


±0,000 = 246,92 m.n.m.

) Copyright 2011 IHARCH s.r.o.	vypracoval: Ing.arch. Tomáš Pavlík	kontroloval: Ing. Karel Košek	 <b>STATIC POINT, spol. s r.o.</b> Píseňská 2562/166, 150 00 Praha 5 - Smíchov Tel.: +420 725 507 361, Web: www.staticpoint.cz		
	investor: Regionální muzeum v Kolíně, Karlovo náměstí 8, 28002 Kolín 1	zodpovědný projektant: Ing. Karel Košek			
	projekt: <b>Zastřešení objektu a zajištění zdiva severního křídla jádra tvrze v Hradeníně</b>		č.zakázky: 21009_HRAD	revize:	paré:
	výkres: <b>TECHNICKÁ ZPRÁVA STATICKÝ POSUDEK</b>		stupeň: DPS	-	
			datum: 9/2021	č. výkresu:	<b>D.1.2.a, b</b>



## 1 Obsah

1	Obsah .....	3
2	Soubor použitých norem a literatury .....	3
2.1	Řada norem ČSN .....	3
2.2	Zákony a vyhlášky .....	4
3	Použité podklady a literatura .....	4
4	Použité programy .....	4
5	Charakteristika objektu .....	5
5.1	Charakteristika území .....	5
5.2	Charakteristika stavebního objektu .....	5
5.3	Stávající stav objektu .....	5
5.4	Popis návrhu .....	5
5.4.1	Hambalkový krov a valbová střecha – západní část objektu .....	5
5.4.2	Pultová střecha .....	6
5.4.3	Stavební otvory .....	6
6	Použité materiály .....	6
6.1	Rostlé dřevo podle ČSN EN 338 .....	6
7	Zatěžovací stavy a jejich kombinace .....	6
7.1	Kombinace podle metodiky EN 1990:2004 .....	6
7.2	Zatěžovací stavy .....	8
7.3	Zatížení sněhem .....	9
7.4	Zatížení větrem .....	10
8	Výpočetní aparát - FEM výpočty .....	13
8.1	Program RENEX3D .....	13
8.1.1	Charakteristika programu .....	13
8.1.2	Použité prvky .....	13
8.1.3	Použití programu .....	14
8.1.4	Dělení na konečné prvky .....	14
8.1.5	Souřadnicové systémy .....	14
8.1.6	Zatížení a jejich kombinace .....	17
8.2	Programy FINE EC .....	17
8.3	Program SCIA ENGINEER .....	17
9	Statické posouzení konstrukce .....	18
9.1	Posouzení střechy metodou konečných prvků .....	18
10	Posouzení dřevěných prvků .....	24
11	Posouzení požární odolnosti konstrukce .....	27
12	Závěr .....	30
13	Seznam obrázků .....	31

## 2 Soubor použitých norem a literatury

### 2.1 Řada norem ČSN

ČSN 73 0038:2014	Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN EN 338	Konstrukční dřevo. Třídy pevnosti
ČSN EN 1194	Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo - Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot

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 1991-1-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru - oprava 1, 2, 3; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – oprava 1; změny Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1,3.3; změny Z1,Z2,Z3; ed. 2, NA ed. A, změna A1
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou – oprava 1,2; změny Z1,Z2; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-6	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění – oprava 1,2; změny Z1,Z2,Z3,Z4; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-7	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení – oprava 1; změny Z1; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změna A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed.2 - oprava 1, změna A1
ČSN EN 1993-1-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla: Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-3	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-3: Obecná pravidla: Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily – oprava 1; změny Z1; NA ed. A
ČSN EN 1995-1-1	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – změna A1; NA ed. A
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce – NA ed.A
ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A; ed.2
ČSN EN 1996-2	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí – oprava 1; NA ed. A
ČSN ISO 2394	Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí.
ČSN ISO 13822:2014	Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

## 2.2 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění  
Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb v platném znění

## 3 Použité podklady a literatura

[1] Stavebně architektonické řešení, IH Arch s.r.o., Dipl.Arch. Irena Hrabincová, 01/2021

## 4 Použité programy

Programy RENEX - © FEM consulting Brno s.r.o.  
Preprocesory a postprocesory RENEX - © RECOC, spol. s r.o.,

## 5 Charakteristika objektu

### 5.1 Charakteristika území

Areál tvrze se nachází na návsi obce Hradenín, obec Plaňany, 13 km západně od Kolína. Tvoří východní hranu návsi. Objekt SO03 – severní křídlo – je umístěn ze severní strany věže gotické tvrze, ke které přiléhá. Objekt se nachází na pozemku parcely č. 8/1 o výměře 5 255 m<sup>2</sup>.

Tvrz je registrována v Ústředním seznamu nemovitých kulturních památek pod č. ÚSKP 45394/2-725. Celková plocha areálu činí ca. 6,5ha a sestává z parcel č.8/1, 8/2, 35, 31 a 33/1, jež jsou zapsány na LV 1243 v katastrálním území Hradenín (721379)

### 5.2 Charakteristika stavebního objektu

Jedná se částečnou stavební obnovu cenné historické kulturní památky, zajištění jejího havarijního stavu a zabránění její další degradaci. Návrh zahrnuje zastřešení stávajícího historického objektu navržené na základě dobových fotografií, dozvění zčásti chybějících či nesoudržný zdi severního křídla, včetně nadpraží okenních otvorů a vytvoření jejich záklenků.

### 5.3 Stávající stav objektu

Koruna obvodového zdiva je rozrušená, porostlá břečtanem. Vnitřní prostor budov je zarostlý náletovými křovinami. V místě původní podlahy nad sklepními prostory se nachází vrstva suti o síle min. 0,5m. Obvodové zdivo je převážně kamenné, s cihlovými zazdívkami a dozdívkami do vápenné malty. Je založeno na skále, na níže je založena kontreskarpá tvrze. Zdivo je v mnoha místech nesoudržné, s chybějícím spárováním i dešťovou vodou vyplavenou zdicí maltou. U části okenních otvorů jsou patrné tvary a profilace okenních otvorů a záklenků, v některých případech druhotně upravovaných v 19. a 20. stol.

### 5.4 Popis návrhu

Koruna zdi původní brány bude staticky zajištěna zpevněním zdiva a tam, kde to bude nutné, jeho přezděním za použití stávajících kamenů do malty z hydraulického vápna. Budou přezděny či nově vyzděny záklenky oken a dveřní portál. Prostor mezi východní částí objektu a věží bude vyplněn bedněnou stěnou a opatřen svlakovými dveřmi na úrovni přízemí a dveřmi v úrovni 2NP, umožňujícími vstup do prostoru krovu. Budou osazeny stropy z přitesávaných a hraněných trámů (ve východní části do dochovaných kapes, v západní části bude strop osazen na koruně zdiva) a zaklopy odkorovanými neomítanými smrkovými fošnami o tl. 50 mm kladenými s přesahem.

#### 5.4.1 Hambalkový krov a valbová střecha – západní část objektu

Na zpevněnou a staticky zajištěnou korunu zdiva bude osazen nový krov. V západní části křídla bude použit krov hambalkový, s námětky, zhotovený z ručně přitesávaných a hoblovaných trámů. Bude osazen na pozednici umístěné ve vnějším líci. Střešní krytina bude z páleného keramického prežvu. Koruna zdi bude opatřena jednoduchou římsou vyzděnou z pálených cihel do vápenné malty (na výšku 4 šárů cihel), vytaženou ve vápenné maltě a opatřenou podkladním vápenným nátěrem. Krov bude osazen na pozednici, umístěné v koruně obvodové zdi. Námětky se budou na své spodní straně opírat do dubového prkna, položeného na horní hraně zděné římsy. Nad západním štítem bude umístěna valbová střecha. Na východní straně bude

prostor nad příčkou mezi oběma místnostmi nadezděn štítem z plných cihel pálených do vápenné malty, opatřen hrubou vápennou omítkou a vápenným nátěrem. Štít bude vytažen nad úroveň střešní krytiny a opatřen korunou z plných cihel pálených do malty z hydraulického vápna.

