

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

## **Dřevěná vyhlídková věž**

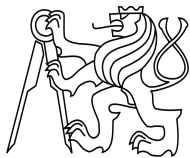
Timber observation tower

## **Bakalářská práce**

Vypracovala:  
Hana Frčková

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Akademický rok: 2016/2017

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Lukáš Blesák, Ph.D.



## Obsah

Zadání .....	2
Čestné prohlášení .....	3
Poděkování.....	4
Anotace .....	5
Klíčová slova .....	5
Abstract .....	5
Key words.....	5
Shrnutí problematiky návrhu dřevěných vyhlídkových věží .....	6
a) Návrh konstrukce [1], [3].....	6
b) Ochrana dřeva [2].....	8
Závěr .....	16
Seznam obrázků.....	16
Seznam použité literatury .....	16
Seznam příloh .....	16



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: FRČKOVÁ Jméno: HANA Osobní číslo: 424448  
 Zadávající katedra: K134 - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ  
 Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ  
 Studijní obor: C - KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: DŘEVĚNÁ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ

Název bakalářské práce anglicky: TIMBER OBSERVATION TOWER

Pokyny pro vypracování:

V RÁMCI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE BUDE ZHOTOVEN STATICKÝ VÝPOČET A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ A VYBRANÝCH DETAILŮ KONSTRUKCE VYHLÍDKOVÉ VĚŽE. STATICKÝ VÝPOČET BUDE ZAMĚŘEN PŘEVÁŽNĚ NA ÚČINKY ZATÍŽENÍ VĚTREM.

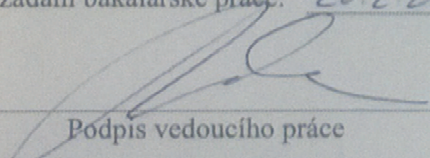
Seznam doporučené literatury:

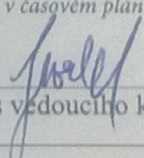
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. LUKÁŠ BLESÁK, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

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

  
Podpis vedoucího práce

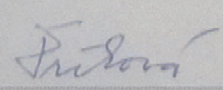
  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

20.2.2017

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)



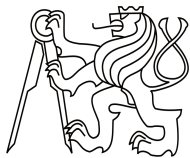
## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje podle Metodického pokynu o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Hana Frčková

.....

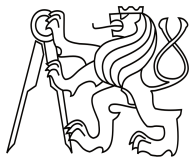
25. května 2017



## Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala svému vedoucímu závěrečné práce Ing. Lukáši Blesákovi, Ph.D. za vstřícné vedení této práce, rady, tipy a připomínky, které dopomohly k upřesnění a vylepšení obsahu této práce.

Hana Frčková



## **Anotace**

Cílem této bakalářské práce je nahlédnout hlouběji do problematiky konstrukčního návrhu dřevěných vyhlídkových věží po teoretické i praktické stránce. Praktická stránka spočívá ve statickém návrhu nosné konstrukce dřevěné vyhlídkové věže s výškou 16,5 m lokalizovanou na nejvyšším vrcholu Pancířského hřbetu na Šumavě. Podkladem pro návrh byl architektonický návrh z března 2015. Statický návrh je zaměřen především na účinky zatížení větrem a na specifika návrhu dřevěných prvků v exteriéru. Byl pro to vytvořen prostorový model plánované konstrukce ve výpočetním programu Scia Engineer a hlavní nosné prvky konstrukce byly ručně posouzeny z hlediska únosnosti a použitelnosti podle platných evropských norem.

## **Klíčová slova**

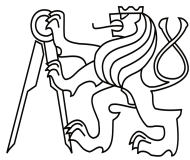
dřevěná vyhlídková věž, dřevěná rozhledna, zatížení větrem, dřevěné prvky v exteriéru

## **Abstract**

The goal of this theses is to survey issues of design of wooden observation towers deeper, in theory and in practice too. Practice solves static design of framework of observation tower 16,5 m high and localized at top of Pancířský hřbet in Šumava. The base of design was architectural study from March 2015. The design aims at impact of wind load and at specifics of wood in outdoors. It was created the spacial model of construction project in static software Scia Engineer. The framework was performed with the use of europe standards for bearing capacity and useability.

## **Key words**

wooden observation tower, wooden watchtower, wind load, wooden element in exterior



## Shrnutí problematiky návrhu dřevěných vyhlídkových věží

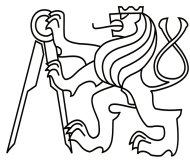
### a) Návrh konstrukce [1], [3]

Vyhlídkové věže jsou výškové konstrukce, které mají specifické požadavky. Nosná konstrukce je složitý prostorový systém složený z prvků převážně prutových, popř. z deskových, které jsou vzájemně propojeny. Na konstrukci působí řada vlivů, které představují zatížení pro konstrukci. Účinky zatížení a jejich intenzita se s časem mění, měly by se tedy uvažovat jako proměnné parametry. Navíc mohou některé vlivy působit současně. Vlastnosti prvků se také časem mění. Hodnoty užitečných vlastností kolísají vlivem kolísání parametrů prostředí nebo nestejnorodosti struktury materiálu. Tyto skutečnosti jsou výpočtem těžko postihnutelné. Proto se pro výpočet vytváří idealizované modely pro konstrukci i prostředí. Tyto modely jsou vzájemně úzce provázány. V idealizovaném modelu konstrukce jsou prvky spojeny vazbami. Spojení dřevěných prvků vytváří vzhledem ke své povaze vazby kloubové. Při idealizaci modelu se uvažuje určitá míra zjednodušení. Míra zjednodušení a podrobnost modelu závisí na požadované přesnosti výsledků. Tvorba modelu konstrukce a modelu prostředí, resp. zatížení, je nejdůležitější fáze návrhu a model musí co nejvěrněji vystihovat skutečnou podobu konstrukce a prostředí.

Jelikož skutečné vlastnosti a účinky vlivu prostředí jsou nejisté, předpokládají se horší vlastnosti a větší deformace konstrukce. Obzvláště u dřeva jsou vlastnosti nejisté. S tím uvažuje princip navrhování, resp. posuzování, podle mezních stavů, které pro určení návrhové hodnoty pevností a únosností dřeva dává daleko méně příznivý součinitel spolehlivosti než u běžných materiálů, jako je ocel a beton.

Vzhledem k tomu, že vlastnosti dřeva jsou ovlivněny prostředím, upravují se modifikačními součiniteli. Modifikační součinitel  $k_{mod}$  zohledňuje vliv prostředí na únosnost prvků a modifikační součinitel  $k_{def}$  zohledňuje vliv prostředí na použitelnost prvků, resp. jejich trvalé deformace. Modifikační součinitelé mají různé hodnoty podle tříd prostředí, ve kterém jsou umístěny. Evropská norma pro navrhování dřevěných konstrukcí rozlišuje 3 třídy prostředí definované s ohledem převážně na relativní vlhkost. Vyhlídkové věže jsou trvale v exteriéru a zpravidla ve vyšších nadmořských výškách, takže jsou zařazeny do třídy provozu 3, která je charakterizována klimatickými podmínkami vedoucími k relativní vlhkosti vyšší než 85 % po více týdnů v roce. Modifikační součinitel je ovlivněn také dobou trvání zatížení. Vyhlídkové věže jsou vystaveny účinkům větru, které je zařazeno do zatížení krátkodobých až okamžitých. Modifikační součinitel upravující vlastnosti potom vychází 0,7-0,9.

U konstrukcí, které jsou vystaveny cyklicky se opakujícímu zatížení, jako je vítr nebo doprava, je potřeba s tím uvažovat. Pro tyto případy se k řešení konstrukce využívá modální analýza konstrukce, která zkoumá odezvu konstrukce na dynamická zatížení. Výsledky této analýzy ukazují vlastní tvary konstrukce. Podle parametrů prvního



vlastního tvaru se určuje součinitel konstrukce  $c_{sCd}$ , kterým se upravuje zatížení dynamického charakteru, aby se zohlednila dynamika chování konstrukce v daném prostředí.

V jednodušších případech se obvykle výpočet vnitřních sil provádí podle teorie lineární pružnosti. Výpočet vnitřních sil na těchto konstrukcích, které jsou nejčastěji složené převážně z prutových prvků, pomocí výpočetní techniky vystihuje skutečné prostorové působení konstrukce velmi reálně. Tento předpoklad ale platí jen pro případy, kdy poměr výšky ku půdorysnému rozměru je max. 6:1. Pokud je poměr vyšší, musí se při tvorbě modelu výpočtu vnitřních sil uvážit smyková deformace svislých prvků a využívat sofistikovanější postupy.

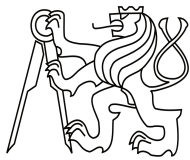
Svislé prvky jsou namáhány tlakem od svislých zatížení, která se mění s výškou. Tlakové namáhání je vyvoláno převážně stálým a užitným zatížením. Jelikož se svislé zatížení načítá směrem odshora dolů. Aby lépe odolával nabývajícimu zatížení může mít svislý prvek po výšce proměnný průřez, tedy mít větší plochu ve spodní části prvku. S rostoucí výškou konstrukce nabývá na významu účinek vodorovného zatížení od působení větru, díky kterému vznikají ohybové momenty ve svislých prvcích. Důsledkem ohybových momentů se zvyšuje v průřezech svislých prvků normálové napětí jak tlakové, tak tahové.

Pro tlačené prvky je výhodné navrhovat průřezy čtvercové nebo kruhové, které nejsou náchylné na ztrátu stability ve směru „měkčí“ osy, protože „měkčí“ osu nemají. Jelikož je konstrukce namáhána z více směrů, průřez může být významně namáhán v obou svých hlavních osách. Proto je výhodné, aby průřez byl „tuhý“ v obou svých osách obdobně.

Aby svislé prvky odolávaly vodorovnému zatížení, musí být vzájemně propojeny. Klasicky se propojení zajišťuje například provedením tuhých styků vodorovných a svislých prvků nebo tuhou nedeformovatelnou stropní tabulí např. z betonu, která při působení vodorovného zatížení zajišťuje stále stejnou vzájemnou polohu svislých prvků ve stycích a svislé prvky tak přebírají účinky vodorovného zatížení dle poměru tuhostí. To však v případě dřevěných věží a dřevěných konstrukcí obecně není snadno proveditelné. Svislé prvky se musí propojit jiným způsobem. V úvahu přichází plošné deskové prvky na opláštění nebo ztužující diagonály.

Optimální variantou se jeví ztužující diagonály mezi obvodovými svislými prvky. Tato ztužidla jsou namáhána primárně osovými silami, proto se volí jako materiál pro ztužidla dřevo nebo ocel. Ocel má vysokou pevnost v tahu, a tak ztužidla mohou vycházet s malými průřezy, eventuálně táhla z ocelových lan. V tlaku ale tento průřez může ztratit stabilitu a vybočit. Nepodílí se pak na přenosu zatížení. Proto se takovéto prvky navrhují na dvojnásobnou tahovou sílu. Ztužidla mohou být navržena i na přenos





tlaku, pak ale se musí použít tuhý průřez, nejlépe dutý uzavřený, který je odolnější vůči ztrátě stability a vyhoví při posouzení namáhání od účinku vzpěru.

Vodorovná zatížení od působení větru zpravidla nemívá jen jeden směr působení, působí v různých směrech. Na to musí být konstrukce navržena, aby odolávala účinkům zatížení v libovolném natočení. Tomu lépe odolávají konstrukce, které jsou půdorysně symetrické, optimálně čtvercové nebo kruhové.

S tím souvisí návrh přípojů, které musí být navrženy tak, aby přenášely střídavé tahové a tlakové síly. Střídavé vnitřní síly jsou vyvolané možností působení větru v opačném směru. Přípoje dřevěných prvků by měly být navrženy co nejjednodušeji s ohledem na provádění. Návrh je ovlivněn několika aspekty, a to estetikou, efektivitou, výrobou jednotlivých částí a způsobem montáže. Spoje jsou navrhovány většinou s mechanickými spojovacími prostředky.

Další specifikum představuje kotvení dřevěných výškových konstrukcí do základových konstrukcí. Od vodorovného zatížení na rameni vzdálenosti vrcholu a paty věže vytvoří ohybový moment, který se pak přenáší dvojicí svislých sil v místech kotvení svislých prvků (resp. dvojicí výslednic sil tahových a tlakových). Tento ohybový moment je výhodné stabilizovat vlastní tíhou konstrukce a stálým zatížením, což u dřevěných konstrukcí není tak jednoduché, protože dřevo má relativně malou hmotnost oproti jiným stavebním materiálům jako je ocel nebo beton. V tomto ohledu představuje malá hmotnost dřeva nevýhodu. V jiných ohledech jde však o výhodu, protože díky malé hmotnosti se snižují náklady na dopravu a montáž prvků.

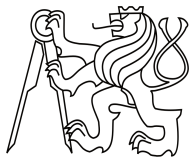
V důsledku vzniku tahových sil v patě věže jsou svislé prvky namáhány tahem, kterému dřevo hůře odolává. Aby se eliminovala velikost tahových namáhání, vkládá se do konstrukce systém ztužení (diagonálních ztužidel), který namáhání přerozděluje. Těmto tahovým silám musí také umět odolávat prvky kotvení.

S problematickým kotvením souvisí návrh založení konstrukce. Při přenosu tahových namáhání z prvků konstrukce vzniká nebezpečí vzniku tahových napětí v základové spáře. Běžné plošné základové konstrukce z betonu nepřenášejí tahová napětí v základové spáře, musely by být více vyztuženy nebo by musely být velmi mohutné, aby tíha betonu vyrovnala toto tahové napětí, a to může být neekonomické. Proto bývá nezbytné navrhovat základy hlubinné.

## **b) Ochrana dřeva [2]**

### Úvod

Dřevo je přírodní materiál, který má sklony časem degradovat vlivem různých abiotických činitelů (UV záření, kyslík, voda, aj.) a biologickým škůdcům (dřevokazné houby, plísňe, hmyz, aj.). Je to jeho přirozená vlastnost daná hlavně strukturální stavbou dřeva. Úlohou ochrany dřeva je potlačit procesy degradace dřeva a prodloužit



mu životnost. Ta je ovlivněná nejen druhem dřeva, ale i architektonickým řešením, tvarem spojů či jiných detailů, podmínkami užívání, expozicí a údržbou. Trvanlivost dřeva se dnes zlepšuje nejen chemickými ochrannými látkami, ale i modifikováním jeho struktury. Výrobky ze dřeva postupně stárnou a je třeba se o ně starat a zabezpečit jim trvalou kvalitu.

### Trvanlivost a životnost dřeva

Dřevo je biopolymer rostlinného původu vytvořený ve stromech. Přirozená trvanlivost, tj. odolnost vůči abiotickému a biologickému poškození, závisí na druhu dřeva (jehličnaté dřeviny X listnaté dřeviny) a na jeho struktuře. Podle struktury se potom volí způsob ochrany dřeva.

### Vlastnosti

Vlastnosti ovlivňují degradační procesy ve dřevě (hniloba, atmosférická koroze, apod.), fixace ochranných látek a modifikace molekulární struktury dřeva, kterou se zvyšuje odolnost vůči biologickým škůdcům a zlepšují vlhkostní a pevnostní vlastnosti dřeva. Pevnostní vlastnosti závisí na hustotě dřeva, jeho struktuře, vlhkosti a míře poškození. Dřevo má poměrně vysokou pevnost vzhledem k hustotě, což je jeho nespornou výhodou.

Z hlediska vlhkosti má dřevo tu zvláštnost, že svou vlhkost přizpůsobuje vnějším podmínkám, což může být problém v prostředí s velkou relativní vlhkostí vzduchu, kdy se absolutní vlhkost dřeva může blížit bodu nasycení vláken. Při kolísání vlhkostních parametrů vnějšího prostředí dochází ve dřevě k bobtnání a sesychání, které je doprovázeno objemovými změnami, které mohou dosahovat i několika procent. To může vést ke tvarové deformaci a tvorbě trhlin. To představuje značnou nevýhodu.

Vzhledem k přirozené vlhkosti dřeva se při jejím zvýšení se snižují pevnostní vlastnosti a odolnost vůči biologickému poškození, což je další nevýhoda.

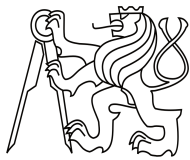
### Shrnutí výhod a nevýhod

#### Výhody:

- jde o obnovitelný surovinový zdroj s nízkou zátěží životního prostředí
- malá hmotnost
- má vysoký podíl pevnosti k hustotě
- je snadno opracovatelné
- má nízký tepelný odpor
- je estetické
- rychlá realizace konstrukcí ze dřeva
- nižší náklady na přepravu a montáž

#### Nevýhody

- biodegradovatelnost, tj. náchylnost na poškození biologickými škůdci
- hořlavost
- náchylnost ke korozi vlivem povětrnostních činitelů
- vlhkostní vlastnosti spojené s expozičním zatížením (viz výše)



Nevýhody jsou spojené s rizikem snížení přirozené trvanlivosti dřeva. Na základě určitých výzkumů byly sestaveny třídy trvanlivosti známých druhů dřevin, resp. jejich jádra. Podle těchto tříd lze snadno porovnat dřeviny pro výběr do konstrukce. Méně trvanlivá dřevina může být v konstrukci použita, je-li chráněna trvanlivější dřevinou.

TRIEDA TRVANLIVOSTI	OBCHODNÝ NÁZOV	VEDECKÝ NÁZOV	L/I	HUSTOTA (kg/m <sup>3</sup> )	VÝSKYT
<b>1</b> Velmi trvanlivé	Greenheart	<i>Ocotea rodiaei</i>	L	1030	J. Amerika
	Jarrah	<i>Eucalyptus marginata</i>	L	830	Austrálie
	Mansonia	<i>Mansonia altissima</i>	L	620	Z. Afrika
	Okan	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	L	920	Z. Afrika
	Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	L	740	Z. Afrika
	Tik	<i>Tectona grandis</i>	L	680	Ázie
	Walaba	<i>Eperua falcata</i>	L	900	J. Amerika
<b>1 – 2</b>	Agát	<i>Robinia pseudoacacia</i>	L	740	Európa,
	Kapur	<i>Dryobalanops aromatica</i>	L	700	J. V. Ázie
<b>2</b> Trvanlivé	Bubinga	<i>Guibourtia demeusii</i>	L	830	Z. Afrika
	Dub	<i>Quercus robur (Q. petraea)</i>	L	710	Európa
	Gaštan	<i>Castanea sativa</i>	L	590	Európa
	Tuja	<i>Thuja plicata</i>	I	370	S. Amerika
<b>3</b> Středně trvanlivé	Douglaska	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	I	530	S. Amerika
	Dub cérový	<i>Quercus cerris</i>	L	770	Európa
	Orech	<i>Juglans regia</i>	L	670	Európa
<b>3 – 4</b>	Borovice	<i>Pinus sylvestris</i>	I	520	Európa
	Smrekovec	<i>Larix decidua</i>	I	600	Európa
<b>4</b> Málo trvanlivé	Brest	<i>Ulmus sp.</i>	L	650	Európa
	Jedle	<i>Abies alba</i>	I	460	Európa
	Smrek	<i>Picea abies</i>	I	460	Európa
<b>5</b> Netrvanlivé	Breza	<i>Betula pubescens</i>	L	660	Európa
	Buk	<i>Fagus sylvatica</i>	L	710	Európa
	Hrab	<i>Carpinus betulus</i>	L	800	Európa
	Jaseň	<i>Fraxinus excelsior</i>	L	700	Európa
	Javor	<i>Acer pseudoplatanus</i>	L	640	Európa
	Lipa	<i>Tilia cordata</i>	L	540	Európa
	Topol	<i>Populus sp.</i>	L	440	Európa

Obr. 1 – Třídy trvanlivosti [2]

- Metody zvýšení trvanlivosti dřeva, resp. jeho ochrana  
Výkony, které vedou ochraně dřeva, tj. k zachování jeho kvality:
- správné skladování a zpracování vytěženého dřeva,
  - vhodný konstrukční návrh dřevěných konstrukcí,
  - správná údržba dřeva, obzvlášť při použití v exteriéru.



### Abiotické poškození dřeva

Dřevo v exteriéru vlivem povětrnostních činitelů přirozeně degraduje atmosférickou korozi. Její intenzita závisí na podmínkách především teplotních, vlhkostních a světelných. Výraznější intenzita souvisí s klimatickými změnami v průběhu roku a s cyklickými změnami parametrů prostředí během dne. Dřevo, které už je více či méně degradované, je pak náchylnější na napadení biologickými škůdci.

Činitelé, kteří vyvolávají atmosférickou korozi jsou hmotné a energetické. Mezi hmotné patří voda, kyslík, agresivní plyny, roztoky agresivních látek, prach, písek, dehet, apod. Mezi energetické činitele patří sluneční záření, teplo a proudění (vítr). Rozhodující činitelé jsou voda a sluneční záření. Povrchy vystavené slunečnímu záření mění svůj vzhled důsledkem chemické reakce složek dřeva vlivem UV záření a při současném působení vody ze srážek dřevo postupně dřevní hmota od vnějšího povrchu eroduje. Intenzita eroze závisí na druhu dřeviny, klimatických podmínkách a způsobu vystavení dřevěného prvku – orientace ke světovým stranám, zastřešení, úhel sklonu vláken, apod. Eroze roste lineálně s poklesem hustoty dřeva. Za 100 let může z povrchu dřeva ubýt 1-13 mm.

### Konstrukční ochrana dřeva

Konstrukční ochrana dřeva spočívá v použití vhodných druhů dřeva pro daný účel, optimalizaci tvarů v detailech a tím zajištění trvale nízké vlhkosti dřeva, zajištění požadované kvality dřeva pro dřevěné prvky, použití povrchových bariérových nátěrů vůči vodě nebo škůdcům.

### Požadavky na dřevěné prvky v exteriéru

- Dřevěné prvky je vhodné udržovat při vhodné vlhkosti, aby dřevo nenapadli biologičtí škůdci.
- Pro dřevěné prvky v exteriéru je dobré volit trvanlivější druhy dřeva.
- Dřevěné prvky v exteriéru se mají co nejlépe ochránit před přímými povětrnostními vlivy a trvalému zvlhčení.

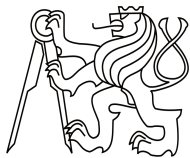
Dřevo v exteriéru se musí chránit především proti srážkové vodě dopadající přímo na dřevo nebo odstříkující vodě od zpevněných ploch na terénu.

### Způsoby zvýšení kvality dřevěných konstrukcí:

- kvalitní projekt, který řeší konstrukční detaily,
- volba vhodných materiálů s co nejvyšší přirozenou trvanlivostí, popř. jejich ochrana,
- kvalitní provedení jak konstrukce, tak detailů a dodržení požadavků projektu.

### Požadavky na kvalitu dřeva

Požadavky na kvalitu dřeva jsou dány normami. Dřevo pro zabudování má mít předepsanou jakost (bezvadost a přijatelné odchylky rozměrů) a přiměřené vlastnosti pro daný účel, např. pevnost. Dále má mít předepsanou vlhkost a nesmí být napadenou hnilobou nebo dřevokaznými škůdci. Pro prvky v exteriéru je dovolená



vlhkost při zabudování do 25%, pokud je spojované kovovými mechanickými prostředky, tak do 20 %.

#### Požadavky na kovové spojovací materiály

Navržené kovové spojovací prostředky musí mít požadované mechanické vlastnosti. Pokud jsou vystavené povětrnosti, musí být ochráněny proti korozi, která snižuje jejich životnost. Požadovaná životnost se zabezpečuje:

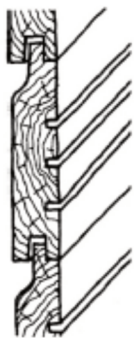
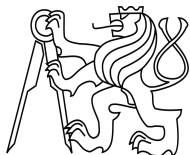
- použitím ušlechtilých kovů (titanzinek, zinková ocel, ...),
- galvanizací (pozinkování, kadmiování, ...),
- protikorozními nátěry.

#### Optimalizace tvaru dřevěných prvků

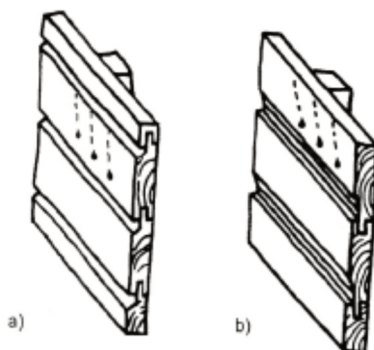
Nejdůležitější zásadou je omezení nebo úplné vyloučení působení vody na čela dřevěných prvků. Také je důležité eliminovat působení slunečního záření, vody a agresivních látek na boční plochy prvků a spoje. Toto nejlépe řeší zastřešení.

Zásady tvarové optimalizace pro dřevěné konstrukce ve vnějším prostředí:

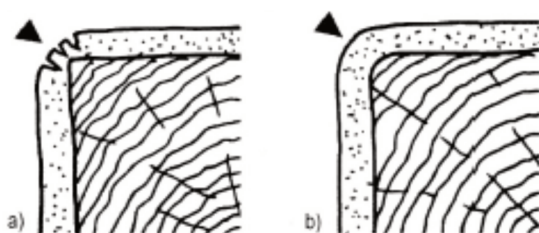
- minimalizovat množství čelních ploch,
- nepoužívat prvky s trhlinami nebo prvky náchylné k trhlinám,
- tenkostěnné profily (obklady) opatřit z vnitřní strany drážkami,
- obklady klást svisle, je-li to možné,
- u vodorovných obkladů zamezit zatékání a stání vody ve sparách, tzn. správně vyřešit detaily a prvky klást správně s ohledem na orientaci vláken,
- používat spoje, do kterých nesnadno zatéká voda a spoje vyhladit,
- hrany zaoblit, především při následné úpravě nátěry,
- střechy řešit s dostatečně dlouhými přesahy, které brání kontaktu se srážkami,
- pomocí přístřešku nebo jiného zakrytí též chránit shora čelní plochy prvků,
- čela svislých prvků lze částečně chránit šikmým řezem.



Obr. 4.18 Drážky od zadnej strany dreveného obkladu bránia jeho deformovaniu a tvorbe trhlin pri zmenách klíny



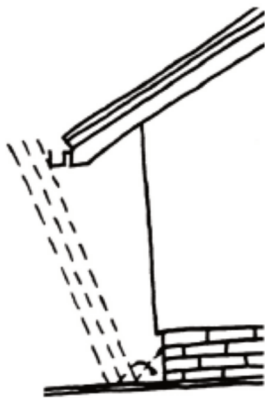
Obr. 4.21 Správne (a) a nesprávne (b) umiestnenie spojov „pero-drážka“ k smeru zrážok pri vodorovne kladenom drevenom obklade



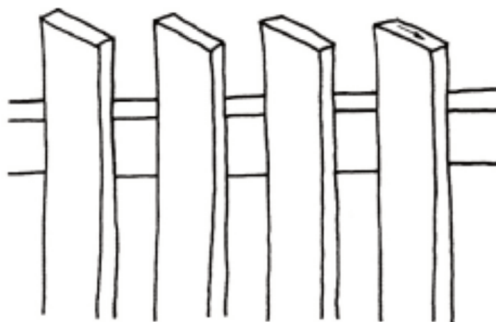
Obr. 4.19 Náter lepšie drží na zaoblenej hrane (b) v porovnaní s ostrou hranou (a) dreveného prvku



Obr. 4.20 Správna orientácia spoja „pero-drážka“ k smeru prevládajúcich vetrov pri zvislo kladenom drevenom obklade

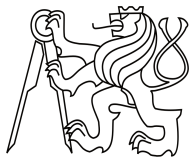


Obr. 4.22 Presah strechy a výška základov vplývajú na intenzitu pôsobenia zrážok na drevené obklady i fasádne prvky (okná a dvere) – viď dostatočný presah strechy



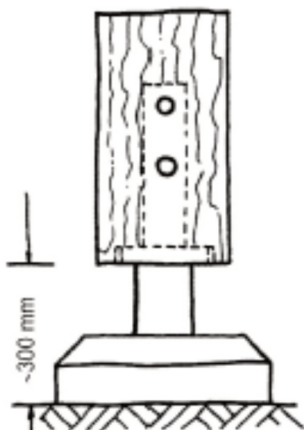
Obr. 4.17 Čelá dreveného plotu čiastočne chránené voči zrážkam pomocou zrezania do šikma

Obr. 2 – Zásady tvarové optimalizace [2]

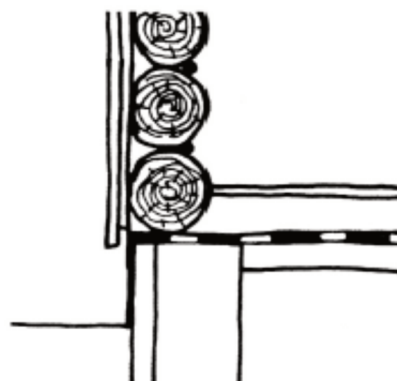


### Izolace dřeva od zdrojů vody v exteriéru

Zabránit kontaktu s vodou u nezastřešených prvků není jednoduché. Ale je důležité, aby byly izolované alespoň od terénu, a aby se voda na prvcích dlouho nezdržovala. Prvky se izolují proti vodě vrstvou vzduchové izolace nebo hydroizolačními materiály. Izolace brání, aby voda vnikala do dřeva kapilárními silami. Je-li dřevo dostatečně vysoko nad terénem, je tak chráněno před vodou odstříkující.



**Obr. 4.27** Vzduchová medzera mezi dolným lícom drevenej konštrukcie (napr. drevený stĺp) a terénom má byť aspoň 0,15 až 0,3 m



**Obr. 4.23** Už starí majstri vedeli, že spodná strana dreveného obkladu by mala prekryť hydroizolačnú škáru medzi základom a drevenou zrubovou stavbou

Obr. 3 – Izolace dřeva od zdrojů vody v exteriéru [2]

### Chemická ochrana dřeva

V případě náročnějších podmínek je vhodné ke zvýšení přirozené trvanlivosti dřeva použít i vhodnou chemickou ochranu dřeva. Při výběru ochranného prostředku se zohledňuje jeho směrová účinnost (fungicidní, insekticidní, proti vlivům povětrnosti, ...), aplikační vlastnosti (disperzní, rozpustné ve vodě nebo organických rozpouštědlech), ekologické vlastnosti a zdravotní nezávadnost.

Z pohledu času aplikace jsou prostředky chemické ochrany preventivní nebo dodatečné (při změně expozice, snížení účinnosti původní ochrany, poškození).

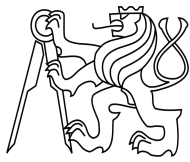
### Ochranné nátěry vůči povětrnostním vlivům

Tyto nátěry chrání dřevo v exteriéru před degradačními účinky abiotických činitelů (pomocí pohlcovačů záření např.), brání vzniku rozměrových změn a trhlin způsobených cyklickými změnami klimatických podmínek a obsahují také složky zabraňující vlastnímu vyluhování.

Používají se filmotvorné a lazurovací nátěry a nízkomolekulární penetrační systémy.

#### 1) Filtrovací a lazurovací nátěry

Filtrovací nátěry vytváří na povrchu souvislou neporézní vrstvu. Ty lazurovací částečně pronikají do dřeva a aplikují se v několika vrstvách. Lazurovací laky se vyznačují určitou paropropustností. Tyto nátěry mají částečně mechanickou odolnost



a také hydrofobizační efekt, díky kterému odolávají působení vody a běžným organickým rozpouštědlům. Přidáním baktericidních, fungicidních nebo insekticidních složek lze zvýšit odolnost vůči biologickým škůdcům. Při nesprávné technologii aplikace nátěrů nebo nedodržení požadované vstupní vlhkosti dřeva hrozí nebezpečí, že se nátěr poškodí a ztratí svou ochrannou funkci.

Mezi nejznámější typy těchto nátěrů patří olejovité nátěry, alkydové nátěry a akrylátové disperzní latexy.

Olejovité nátěry na bázi rostlinných nátěrů, popř. fermež, nejsou příliš vhodné. Fermež je málo trvanlivá a chemicky odolná. Olejovité nátěry jsou sice tvrdé, lesklé a voděodolné, ale časem praskají. Používaly se spíše v minulosti.

Alkydové nátěry mají přídavek pryskyřic a vytváří film, který je po vysušení tenký, ohybný, tažný, tvrdý a odolný proti mechanickému poškození. Nátěry jsou dobře přilnavé k povrchu. Nejsou rozpustné ve vodě. Aplikují se ve 2-3 vrstvách.

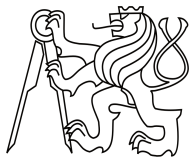
Akrylátové disperzní latexy jsou rozpustné ve vodě. V exteriérech se používají jen omezeně.

## 2) Nízkomolekulární penetrační systémy

Hlavní úlohou těchto systémů je hydrofobizovat dřevo a stabilizovat dřevo proti fotooxidačním procesům. Pro dřevěné prvky v exteriéru jsou účinné jsou systémy na bázi modifikovaných parafínů. Hydrofobizační efekt se docílí přídavkem vosků, rostlinných olejů a určitých stabilizátorů účinku abiotických činitelů. Fotooxidační stabilizátory jsou anorganické sloučeniny kovů jako je železo, cín, nikl nebo chróm. Tyto sloučeniny v povrchových vrstvách dřeva dřevo stabilizují proti účinkům působení slunečního záření a jiných povětrnostních vlivů. Interakce především 6-mocného chrómu potlačují proces fotooxidace ve stavebních polymerech dřeva, aby nedocházelo k jejich přeměně na látky rozpustné ve vodě. Výsledným efektem je snížená tvorba trhlin, vyšší světelná stálost a snížení erozivního účinku na dřevní hmotu.

Nevyžadují hladký povrch. Aplikují se nátěry nebo tlakovými technologiemi (přetlakovými nebo podtlakovými).





## Závěr

Vyhlídkové věže jsou výrazně zatěžovány působením větru a jiných klimatických podmínek. Aby mu bezpečně odolávaly, musí být konstrukce dostatečně tuhá. Tuhost se zajišťuje vhodným tvarem propojením svislých prvků tedy vhodným ztužením. Nejdůležitější částí návrhu je zpracování modelu, který věrně vystihuje skutečné chování konstrukce.

Dřevo v konstrukcích věží v exteriéru si klade určité nároky, které se musí při návrhu respektovat. Především to, že jeho životnost může být zkracována nedodržením zásad ochrany dřeva. Nedodržení zásad může vést k poškození dřeva, které pak ztrácí požadované vlastnosti.

V přílohách je uveden příklad statického návrhu jednodušší dřevěné vyhlídkové věže.

## Seznam obrázků

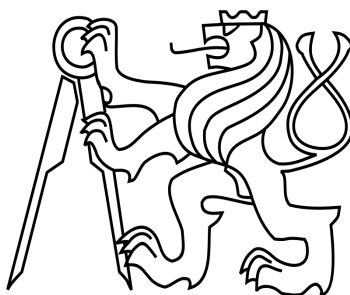
Obr. 1 – Třídy trvanlivosti [2].....	10
Obr. 2 – Zásady tvarové optimalizace [2] .....	13
Obr. 3 – Izolace dřeva od zdrojů vody v exteriéru [2] .....	14

## Seznam použité literatury

- [1] Z. Bill, V. Brabec, A. Hruška, V. Žďára, *Konstrukce pozemních staveb 50 – Konstrukčně statická analýza vícepodlažních objektů a halových objektů*, Praha: ČVUT, 2002
- [2] L. Reinprecht, *Ochrana dřeva*, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008
- [3] M. Augustin, K. Bell, P. Kuklík, A. Kuklíková, A. Lokaj, M. Premrov. *Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*, „Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures – TEMTIS“, 2008

## Seznam příloh

Příloha 1	Technická zpráva	
Příloha 2	Statický výpočet	
Příloha 3	Výkresová dokumentace	
	Půdorysy a řez	1:100
	Pohled JV a řezopohledy	1:100
	Detail 1 – přípoj průvlaku	1:10
	Detail 2 – přípoj paty sloupu – kotvení do základu	1:10



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

## **Dřevěná vyhlídková věž**

Timber observation tower

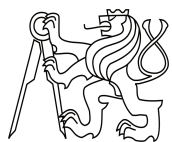
## **Bakalářská práce**

Technická zpráva

Vypracovala:  
Hana Frčková

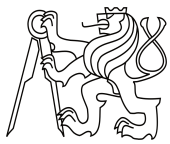
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Akademický rok: 2016/2017

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Lukáš Blesák, Ph.D.



## Obsah

a) Identifikační údaje .....	2
b) Seznam vstupních podkladů .....	2
c) Popis navrženého konstrukčního systému .....	2
d) Navržené materiály .....	2
e) Popis jednotlivých konstrukčních prvků.....	3
f) Charakteristické hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení uvažovaných při návrhu nosné konstrukce .....	4
g) Návrh zvláštních, neobvyklých konstrukcí, konstrukčních detailů, technologických postupů .....	4
h) Zajištění stavební jámy.....	5
i) Technologické podmínky postupu prací, které by mohly ovlivnit stabilitu vlastní konstrukce, případně sousední stavby .....	5
j) Zásady pro provádění bouracích a podchycovacích prací a zpevňovacích konstrukcí či prostupů .....	5
k) Požadavky na kontrolu zakrývaných konstrukcí .....	5
l) Seznam použitých podkladů, norem, technických předpisů, odborné literatury, výpočetních programů.....	5
m) Specifické požadavky na rozsah a obsah dokumentace pro provádění stavby, případně dokumentace zajišťované jejím zhotovitelem.....	6



## a) Identifikační údaje

### Údaje o stavbě:

Název stavby: SO 01 - Rozhledna Můstek  
Místo stavby: k.ú. Hojsova Stráž [640727], parc. č. 300/4  
Předmět dokumentace: Projektová dokumentace pro stavební povolení

### Údaje žadatele:

Lesy ČR, s.p.  
detašované pracoviště - Lesní správa Železná Ruda  
Šumavská 4  
34004 Železná Ruda

### Vypracoval:

Hana Frčková  
Bohunice 1  
384 22 Vlachovo Březí

## b) Seznam vstupních podkladů

Projektová dokumentace pro územní řízení, Ateliér M.A.A.T., s.r.o., 3/2015

## c) Popis navrženého konstrukčního systému

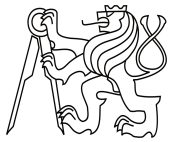
Předmětem řešení je novostavba dřevěné vyhlídkové věže – rozhledny, která bude přístupná veřejnosti. Půdorys objektu je čtvercový o vnějších rozměrech 6,30 x 6,30 m v patě a 4,0 x 4,0 m v posledním podlaží rozhledny. Jedná se o 6 podlažní objekt bez podzemních podlaží. Směrem k vrcholu se rozhledna zužuje přes 4 podlaží. Šikmé stěny zde svírají s vodorovnou rovinou úhel 83°. V posledních 2 podlažích se vnější rozměry nosné konstrukce nemění. Střecha je valbová se sklonem 30°. Výška vrcholu střechy je 16,40 m od ±0,000.

Dokumentace řeší nosnou konstrukci objektu z definovaných materiálů z pohledu statické únosnosti a použitelnosti dílčích prvků a konstrukce jako celku.

Konstrukce je navržena jako skeletový systém tvořený převážně dřevěnými prvky z rostlého dřeva, které budou doplněny o ztužující ocelové trubky.

## d) Navržené materiály

Dřevěné prvky jsou navrženy z konstrukčního rostlého dřeva pevnostní třídy C24, jde o plné průřezy.



Ztužující ocelové trubky jsou navrženy oceli S235, jde o duté průřezy válcované za tepla.

Základové konstrukce jsou navrženy z prostého betonu pevnostní třídy C16/20 XF1.

Pro přípoje jsou navrženy ocelové spojovací prostředky. Materiál spojovacích prvků je ocel 8.8, materiál středních ocelových desek je ocel S235.

Materiálové charakteristiky jsou uvedeny ve statickém výpočtu v části Posouzení hlavních nosných prvků.

## e) Popis jednotlivých konstrukčních prvků

### Svislé dřevěné prvky

Hlavní nosnou konstrukci tvoří 8 obvodových sloupů a 1 středový sloup o průřezu 200x200 mm. Středový sloup má celkovou délku 14,70 m. Nárožní sloupy v šikmé poloze mají délku 9,70 m, střední sloupy v šikmé poloze mají délku 9,60 m. Obvodové sloupy ve svislé poloze mají délku 5,15 m. Vzhledem k výrobním délkám hraněného řeziva 8 m musí být sloupy v šikmých polohách a středový sloup rozděleny v určité poloze. Celkový objem řeziva pro svislé prvky je 5,3 m<sup>3</sup>.

### Vodorovné dřevěné prvky

V rovinách podlah jednotlivých podlaží a v místě zábradlí posledního (vyhlídkového) podlaží jsou umístěny vodorovné nosníky o průřezu 200x240 mm. Nosníky jsou vkládány mezi obvodové sloupy, kolem středového sloupu a kolem uvažovaného prostoru schodiště. (Schodiště není konstrukční prvek.) Minimální délka těchto prvků je 1,70 m a maximální délka je 2,95 m. Celkový objem řeziva pro vodorovné prvky je 8,7 m<sup>3</sup>.

### Dřevěné prvky střechy

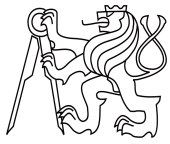
Střecha je složena z krokve o průřezu 120x160 mm. Krokve přesahují přes vodorovné podporující prvky 0,50 m. Nárožní krokve měří 3,95 m a námětkové krokve měří 1,65 m a 2,55 m. Celkový objem řeziva pro prvky střechy je 0,6 m<sup>3</sup>.

### Ztužující dřevěné prvky

V rovinách podlah jednotlivých podlaží jsou navíc umístěny diagonály o rozměrech 100x100 mm, které zajišťují horizontální tuhost ve své rovině.

