



Návrh nosné konstrukce dřevěné rozhledny do vybrané lokality

Diplomová práce

Autor diplomové práce:

Bc. Josef Švagr

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Luboš Podolka

Oponent diplomové práce:

Ing. Jan Čížek

Obsah

1. Motivace
2. Cíl práce
3. Postup návrhu
4. Výsledné řešení
5. Doplnující dotazy

Motivace

- Aktuálnost tohoto problému ve vybrané lokalitě
- Získání znalostí ve výpočetním softwaru
- Prohloubení znalostí v dané problematice



Zdroj: Vlastní

Cíl práce

Cílem práce je vypracovat architektonickou studii rozhledny, dále pak provést její statický výpočet a výkresy konstrukčního i stavebně architektonického řešení rozhledny a okolí.

Použité programy

3D model:

- ArchiCAD 20 EDU od společnosti GRAPHISOFT

Výkresová dokumentace:

- ArchiCAD 20 EDU od společnosti GRAPHISOFT
- AutoCAD 2018 EDU od společnosti Autodesk

Statický výpočet a posouzení:

- RSTAB 8.10 EDU od společnosti Dlubal
- Microsoft Excel 2013
- DETAN 4.50 od společnosti Halfen

Vizualizace:

- ARTLANTIS 6.5. Studio od společnosti Abvent
- GIMP = Grafický editor

Řešené území

- Středočeský kraj, Nepřejov → 16km od Příbrami
- Vrch Bukovec 562 m.n.m.
- Očekávání cestovního ruchu
- Připravovaná lesní stezka