#### 5.4.2 Pultová střecha

Nad východní částí budovy bude zhotovena nová pultová střecha. Ve vnitřním prostoru bude vytvořen nový strop z přitesávaných a hoblovaných trámů, zaklopený neomítanými, odkorovanými smrkovými fošnami tl. 50 mm, osazenými s přesahem. Střešní krytina bude z plných tašek pálených.

#### 5.4.3 Stavební otvory

Hlavní vstup bude dočasně zajištěn jednoduchými svlakovými dveřmi do ocelového kování. Ostatní stavební otvory budou dočasně uzavřeny bedněním ze smrkových prken. V jižní části střechy západní místnosti bude do mezikrokevního pole nad vstupními dveřmi umístěn vikýř s okénkem do jednoduchého dubového tesařského rámu cca 70 x 45 cm a opatřeného zasklením jednoduchým čířým bezpečnostním sklem do sklenářského tmele. Okno bude uzavíratelné historizující měděnou kličkou a ocelovými závěsy. Prostor mezi tělesem věže a východní místností bude uzavřen svlakovými dveřmi na úrovni 1NP a na úrovni 2NP, do tesařského ostění. Použitá prkna budou co nejširší, min. 25 cm, osazena s mezerou cca 0,5-1 cm.

Veškeré klempířské prvky budou měděné.

## 6 Použité materiály

### 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 24 (S10)	24	14	21	4,0	11	350

## 7 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

### 7.1 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)

$$1,1G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$0,9G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

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

$$1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- d) Charakteristická

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

- e) Častá

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

- f) Kvazistálá

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

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

$G_{k,j,\text{sup}}$	– horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
$G_{k,j,\text{inf}}$	– 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  
 $y_0$  – součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení  
 $y_1$  – součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení  
 $y_2$  – součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení	$y_0$	$y_1$	$y_2$
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

## 7.2 Zatěžovací stavy

Zatížení jsou uvažována podle podkladů převzatých z podkladů a z příslušných norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7. Stálá zatížení byla vypočtena podle podkladu [1]. Užitná zatížení byla převzata normovými hodnotami z Tabulky 6.2(CZ), 6.8(CZ) a 6.10(CZ) ČSN EN 1991-1-1.

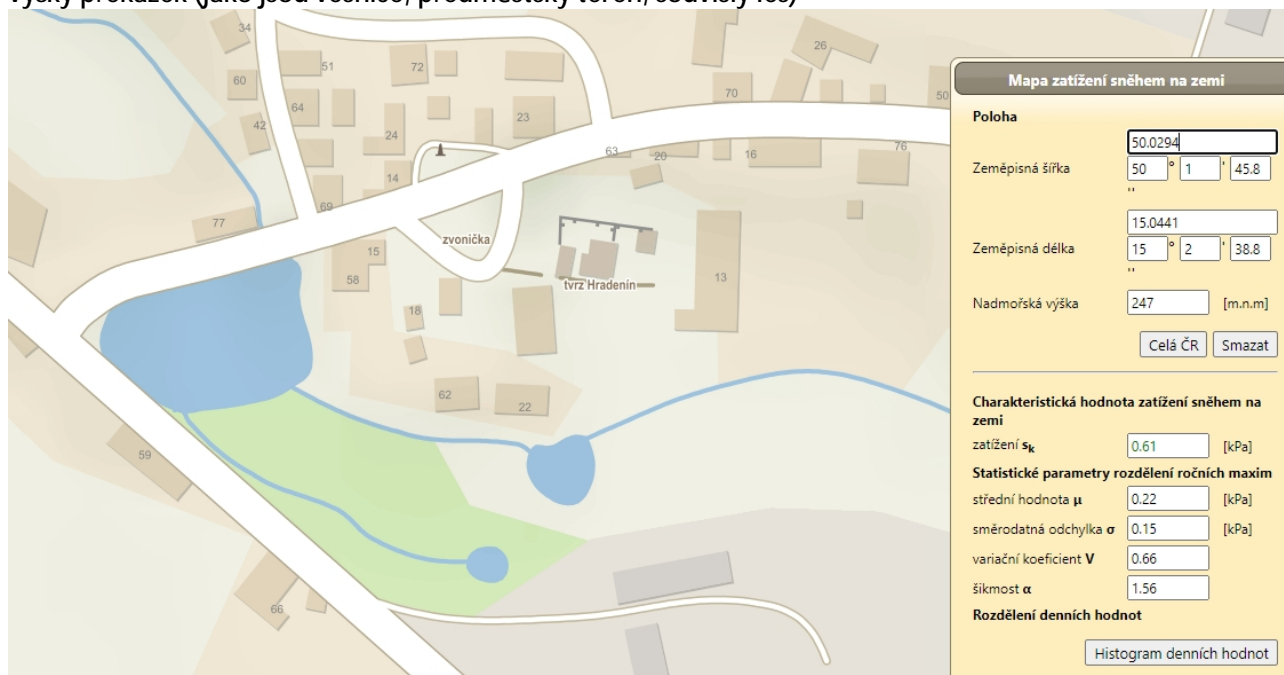
**Tabulka 6.2(CZ) – Užitná zatížení stropních konstrukcí, balkónů a schodišť pozemních staveb**

Kategorie zatěžovaných ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>kategorie A</b>		
– stropní konstrukce	1,5	2,0
– schodiště	3,0	2,0
– balkóny	3,0	2,0
<b>kategorie B</b>	2,5	4,0
<b>kategorie C</b>		
– C1	3,0	3,0
– C2	4,0	4,0
– C3	5,0	4,0
– C4	5,0	7,0
– C5	5,0	4,5
<b>kategorie D</b>		
– D1	5,0	5,0
– D2	5,0	7,0

Zatížení a jejich kombinace byly generovány dle platných norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991:



- Stálé zatížení představuje vlastní tíha konstrukce automaticky generovaná programem z průřezových charakteristik a z průměrné objemové hmotnosti použitého materiálu.
- Klimatická zatížení  
 Zatížení sněhem –  $s_k = 0,61$  kPa (I. Sněhová oblast)  
 Zatížení větrem –  $v_{b,0} = 25$  m/s (II. Větrová oblast), kategorie terénu 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)



Obrázek 1 - Sněhová mapa

- Proměnná zatížení užitná:
  - plošné zatížení na půdní prostor –  $0,75$  kN/m<sup>2</sup>

### 7.3 Zatížení sněhem

podle: **ČSN EN 1991-1-3, Z1, Z2 a Z3**

sněhová oblast:

$$s_k = \text{I} \quad 0,70 \quad \text{kN/m}^2$$

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.*

tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

sklon střechy:

$$\begin{array}{llll} a_1 = 50,00^\circ & m_1(a_1) = 0,27 & m_2(a_1) = 1,60 \\ a_2 = 50,00^\circ & m_1(a_2) = 0,27 & m_2(a_2) = 1,60 \end{array}$$

$$a_{12} = 0,00^\circ$$

$$m_2(a_{12}) = 0,80$$

zatížení sněhem na střechu:

$$s_i = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$\alpha_{12} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2}$$

$$s_1(a_1) = 0,187 \text{ kN/m}^2$$


$$s_2(a_1) = 1,120 \text{ kN/m}^2$$

$$s_1(a_2) = 0,187 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2(a_2) = 1,120 \text{ kN/m}^2$$

