

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

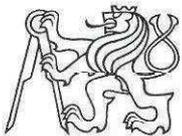
Studentské koleje v Moholt

Hall of residence in Moholt

Autor: Bc. Jana Benešová

Vedoucí práce: Ing. Robert Jára

2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Benešová

Jméno: Jana

Osobní číslo: 370946

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studenské koleje v Moholt

Název diplomové práce anglicky: Hall of residence in Moholt

Pokyny pro vypracování:

Statický výpočet nosné konstrukce a vybraných detailů, technická zpráva a výkresová dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Robert Jára

Datum zadání diplomové práce: 21.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

21.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Jana Benešová

Název diplomové práce: Studentské koleje v Moholt

Základní část: Návrh nosné konstrukce vícepodlažní dřevostavby podíl: 90 %

Formulace úkolů:

- návrh hlavních nosných prvků konstrukce; 3D model konstrukce
- posouzení vybraných detailů
- technická zpráva a výkresová dokumentace

Podpis vedoucího DP: Datum: 21.3.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: GEOTECHNIKA podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): JAN SALÁEK, K135

Formulace úkolů: NÁVRH ZÁKLADOVÉ DESKY
V SOFTWARU DLUBAL

Podpis konzultanta: Datum: 21.3.2018

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci.
(Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce pana Ing. Ing. Roberta Jára.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 12.5.2018

Bc. Jana Benešová

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Robertu Járovi za odborné vedení, pomoc, rady a trpělivost při zpracování této práce. Dále děkuji panu Ing. Janu Salákovi, CSc za odborné konzultování části založení objektu.

Také bych chtěla poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tématem této práce je návrh konstrukce objektu studentských kolejí. Budova je řešena jako těžký skelet kombinovaný se ztužujícími CLT stěnami a železobetonovým jádrem. Svislou konstrukci tvoří dřevěné sloupy a CLT stěny. Vodorovné konstrukce jsou tvořeny stropními panely a průvlaky. Cílem práce je navržení a posouzení vybraných nosných prvků a detailů včetně technické zprávy a výkresové dokumentace. Dále byl v doplňující části vytvořen model základové desky a předběžně ověřena její tloušťka. Pro výpočet vnitřních sil a průhybů byl použit program Dlubal RFEM 5.07, výkresy jsou vytvořeny v programu AutoCAD 2017.

Klíčová slova

dřevostavba, studentské koleje, těžký dřevěný skelet, dřevěné sloupy, dřevěné průvlaky, svorníkové spoje, základová deska

Abstract

In this thesis a construction design of students' dormitory building is presented. The building's design is based on heavy skeleton combined with stiffening CLT walls and reinforced concrete core. The vertical construction consists of wooden columns and CLT walls. In the horizontal construction ceiling panels and girders are used. Aim of this thesis is to design and evaluate chosen supporting elements and details, including technical report and drawings. In addition, a baseplate model was created and its thickness was verified in advance. Calculations of internal forces and sags were made in Dlubal RFEM 5.07, drawings in AutoCAD 2017.

Key Words

wooden structure, students' dormitory, heavy wooden skeleton, wooden columns, wooden girders, bolted joints, baseplate

Seznam příloh

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
3. Základová deska
4. Výkresová dokumentace

Úvod

Tato práce se návrh nosné dřevěné konstrukce vícepodlažní budovy, konkrétně se jedná o studentské koleje. Jako předloha byla použita stavba Moholt 50/50 v norském Trondheimu realizované v roce 2016. Jedná se o devíti patrovou budovu s jedním podzemním podlažím. Budova má nepravidelný půdorys. Podzemní a první nadzemní podlaží je monolitické ze železobetonu, ostatní patra jsou řešena jako dřevěný těžký skelet kombinovaný se ztužujícími CLT stěnami a železobetonovým jádrem.

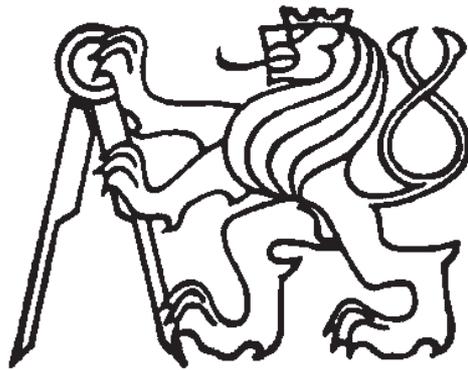
Svislé nosné prvky jsou navrženy s lepeného lamelového dřeva a stropní konstrukce jsou provedeny z panelů. Hlavní nosné prvky jsou posouzeny na mezní stav únosnosti, vodorovné konstrukce navíc na mezní stav použitelnosti. Všechny konstrukce jsou navrženy s požární odolností minimálně 60 minut. Dále byl vytvořen model základové desky na zadaném geologickém podloží a předběžně posouzen její tloušťka.

Model konstrukce, vnitřní síly a průhyby jsou provedeny v programu Dlubal RFEM 5.07. Výkresová dokumentace s vybranými detaily je kreslena v programu Autodesk AutoCAD 2017. Textová část a výpočty byly zpracovány v programech Microsoft Office Excel 2007 a Microsoft Office Word 2007.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Jana Benešová

2018

Obsah

Základní informace o stavbě.....	3
Dispoziční řešení	3
Konstrukční systém.....	3
Spodní stavba.....	4
Geologický profil	4
Základové konstrukce	4
Svislé konstrukce v 1PP	4
Vodorovné konstrukce v 1PP.....	5
Vrchní stavba.....	5
Svislé konstrukce	5
Vodorovné konstrukce	5
Střešní konstrukce	6
Vertikální komunikace.....	6
Obvodový plášť, podhledy, podlahy a příčky	6
Spoje konstrukce	7
Zatížení	7
Stálé zatížení	7
Užitné zatížení.....	7
Zatížení sněhem	7
Zatížení větrem.....	7
Seznam norem, literatury a programů	8
Použité normy	8
Použitá literatura.....	9
Internetové zdroje.....	9
Použité programy	10

Základní informace o stavbě

Dispoziční řešení

Jedná se budovu studentských kolejí s jedním podzemním a devíti nadzemními podlažími. Půdorys budovy má tvar ypsilonu o celkové ploše 510 m². Konstrukce podzemního a první nadzemního podlaží je ze železobetonu, v druhém až devátém podlaží je konstrukce ze dřeva s železobetonovým ztužujícím jádrem. Budova je zastřešena plochou nepochozí střechou. Celková výška objektu je 29,200 m. Konstrukční výška jednoho podlaží je 3,200 m.

Hlavní vstup do objektu se nachází na západní straně. Vertikální komunikaci zajišťuje dvouramenné schodiště a výtah ve ztužujícím železobetonovém jádře. Na východní straně budovy se nachází ocelové evakuační schodiště.

V podzemním podlaží se nachází sklady a technické místnosti. V prvním nadzemním podlaží je atrium s vrátnicí a jídelna. Ve každém dalším podlaží je 15 jednolůžkových pokojů se sociálním zařízením a společný prostor s kuchyňkou. Celková kapacita objektu je 120 osob.

Konstrukční systém

Spodní stavba a první nadzemní podlaží je monolitické ze železobetonu. Konstrukční systém spodní stavby tvoří obvodové a vnitřní stěny a sloupy které kopírují rastr horní stavby. Budova je založena na základové desce, která tvoří s podzemními nosnými stěnami bílou vanu. Na stěnách a sloupech jsou uloženy trámy na které je uložena stropní deska.

Následující podlaží jsou navržena jako těžký skelet se ztužujícími CLT stěnami a železobetonovým jádrem. Sloupy a průvlaky jsou z lepeného lamelového dřeva. Stropní konstrukce je tvořena stropní panely uloženými na průvlaky a CLT stěny. Jádra jsou tvořena železobetonovými stěnami a stropními deskami, které tvoří schodišťové podesty. V jádře je deskové schodiště uložené na podestách.

Spodní stavba

Geologický profil

Vrstvy zeminy:

0,0 m - 2,2 m	písčitá hlína s různorodou příměsí F4
2,2m - 3,5 m	písčitá hlína F5
3,5 m - 9,0 m	hlinitý štěropísek S3
9,0 - 10,5	hlinitopísčitý štěrk G3
od 10,5m	křemence R3

Hladina podzemní vody se nachází v hloubce 10,2 m a mírně klesá směrem k východu.

Základové konstrukce

Základová spára je v hloubce 3,8 m v zemině S3 - hlinitý štěropísek. Parametry základové zeminy $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $E_{\text{def}} = 20 \text{ MPa}$, $\nu = 0,30$, $\varphi_{\text{ef}} = 30^\circ$.

Hladina podzemní vody neovlivňuje založení objektu.

Objekt je založen na základové desce o konstantní tloušťce 600 mm. Hloubka základové spáry je -4,150 m. Základová konstrukce je z betonu 20/25 s betonářskou výztuží B500B.

Svislé konstrukce v 1PP

Obvodové i vnitřní stěny spodní stavby mají tloušťku 200 mm. Sloupy jsou o průměru 300 x 300 mm a osová vzdálenost mezi sloupy je 3,15 x 5,5 m. Rozmístění stěn a sloupů kopíruje rozmístění vrchní stavby.

Stěny i sloupy jsou ze železobetonu C 30/30 s betonářskou výztuží B500B.

Vodorovné konstrukce v 1PP

Stropní konstrukce nad 1PP je monolitická deska uložená na průvlacích mezi sloupy a na stěnách. Desky jsou jednosměrně pnuté. Tloušťka desky a rozměr průvlaků navržen empiricky.

Desky i průvlaky jsou ze železobetonu C 30/30 s betonářskou výztuží B500B.

Vrchní stavba

Svislé konstrukce

Vrchní stavba je navržena jako skeletová konstrukce se ztužujícími stěnami a železobetonovým jádrem.

Sloupy a stěny v 1NP jsou monolitické. Sloupy mají průřez 300x300 mm a stěny jsou tloušťky 200mm. Stěny i sloupy jsou ze železobetonu C 30/30 s betonářskou výztuží B500B.

Vrchní stavba v 2NP až 9NP je navržena jako těžký dřevěný skelet se ztužujícími CLT stěnami. Sloupy mají proměnný průřez po výšce objektu. Ve 2NP a 3NP jsou o průřezu 360x500mm a ve 4NP až 9NP o průřezu 240x500. Sloupy o průřezu 360x500 jsou složeny ze dvou dílů šířky 180 mm pomocí ocelových hmoždíků. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté spojené pomocí ocelových plechů a svorníků. Ztužující CLT stěny jsou tloušťky 200 mm kotveny k železobetonové desce úhelníky a chemickou kotvou. Železobetonové stěny jádra mají tloušťku 200mm a probíhají od podzemního až do devátého podlaží. Sloupy vyhovují na účinky požáru po dobu 60 min.

Sloupy jsou z lepeného lamelové dřeva GL24h, CLT stěna je ze dřeva C24. Stěny jádra ze železobetonu C 30/30 s betonářskou výztuží B500B.

Vodorovné konstrukce

Vodorovnou konstrukci tvoří průvlaky mezi sloupy, na kterých jsou uloženy stropní žebrové panely Novatop Element. Rozměr průvlaku je 240x400 mm a tloušťka žebrového

panelu 300mm. Průvlaky jsou kloubově připojeny na sloupy pomocí ocelových plechů a svorníků. Stropní panely jsou uvažovány jako prostý nosník přes jedno pole. Musí být zajištěno dostatečné smykové spojení panelů, aby vznikla tuhá stropní deska a bylo zajištěno přenesení vodorovných sil do ztužujících CLT stěn a železobetonového jádra. Železobetonové stropní desky v jádře jsou tloušťky 180 mm. Požární odolnost průvlaků je minimálně 60 min stropní panely jsou opatřeny podhledem požární odolností R60.

Průvlaky jsou z lepeného lamelové dřeva GL24h. stropní desky jádra ze železobetonu C 30/30 s betonářskou výztuží B500B.

Střešní konstrukce

Střecha je plochá nepochozí. Spádování střechy je řešeno pomocí izolace EPS, spád 2% . Odvodnění střechy je řešeno střešní vpustí která je vedena v instalační šachtě v železobetonovém jádře. Kolem dokola je střecha lemována atikou.

Vertikální komunikace

Vertikální komunikace se nachází v železobetonových jádrech a je zajištěna dvouramennými deskovými schodišti a výtahem. Podesty a mezipodesty jsou uloženy do svislých stěn jádra. Na podesty jsou uloženy desky schodišť. V každém rameni se nachází 10 stupňů o výšce 160 mm a délce 310 mm. Vně objektu je evakuační ocelové vřetenové schodiště.

Obvodový plášť, podhledy, podlahy a příčky

Fasáda je provedena s provětrávanou mezerou, zateplena izolací tloušťky 200 mm a vnější vrstvou z dřevěných palubek. Podhledy jsou tvořeny izolací tloušťky 40 mm a sádrovláknitou deskou tloušťky 2x15mm. Podlaha je z vrstvy izolace, betonové desky tloušťky 40mm a podlahové dílce tl. 2x10 mm. Příčky jsou navrženy tloušťky 100 mm jako dvojitě opláštěné Knauf 2x12,5 s izolací tloušťky 50mm. Skladby střechy tloušťky 235 mm a skládá se z hydroizolace, EPS izolace a násypu. Střecha je lemována atikou.

Spoje konstrukce

Průvlaky jsou uloženy a sloupy kloubově pomocí ocelových plechů a svorníků. Spoje sloupů po výšce jsou uvažovány jako vetknutí a jsou řešeny ocelovými plechy se svorníky. Sloupy v 2NP jsou na železobetonovou desku uloženy pomocí plechů, svorníků a kotevních šroubů. Stěny CLT jsou napojovány systémem Rothoblaas X-RAD. CLT stěna je na železobetonovou desku ukotvena pomocí úhelníku a chemických kotev.

Zatížení

Stálé zatížení

Nosné konstrukce jsou zatíženy stálým zatížením od vlastní tíhy, skladbami podlah, podhledů, skladby střešní konstrukce a obvodového pláště. Zatížení od vlastní tíhy je generováno automaticky programem Dlubal RFEM. Zatížení od obvodového pláště je rovnoměrně rozloženo na průvlaky, případně obvodové stěny. Zatížení skladbami konstrukce působí rovnoměrně na celou jejich plochu.

Užitné zatížení

Užitné zatížení je uvažováno na celou plochu stropní konstrukce. Je použito zatížení kategorie A - Obytné plochy - $q_k = 2,0 \text{ kNm}^{-2}$ a kategorie C - plochy kde může docházet ke shromažďování osob - $q_k = 3,0 \text{ kNm}^{-2}$.

Zatížení sněhem

Objekt se nachází ve sněhové oblasti kategorie I. - $s_k = 0,7 \text{ kNm}^{-2}$

Zatížení větrem

Objekt se nachází v II. větrné oblasti - $v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$, kategorie terénu IV

Kombinace zatížení

Nosné prvky jsou posuzovány na mezní stav únosnosti (MSÚ), kombinace (6.10).

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,j} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Průhyby jsou posuzovány na mezní stav použitelnosti (MPS), charakteristická kombinace.

$$\sum_{i \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Seznam norem, literatury a programů

Použité normy

ČSN EN 1990 Eurokód - Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-3 - Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3 - Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-3 - Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení větrem

ČSN EN 1992-1-1 - Navrhování betonových konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1995-1-1 - Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1995-1-1 - Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2 Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru

ČSN EN 1997-1-1 - Navrhování geotechnických konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby

Použitá literatura

- [1.] Holický, Milan, Marková, Jana, Sýkora, Miroslav - *Zatížení stavebních konstrukcí příručka k ČSN EN 1991*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2010, 132 stran, ISBN 978-80-87093-89-4
- [2.] Fajman, Petr; Kruis, Jaroslav - *Zatížení a spolehlivost*, České vysoké učení technické v Praze, 2008, 99 stran, IBSN 978-80-01-04112-3
- [3.] autorizovaný překlad Koželouh, Bohumil - *Dřevěné konstrukce, příklady a řešení podle ČSN 73 1702*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2009, 318 stran, ISBN 978-80-87438-16-9
- [4.] Kuklík, Petr, Kuklíková, Anna - *Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1.*, Informační centrum ČKAIT, Praha, 2010, 140 stran, ISBN 978-80-87093-88-7
- [5.] Kuklík, Petr, - *Dřevěné konstrukce*, Informační centrum ČKAIT, Praha, 2005, 172 stran, ISBN 80-86769-72-0
- [6.] autorizovaný překlad Koželouh, Bohumil - *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 1*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2004, 401 stran, ISBN 80-238-2620-4
- [7.] autorizovaný překlad Koželouh, Bohumil - *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 2*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2004, 375 stran, ISBN 80-86769-13-5
- [8.] Bílek, Vladimír - *Dřevostavby Navrhování dřevěných vícepodlažních budov*, České vysoké učení technické v Praze, 2005, 251 stran, ISBN 80-01-03159-4

Internetové zdroje

Podklady pro dispozici objektu [online] 2012. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z:

<http://www.earch.cz/cs/architektura/drevene-vezaky-pro-studenty>

Novatop Element stropní konstrukce [online] 2015. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z:

<https://www.novatop-system.cz/produkty/elements-pro-stropy-a-strechy/>

Sádrokartonové příčky [online] 2015. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z:

<http://www.knauf.cz/deska-knauf-white>

Podlahové a podhledové desky Faramcell [online] 2015. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/sadrovlaknite-desky-fermacell.php>

Izolace Steico [online] 2015. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/steico>

CLT stěny [online] 2015. vyd. [cit. 02.05.2013]. <http://www.clt.info/external-wall/>

Spojovací prvky CLT stěn objektu [online]. vyd. [cit. 02.05.2018]. Dostupné z: <https://www.rothoblaas.com/products/fastening/x-rad>

Použité programy

Model konstrukce a výpočet vnitřních sil - program *Dlubal RFEM 5.07* [software]

Výkresová dokumentace - program Autodesk AutoCAD 2017 [software]

Textová část a výpočty - program Microsoft Word 2007 [software]

- program Microsoft Excel 2007 [software]

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



STATICKÝ VÝPOČET

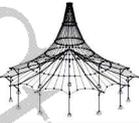
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Jana Benešová

2018

Obsah

MODEL KONSTRUKCE A VNITŘNÍ SÍLY	3
ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	23
Zatížení stálé a užité	23
Zatížení sněhem	26
Zatížení větrem	26
Zatížení větrem v příčném směru	26
Zatížení větrem v podélném směru	29
Zatížení na svislé stěny a plochou střechu	32
POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE	37
STROPNÍ PANEL	37
PRŮVLAK	38
SLOUP 2NP A 3NP - VNITŘNÍ SLOUP	41
SLOUP 2NP A 3NP - VNĚJŠÍ SLOUP	46
SLOUP 4NP - 9NP - VNITŘNÍ SLOUP	50
SLOUP 4NP - 9NP - VNĚJŠÍ SLOUP	53
POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE	57
SPOJ: PRŮVLAK -SLOUP	57
SPOJ: SLOUP - SLOUP 2NP a 3NP	59
SPOJ: SLOUP - SLOUP 4NP a 6NP	61
SPOJ: SLOUP - SLOUP 7NP - 9NP	63
SPOJ: PATA SLOUPU - ÚNOSNOST PLECHŮ	65
SPOJ: PATA SLOUPU - ÚNOSNOST SVORNÍKŮ	66
POSOUZENÍ PRVKŮ NA POŽÁR	68
NÁVRH PRŮVLAKU NA ÚČINKY POŽÁRU - R60	68
NÁVRH VNITŘNÍHO SLOUPU 2NP A 3NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60	70
NÁVRH VNĚJŠÍHO SLOUPU 2NP A 3NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60	72
NÁVRH VNITŘNÍHO SLOUPU 4NP - 9NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60	74
NÁVRH VNĚJŠÍHO SLOUPU 4NP - 9NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60	76



Projekt: Diplomová práce Model: Studentské koleje Datum: 18.5.2018
Koleje

MODEL - ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Obecné	Název modelu	: Studentské koleje
	Název projektu	: Diplomová práce
Možnosti	Označení projektu	: Koleje
	Typ modelu	: 3D
	Kladný směr globální osy Z	: Dolů
	Klasifikace zatěžovacích stavů a kombinací	: Podle normy: EN 1990 Národní příloha: ČSN - Česká Republika
	<input checked="" type="checkbox"/> Automaticky vytvořit kombinace	: <input checked="" type="checkbox"/> Kombinace zatížení
	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Hledání počátečních rovnovážných tvarů membránových a lanových konstrukcí	
	<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN	
	<input type="checkbox"/> Analýza potrubí	
	<input type="checkbox"/> Použít pravidlo CQC	
	<input type="checkbox"/> Umožnit CAD/BIM model	
Tíhové zrychlení	g	: 10.00 m/s ²

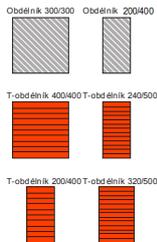
NASTAVENÍ SÍŤE PRVKŮ

Obecné	Požadovaná délka konečných prvků	l_{FE}	: 0.5 m
	Maximální vzdálenost mezi uzlem a linií pro integrování do linie	ϵ	: 0.0 m
	Maximální počet uzlů sítě KP v tisících		: 500
Pruty	Počet dělení lanových prutů, prutů s pružným podložím, s náběhy nebo plastickými vlastnostmi:		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Aktivovat dělení prutů pro analýzu velkých deformací resp. postkritickou analýzu		
	<input checked="" type="checkbox"/> Dělit pruty na nich ležícím uzlem		
Plochy	Maximální poměr diagonál obdélníku KP	Δ_D	: 1.800
	Maximální přípustný odklon 2 prvků sítě od roviny	α	: 0.5 °
	Tvar konečných prvků:		: Trojúhelníky a čtyřúhelníky
			<input checked="" type="checkbox"/> Generovat stejné čtverce, kde je to možné

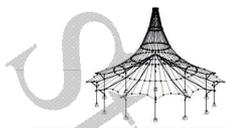
1.3 MATERIÁLY

Mat. č.	Modul E [MPa]	Modul G [MPa]	Poissonův souč. ν [-]	Objem. tíha γ [kN/m ³]	Souč. tepl. roz. α [1/°C]	Souč. spolehlivosti γ_M [-]	Materiálový model
1	Beton C30/37 EN 1992-1-1:2004/A1:2014 33000.000	13750.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
2	Lepené lamelové dřevo GL28h ČSN 73 1702:2007-11 12600.000	780.000	7.077	4.00	5.00E-06	1.25	Izotropní lineárně elastický
4	Strop Novatop			0.11	5.00E-06	1.25	Ortotropní elastický 2D...
5	stěny			5.00	5.00E-06	1.25	Ortotropní elastický 2D...
6	Lepené lamelové dřevo GL24h ČSN 73 1702:2007-11 11600.000	720.000	7.056	3.70	5.00E-06	1.25	Izotropní lineárně elastický

1.13 PRŮŘEZY



Průřez č.	Mater. č.	I_T [mm ⁴]	I_y [mm ⁴]	I_z [mm ⁴]	Hlavní osy α [°]	Natočení α' [°]	Celkové rozměry [mm]	
		A [mm ²]	A_y [mm ²]	A_z [mm ²]			Šířka b	Výška h
2	Obdélník 300/300 1	1139399936.0 90000.0	675000000.0 75000.0	675000000.0 75000.0	0.00	0.00	300.0	300.0
3	Obdélník 200/400 1	3707774976.0 180000.0	540000000.0 150000.0	135000000.0 150000.0	0.00	0.00	300.0	600.0
5	T-obdélník 400/400 2	3601066752.0 160000.0	2133333504.0 133333.3	2133333376.0 133333.3	0.00	0.00	400.0	400.0
6	T-obdélník 240/500 6	1610323200.0 120000.0	250000000.0 100000.0	576000000.0 100000.0	0.00	0.00	240.0	500.0
7	T-obdélník 200/400 6	732400000.0 80000.0	1066666752.0 66666.7	266666672.0 66666.7	0.00	0.00	200.0	400.0
8	T-obdélník 320/500 2	3289816832.0 160000.0	3333333504.0 133333.3	1365333376.0 133333.3	0.00	0.00	320.0	500.0



Projekt: Diplomová práce Model: Studentské koleje Datum: 18.5.2018
Koleje

2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

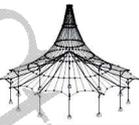
Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	EN 1990 ČSN Kategorie účinků	Vlastní tíha - Součinitel ve směru			
			Aktivní	X	Y	Z
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
ZS2	Užitné zatížení	Užitná zatížení - kategorie A: obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	<input type="checkbox"/>			
ZS3	Sníh	Sníh (H ≤ 1000 m n.m.)	<input type="checkbox"/>			
ZS4	Vítr ve směru osy +X	Vítr	<input type="checkbox"/>			
ZS5	Vítr ve směru osy +Y	Vítr	<input type="checkbox"/>			
ZS6	Vítr ve směru osy -Y	Vítr	<input type="checkbox"/>			
ZS7	Vítr ve směru osy -X	Vítr	<input type="checkbox"/>			

2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombin. zatížení	NS	Kombinace zatížení Označení	č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
					Zatěžovací stav	Zatěžovací stav
KZ1	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
KZ2	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.7*ZS3	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.70	ZS3	Sníh
KZ3	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.75*ZS3 + 0.9*ZS4	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS4	Vítr ve směru osy +X
KZ4	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.75*ZS3 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS5	Vítr ve směru osy +Y
KZ5	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.75*ZS3 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS6	Vítr ve směru osy -Y
KZ6	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.75*ZS3 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS7	Vítr ve směru osy -X
KZ7	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS4	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.90	ZS4	Vítr ve směru osy +X
KZ8	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.90	ZS5	Vítr ve směru osy +Y
KZ9	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.90	ZS6	Vítr ve směru osy -Y
KZ10	ULS	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.90	ZS7	Vítr ve směru osy -X
KZ11	S Ch	ZS1 + ZS2	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
KZ12	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.5*ZS3	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.50	ZS3	Sníh
KZ13	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.5*ZS3 + 0.6*ZS4	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.50	ZS3	Sníh
			4	0.60	ZS4	Vítr ve směru osy +X
KZ14	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.5*ZS3 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.50	ZS3	Sníh
			4	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +Y
KZ15	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.5*ZS3 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.50	ZS3	Sníh
			4	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -Y
KZ16	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.5*ZS3 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.50	ZS3	Sníh
			4	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy -X
KZ17	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS4	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.60	ZS4	Vítr ve směru osy +X
KZ18	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +Y
KZ19	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -Y
KZ20	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy -X

2.7 KOMBINACE VÝSLEDKŮ

Kombin. výsledků	Označení	Zatěžování
KV1	MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10	KZ1 nebo do KZ10
KV2	MSP - charakteristická	KZ11 nebo do KZ20



