

**Projektová dokumentace pro provádění stavby**

**D.1.2 Stavebně konstrukční řešení**

**D.1.2 b) Podrobný statický výpočet**

**Stavba:**

**Gotická tvrz Hradenín SO02 Bašta**

Investor:	<b>Regionální Muzeum V Kolíně, Příspěvková Organizace</b> Brandlova 35, Kolín I 280 02 Kolín
Objednatel:	<b>IRENA HRABINCOVÁ, Dipl.Arch.</b> Rytířská 534/13 110 00 Praha 1
Zhotovitel:	<b>RECOC, spol. s r.o.</b> Seydlerova 2451/8 158 00 Praha 13
Projektant:	Ing. Karel Košek
Projekční tým:	Ing. Miroslav Bém

## 1 Obsah

1	Obsah .....	2
2	Soubor použitých norem a literatury .....	2
2.1	Řada norem ČSN .....	2
2.1	Zákony a vyhlášky .....	3
3	Použité podklady a literatura .....	3
4	Použité programy .....	3
5	Uvažovaná zatížení .....	3
5.1	Užitná zatížení .....	4
5.2	Zatížení větrem .....	5
5.3	Zatížení sněhem .....	8
6	Materiálové charakteristiky .....	9
6.1	Rostlé dřevo podle ČSN EN 338 .....	9
7	Charakteristika konstrukce .....	9
8	Výpočtový model .....	10
8.1	Výpočetní program .....	10
8.2	Celkové modely .....	10
9	FEM výpočet .....	10
9.1	Program SCIA ENGINEER .....	10
9.1.1	Dělení na konečné prvky .....	10
9.1.2	Souřadnicové systémy .....	11
9.1.3	Zatížení a jejich kombinace .....	13
9.2	FINE EC .....	13
9.2.1	Charakteristika programu .....	13
10	Zatěžovací stavy a jejich kombinace .....	13
10.1	Kombinace podle metodiky EN 1990:2004 .....	13
11	Závěr .....	16
12	Seznam obrázků .....	17
13	Seznam příloh .....	17

## 2 Soubor použitých norem a literatury

### 2.1 Řada norem ČSN

ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed. 2
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem – oprava 1; změny Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; ed. 2, NA ed. A
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1, 2, 3; změny Z1, Z2, Z3; ed. 2, NA ed. A, změna A1
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1; změna Z1, Z2, Z3; NA ed. A, ed. 2
ČSN EN 1995-1-1	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla pro pozemní stavby, NA ed. A, změna A1,A2
ČSN EN 1992-1-1	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změny Z1, Z2; ed. 2, NA ed. A

ČSN ISO 2394                      Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí.  
ČSN ISO 13822:2005            Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

## **2.1    Zákony a vyhlášky**

Zákon č. 183/2006 Sb o územním plánování a stavebním řádu v platném znění  
Vyhláška č. 405/2017 Sb., částka 144 z 07.12.2017 o dokumentaci staveb v platném znění

## **3    Použité podklady a literatura**

- [1]                      Architektonicko-stavební řešení, IRENA HRABINCOVÁ, Dipl.Arch., 01/2019
- [2]                      FEM, principy a praxe metody konečných prvků, Kolář, V., Němec, I., Kanický, V. a navazující manuály k programům NEXX.
- [3]                      Programy FINE – uživatelské manuály
- [4]                      Manuál k programu SCIA ENGINEER, Nemetschek Scia s.r.o., 2013

## **4    Použité programy**

SCIA ENGINEER, Nemetschek Scia s.r.o., 2018  
FIN - © FINE s.r.o.  
Tabulkové procesory Excel, © RECOC, spol. s r.o.

## **5    Uvažovaná zatížení**

Zatížení jsou uvažována podle podkladů převzatých z [1] a z příslušných norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7.

## 5.1 Užitná zatížení

Na střeše je uvažováno užitné zatížení kategorie H. Bodové zatížení  $Q_k=1,0$  kN a rovnoměrné zatížení  $q_k=0,75$  kN/m<sup>2</sup> působící na ploše  $A=10$  m<sup>2</sup> jsou uvažovány v nejnepříznivější poloze.

**Tabulka 6.8(CZ) – Užitná zatížení garáží a dopravních ploch pro vozidla**

Kategorie dopravních ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategorie F</b> Celková tíha vozidla: $\leq 30$ kN	2,5	20
<b>Kategorie G</b> $30$ kN < celková tíha vozidla $\leq 160$ kN	5,0	120

### NA.2.9 Článek 6.3.4.2 Střechy – Hodnoty zatížení, odstavec (1)

Pro stanovení užitných zatížení střešních kategorií H se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.10(CZ). Předpokládá se, že rovnoměrné zatížení  $q_k$  působí na ploše  $A = 10$  m<sup>2</sup>. Viz také 3.3.2(1).

**Tabulka 6.10(CZ) – Užitná zatížení střešních kategorií H**

Střeška	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategorie H</b>	0,75	1,0

### NA.2.10 Článek 6.4 Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn, odstavec (1) (tabulka 6.12)

Pro stanovení charakteristických hodnot přímkového zatížení  $q_k$  se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.12(CZ).

**Tabulka 6.12(CZ) – Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn**

Zatěžované plochy	$q_k$ [kN/m]
<b>Kategorie A</b>	0,5
<b>Kategorie B a C1</b>	1,0
<b>Kategorie C2 – C4 a D</b>	1,0
<b>Kategorie C5</b>	5,0
<b>Kategorie E</b>	2,0 <sup>1)</sup>
<b>Kategorie F</b>	viz příloha B
<b>Kategorie G</b>	viz příloha B

<sup>1)</sup> Tato hodnota se u užitných ploch kategorie E považuje za hodnotu minimální, podle způsobu používání se zvýší.



## 5.2 Zatížení větrem

Podle: ČSN EN 1991-1-4; oprava 1,3.3; změny Z1,Z2,Z3; ed. 2, NA ed. A, změna A1

Výchozí základní rychlost větru

$$v_{b,0} = 25 \text{ [m/s]} \quad \text{pro oblast} \quad \text{II}$$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 25 \text{ [m/s]}$$

Kategorie terénu

III

Oblasti rov noměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)

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

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

$$c_0(z) = 1,0$$

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$

$$\rho = 1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$k_l = 1,0$$

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

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

Součinitel terénu

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

Součinitel drsnosti terénu Intenzita turbulence

$$c_r(z) = k_r \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad l_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) \ln(z/z_0)} z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad l_v(z) = l_v(z_{min}) \quad z < z_{min}$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] / 2 \rho v_m^2(z)$$

### ROZMĚRY BUDOVY

Výška budovy  $h = 10,9 \text{ [m]}$

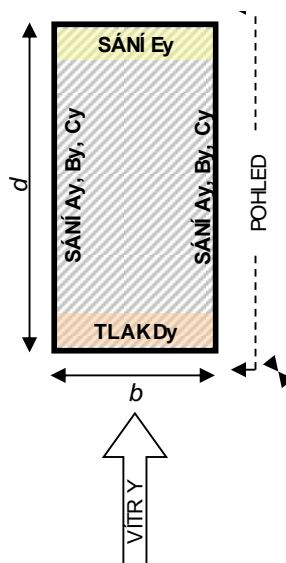
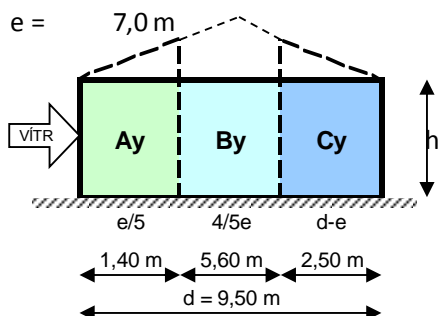
Šířka budovy  $b = 7,0 \text{ [m]}$

Délka budovy  $d = 9,5 \text{ [m]}$

Podlaží	Výška objektu	Výška pro výpočet	Intenzita turbulence	Souč. drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Max. dynamický tlak
		$z$	$l_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$
	[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m <sup>2</sup> ]
2	10,9	10,9	0,2783	0,7738	19,35	0,690

## TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR Y

POHLED NA STĚNU



Součinitel vnějšího tlaku na stěny $c_{pe,10}$				
Ay	By	Cy	Dy	Ey
-1,20	-0,80	-0,50	0,80	-0,51

$h/d = 1,1 \text{ m}$

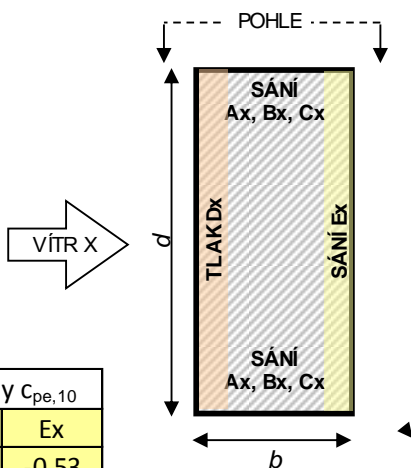
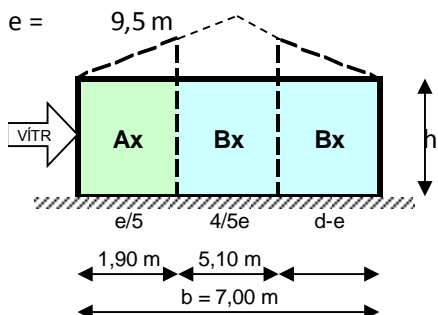
## STĚNY - VÍTR Y

Výška a lin. zat	Podlaží	Výška podlaží	Výška z pro výpočet tlaku	Intenzita a turbulence	Součinitel el drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Maximální dynamický tlak	Tlak působící na příslušnou oblast stěny				
								Ay	By	Cy	Dy	Ey
			$z$	$I_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$	$w_{e,Ay}(z)$	$w_{e,By}(z)$	$w_{e,Cy}(z)$	$w_{e,Dy}(z)$	$w_{e,Ey}(z)$
[m]		[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]
7,2	1	7,2	10,9	0,2783	0,7738	19,35	0,690	-0,828	-0,552	-0,345	0,552	-0,350
10,9	2	3,7	10,9	0,2783	0,7738	19,35	0,690	-0,828	-0,552	-0,345	0,552	-0,350
0			0	0,0000	0,0000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

$h = 10,9 \text{ m}$

## TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR X

POHLED NA STĚNU



Součinitel vnějšího tlaku na stěny $c_{pe,10}$				
Ax	Bx	Cx	Dx	Ex
-1,20	-0,80	-0,50	0,80	-0,53

$h/b = 1,6 \text{ m}$

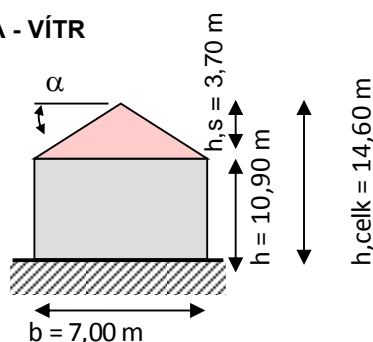
### STĚNY - VÍTR X

Výška a lin. zat	Podlaží	Výška podlaží	Výška z pro výpočet tlaku	Intenzita a turbulen- ce	Součinitel el drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Maximální dynamický tlak	Tlak působící na příslušnou oblast stěny				
								Ax	Bx	Cx	Dx	Ex
			z	$I_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$	$w_{e,Ax}(z)$	$w_{e,Bx}(z)$	$w_{e,Cx}(z)$	$w_{e,Dx}(z)$	$w_{e,Ex}(z)$
[m]		[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
7,2	1	7,2	9,5	0,2894	0,7442	18,61	0,655	-0,786	-0,524	-0,327	0,524	-0,346
10,9	2	3,7	10,9	0,2783	0,7738	19,35	0,690	-0,828	-0,552	-0,345	0,552	-0,364
0		0	0	0,0000	0,0000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

h = 10,9 m

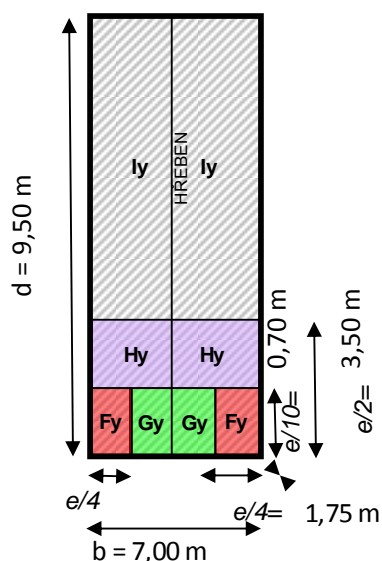
### SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR

$h_s = 3,70$  m  
 $\alpha = 46,59^\circ$   
 $h_{celk} = 14,60$  m



### SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR Y

e = 7,0 m

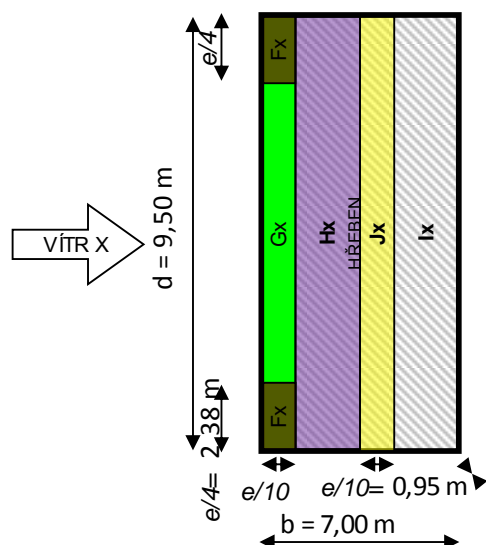


Tlak působící na příslušnou oblast			
Fy	Gy	Hy	ly
$w_{e,Fy}(z)$	$w_{e,Gy}(z)$	$w_{e,Hy}(z)$	$w_{e,ly}(z)$
[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
-1,142	-1,521	-0,687	-0,383

