	151	155	175	180
Čep		PE10	PE12	PE16	PE20	PE24	PE30	PE36	PE42	PE48	PE56	PE64	PE76	PE85	PE90	PE100
P Dia.	mm	10,5	12	16	20	24	29	35	41	47	55	63	76	80	93	108
M	mm	22	24	30	39	48	52	66	79	91	100	120	151	155	175	180
Napínák		TA10	TA12	TA16	TA20	TA24	TA30	TA36	TA42	TA48	TA56	TA64	TA76	TA85	TA90	TA100
D/D	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
Z	mm	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P	mm	74	78	88	90	98	160	172	184	196	212	228	252	270	280	300
Spojka		CA10	CA12	CA16	CA20	CA24	CA30	CA36	CA42	CA48	CA56	CA64	CA76	CA85	CA90	CA100
D/D	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
L	mm	25	29	37	45	53	65	77	89	101	117	133	157	175	185	205
Krytka		LC10	LC12	LC16	LC20	LC24	LC30	LC36	LC42	LC48	LC56	LC64	LC76	LC85	LC90	LC100
X Dia.	mm	18	18	24	28	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142
L	mm	48	48	58	60	74	105	111	117	123	138	144	156	165	170	180
Narovná krytka		LCS10	LCS12	LCS16	LCS20	LCS24	LCS30	LCS36	LCS42	LCS48	LCS56					
X Dia.	mm	18	18	24	28	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142
L	mm	48	48	50	55	65	85	90	100	100	100					

* Standardní osový styčnický ploch S355 nebo styčnický ploch ekvivalentní pevnosti

** Pro použití s izolčním rukávem nebo podložkou

Tyčové a lanové spojovací systémy Macalloy:

Tyčové a lanové systémy Macalloy zahrnují řadu architektonických tyčových a lanových systémů z nerezové oceli.

Mezi typické aplikace patří:

- membránové střešní konstrukce
- lehké ocelové konstrukce
- lávky a mostky pro pěší
- skleněné fasády
- zábradlí

S ohledem na mechanické a chemické vlastnosti nerezové oceli u nich není nutná dodatečná protikorozní ochrana, takže odpadají nákladné nátěrové systémy a s nimi spojená dlouhodobá údržba.

Spojovací tyčové táhlo Macalloy

Tyč

Spojovací tyč Macalloy má mez kluzu 315 MPa pro menší průměry a 205 MPa pro větší průměry. Podobně se mez pevnosti pohybuje mezi 600 MPa a 510 MPa. Minimální tažnost je 15 %.

Výše uvedené hodnoty jsou standardní. Kromě toho společnost Macalloy často konstruuje a dodává i nestandardní systémy s vyšší únosností, a to za použití prutů tažených za studena s příslušnými přísadami pro zajištění únosnosti tyče.

Tyč je k dispozici standardně v délkách do 6m pro všechny průměry. Dodávka větších délek je možná na základě speciální objednávky, avšak tyto dodávky mohou mít delší dodací lhůty. Tyče lze také libovolně nastavovat spojkami, a to bez snížení jejich únosnosti.

Komponenty

Všechny komponenty jsou zhotoveny z austenitické nerezové oceli jakosti 316. Standardní řada komponentů zahrnuje **koncovky, čepy, spojky a matice**.

Veškeré koncovky a čepy jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby odpovídaly minimální mezi kluzu a pevnosti táhel, jak je uvedeno v tabulce 3, při použití odpovídajících styčnickových plechů.

Tam, kde je třeba dodatečná rektifikace, mohou být dodány naplínáky.

Styčnickové plechy

Stejně jako u nerezové řady Macalloy S460, veškeré koncovky mohou být připojeny k ocelovým nebo nerezovým styčnickovým plechům s pevností odpovídající oceli S275.

Tam, kde jsou používány styčnickové plechy z uhlíkové oceli, doporučujeme izolační rukávy a podložky pro zabránění bimetalické koroze. Rozměry styčnickových plechů s izolací i bez izolace jsou uvedeny v tabulce 4. Rozměry styčnickových plechů s izolací je nutno konzultovat.

Povrchová úprava

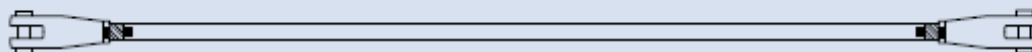
Veškeré komponenty jsou dodávány v leštěné úpravě (N1). Tyč má povrch Grit 220 (N3), leštěná úprava.

Rektifikace

Možnost délkové rektifikace u každého konce vidlicové koncovky je ± 1 průměr závitu. Tyč je vybavena opečnými závitmi na obou koncích, takže systém může být rektifikován otáčením tyče na místě i po jejím zakotvení.

Tabulka 3: Vlastnosti kovového spojovacího tyčového systému Macalloy

Závít	Jednotka	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8
Průměr táhla	mm	6,4	8	9,5	11	12,7	16	19	22	25,4	28,6	31,8	34,9
Minimální mez kluzu	kN	7,1	11,4	17,3	23,4	31,7	38	59	69	90	100	140	171
Minimální mez pevnosti	kN	13,50	21,7	33	44,6	60,3	92	140	164	213	226	348	427
Hmotnost táhla	Kg/m	0,25	0,39	0,56	0,76	0,99	1,55	2,24	3,04	3,98	5,03	6,21	7,52



Tyčové a lanové spojovací systémy Macalloy:

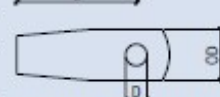
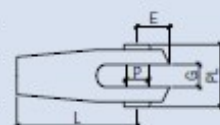


Oxford House, Hong Kong

Architekt:
Wong & Ouyang HK

Tabulka 4: Rozměrové parametry tyčového spojovacího systému

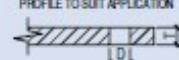
Zavít	Jednotka	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8
Průměr táhla	mm	6,4	8	9,5	11	12,7	16	19	22,0	25,4	28,6	31,8	34,9
Koncovka táhla		FB6	FB8	FB10	FB11	FB12	FB16	FB19	FB22	FB25	FB28	FB32	FB35
L	mm	37	46,5	56	63	71	87	108	117	133	149	170	186
G	mm	7	8,5	10	12	14	17	21	24	27	30	35	37
D Dia.	mm	8,9	9,5	9,5	11,8	13,1	16,4	19,5	20,4	26,0	27,6	33,6	36,0
E	mm	8,5	11,5	12	18	17,5	21	26,5	31,5	36,0	43,0	48,0	52,0
OD	mm	16	19	22,2	28,6	31,8	38,1	47,5	50,8	57,2	63,5	76,2	82,5
P Dia.	mm	6,4	8	9	11,4	12,5	15,5	18,8	19,8	25,5	27,3	32,0	35,2
PL	mm	21,6	25,3	27,7	34,1	38,3	44,6	56,1	61,4	69,8	76,1	92,0	98,0
Styčkový ploch		GP6	GP8	GP10	GP11	GP12	GP16	GP19	GP22	GP25	GP28	GP32	GP35
T (ploška nat.)	mm	6	6	8	10	12	15	16	20,0	25,0	25,0	30,0	35,0
D Dia.	mm	9	10	12,5	14,5	16,5	19	21	26,5	29,5	33,0	36,5	
E	mm	11	15	17	20	22	23	30	28,0	32,0	35,0	40,0	44,0
H	mm	17	24	27	30	34	36	46	48,0	52,0	57,0	66,0	71,0
Spojka		CB6	CB8	CB10	CB11	CB12	CB16	CB19	CB22	CB25	CB28	CB32	CB35
L	mm	25	30	35	40	45	55	65	75	85	95	105	120
OD	mm	10	12	16	16	19	22	28	32	35	41	44	50



PIN SET NOT SHOWN IN THIS VIEW



PROFILE TO SUIT APPLICATION



Tyčové a lanové spojovací systémy Macalloy:

Spojovací lanový systém Macalloy

Lano

Zatížené lano prodělává dva druhy protažení: trvalé prvotní protažení a běžné elastické protažení. První z nich závisí na konstrukci lana a je způsobeno tím, že se jednotlivé dráty ukládají pod zatížením do své nové polohy. Toto prvotní protažení může být mezi 0,10 a 0,75 % délky lana, a to v závislosti na velikosti zatížení (popřípadě na jeho proměnlivosti u opakovaných zatížení) a mělo by být při návrhu táhel vždy bráno v úvahu.

Společnost Macalloy nabízí 3 různé druhy lan.

Nejběžněji používané lano je **jednoprámené vinuté 1 x 19**. Dráty jsou v hladkém lesklém provedení a lano vykazuje průměrné hodnoty prvotního protažení.

Kompaktní pramen nabízí oproti běžnému lanu (1x19) zvýšení pevnosti o 30 % a daleko nižší prvotní protažení. Také má vyšší modul pružnosti, díky čemuž je ideální pro použití tam, kde je vyžadována vysoká pevnost a nízké protažení lanových prvků.

Šestiprámené lano s drátěnou duží 7 x 19 je zkonstruováno ze 7 pramenů, z nichž každý je tvořen 19 dráty. Představuje nejméně tuhé lano, které je ideální v případech, kdy je primárním požadavkem jeho ohebnost a poddajnost.