Projekt: Diplomová práce
Koleje

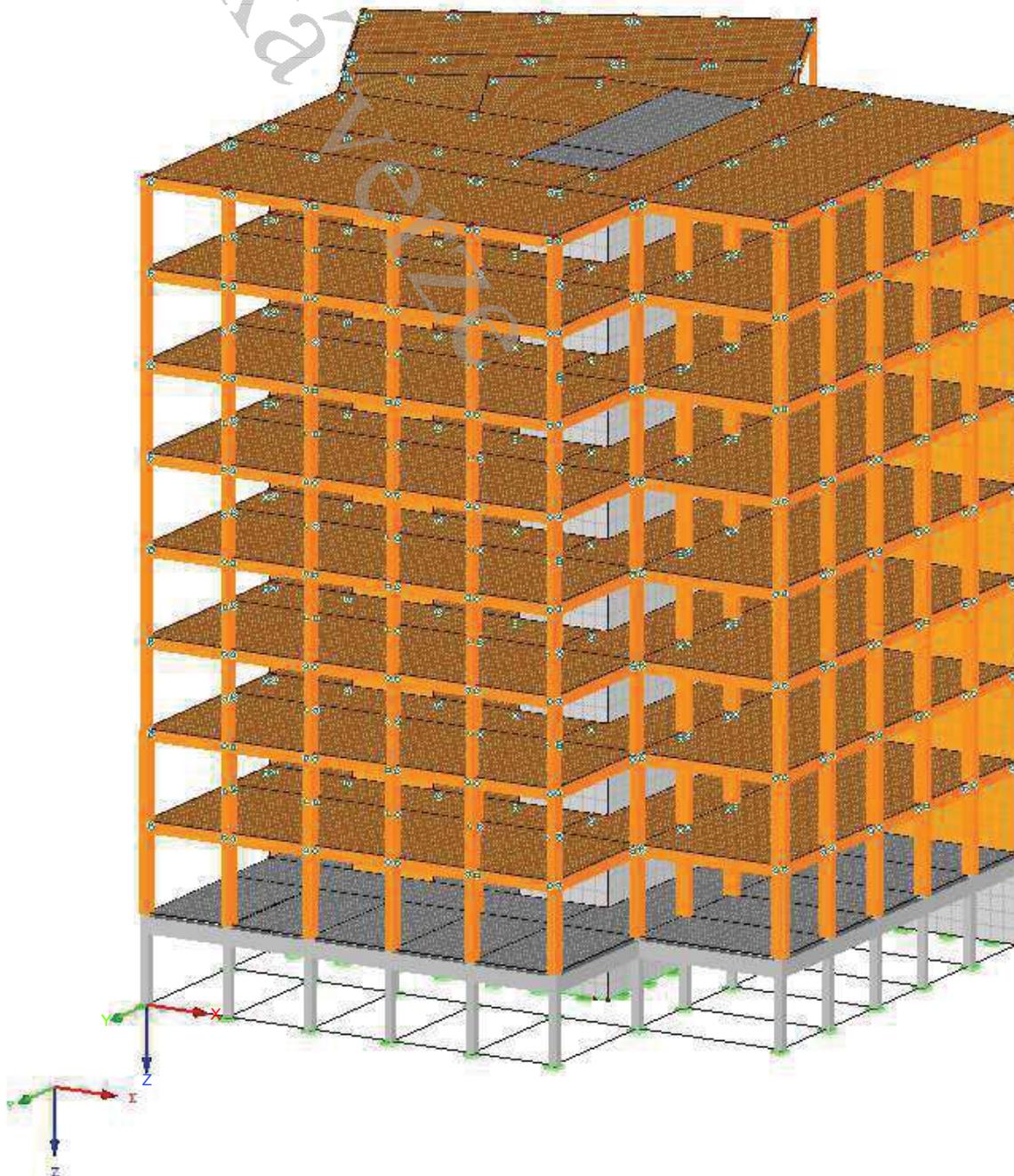
Model: Studentské koleje

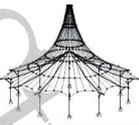
Datum: 18.5.2018

MODEL

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie





Projekt: Diplomová práce
Koleje

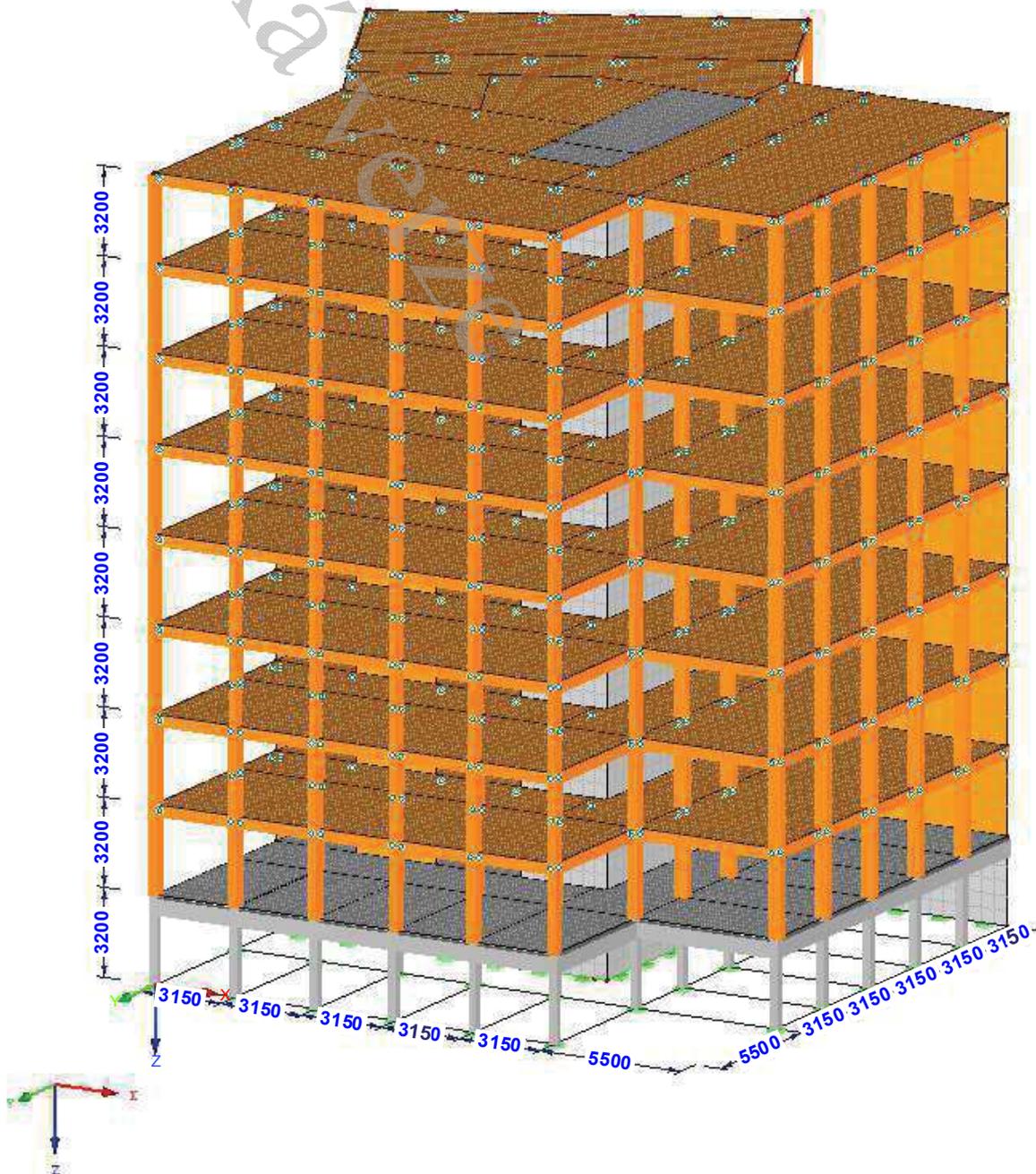
Model: Studentské koleje

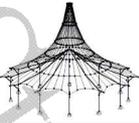
Datum: 18.5.2018

MODEL

KV 2: MSP - charakteristická
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



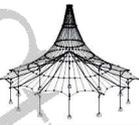


■ MODEL

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie

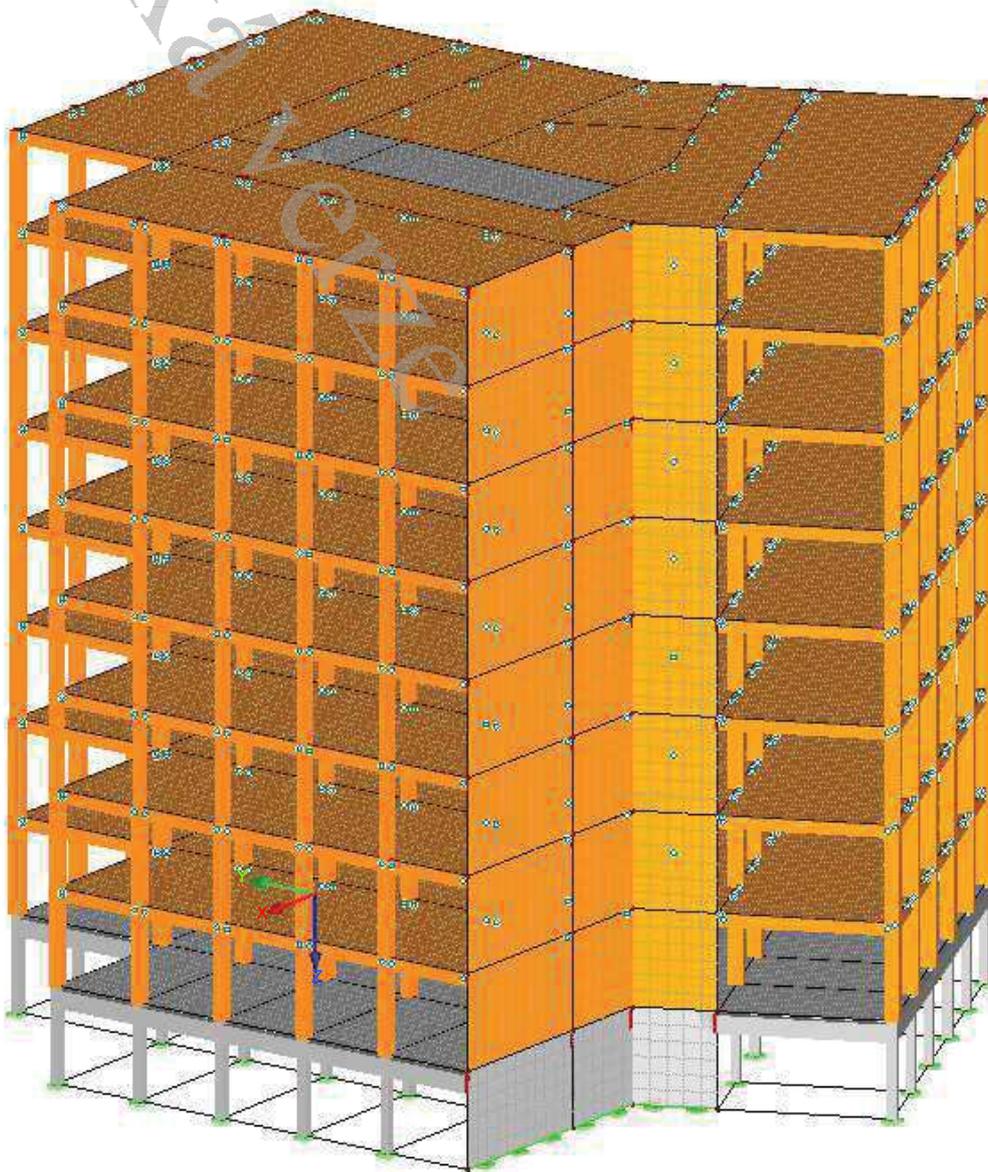


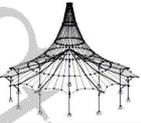


■ MODEL

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie





Projekt: Diplomová práce
Koleje

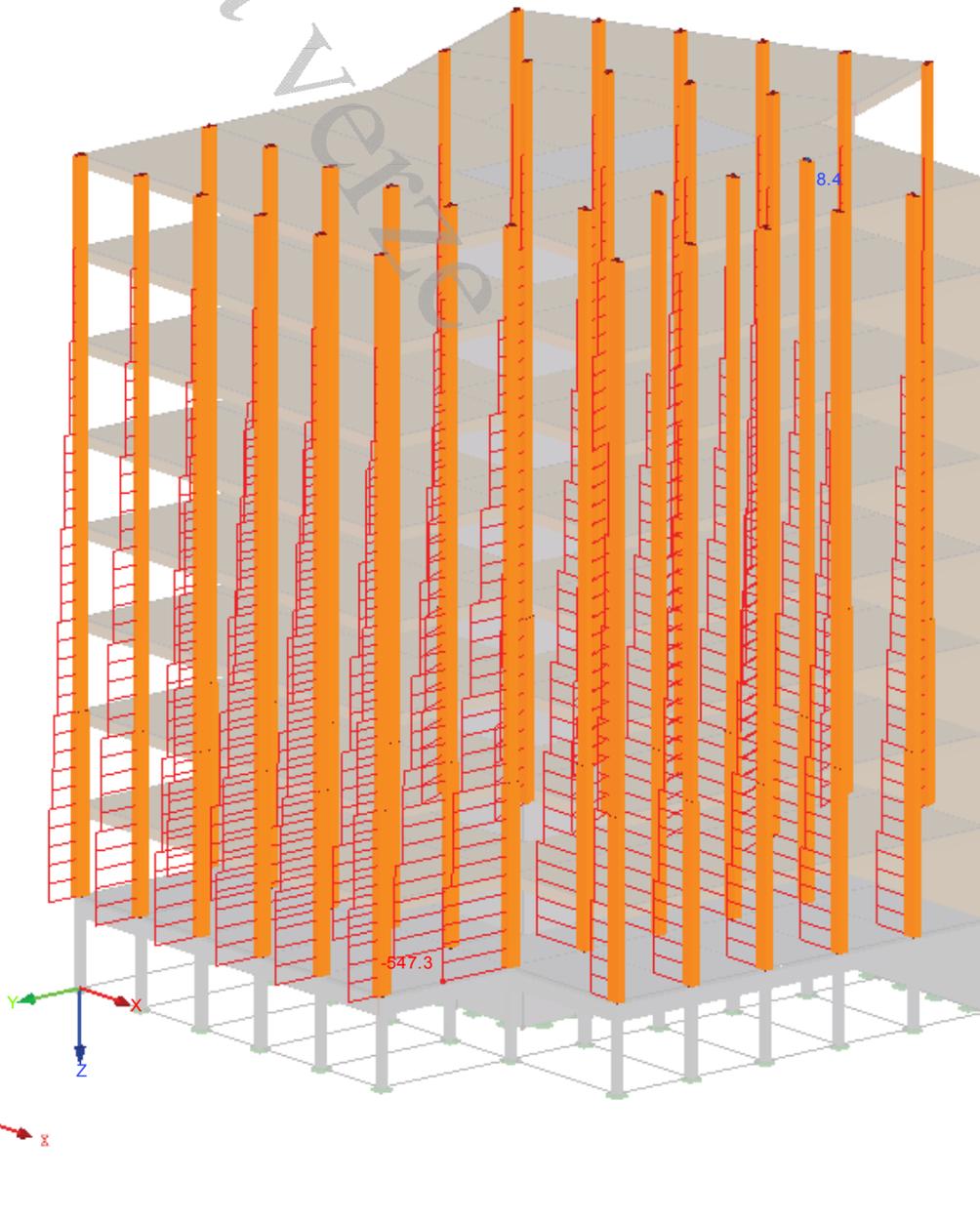
Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

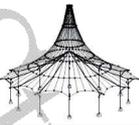
■ VNITŘNÍ SÍLY N

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Pruty Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max N: 8.4, Min N: -547.3 kN



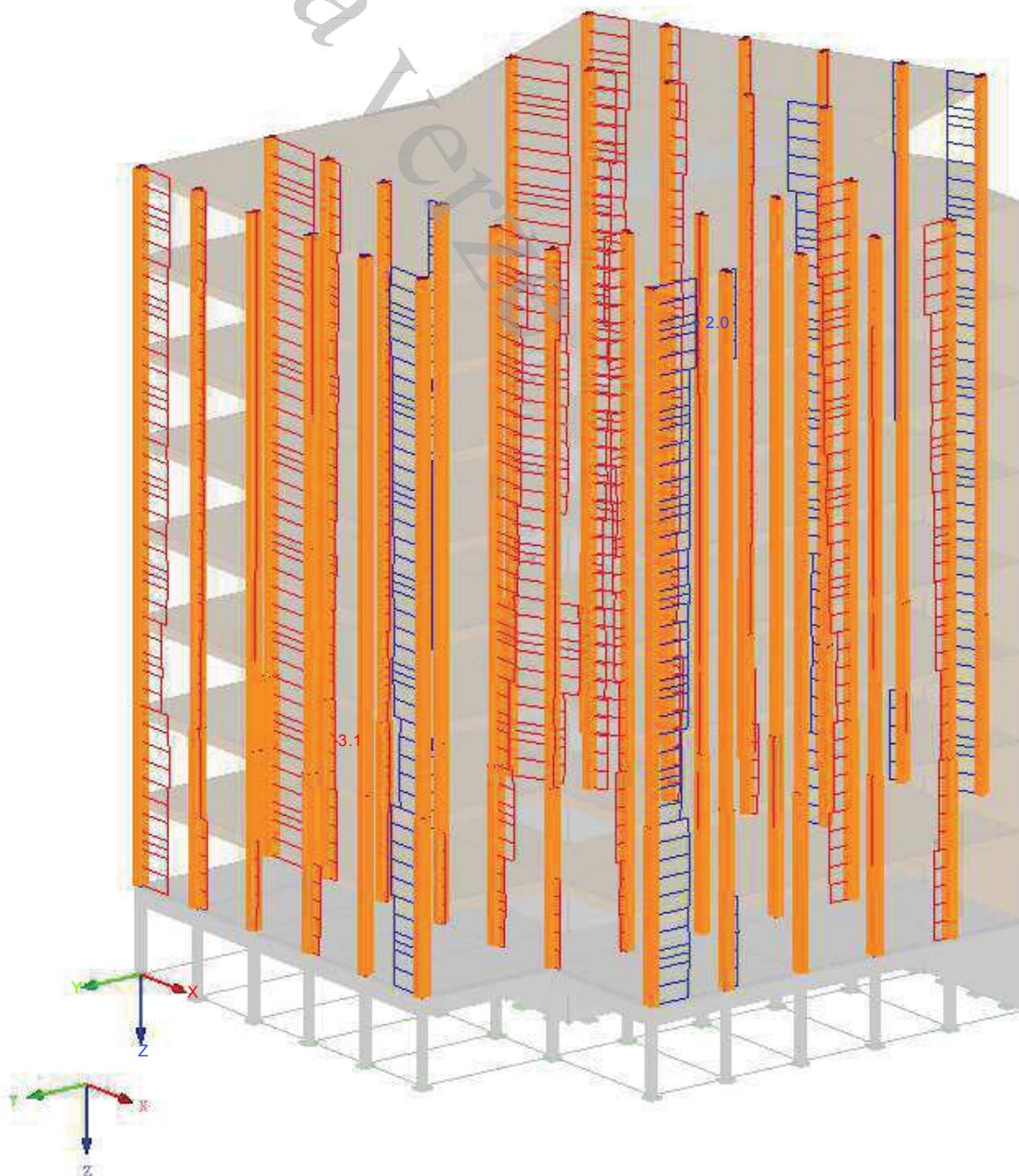
■ VNITŘNÍ SÍLY V_y

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

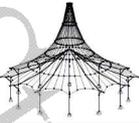
Pruty Vnitřní síly V_y

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max V_y : 2.0, Min V_y : -3.1 kN



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

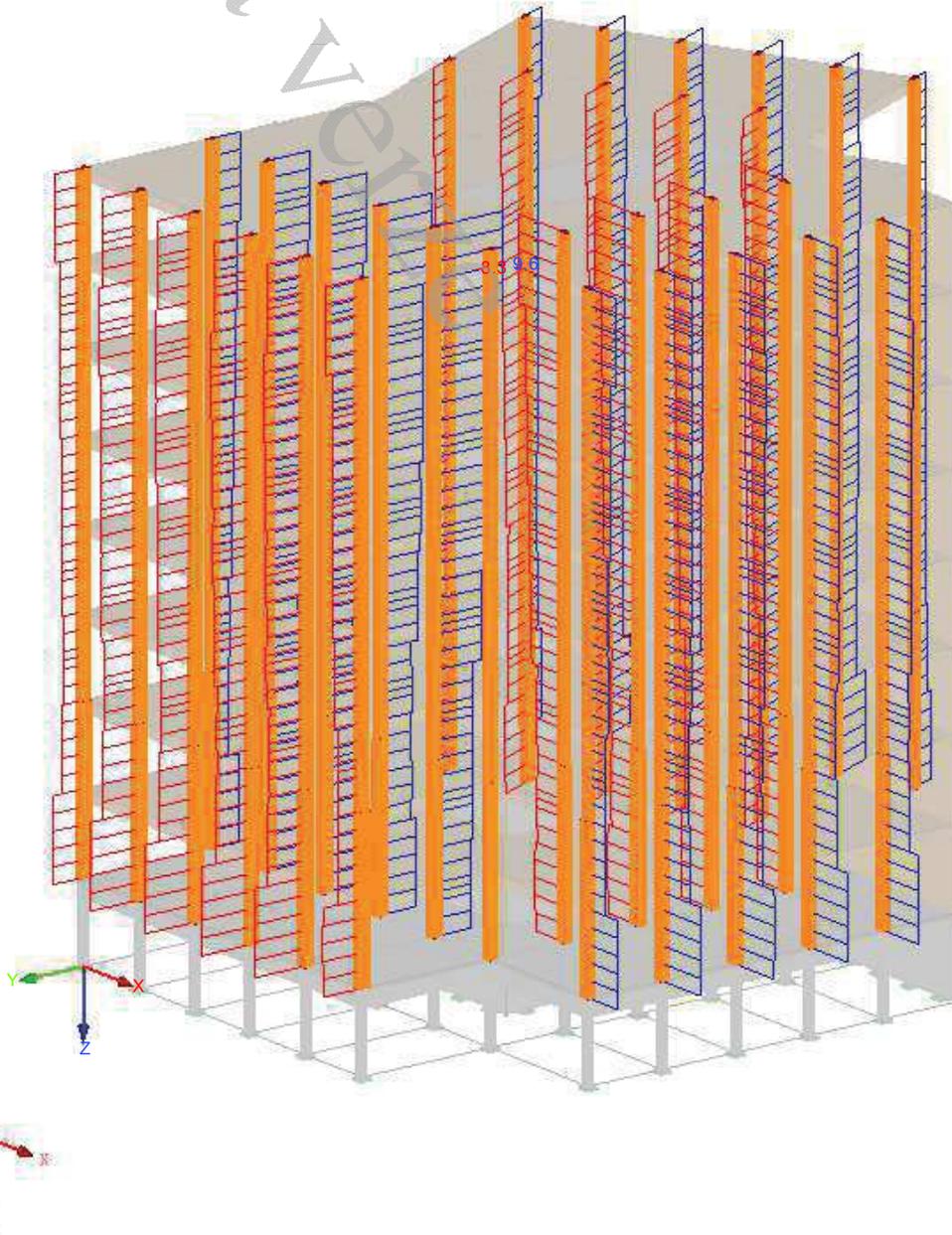
■ VNITŘNÍ SÍLY V_z

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

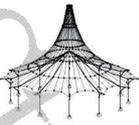
Pruty Vnitřní síly V-z

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max V-z: 9.6, Min V-z: -8.3 kN



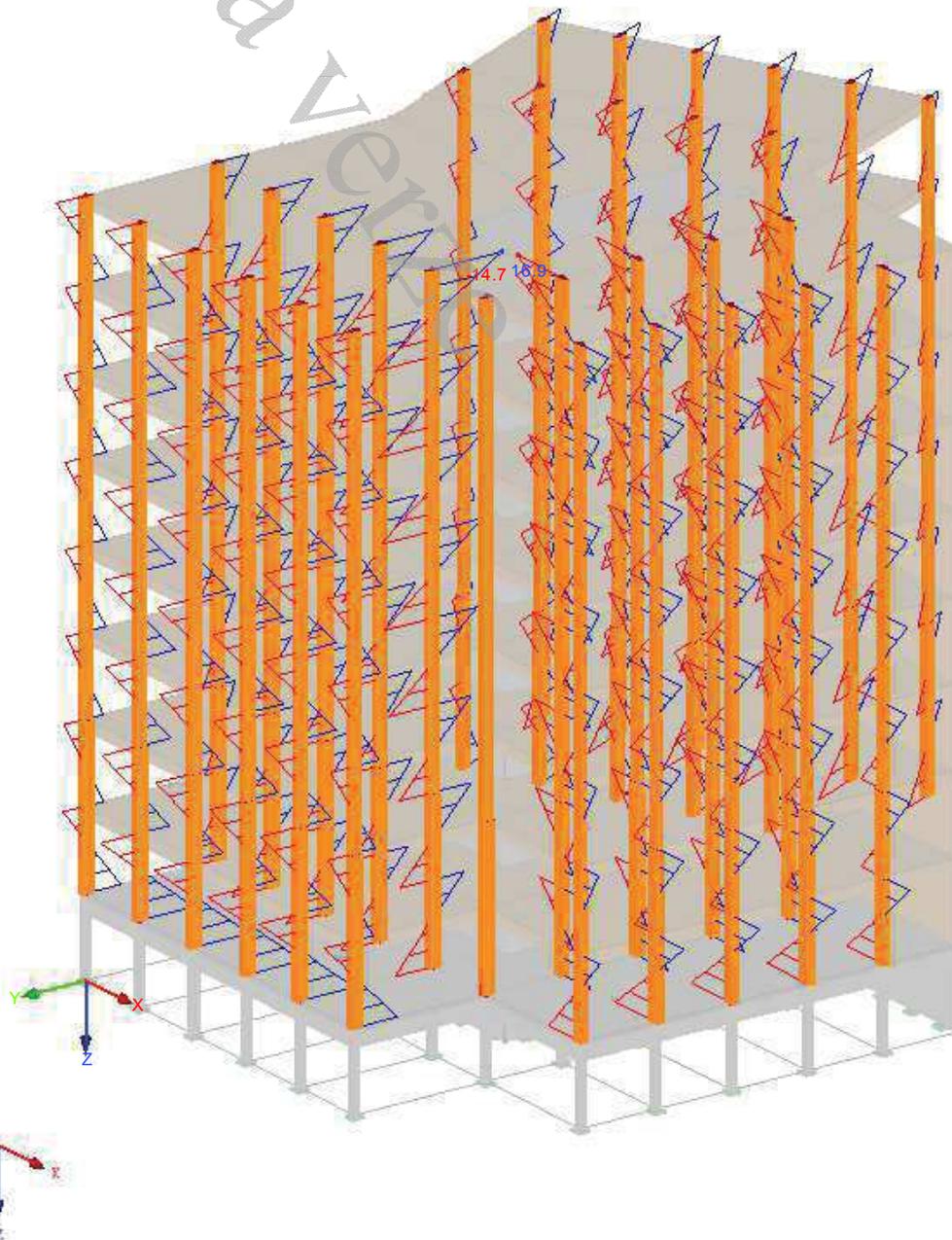
■ VNITŘNÍ SÍLY M_y

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

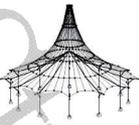
Pruty Vnitřní síly M_y

Kombinace výsledku: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max M_y : 16.9, Min M_y : -14.7 kNm