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají  
zatížení větrem směrem dolů

## SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR X

e = 9,5 m



Tlak působící na příslušnou oblast střechy				
Fx	Gx	Hx	Ix	Jx
$w_{e,Fx}(z)$	$w_{e,Gx}(z)$	$w_{e,Hx}(z)$	$w_{e,Ix}(z)$	$w_{e,Jx}(z)$
[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0,057	0,057	0,057	-0,153	-0,230
0,536	0,512	0,468	-0,016	-0,024

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů

## 5.3 Zatížení sněhem

Podle: ČSN EN 1991-1-1, Z1, Z2, Z3

sněhová oblast:

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

změna Z1

součinitel expozice:

$$C_e = 1,0$$

Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

NA.2.13

tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

NA.2.14

sklon střechy:

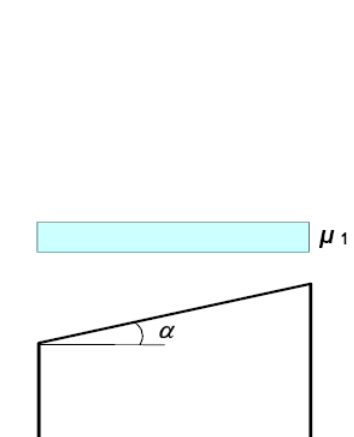
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 36,00^\circ & \mu_1(\alpha_1) &= 0,64 & \mu_2(\alpha_1) &= 1,60 \\ \alpha_2 &= 36,00^\circ & \mu_1(\alpha_2) &= 0,64 & \mu_2(\alpha_2) &= 1,60 \\ \alpha_{12} &= 36,00^\circ & & & \mu_2(\alpha_{12}) &= 1,60 \end{aligned}$$

zatížení sněhem na střechu:

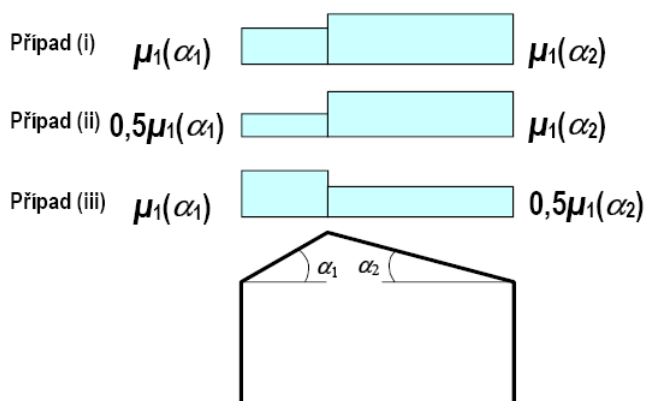
$$s_i = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad \alpha_{12} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} s_1(\alpha_1) &= 0,448 \text{ kN/m}^2 & s_2(\alpha_1) &= 1,120 \text{ kN/m}^2 \\ s_1(\alpha_2) &= 0,448 \text{ kN/m}^2 & s_2(\alpha_2) &= 1,120 \text{ kN/m}^2 \\ s_2(\alpha_{12}) &= 1,120 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

uspořádání zatížení na střeše:



Pultová střecha



Sedlová střecha

## 6 Materiálové charakteristiky

Ve výpočtech jsou použity následující fyzikálně mechanické vlastnosti materiálů.

### 6.1 Rostlé dřevo podle ČSN EN 338

Konstrukční třída	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [GPa]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Jehličnaté C 18 (S7)	18	11	18	3,4	9	320

## 7 Charakteristika konstrukce

### Obvodové zdivo a vnitřní příčky

Koruna zdi původní brány bude staticky zajištěna a doplněna za použití kamene, nacházejícího se na stavbě (tento je původním materiálem objektu). Budou staticky zajištěna nadpraží všech stavebních otvorů tam, kde je to nutné. Na staticky zajištěnou korunu zdiva bude osazen nový hambalkový krov. Krátčata ve východní stěně bašty budou vysazena vně líce zdiva a zhlaví ručně přitesána. Na jižním líci krovu bude vytvořen bedněný štít, uzavírající prostor krovu v místě, kde se bašta napojovala na objekt bývalé brány. Bude obnovena zděná římsa lemující západní a částečně severní stěnu bašty. Tato bude vyzděna z plné cihly pálené – cca 4 šáry – do vápenné malty, a bude opatřena ozdobnou profilací z vápenného štku, opatřeného vápenným omítkovým nátěrem.

### Krov a štít

Bude provedeno nové zastřešení novým hambalkovým krovem ze smrkových ručně přitesávaných a hraněných trámů. Nový krov bude osazen na dvou pozednicích o průřezu 220x220 mm vymezujících obdélníkový tvar (na západní části se bude pozednice částečně nacházet mimo obvodovou zeď) uložených v drážce v koruně zdiva a podepřených dubovými špalíky či prkny ošetřenými tlakovou injektáží či dlouhodobým máčením v ochranném prostředku proti dřevokazným houbám, plísním a škůdcům. Bude zamezeno jakémukoli kontaktu mezi konstrukcí krovu a zdivem – min. vzduchová mezera bude 2 cm.

Vazby krovu jsou navrženy po vzdálenosti cca 1,65 m. Průřezy vazných trámů jsou 160x220 mm, krokví a námětků 160x160 mm a hambálků 160x180 mm ze smrkového dřeva C18.

Krov bude opatřen krytinou z ručně štípaného modřínového šindele na jednoduchém laťování. Tento, stejně tak jako bednění jižního štítu z modřínových prken šířky min. 25 cm, bude rovněž opatřen ochranou tlakovou injektáží či dlouhodobým máčením v ochranném prostředku proti dřevokazným houbám, plísním a škůdcům. Stejný postup bude použit pro jakékoli řezivo vystavené povětrnosti.

## Klenby

Bude přezděna kamenná valená klenba v jižním klenebním poli. Již neexistující plochá barokní klenba v poli severním bude znovu zhotovena za použití místního kamene, pokud možno ze zdrojů nacházejících se na stavbě. Budou opraveny a využity dochované náběhy původní klenby.

Bude odborně restaurátorsky zajištěno torso náběhu klenby původní brány tak, aby nedocházelo k jeho další destrukci a degradaci.

## 8 Výpočtový model

### 8.1 Výpočetní program

Výpočty nosné konstrukce objektu S02 byly obecně prováděny metodou konečných prvků (Finite Element Method) programem Scia Engineer. Bližší viz kapitola 9.

Výpočty byly prováděny jednak na celkových modelech konstrukce, jednak na jejích výsecích. Byly použity 1D prvky (pro trámy a sloupy)

### 8.2 Celkové modely

Celkové modely konstrukce modelují provozní stavy budovy ve stádiu užívání. Opisy vstupních dat výpočtu, jako jsou fyzikální parametry jednotlivých konstrukcí, geometrie konstrukce a její zatížení, jsou uvedeny v samostatných přílohách.

## 9 FEM výpočet

### 9.1 Program SCIA ENGINEER

Scia Engineer je nástupce výpočetních systémů ESA.PT, NEXIS a FEAT. Je to softwarový systém pro statickou a dynamickou analýzu konstrukcí a jejich návrh podle příslušných norem. Je založen na metodě konečných prvků. Scia Engineer uživatelsky nepracuje přímo s konečnými prvky, ale využívá konstrukčních prvků, na kterých je před výpočtem automaticky generována síť konečných prvků. Systém lze použít na výpočty a posouzení konstrukcí z prutů a rovinných prvků jako jsou stěny, desky a skořepiny. Scia Engineer obsahuje výpočetní moduly pro lineárně statické výpočty, včetně některých nelineárních vlastností a moduly pro geometricky nelineární výpočty. Kromě vlastního výpočtu systém umožňuje také provádění posudku výsledného návrhu konstrukce podle odpovídajících technických norem. Knihovna norem obsahuje skupinu národních technických norem pro různé typy materiálu, zvláště pro ocel a beton.

#### 9.1.1 Dělení na konečné prvky

Dělení na konečné prvky se provádí automaticky generátorem. Ve výpočtech celků konstrukcí nebo jejich částí daných postupem výpočtu je základní velikost prvku jeden metr. V místech anomálií konstrukce

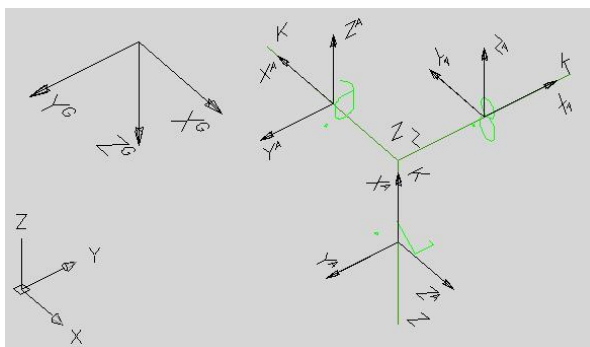
program automaticky prvky přizpůsobuje geometrii, v místech předpokládaných lokálních zvýšení namáhání konstrukce jsou prvky zahuštěny.

Ve výpočtech subkonstrukcí a zejména konstrukcí dimenzovaných nebo řešených s ohledem na mezní stavy použitelnosti, odpovídá velikost dělení jedno až dvojnásobku tloušťky dotčených prvků. Stropní desky jsou dimenzovány na patrovém výseku. Vertikální nosné konstrukce pod i nad deskou jsou redukovány na polovinu jejich výšky a opatřeny na koncích kloubovými podporami. Jedná se pochopitelně o určité zjednodušení, ale ve většině praktických příkladů vnáší do výpočtu minimální chybu. Konstrukce, u nichž toto zjednodušení nelze použít, jsou řešeny na celkovém modelu s patřičně zjemnělou sítí konečných prvků. U patrových výseků jsou sloupy modelovány buďto pomocí bricků, nebo je do desky vložen deskový prvek půdorysných rozměrů rovných průřezu sloupu s výrazně zvýšenou tuhostí, tak aby byla potlačena teoretická konvergence vnitřních sil k nekonečnu v lomových bodech. Tyto makroprvky neprobíhají procesem dimenzování.

Pro odladění hustoty dělení byla firmou RECOC provedena celá řada kontrolních výpočtů.

### 9.1.2 Souřadnicové systémy

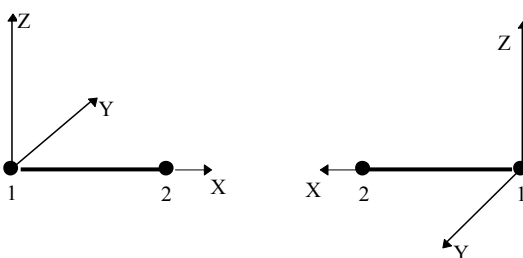
Konstrukce je modelována v globálním souřadnicovém systému –  $X^G, Y^G, Z^G$ .



Obrázek 1 Globální souřadný systém

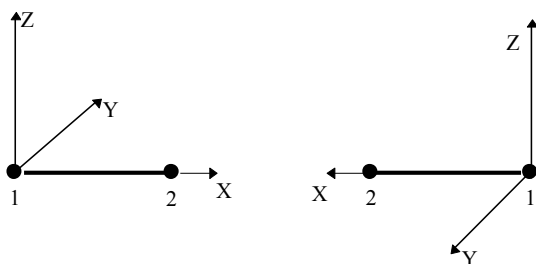
Pro každý prutový prvek je zaveden lokální souřadný systém –  $X^L, Y^L, Z^L$ . Ty jsou definovány následovně:

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou X:



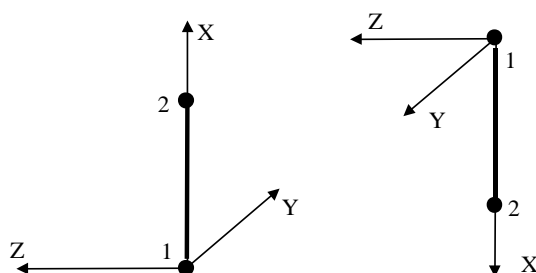
Obrázek 2 Axiální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



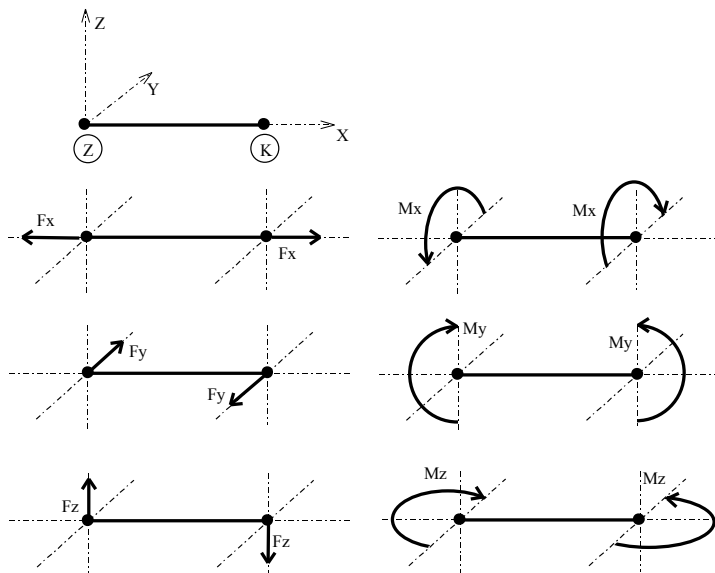
Obrázek 3 Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



Obrázek 4 Axiální souřadný systém prutů

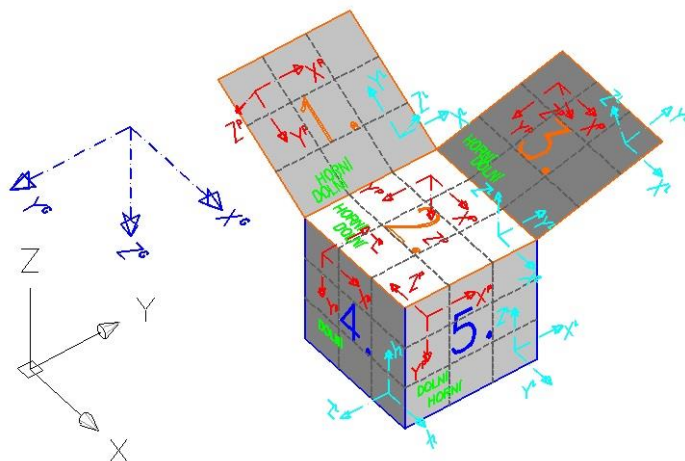
Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



Obrázek 5 Konvence vnitřních sil na prutech

Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém - planární -  $X^p$ ,  $Y^p$ ,  $Z^p$ , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.