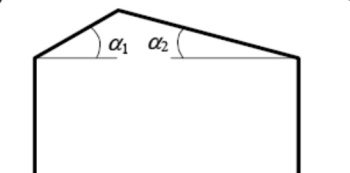
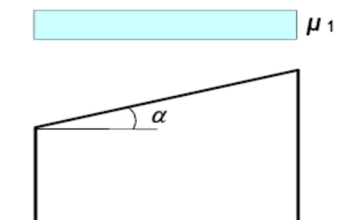
$$s_2(a_{12}) = 0,560 \text{ kN/m}^2$$

uspořádání  
zatížení na  
střeše:

Případ (i)  $\mu_1(\alpha_1)$    $\mu_1(\alpha_2)$

Případ (ii)  $0,5\mu_1(\alpha_1)$    $\mu_1(\alpha_2)$

Případ (iii)  $\mu_1(\alpha_1)$    $0,5\mu_1(\alpha_2)$



Pultová střecha

Sedlová střecha

## 7.4 Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru

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

Základní rychlost větru

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

Kategorie terénu

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)

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

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

$$c_{o(z)} = 1,0$$

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

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

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

$$k_1 = 1,0$$

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

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

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

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

ROZMĚRY BUDOVY

Výška budovy  $h = 5,6$  [m]

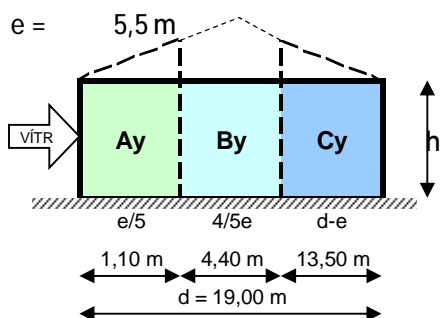
Šířka budovy  $b = 5,5$  [m]

Délka budovy  $d = 19,0$  [m]

Podlaží	Výška objektu	Výška pro výpočet	Intenzita turbulence	Souč. drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Max. dynamický tlak
		$z$	$l_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$
1	[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m <sup>2</sup> ]
	5,6	5,6	0,3417	0,6304	15,76	0,527

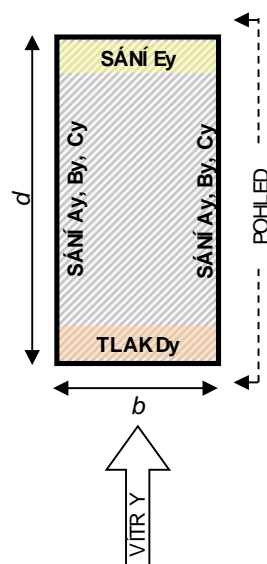
TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR Y

POHLED NA STĚNU



$h/d = 0,3$

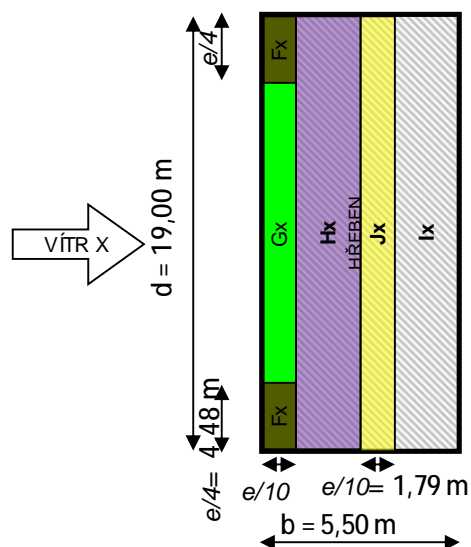
Součinitel vnějšího tlaku na stěny $C_{pe,10}$				
Ay	By	Cy	Dy	Ey
-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,31





## SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR X

$e = 17,9 \text{ m}$



Tlak působící na příslušnou oblast střechy				
Fx	Gx	Hx	lx	Jx
$w_{e,Fy}(z)$	$w_{e,Gy}(z)$	$w_{e,Hy}(z)$	$w_{e,ly}(z)$	$w_{e,jy}(z)$
[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> ]
0,168	0,168	0,168	-0,128	-0,192
0,448	0,448	0,408	-0,048	-0,072

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů

## 8 Výpočetní aparát - FEM výpočty

### 8.1 Program RENEX3D

#### 8.1.1 Charakteristika programu

Konstrukce jako celek, její dílčí části nebo části dané postupem výstavby jsou řešeny metodou konečných prvků, konkrétně programem RENEX3D. Program RENEX3D používá řešiče a matematický aparát vyvinutý Prof. Dr. Ing. Vladimírem Kolářem DrSc., doc. Ing. Ivanem Němcem CSc. a řadou dalších staticů a matematiků v Dopravoprojektu Brno jako programy řady NEXX. Jeho vývoj v současné době pokračuje ve firmě FEM Consulting Brno. Řešiče jsou použity i v programech řady NEXIS, ESA a Dlubal Software. Vyznačují se značnou robustností a obrovskou numerickou stabilitou. Obstojí i ve srovnání s programy jako je ANSYS, DIANA a MARC, v lecčem je dokonce předčí. Metoda konečných prvků umožňuje řešení velkých a složitých konstrukcí s prakticky libovolnými okrajovými podmínkami mj. svoji stabilitou a robustností použitých řešičů. Model používá konečné prvky v deformační variantě. Obecně lze říci, že MKP je zobecněná Ritz-Galerkinova variační metoda, užívající básových funkcí s malým kompaktním nosičem, úzce spjatým se zvoleným rozdělením řešené oblasti na konečné prvky.

Ve výpočtu jsou použity plošné 2D prvky, které v sobě zahrnují membránový a ohybový stav namáhání. Použitý model umožňuje libovolnou kombinaci popsaných 2D prvků s prvky jednorozměrnými, ale i prostorovými. Jednorozměrné, tedy prutové prvky, mohou být připojovány excentricky k střednicové rovině plošného prvku. Dále jdou použity i prvky prostorové, tzv. bricky.

#### 8.1.2 Použité prvky

Pro systém NEXX byl nejprve vyvinut vlastní trojúhelníkový prvek s maticí tuhosti řádu 27, mající v každém vrcholu všech 6 stupňů volnosti bodu Cosseratova 2D kontinua a ve středech stran po třech stupních volnosti. Průběhy rotací jsou podél stran linearizovány. K tomuto prvku byl vyvinut plně kompatibilní 1D prvek s maticí tuhosti řádu 15, což je přirozený důsledek 6 parametrů na obou koncích a 3 parametrů ve středu prvku. Lze je klasifikovat jako statické řešení Cosseratovského modelu plošné a prutové konstrukce. V dalším vývoji byly trojúhelníkové 2D prvky nahrazeny praktičtějšími čtyřúhelníkovými při zachování širě básových funkcí. V určitých oblastech (určité okrajové podmínky, zahušťování sítě) jsou používány oba typy prvků. Systém NEXX pracuje s deformační variantou MKP a využívá výhradně kompatibilní elementy. Pro ohyb

plošných i prutových prvků je možno použít jak Kirchhoffovu tak Mindlinovu teorii. Prvky byly v poslední době doplněny o analogický prostorový prvek – brick, který je s popsanými 1D a 2D prvky plně kompatibilní.

Z hlediska fyzikálních vlastností materiálů modelovaných prvků jsou úlohy řešeny jako finitní, pomocí členů matice fyzikálních konstant lze vystihnout vazby mezi napětími a deformacemi (ortotropie apod).

Pro modelování předpínací výztuže jsou použity speciální prutové prvky, které jsou k navazujícím plošným prvkům připojovány s excentricitami vyplývajícími z vertikálního trasování jednotlivých kabelů. Předpínací síla je vnášena jako poměrné přetvoření kabelu po odečtení krátkodobých ztrát (ztráty třením, pokluzem v kotvě a relaxací lana). Jsou automaticky generovány dva stavy, jeden po vnesení předpětí do konstrukce a druhý na konci uvažované životnosti konstrukce. Tím, že jsou tyto prvky pevně spjaty se zbytkem konstrukce, reagují na její deformace zvyšováním resp. snižováním napětí v lanech. Dlouhodobé ztráty, zejména ztráty dotvarováním betonu, jsou automaticky řešeny v nelineárních modulech zohledňujících nelineární pracovní diagramy betonu a oceli a vznik a rozvoj trhlin v betonu.