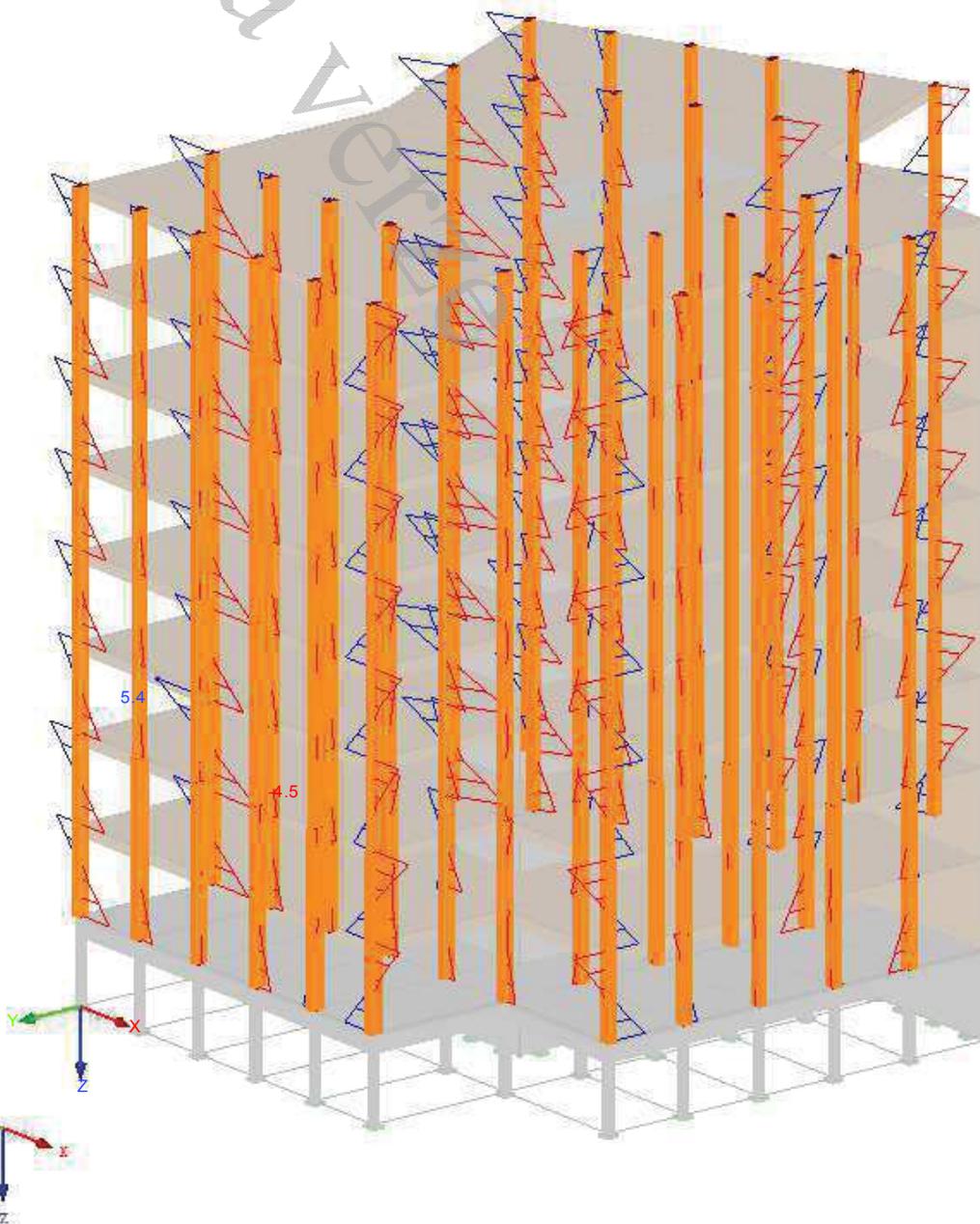
■ VNITŘNÍ SÍLY M_z

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

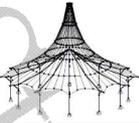
Pruty Vnitřní síly M-z

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max M-z: 5.4, Min M-z: -4.5 kNm



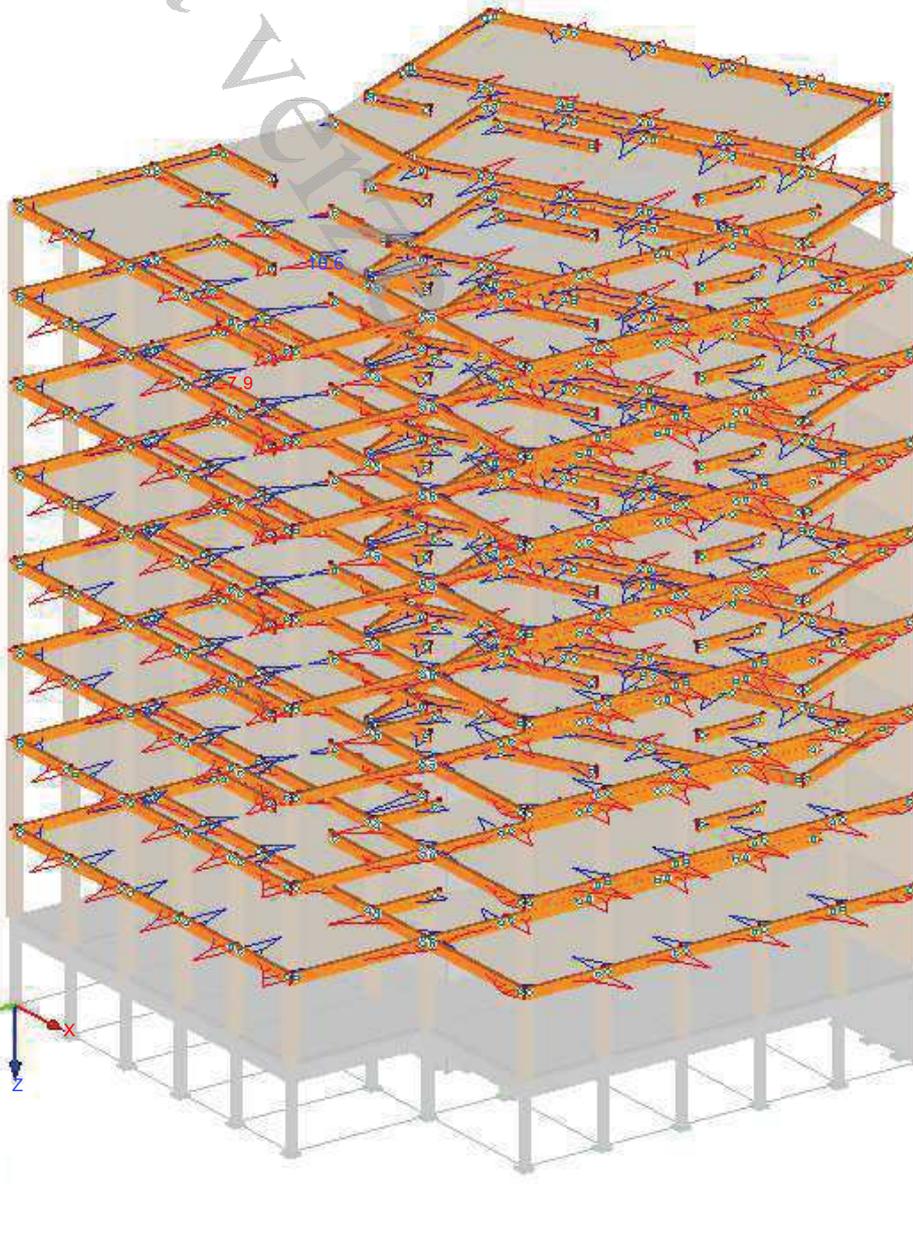
■ VNITŘNÍ SÍLY V_y

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

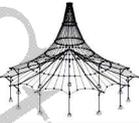
Pruty Vnitřní síly V_y

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max V_y : 10.6, Min V_y : -7.9 kN



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

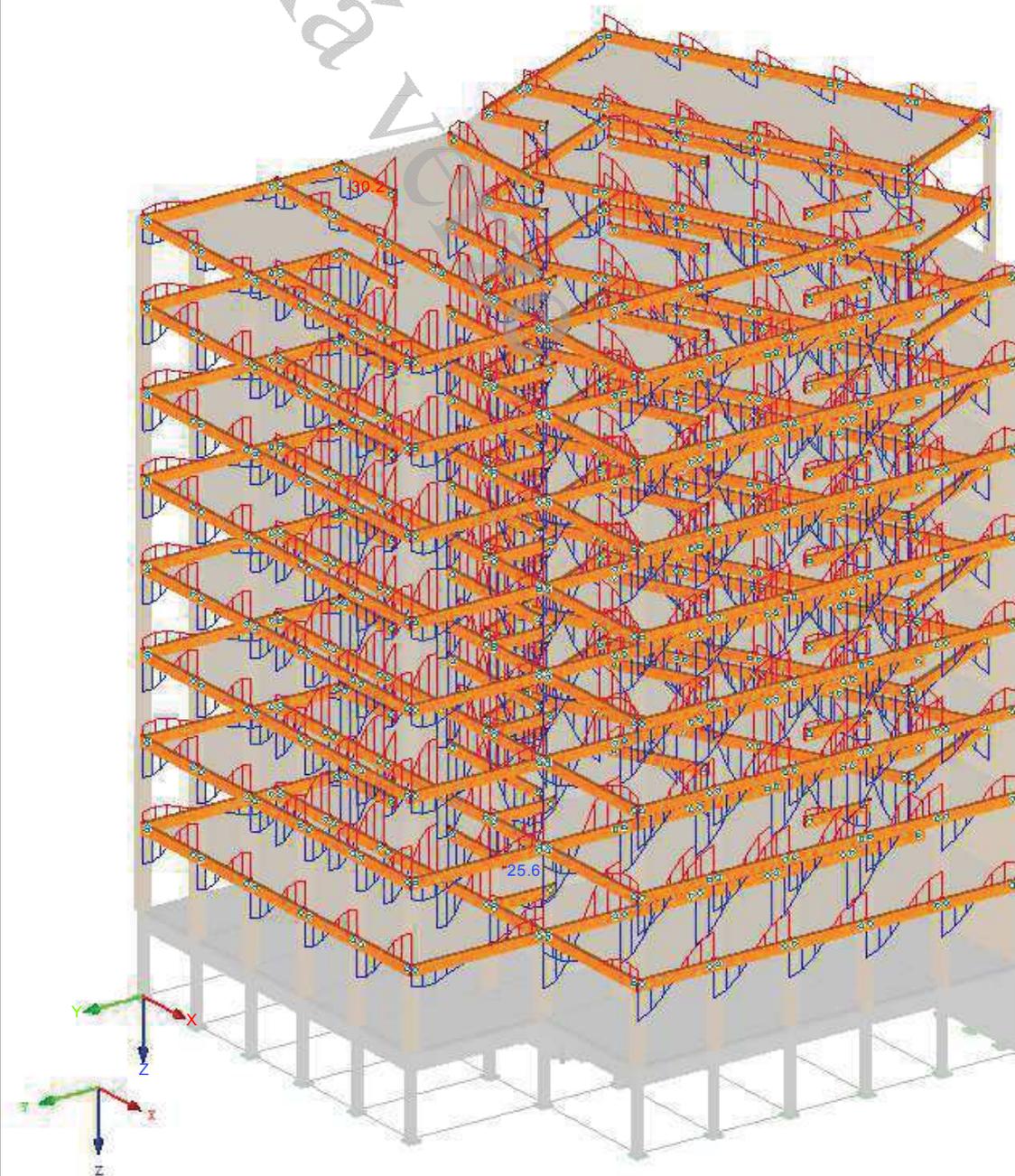
■ VNITŘNÍ SÍLY V_z

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

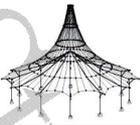
Pruty Vnitřní síly V-z

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max V-z: 25.6, Min V-z: -30.2 kN



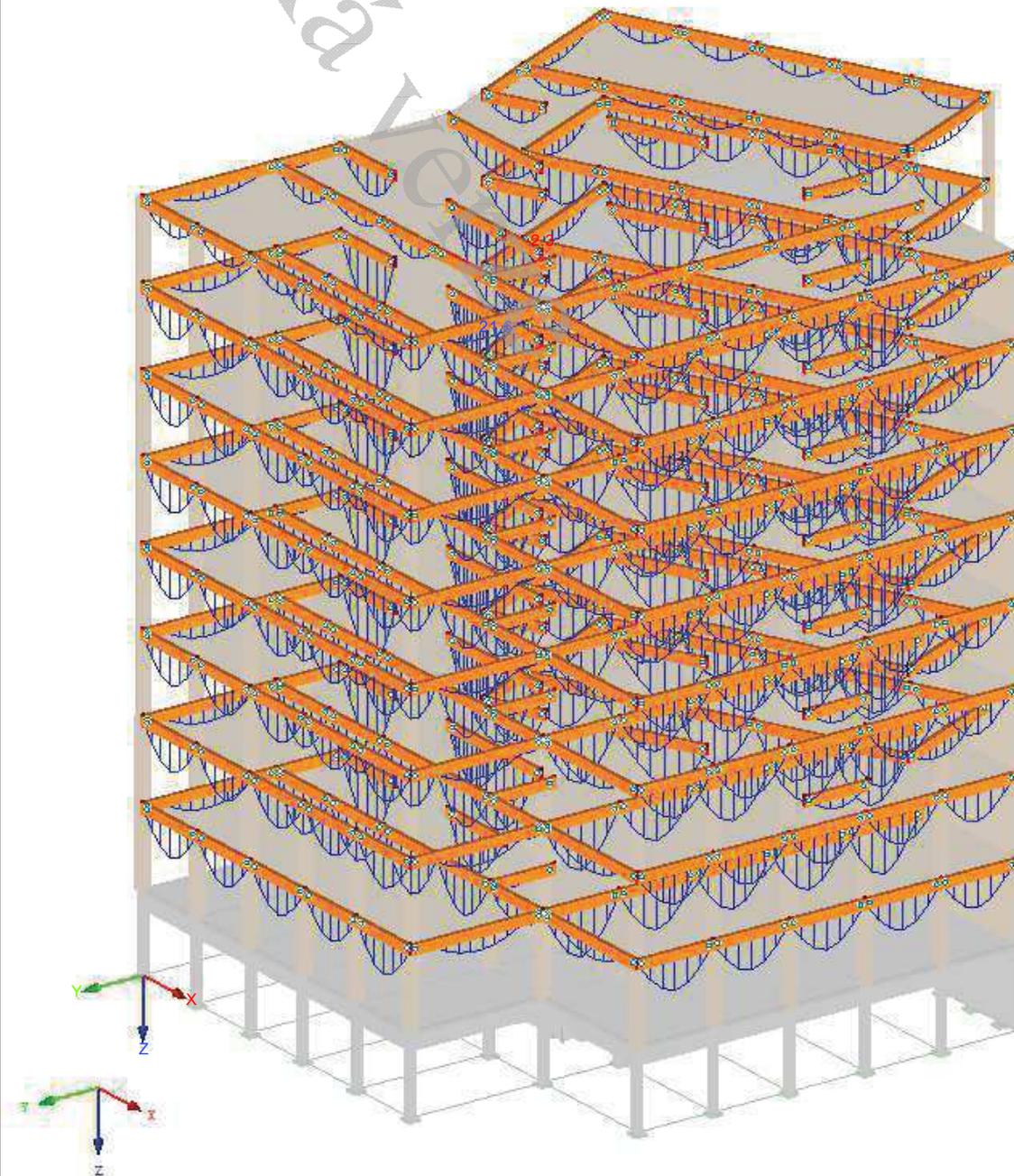
■ VNITŘNÍ SÍLY M_y

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

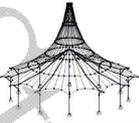
Pruty Vnitřní síly M_y

Kombinace výsledku: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max M_y : 21.6, Min M_y : -2.3 kNm



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

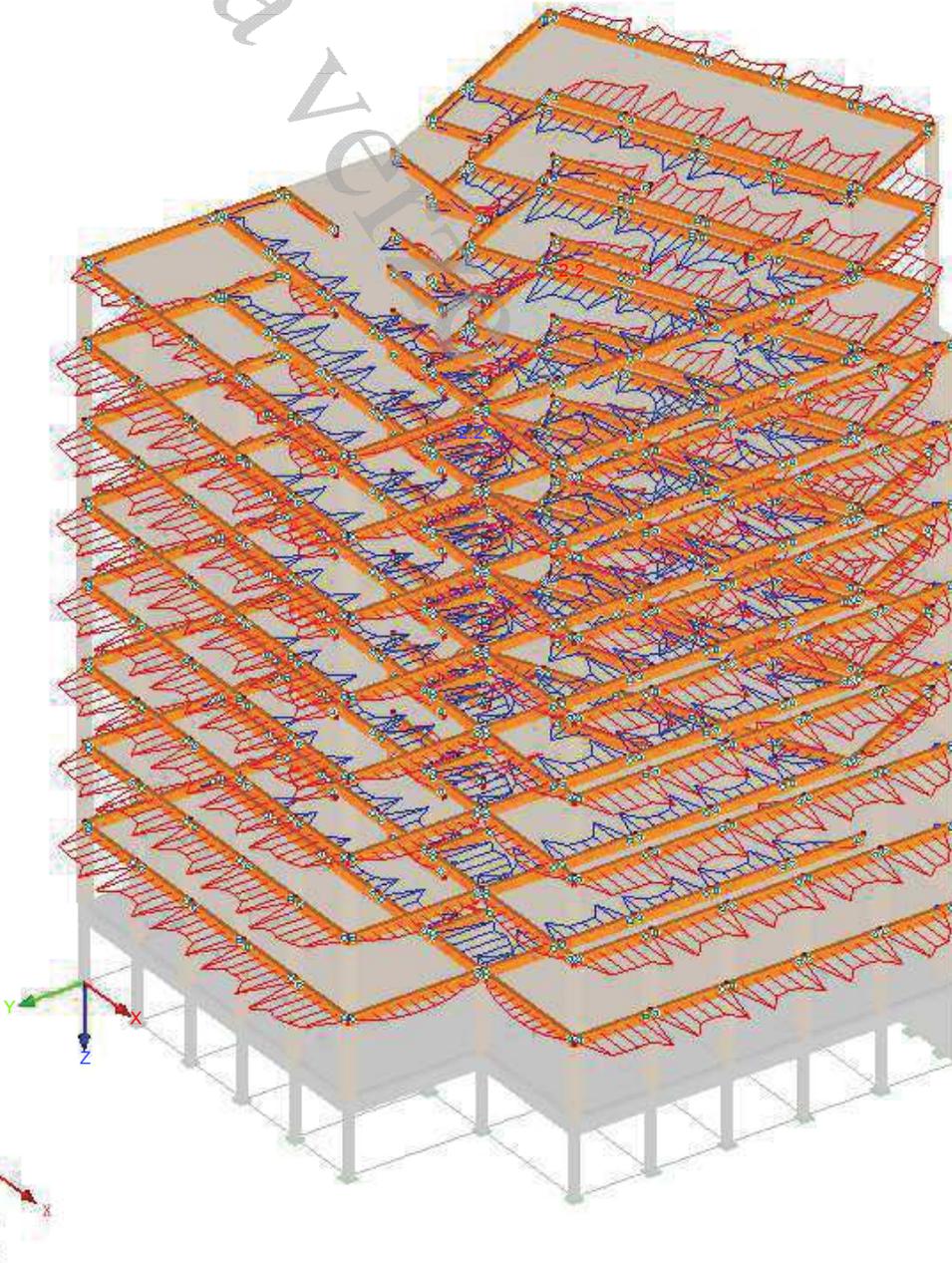
■ VNITŘNÍ SÍLY M_z

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Pruty Vnitřní síly M-z

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max M-z: 2.2, Min M-z: -2.2 kNm



Projekt: Diplomová práce
Koleje

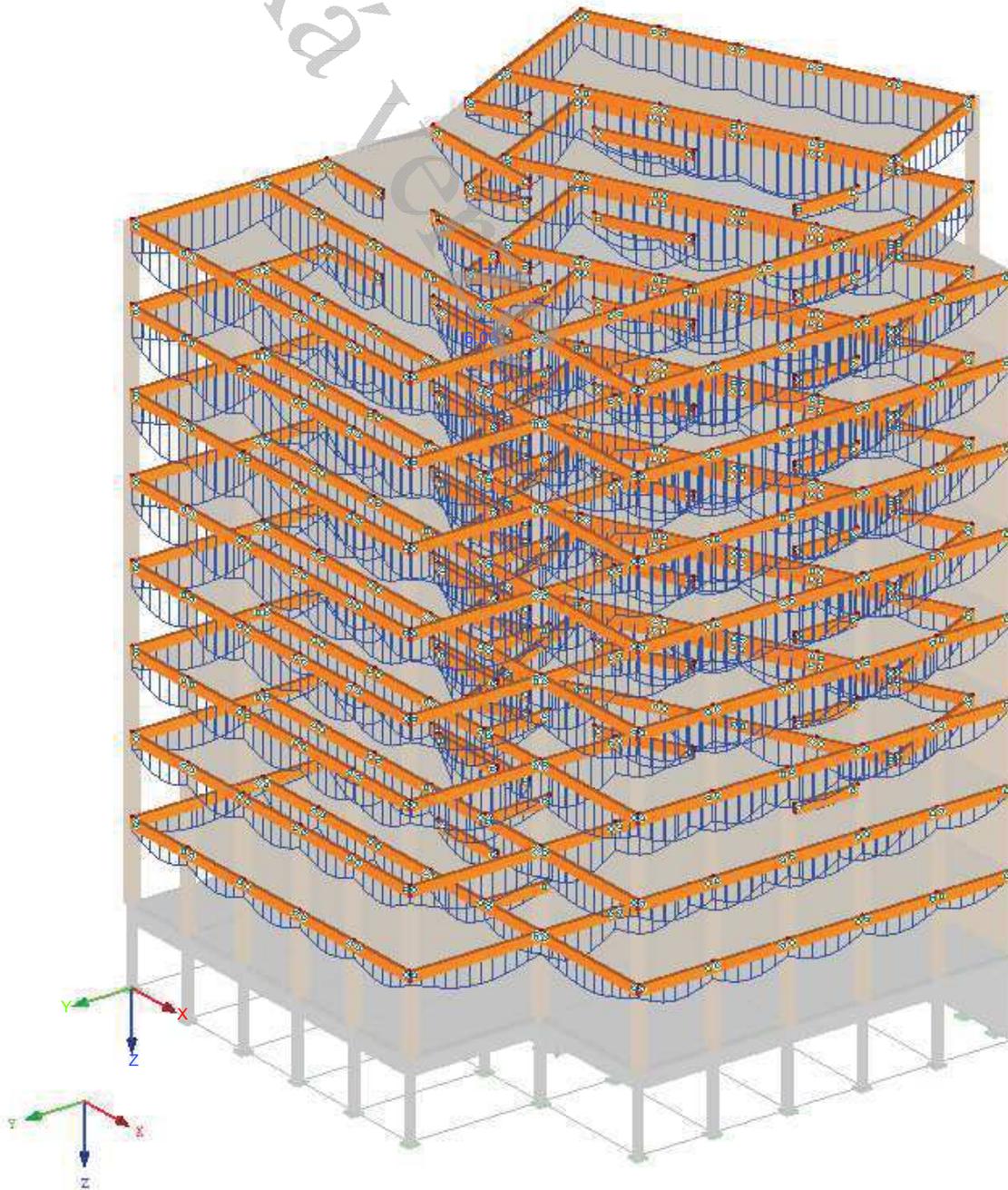
Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

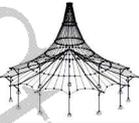
■ LOKÁLNÍ DEFORMACE u_z

KV 2: MSP - charakteristická
Pruty Lokální deformace u_z
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max u_z : 6.00, Min u_z : 0.00 mm



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

■ NÁVRHOVÉ HODNOTY $m_{y,D,+}$

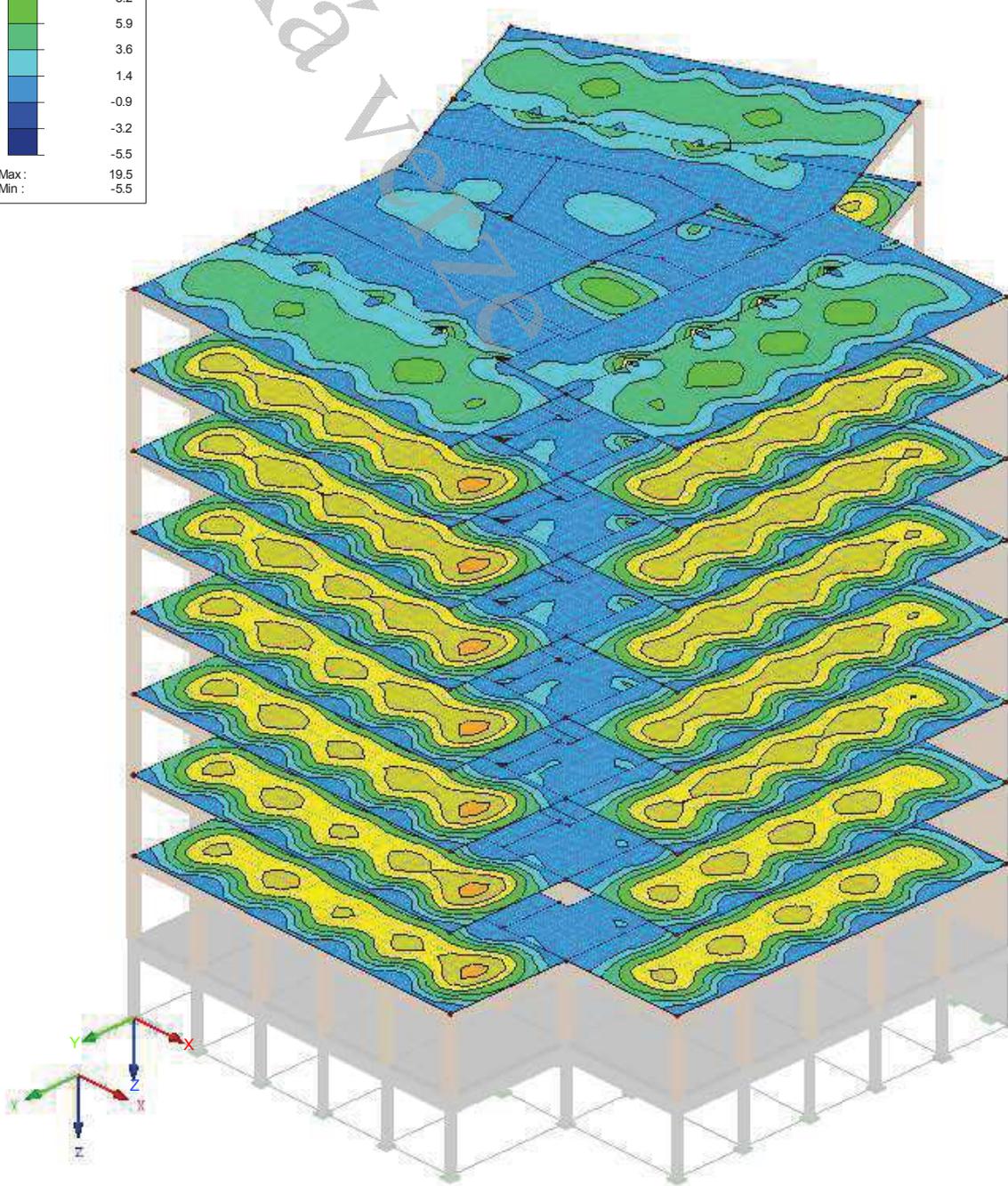
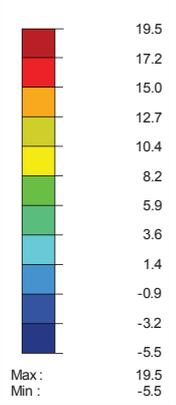
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,+}$

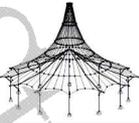
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie

Návrhové hodnoty
 $m_{y,D,+}$ [kNm/m]