Zdroj: <https://www.google.cz/maps/>



Zdroj: Vlastní



Architektonické řešení

Materiál

Dřevo

BSH GL32c

BSH GL28c

Modřín C24

Zavětrování

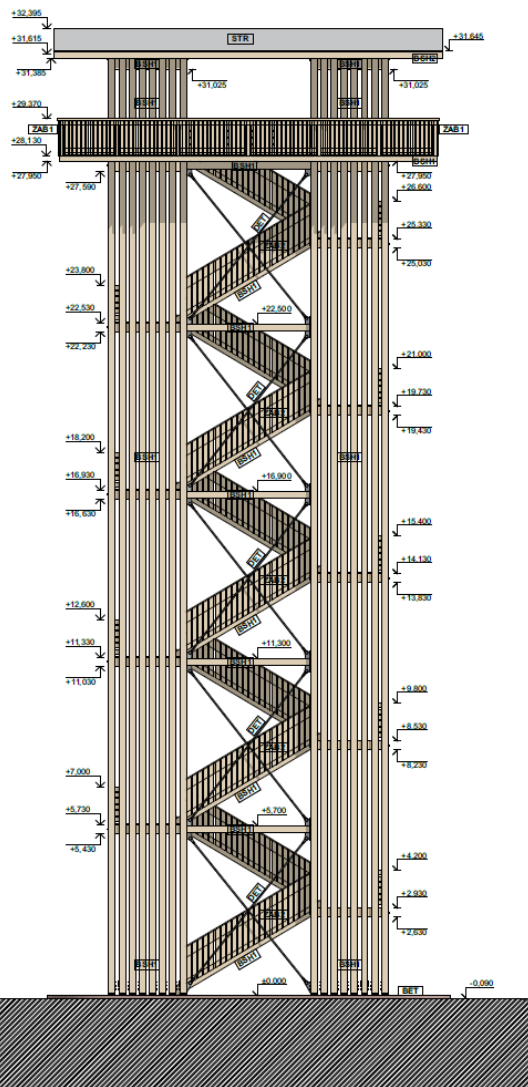
Halfen Detan S460

Ocelové prvky

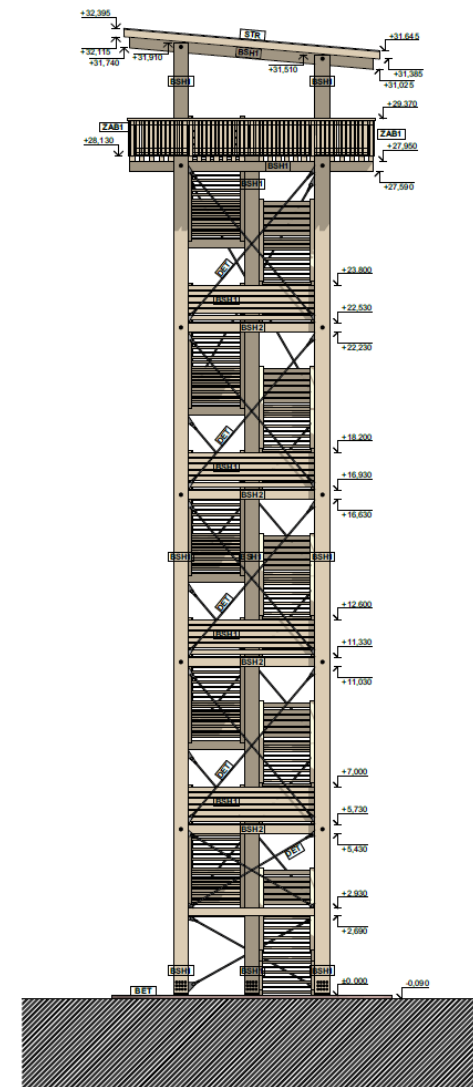
Plechý S355

Svorníky 8.8

SEVERNÍ POHLED



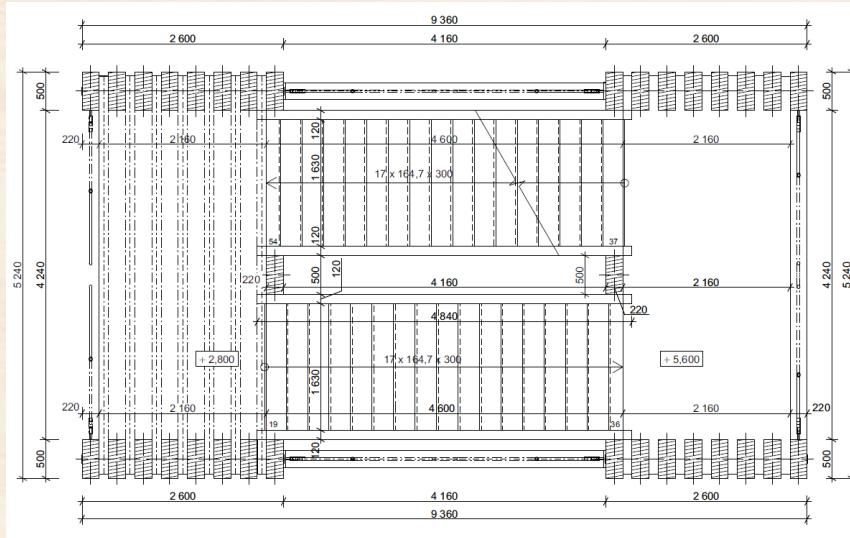
VÝCHODNÍ POHLED



Architektonické řešení

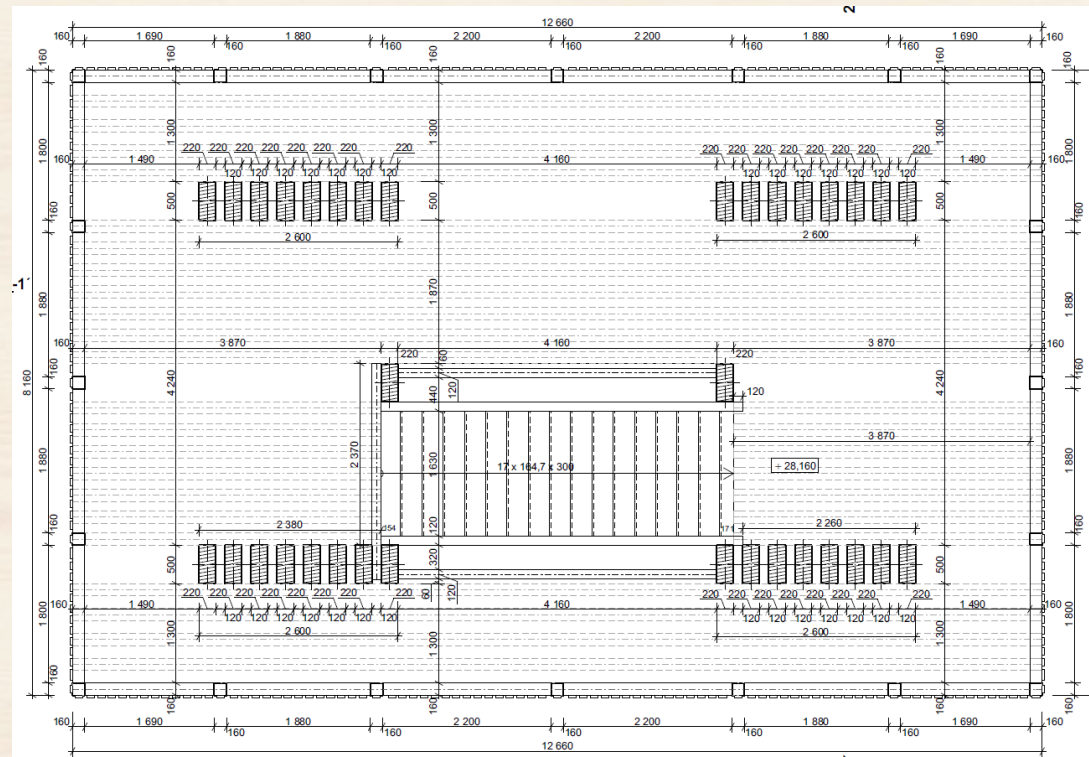
- 2.-10. NP

Zdroj: Vlastní



- Ochoz

Zdroj: Vlastní

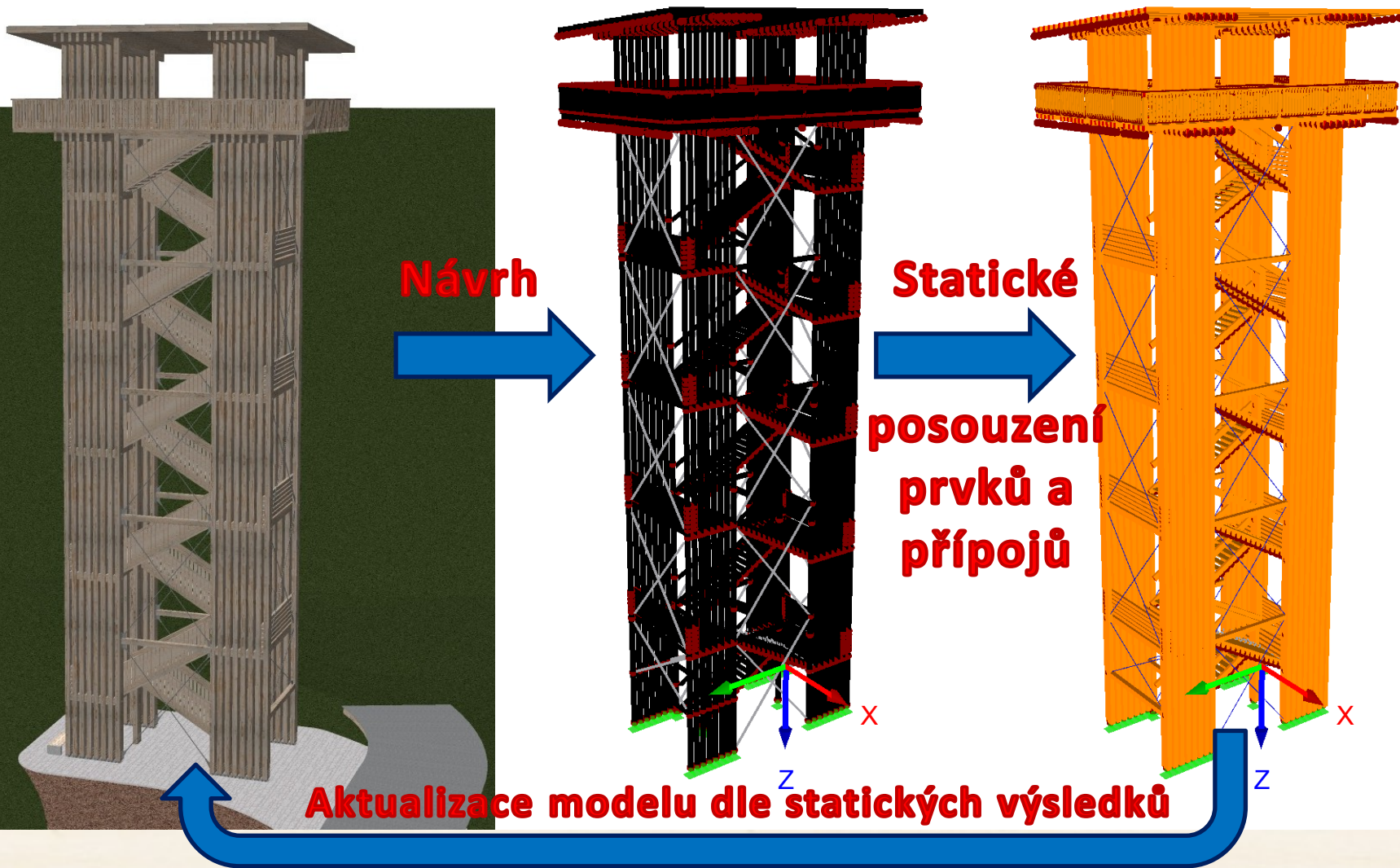


Postup při tvorbě práce

3D model
ArchiCAD 20

Drátový 3D model
RSTAB

Plný 3D model
RSTAB



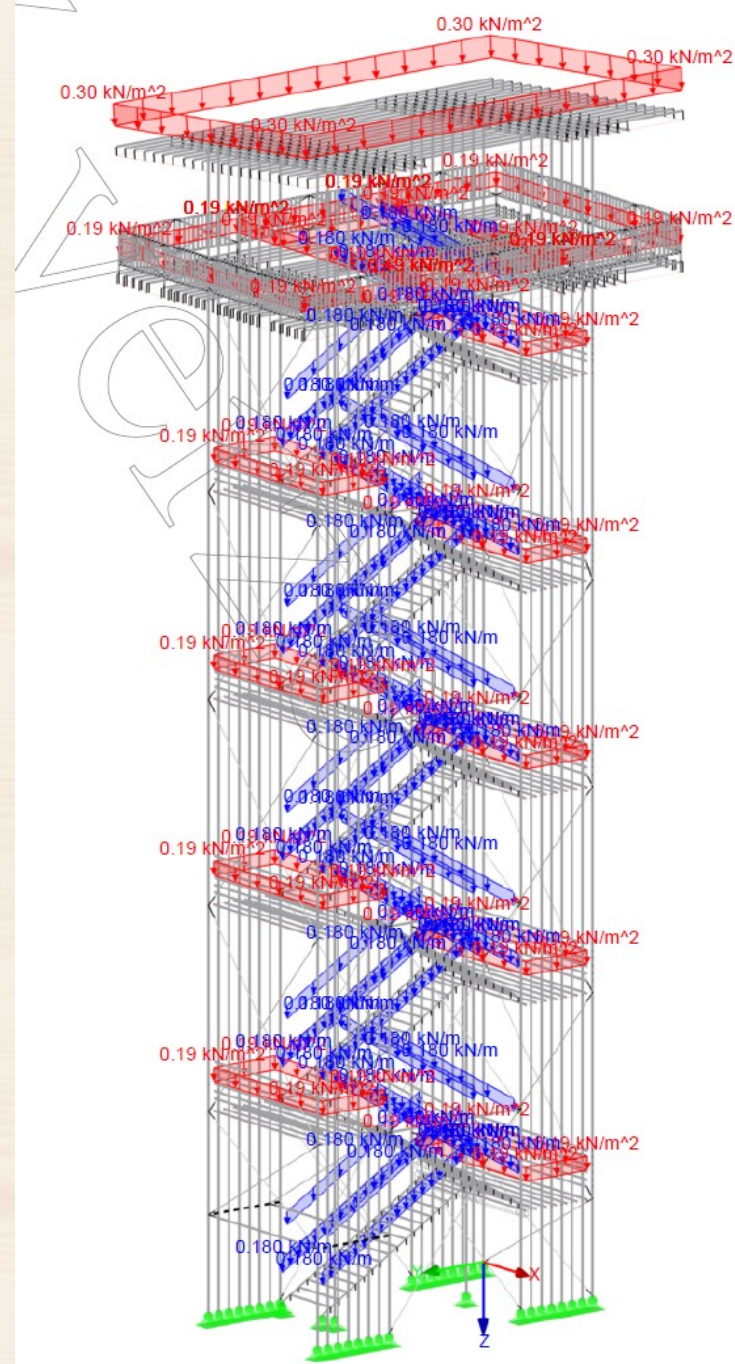
Výkresy stavebně konstrukčního řešení a tvorba vizualizace

Zatížení - stálá

- Vlastní tíha
- Výplně zábradlí
- Střešní plášť
- Podlahová deska
 - třívrstvé desky z rostlého řeziva, NOVATOP Agro Stat typ 32 mm