Obrázek 6 Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

### 9.1.3 Zatížení a jejich kombinace

Zatížení je buďto generováno automaticky – vlastní tíha konstrukce - (v provozních hodnotách) nebo zadáváno (v provozních nebo extrémních hodnotách). Hodnoty stálých zatížení jsou počítány v tabulkovém procesoru Excel, užitná nepodkračují příslušné normové hodnoty, jejich skutečná hodnota se řídí požadavky klienta a technologů. Zatížení je možné zadávat silové plošné konstantní velikosti nebo s lineárním nárůstem, liniové a bodové silové nebo momentové a zatížení poměrnými přetvořeními.

V patrových výsecích jsou z celoplošného užitého zatížení automaticky generovány dva systémy šachovnicového zatížení a čtyři systémy zatížení v pruzích.

Kombinace (obalové plochy zatěžovacích stavů) vystihují nejnepříznivější kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů na konstrukci nebo její části podle účelu příslušného výpočtu.

Dimenzovací programy pracují obecně s obalovou plochou kombinací.

Program umožňuje automatické generování kombinací zatěžovacích stavů definovaných symbolickými rovnicemi v EC. V ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6,9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Bližší viz samostatná kapitola Zatěžovací stavy a jejich kombinace.

## 9.2 FINE EC

### 9.2.1 Charakteristika programu

Programový systém FINE je soubor programů určených pro statické a dynamické výpočty rovinných či prostorových prutových konstrukcí a jejich dimenzování. Řada programů řeší problémy analyticky, část metodou konečných prvků. Veškeré posudky jsou prováděny v souladu s platnými ČSN EN.

## 10 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

### 10.1 Kombinace podle metodiky EN 1990:2004

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v trvalých a dočasných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.4 a 2.5:

Pozn.:

Složené závorky „{ }“ představují výběrovou množinu, z níž je do kombinace vybírán vždy nejvíce nepříznivý účinek požadované veličiny.

- a) EQU – ztráta statické rovnováhy konstrukce - tab. A1.2(A)(CZ)

$$\begin{aligned} &1,1G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &0,9G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10})$$

- b) STR – porucha, o níž rozhoduje pevnost konstrukčního materiálu - tab. A1.2(B)(CZ) -1 (bez geotechnických zatížení)

$$\begin{aligned} &1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} &1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

- c) GEO – porucha, o níž rozhoduje odolnost základové půdy - tab. A1.2(B)(CZ), A1.2(C)(CZ) (obsahuje geotechnická zatížení)

$$1,00G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{1,3Q_{k,1};0\} + \{1,3\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$\begin{aligned} &1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} &1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v seizmických návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{\gamma_I A_{Ek}; A_{Ed}\} + \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.12a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v mimořádných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + A_d + \{\psi_{1,1}; \psi_{2,1}\}Q_{k,1} + \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.11a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů použitelnosti dle ČSN EN 1990 čl. A1.4, tabulka A1.4:

- d) Charakteristická

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + Q_{k,1} + \psi_{0,i}Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.14})$$

- e) Častá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{1,1}Q_{k,1} + \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.15})$$

- f) Kvazistálá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{2,1}Q_{k,1} + \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.16})$$

Zatížení je ve smyslu ČSN EN podle proměnnosti v čase klasifikováno takto:

- $G$  – stálá zatížení,
- $S$  – geotechnická stálá,
- $P$  – zatížení od předpětí (stálá))
- $Q$  – proměnná zatížení
- $A$  – mimořádná zatížení

- $G_{k,j,sup}$  – horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
- $G_{k,j,inf}$  – dolní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (5% kvantil)
- $Q_{k,1}$  – charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
- $Q_{k,i}$  – charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
- $\psi_0$  – součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
- $\psi_1$  – součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
- $\psi_2$  – součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy; tíha vozidla $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy; $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem, stavby umístění $H > 1000\text{m n. m.}$	0,7	0,5	0,2
Zatížení sněhem, stavby umístění $H \leq 1000\text{m n. m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem	0,6	0,2	0
Zatížení teplotou (ne od požáru)	0,6	0,5	0

## 11 Závěr

Statický výpočet prokázal, že konstrukce, tak jak jsou navrženy, vyhovují ustanovení platných norem jak z hlediska mezních stavů únosnosti, tak z hlediska mezních stavů použitelnosti. Současně jsou navrženy s ohledem na maximální možnou hospodárnost a z toho vyplývajícího vlivu na životní prostředí. Konstrukce je stabilní.

Konstrukce byla nadimenzována a posouzena dle 1. skupiny mezních stavů - mezní stav únosnosti - porovnáním únosnosti průřezů s vnitřními silami. Dále byla konstrukce posuzována dle 2. skupiny mezních stavů - mezní stav použitelnosti a také z hlediska stability jak celku, tak dílčích konstrukcí.

Nosná konstrukce **VYHOVÍ** všem příslušným ustanovením platných norem z odstavce 2.

V Praze dne 28.1.2019

Ing. Karel Košek  
Autorizovaný inženýr  
pro statiku a dynamiku  
ČKAIT 0008742

Ing. Miroslav Bém

## 12 Seznam obrázků

Obrázek 1	Globální souřadný systém.....	11
Obrázek 2	Axiální souřadný systém prutů .....	11
Obrázek 3	Axiální souřadný systém prutů .....	12
Obrázek 4	Axiální souřadný systém prutů .....	12
Obrázek 5	Konvence vnitřních sil na prutech.....	12
Obrázek 6	Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků.....	13

## 13 Seznam příloh

Příloha 1	Výstupy statického výpočtu - krov
Příloha 2	Posouzení nosných prvků krovu

Projektová dokumentace pro provádění stavby  
D.1.2 Stavebně konstrukční řešení  
D.1.2 b) Podrobný statický výpočet

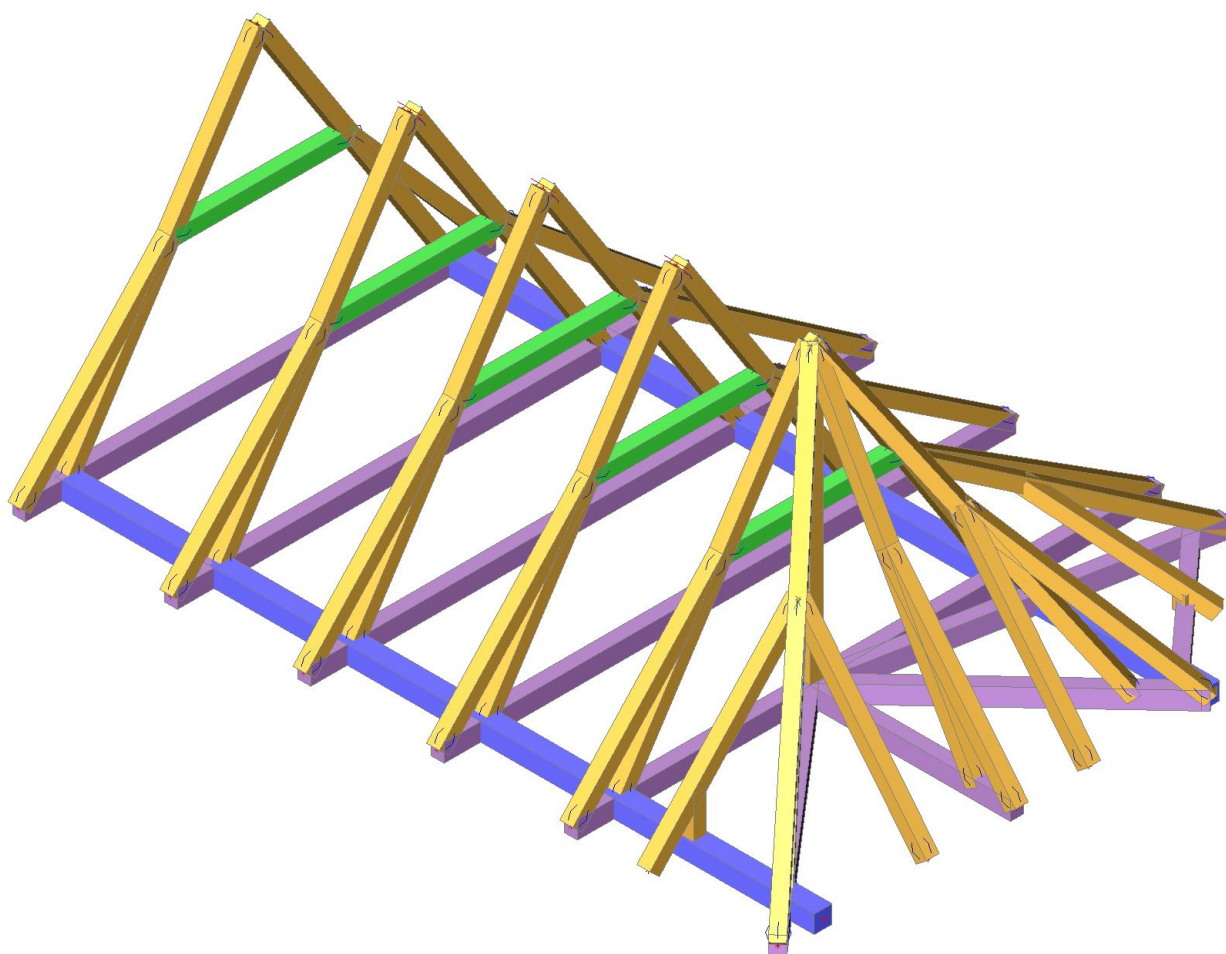
Stavba:

**Gotická tvrz Hradenín SO02 Bašta**

**Příloha 1 – Výstupy statického výpočtu – krov**

---

## 1. Výpočtový model



## 2. Obsah

1. Výpočtový model	1
2. Obsah	2
3. Materiály	2
4. Průřezy	3
5. Skupiny zatížení	3
6. Zatěžovací stavy	4
6.1. Zatěžovací stavy - ZS1	4
6.2. Zatěžovací stavy - ZS2	4
6.3. Zatěžovací stavy - ZS3	5
6.4. Zatěžovací stavy - ZS4	5
6.5. Zatěžovací stavy - ZS5	6
6.6. Zatěžovací stavy - ZS6	6
6.7. Zatěžovací stavy - 3DVítr1	7
6.8. Zatěžovací stavy - 3DVítr2	7
6.9. Zatěžovací stavy - 3DVítr3	8
6.10. Zatěžovací stavy - 3DVítr4	8
6.11. Zatěžovací stavy - 3DVítr5	9
6.12. Zatěžovací stavy - 3DVítr6	9
6.13. Zatěžovací stavy - 3DVítr7	10
6.14. Zatěžovací stavy - 3DVítr8	10
6.15. Zatěžovací stavy - 3DVítr9	11
6.16. Zatěžovací stavy - 3DVítr10	11
6.17. Zatěžovací stavy - 3DVítr11	12
6.18. Zatěžovací stavy - 3DVítr12	12
6.19. Zatěžovací stavy - 3DVítr13	13
6.20. Zatěžovací stavy - 3DVítr14	13
6.21. Zatěžovací stavy - 3DVítr15	14
6.22. Zatěžovací stavy - 3DVítr16	14
7. Kombinace	15
8. Skupiny výsledků	15
9. Klíč kombinace	15
10. Vnitřní síly na ocelové konstrukci	16
10.1. Vnitřní síly na prutu	16
10.2. Vnitřní síly na prutu; N - [kN]	17
10.3. Vnitřní síly na prutu; My - [kNm]	17
10.4. Vnitřní síly na prutu; N - [kN]	18
11. Deformace na konstrukci	18
11.1. Deformace na prutu	18
11.2. Deformace na prutu; uz	19
11.3. Deformace na prutu; ux	19
11.4. Relativní deformace	20
11.5. 3D přemístění; U_total	20

## 3. Materiály

Timber EC5

Jméno	Typ dřeva	$\mu$	$E_{mod}$ [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [m/mK]	$G_{mod}$ [MPa]						
C18 (EN 338)	Rostlé dřevo 380,0	0 0,00	9,0000e+03 5,6000e+02	18,0	10,0	0,4	18,0	2,2	3,4