Modul pružnosti lana

Jednotlivé druhy lan mají následující přibližné hodnoty modulu pružnosti (E):

pramen 1 x 19	107 kN/mm ²
kompaktní pramen	133 kN/mm ²
šestiprámené lano (7 x 19)	85 kN/mm ²

Elastické protažení (d) lana může být vypočítáno pomocí následující rovnice:

$$d = \frac{\text{zatížení (kN)} \times \text{délka (mm)}}{E \text{ (kN/mm}^2\text{)} \times \text{průřezová plocha (mm}^2\text{)}}$$

Výše uvedené hodnoty E jsou průměrné a víceméně empirické. Žádné lano se nebude chovat zcela elasticky a skutečná hodnota E se bude v důsledku toho měnit i pro jediné lano pro různá rozmezí napětí. Přesnější hodnoty tuhosti proto mohou být vypočítány pouze pro přesně definovaný případ. Další podrobnosti lze získat po konzultaci s technickým oddělením.

Komponenty

Stejně jako u kotvicího tyčového systému jsou všechny komponenty vyrobeny z austenitické nerezové oceli jakosti 316. Koncovky jsou upevněny na koncích lan a mají vždy vyšší únosnost než spojované prvky. Kvůli zajištění správné délky lana je montáž koncovek většinou prováděna přímo v továrně.

Všechny komponenty uvedených lanových systémů jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby vyhovovaly únosnosti jednoprámeného lana 1 x 19. Pokud budete používat kompaktní pramen (s vyšší únosností), poraďte se laskavě s technickým oddělením společnosti Macalloy ohledně potřebné velikosti komponentů, aby vyhovely požadavku vyšší únosnosti než připojované lano.

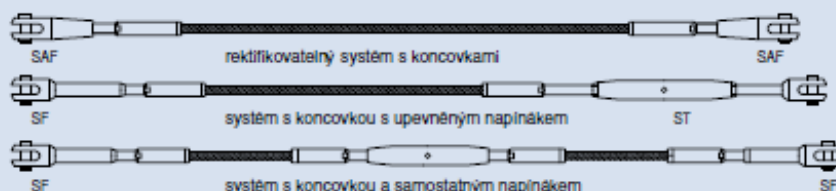
Jak je podrobně uvedeno v tabulce 5, existují 3 druhy standardních táhel:

- rektifikovatelný systém s koncovkami
- systém s koncovkou s upevněným napínákem
- systém s koncovkou a samostatným napínákem

Rozměry jsou podrobně uvedeny v tabulce 6. Další komponenty a dílce jsou k dispozici na vyžádání.

Tabulka 5: Maximální zatížení lanového systému Macalloy

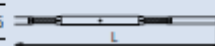
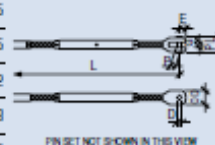
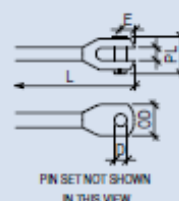
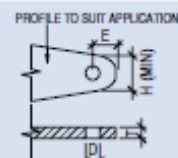
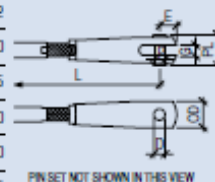
Průměr lana	mm	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	19	22	26
Jednoprámené vinuté lano 1 x 19	kN	7,1	12,6	19,6	29,2	34,8	45,5	71,1	102,0	139,0	182,0	212,0	295,0	399,0
Kompaktní pramen	kN		17,4	23,9	34,8	48,1	60,3	95,0	141,2	189,2	251,0	313,7		
Šestiprámené lano s drátěnou duží	kN	5,0	8,9	13,9	20,0	27,3	35,6	55,6	80,0	109,0	143,1			



Tyčové a lanové spojovací systémy Macalloy:

Tabulka 6: Rozměrové parametry kotvicího spojovacího systému

Průměr lana	mm	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	19	22	26
Rozšířovací vířivková koncovka	SAF3	SAF4	SAF5	SAF6	SAF7	SAF8	SAF10	SAF12	SAF14	SAF16	SAF19	SAF22	SAF26	
L	mm	111	122	150	180	201	213	282	322	350	400	434	509	572
Rozšířovatelnost	mm	12	12	18	20	22	22	32	36	36	45	45	55	60
G	mm	7	7	8,5	10	12	12	17	21	21	26,5	26,5	35	36,5
D Dia.	mm	8,9	8,9	8,5	9,5	11,8	11,8	16,4	19,5	19,5	26,0	26,0	33,6	36,0
E	mm	8,5	8,5	11,5	12,0	18,0	18,0	21,0	28,5	28,5	38,0	38,0	48,0	52,0
OD	mm	16,0	16,0	19,0	22,2	29,6	29,6	38,1	47,5	47,5	57,2	57,2	76,2	82,5
P Dia.	mm	6,4	6,4	8,0	9,0	11,4	11,4	15,5	18,8	18,8	25,5	25,5	32,0	35,2
PL	mm	21,6	21,6	25,3	27,7	34,1	34,1	44,6	56,1	56,1	69,8	69,8	92,0	98,0
Sytníkový plech	GP6	GP6	GP8	GP10	GP11	GP11	GP16	GP19	GP19	GP25	GP25	GP32	GP35	
T (tloušťka mat.)	mm	8	8	8	8	10	10	15	16	16	25	25	30	35
D Dia.	mm	7	7	9	10	12,5	12,5	16,5	19	19	26,5	26,5	33	36,5
E	mm	11	11	15	17	20	20	23	30	30	32	32	40	44
H	mm	17	17	24	27	30	30	36	46	46	52	52	66	71
Vířivková koncovka	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF10	GF12	GF14	GF16	GF19	GF22	GF26	
L	mm	70	83	97	113	129	140	174	227	258	295	342	391	451
G	mm	6,3	8	10	11	12,7	12,7	16	19	22,2	25,4	29,6	32	35
D Dia.	mm	6,1	8,1	9,7	11,2	12,1	12,1	16,1	19,2	22,4	25,7	29,5	32,2	35,2
E	mm	7	9	11	12	15	15	18	23	26	31	33	39	43
OD	mm	14,3	18	22,2	25,4	29,6	29,6	38,1	47,6	54	63,5	69,9	76,2	82,5
P Dia.	mm	5,9	7,9	9,5	10,8	11,8	11,8	15,8	19,7	21,9	25,1	27,9	31,6	34,6
PL	mm	20,4	24,3	29,6	33	37	37	47,6	57,6	63,7	75	81,1	91,1	97,7
Úpavný napínák	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST10	ST12	ST14	ST16	ST19	ST22	ST26	
L	mm	206	237	287	319	375	400	482	577	656	761	870	985	1105
Rozšířovatelnost	mm	32	37	47	50	62	62	85	77	90	106	120	132	145
G	mm	6,3	8	10	11	12,7	12,7	16	19	22,2	25,4	29,6	32	35
D Dia.	mm	6,1	8,1	9,7	11,2	12,1	12,1	16,1	19,2	22,4	25,7	29,5	32,2	35,2
E	mm	7	9	11	12	15	15	18	23	26	31	33	39	43
OD	mm	14,3	18	22,2	25,4	29,6	29,6	38,1	47,6	54	63,5	69,9	76,2	82,5
P Dia.	mm	5,9	7,9	9,5	10,8	11,8	11,8	15,8	19,7	21,9	25,1	27,9	31,6	34,6
PL	mm	20,4	24,3	29,6	33	37	37	47,6	57,6	63,7	75	81,1	91,1	97,7
Zabudovaný napínák	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT10	IT12	IT14	IT16	IT19	IT22	IT26	
L	mm	230	265	275	380	420	445	545	670	790	900	1020	1150	1325
Rozšířovatelnost	mm	32	37	47	50	62	62	85	77	90	106	120	132	145



MULTIFUNKČNÍ ARÉNA SAZKA

**Místní zastoupení společnosti Macalloy Ltd:****Tension Systems, s.r.o.**

Ocelářská 35/1354

190 00 Praha 9

tel.: +420 284 080 290, +420 284 080 291

fax: +420 284 080 292

e-mail: schlossbauer@tension.cz

internet: www.tension.cz



Tato publikace uvádí technické podrobnosti aktuálně používané společností Macalloy Ltd při výrobě svých komponentů. Společnost si vyhrazuje právo upravovat technické detaily jak a kde bude nezbytné, v souladu se svojí politikou trvalého vývoje.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

fischer international s.r.o.

