

S.K.L.E.M.
expozice ateliérové sklářské tvorby a designu
Východočeského muzea v Pardubicích
prováděcí dokumentace výstavních prostor

Projekt: **S.K.L.E.M. expozice ateliérové sklářské tvorby a designu**
Prováděcí dokumentace výstavních prostor

Zadavatel: Východočeské muzeum v Pardubicích
Zámek 2, 530 02 Pardubice

Zhotovitel: GEM architects, s.r.o.
Na Míčánci 1906/16, 160 00 Praha 6
Ing.arch. Regina Loukotová, PhD.
Ing.arch. Klára Doleželová
Ing. Hana Podhorská_statický posudek
Libor Majer_osvětlení
Ing. František Vysloužil_AV technika
Mgr. Filip Blažek_grafika

Datum: srpen 2019

02.03 Statický posudek

Vypracovala Ing. Hana Podhorská

Zadáním statického výpočtu bylo posoudit navržené nosné prvky sloupů, podstavců a pasáže pro umístění skleněných exponátů ve Východočeském muzeu v Pardubicích.

Sloupy:

Sloupy mají dvě plné vodorovné desky a jednu svislou desku zavěšenou. Ve statickém výpočtu byl posuzován svislý nosný sloup navržený z Ja 90/40/3 kotvený kloubově do stropu a podlahy místnosti. Rohové sloupy jsou v sousedním rohu vzájemně otočeny o 90° a jsou ve třech výškových úrovních propojeny příčlemi z Ja 40/40/3. Ve statickém výpočtu jsou spoje uvažovány kloubové. Spoje budou svařované nebo šroubované podle zvyklostí realizační firmy a požadavků architekta. Na příčle budou osazeny dvě vodorovné a jedna svislá deska. U každého sloupku bylo v místě vodorovných desek uvažováno zatížení od exponátu 50 kg (0,5 kN), v místě závěsu pak zatížení od exponátu 25 kg (0,25 kN). Rovněž bylo započítáno zatížení od vlastních hmotností profilů a desek.

Sloupky byly posouzeny i na možný vodorovný náraz ve výšce 1 m od podlahy na 100 kg (1 kN) nebo na vodorovný náraz uprostřed výšky na 40 kg (0,4 kN). Vzpěrná délka byla ve směru větší tuhosti uvažována na celou délku sloupku, ve směru menší tuhosti byla započítána délka 3 m.

Podstavce dřevěné:

Jako staticky nejvíce namáhaný byl posouzen podstavec nesoucí exponát o hmotnosti 250 kg (2,5 kN). Nosné profily jsou umístěny v rozích podstavce – sloupky a příčle 40/40 mm ve všech rozích, na pěti stranách je podstavec opláštěn MDF deskami tl. 20 mm. Toto opláštění zajišťuje prostorovou stabilitu. Sloupky i příčle vyhovují na zatížení exponátem a vlastní hmotností podstavce.

Podstavce z ocelových uzavřených profilů jakl:

Staticky nejvíce namáhaný je podstavec o půdorysném rozměru 2100 x 2100 mm. Bylo uvažováno zatížení exponátem o hmotnosti 50 kg (0,5 kN) na středu plochy 2,1 x 2,1 m, variantně pak rovnoměrné užité zatížení 0,75 kN/m². V tomto případě budou použity v rovině horní desky Ja 90/40/3 osazené naplocho, sloupy podstavce a spodní příčle jsou navrženy z profilů Ja 40/40/3. Sokly ostatních rozměrů vyhovují pro všechny prvky z profilů Ja 40/40/3.

Pasáž:

Konstrukce pasáže je navržena jako sbíjená z nosných dřevěných profilů 60/60 mm. Nosná konstrukce je opláštěna MDF deskami tl. 20 mm, police větších délek jsou zdvojené tl. 40 mm. Nosná konstrukce je tvořena sloupky a vodorovnými příčnými a podélnými trámkami, prostorová stabilita je zajištěna opláštěním MDF deskami a prostorovým systémem hranolů 60/60 mm. Kromě vlastní hmotnosti sloupků je ve statickém výpočtu uvažováno stálé zatížení 1,25 kN/m² v každé vodorovné úrovni zatížení, vlastní hmotnost vodorovných desek a opláštění. Užité zatížení polic pro umístění exponátu je 2,0 kN/m².

Použité normy a literatura:

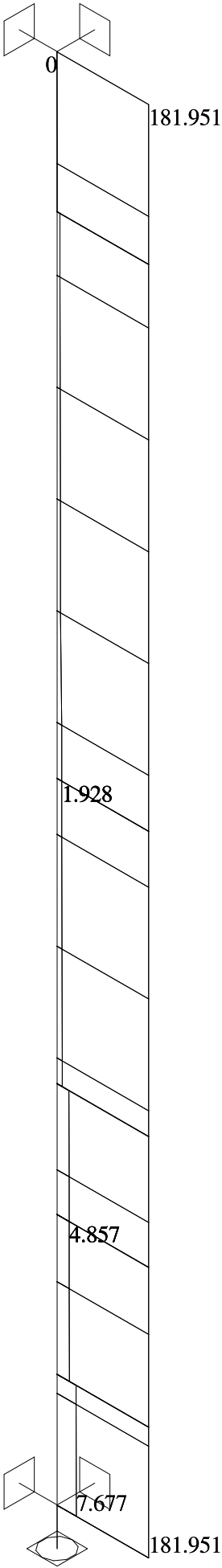
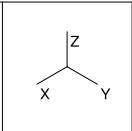
ČSN 73 0035	Zatížení stavebních konstrukcí
ČSN EN 1991	Zatížení konstrukcí
ČSN 73 1702	Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí
ČSN EN 1993	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
ČSN EN 1995	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí

Podklady:

Dokumentace k realizaci expozice v rozpracovanosti.