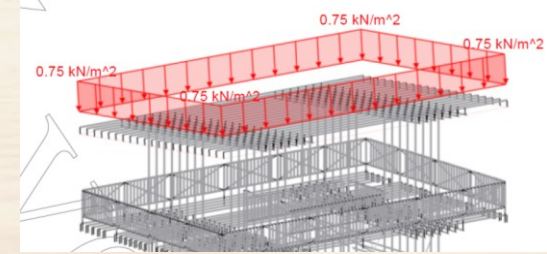
Zdroj: <https://www.novatop-system.cz/>



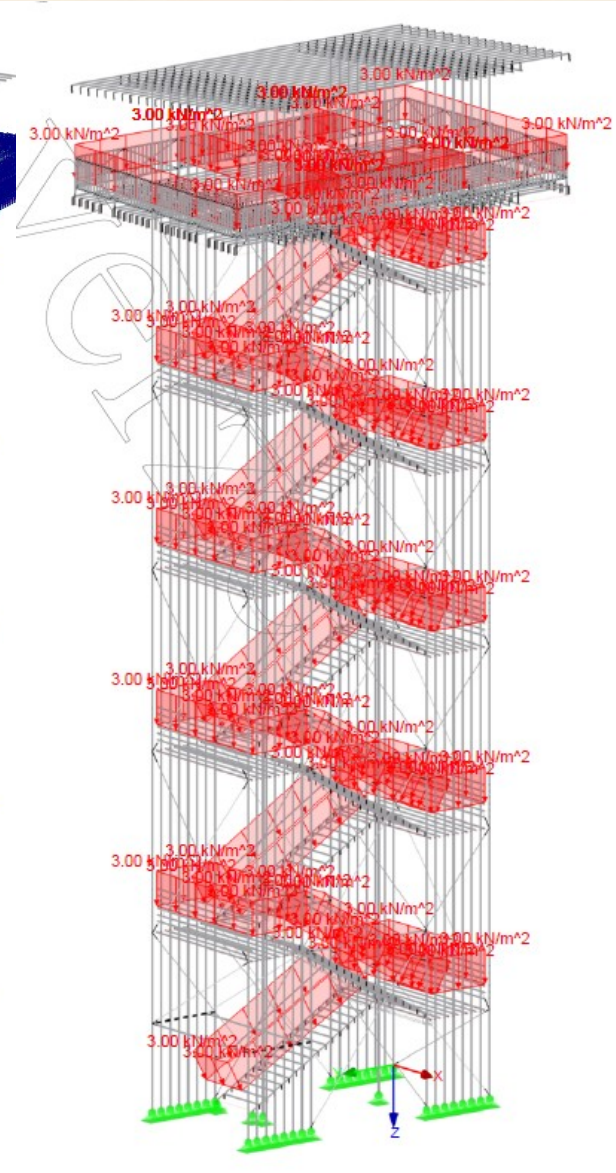
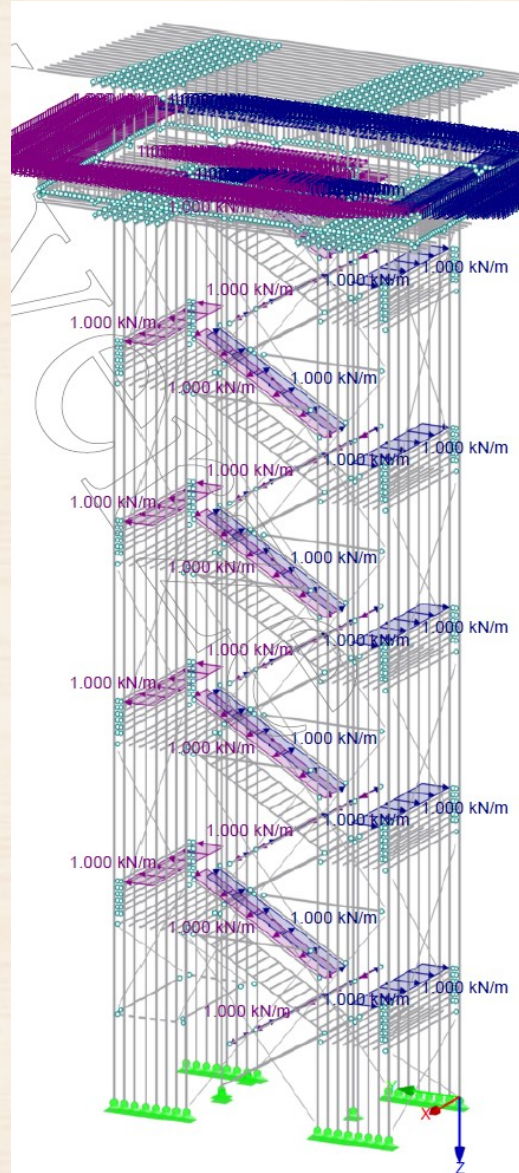
Zdroj: Vlastní

Zatížení - užitná

Zdroj: Vlastní



- **C = 3[kN/m²]**
 - plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí
- **H = 0,75[kN/m²]**
 - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
- **C2-C4 a D = 1[kN/m]**
 - Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn



Zatížení – klimatická

Zdroj: ČSN EN 1991-1-3

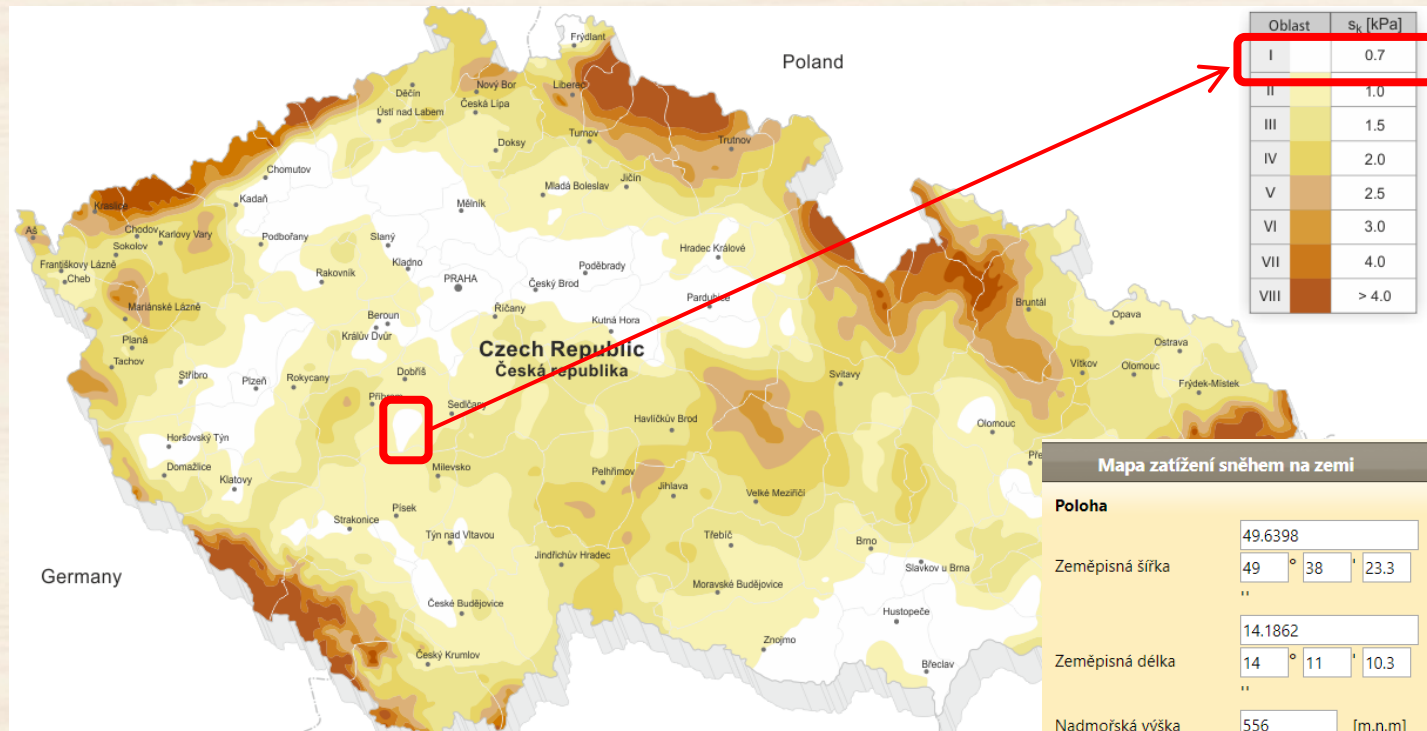
- Sníh

$$S_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$C_e = 1,00$$

$$C_t = 1,00$$

$$\mu_1 = 0,80$$



Mapa zatížení sněhem na zemi

Poloha

Zeměpisná šířka: 49° 38' 23.3"

Zeměpisná délka: 14° 11' 10.3"

Nadmořská výška: 556 [m.n.m.]

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

zatížení s_k : 0.98 [kPa]

Statistické parametry rozdělení ročních maxim

střední hodnota μ : 0.36 [kPa]

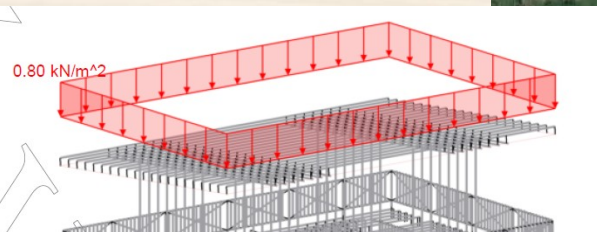
směrodatná odchylka σ : 0.23 [kPa]