Průmyslová 1833
25001 Brandýs nad Labem
Telefon: +42 03 26 90 46 01
Fax: +42 03 26 90 46 00
adam.vesely@fischer-cz.cz
www.fischer-cz.cz

Detaily návrhu

Kotva

Systém	fischer Systém Superbond
Injektážní malta	FIS SB 390 S
Upevňovací element	Závíťová tyč RG M 30 x 500, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8
Kotevní hloubka	400 mm

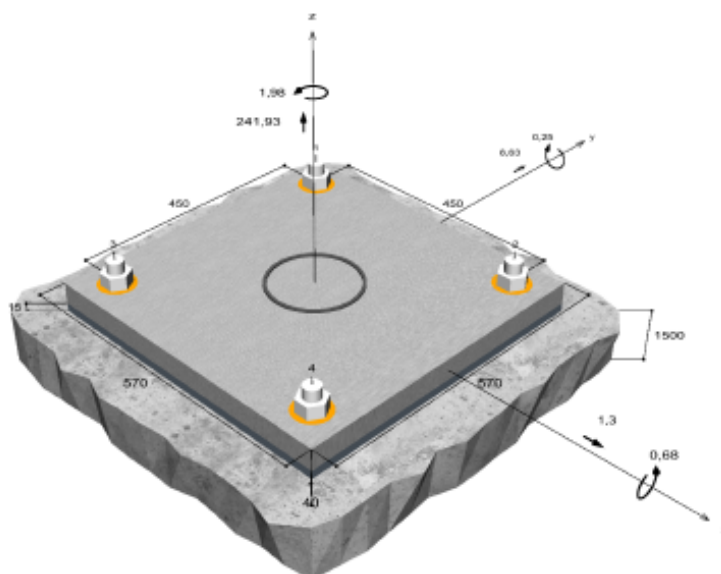


Design data Popis dle výrobce, viz. ENSO data v tiskovém výstupu

Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 1



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Vstupní data

Návrhová metoda	Návrhová metoda ENSO - Lepené kotvy
Kotevní podklad	Prostý beton nebo železobeton, C25/30, EN 206
Vlastnosti betonu	Tažený beton, Suchý otvor
Teplotní rozmezí	24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Krátkodobá teplota
Výztuž	Hustá výztuž. Podélná výztuž s třínky. S výztuží proti rozštěpení
Metoda vrtání	Přiklepové vrtání
Typ montáže	Průvěrná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Druh zatížení	Statické
Distance	S nenosnou vrstvou, g = 15 mm Rameno síly l = 35 mm Míra větknutí $\alpha_w = 1,0$ Pevnost malty v tlaku: 30,0 N/mm ²
Tvar kotevní desky	570 mm x 570 mm x 40 mm
Typ profilu	Vlastní profil

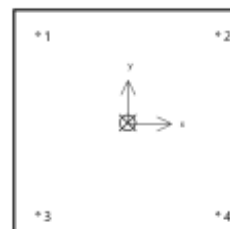
Návrhová zatížení *)

#	N _{sd} kN	V _{sd,x} kN	V _{sd,y} kN	M _{sd,x} kNm	M _{sd,y} kNm	M _{tsd} kNm	Druh zatížení
1	241,93	1,30	8,63	0,68	0,25	1,98	Statické

*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

Výsledné síly kotev

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	61,52	1,31	-0,78	1,06
2	60,96	3,35	-0,78	3,26
3	60,00	1,77	1,43	1,06
4	59,45	3,96	1,43	3,26



Max. stlačení betonu :
Max. tlakové napětí v betonu :
Výsledné tahové síly :
Výsledné tlakové síly :

0,00 %
0,0 N/mm²
241,93 kN , Poloha X/Y (-1 / 3)
0,00 kN , Poloha X/Y (0 / 0)

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Návrhová únosnost v tahu

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_N %
Selhání ocele *	61,52	187,33	32,8
Vytažení kotvy/Selhání betonu	241,93	530,40	45,6
Selhání betonu	241,93	395,11	61,2

* Nejneplzknější kotva

Selhání ocele

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
281,00	1,50	187,33	61,52	32,8

Kotva č.	$\beta_{N,s}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	32,8	1	$\beta_{Nk,1}$
2	32,5	2	$\beta_{Nk,2}$
3	32,0	3	$\beta_{Nk,3}$
4	31,7	4	$\beta_{Nk,4}$

Vytažení kotvy/Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np} \quad \text{Rovnice (5.2)}$$

$$N_{Rk,p} = 288,40 \text{ kN} \cdot \frac{1306449 \text{ mm}^2}{480249 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,025 \cdot 0,989 \cdot 1,000 = 795,60 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 30 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ N/mm}^2 = 288,40 \text{ kN} \quad \text{Rovnice (5.2a)}$$

$$s_{cr,Np} = \min \left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ser}}{7,5} \right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef} \right) \quad \text{Rovnice (5.2c)}$$

$$s_{cr,Np} = \min \left(20 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \left(\frac{10,0 \text{ N/mm}^2}{7,5} \right)^{0,5}; 3 \cdot 400 \text{ mm} \right) = 693 \text{ mm}$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{693 \text{ mm}}{2} = 347 \text{ mm} \quad \text{Rovnice (5.2d)}$$

$$\Psi_{s,Np} = \min \left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \right) = \min \left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{347 \text{ mm}} \right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2e)}$$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,131 - \sqrt{\frac{450\text{mm}}{693\text{mm}}} \cdot (1,131 - 1) = 1,025 \geq 1 \quad \text{Rovnice (5.2f)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}} \right)^{1,5} \quad \text{Rovnice (5.2g)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{4} - (\sqrt{4} - 1) \cdot \left(\frac{30\text{mm} \cdot 7,7\text{N/mm}^2}{2,3 \cdot \sqrt{400\text{mm}} \cdot 30,0\text{N/mm}^2} \right)^{1,5} = 1,131 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2c_s}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 0,997 \cdot 0,992 = 0,989 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2h)}$$

$$\Psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 1\text{mm}}{693\text{mm}}} = 0,997 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 3\text{mm}}{693\text{mm}}} = 0,992 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200\text{mm}}\right) = \min\left(1; 0,5 + \frac{400\text{mm}}{200\text{mm}}\right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2i)}$$

$N_{Rd,p}$ kN	γ_{Mp}	$N_{Ed,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
795,60	1,50	530,40	241,93	45,6

Kotva č.	$\beta_{N,p}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4	45,6	1	$\beta_{N,R1}$

Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rk,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad \text{Rovnice (5.5)}$$

$$N_{Rk,c} = 315,49\text{kN} \cdot \frac{2722500\text{mm}^2}{1440000\text{mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 0,994 = 592,67\text{kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{30,0\text{N/mm}^2} \cdot (400\text{mm})^{1,5} = 315,49\text{kN} \quad \text{Rovnice (5.3a)}$$

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{600\text{mm}}\right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3c)}$$

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200\text{mm}}\right) = 0,5 + \frac{400\text{mm}}{200\text{mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c_s}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 0,998 \cdot 0,995 = 0,994 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3e)}$$

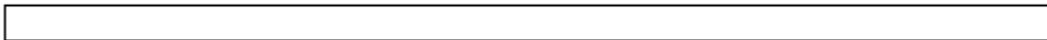
$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 1\text{mm}}{1200\text{mm}}} = 0,998 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 3\text{mm}}{1200\text{mm}}} = 0,995 \leq 1$$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions



$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Ed,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
592,67	1,50	395,11	241,93	61,2

Kotva č.	$\beta_{N,c}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4	61,2	1	$\beta_{N,c1}$

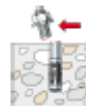
Únosnost ve smyku

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_v %
Selhání ocele bez ramene síly *	3,56	112,80	3,2
Selhání betonu na opačné straně zatížení	3,56	198,82	1,8

* Nejneprůzračnější kotva

Selhání ocele bez ramene síly

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Ed,s}$ kN	V_{Sd} kN	β_{Vs} %
141,00	1,25	112,80	3,56	3,2

Kotva č.	β_{Vs} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	1,2	1	β_{Vs1}
2	3,0	2	β_{Vs2}
3	1,6	3	β_{Vs3}
4	3,2	4	β_{Vs4}

Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{Mop}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 149,12 \text{ kN} = 298,23 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{cc,N}$$

$$N_{Rk,c} = 315,49 \text{ kN} \cdot \frac{680625 \text{ mm}^2}{1440000 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 149,12 \text{ kN}$$

Rovnice
(5.7a)

Rovnice (5.3)

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

$$N_{fck,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,osb}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{30,0N/mm^2} \cdot (400mm)^{1,5} = 315,49kN \quad \text{Rovnice (5.3a)}$$

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{gr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{600mm}\right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3c)}$$

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200mm}\right) = 0,5 + \frac{400mm}{200mm} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2s_s}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Ns} \cdot \Psi_{ec,Np} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3e)}$$

$V_{fck,cp}$ kN	γ_{Mcp}	$V_{fck,ep}$ kN	V_{sd} kN	$\beta_{V,cp}$ %
298,23	1,50	198,82	3,56	1,8


Kotva č.	$\beta_{V,cp}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
4	1,8	1	$\beta_{V,ep1}$

Využití tahových a smykových zatížení

Tahová zatížení	Využití β_N %	Smykové zatížení	Využití β_V %
Selhání oceli *	32,8	Selhání oceli bez ramene síly *	3,2
Vytažení kotvy/Selhání betonu	45,6	Selhání betonu na opačné straně zatížení	1,8
Selhání betonu	61,2		

* Nejpeřiznivější kotež

Únosnost kombinace tahu a smyku.