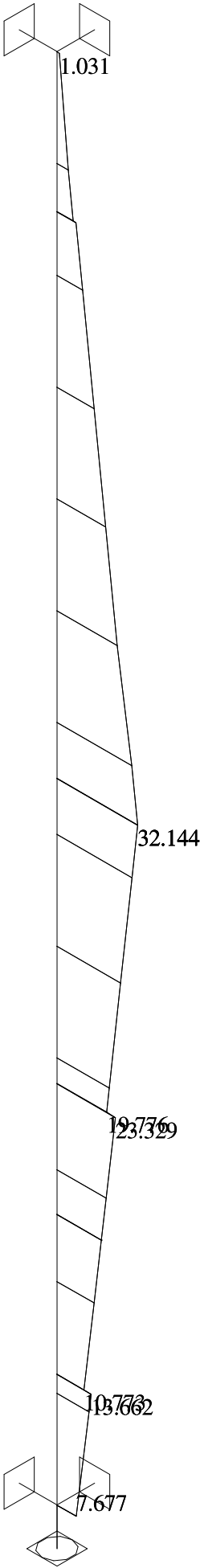
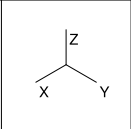
Datum : 25.8.2019
Čas : 10:35
Projekt : Vitriny
Pardubice

Pruty
norma ČSN 73 1401
OCEL *Ocel 37
Využití ocelového průřezu
[%]
Štíhlost ocelového prutu



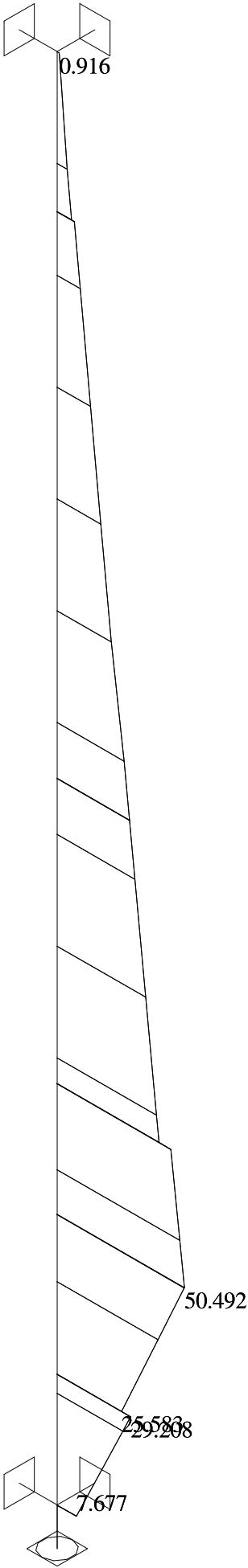
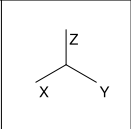
Datum : 25.8.2019
Čas : 10:37
Projekt : Vitriny
Pardubice

Pruty
norma ČSN 73 1401
OCEL *Ocel 37
Využití ocelového průřezu
[%]



Datum : 25.8.2019
Čas : 10:37
Projekt : Vitriny
Pardubice

Pruty
norma ČSN 73 1401
OCEL *Ocel 37
Využití ocelového průřezu
[%]



Dílec : Prut1
zat. stav.: KZS3

POSOUZENÍ OCELOVÉHO DÍLCE

Délka dílce: 5.000 m

Materiál: Ocel 37

Průřez dílce: JO 90x40x3

Vnitřní síly na dílci:

X [m]	N [kN]	M2 [kNm]	Q3 [kN]	M3 [kNm]	Q2 [kN]
0.000	-2.63	0.0	0.00	0.0	0.96
0.385	-2.60	0.0	0.00	-0.4	0.96
0.450	-2.60	0.0	0.00	-0.4	0.96
0.450	-1.71	0.0	0.00	-0.4	0.96
0.769	-1.68	0.0	0.00	-0.7	0.96
1.000	-1.66	0.0	0.00	-1.0	0.96
1.000	-1.66	0.0	0.00	-1.0	-0.24
1.154	-1.65	0.0	0.00	-0.9	-0.24
1.450	-1.63	0.0	0.00	-0.9	-0.24
1.450	-0.74	0.0	0.00	-0.9	-0.24
1.538	-0.73	0.0	0.00	-0.8	-0.24
1.923	-0.70	0.0	0.00	-0.7	-0.24
2.308	-0.67	0.0	0.00	-0.6	-0.24
2.692	-0.65	0.0	0.00	-0.6	-0.24
3.077	-0.62	0.0	0.00	-0.5	-0.24
3.462	-0.59	0.0	0.00	-0.4	-0.24
3.846	-0.56	0.0	0.00	-0.3	-0.24
4.231	-0.53	0.0	0.00	-0.2	-0.24
4.450	-0.51	0.0	0.00	-0.1	-0.24
4.450	-0.04	0.0	0.00	-0.1	-0.24
4.615	-0.03	0.0	0.00	-0.1	-0.24
5.000	0.00	0.0	0.00	0.0	-0.24

X [m]	Tt [kNm]	Tomega [kNm]	Bimoment [kNm2]
0.000	0.0	0.0	0.0
0.385	0.0	0.0	0.0
0.450	0.0	0.0	0.0
0.450	0.0	0.0	0.0
0.769	0.0	0.0	0.0
1.000	0.0	0.0	0.0
1.000	0.0	0.0	0.0
1.154	0.0	0.0	0.0
1.450	0.0	0.0	0.0
1.450	0.0	0.0	0.0
1.538	0.0	0.0	0.0
1.923	0.0	0.0	0.0
2.308	0.0	0.0	0.0
2.692	0.0	0.0	0.0
3.077	0.0	0.0	0.0
3.462	0.0	0.0	0.0
3.846	0.0	0.0	0.0
4.231	0.0	0.0	0.0
4.450	0.0	0.0	0.0

4.450	0.0	0.0	0.0
4.615	0.0	0.0	0.0
5.000	0.0	0.0	0.0

Vzpěr na dílci:

Vzpěr při vybočení kolmo k ose Z

Číslo úseku	Začátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky kz	Vzpěrná délka Lcrz [m]
1	0.000	3.000	3.000	1.000	3.000
2	3.000	5.000	2.000	1.000	2.000