Max $m_{y,D,+}$: 19.5, Min $m_{y,D,+}$: -5.5 kNm/m



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje

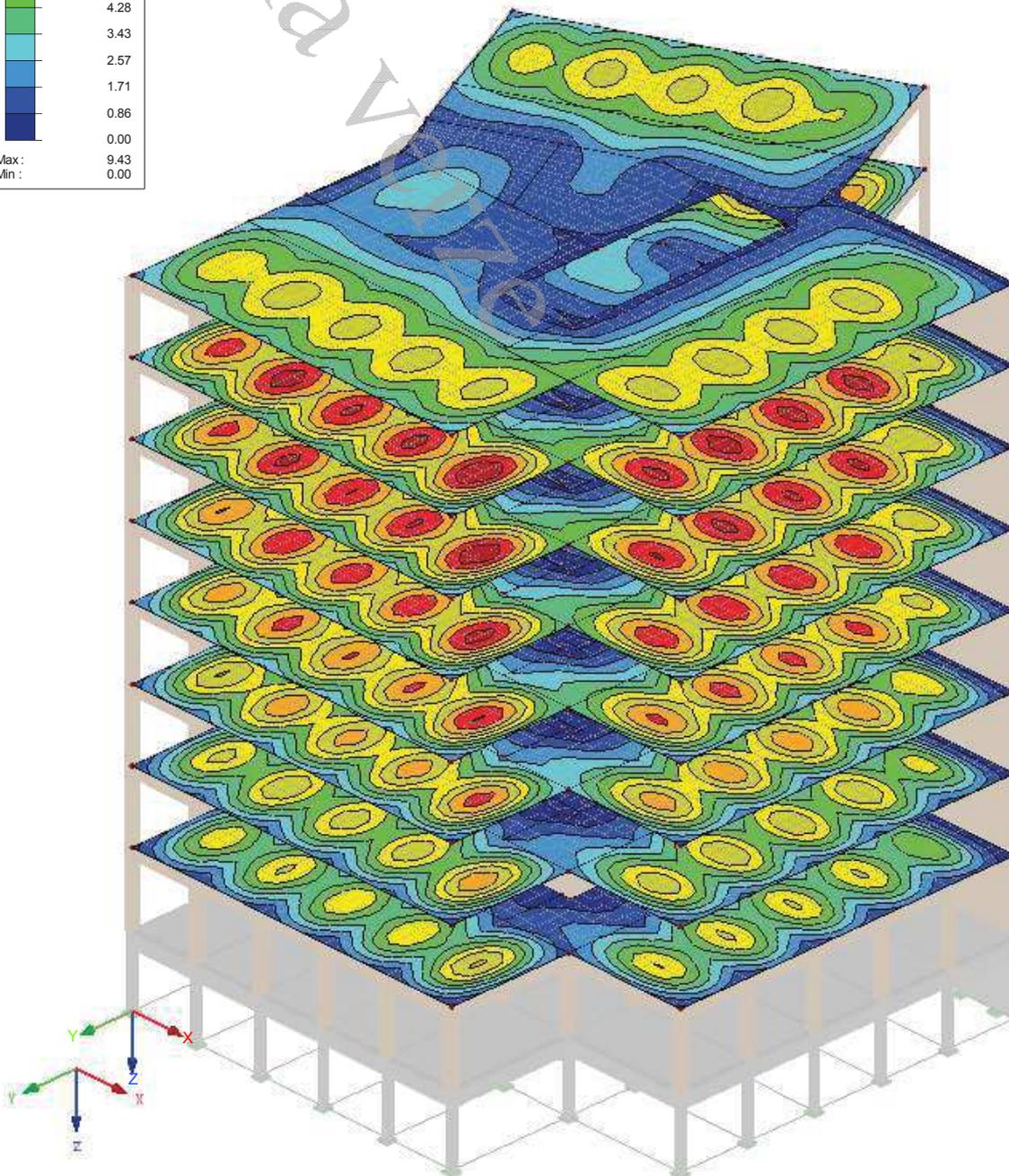
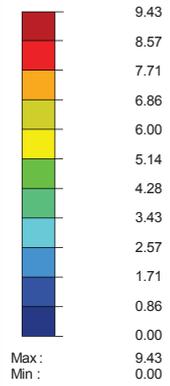
Datum: 18.5.2018

LOKÁLNÍ DEFORMACE u_z

KV 2: MSP - charakteristická
Plochy Lokální deformace u_z
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie

Lokální deformace
 u_z [mm]



Max u_z : 9.43, Min u_z : 0.00 mm



Projekt: Diplomová práce
Koleje

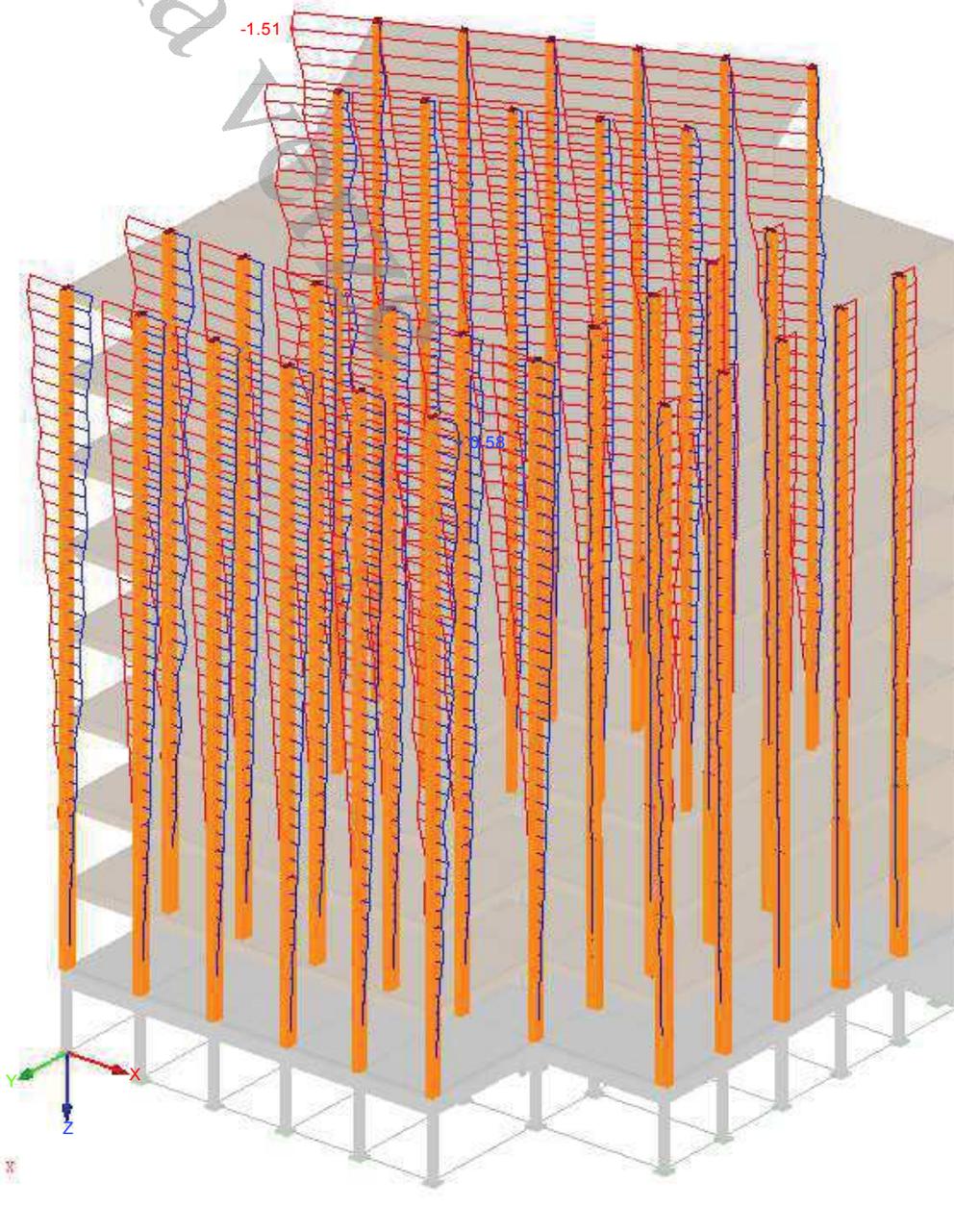
Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

LOKÁLNÍ DEFORMACE u_y

KV 2: MSP - charakteristická
Pruty Lokální deformace u_y
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max u_y : 0.58, Min u_y : -1.51 mm



Projekt: Diplomová práce
Koleje

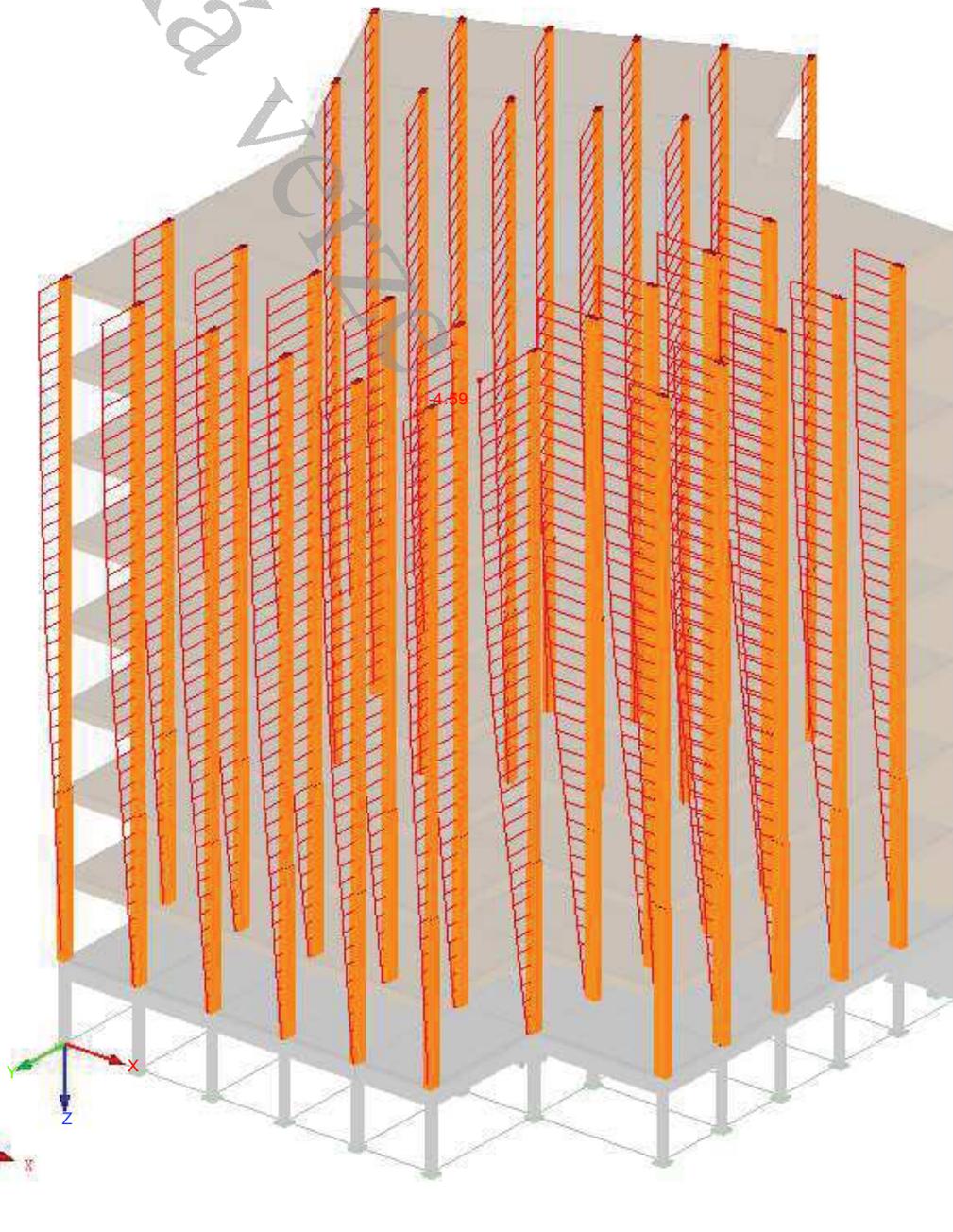
Model: Studentské koleje

Datum: 18.5.2018

■ LOKÁLNÍ DEFORMACE u_x

KV 2: MSP - charakteristická
Pruty Lokální deformace u_x
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max u_x : 0.00, Min u_x : -4.59 mm

ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Zatížení stálé a užité

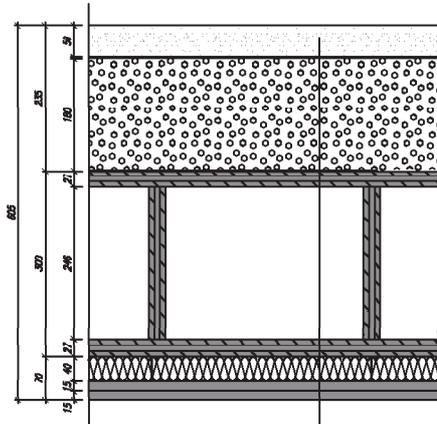
Zatížení stropní konstrukce					
skladba	tloušťka (m)	objem. hm. (kN/m ³)	gk (kN/m ²)	γ	gd (kN/m ²)
stálé					
<u>podlaha:</u>					
podlahový dílec farmacell	0,02	1,2	0,02	1,35	0,032
izolace steicotherm	0,01	1,6	0,02	1,35	0,022
betonová deska	0,04	24,0	0,96	1,35	1,296
izolace steicotherm	0,02	1,6	0,03	1,35	0,043
<u>strop:</u>					
horní deska novatop element	generováno programem				
vzduchová mezera	-	-	-	-	-
izolce steico protect	0,05	2,3	0,12	1,35	0,155
spodní deska novatop element	generováno programem				
<u>podhled:</u>					
izolce steico protect	0,04	2,3	0,09	1,35	0,124
sádrovláknitá deska farmacell	0,03	1,2	0,04	1,35	0,049
STÁLÉ CELKEM			1,28		1,721

užité			2,00	1,50	3,000
obytné plochy					
plochy kde může dojít ke shromažďování osob			3,00	1,50	4,500

Zatížení střešní konstrukce					
skladba	tloušťka (m)	objem. hm. (kN/m ³)	g _k (kN/m ²)	γ	g _d (kN/m ²)
stálé					
<u>střecha:</u>					
násyp	0,05	20,0	1,00	1,35	1,350
PVC hydroizolace	0,002	-	0,002	1,35	0,003
izolace EPS	0,18	0,4	0,07	1,35	0,097
parozábrana	0,003	-	0,008	1,35	0,011
<u>strop:</u>					
horní deska novatop element	generováno programem				
vzduchová mezera	-	-	-	-	-
spodní deska novatop element	generováno programem				
<u>podhled:</u>					
izolce steico protect	0,04	2,3	0,09	1,35	0,124
sádrovláknitá deska farmacell	0,03	1,2	0,04	1,35	0,049
STÁLÉ CELKEM			1,21		1,634

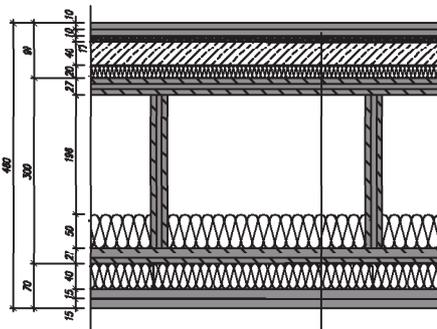
Zatížení fasáda					
skladba	tloušťka (m)	objem. hm. (kN/m ³)	g _k (kN/m ²)	γ	g _d (kN/m ²)
dřevěný obklad	0,03	5,00	0,15	1,35	0,203
OSB deska	0,01	6,00	0,06	1,35	0,081
tepelná izolace	0,22	1,50	0,33	1,35	0,446
OSB deska	0,01	6,00	0,06	1,35	0,081
sádrovláknitá deska farmacell	0,03	1,2	0,04	1,35	0,049
STÁLÉ CELKEM			0,64		0,9

SKLADBA STŘECHY



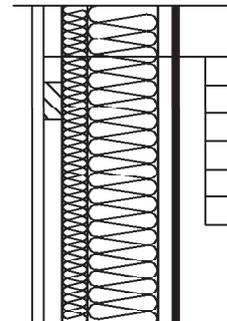
- NÁSYP TL. 50 MM
- PVC HYDROIZOLACE TL. 2 MM
- IZOLACE EPS TL. 180 MM
- PAROZÁBRANA TL. 3 MM
- HORNÍ DESKA NOVATOP ELEMENT TL. 27 MM
- VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 246 MM
- SPODNÍ DESKA NOVATOP ELEMENT TL. 27 MM
- IZOLACE STEICO PROTECT TL. 40 MM
- SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FARMACELL TL. 2x15 MM

SKLADBA STROPU



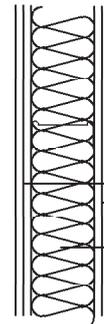
- PODLAHOVÝ DÍLEC FARMACELL TL. 2x10 MM
- IZOLACE STEICOTHERM TL. 10 MM
- BETONOVÁ DESKA TL. 40 MM
- IZOLACE STEICOTHERM TL. 20 MM
- HORNÍ DESKA NOVATOP ELEMENT TL. 27 MM
- VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 196 MM
- IZOLACE STEICO PROTECT TL. 50 MM
- SPODNÍ DESKA NOVATOP ELEMENT TL. 27 MM
- IZOLACE STEICO PROTECT TL. 40 MM
- SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FARMACELL TL. 2x15 MM

FASÁDA



- DŘEVĚNÝ OBKLAD TL. 30 mm
- PROVĚTRÁVANA VZDUCHOVÁ MEZERA
- DIFÚZNÍ FÓLIE + OSB DESKA
- MINERÁLNÍ TEPELNÁ IZOLACE IZOLACE TL. 220 mm
- + LATĚ
- DIFÚZNÍ FÓLIE + OSB DESKA
- ROŠT SD
- SÁDROVLÁKNITÁ DESKA TL. 15 mm

PŘÍČKA



- SÁDROVLÁKNITÁ DESKA KNAUF TL. 2x12,5 MM
- IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY

Zatížení sněhem

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$$

tvárový součinitel $\mu_i = 0,8$

součinitel expozice $C_e = 1$ (typ krajiny normální)

tepelný součinitel $C_t = 1$

charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 0,7 \text{ kNm}^{-2}$ (oblast I - mapa větrných oblastí)

Zatížení větrem

ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel směru větru $c_{dir} = 1$

součinitel ročního období $c_{season} = 1$

základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$ (oblast II - mapa větrných oblastí)

SOUČINITEL TERÉNU

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} = 0,23$$

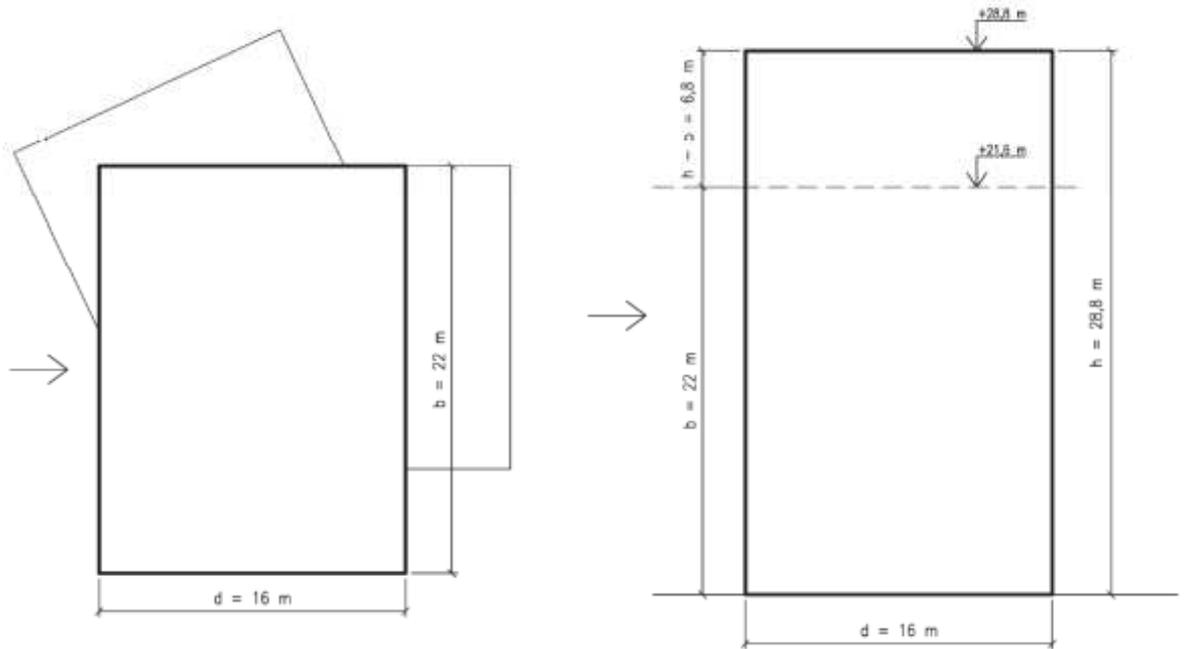
parametr drsnosti terénu kategorie II $z_{0,II} = 0,05$

parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$ (kategorie terénu IV)

Zatížení větrem v příčném směru

$$b < h < 2b$$

$$22 \text{ m} < 28,8 \text{ m} < 22 \cdot 2 = 44 \text{ m}$$



Zatížení ve výšce $z = 28,8$ m

SOUČINITEL DRSNOSTI

$$c_r(z = 28,8) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{28,8}{1}\right) = 0,79$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$10 \leq 28,8 \leq 200$$

kategorie terénu: IV

parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$

minimální výška $z_{min} = 10$ m

maximální výška $z_{max} = 200$ m

výška budovy $z = 28,8$ m

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z = 28,8) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,79 \cdot 1 \cdot 25 = 19,69 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel drsnosti $c_r(z = 28,8) = 0,79$

součinitel ortografie $c_o(z = 28,8) = 1$

základní rychlost větru $v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z = 28,8) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(28,8/1)} = 0,30 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel turbulence $k_1 = 1$

součinitel ortografie $c_o(z = 28,8) = 1$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z = 28,8) = [1 + 7 \cdot I_v(z = 28,8)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z = 28,8) = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,69^2 = 746,75 \text{ Nm}^{-2} = 0,747 \text{ kNm}^{-2}$$

intenzita turbulence $I_v(z = 28,8) = 0,30 \text{ ms}^{-1}$

měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$

střední rychlost větru $v_m(z = 28,8) = 19,69 \text{ ms}^{-1}$

VÝSLEDNÝ TLAK VĚTRU

$$w_e(z = 28,8) = q_p(z = 28,8) \cdot c_{pe} = 0,747 \cdot c_{pe}$$

maximální dynamický tlak $q_p(z = 28,8) = 0,747 \text{ kNm}^{-2}$

součinitel vnějšího tlaku c_{pe}

Zatížení ve výšce $z = 22 \text{ m}$

SOUČINITEL DRSNOSTI

$$c_r(z = 22) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{22}{1}\right) = 0,72$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$10 \leq 22 \leq 200$$

kategorie terénu: IV (viz. tab. Kategorie terénů a jejich parametry)

parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$

minimální výška $z_{min} = 10 \text{ m}$

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

výška budovy $z = 22 \text{ m}$

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z = 22) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,72 \cdot 1 \cdot 25 = 18,11 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel drsnosti $c_r(z = 22) = 0,72$

součinitel ortografie $c_o(z = 22) = 1$

základní rychlost větru $v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z = 16,1) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(22/1)} = 0,32 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel turbulence $k_1 = 1$

součinitel ortografie $c_o(z = 22) = 1$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z = 22) = [1 + 7 \cdot I_v(z = 22)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z = 22) = [1 + 7 \cdot 0,32] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,11^2 = 669,04 \text{ Nm}^{-2} = 0,669 \text{ kNm}^{-2}$$

intenzita turbulence $I_v(z = 22) = 0,32 \text{ ms}^{-1}$

měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$

střední rychlost větru $v_m(z = 22) = 18,11 \text{ ms}^{-1}$

VÝSLEDNÝ TLAK VĚTRU

$$w_e(z = 22) = q_p(z = 22) \cdot c_{pe} = 0,669 \cdot c_{pe}$$

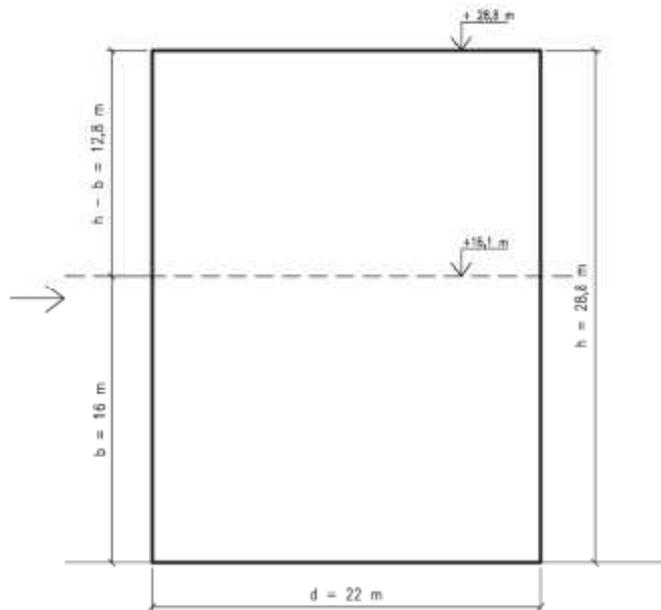
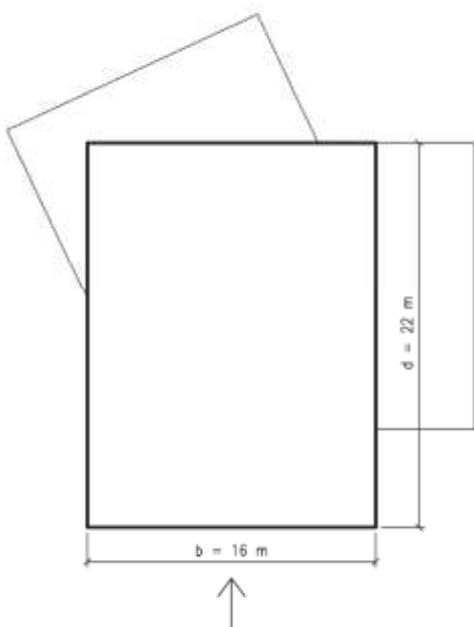
maximální dynamický tlak $q_p(z = 22) = 0,669 \text{ kNm}^{-2}$

součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$

Zatížení větrem v podélném směru

$$b < h < 2b$$

$$16 \text{ m} < 28,8 \text{ m} < 16 \cdot 2 = 32 \text{ m}$$



Zatížení ve výšce z = 28,8 m

SOUČINITEL DRSNOSTI

$$c_r(z = 28,8) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{28,8}{1}\right) = 0,79$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$10 \leq 28,8 \leq 200$$

kategorie terénu: IV

parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$

minimální výška $z_{min} = 10$ m

maximální výška $z_{max} = 200$ m

výška budovy $z = 28,8$ m

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z = 28,8) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,79 \cdot 1 \cdot 25 = 19,69 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel drsnosti $c_r(z = 28,8) = 0,79$

součinitel ortografie $c_o(z = 28,8) = 1$

základní rychlost větru $v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z = 28,8) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(28,8/1)} = 0,30 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel turbulence $k_1 = 1$

součinitel ortografie $c_o(z = 28,8) = 1$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z = 28,8) = [1 + 7 \cdot I_v(z = 28,8)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z = 28,8) = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot$$

$$0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,69^2 = 746,75 \text{ Nm}^{-2} = 0,747 \text{ kNm}^{-2}$$

intenzita turbulence $I_v(z = 28,8) = 0,30 \text{ ms}^{-1}$

měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$

střední rychlost větru $v_m(z = 28,8) = 19,69 \text{ ms}^{-1}$

VÝSLEDNÝ TLAK VĚTRU

$$w_e(z = 28,8) = q_p(z = 28,8) \cdot c_{pe} = 0,747 \cdot c_{pe}$$

maximální dynamický tlak $q_p(z = 28,8) = 0,747 \text{ kNm}^{-2}$

součinitel vnějšího tlaku c_{pe}

Zatížení ve výšce z = 16 m

SOUČINITEL DRSNOSTI

$$c_r(z = 16) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{16}{1}\right) = 0,65$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$10 \leq 16 \leq 200$$

kategorie terénu: IV

parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$

minimální výška $z_{min} = 10$ m

maximální výška $z_{max} = 200$ m

výška budovy $z = 16$ m

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z = 16) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,65 \cdot 1 \cdot 25 = 16,24 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel drsnosti $c_r(z = 16) = 0,65$

součinitel ortografie $c_o(z = 16) = 1$

základní rychlost větru $v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z = 16,1) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(16/1)} = 0,36 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel turbulence $k_1 = 1$

součinitel ortografie $c_o(z = 16) = 1$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z = 16) = [1 + 7 \cdot I_v(z = 16)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z = 16) = [1 + 7 \cdot 0,36] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 16,24^2 = 581,17 \text{ Nm}^{-2} = 0,581 \text{ kNm}^{-2}$$

intenzita turbulence $I_v(z = 16) = 0,36 \text{ ms}^{-1}$

měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$

střední rychlost větru $v_m(z = 16) = 16,24 \text{ ms}^{-1}$

VÝSLEDNÝ TLAK VĚTRU

$$w_e(z = 16) = q_p(z = 16) \cdot c_{pe} = 0,583 \cdot c_{pe}$$

maximální dynamický tlak $q_p(z = 16) = 0,583 \text{ kNm}^{-2}$

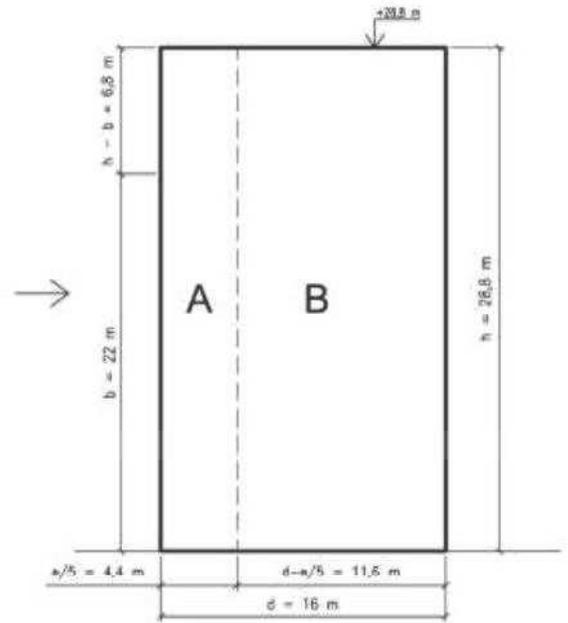
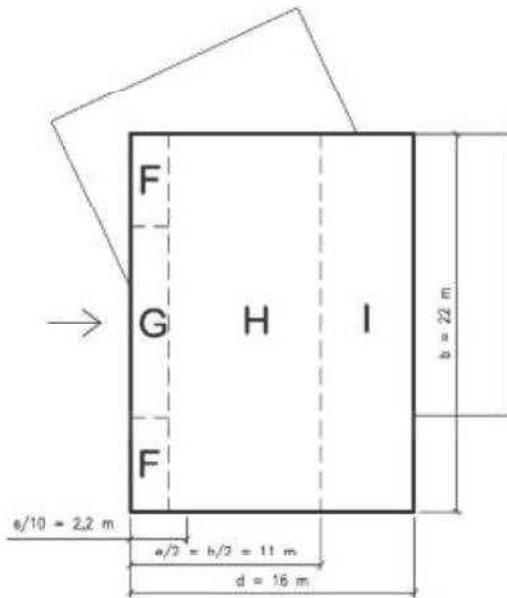
součinitel vnějšího tlaku c_{pe}