Využití oceli		
$\beta_{N,s} = \beta_{N,s1} = 0,33 \leq 1$		Rovnice (5.9a)
$\beta_{V,s} = \beta_{V,s1} = 0,03 \leq 1$		Rovnice (5.9b)
$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s1}^2 + \beta_{V,s1}^2 = 0,11 \leq 1$		Rovnice (5.10)
Využití betonu		Zkouška úspěšná
$\beta_{N,c} = \beta_{N,c1} = 0,61 \leq 1$		Rovnice (5.9a)
$\beta_{V,cp} = \beta_{V,cp1} = 0,02 \leq 1$		Rovnice (5.9b)
$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c1}^{1,5} + \beta_{V,cp1}^{1,5} = 0,48 \leq 1$		Rovnice (5.10)

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

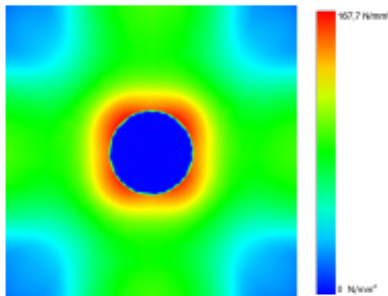


C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer [®]
innovative solutions

Tloušťka kotevní desky

Model napětí



Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky	t =	40 mm
Materiál kotevní desky		S 235 (St 37)
Modul pružnosti	E =	210 000 N/mm ²
Pevnost na mezi kluzu	$R_{p0,2}$ =	235 N/mm ²
Součinitel bezpečnosti	γ_M =	1,1
Poissonovo číslo	ν =	0,3
Využití	η =	78 %
Typ profilu		Vlastní profil

Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická (ccr,N - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotvení. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotevním podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotev do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotvami. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Informace k montáži

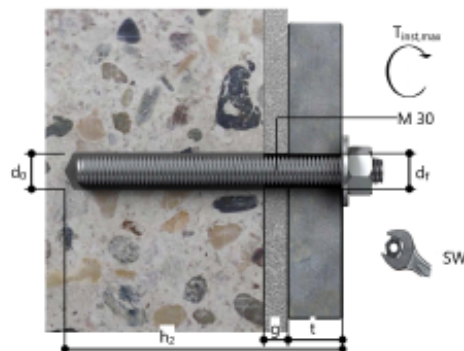
Kotva

Systém	fischer Systém Superbond	
Injektážní malta	FIS SB 390 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)	Kat. č. 520555
Upevňovací element	Závitová tyč RG M 30 x 500, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8	Kat. č. 95730
Příslušenství	Vytačovací pistole FIS DM S Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem Stlačený vzduch ($p \geq 6$ bar) FIS prodlužovací hadička 9 mm Tryska stlačeného vzduchu D30-D35 Čistící kartáček BS 35 Upnutí SDS s vnitřním závitem FIS prodloužení kartáčku Přilepovací vrták SDS Max IV 35/550/670	Kat. č. 511118 Kat. č. 93286 Na stavbě Kat. č. 19705 Kat. č. 511959 Kat. č. 90071 Kat. č. 511961 Kat. č. 508791 Kat. č. 504257
Alternativní kartuše	FIS SB 585 S FIS SB 1500 S FIS SB 390 High Speed S Zobrazené kartuše jsou alternativní k zvýrazněným kartuším výše se stejným číslem schválením.	Kat. č. 519452 Kat. č. 520528 Kat. č. 523302



Detaily montáže

Průměr závitu	M 30
Průměr vyvrtaného otvoru	$d_b = 35$ mm
Hloubka vyvrtaného otvoru	$h_2 = 455$ mm
Kotevní hloubka	$h_{w1} = 400$ mm
Metoda vrtání	Přilepové vrtání
Čištění vyvrtaného otvoru	2 x vyfouknout stlačeným vzduchem, 2 x vyčistit kartáčkem, 2 x vyfouknout stlačeným vzduchem
Typ montáže	Průlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Maximální krouticí moment	$T_{kr, \max} = 300,0$ Nm
Velikost klíče	46 mm
Tloušťka kotevní desky	$t = 40$ mm
Tloušťka podlití	$g \leq 15$ mm
t fix	$t_{fix} \leq 55$ mm
T _{fix, max}	
Objem chemické malty na jednu kotvu	200 ml/100 Stupnice jednotek



Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer [®]
innovative solutions

Podrobnosti kotevní desky

Materiál kotevní desky S 235 (St 37)
Tloušťka kotevní desky $t = 40$ mm
Průměr otvoru v kotevní desce $d = 40$ mm

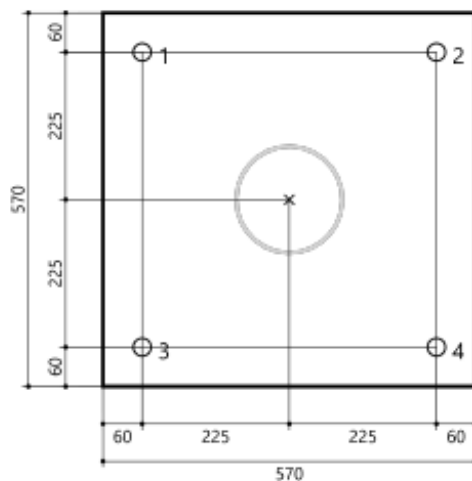
Přípevňovaná součást

Typ profilu Vlastní profil

Rozměry profilu	mm
Šířka	168
Tloušťka příruby	6

Souřadnice kotvy

Kotva č.	x mm	y mm
1	-225	225
2	225	225
3	-225	-225
4	225	-225





C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

ENSO-Technický list

Kotva

Injektážní malta FIS SB 390 S
Upevňovací element Závitová tyč RG M 30 x 500, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8



Charakteristická únosnost¹⁾

Charakteristická únosnost proti přetržení oceli

Charakteristická únosnost	5.8	$N_{Rk,A}$	kN	281,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{Mk,A}$	-	1,50

Charakteristická přídržnost pro beton C20/25²⁾

Tažený beton		$f_{Rk,cr}$	N/mm ²	7,5
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{Mk,c}$	-	1,50

Charakteristická únosnost proti rozštěpení betonu a vytržení betonového kužele

Účinná hloubka kotvení		h_{ef}	mm	400
Součinitel k pro beton s tlínami		k_{cr}	-	7,20

Charakteristické vzdálenosti pro tloušťku kotevního podkladu 1 500 mm

Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{Mk,c}$	-	1,50
------------------------	--	-----------------	---	------

Charakteristická únosnost proti smykovému zatížení bez ohybu

Charakteristická únosnost	5.8	$V_{Rk,A}$	kN	141,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{Mk,V}$	-	1,25

Charakteristická únosnost proti vypáčení

Součinitel k pro páčení		k	-	2,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{Mk,up}$	-	1,50

Rozměry

min. tloušťka kotevního podkladu		h_{min}	mm	470
min. osová vzdálenost		s_{min}	mm	140
min. vzdálenost k okraji		c_{min}	mm	140

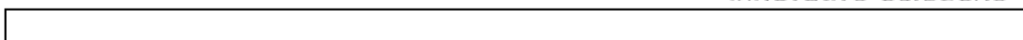
1) Při všech neuvedených parametrech zvolte návrhovou metodu ENSO.

2) Metoda vrtání Příklepové vrtání
Podmínky při vrtání Suchý otvor
Teplotní rozmezí 24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C krátkodobá teplota



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions



fischer international s.r.o.
Průmyslová 1833
25001 Brandýs nad Labem
Telefon: +42 03 26 90 46 01
Fax: +42 03 26 90 46 00
adam.vesely@fischer-cz.cz
www.fischer-cz.cz

Detaily návrhu

Kotva

Systém	fischer Systém Superbond
Injektážní malta	FIS SB 390 S
Upevňovací element	Závitová tyč FIS A M 30 x 430, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8
Kotevní hloubka	350 mm

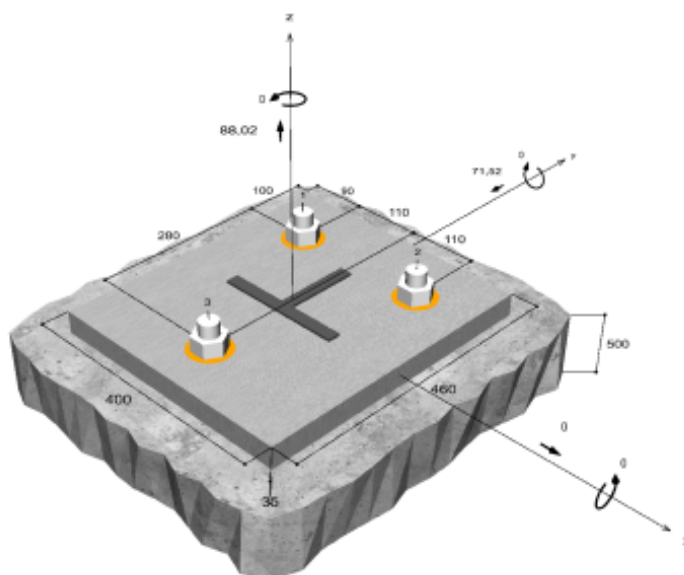


Design data Popis dle výrobce, viz. ENSO data v tiskovém výstupu

Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 1



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Vstupní data

Návrhová metoda	Návrhová metoda ENSO - Lepené kotvy
Kotevní podklad	Prostý beton nebo železobeton, C25/30, EN 206
Vlastnosti betonu	Tažený beton, Suchý otvor
Teplotní rozmezí	24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Krátkodobá teplota
Výztuž	Hustá výztuž. Podélná výztuž s třmínky. S výztuží proti rozštěpení
Metoda vrtání	Přiklepové vrtání
Typ montáže	Průlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Druh zatížení	Statické
Distance	Bez ohybu
Tvar kotevní desky	400 mm x 460 mm x 35 mm
Typ profilu	Vlastní profil