### Ztužující ocelové trubky

V polích obvodových konstrukcí jsou umístěny diagonály z dutých ocelových průřezů TR 82,5/5 mm. Diagonály jsou umístovány tak, aby nebránily vytvoření dveřních a okenních otvorů v opláštění konstrukce. Ztužidlo s minimální délkou měří 2,30 m a ztužidlo s maximální délkou měří 2,90 m. Množství oceli je 0,1 t.



### Základové betonové konstrukce

Základ tvoří betonové patky o rozměrech 2,03x2,03 m. Patky pod nárožními sloupy jsou rozšířené o 0,8 m v obou směrech ven kvůli možnosti uložení sloupků podporující přístřešek okolo přízemního podlaží. Na patkách je uložena deska o rozměrech 9,70x9,70 m a výšce 0,75 m, která zajišťuje, že patky jsou pod terénem. Hloubka základové spáry je 1,5 m, hloubka byla volena tak, aby byla v nezámrazné hloubce 0,9 m pod terénem ve všech místech. Šířka byla určena dle roznášecího úhlu zatížení 60° pro prostý beton. Celkové množství betonu vychází 109 m<sup>3</sup>. Patky budou ukládány do štěrkového lože frakce 8/16 a tl. 100 mm, které bude ztuhneho na 100 kPa.

### Přípoje s mechanickými ocelovými spojovacími prostředky

Přípoje jsou navrženy jako 2-střížné spoje s ocelovou deskou jako středním prvkem. Střední ocelové desky mají tl. 8 mm, popř. 15 mm. Jako spojovací prostředky jsou navrženy ocelové svorníky o průměru 12 mm, popř. 16 mm.

*(Poznámka: Objem řeziva a množství oceli převzato z výpočetního programu.)*

## **f) Charakteristické hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení uvažovaných při návrhu nosné konstrukce**

### Užitné zatížení (dle ČSN EN 1993-3-1)

Plošiny:  $q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2$

Schodiště:  $q_{k2} = 5 \text{ kN/m}^2$

Zábradlí:  $q_{kz} = 0,5 \text{ kN/m}$

### Zatížení sněhem (dle ČSN EN 1991-1-3)

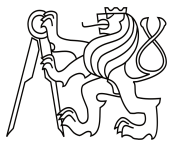
$s_k = 4 \text{ kN/m}^2$  pro sněhovou oblast VII

### Zatížení větrem (dle ČSN EN 1991-1-4)

Hodnoty zatížení vychází z výchozí základní rychlosti větru pro větrnou oblast IV,  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$ .

## **g) Návrh zvláštních, neobvyklých konstrukcí, konstrukčních detailů, technologických postupů**

Nejsou navrženy neobvyklé konstrukční prvky. Je nutné dodržovat technologické předpisy jednotlivých výrobků použitých pro stavbu. Všechny monolitické konstrukce musí být prováděny v souladu s ČSN EN 1992-1-1, ČSN EN 13670 a ČSN EN 206-1. Všechny ocelové konstrukce budou prováděny v souladu s ČSN EN 1993-1-1, ČSN EN 1993-1-8, ČSN EN 1090-1, ČSN EN 1090-2. Všechny dřevěné konstrukce budou prováděny v souladu s ČSN EN 1995-1, ČSN 73 2810, ČSN EN 336, ČSN EN 14081-1.



## **h) Zajištění stavební jámy**

Vzhledem k malé hloubce výkopů (<1,5 m) není nutné stavební jámy základových konstrukcí zajišťovat.

## **i) Technologické podmínky postupu prací, které by mohly ovlivnit stabilitu vlastní konstrukce, případně sousední stavby**

Nejsou navrženy bourací práce ani práce, které by ovlivňovaly sousední stabilitu. Stavební práce budou prováděny tak, aby se neovlivnila stabilita konstrukcí již provedených prvků. Jedná se především o odbedňování betonových konstrukcí nad terénem, osazování nových nosníků, přitěžování již hotových konstrukcí stavby apod.

## **j) Zásady pro provádění bouracích a podchycovacích prací a zpevňovacích konstrukcí či prostupů**

Nejsou navrženy bourací práce.

## **k) Požadavky na kontrolu zakrývaných konstrukcí**

Budou prováděny kontroly důležitých konstrukčních prvků stavebním a autorským dozorem vždy při kontrolních dnech, především kontroly přípojů styčníků před prováděním opláštění konstrukce.

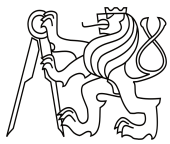
## **l) Seznam použitých podkladů, norem, technických předpisů, odborné literatury, výpočetních programů**

Vyhlášky:

NV č. 499/2006 Sb. ve změně novely 62/2013 Sb.

Normy:

ČSN EN 1990	Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1992-1-1	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků



- ČSN EN 1993-3-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 3-1:  
Stožáry a komíny - Stožáry
- ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1:  
Obecná pravidla – Společná pravidla pro pozemní stavby

Odborná literatura:

M. Augustin, K. Bell, P. Kuklík, A. Kuklíková, A. Lokaj, M. Premrov. *Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*, „Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures – TEMTIS“, 2008

T. Vraný, M. Eliášová, *Ocelové konstrukce 2: cvičení*, Praha: ČVUT, 2009

Software:

Scia Engineer 16.0 – studentská verze – „výpočetní program“

Microsoft Excel 2016

Microsoft Word 2016

AutoCAD 2015 – studentská verze

**m) Specifické požadavky na rozsah a obsah dokumentace pro provádění stavby, případně dokumentace zajišťované jejím zhotovitelem**

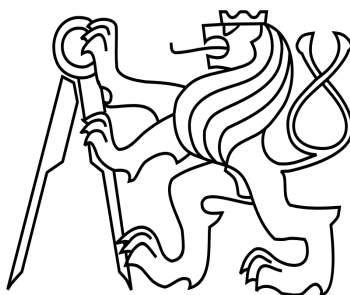
Dokumentace pro provedení stavby bude provedena dle platné vyhlášky 499/2006 Sb. ve změně novely 62/2013 Sb. Budou specifikovány spoje ocelových konstrukcí a ostatní podrobnosti stanovené výše uvedenou vyhláškou. Budou specifikovány všechny nosné konstrukční detaily.

Dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby bude provedena dle platné vyhlášky č. 499/2006 Sb. ve změně novely 62/2013 Sb. a v souladu se zákonem č. 183/2006 Sb.

Požadavky jsou následující:

- bude proveden podrobný návrh jednotlivých spojů, tzn. tvarů a rozměrů připojovacích plechů, řešení přípojů ztužidel
- objekt bude přesně osazen do terénu





ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

## **Dřevěná vyhlídková věž**

Timber observation tower

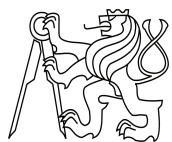
## **Bakalářská práce**

## **Statický výpočet**

Vypracovala:  
Hana Frčková

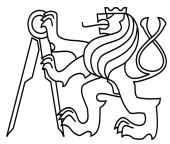
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Akademický rok: 2016/2017

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Lukáš Blesák, Ph.D.



## Obsah

1	Zatížení stálé [2] .....	2
2	Hmoty ze stálého zatížení .....	6
3	Proměnná zatížení .....	11
3.1	Zatížení užité [8] .....	11
3.2	Zatížení sněhem [3] .....	11
3.3	Zatížení větrem [4] .....	13
3.3.1	Součinitel konstrukce .....	14
3.3.2	Maximální dynamický tlak větru rozdělený po výšce .....	17
3.3.3	Hodnoty zatížení větrem bez dynamických vlivů .....	19
4	Zatěžovací stavy .....	33
5	Kombinace zatížení .....	33
5.1	Kombinace pro MSÚ – Mezní stav únosnosti .....	33
5.2	Kombinace pro MSP – Mezní stav použitelnosti .....	34
6	Posouzení hlavních nosných prvků .....	35
6.1	Posouzení únosnosti hlavních nosných prvků – MSÚ .....	35
6.1.1	Posouzení dřevěných prvků [9] .....	35
6.1.2	Posouzení ocelových prvků – ztužidel [6] .....	51
6.2	Posouzení použitelnosti hlavních nosných prvků - MSP .....	54
6.2.1	Posouzení maximálního posunu uzlu ve vrcholu .....	54
6.2.2	Posouzení průhybu jednotlivých prutů [9] .....	55
7	Návrh a posouzení vybraných přípojí .....	57
7.1	Přípoj vodorovného prvku kolmo na vodorovný prvek .....	57
7.2	Přípoj paty obvodového sloupu .....	65
7.3	Návrh kotvení do základu .....	72
8	Návrh a posouzení základových konstrukcí [5] .....	73
9	Seznam obrázků .....	75
10	Seznam tabulek .....	76
11	Seznam použité literatury .....	76



## 1 Zatížení stálé [2]

- vlastní tíha konstrukce je automaticky generovaná výpočetním programem
- odhad rozměrů prvků:
  - nárožníky: 200x200 mm
  - střední sloupy: 200x200 mm
  - vodorovné prvky: 140x200 mm
  - krokve: 120x160 mm
  - táhla:  $\Phi 24$  mm

### 1.1 Dřevěný obklad šikmých stěn (1. - 4.NP)

- celoplošný obklad z hraněného řeziva tloušťky:  $t_1 = 50 \text{ mm} \approx 0,05 \text{ m}$
- každý nárožník a mezilehlý sloup přenáší zatížení ze 2 přilehlých částí polí vyznačených na Obr. 1
- použité dřevo: - modřín
  - objemová tíha:  $\gamma_1 = 6,0 \text{ kN/m}^3$
  - (objemová hmotnost:  $\rho_1 = 600 \text{ kg/m}^3$ )

- zatížení na nárožníky a mezilehlé sloupy 1.NP

$$g_{k1,1} = \frac{2 * S_{1,1} * t_1 * \gamma_1}{l_{1,1}} = \frac{2 * 3,63 * 0,05 * 6,0}{2,49} = 0,87 \text{ kN/m}$$

- zatížení na nárožníky a mezilehlé sloupy 2.NP

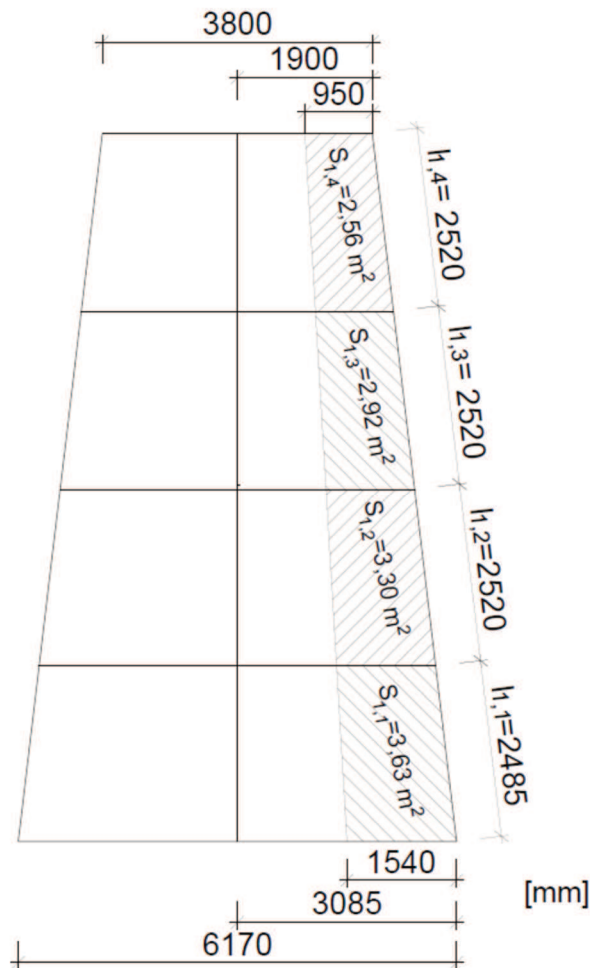
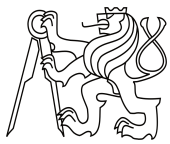
$$g_{k1,2} = \frac{2 * S_{1,2} * t_1 * \gamma_1}{l_{1,2}} = \frac{2 * 3,30 * 0,05 * 6,0}{2,52} = 0,79 \text{ kN/m}$$

- zatížení na nárožníky a mezilehlé sloupy 3.NP

$$g_{k1,3} = \frac{2 * S_{1,3} * t_1 * \gamma_1}{l_{1,3}} = \frac{2 * 2,92 * 0,05 * 6,0}{2,52} = 0,70 \text{ kN/m}$$

- zatížení na nárožníky a mezilehlé sloupy 4.NP

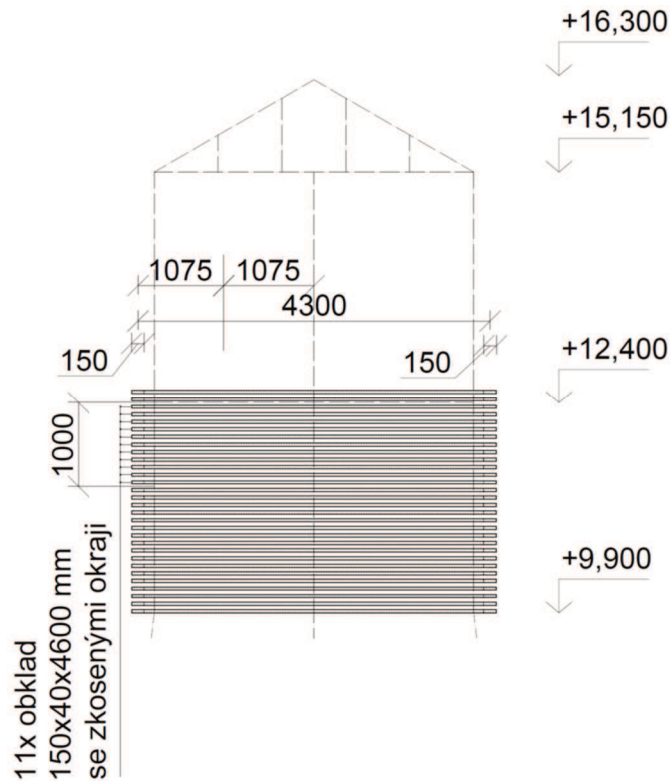
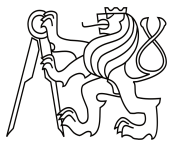
$$g_{k1,4} = \frac{2 * S_{1,4} * t_1 * \gamma_1}{l_{1,4}} = \frac{2 * 2,56 * 0,05 * 6,0}{2,52} = 0,61 \text{ kN/m}$$



Obr. 1 – Schéma zatěžovacích ploch pro obklad šikmých stěn

## 1.2 Dřevěný obklad svislých stěn (5.NP)

- obklad segmentový z hraněného řeziva o rozměrech:  
 $b_2 \times t_2 - 150 \times 40 \text{ mm} \approx 0,15 \times 0,04 \text{ m}$
- mezi jednotlivými prvky obkladu je mezera
- každý nárožník a mezilehlý sloup na délce 1 m přenáší 11 prken obkladu ( $n_2 = 11$ ) ze dvou přilehlých částí polí o šířce 1,075 m ( $l_2 = 1,075 \text{ m}$ )
- použité dřevo: - modřín  
- objemová tíha:  $\gamma_2 = 6,0 \text{ kN/m}^3$   
(objemová hmotnost:  $\rho_2 = 600 \text{ kg/m}^3$ )
- zatížení na nárožníky a mezilehlé sloupy 5.patru  
$$g_{k2,5} = 2 * (b_2 * h_2 * l_2 * \gamma_2 * n_2) =$$
$$= 2 * (0,15 * 0,04 * 1,075 * 6 * 11) = 0,88 \text{ kN/m}$$



Obr. 2 – Schéma zatížení pro obklad svislých stěn

(Poznámka: Není uvažováno se zmenšením plochy obkladů v místě oken, výpočet je na straně bezpečnosti.)

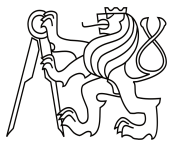
### 1.3 Střecha

- valbová střecha s úhlem  $\alpha_3 = 30^\circ$
- délka hrany  $a_1 = 3,8 \text{ m}$ , vrchol je vyvýšen o  $v_1 = 1,15 \text{ m}$
- použité dřevo na bednění:
  - smrk
  - objemová tíha:  $\gamma_3 = 4,5 \text{ kN/m}^3$
  - (objemová hmotnost:  $\rho_3 = 450 \text{ kg/m}^3$ )

Tab. 1 – Skladba střechy, resp. střešního pláště a jeho plošná hmotnost

Vrstva	Plošná hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]
Plechová střešní krytina	5
Celoplošné prkenné bednění	13,5 (=0,03*450)
CELKEM	20 kg/m <sup>2</sup> $\approx$ 0,2 kN/m <sup>2</sup>

- zatížení od střechy  
 $g_{k3} = 0,2 \text{ kN/m}^2$
- zatížení přenáší pouze krokve a pro zatížení konstrukce byla použita funkce výpočetního programu Generátor rovinného zatížení, který plošné zatížení přerozdělí na podporující prvky

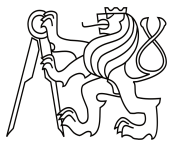


## 1.4 Schodiště

- použité dřevo: - smrk
  - objemová tíha:  $\gamma_4 = 4,5 \text{ kN/m}^3$
  - (objemová hmotnost:  $\rho_4 = 450 \text{ kg/m}^3$ )
  
- sklon schodiště:  $\alpha_4 = 44^\circ$
  
- schodišťové stupně: - 12 stupňů o celkové ploše:  
 $S_{4,1} = 4,006 \text{ m}^2$  (odměřeno)
  - tloušťka 1 stupně  
 $t_{4,1} = 40 \text{ mm} \approx 0,04 \text{ m}$
  
  - tíha stupňů  
 $G_{k4,1} = S_{4,1} * t_{4,1} * \gamma_4 = 4,006 * 0,04 * 4,5 = 0,721 \text{ kN}$
  
- schodnice: - půdorysná délka  
 $l_{4,2}' = 6,77 \text{ mm}$  (odměřeno)
  - skutečná délka  
 $l_{4,2} = \frac{l_{4,2}'}{\cos(\alpha)} = \frac{6,77}{\cos(44^\circ)} = 9,41 \text{ m}$
  
  - rozměry prvků schodnice  
 $b_{4,2} \times t_{4,2} = 280 \times 50 \text{ mm} \approx 0,28 \times 0,05 \text{ m}$
  
  - tíha schodnic  
 $G_{k4,2} = l_{4,2} * b_{4,2} * t_{4,2} * \gamma_4 = 9,41 * 0,28 * 0,05 * 4,5 = 0,593 \text{ kN}$
  
- celková tíha schodiště  
 $G_{k4} = G_{k4,1} + G_{k4,2} = 0,721 + 0,593 = 1,314 \text{ kN}$
  
- tíha schodiště je přenášena na 4 bodech, tzn. v každém bodě  
 $G_{k4}' = \frac{1}{4} * G_{k4} = \frac{1}{4} * 1,314 = 0,33 \text{ kN}$

## 1.5 Lavička

- na každém patře je uvažováno s umístěním lavičky u středového sloupu o hmotnosti 30 kg
  
- tíha lavičky:  $G_{k5} = 0,3 \text{ kN}$



## 1.6 Podlahy

- použité dřevo: - smrk
- objemová tíha:  $\gamma_6 = 4,5 \text{ kN/m}^3$   
(objemová hmotnost:  $\rho_6 = 450 \text{ kg/m}^3$ )
- uvažuje se s použitím prkenných podlah o tloušťce:  $t_6 = 50 \text{ mm} \approx 0,05 \text{ m}$
- tíha podlah  
$$g_{k6} = \gamma_6 * t_6 = 4,5 * 0,05 = 0,225 \text{ kN/m}^2$$
- ve výpočtovém modelu je zatížení na jednotlivé prvky rozděleno pomocí funkce výpočetního programu Generátor rovinného zatížení, který plošné zatížení přerozdělí na podporující prvky

## 2 Hmoty ze stálého zatížení

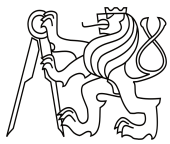
- Pro zadání dynamického výpočtu
- Tíhové zrychlení je pro zjednodušení uvažováno hodnotou:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

### 2.1 Dřevěný obklad šikmých stěn (1.-4.NP)

- Hmoty odpovídají zatížení, tzn. liniové, určené ze vztahu  
$$m_{1,i} = g_{k1,i} * (1000/g) \text{ [kg/m]}$$
- liniové hmoty na nárožnicích a středních sloupech 1. NP  
$$m_{1,1} = g_{k1,1} * (1000/g) = 0,87 * (1000/10) = 87 \text{ kg/m}$$
- liniové hmoty na nárožnicích a středních sloupech 2. NP  
$$m_{1,2} = g_{k1,2} * (1000/g) = 0,79 * (1000/10) = 79 \text{ kg/m}$$
- liniové hmoty na nárožnicích a středních sloupech 3. NP  
$$m_{1,3} = g_{k1,3} * (1000/g) = 0,70 * (1000/10) = 70 \text{ kg/m}$$
- liniové hmoty na nárožnicích a středních sloupech 4. NP  
$$m_{1,4} = g_{k1,4} * (1000/g) = 0,61 * (1000/10) = 61 \text{ kg/m}$$

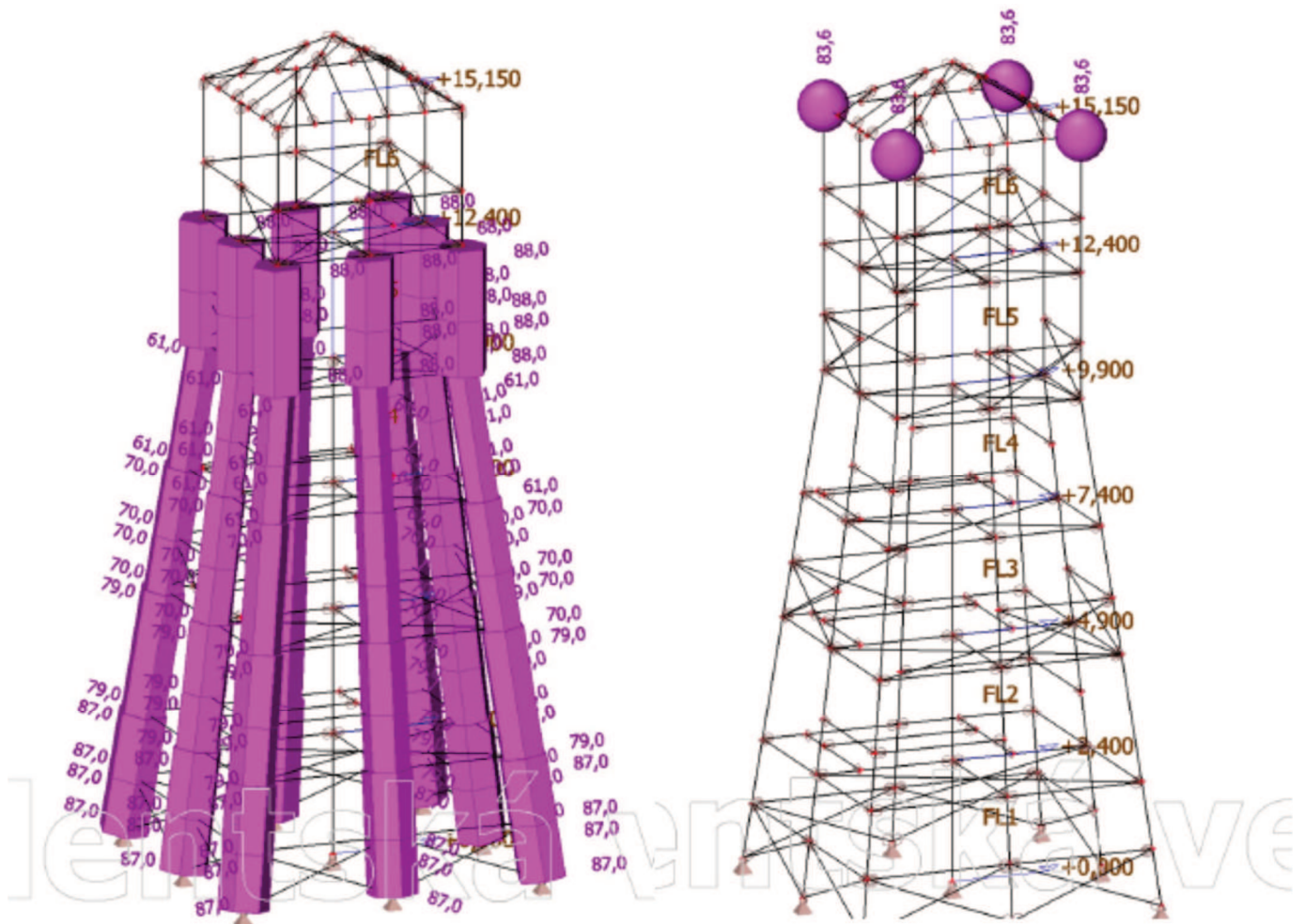
### 2.2 Dřevěný obklad svislých stěn (5.NP)

- Hmoty odpovídají zatížení, tzn. liniové, určené ze vztahu  
$$m_2 = g_{k2} * (1000/g) \text{ [kg/m]}$$
- liniové hmoty na nárožnicích a středních sloupech 5. NP  
$$m_2 = g_{k2} * (1000/g) = 0,88 * (1000/10) = 88 \text{ kg/m}$$



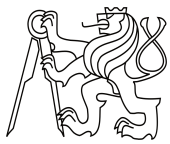
## 2.3 Střecha

- Plocha 1 valby:  
 $S_{3,1} = 4,18 \text{ m}^2$  (změřeno)
- Zatížení z valb ( $g_{k3} = 0,2 \text{ kN/m}^2$ ) se bude koncentrovat do 4 nárožních sloupů vyhlídkového patra (6.NP)
- Střecha má 4 valby a hmoty se budou koncentrovat bodově do 4 nárožních sloupů, tzn. hmota z 1 valby bude uvažována na 1 sloupu
- bodové hmoty v nárožních sloupech vyhlídkového patra (6.NP)  
 $M_3 = S_{3,1} * g_{k3} * (1000/g) = 4,18 * 0,20 * (1000/10) = 83,6 \text{ kg}$



Obr. 3 – Hmoty od zatížení obklady stěn a souvrstvím střechy – výpočetní program





## 2.4 Schodiště

- Hmoty odpovídají zatížení, tzn. hmoty ze zatížení schodiště budou bodové v místech uložení
- bodové hmoty schodiště

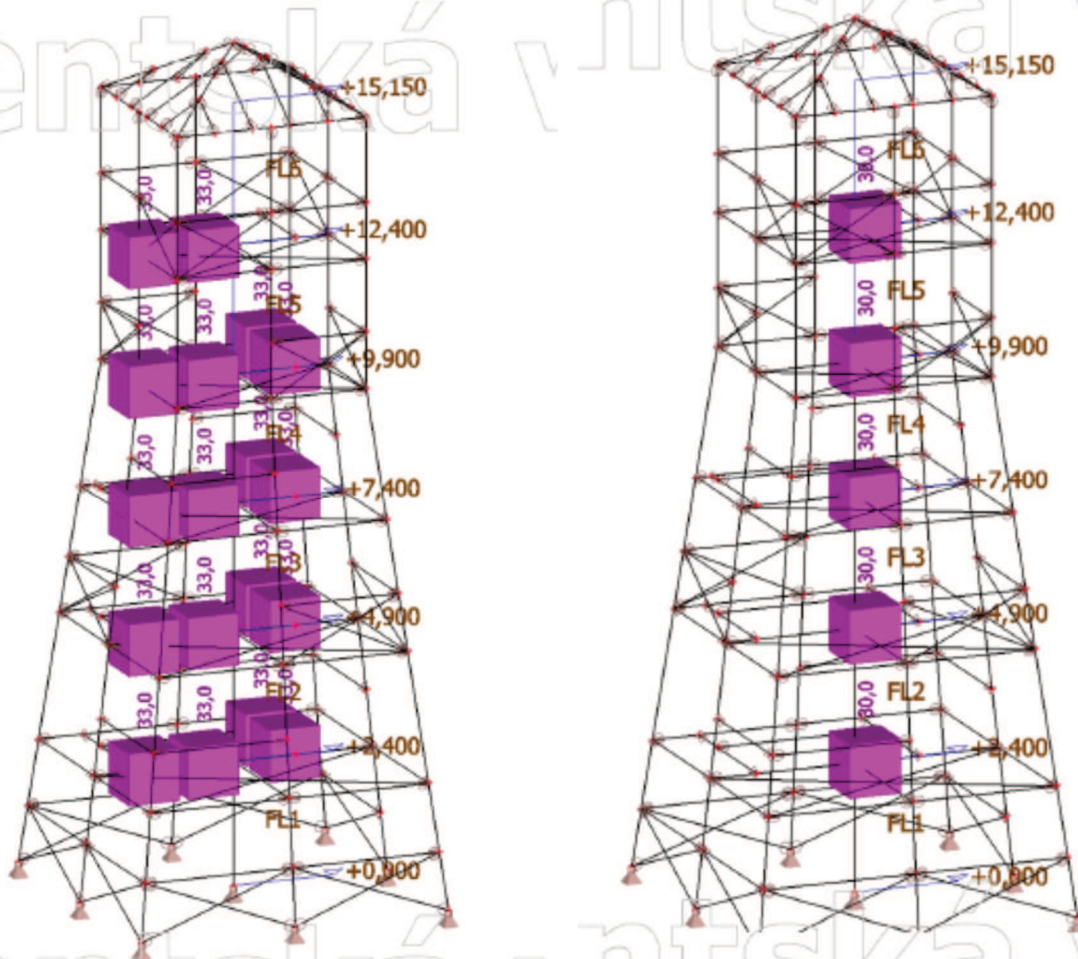
$$M_4 = G_{k4} \cdot (1000/g) = 0,33 \cdot (1000/10) = 33 \text{ kg}$$

## 2.5 Lavička

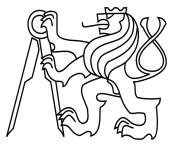
- hmota bude bodová v předpokládaném místě osazení, tedy u středového sloupu
- předpokládaná hmotnost lavičky je 30 kg

- bodová hmota lavičky

$$M_5 = 30 \text{ kg}$$

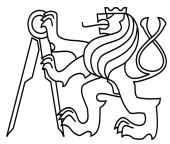


Obr. 4 – Hmoty od zatížení schodištěm a lavičkami – výpočetní program

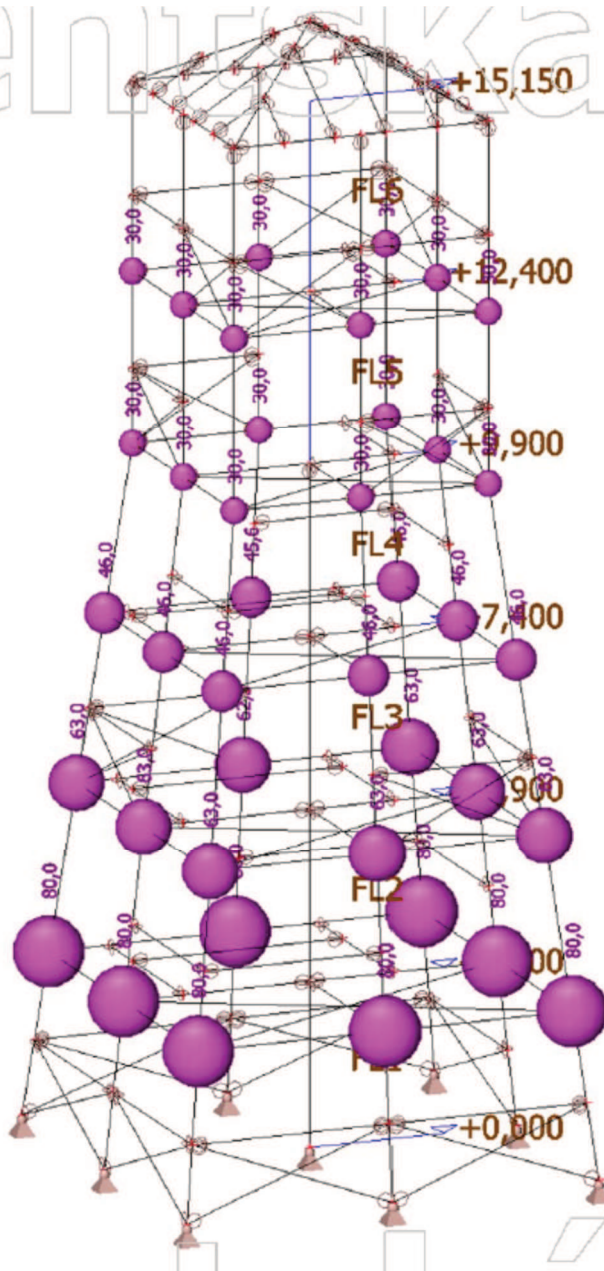


## 2.6 Podlahy

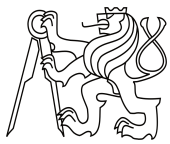
- předpokládá se, že hmotnost podlah v každém patře se rozdělí do bodových hmot v 8 obvodových sloupech
- uvažuje se s použitím prkenných podlah o tloušťce:  $t_6 = 50 \text{ mm} \approx 0,05 \text{ m}$
- použité dřevo - smrk
  - objemová tíha:  $\gamma_6 = 4,5 \text{ kN/m}^3$
  - (objemová hmotnost:  $\rho_6 = 450 \text{ kg/m}^3$ )
- Podlaha v  $\pm 0,000$  – neuvažuje se jako zatížení konstrukce
- Podlaha v  $+2,400$ 
  - plocha podlahy:  
 $S_{6,2} = 28,5 \text{ m}^2$  (odměřeno)
  - hmotnost podlahy:  
 $M_{6,2}' = S_{6,2} * t_6 * \rho_6 = 28,5 * 0,05 * 450 = 640 \text{ kg}$
  - hmota na 1 obvodový sloup  
 $M_{6,2} = M_{6,2}' / 8 = 640 / 8 = 80 \text{ kg}$
- Podlaha v  $+4,900$ 
  - plocha podlahy:  
 $S_{6,2} = 22,0 \text{ m}^2$  (odměřeno)
  - hmotnost podlahy:  
 $M_{6,3}' = S_{6,3} * t_6 * \rho_6 = 22,0 * 0,05 * 450 = 500 \text{ kg}$
  - hmota na 1 obvodový sloup  
 $M_{6,3} = M_{6,3}' / 8 = 500 / 8 = 62,5 \text{ kg}$
- Podlaha v  $+7,400$ 
  - plocha podlahy:  
 $S_{6,4} = 16,1 \text{ m}^2$  (odměřeno)
  - hmotnost podlahy:  
 $M_{6,4}' = S_{6,4} * t_6 * \rho_6 = 16,1 * 0,05 * 450 = 365 \text{ kg}$
  - hmota na 1 obvodový sloup  
 $M_{6,4} = M_{6,4}' / 8 = 365 / 8 = 45,6 \text{ kg}$



- Podlaha v +9,900 a +12,400
- plocha podlahy:  
 $S_{6,5(6)} = 10,7 \text{ m}^2$  (odměřeno)
- hmotnost podlahy:  
 $M_{6,5(6)}' = S_{6,5(6)} * t_6 * \rho_6 = 10,7 * 0,05 * 450 = 240 \text{ kg}$
- hmota na 1 obvodový sloup  
 $M_{6,5(6)} = M_{6,5(6)}' / 8 = 240 / 8 = 30 \text{ kg}$



Obr. 5 – Hmoty od zatížení podlahami – výpočetní program



### 3 Proměnná zatížení

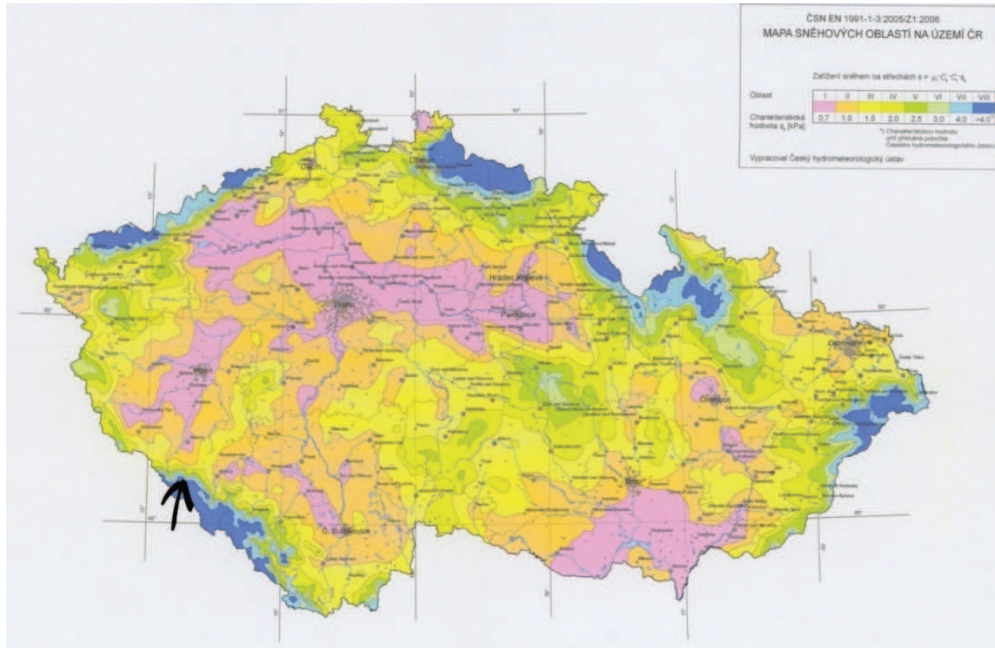
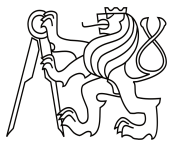
#### 3.1 Zatížení užité [8]

- je uvažováno s plným užitným zatížením na schodišti a plošinách všech pater
- na plošinách je uvažováno plné plošné užité zatížení kategorie C5 – shromažďovací prostory
  - $q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2$
- na schodišti je uvažováno plné plošné užité zatížení kategorie C3 – schodiště
  - $q_{k2} = 5 \text{ kN/m}^2$
  - zatížení ze schodiště se bude přenášet do podporujících vodorovných konstrukcí v místech uložení, tedy ve 4
  - plocha schodiště:  
 $S_{4,1} = 4,0 \text{ m}^2$  (viz Zatížení stálé)
  - celkové zatížení od schodiště  
 $Q_{k2}' = q_{k2} * S_{4,1} = 5 * 4 = 20 \text{ kN}$
  - zatížení v místech uložení  
 $Q_{k2} = Q_{k2}' / 4 = 20 / 4 = 5 \text{ kN}$
- na zábradlí 6. NP je uvažováno se zatížením od opírajících se lidí
  - $q_{kz} = 0,5 \text{ kN/m}$

#### 3.2 Zatížení sněhem [3]

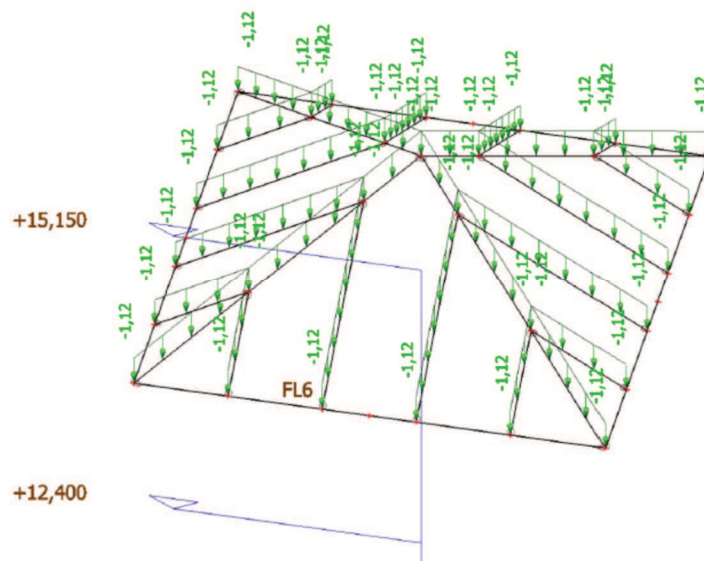
- sněhová oblast VIII
- vzhledem k minimálnímu vlivu zatížení sněhem není přesná hodnota vyžadována od ČHMÚ, uvažuje se maximální udávaná hodnota zatížení sněhem
- charakteristická hodnota zatížení sněhem z mapy sněhových oblastí  
 $s_k = 4 \text{ kN/m}^2$
- sklon střechy  
 $\alpha = 30^\circ$
- zatížení sněhem  
 $s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 0,8 * 1 * 4 = 2,56 \text{ kN/m}^2$

kde:  $\mu_1$  je tvarový součinitel zatížení sněhem  
- pro sklon  $\alpha = 30^\circ$  je  $\mu_1 = 0,8$   
 $C_e$  je součinitel expozice  
- pro otevřenou krajinu je  $C_e = 0,8$   
 $C_t$  je tepelný součinitel  
- je doporučena bezpečná hodnota  $C_t = 1$

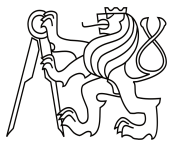


Obr. 6 – Mapa sněhových oblastí v České republice [3]

- rozdělení zatížení sněhem
- zatížení sněhem budou přenášet krokve, jejichž celková délka je v součtu  $l_s = 33,01 \text{ m}$  (odměřeno)
- zatěžovaná plocha je půdorysný průmět střechy o rozměrech  $3,8 \times 3,8 \text{ m}$   
 $A_s = 3,8 * 3,8 = 14,44 \text{ m}^2$
- celková tíha sněhu je  
 $Q_s = A_s * s = 14,44 * 2,56 = 36,97 \text{ kN}$
- liniové zatížení sněhem na krokve vychází tedy  
 $q_s = Q_s / l_s = 36,97 / 33,01 = 1,12 \text{ kN/m}$

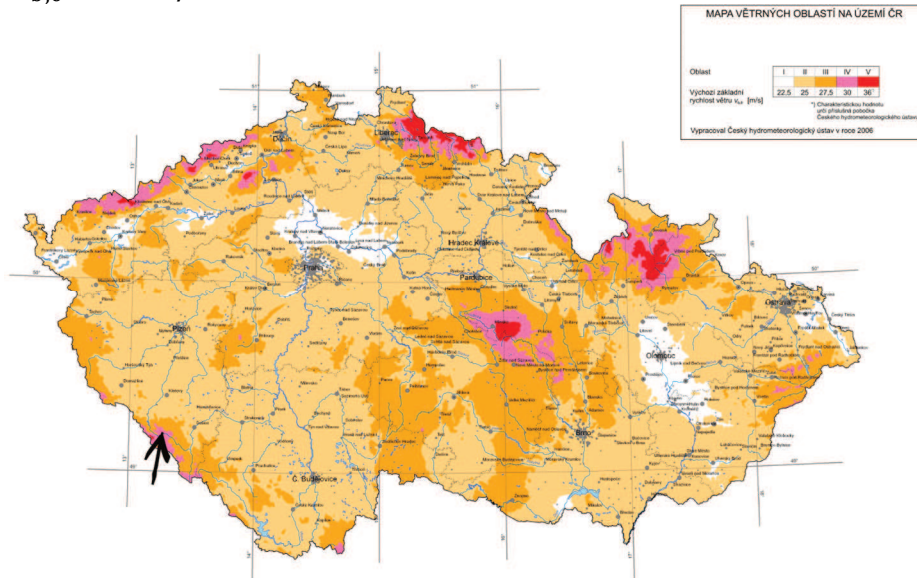


Obr. 7 – Zatížení sněhem na střechu – výpočetní program



### 3.3 Zatížení větrem [4]

- větrná oblast IV
- výchozí základní rychlost větru  
 $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$



Obr. 8 – Mapa větrných oblastí v České republice [4]

- kategorie terénu II: Oblasti s nízkou vegetací (tráva) a s izolovanými překážkami (stromy), jejichž vzdálenost je větší než 20 násobek výšky.
  - parametr drsnosti terénu:  $z_0 = 0,05 \text{ m}$
  - minimální výška:  $z_{min} = 2 \text{ m}$

- základní rychlost větru  
 $v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 30 = 30 \text{ m/s}$

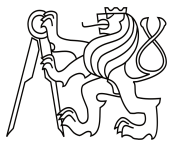
kde:  $c_{dir}$  je součinitel směru větru  
- je doporučena bezpečná hodnota  $c_{dir} = 1$   
 $c_{season}$  je součinitel ročního období  
- je doporučena bezpečná hodnota  $c_{season} = 1$

- charakteristická střední rychlost větru  
 $v_{m(z_s)} = c_{r(z_s)} * c_{0(z_s)} * v_b = 1,0025 * 1 * 30 = 30,074 \text{ m/s}$

kde:  $c_{r(z_0)}$  je součinitel orografie  
- je doporučena bezpečná hodnota  $c_{r(z_0)} = 1$

$c_{r(z_s)}$  je součinitel drsnosti terénu, získaný ze vztahu  
 $c_{r(z_s)} = k_r * \ln(z_s/z_0) = 0,19 * \ln(9,78/0,05) = 1,0025$

kde:  $k_r$  je součinitel terénu, získaný ze vztahu



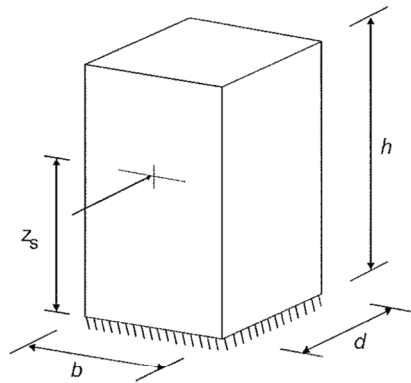
$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} =$$

$$= 0,19 * \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

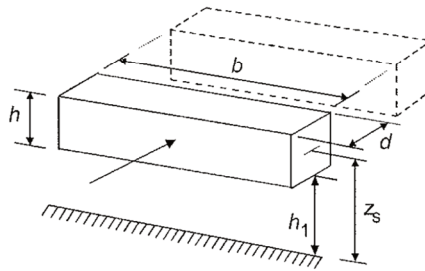
kde  $z_{0,II}$  je srovnávací parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II  
 $z_{0,II} = 0,05$

$z_s$  je referenční výška, získaná z výrazu  
 $z_s = 0,6 * h = 0,6 * 16,5 = 9,78 \text{ m}$

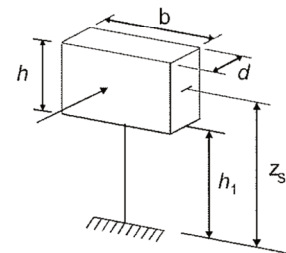
a) vertikální konstrukce, jako jsou pozemní stavby apod.



b) vodorovně orientované stavební konstrukce, jako jsou nosníky apod.



c) bodově působící stavební objekty, jako jsou informační tabule apod.