### 8.1.3 Použití programu

Program RENEX3D je použit pro veškeré lineární i nelineární (fyzikálně i geometricky) výpočty, dále pak pro dimenzování potřebných ploch výztuže pro 2D prvky, výpočet šířky trhliny atd. V případě použití předpínací výztuže jsou doplňkové (staticky neurčité) síly, které předpjetí na konstrukci vyvoluje, přenášeny přímo z grafických programů jako samostatné zatěžovací stavy. Byl implementován samostatný prutový prvek s excentrickým připojením, který pomocí poměrného přetvoření umožňuje řešit přesně spolupůsobení betonové konstrukce s přepínací výztuží. V případě nelineárního výpočtu i včetně ztrát přetvořením konstrukce, dotvarováním atd.

Kromě výpočtů lineárních umožňuje i lineárně a fyzikálně nelineární analýzu, dynamické a stabilitní výpočty. Do systému byl implementován modul vyvinutý v RECOC, který umožňuje řešení železobetonových skořepin s uvažováním fyzikálně nelineárního chování betonového průřezu včetně vlivu dotvarování. Dále byly implementovány prvky pro výpočet sendvičových konstrukcí včetně vzdušného bricku (modelování dvojskel apod.) a prvky pro modelování cihelného zdiva.

### 8.1.4 Dělení na konečné prvky

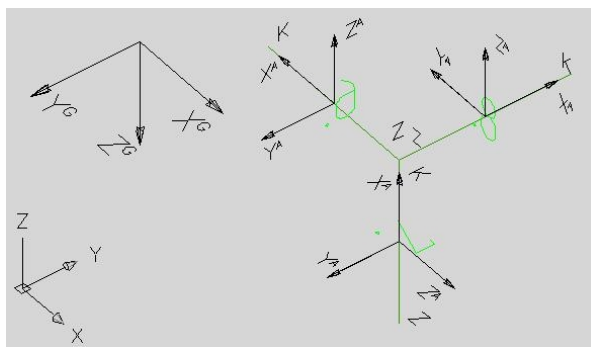
Dělení na konečné prvky se provádí automaticky generátorem. Ve výpočtech celků konstrukcí nebo jejich částí daných postupem výpočtu je základní velikost prvku jeden metr. V místech anomálií konstrukce program automaticky prvky přizpůsobuje geometrii, v místech předpokládaných lokálních zvýšení namáhání 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.

### 8.1.5 Souřadnicové systémy

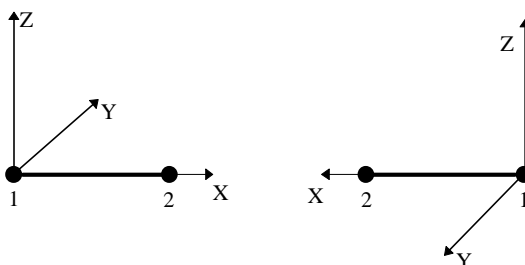
Konstrukce je modelována v globálním souřadnicovém systému –  $X^G$ ,  $Y^G$ ,  $Z^G$ .



Obrázek 2 - Globální souřadný systém

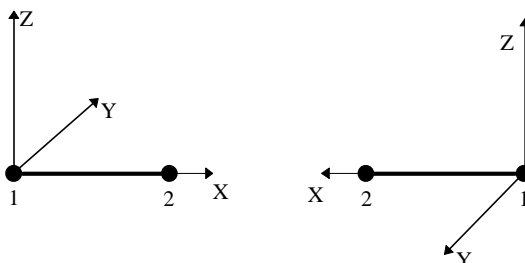
Pro každý prutový prvek je zaveden lokální souřadný systém –  $X^L$ ,  $Y^L$ ,  $Z^L$ . Ty jsou definovány následovně:

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou X:



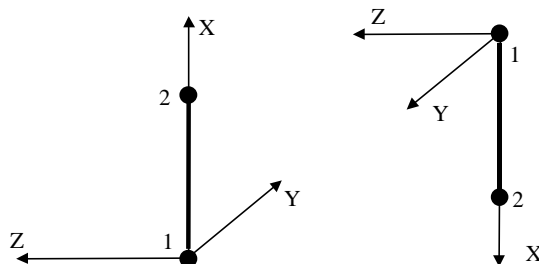
Obrázek 3 - Axiální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



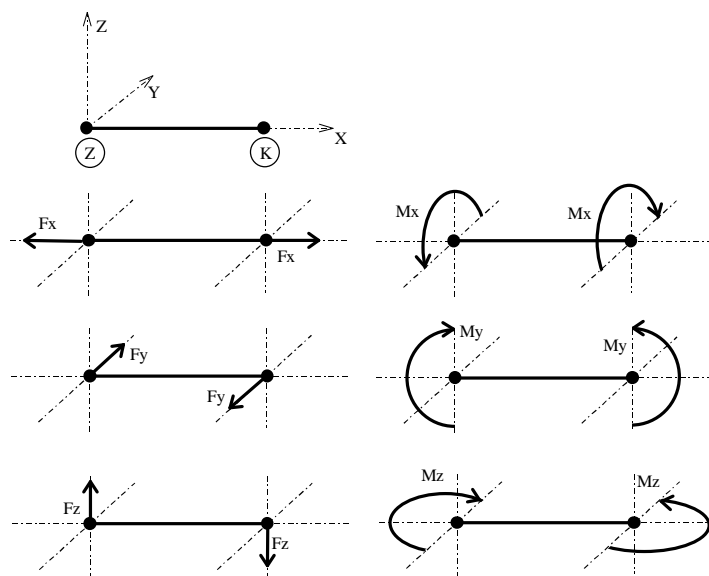
Obrázek 4 - Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



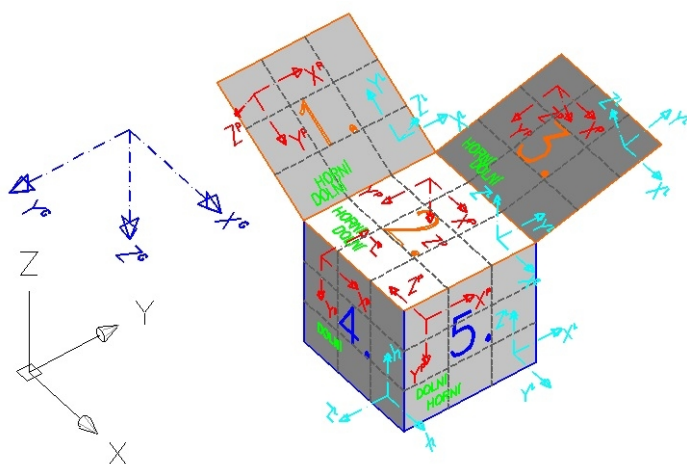
Obrázek 5 - Axiální souřadný systém prutů

Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



Obrázek 6 - Konvence vnitřních sil na prutech

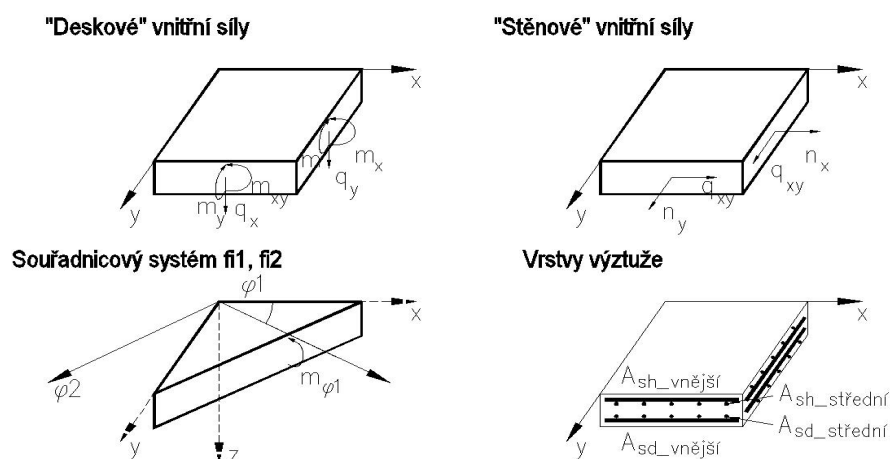
Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém - planární -  $X^p, Y^p, Z^p$ , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.