#### 4. Průřezy

Jméno	Typ Detailní	Materiál	Výroba	A [m <sup>2</sup> ]	A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ] A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ] I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ] W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ] W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]
CS1	OBDEL 160; 220	C18 (EN 338)	dřevo	3,5200e-02	2,9365e-02 2,9350e-02	1,4197e-04 7,5093e-05	1,2907e-03 9,3867e-04	1,3829e-03 1,0057e-03
CS2	OBDEL 160; 160	C18 (EN 338)	dřevo	2,5600e-02	2,1357e-02 2,1357e-02	5,4613e-05 5,4613e-05	6,8267e-04 6,8267e-04	7,3143e-04 7,3143e-04
CS3	OBDEL 160; 180	C18 (EN 338)	dřevo	2,8800e-02	2,4026e-02 2,4021e-02	7,7760e-05 6,1440e-05	8,6400e-04 7,6800e-04	9,2571e-04 8,2286e-04
CS4	OBDEL 220; 220	C18 (EN 338)	dřevo	4,8400e-02	4,0385e-02 4,0385e-02	1,9521e-04 1,9521e-04	1,7747e-03 1,7747e-03	1,9014e-03 1,9014e-03

#### 5. Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Standard	Kat H : střechy
SZ3 - sníh	Proměnné	Výběrová	Sníh
SZ4 - vítr	Proměnné	Výběrová	Vítr



### 6.3. Zatěžovací stavy - ZS3

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS3	užitné	Proměnné	Statické
--	-----	--------	----------	----------



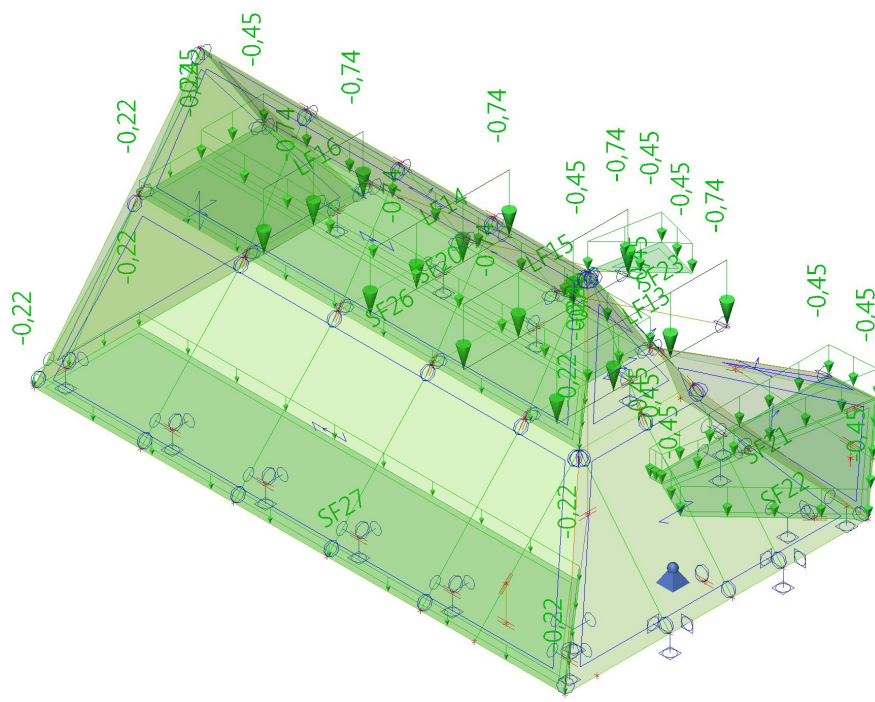
#### 6.4. Zatěžovací stavy - ZS4

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS4	sníh i	Proměnné	Statické
--	-----	--------	----------	----------



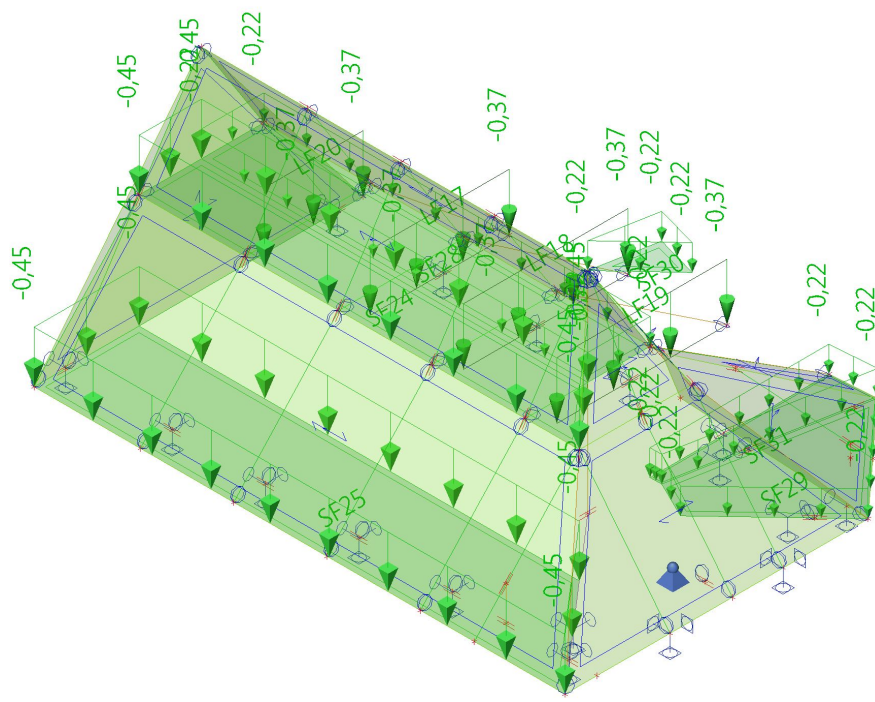
## 6.5. Zatěžovací stavy - ZS5

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS5	sníh ii	Proměnné	Statické
--	-----	---------	----------	----------



## 6.6. Zatěžovací stavy - ZS6

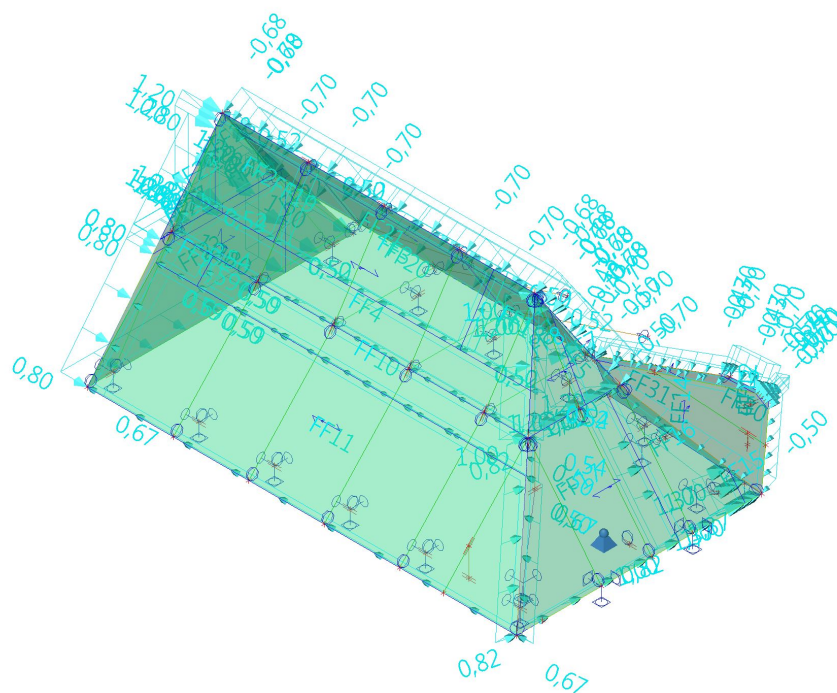
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS6	sníh iii	Proměnné	Statické
--	-----	----------	----------	----------





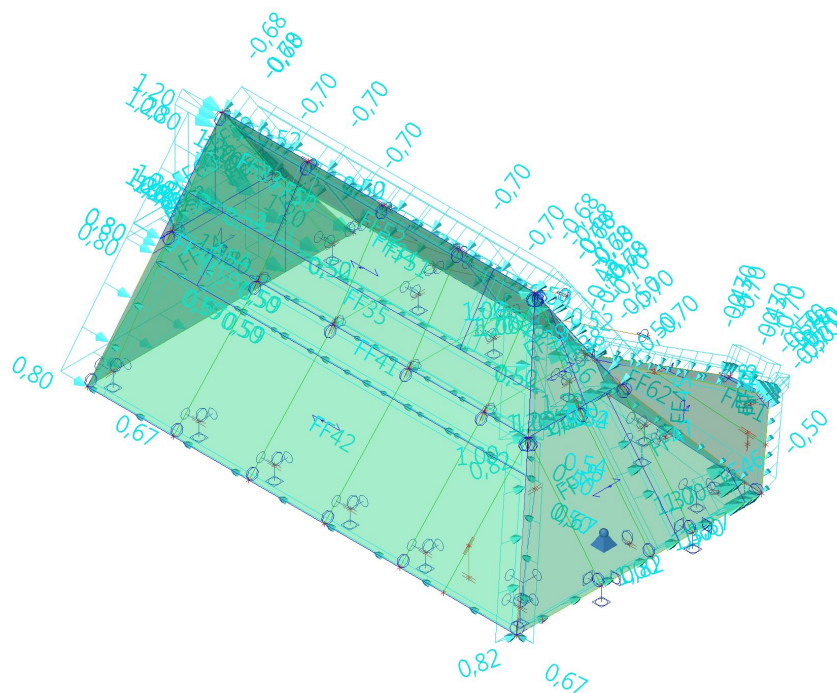
## 6.7. Zatěžovací stavy - 3DVítr1

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr1	0, + CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	---------	-----------------	----------	----------



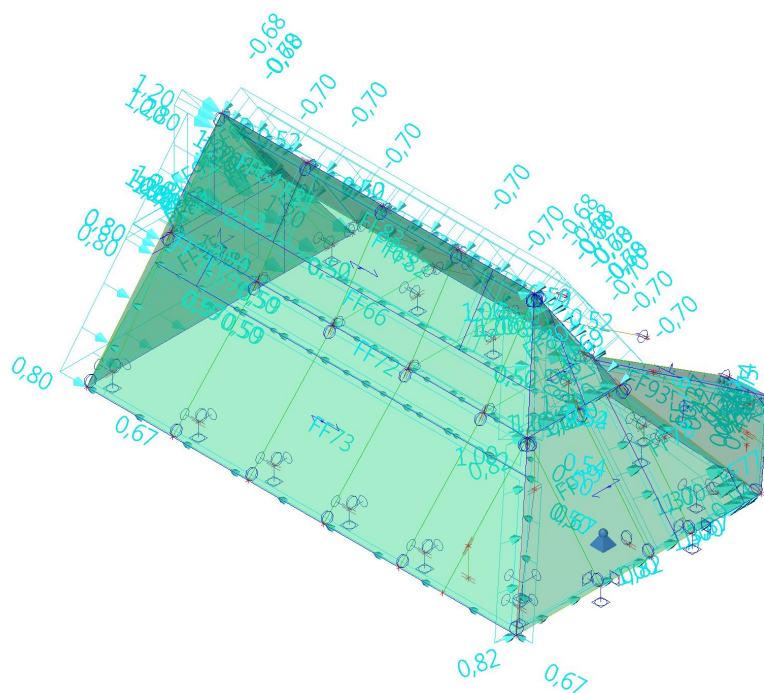
## 6.8. Zatěžovací stavy - 3DVítr2

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr2	0, + CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	---------	-----------------	----------	----------



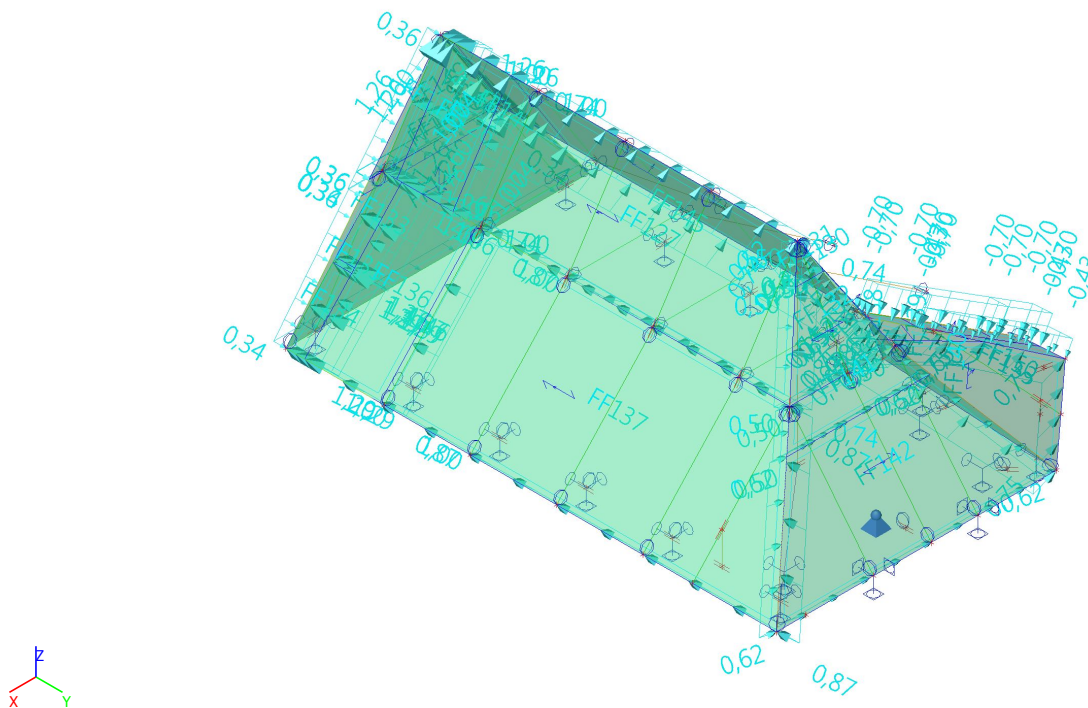
## 6.9. Zatěžovací stavy - 3DVítr3

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr3	0, - CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	---------	-----------------	----------	----------