Vzpěr při vybočení kolmo k ose Y

Číslo úseku	Začátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky ky	Vzpěrná délka Lcry [m]
1	0.000	5.000	5.000	1.000	5.000

Vzpěr při vybočení zkroucením

Číslo úseku	Začátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky kw	Vzpěrná délka LcrOmega [m]
1	0.000	5.000	5.000	1.000	5.000

Klopení na dílci:

Klopení od momentu My

Číslo úseku	Začátek [m]	Konec [m]	lz1 [m]	tvar	Momentová plocha poměr psí	Poloha zatížení zP
1	0.000	5.000	5.000	Tvar č.4	-	0.000

Klopení od momentu Mz

Číslo úseku	Začátek [m]	Konec [m]	ly1 [m]	tvar	Momentová plocha poměr psí	Poloha zatížení yP
1	0.000	5.000	5.000	Tvar č.4	-	0.000

Maximální využití na dílci: 50.5 %

v řezu o souřadnici X = 1.000 m Vyhovuje

štíhlost dílce: 181.951

nebezpečná štíhlost: 250.000

Štíhlost větší než 180 by mohla být nebezpečná pro některé druhy konstrukcí

DÍLEC VYHOVUJE

POSOUZENÍ OCELOVÉHO PRŮŘEZU

Materiál: Ocel 37

Průřez: JO 90x40x3

Vnitřní síly:

N [kN]	M2 [kNm]	Q3 [kN]	M3 [kNm]	Q2 [kN]	Tt [kNm]	Tom [kNm]	B [kNm2]
-1.66	0.0	0.00	-1.0	-0.24	0.0	0.0	0.0

Zatřídění průřezu:

$$\epsilon = (235/f_y[\text{MPa}])^{0.5} = 1.000$$

Zatřídění levé stěny:

$$d = 0.081 \text{ m}$$

$$t_w = 0.003 \text{ m}$$

$$d/t_w = 27.000; \quad 27.000 < 33.000; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$d = 0.081 \text{ m}$$

$$t_w = 0.003 \text{ m}$$

$$d/t_w = 27.000; \quad 27.000 < 33.000; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$d = 0.031 \text{ m}$$

$$t_w = 0.003 \text{ m}$$

$$d/t_w = 10.333; \quad 10.333 < 33.000; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$d = 0.031 \text{ m}$$

$$t_w = 0.003 \text{ m}$$

$$d/t_w = 10.333; \quad 10.333 < 33.000; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{vz} = 5.220\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{plRdz} = 61.59 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

ve směru osy z:

Vnitřní příčné výztuhy nejsou zadány

$$\text{Štíhlost stojiny } \beta_w = 27.000$$

$$\text{Mezní štíhlost stojiny } \beta_{1V} = 63.000$$

$$27.000 \leq 63.000$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{vy} = 2.220\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{plRdy} = 26.19 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

ve směru osy y:

Vnitřní příčné výztuhy nejsou zadány

$$\text{Štíhlost vodorovných stěn průřezu } \beta_w = 10.333$$

$$\text{Mezní štíhlost vodorovných stěn průřezu } \beta_{1V} = 63.000$$

$$10.333 \leq 63.000$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

Výpočet vzpěrné únosnosti

$$Q_z + dQ_z \leq 0.5 \cdot 61.59 \text{ kN} \implies \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$Q_y + dQ_y \leq 0.5 \cdot 26.19 \text{ kN} \implies \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\beta_A = 1.000$$

$$\lambda_1 = 93.913$$

Vybočení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{crz} = 3.000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 181.951$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{PRz} = 1.937$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0.210$$

$$f_{i_z} = 2.559$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_z = 0.236$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{bRdz} = 34.26 \text{ kN}$$

Vybočení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cry} = 5.000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 160.917$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{PRy} = 1.713$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0.210$$

$$f_{i_y} = 2.127$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_y = 0.295$$

Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{bRdy} = 42.81 \text{ kN}$
Vybočení zkroucením kolem osy x:
Vzpěrná délka $L_{c\omega} = 5.000 \text{ m}$
Štíhlost $\Lambda_w = 0.000$
(uzavřený profil)
Poměrná štíhlost $\Lambda_{PRw} = 0.000$
Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce $\alpha = 0.340$
 $F_{i_w} = 0.466$
Součinitel vzpěrnosti $\chi_w = 1.000$
Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{bRdw} = 144.98 \text{ kN}$
Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{bRd} = 34.26 \text{ kN}$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y
 $Q_z + dQ_z \leq 0.5 \cdot 61.59 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z
 $Q_y + dQ_y \leq 0.5 \cdot 26.19 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy y
Plastický průřezový modul $W_{ply} = 2.026E-05 \text{ m}^3$
Moment únosnosti průřezu $M_{cRdy} = 4.1 \text{ kNm}$
Výpočtový moment únosnosti $M_{cRdy} = 4.1 \text{ kNm}$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z
 $Q_z + dQ_z \leq 0.5 \cdot 61.59 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z
 $Q_y + dQ_y \leq 0.5 \cdot 26.19 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy y
Plastický průřezový modul $W_{plz} = 1.139E-05 \text{ m}^3$
Moment únosnosti průřezu $M_{cRdz} = 2.3 \text{ kNm}$
Výpočtový moment únosnosti $M_{cRdz} = 2.3 \text{ kNm}$
Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
$Q_z + dQ_z$	0.00 kN	61.59 kN	0.0 %	Vyhovuje
$Q_y + dQ_y$	0.24 kN	26.19 kN	0.9 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osově síly a ohybových momentů
Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:
 $\beta_{Mz} = 1.300$
 $M_{iz} = -2.531$
 $k_z = 1.107$
 $|0.049 + 0.000 + 0.456| < 1$
 $0.505 < 1 \Rightarrow$ Vyhovuje

Posouzení štíhlosti
Vypočtená štíhlost prutu: 181.951
Štíhlost větší než 180 by mohla být nebezpečná pro některé druhy konstrukcí
Využití průřezu: 50.5 %