POZNÁMKA Omezení jsou uvedena také v 1.1(2).

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{\min}$$

$$z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min}$$

$$z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min}$$

Obrázek 6.1 – Obecné tvary konstrukcí, na které se vztahuje postup navrhování. Jsou také uvedeny konstrukční rozměry a použité referenční výšky

Obr. 9 – Určení referenční výšky [4]

### 3.3.1 Součinitel konstrukce

- intenzita turbulence

$$I_{v(z_s)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z_s)}} = \frac{k_1}{c_{0(z_s)} * \ln(z_s/z_0)} = \frac{1}{1 * \ln(9,78/0,05)} = 0,1895$$

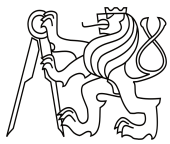
kde  $k_1$  je součinitel turbulence

- je doporučena bezpečná hodnota  $k_1 = 1$

- měřítko délky turbulence

$$L_{(z_s)} = L_t * \left(\frac{z_s}{z_t}\right)^\alpha = 300 * \left(\frac{9,78}{200}\right)^{0,52} = 62,41 \text{ m}$$

kde:  $L_t$  je referenční měřítko délky o hodnotě  $L_t = 300 \text{ m}$



$z_t$  je referenční výška o hodnotě  $z_t = 200 \text{ m}$

$\alpha$  je parametr získaný ze vztahu  
 $\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0) = 0,67 + 0,05 * \ln(0,05) = 0,52$

- první vlastní frekvence konstrukce
- hodnota byla získána Modální analýzou konstrukce ve výpočetním programu, kdy konstrukce byla zatížena hmotami ze stálého zatížení (viz Zatížení stálé)

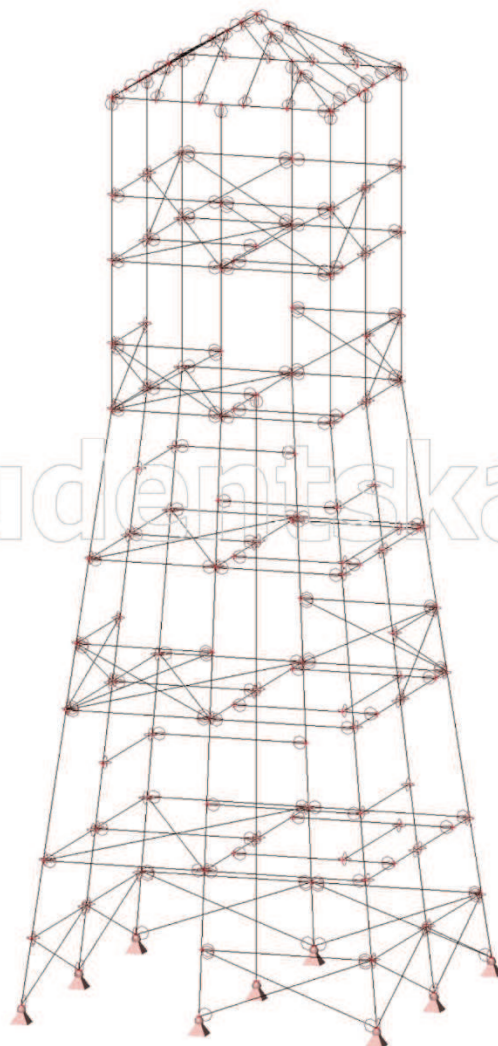
- získaná hodnota

$$n_{1,x} = 1,75 \text{ Hz}$$

### 1. Vlastní frekvence

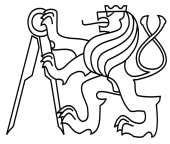
N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,75	11,02	121,36	0,57

### 2. model



Obr. 10 – Výstup z modální analýzy výpočetního programu





- bezrozměrná frekvence stanovená na základě vlastní frekvence

$$f_{L(z_s, n_{1,x})} = n_{1,x} * \left( \frac{L(z_s)}{v_{m(z_s)}} \right) = 1,75 * \left( \frac{62,41}{30,074} \right) = 3,63$$

- jednostranné spektrum rozptylu

$$\begin{aligned} S_{L(z_s, n_{1,x})} &= \frac{6,8 * f_{L(z_s, n_{1,x})}}{\left( 1 + 10,2 * f_{L(z_s, n_{1,x})} \right)^{\frac{5}{3}}} = \\ &= \frac{6,8 * 3,63}{\left( 1 + 10,2 * 3,63 \right)^{\frac{5}{3}}} = 0,0574 \end{aligned}$$

- součinitel odezvy pozadí

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 * \left( b + h/L(z_s) \right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 * \left( 4,3 + 16,3/62,41 \right)^{0,63}} = 0,6908$$

- aerodynamická admitance

$$\eta_h = \left( 4,6 * h/L(z_s) \right) * f_{L(z_s, n_{1,x})} = \left( 4,6 * 16,3/62,41 \right) * 3,63 = 4,36$$

$$\eta_b = \left( 4,6 * b/L(z_s) \right) * f_{L(z_s, n_{1,x})} = \left( 4,6 * 4,3/62,41 \right) * 3,63 = 1,15$$

$$\begin{aligned} R_h &= \frac{1}{\eta_h} - \left( \frac{1}{2} * \eta_h^2 \right) * \left( 1 - e^{-2 * \eta_h} \right) = \frac{1}{4,36} - \left( \frac{1}{2} * 4,36^2 \right) * \left( 1 - e^{-2 * 4,36} \right) = \\ &= 0,203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{1}{\eta_b} - \left( \frac{1}{2} * \eta_b^2 \right) * \left( 1 - e^{-2 * \eta_b} \right) = \frac{1}{1,15} - \left( \frac{1}{2} * 1,15^2 \right) * \left( 1 - e^{-2 * 1,15} \right) = \\ &= 0,529 \end{aligned}$$

- logaritmický dekrement útlumu ([4], příloha F.2, nejpodobnější případ jsou dřevěné mosty  $\delta \in (0,06 \div 0,12)$ )

$$\delta = 0,06$$

- rezonanční část odezvy

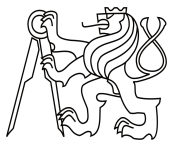
$$\begin{aligned} R^2 &= \left( \frac{\pi^2}{2} * \delta \right) * S_{L(z_s, n_{1,x})} * R_h * R_b = \left( \frac{\pi^2}{2} * 0,06 \right) * 0,0574 * 0,203 * 0,529 = \\ &= 0,507 \end{aligned}$$

- frekvence přechodů s kladnou směrnici

$$v = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{(B^2 + R^2)}} = 1,75 * \sqrt{\frac{0,507}{0,6908 + 0,507}} = 1,139$$

- součinitel maximální hodnoty

$$\begin{aligned} k_p &= \sqrt{2 * \ln(v * T_0)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(v * T_0)}} = \\ &= \sqrt{2 * \ln(1,139 * 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(1,139 * 600)}} = 3,779 \end{aligned}$$



- **součinitel konstrukce**

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 * k_p * I_{v(z_s)} * \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 * I_{v(z_s)}} =$$
$$= \frac{1 + 2 * 3,779 * 0,1895 * \sqrt{0,6908 + 0,507}}{1 + 7 * 0,1895} = 1,1036$$

### 3.3.2 Maximální dynamický tlak větru rozdělený po výšce

- hustota větru  $\rho_{air} = 1,25 \text{ kg/m}^3$

- výška 0-5 m ( $z_1 = 5 \text{ m}$ )

- střední rychlost větru

$$v_{m(z_1)} = c_{r(z_1)} * c_{0(z_1)} * v_b = k_r * \ln(z_1/z_0) * c_{0(z_1)} * v_b =$$
$$= 0,19 * \ln(5/0,05) * 1 * 30 = 26,25 \text{ m/s}$$

- intenzita turbulence

$$I_{v(z_1)} = \frac{k_1}{c_{0(z_1)} * \ln(z_1/z_0)} = \frac{1}{1 * \ln(5/0,05)} = 0,217$$

- maximální dynamický tlak větru

$$q_{p(z_1)} = [1 + 7 * I_{v(z_1)}] * \frac{1}{2} * \rho_{air} * v_{m(z_1)}^2 = [1 + 7 * 0,217] * \frac{1}{2} * 1,25 * 26,25^2 =$$
$$= 1085 \text{ N/m}^2 \approx 1,085 \text{ kN/m}^2$$

- výška 5-10 m ( $z_2 = 10 \text{ m}$ )

- střední rychlost větru

$$v_{m(z_2)} = c_{r(z_2)} * c_{0(z_2)} * v_b = k_r * \ln(z_2/z_0) * c_{0(z_2)} * v_b =$$
$$= 0,19 * \ln(10/0,05) * 1 * 30 = 30,20 \text{ m/s}$$

- intenzita turbulence

$$I_{v(z_2)} = \frac{k_1}{c_{0(z_2)} * \ln(z_2/z_0)} = \frac{1}{1 * \ln(10/0,05)} = 0,189$$

- maximální dynamický tlak větru

$$q_{p(z_2)} = [1 + 7 * I_{v(z_2)}] * \frac{1}{2} * \rho_{air} * v_{m(z_2)}^2 = [1 + 7 * 0,189] * \frac{1}{2} * 1,25 * 30,20^2 =$$
$$= 1324 \text{ N/m}^2 \approx 1,324 \text{ kN/m}^2$$

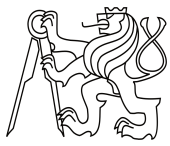
- výška 10-15 m ( $z_3 = 15 \text{ m}$ )

- střední rychlost větru

$$v_{m(z_3)} = c_{r(z_3)} * c_{0(z_3)} * v_b = k_r * \ln(z_3/z_0) * c_{0(z_3)} * v_b =$$
$$= 0,19 * \ln(15/0,05) * 1 * 30 = 32,51 \text{ m/s}$$

- intenzita turbulence

$$I_{v(z_3)} = \frac{k_1}{c_{0(z_3)} * \ln(z_3/z_0)} = \frac{1}{1 * \ln(15/0,05)} = 0,175$$



- maximální dynamický tlak větru

$$q_{p(z_3)} = [1 + 7 * I_{v(z_3)}] * \frac{1}{2} * \rho_{air} * v_{m(z_3)}^2 = [1 + 7 * 0,175] * \frac{1}{2} * 1,25 * 32,51^2 = 1470 \text{ N/m}^2 \approx 1,470 \text{ kN/m}^2$$

- výška 15-16,3 m ( $z_4 = 16,3 \text{ m}$ )

- střední rychlost větru

$$v_{m(z_4)} = c_{r(z_4)} * c_{0(z_4)} * v_b = k_r * \ln(z_4/z_0) * c_{0(z_4)} * v_b = 0,19 * \ln(16,3/0,05) * 1 * 30 = 33,06 \text{ m/s}$$

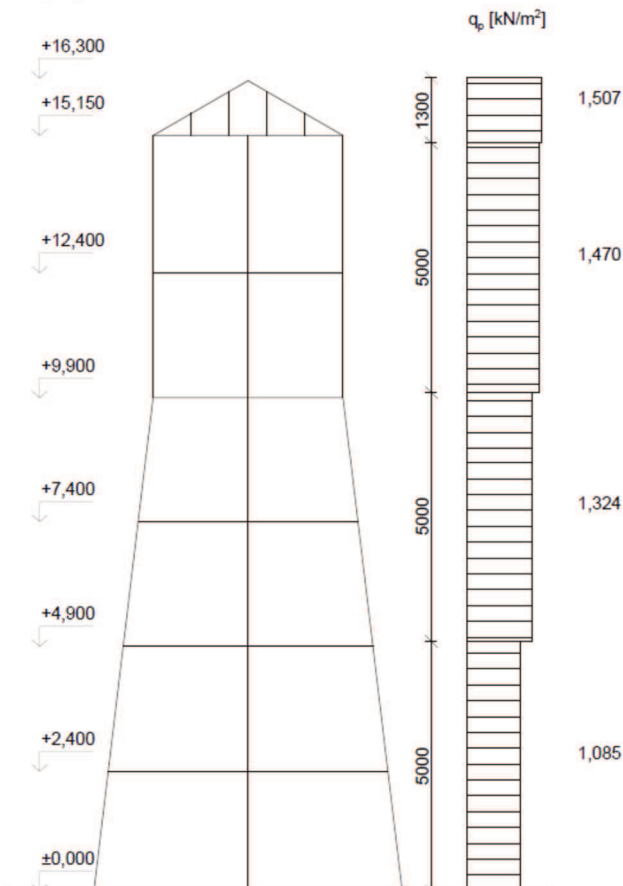
- intenzita turbulence

$$I_{v(z_4)} = \frac{k_1}{c_{0(z_4)} * \ln(z_4/z_0)} = \frac{1}{1 * \ln(16,3/0,05)} = 0,172$$

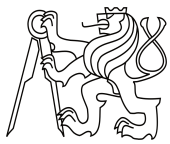
- maximální dynamický tlak větru

$$q_{p(z_4)} = [1 + 7 * I_{v(z_4)}] * \frac{1}{2} * \rho_{air} * v_{m(z_4)}^2 = [1 + 7 * 0,172] * \frac{1}{2} * 1,25 * 33,06^2 = 1507 \text{ N/m}^2 \approx 1,507 \text{ kN/m}^2$$

(Poznámka: Výrazy  $k_1, k_r$  a  $c_{0(z_i)}$  odpovídají výrazům při charakteristické střední rychlosti větru  $v_{m(z_s)}$ .)



Obr. 11 – Rozdělení tlaku větru po výšce konstrukce

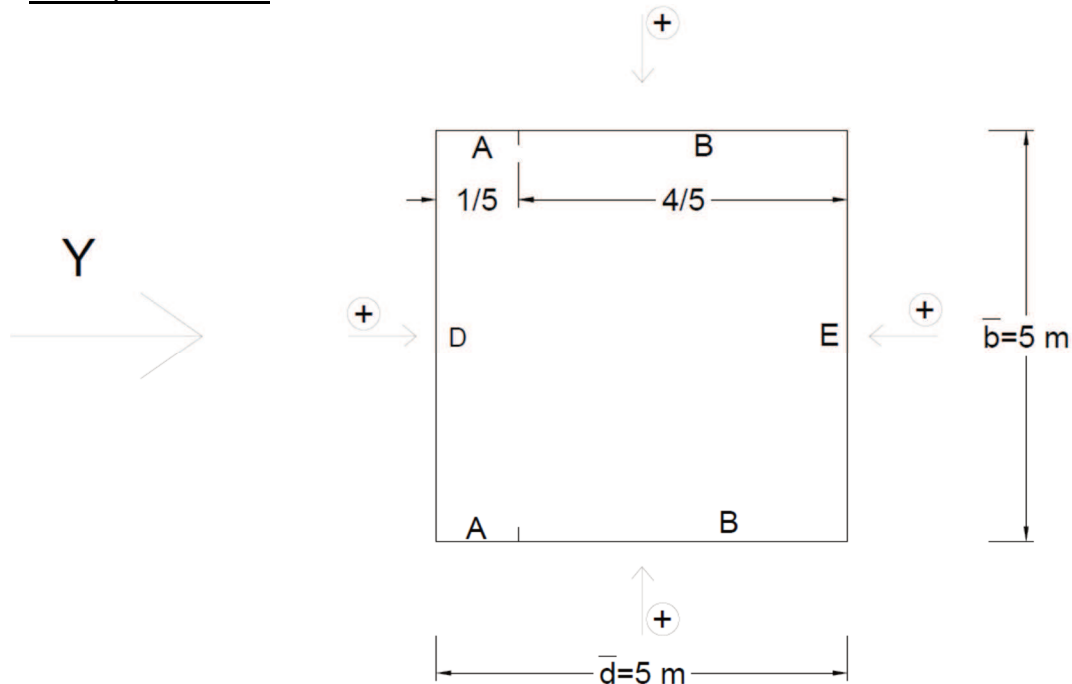


### 3.3.3 Hodnoty zatížení větrem bez dynamických vlivů

#### 3.3.3.1 Vítr Y – příčný (působící ve směru osy Y)

- Tlak větru na povrchy stěn (stavby s pravoúhlým půdorysem)

- stěny 1. - 4. NP



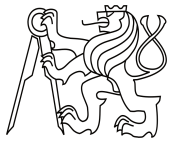
Obr. 12 – Schéma půdorysu 1. - 4.NP pro určení vnějšího tlaku větrem na stěny

- určení součinitele vnějšího tlaku na stěny

- výška  $h = 16,3 \text{ m}$
- průměrná šířka  $\bar{b} = \frac{b_{min} + b_{max}}{2} = \frac{6,17 + 3,8}{2} = 5 \text{ m}$
- průměrná délka  $\bar{d} = \frac{d_{min} + d_{max}}{2} = \frac{6,17 + 3,8}{2} = 5 \text{ m}$
- rozměr  $e = \min(\bar{b}; 2h) = \min(5; 2 * 16,3) = \min(5; 32,8) = 5 \text{ m}$
- $e \geq d \rightarrow$  oblasti A, B, D, E
- poměr  $h/d = \frac{16,3}{5} = 3,3$
- plochy stěn jsou mají plochu větší než  $10 \text{ m}^2$ , uvažuje se součinitel  $c_{pe,10}$

Tab. 2 – Součinitel vnějšího tlaku  $c_{pe,10}$  pro stěny 1. – 4. NP

h/d	Oblast	A	B	D	E
5		-1,2	-0,8	+0,8	-0,7
<b>3,3</b>		<b>-1,2</b>	<b>-1,06</b>	<b>+0,8</b>	<b>-0,62</b>
1		-1,2	-1,4	+0,8	-0,5



- určení tlaku větru na vnější stěny

$$- w_e = c_{pe,10} * q_{p(z_i)} [kN/m^2]$$

- pro výšku 0-5 m ( $z_1 = 5 \text{ m}$ )

$$w_{e,z1} = c_{pe,10} * q_{p(z1)} = c_{pe,10} * 1,085 [kN/m^2]$$

Tab. 3 – Tlak větru na vnější stěny pro výšku  $z_1$

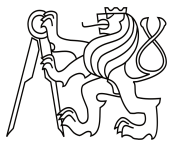
Oblast	A	B	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-1,06	+0,8	-0,62
$q_{p,z1} [kN/m^2]$	1,085	1,085	1,085	1,085
$w_{e,z1} [kN/m^2]$	<b>-1,302</b>	<b>-1,145</b>	<b>0,868</b>	<b>-0,673</b>

- pro výšku 5-10 m ( $z_2 = 10 \text{ m}$ )

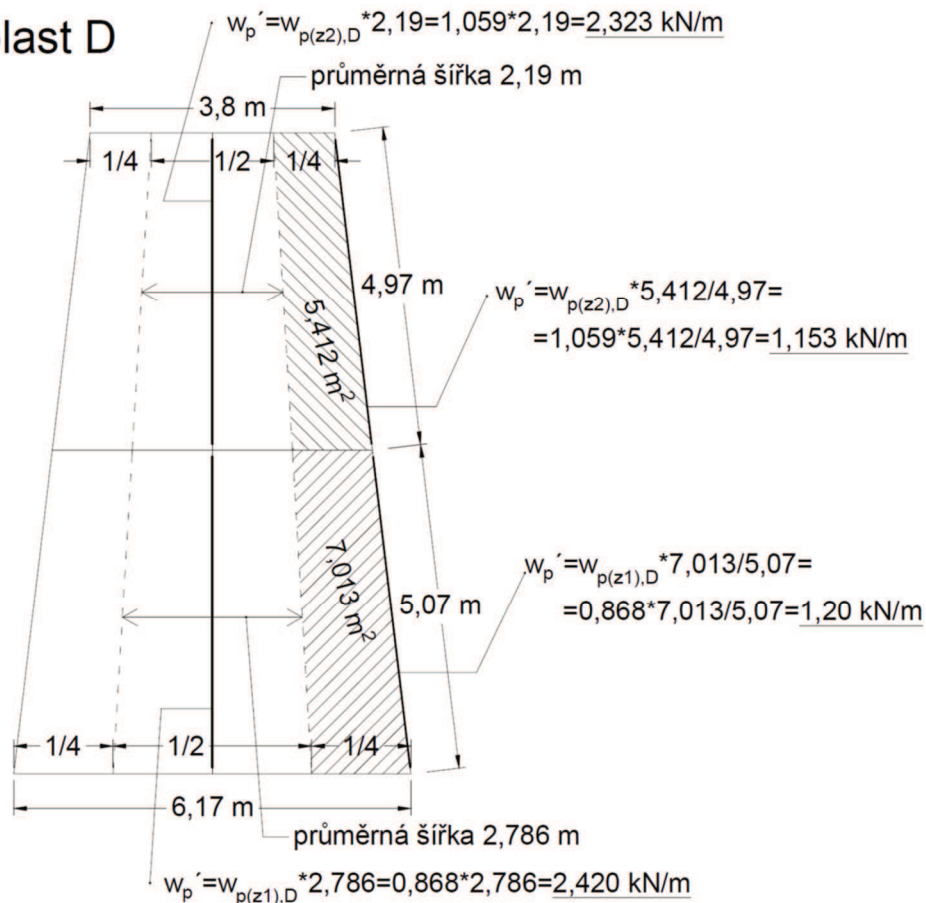
$$w_{e,z2} = c_{pe,10} * q_{p(z2)} = c_{pe,10} * 1,324 [kN/m^2]$$

Tab. 4 – Tlak větru na vnější stěny pro výšku  $z_2$

Oblast	A	B	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-1,06	+0,8	-0,62
$q_{p,z2} [kN/m^2]$	1,324	1,324	1,324	1,324
$w_{e,z2} [kN/m^2]$	<b>-1,589</b>	<b>-1,397</b>	<b>1,059</b>	<b>-0,821</b>

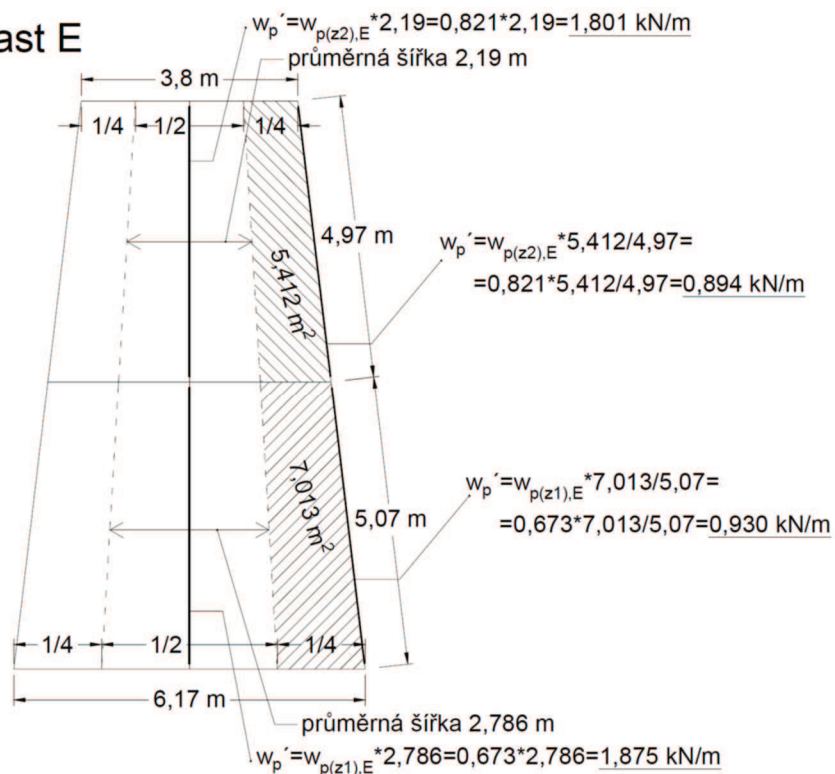


### Oblast D

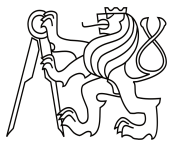


Obr. 13 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4. NP v oblasti D

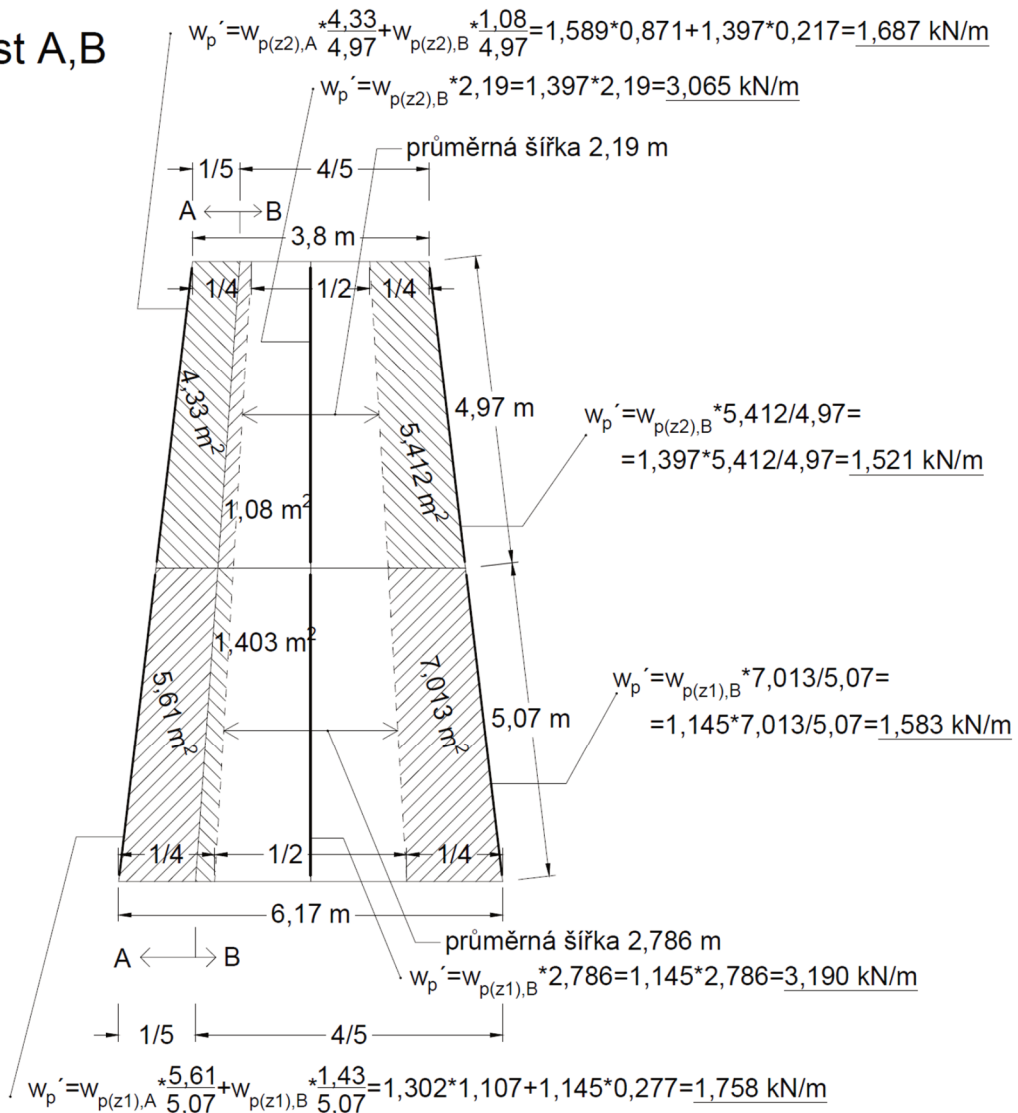
### Oblast E



Obr. 14 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4.NP v oblasti E

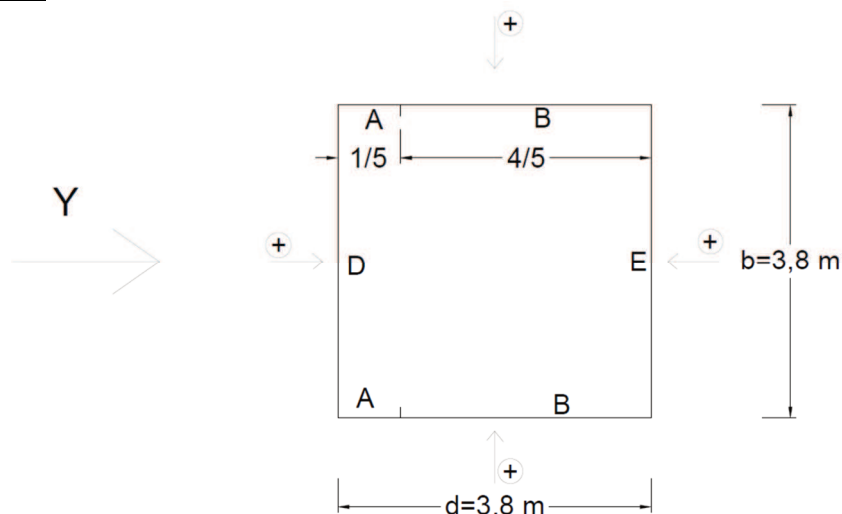


### Oblast A,B

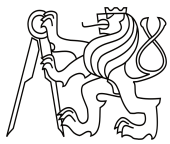


Obr. 15 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4. NP v oblastech A a B

### - stěny 5. NP



Obr. 16 – Schéma půdorysu 5.NP pro určení vnějšího tlaku větrem na stěny



- určení součinitele vnějšího tlaku na stěny

- výška  $h = 16,3 \text{ m}$
- šířka  $b = 3,8 \text{ m}$
- délka  $d = 3,8 \text{ m}$
- rozměr  $e = \min(b; 2 * h) = \min(3,8; 2 * 16,3) =$   
 $= \min(3,8; 32,6) = 3,8 \text{ m}$
- $e \geq d$   $\rightarrow$  oblasti A, B, D, E
- poměr h/d  $h/d = 16,3/3,8 = 4,35$

- tabulka součinitele vnějšího tlaku  $c_{pe,1}$

- plochy stěn jsou tvořeny obitím z modřínových prken, které nejsou na sraz, je mezi nimi mezera 55 mm, ale tato vzdálenost není větší než 2násobek tloušťky ( $t=40 \text{ mm}$ ), takže prkna nebudou zatěžovány jednotlivě, bude zatížena celá plocha stěny

- mají plochu menší než  $1 \text{ m}^2$ , uvažuje se součinitel  $c_{pe,1}$

Tab. 5 – Součinitel vnějšího tlaku  $c_{pe,1}$  pro stěny 5. NP

h/d	Oblast	A	B	D	E
5		-1,4	-1,1	+1,0	-0,7
<b>4,35</b>		<b>-1,4</b>	<b>-1,1</b>	<b>+1,0</b>	<b>-0,67</b>
1		-1,4	-1,1	+1,0	-0,5

- určení tlaku větru na vnější stěny

$$- w_e = c_{pe,1} * q_{p(z_i)} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

- pro výšku 10-15 m ( $z_3 = 15 \text{ m}$ )

$$w_{e,z3} = c_{pe,1} * q_{p(z3)} = c_{pe,1} * 1,472 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Tab. 6 – Tlak na vnější stěny pro výšku  $z_3$

Oblast	A	B	D	E
$c_{pe,1}$	-1,4	-1,1	+1,0	-0,67
$q_{p,z3}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1,470	1,470	1,470	1,470
$w_{e,z3}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>-2,06</b>	<b>-1,62</b>	<b>+1,47</b>	<b>-0,98</b>

- převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů

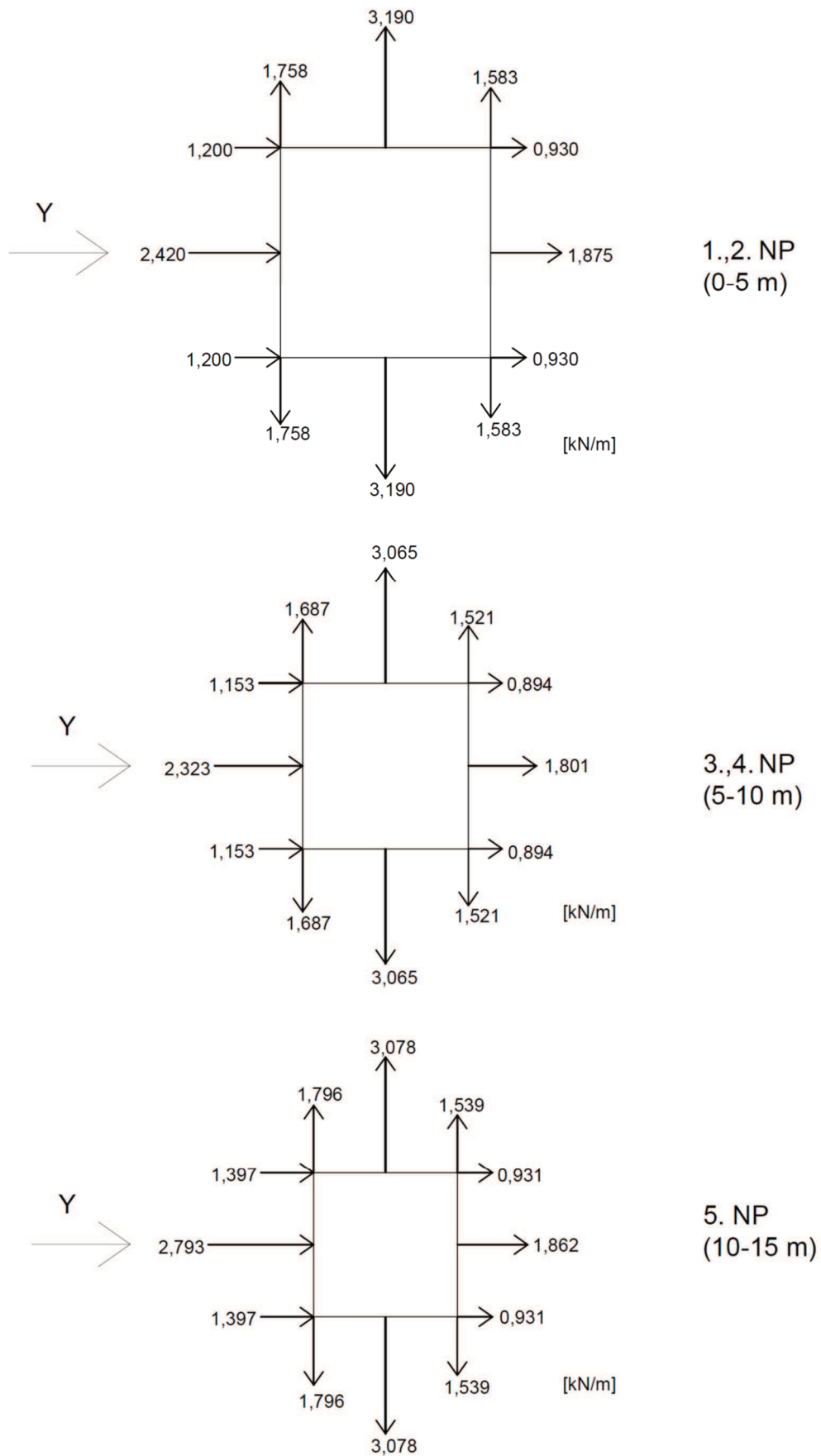
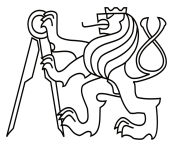
- střední sloup přenáší zatížení z poloviny plochy stěn, plošné zatížení je přenásobeno polovinou šířky stěn

$$w_{e,z3,stř} = w_{e,z3} * 1,9 \text{ [kN/m]}$$

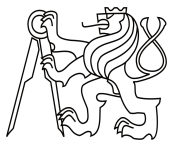
- u nárožních sloupů je to ze čtvrtiny, ale ze 2 stran

$$w_{e,z3,nár} = w_{e,z3} * 0,95 \text{ [kN/m]}$$

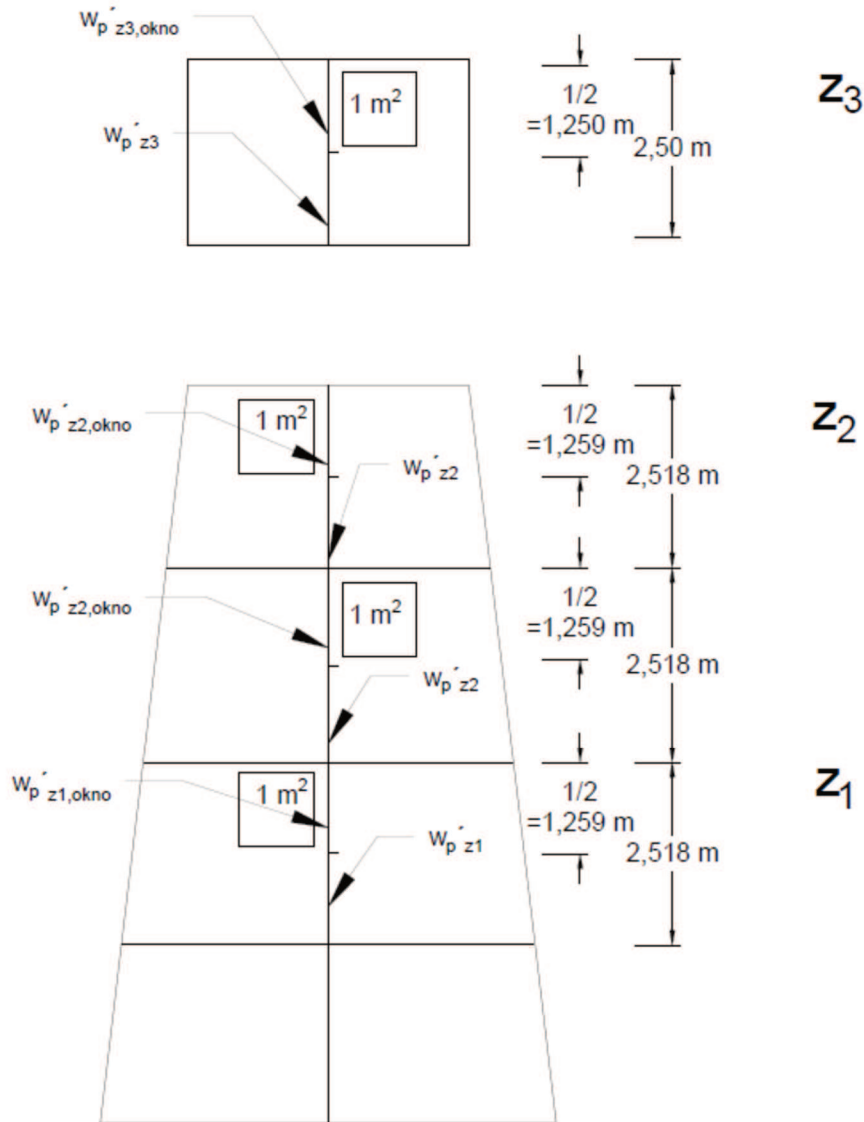




Obr. 17 – Výsledné tlaky větru na sloupy



- zohlednění vlivu oken
  - v každém patře jsou ve vnějších stěnách 4 prázdné otvory vždy blíže ke střednímu sloupu stěny a to zmenšuje tlak větru
  - je uvažováno s otvorem o velikosti  $1 \text{ m}^2$  v horní polovině zatěžovací šířky sloupu