Obrázek 7 - Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

Znaménková konvence a značení vnitřních sil a poloh výztuže je tato:





Obrázek 8 - Konvence vnitřních sil na plošných prvcích

### 8.1.6 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 nejnepríznivější 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.

## 8.2 Programy FINE EC

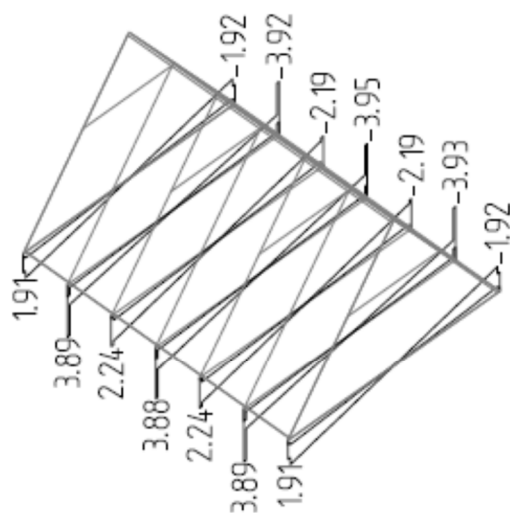
Programový systém FINE je soubor programů určených pro statické a dynamické výpočty rovinných či prostorových prutových konstrukcí a jejich dimenzování. Řada programů řeší problémy analyticky, část metodou konečných prvků. Veškeré posudky jsou prováděny v souladu s platnými ČSN EN.

## 8.3 Program SCIA ENGINEER

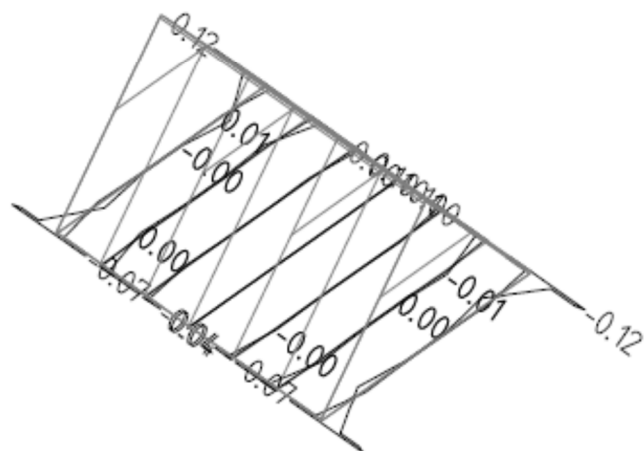
Scia Engineer je nástupce výpočetního systému ESA.PT, NEXIS a FEAT. Je to softwarový systém pro statickou a dynamickou analýzu konstrukcí a jejich návrh podle příslušných norem. Je založen na metodě konečných prvků. Scia Engineer uživatelsky nepracuje přímo s konečnými prvky, ale využívá konstrukčních 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.



Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Vz [kN]  
 Vz Min: -3.95, Max: 3.89

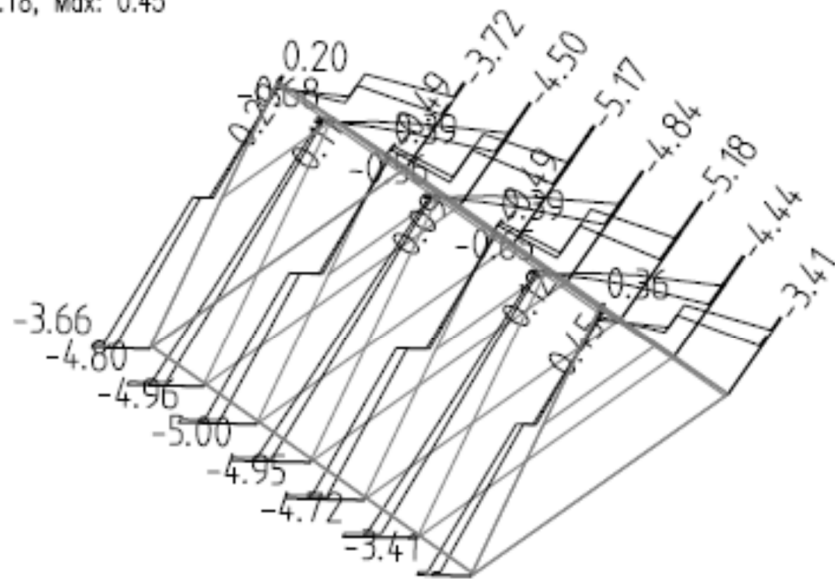


Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Mz [kNm]  
 Mz Min: -0.12, Max: 0.12

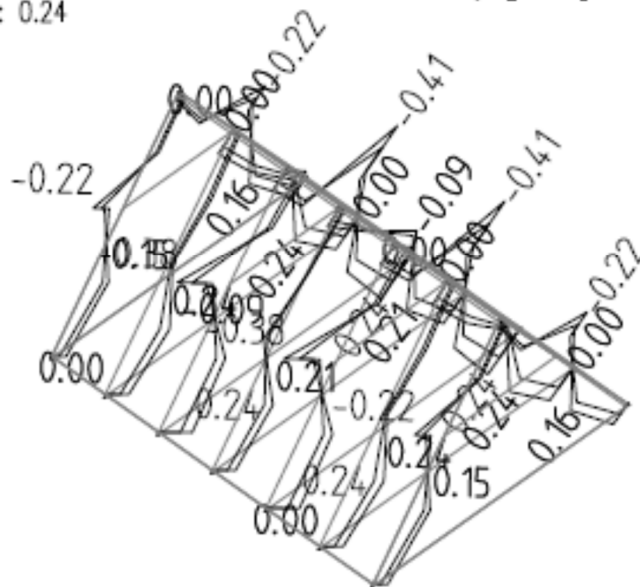


Obrázek 10 - Vnitřní síly ve vazném trámu

Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Nx [kN]  
 Nx Min: -5.18, Max: 0.45

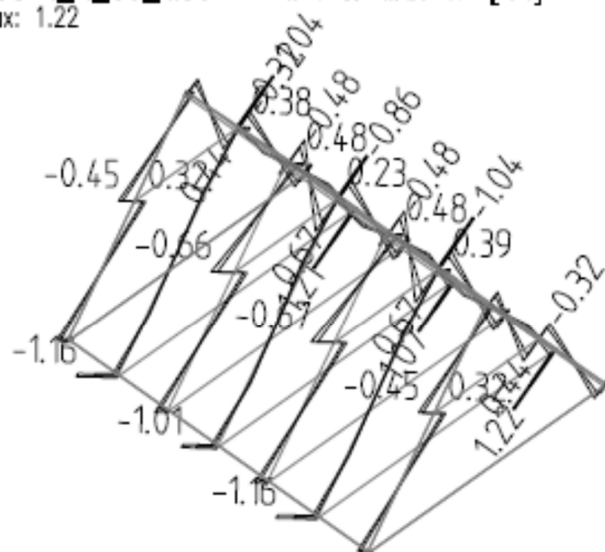


Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX My [kNm]  
 My Min: -0.41, Max: 0.24