Návrhová zatížení *)

#	N_{sd} kN	$V_{sd,x}$ kN	$V_{sd,y}$ kN	$M_{sd,x}$ kNm	$M_{sd,y}$ kNm	$M_{r,sd}$ kNm	Druh zatížení
1	88,02	0,00	-71,52	0,00	0,00	0,00	Statické

*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

Výsledné síly kotev

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	23,58	23,84	0,00	-23,84
2	23,58	23,84	0,00	-23,84
3	40,87	23,84	0,00	-23,84



Max. sřažení betonu : 0,00 ‰
Max. tlakové napětí v betonu : 0,0 N/mm²
Výsledné tahové síly : 88,02 kN , Poloha X/Y (0 / 0)
Výsledné tlakové síly : 0,00 kN , Poloha X/Y (0 / 0)

Návrhová únosnost v tahu

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_w %
Seřhání oceli *	40,87	187,33	21,8
Vytažení kotvy/Seřhání betonu	88,02	265,72	33,1
Seřhání betonu	88,02	237,53	37,1

* Nejneřhivnější kotva

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

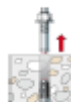


C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Selhání ocele

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{Rk,s}$ %
281,00	1,50	187,33	40,87	21,8

Kotva č.	$\beta_{Rk,s}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	12,6	1	$\beta_{Rk,1}$
2	12,6	2	$\beta_{Rk,2}$
3	21,8	3	$\beta_{Rk,3}$

Vytažení kotvy/Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np} \quad \text{Rovnice (5.2)}$$

$$N_{Rk,p} = 252,35 \text{ kN} \cdot \frac{826749 \text{ mm}^2}{480249 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,015 \cdot 0,904 \cdot 1,000 = 398,57 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 30 \text{ mm} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ N/mm}^2 = 252,35 \text{ kN} \quad \text{Rovnice (5.2a)}$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right) \quad \text{Rovnice (5.2c)}$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \left(\frac{10,0 \text{ N/mm}^2}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot 350 \text{ mm}\right) = 693 \text{ mm}$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{693 \text{ mm}}{2} = 347 \text{ mm} \quad \text{Rovnice (5.2d)}$$

$$\Psi_{s,Np} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{347 \text{ mm}}\right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2e)}$$

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,029 - \sqrt{\frac{167 \text{ mm}}{693 \text{ mm}}} \cdot (1,029 - 1) = 1,015 \geq 1 \quad \text{Rovnice (5.2f)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ct,cube}}}\right)^{1,5} \quad \text{Rovnice (5.2g)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{3} - (\sqrt{3} - 1) \cdot \left(\frac{30 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ N/mm}^2}{2,3 \cdot \sqrt{350 \text{ mm} \cdot 30,0 \text{ N/mm}^2}}\right)^{1,5} = 1,029 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npr} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 1,000 \cdot 0,904 = 0,904 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2h)}$$

$$\Psi_{ec,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0 \text{ mm}}{693 \text{ mm}}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 37 \text{ mm}}{693 \text{ mm}}} = 0,904 \leq 1$$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

$$\Psi_{re,Np} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200mm}\right) = \min\left(1; 0,5 + \frac{350mm}{200mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.2)

N_{Rp} kN	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{sd} kN	β_{Rp} %
398,57	1,50	265,72	88,02	33,1

Kotva č.	β_{Rp} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3	33,1	1	$\beta_{Rp,1}$

Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,e}}{\gamma_{Me}} \quad (N_{Rk,e})$$



$$N_{Rk,e} = N_{Rk,e}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Rovnice (5.3)

$$N_{Rk,e} = 258,22kN \cdot \frac{1627500mm^2}{1102500mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 0,935 = 356,30kN$$

$$N_{Rk,e}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,csd,e}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{30,0N/mm^2} \cdot (350mm)^{1,5} = 258,22kN$$

Rovnice (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{525mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200mm}\right) = 0,5 + \frac{350mm}{200mm} = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c_s}{8s_N}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nz} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 0,935 = 0,935 \leq 1$$

Rovnice (5.3e)

$$\Psi_{ec,Nz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{1050mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 37mm}{1050mm}} = 0,935 \leq 1$$

$N_{Rk,e}$ kN	γ_{Me}	$N_{Rd,e}$ kN	N_{sd} kN	$\beta_{Rk,e}$ %
356,30	1,50	237,53	88,02	37,1

Kotva č.	$\beta_{Rk,e}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3	37,1	1	$\beta_{Rk,e,1}$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Únosnost ve smyku

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_v %
Selhání ocele bez ramene síly *	23,84	112,80	21,1
Selhání betonu na opačné straně zatížení	71,52	508,25	14,1

* Nejnepříznivější kotev

Selhání ocele bez ramene síly

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Sd} kN	β_{vs} %
141,00	1,25	112,80	23,84	21,1

Kotva č.	β_{vs} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	21,1	1	$\beta_{vs,1}$
2	21,1	2	$\beta_{vs,2}$
3	21,1	3	$\beta_{vs,3}$

Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,ep}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,ep})$$



$$V_{Rk,ep} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 381,19 \text{ kN} = 762,37 \text{ kN}$$

Rovnice
(5.7a)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Rovnice (5.3)

$$N_{Rk,c} = 258,22 \text{ kN} \cdot \frac{1627500 \text{ mm}^2}{1102500 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 381,19 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{30,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (350 \text{ mm})^{1,5} = 258,22 \text{ kN}$$

Rovnice
(5.1a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{525 \text{ mm}}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice
(5.3c)

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0,5 + \frac{h_{ef}}{200 \text{ mm}}\right) = 0,5 + \frac{350 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 1,000 \leq 1$$

Rovnice
(5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nz} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Rovnice
(5.3a)

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

--

$V_{R,CP}$ kN	V_{Mcp}	$V_{Rd,CP}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,CP}$ %
762,37	1,50	508,25	71,52	14,1


Kotva č.	$\beta_{V,CP}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3	14,1	1	$\beta_{V,CP1}$

Využití tahových a smykových zatížení

Tahová zatížení	Využití β_N %	Smykové zatížení	Využití β_V %
Selhání oceli *	21,8	Selhání oceli bez ramene síly *	21,1
Vytažení kotvy/Selhání betonu	33,1	Selhání betonu na opačné straně zatížení	14,1
Selhání betonu	37,1		

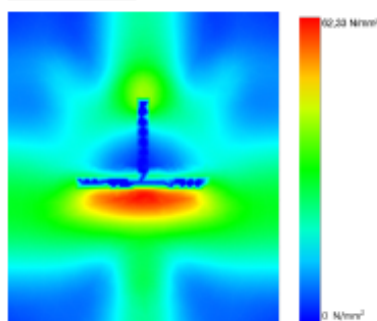
* Nejpočetnější kotva

Únosnost kombinace tahu a smyku.

Využití oceli		
$\beta_{N,s} = \beta_{N,s3} = 0,22 \leq 1$		Rowice (5.9a)
$\beta_{V,s} = \beta_{V,s1} = 0,21 \leq 1$		Rowice (5.9b)
$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s3}^2 + \beta_{V,s3}^2 = 0,09 \leq 1$		Rowice (5.10)
Využití betonu		Zkouška úspěšná
$\beta_{N,c} = \beta_{N,c1} = 0,37 \leq 1$		Rowice (5.9a)
$\beta_{V,CP} = \beta_{V,CP1} = 0,14 \leq 1$		Rowice (5.9b)
$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c1}^{1,5} + \beta_{V,CP1}^{1,5} = 0,28 \leq 1$		Rowice (5.10)

Tloušťka kotevní desky

Model napětí



Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky	$t =$	35 mm
Materiál kotevní desky		S 235 (St 37)
Modul pružnosti	$E =$	210 000 N/mm ²
Pevnost na mezi kluzu	$R_{p0,2} =$	235 N/mm ²
Součinitel bezpečnosti	$\gamma_M =$	1,1
Poissonovo číslo	$\nu =$	0,3
Využití	$\eta =$	29 %
Typ profilu		Vlastní profil

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer [®]
innovative solutions

Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická (ccr,N - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotvení. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotvením podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotev do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotvami. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.