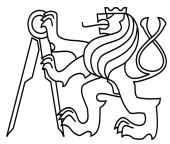


Obr. 18 – Schéma pro určení vlivu oken na zatížení

- pro oblast B

$$w_{p,z1,B} = 3,190 \text{ kN/m}$$

- na poloviční délce sloupu  $1,259 \text{ m}$  je přenášen účinek zatížení  $3,190 \cdot 1,259 = 4,016 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z1,B} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,145 \text{ kN}$
- vyjde  $2,871 \text{ kN}$ , což odpovídá  $w_{p,z1,B,okno} = 2,28 \text{ kN/m}$



**$w_{p'z2,B}=3,065 \text{ kN/m}$**

- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $3,065 \cdot 1,259 = 3,859 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z2,B} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,397 \text{ kN}$
- vyjde 2,462 kN, což odpovídá  **$w_{p'z2,B,okno}=1,96 \text{ kN/m}$**

**$w_{p'z3,B}=3,078 \text{ kN/m}$**

- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $3,078 \cdot 1,250 = 3,848 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z3,B} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,620 \text{ kN}$
- vyjde 2,228 kN, což odpovídá  **$w_{p'z3,B,okno}=1,78 \text{ kN/m}$**

- pro oblast D

**$w_{p'z1,D}=2,420 \text{ kN/m}$**

- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $2,420 \cdot 1,259 = 3,047 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z1,D} \cdot 1 \text{ m}^2 = 0,868 \text{ kN}$
- vyjde 2,179 kN, což odpovídá  **$w_{p'z1,D,okno}=1,73 \text{ kN/m}$**

**$w_{p'z2,D}=2,323 \text{ kN/m}$**

- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $2,323 \cdot 1,259 = 2,925 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z2,D} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,059 \text{ kN}$
- získáme 1,866 kN, což odpovídá  **$w_{p'z2,D,okno}=1,48 \text{ kN/m}$**

**$w_{p'z3,D}=2,793 \text{ kN/m}$**

- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $2,793 \cdot 1,250 = 3,491 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z3,D} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,470 \text{ kN}$
- vyjde 2,021 kN, což odpovídá  **$w_{p'z3,D,okno}=1,62 \text{ kN/m}$**

- pro oblast E

**$w_{p'z1,E}=1,875 \text{ kN/m}$**

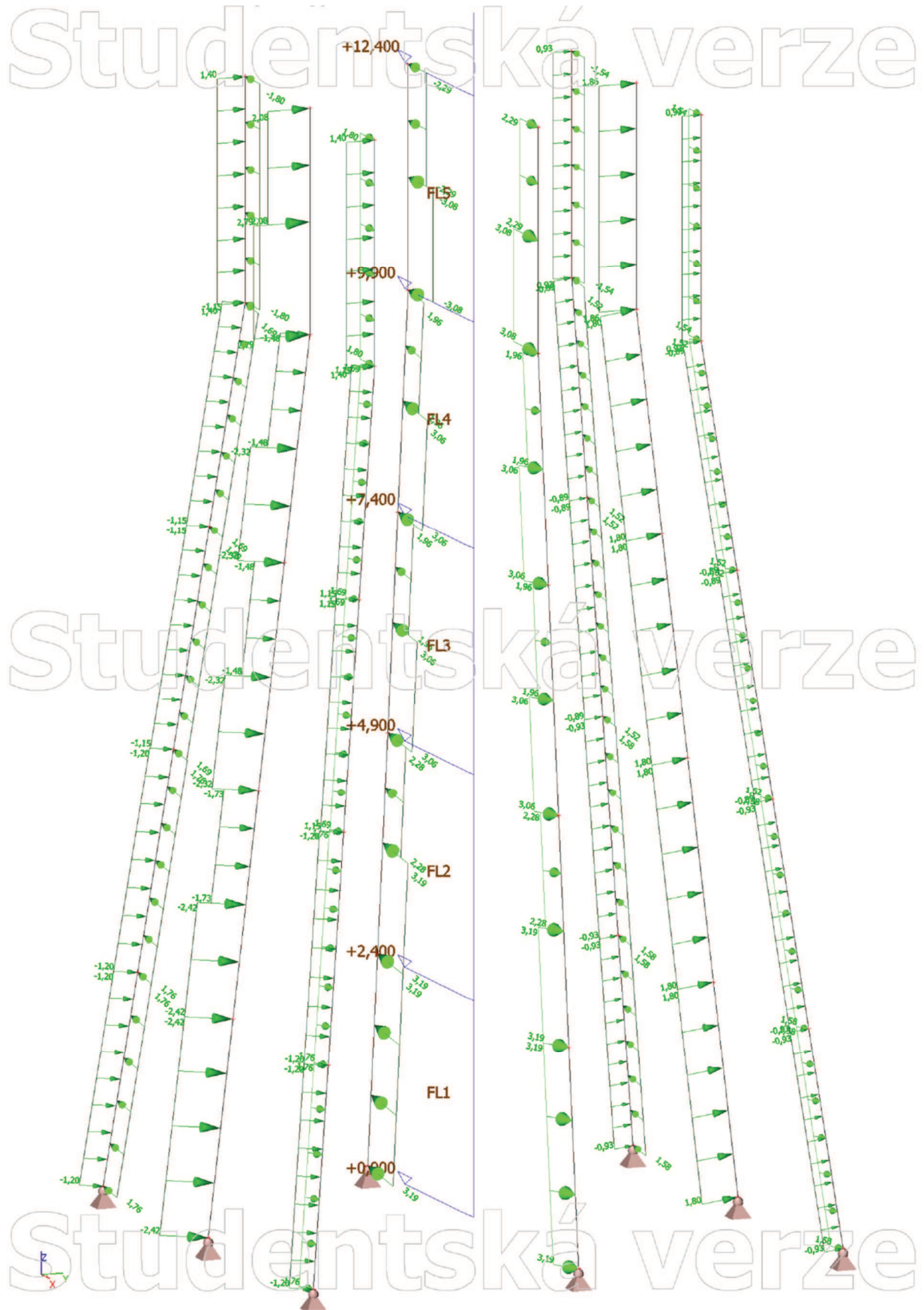
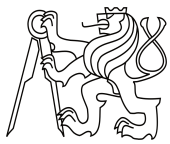
- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $1,875 \cdot 1,259 = 2,361 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z1,E} \cdot 1 \text{ m}^2 = 0,673 \text{ kN}$
- vyjde 1,688 kN, což odpovídá  **$w_{p'z1,E,okno}=1,34 \text{ kN/m}$**

**$w_{p'z2,E}=1,801 \text{ kN/m}$**

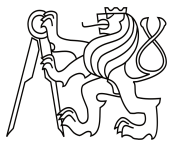
- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $1,801 \cdot 1,259 = 2,267 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z2,E} \cdot 1 \text{ m}^2 = 0,821 \text{ kN}$
- vyjde 1,446 kN, což odpovídá  **$w_{p'z2,E,okno}=1,15 \text{ kN/m}$**

**$w_{p'z3,E}=1,862 \text{ kN/m}$**

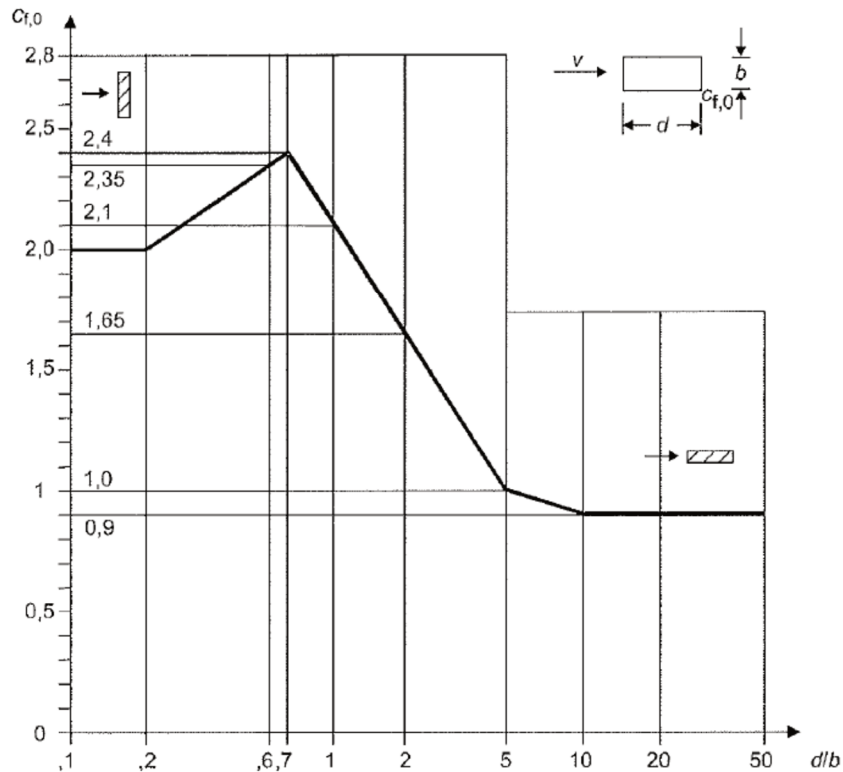
- na poloviční délce sloupu 1,259 m je přenášén účinek zatížení  $1,862 \cdot 1,250 = 2,328 \text{ kN}$
- ten se zmenší o účinek vlivu oken  $w_{e,z3,E} \cdot 1 \text{ m}^2 = 0,980 \text{ kN}$
- vyjde 1,348 kN, což odpovídá  **$w_{p'z3,E,okno}=1,08 \text{ kN/m}$**



Obr. 19 – Zatížení sloupů od stěn – výpočetní program



- Tlak větru na prvky 6. NP (vyhlídkového patra) - nosné prvky s obdélníkovými průřezy



Obrázek 7.23 – Součinitel síly  $c_{f,0}$  pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců

Obr. 20 – Součinitel síly  $c_{f,0}$  pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců [4]

- nárožníky:

- rozměry prvků:  $d = 0,20 \text{ m}$   
 $b = 0,20 \text{ m}$   
 $d/b = 0,20/0,20 = 1$

- součinitel síly pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců:

$$c_{f,0} = 2,1$$

- součinitel síly:

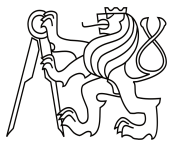
$$c_f = c_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda = 2,1 * 1 * 1 = 2,1$$

kde:  $\psi_r$  je... redukční součinitel pro zaoblené rohy  
- pro ostré rohy  $\psi_r = 1$

$\psi_\lambda$  je... součinitel koncového efektu  
- pro průřezy bez volných konců  $\psi_\lambda = 1$

- zatížení na nárožníky:

$$w_{e,nár} = c_f * q_{p(z3)} * b = 2,1 * 1,47 * 0,20 = 0,617 \text{ kN/m}$$



- zábradlí:

- rozměry prvků:  $d = 0,14 \text{ m}$   
 $b = 0,22 \text{ m}$   
 $d/b = 0,14/0,22 = 0,63$

- součinitel síly pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců:

$$c_{f,0} = 2,37$$

- součinitel síly:

$$c_f = c_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda = 2,37 * 1 * 1 = 2,37$$

kde:  $\psi_r$  je... redukční součinitel pro zaoblené rohy

- pro ostré rohy  $\psi_r = 1$

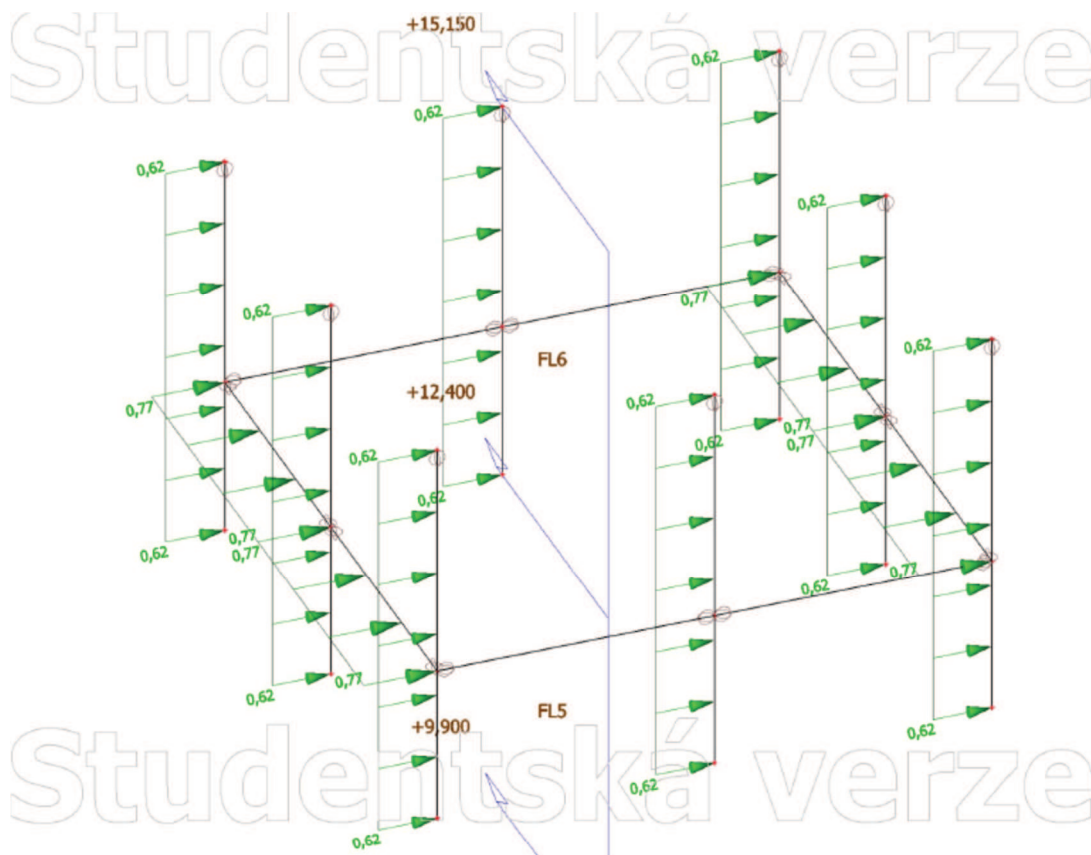
$\psi_\lambda$  je... součinitel koncového efektu

- pro průřezy bez volných konců  $\psi_\lambda = 1$

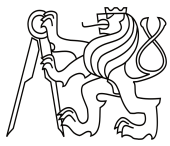
- zatížení na zábradlí:

$$w_{e,zábr} = c_f * q_p(z_3) * b = 2,37 * 1,47 * 0,22 = 0,769 \text{ kN/m}$$

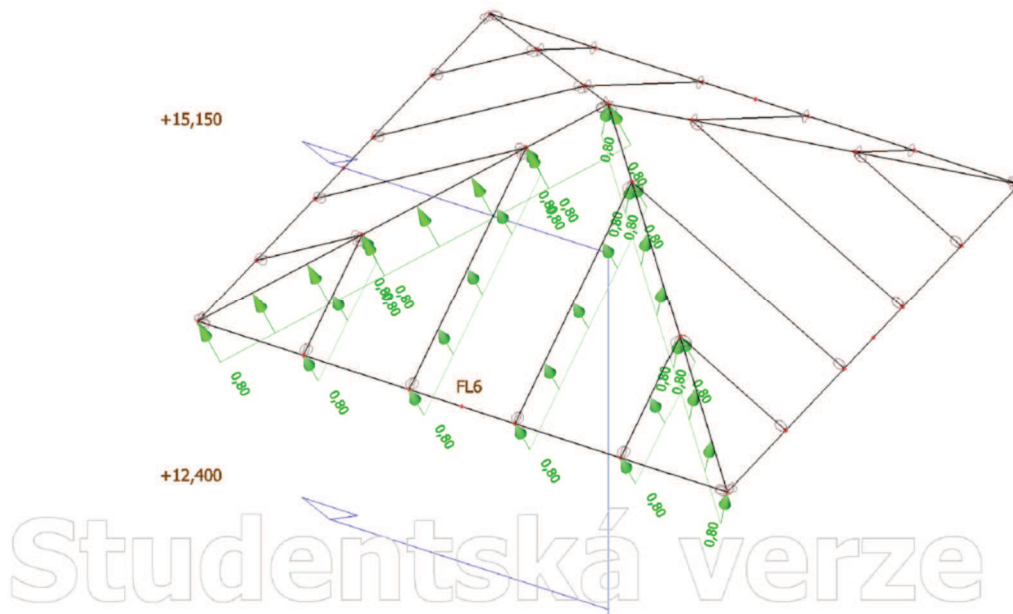
- výsledné zatížení na prvky 6. NP (vyhlídkového patra)



Obr. 21 – Zatížení větrem na nosné prvky 6.NP (vyhlídkového patra) – výpočetní program



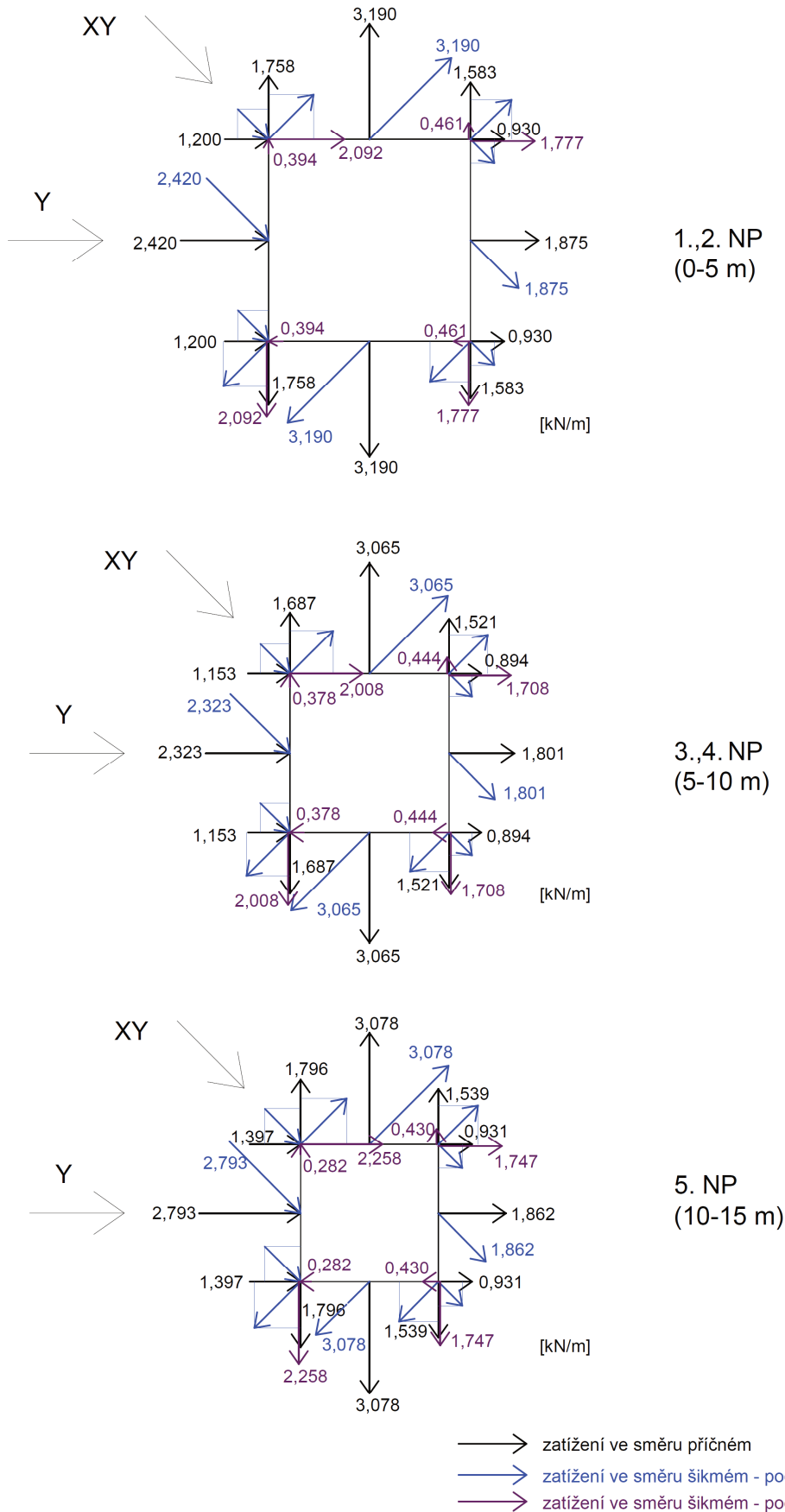
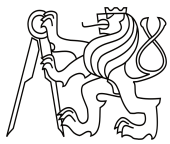
- Tlak větru na zastřešení
  - konstrukce zastřešení tvoří přístřešek s valbovou střechou se sklonem  $30^\circ$
  - jde o prázdný přístřešek, součinitel plnosti  $\varphi = 0$
  - součinitel výsledného tlaku pro převažující oblast střechy A:  
 $c_{p,net} = -1,4$  (záporná hodnota znamená, že zatížení působí směrem nahoru)
  - výsledný tlak větru na přístřešek:  
 $w_{e,příst} = c_{p,net} * q_{p(z4)} = -1,4 * 1,507 = -2,11 \text{ kN/m}^2$
  - uvažuje se, že vítr zatěžuje návětrnou střešní rovinu
  - zatížení střešní roviny o ploše  $S_{3,1} = 4,18 \text{ m}^2$  přenáší krokve na celkové délce  $l_{3,1} = 11,176 \text{ m}$  (odměřeno)
    - celkové zatížení od větru  
 $W_{e,přístř} = S_{3,1} * w_{e,přístř} = 4,18 * 2,11 = 8,90 \text{ kN}$
    - rovnoměrné zatížení na krokve  
 $w'_{e,příst} = W_{e,přístř} / l_{3,1} = 8,90 / 11,176 = 0,797 \text{ kN/m}$
  - výsledné zatížení přístřešku



Obr. 22 – Zatížení větrem na přístřešek – výpočetní program

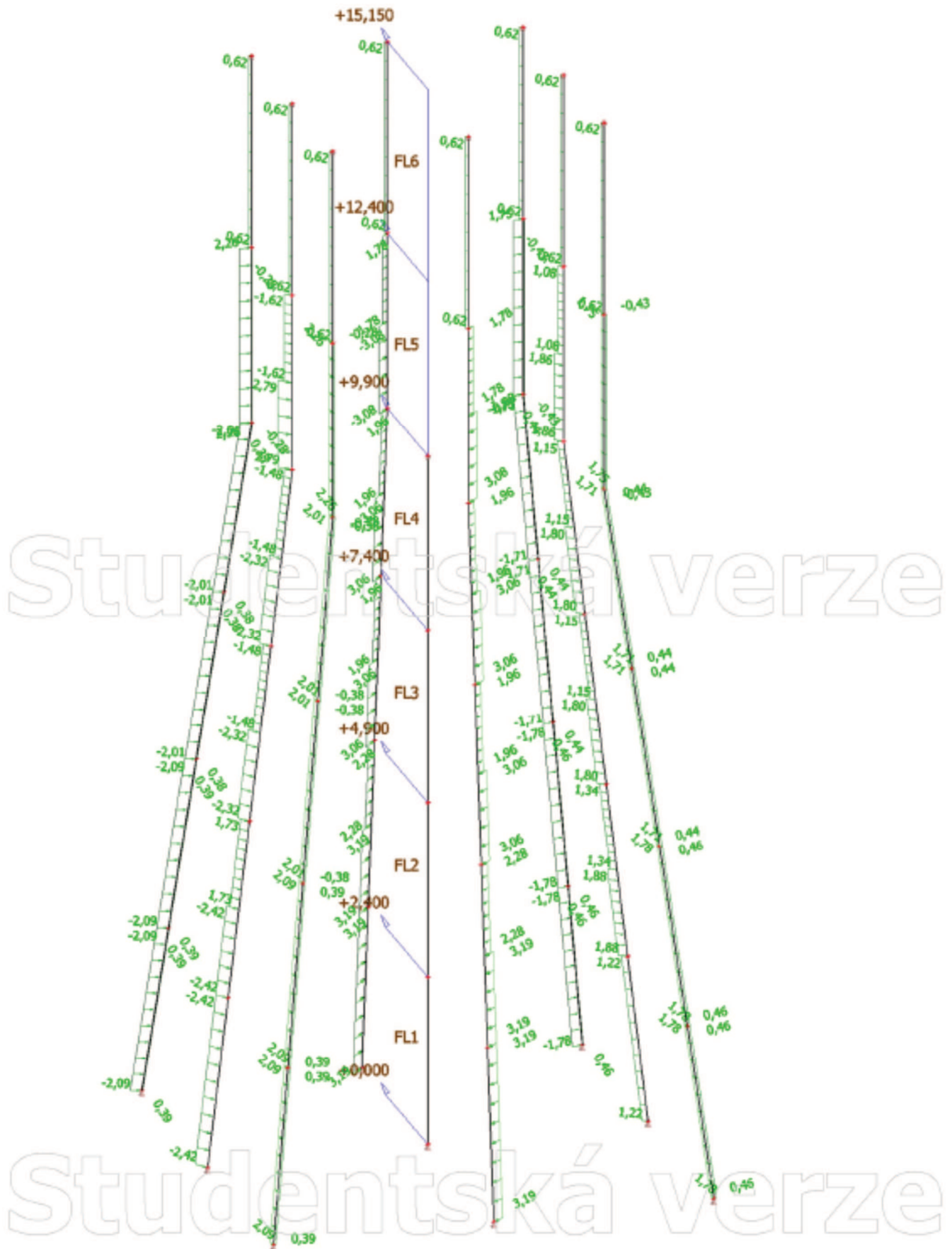
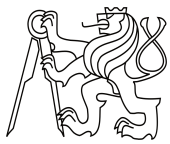
### 3.3.3.2 Vítr XY – šikmý (působící ve směru osy kvadrantu mezi hlavními osami X a Y)

- všechna zatížení se pootočí o  $45^\circ$
- pro všechny prvky zatížené 1 silou, resp. 1 spojitým zatížením, se jednoduše změní úhel
- u prvků zatížených 2 spojitými zatíženími se pro orientaci zatížení pootočí a sklopí do směrů hlavních os, ve výpočtovém modelu se snáze změní hodnoty zatížení

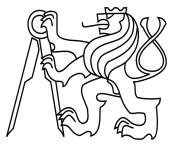


Obr. 23 – Převod zatížení větrem ze směru příčného (Y) na směr šikmý (XY)





Obr. 24 – Zatížení větrem XY – výpočetní program



## 4 Zatěžovací stavy

Tab. 7 – Zatěžovací stavy

Označení	Popis	Poznámka
ZS1	Vlastní tíha	- stálé, dlouhodobé - generováno automaticky výpočetním programem
ZS2	Ostatní stálé zatížení	- stálé, dlouhodobé - obklady stěn, souvrství střechy, schodiště, podlahy, lavičky
ZS3	Užitné zatížení	- proměnné, střednědobé
ZS4	Sníh	- proměnné, střednědobé
ZS5	Vítr Y (podélný)	- proměnné, krátkodobé
ZS6	Vítr XY (šikmý)	- proměnné, krátkodobé

(Pozn. Není uvažováno zatížení námrazou.)

## 5 Kombinace zatížení

### 5.1 Kombinace pro MSÚ – Mezní stav únosnosti

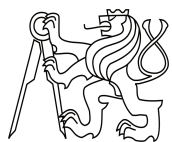
- kombinace jsou volené dle základní kombinace 6.10 [1]

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{p=1} \gamma_{Q,p} \psi_{0,p} Q_{k,p} \quad (6.10)$$

- pro zatížení stálá v charakteristických hodnotách  $G_{k,j}$  je pro určení návrhových hodnot v kombinacích zatížení použit součinitel spolehlivosti  $\gamma_G = 1,35$
- pro zatížení proměnná v charakteristických hodnotách  $Q_{k,j}$  je pro určení návrhových hodnot v kombinacích zatížení použit součinitel spolehlivosti  $\gamma_Q = 1,50$
- v tomto případě zatěžovací stavy ZS5 a ZS6 (zatížení větrem) navíc zahrnují vliv součinitele konstrukce  $c_s c_d$  (viz Zatížení větrem), který zohledňuje dynamické účinky větru na konstrukci
- proměnná zatížení jsou kombinována se stálými zatíženími v návrhových hodnotách
  - je-li v kombinaci více proměnných zatížení, 1 proměnné zatížení je bráno jako dominantní v plné hodnotě a ostatní jsou redukována kombinačními součiniteli  $\psi_0$
  - kombinační součinitelé  $\psi_0$  [1]:
    - užitné:  $\psi_0 = 0,7$
    - sníh:  $\psi_0 = 0,7$
    - vítr:  $\psi_0 = 0,6$

Tab. 8 – Kombinace zatížení pro MSÚ

Označení	Definice
CO1	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS5*0,976$
CO2	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS6*0,976$
CO3	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS4$
CO4	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS3$
CO5	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS5*0,976+1,5*0,7*ZS4+1,5*0,7*ZS3$
CO6	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS6*0,976+1,5*0,7*ZS4+1,5*0,7*ZS3$
CO7	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS4+1,5*0,6*ZS5*0,976+1,5*0,7*ZS3$
CO8	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS4+1,5*0,6*ZS6*0,976+1,5*0,7*ZS3$
CO9	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS3+1,5*0,7*ZS4+1,5*0,6*ZS5*0,976$
CO10	$1,35*(ZS1+ZS2)+1,5*ZS3+1,5*0,7*ZS4+1,5*0,6*ZS6*0,976$



## 5.2 Kombinace pro MSP – Mezní stav použitelnosti

- průhyb se posuzuje podle vztahu z [10]:

$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + W_{fin,Qj}$$

$$\begin{aligned} W_{fin,G} &= W_{inst,G} (1 + k_{def}) && \text{- pro stálé zatížení } G \\ W_{fin,Q,1} &= W_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) && \text{- pro hlavní proměnné zatížení } Q_1 \\ W_{fin,Q} &= W_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) && \text{- pro ostatní proměnná zatížení } Q_i (i > 1) \end{aligned}$$

- za předpokladu lineární závislosti mezi zatížením a konečnou deformací se kombinace zatížení určí analogicky jako pro průhyb

-  $k_{def}$  - součinitel dotvarování [9]  
 - pro rostlé dřevo při třídě provozu 3 -  $k_{def} = 2$

-  $\psi_{0,i}, \psi_{2,1}$  - kombinační součinitele [1]

užitné:  $\psi_0 = 0,7$

$$\psi_2 = 0,6$$

sníh:  $\psi_0 = 0,7$

$$\psi_2 = 0,2$$

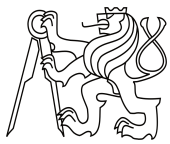
vítr:  $\psi_0 = 0,6$

$$\psi_2 = 0,0$$

- zatěžovací stavy ZS5 a ZS6 (zatížení větrem) navíc opět zahrnují vliv součinitele konstrukce  $c_s c_d$  (viz Zatížení větrem), který zohledňuje dynamické účinky větru na konstrukci

Tab. 9 – Kombinace zatížení pro MSP

Označení	Definice
CO1	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS5*0,976*(1+0*2)$
CO2	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS6*0,976*(1+0*2)$
CO3	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS4*(1+0,2*2)$
CO4	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS3*(1+0,6*2)$
CO5	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS5*0,976*(1+0*2)+ZS4*(0,7+0,2*2)+ZS3*(0,7+0,6*2)$
CO6	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS6*0,976*(1+0*2)+ZS4*(0,7+0,2*2)+ZS3*(0,7+0,6*2)$
CO7	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS4*(1+0,2*2)+ZS5*0,976*(0,6+0*2)+ZS3*(0,7+0,6*2)$
CO8	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS4*(1+0,2*2)+ZS6*0,976*(0,6+0*2)+ZS3*(0,7+0,6*2)$
CO9	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS3*(1+0,6*2)+ZS4*(0,7+0,2*2)+ZS5*0,976*(0,6+0*2)$
CO10	$(ZS1+ZS2)^*(1+2)+ZS3*(1+0,6*2)+ZS4*(0,7+0,2*2)+ZS6*0,976*(0,6+0*2)$



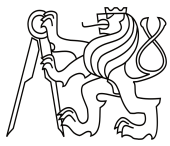
## 6 Posouzení hlavních nosných prvků

### 6.1 Posouzení únosnosti hlavních nosných prvků – MSÚ

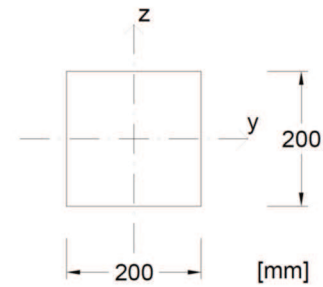
- dřevěné konstrukce budou posuzovány podle ČSN EN 1995-1-1
- ocelové konstrukce budou posuzovány podle ČSN EN 1993-1-1

#### 6.1.1 Posouzení dřevěných prvků [9]

- materiálové charakteristiky:
  - pevnostní třída:  
G24
  - charakteristická pevnost v ohybu:  
 $f_{m_y,k} = f_{m_z,k} = 24 \text{ MPa}$
  - charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny:  
 $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$
  - charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny:  
 $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$
  - charakteristická pevnost ve smyku:  
 $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$
  - 5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny:  
 $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$
  - součinitel spolehlivosti materiálu: (rostlé dřevo)  
 $\gamma_{M0} = 1,3$
  - třída provozu:  
třída 3 je charakterizována klimatickými podmínkami vedoucími k relativní vlhkosti vyšší než 85% více než několik týdnů v roce
  - třída trvání zatížení:  
krátkodobé zatížení
  - modifikační součinitel  
 $k_{mod} = 0,7$ 
    - rostlé dřevo, třída provozu 3, třída trvání zatížení – krátkodobé
  - návrhové pevnosti:
    - návrhová pevnost v ohybu:  
 $f_{m_y,d} = f_{m_z,d} = k_{mod} * f_{m_z,k} / \gamma_{M0} = 0,7 * 24 / 1,3 = 12,923 \text{ MPa}$
    - návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny:  
 $f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_{M0} = 0,7 * 21 / 1,3 = 11,308 \text{ MPa}$
    - návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny:  
 $f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_{M0} = 0,7 * 14 / 1,3 = 7,538 \text{ MPa}$
    - návrhová pevnost ve smyku:  
 $f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_{M0} = 0,7 * 4 / 1,3 = 2,154 \text{ MPa}$



### 6.1.1.1 Posouzení nárožních sloupů



- charakteristiky průřezu – 200/200

- šířka:  $b = 0,20 \text{ m}$

- výška:  $h = 0,20 \text{ m}$

- plocha:  $A = b * h = 0,20 * 0,20 = 0,04 \text{ m}^2$

- moment setrvačnosti:  $I = I_y = I_z = \frac{1}{12} * b * h^3 =$   
 $= \frac{1}{12} * 0,20 * 0,20^3 = 1,3 * 10^{-4} \text{ m}^4$

- modul průřezu:  $W = W_y = W_z = \frac{1}{6} * b * h^2 =$   
 $= \frac{1}{6} * 0,20 * 0,20^2 = 1,3 * 10^{-3} \text{ m}^3$

- poloměr setrvačnosti:  $i = i_y = i_z = \sqrt{I/A} = \sqrt{1,3 * 10^{-4} / 0,04} =$   
 $= 0,0577 \text{ m}$

- součinitel průřezu:  $k_m = 0,7$  pro obdélníkové průřez

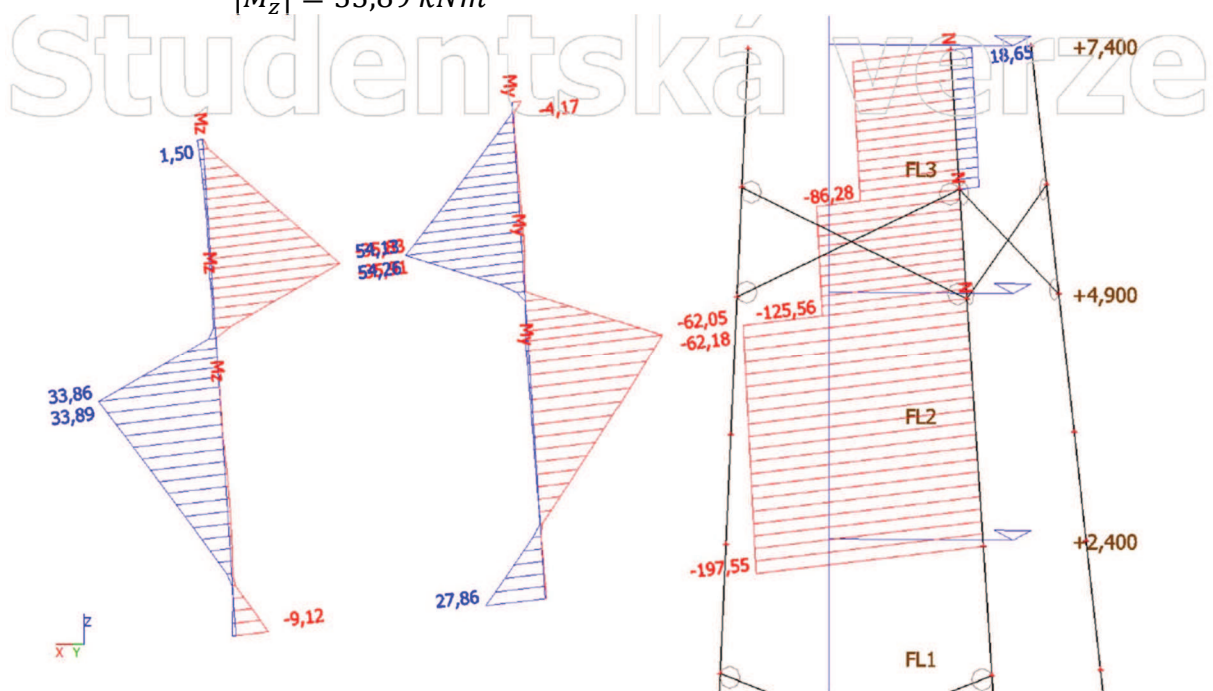
- posouzení na namáhání od účinku vzpěru v kombinaci s šikmým ohybem

- vnitřní síly nejzatíženějšího prvku:

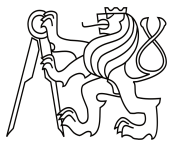
$$N^- = 197,0 \text{ kN}$$

$$|M_y| = 62,18 \text{ kNm}$$

$$|M_z| = 33,89 \text{ kNm}$$



Obr. 25 – Vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program



- posouzení namáhání od účinku ohybu kolem osy y:

- normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_y = \frac{|M_{y,max}|}{W} = \frac{62,18}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 46\,635 \text{ kPa} \approx 46,635 \text{ MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{\sigma_y}{f_{my,d}} \leq 1$$

$$46\,635 / 12\,921 \leq 1$$

$$3,61 \not\leq 1$$

**NEVYHOVUJE**

- jak je vidět, sloup je v místech napojení ztužidel velmi namáhaný jen na samotný ohyb, je tedy nutné výrazně změnit systém ztužení, který zároveň umožňuje plánované umístění okenních otvorů

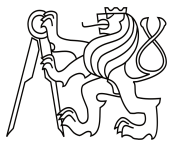


N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
<b>Kombinace hmot : CM1</b>				
1	1,75	11,02	121,36	0,57