variální koeficient V : 0.64

šikmost α : 1.52

Rozdělení denních hodnot

Zdroj: Vlastní



Zdroj: <http://www.snehovamapa.cz/>



Zatížení – klimatická

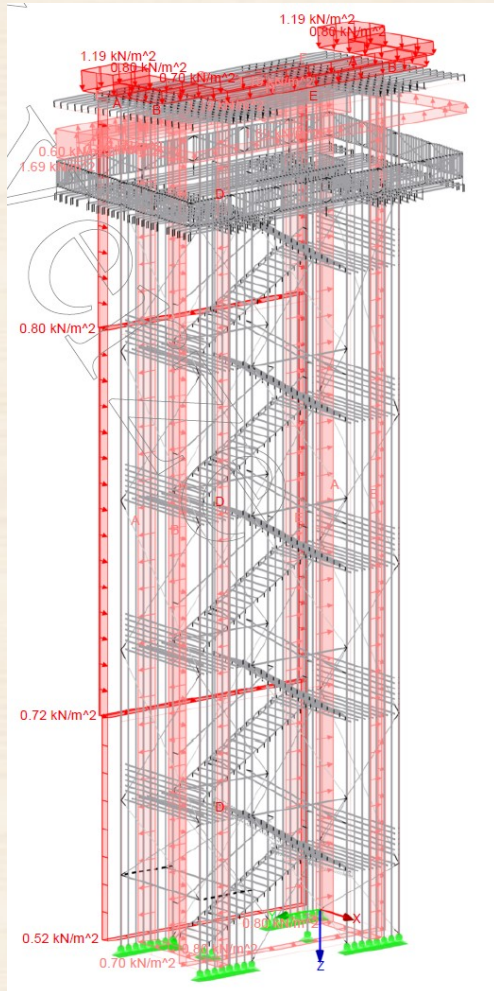
- Vítr

Větrová oblast II

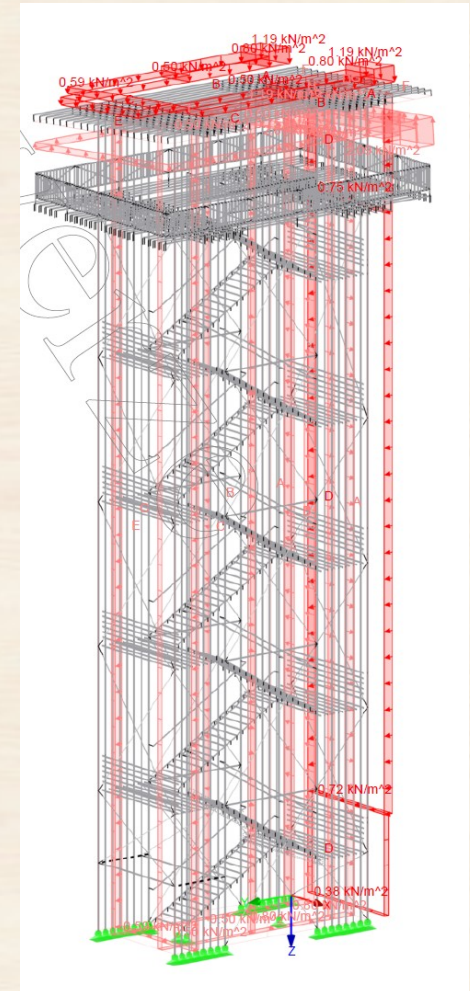
$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Kategorie terénu III

– oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami
nebo překážkami



Vítr -X



Vítr -Y

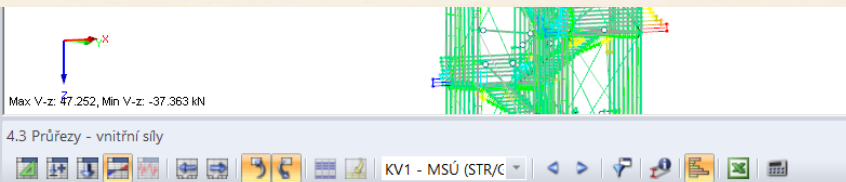
Zdroj: Vlastní

Zdroj: Vlastní

Stanovení vnitřních sil a reakcí

- Stanovení vnitřních sil na prutech
- Vybrání rozhodujících prvků
- Posouzení průřezů v programu RSTAB modul TIMBER Pro → snadná úprava průřezů
- Dle ČSN EN 1995-1-1 (731701Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí)
- Následně poté co průřezy vyhoví → posouzení přípojí MS Excel

Zdroj: Vlastní



Max V-z: 47.252, Min V-z: -37.363 kN

4.3 Průřezy - vnitřní síly

KV1 - MSÚ (STR/C)

Prut č.	Uzel č.	Místo x [mm]	N	Síly [kN] V _y	V _z	M _T	Momenty [kNm] M _y	M _z
Průřez č. 1: T-obdélník 220/500 (BSH 220/500, Sloup)								
684	2640.0	MAX N	235.158	5.875	-4.708	0.000	-11.935	-2.580
3053	0.0	MIN N	-343.747	-3.332	-8.207	0.000	-0.065	0.000
3163	0.0	MAX V _y	-33.728	25.850	-0.049	-0.048	2.137	18.271
3024	0.0	MIN V _y	-43.085	-21.619	16.200	0.000	-8.842	-8.370
3045	0.0	MAX V _z	-163.245	-13.782	47.252	0.000	-22.364	-7.129
787	340.0	MIN V _z	45.954	-3.978	-37.363	0.208	7.454	-4.299
Průřez č. 2: T-obdélník 220/240 (BSH 220/240, Žužldlo)								
3342	0.0	MAX N	21.720	-3.004	0.549	0.014	0.000	1.892
2234	0.0	MIN N	-134.991	22.230	0.559	-0.017	0.000	-1.139
2234	0.0	MAX V _y	-126.635	22.265	0.559	0.004	0.000	-1.066
2234	4240.0	MIN V _y	-134.991	-12.567	-0.559	-0.017	0.000	0.807
3336	0.0	MAX V _z	-11.170	-1.267	2.267	0.004	0.000	0.478
3336	4160.0	MIN V _z	-11.170	1.587	-2.267	0.004	0.000	0.613
Průřez č. 3: T-obdélník 120/160 (BSH 120/160, Podestové zábradlí)								
3377	0.0	MAX N	8.360	0.633	-0.624	0.009	0.153	-0.474
2031	0.0	MIN N	-25.067	0.226	0.227	-0.004	0.000	0.552
2012	0.0	MAX V _y	-1.312	3.833	0.227	-0.007	0.000	3.335
2203	0.0	MIN V _y	-0.729	-3.676	0.227	0.006	0.000	-2.958
2971	0.0	MAX V _z	-2.922	0.103	0.702	-0.054	0.000	0.567
3377	240.0	MIN V _z	8.230	0.405	-0.670	0.010	0.000	-0.580
Průřez č. 4: T-obdélník 120/300 (BSH 120/300, Podesta)								
1538	0.0	MAX N	51.663	-0.292	9.454	-0.148	0.711	-1.137
2032	0.0	MIN N	-90.167	0.538	8.322	-0.011	-16.954	1.354

Výsledky - souhrn Pruty - vnitřní síly Sady prutů - vnitřní síly Průřezy - vnitřní síly Uzly - podporové síly Uzly - deformace Pruty - lo

Zdroj: Vlastní

TIMBER Pro - [Rozhledna Bukovec 20171129]

Soubor Upravit Nastavení nápověda

PK1 2.2 Posouzení po průřezech

Průřez č.	Prut	Místo x [mm]	Zatěžová	Posouzení
1	T-obdélník 220/500 - BSH 220/500, Sloup	1193	2640.0	KZ55 0.58 ≤ 1 163 Unosnost průřezu - Dvousý ohyb a tah podle 6.2.3
2	T-obdélník 220/500 - BSH 220/240, Žužldlo	2234	1635.2	KZ55 0.85 ≤ 1 333 Prut s dvoousým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
3	T-obdélník 120/160 - BSH 120/160, Podestové zábradlí	2012	0.0	KZ1 0.45 ≤ 1 328 Prut s ohybem okolo osy z a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
4	T-obdélník 120/300 - BSH 120/300, Podesta			

Mezihodnoty - prut 1193 - x: 2640.0 mm - KZ55

Materialové charakteristiky - Lepené lamelové dřevo GL28c

Průřezové charakteristiky - T-obdélník 220/500

Návrhové vnitřní síly

Posouzení

Normálová síla (tah)	N _d	219.565	kN
Průřezová plocha	A	110000.0	mm ²
Napětí v tahu	σ _{t,0,d}	1.996	MPa
Ohybový moment	M _{y,d}	75.489	kNm
Průřezový modul	W _y	9166670.0	mm ³
Napětí v ohybu	σ _{m,y,d}	8.235	MPa
Ohybový moment	M _{z,d}	2.933	kNm
Průřezový modul	W _z	4033330.0	mm ³
Napětí v ohybu	σ _{m,z,d}	0.727	MPa
Pevnost v tahu	f _{t,0,k}	18.150	MPa
Pevnost v ohybu	f _{m,y,k}	28.515	MPa
Pevnost v ohybu	f _{m,z,k}	28.000	MPa
Modifikační součinitel	k _{mod}	0.900	
Dílčí součinitel spolehlivosti	γ _M	1.250	
Pevnost v tahu	f _{t,0,d}	13.060	MPa
Pevnost v ohybu	f _{m,y,d}	20.531	MPa
Pevnost v ohybu	f _{m,z,d}	20.160	MPa
Redukční součinitel	k _m	0.700	
Posouzení 1	η ₁	0.58	≤ 1