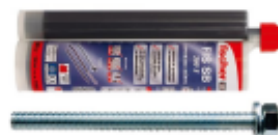
C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Informace k montáži

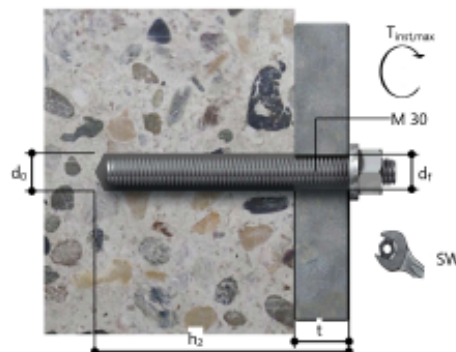
Kotva

Systém	fischer Systém Superbond	
Injektážní malta	FIS SB 390 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)	Kat. č. 520555
Upevňovací element	Závitová tyč FIS A M 30 x 430, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8	Kat. č. 90297
Příslušenství	Vytačovací pistole FIS DM S Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem Stlačený vzduch ($p \geq 6$ bar) FIS prodlužovací hadička 9 mm Tryska stlačeného vzduchu D30-D35 Čistič kartáček BS 35 Upnutí SDS s vnitřním závitem FIS prodloužení kartáčku Přilepový vrták SDS Max IV 35/450/570	Kat. č. 511118 Kat. č. 93286 Na stavbě Kat. č. 19705 Kat. č. 511959 Kat. č. 90071 Kat. č. 511961 Kat. č. 508791 Kat. č. 504256
Alternativní kartuše	FIS SB 585 S FIS SB 1500 S FIS SB 390 High Speed S Zobrazené kartuše jsou alternativní k zvýrazněným kartuším výše se stejným číslem schválením.	Kat. č. 519452 Kat. č. 520528 Kat. č. 523302



Detaily montáže

Průměr závitu	M 30
Průměr vyvrtaného otvoru	$d_0 = 35$ mm
Hloubka vyvrtaného otvoru	$h_2 = 385$ mm
Kotevní hloubka	$h_{kf} = 350$ mm
Metoda vrtání	Přilepové vrtání
Čištění vyvrtaného otvoru	2 x vyfouknout stlačeným vzduchem, 2 x vyčistit kartáčkem, 2 x vyfouknout stlačeným vzduchem
Typ montáže	Průvlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Maximální krouticí moment	$T_{rot,max} = 300,0$ Nm
Velikost klíče	46 mm
Tloušťka kotevní desky	$t = 35$ mm
t_{fix}	$t_{fix} = 35$ mm
$T_{fix,max}$	
Objem chemické malty na jednu kotvu	170 ml/85 Stupnice jednotek



Vstupní hodnoty a výhledy návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

Podrobnosti kotevní desky

Materiál kotevní desky S 235 (St 37)
Tloušťka kotevní desky $t = 35$ mm
Průměr otvoru v kotevní desce $d_f = 40$ mm

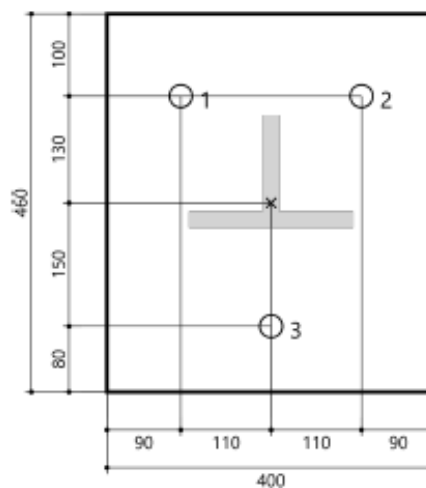
Přípevňovaná součást

Typ profilu Vlastní profil

Rozměry profilu	mm
Výška	137
Šířka	200
Tloušťka stojny	20
Tloušťka příruby	20
Zatížení ve směru osy X	30

Souřadnice kotvy

Kotva č.	x mm	y mm
1	-110	130
2	110	130
3	0	-150





C-FIX 1.76.0.0
Verze databáze
2019.4.16.14.59
Datum
06.05.2019

fischer 
innovative solutions

ENSO-Technický list

Kotva

Injektážní malta FIS SB 390 S
Upevňovací element Závitová tyč FIS A M 30 x 430, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8



Charakteristická únosnost¹⁾

Charakteristická únosnost proti přetržení oceli			
Charakteristická únosnost	5,8	$N_{Rk,s}$	kN 281,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{M,s}$	- 1,50
Charakteristická přídržnost pro beton C20/25 ²⁾			
Tažený beton		$T_{Rk,cr}$	N/mm ² 7,5
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{M,p}$	- 1,50
Charakteristická únosnost proti rozštěpení betonu a vytržení betonového kužele			
Účinná hloubka kotvení		h_{ef}	mm 350
Součinitel k pro beton s tlílnami		k_{cr}	- 7,20
Charakteristické vzdálenosti pro tloušťku kotevního podkladu 500 mm			
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{M,c}$	- 1,50
Charakteristická únosnost proti smykovému zatížení bez ohybu			
Charakteristická únosnost	5,8	$V_{Rk,s}$	kN 141,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{M,v}$	- 1,25
Charakteristická únosnost proti vypáčení			
Součinitel k pro páčení		k	- 2,00
Součinitel bezpečnosti		$\gamma_{M,sp}$	- 1,50
Rozměry			
min. tloušťka kotevního podkladu		h_{min}	mm 420
min. osová vzdálenost		s_{min}	mm 140
min. vzdálenost k okraji		c_{min}	mm 140

1) Při všech neuvedených parametrech zvolte návrhovou metodu ENSO.

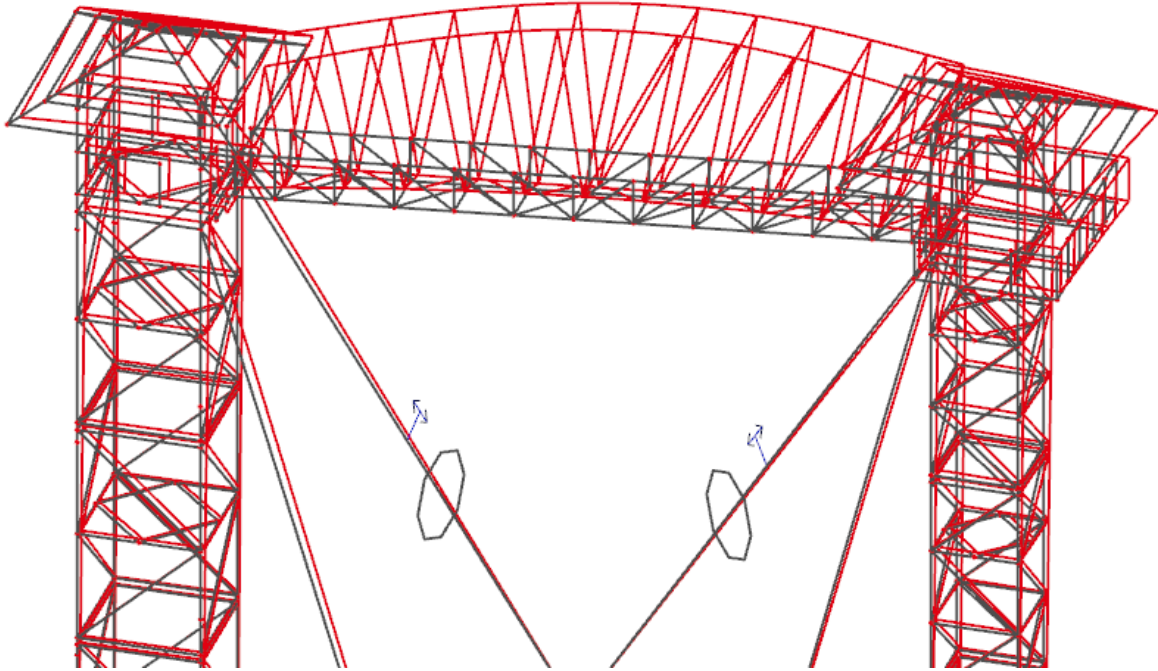
2) Metoda vrtání Příklepové vrtání
Podmínky při vrtání Suchý otvor
Teplotní rozmezí 24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Kritická teplota