- výsledný tlak větru je vypočítán v tabulce Výsledná zatížení na oblasti

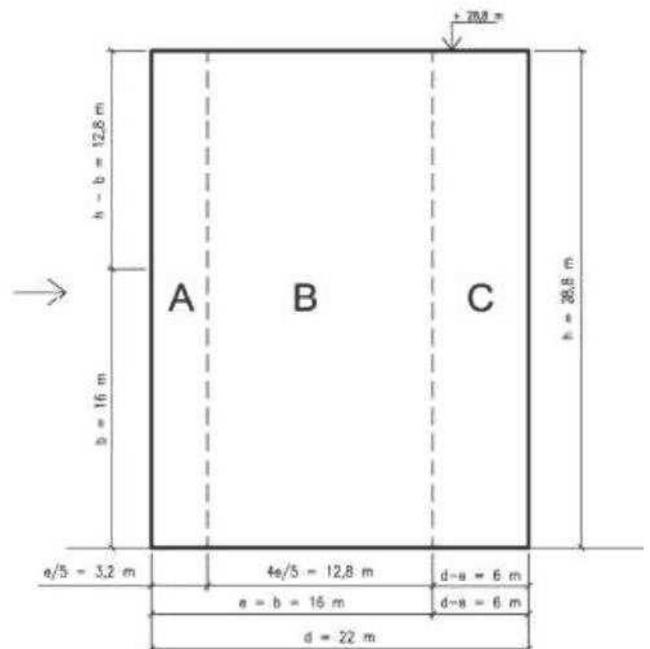
Zatížení na svislé stěny a plochou střechu

$$w_e(z) = q_p(z) \cdot c_{pe}$$

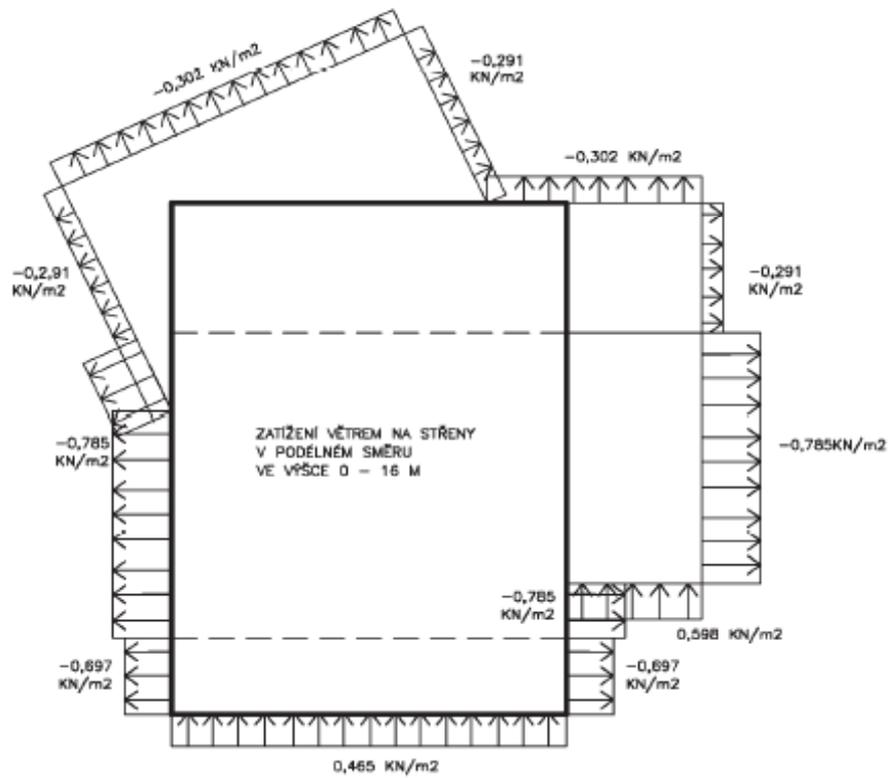
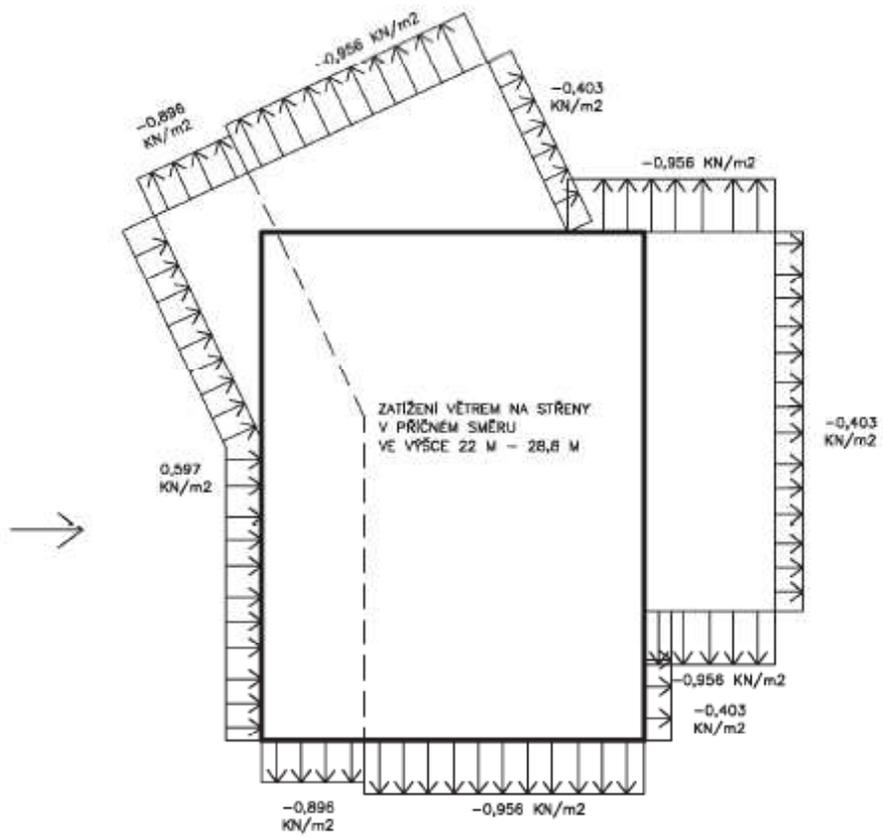
ZATÍŽENÍ VĚTREM V PŘÍČNÉM SMĚRU

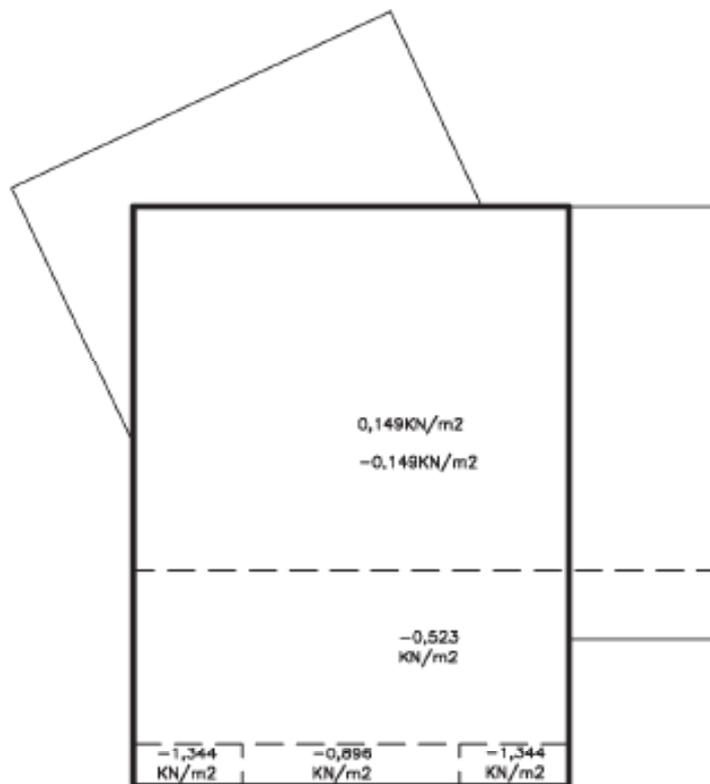
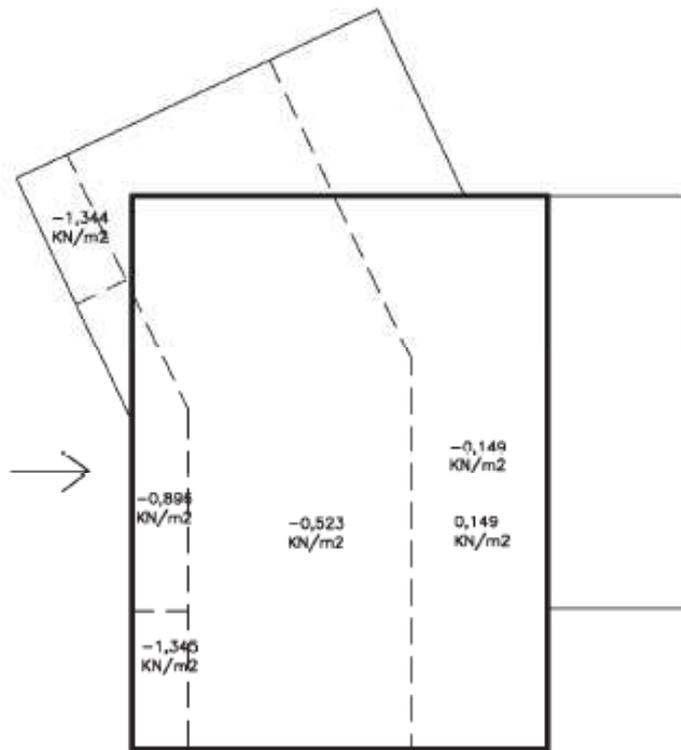


ZATÍŽENÍ VĚTREM V PODÉLNÉM SMĚRU



Výsledné zatížení na oblasti					
		oblast	$q_p(z)$ [kNm ⁻²]	$c_{pe,10}$ [-]	w_e [kNm ⁻²]
zatížení na stěny v příčném směru	ve výšce 22 m	A	0,669	-1,2	-0,803
		B		-1,28	-0,856
		D		0,8	0,535
		E		-0,54	-0,361
	ve výšce 28,8 m	A	0,747	-1,2	-0,896
		B		-1,28	-0,956
		D		0,8	0,597
		E		-0,54	-0,403
zatížení na stěny v podélném směru	ve výšce 16 m	A	0,581	-1,2	-0,697
		B		-1,35	-0,785
		C		-0,5	-0,291
		D		0,8	0,465
		E		-0,52	-0,302
	ve výšce 28,8 m	A	0,747	-1,2	-0,896
		B		-1,35	-1,008
		C		-0,5	-0,373
		D		0,8	0,597
		E		-0,52	-0,388
zatížení na střechu v příčném směru		F	0,747	-1,8	-1,344
		G		-1,2	-0,896
		H		-0,7	-0,523
		I		-0,2	-0,149
				0,2	0,149
zatížení na střechu v podélném směru		F	0,747	-1,8	-1,344
		G		-1,2	-0,896
		H		-0,7	-0,523
		I		-0,2	-0,149
				0,2	0,149





POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE

STROPNÍ PANEL

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,0,k} = 20,3 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost ve smyku

$$f_{v,k} = 3,0 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{20,3}{1,3} = 10,9 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,0}{1,3} = 1,6 \text{ MPa}$$

SOUČiniteLE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,3$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

ZATÍŽENÍ:

$$M_{y,Ed} = 13,6 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 9,8 \text{ kN}$$

PRŮHYB:

$$u_z = 8,6 \text{ mm}$$

PRŮŘEZ: Nosník NOVATOP ELEMENT

$h = 300 \text{ mm}$

$I_{eff} = 3,01 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

$z = 150 \text{ mm}$

$S_1 = 1,07 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

POSOUZENÍ V OHYBU

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{I_{eff}} \cdot z = \frac{13,5 \cdot 10^6}{3,01 \cdot 10^8} \cdot 150 = 6,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,8}{10,9} \leq 1$$

$$0,62 \leq 1$$

NOSNÍK VYHOVUJE NA OHYB

POSOUZENÍ VE SMYKU

$$\tau_{v,d} = \frac{V_{Ed} \cdot S_1}{I_{eff} \cdot t} = \frac{9,8 \cdot 10^3 \cdot 1,07 \cdot 10^6}{3,01 \cdot 10^8 \cdot 27} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,3}{1,6} \leq 1$$

$$0,81 \leq 1$$

NOSNÍK VYHOVUJE NA SMYK

POSOUZENÍ PRŮHYBU:

$$u \leq u_{lim} = \frac{l}{300}$$

$$0,009 \text{ m} \leq \frac{5,5}{300} = 0,018 \text{ m}$$

$$0,009 \text{ m} < 0,018 \text{ m}$$

NOSNÍK VYHOVUJE NA PRŮHYB

PRŮVLAK

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v kroucení

$$f_{tor,d} = k_{shape} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 1,25 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 2,7 \text{ MPa}$$

SOUČINITELE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,25$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

součinitel $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy

součinitel $k_{cr} = 0,67$ pro lepené lamelové dřevo

součinitel $k_{shape} = \left(1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b}\right) = \left(1 + 0,15 \cdot \frac{400}{240}\right) = 1,25$

součinitel $k_{shape} = 0,24$

ZATÍŽENÍ:

$$M_{y,Ed} = 15,3 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 41,7 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = 8,2 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 15,3 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 51,8 \text{ kN}$$

PRŮHYB:

$$u_z = 6,0 \text{ mm}$$

PRŮŘEZ PRŮVLAKU: 240 x 400 mm

$$A = 0,096 \text{ m}^2$$

$$W_y = 0,00384 \text{ m}^3$$

$$W_z = 0,0064 \text{ m}^3$$

$$I_y = 0,0013 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,0005 \text{ m}^4$$

$$i_y = 0,1155 \text{ m}$$

$$i_z = 0,069 \text{ m}$$

POSOUZENÍ V OHYBU:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{15,3}{0,00384} = 3984 \text{ kPa} = 3,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{41,7}{0,0064} = 6515,6 \text{ kPa} = 6,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,99}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{6,52}{13,44} \leq 1$$

$$0,65 \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,7 \cdot \frac{3,99}{13,44} + \frac{6,52}{13,44} \leq 1$$

$$0,7 < 1$$

PRŮVLAK VYHOVUJE NA OHYB

POSOUZENÍ V KROUCENÍ:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{x,Ed}}{k_{tor} \cdot h \cdot b^2} = \frac{8,2}{0,24 \cdot 0,4 \cdot 0,24^2} = 1482,9 \text{ kPa} = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,5}{2,7} \leq 1$$

$$0,55 < 1$$

PRŮVLAK VYHOVUJE NA KROUCENÍ

POSOUZENÍ VE SMYKU:

$$A_{eff} = k_{cr} \cdot A = 0,67 \cdot 0,096 = 0,0643 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d,z} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,z}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{51,8}{0,0643} = 1208,4 \text{ kPa} = 1,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,y}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{15,3}{0,0643} = 356,9 \text{ kPa} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{v,d,z}^2 + \tau_{v,d,y}^2} = \sqrt{1,21^2 + 0,36^2} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,26}{1,94} \leq 1$$

$$0,65 < 1$$

PRŮVLAK VYHOVUJE NA SMYK

POSOUZENÍ PRŮHYBU:

$$u \leq u_{lim} = \frac{l}{300}$$

$$0,006 \text{ m} \leq \frac{5,3}{300} = 0,0177 \text{ m}$$

$$0,0089 \text{ m} < 0,0177 \text{ m}$$

PRŮVLAK VYHOVUJE NA PRŮHYB

SLOUP 2NP A 3NP - VNITŘNÍ SLOUP

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost ve smyku za ohybu

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

SOUČINITELE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,25$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

součinitel $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy

součinitel $\beta_c = 0,1$ pro lepené lamelové dřevo

SPOJOVACÍ HMOŽDÍK

$d_c = 90 \text{ mm}$

$h_e = 8 \text{ mm}$

$s = 300 \text{ mm}$

svorník

$d = 10$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 547,3 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,0 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,6 \text{ kN}$$

PRŮŘEZ SLOUPU: 320 x 500 mm

$$b_1 = b_2 = 0,16 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,00333 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000341 \text{ m}^4$$

$$w_y = 0,0133 \text{ m}^3$$

$$w_z = 0,00427 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,144 \text{ m}^3$$

OHYBOVÁ TUHOST SPŘAŽENÉHO PRŮŘEZU

$$A_1 = (b_1) \cdot h = 0,16 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,16 \cdot 0,5^3 = 0,00171 \text{ m}^4$$

$$a_1 = \frac{b_1}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ m}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho_K \cdot d}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{380 \cdot 90}{2} = 11\,400 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A \cdot s}{K \cdot l^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,3}{11\,400 \cdot 3,2^2}} = 0,05$$

$$EI_{eff} = \sum_{i=1}^n (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = (9400 \cdot 0,00171 + 0,05 \cdot 9400 \cdot 0,16 \cdot 0,08^2) \cdot 2$$

$$= 3,96 \text{ MNm}^2$$

$$I_{eff} = 0,00039 \text{ m}^4$$

$$i_z = 0,049 \text{ m}^3$$

POSOUZENÍ SLOUPU

vybočení ve směru y

$$L_{cr,y} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1,75}{0,144} = 11,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{11,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,148$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,148 - 0,3) + 0,148^2)$$

$$= 0,503$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,503 + \sqrt{0,503^2 - 0,148^2}} = 1,36 \right.$$

$$k_{c,y} = 1$$

vybočení ve směru z

$$L_{cr,z} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_y} = \frac{1,75}{0,049} = 32,65 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{32,65}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,435$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,435 - 0,3) + 0,435^2) \\ = 0,601$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,601 + \sqrt{0,601^2 - 0,435^2}} = 1,29 \right.$$

$$k_{c,z} = 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{547,3}{0,16} = 3420,6 \text{ kPa} = 3,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{1,4}{0,0133} = 105,3 \text{ kPa} = 0,105 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot M_{Ed,z}}{EI_{eff}} + \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot b_1 \cdot M_{Ed,z}}{EI_{eff}} \\ = \frac{0,05 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{3,96} + \frac{0,5 \cdot 9400 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 10^3}{3,96} = 189,9 \text{ kPa}$$

$$= 0,19 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,42}{1 \cdot 13,44} + \frac{0,105}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,189}{13,44} \leq 1$$

$$0,27 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,42}{1 \cdot 13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,105}{13,44} + \frac{0,189}{13,44} \leq 1$$

$$0,27 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA KOMBINACI TLAKU A OHYBU

POSOUZENÍ VE SMYKU:

$$A_{eff} = k_{cr} \cdot A = 0,67 \cdot 0,16 = 0,107 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d,z} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,z}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,6}{0,107} = 8,4 \text{ kPa} = 0,084 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot A_1 \cdot V_{Ed,y}}{b_1 \cdot EI_{eff}} = \frac{0,05 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,08 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{0,16 \cdot 3,96} = 0,0042 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{v,d,z}^2 + \tau_{v,d,y}^2} = \sqrt{0,084^2 + 0,002^2} = 0,009 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,009}{1,94} \leq 1$$

$$0,01 \leq 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA SMYK

POSOUZENÍ SPOJOVACÍHO PROSTŘEDKU

$$k_1 = \min \left\{ \frac{1}{3 \cdot h_e} = \frac{1}{3 \cdot 8} = 0,0417; \frac{1}{5 \cdot h_e} = \frac{1}{5 \cdot 8} = 0,025 \right\} = 0,025$$

$$a_{3,t} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot d_c}{7 \cdot d} = \frac{1,5 \cdot 90}{7 \cdot 10} = 1,93; \frac{1,5 \cdot 90}{80} = 1,69 \right\} = 1,93$$

$$k_2 = \min \left\{ \frac{1}{2 \cdot d_c} = \frac{1}{2 \cdot 90} = 0,0056; \frac{1}{2 \cdot 90} = 0,0056 \right\} = 0,0056$$

$$k_3 = \min \left\{ \frac{1,5}{350} = 0,0043; \frac{1,5}{425} = 0,0035 \right\} = 0,0035$$

ODOLNOST JEDNOHO PRVKU SPŘAŽENÍ

$$F_{v,Rk} = 25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} = 25 \cdot 0,025 \cdot 0,0056 \cdot 0,0035 \cdot 90^{1,5} = 19370 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{19370}{1,25} = 13946 \text{ N}$$

NAMÁHÁNÍ V JEDNOM PRVKU SPŘAŽENÍ

$$F_1 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot \alpha_1 \cdot A_1 \cdot s_1 \cdot V_{Ed,y}}{EI_{eff}} = \frac{0,05 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,08 \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot 10^3}{3,96} = 136,7 \text{ N}$$

$$\frac{F_1}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{136,7}{13946} \leq 1$$

$$0,01 \leq 1$$

SPŘAŽOVACÍ PROSTŘEDEK VYHOVUJE

SLOUP 2NP A 3NP - VNĚJŠÍ SLOUP

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost ve smyku za ohybu

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

SOUČiniteLE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,25$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

součinitel $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy

součinitel $\beta_c = 0,1$ pro lepené lamelové dřevo

SPOJOVACÍ HMOŽDÍK

$d_c = 90 \text{ mm}$

$h_e = 8 \text{ mm}$

$s = 300 \text{ mm}$

svorník

$d = 10$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 372,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 13,5 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,6 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,3 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 7,2 \text{ kN}$$

PRŮŘEZ SLOUPU: 320 x 500 mm

$$b_1 = b_2 = 0,16 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,00333 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000341 \text{ m}^4$$

$$w_y = 0,0133 \text{ m}^3$$

$$w_z = 0,00427 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,144 \text{ m}^3$$

OHYBOVÁ TUHOST SPŘAŽENÉHO PRŮŘEZU

$$A_1 = (b_1) \cdot h = 0,16 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,16 \cdot 0,5^3 = 0,00171 \text{ m}^4$$

$$a_1 = \frac{b_1}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ m}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho_K \cdot d}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{380 \cdot 90}{2} = 11\,400 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A \cdot s}{K \cdot l^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,3}{11\,400 \cdot 3,2^2}} = 0,05$$

$$EI_{eff} = \sum_{i=1}^n (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = (9400 \cdot 0,00171 + 0,05 \cdot 9400 \cdot 0,16 \cdot 0,08^2) \cdot 2$$
$$= 3,96 \text{ MNm}^2$$

$$I_{eff} = 0,00039 \text{ m}^4$$

$$i_z = 0,049 \text{ m}^3$$

POSOUZENÍ SLOUPU

vybočení ve směru y

$$L_{cr,y} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1,75}{0,144} = 11,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{11,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,148$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,148 - 0,3) + 0,148^2) \\ = 0,503$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,503 + \sqrt{0,503^2 - 0,148^2}} = 1,36 \right.$$

$$k_{c,y} = 1$$

vybočení ve směru z

$$L_{cr,z} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_y} = \frac{1,75}{0,049} = 32,65 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{32,65}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,435$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,435 - 0,3) + 0,435^2) \\ = 0,601$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,601 + \sqrt{0,601^2 - 0,435^2}} = 1,29 \right.$$

$$k_{c,z} = 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{372,5}{0,16} = 2328,1 \text{ kPa} = 2,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{13,5}{0,0133} = 1015,04 \text{ kPa} = 1,015 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &= \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot M_{Ed,z}}{EI_{eff}} + \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot b_1 \cdot M_{Ed,z}}{EI_{eff}} \\ &= \frac{0,05 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{3,96} + \frac{0,5 \cdot 9400 \cdot 160 \cdot 0,6 \cdot 10^3}{3,96} \\ &= 113,95 \text{ kPa} = 0,114 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,33}{1 \cdot 13,44} + \frac{1,015}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,114}{13,44} \leq 1$$

$$0,25 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,33}{1 \cdot 13,44} + 0,7 \cdot \frac{1,015}{13,44} + \frac{0,114}{13,44} \leq 1$$

$$0,23 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA KOMBINACI TLAKU A OHYBU