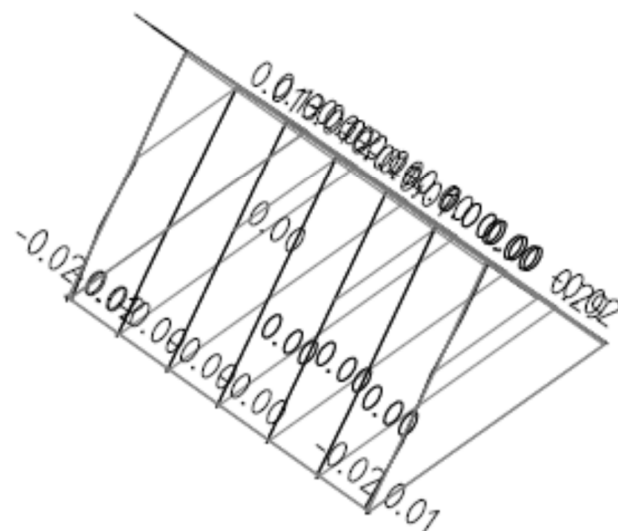


Obrázek 11 - Vnitřní síly v krokách

Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Vz [kN]  
 Vz Min: -1.16, Max: 1.22

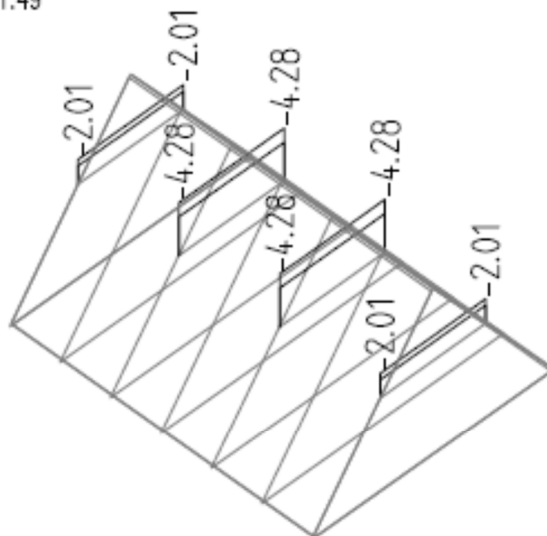


Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Mz [kNm]  
 Mz Min: -0.30, Max: 0.29

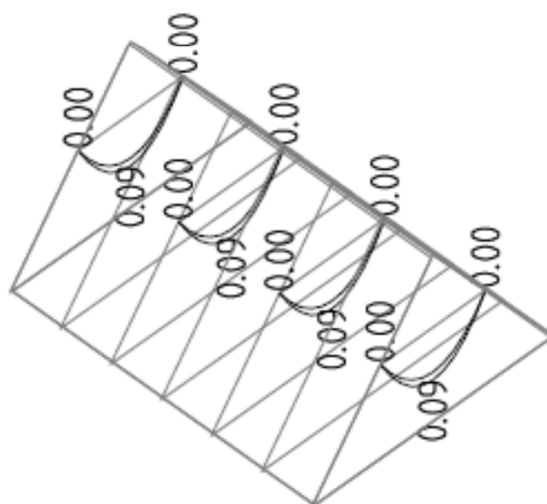


Obrázek 12 - Vnitřní síly v krokách

Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Nx [kN]  
 Nx Min: -4.28, Max: -1.49

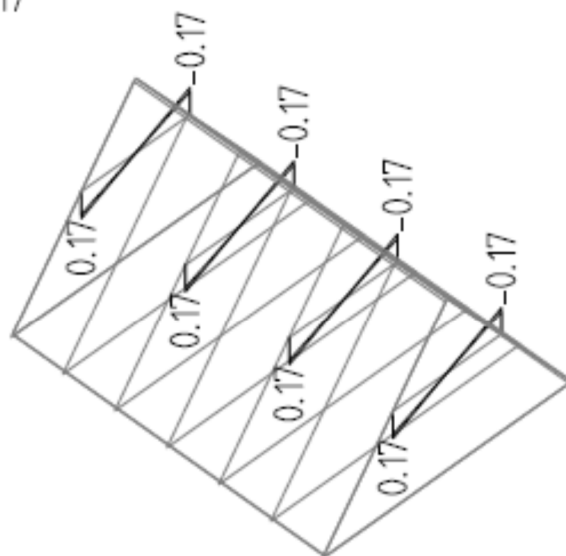


Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX My [kNm]  
 My Min: 0.00, Max: 0.09

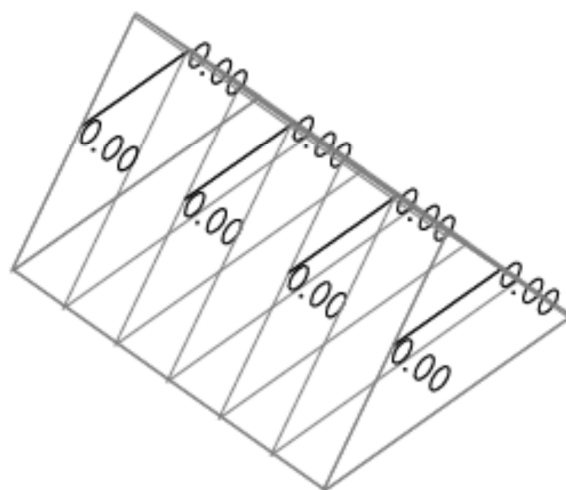


Obrázek 13 - Vnitřní síly v hambálku

Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Vz [kN]  
Vz Min: -0.17, Max: 0.17



Kombinace: "TDSTR\_N\_00\_MSU" - MIN & MAX Mz [kNm]  
Mz Min: 0.00, Max: 0.00



Obrázek 14 - Vnitřní síly v hambálku

## 10 Posouzení dřevěných prvků

Vazný trám																															
	<p>Norma <b>EN 1995-1-1/Česko</b>.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,300</math> Mimořádná kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,000</math></p> <p><b>Třída provozu: 2</b></p> <p><b>Průřez: obdélník 160x220</b> <b>Rozměry:</b> Výška průřezu <math>h = 220,0</math> mm Šířka průřezu <math>b = 160,0</math> mm</p> <p><b>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté</b> <b>Druh dřeva:</b> rostlé <b>Materiálové charakteristiky:</b></p> <table><tr><td>Pevnost v ohybu</td><td><math>f_{m,k}</math></td><td>: 24,0 MPa</td></tr><tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td><math>f_{t,0,k}</math></td><td>: 14,0 MPa</td></tr><tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td><math>f_{c,0,k}</math></td><td>: 21,0 MPa</td></tr><tr><td>Pevnost ve smyku</td><td><math>f_{v,k}</math></td><td>: 4,0 MPa</td></tr><tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td><math>f_{c,90,k}</math></td><td>: 2,5 MPa</td></tr><tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td><math>f_{t,90,k}</math></td><td>: 0,4 MPa</td></tr><tr><td>Modul pružnosti</td><td><math>E_{0,mean}</math></td><td>: 11000 MPa</td></tr><tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td><math>E_{0.05}</math></td><td>: 7400 MPa</td></tr><tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td><math>G_{mean}</math></td><td>: 690 MPa</td></tr><tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td><math>\rho_k</math></td><td>: 350,0 kg/m<sup>3</sup></td></tr></table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel <math>k_h</math> pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0.05}$	: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0.05}$	: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>																													
<p><b>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:</b> Zatěžovací případ s největším využitím TDSTR_N_00_MSU_9_maxMy Krátkodobé zatížení N = 1,480 kN M<sub>y</sub> = 3,465 kNm    M<sub>z</sub> = 0,000 kNm V<sub>z</sub> = -0,345 kN    V<sub>y</sub> = 0,000 kN</p>																															
<p><b>Vzpěr:</b> Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 4,700 m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 4,700 m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p><b>Klopení:</b> Klopení M<sub>y</sub>: l<sub>z1</sub> = 4,700 m Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením Poloha zatížení: Nahoře Klopení M<sub>z</sub>: l<sub>y1</sub> = Nezadáno Typ nosníku a zatížení: Nezadáno</p>																														