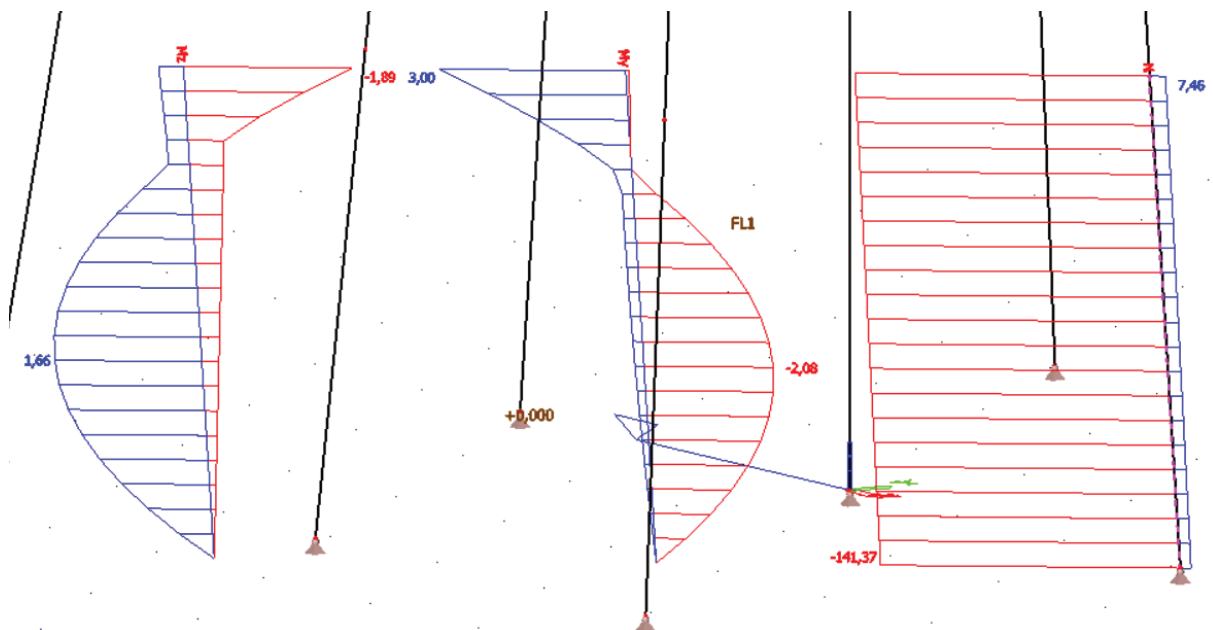


N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
<b>Kombinace hmot : CM1</b>				
1	4,00	25,14	632,03	0,25

Obr. 26 – Původní systém ztužení s ocelovými táhly pod uvažovanými okny X nový systém ztužení s ocelovými trubkami mimo uvažovaná okna – výpočetní program

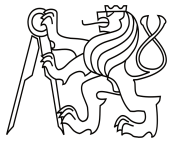


- po změně systému ztužení se výrazně zvětšila 1. vlastní frekvence konstrukce, z hodnoty  $n_{1,x} = 1,75 \text{ Hz}$  na hodnotu  $n_{1,x'} = 4,00 \text{ Hz}$
- to ovlivní součinitel konstrukce  $c_s c_d$ , který původně byl  $c_s c_d = 1,1036$
- po dosažení nové hodnoty 1. vlastní frekvence konstrukce  $n_{1,x'} = 4,00 \text{ Hz}$  do příslušných vzorců se změni hodnota součinitele konstrukce na  $c_s c_d' = 0,97$ , kterým se upravují zatěžovací stavy ZS5 (zatížení větrem podélným) a ZS6 (zatížení větrem šikmým)
- nové posouzení na namáhání od účinku vzpěru v kombinaci se šikmým ohybem
  - nové vnitřní síly nejzatíženějšího prvku:  
 $N^- = 141,37 \text{ kN}$   
 $|M_y| = 3,00 \text{ kNm}$   
 $|M_z| = 1,89 \text{ kNm}$



Obr. 27 – Nové vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program

- délka prutu:  $l = 2,417 \text{ m}$
- efektivní délka prutu:  $l_{ef} = l = 2,417 \text{ m}$  (kloubové uložení)
- štíhlost:  $\lambda = l_{ef} / i = 2,417 / 0,058 = 41,86$
- relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = \lambda / \pi * \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} =$   
 $= 41,86 / \pi * \sqrt{21 / 7400} = 0,71$



- součinitel vzpěrnosti:  $k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] =$   
 $= 0,5 * [1 + 0,2 * (0,71 - 0,3) + 0,71^2] =$   
 $= 0,79$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} =$$
$$= \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,71^2}} = 0,87$$

- normálová napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^- = N^- / A = 141,37 / 0,04 = 3\,528 \text{ kPa} \approx 3,528 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my} = |M_y| / W = 3,00 / 1,3 * 10^{-3} = 2\,258 \text{ kPa} \approx 2,258 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mz} = |M_z| / W = 1,89 / 1,3 * 10^{-3} = 1\,418 \text{ kPa} \approx 1,148 \text{ MPa}$$

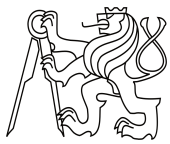
- posouzení namáhání od účinku vzpěru v kombinaci s šikmým ohybem:  
( $\lambda_{rel} > 0,3$ )

$$\frac{\sigma_c^-}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} + k_m * \left( \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} \right) \leq 1$$
$$3,528 / 0,87 * 11,308 + 2,258 / 12,923 + 0,7 * (1,148 / 12,923) \leq 1$$
$$\mathbf{0,609 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_c^-}{k_c * f_{c,0,d}} + k_m * \left( \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} \right) + \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} \leq 1$$
$$3,528 / 0,87 * 11,308 + 0,7 * (2,258 / 12,923) + 1,148 / 12,923 \leq 1$$
$$\mathbf{0,590 \leq 1}$$

**VYHOVUJE**

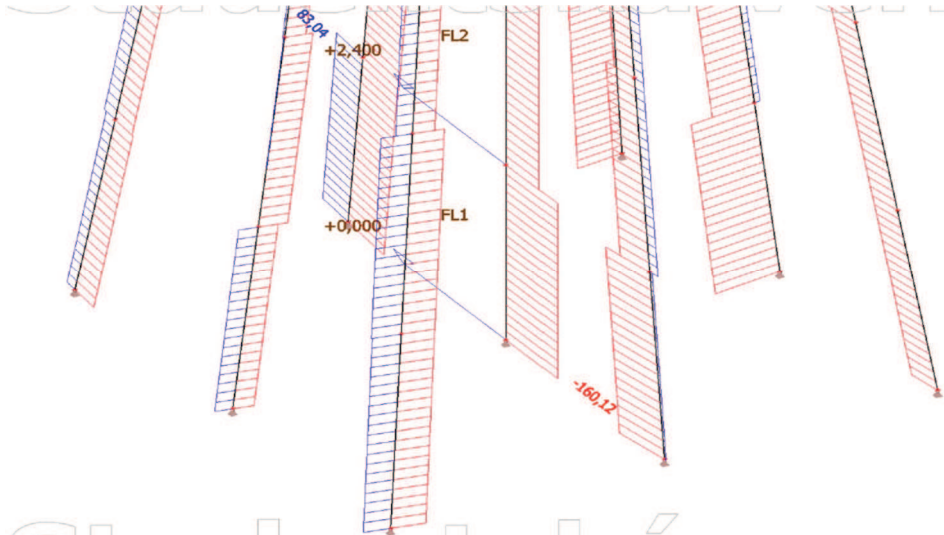




- posouzení namáhání od účinku vzpěru u sloupu s maximálním tlakem

- maximální tlaková síla:

$$\max. N^- = 160,12 \text{ kN}$$



Obr. 28 – Vnitřní síly – maximální tah a tlak na sloupech – výpočetní program

- délka prutu:  $l = 2,40 \text{ m}$

- efektivní délka prutu:  $l_{ef} = l = 2,40 \text{ m}$  (kloubové uložení)

- štíhlost:  $\lambda = l_{ef}/i = 2,4/0,058 = 41,57$

- relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = \lambda/\pi * \sqrt{f_{c,0,k}/E_{0,05}} =$   
 $= 41,57/\pi * \sqrt{21/7400} = 0,705$

- součinitel vzpěrnosti:  $k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] =$   
 $= 0,5 * [1 + 0,2 * (0,705 - 0,3) + 0,705^2] =$   
 $= 0,789$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} =$$
$$= \frac{1}{0,789 + \sqrt{0,789^2 - 0,705^2}} = 0,875$$

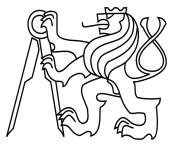
- normálové napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^- = N_{max}^-/A = 160,12/0,04 = 4\,003 \text{ kPa} \approx 4,003 \text{ MPa}$$

- posouzení namáhání od účinku vzpěru:

$$\sigma_c^- / k_c * f_{c,0,d} \leq 1$$
$$4,003 / 0,875 * 11,308 \leq 1$$
$$0,405 \leq 1$$

**VYHOVUJE**



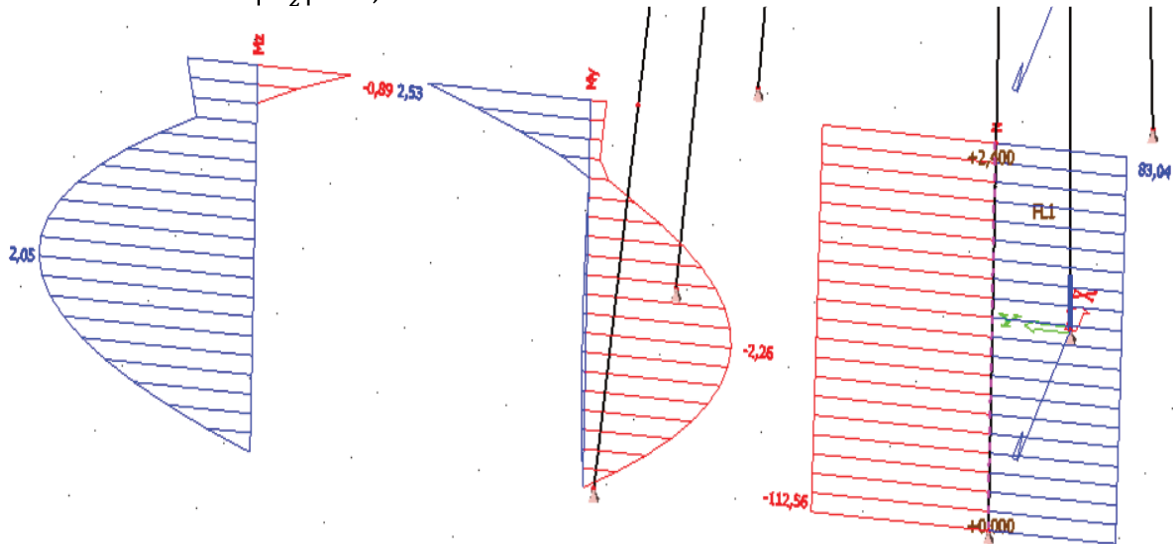
- posouzení namáhání od účinku tahu v kombinaci se šikmým ohybem

- vnitřní síly na nejvíce zatíženém prvku:

$$N^+ = 83,04 \text{ kN}$$

$$|M_y| = 2,53 \text{ kNm}$$

$$|M_z| = 2,05 \text{ kNm}$$



Obr. 29 – Vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku tahu se šikmým ohybem – výpočetní program

- normálová napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^+ = N^+ / A = 83,04 / 0,04 = 2\,076 \text{ kPa} \approx 2,076 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my} = |M_y| / W = 2,53 / (1,3 \cdot 10^{-3}) = 1\,898 \text{ kPa} \approx 1,898 \text{ MPa}$$

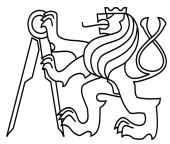
$$\sigma_{mz} = |M_z| / W = 2,05 / (1,3 \cdot 10^{-3}) = 1\,538 \text{ kPa} \approx 1,538 \text{ MPa}$$

- posouzení namáhání od účinku tahu se šikmým ohybem:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_c^+}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} + k_m \cdot \left( \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} \right) &\leq 1 \\ 2,076 / 7,538 + 1,898 / 12,923 + 0,7 \cdot (1,538 / 12,923) &\leq 1 \\ \mathbf{0,505} &\leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_c^+}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \left( \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} \right) + \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} &\leq 1 \\ 2,076 / 7,538 + 0,7 \cdot (1,898 / 12,923) + 1,538 / 12,923 &\leq 1 \\ \mathbf{0,497} &\leq 1 \end{aligned}$$

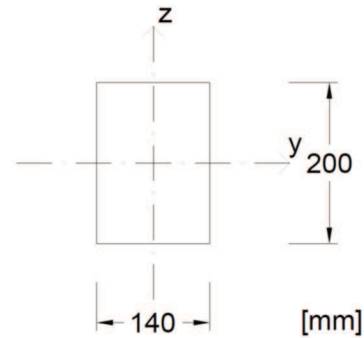
**VYHOVUJE**



(Poznámka:

- Maximální kroutící moment vychází  $M_{x,max}=0,22$  kNm, posouzení není zohledněno ve výpočtu.
- Vnitřní síly od stálého zatížení jsou výrazně menší oproti vnitřním silám od účinku větru, posouzení namáhání od stálých zatížení s modifikačním součinitelem  $k_{mod}=0,5$  není zohledněno ve výpočtu.)

### 6.1.1.2 Posouzení vodorovných prvků



- charakteristiky průřezu – 140/200

šířka:  $b = 0,14$  m

výška:  $h = 0,20$  m

plocha:  $A = b * h =$

$$0,14 * 0,20 = 0,028 \text{ m}^2$$

moment setrvačnosti:  $I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 0,14 * 0,20^3 =$   
 $= 9,3 \bar{3} * 10^{-5} \text{ m}^4$

$$I_z = \frac{1}{12} * h * b^3 = \frac{1}{12} * 0,20 * 0,14^3 =$$
$$= 4,57\bar{3} * 10^{-5} \text{ m}^4$$

modul průřezu:  $W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,14 * 0,20^2 =$   
 $= 9,3 \bar{3} * 10^{-4} \text{ m}^3$

$$W_z = \frac{1}{6} * h * b^2 = \frac{1}{6} * 0,20 * 0,14^2 =$$
$$= 6,5\bar{3} * 10^{-4} \text{ m}^3$$

poloměr setrvačnosti:  $i_y = \sqrt{I_y/A} = \sqrt{9,3 \bar{3} * 10^{-5} / 0,028} = 0,0577 \text{ m}$

$$i_z = \sqrt{I_z/A} = \sqrt{4,57\bar{3} * 10^{-5} / 0,028} = 0,0404 \text{ m}$$

- pro posouzení vzpěru je rozhodující minimální hodnota, dále bude tedy počítáno s  $i_z = 0,0404 \text{ m}$

součinitel průřezu:  $k_m = 0,7$  pro obdélníkové průřezy

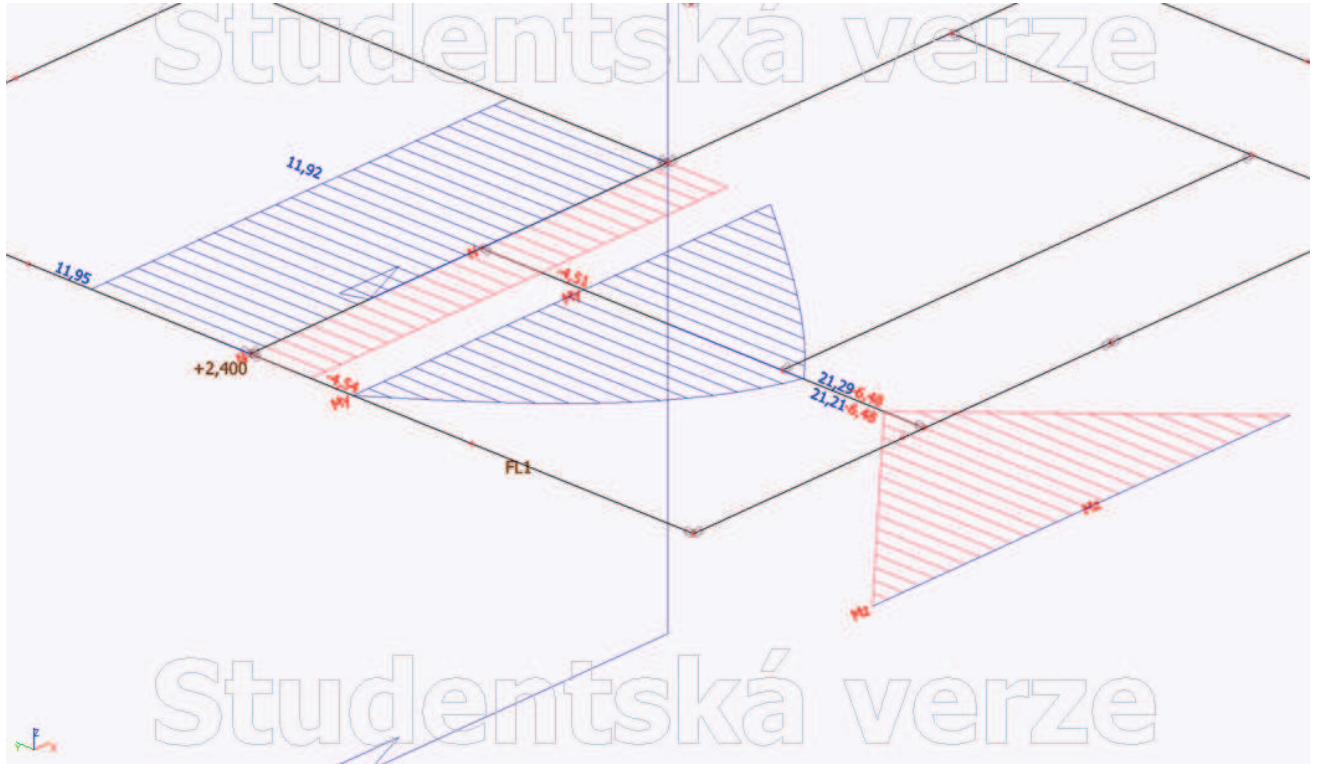
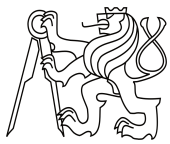
- posouzení namáhání od účinku vzpěru v kombinaci se šikmým ohybem

- vnitřní síly nejzatíženějšího prvku:

$$N^- = 4,51 \text{ kN}$$

$$|M_y| = 21,29 \text{ kNm}$$

$$|M_z| = 6,48 \text{ kNm}$$

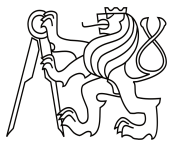


Obr. 30 – Vnitřní síly na průvlaku nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program

- délka prutu:  $l = 2,798 \text{ m}$
- efektivní délka prutu:  $l_{ef} = l = 2,798 \text{ m}$  (kloubové uložení)
- štíhlost:  $\lambda_z = l_{ef} / i_z = 2,798 / 0,0404 = 69,233$
- relativní štíhlost:  $\lambda_{rel,z} = \lambda / \pi * \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} =$   
 $= 69,233 / \pi * \sqrt{21 / 7400} = 1,174$
- součinitel vzpěrnosti:  $k_z = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] =$   
 $= 0,5 * [1 + 0,2 * (1,174 - 0,3) + 1,174^2] =$   
 $= 1,276$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} =$$
$$= \frac{1}{1,276 + \sqrt{1,276^2 - 1,174^2}} = 0,563$$

- redukce pevnosti v ohybu:
    - kritické napětí v ohybu pro celistvý obdélníkový průřez
- $$\sigma_{m,crit} = \left(0,78 * \frac{b^2}{h * l_{ef}}\right) * E_{0,05} =$$
- $$= \left(0,78 * \frac{0,14^2}{0,2 * 2,798}\right) * 7400 = 202,164 \text{ MPa}$$



- poměrná štíhlost v ohybu

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k}/\sigma_{m,crit}} = \sqrt{24/202,164} = 0,345 \leq 0,75$$

- součinitel redukující pevnost v ohybu

$$k_{crit} = 1 \text{ pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

### NENÍ NUTNÉ SNIŽOVAT PEVNOST V OHYBU

- normálová napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^- = N^-/A = 4,51/0,028 = 161 \text{ kPa} \approx 0,161 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my} = |M_y|/W_y = 21,29/9,3 \cdot 10^{-4} = 22\,811 \text{ kPa} \approx 22,811 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mz} = |M_z|/W_z = 6,48/6,53 \cdot 10^{-4} = 9\,918 \text{ kPa} \approx 9,918 \text{ MPa}$$

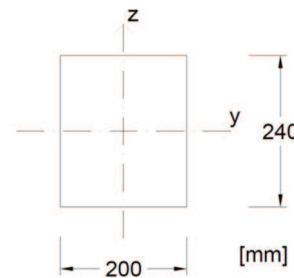
- posouzení namáhání od účinku vzpěru v kombinaci se šikmým ohybem:  
( $\lambda_{rel} > 0,3$ )

$$\sigma_c^- / k_{c,z} * f_{c,0,d} + \sigma_{my} / f_{my,d} + k_m * (\sigma_{mz} / f_{mz,d}) \leq 1$$
$$0,161 / 0,563 * 11,308 + 22,811 / 12,923 + 0,7 * (9,918 / 12,923) \leq 1$$
$$2,328 \not\leq 1$$

### NEVYHOVUJE

- je potřeba zvětšit průřez, bude tedy zvětšen na 200/240

- nové charakteristiky průřezu – 200/240



- šířka:  $b = 0,20 \text{ m}$

- výška:  $h = 0,24 \text{ m}$

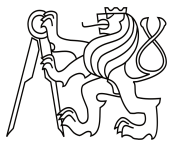
- plocha:  $A = b * h = 0,20 * 0,24 = 0,048 \text{ m}^2$

- moment setrvačnosti:  $I_y = 1/12 * b * h^3 = 1/12 * 0,20 * 0,24^3 = 2,3 * 10^{-4} \text{ m}^4$

$I_z = 1/12 * h * b^3 = 1/12 * 0,24 * 0,20^3 = 1,6 * 10^{-4} \text{ m}^4$

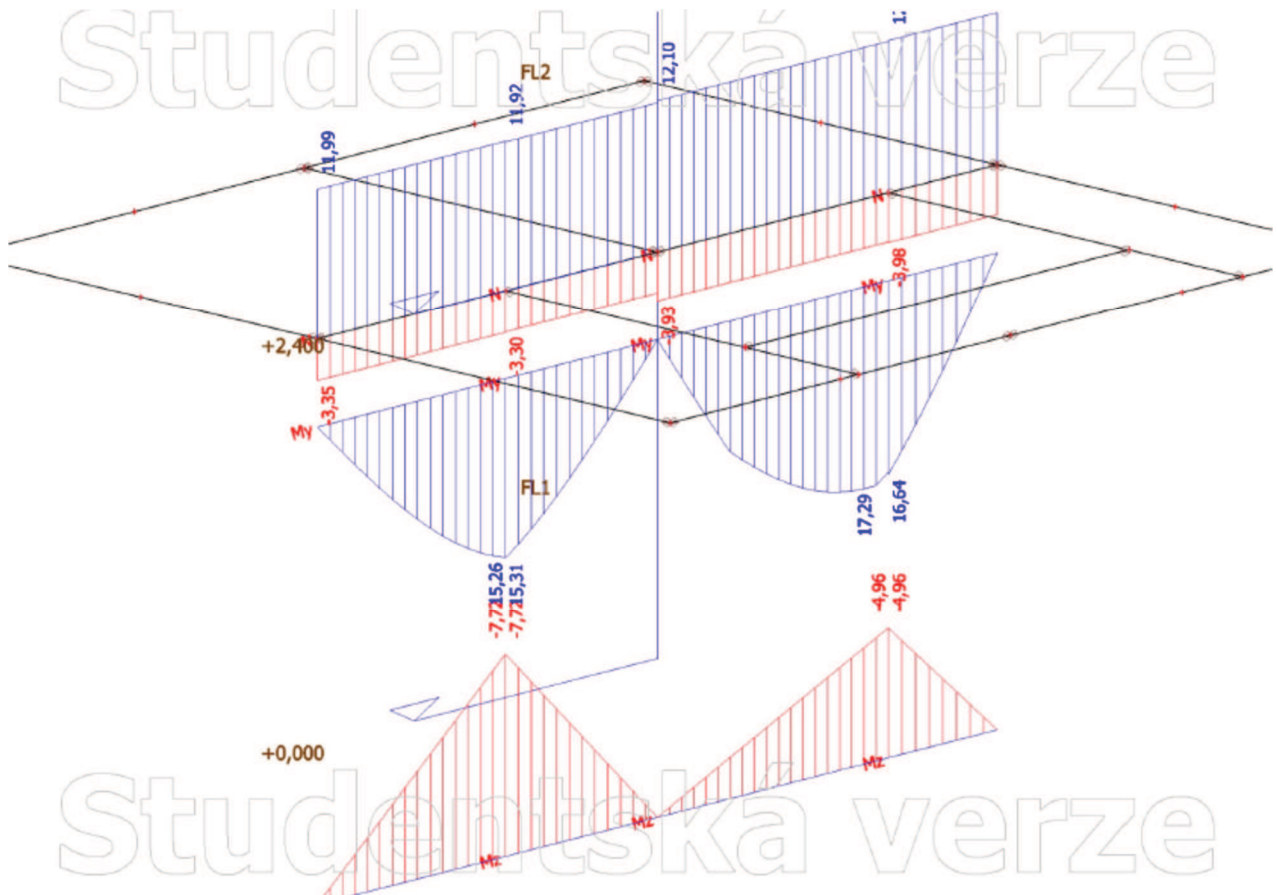
- modul průřezu:  $W_y = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 0,20 * 0,24^2 = 1,92 * 10^{-3} \text{ m}^3$

$W_z = 1/6 * h * b^2 = 1/6 * 0,24 * 0,20^2 = 1,6 * 10^{-3} \text{ m}^3$



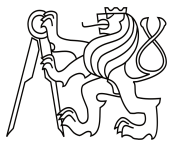
- poloměr setrvačnosti:  $i_y = \sqrt{I_y/A} = \sqrt{2,3 * 10^{-4}/0,048} = 0,069 \text{ m}$   
 $i_z = \sqrt{I_z/A} = \sqrt{1,6 * 10^{-4}/0,048} = 0,057 \text{ m}$
- pro posouzení vzpěru je rozhodující menší hodnota, dále bude tedy počítáno s  $i_z = 0,057 \text{ m}$
- součinitel průřezu:  $k_m = 0,7$  pro obdélníkové průřezy
- nové vnitřní síly na nejvíce namáhaném prvku:

$$N^- = 3,30 \text{ kN}$$
$$|M_y| = 15,31 \text{ kNm}$$
$$|M_z| = 7,72 \text{ kNm}$$



Obr. 31 – Nové vnitřní síly na průvlaku nejvíce namáhaného od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program

- nové posouzení namáhání od účinku vzpěru v kombinaci se šikmým ohybem:
- délka prutu:  $l = 2,798 \text{ m}$
- efektivní délka prutu:  $l_{ef} = l = 2,798 \text{ m}$  (kloubové uložení)
- štíhlost:  $\lambda_z = l_{ef}/i_z = 2,798/0,057 \text{ m} = 48,46$



- relativní štíhlost:  $\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi * \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} =$   
 $= 48,46 / \pi * \sqrt{21 / 7400} = 0,822$

- součinitel vzpěrnosti:  $k_z = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] =$   
 $= 0,5 * [1 + 0,2 * (0,822 - 0,3) + 0,822^2] =$   
 $= 0,890$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} =$$

$$= \frac{1}{0,890 + \sqrt{0,890^2 - 0,822^2}} = 0,812$$

- redukce pevnosti v ohybu:

- kritické napětí v ohybu pro celistvý obdélníkový průřez

$$\sigma_{m,crit} = \left(0,78 * b^2 / h * l_{ef}\right) * E_{0,05} =$$

$$= \left(0,78 * 0,20^2 / 0,24 * 2,798\right) * 7400 = 343,817 \text{ MPa}$$

- poměrná štíhlost v ohybu

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24 / 343,817} = 0,264 \leq 0,75$$

- součinitel redukující pevnost v ohybu

$$k_{crit} = 1 \text{ pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

### NENÍ NUTNÉ SNIŽOVAT PEVNOST V OHYBU

- normálová napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^- = N^- / A = 3,30 / 0,048 = 69 \text{ kPa} \approx 0,069 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my} = |M_y| / W_y = 15,31 / 1,92 * 10^{-3} = 7974 \text{ kPa} \approx 7,974 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mz} = |M_z| / W_z = 7,72 / 1,6 * 10^{-3} = 4825 \text{ kPa} \approx 4,825 \text{ MPa}$$

- nové posouzení namáhání od účinku vzpěru v kombinaci se šiklým ohybem: ( $\lambda_{rel} > 0,3$ )

$$\sigma_c^- / k_{c,z} * f_{c,0,d} + \sigma_{my} / f_{my,d} + k_m * \left(\sigma_{mz} / f_{mz,d}\right) \leq 1$$

$$0,069 / 0,812 * 11,308 + 7,974 / 12,923 + 0,7 * \left(4,825 / 12,923\right) \leq 1$$

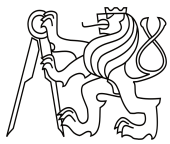
$$\mathbf{0,886 \leq 1}$$

$$\sigma_c^- / k_{c,z} * f_{t,0,d} + k_m * \left(\sigma_{my} / f_{my,d}\right) + \sigma_{mz} / f_{mz,d} \leq 1$$

$$0,069 / 0,812 * 11,308 + 0,7 * \left(7,974 / 12,923\right) + 4,825 / 12,923 \leq 1$$

$$\mathbf{0,813 \leq 1}$$

**VYHOVUJE**



- posouzení namáhání od účinku tahu v kombinaci se šikmým ohybem:

- stejný prvek nejvíce namáhaný vzpěrem v kombinaci se šikmým ohybem je zároveň nejvíce namáhaný tahem v kombinaci se šikmým ohybem

- vnitřní síly tohoto prvku – viz Obr. 31:

$$\begin{aligned}N^+ &= 11,92 \text{ kN} \\ |M_y| &= 15,31 \text{ kNm} \\ |M_z| &= 7,72 \text{ kNm}\end{aligned}$$

- normálová napětí od vnitřních sil:

$$\sigma_c^+ = N^+ / A = 11,92 / 0,048 = 248 \text{ kPa} \approx 0,248 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my} = |M_y| / W_y = 15,31 / 1,92 * 10^{-3} = 7974 \text{ kPa} \approx 7,974 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mz} = |M_z| / W_z = 7,72 / 1,6 * 10^{-3} = 4825 \text{ kPa} \approx 4,825 \text{ MPa}$$

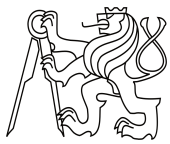
- posouzení namáhání od účinku tahu se šikmým ohybem:

$$\begin{aligned}\frac{\sigma_c^+}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} + k_m * \left( \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} \right) &\leq 1 \\ 0,248 / 7,538 + 7,974 / 12,923 + 0,7 * \left( 4,825 / 12,923 \right) &\leq 1 \\ \mathbf{0,911} &\leq \mathbf{1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\sigma_c^+}{f_{t,0,d}} + k_m * \left( \frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} \right) + \frac{\sigma_{mz}}{f_{mz,d}} &\leq 1 \\ 0,248 / 7,538 + 0,7 * \left( 7,974 / 12,923 \right) + 4,825 / 12,923 &\leq 1 \\ \mathbf{0,838} &\leq \mathbf{1}\end{aligned}$$

**VYHOVUJE**

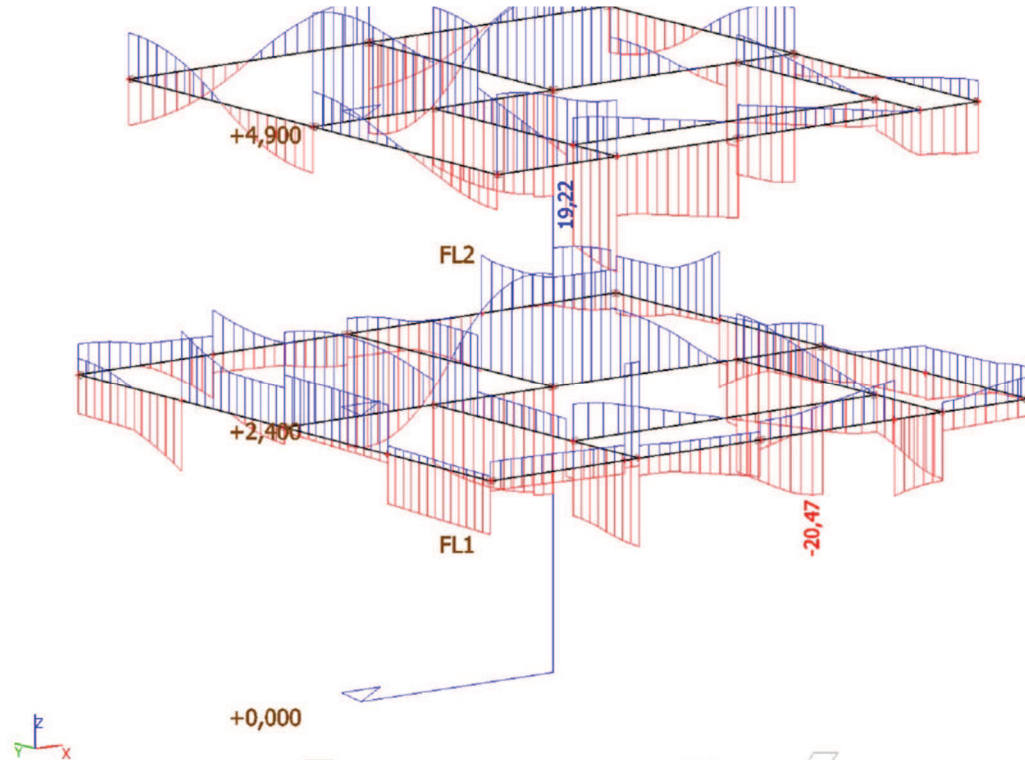




- posouzení namáhání od účinku smyku za ohybu:

- maximální posouvající síla:

$$|V_z|_{max} = 24,40 \text{ kN}$$



Obr. 32 – Vnitřní síly na prutu nejvíce namáhaném smykem za ohybu – výpočetní program

- potřebné charakteristiky průřezu:

- šířka:  $b = 0,20 \text{ m}$

- efektivní šířka  $b_{ef} = 0,67 * b = 0,67 * 0,20 = 0,134 \text{ m}$

- výška:  $h = 0,24 \text{ m}$

- efektivní plocha:  $A_{ef} = b_{ef} * h = 0,134 * 0,24 = 0,0322 \text{ m}^2$

- smykové napětí v průřezu: (vzorec pro obdélníkové průřezy)

$$\tau_v = 1,5 * |V_z|_{max} / A_{ef} = 1,5 * 20,47 / 0,0322 = 955 \text{ kPa} \approx 0,955 \text{ MPa}$$

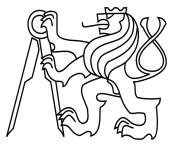
- posouzení namáhání od účinku smyku za ohybu:

$$\tau_v / f_{v,d} \leq 1$$

$$0,955 / 2,154 \leq 1$$

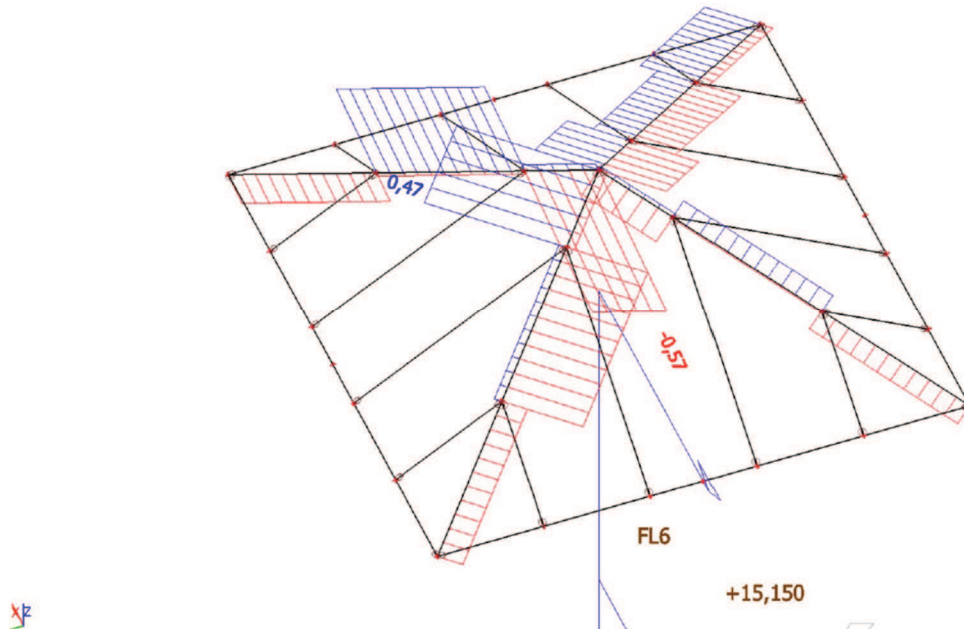
$$0,443 \leq 1$$

**VYHOVUJE**



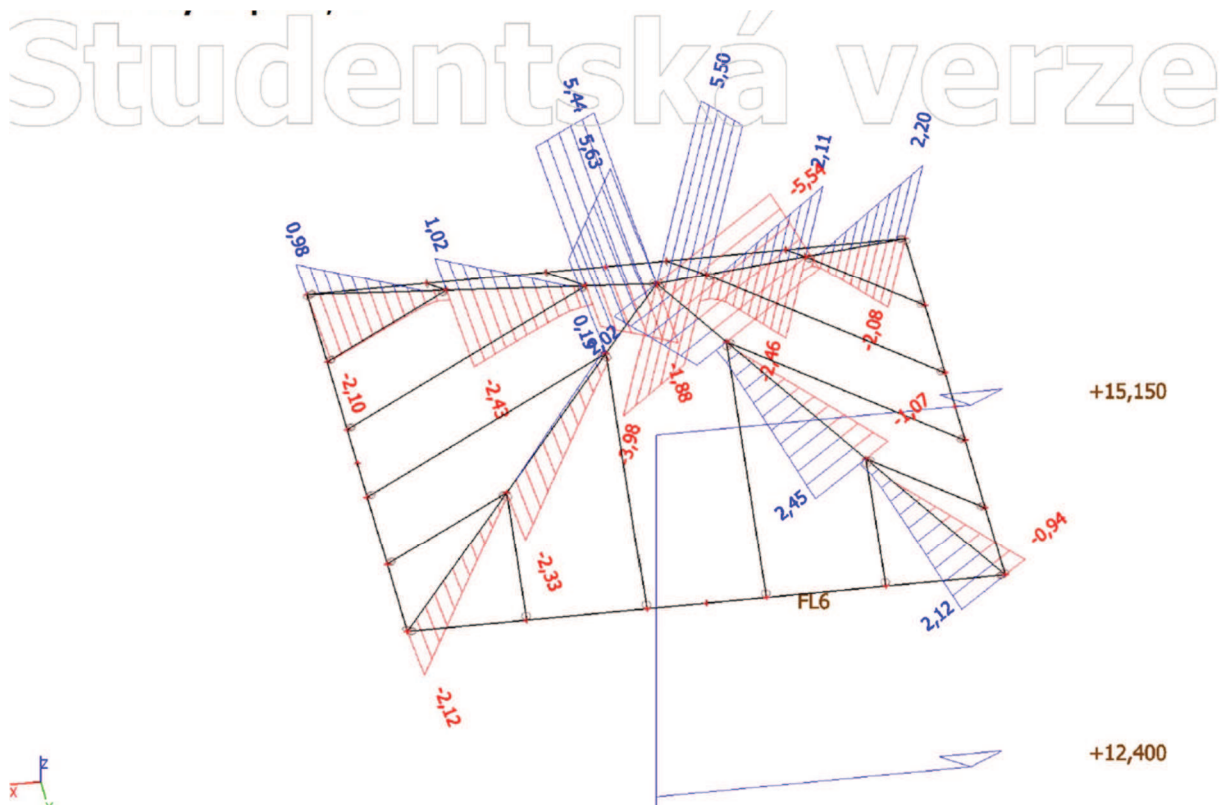
### 6.1.1.3 Posouzení prvků střechy

- největší vnitřní síly vychází v nárožních krokách, u kterých by posouvající síly neměly překročit přibližně 10 kN kvůli možnosti provedení přípoju pomocí hřebíků

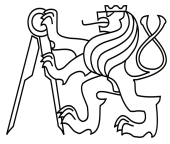


Obr. 33 – Vnitřní síly  $V_y$  na střeše – výpočetní program

- z Obr. 33 je patrné, že posouvající síly  $V_y$  jsou velmi malé, posudek není zohledněn ve výpočtu



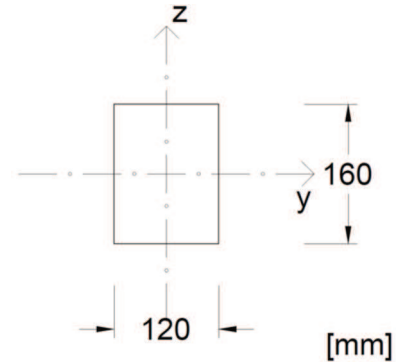
Obr. 34 – Vnitřní síly  $V_z$  na střeše – výpočetní program



- na Obr. 34 je vidět, že vnitřní síly jsou relativně malé (tzn.  $\leq 10$  kN) a spoje bude možné provést jednoduše pomocí hřebíků a menších kovových úhelníků

- posouzení namáhání

- potřebné charakteristiky průřezu:



- šířka:	$b = 0,12 \text{ m}$
- efektivní šířka	$b_{ef} = 0,67 * b = 0,67 * 0,12 = 0,0804 \text{ m}$
- výška:	$h = 0,16 \text{ m}$
- efektivní plocha:	$A_{ef} = b_{ef} * h = 0,0804 * 0,16 = 0,0129 \text{ m}^2$
- průřezový modul:	$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,12 * 0,16^2 = 5,12 * 10^{-4} \text{ m}^3$