PRŮŘEZ VYHOVUJE

Zat. stav : KZS1

Datum : 25.8.2019

Čas : 10:50

Projekt : vitriny

Pardubice sokl jakl

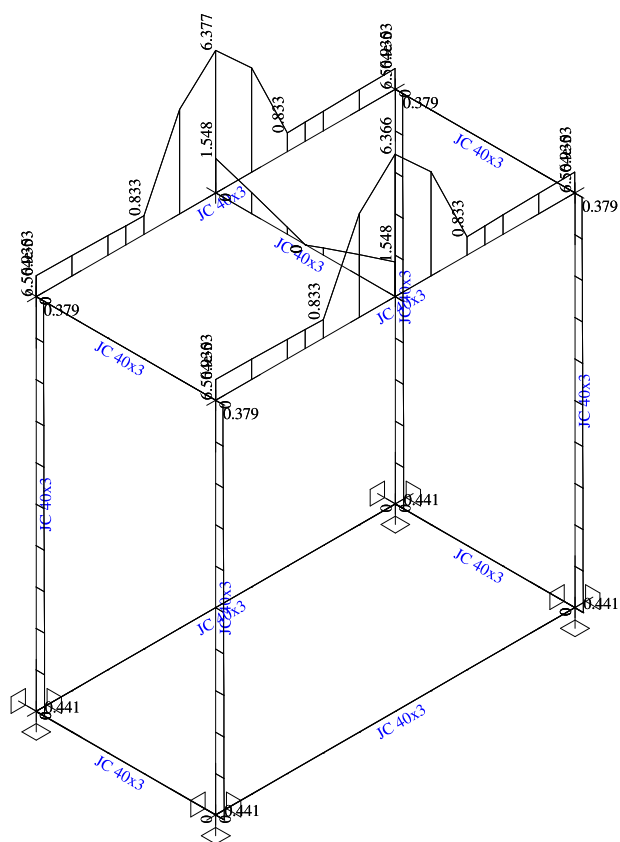


Pruty

norma ČSN 73 1401

OCEL *Ocel 37

Využití ocelového průřezu

$$[\%]$$


Zat. stav : KZS3

Datum : 25.8.2019

Čas : 10:52

Projekt : vitriny

Pardubice sokl jakl

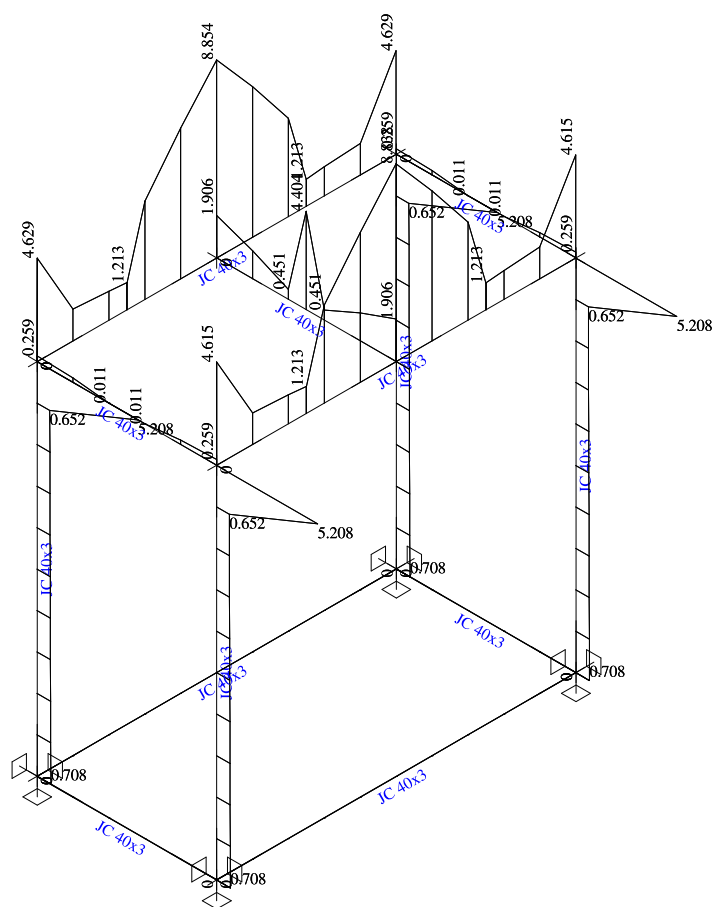


Pruty

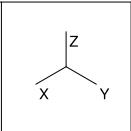
norma ČSN 73 1401

OCEL *Ocel 37

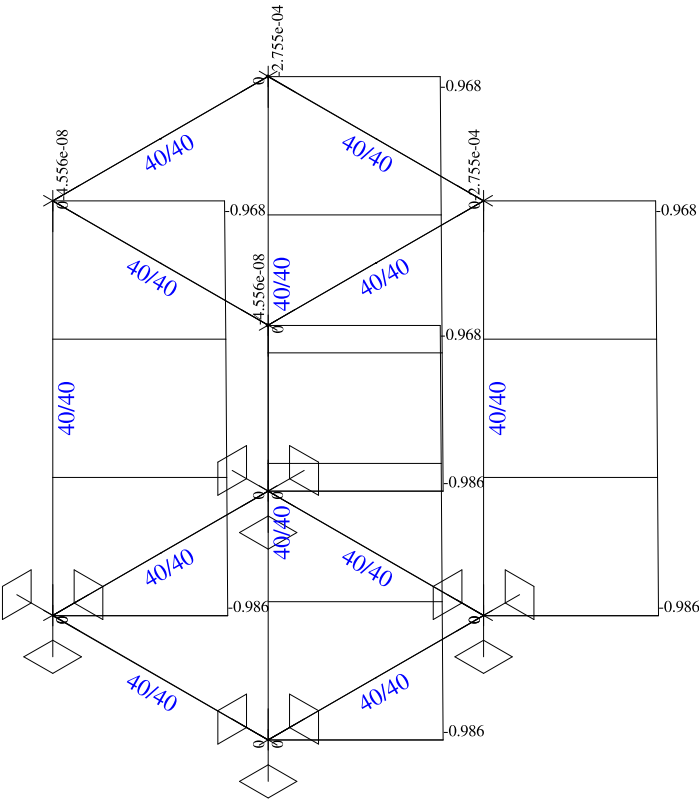
Využití ocelového průřezu

$$[\%]$$


Datum : 25.8.2019
Čas : 11:49
Projekt : vitriny
Pardubice-sokl 250kg03



Pruty
osy veličiny lokální
normálová síla Nx [kN]