## Vazný trám

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** TDSTR\_N\_00\_MSU\_9\_maxMy

Vnitřní síly:  $N = 1,480$  kN;  $M_y = 3,465$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm;  $V_z = -0,345$  kN;  $V_y = 0,000$  kN

**Posudek kombinace tahu a ohybu:**

Únosnosti:  $N_R = 341,169$  kN;  $M_{y,R} = 21,445$  kNm

$0,004 + 0,162 + 0,000 = 0,166 < 1$  **Vyhovuje**

**Posudek smyku od posouvajících sil:**

Únosnost:  $V_R = 43,540$  kN

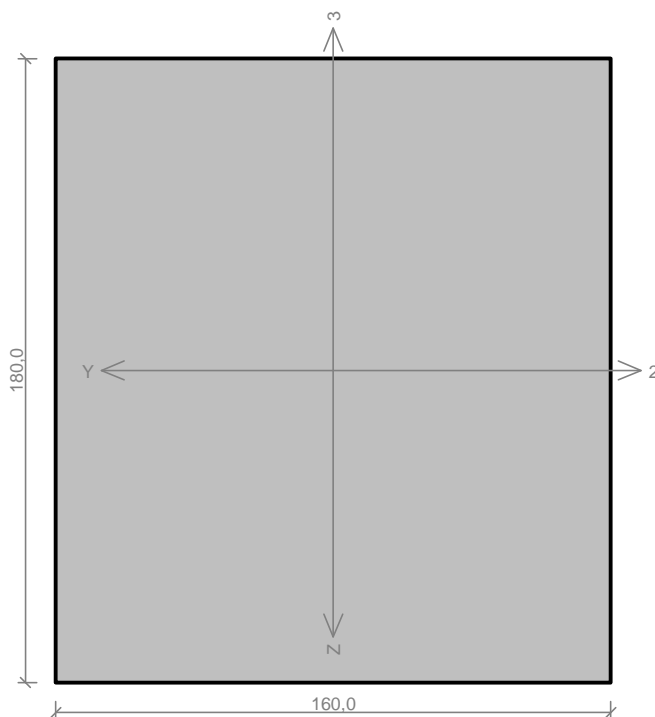
$0,008 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 101,8

**Průřez vyhovuje**

**YHOVUJE**

## 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: S10 (C24) - jehličnaté**

**Druh dřeva:** rostlé

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k}$  : 24,0 MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k}$  : 14,0 MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k}$  : 21,0 MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k}$  : 4,0 MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k}$  : 2,5 MPa

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

Modul pružnosti  $E_{0,mean}$  : 11000 MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05}$  : 7400 MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean}$  : 690 MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k$  : 350,0 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

TDSTR\_N\_00\_MSU\_18\_maxFz

Krátkodobé zatížení

$N = -4,503$  kN

$M_y = 0,000$  kNm  $M_z = 0,000$  kNm

$V_z = 1,215$  kN  $V_y = 0,090$  kN

**Vzpěr:**

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 2,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 2,100$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 2,100$  m

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 2,100$  m

**Klopení:**

Klopení  $M_y$ :

$l_{z1} = 2,100$  m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahoře

Klopení  $M_z$ :

$l_{y1} =$  Nežadáno

Typ nosníku a zatížení: Nežadáno

## Hambalek

Výsledky posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** TDSTR\_N\_00\_MSU\_18\_maxFz

Vnitřní síly:  $N = -4,503$  kN;  $M_y = 0,000$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm;  $V_z = 1,215$  kN;  $V_y = 0,090$  kN

**Posudek vzpěrného tlaku:**

Únosnost:  $N_R = 352,318$  kN

$|-0,013| < 1$  **Vyhovuje**

**Posudek smyku od posouvajících sil:**

Únosnost:  $V_R = 35,623$  kN

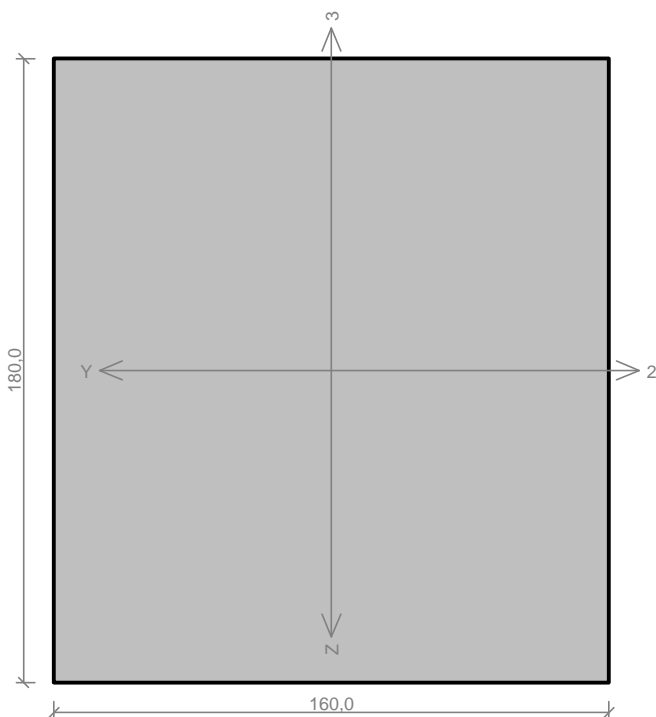
$0,034 < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 45,5

**Průřez vyhovuje**

**VYHOVUJE**

## Krokve



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: S10 (C24) - jehličnaté**

**Druh dřeva:** rostlé

**Materiálové charakteristiky:**

Pevnost v ohybu  $f_{m,k} : 24,0$  MPa

Pevnost v tahu ve směru vláken  $f_{t,0,k} : 14,0$  MPa

Pevnost v tlaku ve směru vláken  $f_{c,0,k} : 21,0$  MPa

Pevnost ve smyku  $f_{v,k} : 4,0$  MPa

Pevnost v tlaku kolmo na vlákna  $f_{c,90,k} : 2,5$  MPa

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

Modul pružnosti  $E_{0,mean} : 11000$  MPa

5% kvantil modulu pružnosti  $E_{0,05} : 7400$  MPa

Modul pružnosti ve smyku  $G_{mean} : 690$  MPa

Charakteristická hodnota hustoty  $\rho_k : 350,0$  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

TDSTR\_N\_00\_MSU\_18\_maxFz

Krátkodobé zatížení

$N = -4,503$  kN

$M_y = 0,000$  kNm  $M_z = 0,000$  kNm

$V_z = 1,215$  kN  $V_y = 0,090$  kN

**Vzpěr:**

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 3,980$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$  Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 3,980$  m

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 3,980$  m

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$  Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 3,980$  m

**Klopení:**

Klopení  $M_y$ :

$l_{z1} = 3,980$  m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahoře

Klopení  $M_z$ :

$l_{y1} =$  Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

Krokve
<p>Výsledky posouzení</p> <p><b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> TDSTR_N_00_MSU_18_maxFz</p> <p>Vnitřní síly: <math>N = -4,503 \text{ kN}</math>; <math>M_y = 0,000 \text{ kNm}</math>; <math>M_z = 0,000 \text{ kNm}</math>; <math>V_z = 1,215 \text{ kN}</math>; <math>V_y = 0,090 \text{ kN}</math></p> <p><b>Posudek vzpěrného tlaku:</b></p> <p>Únosnost: <math>N_R = 166,154 \text{ kN}</math></p> <p><math> -0,027  &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p><b>Posudek smyku od posouvajících sil:</b></p> <p>Únosnost: <math>V_R = 35,623 \text{ kN}</math></p> <p><math>0,034 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 86,2</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>
<b>VYHOVUJE</b>