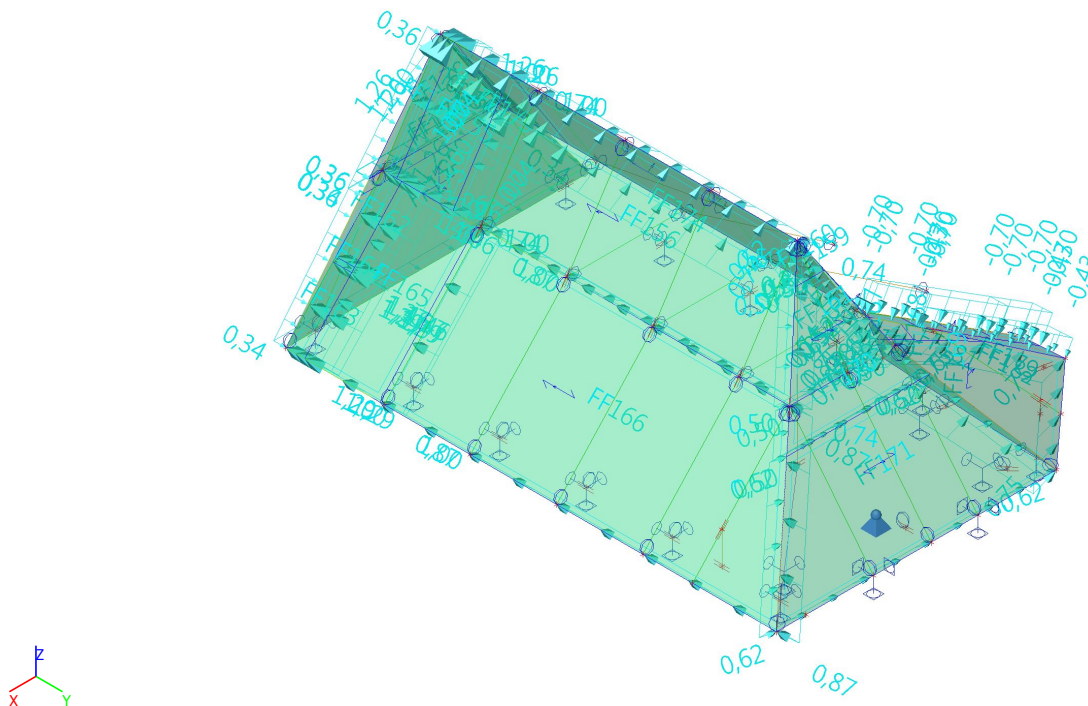
### 6.11. Zatěžovací stavy - 3DVítr5

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVitr5	90, + CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	---------	------------------	----------	----------



### 6.12. Zatěžovací stavy - 3DVítr6

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr6	90, + CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	---------	------------------	----------	----------





### 6.13. Zatěžovací stavy - 3DVítr7

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr7	90, - CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	---------	------------------	----------	----------



#### 6.14. Zatěžovací stavy - 3DVítr8

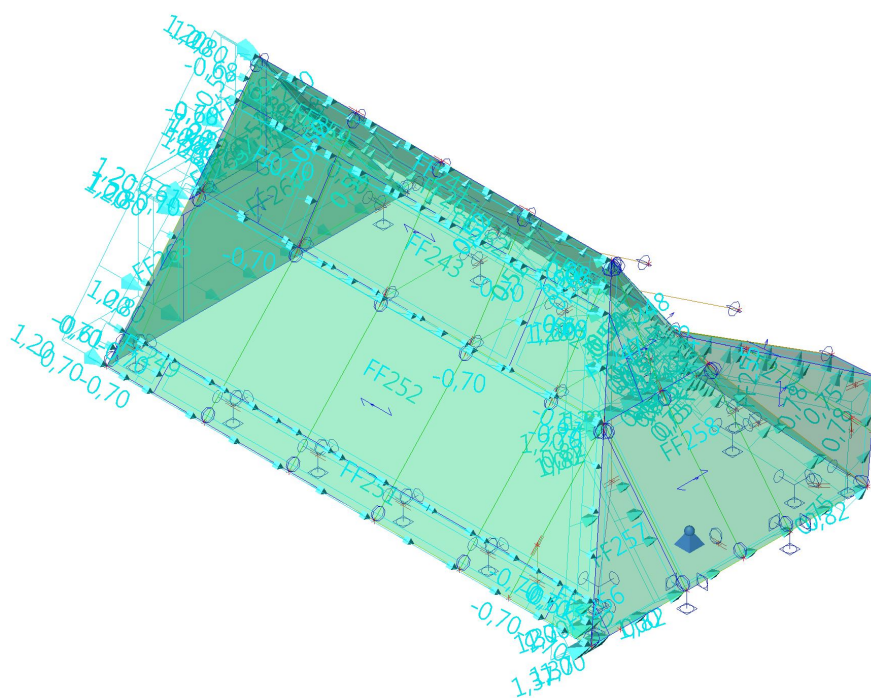
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr8	90, - CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	---------	------------------	----------	----------





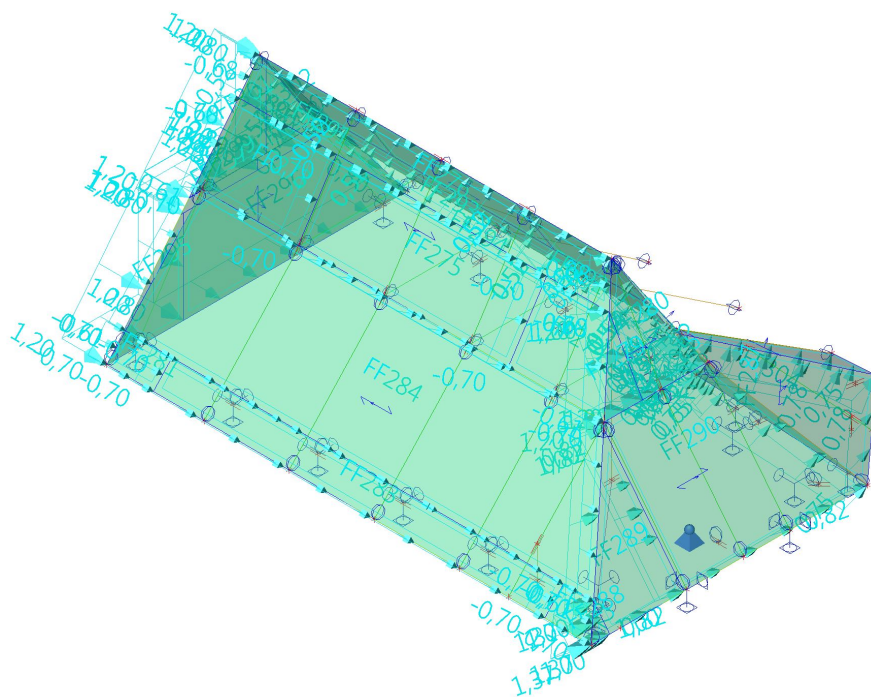
### 6.15. Zatěžovací stavy - 3DVítr9

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr9	180, + CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	---------	-------------------	----------	----------



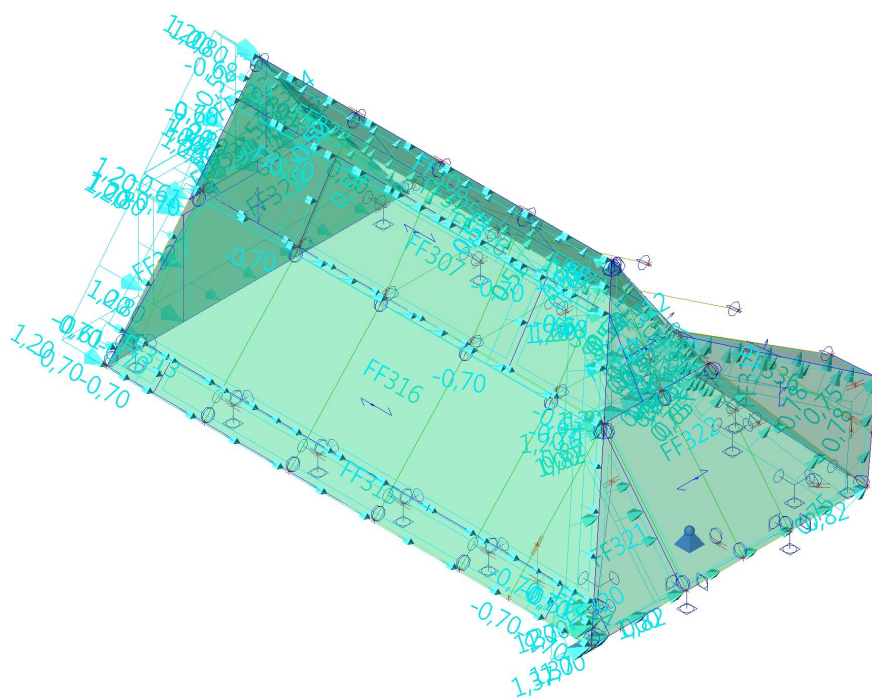
### 6.16. Zatěžovací stavy - 3DVítr10

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr10	180, + CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



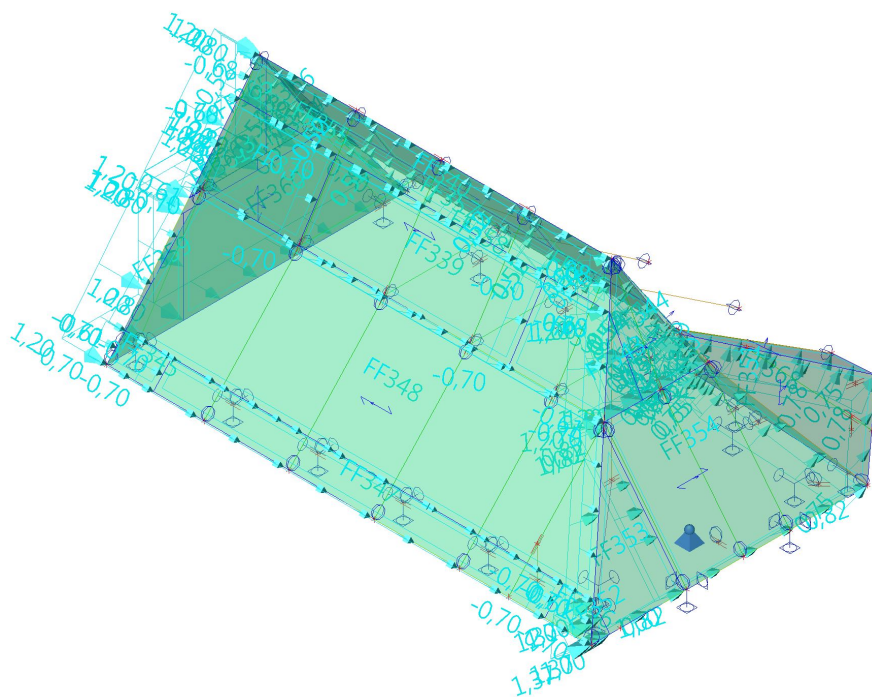
### 6.17. Zatěžovací stavy - 3DVitr11

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVitr11	180, - CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



### 6.18. Zatěžovací stavy - 3DVitr12

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVitr12	180, - CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



### 6.19. Zatěžovací stavy - 3DVítr13

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr13	270, + CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



### 6.20. Zatěžovací stavy - 3DVítr14

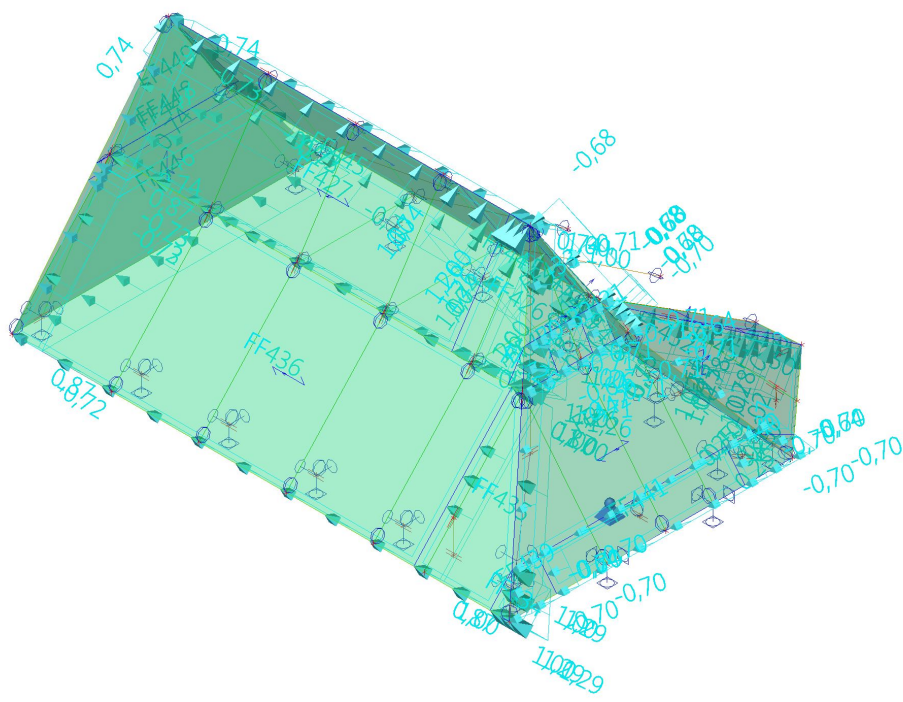
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVítr14	270, + CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------