POSOUZENÍ VE SMYKU:

$$A_{eff} = k_{cr} \cdot A = 0,67 \cdot 0,16 = 0,107 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d,z} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,z}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{7,2}{0,107} = 100,9 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot A_1 \cdot V_{Ed,y}}{b_1 \cdot EI_{eff}} = \frac{0,05 \cdot 9400 \cdot 0,08 \cdot 0,08 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{0,16 \cdot 3,96} = 0,0014 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{v,d,z}^2 + \tau_{v,d,y}^2} = \sqrt{0,101^2 + 0,0014^2} = 0,101 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,101}{1,94} \leq 1$$

$$0,05 \leq 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA SMYK

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

SOUČiniteLE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,25$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

součinitel $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy

součinitel $\beta_c = 0,1$ pro lepené lamelové dřevo

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 391,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,2 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,2 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

PRŮŘEZ SLOUPU: 240 x 500 mm

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,0025 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000576 \text{ m}^4$$

$$w_y = 0,010 \text{ m}^3$$

$$w_z = 0,0048 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,144 \text{ m}$$

$$i_z = 0,069 \text{ m}$$

POSOUZENÍ SLOUPU

vybočení ve směru y

$$L_{cr,y} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1,75}{0,144} = 11,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{11,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,148$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,148 - 0,3) + 0,148^2) \\ = 0,503$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,503 + \sqrt{0,503^2 - 0,148^2}} = 1,36 \right.$$

$$k_{c,y} = 1$$

vybočení ve směru z

$$L_{cr,z} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_y} = \frac{1,75}{0,069} = 23,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{23,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,307$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,307 - 0,3) + 0,307^2) \\ = 0,547$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,547 + \sqrt{0,547^2 - 0,307^2}} = 1,32 \right.$$

$$k_{c,z} = 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{391,8}{0,12} = 3\,262,5 \text{ kPa} = 3,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{0,1}{0,010} = 10 \text{ kPa} = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z}}{W_z} = \frac{0,2}{0,0048} = 41,7 \text{ kPa} = 0,042 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,26}{1 \cdot 13,44} + \frac{0,01}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,042}{13,44} \leq 1$$

$$0,24 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,26}{1 \cdot 13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,01}{13,44} + \frac{0,042}{13,44} \leq 1$$

$$0,25 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA KOMBINACI TLAKU A OHYBU

POSOUZENÍ VE SMYKU:

$$A_{eff} = k_{cr} \cdot A = 0,67 \cdot 0,12 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d,z} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,z}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,2}{0,08} = 3,75 \text{ kPa} = 0,004 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,y}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,1}{0,08} = 1,9 \text{ kPa} = 0,002 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{v,d,z}^2 + \tau_{v,d,y}^2} = \sqrt{0,004^2 + 0,002^2} = 0,0042 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,0042}{1,94} \leq 1$$

$$0,003 \leq 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA SMYK

SLOUP 4NP - 9NP - VNĚJŠÍ SLOUP

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost ve smyku za ohybu

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

SOUČiniteLE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,25$

modifikační součinitel $k_{mod} = 0,7$

součinitel $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy

součinitel $\beta_C = 0,1$ pro lepené lamelové dřevo

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 274,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 8,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,3 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,2 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 4,9 \text{ kN}$$

PRŮŘEZ SLOUPU: 240 x 500 mm

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,0025 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000576 \text{ m}^4$$

$$w_y = 0,010 \text{ m}^3$$

$$w_z = 0,0048 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,144 \text{ m}$$

$$i_z = 0,069 \text{ m}$$

POSOUZENÍ SLOUPU

vybočení ve směru y

$$L_{cr,y} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1,75}{0,144} = 11,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{11,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,148$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,148 - 0,3) + 0,148^2) \\ = 0,503$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,503 + \sqrt{0,503^2 - 0,148^2}} = 1,36 \right.$$

$$k_{c,y} = 1$$

vybočení ve směru z

$$L_{cr,z} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,75}{0,069} = 23,09 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{23,09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,307$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,307 - 0,3) + 0,307^2) \\ = 0,547$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,547 + \sqrt{0,547^2 - 0,307^2}} = 1,32 \right.$$

$$k_{c,z} = 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{274,8}{0,12} = 2\,290 \text{ kPa} = 2,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{8,4}{0,010} = 840 \text{ kPa} = 0,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z}}{W_z} = \frac{0,3}{0,0048} = 62,5 \text{ kPa} = 0,063 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,29}{1 \cdot 13,44} + \frac{0,84}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,063}{13,44} \leq 1$$

$$0,27 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,29}{1 \cdot 13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,84}{13,44} + \frac{0,063}{13,44} \leq 1$$

$$0,26 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA KOMBINACI TLAKU A OHYBU

POSOUZENÍ VE SMYKU:

$$A_{eff} = k_{cr} \cdot A = 0,67 \cdot 0,12 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d,z} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,z}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,2}{0,08} = 3,75 \text{ kPa} = 0,004 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,y}}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,9}{0,08} = 91,9 \text{ kPa} = 0,092 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{v,d,z}^2 + \tau_{v,d,y}^2} = \sqrt{0,004^2 + 0,092^2} = 0,092 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,092}{1,94} \leq 1$$

$$0,05 \leq 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA SMYK

POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE

SPOJ: PRŮVLAK - SLOUP

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8 Ø16 mm

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

ROZMÍSTĚNÍ SVORNÍKŮ:

$$a_1 = 80 \text{ mm} \geq (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = (4 + |\cos 0|) \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 100 \text{ mm} \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm}$$

$$a_3 = 65 \text{ mm} \geq \max \{ (1 + 6 \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d \} = \max \{ 16; 64 \} = 64 \text{ mm}$$

$$a_4 = 100 \text{ mm} \geq 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 16^{2,6} = 324\,282,3 \text{ Nmm}^{-1}$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,1744}{1,54 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 16,997 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380 = 26,174 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 16 = 1,54$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stih jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16,997 \cdot 95 \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 324282,3}{16,997 \cdot 16 \cdot 115}} - 1 \right) + 0 \\ 2,3 \cdot \sqrt{324282,3 \cdot 16,997 \cdot 16} + 0 \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 31\,273,3 \text{ kN} \\ 10\,646,8 \text{ kN} \\ 21\,599,1 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = 10\,646,8 \text{ N} = 10,65 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost jednoho svorníku na dva stříhy

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{2 \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2 \cdot 10,65}{1,25} = 17,03 \text{ kN}$$

Efektivní počet svorníků v jedné řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} \end{array} \right.$$

$$n_{ef} = \min \{ 2, 1,47 \}$$

$$n_{ef} = 1,47$$

Celková návrhová únosnost spoje (tři řady po dvou svornících)

$$F_{Rd} = 3 \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 3 \cdot 1,47 \cdot 17,03 = 75,1 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$75,1 \text{ kN} \geq 51,8 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST OCELOVÉ DESKY

ocel S235

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,0} = 1,0$$

tloušťka plechu $t = 10 \text{ mm}$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}} = \frac{(0,24 \cdot 0,01 - 0,01 \cdot 0,016 \cdot 3) \cdot 235 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1} = 260,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$260,5 \text{ kN} \geq 51,8 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST SVARU

ocel S235

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

součinitel pro svary $\gamma_{M,w} = 1,5$

šířka svaru $a = 5 \text{ mm}$

délka svaru $l = 200 \text{ mm}$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{51,8}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,005} = 25,9 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M,w} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{3}} = 173,2 \text{ MPa}$$

$$25,9 < 173,2 \text{ MPa}$$

SPOJ: SLOUP - SLOUP 2NP a 3NP

Sloup o rozměrech 320 x 500 mm

dřevo GL24h

svorník 8.8 $\varnothing 20 \text{ mm}$

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

ROZMÍSTĚNÍ SVORNÍKŮ:

$$a_1 = 110 \text{ mm} \geq (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = (4 + |\cos 0|) \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 80 \text{ mm} \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_3 = 85 \text{ mm} \geq \max \{(1 + 6 \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\} = \max \{20; 80\} = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = 60 \text{ mm} \geq 3 \cdot d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579\,280,9 \text{ Nmm}^{-1}$$

Charakteristická pevnost v otažení:

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{24,93}{1,6 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 15,58 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 20 = 1,6$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stih jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 \cdot \sqrt{\frac{f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 \cdot \sqrt{\frac{15,58 \cdot 154 \cdot 20}{579\,280,9 \cdot 15,58 \cdot 20 + 0}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 23\,993,2 \text{ kN} \\ 30\,900,9 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 23\,993,2 \text{ N} = 23,99 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost jednoho svorníku na čtyři stíhy

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{4 \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4 \cdot 23,99}{1,25} = 53,74 \text{ kN}$$

Efektivní počet svorníků v jedné řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right.$$
$$n_{ef} = \min \left\{ 4^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{110}{13 \cdot 20}} \right.$$
$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 2,81 \end{array} \right.$$
$$n_{ef} = 2,81$$

Celková návrhová únosnost spoje (čtyři řady po čtyřech svornících)

$$F_{Rd} = 4 \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 2,81 \cdot 53,74 = 603,75 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Rd} \geq N_{Ed}$$
$$603,75 \text{ kN} \geq 547,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ek}}{W_y} = \frac{13,2 \cdot 10^6}{16 \cdot 1333,3} < \sigma_{y,Rd} = 640 \text{ MPa}$$
$$464,1 \text{ MPa} < 640 \text{ MPa}$$

SPOJ: SLOUP - SLOUP 4NP a 6NP

Sloup o rozměrech 240 x 500 mm

dřevo GL24h

svorník 8.8 Ø20 mm

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$$

ROZMÍSTĚNÍ SVORNÍKŮ:

$$a_1 = 110 \text{ mm} \geq (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = (4 + |\cos 0|) \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 80 \text{ mm} \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_3 = 85 \text{ mm} \geq \max \{(1 + 6 \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\} = \max \{20; 80\} = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = 60 \text{ mm} \geq 3 \cdot d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579,280,9 \text{ Nmm}^{-1}$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{24,93}{1,6 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 15,58 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 20 = 1,6$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stih jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 \cdot \sqrt{\frac{f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 \cdot \sqrt{\frac{15,58 \cdot 114 \cdot 20}{579,208,9 \cdot 15,58 \cdot 20 + 0}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 17761,2 \text{ kN} \\ 30900,9 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 17761,2 \text{ N} = 17,64 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost jednoho svorníku na čtyři stíhy

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{4 \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4 \cdot 17,76}{1,25} = 39,79 \text{ kN}$$

Efektivní počet svorníků v jedné řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 4^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{110}{13 \cdot 20}} \end{array} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 2,81 \end{array} \right.$$

$$n_{ef} = 2,81$$

Celková návrhová únosnost spoje (čtyři řady po čtyřech svornících)

$$F_{Rd} = 4 \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 2,81 \cdot 39,79 = 446,93 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$446,93 \text{ kN} \geq 391,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ek}}{W_y} = \frac{11,0 \cdot 10^6}{16 \cdot 1333,3} < \sigma_{y,Rd} = 640 \text{ MPa}$$

$$515,64 \text{ MPa} < 640 \text{ MPa}$$

SPOJ: SLOUP - SLOUP 7NP - 9NP

Sloup o rozměrech 240 x 500 mm

dřevo GL24h

svorník 8.8 Ø20 mm

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$$

ROZMÍSTĚNÍ SVORNÍKŮ:

$$a_1 = 110 \text{ mm} \geq (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = (4 + |\cos 0|) \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 80 \text{ mm} \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_3 = 85 \text{ mm} \geq \max \{ (1 + 6 \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d \} = \max \{ 20; 80 \} = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = 60 \text{ mm} \geq 3 \cdot d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 16^{2,6} = 579\,280,9 \text{ Nmm}^{-1}$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{24,93}{1,6 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 15,58 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 20 = 1,6$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stih jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 15,58 \cdot 70 \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 362\,050,58}{15,58 \cdot 20 \cdot 70}} - 1 \right) + 0 \\ 2,3 \cdot \sqrt{362\,050,58 \cdot 15,58 \cdot 20} + 0 \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 21\,812 \text{ kN} \\ 11\,293,5 \text{ kN} \\ 30\,900,9 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 11\,293,5 \text{ N} = 11,29 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost jednoho svorníku na čtyři stříhy

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{4 \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4 \cdot 11,29}{1,25} = 25,3 \text{ kN}$$

Efektivní počet svorníků v jedné řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ 4^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{110}{13 \cdot 20}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 2,81 \end{array} \right.$$

$$n_{ef} = 2,81$$

Celková návrhová únosnost spoje (čtyři řady po čtyřech svornících)

$$F_{Rd} = 4 \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 2,81 \cdot 25,3 = 284,18 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$284,18 \text{ kN} \geq 174,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ek}}{W_y} = \frac{13,6 \cdot 10^6}{16 \cdot 1333,3} < \sigma_{y,Rd} = 640 \text{ MPa}$$

$$637,5 \text{ MPa} < 640 \text{ MPa}$$

SPOJ: PATA SLOUPU - ÚNOSNOST PLECHŮ

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8 Ø20 mm

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$$

NÁVRHOVÁ PEVNOST PŘI ROZDRCENÍ BETONU

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{b_2 \cdot d_2}{b_1 \cdot d_1}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{30}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{300 \cdot 300}{300 \cdot 300}} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} \leq 3,0 \cdot f_{cd} = 3,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 60 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patního plechu

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_M}} = 18 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 13,3 \cdot 1,0}} = 43,7$$

Účinná plocha

$$A_{eff} = (t + 2 \cdot c) \cdot (h + 2 \cdot c) \cdot 2 = (15 + 2 \cdot 43,7) \cdot (200 + 2 \cdot 43,7) \cdot 2 \\ = 58\,749,04 \text{ mm}^2$$

ÚNOSNOST PATNÍ DESKY V TLAKU

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 58\,749,04 \cdot 13,3 = 783\,320,6 \text{ N} = 783,32 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$783,32 \text{ kN} \geq 547,3 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST STYČNÍKOVÝCH PLECHŮ

$$A_c = (t \cdot h) \cdot 3 = (15 \cdot 200) \cdot 2 = 6\,000 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A_c \cdot f_y}{\gamma_m} = \frac{6\,000 \cdot 235}{1} = 1\,410\,000 \text{ N} = 1\,410,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$1\,410,0 \text{ kN} \geq 547,3 \text{ kN}$$

SPOJ: PATA SLOUPU - ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

Sloup o rozměrech 320 x 500 mm

dřevo GL24h

svorník 8.8 \varnothing 20 mm

MATERIÁL:

Charakteristická pevnost dřeva ve smyku

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost dřeva v tahu

$$f_{m,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

Pevnost svorníku 8.8

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$$

ROZMÍSTĚNÍ SVORNÍKŮ:

$$a_1 = 110 \text{ mm} \geq (4 + |\cos\alpha|) \cdot d = (4 + |\cos 0|) \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 80 \text{ mm} \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_3 = 85 \text{ mm} \geq \max \{(1 + 6 \sin\alpha) \cdot d; 4 \cdot d\} = \max \{20; 80\} = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = 60 \text{ mm} \geq 3 \cdot d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579\,280,9 \text{ Nmm}^{-1}$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{24,93}{1,6 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 15,58 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 20 = 1,6$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stih jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{15,58 \cdot 154 \cdot 20}{2,3 \cdot \sqrt{579,280 \cdot 15,58 \cdot 20 + 0}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 23\,993,2 \text{ kN} \\ 30\,900,9 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 23\,993,2 \text{ N} = 23,99 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost jednoho svorníku na čtyři stříhy

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{4 \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4 \cdot 23,99}{1,25} = 53,74 \text{ kN}$$

Efektivní počet svorníků v jedné řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ 4^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{110}{13 \cdot 20}} \right.$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 3,43 \end{array} \right.$$

$$n_{ef} = 2,81$$

Celková návrhová únosnost spoje (pět řad po čtyřech svornících)

$$F_{Rd} = 4 \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 5 \cdot 2,81 \cdot 53,74 = 754,68 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Rd} \geq N_{Ed}$$
$$754,68 \text{ kN} \geq 547,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ek}}{W_y} = \frac{13,4 \cdot 10^6}{20 \cdot 1333,3} < \sigma_{y,Rd} = 640 \text{ MPa}$$
$$502,5 \text{ MPa} < 640 \text{ MPa}$$

POSOUZENÍ PRVKŮ NA POŽÁR

NÁVRH PRŮVLAKU NA ÚČINKY POŽÁRU - R60

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ:

$$M_{y,Ed} = 15,3 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 41,7 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = 8,2 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 15,3 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 51,8 \text{ kN}$$

SOUČiniteLE

redukční součinitel zatížení $\eta_{fi} = 0,6$

modifikační součinitel pro požár $k_{mod,fi} = 1,0$

součinitel $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo

dílčí součinitel spolehlivost při požáru $\gamma_{M,fi} = 1,0$

návrhová rychlost zuhelnatění $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

součinitel $k_0 = 1,0$ pro nechráněné prvky

součinitel $k_{crit} = 1,0$

požární odolnost R60

METODA REDUKOVANÉHO PRŮŘEZU

průřez 240 x 400 mm

Ohybový moment

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,Ed} = 0,6 \cdot 15,3 = 9,18 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,Ed} = 0,6 \cdot 41,7 = 25,02 \text{ kNm}$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

Průřezový modul

$$t_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 240 - 2 \cdot 49 = 142 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 400 - 49 = 351 \text{ mm}$$

$$W_{y,fi} = 1\,179\,594 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,fi} = 2\,915\,757 \text{ mm}^3$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Posouzení normálového napětí za ohybu

$$\sigma_{m,y,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{9,18 \cdot 10^6}{1\,179\,594} = 7,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,fi} = \frac{M_{z,d,fi}}{W_{z,fi}} = \frac{25,02 \cdot 10^6}{2\,915\,757} = 8,6 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,fi}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,fi}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,fi}} \leq 1$$

$$\frac{7,78}{1 \cdot 27,6} + 0,7 \cdot \frac{8,6}{1 \cdot 27,6} \leq 1$$

$$0,5 \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,fi}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,fi}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,fi}} \leq 1$$

$$0,7 \cdot \frac{7,78}{1 \cdot 27,6} + \frac{8,6}{1 \cdot 26,7} \leq 1$$

$$0,51 < 1$$

PRŮVLAK PRO R60 VYHOVÍ

NÁVRH VNITŘNÍHO SLOUPU 2NP A 3NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 547,3 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,0 \text{ kNm}$$

SOUČiniteLE

redukční součinitel zatížení $\eta_{fi} = 0,6$

modifikační součinitel pro požár $k_{mod,fi} = 1,0$

součinitel $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo

dílčí součinitel spolehlivost při požáru $\gamma_{M,fi} = 1,0$

návrhová rychlost zuhelnatění $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

$d_0 = 7 \text{ mm}$

součinitel $k_0 = 1,0$ pro nechráněné prvky

součinitel $k_{crit} = 1,0$

požární odolnost R60

METODA REDUKOVANÉHO PRŮŘEZU

průřez 320 x 500 mm

Normálová síla

$$N_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot N_d = 0,6 \cdot 547,3 = 328,38 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,Ed} = 0,6 \cdot 1,4 = 0,84 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,Ed} = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ kNm}$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$e_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 320 - 2 \cdot 49 = 222 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3200/2}{0,289 \cdot 222} = 24,9 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{24,9}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,4$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,4 - 0,3)) + 0,4^2 \\ = 0,585$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,585 + \sqrt{0,585^2 - 0,4^2}} = 0,98 \right.$$

$$k_c = 0,98$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na požár

$$A_{fi} = b_{fi}^2 = 222^2 = 49\,284 \text{ mm}^2$$

$$W_{y,fi} = W_{z,fi} = \frac{1}{6} \cdot e_{fi} \cdot b_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 222 \cdot 222^2 = 1\,823\,508 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{328,38 \cdot 10^3}{49\,284} = 6,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{0,84 \cdot 10^3}{1\,823\,508} = 0,0005 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,fi} = \frac{M_{z,d,fi}}{W_{z,fi}} = \frac{0,6 \cdot 10^3}{1\,823\,508} = 0,0004 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{d,fi}}{k_c \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,fi}}{f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,fi}}{f_{c,0,d,fi}} = \frac{6,6}{0,98 \cdot 27,6} + \frac{0,0005}{27,6} + \frac{0,0004}{27,6} = 0,24$$

$$0,24 < 1$$

SLoup VYHOVUJE NA POŽÁRNÍ ODOLNOST R60

NÁVRH VNĚJŠÍHO SLOUPU 2NP A 3NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 372,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 13,5 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,6 \text{ kNm}$$

SOUČiniteLE

redukční součinitel zatížení $\eta_{fi} = 0,6$

modifikační součinitel pro požár $k_{mod,fi} = 1,0$

součinitel $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo

dílčí součinitel spolehlivost při požáru $\gamma_{M,fi} = 1,0$

návrhová rychlost zuhelnatění $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

$d_0 = 7 \text{ mm}$

součinitel $k_0 = 1,0$ pro nechráněné prvky

součinitel $k_{crit} = 1,0$

požární odolnost R60

METODA REDUKOVANÉHO PRŮŘEZU

průřez 320 x 500 mm

Normálová síla

$$N_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot N_d = 0,6 \cdot 372,5 = 223,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,Ed} = 0,6 \cdot 13,5 = 8,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,Ed} = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ kNm}$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$e_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 320 - 2 \cdot 49 = 222 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3200/2}{0,289 \cdot 222} = 24,9 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{24,9}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,4$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,4 - 0,3)) + 0,4^2 \\ = 0,585$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,585 + \sqrt{0,585^2 - 0,4^2}} = 0,98 \right. \\ \left. 1 \right. \\ k_c = 0,98$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na požár

$$A_{fi} = b_{fi}^2 = 222^2 = 49\,284 \text{ mm}^2$$

$$W_{y,fi} = W_{z,fi} = \frac{1}{6} \cdot e_{fi} \cdot b_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 222 \cdot 222^2 = 1\,823\,508 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{223,5 \cdot 10^3}{49\,284} = 4,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{8,1 \cdot 10^3}{1\,823\,508} = 0,005 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{d,fi}}{k_c \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,fi}}{f_{c,0,d,fi}} = \frac{4,5}{0,98 \cdot 27,6} + \frac{0,005}{27,6} = 0,17 \\ 0,17 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA POŽÁRNÍ ODOLNOST R60

NÁVRH VNITŘNÍHO SLOUPU 4NP - 9NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 391,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,2 \text{ kNm}$$

SOUČINITELE

redukční součinitel zatížení $\eta_{fi} = 0,6$

modifikační součinitel pro požár $k_{mod,fi} = 1,0$

součinitel $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo

dílčí součinitel spolehlivost při požáru $\gamma_{M,fi} = 1,0$

návrhová rychlost zuhelnatění $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

součinitel $k_0 = 1,0$ pro nechráněné prvky

součinitel $k_{crit} = 1,0$

požární odolnost R60

METODA REDUKOVANÉHO PRŮŘEZU

průřez 240 x 500 mm

Normálová síla

$$N_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot N_d = 0,6 \cdot 391,8 = 235,08 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,Ed} = 0,6 \cdot 0,1 = 0,06 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,Ed} = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ kNm}$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$e_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 240 - 2 \cdot 49 = 142 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3200/2}{0,289 \cdot 142} = 39 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{39}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,63$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,63 - 0,3) + 0,63^2) \\ = 0,71$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,71 + \sqrt{0,71^2 - 0,63^2}} = 0,96 \right.$$

$$k_c = 0,96$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{c0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na požár

$$A_{fi} = b_{fi}^2 = 142^2 = 20\,164 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{235,08 \cdot 10^3}{20\,164} = 11,7 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{d,fi}}{k_c \cdot f_{c0,d,fi}} = \frac{11,7}{0,96 \cdot 27,6} = 0,45$$

$$0,45 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA POŽÁRNÍ ODOLNOST R60

NÁVRH VNĚJŠÍHO SLOUPU 4NP - 9NP NA ÚČINKY POŽÁRU - R60

MATERIÁL: GL24h

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v ohybu

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ:

$$N_{Ed} = 274,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 8,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,3 \text{ kNm}$$

SOUČINITELE

redukční součinitel zatížení $\eta_{fi} = 0,6$

modifikační součinitel pro požár $k_{mod,fi} = 1,0$

součinitel $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo

dílčí součinitel spolehlivost při požáru $\gamma_{M,fi} = 1,0$

návrhová rychlost zuhelnatění $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

součinitel $k_0 = 1,0$ pro nechráněné prvky

součinitel $k_{crit} = 1,0$

požární odolnost R60

METODA REDUKOVANÉHO PRŮŘEZU

průřez 240 x 500 mm

Normálová síla

$$N_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot N_d = 0,6 \cdot 274,8 = 164,88 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,Ed} = 0,6 \cdot 8,4 = 5,04 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,Ed} = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ kNm}$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 60 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 240 - 2 \cdot 49 = 142 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3200/2}{0,289 \cdot 142} = 39 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{39}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,63$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,63 - 0,3) + 0,63^2) \\ = 0,71$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,71 + \sqrt{0,71^2 - 0,63^2}} = 0,96 \right.$$

$$k_c = 0,96$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na požár

$$A_{fi} = b_{fi}^2 = 142^2 = 20\,164 \text{ mm}^2$$

$$W_{y,fi} = W_{z,fi} = \frac{1}{6} \cdot b_{fi} \cdot b_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 142 \cdot 142^2 = 477\,214,7 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{164,88 \cdot 10^3}{20\,164} = 8,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{5,04 \cdot 10^3}{477\,214,7} = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{d,fi}}{k_c \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,fi}}{f_{c,0,d,fi}} = \frac{8,18}{0,98 \cdot 27,6} + \frac{0,01}{27,6} = 0,3$$

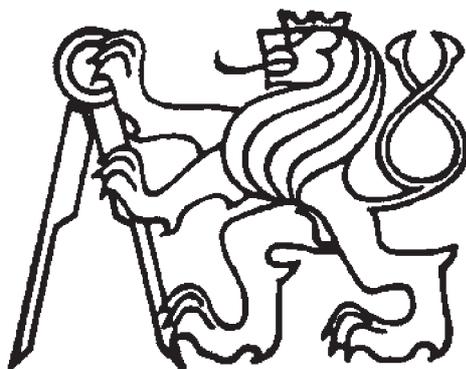
$$0,3 < 1$$

SLOUP VYHOVUJE NA POŽÁRNÍ ODOLNOST R60

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

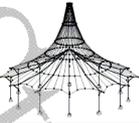


MODEL ZÁKLADOVÉ DESKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Jana Benešová

2018



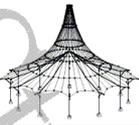
Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje- model základové desky

Datum: 18.5.2018

1.3 MATERIÁLY

Mat. č.	Modul E [MPa]	Modul G [MPa]	Poissonův souč. ν [-]	Objem. tíha γ [kN/m ³]	Souč. tepl. roz. α [1/°C]	Souč. spolehlivosti γ_M [-]	Materiálový model
1	Beton C30/37 EN 1992-1-1:2004/A1:2014 33000.000	13750.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
2	Lepené lamelové dřevo GL28h ČSN 73 1702:2007-11 12600.000	780.000	7.077	4.00	5.00E-06	1.25	Izotropní lineárně elastický
3	Beton C20/25 EN 1992-1-1:2004/A1:2014 30000.000	12500.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
4	Topolové a jehličnaté dřevo C16 EN 338:2009-10			0.11	5.00E-06	1.25	Ortotropní elastický 2D...
	Další parametry pro materiály budou zadány v dialogu Materiálový model						
5	Lepené lamelové dřevo GL24h ČSN 73 1702:2007-11			5.00	5.00E-06	1.25	Ortotropní elastický 2D...
	Další parametry pro materiály budou zadány v dialogu Materiálový model						
6	Lepené lamelové dřevo GL24h ČSN 73 1702:2007-11 11600.000	720.000	7.056	3.70	5.00E-06	1.25	Izotropní lineárně elastický