- maximální posouvající síla (viz Obr. 34):

$$|V_z|_{max} = 5,63 \text{ kN}$$

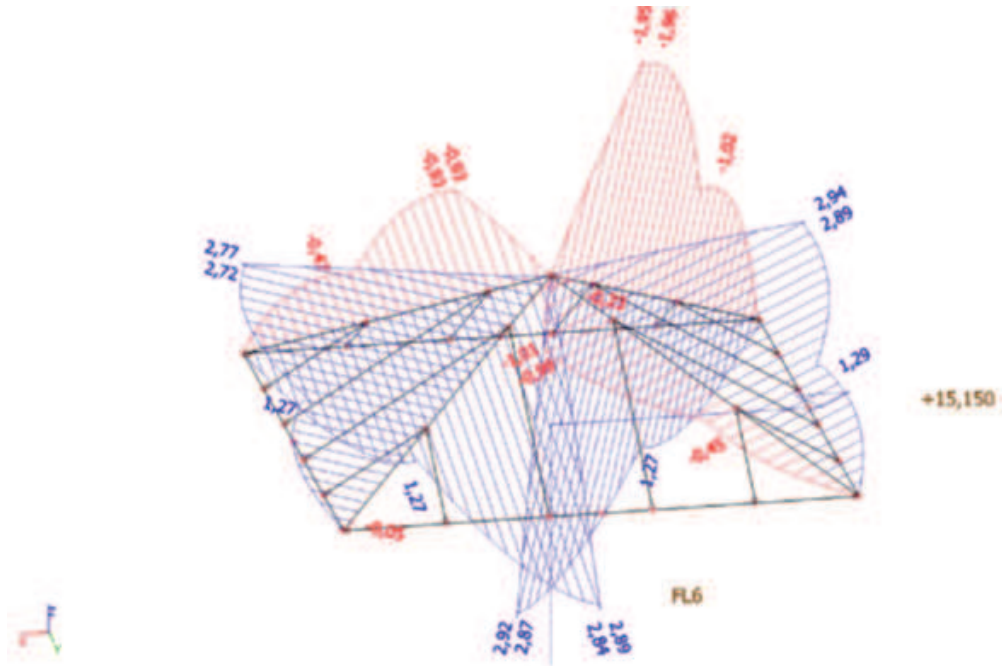
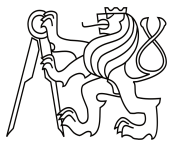
- smykové napětí v průřezu [10]: (vzorec pro obdélníkové průřezy)

$$\tau_v = 1,5 * \frac{|V_z|_{max}}{A_{ef}} = 1,5 * \frac{5,63}{0,0129} = 656,5 \text{ kPa} \approx 0,657 \text{ MPa}$$

- posouzení namáhání od účinku smyku za ohybu [9]:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_v}{f_{v,d}} &\leq 1 \\ \frac{0,657}{2,154} &\leq 1 \\ \mathbf{0,305} &\leq 1 \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**



Obr. 35 – Vnitřní síly  $M_y$  na střeše – výpočetní program

- maximální ohybový moment: (viz Obr. 35)

$$|M_{y,max}| = 2,94 \text{ kNm}$$

- ohybové napětí

$$\sigma_{my} = |M_{y,max}| / W = 2,94 / 5,12 * 10^{-4} = 5703 \text{ kPa} \approx 5,703 \text{ MPa}$$

- posouzení namáhání od účinku ohybu [9]

$$\frac{\sigma_{my}}{f_{my,d}} \leq 1$$
$$5,703 / 12,923 \leq 1$$
$$0,441 \leq 1$$

**VYHOVUJE**

### 6.1.2 Posouzení ocelových prvků – ztužidel [6]

- materiálové charakteristiky:

pevnostní třída:

S235

charakteristické napětí na mezi kluzu v tahu a tlaku:

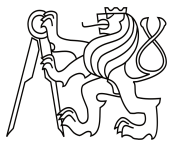
$$f_{y,k} = 235 \text{ MPa}$$

součinitel  $\varepsilon$

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{y,k}} = \sqrt{235 / 235} = 1$$

součinitel spolehlivosti materiálu:

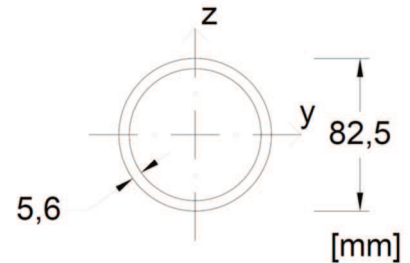
$$\gamma_{M0} = 1,15$$



návrhové napětí na mezi kluzu v tahu a v tlaku:

$$f_{y,d} = f_{y,k} / \gamma_{M0} = 235 / 1,15 = 204,348 \text{ MPa} \sim 204\,348 \text{ kPa}$$

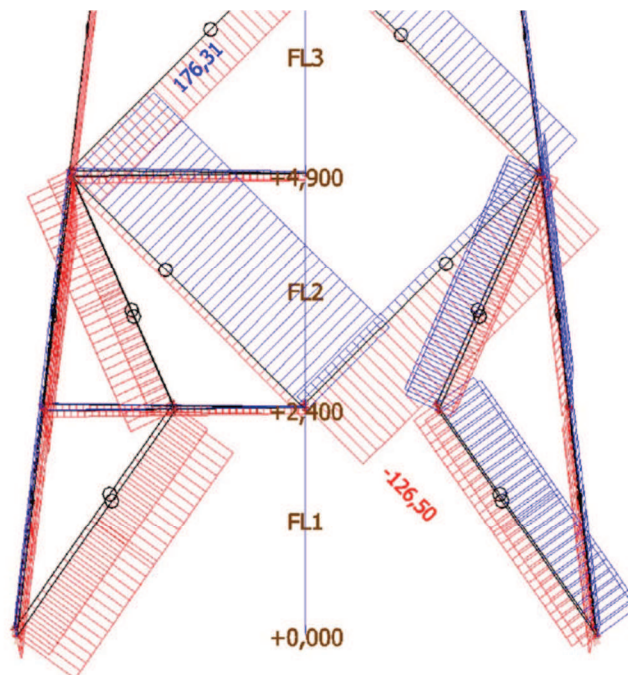
- průřezové charakteristiky:



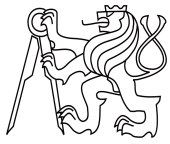
- průměr:  $d = 82,5 \text{ mm}$
- tloušťka stěny:  $t = 5,6 \text{ mm}$
- třída průřezu:  $d/t = 82,5/5,6 = 14,7$   
 $d/t < 50 * \epsilon^2$   
 $14,7 < 50 \rightarrow$  třída průřezu 1
- plocha:  $A = 0,001\,35 \text{ m}^2$  (tabulková hodnota)
- poloměr setrvačnosti:  $i = 0,041 \text{ m}$  (tabulková hodnota)
- křivka vzpěrnosti:  $a \sim$  dutý průřez, válcovaný za tepla, S235
- součinitel imperfekce:  $\alpha = 0,21 \sim$  křivka vzpěrnosti a

- maximální normálové vnitřní síly:

$$N_{max}^+ = 176,31 \text{ kN}$$
$$N_{max}^- = 126,50 \text{ kN}$$



Obr. 36 – Maximální normálové vnitřní síly ve ztužidlech – výpočetní program



- posouzení únosnosti od účinku rovinného vzpěru:

- délka prutu:  $l = 3,547 \text{ m}$   
- vzpěrná délka prutu:  $l_{cr} = 0,9 * l = 0,9 * 3,547 = 3,192 \text{ m}$   
- srovnávací štíhlost:  $\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1 = 93,9$   
- poměrná štíhlost:  $\bar{\lambda} = l_{cr}/i * 1/\lambda_1 = 3,192/0,041 * 1/93,9 = 0,83$   
- součinitel vzpěrnosti:  $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,83 - 0,2) + 0,83^2] = 0,91$   
 $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,91 + \sqrt{0,91^2 - 0,83^2}} = 0,78$

- únosnost průřezu při působení rovinného vzpěru:

$$N_{b,R} = \chi * A * f_{y,d} = 0,78 * 0,001\,35 * 204\,348 = 214,8 \text{ kN}$$

- posouzení únosnosti při působení rovinného vzpěru:

$$\frac{N_{max}^-}{N_{b,R}} \leq 1$$
$$126,50/214,8 \leq 1$$
$$0,59 \leq 1$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti při působení tahu:

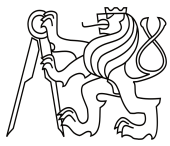
- únosnost:

$$N_R = A * f_{y,d} = 0,001\,35 * 204\,348 = 275,9 \text{ kN}$$

- posouzení:

$$\frac{N_{max}^+}{N_R} \leq 1$$
$$176,31/275,9 \leq 1$$
$$0,64 \leq 1$$

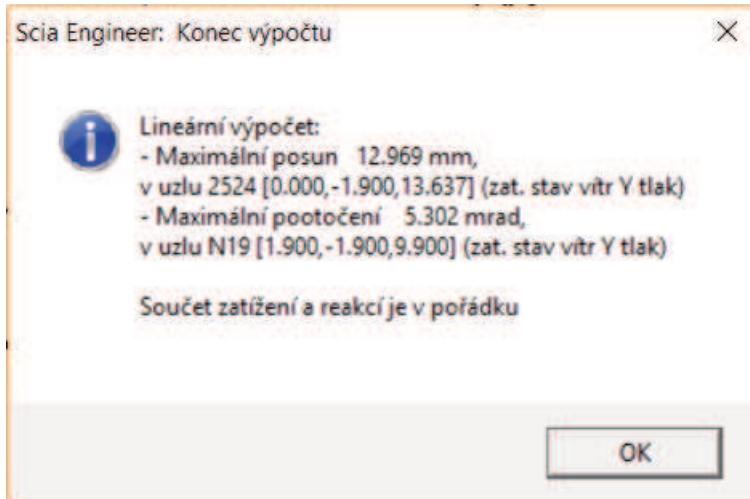
**VYHOVUJE**



## 6.2 Posouzení použitelnosti hlavních nosných prvků - MSP

- dřevěné konstrukce budou posuzovány podle ČSN EN 1995-1

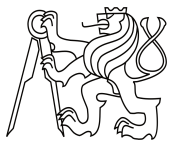
### 6.2.1 Posouzení maximálního posunu uzlu ve vrcholu



Obr. 37 - Maximální posun uzlu ve vrcholu – výpočetní program

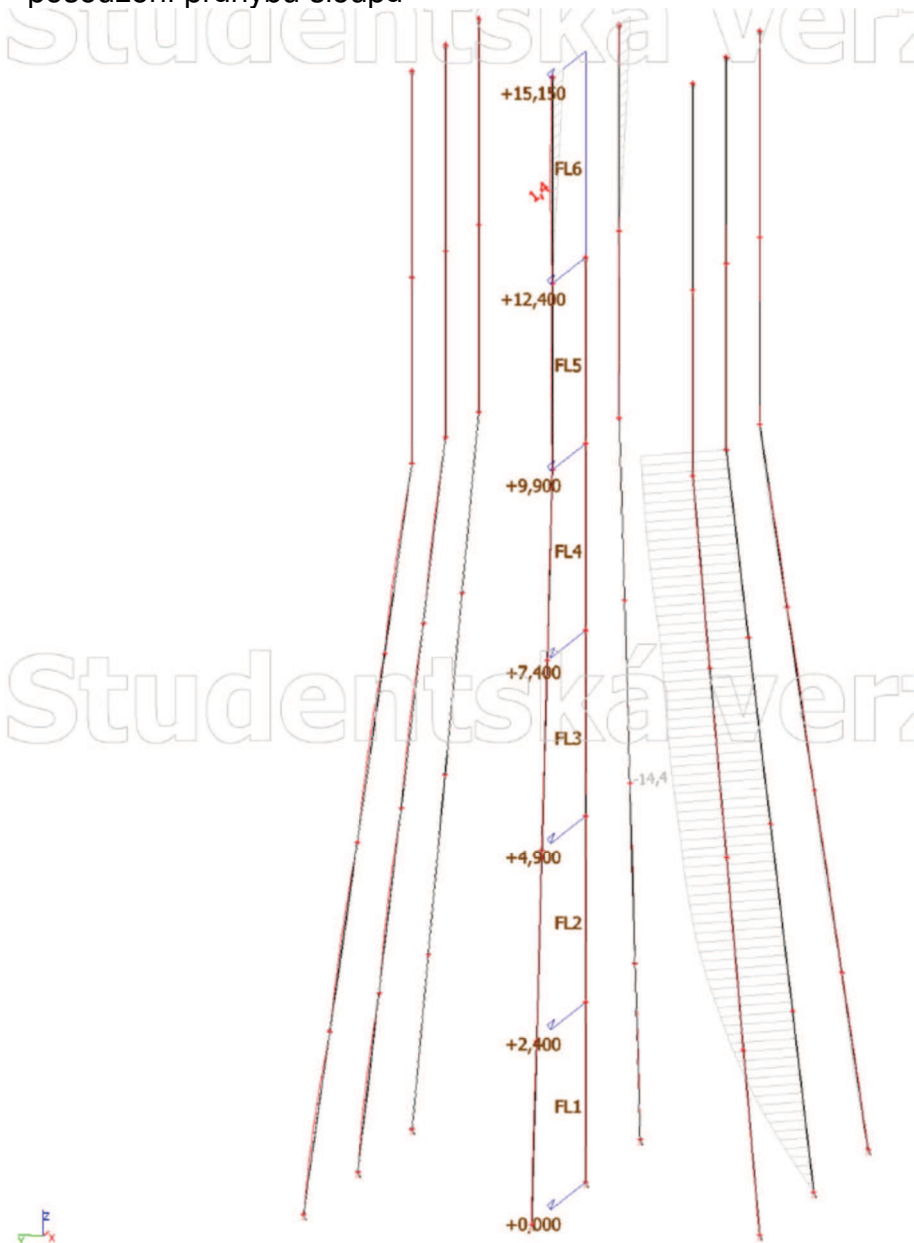
- výška konstrukce:  $h = 16,3 \text{ m} \approx 16\,300 \text{ mm}$
- limitní výchylka:  $\delta_{lim} = \left(\frac{1}{500}\right) * h = \left(\frac{1}{500}\right) * 16300 = 32,6 \text{ mm}$
- výchylka:  $\delta = 12,97 \text{ mm}$
- posouzení:  $\delta < \delta_{lim}$   
 $12,97 < 32,6 \text{ [mm]}$

**VYHOVUJE**



## 6.2.2 Posouzení průhybu jednotlivých prutů [9]

- posuzuje se relativní průhyb, tedy průhyb od spojnice deformovaných podpor
- posouzení průhybu sloupů

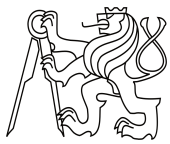


Obr. 38 – Maximální průhyb sloupů – výpočetní program

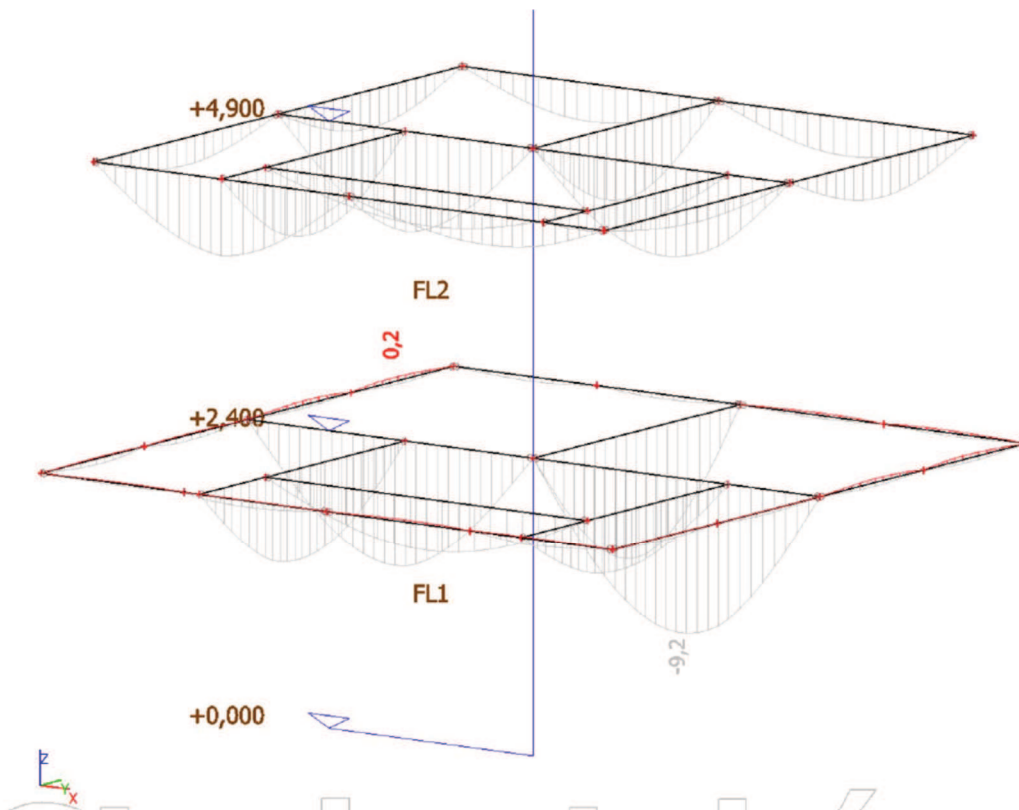
- délka:  $l = 9,971 \text{ m} \approx 9\,971 \text{ mm}$
- limitní průhyb:  $u_{z,lim} = l/300 = 9\,971/300 = 33,3 \text{ mm}$
- maximální průhyb:  $u_{z,fin} = 14,4 \text{ mm}$
- posouzení:  $u_{z,fin} \leq u_{z,lim}$   
 $14,4 \leq 33,3 \text{ [mm]}$

**VYHOVUJE**





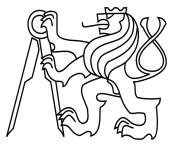
- posouzení průhybu průvlaků



Obr. 39 – Maximální relativní průhyb průvlaků – výpočetní program

- délka:  $l = 2,798 \text{ m} \approx 2\,798 \text{ mm}$
- limitní průhyb:  $u_{z,lim} = l/300 = 2\,798/300 = 9,3 \text{ mm}$
- maximální průhyb:  $u_{z,fin} = 9,2 \text{ mm}$
  
- posouzení:  $u_{z,fin} \leq u_{z,lim}$   
 $9,2 \leq 9,3 \text{ [mm]}$

**VYHOVUJE**



## 7 Návrh a posouzení vybraných přípoju

### 7.1 Přípoj vodorovného prvku kolmo na vodorovný prvek

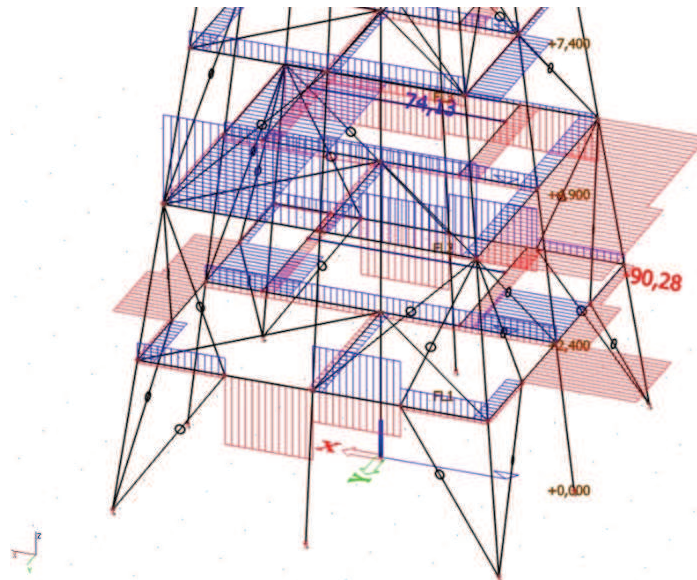
- přípoj je zatížen výslednicí sil posouvající a normálové
- při vystavení střídavým silám dlouhodobých a střednědobých zatížení se tento účinek uvažuje zvýšením hodnoty návrhových sil tahových  $F_{t,Ed}$  a tlakových  $F_{c,Ed}$  na  $(F_{t,Ed} + 0,5 F_{c,Ed})$  a  $(F_{c,Ed} + 0,5 F_{t,Ed})$  [9]

- síly v přípoji:

- maximální posouvající síla:  $V_{Ed,max} = 20,47 \text{ kN}$  (viz Obr. 34)

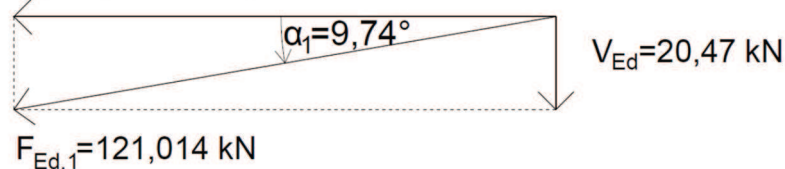
- maximální tahová síla:  $N_{t,Ed,max} = 74,13 \text{ kN}$

- maximální tlaková síla:  $N_{c,Ed,max} = 90,28 \text{ kN}$

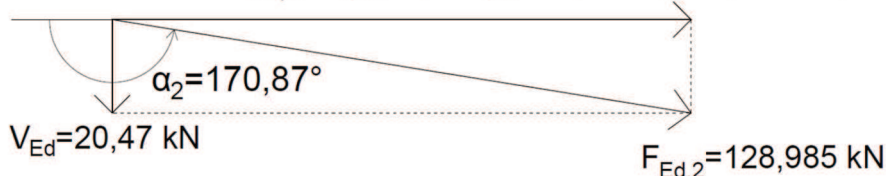


Obr. 40 – Vnitřní síly – max. N na průvlacích – výpočetní program

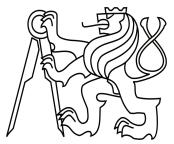
$$N_{Ed,1} = N_{t,Ed} + 0,5 * N_{c,Ed} = 74,13 + 0,5 * 90,28 = 119,27 \text{ kN}$$



$$N_{Ed,2} = N_{c,Ed} + 0,5 * N_{t,Ed} = 90,28 + 0,5 * 74,13 = 127,35 \text{ kN}$$



Obr. 41 – Síly v přípoji průvlaku



- návrhová síla 1:  $F_{Ed,1} = 121,01 \text{ kN}$
- úhel zatížení vzhledem k vláknům 1:  $\alpha_1 = 9,74^\circ$
- návrhová síla 2:  $F_{Ed,2} = 128,99 \text{ kN}$
- úhel zatížení vzhledem k vláknům 2:  $\alpha_2 = 170,87^\circ$

- použité materiály:

ocelový pozinkovaný svorník M16, 8.8

- průměr:

$$d = 16 \text{ mm}$$

- charakteristická pevnost v tahu:

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa} \sim 800 \text{ N/mm}^2$$

dřevo rostlé C24

- charakteristická hustota dřeva:

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

- třída provozu 3:

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

ocelový pozinkovaný plech P8 S235

- tloušťka plechu

$$t_2 = 8 \text{ mm}$$

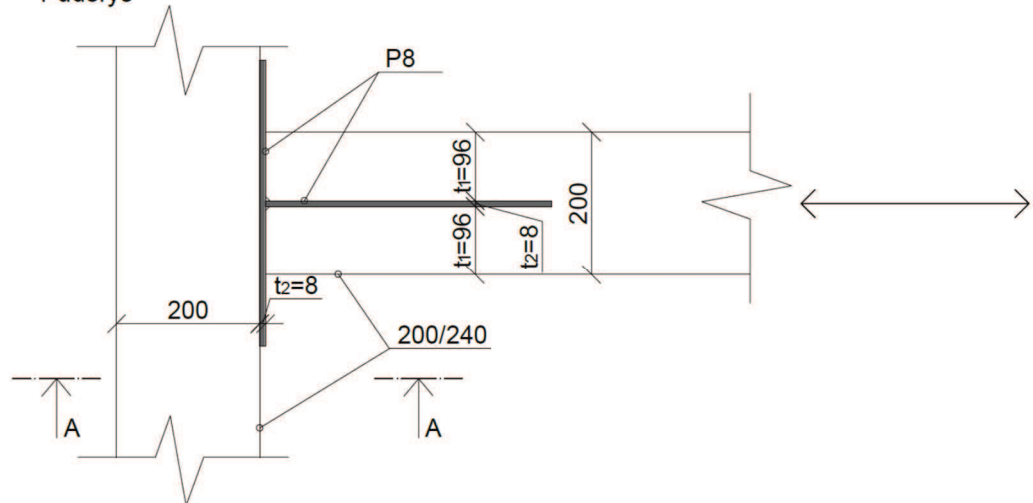
- charakteristické napětí na mezi kluzu  
v tahu a v tlaku:

$$f_{y,k} = 235 \text{ MPa}$$

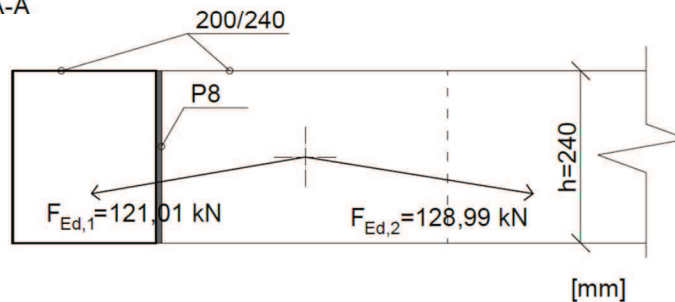
- geometrie přípoje:

2 střížný spoj ocel-dřevo ( $n_{ST} = 2$ )

Půdorys



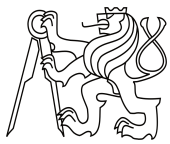
Řez A-A



Obr. 42 – Geometrie přípoje průvlaku

tloušťka krajního dřevěného prvku:

$$t_1 = 96 \text{ mm}$$



**- návrh svorníkového spoje napojovaného prvku:**

**3 řady svorníků, v každé řadě 3 svorníky**

- posouzení účinku působení síly  $F_{Ed,1} = 121,01 \text{ kN}$  [9]:

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku  
 $M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 800 * 16^{2,6} = 324 282,26 \text{ Nmm}$

- charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku  
 $f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k =$   
 $= 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 350 = 24,108 \text{ MPa}$

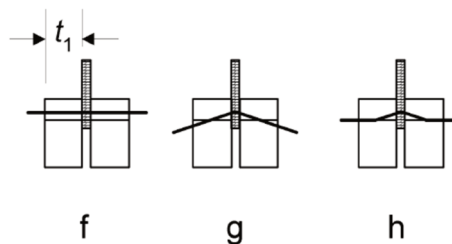
- součinitel  $k_{90}$  pro rostlé dřevo jehličnatých dřevin  
 $k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 16 = 1,59$

- charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku pro úhel  $\alpha_1$   
 $f_{h,\alpha_1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} =$   
 $= \frac{24,108}{1,59 * \sin^2(9,74^\circ) + \cos^2(9,74^\circ)} = 23,708 \text{ MPa}$

- charakteristická únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

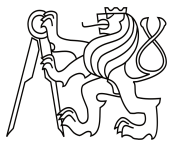
$$F_{v,Rk1} = \min \begin{cases} f_{h,\alpha_1,k} * t_1 * d & \text{(f)} \\ f_{h,\alpha_1,k} * t_1 * d * \left[ \sqrt{2 + \left( \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha_1,k} * d * t_1^2} \right) - 1} \right] + F_{ax,Rk}/4 & \text{(g)} \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,\alpha_1,k} * d} + F_{ax,Rk}/4 & \text{(h)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk1} = \min \begin{cases} \frac{23,708 * 96 * 16}{2,3 * \sqrt{324 282,26 * 23,708 * 16} + 0} \left[ \sqrt{2 + \left( \frac{4 * 324 282,26}{23,708 * 16 * 96^2} \right) - 1} \right] + 0 \\ 36 415 \\ 19 658 = 19 658 \text{ N} \\ 25 509 \end{cases}$$



Obr. 43 – Mechanismy porušení spojovacího prostředku [9]

(Pozn. Charakteristická únosnost na vytažení  $F_{ax,Rk}$  pro zjednodušení není uvažována. Výpočet je na straně bezpečnosti)



- návrhová únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

$$F_{v,Rd1} = k_{mod} * F_{v,Rk1} / \gamma_{M,spoj} = 0,7 * 19\,658 / 1,3 = 10\,585\,N$$

- minimální rozteč spojovacích prostředků ve směru vláken

$$a_{1,1} = (4 + |\cos \alpha_1|) * d = (4 + |\cos 9,74^\circ|) * 16 = 79,77\,mm$$

- počet řad

$$n_{1,1} = 3$$

- počet svorníků v řadě

$$n_{2,1} = 3$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha = 0^\circ$

$$n_{2,1,ef,0} = \min \left\{ \begin{array}{l} n_{2,1} \\ n_{2,1}^{0,9} * \sqrt[4]{a_1 / 13 * d} \end{array} \right.$$

$$n_{2,1,ef,0} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 3^{0,9} * \sqrt[4]{79,77 / 13 * 16} \end{array} \right.$$

$$n_{2,1,ef,0} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2,115 \end{array} \right.$$

$$n_{2,1,ef,0} = 2,115$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha = 90^\circ$

$$n_{2,1,ef,90} = n_{2,1} = 3$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha_1 = 9,74^\circ$

pro úhel  $\alpha \in (0^\circ; 90^\circ)$  lze uvažovat lineární interpolaci

Tab. 10 – Efektivní počet svorníků v řadě pro průvlak

$\alpha$ [°]	$n_{2,1,ef}$
0	2,115
<b>9,74</b>	<b>2,211</b>
90	3,000

- návrhová únosnost 2-střížného spoje

$$F_{v,Rd1,spoj} = n_{ST} * n_{1,1} * n_{2,1,ef} * F_{v,Rd} = 2 * 3 * 2,211 * 10\,585 = 140\,416\,N \approx 140,42\,kN$$

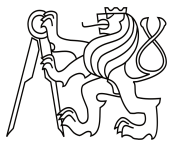
- posouzení únosnosti spoje

$$F_{Ed,1} / F_{v,Rd1,spoj} \leq 1$$

$$121,01 / 140,42 \leq 1$$

$$0,86 \leq 1$$

**VYHOVUJE**



- posouzení účinku působení síly  $F_{Ed,2} = 128,99 \text{ kN}$  [9]:

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 800 * 16^{2,6} = 324\,282,26 \text{ Nmm}$$

- charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku

$$\begin{aligned} f_{h,0,k} &= 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = \\ &= 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 350 = 24,108 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- součinitel  $k_{90}$  pro rostlé dřevo jehličnatých dřevin

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 16 = 1,59$$

- charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku pro úhel  $\alpha_2$

$$\begin{aligned} f_{h,\alpha_2,k} &= \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = \\ &= \frac{24,108}{1,59 * \sin^2(170,87^\circ) + \cos^2(170,87^\circ)} = 23,755 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- charakteristická únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

$$F_{v,Rk2} = \min \begin{cases} f_{h,\alpha_2,k} * t_1 * d & \text{(f)} \\ f_{h,\alpha_2,k} * t_1 * d * \left[ \sqrt{2 + \left( \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha_2,k} * d * t_1^2} \right) - 1} \right] + F_{ax,Rk}/4 & \text{(g)} \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,\alpha_2,k} * d} + F_{ax,Rk}/4 & \text{(h)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk2} = \min \begin{cases} 23,755 * 96 * 16 * \left[ \sqrt{2 + \left( \frac{4 * 324\,282,26}{23,755 * 16 * 96^2} \right) - 1} \right] + 0 \\ 2,3 * \sqrt{324\,282,26 * 23,755 * 16} + 0 \end{cases}$$

$$F_{v,Rk2} = \min \begin{cases} 36\,488 \\ 19\,688 = 19\,688 \text{ N} \\ 25\,535 \end{cases}$$

- mechanismy porušení spojovacího prostředku (f, g, h) – viz Obr. 43

*(Pozn. charakteristická únosnost na vytažení  $F_{ax,Rk}$  pro zjednodušení není uvažována. Výpočet je na straně bezpečnosti.)*

- návrhová únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

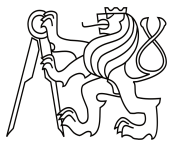
$$F_{v,Rd2} = k_{mod} * F_{v,Rk2} / \gamma_{M,spoj} = 0,7 * 19\,688 / 1,3 = 10\,601 \text{ N}$$

- minimální rozteč spojovacích prostředků ve směru vláken

$$a_{1,2} = (4 + |\cos \alpha_2|) * d = (4 + |\cos(170,87^\circ)|) * 16 = 79,80 \text{ mm}$$

- počet řad

$$n_{1,2} = 3$$



- počet svorníků v řadě

$$n_{2,2} = 3$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel

$$n_{2,2,ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n_{2,2} \\ n_{2,2}^{0,9} * \sqrt[4]{a_{1,2}/13 * d} \end{array} \right.$$

$$n_{2,2,ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 3^{0,9} * \sqrt[4]{79,80/13 * 16} \end{array} \right.$$

$$n_{2,2,ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2,115 \end{array} \right.$$

$$n_{2,2,ef} = 2,115$$

- návrhová únosnost 2-střížného spoje

$$F_{v,Rd2,spoj} = n_{ST} * n_{1,2} * n_{2,2,ef} * F_{v,Rd2} = 2 * 3 * 2,115 * 10\,601 =$$

$$= 134\,555\,N \approx 134,56\,kN$$

- posouzení únosnosti spoje

$$\frac{F_{Ed,1}}{F_{v,Rd,spoj}} \leq 1$$

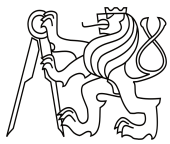
$$128,99/134,56 \leq 1$$

$$0,96 \leq 1$$

**VYHOVUJE**

Tab. 11 – Rozteče svorníků v přípoji průvlaku

Rozteč	Úhel	Minimální hodnota [mm]	Navržená hodnota [mm]
$a_1$ (ve směru vláken)	9,74°	$(4 +  \cos\alpha ) * d =$ $= (4 +  \cos(9,74^\circ) ) * 16 = 79,77$	80
	170,13°	$(4 +  \cos\alpha ) * d =$ $= (4 +  \cos(170,13^\circ) ) * 16 = 79,80$	80
$a_2$ (kolmo k vláknům)	9,74°	$4 * d = 4 * 16 = 64$	64
	170,13°	$4 * d = 4 * 16 = 64$	64
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	9,74°	$\max(7 * d; 80) = \max(7 * 16; 80) =$ $= \max(112; 80) = 112$	120
	170,13°	-	-
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	9,74°	-	-
	170,13°	$4 * d = 4 * 16 = 64$	64
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	9,74°	$\max[(2 + 2 \sin\alpha) * d; 4 * d] =$ $= \max[(2 + 2 \sin(9,74^\circ)) * 16; 4 * 16] =$ $= \max[37,41; 64] = 64$	64
	170,13°	$\max[(2 + 2 \sin\alpha) * d; 4 * d] =$ $\max[(2 + 2 \sin(170,13^\circ)) * 16; 4 * 16] =$ $\max[37,49; 64] = 64$	64
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	9,74°	$3 * d = 3 * 16 = 48$	48
	170,13°	$3 * d = 3 * 16 = 48$	48



- posouzení únosnosti na roztržení [9]

- návrhová posouvající síla:  $V_{Ed,max} = 20,47 \text{ kN}$
- tloušťka prvku:  $b = 2 * t_1 = 2 * 96 = 192 \text{ mm}$
- výška dřevěného prvku:  $h = 240 \text{ mm}$
- vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku:  $h_e = h - a_{4,t} = 240 - 64 = 176 \text{ mm}$
- modifikační součinitel  $w = 1$   
–pro spojovací prvky jiné než kovové desky s prolisovanými trny
- charakteristická únosnost na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{(1 - h_e/h)}} =$$
$$= 14 * 192 * 1 * \sqrt{\frac{176}{(1 - 176/240)}} = 69\,056 \text{ N} \approx 69,06 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost na roztržení

$$F_{90,Rd} = k_{mod} * F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,7 * 69,06 / 1,3 = 37,18 \text{ kN}$$

- posouzení na roztržení

$$\frac{V_{Ed,max}}{F_{90,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{20,47}{37,18} \leq 1$$
$$0,55 \leq 1$$

**VYHOVUJE**

- určení délky vnitřního plechu

- záležitosti na okraji  $e_1$  [7]

$$e_{1,min} = 1,2 * d_0 = 1,2 * (d + 2) = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = 4 * t + 40 = 4 * 8 + 40 = 72 \text{ mm}$$

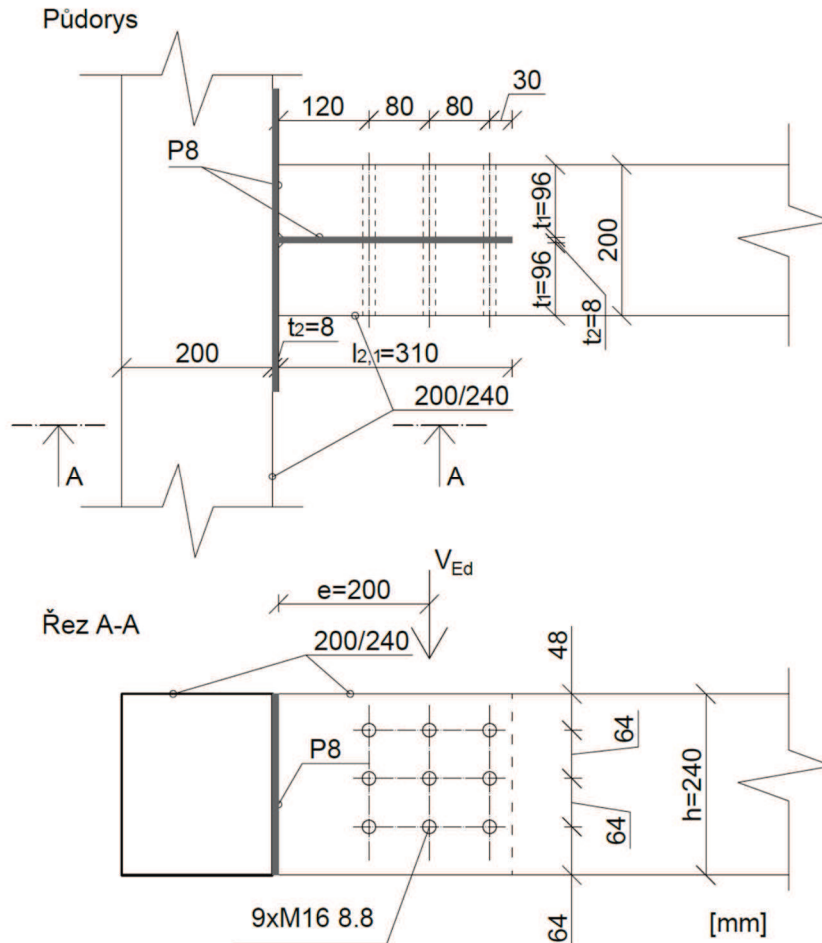
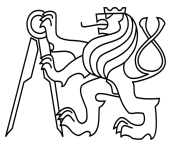
- volba délky okraje

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

- délka vnitřního plechu

$$l_{2,1} = \max(a_{3,t}; a_{3,t}) + 2 * a_1 + e_1 = \max(64; 120) + 2 * 80 + 40 =$$
$$= 320 \text{ mm}$$





Obr. 44 – Schéma přípoje průvlatku

- posouzení plechu P8 S235 [6]

- průřez:     tloušťka plechu      $t_2 = 8 \text{ mm} \approx 0,008 \text{ m}$   
                   výška plechu          $h_2 = 240 \text{ mm} \approx 0,24 \text{ m}$   
                   plocha průřezu          $A_2 = t_2 * h_2 = 0,008 * 0,24 =$   
     $= 0,00192 \text{ m}^2$   
                   modul průřezu          $W_2 = \frac{1}{6} * t_2 * h_2^2 =$   
     $= \frac{1}{6} * 0,008 * 0,24^2 =$   
     $= 7,68 * 10^{-5} \text{ m}^3$

- materiál:    charakteristické napětí na mezi kluzu v tahu a tlaku

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

                  součinitel spolehlivosti materiálu

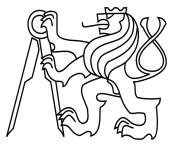
$$\gamma_{M0} = 1,15$$

                  návrhové napětí na mezi kluzu v tahu a tlaku

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 235 / 1,15 = 204,348 \text{ MPa}$$

                  návrhová pevnost ve smyku

$$f_{vd} = f_{yd} / \sqrt{3} = 204,348 / \sqrt{3} = 117,98 \text{ MPa}$$



- působící síly: max. normálová síla:  $N_{Ed,max} = 90,28 \text{ kN}$   
max. posouvající síla:  $V_{Ed,max} = 20,47 \text{ kN}$   
excentricita působení:  $e = 200 \text{ mm} \approx 0,2 \text{ m}$

- napětí v plechu: ohybové napětí:

$$\begin{aligned}\sigma_{md} &= M_{2d}/W_2 = V_{Ed,max} * e / W_2 = \\ &= 20,47 * 0,2 / 7,68 * 10^{-5} = 55\,440 \text{ kPa} \approx \\ &\approx 55,44 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- normálové napětí:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= N_{Ed,max}/A_2 = 90,47 / 0,001\,92 = \\ &= 47\,021 \text{ kPa} \approx 47,02 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- smykové napětí za ohybu:

$$\begin{aligned}\tau_{vd} &= 3/2 * V_{Ed,max}/A_2 = 3/2 * 20,47 / 0,001\,92 = \\ &= 15\,992 \text{ kPa} \approx 15,99 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- posouzení normálového napětí v plechu:

$$\begin{aligned}\sigma_m/f_{yd} + \sigma_c/f_{yd} &\leq 1 \\ 55,44/204,348 + 47,02/204,348 &\leq 1 \\ \mathbf{0,50} &\leq \mathbf{1}\end{aligned}$$