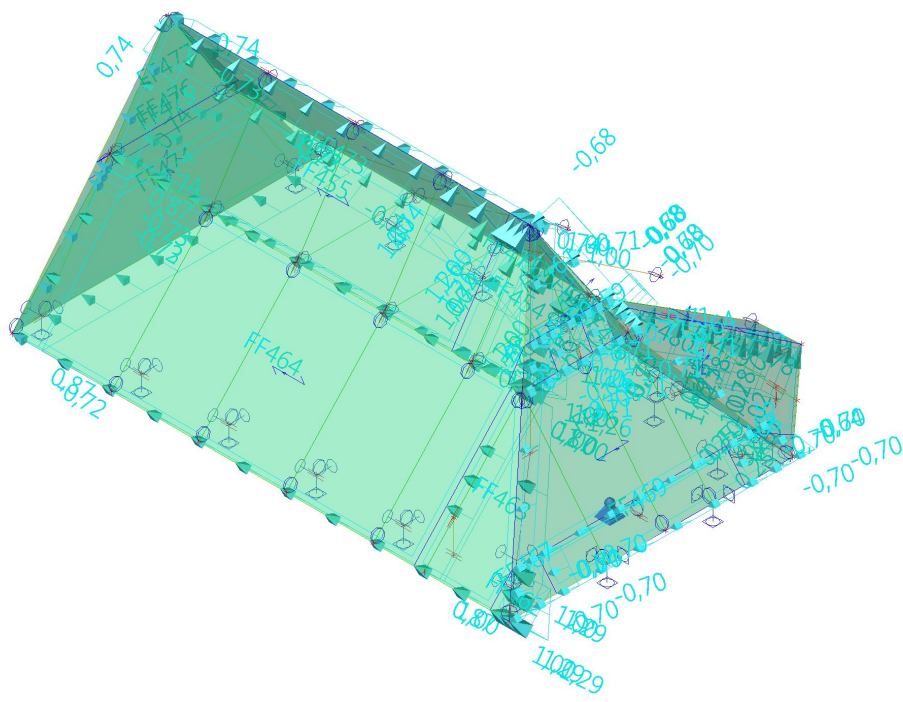
## 6.21. Zatěžovací stavy - 3DVitr15

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVitr15	270, - CPE, + CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



## 6.22. Zatěžovací stavy - 3DVitr16

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	3DVitr16	270, - CPE, - CPI	Proměnné	Statické
--	----------	-------------------	----------	----------



## 7. Kombinaace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - stálé	1,00
			ZS3 - užité	1,00
			ZS4 - sníh i	1,00
			ZS5 - sníh ii	1,00
			ZS6 - sníh iii	1,00
			3DVítr1 - 0, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr2 - 0, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr3 - 0, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr4 - 0, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr5 - 90, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr6 - 90, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr7 - 90, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr8 - 90, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr9 - 180, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr10 - 180, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr11 - 180, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr12 - 180, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr13 - 270, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr14 - 270, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr15 - 270, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr16 - 270, - CPE, - CPI	1,00
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - stálé	1,00
			ZS3 - užité	1,00
			ZS4 - sníh i	1,00
			ZS5 - sníh ii	1,00
			ZS6 - sníh iii	1,00
			3DVítr1 - 0, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr2 - 0, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr3 - 0, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr4 - 0, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr5 - 90, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr6 - 90, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr7 - 90, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr8 - 90, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr9 - 180, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr10 - 180, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr11 - 180, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr12 - 180, - CPE, - CPI	1,00
			3DVítr13 - 270, + CPE, + CPI	1,00
			3DVítr14 - 270, + CPE, - CPI	1,00
			3DVítr15 - 270, - CPE, + CPI	1,00
			3DVítr16 - 270, - CPE, - CPI	1,00

## 8. Skupiny výsledků

Jméno	Výpis
Všechny MSU	MSU-Sada B (auto) - EN-MSU (STR/GEO) Soubor B
Všechny MSP	MSP-Char (auto) - EN-MSP charakteristická
Vše MSU+MSP	MSU-Sada B (auto) - EN-MSU (STR/GEO) Soubor B MSP-Char (auto) - EN-MSP charakteristická
GEO	MSÚ-Sada B (auto) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B

## 9. Klíč kombinace

Klíč kombinace

Jméno	Popis kombinací
1	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*1,50 +3DVitr10*0,90
2	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*0,75 +3DVitr14*1,50
3	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +3DVitr9*1,50
4	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*0,75 +3DVitr9*1,50
5	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS6*0,75 +3DVitr10*1,50
6	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*0,75 +3DVitr10*1,50

Jméno	Popis kombinací
7	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +3DVítr1*1,50
8	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS5*0,75 +3DVítr9*1,50
9	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS5*0,75 +3DVítr2*1,50
10	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +3DVítr1*1,50
11	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*0,50 +3DVítr10*1,00
12	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS6*0,50 +3DVítr10*1,00
13	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +3DVítr9*1,00
14	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +3DVítr3*1,00
15	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS5*0,50 +3DVítr14*1,00
16	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,00 +3DVítr10*0,60
17	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS5*1,00 +3DVítr3*0,60
18	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS6*0,50 +3DVítr9*1,00
19	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*0,50 +3DVítr9*1,00
20	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +3DVítr1*1,00
21	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS5*0,50 +3DVítr3*1,00

## 10. Vnitřní síly na ocelové konstrukci

### 10.1. Vnitřní síly na prutu

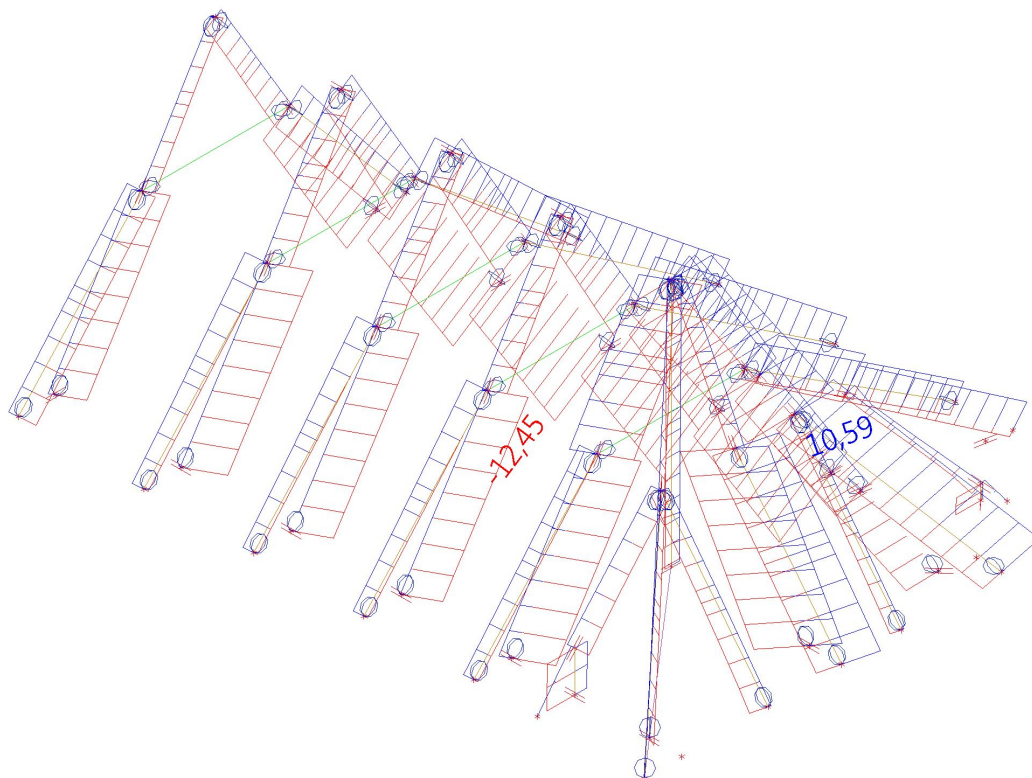
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

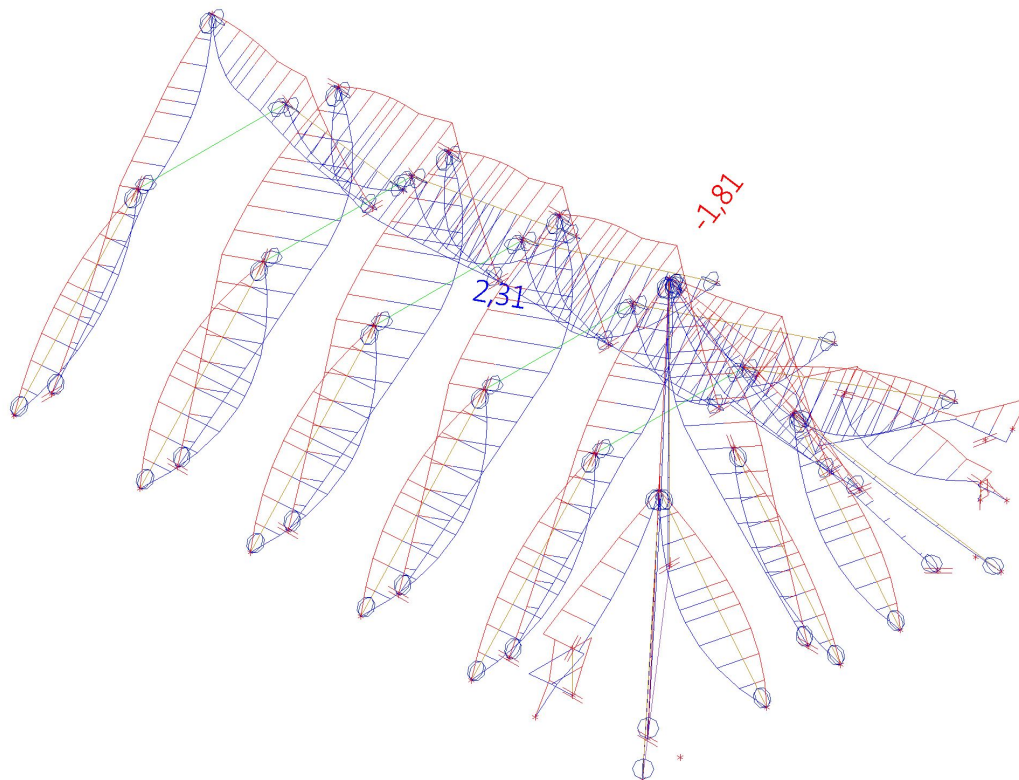
Třída : Všechny MSU

Dílec	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B19	CS2 - OBDEL	0,000	MSU-Sada B (auto)/1	<b>-12,45</b>	0,00	-0,43	0,00	0,00	0,00
B1	CS1 - OBDEL	0,560	MSU-Sada B (auto)/6	<b>16,21</b>	0,72	0,48	0,00	0,21	-0,67
B46	CS4 - OBDEL	0,000	MSU-Sada B (auto)/6	0,00	<b>-12,02</b>	0,16	0,05	0,00	11,27
B46	CS4 - OBDEL	5,165	MSU-Sada B (auto)/6	0,00	<b>14,12</b>	-0,17	-0,02	0,04	<b>-11,61</b>
B34	CS1 - OBDEL	2,550	MSU-Sada B (auto)/2	-7,04	0,00	<b>-6,24</b>	0,00	0,00	0,00
B34	CS1 - OBDEL	1,500	MSU-Sada B (auto)/2	-1,90	0,00	<b>4,56</b>	0,00	0,45	0,00
B46	CS4 - OBDEL	8,982	MSU-Sada B (auto)/8	-0,16	0,23	3,51	<b>-0,36</b>	-0,93	-0,06
B54	CS1 - OBDEL	1,088	MSU-Sada B (auto)/9	0,35	-0,97	-1,74	<b>0,24</b>	1,54	0,46
B5	CS1 - OBDEL	5,340	MSU-Sada B (auto)/6	1,13	-0,02	1,35	0,00	<b>-2,24</b>	0,03
B34	CS1 - OBDEL	2,066	MSU-Sada B (auto)/2	-1,90	0,00	4,47	0,00	<b>3,00</b>	0,00
B46	CS4 - OBDEL	6,810	MSU-Sada B (auto)/6	0,00	14,12	-0,51	-0,02	-0,51	<b>11,61</b>