Výpočet Detaily... Nár. příloha... Grafika

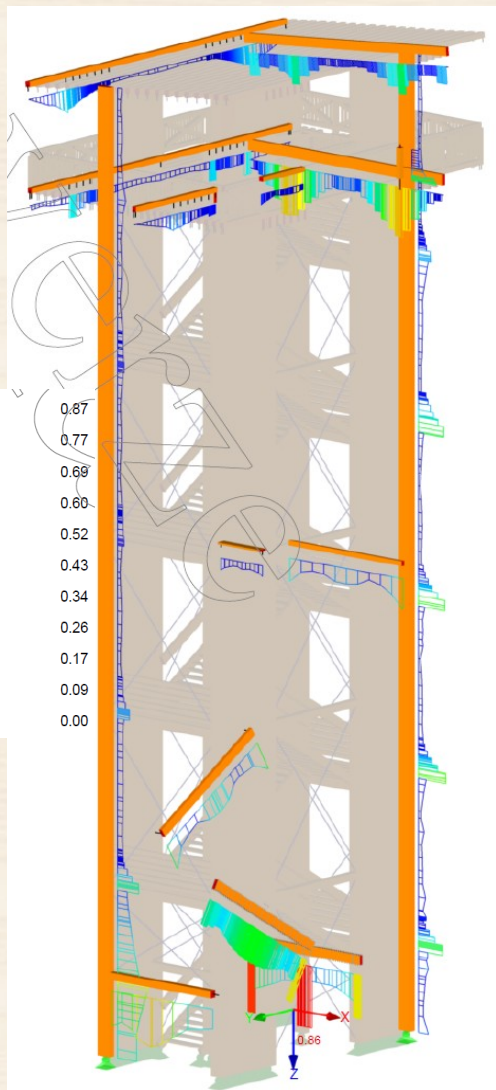
OK Storno

Posouzení

MSÚ

posouzení průřezy

Max= 0,86

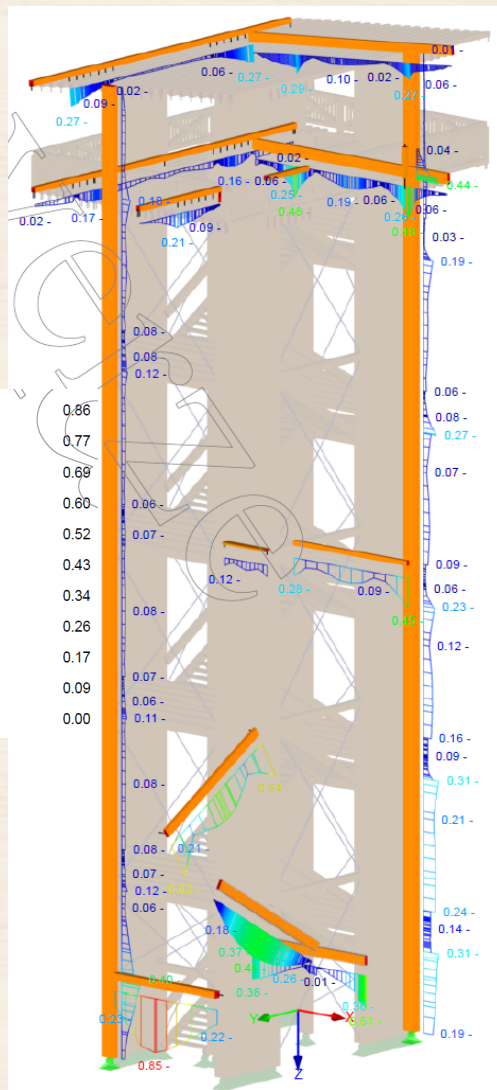


Zdroj: Vlastní

MSÚ

posouzení stability

Max= 0,85

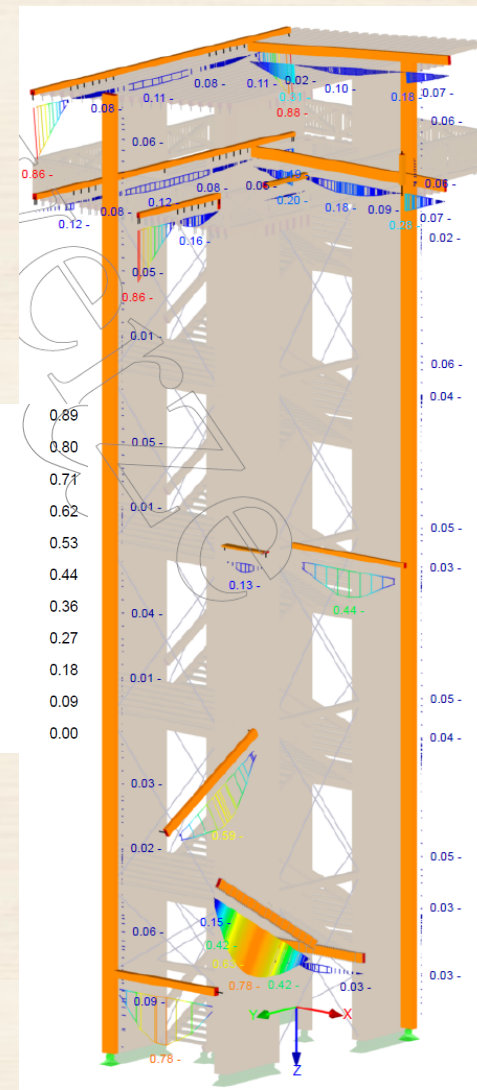


Zdroj: Vlastní

MSP

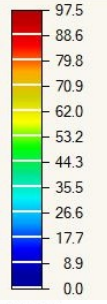
deformace

Max= 0,88



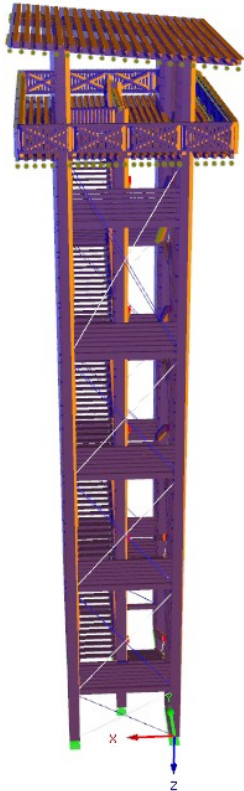
Zdroj: Vlastní

Globální deformace – 25x zvětšeno



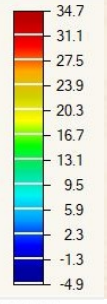
Deformace u-X
Max= 97,5 mm
Min= 0,00 mm

Globální deformace u-X [mm]
KZ55 : 1.35G + 1.5Qw1



Max u-X: 97.5, Min u-X: 0.0 mm

Zdroj: Vlastní



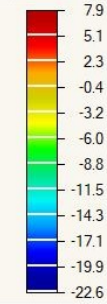
Deformace u-Y
Max= 34,7 mm
Min= -4,9 mm

Globální deformace u-Y [mm]
KZ11 : 1.35G + 1.05QIC + 0.75Qs + 1.5Qw3



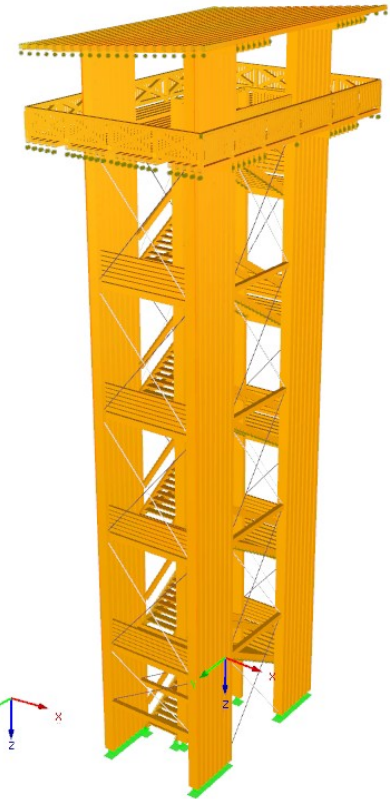
Max u-Y: 34.7, Min u-Y: -5.0 mm

Zdroj: Vlastní



Deformace u-Z
Max= 7,9 mm
Min= -22,6 mm

Globální deformace u-Z [mm]
KZ56 : 1.35G + 1.5Qw2



Max u-Z: 7.9, Min u-Z: -22.6 mm

Zdroj: Vlastní

Posouzení přípojí

- program MS Excel
- dle ČSN EN a odborné literatury
- svorníkové spoje, vlepované tyče

PŘÍPOJ č.4 ZÁBRADLÍ PODESTY - SLOUP

Je vybrán nejvíce namáhaný styčník s tímto typem přípoje, v nejméně příznivé kombinaci, proto není nutné tyto ostatní styčníky ověřovat výpočtem.

Typ spoje **DŘEVO-DŘEVO, DVOUSTRŽNÝ**

Síly ve spoji	
M_{sd}	0,00 kNm
N_{sd}	-25,46 kN
V_{sd}	0,99 kN

Materiál	
Dřevo	
Třída pevnosti	GL28c
$\rho_{d,k}$	380 kg/m ³
γ_M	1,3
kmod	0,9
SVORNIK	
d	12 mm
Třída pevnosti	8.8
F_u	800 Mpa

Charakteristika spoje	
Počet spojovacích prostředků	2

Návrhové zatížení jednoho spojovacího prostředku

$F_{m,ed,1}$	0,00 kN
$F_{v,ed,1}$	0,50 kN
$F_{N,ed,1}$	-12,73 kN
$F_{ed,1}$	12,74 kN
α	2,23 °

$$F_{m,ed,1} = \frac{M_{sd} z_1}{\sum y_i^2}$$

$$F_{v,ed,1} = \frac{V_{sd}}{n}$$

$$\alpha = \arctg \frac{F_{m,ed,1} + F_{v,ed,1}}{F_{N,ed,1}}$$

Návrhová pevnost v otažení

$M_{y,Rk}$	153490,85 N.mm
t_1	220 mm
t_2	120 mm
$f_{h,0,k}$	27,42 N/mm ²
k_{90}	1,53
$f_{h,\alpha,k}$	27,40 N/mm ²

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{h,k} d^2 l^2$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d$$