- posouzení smykového napětí za ohybu v plechu:

$$\begin{aligned}\tau_{vd}/f_{vd} &\leq 1 \\ 15,99/117,98 &\leq 1 \\ \mathbf{0,14} &\leq \mathbf{1}\end{aligned}$$

## VYHOVUJE

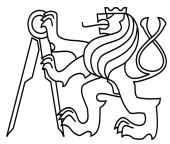
- **návrh svaru plechů:** - oboustranný koutový svar se šířkou  $a_w = 4 \text{ mm}$   
- celková šířka svarů je  $2 * a_w = 2 * 4 = 8 \text{ mm}$ , což nahrazuje tloušťku plechu, není proto nebude svar posuzován

- **návrh svorníkového spoje průběžného prvku:**

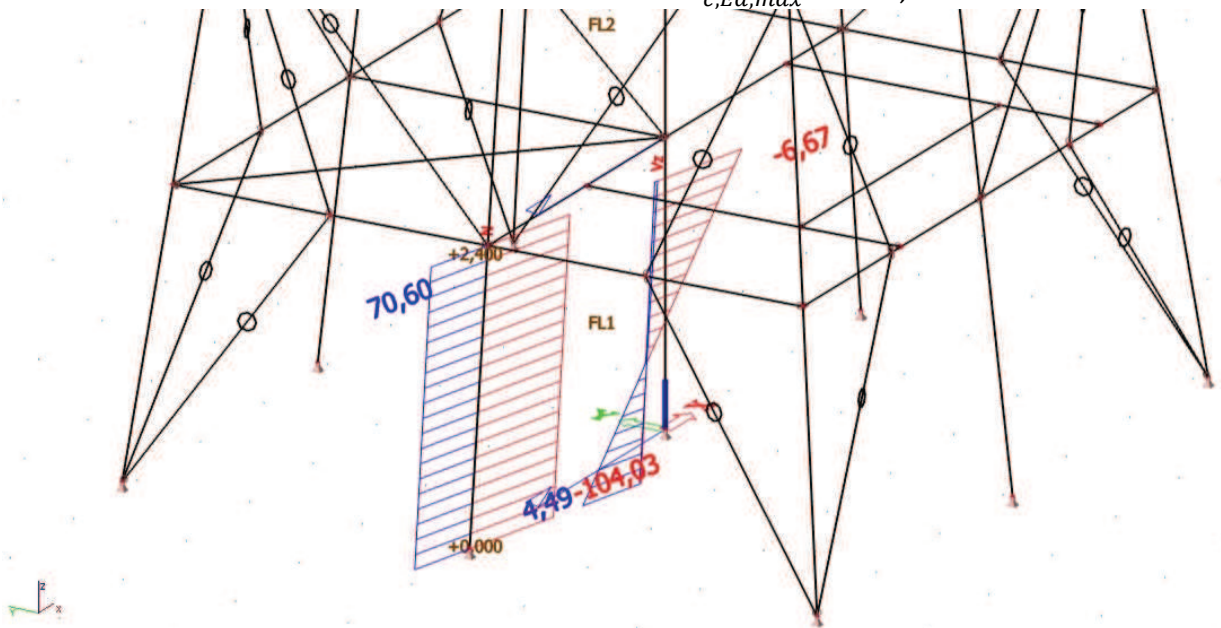
- součet průměrů svorníků na průběžném prvku bude minimálně shodný se součtem průměrů svorníků spoje připojovaného prvku, spoj se bude lišit rozmístěním spojovacích prostředků

## 7.2 Přípoj paty obvodového sloupu

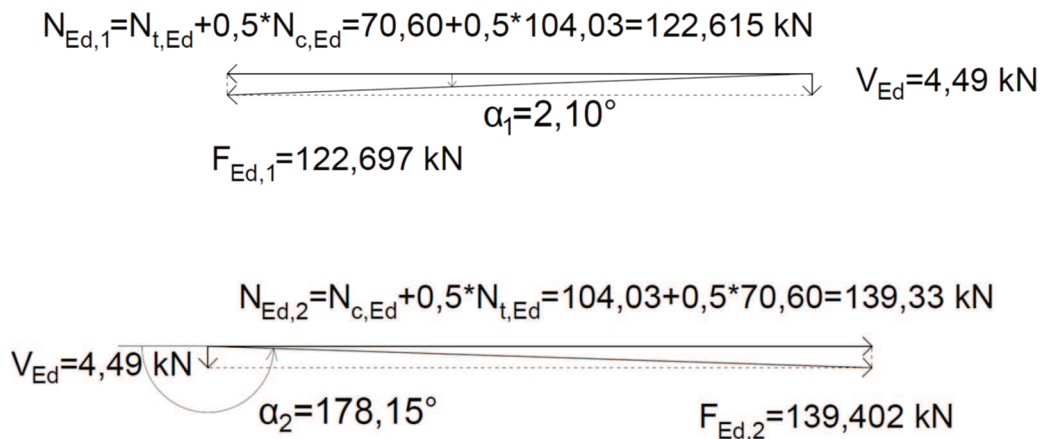
- přípoj je zatížen výslednicí sil posouvající a normálové  
- je nutné navrhnout symetrický spoj, který přenáší stejné síly i ve směru kolmém



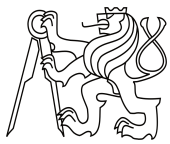
- vnitřní plech bude dvojitý a bude tvořit kříž
- vzhledem ke geometrii takového přípoje mohou být v přípoji pouze 2 řady svorníků
- při vystavení střídavým silám dlouhodobých a střednědobých zatížení se tento účinek uvažuje zvýšením hodnoty návrhových sil tahových  $F_{t,Ed}$  a tlakových  $F_{c,Ed}$  na  $(F_{t,Ed} + 0,5 F_{c,Ed})$  a  $(F_{c,Ed} + 0,5 F_{t,Ed})$  [9]
- síly v přípoji:
  - maximální posouvající síla:  $V_{Ed,max} = 4,49 \text{ kN}$
  - maximální tahová síla:  $N_{t,Ed,max} = 70,60 \text{ kN}$
  - maximální tlaková síla:  $N_{c,Ed,max} = 104,03 \text{ kN}$



Obr. 45 – Vnitřní síly ve sloupu v nevíce zatíženou patou – výpočetní program



Obr. 46 – Síly v přípoji paty sloupu



- návrhová síla 1:  $F_{Ed,1} = 122,70 \text{ kN}$
- úhel zatížení vzhledem k vláknům 1:  $\alpha_1 = 2,10^\circ$
- návrhová síla 2:  $F_{Ed,2} = 139,40 \text{ kN}$
- úhel zatížení vzhledem k vláknům 2:  $\alpha_2 = 178,15^\circ$

- použité materiály:

ocelový pozinkovaný svorník M12, 8.8

- průměr:

$$d = 12 \text{ mm}$$

- charakteristická pevnost v tahu:

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa resp. } 800 \text{ N/mm}^2$$

dřevo rostlé C24

- charakteristická hustota dřeva:

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

- třída provozu 3:

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

ocelový pozinkovaný plech P8 S235

- tloušťka plechu

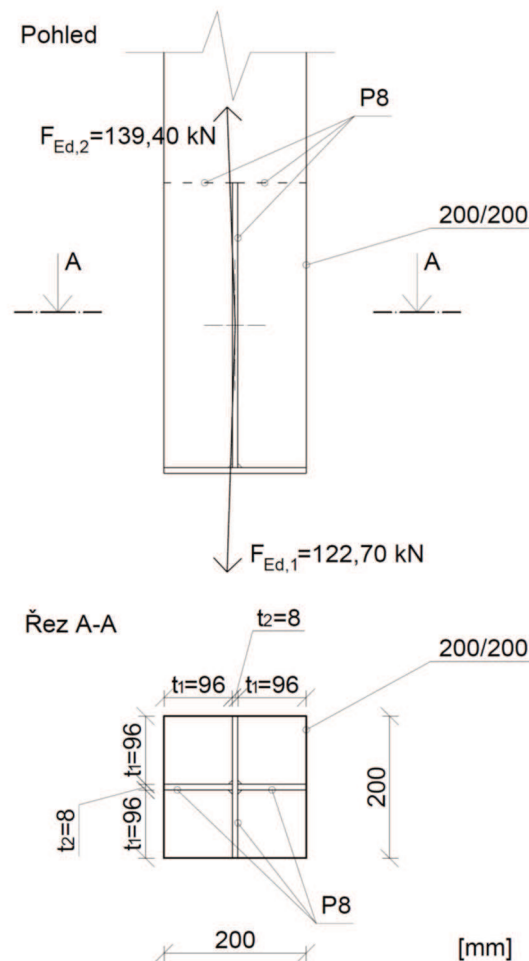
$$t_2 = 8 \text{ mm}$$

- charakteristické napětí na mezi kluzu  
v tahu a tlaku:

$$f_{y,k} = 235 \text{ MPa}$$

- geometrie přípoje:

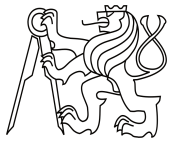
2 střížný spoj ocel-dřevo ( $n_{ST} = 2$ )



Obr. 47 – Geometrie přípoje paty sloupu

tloušťka krajního dřevěného prvku:

$$t_1 = 96 \text{ mm}$$



- **návrh svorníkového spoje napojovaného prvku:**

**2 řady svorníků, v každé řadě 7 svorníků**

- posouzení účinku působení síly  $F_{Ed,1} = 122,67 \text{ kN}$  [9]:

- postup je identický jako u předešlého přípoje

- charakteristická únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh vychází

$$F_{v,Rk1} = 14\,245 \text{ N}$$

- návrhová únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

$$F_{v,Rd1} = k_{mod} * F_{v,Rk1} / \gamma_{M,spoj} = 0,7 * 14\,245 / 1,3 = 7\,670 \text{ N}$$

- minimální rozteč spojovacích prostředků ve směru vláken

$$a_{1,1} = (4 + |\cos \alpha_1|) * d = (4 + |\cos 2,10^\circ|) * 16 = 79,99 \text{ mm}$$

- počet řad

$$n_{1,1} = 2$$

- počet svorníků v řadě

$$n_{2,1} = 7$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha = 0^\circ$  vychází

$$n_{2,1,ef,0} = 4,538$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha = 90^\circ$

$$n_{2,1,ef,90} = n_{2,1} = 7$$

- efektivní počet svorníků v řadě pro úhel  $\alpha_1 = 2,10^\circ$

pro úhel  $\alpha \in (0^\circ; 90^\circ)$  lze uvažovat lineární interpolaci

Tab. 12 – Efektivní počet svorníků v řadě pro patu sloupu

$\alpha$ [°]	$n_{2,1,ef}$
0	4,538
<b>2,10</b>	<b>4,595</b>
90	7,000

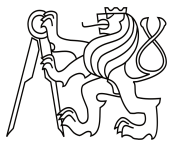
- návrhová únosnost 2-střížného spoje

$$F_{v,Rd1,spoj} = n_{ST} * n_{1,1} * n_{2,1,ef} * F_{v,Rd} = 2 * 2 * 4,595 * 7\,670 = 140\,986 \text{ N} \approx 140,986 \text{ kN}$$

- posouzení únosnosti spoje

$$\begin{aligned} F_{Ed,1} / F_{v,Rd1,spoj} &\leq 1 \\ 122,615 / 140,986 &\leq 1 \\ \mathbf{0,87} &\leq 1 \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**



- posouzení účinku působení síly  $F_{Ed,2} = 139,40 \text{ kN}$  [9]:

- charakteristická únosnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh vychází

$$F_{v,Rk2} = 14\,351 \text{ N}$$

- návrhová pevnost 1 spojovacího prostředku na 1 stříh

$$F_{v,Rd2} = k_{mod} * F_{v,Rk2} / \gamma_{M,spoj} = 0,7 * 14\,351 / 1,3 = 7\,727 \text{ N}$$

- minimální rozteč spojovacích prostředků ve směru vláken

$$a_{1,2} = (4 + |\cos \alpha_2|) * d = (4 + |\cos(178,15^\circ)|) * 12 = 59,99 \text{ mm}$$

- počet řad

$$n_{1,2} = 2$$

- počet svorníků v řadě

$$n_{2,2} = 7$$

- efektivní počet svorníků v řadě vychází

$$n_{2,2,ef} = 4,538$$

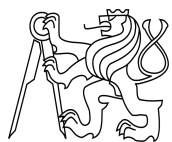
- návrhová únosnost 2-střížného spoje

$$F_{v,Rd2,spoj} = n_{ST} * n_{1,2} * n_{2,2,ef} * F_{v,Rd2} = 2 * 2 * 4,538 * 7\,727 = 140\,258 \text{ N} \approx 140,26 \text{ kN}$$

- posouzení únosnosti spoje

$$\begin{aligned} F_{Ed,2} / F_{v,Rd2,spoj} &\leq 1 \\ 139,40 / 140,26 &\leq 1 \\ \mathbf{0,99} &\leq \mathbf{1} \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**



Tab. 13 – Rozteče svorníků v přípoji paty sloupu

Rozteč	Úhel	Minimální hodnota [mm]	Navržená hodnota [mm]
$a_1$ (ve směru vláken)	2,10°	$(4 +  \cos\alpha ) * d =$ $= (4 +  \cos(2,10^\circ) ) * 12 = 59,99$	60
	178,15°	$(4 +  \cos\alpha ) * d =$ $= (4 +  \cos(178,15^\circ) ) * 12 = 59,99$	
$a_2$ (kolmo k vláknům)	2,10°	$4 * d = 4 * 12 = 48$	48
	178,15°	$4 * d = 4 * 12 = 48$	48
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	2,10°	$\max(7 * d; 80) = \max(7 * 12; 80) =$ $= \max(84; 80) = 84$	90
	178,15°	-	-
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	2,10°	-	-
	178,15°	$4 * d = 4 * 12 = 48$	48
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	2,10°	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) * d; 4 * d] =$ $= \max[(2 + 2 \sin(2,10^\circ)) * 12; 4 * 12] =$ $= \max[24,88; 48] = 48$	48
	178,15°	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) * d; 4 * d] =$ $\max[(2 + 2 \sin 178,15^\circ) * 12; 4 * 12] =$ $\max[24,77; 48] = 48$	48
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	2,10°	$3 * d = 3 * 12 = 36$	36
	178,15°	$3 * d = 3 * 12 = 36$	36

- posouzení únosnosti na roztržení [9]

- návrhová smyková síla:  $V_{Ed,max} = 4,49 \text{ kN}$
- tloušťka prvku:  $b = 2 * t_1 = 2 * 96 = 192 \text{ mm}$
- výška dřevěného prvku:  $h = 200 \text{ mm}$
- vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku:  $h_e = h - a_{4,t} = 200 - 48 = 136 \text{ mm}$
- modifikační součinitel  $w = 1$   
*–pro spojovací prvky jiné než kovové desky s prolisovanými trny*

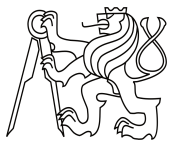
- charakteristická únosnost na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{(1 - h_e/h)}} =$$

$$= 14 * 192 * 1 * \sqrt{\frac{136}{(1 - 136/200)}} = 55\,415 \text{ N} \approx 55,42 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost na roztržení

$$F_{90,Rd} = k_{mod} * F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,7 * 55,42 / 1,3 = 29,84 \text{ kN}$$



- posouzení únosnosti na roztržení

$$\begin{aligned} V_{Ed,max} / F_{90,Rd} &\leq 1 \\ 4,49 / 29,84 &\leq 1 \\ 0,55 &\leq 1 \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**

- určení délky vnitřního plechu

- záleží na okraji  $e_1$  [7]

$$e_{1,min} = 1,2 * d_0 = 1,2 * (d + 1) = 15,6 \text{ mm}$$

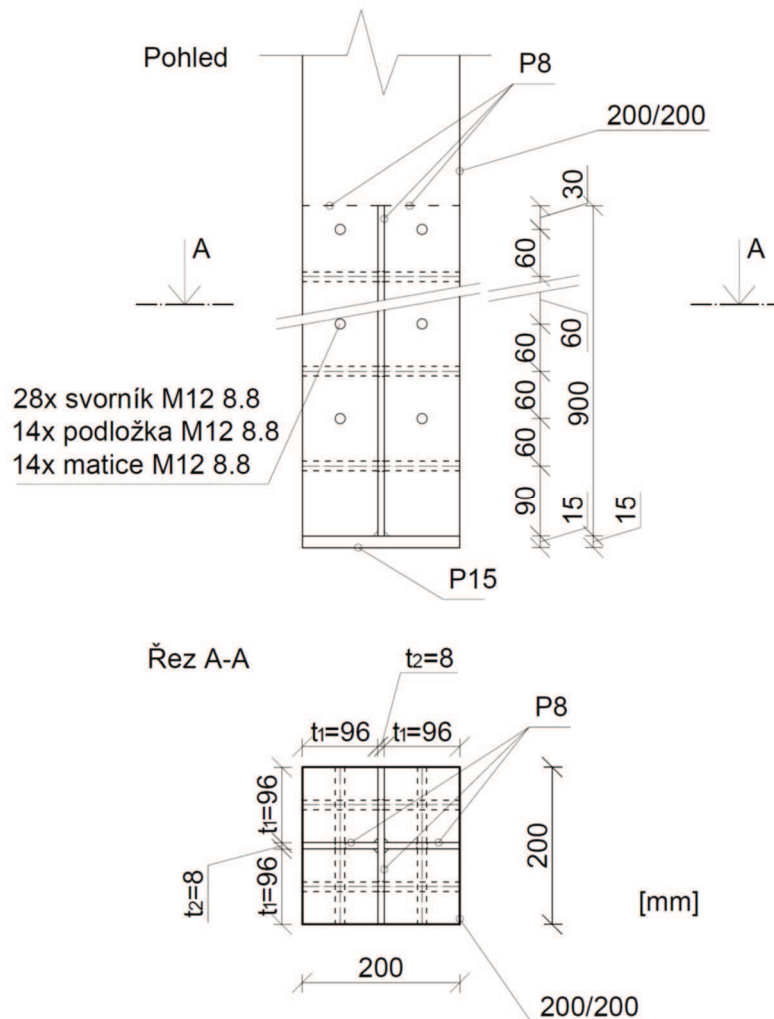
$$e_{1,max} = 4 * t + 40 = 4 * 8 + 40 = 72 \text{ mm}$$

- volba délky okraje

$$e_1 = 30 \text{ mm}$$

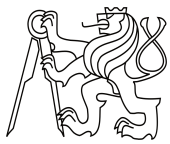
- délka vnitřního plechu

$$\begin{aligned} l_{2,1} &= \max(a_{3,t}; a_{3,t}) + (2 * n_{2,2} - 1) * a_1 + e_1 = \\ &= \max(48; 90) + 13 * 60 + 30 = 900 \text{ mm} \end{aligned}$$



Obr. 48 – Schéma přípoje paty sloupu



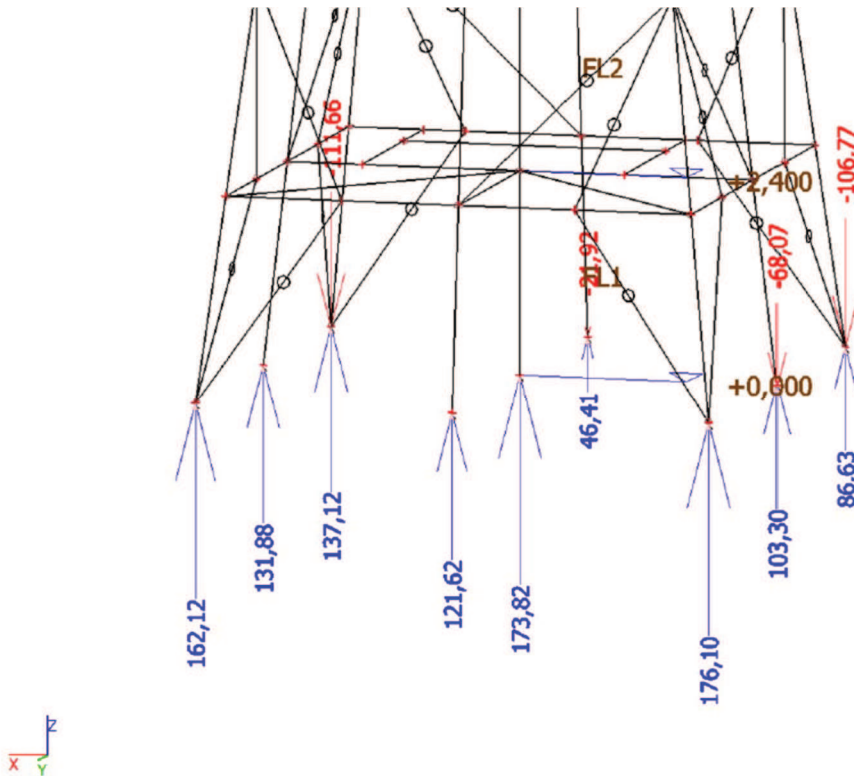


### 7.3 Návrh kotvení do základu

- reakce:

- maximální hodnota reakce tlakové:  $R_{z,max}^- = 176,10 \text{ kN}$

- maximální hodnota reakce tahové:  $R_{z,max}^+ = 111,66 \text{ kN}$



Obr. 49 – Reakce – výpočetní program

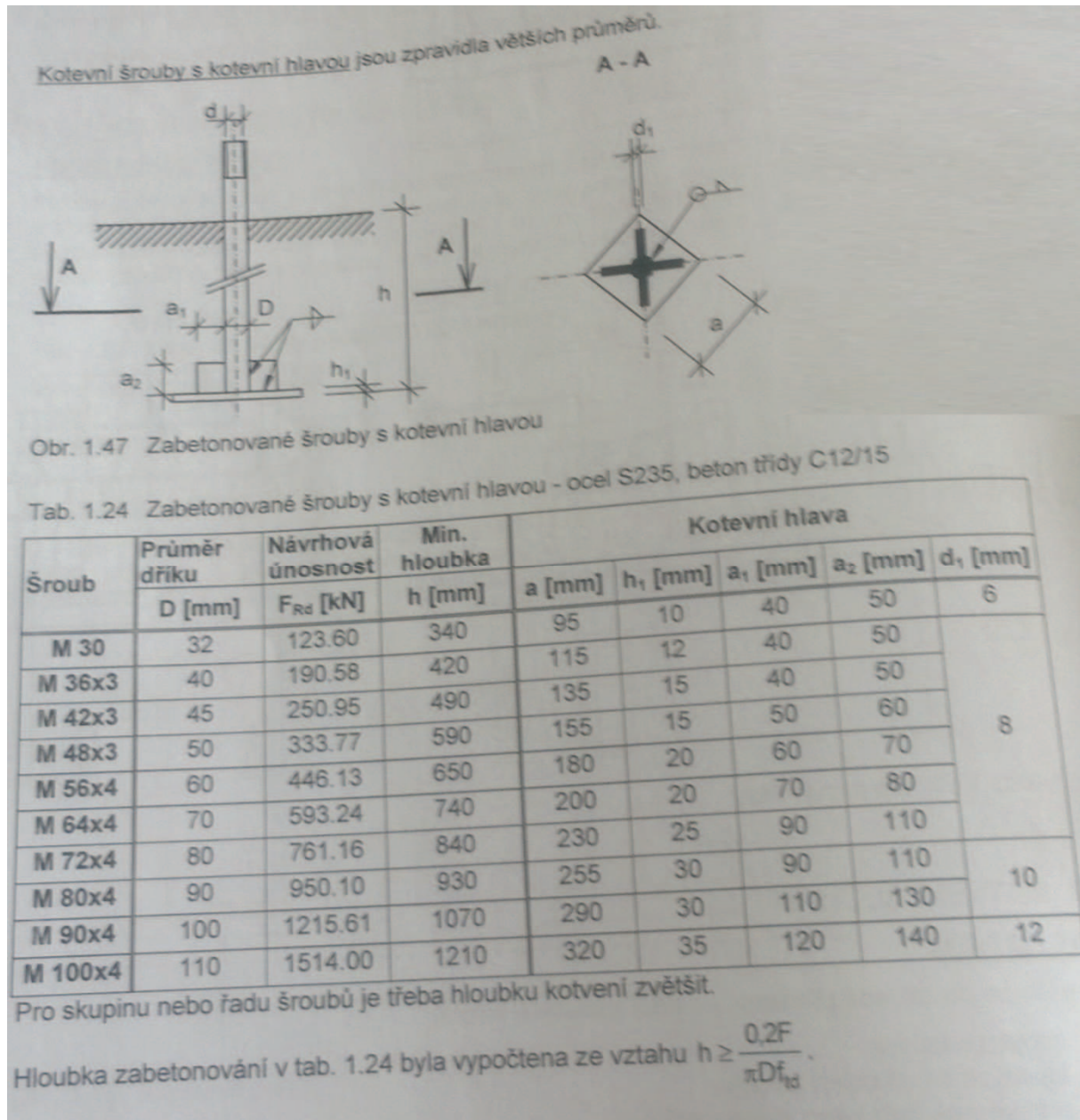
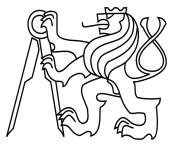
- Sloupy budou kotveny do základů pomocí svislých kotevních šroubů s kotevní hlavou přes kotvící plech P20 z oceli S235
- kotevní šrouby s kotevní hlavou jsou navrženy dle Tabulky návrhových únosností kotevních šroubů – viz Obr. 50,
- otvory v patním plechu pro kotevní šrouby  $d_0 = d + 3 \text{ [mm]}$  pro  $d > 27 \text{ mm}$  [7],
- patní plech o rozměrech  $a \times a - 300 \times 300 \text{ mm}$  - se podlijí cementovou maltou v tl. 50 mm {  $tl. \in [(0,1 \div 0,2) * a] - v \text{ mm}$  [11]}
- návrh kotevních šroubů:

- sloupy budou založeny na **kotevních šroubech s kotevní hlavou M30** s únosností jednoho šroubu  $F_{Rd} = 123,60 \text{ kN}$ , které musí být zakotveny do hloubky minimálně 340 mm do betonového základu minimální třídy C12/15

- minimální počet kotevních šroubů:

$$n_{min} = R_{z,max}^- / F_{Rd} = 176,10 / 123,60 = 1,43$$

- NÁVRH: Každý sloup bude kotven pomocí **4 kotevních šroubů**.



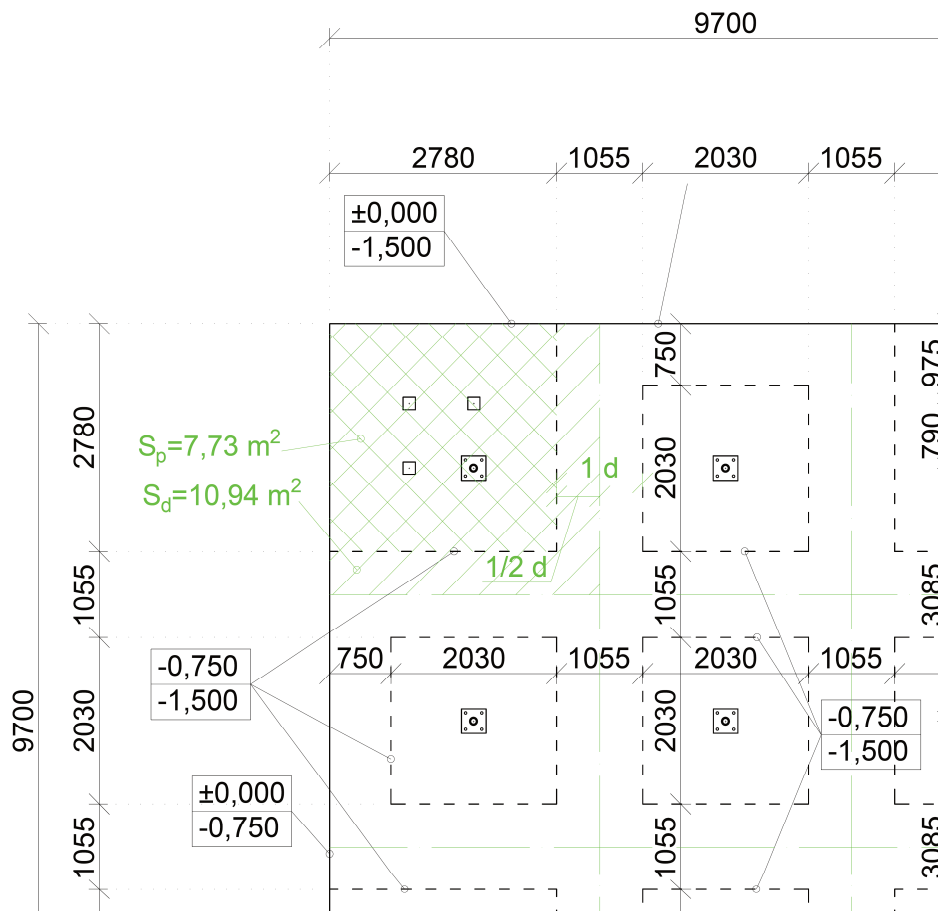
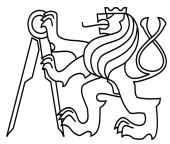
Obr. 50 – Tabulka návrhových únosností kotevních šroubů [11]

## 8 Návrh a posouzení základových konstrukcí [5]

- základy budou tvořit betonové patky s betonovou deskou z prostého betonu pevnostní třídy C16/20 (geometrie – viz Obr. 51), patky budou uloženy do šterkového lože tl. 100 mm

(Poznámka: Hloubka základové spáry je volena tak, aby byla v nezámrazné hloubce v každém místě. Šířka je určena dle roznášecího úhlu zatížení 60° pro prostý beton.)

- objemová hmotnost prostého betonu je  $\rho_b = 2300 \text{ kg/m}^3$ , tíhové zrychlení je zjednodušeně  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tíha betonu tedy vychází  $\gamma_b = \rho_b * g = 2300 * 10 = 23\,000 \text{ N}$  resp. 23 kN



Obr. 51 – Výsek výkresu základů s kotvením (Příloha 3) s potřebnými mírami

- posouzení, jestli nevzniká tah v základové spáře patky nárožního sloupu:

- stabilizující síla od tíhy základu

$$G_{z,1} = V_1 * \gamma_b = (S_p * 0,75 + S_d * 0,75) * 23 = \\ = (7,73 * 0,75 + 10,94 * 0,75) * 23 = 14,01 * 23 = 322,23 \text{ kN}$$

- maximální tahová reakce

$$R_{z,max}^+ = 111,66 \text{ kN}$$

- posouzení:

$$R_{z,max}^+ \leq G_{z,1} \\ \mathbf{111,66 \leq 322,23 \text{ kN}}$$

### VYHOVUJE

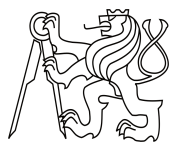
- návrh zhutnění štěrkového lože

- maximální napětí v základové spáře

$$\sigma_{max} = R_{z,max}^- / S_{p,min} = 176,10 / 2,03 * 2,03 = 42,73 \text{ kPa}$$

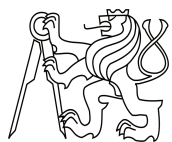
- zhutnění musí být větší než napětí v základové spáře

→ **Návrh: štěrkové lože zhutnit na 100 kPa**



## 9 Seznam obrázků

Obr. 1 – Schéma zatěžovacích ploch pro obklad šikmých stěn .....	3
Obr. 2 – Schéma zatížení pro obklad svislých stěn .....	4
Obr. 3 – Hmoty od zatížení obklady stěn a souvrstvím střechy – výpočetní program .....	7
Obr. 4 – Hmoty od zatížení schodištěm a lavičkami – výpočetní program .....	8
Obr. 5 – Hmoty od zatížení podlahami – výpočetní program .....	10
Obr. 6 – Mapa sněhových oblastí v České republice [3] .....	12
Obr. 7 – Zatížení sněhem na střechu – výpočetní program .....	12
Obr. 8 – Mapa větrných oblastí v České republice [4] .....	13
Obr. 9 – Určení referenční výšky [4] .....	14
Obr. 10 – Výstup z modální analýzy výpočetního programu .....	15
Obr. 11 – Rozdělení tlaku větru po výšce konstrukce .....	18
Obr. 12 – Schéma půdorysu 1. - 4.NP pro určení vnějšího tlaku větrem na stěny .....	19
Obr. 13 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4. NP v oblasti D .....	21
Obr. 14 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4.NP v oblasti E .....	21
Obr. 15 – Převod plošného zatížení stěn na liniové zatížení sloupů 1.-4. NP v oblastech A, B .....	22
Obr. 16 – Schéma půdorysu 5.NP pro určení vnějšího tlaku větrem na stěny .....	22
Obr. 17 – Výsledné tlaky větru na sloupy .....	24
Obr. 18 – Schéma pro určení vlivu oken na zatížení .....	25
Obr. 19 – Zatížení sloupů od stěn – výpočetní program .....	27
Obr. 20 – Součinitel síly $c_{f,0}$ pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců [4] .....	28
Obr. 21 – Zatížení větrem na nosné prvky 6.NP (vyhlídkového patra) – výpočetní program .....	29
Obr. 22 – Zatížení větrem na přístřešek – výpočetní program .....	30
Obr. 23 – Převod zatížení větrem ze směru příčného (Y) na směr šikmý (XY) .....	31
Obr. 24 – Zatížení větrem XY – výpočetní program .....	32
Obr. 25 – Vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program .....	36
Obr. 26 – Původní systém ztužení s ocelovými táhly pod uvažovanými okny X nový systém ztužení s ocelovými trubkami mimo uvažovaná okna – výpočetní program .....	37
Obr. 27 – Nové vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program .....	38
Obr. 28 – Vnitřní síly – maximální tah a tlak na sloupech – výpočetní program .....	40
Obr. 29 – Vnitřní síly na sloupu nejvíce namáhaném od účinku tahu se šikmým ohybem – výpočetní program .....	41
Obr. 30 – Vnitřní síly na průvlaku nejvíce namáhaném od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program .....	43
Obr. 31 – Nové vnitřní síly na průvlaku nejvíce namáhaného od účinku vzpěru se šikmým ohybem – výpočetní program .....	45
Obr. 32 – Vnitřní síly na prutu nejvíce namáhaném smykem za ohybu – výpočetní program .....	48
Obr. 33 – Vnitřní síly $V_y$ na střeše – výpočetní program .....	49
Obr. 34 – Vnitřní síly $V_z$ na střeše – výpočetní program .....	49
Obr. 35 – Vnitřní síly $M_y$ na střeše – výpočetní program .....	51
Obr. 36 – Maximální normálové vnitřní síly ve ztužidlech – výpočetní program .....	52
Obr. 37 – Maximální posun uzlu ve vrcholu – výpočetní program .....	54
Obr. 38 – Maximální průhyb sloupů – výpočetní program .....	55
Obr. 39 – Maximální relativní průhyb průvlaků – výpočetní program .....	56
Obr. 40 – Vnitřní síly – max. N na průvlacích – výpočetní program .....	57
Obr. 41 – Síly v přípoji průvlaků .....	57
Obr. 42 – Geometrie přípoje průvlaků .....	58
Obr. 43 – Mechanismy porušení spojovacího prostředku [9] .....	59
Obr. 44 – Schéma přípoje průvlaků .....	64
Obr. 45 – Vnitřní síly ve sloupu v nevíce zatíženou patou – výpočetní program .....	66