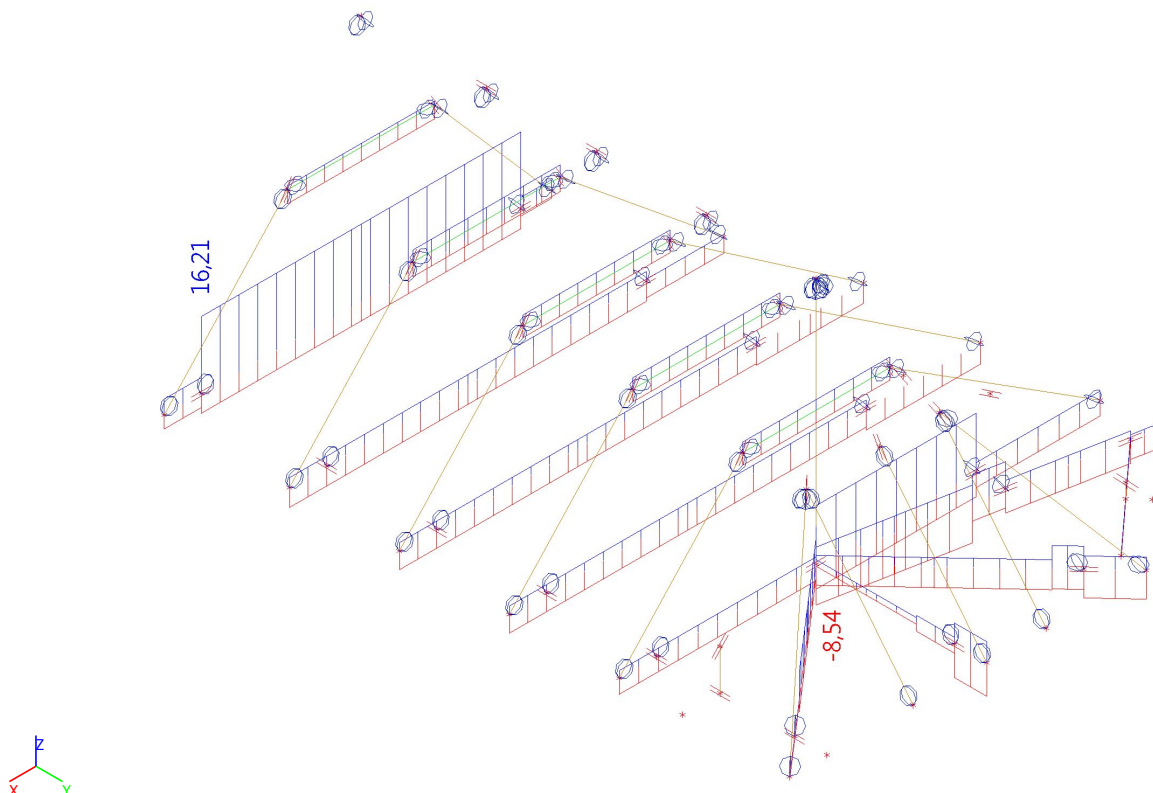
## 10.2. Vnitřní síly na prutu; N - [kN]



## 10.3. Vnitřní síly na prutu; My - [kNm]



## 10.4. Vnitřní síly na prutu; N - [kN]



## 11. Deformace na konstrukci

### 11.1. Deformace na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální

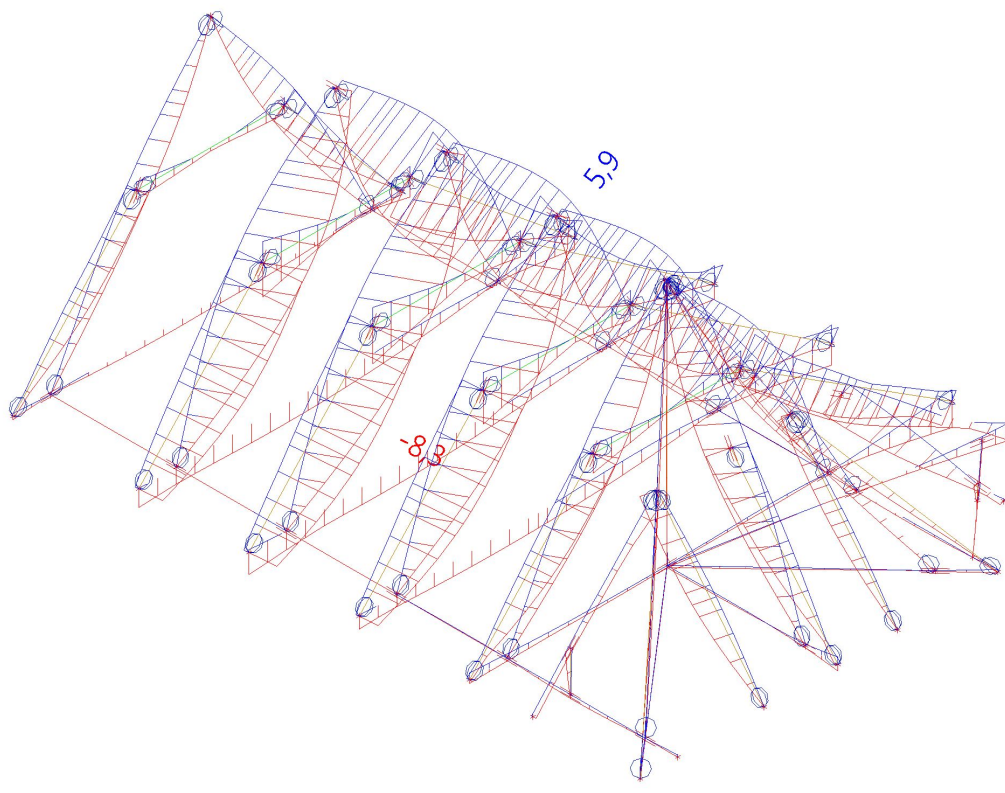
Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

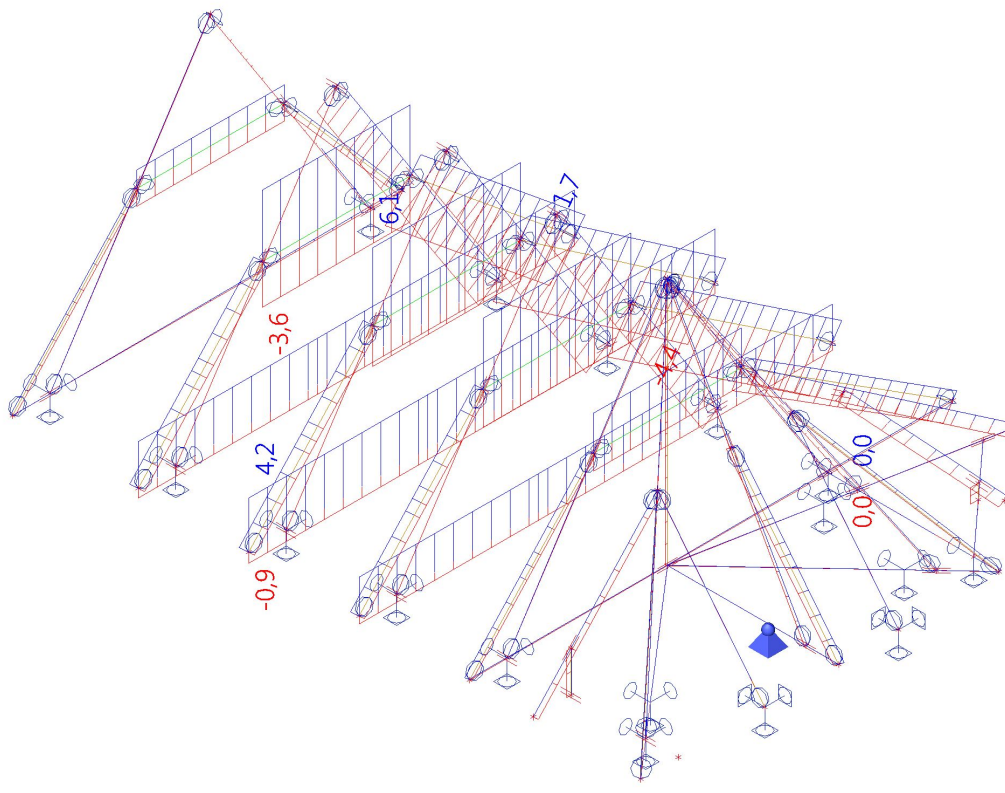
Dílec	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B29	0,000	MSP-Char (auto)/11	<b>-4,4</b>	0,0	1,0	0,0	1,8	0,0	4,5
B9	0,000	MSP-Char (auto)/12	<b>6,1</b>	0,0	-4,0	0,0	-2,3	0,0	7,3
B7	0,275	MSP-Char (auto)/13	1,1	<b>-7,9</b>	-0,7	-0,3	-0,3	0,0	8,0
B14	2,655	MSP-Char (auto)/14	0,2	<b>7,7</b>	-1,5	0,0	0,2	2,7	7,9
B21	1,815	MSP-Char (auto)/11	1,2	0,0	<b>-8,3</b>	0,0	-0,3	0,0	8,4
B19	2,080	MSP-Char (auto)/12	-2,3	0,0	<b>5,9</b>	0,0	0,2	0,0	6,3
B54	1,088	MSP-Char (auto)/13	0,0	0,2	-0,4	<b>-1,2</b>	-0,4	0,0	0,5
B54	1,088	MSP-Char (auto)/15	0,0	-0,2	-0,3	<b>1,8</b>	0,1	0,0	0,4
B30	3,604	MSP-Char (auto)/16	-3,0	0,0	3,2	0,0	<b>-4,8</b>	0,0	4,4
B30	0,000	MSP-Char (auto)/17	0,2	0,0	1,1	0,0	<b>4,7</b>	0,0	1,1
B12	0,000	MSP-Char (auto)/13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	<b>-5,4</b>	0,0
B12	4,405	MSP-Char (auto)/18	0,0	-0,3	-0,1	1,0	-1,2	<b>5,3</b>	0,4



## 11.2. Deformace na prutu; uz



## 11.3. Deformace na prutu; ux



## 11.4. Relativní deformace

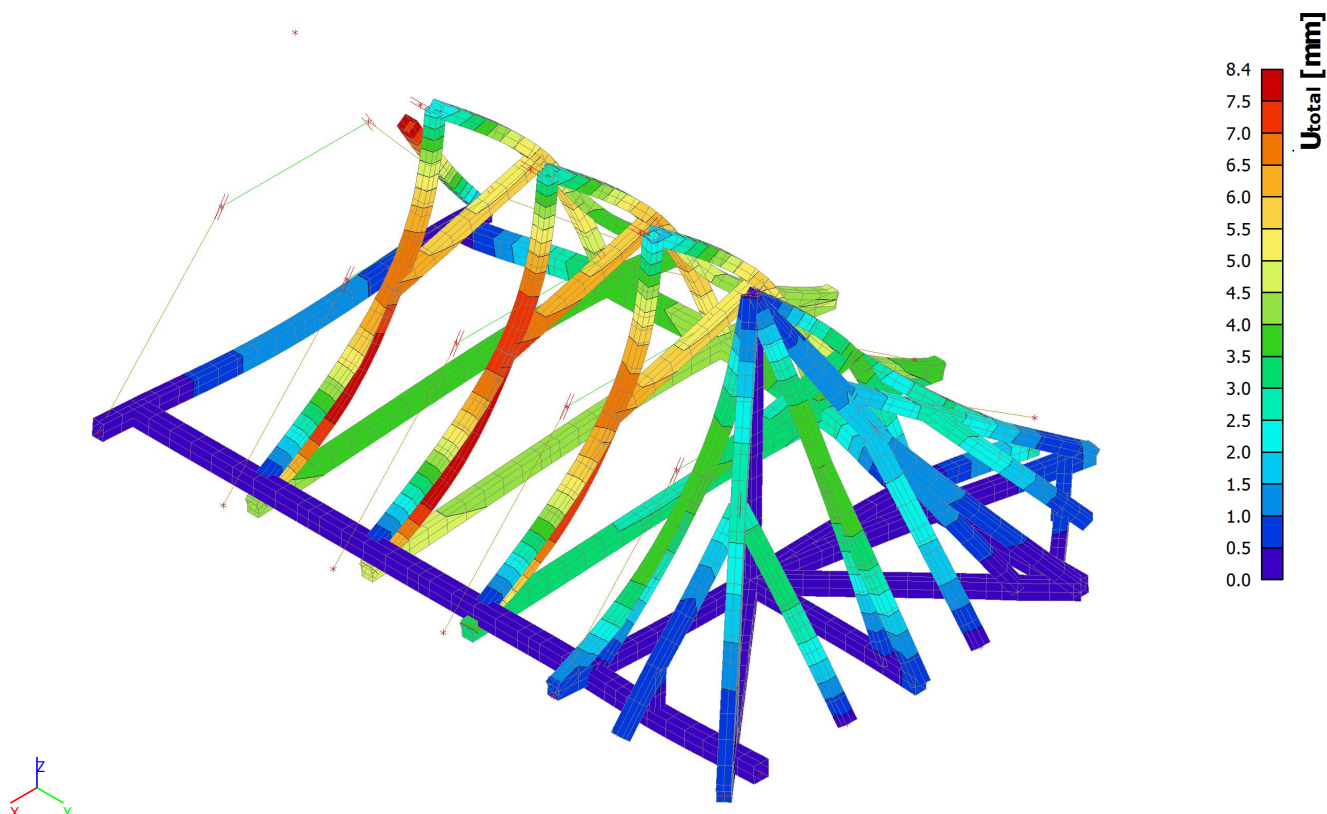
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

Dílec	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B12	2,080	MSP-Char (auto)/19	<b>-7,7</b>	<b>1/571</b>	-0,1	1/10000	<b>0,35</b>	0,01
B15	2,080	MSP-Char (auto)/20	<b>7,5</b>	<b>1/586</b>	-0,2	1/10000	<b>0,34</b>	0,01
B30	1,663	MSP-Char (auto)/16	0,0	1/10000	<b>-6,3</b>	<b>1/576</b>	0,00	<b>0,35</b>
B28	0,000	MSP-Char (auto)/21	0,0	0	<b>4,9</b>	1/642	0,00	0,31
B55	0,000	MSP-Char (auto)/15	0,0	0	0,6	<b>1/544</b>	0,00	<b>0,37</b>