Výsledné průřezy

OZN.	POPIS	PRŮŘEZ (mm)
S1	SLOUP BSH, GL28c, L = 31,420m	220/500
S2	SLOUP BSH, GL28c, L = 31,820m	220/500
S3	SLOUP BSH, GL28c, L = 39,280	220/500
ZT	ZTUŽIDLO BSH, GL28c	220/240
NP	NOSNÍK PODESTY BSH, GL32c	120/300
NO	NOSNÍK OCHOZU BSH, GL28c	120/360
NS	NOSNÍK STŘECHY BSH, GL28c	120/300
RO	ROŠT OCHOZU BSH, GL28c	160/180
K	KROKEV BSH, GL32c	180/180
SC	SCHODNICE BSH, GL28c	120/300
PZ	ZÁBRADLÍ PODESTY BSH, GL28c	120/160
ZS	ZÁBRADLÍ SCHODIŠTĚ BSH, GL28c	120/300
ZO	ZÁBRADLÍ OCHOZ U, MODŘÍN, C24	160/160
DE	HALFEN DETAN S460	d =36

Zdroj: Vlastní

Návrhová únosnost v jednom stříhu

$F_{v,Rk} = \min$	
$F_{v,Rk1}$	72390,91 N
$F_{v,Rk2}$	19711,29 N
$F_{v,Rk3}$	44704,82 N
$F_{v,Rk4}$	11555,73 N
$F_{v,Rk}$	11,56 kN

β	1,00
---------	------

$$F_{v,Rd} = \min \left[1,05 \frac{f_{t,0,k} t_1 d}{2 + \beta} \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4R(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{t,0,k} d t_1^2} - \beta} \right]$$

$$115 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{t,0,k} d}$$

Návrhová únosnost celkem

Počet stříhů	2
$F_{v,Rd}$	16,00 kN

Posouzení únosnosti spoje

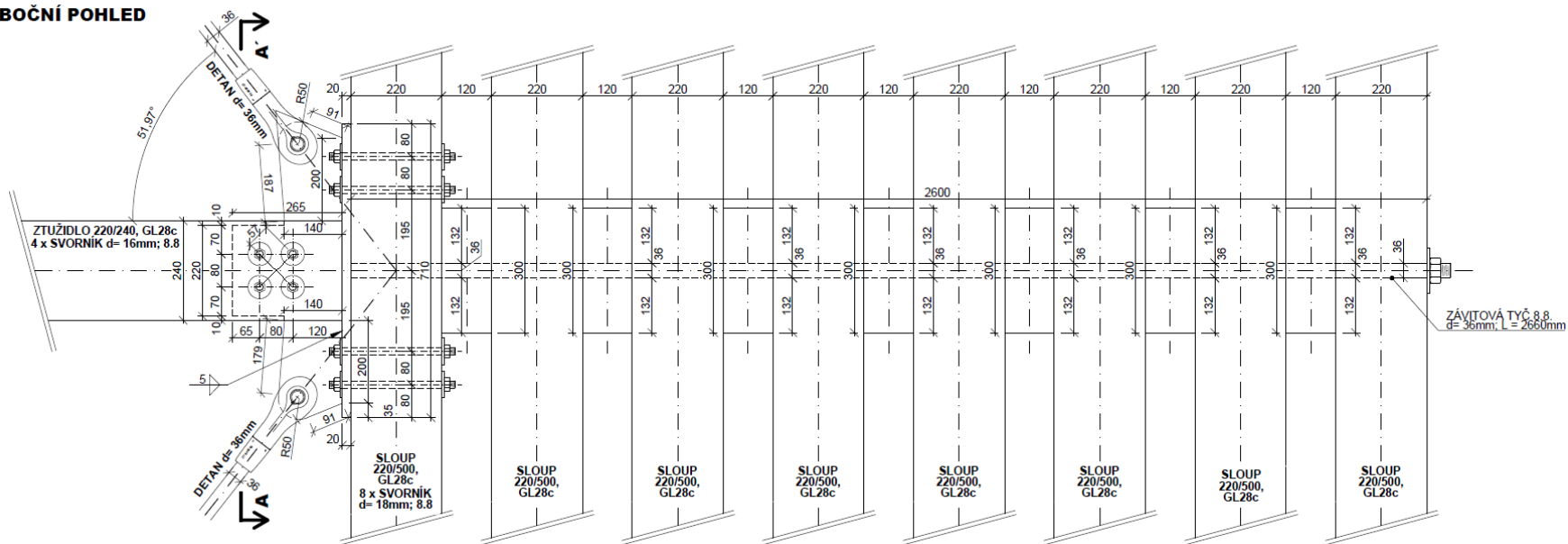
$$F_{v,Rd} = 16,00 \text{ kN} > F_{v,ed} = 12,74 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