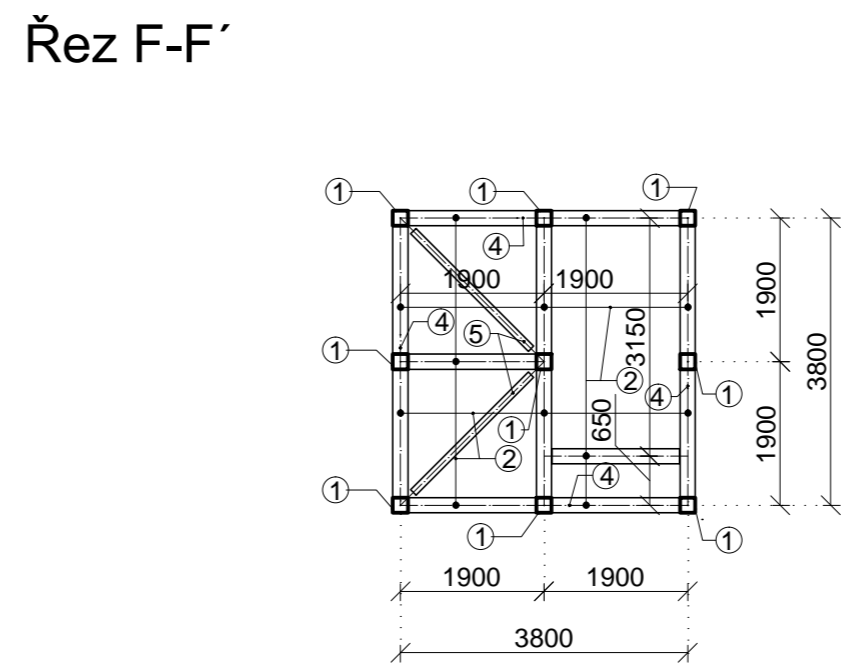
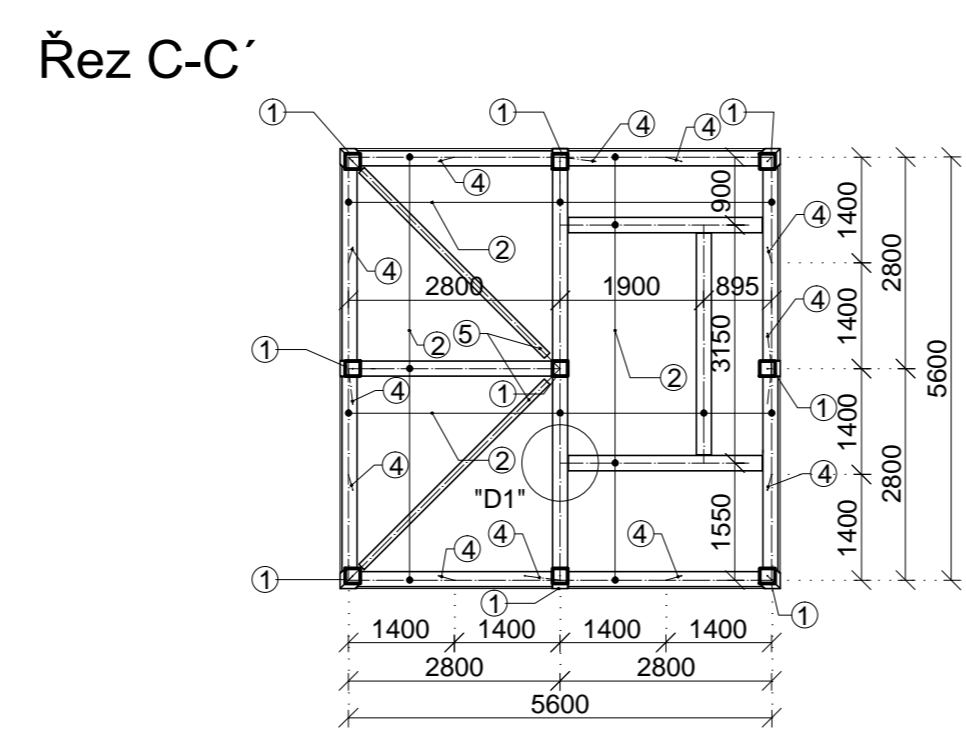
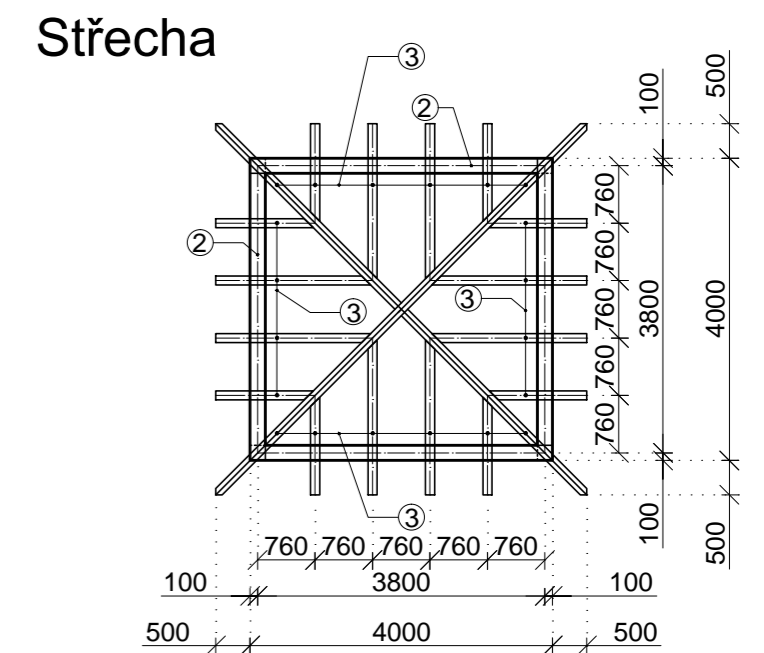
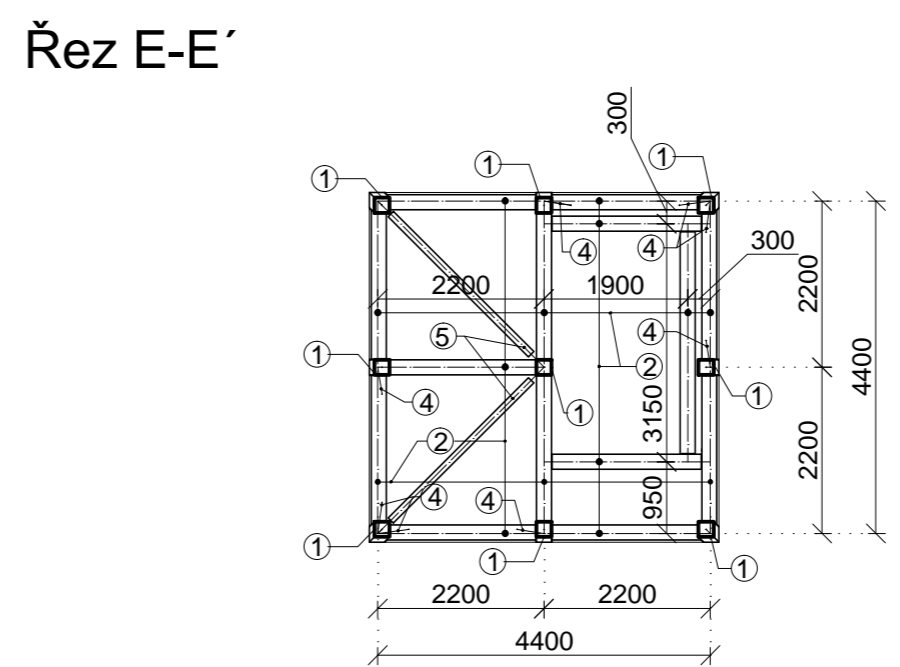
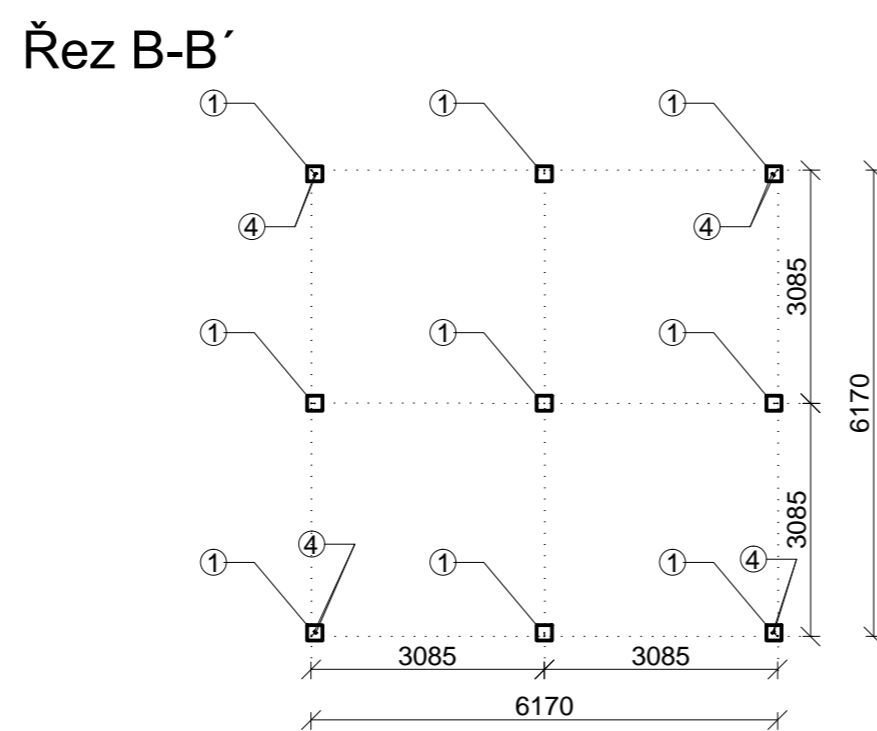
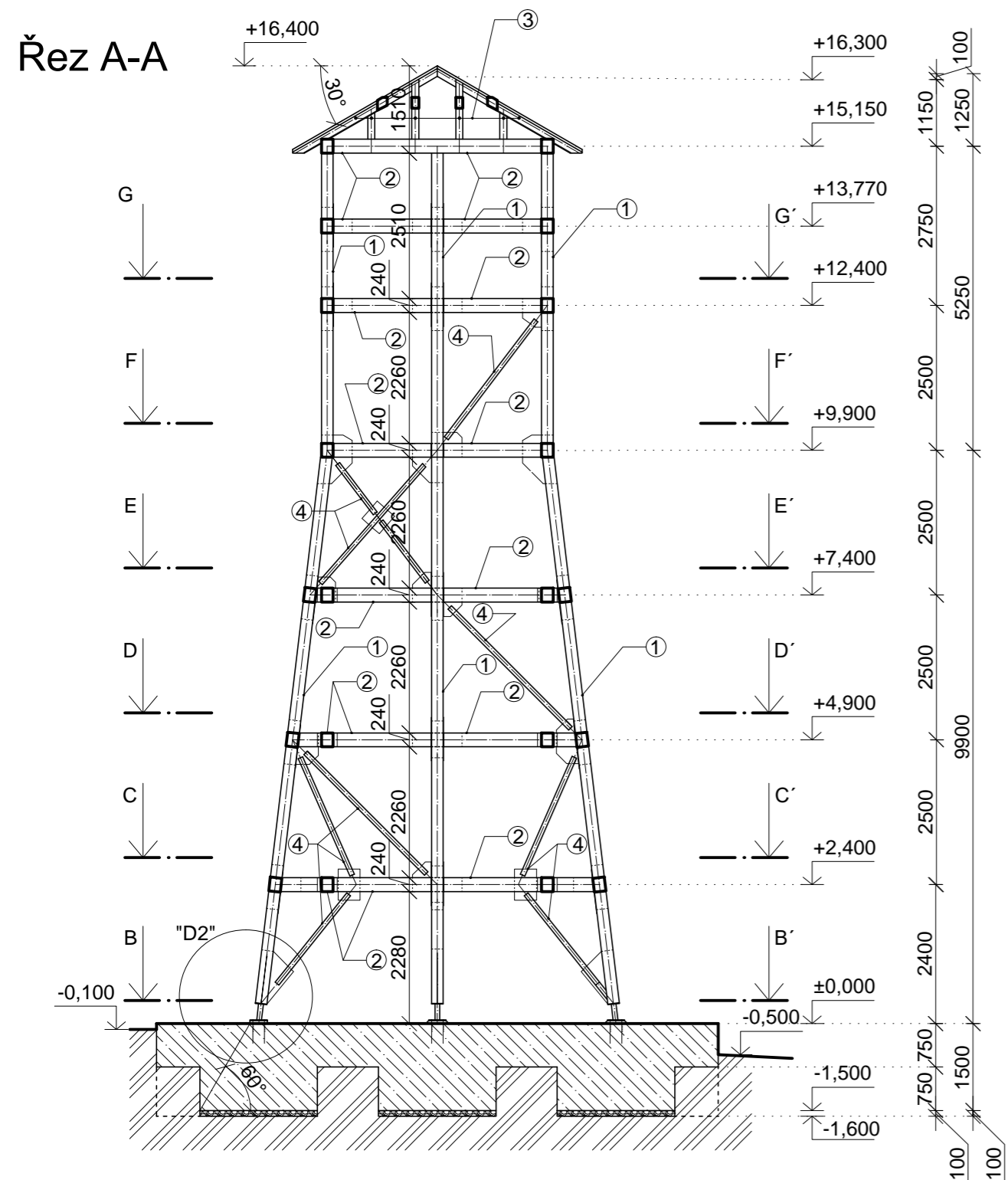
Obr. 46 – Síly v přípoji paty sloupu .....	66
Obr. 48 – Schéma přípoje paty sloupu .....	71
Obr. 49 – Reakce – výpočetní program .....	72
Obr. 50 – Tabulka návrhových únosností kotevních šroubů [11].....	73
Obr. 51 – Výsek výkresu základů s kotvením (Příloha 3) s potřebnými mírami.....	74

## 10 Seznam tabulek

Tab. 1 – Skladba střechy, resp. střešního pláště a jeho plošná hmotnost.....	4
Tab. 2 – Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$ pro stěny 1. – 4. NP.....	19
Tab. 3 – Tlak větru na vnější stěny pro výšku $z_1$ .....	20
Tab. 4 – Tlak větru na vnější stěny pro výšku $z_2$ .....	20
Tab. 5 – Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,1}$ pro stěny 5. NP.....	23
Tab. 6 – Tlak na vnější stěny pro výšku $z_3$ .....	23
Tab. 7 – Zatěžovací stavy .....	33
Tab. 8 – Kombinace zatížení pro MSÚ .....	33
Tab. 9 – Kombinace zatížení pro MSP .....	34
Tab. 10 – Efektivní počet svorníků v řadě pro průvlak .....	60
Tab. 11 – Rozteče svorníků v přípoji průvlaku .....	62
Tab. 12 – Efektivní počet svorníků v řadě pro patu sloupu .....	68
Tab. 13 – Rozteče svorníků v přípoji paty sloupu .....	70

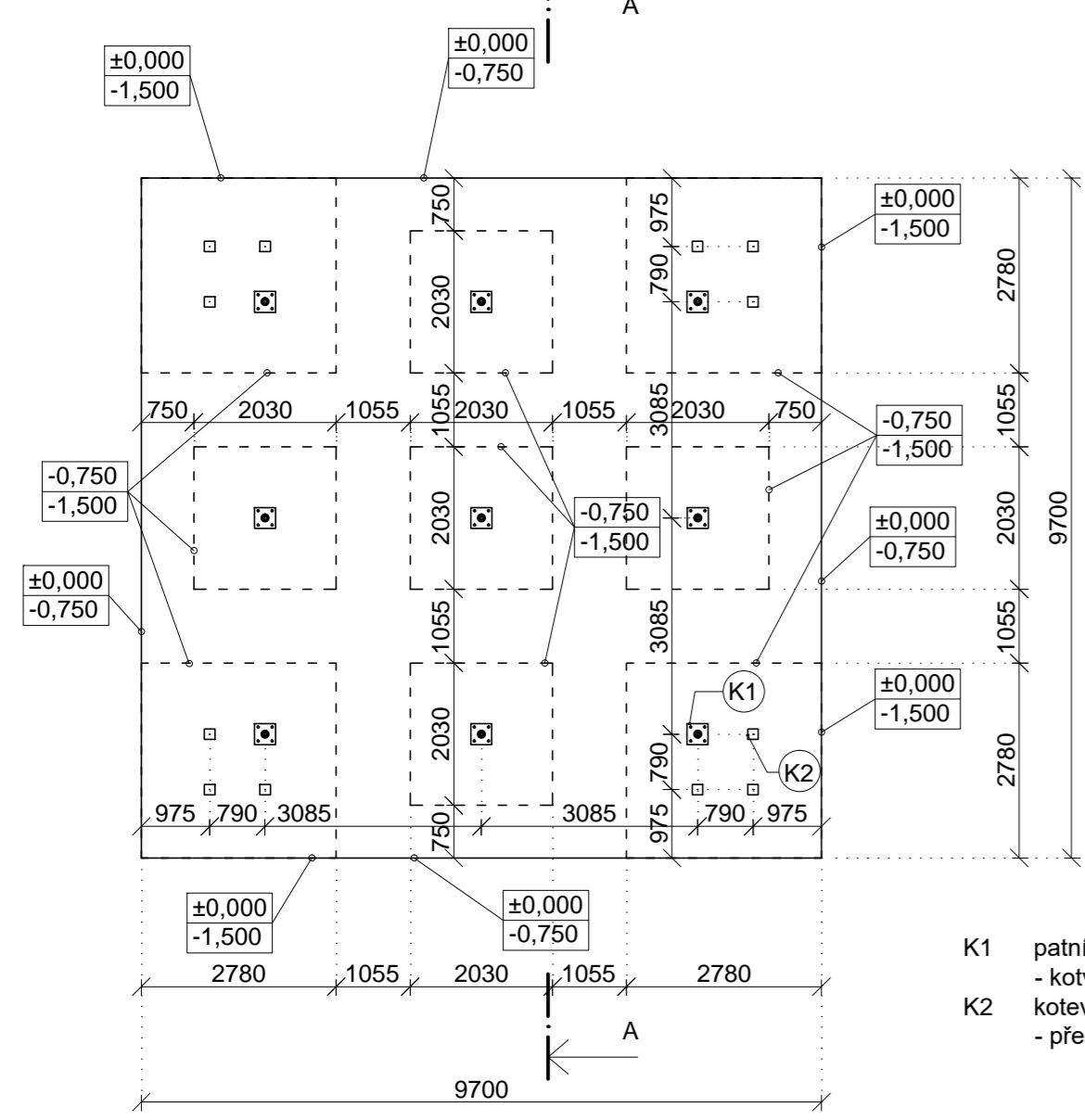
## 11 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic
- [8] ČSN EN 1993-3-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 3-1: Stožáry a komíny - Stožáry
- [9] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla pro pozemní stavby
- [10] M. Augustin, K. Bell, P. Kuklík, A. Kuklíková, A. Lokaj, M. Premrov. *Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*, „Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures – TEMTIS“, 2008
- [11] T. Vraný, M. Eliášová, *Ocelové konstrukce 2: cvičení*, Praha: ČVUT, 2009

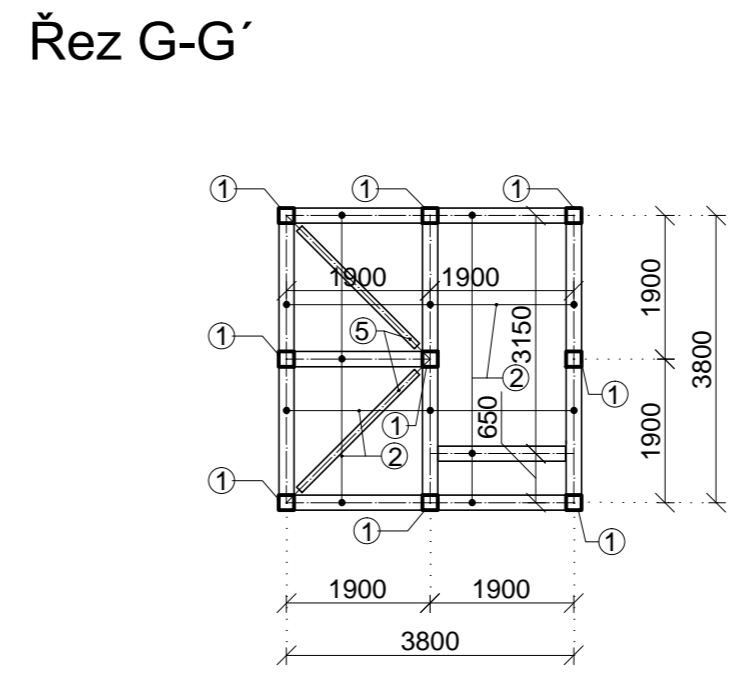
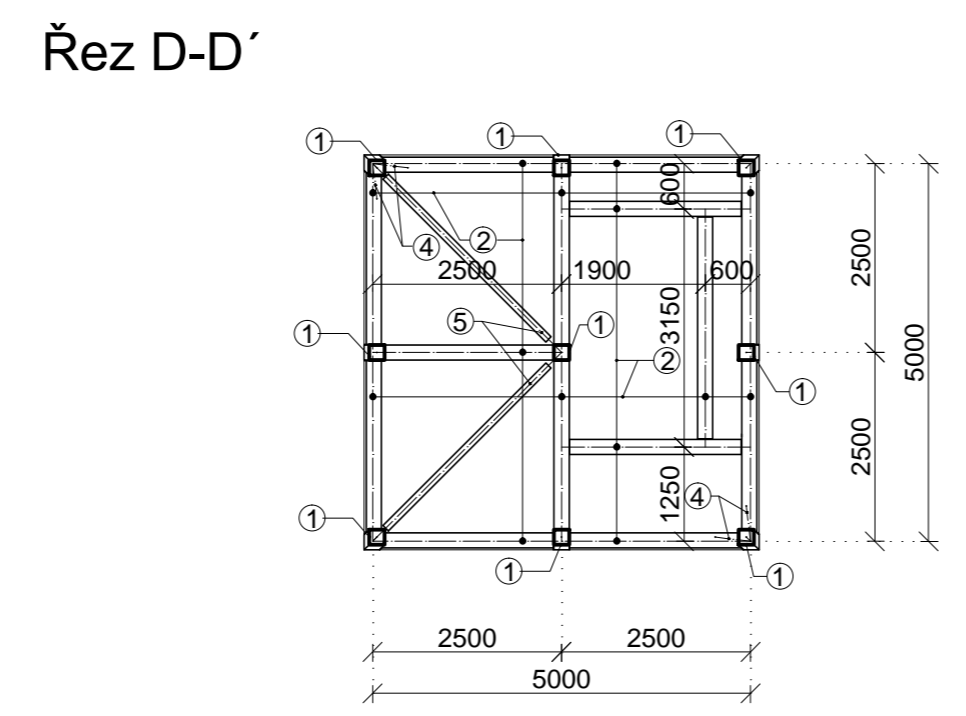


LEGENDA NOSNÝCH PRVKŮ					
ozn.	materiál	dimenze [mm]	množství	povrch	délka celkem
1	C24	200/200	5,3 m <sup>3</sup>	107 m <sup>2</sup>	130 m
2	C24	200/240	8,7 m <sup>3</sup>	160 m <sup>2</sup>	180 m
3	C24	120/160	0,6 m <sup>3</sup>	18 m <sup>2</sup>	40 m
5	C24	100/100	0,3 m <sup>3</sup>	11 m <sup>2</sup>	27 m
řezivo celkem			Σ 14,8 m <sup>3</sup>	Σ 296 m <sup>2</sup>	Σ 377 m
4	S235	TR 82,5/5	0,1 t		30 m
ocel celkem			Σ 0,1 t		Σ 30 m

### Půdorys základů a kotvení

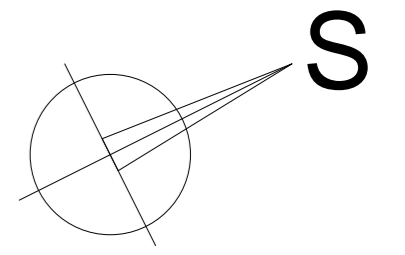


- K1 patní plech P20 300x300 mm + 4x kotevní šroub s kotevní hlavou M30  
- kotevní nosných sloupů
- K2 kotevní patka s trnem do betonu 100x100 mm, délka trnu 250 mm  
- předpokládané kotvení nenosných sloupků přístřešku



### Legenda

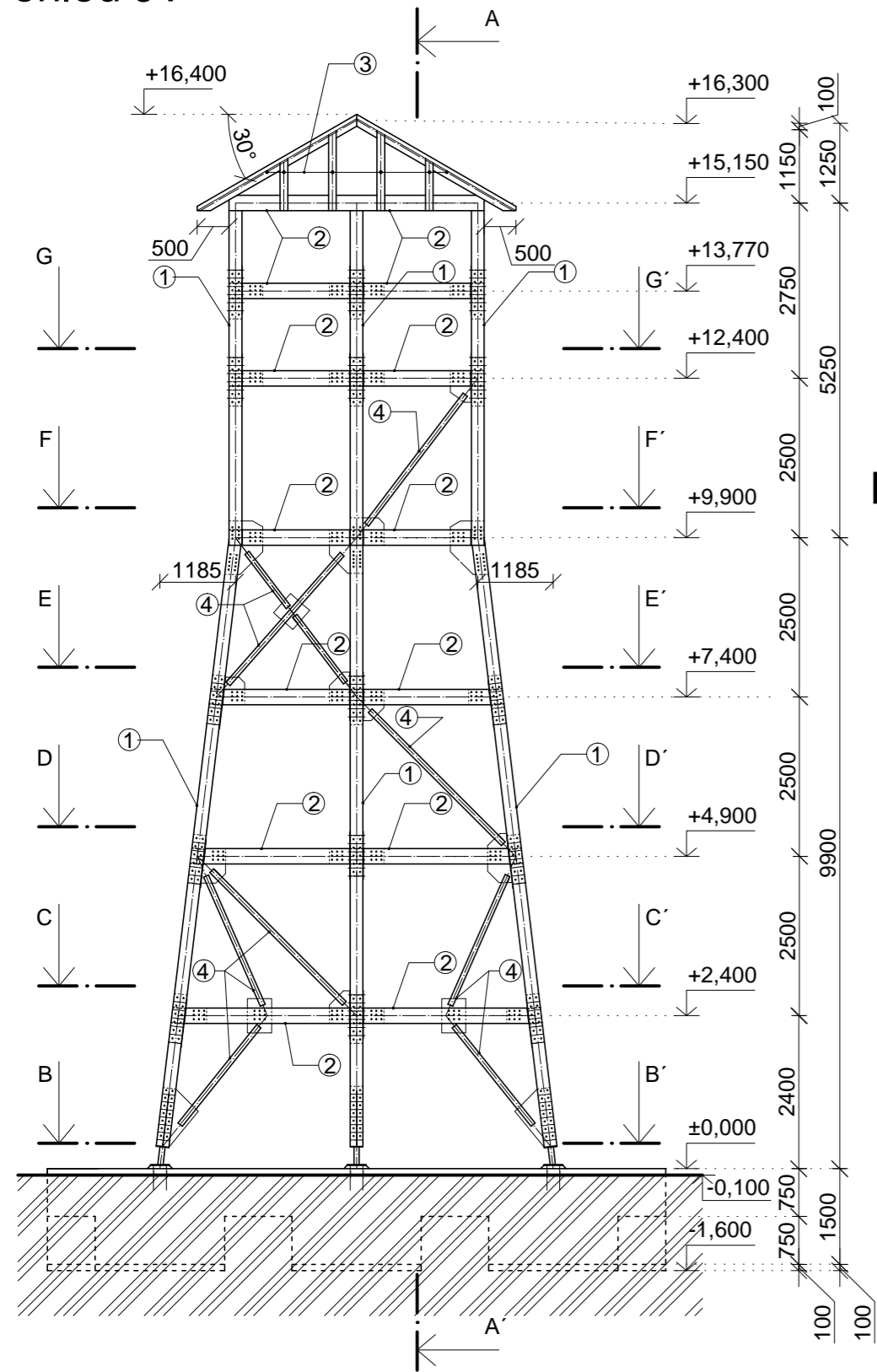
- Nosné prvky
- Štěrkové lože frakce 8/16 - zhutněno na 100 kPa
- Beton C16/20
- Horní hrana základové konstrukce
- Spodní hrana základové konstrukce



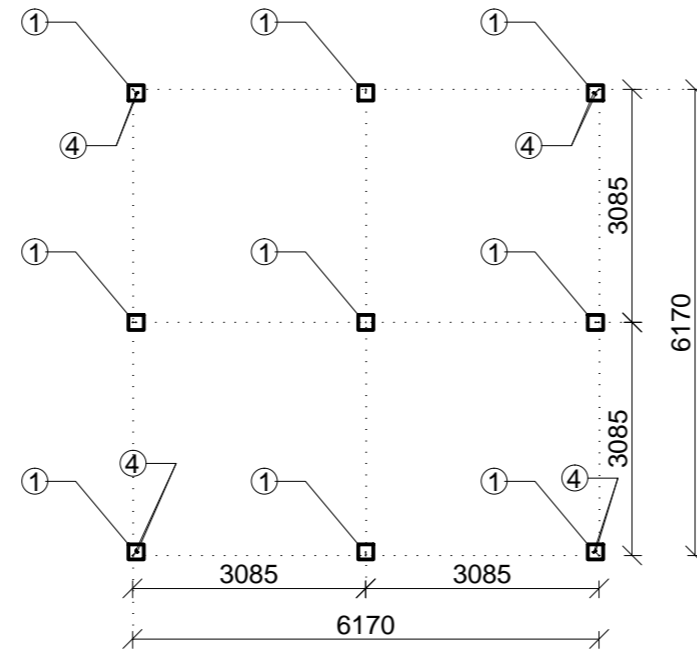
±0,000=1231,900 Bpv

Zpracoval: HANA FRČKOVÁ	Vedoucí: Ing. Lukáš Blesák Ph.D	Školní rok: 2016/2017	<b>Fakulta stavební</b> <b>ČVUT</b>
Předmět: 134BAP – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: DŘEVĚNÁ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ		Datum: 5/2017	Meřítko: 1:100
Název výkresu: PŮDORYSY A ŘEZY		Číslo výkresu: 1	

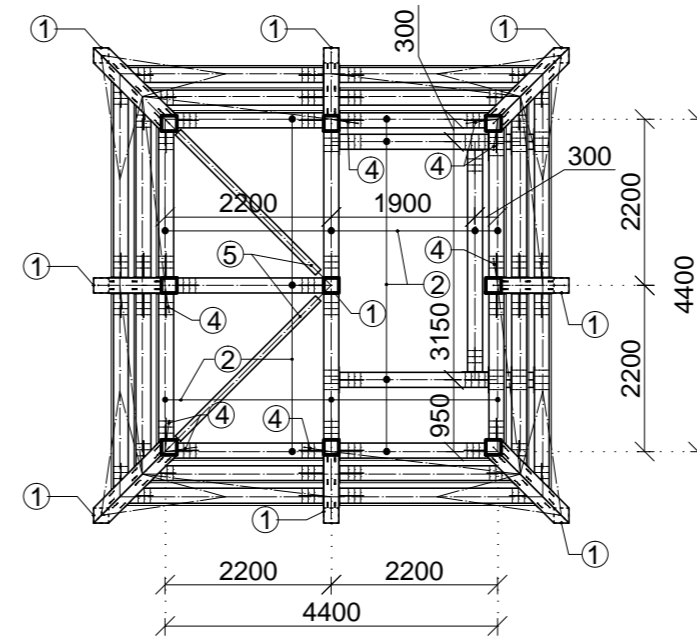
Pohled JV



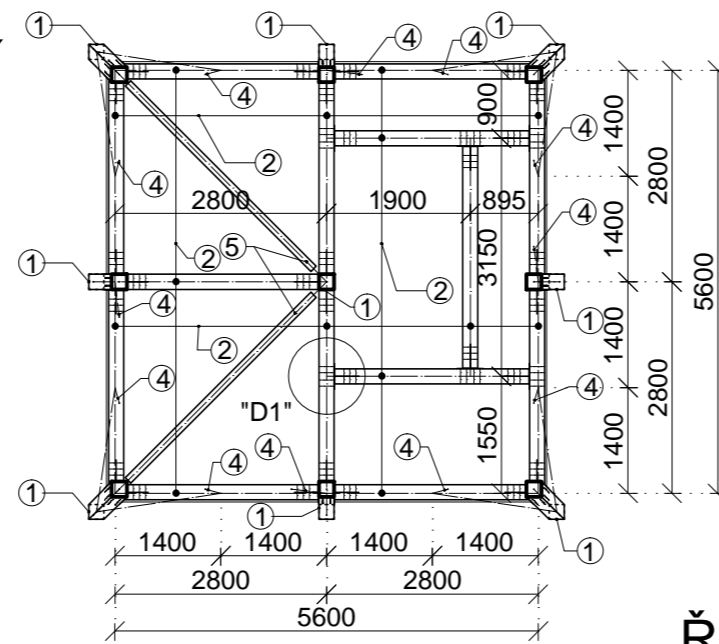
Řezopohled B-B'



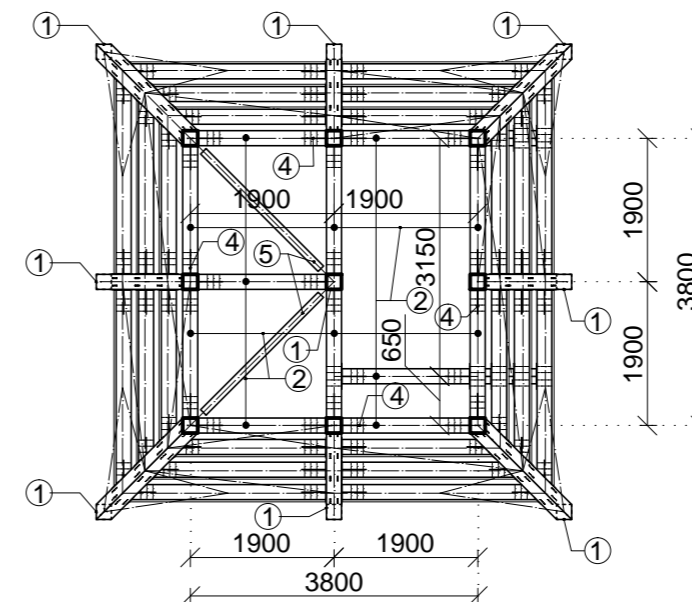
Řezopohled E-E'



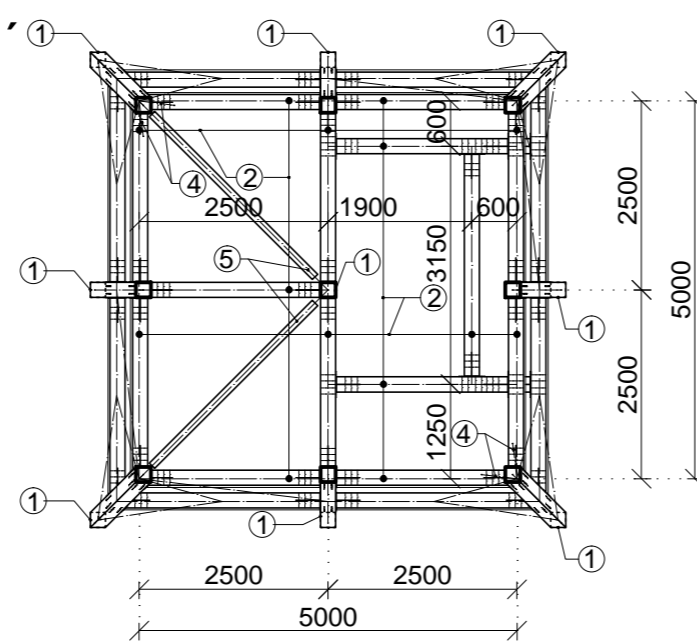
Řezopohled C-C'



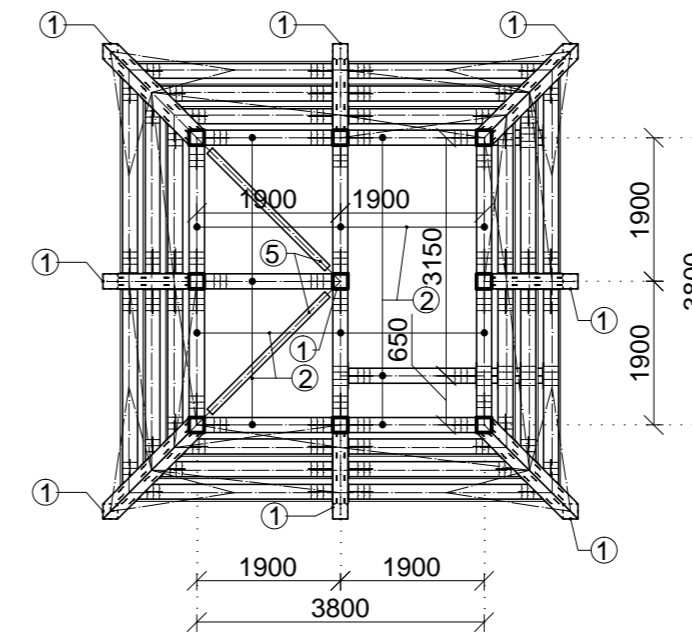
Řezopohled F-F'



Řezopohled D-D'

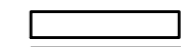


Řezopohled G-G'

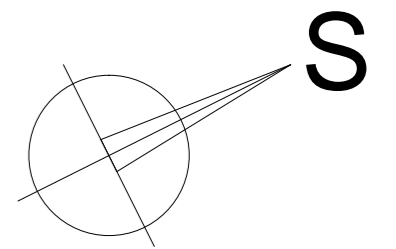


LEGENDA NOSNÝCH PRVKŮ					
ozn.	materiál	dimenze [mm]	množství	povrch	délka celkem
1	C24	200/200	5,3 m <sup>3</sup>	107 m <sup>2</sup>	130 m
2	C24	200/240	8,7 m <sup>3</sup>	160 m <sup>2</sup>	180 m
3	C24	120/160	0,6 m <sup>3</sup>	18 m <sup>2</sup>	40 m
5	C24	100/100	0,3 m <sup>3</sup>	11 m <sup>2</sup>	27 m
řezivo celkem			Σ 14,8 m <sup>3</sup>	Σ 296 m <sup>2</sup>	Σ 377 m
4	S235	TR 82,5/5	0,1 t		30 m
ocel celkem			Σ 0,1 t		Σ 30 m

Legenda



Nosné prvky

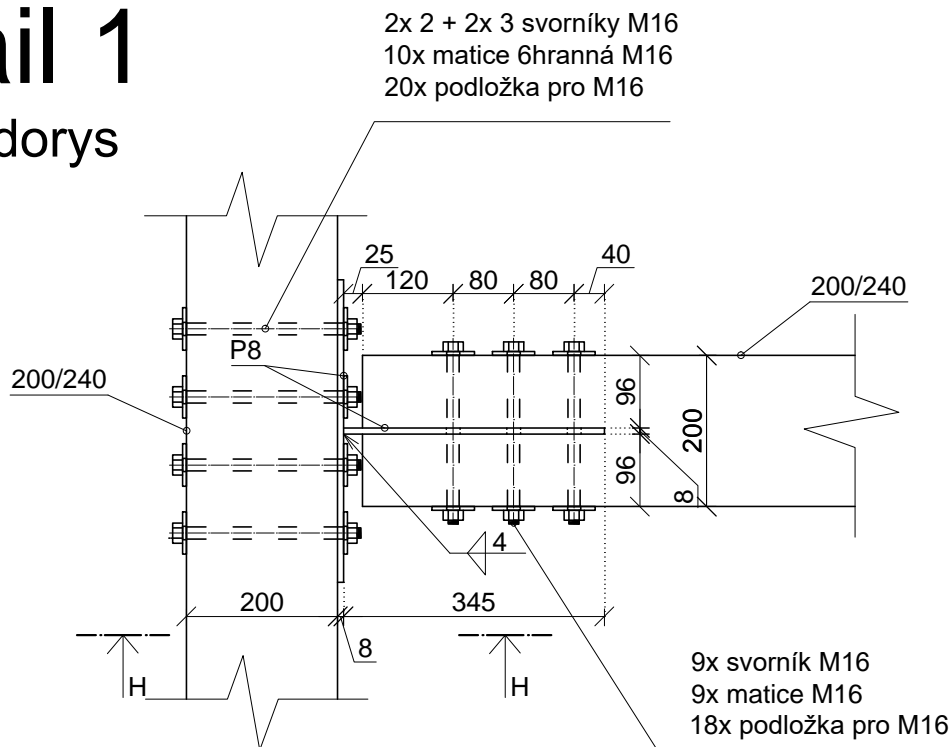


±0,000=1231,900 Bpv

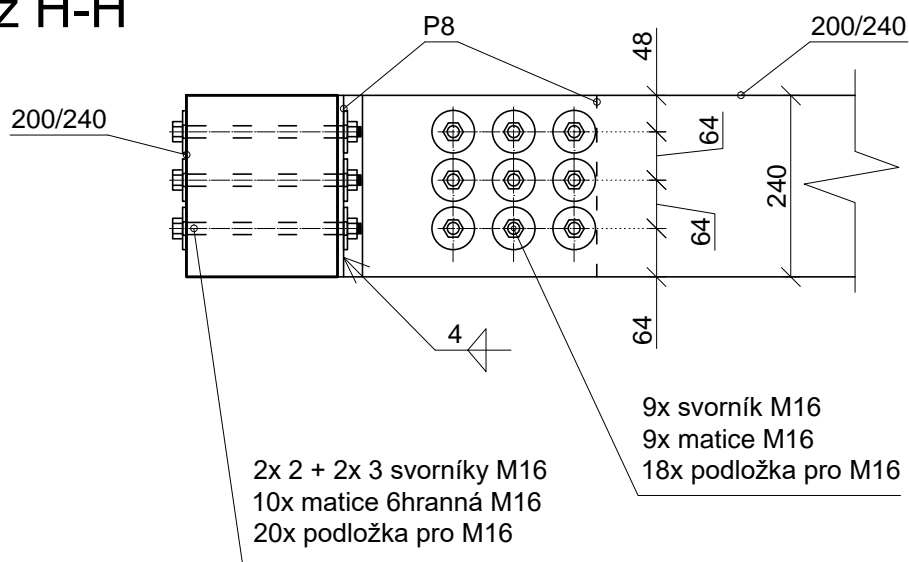
Zpracoval: HANA FRČKOVÁ	Vedoucí: Ing. Lukáš Blesák Ph.D	Školní rok: 2016/2017	<b>Fakulta stavební</b> <b>ČVUT</b>
Předmět: 134BAP – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: DŘEVĚNÁ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ			Datum: 5/2017
			Měřítko: 1:100
			Číslo výkresu: 2
Název výkresu: POHLED A ŘEZOPHLEDY			

# Detail 1

## Půdorys




## Řez H-H



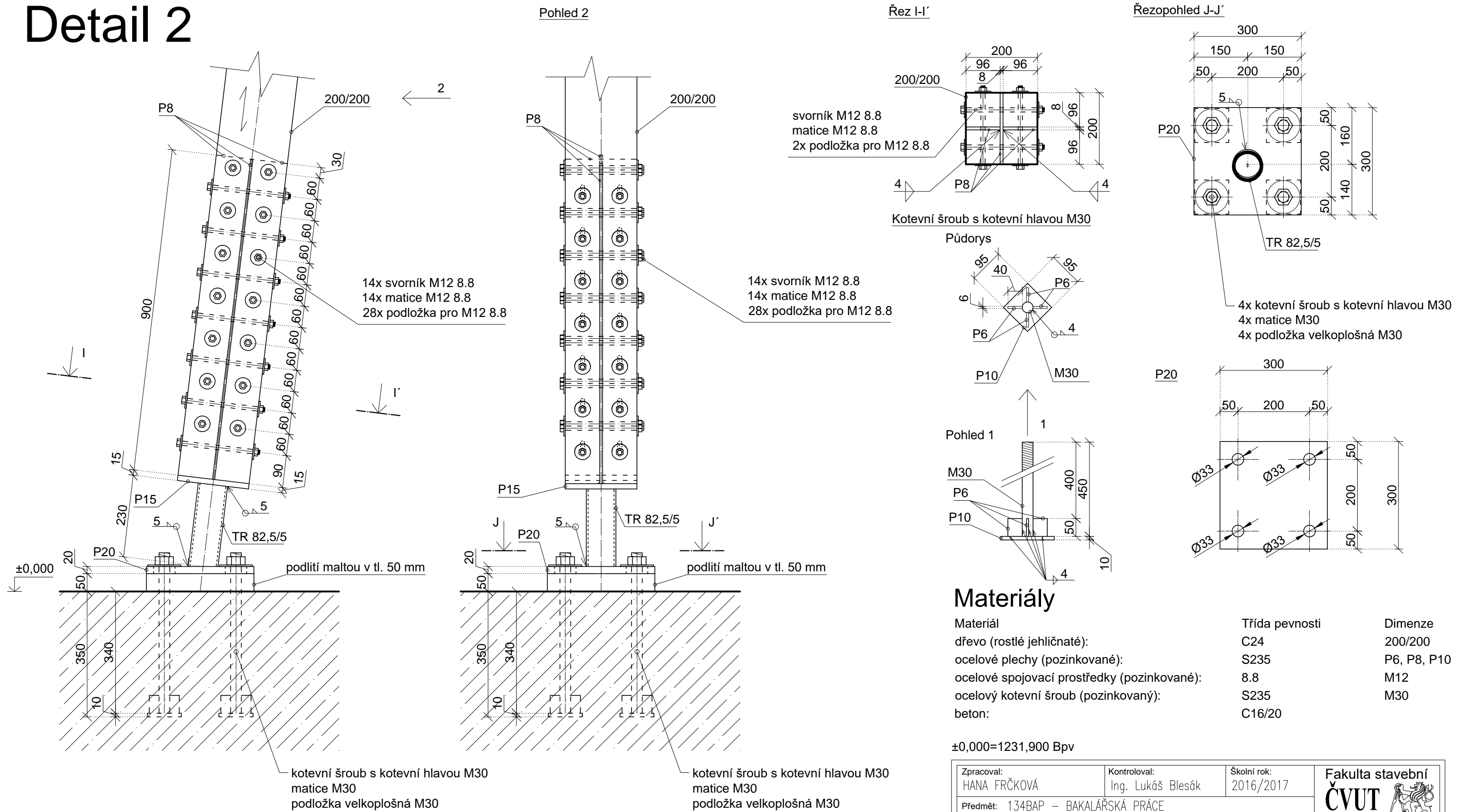
## Materiály

Materiál	Třída pevnosti	Dimenze
dřevo (rostlé jehličnaté):	C24	200/240
ocelové plechy (pozinkované):	S235	P8
ocelové spojovací prostředky (pozinkované):	8.8	M16

Zpracoval: HANA FRČKOVÁ	Kontroloval: Ing. Lukáš Blesák	Školní rok: 2016/2017	Fakulta stavební ČVUT 
Předmět: 134BAP – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: DŘEVĚNÁ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ		Datum: 5/2017	
		Meřítko: 1:10	
Název výkresu: DETAIL 1		Číslo výkresu: 3	



# Detail 2



## Materiály

Materiál	Třída pevnosti	Dimenze
dřevo (rostlé jehličnaté):	C24	200/200
ocelové plechy (pozinkované):	S235	P6, P8, P10
ocelové spojovací prostředky (pozinkované):	8.8	M12
ocelový kotevní šroub (pozinkovaný):	S235	M30
beton:	C16/20	

±0,000=1231,900 Bpv

Zpracoval: HANA FRČKOVÁ	Kontroloval: Ing. Lukáš Blesák	Školní rok: 2016/2017	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>
Předmět: 134BAP – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: DŘEVĚNÁ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ			Datum: 5/2017
			Meřítko: 1:10
Název výkresu: DETAIL 1			Číslo výkresu: 4