## 11.5. 3D přemístění; U\_total



Projektová dokumentace pro provádění stavby  
D.1.2 Stavebně konstrukční řešení  
D.1.2 b) Podrobný statický výpočet

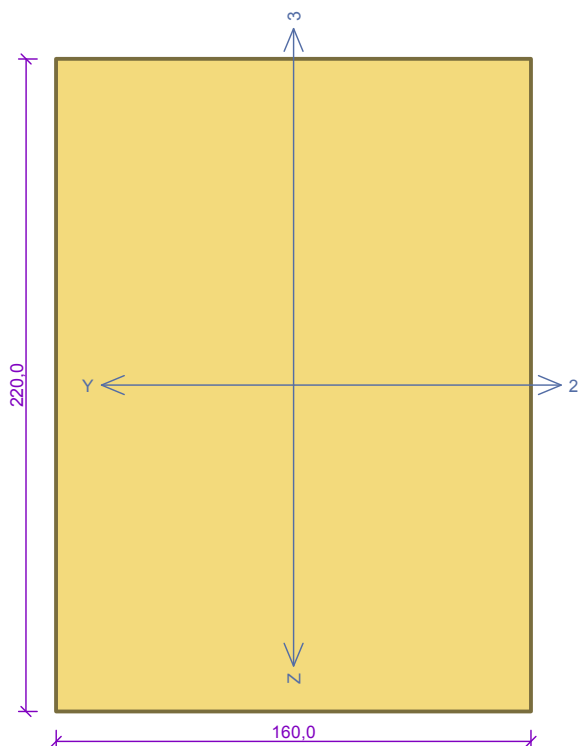
Stavba:

**Gotická tvrz Hradenín SO02 Bašta**

**Příloha 2 – Posouzení nosných prvků krovu**

---

## vazny tram



Norma **EN 1995-1-1/Česko**.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,300$

Mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,000$

**Třída provozu: 2**

**Průřez: obdélník 160x220**

**Rozměry:**

Výška průřezu  $h = 220,0$  mm

Šířka průřezu  $b = 160,0$  mm

**Materiál: S7 (C18) - jehličnaté - smrk, borovice**

**Druh dřeva:** rostlé

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k}$  : 11,0 MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k}$  : 3,4 MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k}$  : 2,2 MPa

Pevnost v tahu kolmo na vlákna  $f_{t,90,k}$  : 0,4 MPa

Modul pružnosti  $E_{0,mean}$  : 9000 MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05}$  : 6000 MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean}$  : 560 MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k$  : 320,0 kg/m<sup>3</sup>

Při výpočtu je zohledněn součinitel  $k_h$  pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

#### Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:

Zatěžovací případ s největším využitím

Zat. případ 10

Krátkodobé zatížení

$N = -1,900$  kN

$M_y = 3,000$  kNm

$V_z = 4,470$  kN

$M_z = 0,000$  kNm

$V_y = 0,000$  kN

#### Vzpěr:

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 5,100$  m

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 5,100$  m

#### Klopení:

Klopení  $M_y$ :

$l_{z1} = 5,100$  m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahore

Klopení  $M_z$ :

$l_{y1} =$  Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 10

Vnitřní síly:  $N = -1,900$  kN;  $M_y = 3,000$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm;  $V_z = 4,470$  kN;  $V_y = 0,000$  kN

#### Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnost:  $N_R = 187,143$  kN;  $M_{y,R} = -16,084$  kNm

$|-0,010 + -0,187 + 0,000| = |-0,197| < 1$  **Vyhovuje**

#### Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost:  $V_R = 37,009$  kN

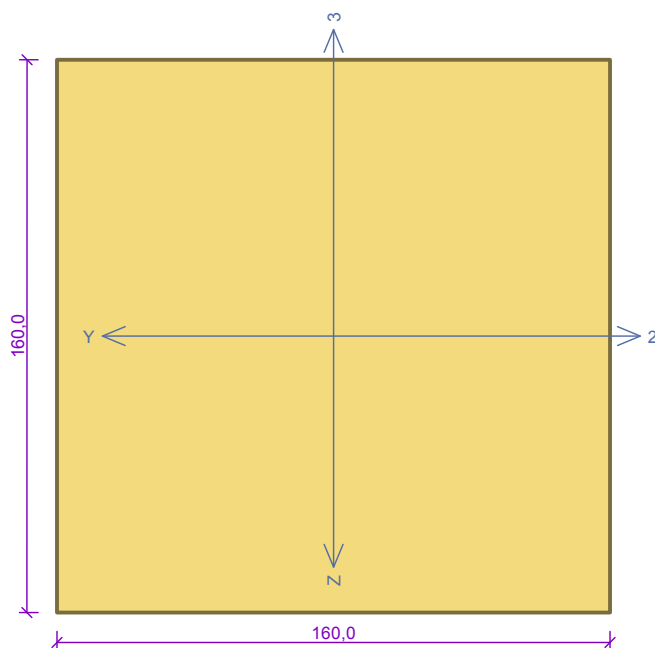
$0,121 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 110,4

**Průřez vyhovuje**

**VYHOVUJE**

## krokv



Norma **EN 1995-1-1/Česko**.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,300$

Mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,000$

**Třída provozu: 2**

**Průřez: obdélník 160x160**

**Rozměry:**

Výška průřezu  $h = 160,0$  mm

Šířka průřezu  $b = 160,0$  mm

**Materiál: S7 (C18) - jehličnaté - smrk, borovice**

**Druh dřeva: rostlé**

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k}$  : 11,0 MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k}$  : 3,4 MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k}$  : 2,2 MPa

Pevnost v tahu kolmo na vlákna  $f_{t,90,k}$  : 0,4 MPa

Modul pružnosti  $E_{0,mean}$  : 9000 MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05}$  : 6000 MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean}$  : 560 MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k$  : 320,0 kg/m<sup>3</sup>

Při výpočtu je zohledněn součinitel  $k_h$  pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

#### Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:

Zatěžovací případ s největším využitím

Zat. případ 12

Krátkodobé zatížení

$N = -4,600$  kN

$M_y = 0,280$  kNm

$V_z = -0,100$  kN

$M_z = -3,050$  kNm

$V_y = 0,510$  kN

#### Vzpěr:

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 5,100$  m

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 5,100$  m

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 12

Vnitřní síly:  $N = -4,600$  kN;  $M_y = 0,280$  kNm;  $M_z = -3,050$  kNm;  $V_z = -0,100$  kN;  $V_y = 0,510$  kN

#### Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti:  $N_R = 77,156$  kN;  $M_{y,R} = -12,153$  kNm;  $M_{z,R} = 8,507$  kNm

$|-0,060 + -0,023 + -0,359| = |-0,441| < 1$  **Vyhovuje**

#### Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost:  $V_R = 26,915$  kN

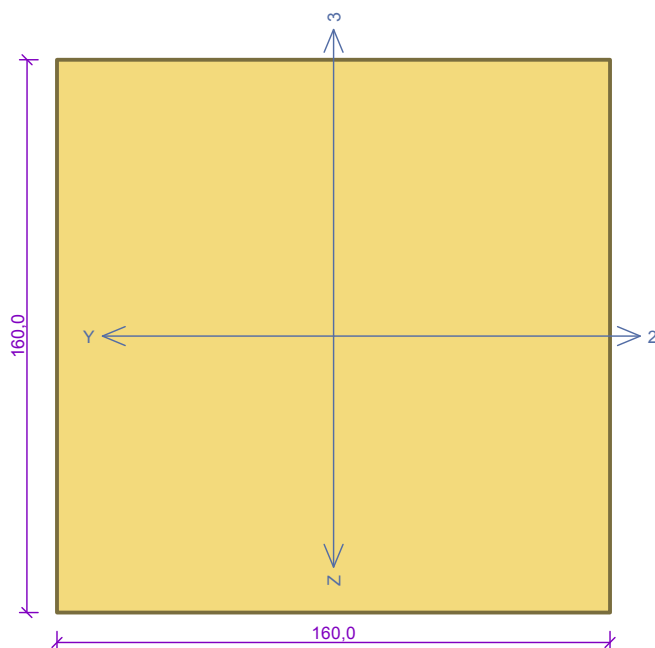
$0,019 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 110,4

**Průřez vyhovuje**

**VYHOVUJE**

## nametek



Norma **EN 1995-1-1/Česko**.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,300$

Mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,000$

**Třída provozu: 2**

**Průřez: obdélník 160x160**

**Rozměry:**

Výška průřezu  $h = 160,0$  mm

Šířka průřezu  $b = 160,0$  mm

**Materiál: S7 (C18) - jehličnaté - smrk, borovice**

**Druh dřeva: rostlé**

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k}$  : 11,0 MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k}$  : 18,0 MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k}$  : 3,4 MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k}$  : 2,2 MPa

Pevnost v tahu kolmo na vlákna  $f_{t,90,k}$  : 0,4 MPa

Modul pružnosti  $E_{0,mean}$  : 9000 MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05}$  : 6000 MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean}$  : 560 MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k$  : 320,0 kg/m<sup>3</sup>

Při výpočtu je zohledněn součinitel  $k_h$  pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

#### Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:

Zatěžovací případ s největším využitím

Zat. případ 10

Krátkodobé zatížení

$N = 3,990$  kN

$M_y = 2,160$  kNm

$V_z = 0,000$  kN

$M_z = 0,000$  kNm

$V_y = 0,000$  kN

#### Vzpěr:

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 5,100$  m

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 5,100$  m

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 10

Vnitřní síly:  $N = 3,990$  kN;  $M_y = 2,160$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm;  $V_z = 0,000$  kN;  $V_y = 0,000$  kN

#### Posudek kombinace tahu a ohybu:

Únosnosti:  $N_R = 194,954$  kN;  $M_{y,R} = 8,507$  kNm

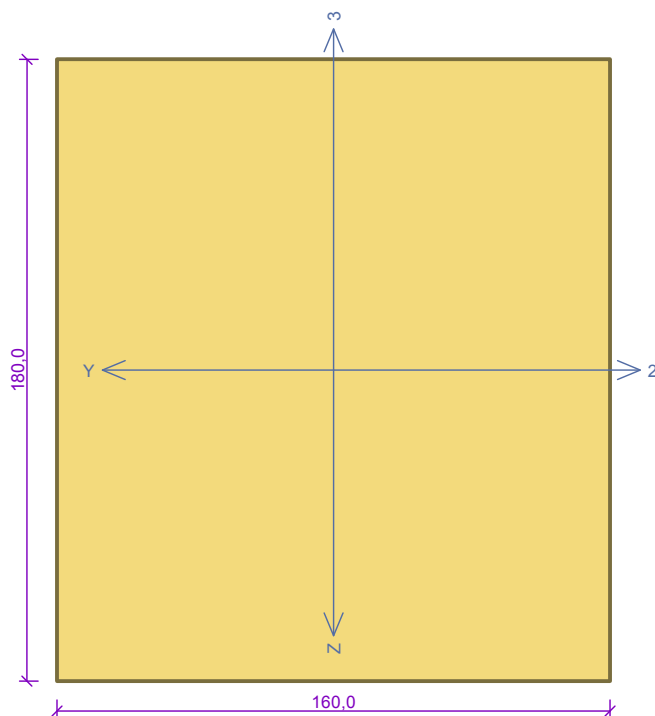
$0,020 + 0,254 + 0,000 = 0,274 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 110,4

**Průřez vyhovuje**

**VYHOVUJE**

## hambalek



Norma **EN 1995-1-1/Česko**.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,300$

Mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_M = 1,000$

**Třída provozu: 2**

**Průřez: obdélník 160x180**

**Rozměry:**

Výška průřezu  $h = 180,0$  mm

Šířka průřezu  $b = 160,0$  mm

**Materiál: S7 (C18) - jehličnaté - smrk, borovice**

**Druh dřeva: rostlé**

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k} : 18,0$  MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k} : 11,0$  MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k} : 18,0$  MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k} : 3,4$  MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k} : 2,2$  MPa

Pevnost v tahu kolmo na vlákna  $f_{t,90,k} : 0,4$  MPa

Modul pružnosti  $E_{0,mean} : 9000$  MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05} : 6000$  MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean} : 560$  MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k : 320,0$  kg/m<sup>3</sup>

Při výpočtu je zohledněn součinitel  $k_h$  pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

#### Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:

Zatěžovací případ s největším využitím

Zat. případ 12

Krátkodobé zatížení

$N = -1,450$  kN

$M_y = 0,350$  kNm

$V_z = 0,000$  kN

$M_z = -0,770$  kNm

$V_y = 0,040$  kN

#### Vzpěr:

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 5,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 5,100$  m

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 5,100$  m

#### Klopení:

Klopení  $M_y$ :

$I_{z1} = 5,100$  m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahore

Klopení  $M_z$ :

$I_{y1} =$  Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 12

Vnitřní síly:  $N = -1,450$  kN;  $M_y = 0,350$  kNm;  $M_z = -0,770$  kNm;  $V_z = 0,000$  kN;  $V_y = 0,040$  kN

#### Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti:  $N_R = 86,800$  kN;  $M_{y,R} = -15,381$  kNm;  $M_{z,R} = 9,570$  kNm

$|-0,017 + -0,023 + -0,080| = |-0,120| < 1$  **Vyhovuje**

#### Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost:  $V_R = 30,280$  kN

$0,001 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 110,4

**Průřez vyhovuje**

**VYHOVUJE**