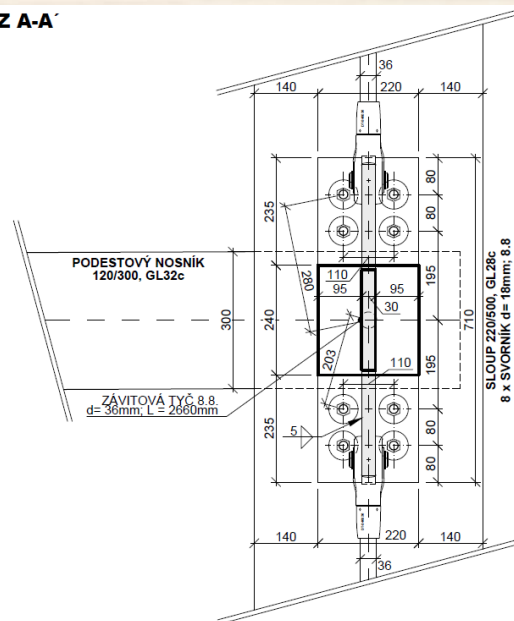
Zdroj: Vlastní

Detail přípojů

BOČNÍ POHLED



ŘEZ A-A



Zdroj: Vlastní

Zdroj: Vlastní

Vizualizace

Zdroj: Vlastní



Vizualizace

Zdroj: Vlastní



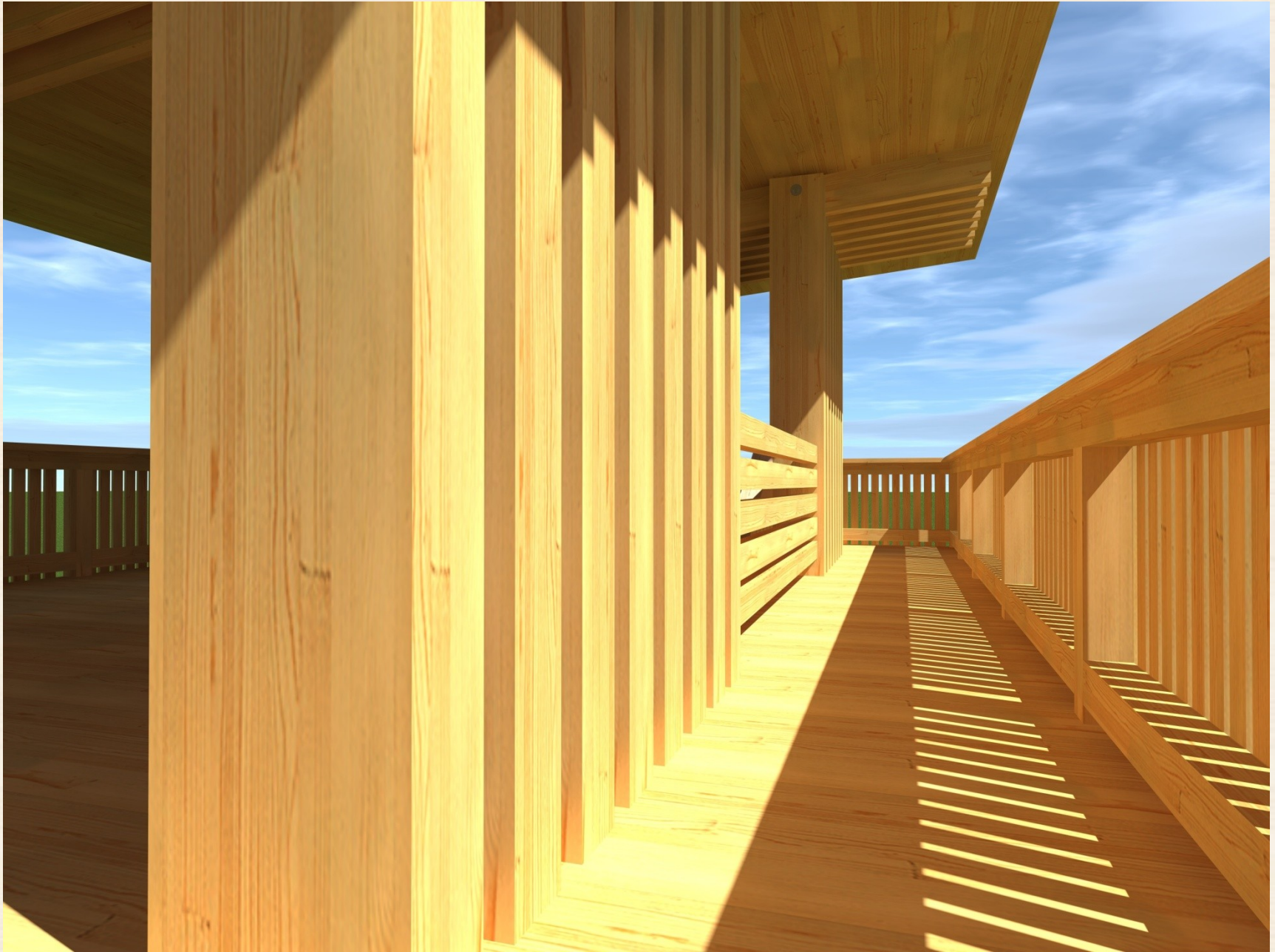
Vizualizace

Zdroj: Vlastní



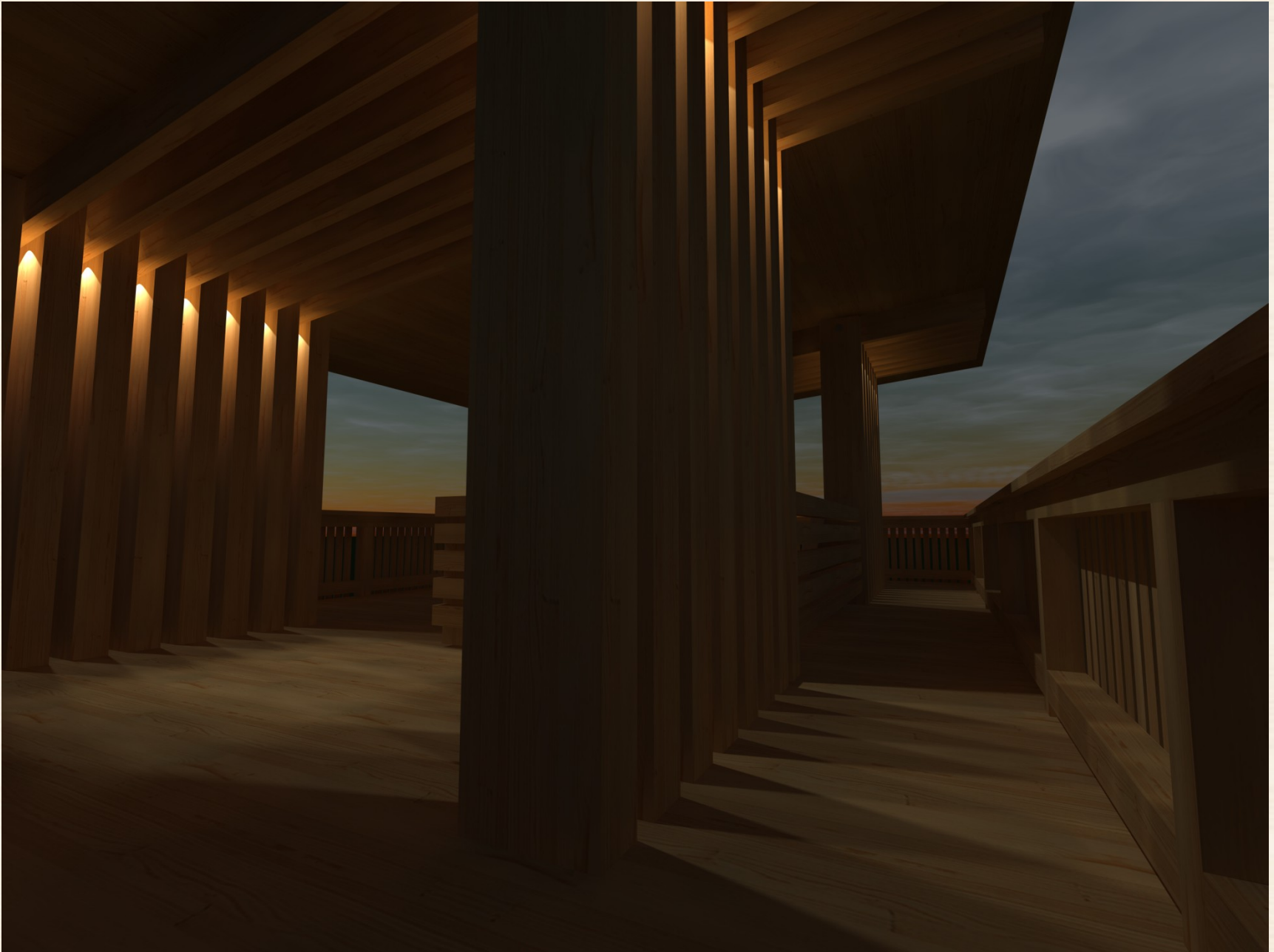
Vizualizace

Zdroj: Vlastní

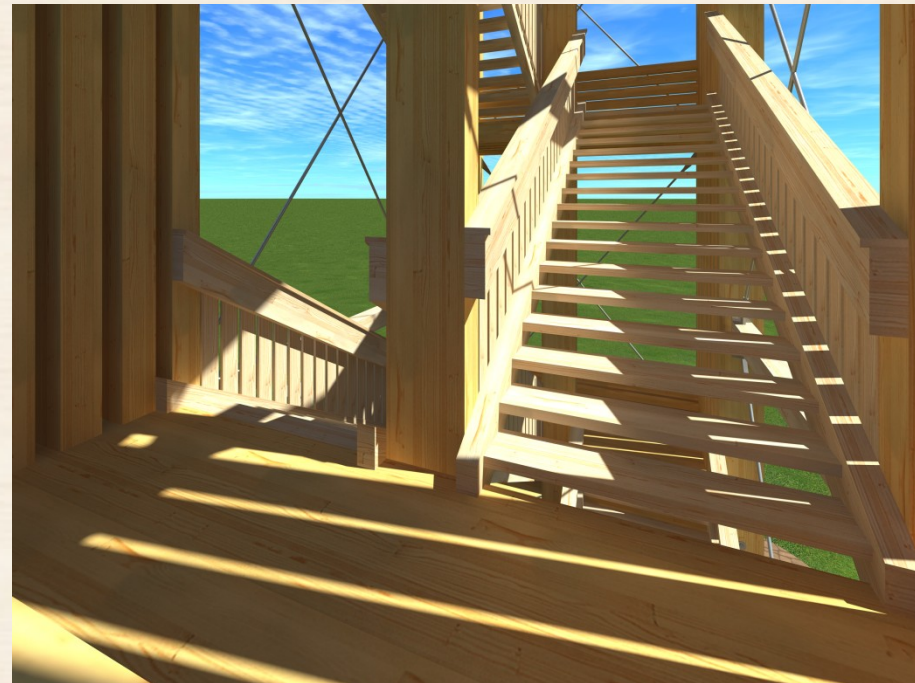
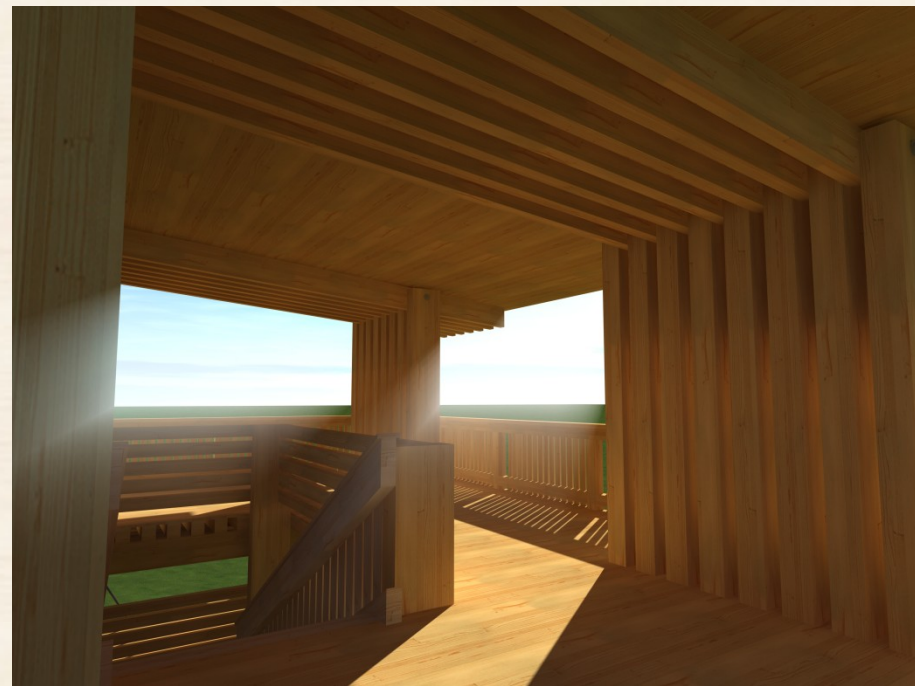
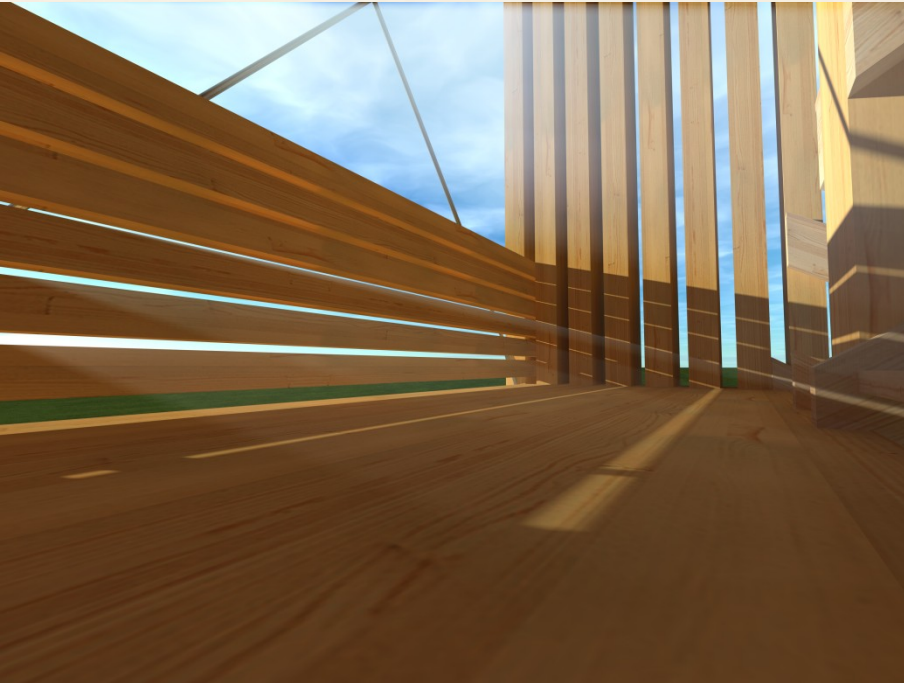