VÝPOČET TLAČENÝCH PRVKŮ

Název prvku: Sloupek soklu pro exponát 250kg

Vstupní údaje:

Dřevo: SI Zatížení: dlouhodobé Třída vlhkosti: 1

Maximální normálová síla N_d (ve výpočtové hodnotě):	1,00	kN
Modifikační součinitel k_{mod} :	0,60	
Součinitel materiál γ_M :	1,45	
Pevnost materiálu v tlaku $f_{c,0,k}$:	20,00	MPa
Délka prutu L :	1 000,00	mm
Vzpěrná délka prutu L_{cr} :	1 000,00	mm
Modul pružnosti $E_{0,05}$:	6 700,00	MPa

Výpočet - návrh:

1) Výpočtová hodnota pevnosti dřeva: $f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} / \gamma_M) * k_{mod} = 8,28$ MPa

2) Odhad součinitele vzpěrnosti k_c : 0,70

3.) Minimální plocha průřezu: $A = N_d / (f_{c,0,d} * k_c) = 172,62$ mm²

3) Výpočet rozměrů: výška $h = 13,14$ mm => 40 mm
 stanovíme podle vyráběného sortimentu
 šířka $b = 13,14$ mm => 40 mm

4) Výpočet A skut.průřezu: $A = b * h = 1 600,00$ mm²

- posouzení:

1) Součinitel vzpěrnosti:

$$\lambda_y = L_{cr} / i_y = 86,60$$

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 * E_{0,05}) / i_y^2 = 8,82 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = 1,51$$

$$\text{součinitel } \beta_c = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,73$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0,39$$

2) Normálové napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 0,63 \text{ MPa}$$

3) Výpočtová hodnota pevnosti dřeva:

$$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} / \gamma_M) * k_{mod} = 8,28 \text{ MPa}$$

$$X = \sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} * f_{c,0,d}) = 0,20$$

4) Podmínka spolehlivosti:

$$X \leq 1,0 \quad 0,20 \leq 1,00$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE

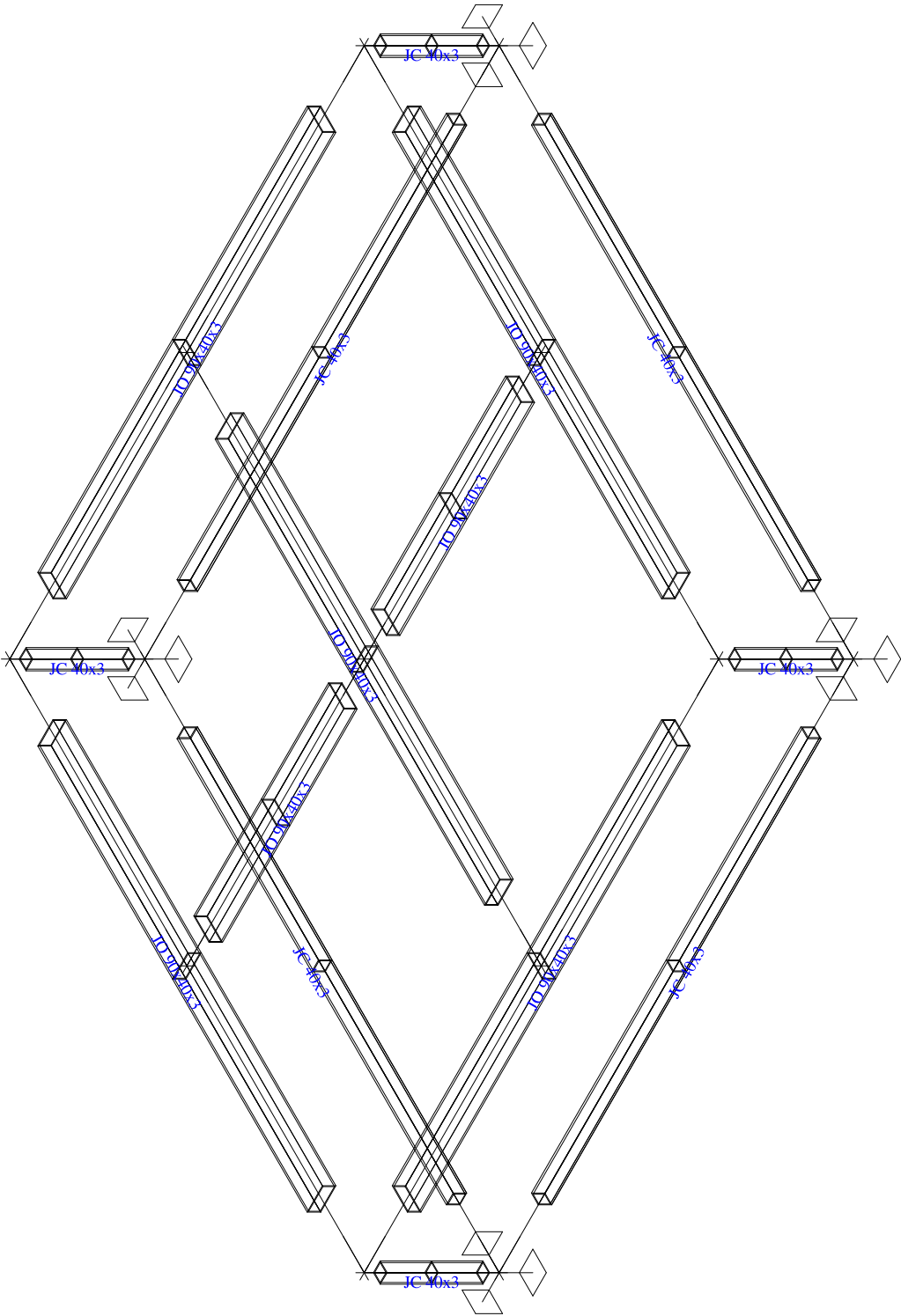
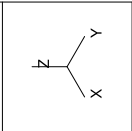
V

dne 25.08.2019

Vypracoval:

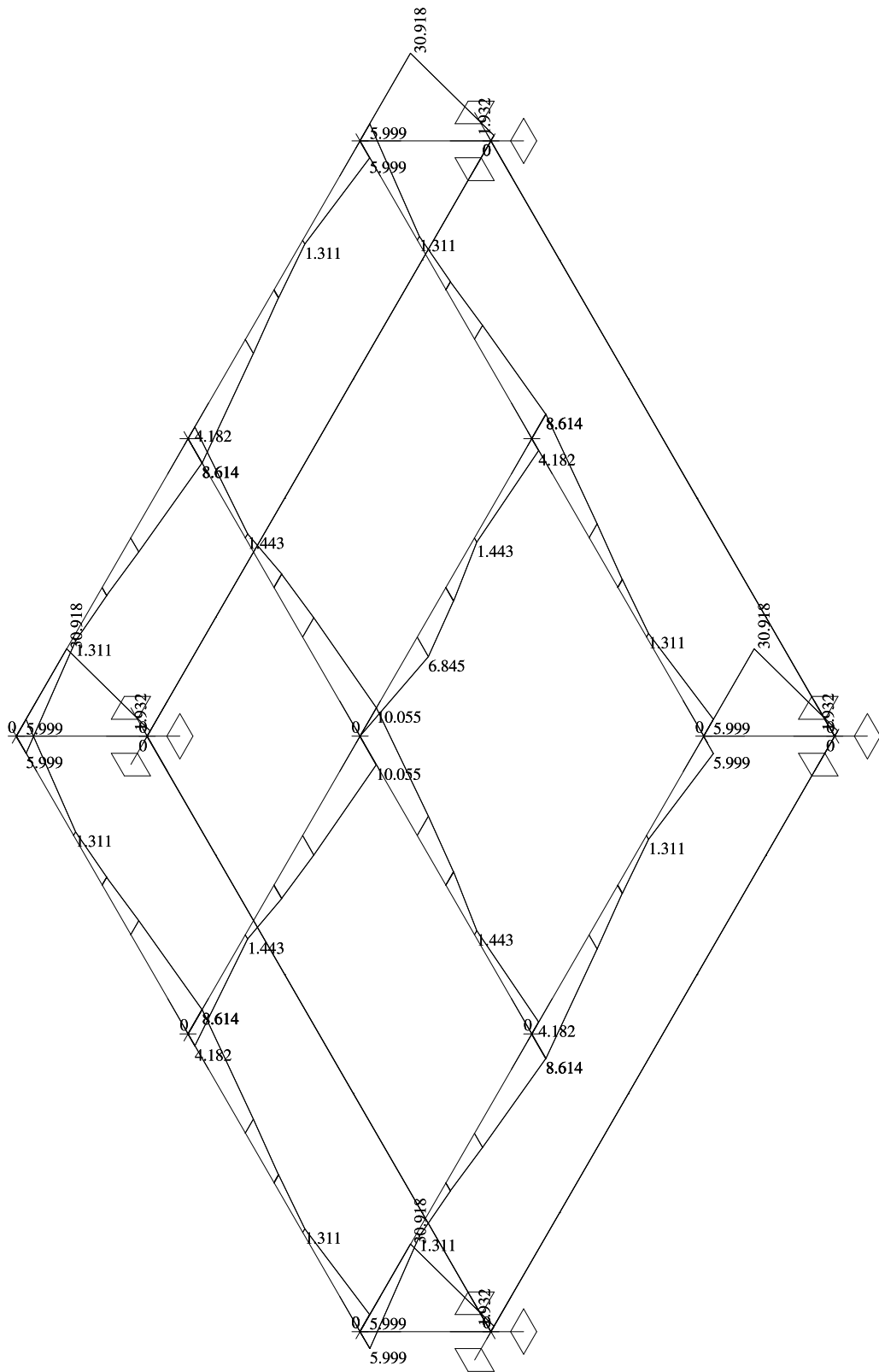
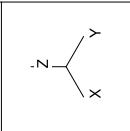
Zat. stav : KZS1