Projekt: Diplomová práce
Koleje

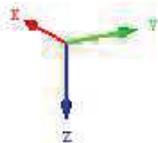
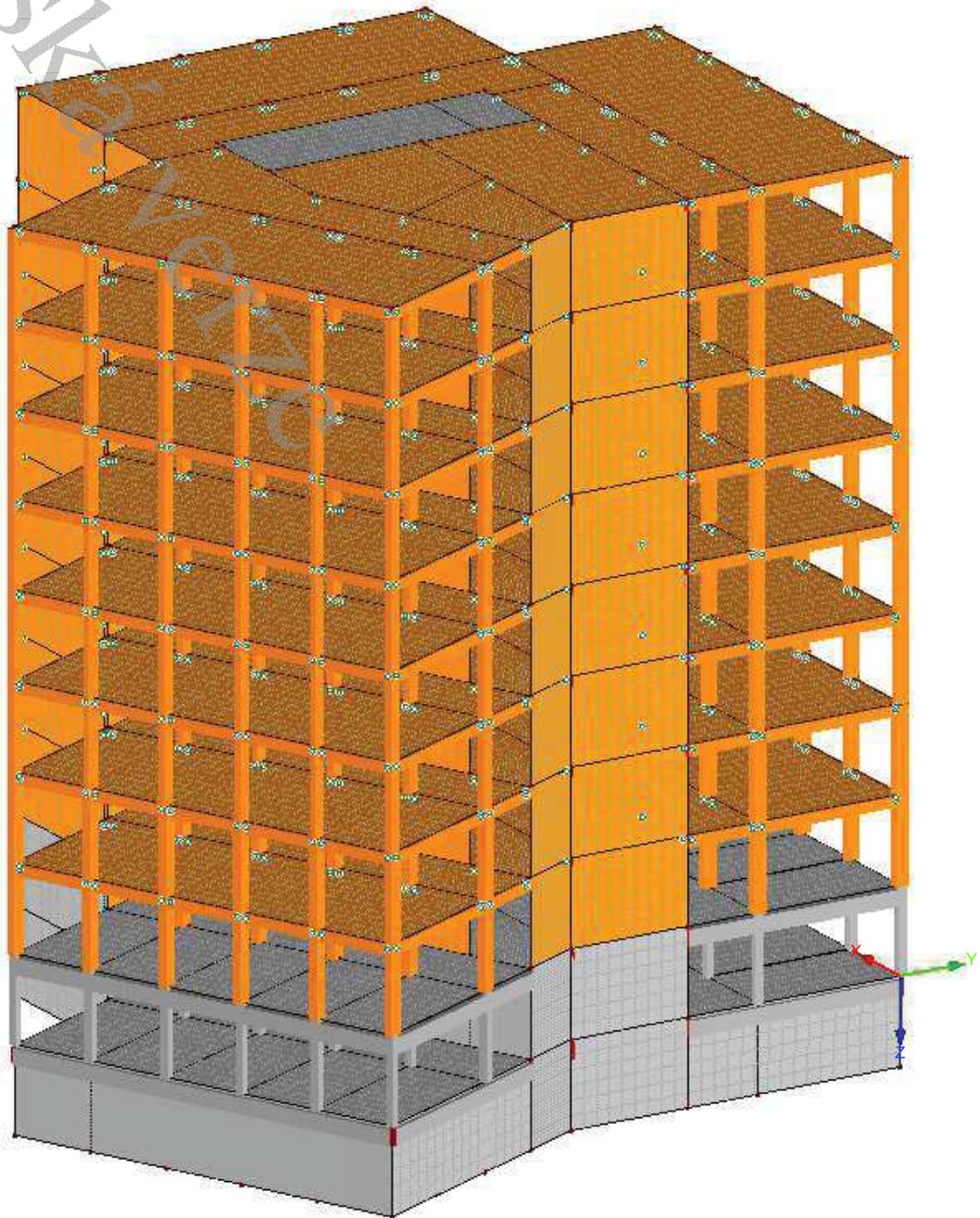
Model: Studentské koleje- model základové desky

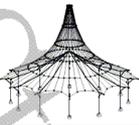
Datum: 18.5.2018

MODEL

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie





Projekt: Diplomová práce
Koleje

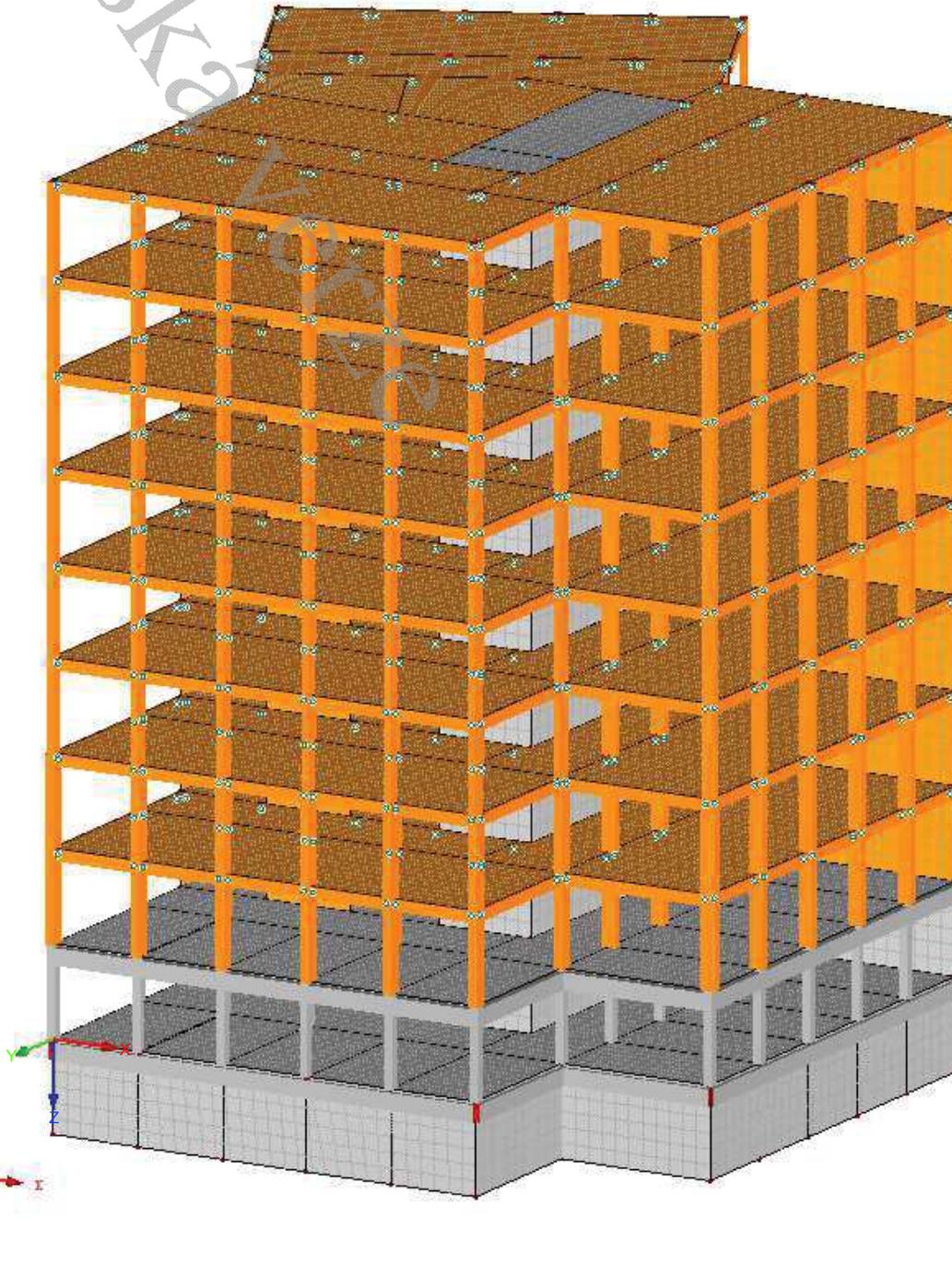
Model: Studentské koleje- model základové desky

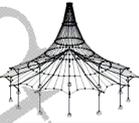
Datum: 18.5.2018

■ **MODEL**

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie





Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje- model základové desky

Datum: 18.5.2018

■ VNITŘNÍ SÍLY N; ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

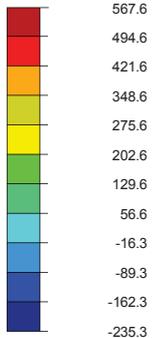
Plochy Základní vnitřní síly m_x

Pruty Vnitřní síly N

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Z

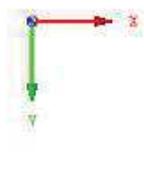
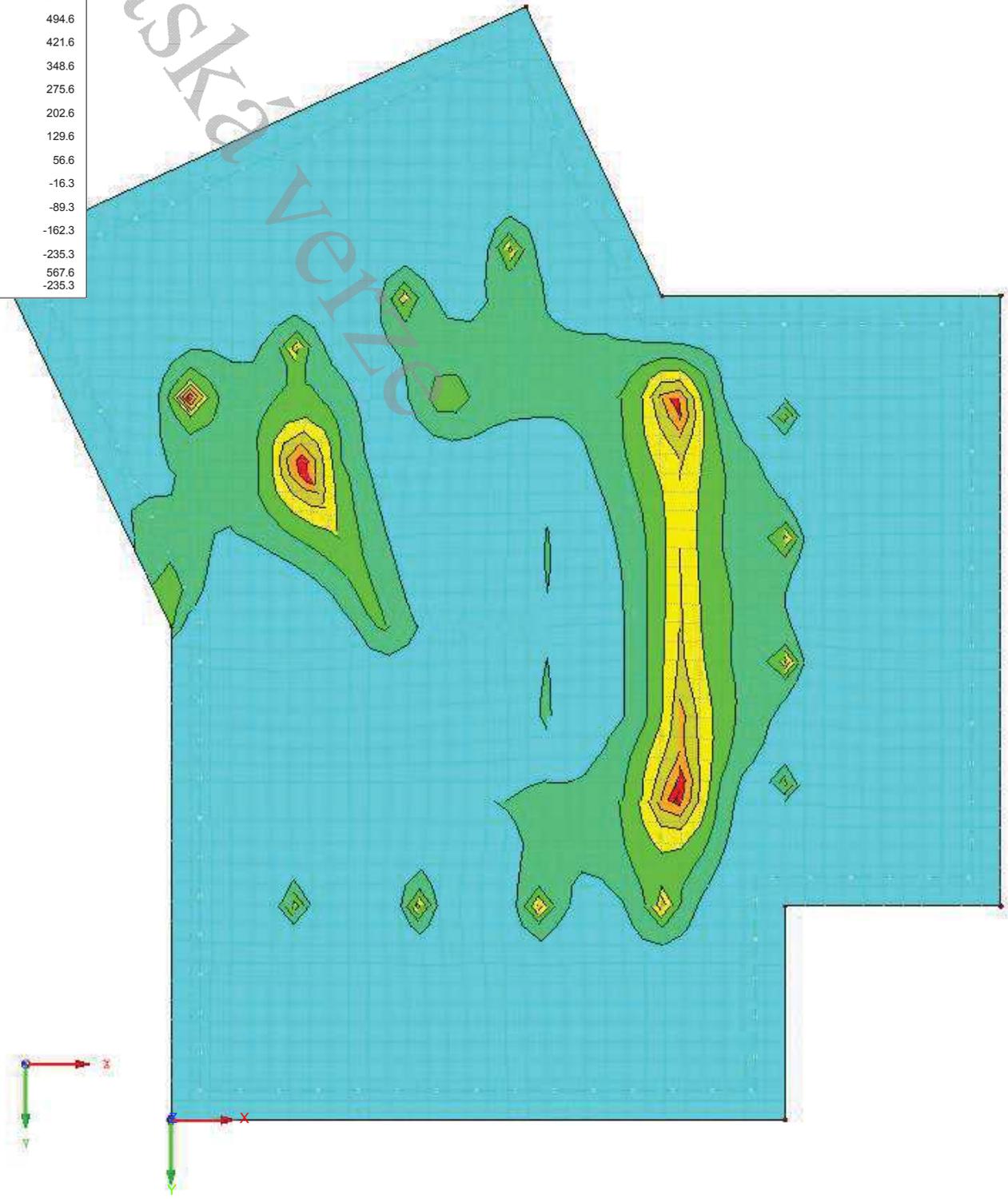
Základní hodnoty
 m_x [kNm/m]



Max :

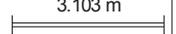
Min :

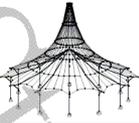
567.6
494.6
421.6
348.6
275.6
202.6
129.6
56.6
-16.3
-89.3
-162.3
-235.3



Max m_x : 567.6, Min m_x : -235.3 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m





■ VNITŘNÍ SÍLY N; ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

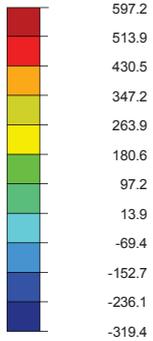
Plochy Základní vnitřní síly m_y

Pruty Vnitřní síly N

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Z

Základní hodnoty
 m_y [kNm/m]

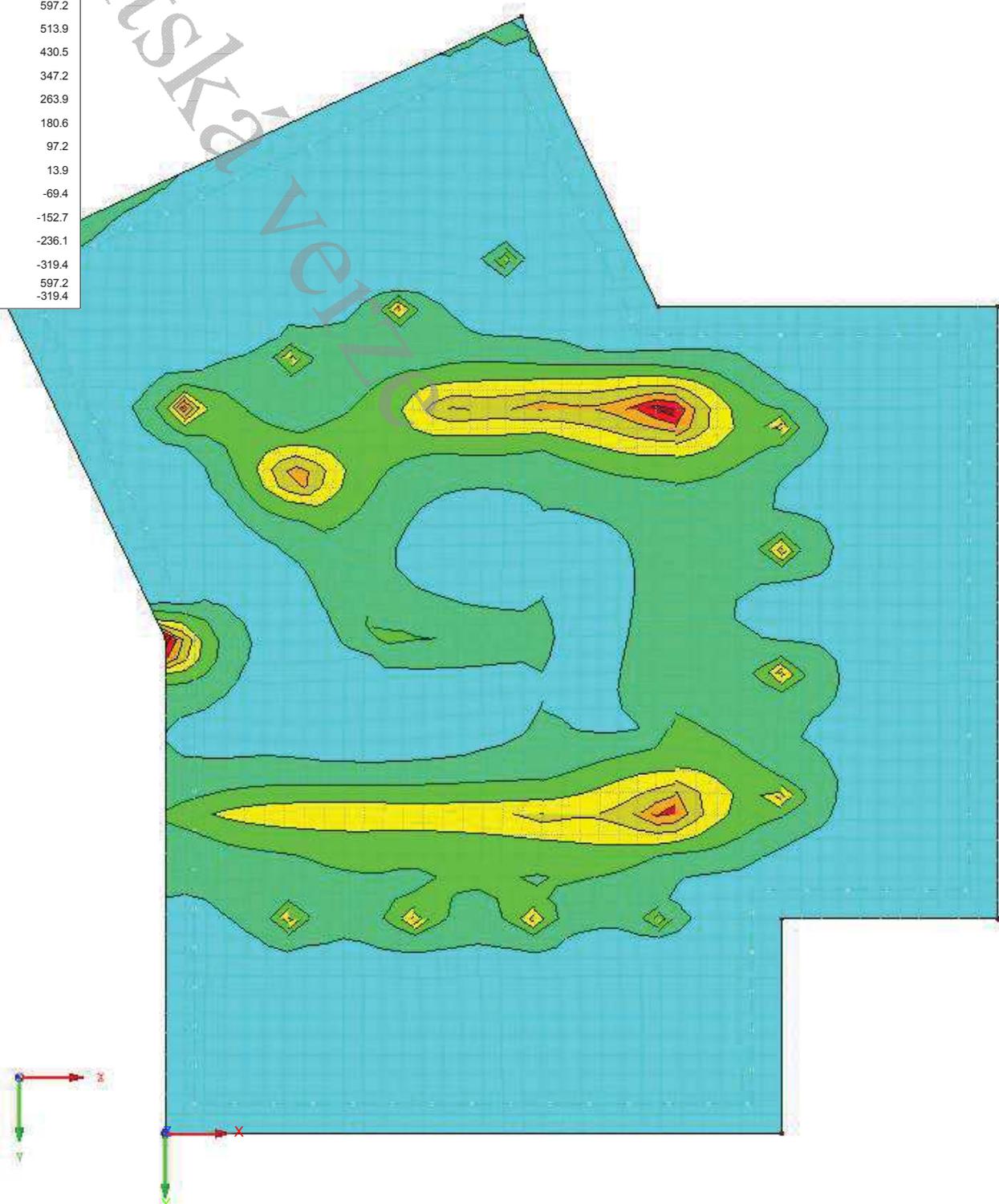


Max :

Min :

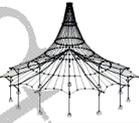
597.2

-319.4



Max m_y : 597.2, Min m_y : -319.4 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m

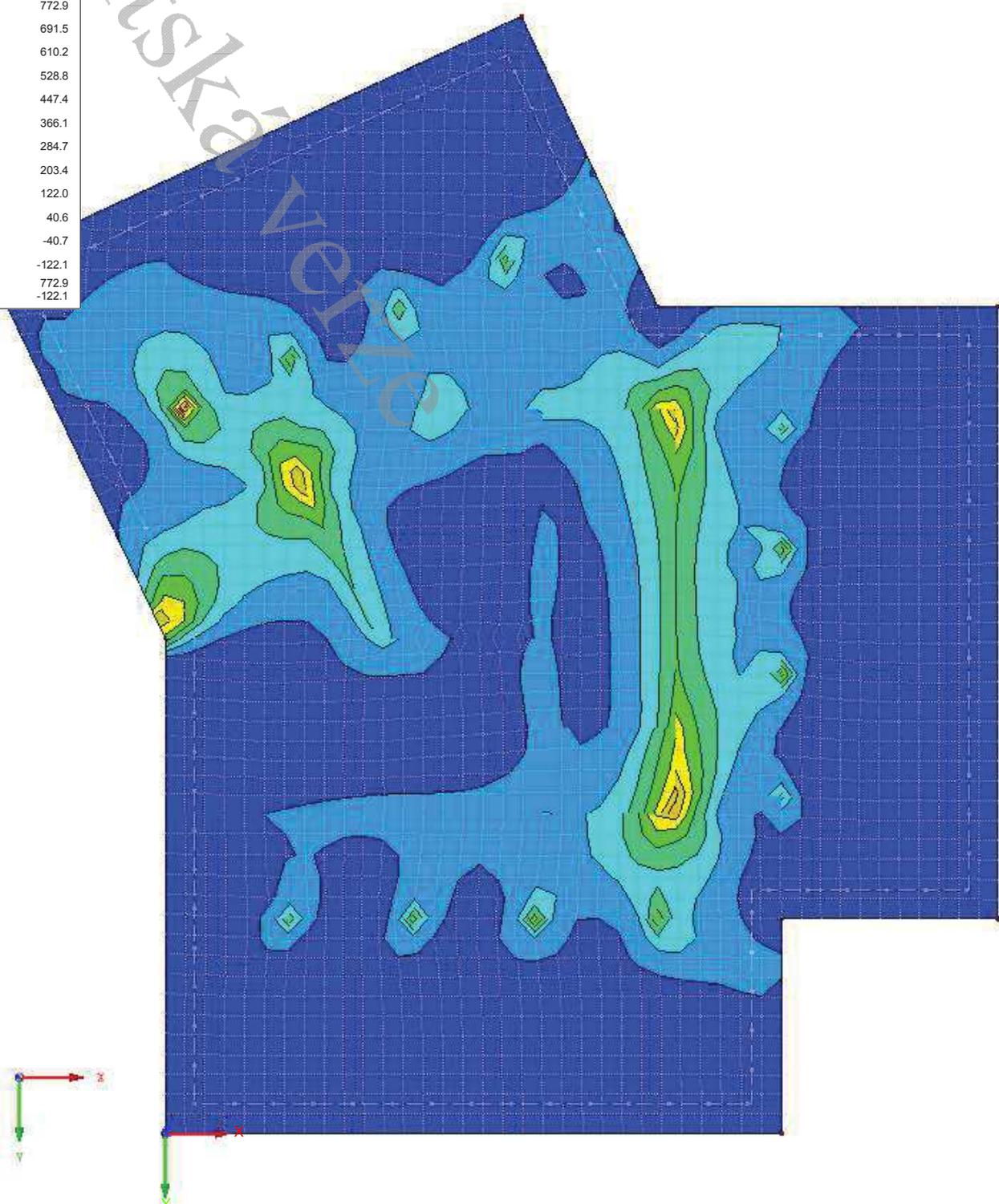
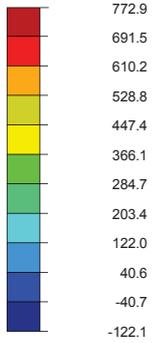


■ VNITŘNÍ SÍLY N; NÁVRHOVÉ HODNOTY $m_{x,D,+}$

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,+}$
Pruty Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Z

Návrhové hodnoty
 $m_{x,D,+}$ [kNm/m]



Max $m_{x,D,+}$: 772.9, Min $m_{x,D,+}$: -122.1 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m

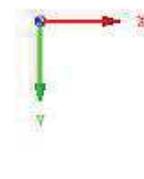
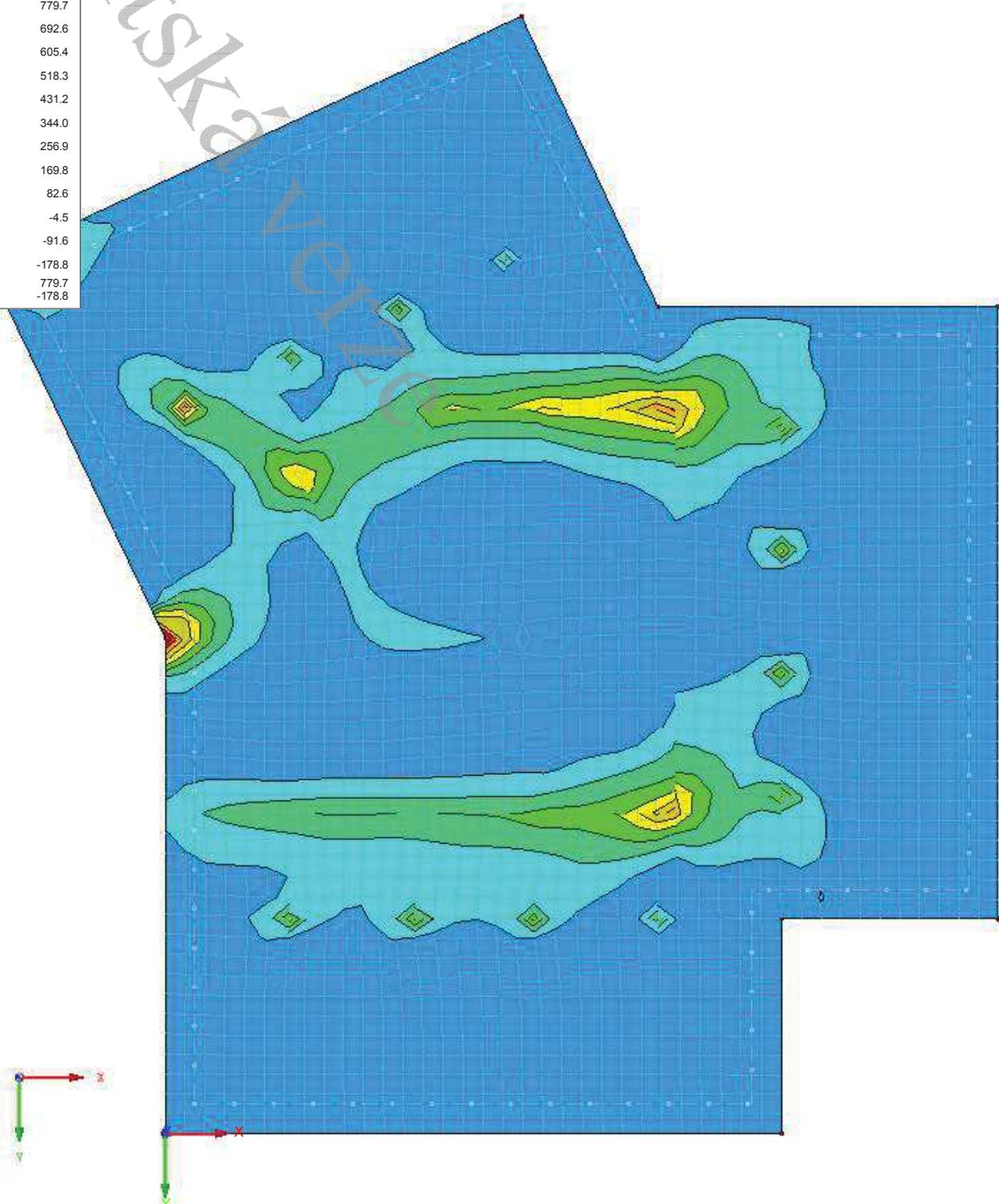
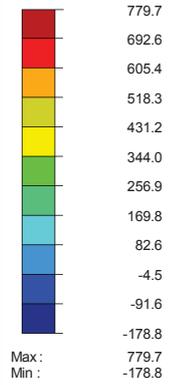


■ VNITŘNÍ SÍLY N; NÁVRHOVÉ HODNOTY $m_{y,D,+}$

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,+}$
Pruty Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

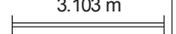
Ve směru Z

Návrhové hodnoty
 $m_{y,D,+}$ [kNm/m]



Max $m_{y,D,+}$: 779.7, Min $m_{y,D,+}$: -178.8 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m