Vizualizace

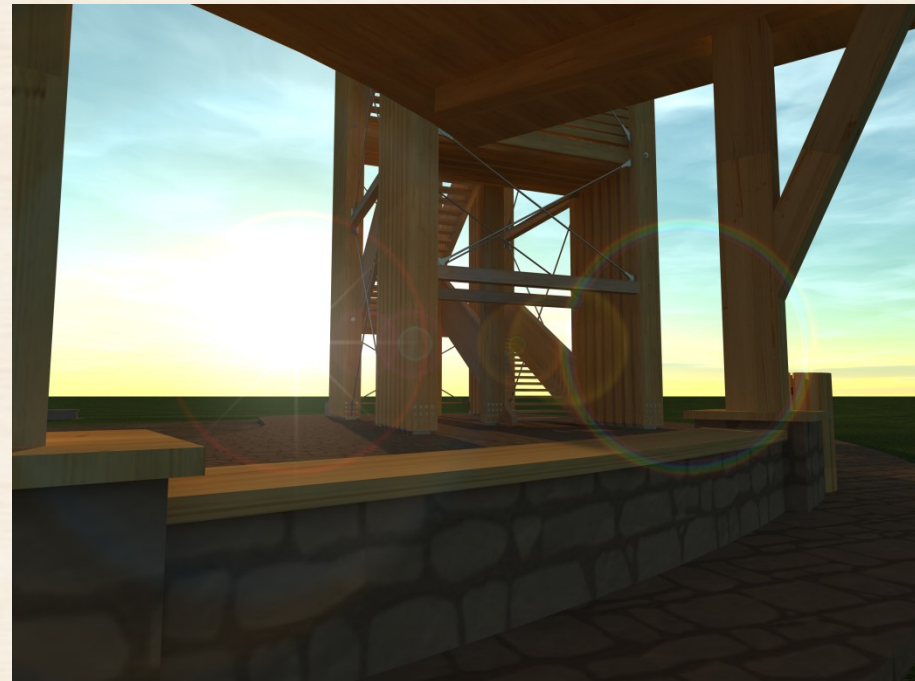
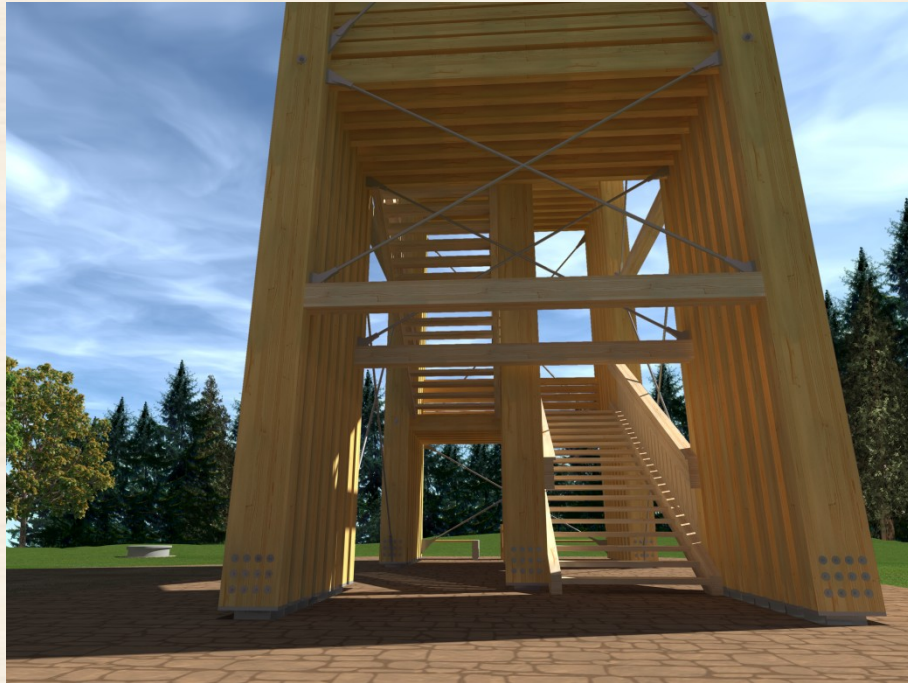
Zdroj: Vlastní



Vizualizace



Vizualizace



Doplňující dotazy

Co je tzv. součinitel expozice a kde se využívá?

- Vítr – výpočet, graf

Zdroj: ČSN EN 1991-1-3

- Sníh –

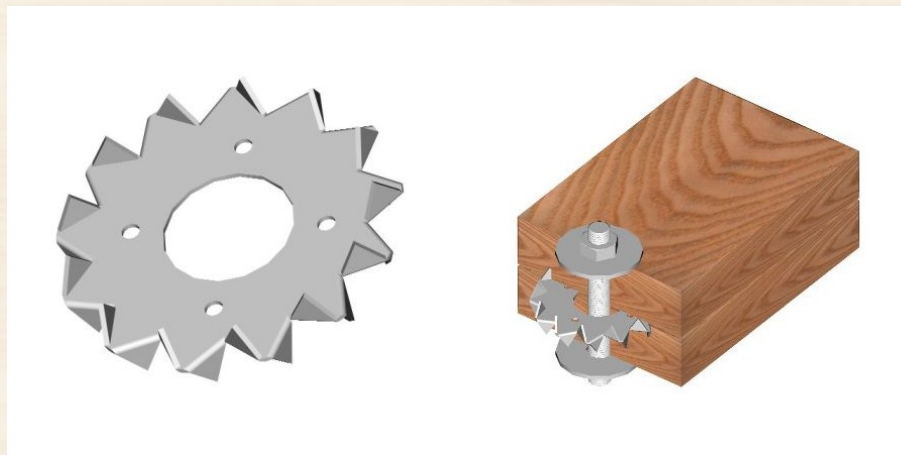
Typ krajiny	C_e
otevřená ^{a)}	0,8
normální ^{b)}	1,0
chráněná ^{c)}	1,2

^{a)} *Otevřený typ krajiny:* rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.

^{b)} *Normální typ krajiny:* plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

^{c)} *Chráněný typ krajiny:* plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

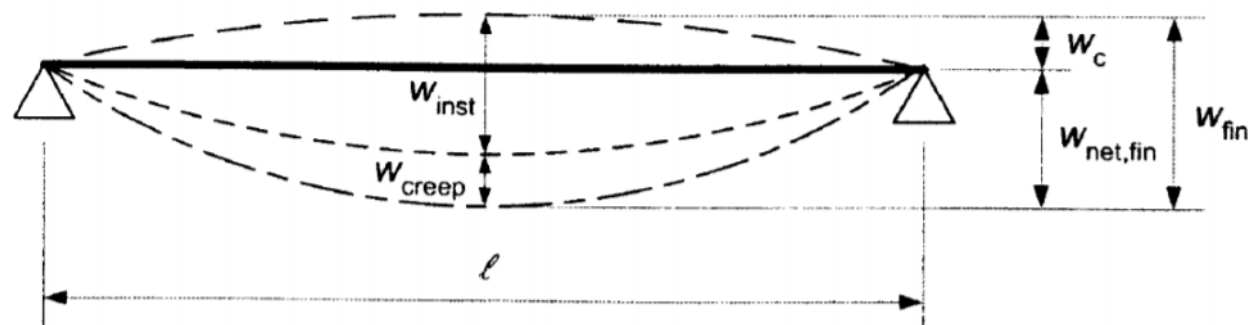
Co je to hmoždík a k čemu se využívá?



Zdroj: <http://bova-nail.cz/>

Doplňující dotazy

Jak spočítáte konečný čistý průhyb ($W_{net,fin}$) podle eurokódu 5 a jaká je mezní hodnota tohoto průhybu na vykonzolovaném nosníku? Dostačuje $L/150$?



- W_c je nadvýšení (pokud se použije);
- W_{inst} okamžitý průhyb;
- W_{creep} průhyb od dotvarování;
- W_{fin} konečný průhyb;
- $W_{net,fin}$ čistý konečný průhyb.

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c$$

	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Prostý nosník	$l/300$ až $l/500$	$l/250$ až $l/350$	$l/150$ až $l/300$
Vykonzolované nosníky	$l/150$ až $l/250$	$l/125$ až $l/175$	$l/75$ až $l/150$

Doplňující dotazy

Co je to vlastní frekvence konstrukce při dynamickém namáhání a k čemu se využívá?

Dynamický výpočet zahrnuje:

- Vlastní kmitání
- Vynucené kmitání

Stavební konstrukce se charakterizuje:

- Vlastními frekvencemi:
 - Závisí na hmotnosti a tuhosti
 - Započítávají se stálé složky zatížení
- Vlastními tvary

Použití pro:

- Dynamický vítr
- Zemětřesení
- Dynamické účinky strojů

Děkuji za pozornost