Datum : 25.8.2019
Čas : 12:8
Projekt : vitriny-sokl
jakl 2100x2100mm



Datum : 25.8.2019
Čas : 12:10
Projekt : vitriny-sokl
jakl 2100x2100mm

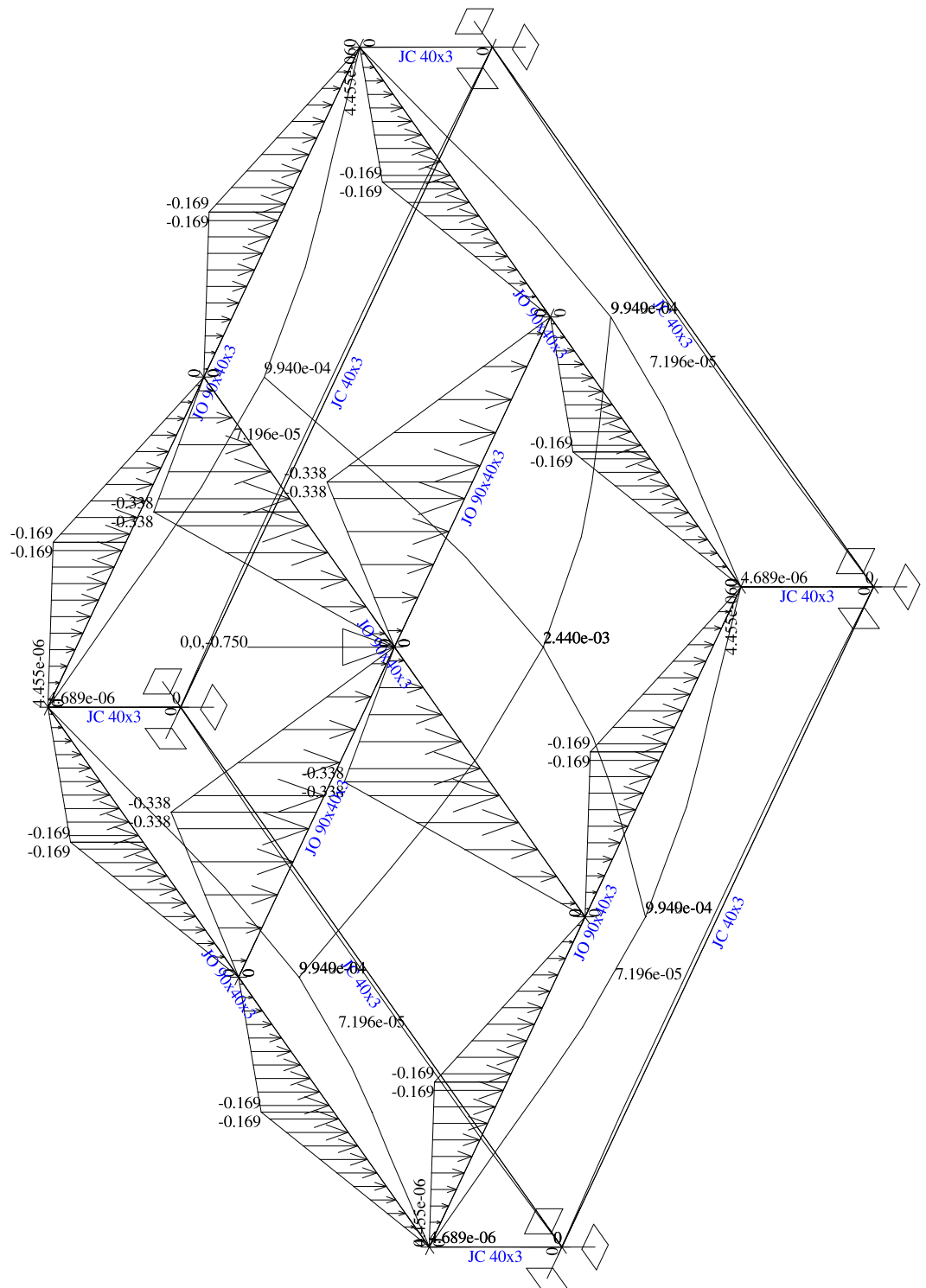
Pruty
norma ČSN 73 1401
OCEL *Ocel 37
Využití ocelového průřezu
[%]



Zat. stav : KZS1

Datum : 25.8.2019
Čas : 12:13
Projekt : vitriny-sokl
jakl 2100x2100mm

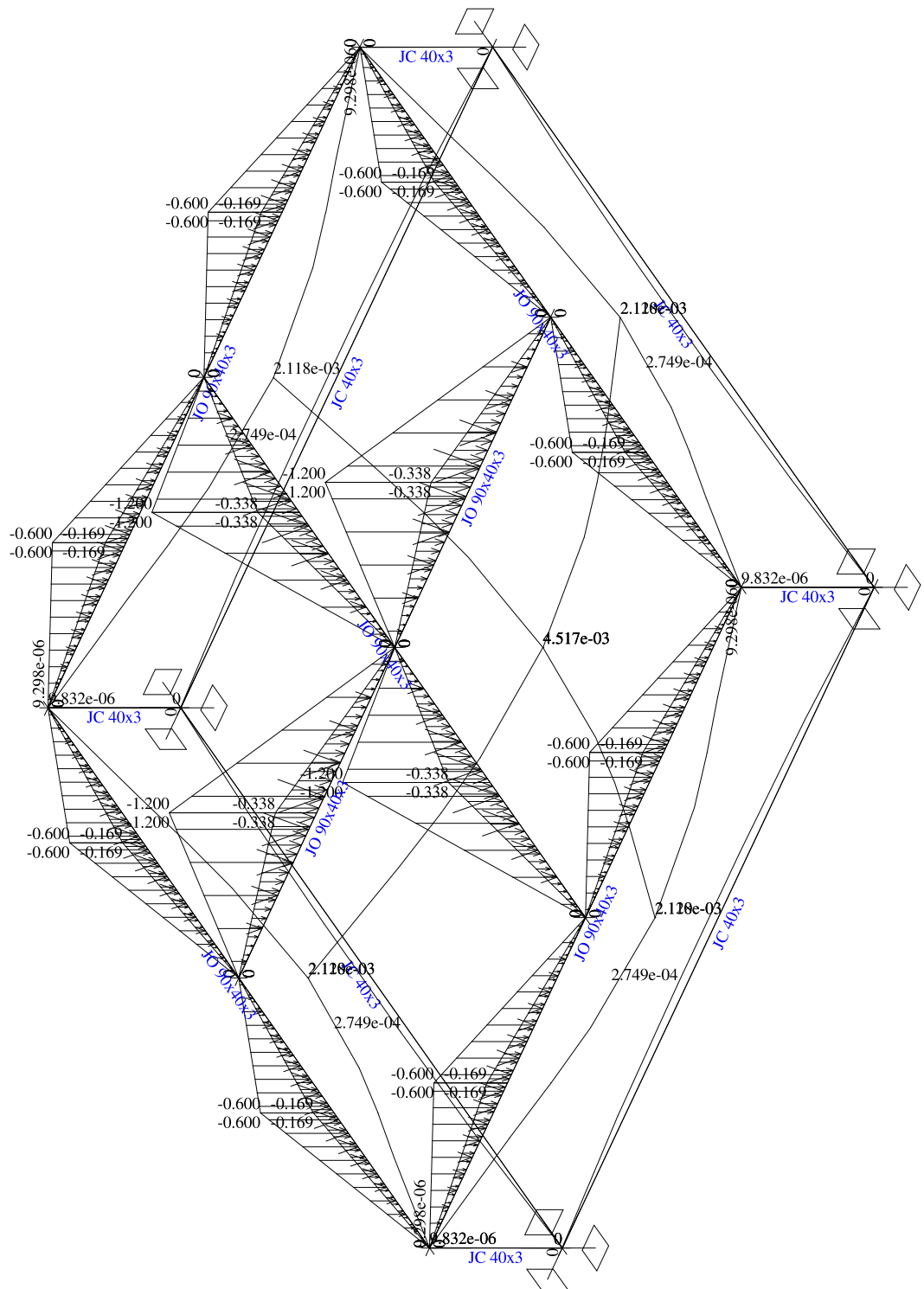
Pruty
osy veličiny lokální
deformace celková [m]