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

MODEL S TÁHLY

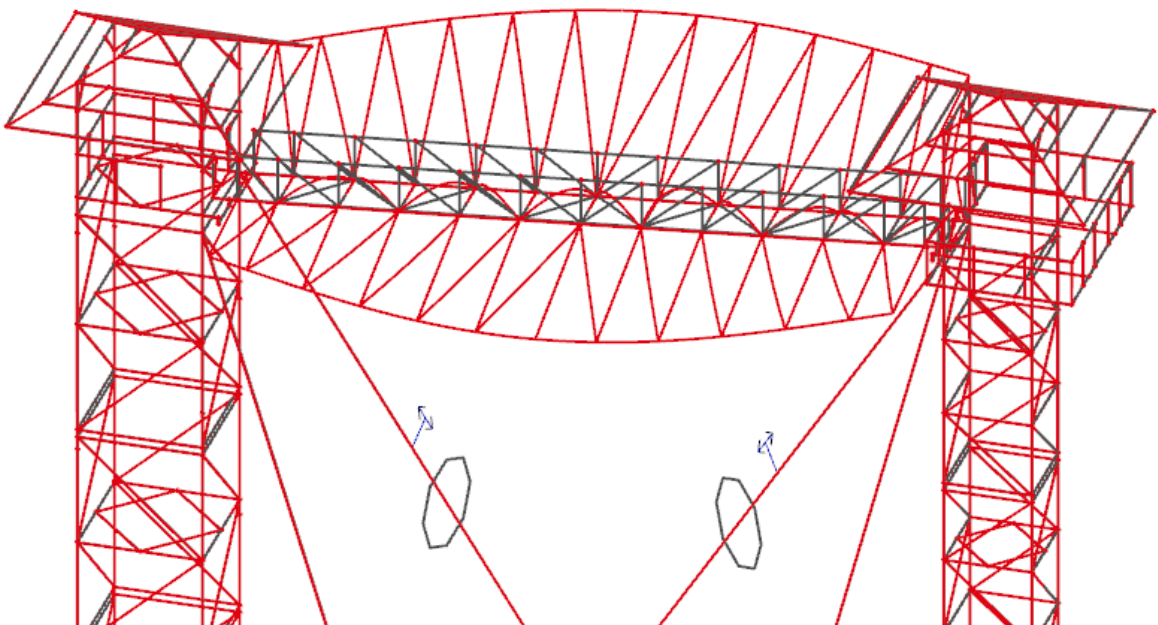
- vlastní tvar 1

$$f = 1,99 \text{ Hz}$$

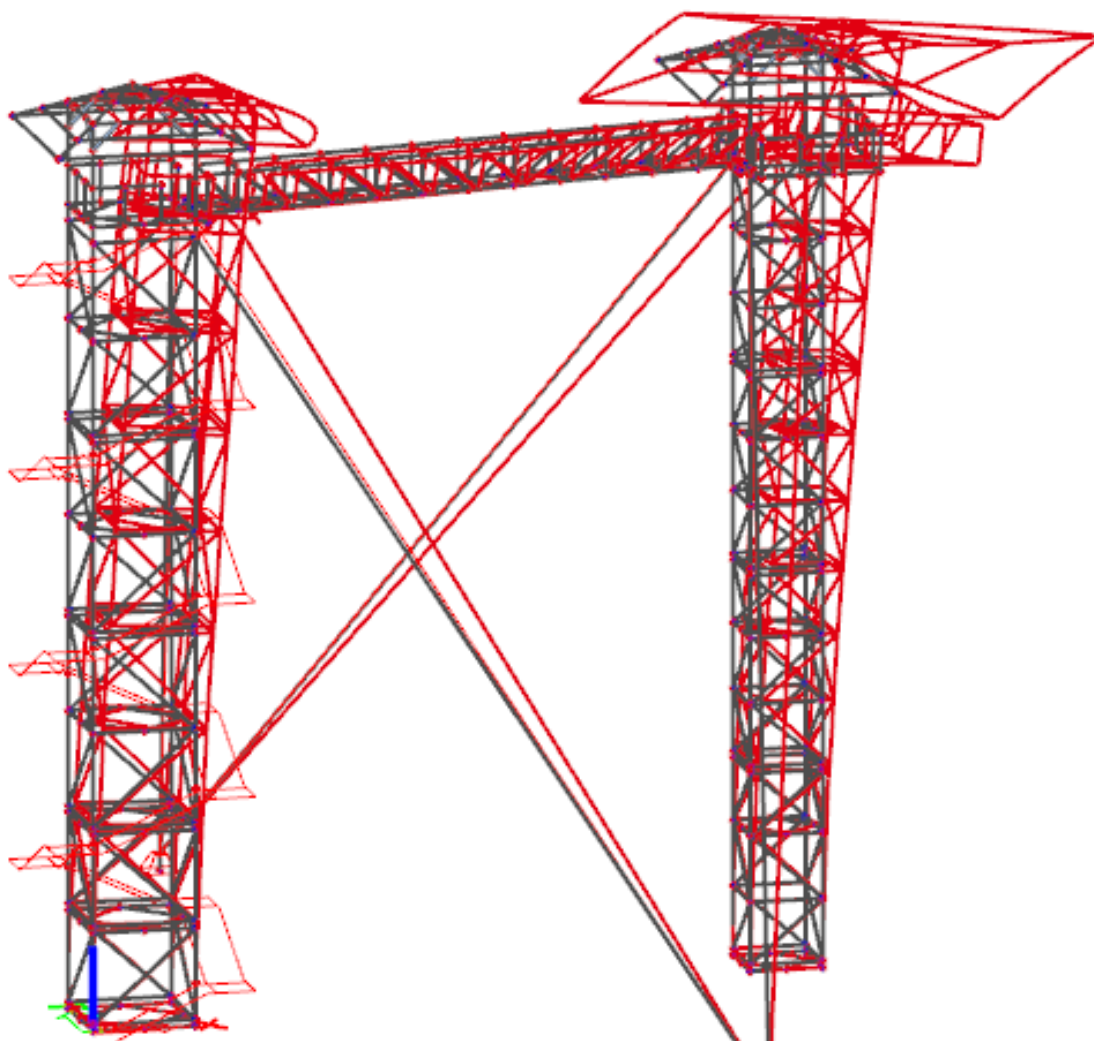


- vlastní tvar 2

$$f = 2,07 \text{ Hz}$$

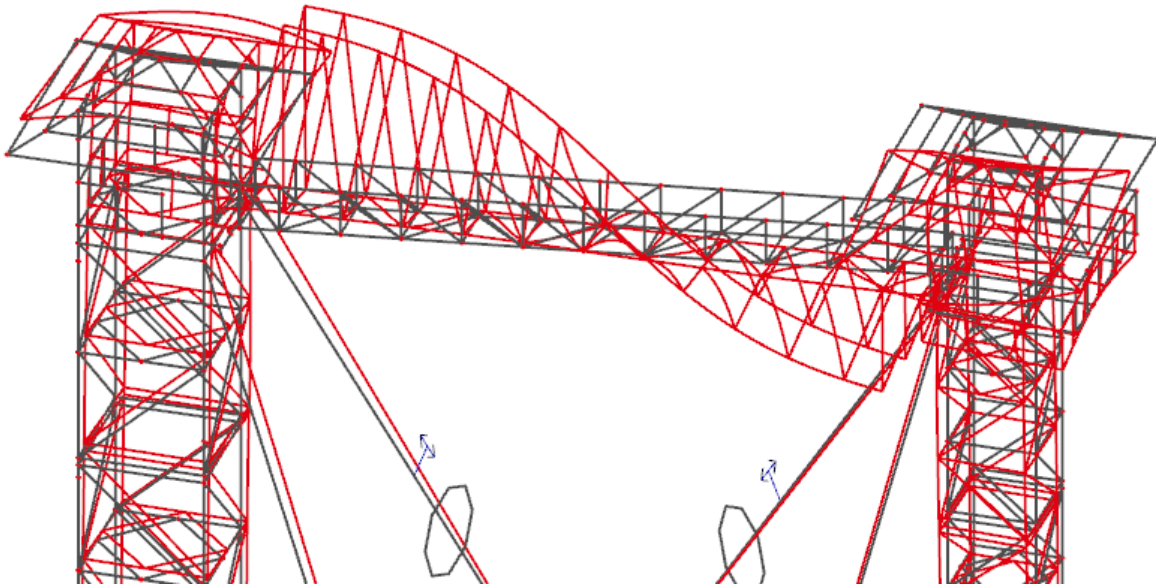


- vlastní tvar 3
 $f = 2,30 \text{ Hz}$



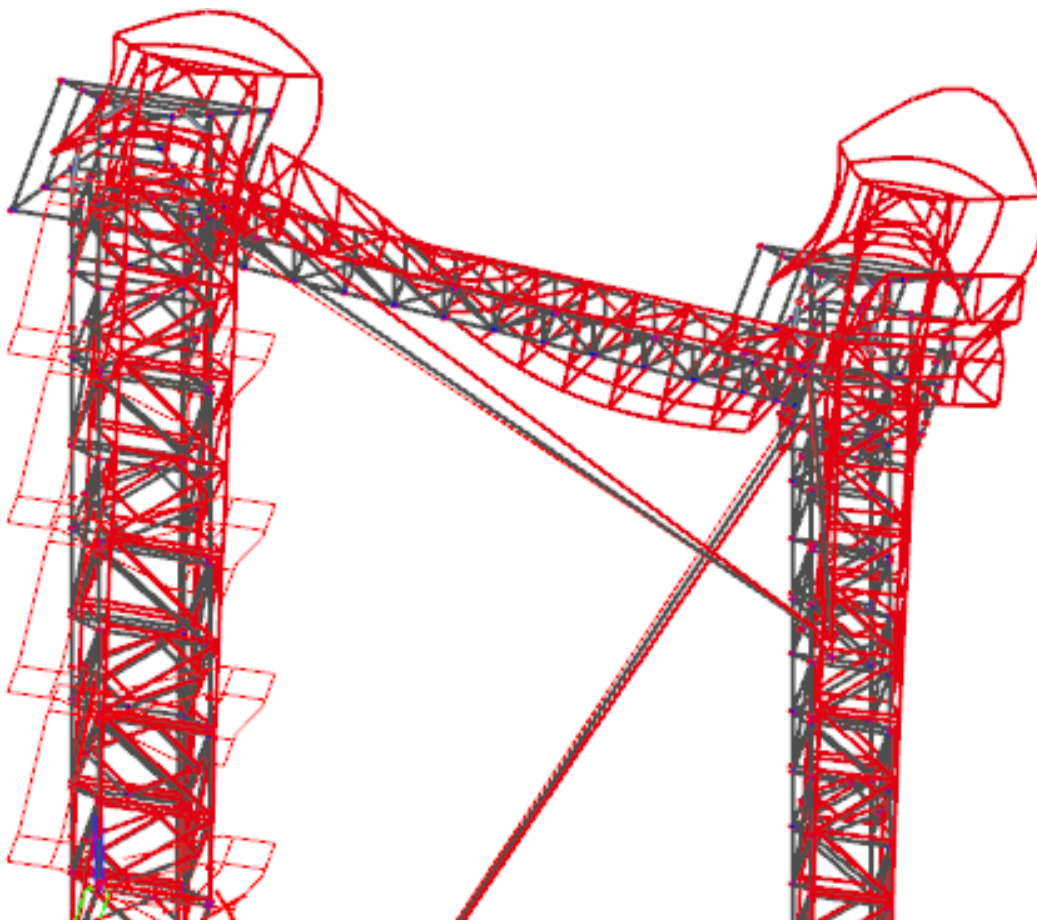
- vlastní tvar 5

$$f = 2,95 \text{ Hz}$$



- vlastní tvar 7

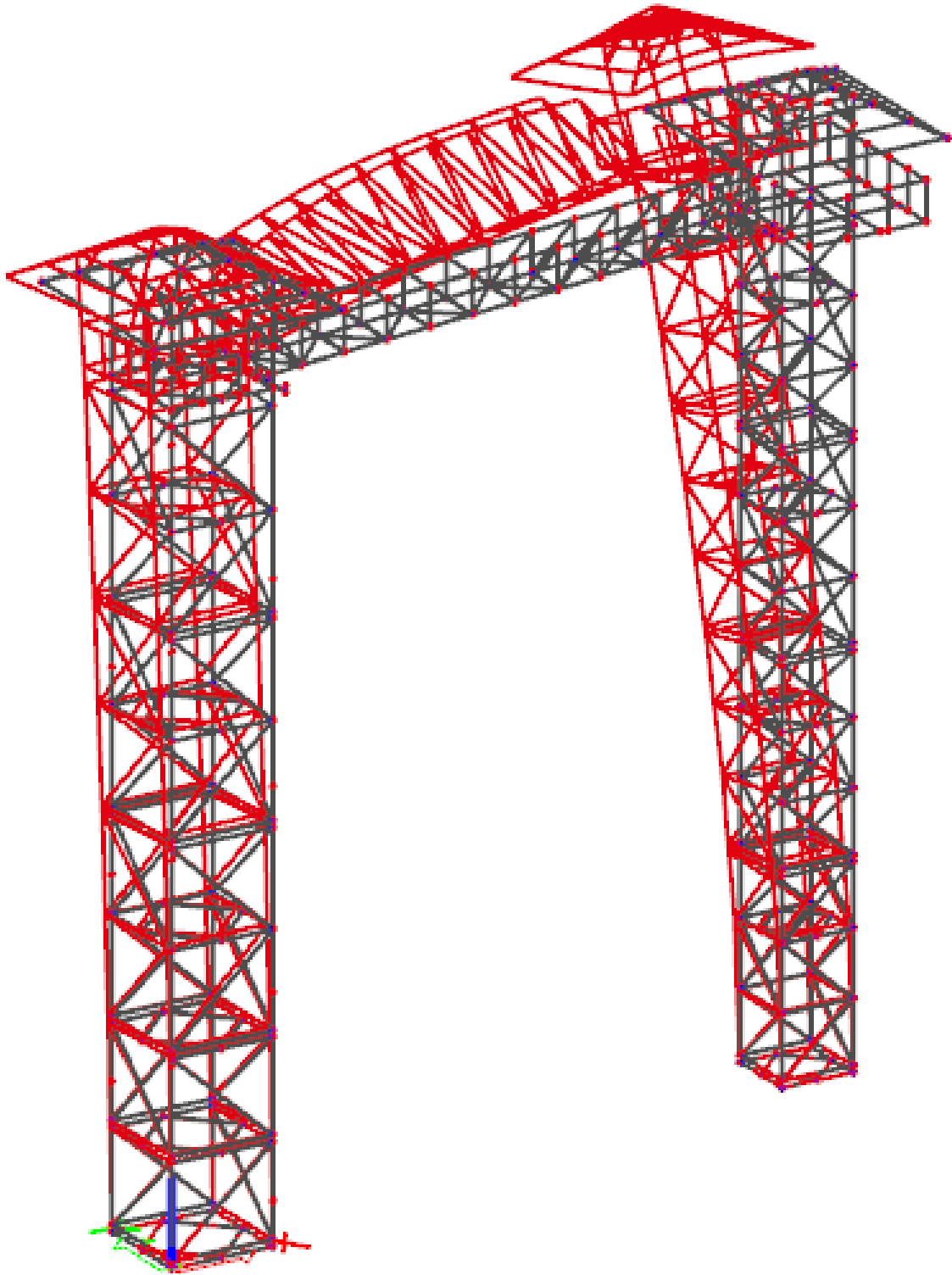
$$f = 3,23 \text{ Hz}$$



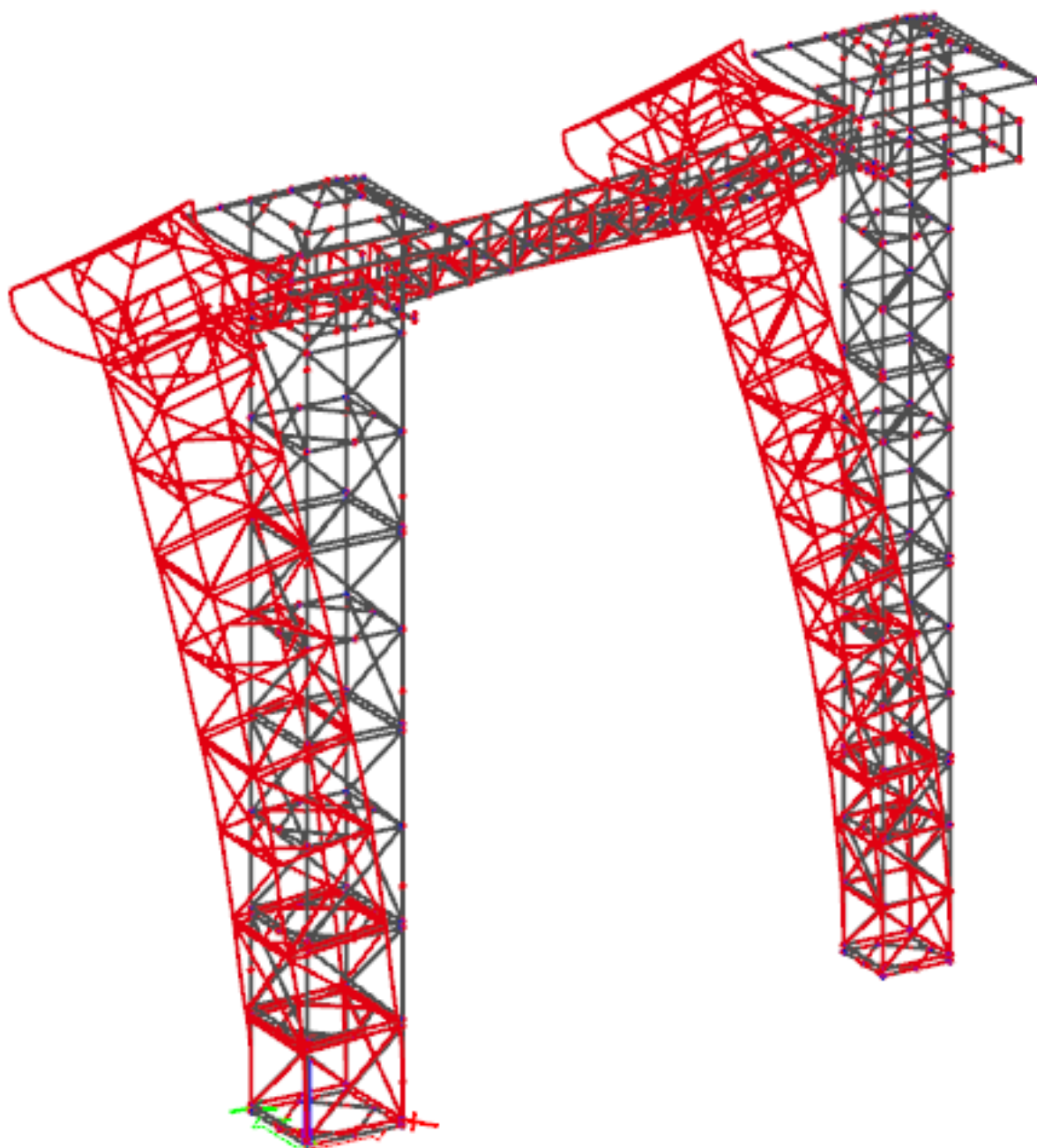
MODEL BEZ TÁHEL

- vlastní tvar 1

$$f = 1,44 \text{ Hz}$$



- vlastní tvar 2
 $f = 1,66 \text{ Hz}$



- vlastní tvar 3
 $f = 1,84 \text{ Hz}$