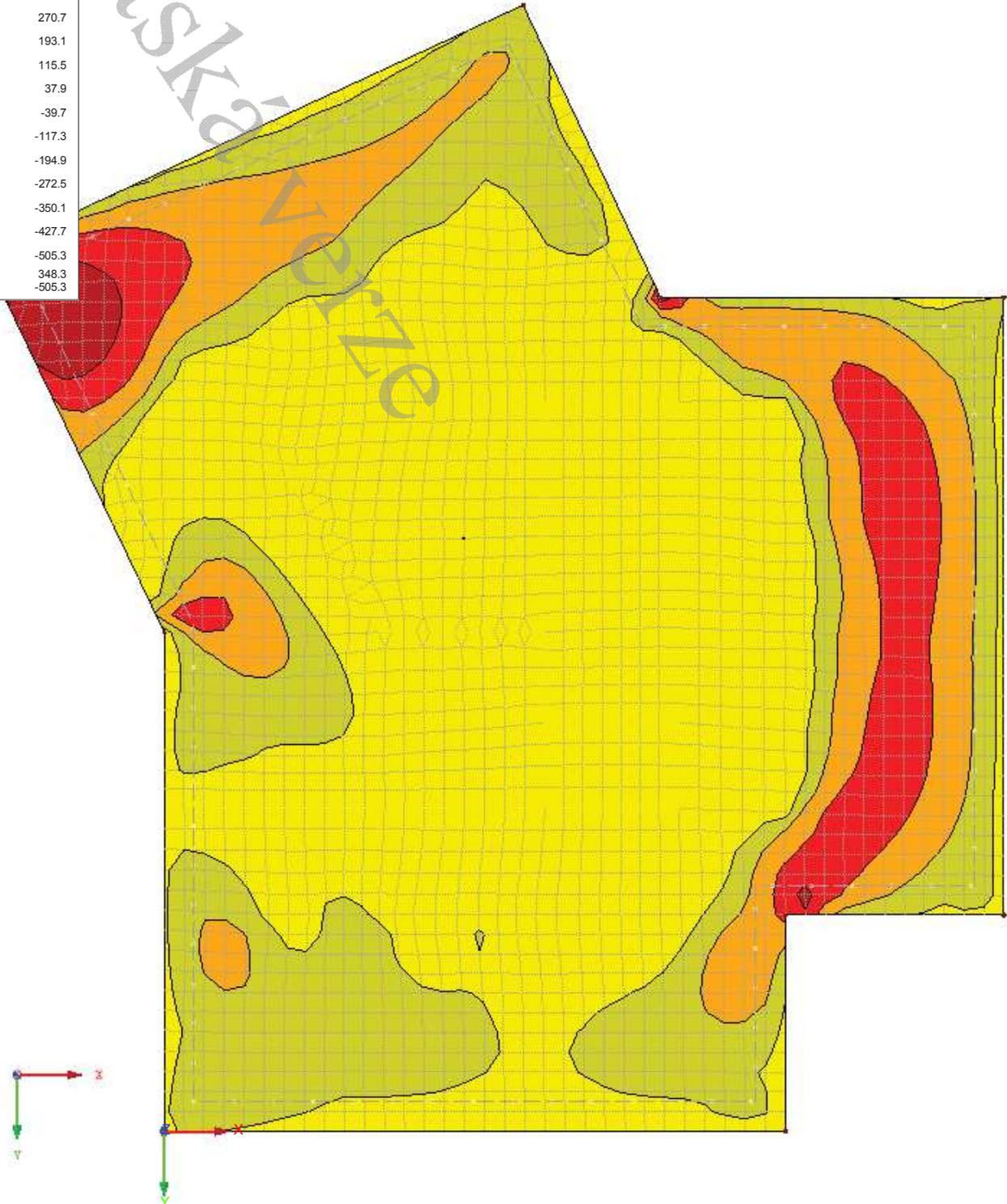
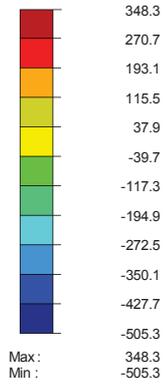


■ VNITŘNÍ SÍLY N; NÁVRHOVÉ HODNOTY $m_{x,D,-}$

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,-}$
Pruty Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

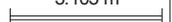
Ve směru Z

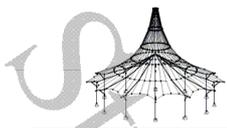
Návrhové hodnoty
 $m_{x,D,-}$ [kNm/m]



Max $m_{x,D,-}$: 348.3, Min $m_{x,D,-}$: -505.3 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m



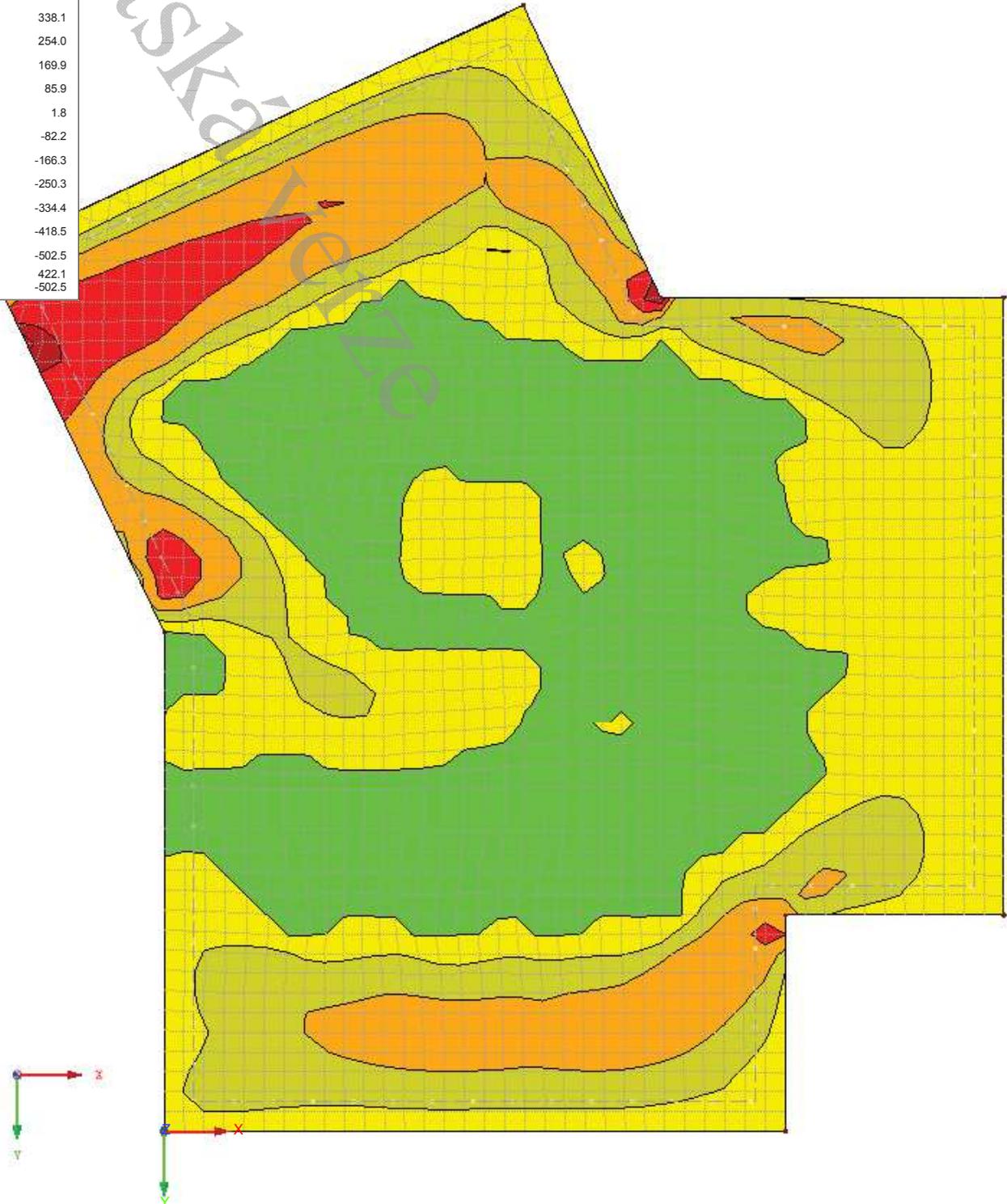
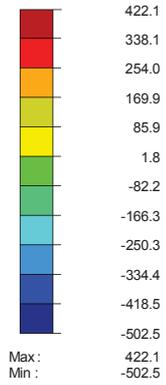


■ VNITŘNÍ SÍLY N; NÁVRHOVÉ HODNOTY $m_{y,D,-}$

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,-}$
Pruty Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

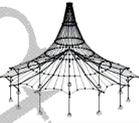
Ve směru Z

Návrhové hodnoty
 $m_{y,D,-}$ [kNm/m]



Max $m_{y,D,-}$: 422.1, Min $m_{y,D,-}$: -502.5 kNm/m
Max N: -, Min N: -

3.103 m



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje- model základové desky

Datum: 18.5.2018

■ VNITŘNÍ SÍLY N; LOKÁLNÍ DEFORMACE u_z

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

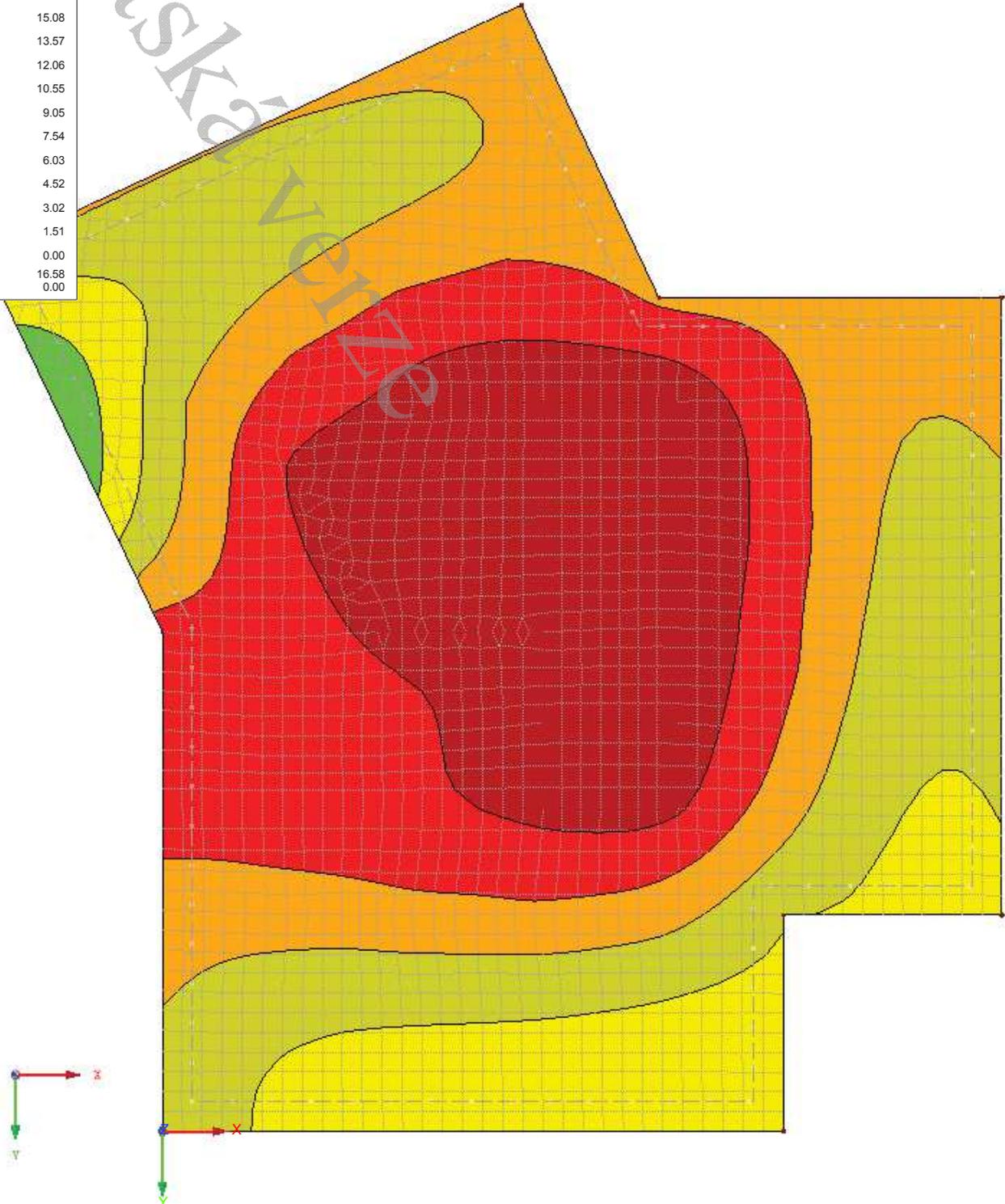
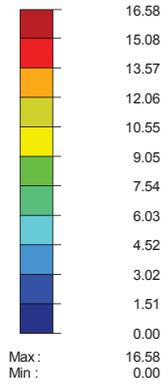
Plochy Lokální deformace u_z

Pruty Vnitřní síly N

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

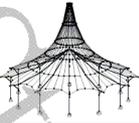
Ve směru Z

Lokální deformace
 u_z [mm]



Max u_z : 16.58, Min u_z : 0.00 mm
Max N: -, Min N: -

3.103 m



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje- model základové desky

Datum: 18.5.2018

1.2.1 PŮDY

Podloží č.	Označení podloží	Objemová tíha		Modul přetvárnosti E_{def} [MN/m ²]	Poissonův součín E_{def} [-]	Komentář
		γ [kN/m ³]	γ [kN/m ³]			
1	písečná hlína s různorodou příměsí	18.00	18.00	3.00	0.35	
2	písečná hlína	19.00	19.00	4.00	0.40	
3	hlinitý šterkopísek	18.00	18.00	20.00	0.30	
4	hlinitopísečný šterk	18.50	18.50	50.00	0.25	

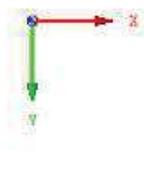
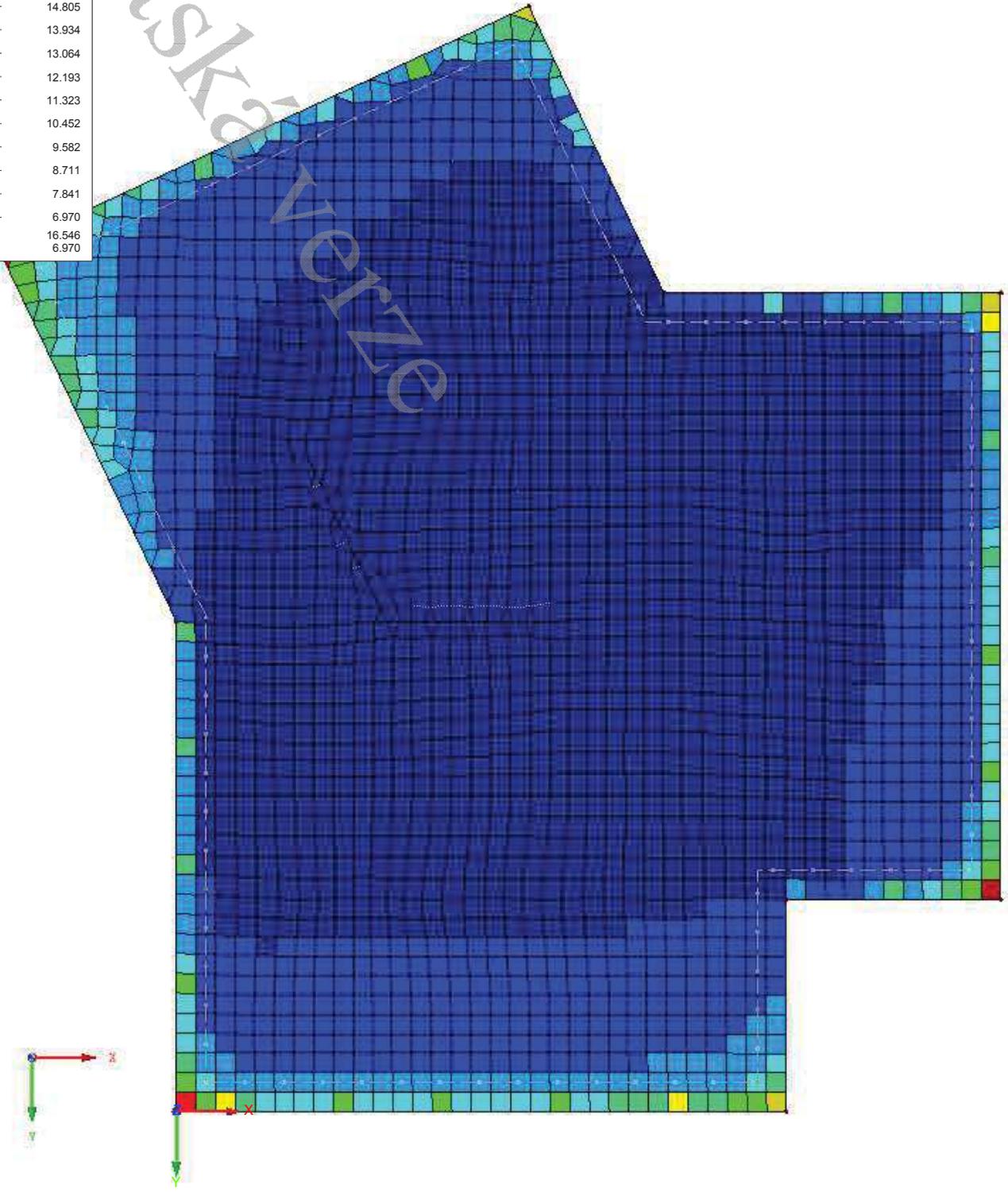
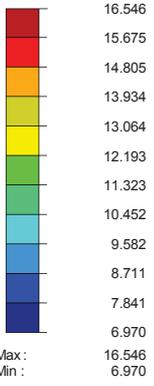


■ C-u,z

RF-SOILIN PR1
Plochy Součinitele podloží C-u,z

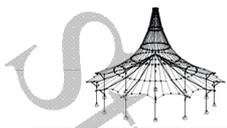
Ve směru Z

Svislé pružiny
Cuz [MN/m²]



Plochy Max C-u,z: 16.546, Min C-u,z: 6.970 [MN/m²]

3.104 m



Projekt: Diplomová práce
Koleje

Model: Studentské koleje- model základové desky

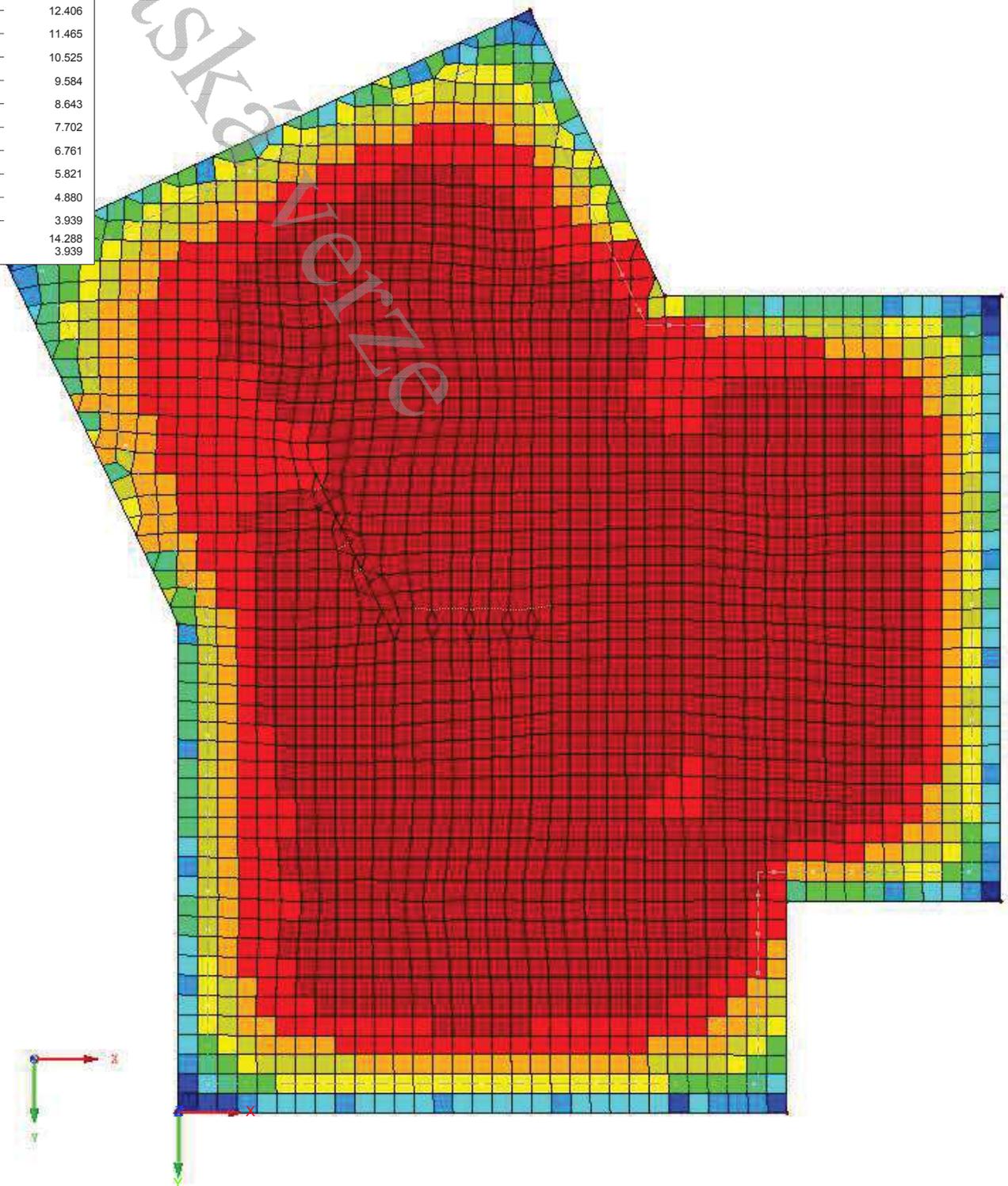
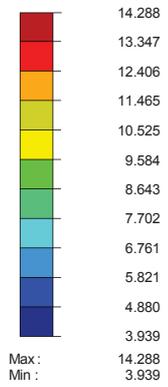
Datum: 18.5.2018

■ C-v,xz

RF-SOILIN PR1
Plochy Součinitele podloží C-v,xz

Ve směru Z

Svislé pružiny
Cvxz [MN/m]



Plochy Max C-v,xz: 14.288, Min C-v,xz: 3.939 [MN/m]

3.104 m



Projekt: Diplomová práce Koleje
Model: Studentské koleje- model základové desky

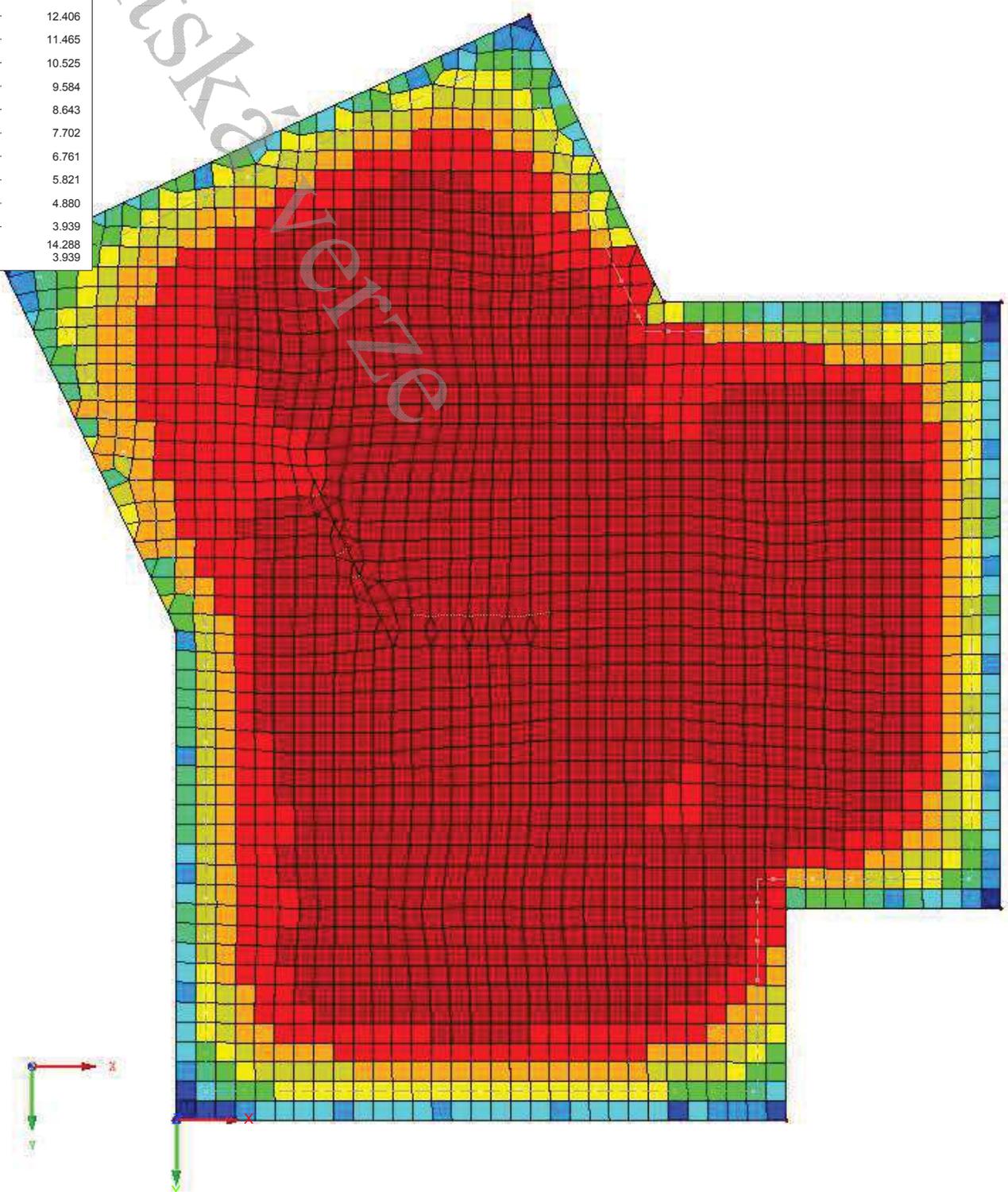
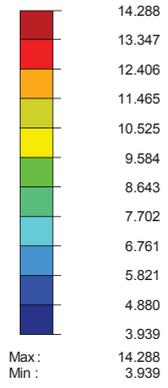
Datum: 18.5.2018

■ C-v,yz

RF-SOILIN PR1
Plochy Součinitele podloží C-v,yz

Ve směru Z

Svislé pružiny
Cv,yz [MN/m]



Plochy Max C-v,yz: 14.288, Min C-v,yz: 3.939 [MN/m]

3.104 m

PŘEDBĚŽNÉ OVĚŘENÍ TLOUŠTKY DESKY

uvažovaná tloušťka desky $h = 600 \text{ mm}$

MATERIÁL: Beton C20/25

Ocel B500B

Charakteristická pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v tahu

$$f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

SOUČiniteLE:

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,5$

součinitel polohy sloupu $\beta = 1,15$

součinitel maximální únosnosti $\alpha_{\max} = 1,5$

ZATÍŽENÍ:

$$V_{Ed} = 1516 \text{ kN}$$

ÚČINNÁ TLOUŠTKA DESKY

$$d_x = h - c - \frac{\emptyset}{2} = 600 - 30 - \frac{25}{2} = 557,5 \text{ mm}$$

$$d_x = h - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 600 - 30 - 25 - \frac{25}{2} = 532,5 \text{ mm}$$

$$d = 545 \text{ mm}$$

krytí $c = 30 \text{ mm}$

odhadovaný průměr výztuže $\emptyset = 25 \text{ mm}$

odhadovaný stupeň vyztužení $\rho = 0,005$

OBVODY: čtvercový sloup $300 \times 300 \text{ mm}$

$$u_0 = 4 \cdot a = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ mm}$$

$$u_1 = 4 \cdot a + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d = 4 \cdot 300 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 545 = 8048,7 \text{ mm}$$

ÚNOSNOST TLAČENÉ DIAGONÁLY:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 1516}{1,2 \cdot 0,545} = 2\,665,7 \text{ kPa} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,552 \cdot 13,33 = 2,94 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$2,7 \text{ MPa} < 2,94 \text{ MPa}$$

ZAJIŠTĚNÍ POŽADOVANÉHO KOTVENÍ VÝZTUŽE NA PROTLAČENÍ:

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 1516}{8,045 \cdot 0,545} = 397,6 \text{ kPa} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho \cdot f_{ck})} = 0,12 \cdot 1,6 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,005 \cdot 20)} = 0,413 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{545}} = 1,6 < 2,0$$

$$v_{Ed,1} \leq \alpha_{max} \cdot v_{Rd,c}$$

$$0,4 < 1,5 \cdot 0,413$$

$$0,4 \text{ MPa} < 0,62 \text{ MPa}$$

TLOUŠŤKA DESKY VYHOVUJE