## 11 Posouzení požární odolnosti konstrukce

### Kroky

Vstupní data

Délka dílce: 5,000 m

Průřez

Název: obdélník 160x180

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

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

Požární detail

Nechráněný průřez, vystavený žáru ze tří stran

Vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]
Zat. případ 1	Mimořádné	0,000	0,000	3,500	0,000	0,000

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 5,000 \text{ m}$

Vzpěr kolmo k ose z není zadán

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 5,000 \text{ m}$

Vzpěr kolmo k ose z není zadán

Výsledky

Stanovení účinného průřezu v čase  $t = 45,0 \text{ min}$  (Metoda redukovaného průřezu):

Nominální návrhová rychlost zuhelnatění  $\beta_n = 0,80 \text{ mm/min}$

Nominální návrhová hloubka zuhelnatění  $d_{char,n} = 36,0 \text{ mm}$

Součinitel pro stanovení účinné hloubky zuhelnatění  $k_0 = 1,000$

Účinná hloubka zuhelnatění  $d_{ef} = 43,0 \text{ mm}$

Účinný průřez:  $b = 74,0 \text{ mm}$ ;  $h = 137,0 \text{ mm}$

Posouzení ohybu:

Ohybový moment  $M_y = 3,500 \text{ kNm}$

Ohybový moment  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Součinitel zvětšení charakteristické pevnosti v ohybu od  $M_y$ :  $k_{h,M_y} = 1,000$

Součinitel zvětšení charakteristické pevnosti v ohybu od  $M_z$ :  $k_{h,M_z} = 1,000$

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu  $\gamma_{M,fi} = 1,000$

Modifikační součinitel  $k_{mod,fi} = 1,000$

20% kvantil pevnosti v ohybu od momentu  $M_y$ :  $f_{m,y,20} = 30,000 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v ohybu od momentu  $M_y$ :  $f_{m,y,d,fi} = 30,000 \text{ MPa}$

20% kvantil pevnosti v ohybu od momentu  $M_z$ :  $f_{m,z,20} = 30,000 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v ohybu od momentu  $M_z$ :  $f_{m,z,d,fi} = 30,000 \text{ MPa}$

Posudek v levém dolním rohu průřezu:

$W_y = 2,315E05 \text{ mm}^3$

$W_z = -1,250E05 \text{ mm}^3$

$\sigma_{m,y,d,fi}/f_{m,d,fi} = 0,504$

$k_m \cdot \sigma_{m,z,d,fi}/f_{m,d,fi} = 0,000$

$0,504 + 0,000 < 1$  Vyhovuje

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose z  $\lambda_z = 234,1$

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose y  $\lambda_y = 126,4$

Rozhodující štíhlost  $\lambda = 234,1$

Celkové posouzení

#### **Posouzení v čase požadované požární odolnosti $t = 45,0 \text{ min}$ :**

Metoda redukovaného průřezu

Hloubka zuhelnatění  $d_{char,n} = 36,0 \text{ mm}$

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1

Vnitřní síly:  $N = 0,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 3,500 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek ohybu:

Únosnosti:  $M_{y,R,t,fi} = 6,945 \text{ kNm}$

$0,504 + 0,000 = 0,504 < 1$  Vyhovuje

#### **Průřez vyhovuje**

#### **Vazný trám**

##### **2.1 Vstupní data**

Délka dílce:  $4,700 \text{ m}$

Průřez

Název: obdélník  $160 \times 220$

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

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

Požární detail

Nechráněný průřez, vystavený záru ze tří stran

Vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]
Zat. případ 1	Mimořádné	0,000	0,000	4,200	0,000	0,000

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,700$  m

Vzpěr kolmo k ose z není zadán

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,700$  m

Vzpěr kolmo k ose z není zadán

Výsledky

Stanovení účinného průřezu v čase  $t = 45,0$  min (Metoda redukovaného průřezu):

Nominální návrhová rychlost zuhelnatění  $\beta_n = 0,80$  mm/min

Nominální návrhová hloubka zuhelnatění  $d_{char,n} = 36,0$  mm

Součinitel pro stanovení účinné hloubky zuhelnatění  $k_0 = 1,000$

Účinná hloubka zuhelnatění  $d_{ef} = 43,0$  mm

Účinný průřez:  $b = 74,0$  mm;  $h = 177,0$  mm

Posouzení ohybu:

Ohybový moment  $M_y = 4,200$  kNm

Ohybový moment  $M_z = 0,000$  kNm

Součinitel zvětšení charakteristické pevnosti v ohybu od  $M_y$ :  $k_{n,M_y} = 1,000$

Součinitel zvětšení charakteristické pevnosti v ohybu od  $M_z$ :  $k_{n,M_z} = 1,000$

Dílní součinitel spolehlivosti materiálu  $\gamma_{M,fi} = 1,000$

Modifikační součinitel  $k_{mod,fi} = 1,000$

20% kvantil pevnosti v ohybu od momentu  $M_y$ :  $f_{m,y,20} = 30,000$  MPa

Návrhová pevnost v ohybu od momentu  $M_y$ :  $f_{m,y,d,fi} = 30,000$  MPa

20% kvantil pevnosti v ohybu od momentu  $M_z$ :  $f_{m,z,20} = 30,000$  MPa

Návrhová pevnost v ohybu od momentu  $M_z$ :  $f_{m,z,d,fi} = 30,000$  MPa

Posudek v levém dolním rohu průřezu:

$W_y = 3,864E05$  mm<sup>3</sup>

$W_z = -1,615E05$  mm<sup>3</sup>

$\sigma_{m,y,d,fi}/f_{m,d,fi} = 0,362$

$k_m \cdot \sigma_{m,z,d,fi}/f_{m,d,fi} = 0,000$

$0,362 + 0,000 < 1$  Vyhovuje

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose z  $\lambda_z = 220,0$

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose y  $\lambda_y = 92,0$

Rozhodující štíhlost  $\lambda = 220,0$

Celkové posouzení

**Posouzení v čase požadované požární odolnosti  $t = 45,0$  min:**

Metoda redukovaného průřezu

Hloubka zuhelnatění  $d_{char,n} = 36,0$  mm

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1

Vnitřní síly:  $N = 0,000$  kN;  $M_y = 4,200$  kNm

Posudek ohybu:

Únosnosti:  $M_{y,R,t,fi} = 11,592 \text{ kNm}$   
 $0,362 + 0,000 = 0,362 < 1$  Vyhovuje

**Průřez vyhovuje**

## 12 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.

V Praze dne 29.10.2021

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

## 13 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Sněhová mapa.....	9
Obrázek 2 - Globální souřadný systém .....	15
Obrázek 3 - Axiální souřadný systém prutů .....	15
Obrázek 4 - Axiální souřadný systém prutů .....	15
Obrázek 5 - Axiální souřadný systém prutů .....	15
Obrázek 6 - Konvence vnitřních sil na prutech.....	16
Obrázek 7 - Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků .....	16
Obrázek 8 - Konvence vnitřních sil na plošných prvcích.....	17
Obrázek 9 - Vnitřní síly ve vazném trámu.....	18
Obrázek 10 - Vnitřní síly ve vazném trámu.....	19
Obrázek 11 - Vnitřní síly v krokvicích.....	20
Obrázek 12 - Vnitřní síly v krokvicích.....	21
Obrázek 13 - Vnitřní síly v hambálku.....	22
Obrázek 14 - Vnitřní síly v hambálku.....	23