Datum : 25.8.2019
Čas : 12:14
Projekt : vitriny-sokl
jakl 2100x2100mm



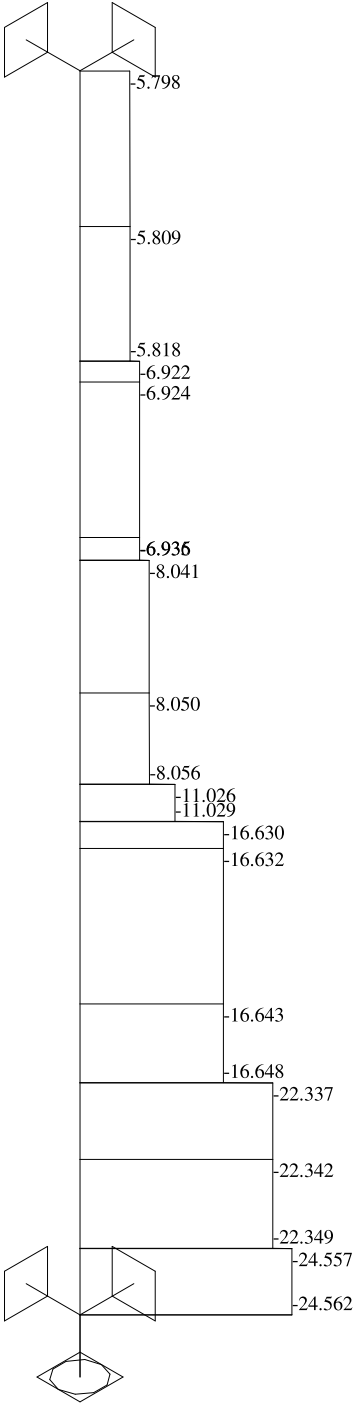
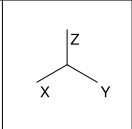
Pruty
osy veličiny lokální
deformace celková [m]



Projekt : vitriny
Pardubice-pasáž sloupek

Pruty
— osy výpočtového modelu
— připojení ke kontaktům podpory

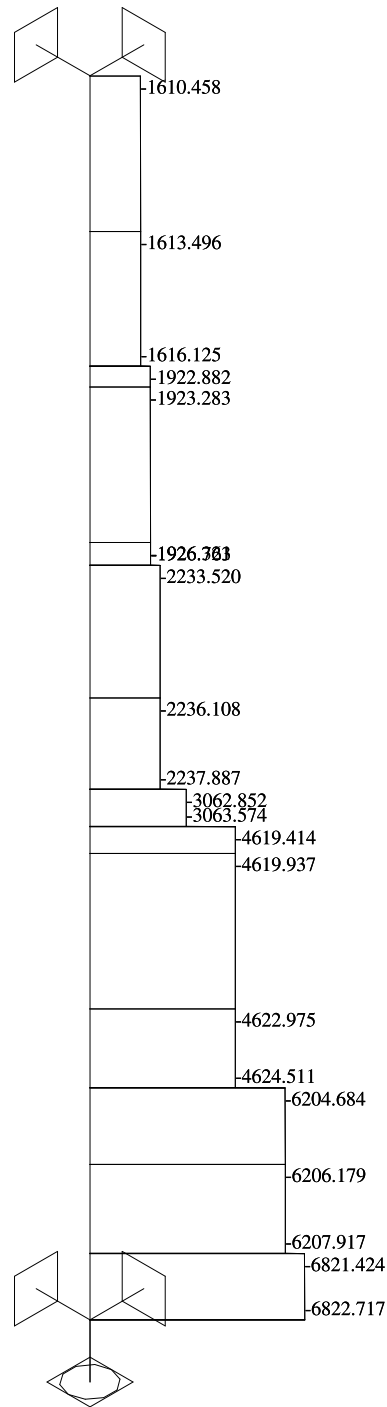
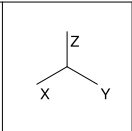
— osy veličiny lokální
— normálová síla Nx [kN]



Projekt : vitriny
Pardubice-pasáž sloupek

Pruty
osy výpočtového modelu
připojení ke kontaktům
podpory

osy veličiny lokální
minimální napětí [kPa]
maximální napětí [kPa]



- posouzení:

1) Součinitel vzpěrnosti:

$$\lambda_y = L_{cr} / i_y = 43,30$$

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 * E_{0,05}) / i_y^2 = 35,27 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = 0,75$$

$$\text{součinitel } \beta_c = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,81$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0,91$$

2) Normálové napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 6,94 \text{ MPa}$$

3) Výpočtová hodnota pevnosti dřeva:

$$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} / \gamma_M) * k_{mod} = 8,28 \text{ MPa}$$

$$X = \sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} * f_{c,0,d}) = 0,93$$

4) Podmínka spolehlivosti:

$$X \leq 1,0 \quad 0,93$$

≤

$$1,00$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE

V

dne 29.08.2019

Vypracoval: