



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY TIMBER STRUCTURE OF A VIEW TOWER IN SOUTHEAST MORAVIA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
BRNO 2014

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Ing. arch. Jan Vrbka
Název	Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy
Vedoucí diplomové práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014
V Brně dne 31. 3. 2013	

.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód : Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód : Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

Zásady pro vypracování

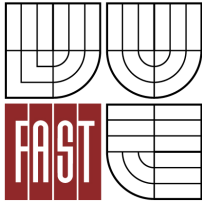
Vypracujte návrh vyhlídkové věže v oblasti jihovýchodní Moravy. Konstrukci navrhnete s použitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva a ocelových konstrukčních prvků. Volba základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí DP. Výšku věže uvažujte přibližně do 80 m.

Požadované výstupy:

1. Studie variant řešení
2. Technická zpráva
3. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
4. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
5. Výkaz výměr

Předepsané přílohy

.....
Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Autor práce	Ing. arch. Jan Vrbka
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy
Název práce v anglickém jazyce	Timber structure of a view tower in southeast Moravia
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	
Anotace práce	Diplomová práce je studií návrhu vyhlídkové věže z lepeného nebo rostlého dřeva a oceli. Jsou předloženy varianty kotvené a nekotvené věže, z nichž jedna je vypracována podrobněji včetně detailů. Součástí odevzdání je stručné shrnutí problematiky zatížení vyhlídkových věží (především větru) a jejich posuzování z hlediska prvního mezního stavu, deformace a komfortu (zrychlení). Výška finální konstrukce je 60m. Věž je tvořena prostorovou nekotvenou příhradovou strukturou z ocelových profilů různé jakosti a z profilů z lepeného dřeva, spojených především kolíkovými spoji s vloženými styčnickovými plechy. Do hlavní konstrukce je zavěšeno lehké ocelové schodiště.
Anotace práce v anglickém jazyce	The master's thesis consists of a case study of an observation tower design made of glue laminated timber and steel. There are two different tower shapes of anchored or free standing tower and these towers are compared. One of the design is chosen and elaborated into final detailing. A short review of main issues bound with the observation towers is given. The review deals mainly with loading (mainly principles wind loads are analysed) and evaluating of towers (ultimate limit states, service limit states and acceleration comfort). The height of final construction is up to 60m. The design is formed by a space lattice structure made of glue laminated timber and steel members of different class. The

members are fastened mainly by means of dowel joints with slotted-in-plates .
There is a light steel stairway inserted into the main structure.

Klíčová slova Návrh dřevěné konstrukce, vyhlídková věž, příhradová konstrukce, únosnost, deformace, zrychlení, kritéria použitelnosti, kritéria komfortu, studie konstrukčních variant, působení větru, zatížení větrem, statický a dynamický vítr, spoje ocel-dřevo, kolíkový spoj, eurokódy, ČSN.

Klíčová slova v anglickém jazyce Timber tower design, observation tower, lattice atructure, ultimate limit state, service limit state, acceleration, comfort evaluation, case study od structure variants, wind, priciples of wind, wind loading, statical and dynamical wind, Steel-to-timber joints, bolt joint, Eurocodes, CSN.

Bibliografická citace VŠKP

Ing. arch. Jan Vrbka *Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy*. Brno, 2013. 42 s., 240 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Seznam příloh:

- 01. Studie konstrukčních variant, přehled problematiky zatížení a navrhování vyhlídkových věží**
- 02. Technická zpráva**
- 03. Statický výpočet**
- 04. Výkresová dokumentace**
- 05. Orientační výkaz výměr**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY

**01 Studie konstrukčních variant,
přehled problematiky zatížení a navrhování vyhlídkových věží**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA

BRNO 2014

1. Úvod.....	3
2. Historický přehled.....	4
3. Zatížení větrem	6
3.1 Fyzikální jev.....	6
Časová proměnnost větru	8
Intenzita turbulence, maximální rychlost.....	10
Kvazistatické působení větru na tělesa	12
Maximální dynamický tlak.....	16
Dynamické chování větru	17
3.2 Implementace v ČSN.....	18
3.3 Implementace v Eurokódech.....	18
4. Zatížení námrazou	23
4.1 Fyzikální jev.....	23
4.2 Implementace v Eurokódech	24
4.3 Kombinace námrazy a větru	28
4.4 Implementace v ČSN.....	29
5. Další zatížení věží	31
5.1 Vlastní tíha	31
5.2 Předpětí	31
5.3 Užité zatížení	31
5.4 Zatížení sněhem.....	31
6. Posuzování dřevěných příhradových věží.....	32
7. Studie konstrukčních variant	37
Předpoklady a podmínky řešení	37
Varianta A: nekotvená věž, kónický hranol	38
Varianta B: kotvený čtyřúhelník se zalomením	40
Závěr studie a porovnání konstrukčních variant	42
8. Srovnání s Bohdankou	43
9. Závěr	45
10. Literatura	46
Normy a legislativa	46
Studie, monografie, skripta	46

Disertační práce	47
Diplomové práce.....	47
Bakalářské práce.....	47
Internetové zdroje	48
11. Seznam obrázků a tabulek.....	49
12. Přílohy.....	50
12.1 ČSN 730035 Tabulka 24	50
12.2 Bilanční tabulka variant A a B	52

1. Úvod

Tématem diplomové práce je srovnání několika konstrukčních variant věží z dřevěných a ocelových prvků včetně návrhu jedné zvolené varianty.

Jednotlivé konstrukční typy se liší svojí architektonickou koncepcí, konstrukčním uspořádáním a především různým působením větru. Na základě porovnání dosažených konstrukčních hmotností lze usuzovat na efektivitu zvoleného řešení a vytvořit si představu o obecně nelineárním vztahu tvar stavby-zatížení větrem-odolnost konstrukce.

Vzhledem k rozvětvenosti současných norem bylo nutné věnovat určité množství času pochopení působení větru a námrazy a implementaci těchto jevů do soustavy Eurokódů.

2. Historický přehled

Dřevo je spolu s kamenem a kostmi zvířat dost možná nejstarším stavebním materiálem používaným lidmi. Nejstarší evropský s jistotou potvrzený nálezný stavby z Bilzingslebenu ve střední Evropě z doby před 320 000 lety. Jedná se o pravěkou chýši kruhového tvaru, pokrytou kůží a zatíženu zeminou (Jelínek, 2006).

Obliba dřeva coby jednoduše dostupného stavebního materiálu přetrvávala i v dalších historických etapách. Mezi technicky nejzajímavější výtvoř starověku patřily vojenské dobývání věže. Diadovy konstrukce pro Alexandra Makedonského měřily přes padesát metrů a byly údajně schopné pohybu (Chamball, 2008). Dřevěné vojenské stavitelství se po Evropě technicky rozvinulo s rozšiřováním římských hranic (tzv. limes). Ve středověku byly dřevěné prvky nepostradatelné při stavbě vysokých věží městských katedrál – typickou ukázkou může být konstrukce věže chrámu sv. Bartoloměje v Plzni. Za nejvyšší dosud postavenou dřevěnou stavbu je považován vysílač Mühlacker s výškou 190m. Vzhledem k tomu, že byl zbořen v roce 1945, je aktuálně nejvyšší stavbou pagoda v čínském Tianingu vysoká 154m. Za nejvyšší rozhlednu je považována vídeňská Bahnhorama dočasně postavená u příležitosti přestavby vídeňského nádraží Westbahnhof (66m). Po její demontáži bude nejvyšší dřevěnou vyhlídkovou věží v Evropě česká Bohdanka (52,2m). Nejvyšší dřevěnou konstrukcí v Evropě je památný vysílač v polské Glivici, spojený s počátky druhé světové války (výška 98m).

Stavitelství dřevěných věží se v našich podmínkách výrazně profilovalo v 19.stol v souvislosti se společenským životem českých a německých národních spolků. Jakousi renesanci zažívá právě v těchto dnech díky dotačnímu programu Evropské unie na rozvoj regionů.



Obr. 01: **a)** Diadova dobývací věž(dřevo, 50m) **b)** vysílač v Glivicích (dřevo, 98m) **c)** pagoda v čínském Tianingu (dřevo, 153m) **d)** návrh kulturního centra v norském Kirkenes (17 podlaží) **e)** dřív větrné elektrárny Timber Tower (dřevo, 100m) **f)** vyhlídková věž Bahnorama ve Vídni(dřevo, 66m) **g)** nejvyšší stavba světa dubajský mrakodrap Burj Khalifa (kombinovaná konstrukce železobeton a ocel, 828m) **h)** nejvyšší samostatně stojící věž - tokijská Sky Tree (kombinovaná konstrukce železobeton a ocel, 634m) **i)** nejvyšší kotvená konstrukce – vysílač v Severní Dakotě (ocel, 628m) **j)** nejvyšší čistě ocelový mrakodrap – chicagský Sears Tower (ocel, anténa 527m, střecha 442m) **k)** nejvyšší železobetonový mrakodrap chicagský Trump Tower (železobeton, špice 423m, střecha 356,9m) **l)** nejvyšší postavená dřevěná konstrukce – vysílač Mühlacker (dřevo, 190m, zbořen nacisty v roce 1945) **m)** nejvyšší stojící dřevěná konstrukce – pagoda v Tieninu (dřevo, 153m), **n)** nejvyšší navrhovaný obytný dům – prefabrikovaný systém Tall Wood (dřevo, 30 podlaží), **o)** nejvyšší trvalá vyhlídková věž v Evropě Bohdanka (dřevo, 52,2m).

3. Zatížení větrem

3.1 Fyzikální jev

Pro návrh věží je rozhodujícím faktorem klimatické zatížení od větru. Vítr je fyzikální jev proudění hmoty vzduchu, vznikající coby důsledek vyrovnávání tlaků v atmosféře, nerovnoměrně ohřáté Sluncem a Zemí. Na hmotný element vzduchu působí síla od rozdílu tlaku, síly od tření (tření s povrchem Země nebo se sousedními elementy, pohybujícími se jinou rychlostí) a Coriolisova síla (zdánlivá síla působící v rotujících soustavách).

Oblast, ve které se účinně projevuje tření o povrch Země, nazýváme mezní vrstvou. V této vrstvě tření mezi zemí a vzduchem a výše od země tření vzduch-vzduch způsobuje, že rychlost proudění se s výškou mění. Obecně se udává exponenciální závislost nebo logaritmická závislost rychlosti na výšce (Pirner, Fischer, 2003):

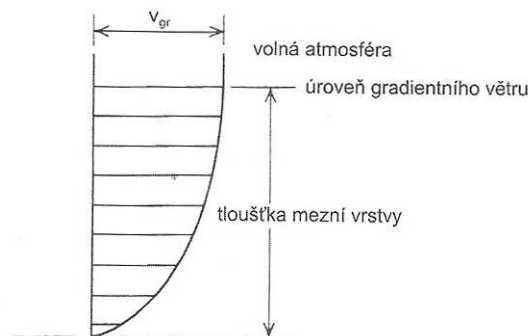
$$v(z) = v_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha, \quad (1)$$

kde

v_{10} je rychlost v deseti metrech nad zemí

z je souřadnice výšky

α exponent udávaný podle typu terénu.



Obr 02: závislost rychlosti na výšce při ustáleném proudění (gradient rychlosti), v_{gr} označuje rychlost při čistě gradientním proudění.

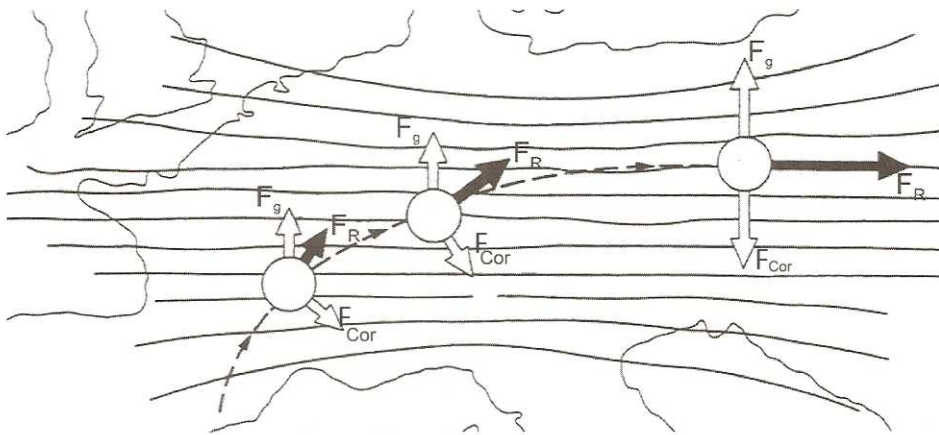
Pro Coriolisovu sílu platí:

$$F_{Cor} = 2 \cdot M \cdot v(z) \cdot \omega \cdot \sin \psi, \quad (2)$$

kde

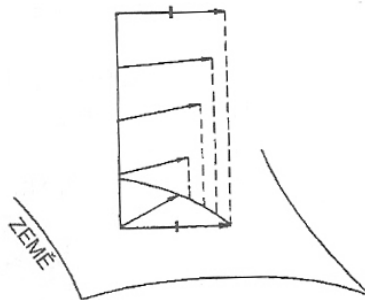
- M je hmotnost elementu
 $v(z)$ rychlost větru
 ω úhlová rychlost otáčení Země
 ψ zemská šířka ve vyšetřovaném místě.

Důsledkem působení této síly tedy vzniká paradoxní jev, kdy vzduch neproudí do oblasti nižšího tlaku přímo, ale kopíruje průběh izobar.



Obr. 03: Postupné vyrovnání Coriolisovy síly a síly F_g od gradientu tlaku.

Výše uvedené má za následek efekt spirálového stáčení vektorů rychlostí větrů u hmotných elementů se společnou svislicí.



Obr. 04: Složený efekt zvyšování rychlosti větru v mezní vrstvě a působení Coriolisovy síly.

Vítr je v nejobecnější rovině popsán polem rychlostí a polem tlaků (Fischer, Koloušek, Pirner 1977). V případě pole rychlostí přiřazujeme každému vektoru polohy a jedinečnému časovému okamžiku vektor rychlosti. V případě pole tlaků přiřazujeme pouze skalární hodnotu tlaku:

$$\mathbf{v} = \mathbf{V}(\mathbf{r}, t) \quad \text{vektor rychlosti závislý na poloze a času} \quad (3)$$

$$p = p(\mathbf{r}, t) \quad \text{hodnota tlaku závislá na poloze a času} \quad (4)$$

neboli

$$v_x = v_x(x, y, z, t), v_y = v_y(x, y, z, t), v_z = v_z(x, y, z, t) \quad \text{pro složky vektoru rychlosti} \quad (5)$$

$$p = p(x, y, z, t) \quad \text{pro velikost tlaku} \quad (6)$$

Pro zatížení staveb je obvykle významná pouze horizontální složka ve směru aktuálního převládajícího proudění větru. Navíc můžeme uvažovat stav, ve kterém vítr vane určitým v danou chvíli převládajícím směrem (tedy $0 = \int_0^T \frac{v_y(t)}{T} dt$, kde T vhodně zvolená doba našeho pozorování).

To nám umožňuje celý problém zredukovat na jednodimenzionální:

$$v = v_x(x, y, z, t) \quad \text{vektor rychlosti} \quad (7)$$

$$p = p(x, y, z, t) \quad \text{atmosférický tlak} \quad (8)$$

Časová proměnnost větru

Řešení proudění větru v časové oblasti coby pole rychlostí a pole tlaků (a tudíž řešení odezvy stavby v časové oblasti) není pro většinu aplikací ve stavebním průmyslu nutné (týká se například detailního řešení aeroelastických jevů pomocí modelování proudu v programech na bázi MKP). Z globálního pohledu hlavního účelu návrhu (zajištění bezpečnosti staveb během doby jejich používání) je spíše důležité zajištění určité spolehlivosti celého návrhu. Z tohoto důvodu se na vítr nejčastěji díváme jako na statistický jev, kde je možné proměnnou složku času matematicky eliminovat. Dostáváme statistický soubor dat pro určité konkrétní lokality, se kterým můžeme dále pracovat – pracujeme ovšem s jakýmsi modelem.

Důležitým pojmem je střední rychlost větru. Ta je definována jako průměrná hodnota rychlosti během určitého časového intervalu:

$$v_m = \int_0^T \frac{v(t)}{T} dt, \quad (9)$$

kde

T je integrační doba

v(t) je okamžitá rychlost.

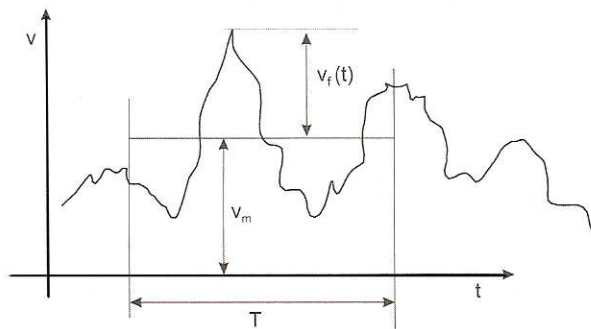
Okamžitá rychlost větru je tedy rovna

$$v(t) = v_m + v_{fl}(t), \quad (10)$$

kde

$v_{fl}(t)$ je flukтуаční složka rychlosti větru.

Měření střední rychlosti větru vyžaduje aparaturu, která započne záznam rychlosti větru při určité minimální rychlosti. Po době deseti minut buď záznam skončí, nebo pokračuje v případě, že rychlost neklesla pod volené minimum. Střední rychlost se poté určí integrací daného časového úseku. Vztah mezi střední rychlostí, flukтуаční složkou rychlosti a integrační dobou dokumentuje následující obrázek:



Obr.05: střední a flukтуаční složka rychlosti.

Je zřejmé, že hodnota střední rychlosti větru závisí na integrační době - se zvýšením integrační doby střední rychlost klesá a zvyšuje se maximum flukтуаční složky (Nevařil, 2009). Pro účely Eurokódů se bere v potaz desetiminutová rychlost větru. Tato integrační doba je stanovena (Fischer, Koloušek, Pirner, 1977):

- tak dlouhá aby nestacionární jevy byly co nejmenší
- tak krátká, aby nezkreslovala nárazy větru krátkého trvání
- tak dlouhá aby bylo možné použít meteorologické přístroje a postupy
- tak dlouhá aby bylo možné zaznamenat ustálené kmitání konstrukce.

Rozdělení rychlosti větru na střední a flukтуаční složku je navíc v souladu s představou o chování zatížené konstrukce v čase:

- ze začátku je konstrukce pomalu zatěžována až do střední hodnoty rychlosti větru (a tedy střední hodnoty tlaku, viz níže). Zatížení tedy vyvolává pouze střední statickou výchylku.

- b) Dále účinkuje pouze zatížení vyvolané časově proměnnou flukтуаční složkou větru. To vyvolává kolem střední statické výchylky nové pohyby - dynamické fluktuace, které způsobují kmitání konstrukce a udílí konstrukci rychlost a zrychlení.

Vztah pro rychlost větru, zohledňující vzájemnost pohybu větrný proud – konstrukce, má následující podobu:

$$v(x, y, z, t) = v_m(x, y, z, t) + v_{fl}(x, y, z, t) - \dot{u}(x, y, z, t), \quad (11)$$

kde

$\dot{u}(x, y, z, t)$ je rychlost pohybu konstrukce.

Pro praktické aplikace je rychlost konstrukce malá, a proto je často možné tuto rychlost zanedbat.

Intenzita turbulence, maximální rychlost

Vítr se tedy s časem mění, pro jeho náhodný popis se používá různých druhů statistických rozdělení. Pro statistický popis nestejnomyšlnosti rychlosti větru můžeme zavést pojem intenzita turbulence:

$$I = \frac{\sigma_v}{v_m},$$

kde

I je hodnota intenzity turbulence (udávané v procentech)

σ_v je střední odchylka flukтуаční složky větru ve směru proudění větru.

Střední odchylka rychlosti (a tedy i intenzita turbulence) se mění podle typu terénu a podle rychlosti větru, je vyjadřována různými modely. Například Eurokódy využívají lineární vztah mezi střední odchylkou větru a základní rychlostí větru:

$$\sigma_v = k_I \cdot v_b \cdot k_R,$$

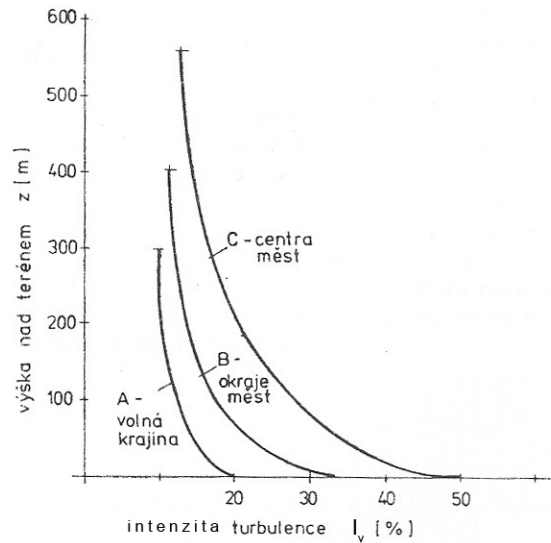
kde

k_I je součinitel turbulence (běžně roven jedné)

v_b je základní rychlost (konstanta) větru podle dané větrné oblasti

k_R je součinitel drsnosti terénu (konstanta závisující na typu terénu).

Se vzrůstající výškou intenzita turbulence klesá. Kozák (1990) uvádí intenzitu turbulence 5 až 25 procent pro různé typy terénů a výšky.



Obr. 06: principiální závislost intenzity turbulence na výšce (tedy na velikosti střední rychlosti) v mezní vrstvě pro různé terény.

Pro bezpečný návrh je důležité zjistit maximální rychlost větru. Je to rychlost měřená s krátkou integrační dobou (2-3) sekundy a odpovídá maximálnímu poryvu větru. Pro maximální rychlost můžeme psát:

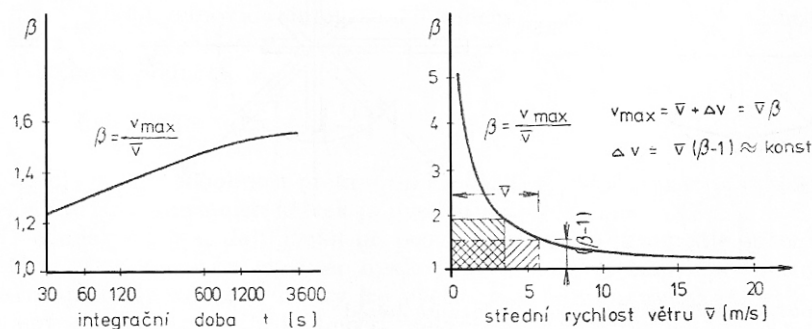
$$v_{\max} = v_m + \max(v_{fl}(t)) .$$

Pro systematický popis vazby maximální rychlosti větru a střední rychlosti větru zavádíme

$$\beta = \frac{v_{\max}}{v_m} ,$$

kde

β je nárazovitost větru.

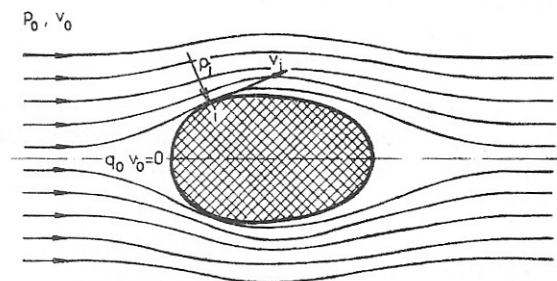


Obr. 07: závislost nárazovitosti větru na integrační době a střední rychlosti větru.

Nárazovitost větru závisí na integrační době střední rychlosti (ze vzrůstající dobou vzrůstá), střední rychlosti (s vyššími rychlostmi klesá) a charakteru terénu (větší drsnost znamená větší rozkmit). V práci autorů Fischer, Koloušek, Pirner (1977) je uvedena řada tabulek dokumentující vztah střední a maximální rychlosti.

Údaje výše popsané jsou dlouhodobě sledovány a vyhodnocovány. Je zřejmé, že s vyšší předpokládanou životností stoupá pravděpodobnost překročení maximální rychlosti. Pro stavby dočasného charakteru je tedy možné zatížení větrem redukovat při zachování stejné pravděpodobnosti selhání konstrukce. S touto možností se různé normy vyrovnávají různě.

Kvazistatické působení větru na tělesa



Obr. 08: představa laminárního obtékání tělesa a tlakové síly kolmo k povrchu tělesa v důsledku stacionárního tlaku v tekutině.

Za kvazistatické považujeme takové působení větru, kdy doba trvání odezvy je alespoň stokrát větší, než doba kmitu (Pirner, Fischer, 2003). Pro popis takových jevů můžeme vyjít z Bernoulliho rovnice pro ideální tekutinu (Kozák, 1990):

$$\frac{1}{2} \rho v_i^2 + p_i = \frac{1}{2} \rho v_0^2 + p_0, \quad (12)$$

kde

ρ je hustota tekutiny

v_0, p_0 jsou rychlost a statický tlak (tlak působící kolmo na proudučáry vlivem nekoordinovaného narážení částic) v tekutině v referenčním řezu proudového svazku,

$\frac{1}{2} \rho v_0^2$ odpovídá dynamickému tlaku v referenčním řezu (tlaku způsobenému koordinovaným narážením částic na plochu postavenou kolmo na směr proudění)

v_i, p_i jsou rychlost a statický tlak v libovolném místě i proudového svazku, zde uvažované na povrchu konstrukce (zde musí jít nutně o určitou míru abstrakce pomocí ideální tekutiny – ve skutečnosti se vlivem viskozity vzduchu a třením vzduch – tekutina vytváří mezní vrstva s nulovou rychlostí proudění na fázovém rozhraní těleso-vzduch)

$\frac{1}{2} \rho v_i^2$ odpovídá dynamickému tlaku v místě i proudového svazku

Známe-li rychlost proudění v jakémkoliv bodě tělesa, můžeme získat statický tlak v tomto místě a naopak. Úpravou vztahu (12) podle Kozáka (1990) můžeme získat výraz pro lokální součinitel odporu tělesa:

$$p_i - p_0 = \frac{1}{2} \rho (v_0^2 - v_i^2) \quad (13)$$

$$p_i - p_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2 \left(1 - \frac{v_i^2}{v_0^2}\right). \quad (14)$$

Označíme-li $\Delta p_i = p_i - p_0$, $q_p = \frac{1}{2} \rho v_0^2$ a $c_i = \left(1 - \frac{v_i^2}{v_0^2}\right)$, získáme vztah analogický z normy ČSN EN 1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – zatížení větrem,“ výraz 5.1:

$$\Delta p_i = q_p \cdot c_i, \quad (15)$$

kde

Δp_i je změna tlaku (statický tlak nebo sání) způsobený vnějším obtékáním tělesa v daném místě i

q je dynamický tlak v referenčním řezu (označován často jako základní tlak)

c_i je lokální součinitel vnějšího tlaku.

Vztah (15) používáme pro určení zatížení velkých plochých prvků střech, stěn apod. Součinitele c_i je možné naměřit pomocí tlakových čidel na referenčních stavbách či modelech. Závisí na tvaru obtékaného tělesa, na drsnosti povrchu a v reálných podmínkách také na velikosti konstrukce.

Provedeme-li infinitezimální součet tlaků Δp_i po celém povrchu tělesa, získáme výsledný silový účinek větru na těleso. Takový postup nicméně nemusí být vždy praktický, a proto se u celé řady prvků přistupuje k celkovému vyjádření působící síly pomocí celkových tvarových součinitelů. Těleso v proudu tekutiny je vystaveno silovému působení, které Newton popsal rovnicí:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot c_D \cdot A_{ref}, \quad (16)$$

kde

F_D je výsledná síla působící na těleso ve směru proudu vzduchu

ρ hustota vzduchu

c_D celkový tvarový součinitel čelního odporu

v rychlost proudění vzduchu ve volném prostoru (v referenčním řezu proudočáry)

A_{ref} referenční plocha.

Silový účinek ve směru větru není jediným, který může na obtékané těleso působit. Vedle účinku ve směru větru působí také síla kolmo na směr proudění, označovaná v souladu s leteckou terminologií coby vztlak:

$$F_L = \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot c_L \cdot A_{ref}, \quad (17)$$

kde

c_L je celkový tvarový součinitel vztlaku.

Posledním silovým účinkem je moment

$$M = \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot c_M \cdot A_{ref} \cdot e, \quad (18)$$

kde

c_M je celkový tvarový součinitel momentu.

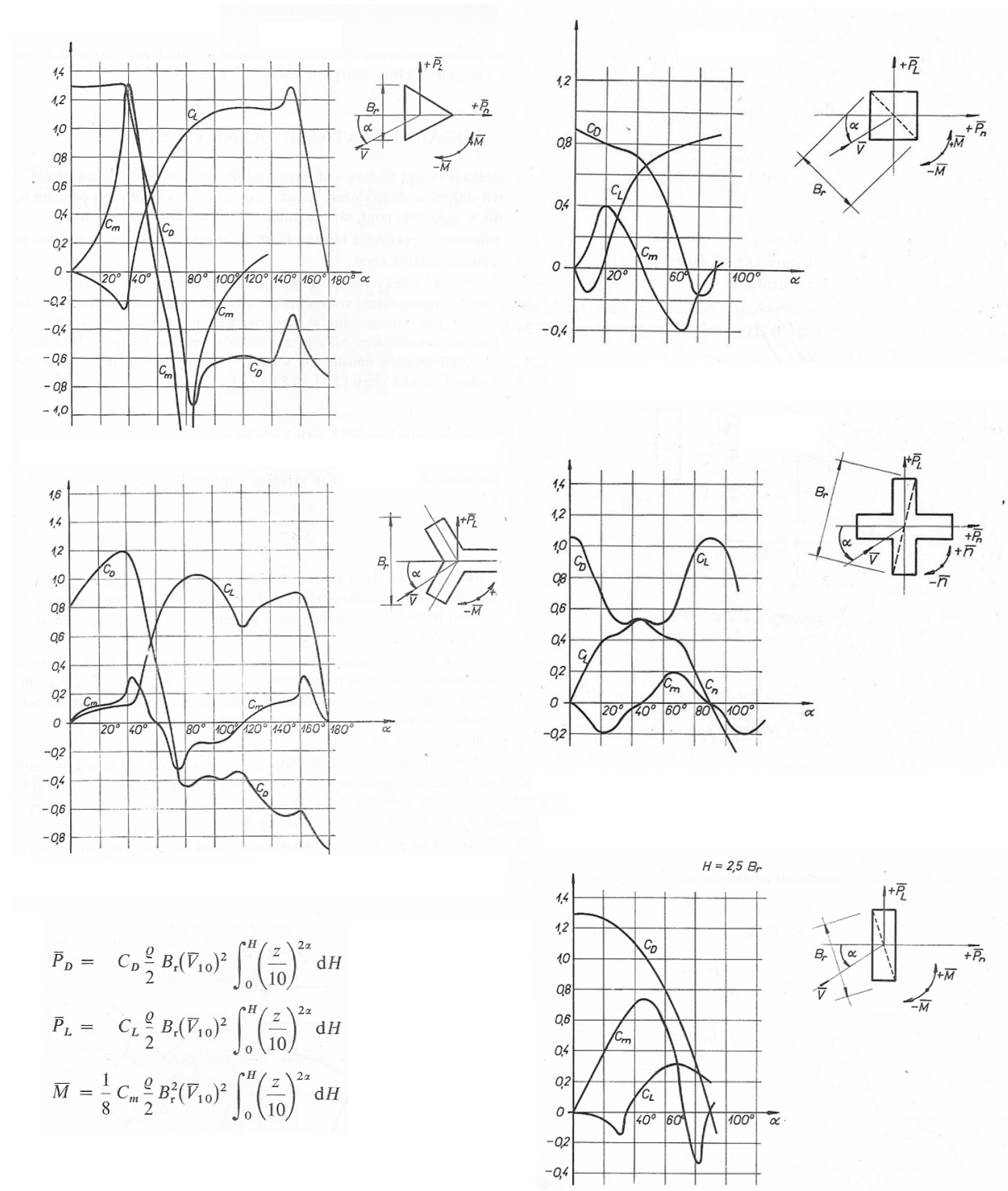
e je rameno odpovídající síly.

Určení zatížení od větru na těleso se tedy rozpadá na

- a) určení rychlosti proudění větru
- b) určení úhlu náběhu (odklon proudění vzduchu od přirozených souřadných os tělesa)
- c) určení tvarového součinitele
- d) určení referenční plochy.

Poslední tři body jsou mezi sebou úzce provázané. Někteří autoři důsledně dodržují původní Newtonův úzus a za referenční plochu považují vždy průmět konstrukce do roviny kolmé na proudění vzduchu. Obecně se však toto pravidlo spíše nedodržuje a je snaha volit referenční plochy neměnné. Je zřejmé, že danému typu referenční plochy připadá podle úhlu náběhu daný celkový tvarový

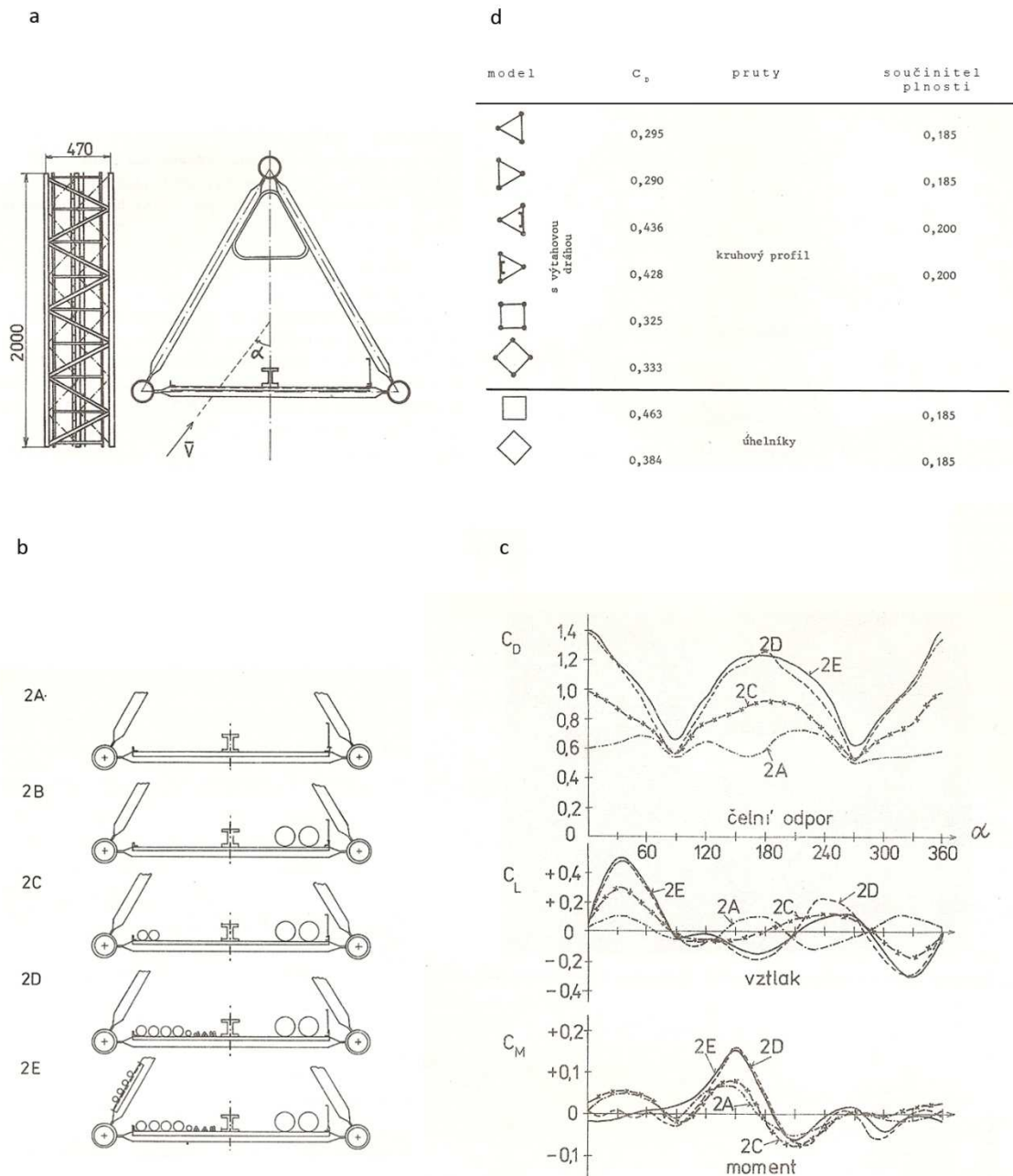
součinitel. Fischer, Koloušek, Pirner (1977) uvádí například vztahy naměřené Ackertonem pro stavby s výškou rovnou 2,5 délky rozměru B_r (viz obrázek):



Obr. 09: příklad vztahů mezi silovými veličinami P_D , P_L a M , referenční šířkou B_r (a tedy i plochou), součiniteli síly a úhlem náběhu α pro stavbu s proporcí $H = 2,5B_r$. Pro rameno vnějších sil e uvažuje Ackerton hodnotu $e = B_r/8$.

Výsledky týkající se budov s plným pláštěm lze porovnat s měřeními dokumentujícími chování příhradových stožárů. Je zajímavé porovnat účinky momentu na plné trojúhelníkové stavbě a

příhradovém trojúhelníkovém stožáru na následujícím grafu z práce Kärna, Lehtonena, Aapasna (1961), uvedené ve (Fisher, Pirner, 1987).



Obr. 10: a) model stožáru podrobený zkouškám, b) různé varianty příslušenství, c) součinitele síly v závislosti na tlaku.

Maximální dynamický tlak

Pro velikost základního tlaku ve výšce z v čase t můžeme psát:

$$q(z, t) = \frac{1}{2} \rho (v_m(z) + v_{fl}(z, t))^2, \quad (19)$$

po úpravě

$$q(z, t) = \frac{1}{2} \rho (v_m(z)^2 + 2 \cdot v_m(z)v_{fl}(z, t) + v_{fl}(z, t)^2) \quad (20)$$

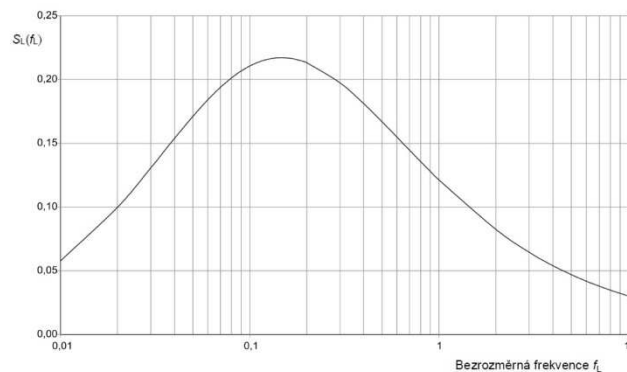
Z předchozích kapitol je zřejmé, že flukтуаční složka rychlosti je menší, než střední rychlost větru. V předchozím vztahu je tedy možné za předpokladu dostatečně krátké střední rychlosti větru zanedbat kvadrát flukтуаční složky (špička flukтуаční složky navíc působí na konstrukci po velmi krátkou dobu, během které nestačí předat dostatečnou energii a změnit deformační stav konstrukce; přesnost tohoto matematického zjednodušení se dále zvyšuje, uvažujeme-li o vysokých rychlostech a vysokých výškách – za těchto podmínek se intenzita turbulence snižuje a podíl flukтуаční složky klesá v poměru ke střední hodnotě rychlosti větru). Předchozí vztah (20) tedy můžeme zjednodušit na:

$$q(z, t) = \frac{1}{2} \rho (v_m(z)^2 + 2 \cdot v_m(z)v_{fl}(z, t)) \quad (21)$$

Dynamické chování větru

Pokud je znám konkrétní průběh větru, nebo je jasně matematicky definován (například různými periodickými funkcemi – Kozák, 1990), může být chování konstrukce (průběh vnitřních sil, přetvoření, zrychlení...) určeno pomocí metod stavební dynamiky (New-Markova metoda, Duhamelův integrál aj...).

Ve skutečnosti ale přesnou podobu poryvu neznáme – je náhodnou veličinou. Tato skutečnost byla předmětem výzkumu od šedesátých let 20. století. Různé normy přistoupily k této skutečnosti různě. Zatímco ČSN využívá postupu, který principiálně odpovídá fyzikálnímu obrazu větru coby působení statické a dynamické složky (Příloha 2 pro dynamický vítr), Eurokódy jdou cestou formálního zjednodušení dynamického výpočtu na kvazistatický. V případě Eurokódů je tedy nutné důsledně používat aparát definovaný normou. Podstatným rysem statistického i deterministického vyšetřování dynamického chování větru je schopnost větru předávat účinně energii v nižších frekvencích (viz obr.10). Tuto skutečnost zohledňuje Eurokod i ČSN.



Obr. 11: Závislost energie větru na frekvenci (S_L –výkonová spektrální hustota)

3.2 Implementace v ČSN

ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí stanová pro kvazistatický výpočet zatížení větrem (v normě popsány jako „statický vítr“) čtyři větrné oblasti, na základě kterých je možné přímo určit základní tlak větru. Pomocí součinitelů tlaků, lokálních součinitelů tlaku i součinitelů síly (vycházejících z výše popsaných principů) stanovuje zatížení na konstrukce v závislosti na výšce. Pro jednoduché konstrukce předepisuje ČSN kvazistatický výpočet obdobný Eurokódu.

Na rozdíl od Eurokódů ČSN jasně definuje součinitele stínění pro plné i příhradové konstrukce, tedy okamžik, kdy jsou konstrukce umístěny za sebou a snižují tak účinky větru. Dále jednoduše stanovuje zatížení pro prostorové příhradové konstrukce (případ dřevěných věží) a to pro čtvercový, trojúhelníkový, šestiúhelníkový a osmiboký půdorys. Návrh pro polygonální půdorys vychází ze součinitele stínění virtuální čtyřboké věže, jejíž šířka je určena délkou hrany polygonu. Výňatky z relevantní Tabulky 24 normy části jsou přílohou práce.

Pro konstrukce, které neodpovídají předpokladům kvazistatického výpočtu, je nutné postupovat podle výpočtu pro dynamický vítr metodou rozkladu podle vlastních tvarů kmitu dle přílohy 2. Tato metoda umožňuje přesně určit odezvu konstrukce (vnitřní síly, přetvoření, zrychlení...) v závislosti na vlastních frekvencích a tvarech konstrukce. Příspěvek každého tvaru závisí na průběhu vlastního tvaru, na zobecněné hmotnosti v daném tvaru a na vlastní frekvenci. S vlastní frekvencí příspěvek tvaru klesá, proto se uvažují pouze příspěvky od tvarů do 4Hz. Některé softwary umožňují automatizaci tohoto výpočtu.

3.3 Implementace v Eurokódech

Eurokód ČSN EN 1991-1-4 vychází při stanovení zatížení větrem ze střední desetiminutové rychlosti (čtyři větrné oblasti). Ze střední desetiminutové rychlosti se přímo určuje maximální dynamický tlak v závislosti na typu terénu a lokální orografii. Výsledná odezva se určuje jako jednoduchá odezva na tento maximální tlak, jedná se tedy o kvazistatický postup. (V případě složitých dynamicky namáhaných konstrukcí typu kotvený stožár dochází k zpětnému rozložení na jednotlivé komponenty: zatížení vlivem střední rychlosti, vlivem flukuační složky, případně vlivem vírové rezonance a vlivem bočního poryvu. Postup pomocí rozložené odezvy – ekvivalentní statickou metodou dle ČSN EN 1993-3-1 příloha E – je detailně proveden v práci (Nevařil, 2009).) Zvětšení (zmenšení) od dynamických charakteristik konstrukce se uvažuje součinitelem $c_s c_d$.

Výpočet postupuje podle schématu: výchozí základní rychlost – základní rychlost – drsnost terénu - součinitel drsnosti terénu (který ve skutečnosti zahrnuje změnu rychlosti s výškou) a

součinitel orografie – střední rychlost větru - směrodatná odchylka turbulence – intenzita turbulence – maximální dynamický tlak.

Celkový účinek větru na uvažovanou konstrukci nebo její část je roven:

$$F_w = c_s c_d \sum_{\text{prvky}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}} \text{ v případě použití součinitele síly, nebo} \quad (22)$$

$$F_w = c_s c_d \sum_{\text{povrchy}} w_e \cdot A_{\text{ref}} \text{ v případě sečítání tlaků na dílčí plochy.} \quad (23)$$

V těchto vztazích jsou:

c_f součinitel síly příslušného prvku

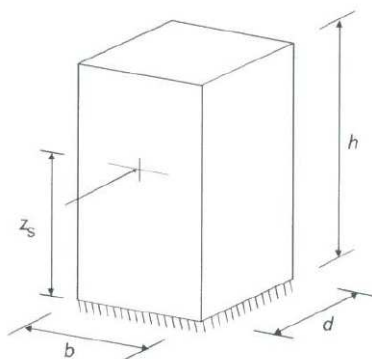
$q_p(z_e)$ je maximální dynamický tlak v referenční výšce z_e

w_e je vnější tlak v daném místě vypočítaný podle vztahu $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$, kde c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku analogicky k (15)

$c_s c_d$ je součinitel konstrukce zahrnující dynamickou odezvu konstrukce (c_d) a vliv velikosti konstrukce na nesoučasný výskyt maxima větru po návětrných plochách (c_s). Tyto součinitele jsou uvažovány dohromady (součinem $c_s \cdot c_d$) a pro určité typy staveb (viz níže) je pro ně určen zjednodušený vztah.

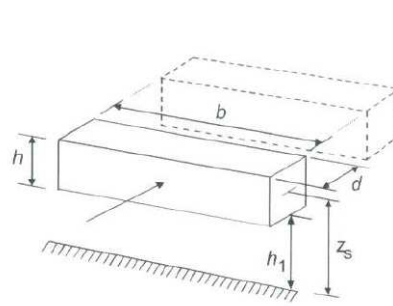
Podobným způsobem jsou definovány síly od tlaků na interiéry budov a síly od tření.

a) vertikální konstrukce, jako jsou pozemní stavby apod.



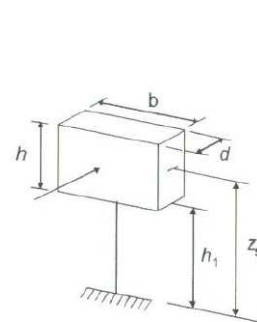
$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{\min}$$

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



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

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



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

Obr. 12: předpokládané tvary staveb pro platnost vztahu 24, z_s značí referenční výšku pro určení intenzity turbulence ve výpočtu $c_s c_d$.

Za předpokladu splnění podmínek

a) konstrukce odpovídá jednomu z obecných tvarů uvedených na obr. 10

b) je významné pouze kmitání ve směru větru v základním tvaru a tento tvar má konstantní znaménko (nemá „vnitřní uzly“)

platí pro součinitel konstrukce následující vztah:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 I_v(z_s)}, \text{ kde} \quad (24)$$

k_p je součinitel maximální hodnoty, definovaný jako poměr maximální hodnoty flukтуаční složky odezvy a její směrodatné odchylky

$I_v(z_s)$ je intenzita turbulence ve výšce z_s

B^2 součinitel odezvy pozadí, beroucí v úvahu nedostatek úplné korelace tlaků po povrchu konstrukce vypočtený dle přílohy B

R^2 rezonanční část odezvy, beroucí v úvahu turbulenci v rezonanci s tvarem kmitání.

Za základní tvar lze považovat takový tvar, jehož participační koeficient je podstatný a současně jeho frekvence je nízká. V okamžiku, kdy nejsou splněny tyto předpoklady, musí dojít k jinému posouzení, v našich podmínkách nejčastěji dle ČSN metodou rozkladu podle tvaru vlastních kmitů.

Samotné zatížení příhradových věží jak u ČSN, tak u Eurokódů vychází ze součinitele síly na celou vhodně zvolenou referenční plochu, která se nemění s úhlem větru (obvykle jde o část stěny). Obě normy využívají principu součinitele plnosti

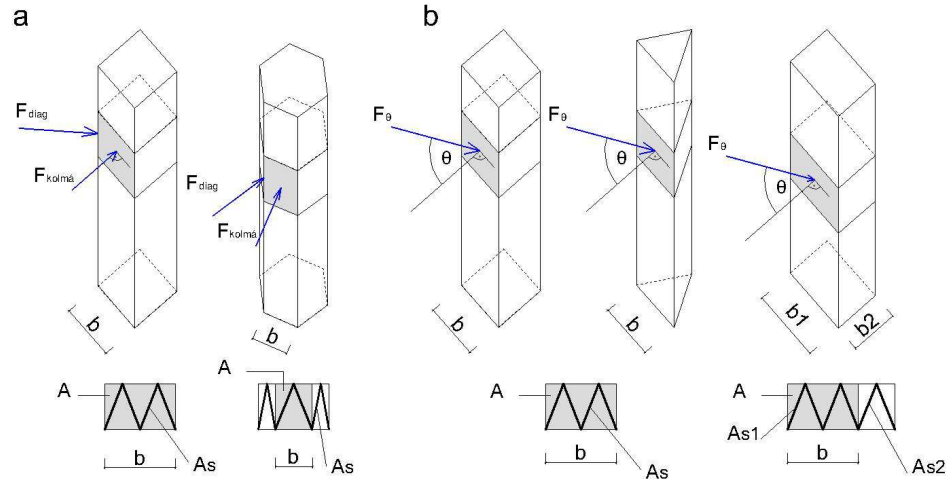
$$\varphi = \frac{A_s}{A}, \text{ kde} \quad (25)$$

A_s je definovaný průmět ploch konstrukcí vystavených větru obvykle do referenční plochy nebo její roviny

A je vhodně zvolená plocha podle typu konstrukce podle potřeby normy .

ČSN určuje sílu při větru kolmém na stěnu věže a při směru na úhlopříčku, Eurokódy umožňují výpočet v závislosti na úhlu náběhu θ . Podle těchto norem je možné vypočítat pouze určité tvary půdorysů, výjimky musí být modelovány a prověřovány experimentem. Koncepty přístupů shrnuje následující obrázek. Porovnání jednotlivých přístupů vykazovalo rozdíly do 15 procent u podobných typologií.

Eurokódy pro nekotvené příhradové věže uvažují pouze účinky ve směru větru, hodnoty vztlaku nebo momentu pro tento směr zanedbávají. Pro případ kotvených věží je situace výrazně složitější (viz Nevažil, 2009).



Obr.13 a) přístup podle ČSN b) přístup dle EC 1993-3-1.

Hodnoty maximálních zrychlení ve směru větru lze určit z přílohy B.4.

$$a_{x,max} = k_p(v = n_{1,x}) \cdot \sigma_{ax} , \text{ kde} \quad (26)$$

$a_{x,max}$ maximální zrychlení ve směru větru

$k_p(v = n_{1,x})$ součinitel maximální hodnoty, určený pro $v = n_{1,x}$

σ_{ax} směrodatná odchylka zrychlení.

Pro směrodatnou odchylku zrychlení platí:

$$\sigma_{ax} = \frac{c_f \cdot q \cdot b \cdot I_v(z_s) \cdot v_m^2(z_s)}{m_{1,x}} \cdot R \cdot K_x \cdot \phi_{1,x}(z) , \text{ kde} \quad (27)$$

c_f tvarový součinitel síly celé konstrukce

q hustota vzduchu ($1,25 \text{ kgm}^{-2}$)

b šířka konstrukce dle obr. 12

$I_v(z_s)$ Intenzita turbulence v referenční výšce z_s dle obr.12

$v_m(z_s)$ střední desetiminutová rychlost ve výšce z_s

$m_{1,x}$ ekvivalentní hmotnost konstrukce (pro liniové stavby lze brát jako hmotnost na metr délky v horní třetině stavby)

R	odmocnina rezonanční části odezvy
K_x	bezrozměrný koeficient závislý na průběhu v_m po výšce a tvaru základního vlastního kmitu
$\phi_{1,x}(z)$	pořadnice vlastního kmitu ve sledovaném místě z , tvar kmitání je normován na hodnotu 1 v místě maximální výchylky.

Součinitel $c_s c_d$ i σ_{ax} jsou závislé na tlumení konstrukce δ . Logaritmický dekrement útlumu δ je dán následujícím vztahem:

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d, \text{ kde} \quad (28)$$

δ_s	logaritmický dekrement útlumu v základním tvaru (uváděn v ČSN EN 1991-1-4 část F)
δ_a	aerodynamický viskózní útlum (třením konstrukce o vzduch)
δ_d	útlum vlivem dalších mechanických prostředků (tlumičů).

Pro logaritmický dekrement aerodynamického útlumu lineární konstrukce platí vztah:

$$\delta_a = \frac{\rho \cdot c_f \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_{1x} \cdot m_e} . \quad (29)$$

Zatímco pro výpočet $c_s c_d$ je možné na stranu bezpečnou člen δ_a zanedbat, při určení zrychlení by zanedbání členu vedlo k velké hodnotě R , a tudíž k příliš velkým hodnotám zrychlení.

4. Zatížení námrazou

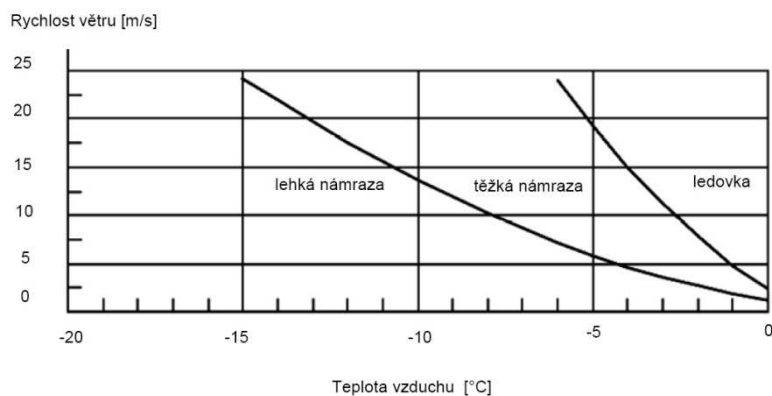
Námraza může vystupovat jako rozhodující faktor u tenkých kotvených stožárů a to jak ve formě statického zatížení, tak dynamického (změna modálních charakteristik konstrukce, opadávání námrazy z lan). Je rozhodujícím zatížením pro dráty vysokého napětí.

4.1 Fyzikální jev

Dle normy ČSN ISO 12494 „Zatížení konstrukcí námrazou“ vzniká námraza několika fyzikálními mechanismy. Buďto jde o náhle zmrznutí volné vody ve formě srážek (ledovka), nebo vzniká z oblačnosti tvořené krystaly sněhu (námraza). Rozlišujeme čtyři základní typy:

- a) Ledovka – vzniká namrznutím kapek deště, mrholení nebo mlhy. Ledovka má vysokou objemovou hmotnost (až 900kgm^{-3}), při namrzání ledovka rovnoměrně obaluje kolektor, posléze mohou ale vznikat rampouchy. Ledovka vzniká, když je teplota konstrukce pod bodem mrazu, zatímco srážky jsou ve skupenství kapalném. Nejčastěji tyto situace nastávají při teplotě vzduchu pod bodem mrazu.
- b) Mokrý sníh – vzniká z oblačnosti v situaci, kdy je mezi krystaly sněhu přítomna volná voda. Objemová tíha (300kgm^{-3} až 600kgm^{-3}) a tvar ulpívání se výrazně liší podle podílu vody a rychlosti větru. Mokrý sníh vzniká při teplotách lehce nad bodem mrazu. Výrazně mění charakter obtékání konstrukce větrem v okamžiku, kdy klesne teplota a usedlá hmota namrzne.
- c) Námraza – vzniká z oblačnosti při teplotách níže pod bodem mrazu foukáním krystalů sněhu na konstrukci. U tuhých prvků (kde nedochází k rotaci kolem podélné osy vlivem přetížení námrazou) vytváří návalky na návětrné straně. U tenkých vláken (které vlivem přetížení mohou kolem osy rotovat) může dojít k rovnoměrné námraze. Tvar námrazy se tedy liší podle typu prvků. Podle objemové tíhy rozlišujeme lehkou (200 až 600kgm^{-3}) a těžkou námrazu (600 až 900kgm^{-3}). Při teplotách kolem -20°C již k dalšímu rozvoji námrazy nedochází.
- d) Další typy námrazy – mezi další typy námrazy řadíme jinovatku. Jinovatka vzniká přímou přeměnou vodních par na led, vzniká při nízkých teplotách. Vzhledem k tomu, že má nízkou objemovou hmotnost a zanedbatelnou tuhost, není pro zatížení rozhodující.

Rozdílné mechanismy a fyzikální charakteristiky typů námrazy uvádí ČSN ISO 12494:



Obr. 14: rozdílné fyzikální podmínky při tvorbě ledovky a námrazy.

Typ námrazy	Objemová hmotnost v kg/m ³	Adheze a koheze	Klasifikace	
			Barva	Tvar
Ledovka	900	silná	průhledná	rovnoměrně rozložený/ rampouchy
Mokrý sníh	300 – 600	slabá (při utváření), silná (zmrznutí)	bílá	rovnoměrně rozložený/ nerovnoměrný
Těžká námraza	600 – 900	silná	neprůhledná	nerovnoměrně rozložený, oválný vůči návětrnému směru
Lehká námraza	200 – 600	nízká až střední	bílá	nerovnoměrně rozložený, oválný vůči návětrnému směru

Tab.1: Rozdílné vlastnosti typů námraz.

Množství usedlé hmoty je proměnné s úhlem, které prvky svírají se směrem větru. Účinky námrazy jsou proměnné po výšce konstrukce, v Eurokódech se uvádí se exponenciální závislost:

$$K_h = e^{0,01 \cdot H}, \quad (30)$$

kde

K_h je součinitel výšky

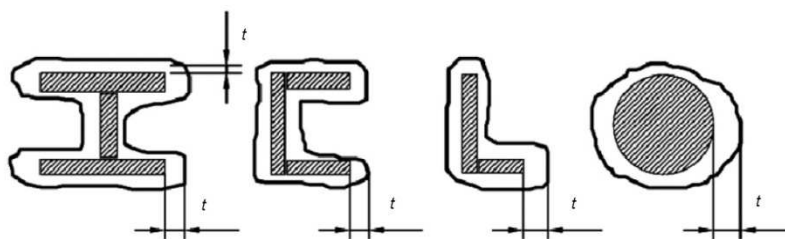
H výška nad terénem.

4.2 Implemetace v Eurokódech

V systému Eurokódů je námraza pojednána v normě ČSN ISO 12494. Intenzita námrazy je rozčleněna do několika tříd IC („ice class“), určených na základě ulpívání námrazy na referenčním kolektoru. Obecně je možné informace o třídě námrazy v daném místě získat od meteorologů nebo měření.

Pro ledovku (mechanismus tvorby „a“) se zavádí třída námrazy ICG1 až ICG6 a následující tvary namrzání:

Třída (IC)	Tloušťka ledu t [mm]	Hmotnost ledovky m [kg/m]			
		Průměr válce v mm			
		10	30	100	300
G1	0,5	0,6	1,1	3,1	8,8
G2	0,9	1,7	2,8	6,8	18,1
G3	1,6	3,4	5,1	11	28
G4	2,8	5,7	7,9	15,8	38,5
G5	5,0	8,5	11,3	21,2	49,5
G6	Použije se při extrémní ledovce				

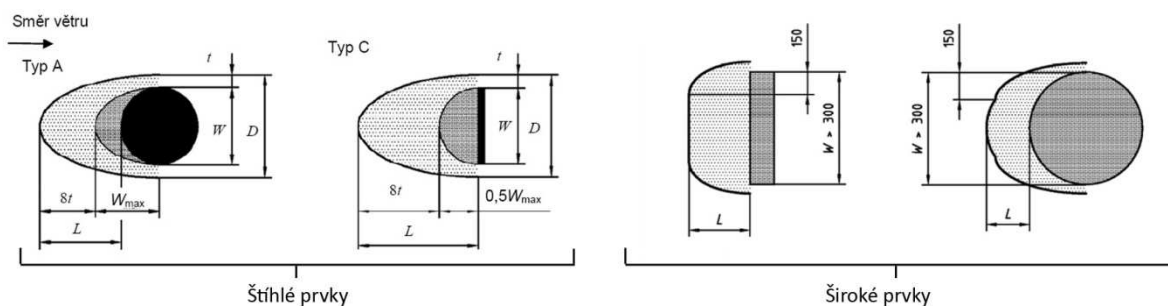
Tab. 2: Třídy ledovky ICG, objemová hmotnost 900kgm^{-3} .Obr. 15: Tvary namrzání ledovky, t je tloušťka ledu.

Pro všechny další mechanismy námrazy („b až d“) se zavádí třídy námrazy ICR1 až ICR10 s následujícími charakteristikami:

Třída (IC)	Hmotnost ledu m [kg/m]	Průměr námrazy D v mm pro prvek o průměru 30 mm			
		Objemová hmotnost námrazy [kg/m^3]			
		300	500	700	900
R1	0,5	55	47	43	40
R2	0,9	69	56	50	47
R3	1,6	88	71	62	56
R4	2,8	113	90	77	70
R5	5,0	149	117	100	89
R6	8,9	197	154	131	116
R7	16,0	262	204	173	153
R8	28,0	346	269	228	201
R9	50,0	462	358	303	268
R10	Použije se pro extrémní námrazy				

Tab. 3: Třídy námrazy ICR.

U tříd ICR se rozlišuje tvar a štíhlost namrzajícího prvku. Štíhlé prvky jsou rozlišeny do šesti typů A až F (za malé se považují prvky o šířce menší než 300mm). Široké prvky rozlišují pouze prizmatický a kruhový průřez prvky (za široké se považují prvky o šířce větší než 300mm).



Obr. 16: Geometrie námrazy pro štíhlé (typy A a C) a široké prvky.

Tvary průřezů typů A a B									
Šířka profilu [mm]		10		30		100		300	
IC	Hmotnost námrazy m [kg/m]	Rozměry námrazy [mm]							
		L	D	L	D	L	D	L	D
R1	0,5	54	22	34	35	13	100	4	300
R2	0,9	78	28	54	40	23	100	8	300
R3	1,6	109	36	82	47	41	100	14	300
R4	2,8	150	46	120	56	67	104	24	300
R5	5,0	207	60	174	70	106	114	42	300
R6	8,9	282	79	247	88	165	129	76	300
R7	16,0	384	105	348	113	253	151	136	300
R8	28,0	514	137	478	146	372	181	217	317
R9	50,0	694	182	656	190	543	223	344	349
R10	Používá se pro extrémní námrazy								

Tvary průřezů typů C a D									
Šířka profilu [mm]		10		30		100		300	
IC	Hmotnost námrazy m [kg/m]	Rozměry námrazy [mm]							
		L	D	L	D	L	D	L	D
R1	0,5	56	23	36	35	13	100	4	300
R2	0,9	80	29	57	40	23	100	8	300
R3	1,6	111	37	86	48	41	100	14	300
R4	2,8	152	47	124	57	68	105	24	300
R5	5,0	209	61	179	71	111	115	42	300
R6	8,9	284	80	253	90	173	131	76	300
R7	16,0	387	105	355	115	265	154	136	300
R8	28,0	517	138	484	147	387	184	224	318
R9	50,0	696	183	663	192	560	227	361	353
R10	Používá se pro extrémní námrazy								

Tab. 4: Parametry námrazy štíhlých prvků typů A,B a C,D pro objemovou hmotnost 500kgm^{-3} .

Velké prvky válcového tvaru							
Šířka prvku [mm]		300	500	1000	3000	5000	
IC	Hmotnost námrazy	Délka zaoblení námrazy L [mm] a hmotnost námrazy m [kg/m]					
	m [kg/m]	L	m	m	m	m	m
R1	0,5	4	0,5	0,9	2,0	6,2	10,5
R2	0,9	8	0,9	1,7	3,6	11,2	18,9
R3	1,6	14	1,6	3,0	6,4	19,9	33,5
R4	2,8	24	2,8	5,2	11,1	34,9	58,7
R5	5,0	42	5,0	9,2	19,9	62,3	105
R6	8,9	76	8,9	16,5	35,3	111	186
R7	16,0	136	16,0	29,6	63,5	199	335
R8	28,0	217	28,0	49,7	104	321	538
R9	50,0	344	50,0	84,4	171	515	859
R10	Používá se pro extrémní námrazy						

Velké ploché prvky							
Šířka prvku [mm]		300	500	1000	3000	5000	
IC	Hmotnost námrazy	Délka zaoblení námrazy L [mm] a hmotnost námrazy m [kg/m]					
	m [kg/m]	L	m	m	m	m	m
R1	0,5	4	0,5	0,9	2,0	6,2	10,5
R2	0,9	8	0,9	1,7	3,6	11,2	18,9
R3	1,6	14	1,6	3,0	6,4	19,9	33,5
R4	2,8	24	2,8	5,2	11,1	34,9	58,7
R5	5,0	42	5,0	9,2	19,9	62,3	105
R6	8,9	76	8,9	16,5	35,3	111	186
R7	16,0	136	16,0	29,6	63,5	199	335
R8	28,0	224	28,0	50,4	106	330	554
R9	50,0	361	50,0	86,1	176	537	898
R10	Používá se pro extrémní námrazy						

Tab. 5: Parametry námrazy širokých prvků pro objemovou hmotnost 500kgm^{-3} .

Zatímco pro třídy ICR je vydána námrazová mapa, pro třídy ICG tato mapa vydána není. Pro stanovení třídy námrazy ledovky je tedy nutné kontaktovat meteorologickou stanici. Veškeré třídy námrazy se nicméně určují vždy vzhledem ke konkrétní lokalitě a expozici staveniště. Námrazu je možné také modelovat pomocí softwaru. Jelikož námraza se nemůže vyskytovat na konstrukci současně s ledovkou, má se uvažovat horší z obou variant (podrobný postup je uveden v příloze E normy ČSN ISO 12494).

Námraza je chápána jako proměnné zatížení se součinitelem zatížení $\gamma_Q = 1,5$ pro nepříznivé, $\gamma_Q = 0,0$ pro příznivé účinky.

4.3 Kombinace námrazy a větru

Dle ČSN EN 1993-3-1 „Navrhování ocelových konstrukcí – stožáry a komíny“ se má uvažovat zatížení konstrukcí v kombinaci námraza-větr v nejnepříznivějších situacích (nejčastěji při působení větru a asymetrické námrazy, která účinky větru podporuje). V období, kdy dochází k námrazám, obvykle nedosahuje dynamický tlak větru svých ročních maximálních hodnot, a proto se umožňuje redukovat účinky větru v kombinaci součinitelem k podle třídy námrazy součinitelem $k \in (0,4; 1,0)$. To má za následek, že námraza či ledovka v oblastech s nižší třídou IC nebývá rozhodujícím globálním zatížením, může být ale významná pro některé lokální prvky konstrukce. Velmi významná pro globální zatížení je například na nechráněných horských pásmech popřípadě v údolích, kde dochází k vyšší rychlosti proudění větru a tedy k intenzivnějšímu namrzání. Důležité je věnovat pozornost změnám součinitelů plnosti například u příhradových konstrukcí, plotů a zábradlí. Za zcela zaplněné námrazou se má považovat volný prostory užší než 75mm (například v oblasti styčniců příhradovin apod.). Kromě změny součinitele plnosti námraza ovlivňuje tvarové součinitele zatížení větru a součinitele tření od větru (opět závisí na třídě IC a velikosti prvku; do šířky 300mm norma hovoří o „tyčích,“ nad 300mm o „velkých prvcích“).

IC	Hmotnost námrazy m [kg/m]	Součinitele C_i pro tyče s námrazou						
		Součinitel odporu bez námrazy, C_0						
		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
R1	0,5	0,62	0,84	1,07	1,29	1,51	1,73	1,96
R2	0,9	0,74	0,94	1,13	1,33	1,52	1,72	1,91
R3	1,6	0,87	1,03	1,20	1,37	1,53	1,70	1,87
R4	2,8	0,99	1,13	1,27	1,41	1,54	1,68	1,82
R5	5,0	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78
R6	8,9	1,23	1,32	1,40	1,48	1,57	1,65	1,73
R7	16,0	1,36	1,41	1,47	1,52	1,58	1,63	1,69
R8	28,0	1,48	1,51	1,53	1,56	1,59	1,62	1,64
R9	50,0	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
R10	Používá se pro extrémní námrazu							

Šířka prvku [m]	Součinitele C_i pro velké prvky s námrazou						
	Součinitele odporu bez námrazy, C_0						
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
≤ 0,3	0,87	1,03	1,20	1,37	1,53	1,70	1,87
0,5	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,70	1,87
1,0	0,81	0,99	1,17	1,35	1,53	1,71	1,89
1,5	0,77	0,96	1,15	1,34	1,52	1,71	1,90
2,0	0,73	0,93	1,13	1,32	1,52	1,72	1,91
2,5	0,70	0,90	1,11	1,31	1,52	1,72	1,93
3,0	0,66	0,87	1,09	1,30	1,51	1,73	1,94
4,0	0,58	0,81	1,04	1,27	1,51	1,74	1,97
≥ 5,0	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00

Tab. 6: Změna tvarového součinitele větru pro tyče a velké prvky, třída ICR3.

Námraza se má ověřit ve dvou kombinacích: pro rozhodující tíhu námrazy (chápanou jako proměnné zatížení), nebo pro rozhodující vítr. Součinitele kombinace a zatížení jsou sice uvedeny v ČSN ISO 12494 příloha NA2.7, nicméně definice některých koeficientů není úplná. Proto raději uvádím vztahy z ČSN EN 1993-3-1 příloha C:

Pro dominantní námrazu a příslušný vítr: $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{ice} \cdot Q_{ice} + \gamma_W \cdot k \cdot \psi_W \cdot Q_{k,w}$

Pro dominantní vítr a příslušnou námrazu: $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_W \cdot k \cdot Q_{k,w} + \gamma_{ice} \cdot \psi_{ice} \cdot Q_{ice}$,

kde

γ_G dílčí součinitel stálého zatížení

γ_{ice} dílčí součinitel námrazy (roven běžnému dílčímu součiniteli proměnného zatížení)

γ_W dílčí součinitel námrazy (roven běžnému dílčímu součiniteli proměnného zatížení)

k součinitel pro snížení tlaku větru

ψ_W součinitel kombinace větru (v ČR roven 0,5 dle ČSN EN 1993-3-1)

ψ_{ice} součinitel kombinace námrazy (v ČR roven 0,0 pro účely této normy ČSN EN 1993-3-1)

4.4 Implementace v ČSN

V ČSN 73 0035 „Zatížení stavebních konstrukcí“ není namrzání řešeno tak komplexně jako v Eurokódech. ČSN stanovuje pouze tíhu námrazy pro různé typy prvků.

$$\text{Pro kruhové profily: } v_{gl1n} = \pi \cdot \kappa_{gl} \cdot t_{gl} \cdot \mu_{gl} \cdot (d + \kappa_{gl} \cdot t_{gl} \cdot \mu_{gl}) \cdot \gamma_{gl} \quad (27)$$

$$\text{Pro ostatní prvky konstrukce: } v_{gl2n} = \kappa_{gl} \cdot t_{gl} \cdot \mu_{gl} \cdot \gamma_{gl} \quad (28)$$

kde

t_{gl}	je základní tloušťka námrazy dle námrazové mapy
d	průměr kruhového profilu
μ_{gl}	tvarový součinitel (rozlišuje se uzavřený či otevřený profil)
κ_{gl}	součinitel výšky
γ_{gl}	objemová hmotnost námrazy ($9,0 \text{ kNm}^{-3}$).

ČSN 730035 rozlišuje pouze čtyři oblasti námrazy (lehká, střední, těžká, kritická) s tím, že v kritické oblasti je nutné určit velikost námrazy podle místního pozorování. Podobně jako Eurokódy využívá možnost zmenšit účinky zatížení větrem při kombinaci námrazy a větru.

V rámci provedeného srovnání pro třídu námrazy ICR6 a střední námrazovou oblast vychází zatížení čistou námrazou zhruba podobně, rozdíl je především v důslednějším zvětšování průřezů profilů na účinky větru u Eurokódů.

5. Další zatížení věží

5.1 Vlastní tíha

Jelikož objemová tíha dřeva je poměrně malá, nevystupuje stálé zatížení jako hlavní (ve skutečnosti tvoří kolem 20 procent vytížení hlavních nosných prvků). Potřebná data obsahuje ČSN EN 1991-1-1 „Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.“ Řešení vlastní tíhy je běžným vybavením statických softwarů. Dílčí součinitel zatížení je roven $\gamma_G = 1,35$ pro nepříznivé (popřípadě $\gamma_G = 1,15$ pro kombinační vztah 6.10a soubor B STR/GEO), $\gamma_G = 1,0$ pro příznivé účinky.

5.2 Předpětí

V případě kotvených stožárů je nutné uvažovat s předpětím. To se chová analogicky ke stálému zatížení, dílčí součinitel zatížení γ_p lze uvažovat 1,0 pro příznivý i nepříznivý účinek. Problém předpětí je výrazně složitější, daný popis ale vyhovuje potřebám této práce.

5.3 Užitné zatížení

Pro zatížení schodiště a vyhlídkových platforem od návštěvníků bylo využito normy ČSN EN 1991-1-1. Tabulky 6.2CZ, která přiřazuje schodištím $q_k = 3,0 \text{ kNm}^{-1}$ pro plošné zatížení a $Q_k = 2,0 \text{ kN}$ pro soustředěné zatížení. Na vyhlídkovou plošinu můžeme pohlížet jako na shromažďovací prostor kategorie C5 s parametry $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$, jakkoliv se tento požadavek zdá přísný. Užitné zatížení je proměnné zatížení se součinitelem zatížení $\gamma_Q = 1,50$ pro nepříznivé, $\gamma_Q = 0,0$ pro příznivé účinky. V praxi bývá často návštěvníků na věžích omezen a užitné zatížení může být sníženo.

5.4 Zatížení sněhem

Pro zatížení sněhem platí norma ČSN EN 1991-1-3 „Obecná zatížení – zatížení sněhem.“ Na základě sněhové mapy je možné určit základní tíhu sněhu a z té posléze odvodit zatížení sněhem. Zatížení sněhem se týká pouze plošin a přístřešků a ovlivňuje pouze lokální dimenze prvků těchto částí. Kombinace současného působení námrazy a sněhu se neuvažuje. Zatížení sněhem je proměnné zatížení se součinitelem zatížení $\gamma_Q = 1,50$ pro nepříznivé, $\gamma_Q = 0,0$ pro příznivé účinky.

6. Posuzování dřevěných příhradových věží

Pro stavební druh dřevěné vyhlídkové věže nebyla vydaná samostatná norma. Požadavky na tyto stavby je tedy nutné sestavit z analogií k jiným již vydaným a platným, nebo starším a stále vhodným normám.

Pro zatížení větrem je výchozí norma ČSN EN 1991-1-4, pro věže je nicméně vhodné využít normu ČSN EN 1993-3-1 přílohu B a její články B2.3 a B2.7. V této normě jsou stanoveny vztahy pro trojúhelníkové, čtvercové a obdélníkové věže. Pro věže jiného tvaru a pro nesouměrné a zvláštní konstrukce tato norma předepisuje stanovení pomocí zatížení pomocí modelování ve větrném tunelu. To se tedy týká také polygonálních věží. Pro účely této práce bylo pro stanovení zatížení takovýchto polygonálních věží použito Tabulky 24 normy ČSN 73 0035. Citované články Eurokódů a ČSN stanovují pouze účinky ve směru větru, další složky vztlaku a momentu u příhradových konstrukcí neuvádějí.

Pro užitné zatížení je možné využít normu ČSN EN 1991-1-1, pro zatížení sněhem normu 1991-1-3, pro zatížení námrazou norma ČSN ISO 12494.

Kombinace účinků zatížení pro mezní stav únosnosti a použitelnosti jsou definovány v ČSN EN 1990 (v práci je pro první mezní stav využíván vztah 6.10a a 6.10b souboru B STR/GEO). Kombinace současného působení námrazy a větru uvádí ČSN ISO 12494 i ČSN EN 1993-3-1. Pro příhradové konstrukce s nízkým součinitelem plnosti se neuvažuje se vznikem globálních příčných (Kármánových) kmitů, v případě plného pláště je nutné tyto vlivy uvážit. Je také možné uvažovat lokální Kármánovy víry na jednotlivých prvcích (viz Valíček 2013). Kotvené stožáry je navíc nutné navrhnout na mimořádné zatížení při přetržení lan podle ČSN EN 1993-3-1.

Rozhodující kombinace pro zatížení hlavních konstrukčních prvků na únosnost zpravidla bývají:

- a) $1,15.G+1,0.P+1,5.Q_w +1, \psi_0 5. Q_u$ pro maximální tlaky v hlavních konstrukčních prvcích
- b) $1,0.G+1,0.P+1,5.Q_w$ pro maximální tahy v hlavních konstrukčních prvcích,
- c) $1,15.G+1,0.P+1,5.Q_u +1,5. \psi_w. Q_w$ pro prvky schodiště namáhané při plném obsazení
- d) $1,15.G+1,0.P +1,5.k.Q_{wi}$ pro maximální tlaky v hlavních konstrukčních prvcích při současném působení větru a námrazy. Tuto kombinaci je nutné ověřit také kvůli únosnosti připojení schodiště k hlavní nosné konstrukci.

kde

- G je účinek stálého zatížení,
 P je účinek předpětí,
 Q_w je účinek větru,
 Q_{wi} je účinek větru za současného působení námrazy,
 Q_u je účinek užitečného zatížení,
 ψ_0, ψ_w jsou kombinační součinitele,
 k je součinitel nesoučasného výskytu maximálního tlaku větru a námrazy.

Pro posuzování únosnosti dřevěných částí věží je výchozím pramenem ČSN EN 1995-1-1 „Navrhování dřevěných konstrukcí – společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“. Materiálového charakteristiky dřeva uvádí EN 1194 „Dřevěné konstrukce -lepené lamelové dřevo – třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot,“ charakteristiky rostlého dřeva EN 338 „Konstrukční dřevo – třídy pevnosti.“

Pro posuzování ocelových prvků použitých na dřevěných věžích platí norma ČSN EN 1993-1-1 „Navrhování ocelových konstrukcí - obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“, pro posuzování lan a táhel je aktuální norma ČSN EN 1993-1-11 „Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování ocelových tažených prvků.“ V případě únavového namáhání některých detailů je nutné využít ČSN EN 1993-1-9 „Navrhování ocelových konstrukcí – únava.“

Pro posuzování použitelnosti dřevěných částí věží je výchozím pramenem ČSN EN 1995-1-1 Tato norma nicméně nestanovuje požadavek na maximální průhyb ve vrcholu věže. Je tedy nutné využít analogií s prostou konzolou, jejíž průhyb je dle ČSN EN 1995-1-1 omezen danou normovou hodnotou, a analogií s požadavky na ocelové stavby.

Pro ČSN EN 1995-1-1:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{150} \text{ až } \frac{l}{250}, w_{net,fin} \leq \frac{l}{125} \text{ až } \frac{l}{175}, w_{fin} \leq \frac{l}{75} \text{ až } \frac{l}{150},$$

kde

- l je délka konzoly
 w_{inst} je okamžitý průhyb od zatížení
 $w_{net,fin}$ je čistý konečný průhyb
 w_{fin} je konečný průhyb.

Srovnání s normou ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí:

maximální vodorovný posun jednopodlažní budovy od větru $u_w \leq \frac{h}{300}$

maximální vodorovný posun vícepodlažní budovy od větru $u_w \leq \frac{h}{500},$

kde

h je výška stavby (respektive sloupu zatíženého větrem).

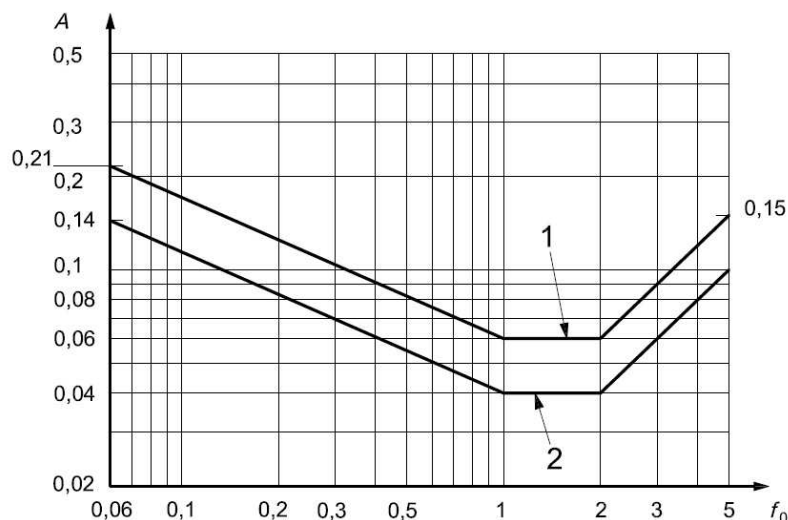
Při realizaci věže Bohdanka byl maximální vypočtený průhyb roven 250mm, tedy zhruba 1/200 (Valíček, 2013). Ze srovnání požadavků ČSN EN 1995-1-1 pro dřevěné konzoly a požadavků na ocelové stavby bylo pro studii variant přijato kritérium $w_{fin} \leq \frac{h}{300}$. Vyhlídkové věže na rozdíl od pozemních staveb nemívají prvky, které by měly zvýšené nároky na přetvoření konstrukcí (například fasáda), stanovení kritéria není ve mně známé literatuře uváděno.

Výraznou veličinou pro posouzení komfortu návštěvníků věže je maximální zrychlení ve směru působení větru. Pro stavební druh vyhlídkových věží se tato hodnota běžně neuvádí. Pokud bychom přijali požadavky aplikované v USA pro výškové stavby, dostali bychom pro desetiletý vítr

$$a_{\max} \leq 0,15 \text{ ms}^{-2} \quad \text{pro obytné budovy}$$

$$a_{\max} \leq 0,25 \text{ ms}^{-2} \quad \text{pro stavby pro obchod}$$

ISO 10137 v příloze E definuje požadavky založené za jednorozměrným větrem. Mezní povolené zrychlení je závislé na základní vlastní frekvenci budovy.



Obr.17: Požadavky na zrychlení budov pro jednorozměrný vítr (1... kanceláře, 2... byty)

Čínské stavební standardy uvažují obdobné požadavky na desetiletý vítr. Při výstavbě super vysokých staveb se splnění kritéria zrychlení daří často pouze s použitím tlumičů. Např. Shanghai Center (polyfunkční budova s bydlením) splňuje požadavky pro desetiletý vítr jen těsně, při uvažování jednorozměrného větru již spadá do nejvyšší kategorie komfortu (Zhaoa, Ding, Suna, 2011).

Zajištění takového komfortu bývá z hlediska návrhu konstrukce určující, a to i v oblastech se silnou seismickou aktivitou. Je zřejmé, že aplikace výše uvedených kritérií na vyhlídkové věže by byla neúměrná. Charakter výstupu a pobytu na věži má spíše sportovní ráz, nečekáme takovou míru

komfortu jako ve stavbách, kde lidé tráví velké části dne a v případě obytných staveb i noci. Navíc je možné věř v případě vysokého větru uzavřít, nebo uzavřít stavbu v průběhu celého větrného období. Tato opatření byla zvolena v případě věže Bohdanky. Vypočtená směrodatná odchylka zrychlení dle ČSN EN 1991-1-4 zde dosahuje 0,248ms⁻¹ za předpokladů padesátiletého větru, strukturálního tlumení $\delta_s = 0,05 \text{ ms}^{-2}$ a ekvivalentní hmotnosti $m_e = 2130 \text{ kgm}^{-1}$ (Valíček, 2013). Tomu by odpovídalo maximální zrychlení cca 0,9ms⁻², dosažené hodnoty v době provozu konstrukce (tj. ne v zimě a za silného větru či nepříznivých klimatických podmínek) budou ale mnohem nižší. Pro představu uvádím příklad měření četnosti rychlosti větru v Brně Tuřanech.

Rychlost větru (m/s)	Směr větru								n
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
1 – 2	10,7	15,1	14,7	9,5	12,8	10,2	11,3	15,6	16 865
3 – 5	11,5	14,0	15,6	12,0	9,8	9,7	9,8	17,7	20 718
6 – 10	10,7	14,9	9,7	16,5	8,7	4,9	12,9	21,7	10 855
11 – 15	5,0	9,2	2,6	17,9	14,5	2,6	20,0	28,2	548
16 – 20	3,8	7,7	0,0	23,1	23,1	7,7	17,3	17,3	26

Tab.07: Četnosti rychlostí větru v Brně-Tuřanech v období 1961-2010.

Stupeň	Vítr	[km/h]	[m/s]	Znaky
0	bezvětří	< 1	< 0,5	kouř stoupá kolmo vzhůru
1	vánek	1 - 5	~ 1,25	směr větru poznatelný podle pohybu kouře
2	větřík	6 - 11	~ 3	listí stromů šelestí
3	slabý vítr	12 - 19	~ 5	listy stromů a větvičky v trvalém pohybu
4	mírný vítr	20 - 28	~ 7	zdvihá prach a útržky papíru
5	čerstvý vítr	29 - 39	~ 9,5	listnaté keře se začínají hýbat
6	silný vítr	40 - 49	~ 12	telegrafní dráty sviští, používání deřtníků je nesnadné
7	mírný vichr	50 - 61	~ 14,5	chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují
8	čerstvý vichr	62 - 74	~ 17,5	ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná
9	silný vichr	75 - 88	~ 21	vítr strhává komíny, tašky a břidlice ze střech
10	plný vichr	89 - 102	~ 24,5	vyvrací stromy, působí škody na obydlích
11	vichřice	103 - 114	~ 29	působí rozsáhlá pustošení
12-17	orkán	> 117	> 30	ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami)

Tab.08: Beaufortova stupnice větru.

Dalším vlivem, který by bylo možné uvážit, je dynamické působení chodců na schodišti. Některé vztahy a požadavky pro dynamické zatížení schodiště od chodců je možné získat analogií k ČSN EN 1995-2 „Navrhování dřevěných konstrukcí – mosty.“ Pro kritérium pohody z hlediska kmitání od chodců je možné využít ČSN 1990 přílohu A, konkrétně části věnované lávkám a pohodě chodců:

- a) Při základní vlastní frekvenci pro kmitání svislé menší než 5Hz má být maximální svislé zrychlení rovno $0,7\text{ms}^{-2}$. Jinak se zrychlení neposuzuje.
- b) Při základní vlastní frekvenci pro vodorovné a kroutivé kmitání má být maximální vodorovné zrychlení od chodců rovno $0,4\text{ms}^{-2}$. Jinak se zrychlení neposuzuje.

Široký přehled požadavků na kmitání lávek od zatížení chodci podává Živanovič (2005). Měření provedená na reálných visutých mostech naznačují, že kritérium mezní použitelnosti je možné posunout mnohem dál, než uvádí Eurokód, až k $1,35\text{ms}^{-2}$ při výchylce 45mm. Od tohoto okamžiku se již chodci na sledovaném mostě cítili v nebezpečí a chůze jim způsobovala problémy (Nakamura 2003). V předkládané práci tento vliv posuzován nebyl.

7. Studie konstrukčních variant

Předpoklady a podmínky řešení

Studie konstrukčních variant je vytvořena pro prostředí jihovýchodní Moravy – lokalitu vodní nádrže Nové Mlýny. Předpokládá se větrná oblast II (základní rychlost $v_{b0}=25\text{ms}^{-1}$), terén kategorie II (oblast s nízkou vegetací a izolovanými překážkami), námrazová oblast ICR3.

Pro každou variantu bylo stanoveno zatížení větrem, vlastní tíhou schodiště a užité zatížení od návštěvníků. Vzhledem k tomu, že pro variantu A byly účinky kombinace námraza-vítr a účinky samostatné námrazy výrazně menší než pro rozhodující kombinaci namáhání od maximálního větru, nebylo zatížení námrazou u ostatních variant řešeno.

Varianty věží představují různé typy příhradových konstrukcí. Jelikož součinitel plnosti hlavní nosné konstrukce je menší než 0,60, nedochází k příčnému kmitání konstrukce vlivem oddělování vírů. Proud větru je účinně rozbit (rozčreřen) o pruty konstrukce a schodiště a nemá možnost koordinovaně stavbu rozkmitat. U všech věží tedy bylo řešeno pouze kmitání ve směru větru pomocí součinitele $c_s c_d$ (z hlediska dynamiky byl tedy použit kvazistatický výpočet).

Pro běžné tenké kotvené stožáry je vyžadován podrobný dynamický výpočet (např. Nevařil, 2009). Tyto ocelové konstrukce mají tenký dřík s malou ohybovou tuhostí, dlouhé lanové podpory a výraznou výšku. Oproti tomu jsou dříky vyhlídkových věží výrazně masivnější – mají výrazně větší ohybovou tuhost a poměr hmotnosti lan k samotné věži je nevýznamný (u vysokých kotvených stožárů může být tato hmotnost přes deset procent). Lana tedy nemohou výrazně ovlivnit dynamické chování samotné věže, mohou ale výrazně přispět k jejímu statickému chování. Vzhledem k tomu, že kritériem posuzování je především hmotnost věže, není kladen důraz na přesné řešení prvků lan. Z tohoto důvodu byl kvazistatický výpočet pomocí součinitele $c_s c_d$ použit i pro kotvenou variantu.

Není počítáno s interakcí s podložím. Očekává se, že předpoklady výpočtu je možné zajistit pomocí geotechnických opatření (například základová deska s mikropliotami).

Konstrukční varianty se řešily v softwaru SCIA 2013, geometrie byla převedena z modeláře Rhino 4 přes .dwg soubor. Bylo využito rozšířeného nastavení softwaru, průřezové charakteristiky spočítány automaticky FEM metodou. Kombinace zatížení byly zadány ručně. K výpočtu vnitřních sil byl použit nelineární výpočet zohledňující specifické vlastnosti lan nebo táhel. Imperfekce byly zohledněny vzpěrnostem výpočtem podle standardů normy EC5, nad rámec požadavků této normy byla konstrukci udělena globální výchylka jednoduchým náklonem. Toto opatření odpovídá jisté zvýšené náročnosti při provádění nestandardních vysokých dřevěných staveb.

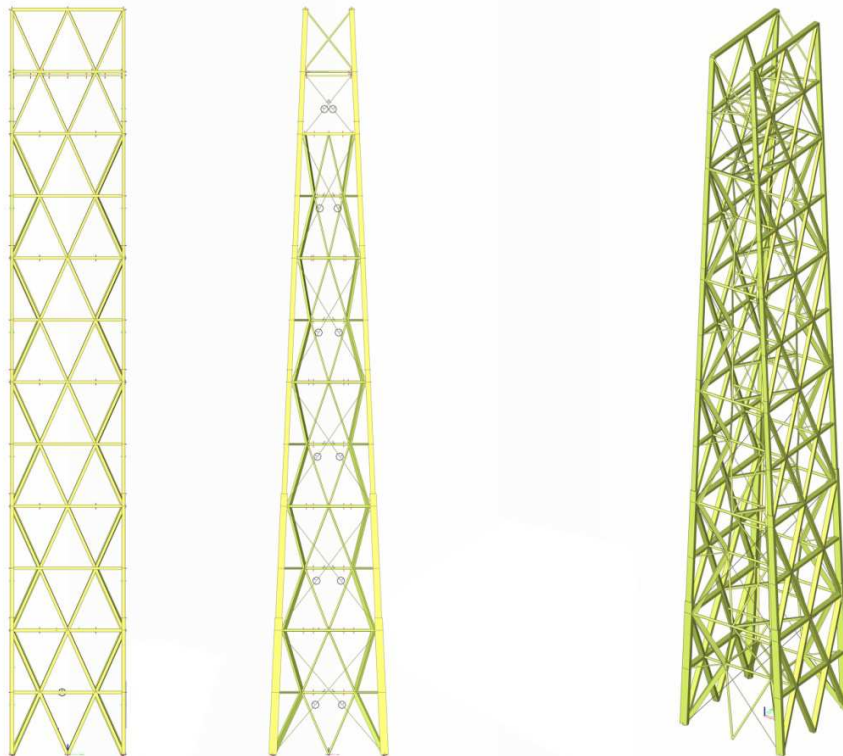
Z pěti rozpracovaných modelů věží jsou v diplomové práci prezentovány dva.

Varianta A: nekotvená věž, kónický hranol

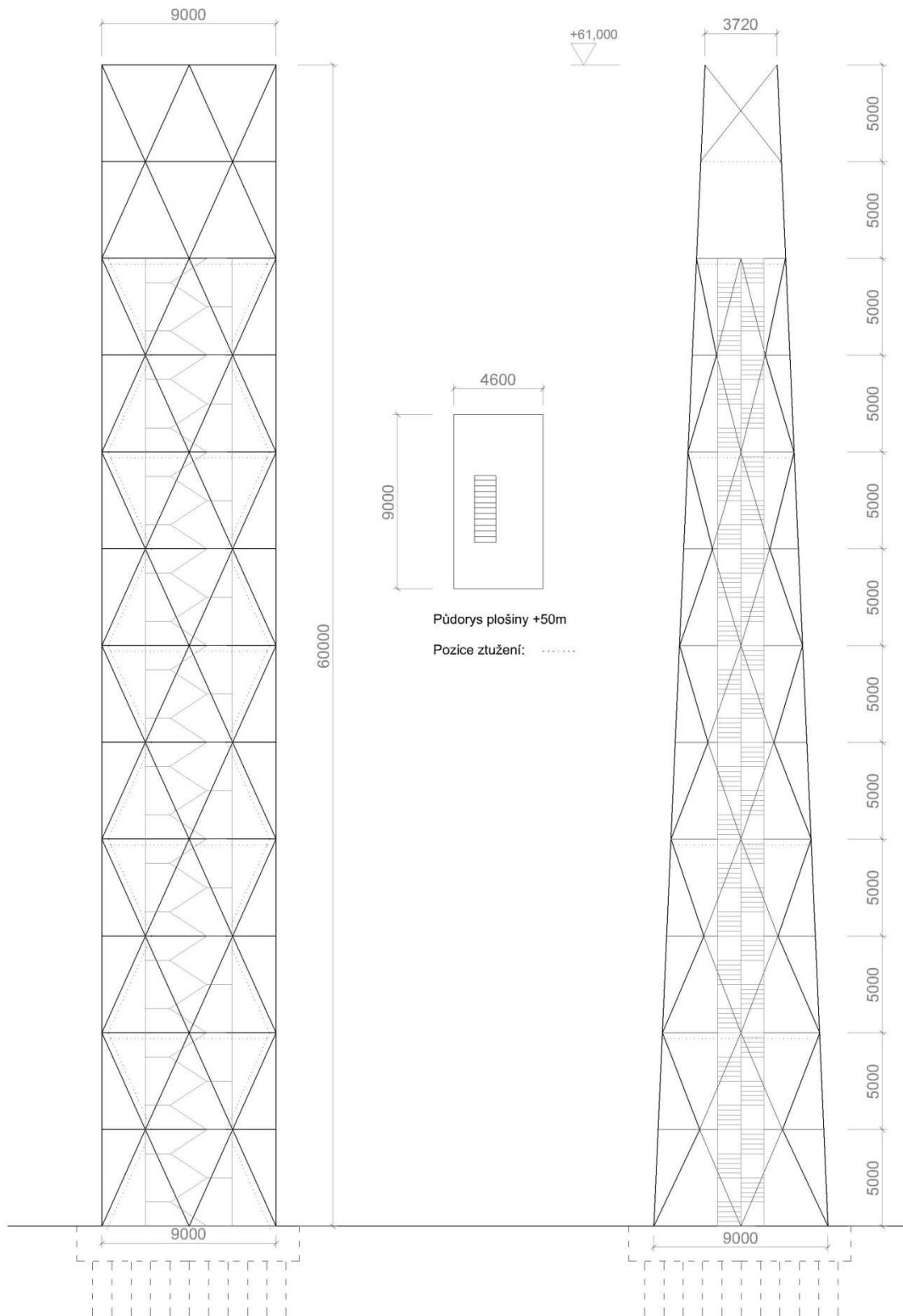
Tvar věže je kónický hranol o výšce 60m, zužující se v příčném řezu směrem k vrcholu. Rozměry v patě jsou 9x9 m, rozměry vyhlídkové platformy 4,2x9m. Zešikmené stěny tvoří hlavní nosnou strukturu věže – dřevěnou síťovou příhradovinu s paždíky, nárožníky a diagonálami převážně z lepeného dřeva (GL28h, GL24h, ale i KVH C24). Příčná vazba je ocelová (S235 až S355), zalamovaná, tvoří prostorovou příhradovinu s určitým množstvím excentrických a prostorových styčníků. Obdélníkový půdorys umožňuje efektivně zorganizovat vyhlídkovou plošinu.

Do věže je zavěšeno na každé diafragma ocelové schodiště obdélníkového tvaru s podestami a mezipodestami o rozměrech 4,5 x 2,5m. Diafragmata tvoří v lichém poli ocelové paždíky, dřevěné lepené paždíky a jejich rámové zesílení ocelovými vzpěrkami v rozích. V sudých polích se diafragma skládá z ocelového kosočtverce s přípojným trámem schodiště. Prostorová tuhost schodiště je zajištěna křížovými lanky, vzpěrkami a vlastními nosnými prvky schodiště (rošty, schodnice a trámy).

Výsledky varianty jsou uvedeny v bilanční tabulce v příloze práce. Maximální průhyb při padesátiletém větru je 140mm při směru větru kolmo na delší stěnu, hmotnost stavby je cca 96t, mezní rychlost pro garantování komfortu návštěvníků je 15ms⁻¹.



Obr 18. Axonometrie varianty A



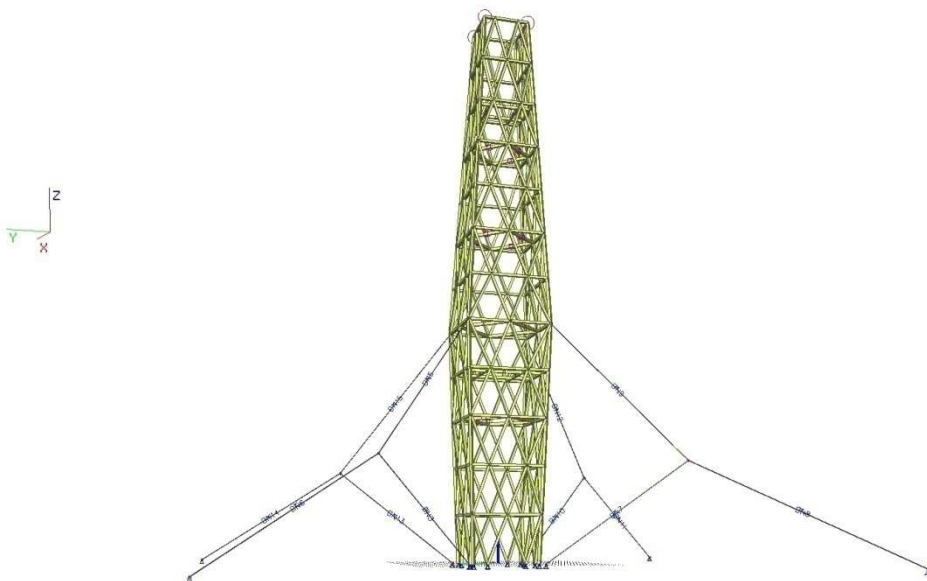
Obr. 19: Schéma varianty A.

Varianta B: kotvený čtyřúhelník se zalomením

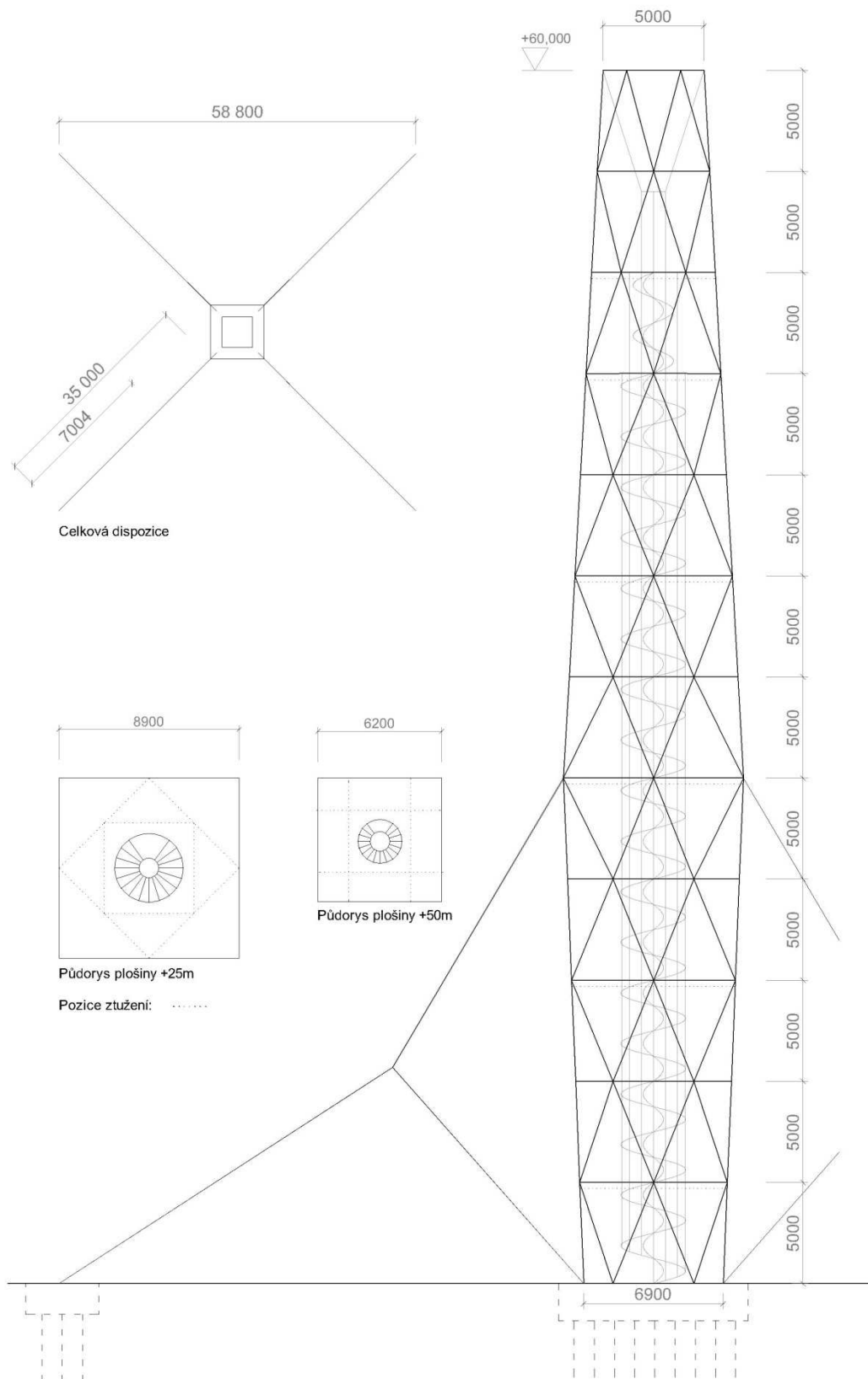
Věž je navržena konická, od paty se rozšiřuje směrem ke střední vyhlídkové plošině ve výšce 25m, odtud se k vrcholu věže zužuje. Ve výšce 50m se nachází další vyhlídková plošina, konstrukce sahá do 60m nad terén, kde se síly ze schodišťových lan přenášejí do hlavní nosné konstrukce. Hlavní nosnou konstrukcí je síť nárožníků, diagonál a paždíků z lepeného dřeva GL24h, uspořádána do půdorysného čtverce. Tato konstrukce je ztužena ocelovými diafragmaty po pěti až deseti metrech výšky, do kterých je vloženo ocelové okruží pro připojení schodiště. Hlavní konstrukce je dále podepřena soustavou předepnutých lan (předpětí voleno 450kn v každém lanu), soustava lan je kotvena do betonových kotevních bloků. Výhodou této konstrukční varianty jsou dvě vyhlídkové plošiny v různých výškách podle fyzických možností návštěvníků. Lana snižují namáhání prutových nosných prvků.

Na každé diafragma je zavěšeno ocelové kruhové schodiště s podestami po 5m výšky. Schodiště je zajištěno proti působení větru pavučinou zavětrovacích lan, které kotví schodnice do styčnic v nárožnících. Schodiště je navrženo z pochozích roštů a dalších konstrukčních prvků (schodnice z ocelové pásovin, ocelové trámky, další konstrukční prvky). Schodiště má 1,2m šířky, vnější poloměr je roven 3,5m.

Výsledky varianty jsou uvedeny v bilanční tabulce v příloze práce. Maximální průhyb při padesátiletém větru je 102mm při směru větru kolmo na stěnu, hmotnost stavby je cca 98t, mezní rychlost pro garantování komfortu návštěvníků je 15ms⁻¹.



Obr. 20: Perspektiva varianty B



Obr.21: Schéma varianty B

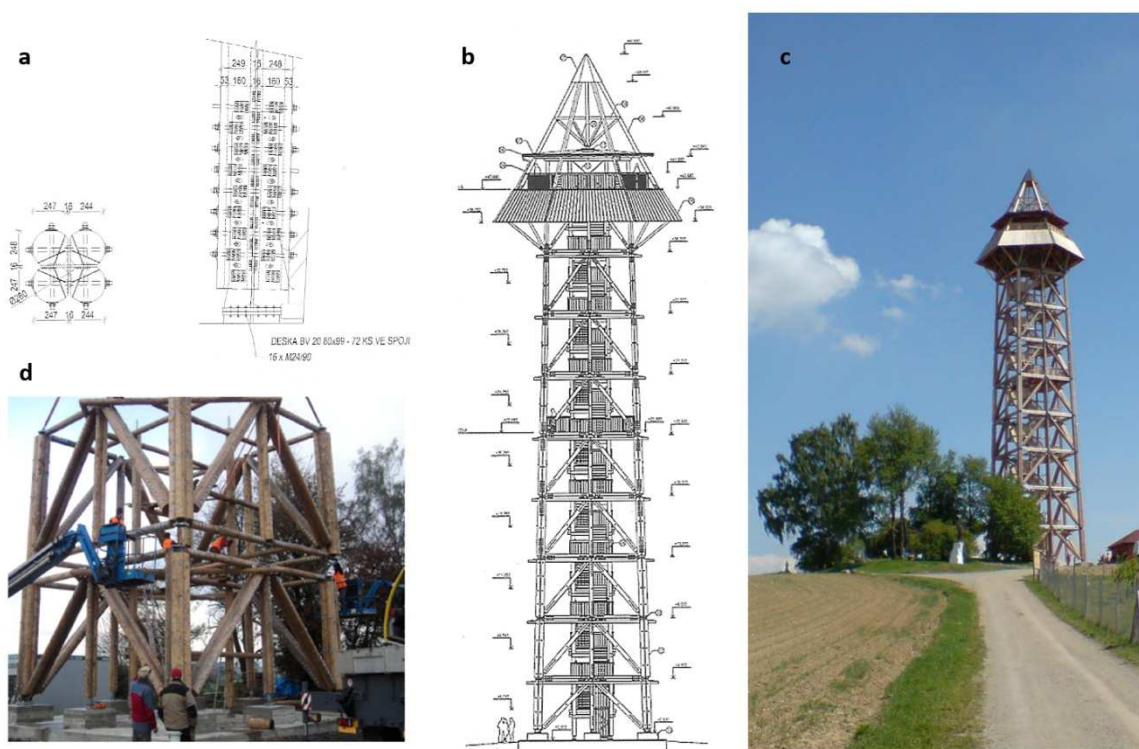
Závěr studie a porovnání konstrukčních variant

Pro podrobnější technické řešení byla vybrána varianta A, tedy kotvená věž, kónický se zužující směrem k vrcholu. Tato varianta věže vykazovala vůči variantě B menší prostorové nároky na lana, velkorysejší řešení horní vyhlídkové plošiny. Hmotnost varianty B je v podstatě stejná, odpadá ale náročnost kotvení. Z hlediska uživatele stavby vykazují stejnou mezní rychlost větru pro užívání (15ms^{-1}). Za určitou nevýhodu varianty A lze považovat velké množství oceli, která dosahuje 50% hmotnosti.

Varianta A je tvarově srovnatelná s již realizovanou stavbou dvaapadesátimetrové rozhledny v obci Bohdaneč v okrese Kutná Hora.

8. Srovnání s Bohdankou

Věž Bohdanka byla vybudována v roce 2011 v obci Bohdaneč spoluprací mnoha výrobních a projekčních subjektů (VUT v Brně, ČVUT, TAROS nova). Je vysoká 50,5m, vyhlídková plošina je umístěna do výšky 40,7m. Vnější tvar je k vrcholu se zužující hranol čtyřboký o základně 8,2 x 8x2m, na vrcholu je umístěna přesahující šestiúhelníková vyhlídková plošina se zastřešením s trojúhelníkovým tvarem. Schodiště je samonosné dřevěné, stabilizované do hlavní nosné konstrukce kosočtverečnými diafragmaty z kulatiny o průměru 180mm.



Obr.22: **a)** konstrukční řešení detailů přípoje členěných prutů, **b)** východní pohled na věž, **c)** umístění v krajině, **d)** umísťování segmentů nad sebou.

Hlavní nosná konstrukce sestává z devíti modulů, na kterých je teprve umístěn vrcholek věže s vyhlídkovou plošinou. Prvky konstrukce jsou z rostlého dřeva (kulatiny): nárožníky se skládají ze čtyř dílů (4 x kulatina o průměru 180-320mm), mezilehlé sloupy ze dvou dílů (2 x kulatina o průměru 220-250mm), diagonály ze dvou dílů (2 x kulatina o průměru 220-300mm), podélníky také ze dvou dílů (2 x kulatina 220mm). Ocelové styčníky mezi jednotlivými segmenty byly rozděleny konstrukční rovinou, aby mohl být každý segment prvně smontován na zemi, jeřábem osazen na konstrukci a přišroubován k předešlému segmentu jednak ve spoji, jednak v paždicích. Prefabrikované schodiště se vkládalo

dodatečně. Dynamické vyšetřování věže (Salajka, Kanický, Kala, 2006) prokázalo vhodnost zvoleného řešení, doporučilo pouze lokální zajištění prutů proti jejich individuálnímu rozkmitání. V tomto smyslu se zvolené řešení vkládaných styčnickových plechů ukázalo výhodné. Pro omezení vzniku trhlin byly plechy opatřeny prolisovanými plechy a spínacími vruty. Vzhledem k velkým namáháním ve spodních patrech, byly zde styčnickové plechy realizovány průběžně přes celé patro – kulatina zde má tedy stabilizující funkci, při působení tlaku vybočení plechu a přenáší část síly kontaktem.

Stavba konstrukce trvala tři měsíce, spotřeba smrkové kulatiny byla 160m³, spotřeba řeziva a lepeného dřeva 45m³, spotřeba oceli ve spojích 33t. Celkovou hmotnost lze odhadnout na cca 106t (na metr délky tedy 2040kg).

Z pohledu spotřeby hmoty vychází předkládané varianty A i B výhodněji, přestože dosahují vyšší výšky (cca 1600 kgm⁻¹). Této hodnoty je dosaženo vyšší jakostí dřeva a celkovým menším součinitelem plnosti - také díky lehkému ocelovému schodišti. Přestože stavby dosahují vyšších výšek, hodnota maximálních vypočítaných průhybů ve vrcholu jsou menší (140mm var.A, 100mm var B).

Z pohledu ekonomického bude zřejmě vycházet věž Bohdanka výhodněji, neboť je v daleko větší míře tvořena běžným dřevem. To sice zvyšuje hmotnost, ale právě zvýšení hmotnosti má za následek vylepšení dynamického chování věže – snížení maximálních zrychlení.

Zde se nachází podnět, kterým by se mohly případně dále vyvíjet úvahy pro optimalizaci varianty A. V jejich vyšších partiích totiž jsou totiž nárožníky méně využity, působí zde spíše svojí tuhostí (zmenšují deformace stavby mezi podlažími) a svojí hmotností (zvyšují setrvačnost). Je otázkou, zda je zde nenahradit například vhodně zvolenými složenými průřezy, které mají při vyšší hmotnosti větší konstrukční využití průřezu.

9. Závěr

Byly nadimenzovány dvě konstrukční uspořádání věží ve vztahu k zatížení větrem. Všechny využívají kombinace konstrukčního převážně lamelového lepeného dřeva GL24h a GL28h pro hlavní nosné konstrukce. Některé prvky jsou ocelové, stejně jako schodiště. Jedna z variant byla dopracována do podrobnosti technických detailů a prokázala tak použitelnost zvolené koncepce pro stavbu vyhlídkových věží o výšce 60m.

Během celého procesu se ukázalo, že vazba konstrukční řešení – zatížení je velmi těsná a například v případě schodiště vyžadovala asi pět postupných přibližování ručním výpočtem s neustálými změnami modelu. Způsobené vnitřní síly na tyto změny reagovaly zmenšením až o 10 procent, což není zanedbatelné. Je zřejmé, že optimální řešení těchto staveb nemusí být zcela intuitivní a přitom každá změna vyžaduje poměrně velké množství výpočtové práce.

10.Literatura

Normy a legislativa

ČSN EN 1990 "Eurokód: 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 1993-1-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby."

ČSN EN 1993-1-8 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků."

ČSN EN 1993-1-8 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny - Stožáry."

ČSN EN 1995-1 "Eurokód : Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby."

ČSN P ENV 1991-2-4 "Předběžná norma: Zásady navrhování konstrukcí – Část 2-4: Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem."

ČSN 73 00 35 „Zatížení stavebních konstrukcí.“

ČSN ISO 12495 „Zatížení konstrukcí námrazou.“

ČSN EN 338 „Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti.“

ČSN EN 1194 „Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot.“

ISO 10137: „Bases for design of structures .— Serviceability of buildings and walkways against vibrations.“

Nařízení vlády 272/2011 Sb o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Studie, monografie, skripta

Jelínek, Jan : Střecha nad hlavou, Vutium, Brno 2006, ISBN 80-214-2367-6

Chamball, Duncan B.: Řecká a římská obléhací technika 399 př. n. l. – 363 n. l., Grada 2008, ISBN 978-80-247-2420-1

Zhaoa,X., Ding, J.M., Suna, H.H.: Structural design of Shanfhai Tower, Procedia Engineering. Volume 14, 2011, ISSN: 1877-7058.

S. Nakamura, Field measurements of lateral vibration on a pedestrian suspension bridge, The Structural Engineer 81,2013, ISSN: 1466-5123.

Zivanovic, S., Pavic, A. and Reynolds, P. : Vibration serviceability of footbridges under humaninduced excitation: a literature review , Journal of Sound and Vibration, VOL:279, 2005, ISSN: 0022-460X.

Krämer, Volker: Dřevěné konstrukce. Příklady a řešení podle ČSN 73 1702. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009. ISBN 978-80-87438-16-9.

Lederer, Ferdinand: Priestorové ocelové konštrukcie. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, 1981.

Koželouh, Bohumil: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. Step 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2007. ISBN 80-86 769-13-5.

Koželouh, Bohumil: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí. Praha: ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-73-3.

Fischer, Ondřej; Koloušek, Vladimír; Pirner, Miroš: Aeroelasticita stavebních konstrukcí. Praha: Academia, 1977.

Pirner, Miroš; Fischer, Ondřej: Zatížení staveb větrem. Praha: ČKAIT, 2003. ISBN 80-86769-10-0.

Kozák, Jiří: Ocelov stožáry a věže. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00374-1.

Fischer, Ondřej; Pirner, Miroš: Dynamika kotvených stožárů. Praha: Academia, 1987.

Straka, Bohumil; Vejpustek, Zdeněk; Valíček, Jan: Inovativní řešení konstrukce a montáže rozhledny Bohdanka. In Konstrukce (květen-červen 2011), r. 10, č.3, s.30.

Disertační práce

Nevažil, Aleš: Dynamika lanových konstrukcí. Brno, 2008. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí disertační práce doc. Ing. V. Salajka, CSc.

Diplomové práce

Valíček, Jan: Statické a dynamické posouzení konstrukce vyhlídkové věže, Brno, 2012, Vysoké učení technické v Brně, vedoucí disertační práce doc. Ing. V. Salajka, CSc.

Bakalářské práce

Fuchsová, Michaela.: Větrné poměry Brna a okolí, Brno 2012, Masarykova univerzita, vedoucí práce doc. RNDr. Petr Dobrovolný, CSc.

Internetové zdroje

www.wikipedia.org

www.stavebnikonstrukce.cz

www.sciencedirect.com

11. Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

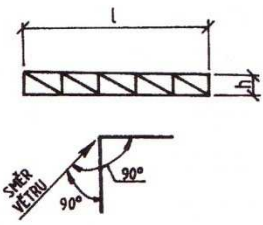
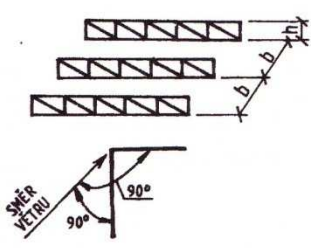
- Obr.01 Historický přehled (zdroj: wikipedie, internet)
- Obr.02 Profil rychlostí větru (zdroj: Zatížení staveb větrem, Pirner, Fischer 2003)
- Obr.03 Vliv Coriolisovy síly (zdroj: Zatížení staveb větrem, Pirner, Fischer 2003)
- Obr.04 Složený efekt vlivu drsnosti a Coriolisovy síly (zdroj: Zatížení staveb větrem, Pirner, Fischer 2003)
- Obr.05 Střední a flukтуаční rychlost (zdroj: Zatížení staveb větrem, Pirner, Fischer 2003)
- Obr.06 Závislost intenzity turbulence na výšce (zdroj: Ocelové stožáry a věže, Kozák, 1990)
- Obr.07: závislost nárazovitosti větru na integrační době (zdroj: Ocelové stožáry a věže, Kozák, 1990)
- Obr.08: Obtékání tělesa (zdroj: Ocelové stožáry a věže, Kozák, 1990)
- Obr.09: Součinitelé síly (zdroj: Aeroelasticita stavebních konstrukcí, Pirner, Fischer, Koloušek, 1977)
- Obr.10: Součinitelé síly (zdroj: Dynamika kotvených stožárů, Fischer, Pirner, 1987)
- Obr.11: Výkonová spektrální hustota (zdroj: ČSN EN 1991-1-4 Zatížení staveb větrem)
- Obr.12: Tvary budov pro určení cscd (zdroj: ČSN EN 1991-1-4 Zatížení staveb větrem)
- Obr.13: Přístupy ČSN a Eurokódů
- Obr.14: Podmínky vzniku ledovky (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Obr.15: Tvary namrzání ledovky
- Obr.16: Geometrie námrazy pro štíhlé (typy A a C) a široké prvky.
- Obr.17: Kritéria zrychlení (zdroj: ISO 10137)
- Obr.18: Perspektiva varianty A
- Obr.19: Schéma varianty A
- Obr.20: Perspektiva varianty B
- Obr.21: Schéma varianty B
- Obr.22: Bohdanka (zdroj: Inovativní konstrukce Časopis konstrukce)

Tabulky:

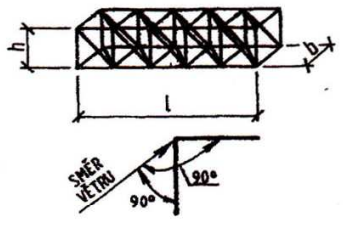
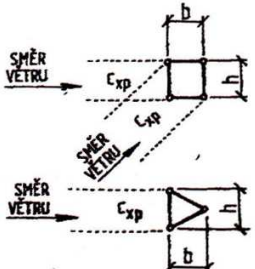
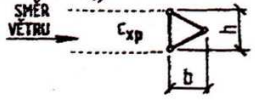
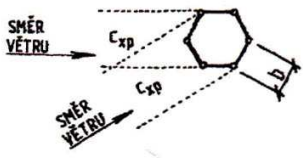
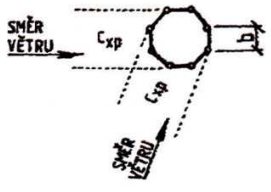
- Tab. 1: Rozdílné vlastnosti typů námraz (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab. 2: Třídy ledovky ICG, objemová hmotnost 900kgm-3. (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab. 3: Třídy námrazy ICR. (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab. 4: Parametry námrazy štíhlých prvků typů A,B a C,D pro objemovou hmotnost 500kgm-3. (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab. 5: Parametry námrazy širokých prvků pro objemovou hmotnost 500kgm-3. (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab. 6: Změna tvarového součinitele větru pro tyče a velké prvky, třída ICR3. (zdroj: ČSN ISO 12494)
- Tab.07: Četnosti rychlostí větru v Brně-Tuřanech v období 1961-2010. (zdroj: Fuchsová, 2012)

12. Přílohy

12.1 ČSN 730035 Tabulka 24

Poř. č.	Schéma konstrukce a působení větru	Ustanovení týkající se tvarových součinitelů C_x																																															
1	2	3																																															
5.	<p>Rovinný příhradový nosník</p> 	<p>1. Součinitel $C_v = \frac{\sum C_{xi} \cdot A_i}{A}$, kde C_{xi} je tvarový součinitel i-tého prvku příhradového vazníku, A_i je plocha průřezu i-tého prvku příhradového vazníku na jeho rovinu, A plocha vazníku daná jeho vnějším obrysem.</p> <p>Jsou-li pro všechny prvky vazníku C_{xi} stejné hodnoty C_x pak $C_{xi} = C_x \cdot \varphi$, $\varphi = \frac{\sum A_i}{A}$ (součinitel plnosti).</p> <p>2. Součinitele C_x se uvažují podle poř. č. 2, 3 a 4.</p> <p>3. Tvarový součinitel C_{xi} se vztahuje k průřezu plochy A na rovinu kolmou ke směru větru.</p>																																															
6.	<p>Řada rovinných příhradových nosníků uložených rovnoběžně za sebou</p> 	<p>1. Tvarový součinitel prvního vazníku na návětrné straně C_{xi} se stanoví podle poř. č. 5; pro druhý a každý další vazník sestavený z válcovaných profilů nebo trub (při $Re < 4 \cdot 10^5$) se určí ze vzorce $C'_{xi} = C_{xi} \cdot \eta$, kde η je součinitel závislý na φ (viz poř. č. 5) a b/h; je uvedený v tabulce:</p> <p style="text-align: center;">Tabulka součinitelů η:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">φ</th> <th colspan="5">b/h</th> </tr> <tr> <th>1/2</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6 a více</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,1</td> <td>0,93</td> <td>0,99</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,75</td> <td>0,81</td> <td>0,87</td> <td>0,90</td> <td>0,93</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,56</td> <td>0,65</td> <td>0,73</td> <td>0,78</td> <td>0,83</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>0,38</td> <td>0,48</td> <td>0,59</td> <td>0,65</td> <td>0,72</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,19</td> <td>0,32</td> <td>0,44</td> <td>0,52</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>0,6 a více</td> <td>0</td> <td>0,15</td> <td>0,30</td> <td>0,40</td> <td>0,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Pokud je $Re > 4 \cdot 10^5$ uvažuje se $\eta = 0,95$ (Re viz poznámka ²⁾ k tab. 20).</p> <p>3. Pro zvlášť závažné konstrukce se součinitel η upřesňuje na základě experimentů.</p>	φ	b/h					1/2	1	2	4	6 a více	0,1	0,93	0,99	1,00	1,00	1,00	0,2	0,75	0,81	0,87	0,90	0,93	0,3	0,56	0,65	0,73	0,78	0,83	0,4	0,38	0,48	0,59	0,65	0,72	0,5	0,19	0,32	0,44	0,52	0,61	0,6 a více	0	0,15	0,30	0,40	0,50
φ	b/h																																																
	1/2	1	2	4	6 a více																																												
0,1	0,93	0,99	1,00	1,00	1,00																																												
0,2	0,75	0,81	0,87	0,90	0,93																																												
0,3	0,56	0,65	0,73	0,78	0,83																																												
0,4	0,38	0,48	0,59	0,65	0,72																																												
0,5	0,19	0,32	0,44	0,52	0,61																																												
0,6 a více	0	0,15	0,30	0,40	0,50																																												

12.2 bilsnční tabulky variant A a B

Poř. č.	Schéma konstrukce a působení větru	Ustanovení týkající se tvarových součinitelů C_x
1	2	3
7.	<p>Prostorová příhradová konstrukce (nosník, věŝ)</p>     	<ol style="list-style-type: none"> Tvarový součinitel prostorového vazníku (věŝe) za předpokladu, ŝe směr větru je kolmý k rovině návětrné plochy se určí podle vzorce $C_{xp} = C_{xr} (1 + \eta),$ kde C_{xr} tvarový součinitel jedné stěny vazníku v rovině kolmé větru, určený podle poř. č. 5, η součinitel stanovený podle poř. č. 6. U tříhranné věŝe se při $\varphi \geq 0,1$ vynásobí součinitel C_{xp} (stanovený podle předchozího bodu pro η, přísluŝející k poměru b/h tříhranné věŝe – viz obr.), součinitelem 0,9. Při směru větru kolmo na úhlopříčku čtyřhranné věŝe se C_{xp} stanovený podle bodu 1 vynásobí součinitelem ψ, a to: <ul style="list-style-type: none"> u ŝelězobetonových věŝí $\psi = 1,2$, u ocelových věŝí z jednotlivých prvků $\psi = 1,1$, u ocelových věŝí ze sloŝených prvků $\psi = 1,2$, u dřevěných věŝí z jednotlivých prvků $\psi = 1,2$, u dřevěných věŝí ze sloŝených prvků $\psi = 1,3$. Pro věŝe ŝestiboké nebo osmiboké se součinitel C_{xp} určí jako pro čtyřboké těleso stoŝáru se stranami b, přičemŝ ŝe plocha $\sum A$, se dosadí plocha ke směru větru kolmých průmětů prvků a styčnickových plechů z celé návětrné strany uvaŝované části tělesa stoŝáru. Výsledné zatížení na jednotku délky l je $w_{zn} = b \cdot C_{xp} \cdot x_w \cdot w_0,$

12.2 Bilanční tabulka variant A a B

Varianta A, obdélníkový kónický hranol, základna 9x9m	Objem	Hmotnost	První vlastní frekvence		Soudělná konstanta	Rychlost při dozorění komfortu pobyvu = $P_{v,0,05} \cdot K_{c,0,8}$	Celková síla odvěru od větru na konstrukci při návrhové schodiště = $P_{v,0,05} \cdot K_{c,0,8}$	Celková síla odvěru na konstrukci při návrhové plochy do referenční návětrné roviny. (A _{tot,S/A})	Průmět konstrukcí celé návětrné plochy do referenční návětrné roviny. (A _{tot,S/A})	Soudělná přirosti diagonále (tah)	Maximální síla v diagonále (tah)	Minimální síla v diagonále (tlak)	Maximální síla v nárožniku (tah)	Minimální síla v nárožniku (tlak)
			f ₁ , Hz	csd										
Dřevo GL24h, GL28h	96,7	32 522	1,58	0,895	15,0	133	482,26	194	0,25	510	-640	1196	-499,6	
Dřevo C24	4,0	2 507												
Ocel ve spojích S355 (odhad dle Bohdánky)	-	15 000												
Konstrukční ocel S235/S355/S460	-	21 000												
Schodiště včetně táhel	-	20 000,0												
Výhlídková plošina a zastřešení	-	1 200,0												
Celkem netto		92 229												
Rezerva		1,05												
Celkem brutto		96 840												
Délka ,m		60												
Celkem na 1m výšky		1 614	kg/m											
Velikost plošiny ,m ²		37,30												
Celkem na 1m výšky a 1m ² výhlídkové plošiny		43	kg/m ³											

56 029

Varianta B, čtverec, základna 6,5x6,5m	Objem	Hmotnost	První vlastní frekvence		Soudělná konstanta	Rychlost při dozorění komfortu pobyvu = $P_{v,0,05} \cdot K_{c,0,8}$	Celková síla odvěru od větru na konstrukci při návrhové schodiště = $P_{v,0,05} \cdot K_{c,0,8}$	Celková síla odvěru na konstrukci při návrhové plochy do referenční návětrné roviny. (A _{tot,S/A})	Průmět konstrukcí celé návětrné plochy do referenční návětrné roviny. (A _{tot,S/A})	Soudělná přirosti diagonále (tah)	Maximální síla v diagonále (tah)	Minimální síla v diagonále (tlak)	Maximální síla v nárožniku (tah)	Minimální síla v nárožniku (tlak)
			f ₁ , Hz	csd										
Dřevo GL24h	116,0	44 000	1,89	0,897	15,0	137	511,00	167	0,36	470	-730	563	-889	
Dřevo C24	5,6	1 957												
Ocel ve spojích S355 (odhad dle Bohdánky)	-	15 000												
Konstrukční ocel S235/S355/Jana	-	11 795												
Schodiště včetně táhel	-	17 542,4												
Výhlídkové plošiny	-	4 000,0												
Celkem netto		94 236												
Rezerva		1,05												
Celkem brutto		98 948												
Délka ,m		60												
Celkem na 1m výšky		1 649	kg/m											
Velikost plošiny ,m ²		103,90												
Celkem na 1m výšky a 1m ² výhlídkové plošiny		16	kg/m ³											

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY

02 Technická zpráva

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA

BRNO 2014

1. Dispozice	2
2. Konstrukce věže.....	2
2.1 Materiály.....	3
2.2 Prvky podélné vazby	3
Nárožníky.....	3
Podélné paždíky.....	4
Diagonály	5
2.2 Prvky příčné vazby	5
Příčné paždíky.....	5
Dřevěné vzpěry.....	5
Vzpěry Daversteels	6
Konstrukční úpravy šestého modulu.....	6
Vodorovná diafragma.....	6
3. Konstrukce schodiště.....	7
4. Konstrukce vyhlídkové plošiny	7
5. Podloží a zakládání.....	8
6. Model a výpočet konstrukce	8
7. Montáž.....	9
8. Doprava na staveniště	9
9. Ochrana dřeva a oceli	10
10. Použité normy.....	11

Pro podrobnější technické řešení byla vybrána varianta A, tedy kotvená věž, kónický se zužující směrem k vrcholu. Tato varianta věže vykazovala vůči jiným variantám menší prostorové nároky a velkorysejší řešení horní vyhlídkové plošiny. Navíc je tvarově srovnatelná s již realizovanou stavbou dvaapadesátimetrové rozhledny v obci Bohdaneč v okrese Kutná Hora.

1. Dispozice

Konstrukci věže tvoří tři hlavní konstrukční celky. Jedná se o kovové schodiště, vedoucí z úrovně +0,000 na vyhlídkovou plošinu (+50,000), vyhlídkovou plošinu a vlastní dřevo-kovovou věž, která schodiště a plošinu vynáší. Tvar věže se s rostoucí výškou mění: půdorys u paty věže má rozměry 9x9m, půdorys ve výšce vyhlídkové plošiny má rozměr 9x4,5m. Rozměr se tedy zmenšuje pouze na jedné straně, což má za následek rozdílné pohledy na věž: příčný pohled je směrem vzhůru kónický, pohled v opačném směru je obdélníkový. Výška od země po nejvyšší bod konstrukce je 60m.

2. Konstrukce věže

Věž je tvořena kombinovanou konstrukcí oceli a dřeva. Skládá se ze šesti desetimetrových výškových modulů po dvou polích, z nichž pět je typologicky shodných (mění se pouze rozměry prvků, ne jejich způsob uspořádání). Nejvyšší (šestý) modul se typologicky liší – slouží již pouze k vyvěšení posledního patra schodiště a vyhlídkové plošiny pomocí systému táhel a rozpěr tvaru X.

Hlavním nosným elementem jsou dvě dřevěné příhradové struktury, tvořící zkosené stěny věže. Systém průběžných nárožníků, průběžných vodorovných paždíků a kloubově uložených diagonál vytváří příhradové uspořádání prvků, skládajících se ze samých trojúhelníků. Tím se vytváří dostatečně tuhá struktura podélné vazby, která je hlavním prvkem konstrukce odolávajícím zatížení od větru příčného, podélného i větru pod úhlem 45 stupňů. Ostatní konstrukční prvky (příčná vazba a diafragmata) zajišťují spíše celkovou prostorovou tuhost a přenos horizontálních sil (globální smyk), než odolávání výslednému momentu od větru (globální ohyb).

Příčná vazba zajišťuje spojení podélných vazeb. Skládá se z kombinace dřevěných prutů, ocelových vzpěr Macalloy, ocelových paždíků a ocelových vzpěrek. Prvky nejsou uspořádány rovinně, ale tvoří zalamovanou prostorovou strukturu.

2.1 Materiály

Základním materiálem je lamelové dřevo GL24h, na nejzatíženější části nárožníků je použito dřevo GL28h. Na méně zatížené prvky bylo z ekonomických důvodů použito dřevo KVH o třídě pevnosti C24. Standard provádění je dle ČSN EN 390 Lepené lamelové dřevo.

Ocel je využita v různých třídách pevnosti, opět podle zatížených prvků. Vedle S235 je využito oceli S355. Vnitřní styčnickové plechy jsou z oceli S355, kolíky z S355, přesné svorníky jsou třídy 5.8 a 8.8.

Beton základů je třídy C20/25.

2.2 Prvky podélné vazby

Nárožníky

Nárožníky jsou navrženy jako prizmatické průřezy, jejich dimenze se s výškou konstrukce mění. Nejnižší nárožník je z lepeného dřeva GL28h o průřezu 300x640mm, ostatní jsou z GL24h menších průřezů.

Nárožníky jsou navrženy spojitě, prvky jsou tedy namáhány stabilitní kombinací vzpěrného tlaku a prostorového ohybu, kombinací tahu a prostorového ohybu a v místě oslabení průřezů ve spojích také příslušnými kombinacemi tlaku, tahu a prostorového ohybu. Vzhledem k tomu, že v každém styčnicku jsou prvky zajištěny proti vybočení v obou směrech, uvažuje se součinitel vzpěrné délky pro posuzování stability roven jedné. Z momentového namáhání je významný pouze moment k tvrdší ose. Namáhání nárožníků posouvacími silami je zanedbatelné.

Vzájemné spoje nárožníků jsou navrženy jako dvojstřížné kolíkové nebo přesné svorníkové. Spojení prvků je dosaženo díky vnitřním styčnickovým plechům s předvrtanými otvory v plechu i spojovaném prvku. U spoje tedy nedochází k prokluzu a jeho únosnost je vyšší. Styčnickové plechy jednotlivých prutů jsou k sobě svařeny. Pro počty spojovacích kolíků je obecně rozhodující maximální tahová síla v prvku. Vzhledem k velikostem normálových sil se tam, kde to je možné, uvažuje s přenesením tlakových sil kontaktem prvek-prvek a to až do výše padesáti procent maximální tlakové síly v prvku. Pro spoje je použito kolíků o průměrech 16, 20 a 24mm

Rovinný spoj nárožník-paždík-diagonály (detail B) je navržen centricky pomocí čelní desky připevněné na nárožníky, ze které se odpojují vnitřních styčnickové plechy jednotlivých prvků. Tloušťka styčnickových plechů je vzhledem k velkým zatížením ve spodní části části stavby 16mm. Paždík i diagonály jsou k nárožníku připojeny přes boční připojovací plech, přípoj je navržen na posouvací sílu $V_{z,Ed}=300kN$ coby výslednici nejnepříznivější kombinace vzhledem k tomuto namáhání.

Prostorový spoj nárožník – příčný paždík- příčné vzpěry je realizován jiným způsobem a navíc excentricky. Vzpěry jsou prvně připojeny styčnickovými plechy k trubkovému příčnému paždíku a ten je teprve čelní deskou připojen k nárožníku kolmo na tvrdou osu nárožníku. Připoj paždíků i diagonál je navržen z přesných svorníků které zvyšují únosnost spojení s menším počtem spojovacích prostředků.

Ukotvení nárožníku je řešeno detailem A. V patě v nároží půdorysu je vytvořen prostorový svařenec, spojující nárožník, diagonálu a vzpěru. Diagonála i vzpěra jsou do styčnicku připojeny centricky tak, aby maximum tlakových sil mohlo být přeneseno mezi prvkem a patním plechem kontaktem prvek-plech.

Spoj nárožník-nárožník předpokládá přenesení ohybových momentů M_y i malých ohybových momentů M_z . Aby nebyly spoje namáhány na zbytečně velké vnitřní síly, jsou oproti teoretickému umístění styčnicku posunuty o cca 2m vzhůru (vnitřní síly se po výšce zvětšují a jejich zlomy nastávají v teoretických styčnicích).

Výše popsané technické řešení umožňuje modelovat nárožník coby spojitý šikmý sloup, dole uložen na kloubové podpoře a v úrovni každého pole připojen klouby k ostatním prvkům ve spoji. Z důvodů zamezení vzniku singularit globální matice tuhosti soustavy je navíc podpora definována jako tuhá v kroucení, ačkoliv torzním momentem prvek namáhán není. Využití těchto prvků vzhledem k excentricitám a oslabením dosahuje 90 procent, naopak výše jsou prvky využity méně.

Podélné paždíky

Paždíky zabezpečují prostorovou tuhost, přenášejí globální posouvací síly od příčného zatížení větrem. jsou navrženy jako prizmatické prvky ze dřeva GL24h 240x440 až 240x280. Delší rozměr se po výšce mění tak, aby bylo možné k paždíků jednoduše připojovat diagonály a diafragmata. Za účelem zmenšení celkového zatížení od větru jsou paždíky položeny naplocho.

Paždík je namáhán především osovými silami, namáhání momenty je vzhledem k příhradovému uspořádání prvků velmi malé. Tomu odpovídá i zcela zanedbatelné namáhání posouvajícími silami.

Rovinný vertikální spoj paždík-diagonály (detail C) je realizován opět pomocí styčnickových plechů a kolíků. Diagonály jsou vzájemně spojeny šrouby a do sebe zapadajícími svařenci, čímž zmenšují namáhání paždíku. Paždík je nicméně v tomto místě oslaben, a proto je využití průřezu základního materiálu kolem 40 procent.

Rovinný spoj paždík – diafragma (svařený krabicový průřez 2U200) je navržen pomocí čelních plechů přivařených na seříznutá čela prutů diafragmat. Ty se poté připojují montážním spojem.

Paždík se chová jako spojitý nosník o dvou polích, podepřený v krajích klouby v nárožnicích a uprostřed podepřený dvojicí diagonál (opět kloubově). Vzhledem k eliminaci singularity globální matice tuhosti je kloub na konci prutu definován jako tuhý v kroucení.

Diagonály

Diagonály spolu s nárožníky přenášejí podstatnou část zatížení od větru. Jsou navrženy jako prizmatické prvky z lamelového dřeva GL24h 240x440mm až KVH C 160x240mm.

Diagonály se ke konstrukci připojují dvojstřížnými kolíkovými spoji s vloženým styčnickovým plechem.

Vzpěra je modelována coby prut podepřený kloubově. Jedna z podpor je tuhá v kroucení kvůli eliminaci singularit globální matice tuhosti. Využití průřezu je 70 až 90 procent.

2.2 Prvky příčné vazby

Příčné paždíky

Příčné paždíky jsou součástí příčné vazby. Konstrukční uspořádání i půdorysné umístění se liší každé sudé (S355 CHS 193,7/16mm) a liché patro (S235 CHS 168/4mm). Paždík je umístěn střídavě do nárožníku, střídavě do středního styčnicku diagonály-paždík v podélné vazbě. Vzhledem ke svému převážně osovému namáhání a torznímu namáhání od zavěšeného schodiště, je průřez navržen kruhový.

Spoj paždík-nárožník (v úrovni +10,+20,+30,+40, +50m) je popsán výše. Spoj příčný paždík-podélný paždík (v úrovni +5,+15, +25, +35, + 45m) je navržen přes čelní desku.

Dřevěné vzpěry

Vzpěry jsou navrženy ze dřeva GL24h 220x380mm až 180x340mm. Vzpěry jsou namáhány vzpěrným tlakem popřípadě tahem od působení větru. K lichým paždíkům je vzpěra připojena centricky, k nárožníkům potom excentricky přes sudý příčný paždík. Protože je vzpěra obecně umístěna v prostoru, jsou konce zaříznuty šikmo, aby horní a spodní okraje byly horizontální.

Spoje jsou provedeny přes styčnickové plechy s kolíky (viz detail A). Množství kolíků a tudíž velikost plechů se s výškou mírně mění, vzpěry jsou ale obecně namáhány po celé výšce poměrně rovnoměrně.

Vzpěra je modelována coby prut podepřený kloubově. Jedna z podpor je tuhá v kroucení kvůli eliminaci singularit globální matice tuhosti.

Vzpěry Daversteels

Ocelové vzpěry jsou navrženy z typového systému Daversteels. Ocelový dřík se k okraji zužuje a vytváří elegantní tvar odpovídající vzpěrnému namáhání. Přípoj prutu a styčnickového oka je navržen pomocí šroubu M48 a M42. Únosnost tohoto prvku je udávána katalogem na $N_{b,Rd} = 208$ kN resp. 109 kN, je tedy dostatečná. Vzpěry jsou méně zatíženým detailem..

Spoje vychází z typových spojů katalogu Daversteels, kde jsou uváděny příslušné geometrie. Jedná se o styčnickové plechy s okem, navařené na příčné pažďíky do mechanicky vhodných centrických styčnicků .

Vzpěra je modelována coby prut podepřený kloubově. Jedna z podpor je opět definovaná tuhá v kroucení.

Táhla Macalloy M24

Tyto prvky byly dodány do konstrukce na základě podrobného zkoumání dynamického chování věže. Zvýšily vlastní frekvenci o 0,15 Hz, čímž přispěly k vyšší odolnosti proti působení větru a jím vyvolaných zrychlení. Táhla jsou uspořádány do křížů po 10m výšky, je možné je dopnout.

Konstrukční úpravy šestého modulu

Zatímco podélná vazba zůstává v posledním modulu typologicky neměnná, příčná vazba se redukuje na minimum. Ve svislém i horizontálním směru jsou lokálně umístěny tuhé křížové vazby (zkřížené pruty s tuhým překřížením). Tyto prvky jsou tvořeny kruhovými ocelovými průřezy S235 114,3x4mm, spojenými s nárožníky pomocí čelních desek. Účelem těchto prvků je zamezení nadměrných deformací konstrukce a redukce momentů $M_{y,Ed}$ vznikajících v přečnávajících nárožnicích. Pod horizontální kříže je navíc zavěšeno skleněné zastřešení vyhlídkové platformy (vícevrstvé bezpečnostní sklo TVG, osazené coby plošný prostý nosník do ocelového rámu z profilů RHS 100x60x6mm). Toto zastřešení je dilatačně odděleno od nosných křížů kloubovými spoji.

Namáhání těchto tuhých křížových vazeb je kombinované tlakem a ohybem.

Prvky jsou modelovány coby zkřížené pruty s pevným překřížením, předávajícím interakční momenty. Spojení s nárožníky je modelováno kloubové.

Vodorovná diafragma

Diafragma zajišťují prostorovou tuhost a vynášejí zavěšené schodiště, nalézají se ve v úrovni +10, +20,+30,+40,+50m. Tvoří je uzavřené ocelové profily S235 svařené ze dvou UAP 150mm, podporované příčnými i podélnými pažďíky. Aby diafragma nebyla namáhána torzně, jsou doplněná o přídatné trámký z S235 RHS 150x100x6mm, do kterých jsou zavěšena schodišťová táhla.

Připojení diafragmat ke konstrukci je navrženo přes styčníky obsahující navařené segmenty profilů diafragmat. K těmto segmentům se diafragmata připojí přes čelní desku. Spojení je modelováno kloubové.

3. Konstrukce schodiště

Schodiště je coby lehká ocelová konstrukce zavěšeno do každého konstrukčního modulu. Povrch podest je z ocelového roštu 3040 (typ pásu 30x4mm), osazeného v obdélníkových formátech o základním rozměru 600x1150mm. Tyto formáty jsou uloženy coby prosté nosníky na podestových trámech. Schody jsou z prefabrikovaných stupnic stejného materiálu (dodává například Tenzona), šroubovaných do ocelových schodnic. Schodnice jsou z uzavřených profilů S235RHS 150x50x2,5mm, mají tvar zalamovaného nosníku s malými přečnívajícími konci, na kterých jsou vynášeny táhly. Vedle šroubovaných schodnic jsou do nich navařeny také podestové trámky. Uspořádání prvků a podepření schodnic se liší v místě spojení modulů: podesty jsou zde konstrukčně rozděleny na dvě části, aby každému modulu příslušelo celé schodiště a celý modul bylo možné zkonstruovat na zemi.

Zavětrování schodiště proti laterálním silám (od větru a od chodců) tvoří lehká lanka systému Macalloy (nebo podobného) průměru 16mm, kotvená do schodnic a trámek. Zavětrování je provedeno v rovině svislé podélné, svislé příčné a vodorovné v každém rameni a podestách. Navíc je v místě mezipodest zavětrovací systém doplněn o vzpěry Macalloy S420 M16.

Svislé zatížení je vynášeno lanky Macalloy do prvků příčné vazby (příčných ocelových paždíků nebo do trámek v ocelových diafragmatech), jsou vždy osazeny vůči podporujícím prvkům osově (nevzniká torzní moment). Výše uvedené konstrukční řešení je bezvrubové, a tudíž není náchylné na namáhání únavou.

4. Konstrukce vyhlídkové plošiny

Konstrukce vyhlídkové plošiny vychází z uspořádání ocelových diafragmat. Toto půdorysně kosočtvercové diafragma z S355 2UAP 200 je doplněno pravouhlým rastrem sekundárních trámek, vytvářejících podpory pochůzimu ocelovému roštu (konstrukce stejná jako u schodiště). Rastr sekundárních trámek je z uzavřených průřezů S235 RHS 150x50x6mm nebo RHS 150x100x6, spojených mezi sebou navzájem a také hlavním diafragmatem koutovými svary. Všechny průřezy jsou výškově zarovnané k horní přírubě, aby vytvořily podporu ocelovému roštu v jedné rovině. Do kosočtverce diafragmatu se zespodu připojuje schodiště.

Připojení vyhlídkové plošiny ke konstrukci je pomocí čelních desek a svorníků, je považováno za kloubové připojení.

5. Podloží a zakládání

Konstrukce je uvažována jako typová, není navržena pro konkrétní lokalitu. Z tohoto důvodu nebyla řešena interakce s podložím a návrh spodní stavby je nutné považovat jako orientační, zajišťující pouze soulad s modelovým předpokladem tuhého podepření v kloubu.

Spodní stavbu tvoří základová deska o tloušťce 300mm, podepřená mikropilotami, zajišťujícími přenos tahových sil do zeminy. Z této desky vystupuje osm betonových patek pro kotvení prutů věže a dva pásy pro kotvení schodiště. Betonové patky pod nárožníky jsou z betonu C20/25, jejich rozměr je 1000x700x500mm. Patky pod diagonálami a vzpěrami Macalloy (C20/25) mají rozměry 500x500x250mm, pásy schodiště 300x2400x500mm.

Patní styčník nárožníku je podepřen kloubově. Prostorový styčník je ukotven styčníkovými plechy do vodorovného masivního plechu, který je navařen přes konstrukční kříž na patní plech. Patní plech je k patce fixován osmi mechanicky kotvenými závitovými tyčemi M36 5.6 navrženými na maximální tahovou sílu v nárožní podpoře. Kromě toho je patní plech zespod opatřen navařeným úpalkem válcovaného profilu HEB 200, zajišťující kotvení proti posunutí vlivem smykové síly.

6. Model a výpočet konstrukce

Vzhledem k použití táhel je vhodné využít nelineární modelování. Prvky jsou prutové, spoje kloubové, nebo vetknutí v případě nárožníků. Podpory jsou uvažovány tuhé klouby, spoje jsou převážně centrické. Excentricita byla modelována v případě prostorového styčníku A.. Schodiště bylo zohledněno pouze silovými akcemi na konstrukci (pro stálé a užitné zatížení, zatížení námrazou a zatížení větrem), počítáno nebylo.

Pro porovnání byl výpočet proveden také lineární výpočet. Výsledky se příliš neliší od výsledky lineárního výpočtu, protože nelineární prvek (táhla) mají poměrně malou tuhost a jsou v konstrukci za účelem vylepšení dynamických vlastností.

7. Montáž

Konstrukce je rozdělena do šesti montážních modulů po dvou polích. Každý modul má tedy deset metrů na výšku a je ukončen diafragmatem. Vzhledem k tomu, že základní kostra každého modulu je prostorově tuhá ve svém horním poli, je možné každý modul částečně sestavit na zemi, posléze umístit jeřábem na montážní styky nárožníků a doplnit scházející pruty.

Částečná montáž modulu probíhá na zemi. Prvně je sestavena jedna podélná vazba a vyzvednuta do svislé polohy. Poté je zkonstruována druhá podélná vazba a osazeny příčné paždíky a diafragmata. Na závěr jsou připojeny vzpěry příčné vazby a zavěšeno schodiště. Celý modul je posléze jeřábem vytažen za styčnickové plechy nárožníků do patřičné výšky.

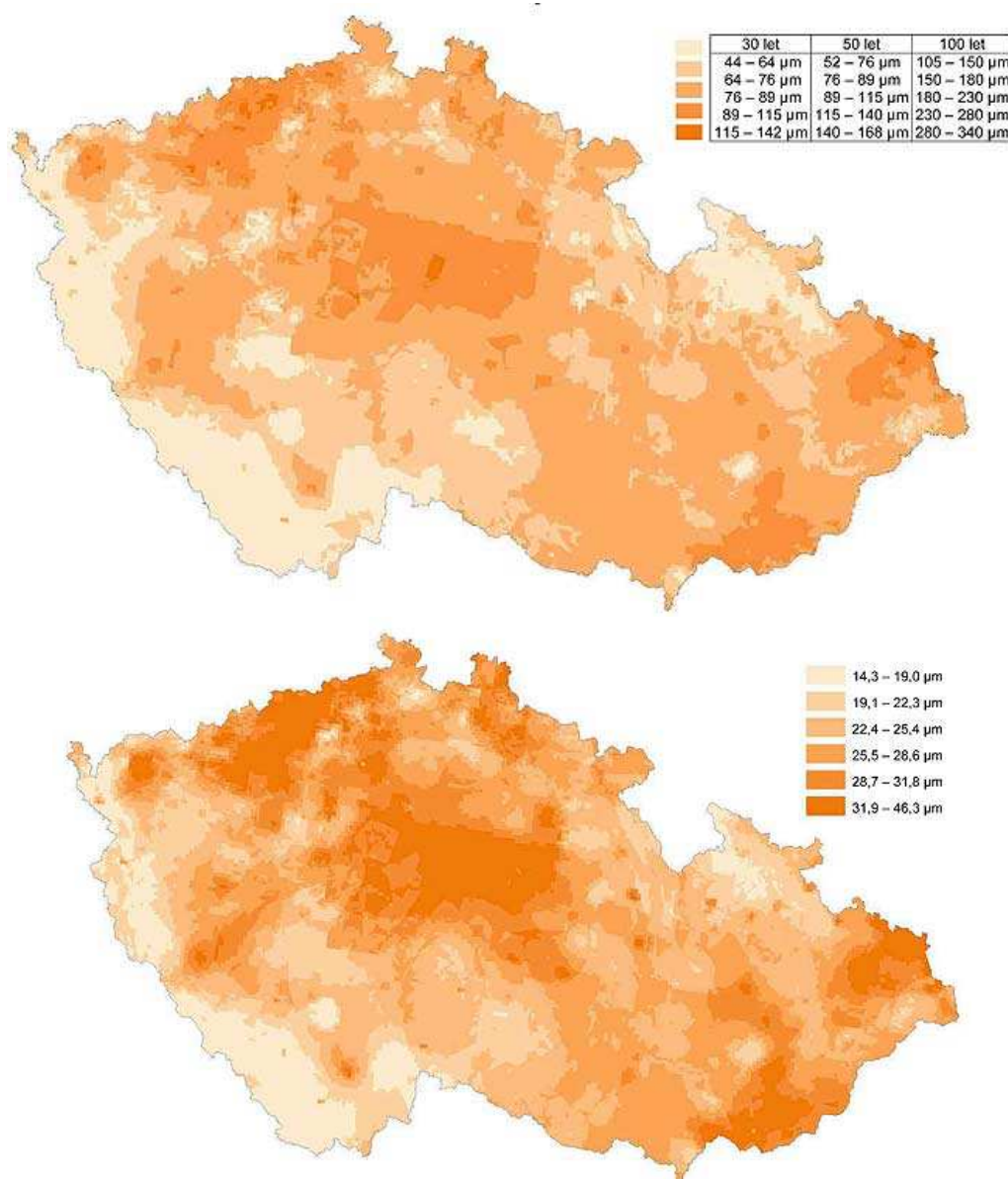
8. Doprava na staveniště

Jednotlivé díly je možné dopravit na staveniště standardními nákladními automobily. Dílce budou převáženy ve svislé poloze, aby nebyla namáhána měkká osa prvků. Vrcholové kříže budou dopraveny v celku, jejich volné konce je nutné během jízdy zafixovat. Rozměry těchto prvků (3700x3700mm) vyžaduje převoz podle pravidel pro nadměrný náklad.

9. Ochrana dřeva a oceli

Dřevo bude ošetřeno proti napadení houbami a dřevokazným hmyzem chemickými prostředky, například kapalinou Bochemit.

Ocel bude důsledně chráněna proti korozi žárovým pozinkováním. V místech, která jsou krytá dřevem (např. spoje), bude protikorozi vrstva alespoň 25 μ m, ocel nosných konstrukčních prvků (paždíky, diafragmata, vzpěry, vrcholové kříže) bude ošetřena vrstvou 120 μ m, ocel nenosných prvků 40 μ m.



Obr.01: mapa dlouhodobých úbytků oceli a mapa úbytků během prvního roku na přímo smáčených površích v závislosti na konkrétní lokalitě.

10. Použité normy

ČSN EN 1990 "Eurokód: 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 1993-1-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 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 1993-1-8 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny - Stožáry."

ČSN EN 1995-1 "Eurokód : Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby."

ČSN P ENV 1991-2-4 "Předběžná norma: Zásady navrhování konstrukcí – Část 2-4: Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem."

ČSN 73 00 35 „Zatížení stavebních konstrukcí.“

ČSN ISO 12495 „Zatížení konstrukcí námrazou.“

ČSN EN 338 „Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti.“

ČSN EN 1194 „Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot.“

ISO 10137: „Bases for design of structures .— Serviceability of buildings and walkways against vibrations.“

prEN 13474-2 „Glass in building – design of glass panes.“

Nařízení vlády 272/2011 Sb o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY

03 Statický výpočet

- 03.A Statický výpočet varianty A
- 03.B Statický výpočet varianty B

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA

03.A STATICKÝ VÝPOČET VARIANTY A

1. Obecné údaje	A.1
2. Normy	A.2
3. Zatížení	A.3
3.1 Výpočet podružných konstrukcí pro určení zatížení.....	A.4
3.2 Stálé zatížení	A.26
3.3 Užité zatížení.....	A.27
3.4 Zatížení větrem.....	A.28
3.5 Zatížení námrazou.....	A.36
3.6 Zatížení sněhem.....	A.38
4. Určení vnitřních sil	
4.1 Výpočetní software, typ výpočtu.....	A.39
4.2 Kombinace únosnosti (ULS)	A.39
4.3 Kombinace použitelnosti (SLS)	A.41
4.4 Globální a lokální imperfekce	A.41
4.5 Vzpěrné délky.....	A.42
4.6 Statický výpočet a modální analýza.....	A.43
4.6.1 Statický model.....	A.43
4.6.2 Vstupní parametry výpočtu.....	A.47
4.6.3 Výsledky výpočtu (tabulky)	A.55
4.6.4 Tvary vlastních kmitů.....	A.62
4.6.5 Průběhy vnitřních sil.....	A.64
4.6.6 Celkové deformace.....	A.70
4.6.7 Srovnání lineárního a nelineárního výpočtu.....	A.72
5. Posouzení spolehlivosti konstrukce	
5.1 Posouzení únosnosti.....	A.74
5.2 Posouzení použitelnosti a komfortu.....	A.79
5.2.1 Průhyb ve vrcholu.....	A.79
5.2.2 Komfort návštěvníků.....	A.80
5.2.3 Lokální průhyb prvků.....	A.83
6. Spoje, přípoje detaily	
6.1 Detail paty nárožníku (detail A).....	A.86
6.2 Detail středního styčnicku příčné vazby (detail E).....	A.103
6.3 Detail kotvení diagonál (detail D).....	A.111
6.4 Detail středního styčnicku podélné vazby (detail C).....	A.120
6.5 Detail styčnicku nárožníku (detail B).....	A.132
7. Přílohy	
7.1 Návrhové podklady táhel.....	A.149
7.2 Návrhové podklady ocelových vzpěr.....	A.151
7.3 Rekapitulace varianty.....	A.155
7.4 Tabulka jednotřížných spojů.....	A.157
7.5 Posouzení vybraných dřevěných prvků.....	A.158

1. Obecné údaje

- Místo: Nové Mlýny
- Větrová oblast: 2 $v_k = 25 \text{ ms}^{-1}$
- Kategorie terénu: 2
- Návrhová oblast: ICR R3

Popis konstrukce:

Dřevěná samostatně stojící příhradová konstrukce s ocelovými prvky a s složeným ocelovým schodištěm rozestavěným v poliích po 10m. Tělo hlavní NK je lepené. Věž je katována max 8. tódesh v místě základové desky.

Popis podloží:

Podloží není uváděno, předpokládá výpočet budoucích geotechnických prostředků.

2. Normy

Pro rátičeni a jejich kombinace:

Eurokód 1 ČSN EN 1991: Rátičeni konstrukcí

ČSN ISO 12494: Rátičeni konstrukcí vázáním

Eurokód 3 ČSN EN 1993-3-1: Těže a stěže
ČSN EN 1990 Lisady navrhování konstrukcí

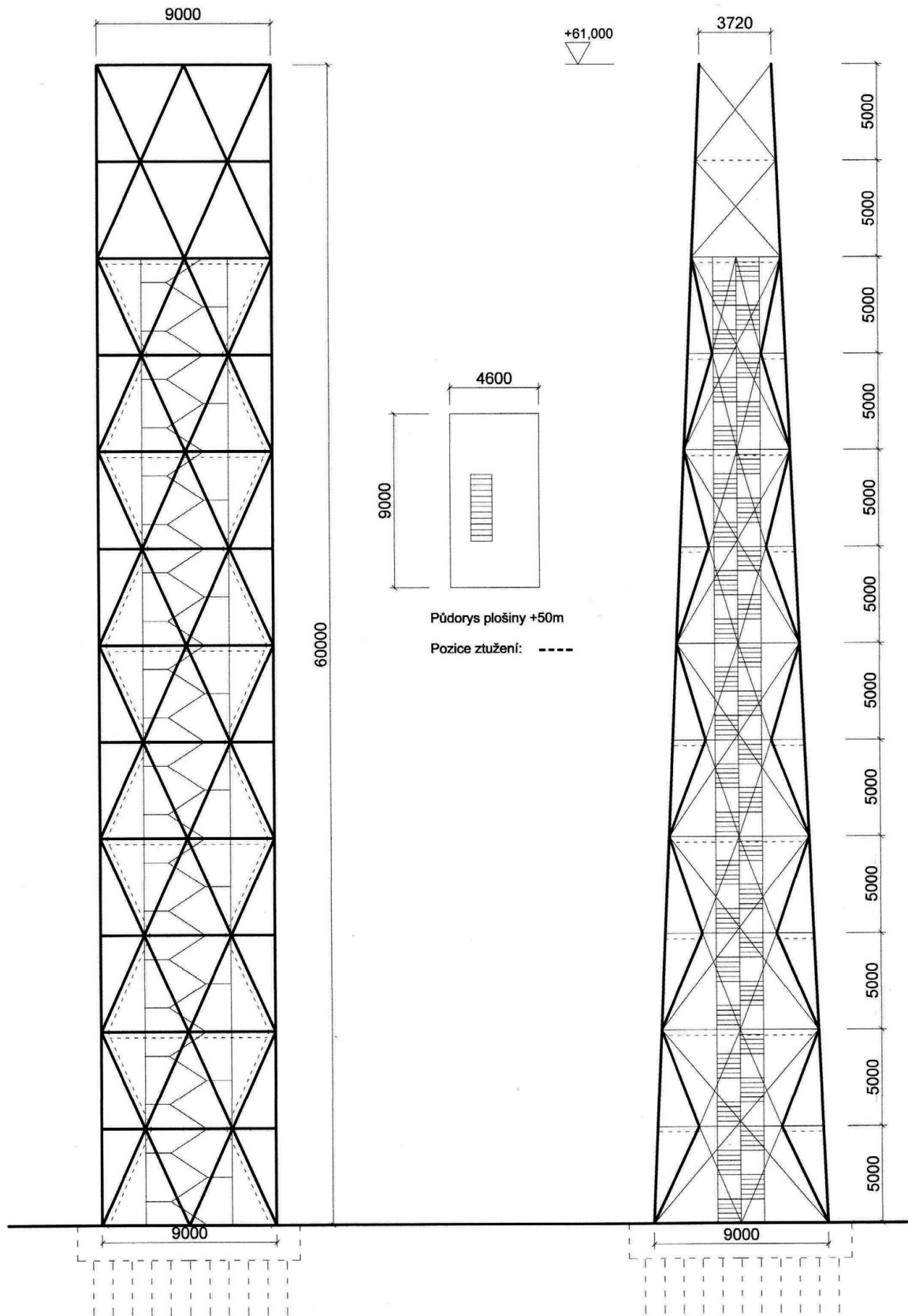
Pro měření vnitřní síle a účinků
na konstrukci a pro posuvky prvků:

Eurokód 3 ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí.

Eurokód 5 ČSN EN 1995: Navrhování dřevěných konstrukcí.

Pro výpočet skleněných dílců:

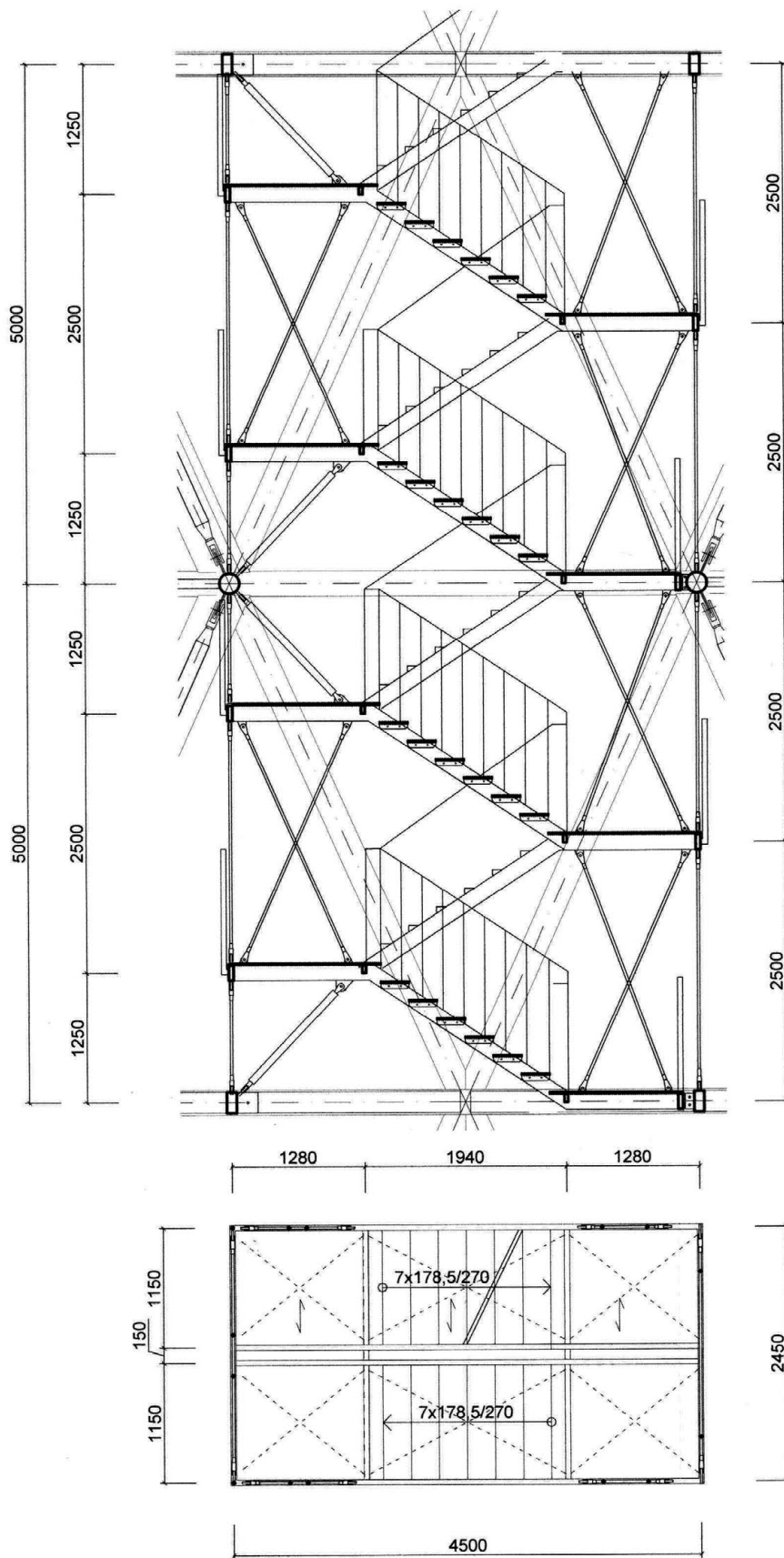
prEN 13474-2 Glass in building -
Design of glass panes



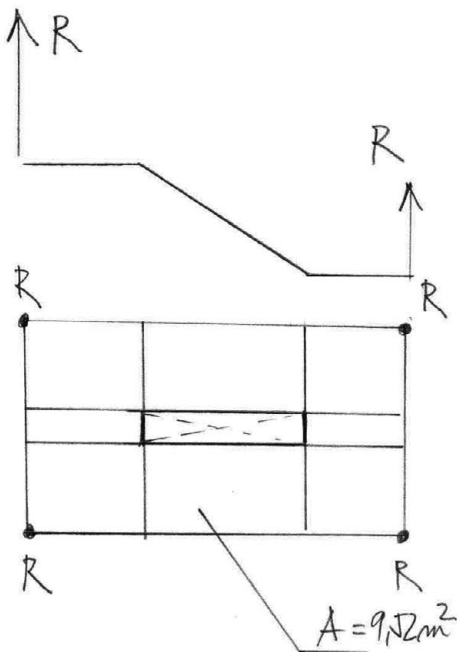
3. Ratičeni

3.1 Výpočet podvěsných konstrukcí pro více ratičeni

3.1.1 Schodiště



Ychodisti je lehkou ocelovou konstrukcí, řešenou do klamí nosné konstrukce. Ychodnice jsou z profilu RHS 150/50/25, stupnice a podesty z roštu Tenecora 3040. Gridli katičeni je vyrobeno rehoovni táhly (Macalloy M16), katičeni je také pomocí táhel. Nebyl proveden statický výpočet, pouze více katičeni na klamí nosnou konstrukci.



A, stálé katičeni

rošty: $g^A = 0,42 \text{ kNm}^{-2}$, $A = 9,52 \text{ kNm}^{-2}$

$$R = \frac{A \cdot g^A}{4} = \frac{9,52 \cdot 0,42}{4} = 0,93 \text{ kN}$$

základli: $g^L = 0,139 \text{ kNm}^{-1}$, $l = 11,5 \text{ m}$

$$R = \frac{l \cdot g^L}{4} = \frac{11,5 \cdot 0,139}{4} = 0,3996 \text{ kN}$$

schodnice a táhla: $m_L = 7,77 \text{ kgm}^{-1}$, $l = 28,92 \text{ m}$

$$R = \frac{m_L \cdot g \cdot l}{4} = \frac{7,77 \cdot 28,92}{4 \cdot 10^3} = 0,54 \text{ kN}$$

Táhla: $\phi 16 \text{ mm}$, $g_L = 0,0158 \text{ kNm}^{-1}$, $l = 45,3 \text{ m}$

$$R = \frac{g_L \cdot l}{4} = \frac{45,3 \cdot 0,0158}{4} = 0,179 \text{ kN}$$

výřez: $\phi 60,3/5, m_z = 3,5 \text{ kgm}^{-1}, l = 3 \text{ m}$

$$R = \frac{m_z \cdot l}{4} = 0,018 \text{ kN}$$

celkové statické zatížení patra 2,5 m (reakce R):

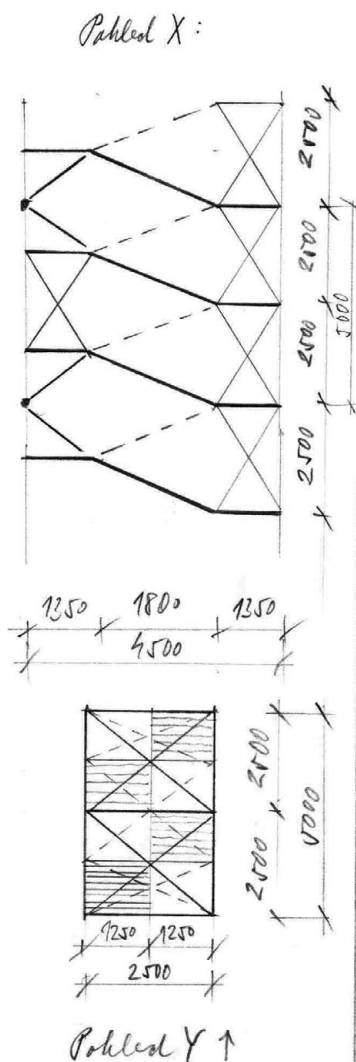
$$R_G = \sum R_i = 0,3996 + 0,93 + 0,59 + 0,179 + 0,018 \\ = 2,07 \text{ kN}$$

B, Větrné zatížení

zatížení schodiště: $q^A = 3 \text{ kNm}^{-2}, A = 9,52 \text{ m}^2$

celkové větrné zatížení patra 2,5 m (reakce R):

$$R_Q = \frac{q^A \cdot A}{4} = \frac{3 \cdot 9,52}{4} = 7,14 \text{ kN}$$



C, Latičová schodiště výtahu

- schodiště je a mediální výtahová prosklená na přestavbu původní konstrukci
- výtahová schodiště je vyhledováno po 5 m
- je vyhledováno podle 1993-3-1 B.2.7
nastranní křížová prosklená schodiště s výtahem.
Výtahová plocha - výtah směr X

$$\text{Výtahová plocha: } A = 22,5 \text{ m}^2 = A_1$$

Schodiště a podstupy:

$$A_1 = 1,7 \text{ m}^2 \quad \varphi_1 = 1,0 \quad m_1 = 7$$

Látková:

$$A_2 = 11,11 \text{ m}^2 \quad \varphi_2 = 0,2 \quad m_2 = 1$$

Lana:

$$\text{bílá } d_i = 0,016 \quad l_i = 2,5 \quad A_{i3} = 0,04 \quad \varphi_{i3} = 1 \quad m_{i3} = 6$$

$$\text{modrá } d_i = 0,016 \quad l_i = 5,0 \quad A_{i4} = 0,08 \quad \varphi_{i4} = 1 \quad m_{i4} = 2$$

Vápny:

$$A_5 = 0,1 \text{ m}^2 \quad \varphi_5 = 1,0 \quad m_5 = 2$$

$$\varphi_1 = \frac{\sum A_i \varphi_i m_i}{A} = \frac{1,7 + 11,11 \cdot 0,2 + 0,04 \cdot 1 \cdot 6 + 0,08 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2}{22,5} =$$

$$= \frac{4,522}{22,5} = 0,200$$

$$A_{q1} = \sum A_i \varphi_i m_i = 4,522 \text{ m}^2 = A_{q1} \dots \text{plocha prosklení}$$

$$A_{M1} = 0 \text{ m}^2 \dots \text{plocha přístřešků}$$

$$\gamma_e = \gamma_f (A_f + 0,83 A_c + 2,1 A_{comp} + A_A) / (A_s + A_A) \leq 1,0$$

$$\gamma_f = (1 - \varphi)^{1,89}$$

A_f ... plocha ráhelníků

A_c ... plocha ráhcu v nadkritickém režimu

A_{comp} ... plocha ráhcu v nadkritickém režimu

A_A ... plocha příslušenství

} dává
stěny

φ ... souč. plast. stěny vč. příslušenství

ω ... souč. novostup. konstrukce $\omega \geq 1,0$

$$c_{f,si} = c_{ft} \frac{A_{fi}}{A_{si}} + c_{fc} \frac{A_{ci}}{A_{si}} + c_{fcomp} \frac{A_{comp}}{A_{si}}$$

... tvarový součinitel u jednotlivých stěn

c_{ft} ... tvarový součinitel příslušenství stěn

$$c_{ft} = \begin{cases} 1,58 + 1,05 (0,6 - \varphi)^{1,8} & \varphi \leq 0,6 \\ 1,58 + 2,625 (\varphi - 0,6)^2 & \varphi > 0,6 \end{cases}$$

$K_{\theta 1}$... součinitel úhlu náhledu:

$$K_{\theta 1} = 1,0 + K_1 K_2 \sin^2 2\theta_1 \quad (\text{úhry a abstrakce})$$

$$K_1 = \frac{0,55 \cdot A_f}{A_s} + \frac{0,18 (A_c + A_{comp})}{A_s}$$

$$K_2 = 0,2 \quad \varphi \in (0; 0,2) \cup (0,8; 1,0)$$

$$K_2 = \varphi \quad \varphi \in (0,2; 0,5)$$

$$K_2 = 1 - \varphi \quad \varphi \in (0,5; 0,8)$$

Odpor nitru je stanoven pro každé
ráhceový panel (Nm) pomocí EXCED m.

Dle 1993-3-1-B.2.3 (2) je možné
použít celí schodiště na příslušenství
a redukovat jeho účinný součinitel

$$K_A = 0,8 \text{ dle Tat. B.2.2.}$$

Námetková plocha - viter směr Y

Námetková plocha $A_2 = 22,5 \text{ m}^2$

Střešníce a stupnice: $A = 1,32 \text{ m}^2$ $\varphi = 0,253$ $n = 4$

Látkoví: $A = 2,75 \text{ m}^2$ $\varphi = 0,2$ $n = 4$

Jáhla: vršlá $d = 0,016 \text{ l} = 5 \text{ m}$ $\varphi = 1$ $n = 2$

malý kříž: $d = 0,016 \text{ l} = 2,73$ $\varphi = 1$ $n = 4$

velký kříž: $d = 0,016 \text{ l} = 3,43$ $\varphi = 1$ $n = 6$

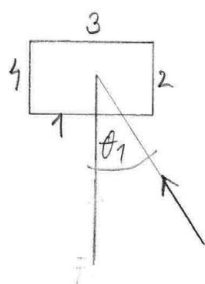
Podesty: $A = 0,375 \text{ m}^2$ $\varphi = 1$ $n = 4$

$$A_{S2} = A_{f2} = \sum A \cdot \varphi \cdot n = 1,32 \cdot 0,253 \cdot 4 + 2,75 \cdot 0,2 \cdot 4 + 0,016 \cdot 5 \cdot 2 + 0,016 \cdot 2,73 \cdot 4 + 0,016 \cdot 3,43 \cdot 6 = 5,705 \text{ m}^2$$

$$\varphi_2 = \frac{A_{S2}}{A_2} = \frac{5,705}{22,5} = 0,253$$

Odpověď na dotaz 1993-3-1-B2.7

1991-1-4-5.3



$$F_{w0} = q_p \cdot c_{sd} \cdot c_f \cdot A_{ref}$$

1993-3-1 (B9):

$$c_f = c_{fe} \cos^2 \theta_1 + c_{fi} \sin^2 \theta_1 \quad (\text{pro obdélníky a } \square)$$

$$c_{fi} = (c_{f1} + \eta_1 c_{f2}) K_{\theta_1} \dots \text{efektivní hodnoty stran. součinitele}$$

$$c_{f1} = c_{fs1} \frac{A_{s1}}{A_1} + c_{fa1} \frac{A_{A1}}{A_1}$$

A_{A1} ... plocha při slávnosti při slávnosti str 1

$$c_{f2} = c_{fs2} \frac{A_{s2}}{A_1} + c_{fa2} \frac{A_{A2}}{A_2}$$

A_{s1} ... průměr konstrukce ve straně 1

add.

$$\eta_1 = \frac{1}{c} + 0,15(w-1)(\varphi-0,1) \leq 1,0 \dots \text{součinitel efekt. vlivů}$$

Table with 12 columns: Plocha A2, sAkAc/zrcit, souc.plohit, c, f, c, f, c, f, K, 1, K, 2, K, theta2, dZ, bZ, omega2, n, f, n, e, n, l, 2, c2=2d, c2e, c1e*Sin*2theta1, c, f, q, p, l, Pa, cscd, K, h, F, w, L, KN, Mw:Fw:Fz, Moment. It contains 12 rows of data for different load cases and a summary row.

Table with 12 columns: Plocha A2, sAkAc/zrcit, souc.plohit, c, f, c, f, c, f, K, 1, K, 2, K, theta2, dZ, bZ, omega2, n, f, n, e, n, l, 2, c2=2d, c2e, c1e*Sin*2theta1, c, f, q, p, l, Pa, cscd, K, h, F, w, L, KN, Mw:Fw:Fz, Moment. It contains 12 rows of data for different load cases and a summary row.

Table with 12 columns: Plocha A2, sAkAc/zrcit, souc.plohit, c, f, c, f, c, f, K, 1, K, 2, K, theta2, dZ, bZ, omega2, n, f, n, e, n, l, 2, c2=2d, c2e, c1e*Sin*2theta1, c, f, q, p, l, Pa, cscd, K, h, F, w, L, KN, Mw:Fw:Fz, Moment. It contains 12 rows of data for different load cases and a summary row.

Důležitá čísla větru a náruče

- síla náruče dojde ke snížení návetřnímu tlaku, tedy ke snížení odporu vůči větru
- výsledná síla větru je po úpravě modifikována součinitелеm úvahy $k_{\alpha} = 2^{0,01H}$
- dále je konstrukce ráčecová vlastní tíhou náruče. Tento síla je ale v porovnání s větřným ráčecem malá (vzhledem k lehkosti).
- uvažovaná tíha náruče: $100 \dots R3$
 $m = 16 \text{ kg/m}^3 \approx 0,16 \text{ kN/m}^3$
- změna straných součinitelů podle je zanedbatelná.

Vliv snížení objemu konstrukce:Náčetná plocha - směr X

$$\text{Náčetná plocha: } A_{ef} = A_g = 22,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Schodnice, podesty, rábádlo: } A = 12,97 \quad \varphi = 1 \quad n = 1$$

$$\text{Jáhla: smola: } d = 0,12 \quad l = 5 \quad \varphi = 1 \quad n = 2$$

$$\text{třídka: } d = 0,1 \quad l = 2,5 \quad \varphi = 1 \quad n = 6$$

$$\text{Vápě: } d = 0,12 \quad l = 1,5 \quad \varphi = 1 \quad n = 2$$

$$A_{s1} = \sum A_i \varphi_i n_i = 14,6 \text{ m}^2 \quad \varphi_1 = \frac{A_{s1}}{A_g} = \frac{14,6}{22,5} = 0,65$$

$$A_{A1} = 0 \text{ m}^2 \dots \text{plocha pítalostřivosti}$$

$$A_{s2} = A_{f1} \dots \text{plocha pítalostřivosti}$$

Návrhová plocha - směr Y

Návrhová plocha: $A_2 = 12,5 \text{ m}^2$

Schodiště, podstě, rákosky, ... $A = 12,5 \text{ m}^2 \quad \phi = 1$

$$A_{S2} = A_{f2} = 12,5 \text{ m}^2 \quad \phi_2 = 1,0$$

- Přiměřet je také na stranu bezpečnou usměrňovačela sauvraj
- Reálný tvar návrhových výměrů vyřazuje možnost vzniku Kominonogor kmitání pro oba dva přírady X a Y. To platí také pro obecný případ.

Účtování návrhovou odměstou těhly návrhVliv návrhový:

- předpoklady: faktoriální redukční poměr $\alpha = 10 \text{ mm}$
faktoriální snížení $\beta = 20 \text{ mm}$
(celková)

$$K_{th} = e^{0,01H} = e^{0,01 \cdot 50} = 1,649 \dots \text{ souč. výšky}$$

$$Q = K_{th} \cdot \sum A_i \cdot t_{ij} = 1,6495 (2 \cdot (4,5 + 2,5 + 1,5)) \cdot 1,1 \cdot 0,12 + 4,5 \cdot 2,5 \cdot 0,05 = 1,649 \cdot 6 \cdot 2,89 = 28,55 \text{ kN}$$

... celková těhla návrhová na 1 podlaží

$$N = \frac{2Q}{4} = \frac{2 \cdot 28,55}{4} = 14,275 \text{ kN} \dots \text{ početův návrhová laua.}$$

Zmatnost návrhový těhly se rovnoběžná.

Oliv ležary:

- Oliv ležary není třeba měřit, protože Oliv ležary je měně přímou variantu (nikdy nepočítá kruhového schodiště pro varianty B až E).

Schodiště s nárazou

I kolmo na stěnu 1 (X)

i	z.e	theta1.st	Ušetřené výhledové stupně	celá navrhovaná plocha panelu	-A1-A2-Aref	Plocha A1	sov-prstni	Pro čtvrté pozice	c.ff	c.fsi	K.1	K.2	K	theta1	d1	panelu	-k12*2*mu*volednost	theta1	panelu	omega1	n.f	n.l	n.l	c1e3	c.je	je*cos^2the	theta2
1	5	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
2	10	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
3	15	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
4	20	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
5	25	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
6	30	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
7	35	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
8	40	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
9	45	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	
10	50	0	0	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	1,172	90,000	

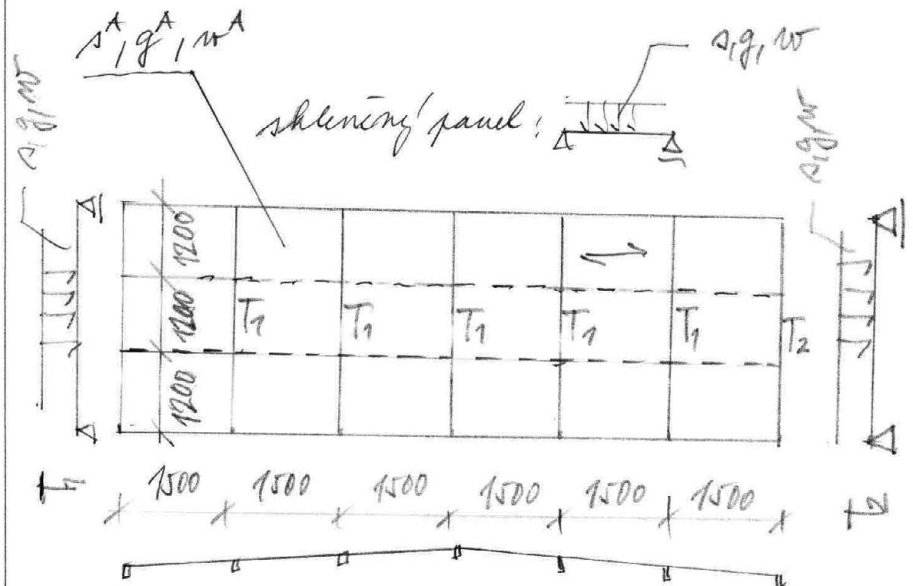
II kolmo na stěnu 2 (Y)

i	z.e	theta1.st	Ušetřené výhledové stupně	celá navrhovaná plocha panelu	-A1-A2-Aref	Plocha A1	sov-prstni	Pro čtvrté pozice	c.ff	c.fsi	K.1	K.2	K	theta1	d1	panelu	-k12*2*mu*volednost	theta1	panelu	omega1	n.f	n.l	n.l	c1e3	c.je	je*cos^2the	theta2
1	5	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
2	10	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
3	15	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
4	20	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
5	25	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
6	30	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
7	35	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
8	40	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
9	45	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	
10	50	90	90	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,000	1,000	1,000	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,172	0,000	0,000	

III podu úhlem 45

i	z.e	theta1.st	Ušetřené výhledové stupně	celá navrhovaná plocha panelu	-A1-A2-Aref	Plocha A1	sov-prstni	Pro čtvrté pozice	c.ff	c.fsi	K.1	K.2	K	theta1	d1	panelu	-k12*2*mu*volednost	theta1	panelu	omega1	n.f	n.l	n.l	c1e3	c.je	je*cos^2the	theta2
1	5	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
2	10	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
3	15	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
4	20	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
5	25	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
6	30	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
7	35	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
8	40	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
9	45	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		
10	50	45	45	22,5	14,6	0,65	1,59	1,586	1,586	0,550	0,351	1,193	1,193	2,500	4,500	1,000	1,000	1,000	0,138	0,138	0,138	1,029	1,398	0,699	45,000		

3.1.2 Průstřešek nad vyhlídkovou plošinou



Průstřešek se skládá ze ocelového rámu, na který jsou položeny panely a tepelně izolační skla. Prostorovou tuhost rámu zajišťuje svázané spojení.

A, výpočet panelu a tepelnostního skla

A1 katičková stělní nástropní tlaková:

$$g^A = 0,024 \cdot 25 = 0,6 \text{ kN m}^{-2} \quad (\text{tlaková panelu 25mm})$$

A2 katičková sněhem:

$$\text{- sněhová tlaková: III } s_k = 1,5 \text{ kN m}^{-2}$$

$$s = s_k \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_A \quad (\mu_i = \mu_n = 0,8)$$

$C_e = 0,8$ (otevřený povrch), $C_s = 1,0$ (bez postupu tepla).

$$s^A = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,96 \text{ kN m}^{-2}$$

A3 Lokální zatížení panelu větrem:

- maximální dynamický tlak větru ve výšce 55 m:

$$q_k = 1,383 \text{ kPa}$$

- součinitel sčítání průstřešku ψ :

$$\psi = 0$$

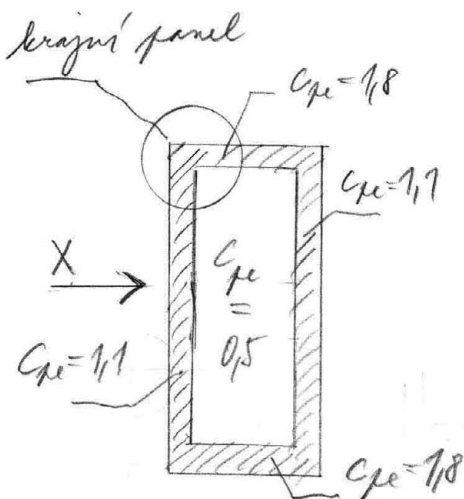
- vzhledem k možnému působení větru bude o lokálním namáhání stla rozhodnut zatížení panelu směrem dolů. Panel je nejvíce namáhán při větru ze směru X.

$$\bar{C}_{pe} = \frac{\sum C_{pe,i} A_i}{\sum A_i} = \frac{1,8 \cdot 99 \cdot 1,25 + 1,1 \cdot 0,4 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6}{1,5 \cdot 1,25} = 1,357$$

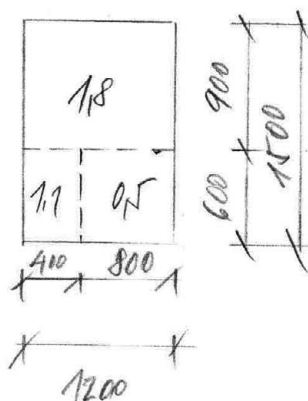
$$w_A = \bar{C}_{pe} \cdot q_k = 1,357 \cdot 1,383 = 1,877 \text{ kN m}^{-2}$$

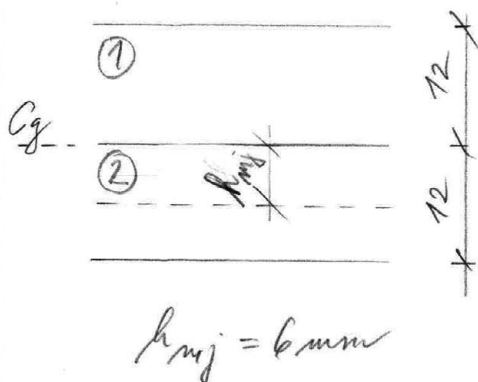
A4 Tlakovosti stavebního profilu

- výpočet bude proveden dle postupu v prEN 13474-2.



krajní panel:





navrhovaný profil:

Axálně symetrické sklo $2 \times 12 \text{ mm}$ s čtyřmi
vstávanými foliemi - skladba 12-4-12.

efektivní tloušťka:

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{(1-\bar{w}) \sum h_i^3 + \bar{w} (\sum h_i)^3}$$

h_i ... tloušťka dílčí vrstvy

\bar{w} ... součinitel šířící podle teploty prostředí.

$$h_{ef,\sigma_j} = \sqrt[3]{\frac{(h_{ef,w})^3}{(h_j + 2\bar{w}h_{mj})}}$$

h_{ef,σ_j} ... efektivní tloušťka dílčí vrstvy
pro výpočet napětí ve vrstvě.

h_j ... tloušťka počítané vrstvy

h_{mj} ... vzdálenost počítané vrstvy od
osy střední osy. alku.

Pro $T = 0^\circ\text{C}$... $\bar{w} = 0,7$

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{(1-0,7) \cdot 2 \cdot 12^3 + 0,7 \cdot (2 \cdot 12)^3} = 22,05 \text{ mm}$$

$$h_{ef,\sigma_2} = \sqrt[3]{\frac{22,05^3}{(12 + 2 \cdot 0,7 \cdot 6)}} = 22,85 \text{ mm}$$

Pro $T = 20^\circ\text{C}$... $\bar{w} = 0$

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{2 \cdot 12^3} = 15,119 \text{ mm}$$

$$h_{ef,\sigma_j} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 12^3}{12}} = 16,97 \text{ mm}$$

A5 výpočetová perzost skla

$$f_{gd} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sp} \cdot f_{gk}}{\gamma_{M1A}} + \frac{k_{\sigma} \cdot (f_{tk} - f_{gk})}{\gamma_{M1V}}$$

- $k_{mod} = 0,74$... součinitel úpravy pro ústří.
 $k_{sp} = 1,0$... součinitel parolu (planovní sklo)
 $k_{\sigma} = 0,7$... povětš klásti během výrazu
 $f_{gk} = 40 \text{ MPa}$... skládání perzost skla
 $f_{tk} = 70 \text{ MPa}$... pravit a abychu pro Applelné
 a perovní sklo
 $\gamma_{M1A} = 1,8$... díleci součinitel materiálu
 pro skládání materiál
 $\gamma_{M1V} = 1,2$... díleci součinitel materiálu
 pro pravitní příděpnosti skla

$$f_{gd} = \frac{0,74 \cdot 1,0 \cdot 40}{1,8} + \frac{0,7 \cdot (70 - 40)}{1,2} = 33,94 \text{ MPa}$$

$f_{gd} = 33,94$ je netřív, nře dovoleně namo-
 žání statuli skla do 2 m^2 ($27,9 \text{ MPa}$
 pro Applelné a perovní sklo).

A6 Posudek skleněné stěny

- pro posudek skla Anderson na stranu bezinon povrchy dilací součiniteli catheci a kombinací podle EC 1990,

kombinace mlt + mlt + ml. Třída ($T \approx 0^\circ\text{C}$):

ULS:

$$E_d = 1,15G + 1,5W + 0,5 \cdot 1,5S$$

$$f_d = 1,15 \cdot g^A + 1,5 w^A + 0,5 \cdot 1,5 \Delta^A =$$

$$= 1,15 \cdot 0,6 + 1,5 \cdot 1,877 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,96 =$$

$$= 4,23 \text{ kNm}^{-2}$$

$$T_{max,1} = 0,75 \cdot \frac{a^2}{h \sqrt{10}} \cdot f_d = 0,75 \cdot \frac{1500^2}{2285^2} \cdot \frac{4230}{10^6}$$

$$= 13,67 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow T_{max,2} = 13,67 \text{ MPa} < f_{gd} = 27,90 \text{ MPa} \quad \text{Třída!}$$

SLS:

$$s = 1,0G + 1,0W + 0,5S$$

$$f = 1,0 \cdot g^A + 1,0 \cdot w^A + 0,5 \cdot \Delta^A =$$

$$= 0,6 + 1,877 + 0,5 \cdot 0,96 = 2,957 \text{ kNm}^{-2}$$

$$w_{max} = 0,148 \cdot \frac{q^4}{h^4 w^3} \cdot \frac{f}{E} = 0,148 \cdot \frac{1,5^4}{0,00221^3} \cdot \frac{2,957}{70 \cdot 10^9}$$

$$= 2,479 \cdot 10^{-3} \text{ m} \doteq 2,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow w_{max} = 2,5 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{1500}{200} = 7,5 \text{ mm} \quad \text{Třída!}$$

Kombinace mrtvá + ol. tíha ($T \approx 20^\circ\text{C}$)

CLS:

$$f_d = 1,15 \cdot g^A + 1,5 w^A = 1,15 \cdot 0,6 + 1,5 \cdot 1,877 = 3,506 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\sigma_{\max,1,2} = 0,75 \cdot \frac{a^2}{A \cdot \sqrt{2}} \cdot f_d = 0,75 \cdot \frac{1500^2 \cdot 3,506}{16,97^2 \cdot 10^6} = 27,39 \text{ MPa}$$

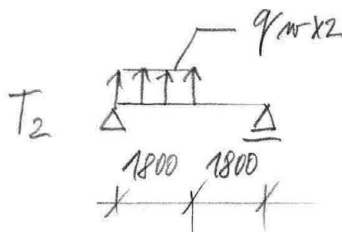
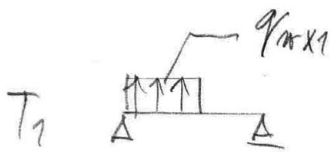
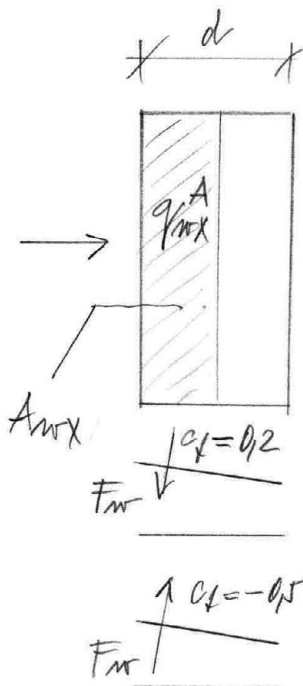
→ $\sigma_{\max,1,2} = 27,39 \text{ MPa} < f_{gd} = 27,9 \text{ MPa}$ Vyhoví!

SLS:

$$A = 1,0 g^A + 1,0 w^A = 0,6 + 1,877 = 2,477 \text{ kNm}^{-2}$$

$$w_{\max} = 0,148 \cdot \frac{1,5^4}{0,01697^3} \cdot \frac{2,477}{70 \cdot 10^9} = 5,425 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

→ $w_{\max} = 5,425 \text{ mm} < w_{\text{lim}} = \frac{1500}{200} = 7,5 \text{ mm}$ Vyhoví!



B) Cati čení náč od strážky větrem

B1 Víta směr X

$$g_A = 1,15 = 0,6 \cdot 1,15 = 0,69 < w^A \cdot 1,15 = 1,877 \cdot 1,15 = 2,1515$$

U pultrového průstřešku má být přesnost celkové síly na průstřešek umístěno ve vzdálenosti $d/4$ od nářezaného okraje. Uvažuje se A_{lak} , neto sání. Vzhledem ke skutečnosti, že v hlavní nosné konstrukci se vytváří stahy na nářezané straně a současně $|c_f| = 0,5 > c_f = 0,2$, tudíž nepříznivějším případem catic-ření náč sání.

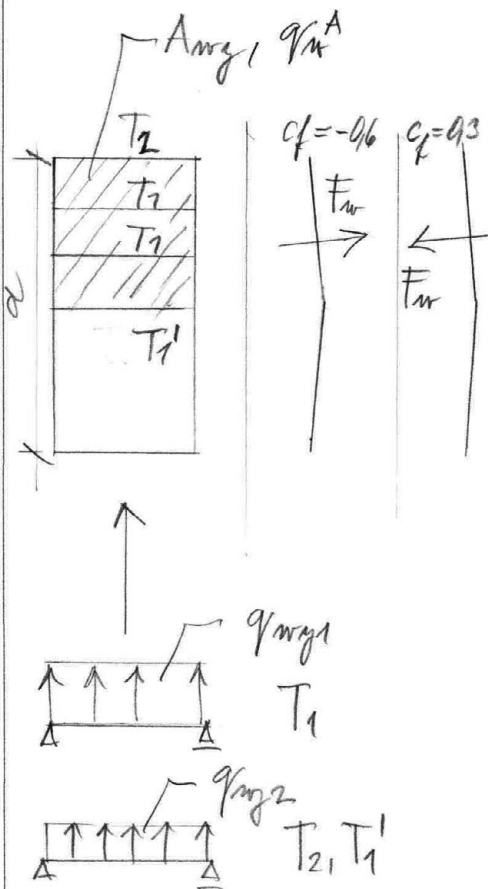
$$F_{wr} = c_{scd} \cdot w_A \cdot A_{ref} \cdot c_f = 0,95 \cdot 1,877 \cdot 9 \cdot 3,6 \cdot 0,5$$

$$= 26,89 \text{ kN}$$

$$q_{wx}^A = \frac{F_{wr}}{A_{wx}} = \frac{26,89}{18 \cdot 9} = 1,66 \text{ kNm}^{-2}$$

$$T_1: q_{wx1} = q_{wx}^A \cdot l = 1,66 \cdot 1,5 = 2,49 \text{ kNm}^{-1}$$

$$T_2: q_{wx2} = q_{wx}^A \cdot l \cdot \frac{1}{2} = 1,66 \cdot \frac{1,5}{2} = 1,245 \text{ kNm}^{-1}$$



32 Vítr směr Y

U sedlového přístřešku má být posouzeno symetrické a nesymetrické rotičení přístřešku. Pro rotičení hlavních nosů konstrukce bude nepříznivější asymetrické působení. Protože $|c_f = -0.6| = 0.6 > c_f = 0.3$, bude nepříznivější m. případem sání.

$$F_w = c_{s,c_d} \cdot w_A \cdot A_{ref} \cdot c_f = 0,95 \cdot 1,877 \cdot 4,5 \cdot 3,6 \cdot 0,6$$

$$q_{wy}^A = \frac{F_w}{A_{wz}} = \frac{13,45}{4,5 \cdot 3,6} = 0,83 \text{ kNm}^{-2} = 13,45 \text{ kN}$$

Rotičení trámy T1:

$$q_{wy1} = q_{wy}^A \cdot l = 0,83 \cdot 1,5 = 1,245 \text{ kNm}^{-1}$$

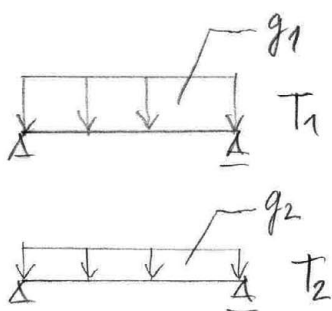
Rotičení trámy T2 a středního T1:

$$q_{wy2} = q_{wy}^A \cdot \frac{l}{2} = 0,83 \cdot \frac{1,5}{2} = 0,623 \text{ kNm}^{-1}$$

C1. Rotičení více plastní tyčkon skla

Trámy T1: $g_1 = g^A \cdot l = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ kNm}^{-1}$

Trámy T2: $g_2 = g^A \cdot \frac{l}{2} = 0,6 \cdot \frac{1,5}{2} = 0,45 \text{ kNm}^{-1}$



3.2 Útalsí zatížení

LC1 Vlastní tíha

- zahrnutím výpočtovým softwarem

LC2 Ostatní stěle

diaphragma $h = 10, 20, 30, 40 \text{ m}$:

$$G = 2 \cdot R_g = 2,07 \cdot 2 = 4,14 \text{ kN}$$

R_g ... svislá reakce schodiště a pale výšky 5m.
na část 3.1.

diaphragma $h = 5, 15, 25, 35, 45 \text{ m}$:

$$G = 2 \cdot R_g = 4,14 \text{ kN}$$

horní platforma $h = 50 \text{ m}$:

Zatížení a plochy roty:

$$q_{L1} = q_A \cdot 1,075 = 0,4 \cdot 1,075 = 0,430 \text{ kNm}^{-1}$$

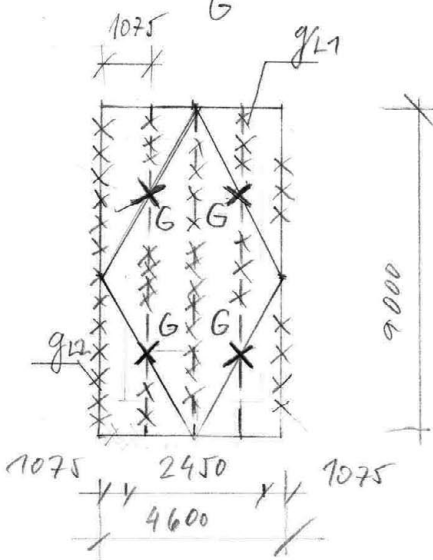
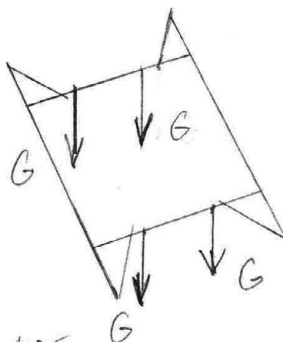
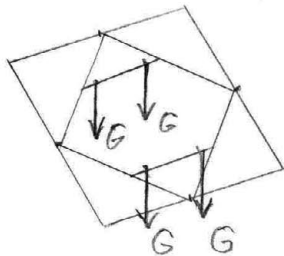
$$q_{L2} = q_A \cdot \frac{1,075}{2} = 0,4 \cdot \frac{1,075}{2} = 0,215 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení schodištěm:

$$G = 4,14 \text{ kN}$$

Zatížení prstířek platformy:

na část 3.1.2 C



3.3 Větrné zatížení

LC 3: Větrné zatížení vlně

- vzhledem k model analogický dle LC2

- diagrama $h = 10, 20, 30, 40 \text{ m}$:

$$Q = 2 \cdot Rq = 2 \cdot 7,14 = 14,28 \text{ kN}$$

Rq ... vlně na schodiště schodiště (str.)

diagrama $h = 5, 15, 25, 35, 45 \text{ m}$:

$$Q = 2 \cdot Rq = 14,28 \text{ kN}$$

horní platforma $h = 50 \text{ m}$:

Zatížení z plochy:

$$q_{L1} = q_A \cdot 1,075 = 5,375 \text{ kNm}^{-1}$$

$$q_{L2} = q_{L1} \cdot \frac{1}{2} = 2,690 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení schodištěm:

$$Q = 2 \cdot Rq = 14,28 \text{ kN}$$

Pozn: pro všechna schodiště starby
je uvažováno se zatížením $q_A = 3,0 \text{ kNm}^{-2}$
Pro vyhlídkovou plošinu

3.4 Četění větru

- Součinitel $c_s c_d$ byl stanoven s těmito parametry:

$$f_1 = 1,33 \text{ Hz} \quad m_e = 1356 \text{ kgm}^{-1}$$

$$\delta = \delta_0 = 0,06 \quad c_f = 0,985$$

Tlivo viskózního sítlumy byl tedy korekčním (zjednodušením na stranu bezpečnou).

- Účinné schodiště je korekčním přenos-
selením součinitel příslušné
kombinace hodnotou $K_A = 0,8$.

- Tlivo návrhy na směru námetané
plochy vlastní klavní konstrukce
nikde je koncovatelný. Významně se
přijímá ve schodiště. Pro navrhle
schodiště jsou vymodelování vlnění
přetvárací starý.

- Vzhledem k tomu, že byly stlány
variantní studie vlivu různých
faktorů na dynamické chování
věže (vliv návrhy na směru hmot-
nosti, vliv vlnění na tlhu oběra...),
byl koeficient $c_s c_d = 0,893$ zvýšen
na 0,95. Toto zvýšení je
nejistoty při měření vlastí funk-
cence starý (přidáním hmotnosti starý).

VR II/SG POZOR! koeficient plnosti ff se zde bere včetně příslušnosti; nůme vždy najít normu
Součástí sily; pouze pro úhelníkové věže, profily hranoly, bez příslušenství

Uhel (uhelní věž) směr X		Uhel (uhelní věž) směr Y		Uhel (uhelní věž) směr Z	
z	e	z	e	z	e
1	5	1	5	1	5
2	10	2	10	2	10
3	15	3	15	3	15
4	20	4	20	4	20
5	25	5	25	5	25
6	30	6	30	6	30
7	35	7	35	7	35
8	40	8	40	8	40
9	45	9	45	9	45
10	50	10	50	10	50
11	55	11	55	11	55
12	60	12	60	12	60

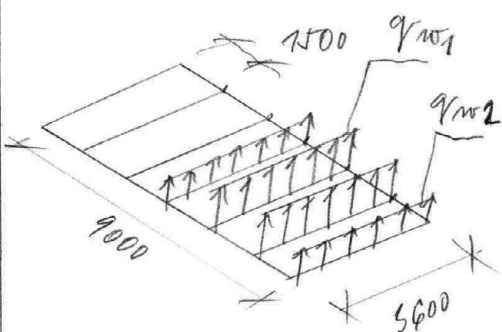
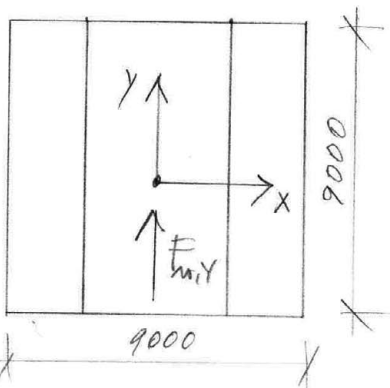
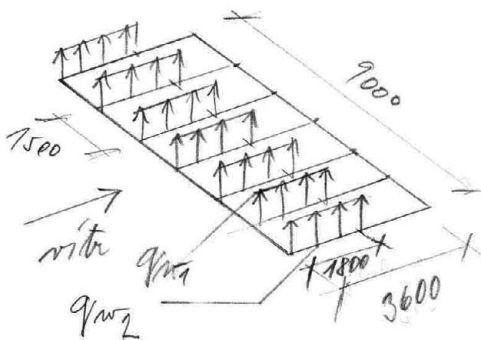
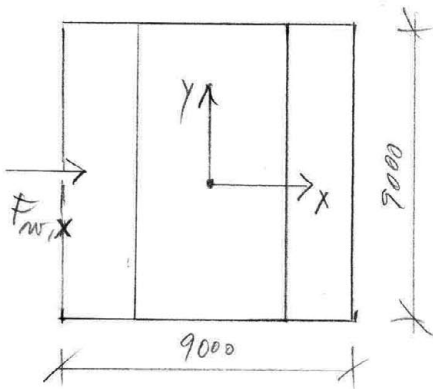
Uhel (uhelní věž) směr X		Uhel (uhelní věž) směr Y		Uhel (uhelní věž) směr Z	
z	e	z	e	z	e
1	5	1	5	1	5
2	10	2	10	2	10
3	15	3	15	3	15
4	20	4	20	4	20
5	25	5	25	5	25
6	30	6	30	6	30
7	35	7	35	7	35
8	40	8	40	8	40
9	45	9	45	9	45
10	50	10	50	10	50
11	55	11	55	11	55
12	60	12	60	12	60

Uhel (uhelní věž) směr X		Uhel (uhelní věž) směr Y		Uhel (uhelní věž) směr Z	
z	e	z	e	z	e
1	5	1	5	1	5
2	10	2	10	2	10
3	15	3	15	3	15
4	20	4	20	4	20
5	25	5	25	5	25
6	30	6	30	6	30
7	35	7	35	7	35
8	40	8	40	8	40
9	45	9	45	9	45
10	50	10	50	10	50
11	55	11	55	11	55
12	60	12	60	12	60

Table with 12 columns: $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$. Rows include material properties and calculation results for various points on the tower.

Table with 12 columns: $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$. Rows include material properties and calculation results for various points on the tower.

Table with 12 columns: $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$, $\sigma_{\text{max}}/f_{\text{max}}$, $\sigma_{\text{min}}/f_{\text{min}}$. Rows include material properties and calculation results for various points on the tower.



LC4 Vítek na konstrukci věže směr I (X)

pruty hlavní nosné konstrukce:

- síla na patro F_{m1x} je rozpočítána na limitní zatížení puntových prutů o ráhřecí vzdálenosti $l = 55\text{ m}$ po 5 m výšky. Více výše.

zatížení přístavku $l = 55\text{ m}$:

- Ra nejmenší výhledové je považováno za zatížení působící směle okružně.

$$q_{m1x} = q_{m1x1} = 2,49 \text{ kNm}^{-2}$$

q_{m1x1} - ráhřecí dřevěná T_1 , část 3.1.2 B

$$q_{m1z} = q_{m1z2} = 1,245 \text{ kNm}^{-2}$$

q_{m1z2} - ráhřecí dřevěná T_2 , část 3.1.2 B

LC5 Vítek na konstrukci věže, směr II (Y)

pruty hlavní nosné konstrukce:

- síla na patro je rozpočítána na limitní ráhřecí zatížení puntových prutů po 5 m výšky. Více výše.

zatížení přístavku $l = 55\text{ m}$:

$$q_{m1y} = q_{m1y1} = 1,245 \text{ kNm}^{-2}$$

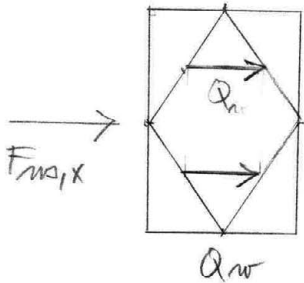
q_{m1y1} - ráhřecí dřevěná T_1 , viz část 3.1.2 B

$$q_{m1z} = q_{m1z2} = 0,623 \text{ kNm}^{-2}$$

q_{m1z2} - ráhřecí dřevěná T_2 , viz část 3.1.2 B

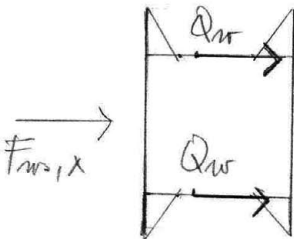
LC6 Schodiště per síť I (X)

diaphragma $h = 10, 20, 30, 40$, platforma 10m:



- proti síle $F_{ws,x}$ je aktivní síťové lano ke rovinnosti schodiště.
- $Q_{nw} = F_{ws,x} \cdot \frac{1}{2}$, kde síla $F_{ws,x}$ je síla proti síti schodiště. $F_{ws,x}$ je vyhodnoceno po výšce 5m.

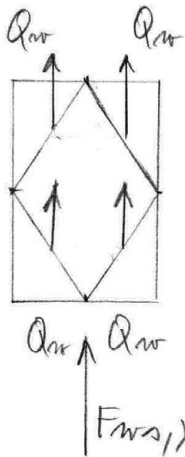
diaphragma $h = 5, 15, 25, 35, 45$ m:



- analogicky k diaphragmám 10, 20, ...

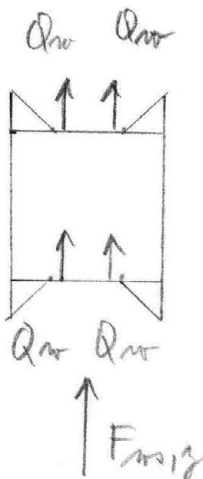
LC7 Schodiště per síť II (Y):

diaphragma $h = 10, 20, 30, 40$, platforma 10m:

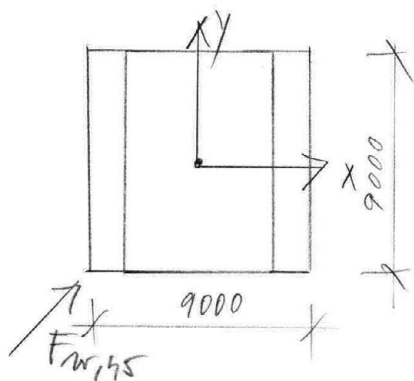


- proti síle $F_{ws,y}$ jsou aktivní jak síťové lano, tak rozpěrky.
- $Q_{nw} = F_{ws,y} \cdot \frac{1}{4}$, kde $F_{ws,y}$ je síla proti síti schodiště.

diaphragma $h = 5, 15, 25, 35, 45$ m:



- analogicky k diaphragmám 10, 20, ...

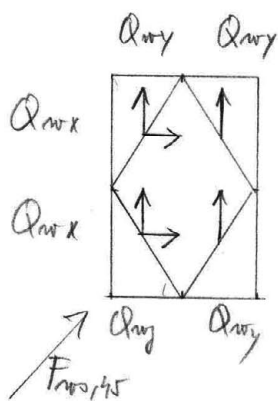


LC 8 Třída III (45°)

- celková síla na patce F_w je rozdělena na spojitě rozložené protažení nosné konstrukce pro každé zatížení patce výšky 5m.

LC 9 Třída na schodiště III (45°)

- celková síla na schodišti $F_{w,45}$ je dle principu superpozice rozdělena do směrů X a Y. V těchto směrech je přenos sil realizován analogicky se zatíženími stavy LC 6, LC 7

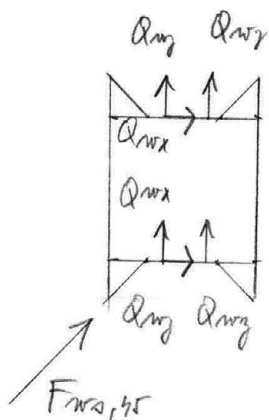


diaphragma h = 10, 20, 30, 40, platforma 50m:

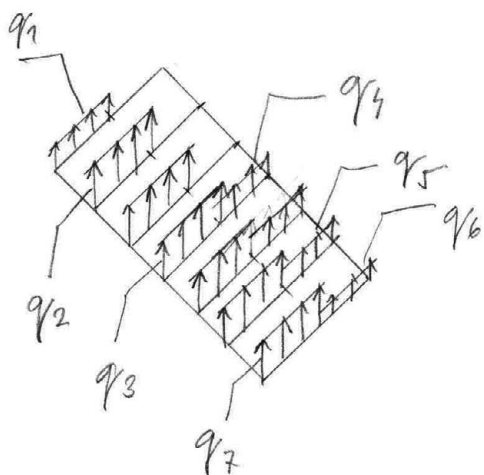
$$Q_{wx} = \frac{F_{w,45}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2} \quad Q_{wy} = \frac{F_{w,45}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{4}, \text{ kde}$$

$F_{w,45}$... síla působící na patce schodiště, viz str.

diaphragma h = 15, 25, 35, 45 m:



- analogicky k diaphragmům 10, 20, 30...



Doplnění: Třída III (45°) LCB

patičerní přístřešek $h = 55 \text{ m}$:

- patičerní je symetriséno sečením
patičerní de stěn na přístřešek
v LCB, LCB

$$\begin{aligned}
 q_1 &= 1,245 \text{ kNm}^{-1} & q_2 &= 2,49 \text{ kNm}^{-1} \\
 q_3 &= 2,49 + 1,245 = 3,735 \text{ kNm}^{-1} & q_4 &= 0,623 \text{ kNm}^{-1} \\
 q_5 &= 1,245 \text{ kNm}^{-1} & q_6 &= 0,623 \text{ kNm}^{-1} \\
 q_7 &= 0,623 + 1,245 = 1,868 \text{ kNm}^{-1}
 \end{aligned}$$

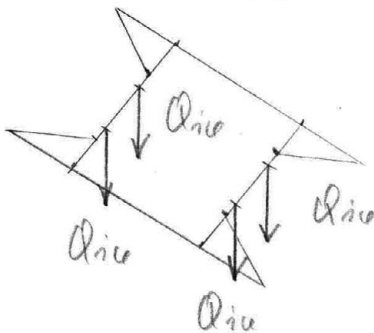
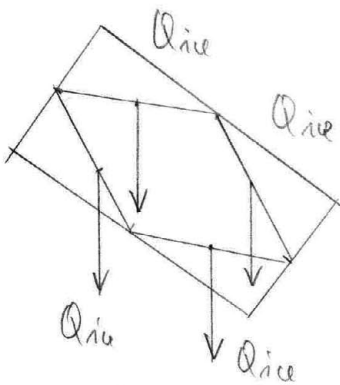
3.5 Zatížení námerou

- námera ovlivňuje především velikosti návětné plochy schodiště. Návětná plocha konstrukce určována stejná, není proto pro zatížení konstrukce definován nový kategorie střeš.

LC14 Jíla námeroudiaphragma $h = 10, 20, 30, 40 \text{ m}$:

$$Q_{ice} = Q = 14,275 \text{ kN}$$

Q_{ice} - zatížení lan od námerou, str.

diaphragma $h = 5, 15, 25, 35, 45 \text{ m}$:

$$Q_{ice} = Q = 14,275 \text{ kN}$$

vyhlídka na platformu $h = 50 \text{ m}$:

$$Q_{ice} = Q = 14,275 \text{ kN}$$

$$q_{L1} = q_{Aice} \cdot 1,075 = K_{st} \cdot A \cdot g_{ice} \cdot 1,075 =$$

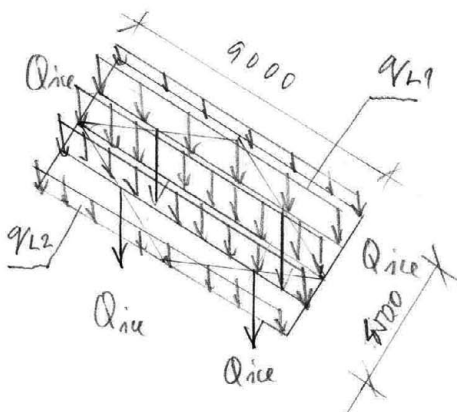
$$= 1,649 \cdot 0,105 \cdot 6 \cdot 1,075 = 0,532 \text{ kNm}^{-1}$$

$$q_{L2} = q_{L1} \cdot \frac{1}{2} = 0,266 \text{ kNm}^{-1}$$

námera na nosné konstrukci:

$$q_L = m \cdot K_{st} = m \cdot K_{(60m)} = 0,016 \cdot 1,649 = 0,0263 \text{ kNm}^{-1}$$

Pozn: pro ulan konstrukci zjednodušení $K_{st} = K_{(60m)} = 1,649$.



LC 15 Vítr na namrazele' schodišti I (X)

- pro každé partičkové pole výšky $5m$ je určena síla na schodišti od větru:

$$F_{s, w, i, c} = (c_{f, w} \cdot A_{ref} \cdot q_p) \cdot c_{scd} \cdot K_h$$

$$K_h = e^{0,01h} \dots \text{součinitel výšky kaluktorn}$$

- $F_{s, w, i, c}$ je poté přeneseno do hlavní nosné konstrukce analogicky k LC 6.

LC 16 Vítr na namrazele' schodišti II (Y)

- viz výše. Partičkový model analogický k LC 7.

LC 17 Vítr na namrazele' schodišti III (45°)

- viz výše. Partičkový model analogický k LC 9.

Převz LC 15, LC 16, LC 17:

Uhlímení schodišti ráhledněm přenosování součinitele kombinace hodnotou $K_A = 0,8$.

3.6 Ratičení sněhem

- ratičení sněhem je výnamní pouze pro přístřešek $h = 55\text{m}$. Výpočet a dimenzování přístřešku je provedeno předtím.
- pro ostatní části stavby je ořísněno srovnání s největším ratičením kandidátů.

4.1 Výpočetní software, typ výpočtu

- konstrukce je počítána softwarem SCIA Engineer 2012
- výpočet je nelineární i lineární
- byla zpracována modální analýza
- je definován jednoduchý náklon ve směru větru, pro symetrické situace ve větru ve směru X.

4.2 Růchodující kombinace (VLS)

pro rážecí větrnou hlavní konstrukce
maximální tah:

1990 - Jat. A1.2 (B) (6.10b)

(1993-3-1 : $K_A = 0,8$)

(1990 - Jat. A1.1 : $\gamma_{0,02} = 0,7$)

$$E_d = \{ 1,35 \cdot 0,85 G + 1,5 Q_{sw} + 1,5 \cdot K_A \cdot Q_{ws} + 1,5 \cdot \gamma_{0,02} Q_{we} \}$$

$$= \{ 1,15 G + 1,5 Q_{sw} + 1,2 Q_{ws} + 1,05 \cdot Q_{we} \}$$

G... stálé rážecí, Q_{sw} ... rážecí hlavní konstrukce od větru, Q_{ws} ... rážecí schodiště od větru, Q_{we} ... větrné rážecí na konstrukci

- vyhodnoceno pro všechny směry větru
- definované kombinace: NC 7 X, NC 8 Y, NC 9 45.

maximální tah:

$$E_d = \{ 1,0 G + 1,5 Q_{sw} + 1,2 Q_{ws} \}$$

- vyhodnoceno pro všechny směry větru
- definované kombinace: NC 10 X tah, NC 11 Y tah, NC 12 45 tah.

ISO 12494 NA2.8 Tab. NA.1

- pro rátičeni' hlavní NK sítěm a nómuracou:

maximální tlak:

$$E_d = \{ 1,15 G + 1,5 \cdot k \cdot Q_{w,ice} + 1,5 \cdot k \cdot k_A \cdot Q_{w,ice} + 0,75 \cdot 1,5 \cdot k \cdot Q_{ice} \}$$

$$= \{ 1,15 G + 1,5 \cdot 0,15 \cdot Q_{w,ice} + 1,5 \cdot 0,15 \cdot 0,8 \cdot Q_{w,ice} + 0,75 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{ice} \}$$

$$= \{ 1,15 G + 0,75 \cdot Q_{w,ice} + 0,16 Q_{w,ice} + 0,375 Q_{ice} \}$$

$Q_{w,ice} = Q_{w,0}$... rátičeni' hlavní konstrukce s
vlnem nómuracou (vln nómuracou
konzultatelný $\Rightarrow Q_{w,ice} = Q_{w,0}$)

$Q_{w,ice}$... rátičeni' schodište sítěm s vlnem
nómuracou (vln nómuracou nómuracou
nómuracou)

Q_{ice} ... vln nómuracou

k ... součinitel zahrnující nómuracou
vln nómuracou maximální tlak a
maximální nómuracou pro ICR3.

- pro všechny směry sítěm

- definované kombinace:

maximální tlak:

$$E_d = \{ 1,06 G + 0,75 Q_{w,0} + 0,16 Q_{w,ice} + 0,375 Q_{ice} \}$$

- pro všechny směry sítěm

- definované kombinace:

- pro rátičeni' platformy a přípojní schodište:

$$E_d = \{ 1,15 G + 1,5 \cdot Q_{w,0} \}$$

- definované kombinace: NC 13 We

- pro prvky přenosující současně účinky větru a středního zatížení:

$$E_d = \{ 1,15 G + 1,15 Q_{we} + 0,9 \cdot Q_m + 0,72 Q_{ms} \}$$

- vyhodnoceno pro všechny směry větru
- definované kombinace: NC17 UzX, NC18 UeY,
NC19 UeX

4.3 Kombinace pro posuvnost (SLS)

$$w = \{ 1,0 G + 1,0 Q_m + 0,8 Q_{ms} + \gamma_{Q_{we}} Q_{we} \} = \\ = \{ 1,0 G + 1,0 Q_m + 0,8 Q_{ms} + 0,7 Q_{we} \}$$

- vyhodnoceno pro všechny směry větru
- definované kombinace: NC14 sLsX, NC15 sLsY,
NC26 sLs45

$$w = \{ 1,0 G + 1,0 Q_{we} \}$$

- definované kombinace: NC16 sLsU

4.4 Globální a lokální imperfekce

- lokální imperfekce budou zohledněny součiniteli vjeřnosti a posudkem na vjeřnou perant.
- globální imperfekce budou zahrnuty v modelu pomocí nelineárních vypočet funkcí jednoduchý náklon

EC 1995-1-1 (5.1)

$$\text{pro směr X a Y: } \phi_{xy} = \phi_0 \cdot \sqrt{\frac{5}{h}} = 0,005 \cdot \sqrt{\frac{5}{60}} = \\ = 1,44 \text{ mm/m}$$

$$\Rightarrow \text{pro X: } dx = 1,44 \text{ mm/m, } dy = 0$$

Pozn: náklon není předatorán normou, je rává děu s ohledem na náročnost provedení vysoké dřevěné konstrukce a výšení spolehlivosti návrhu.

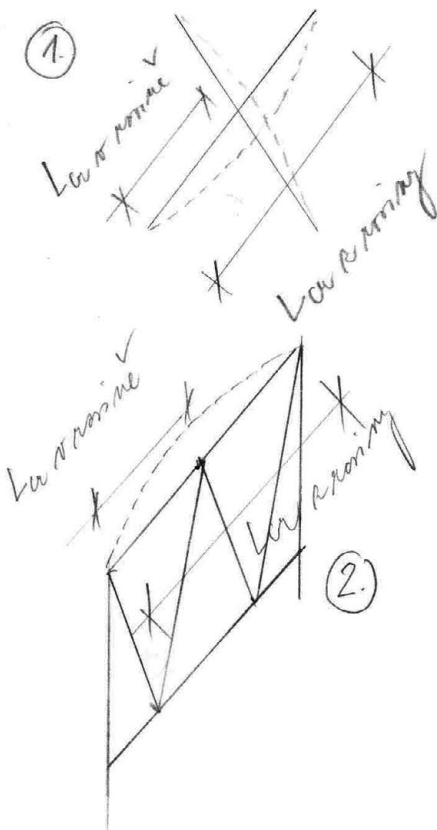
pro směr y : $dx = 0$ $dx_y = 1,44 \text{ mm/m}$

pro směr 45° : $\phi_{45} = 0,005 \cdot \sqrt{\frac{J}{60}} = 1,44 \text{ mm/m}$

$$dx = \frac{1,44}{\sqrt{2}} \approx 1 \text{ mm/m}$$

4.5 Vazební délky

- v systému jsou nastaveny vazební délky přesastavením původního nastavení na vektor "sovčimitel".
- pro neprstou většinu "prku" je vazební délka $L_{vz} = L_{vzk}$ rovna vzdálenosti styčnic. Některé výjimky jsou uvedeny níže:



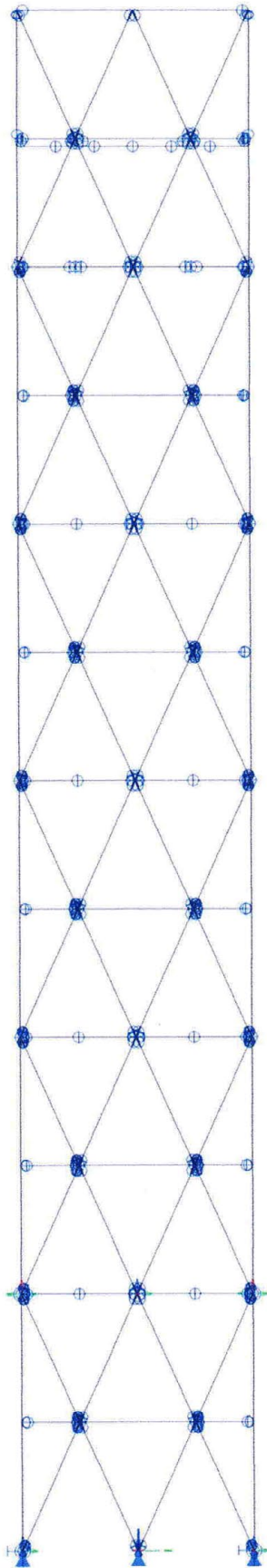
1. Vzdělí a horizontální kříže ve vchalu věže.

2. Přídík ve vchalu věže.

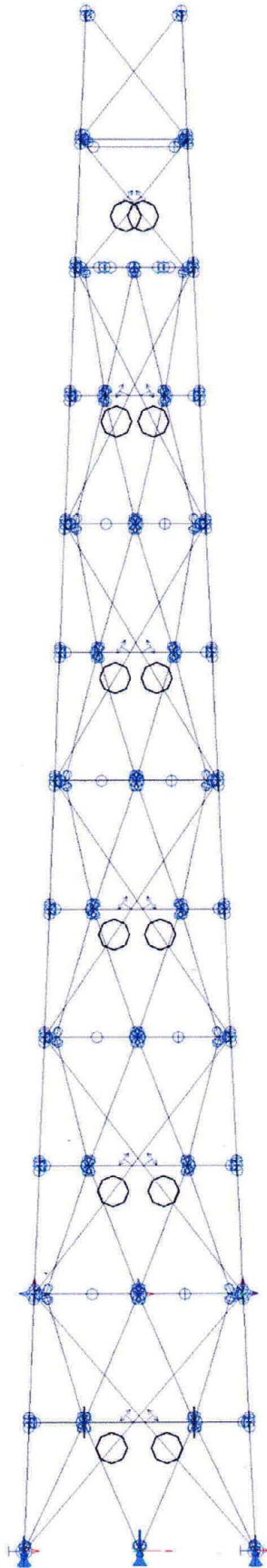
4.6.4 Statický výpočet a modální analýza

4.6.1 Vzpětní model

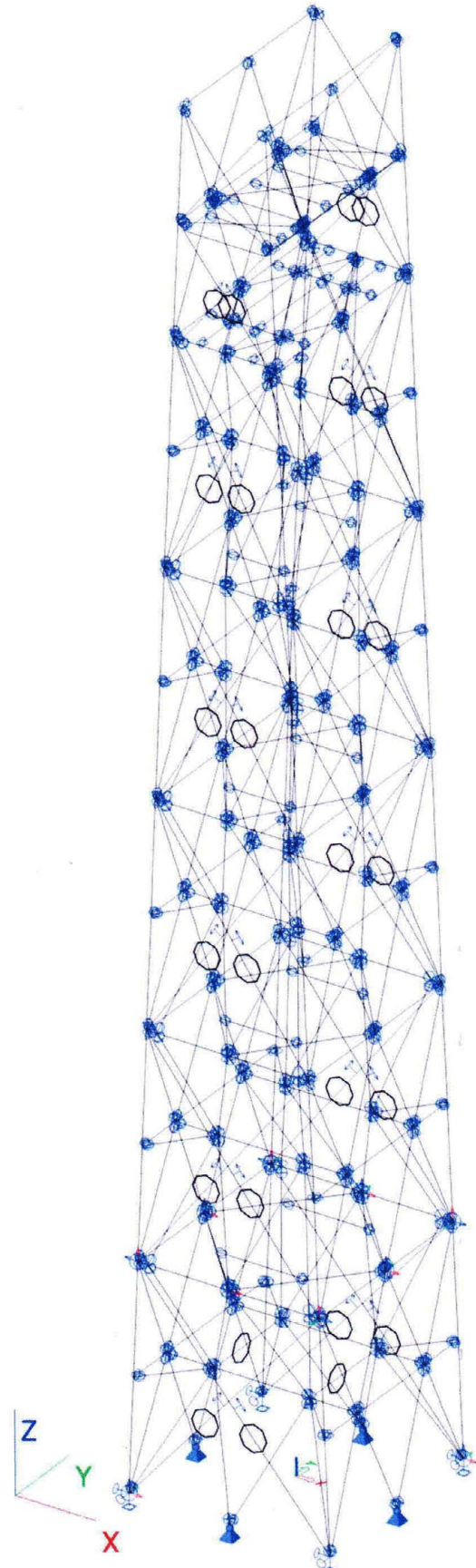
- model byl vytvořen z prutových prvků
- schodiště bylo modelováno rotujícími silami (viz výše)
- prvky, na kterých nebylo modelováno spojení rotacími a současně působily pouze osovými silami, byly modelovány prvkem "FET 3 osí síly" (3 stupně volnosti v koncových uzlech).
- ostatní prvky byly modelovány standardním prvkem (6 stupňů volnosti v uzlech), abrajné podmínky definovány klouby.
- modální analýza: provedena pro první 40 frekvencí.
- statický výpočet: proveden jednotvárný statický výpočet podle rotáčních stavů, kombinace rot. stavů raději explicitně. Nelinearity zde nebyly zohledněny.
- nelineární výpočet: proveden se zohledněním globálních náklonů a nelinearit prvků.
- nelinearity prvků: vyloučení tahu (táhla)
- abrajné podmínky: kloubové podpory.



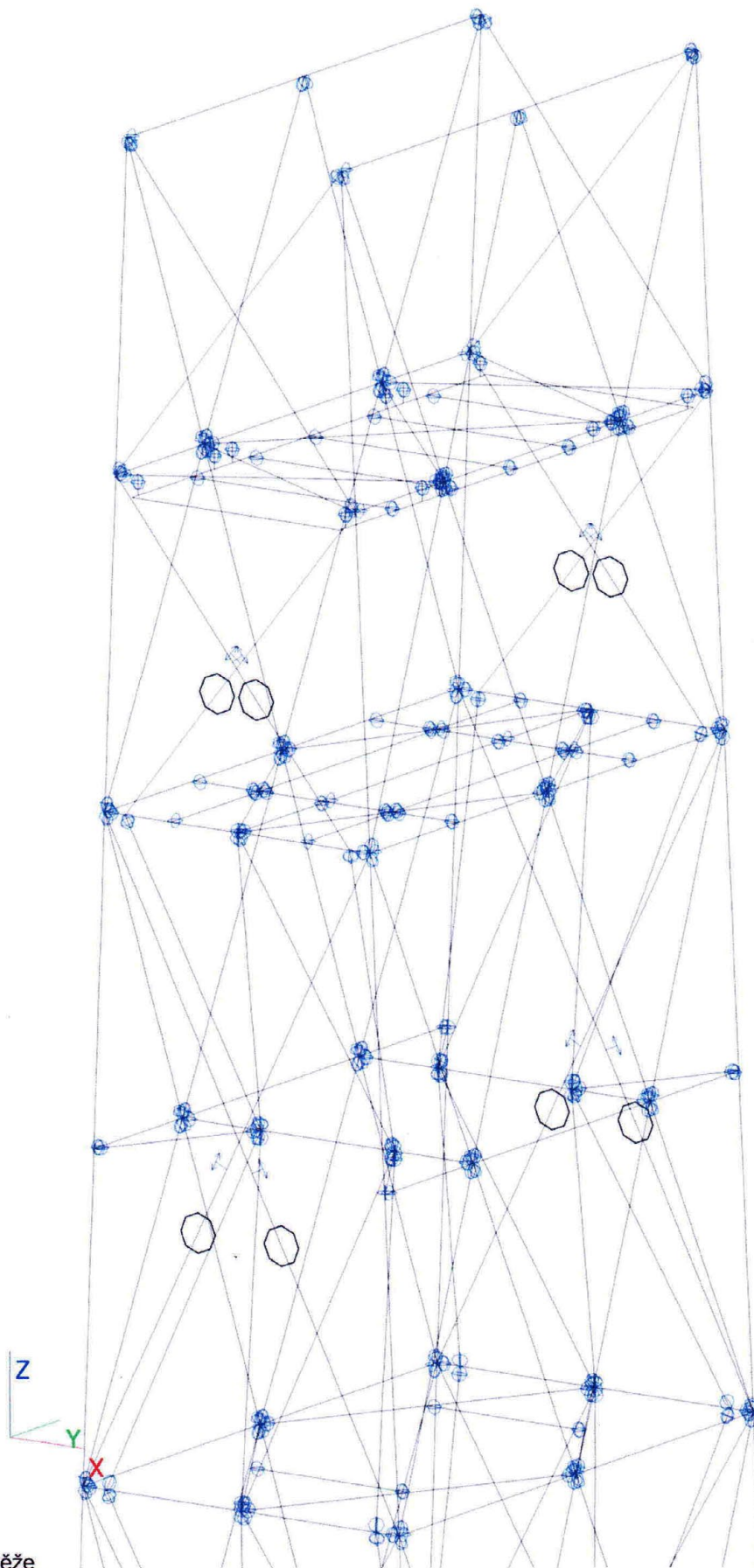
Pohled X



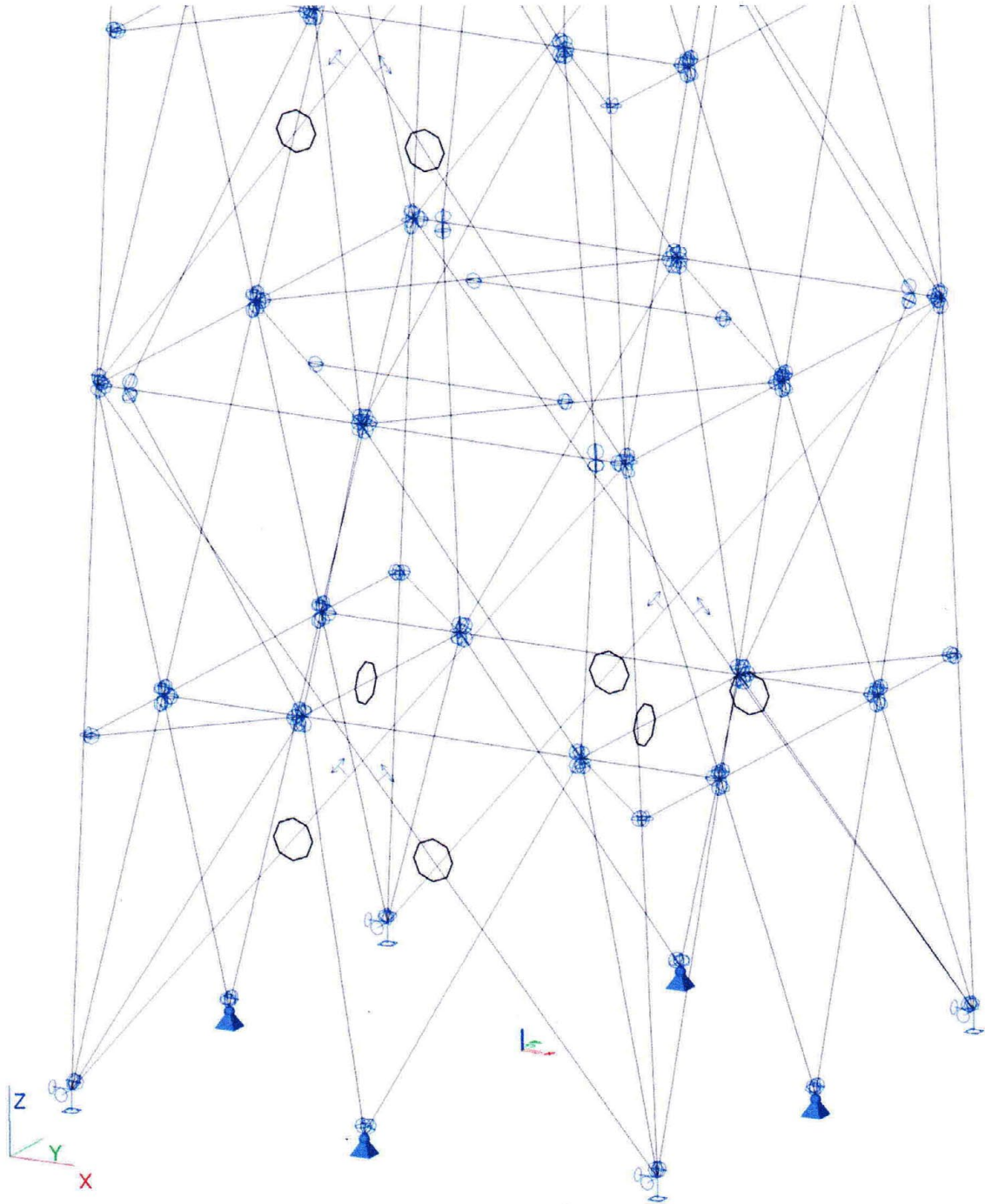
Pohled Y



Axonometrie



Model vrcholu věže



Model paty věže

4.6.2 Vstupní parametry výpočet

- materiály
- kontinuitace a stálky sil
- nastavení nosiče a síti DKP

1. Ocel

Jméno	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	E [MPa]	Poisson - nu	G [MPa]	Tep.roztaž. [m/mK]	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	Fy (rozsah) [MPa]	Fu (rozsah) [MPa]
S 460 Tendon	7850,0	2,0500e+05	0,3	7,8846e+04	0,00	0	40	460,0	530,0
S 235	7850,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	0,00	40	80	235,0	360,0
S 355	7850,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	0,00	40	80	355,0	490,0
								430,0	530,0
								215,0	360,0
								335,0	470,0

2. Dřevo

Jméno	Typ	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	E [MPa]	Poisson - nu	G [MPa]	Tep.roztaž. [m/mK]	Typ dřeva
C24	Dřevo	350,0	1,1000e+04	0	6,9000e+02	0,00	Rostlé dřevo
GL24h	Dřevo	380,0	1,1600e+04	0	7,2000e+02	0,00	Lepené, laminované

3. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Rídící zat. stav	Absence
LC1	Vlastní tíha	Stálé	LG1	Vlastní tíha		-Z			Žádný
LC2	Ostatní stále	Stálé	LG1	Standard					Žádný
LC3	Uzitne	Nahodilé	LG2 Uzit	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC4	Vitr I (X)	Nahodilé	LG3 V X	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC5	Vitr II (Y)	Nahodilé	LG4 V Y	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC6	Schodiste Vitr I (X)	Nahodilé	LG3 V X	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC7	Schodiste Vitr II (Y)	Nahodilé	LG4 V Y	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC8	VitrIII (45)	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC9	Schodiste Vitr III (45)	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC10	VitrIII zaloha	Nahodilé	LG3 V X	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC11	NamrazaTíha45	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC12	Vitr PristresekY	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC14	NamrazaTíhaVsude	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC15	SchodyVitrNamraza (X)	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC16	SchodyVitrNamraza (Y)	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný
LC17	SchodyVitrNamraza (45)	Nahodilé	LG5 V Z	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný	Žádný

4. Kombinace pro lineární výpočet

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO2	ULS Vitr (X)+vse Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatní stále	1,15 1,50 1,20 1,05 1,15
CO3	ULS Vitr (Y)+vse Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatní stále	1,15 1,50 1,20 1,05 1,15
CO4	ULS Vitr (45)+vse Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatní stále	1,15 1,50 1,20 1,05 1,15
CO5	ULS Vitr (X)1,5 Stale1,15 Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X) LC2 - Ostatní stále	1,15 1,50 1,20 1,15
CO6	ULS Vitr (Y)1,5 Stale1,15 Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y) LC2 - Ostatní stále	1,15 1,50 1,20 1,15
CO7	ULS Vitr (45)1,5 Stale1,15 Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha LC8 - VitrIII (45)	1,15 1,50

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
CO7	ULS Vitr (45)1,5 Stale1,15 Linearni	únosnost	LC9 - Schodiste Vitr III (45) LC2 - Ostatni stale	1,20 1,15
CO8	SLSVitr(X)	Lineární - použitelnost	LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X)	1,00 0,80
CO9	SLS Vitr (Y)	Lineární - použitelnost	LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	1,00 0,80
CO10	SLS Vitr(45)	Lineární - použitelnost	LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45)	1,00 0,80
CO11	ULS Vitr (X)1,5+Stale1 Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,50 1,20 1,00
CO12	ULS Vitr (Y)1,5+Stale1Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,50 1,20 1,00
CO13	ULS Vitr(45)1,5+Stale1 Linearni	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,50 1,20 1,00
CO14	SLS Vitr(X)+vse Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 0,70 1,00
CO15	SLS Vitr (Y)+vse Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 0,70 1,00
CO16	SLS Vitr (45)+vse Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45) LC3 - Uzitne LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 0,70 1,00
CO17	SLS Vitr(X)+stale Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 1,00
CO18	SLS Vitr(Y)+stale Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 1,00
CO19	SLS Vitr(45)+stale Linearni	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastni tiha LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45) LC2 - Ostatni stale	1,00 1,00 0,80 1,00
CO20	ULS Namraza Vitr (X)+Stale	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC4 - Vitr I (X) LC2 - Ostatni stale LC14 - NamrazaTihaVsude LC15 - SchodyVitrNamraza (X)	1,15 0,75 1,15 0,38 0,60
CO21	ULS Namraza Vitr (Y)+Stale	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC5 - Vitr II (Y) LC2 - Ostatni stale LC14 - NamrazaTihaVsude LC16 - SchodyVitrNamraza (Y)	1,15 0,75 1,15 0,38 0,60
CO22	ULS Namraza (45)+Stale	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC8 - VitrIII (45) LC2 - Ostatni stale LC14 - NamrazaTihaVsude LC17 - SchodyVitrNamraza (45)	1,15 0,75 1,15 0,38 0,60
CO23	ULS Namraza Vitr (X)+Stale	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastni tiha LC4 - Vitr I (X) LC2 - Ostatni stale LC14 - NamrazaTihaVsude	1,00 0,75 1,00 0,38
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
CO23	ULS Namraza Vitr (X)+Stale1	Únosnost	LC15 - SchodyVitrNamraza (X)	0,60
CO24	ULS Namraza Vitr (Y)+Stale1	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC5 - Vitr II (Y)	0,75
			LC2 - Ostatní stale	1,00
			LC14 - NamrazaTíhaVsude	0,38
			LC16 - SchodyVitrNamraza (Y)	0,60
CO25	ULS Namraza (45)+Stale1	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC10 - VitrIII zaloha	0,75
			LC2 - Ostatní stale	1,00
			LC14 - NamrazaTíhaVsude	0,38
			LC17 - SchodyVitrNamraza (45)	0,60
CO26	ULS Stale1,15+Uzitne1,5 Lineární	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC3 - Uzitne	1,50
			LC2 - Ostatní stale	1,15
CO27	SLS Uzitne	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC3 - Uzitne	1,00
			LC2 - Ostatní stale	1,00
CO28	SLS Uzitne+Vitr Casta	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC4 - Vitr I (X)	0,20
			LC6 - Schodiste Vitr I (X)	0,16
			LC3 - Uzitne	0,70
			LC2 - Ostatní stale	1,00
CO29	SLS Uzitne+Vitr Char	Lineární - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC4 - Vitr I (X)	0,60
			LC6 - Schodiste Vitr I (X)	0,48
			LC3 - Uzitne	1,00
			LC2 - Ostatní stale	1,00
CO30	ULS Stale1,15+Uzitne1,5 VitrX	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC4 - Vitr I (X)	0,90
			LC6 - Schodiste Vitr I (X)	0,72
			LC3 - Uzitne	1,50
			LC2 - Ostatní stale	1,15
CO31	ULS Stale1,15+Uzitne1,5 VitrY	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC5 - Vitr II (Y)	0,90
			LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	0,72
			LC3 - Uzitne	1,50
			LC2 - Ostatní stale	1,15
CO32	ULS Stale1,15+Uzitne1,5 Vitr45	Lineární - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC8 - VitrIII (45)	0,90
			LC9 - Schodiste Vitr III (45)	0,72
			LC3 - Uzitne	1,50
			LC2 - Ostatní stale	1,15

5. Nelineární kombinace

Jméno	Popis	Typ	Celková imperfekce	dx [mm/m]	dy [mm/m]	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							
NC7X	Tlak X, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha	1,15
						LC2 - Ostatní stale	1,15
						LC3 - Uzitne	1,05
						LC4 - Vitr I (X)	1,50
						LC6 - Schodiste Vitr I (X)	1,20
NC8Y	Tlak Y, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha	1,15
						LC2 - Ostatní stale	1,15
						LC3 - Uzitne	1,05
						LC5 - Vitr II (Y)	1,50
						LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	1,20
NC945	Tlak 45,gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha	1,15
						LC2 - Ostatní stale	1,15
						LC3 - Uzitne	1,05
						LC8 - VitrIII (45)	1,50
						LC9 - Schodiste Vitr III (45)	1,20
NC10	Tlak X, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha	1,00
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							

Jméno	Popis	Typ	Celková imperfekce	dx [mm/m]	dy [mm/m]	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							
NC10Xtah	Tah X, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC2 - Ostatní stěle LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X)	1,00 1,50 1,20
NC11Ytah	Tah Y, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	1,00 1,00 1,50 1,20
NC1245ta	Tah 45, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45)	1,00 1,00 1,50 1,20
NC13Uzít	Tlak Ohyb Uzít, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne	1,15 1,15 1,50
NC14sIsX	Pruhyb X, gi	Použitelnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X)	1,00 1,00 0,70 1,00 0,80
NC15sIsY	Pruhyb Y, gi	Použitelnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	1,00 1,00 0,70 1,00 0,80
NC16sIsU	Uzít, gi	Použitelnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne	1,00 1,00 1,00
NC17UzX	Tlak Ohyb Uzít, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne LC4 - Vitr I (X) LC6 - Schodiste Vitr I (X)	1,15 1,15 1,50 0,90 0,72
NC18UzY	Tlak Ohyb Uzít, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne LC5 - Vitr II (Y) LC7 - Schodiste Vitr II (Y)	1,15 1,15 1,50 0,90 0,72
NC19Uz45	Tlak Ohyb Uzít, gi	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC3 - Uzítne LC8 - VitrIII (45) LC9 - Schodiste Vitr III (45)	1,15 1,15 1,50 0,90 0,72
NC20Nx	Namraza Tlak X	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC4 - Vitr I (X) LC14 - NamrazaTíhaVsude LC15 - SchodyVitrNamraza (X)	1,15 1,15 0,75 0,38 0,60
NC21Ny	Namraza Tlak Y	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC5 - Vitr II (Y) LC14 - NamrazaTíhaVsude LC16 - SchodyVitrNamraza (Y)	1,15 1,15 0,75 0,38 0,60
NC22N45	Namraza Tlak 45	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC8 - VitrIII (45) LC14 - NamrazaTíhaVsude LC17 - SchodyVitrNamraza (45)	1,15 1,15 0,75 0,38 0,60
NC23NxT	Namraza Tah X	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,4	0,0	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC4 - Vitr I (X) LC14 - NamrazaTíhaVsude LC15 - SchodyVitrNamraza (X)	1,00 1,00 0,75 0,38 0,60
NC24Ny	Namraza Tah Y	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC1 - Vlastní tíha LC2 - Ostatní stěle LC5 - Vitr II (Y) LC14 - NamrazaTíhaVsude	1,00 1,00 0,75 0,38
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							

Jméno	Popis	Typ	Celková imperfekce	dx [mm/m]	dy [mm/m]	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC24NyT	Namraza Tah Y	Únosnost	Jednoduchý náklon	0,0	1,4	LC16 - SchodyVitrNamraza (Y)	0,60
NC25N45T	Namraza Tah 45	Únosnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha	1,00
						LC2 - Ostatní stěle	1,00
						LC10 - VitrIII zaloha	0,75
						LC14 - NamrazaTíhaVsude	0,38
						LC17 - SchodyVitrNamraza (45)	0,60
NC26sls45	Pruhyb 45, gi	Použitelnost	Jednoduchý náklon	1,0	1,0	LC1 - Vlastní tíha	1,00
						LC2 - Ostatní stěle	1,00
						LC3 - Užitne	0,70
						LC8 - VitrIII (45)	1,00
						LC9 - Schodiste Vitr III (45)	0,80

6. Skupiny hmot pro modální analýzu

Jméno	Zatěžovací stav
MG1	LC2 - Ostatní stěle

7. Kombinace skupin hmot pro modální analýzu

Jméno	Souč. [-]	Skupina hmot	Souč. [-]
CM1	1,00	MG1	1,00
CM1/1 - 1,59			
CM1/2 - 1,75			
CM1/3 - 3,62			
CM1/4 - 3,73			
CM1/5 - 4,44			
CM1/6 - 4,44			
CM1/7 - 4,44			
CM1/8 - 4,44			
CM1/9 - 4,47			
CM1/10 - 4,48			
CM1/11 - 4,77			
CM1/12 - 6,04			
CM1/13 - 6,09			
CM1/14 - 6,11			
CM1/15 - 6,11			
CM1/16 - 6,13			
CM1/17 - 6,31			
CM1/18 - 6,44			
CM1/19 - 6,45			
CM1/20 - 6,45			
CM1/21 - 6,46			
CM1/22 - 6,76			
CM1/23 - 6,76			
CM1/24 - 6,87			
CM1/25 - 7,04			
CM1/26 - 7,08			
CM1/27 - 7,09			
CM1/28 - 7,18			
CM1/29 - 7,44			
CM1/30 - 7,79			
CM1/31 - 7,87			
CM1/32 - 7,91			
CM1/33 - 7,94			
CM1/34 - 8,16			
CM1/35 - 8,19			
CM1/36 - 8,22			
CM1/37 - 8,26			
CM1/38 - 8,49			
CM1/39 - 8,97			
CM1/40 - 9,03			

8. Skupiny výsledků

Jméno	Popis	Výpis
ULS Line	Obálka lineárních kombinací ULS	CO2 - Lineární - únosnost CO3 - Lineární - únosnost CO4 - Lineární - únosnost CO5 - Lineární - únosnost CO6 - Lineární - únosnost CO7 - Lineární - únosnost CO11 - Lineární - únosnost CO12 - Lineární - únosnost CO13 - Lineární - únosnost CO20 - Lineární - únosnost CO21 - Lineární - únosnost CO22 - Lineární - únosnost CO23 - Lineární - únosnost CO24 - Lineární - únosnost CO25 - Lineární - únosnost CO26 - Lineární - únosnost CO30 - Lineární - únosnost CO31 - Lineární - únosnost CO32 - Lineární - únosnost
ULS Nelin	Obálka nelineárních kombinací	NC7X NC8Y NC945 NC10Xtah NC11Ytah NC1245ta NC13Uzit NC17UzX NC18UzY NC19Uz45 NC20Nx NC21Ny NC22N45 NC23NxT NC24NyT NC25N45T
SLS Line	Obálka lineárních kombinací SLS	CO14 - Lineární - použitelnost CO15 - Lineární - použitelnost CO16 - Lineární - použitelnost CO17 - Lineární - použitelnost CO18 - Lineární - použitelnost CO19 - Lineární - použitelnost CO27 - Lineární - použitelnost CO28 - Lineární - použitelnost CO29 - Lineární - použitelnost
SLS Nelin	Obálka nelineárních kombinací SLS - posuny a průhyby	NC14sIsX NC15sIsY NC16sIsU NC26sIs45
Det ULS PazdikDr	Vybrané lineární kombinace ULS pro vyšetřování středního detailu pažďíku	CO2 - Lineární - únosnost CO3 - Lineární - únosnost CO4 - Lineární - únosnost CO30 - Lineární - únosnost CO31 - Lineární - únosnost CO32 - Lineární - únosnost
Det ULS PazdikDrN	Vybrané Nelineární kombinace ULS pro vyšetřování středního detailu pažďíku	NC7X NC8Y NC945 NC17UzX NC18UzY NC19Uz45

9. Nastavení řešiče a sítě

Spustit jednu nelineární kombinaci	x
Zanedbat deformaci od smykové síly (Ay, Az >> A)	x

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Student*
Studentská verze *Studentská verze* *Stu

Rozdělení na náběhy a pruty s proměnným průřezem	5
Zjemnění sítě podle typu nosníku	Pouze 2D dílce
Typ řešiče	Eliminace
Počet řežů na průměrném prutu	8
Upozornění při maximálním přemístění větším než [mm]	1000,0
Upozornění při maximálním pootočení větším než [mrad]	100,0
Max. počet iterací	10
Minimální vzdálenost mezi body [m]	0,001
Průměrná velikost plošného/zakřiveného prvku [m]	1,000
Průměrný počet dílků na prutu	10
Minimální délka prutového prvku [m]	0,100
Maximální délka prutového prvku [m]	100,000
Průměrná velikost lan, kabelů, prvků na podloží, nelineárních zemních pružin [m]	1,000
Generovat uzly v dotycích prutových prvků	✓
Generovat uzly pod osamělými zatíženími na prutových prvcích	✓
Generovat excentrické prvky na prutech s proměnnou výškou	x
Počet kritických hodnot	16
Počet frekvencí	40
Součinitel pro výztuž	1
Předpinací výztuž nezávislá na MKP uzlech	✓

4.6.3 Výsledky výpočtu

- výsledky modální analýzy
- přehled vnitřních sil vybraných prvků
- přehled klavírních deformací na konstrukci

1. Modální analýza

Protokol o výpočtu

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *

Výpočet vlastních tvarů

Počet 2D prvků	0
Počet 1D prvků	5206
Počet uzlů sítě	4873
Počet rovnic	29238

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská ve

Kombinace skupin hmot	MK 1 CM1
Počet frekvencí	40
Metoda	Lanczos
Počáteční napětí	ZS 1 LC1
Typ výpočtového modelu	Standard
Spuštění výpočtu	14.01.2014 10:55
Konec výpočtu	14.01.2014 10:56

Suma hmot

[kg]	X	Y	Z
Kombinace skupin hmot 1	80862.53	80862.53	80862.53

Souč. participace tvaru

Režim	Omega [rad/s]	Perioda [s]	Frekv. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot
-------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská

1	9.9602	0.6308	1.5852	0.5703	0.0000	0.0000
2	10.9717	0.5727	1.7462	0.0000	0.5566	0.0000
3	22.7555	0.2761	3.6216	0.1084	0.0000	0.0000
4	23.4069	0.2684	3.7253	0.0000	0.0000	0.0000
5	27.8927	0.2253	4.4393	0.0000	0.0000	0.0000
6	27.9079	0.2251	4.4417	0.0000	0.0000	0.0000
7	27.9157	0.2251	4.4429	0.0000	0.0000	0.0000
8	27.9164	0.2251	4.4430	0.0000	0.0000	0.0000
9	28.1152	0.2235	4.4747	0.1027	0.0000	0.0000
10	28.1242	0.2234	4.4761	0.0000	0.0373	0.0000
11	29.9443	0.2098	4.7658	0.0000	0.0000	0.0300
12	37.9280	0.1657	6.0364	0.0000	0.0000	0.0330
13	38.2773	0.1641	6.0920	0.0000	0.0079	0.0000
14	38.3850	0.1637	6.1092	0.0000	0.0000	0.0438
15	38.4154	0.1636	6.1140	0.0000	0.0133	0.0000
16	38.4993	0.1632	6.1273	0.0444	0.0000	0.0000
17	39.6301	0.1585	6.3073	0.0000	0.0002	0.0000
18	40.4501	0.1553	6.4378	0.0000	0.0000	0.0001
19	40.5209	0.1551	6.4491	0.0000	0.0000	0.0000
20	40.5537	0.1549	6.4543	0.0003	0.0000	0.0000
21	40.5767	0.1548	6.4580	0.0000	0.2007	0.0000
22	42.4819	0.1479	6.7612	0.0000	0.0000	0.0012
23	42.4946	0.1479	6.7632	0.0000	0.0000	0.0000
24	43.1807	0.1455	6.8724	0.0000	0.0000	0.0000
25	44.2434	0.1420	7.0416	0.0000	0.0000	0.0805
26	44.5025	0.1412	7.0828	0.0000	0.0000	0.0000
27	44.5186	0.1411	7.0854	0.0000	0.0005	0.0000
28	45.1094	0.1393	7.1794	0.0000	0.0014	0.0000
29	46.7428	0.1344	7.4393	0.0000	0.0000	0.0000
30	48.9444	0.1284	7.7898	0.0136	0.0000	0.0000
31	49.4256	0.1271	7.8663	0.0000	0.0000	0.0000
32	49.7007	0.1264	7.9101	0.0000	0.0000	0.1996
33	49.9119	0.1259	7.9437	0.0000	0.0063	0.0000
34	51.2714	0.1225	8.1601	0.0000	0.0000	0.0000
35	51.4692	0.1221	8.1916	0.0000	0.0000	0.0000
36	51.6604	0.1216	8.2220	0.0077	0.0000	0.0000
37	51.9087	0.1210	8.2615	0.0001	0.0000	0.0089
38	53.3356	0.1178	8.4886	0.0000	0.0000	0.0001
39	56.3355	0.1115	8.9661	0.0094	0.0000	0.0010
40	56.7599	0.1107	9.0336	0.0006	0.0000	0.0339
				0.8574	0.8242	0.4323

2. Globální extrémy vnitřních sil

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Studentská verze *Studentská verze* *Stu

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B236	Naroznik1 - OBDEL	NC945	0,000	-1409,56	-0,64	7,49	0,00	0,00	-0,00
B394	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	7,670	-49,66	-83,60	-142,20	0,00	64,07	37,62
B380	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,000	-49,89	83,65	143,08	0,00	0,00	0,00
B393	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	7,240	-78,21	-9,12	-252,75	0,00	0,00	0,00
B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,000	-78,57	9,16	253,51	0,00	0,00	0,00
B521	StriskaTram - CFRHS100X60X5	NC1245ta	0,000	-0,01	2,54	1,87	-0,84	-0,01	-0,08
B520	StriskaTram - CFRHS100X60X5	NC1245ta	0,000	0,01	-2,54	1,87	0,85	0,01	0,06
B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC10Xtah	6,790	-66,63	-0,13	-26,85	0,00	-85,95	-0,60
B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,450	-78,57	9,16	253,15	0,00	114,00	4,12
B380	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC10Xtah	7,670	-96,04	-5,47	-16,86	0,00	-58,09	-21,61
B380	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,450	-49,89	83,65	142,72	0,00	64,31	37,64

3. Globální extrémy osově namáhaných prvků

Nelineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní
Výběr : Pojmenovaný výběr - Osove prvky
Třída : ULS Nelin gi

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]
B125	Diagonala1 - OBDEL	NC945	0,000	-640,01
B37	Diagonala1 - OBDEL	NC1245ta	5,487	509,70
B133	Diagonala3 - OBDEL	NC945	0,000	-498,71
B45	Diagonala3 - OBDEL	NC1245ta	5,487	375,96
B141	Diagonala5 - OBDEL	NC945	0,000	-364,53
B53	Diagonala5 - OBDEL	NC1245ta	5,487	258,87
B149	Diagonala7 - OBDEL	NC945	0,000	-216,79
B61	Diagonala7 - OBDEL	NC1245ta	5,487	139,96
B151	Diagonala9 - OBDEL	NC945	0,000	-127,16
B63	Diagonala9 - OBDEL	NC1245ta	0,000	77,24
B159	Diagonala11 - OBDEL	NC1245ta	0,000	-35,49
B71	Diagonala11 - OBDEL	NC945	0,000	39,22
B356	VzperaDaversteelsM48 - CHS139.7/10.0	NC7X	0,000	-319,29
B358	VzperaDaversteelsM48 - CHS139.7/10.0	NC10Xtah	5,886	309,43
B364	VzperaDaversteelsM42 - CHS114.3/6.3	NC7X	0,000	-142,48
B363	VzperaDaversteelsM42 - CHS114.3/6.3	NC7X	5,740	160,06
B414	VzperkaStabNar - CFCHS76.1X2	NC1245ta	0,000	-30,81
B405	VzperkaStabNar - CFCHS76.1X2	NC945	0,000	34,95
B435	Vzpera1 - OBDEL	NC7X	0,000	-374,54
B437	Vzpera1 - OBDEL	NC10Xtah	5,969	319,82
B439	Vzpera2 - OBDEL	NC7X	0,000	-212,87
B441	Vzpera2 - OBDEL	NC10Xtah	5,737	153,54
B443	Vzpera4 - OBDEL	NC7X	0,000	-178,24
B440	Vzpera4 - OBDEL	NC7X	5,624	150,21
B571	TahloMacalloy - Kruh	NC7X	0,000	-0,20
B575	TahloMacalloy - Kruh	NC10Xtah	12,093	113,97

4. Vnitřní síly v nárožníku 0 až10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Třída : ULS Nelin gi
Průřez : Naroznik1 - OBDEL (300; 640)

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B231	Naroznik1 - OBDEL	NC945	0,000	-1409,56	-0,64	7,49	0,02	0,00	0,00

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B256	Naroznik1 - OBDEL	NC1245ta	5,005	1165,82	-0,29	7,02	0,00	6,74	-2,24
B256	Naroznik1 - OBDEL	NC11Ytah	0,000	652,66	-3,31	3,29	-0,02	-10,12	6,07
B243	Naroznik1 - OBDEL	NC11Ytah	0,000	652,58	3,31	3,29	0,02	-10,12	-6,07
B230	Naroznik1 - OBDEL	NC945	0,000	-1406,16	3,09	-12,51	0,02	40,59	-6,94
B256	Naroznik1 - OBDEL	NC1245ta	0,000	1162,38	-3,23	10,26	0,00	-36,51	6,56
B255	Naroznik1 - OBDEL	NC11Ytah	0,000	396,68	-1,42	-1,41	-0,02	5,60	0,11
B242	Naroznik1 - OBDEL	NC11Ytah	0,000	396,59	1,42	-1,41	0,02	5,60	-0,11

5. Vnitřní síly v diagonále 0 až10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Průřez : Diagonala1 - OBDEL (240; 440)

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B125	Diagonala1 - OBDEL	NC945	0,000	-640,01	0,11	0,36	0,00	0,00	0,00
B37	Diagonala1 - OBDEL	NC1245ta	5,487	509,70	-1,16	0,64	0,00	0,00	0,00
B36	Diagonala1 - OBDEL	NC945	5,487	140,04	-1,23	0,64	0,00	0,00	0,00
B36	Diagonala1 - OBDEL	NC945	0,000	138,43	1,23	-0,64	0,00	0,00	0,00
B35	Diagonala1 - OBDEL	NC7X	5,487	176,30	-0,67	-1,76	0,00	0,00	0,00
B35	Diagonala1 - OBDEL	NC7X	0,000	174,18	0,67	1,76	0,00	0,00	0,00
B37	Diagonala1 - OBDEL	NC945	4,390	455,81	-0,74	0,39	0,00	-0,56	1,08
B37	Diagonala1 - OBDEL	NC10Xtah	4,939	231,89	-0,49	1,41	0,00	-0,87	0,30
B36	Diagonala1 - OBDEL	NC7X	2,744	187,48	0,00	0,00	0,00	-2,41	0,92
B35	Diagonala1 - OBDEL	NC7X	2,744	175,24	0,00	0,00	0,00	2,41	0,92
B35	Diagonala1 - OBDEL	NC1245ta	2,744	-192,01	0,00	0,00	0,00	1,08	-0,19
B36	Diagonala1 - OBDEL	NC945	2,744	139,23	0,00	0,00	0,00	-0,88	1,69

6. Vnitřní síly ve dřevěných paždicích 0 až 10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Průřez : Paždik1 - OBDEL (240; 440)

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B301	Paždik1 - OBDEL	NC1245ta	4,500	-243,04	1,05	0,26	0,00	1,46	-0,75
B259	Paždik1 - OBDEL	NC945	4,500	354,81	1,28	-1,65	0,00	5,94	-1,18
B259	Paždik1 - OBDEL	NC20Nx	4,500	219,51	-1,31	1,35	0,00	4,21	-1,23
B259	Paždik1 - OBDEL	NC20Nx	4,500	219,42	1,31	-1,35	0,00	4,21	-1,23
B304	Paždik1 - OBDEL	NC945	6,750	7,25	0,86	-2,93	0,00	6,04	-0,78
B304	Paždik1 - OBDEL	NC945	6,750	15,31	-1,12	2,89	0,00	6,04	-0,78
B260	Paždik1 - OBDEL	NC7X	0,000	-18,20	0,15	-0,37	0,00	0,00	0,00
B301	Paždik1 - OBDEL	NC17UzX	0,000	-43,39	0,83	2,19	0,00	0,00	0,00
B260	Paždik1 - OBDEL	NC945	6,750	5,35	-1,12	-2,21	0,00	-5,78	-0,98
B259	Paždik1 - OBDEL	NC17UzX	4,500	239,69	-1,27	2,19	0,00	7,58	-1,13
B259	Paždik1 - OBDEL	NC7X	4,500	318,87	-1,29	2,34	0,00	6,78	-1,23
B301	Paždik1 - OBDEL	NC7X	1,800	-151,26	0,03	1,20	0,00	3,20	0,79

7. Globální extrémy sil na vnějších ocelových paždicích

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Průřez : PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B380	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC10Xtah	4,060	-96,04	-5,47	-14,38	-1,70	-1,85
B380	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC19Uz45	4,060	24,12	-8,90	-12,09	-3,82	-5,70
B394	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	7,670	-49,66	-83,60	-142,20	64,07	37,62
B380	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,000	-49,89	83,65	143,08	0,00	0,00
B393	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	7,240	-78,21	-9,12	-252,75	0,00	0,00
B381	PaždikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,000	-78,57	9,16	253,51	0,00	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Studentská verze *Studentská verze* *Stu

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC10Xtah	6,790	-66,63	-0,13	-26,85	-85,95	-0,60
B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,450	-78,57	9,16	253,15	114,00	4,12
B380	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC10Xtah	7,670	-96,04	-5,47	-16,86	-58,09	-21,61
B380	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	NC7X	0,450	-49,89	83,65	142,72	64,31	37,64

8. Globální extrémy sil na vnitřních ocelových paždicích

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Průřez : PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B484	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC7X	0,000	-260,73	0,00	0,00	0,00	0,00
B483	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC10Xtah	0,000	198,88	0,00	0,00	0,00	0,00
B385	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC21Ny	1,360	5,90	-9,26	16,53	-1,70	1,05
B385	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC24NyT	3,680	5,77	9,26	-15,68	-1,61	1,07
B375	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC17UzX	3,680	11,99	-0,84	-30,66	-4,96	-1,71
B385	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC19Uz45	1,360	14,83	-2,08	31,11	-4,34	-1,07
B379	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC19Uz45	2,140	-5,33	0,41	-7,57	-15,79	0,66
B389	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC19Uz45	3,300	-11,62	-0,05	-0,02	10,86	0,65
B378	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC945	1,920	-2,40	-2,22	-3,25	-5,90	-3,85
B388	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	NC1245ta	1,920	-1,84	2,10	-2,82	-5,12	3,34

9. Globální extrémy sil na ocelových diafragmatech

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : ULS Nelin gi

Průřez : DiafragmaHlavni - 2U komora (U200)

Prvek	css	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B315	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC11Ytah	0,000	-29,54	0,24	4,60	0,00	0,00
B314	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC8Y	0,000	31,39	0,64	12,78	0,00	0,00
B308	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC20Nx	2,634	13,58	-3,51	-5,86	17,44	9,26
B308	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC20Nx	0,000	9,30	3,51	7,38	0,00	0,00
B313	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC13Uzit	6,061	1,90	-0,83	-15,99	0,00	0,00
B313	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC13Uzit	0,000	3,41	0,83	15,99	0,00	0,00
B307	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC19Uz45	5,269	-0,26	0,60	-15,64	0,00	0,00
B313	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC13Uzit	3,030	3,41	0,83	14,27	45,85	2,52
B307	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC23NxT	2,634	-16,35	-3,00	4,87	14,58	-7,91
B308	DiafragmaHlavni - 2U komora	NC20Nx	2,634	9,30	3,51	5,86	17,44	9,26

10. Reakce patek nárožníků

Nelineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Pojmenovaný výběr - PodporaNaroznik

Třída : ULS Nelin gi

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn3/N35	NC1245ta	-200,21	-302,82	-1860,11
Sn2/N34	NC8Y	77,89	-198,98	1392,62
Sn7/N74	NC945	-199,02	-363,80	2223,80
Sn5/N62	NC7X	-191,93	287,71	1508,39

11. Reakce patek diagonál

Nelineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Pojmenovaný výběr - PodporaDiagonal
Třída : ULS Nelin gi

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
Sn6/N72	NC7X	-29,29	0,40	651,74
Sn1/N32	NC13Uzit	8,23	0,00	183,74
Sn1/N32	NC11Ytah	3,26	-21,28	76,33
Sn1/N32	NC10Xtah	-21,70	-0,38	-412,43

12. Reakce patek Vzpěr

Nelineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Pojmenovaný výběr - PodporaVzperDaversteels
Třída : ULS Nelin gi

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
Sn6/N72	NC7X	-29,29	0,40	651,74
Sn1/N32	NC13Uzit	8,23	0,00	183,74
Sn9/N145	NC18UzY	-0,03	-39,19	89,48
Sn8/N134	NC17UzX	-9,00	35,43	80,86
Sn1/N32	NC10Xtah	-21,70	-0,38	-412,43

13. Posunutí vrcholu věže

Nelineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Pojmenovaný výběr - Deform60
Třída : SLS Nelin

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
N26	NC15slsY	-0,3	76,4
N30	NC14slsX	140,4	0,1
N27	NC14slsX	132,9	-0,1
N26	NC26sls45	95,1	80,2

14. Posunutí platformy

Nelineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : SLS Nelin

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
N9	NC16slsU	-1,8	0,0
N30	NC14slsX	140,4	0,1
N161	NC14slsX	9,2	-2,8
N26	NC26sls45	95,1	80,2

15. Průhyb diafragmat ve výšce 10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Pojmenovaný výběr - Kontrolována diafragma
Třída : SLS Nelin

Stav - kombinace	Prvek	dx [m]	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
NC14slsX	B314	1,861	-0,5	1/5696	-8,3	1/727
NC14slsX	B313	4,199	0,1	1/10000	-8,3	1/727
NC16slsU	B313	3,030	0,0	1/10000	-12,8	1/474
NC26sls45	B313	6,061	0,0	1/10000	0,0	1/10000

16. Průhyb difragmat na platformě

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Třída : SLS Nelin

Studentská verze **Studentská verze** **Stu*

Průřez : Platforma diafragma - 2U komora (UPE200)

Stav - kombinace	Prvek	dx [m]	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>						
NC26sls45	B324	3,538	0,0	1/10000	-9,1	1/553
NC26sls45	B323	1,516	0,0	1/10000	-10,1	1/500
NC16slsU	B306	2,527	0,0	0	-16,8	1/302
NC14slsX	B305	0,000	0,0	0	0,0	0

17. Průhyb trámů platformy

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

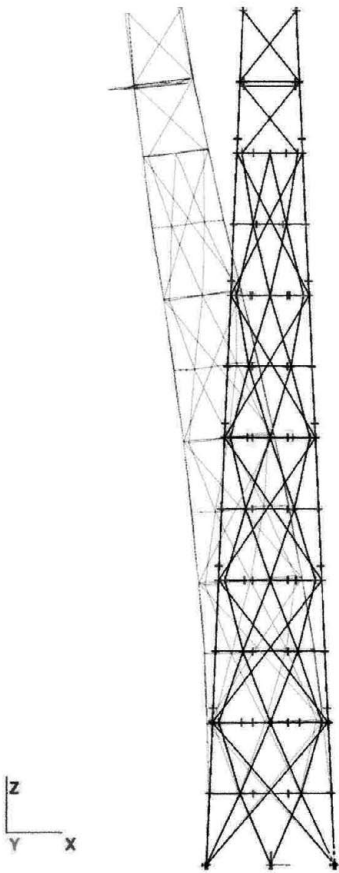
Výběr : Vše

Třída : SLS Nelin

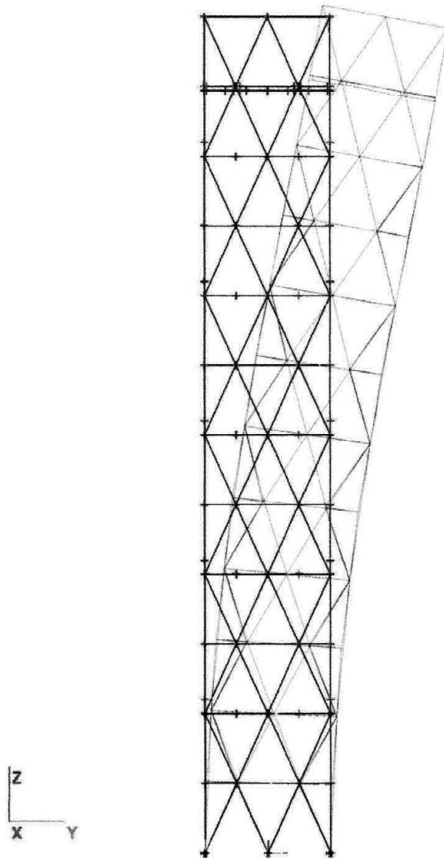
Průřez : Platforma tramy vetsi - CFRHS150X100X8

Stav - kombinace	Prvek	dx [m]	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>						
NC15slsY	B500	1,610	0,0	1/10000	-1,1	1/2147
NC16slsU	B499	0,690	0,0	1/10000	-1,4	1/1616
NC16slsU	B498	2,250	0,0	0	-15,1	1/298
NC14slsX	B497	0,000	0,0	0	0,0	0

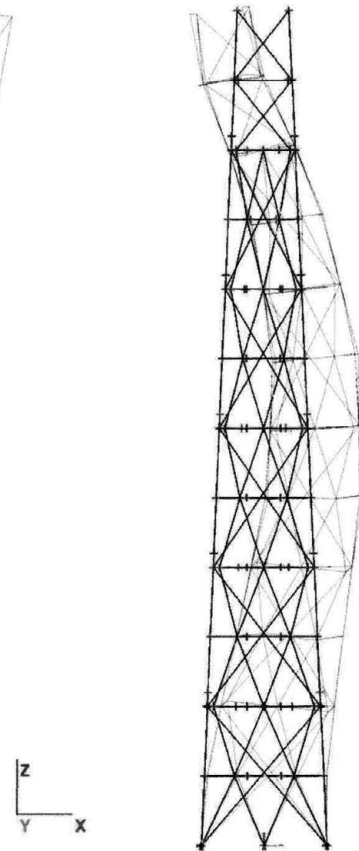
4.6.4 Travy plastních kmitů



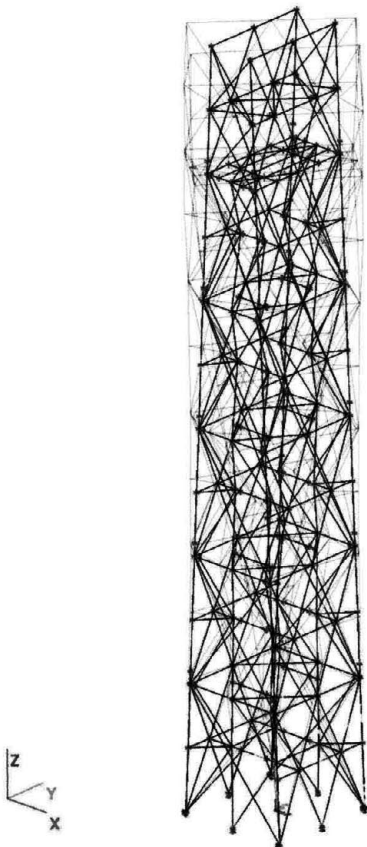
1. vlastní tvar $f=1,59$ Hz



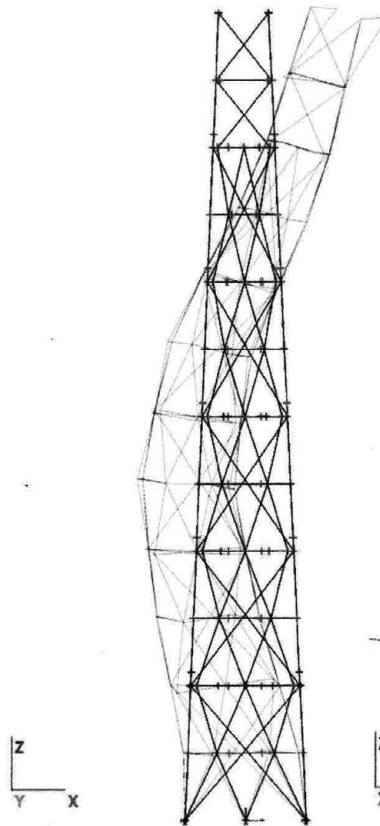
2. vlastní tvar $f=1,75$ Hz



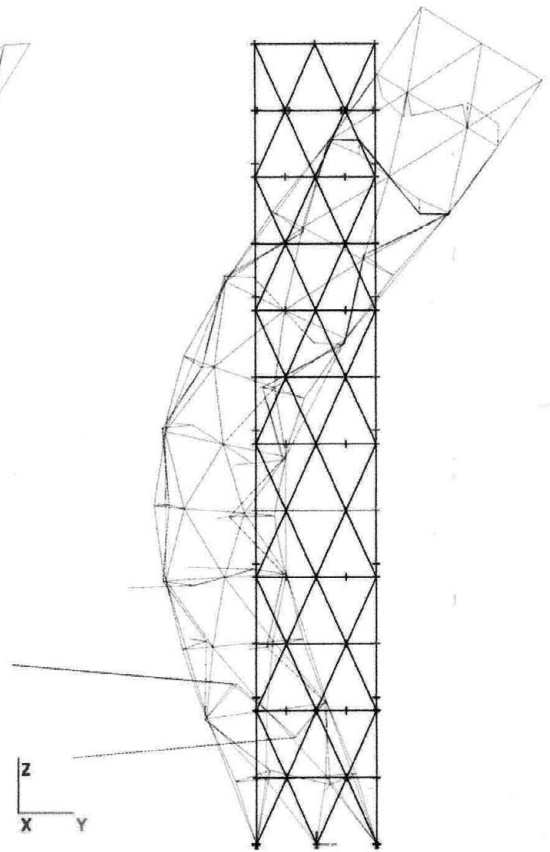
3. vlastní tvar $f=3,62$ Hz



4. vlastní tvar $f=3,73$ Hz

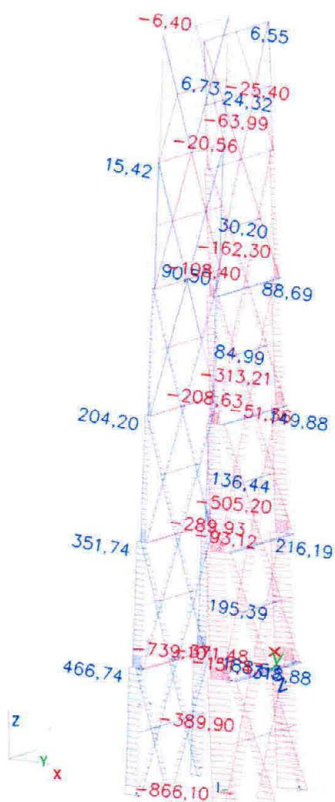


9. vlastní tvar $f=4,48$ Hz

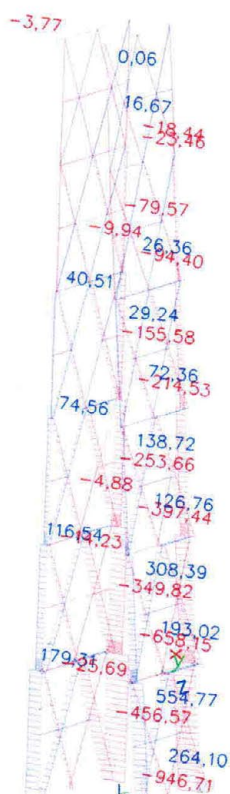


21. vlastní tvar $f=6,5$ Hz

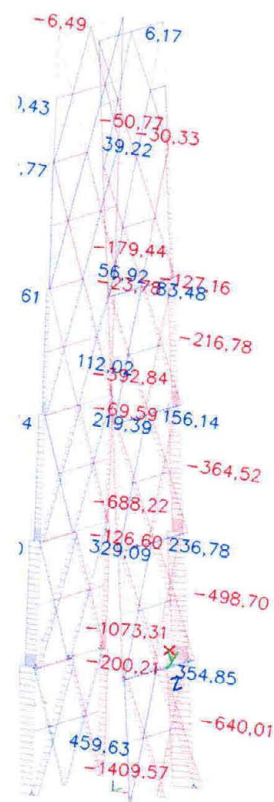
4.6.5 Průběhy vnitřní síly



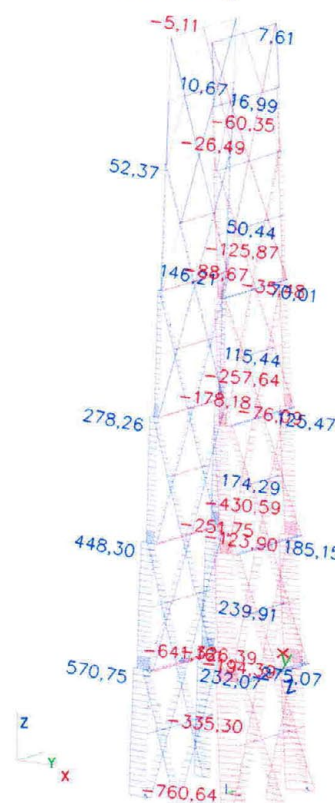
Vítr X tlaky



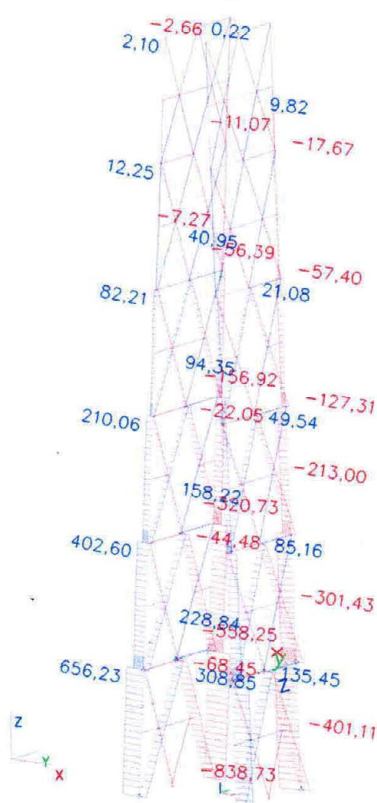
Vítr Y tlaky



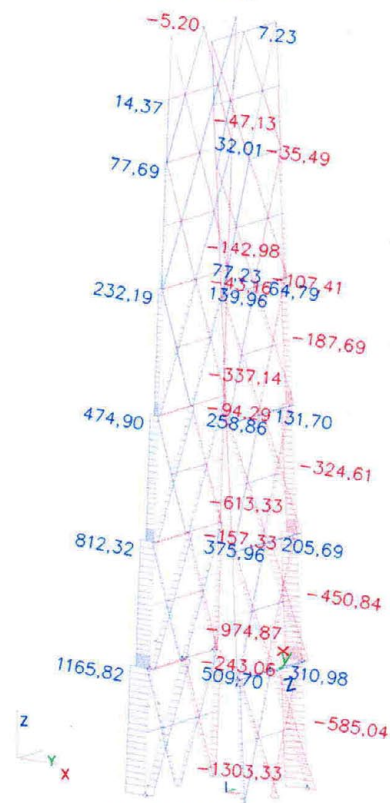
Vítr 45st. tlaky



Vítr X tahy

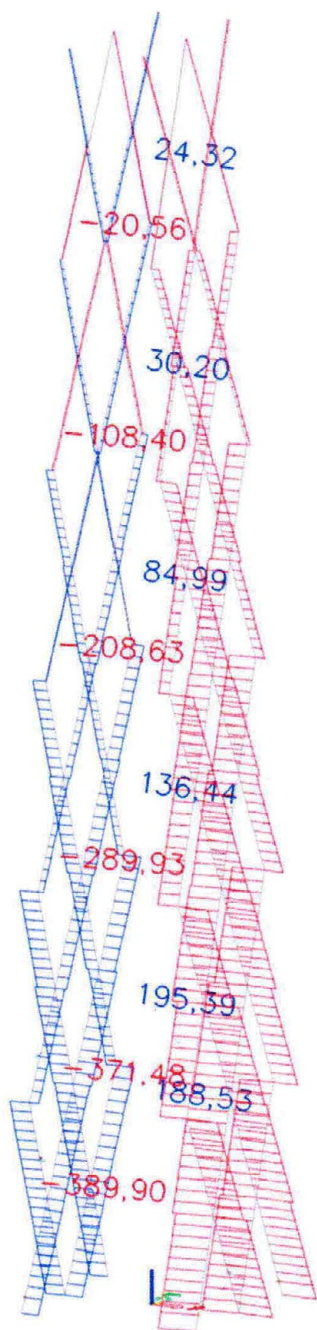


Vítr Y tahy

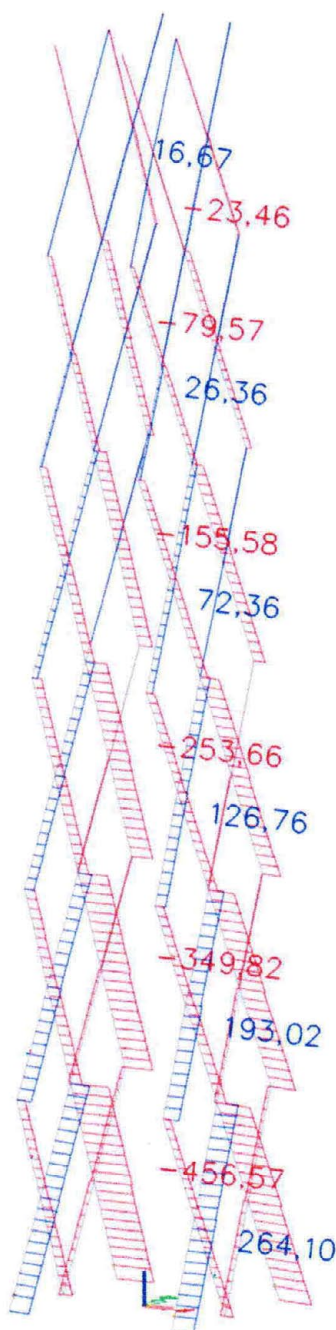


Vítr 45 tahy

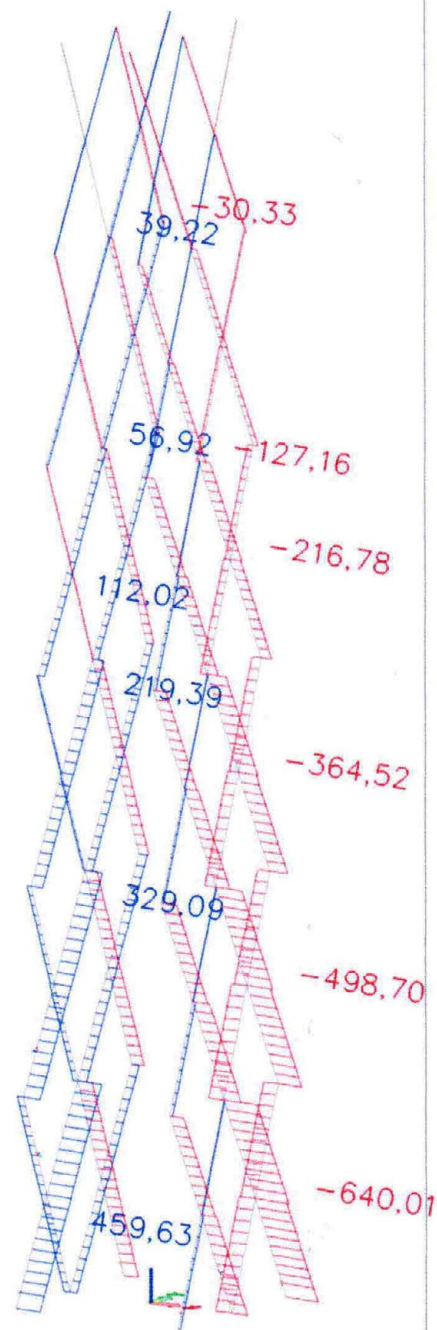
Průběh normálových sil pro různé směry větru na dřevěných prvcích konstrukce



Maximální tlaky pro vítr X

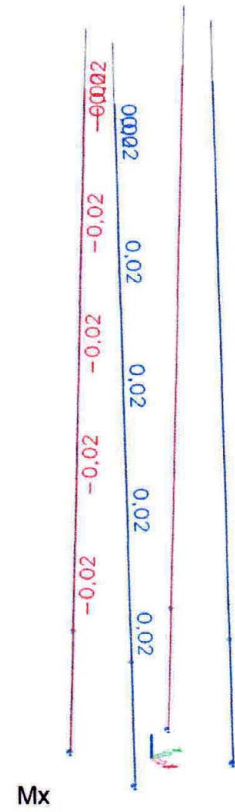
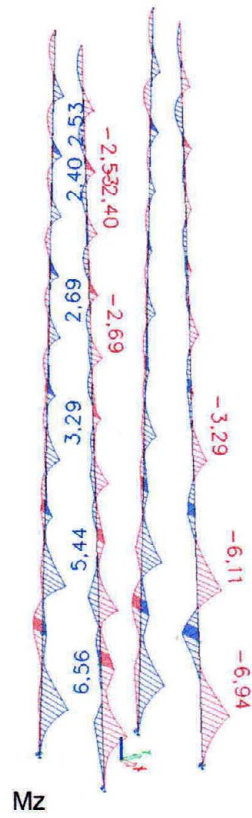
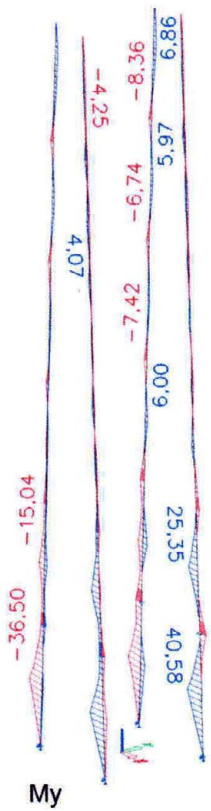
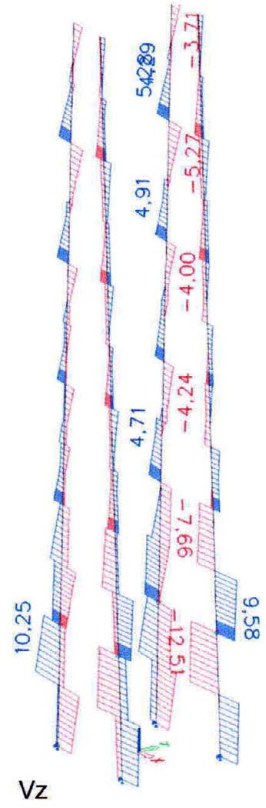
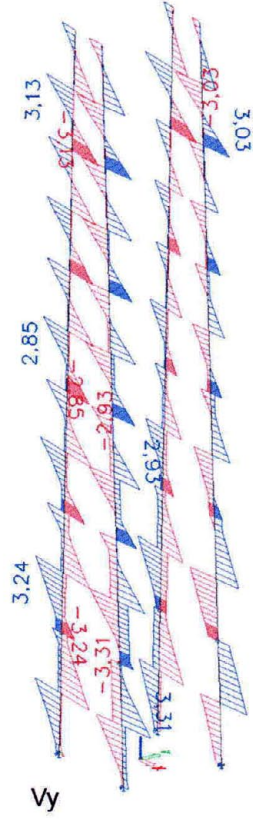
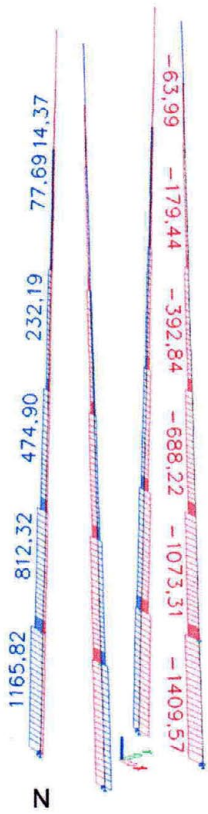


Maximální tlaky pro vítr Y

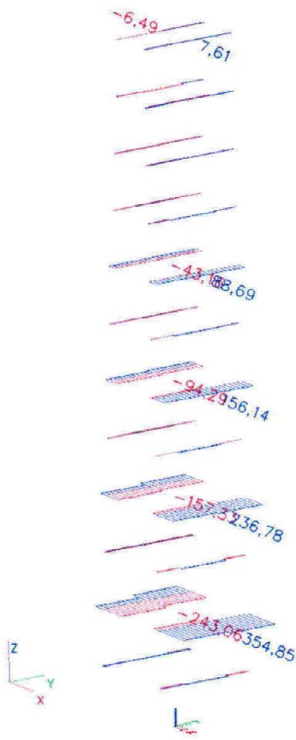


Maximální tlaky pro vítr 45 stupňů

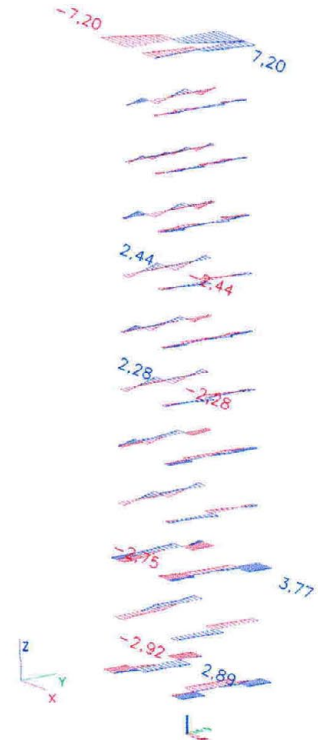
Průběhy normálových sil v diagonálách vůči různým směrům větru



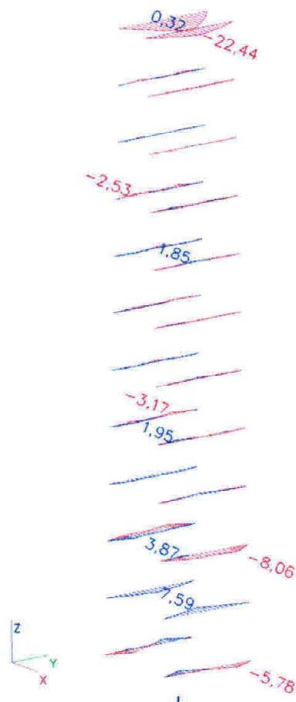
Obálka vnitřních sil na nárožnících



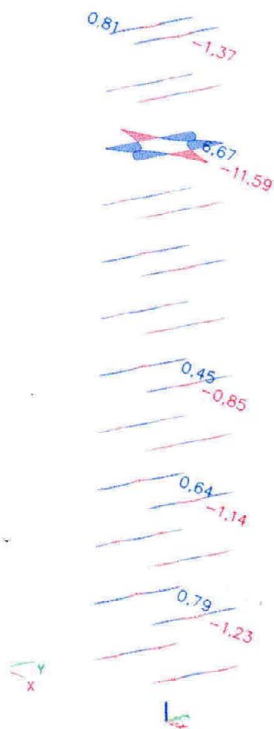
N



Vz

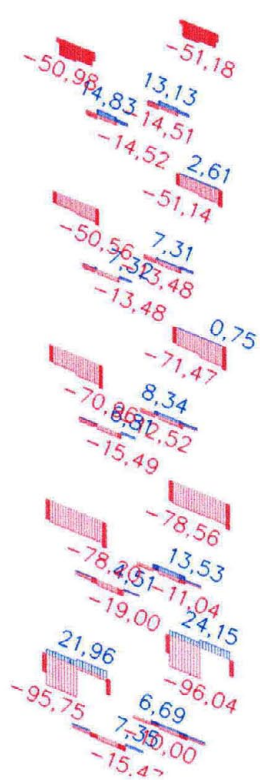


My

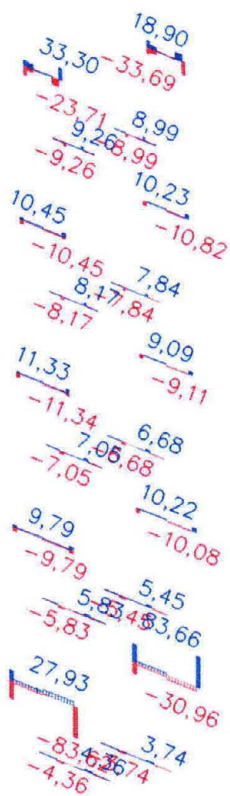


Mz

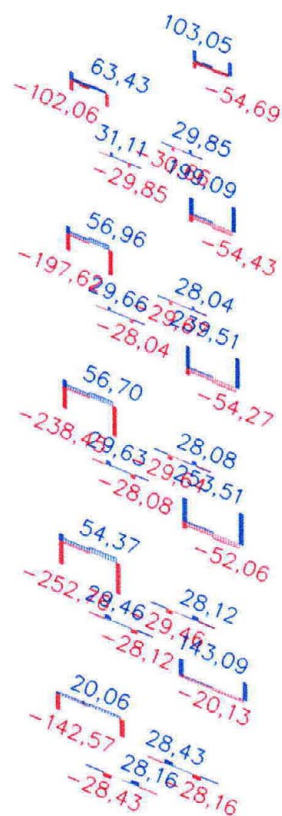
Obálka vnitřních sil na dřevěných paždicích



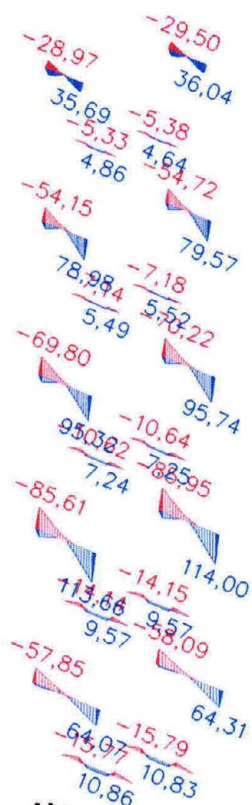
N



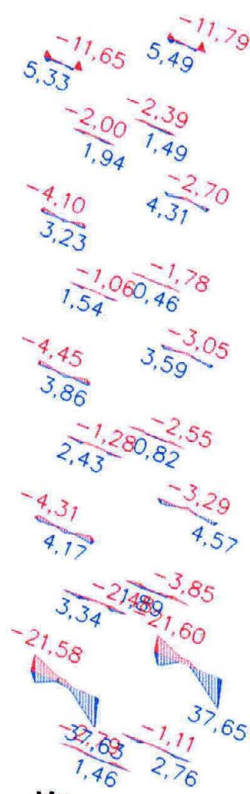
Vy



Vz



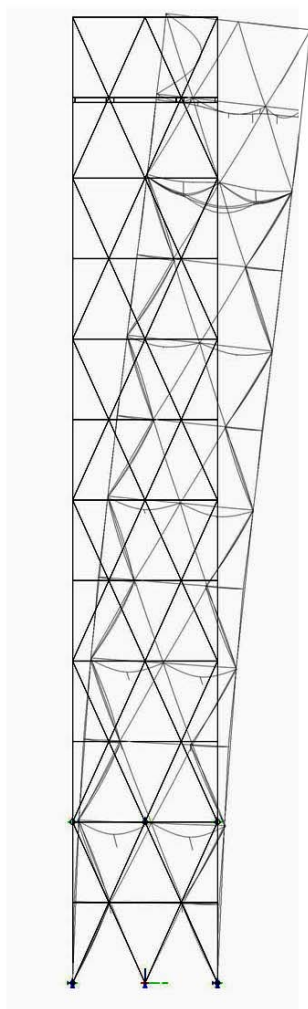
My



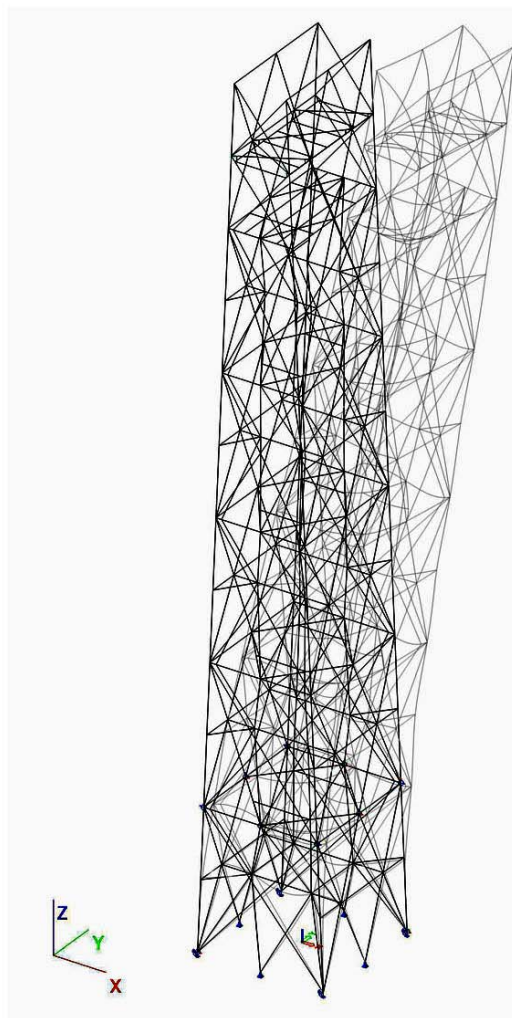
Mz

Obálka vnitřních sil na ocelových paždících

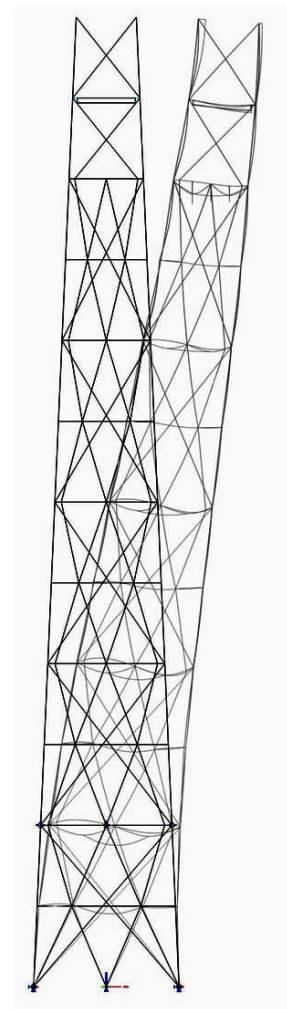
4.6.6 Celkové deformace



Průhyb od větru směr Y
vrchol: $u=76,4\text{mm}$
(kombinace NC15slsY)



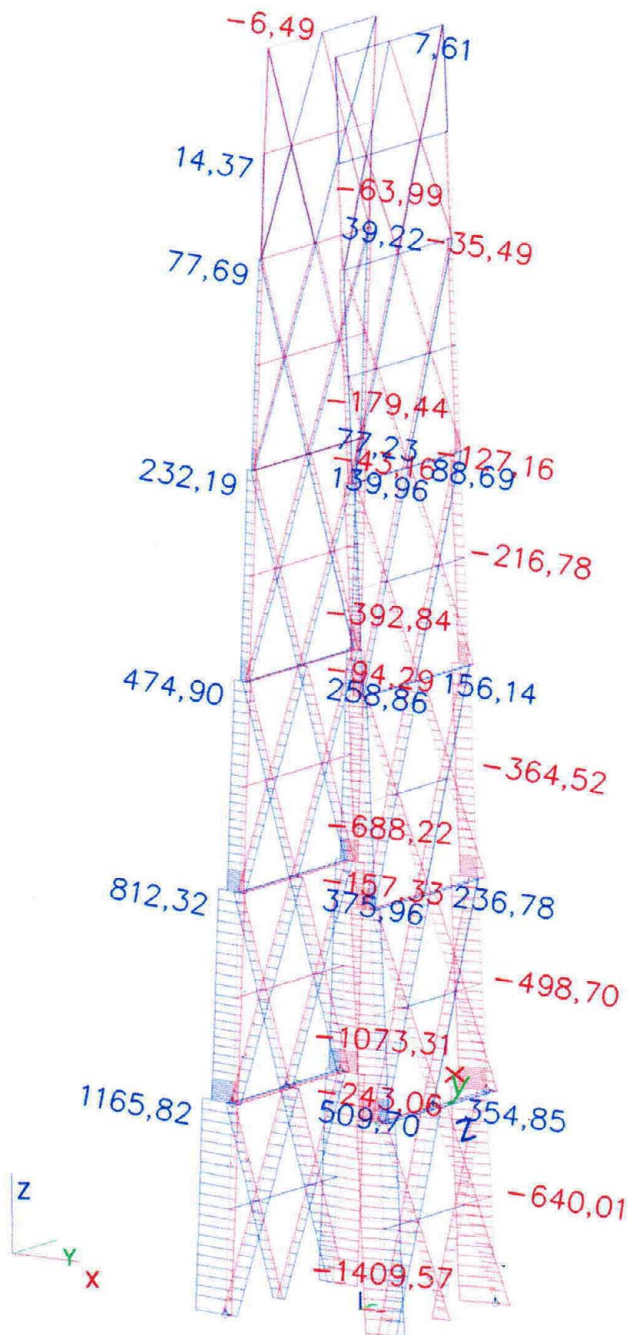
Průhyb od větru směr 45 st.
vrchol: $u=124,3\text{ mm}$
(kombinace NC26sls45)



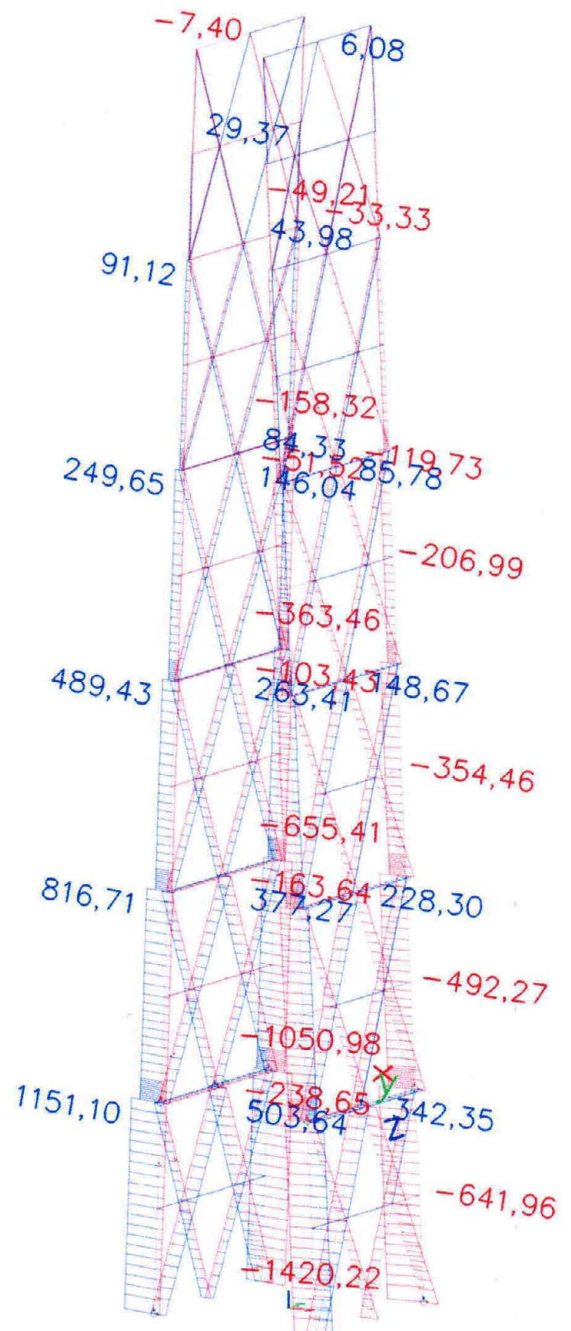
Průhyb od větru směr X
 $u=140,4\text{ mm}$
(kombinace NC15slsY)

4.6.7 Porovnání lineárního a nelineárního výpočtu

- srovnání požaduje výsledek tahu u nelineárního (1165 kN a úrovně) a proti lineárnímu výpočtu (1151 kN)
- rozdíl 1,2% umožňuje porovnat lineárního výsledků s posudkem oběhových dílců.



Obálka normálových sil dřevěných prvků nosné konstrukce - nelineární výpočet



Obálka normálových sil dřevěných prvků nosné konstrukce - lineární výpočet

5. Posouzení spolehlivosti

5.1 Merní stary sílovnosti

- k této softwaru umožňoval, byl proveden automatický posudek a výsledků nelineárního výpočtu (celové pruty a posudek nosníku na prutu přenos)
- posudek prutů a diagonál byl proveden jednotkový, posudek nosníku byl proveden celistvý pro prutu přenos a celistvý pro stabilitu.
- konstrukce vyhoví.

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
NC1245ta	B474	KrizeVrchVert - CFCHS114.3X3	S 235	0,000	0,46	0,06	0,46
NC19Uz45	B489	DiafragmaPripojSch - CFRHS150X100X10	S 235	2,030	0,49	0,49	0,47
NC19Uz45	B498	Platforma tramy vetsi - CFRHS150X100X8	S 235	2,250	0,56	0,56	0,00
NC17UzX	B502	Platforma tramy - CFRHS150X50X6	S 235	1,125	0,28	0,26	0,28
NC1245ta	B514	StriskaTram - CFRHS100X60X5	S 235	1,800	0,33	0,33	0,30
NC1245ta	B525	Striska Pripojeni - CFCHS60.3X4	S 235	0,000	0,41	0,41	0,41
NC10xtah	B575	TahloMacalloy - Kruh	S 460 Tendon	12,093	0,66	0,66	-1,00

1. Jednotkový posudek pažníků a diagonál

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Pojmenovaný výběr - DřevoJednPosudek
 Třída : ULS Line
 Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B125	Diagonala1 - OBDEL	GL24h	2,195	ULS Line	0,84	0,45	0,84	-
B133	Diagonala3 - OBDEL	GL24h	2,195	ULS Line	0,89	0,42	0,89	-
B141	Diagonala5 - OBDEL	GL24h	2,744	ULS Line	0,93	0,43	0,93	-
B149	Diagonala7 - OBDEL	GL24h	2,744	ULS Line	0,73	0,27	0,73	-
B151	Diagonala9 - OBDEL	C24	2,744	ULS Line	0,94	0,24	0,94	-
B72	Diagonala11 - OBDEL	C24	2,744	ULS Line	0,47	0,14	0,47	-
B259	Pazdik1 - OBDEL	GL24h	4,500	ULS Line	0,41	0,41	0,06	-
B263	Pazdik12 - OBDEL	GL24h	4,500	ULS Line	0,26	0,26	0,26	-
B270	Pazdik7 - OBDEL	GL24h	4,500	ULS Line	0,49	0,46	0,49	-
B284	Pazdik5 - OBDEL	GL24h	4,500	ULS Line	0,31	0,31	0,04	-
B292	Pazdik3 - OBDEL	GL24h	4,500	ULS Line	0,32	0,32	0,02	-

2. Posudek nárožníků na prostou pevnost

Nelineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Vše
 Třída : ULS Nelin
 Vrstva : Naroznik
 Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B553	Naroznik11 - OBDEL	GL24h	4,004	ULS Nelin	0,11	0,11	0,05	-
B248	Naroznik9 - OBDEL	GL24h	5,005	ULS Nelin	0,21	0,21	0,09	-
B250	Naroznik7 - OBDEL	GL24h	5,005	ULS Nelin	0,36	0,36	0,05	-
B252	Naroznik5 - OBDEL	GL24h	0,000	ULS Nelin	0,63	0,63	0,03	-
B254	Naroznik3 - OBDEL	GL24h	0,000	ULS Nelin	0,72	0,72	0,09	-
B256	Naroznik1 - OBDEL	GL24h	0,000	ULS Nelin	0,82	0,82	0,13	-

3. Posudek nárožníků na stabilní pevnost

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Pojmenovaný výběr - DřevoStabNarozniky
 Třída : ULS Line
 Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B231	Naroznik1 - OBDEL	GL24h	2,614	ULS Line	0,73	0,55	0,73	-
B535	Naroznik3 - OBDEL	GL24h	2,803	ULS Line	0,75	0,54	0,75	-
B539	Naroznik5 - OBDEL	GL24h	1,201	ULS Line	0,88	0,53	0,88	-
B543	Naroznik7 - OBDEL	GL24h	1,201	ULS Line	0,61	0,32	0,61	-
B547	Naroznik9 - OBDEL	GL24h	1,201	ULS Line	0,29	0,14	0,29	-
B551	Naroznik11 - OBDEL	GL24h	1,602	ULS Line	0,10	0,04	0,10	-

4. Lednotkový posudek oceli

Nelineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Vše
 Třída : ULS Nelin

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
NC18UzY	B323	Platforma diafragma - 2U komora	S 275	2,527	0,85	0,85	0,00
NC17UzX	B316	DiafragmaHlavni - 2U komora	S 235	3,030	0,58	0,58	0,00
NC7X	B356	VzperaDaversteelsM48 - CHS139.7/10.0	S 235	0,000	0,79	0,33	0,79
NC7X	B364	VzperaDaversteelsM42 - CHS114.3/6.3	S 235	0,000	0,88	0,28	0,88
NC7X	B484	PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	S 235	0,000	0,83	0,54	0,83
NC7X	B381	PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	S 275	0,450	0,83	0,83	0,79
NC7X	B384	Platforma pazdik - 2U komora	S 235	0,350	0,63	0,63	0,61
NC1245ta	B414	VzperkaStabNar - CFCHS76.1X2	S 235	0,000	0,72	0,28	0,72

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
NC1245ta	B474	KrizeVrchVert - CFCHS114.3X3	S 235	0,000	0,46	0,06	0,46
NC19Uz45	B489	DiafragmaPripojSch - CFRHS150X100X10	S 235	2,030	0,49	0,49	0,47
NC19Uz45	B498	Platforma tramy vetsi - CFRHS150X100X8	S 235	2,250	0,56	0,56	0,00
NC17UzX	B502	Platforma tramy - CFRHS150X50X6	S 235	1,125	0,28	0,26	0,28
NC1245ta	B514	StriskaTram - CFRHS100X60X5	S 235	1,800	0,33	0,33	0,30
NC1245ta	B525	Striska Pripojenii - CFCHS60.3X4	S 235	0,000	0,41	0,41	0,41
NC10Xtah	B575	TahloMacalloy - Kruh	S 460 Tendon	12,093	0,66	0,66	-1,00

J. 2 Posouzení použitelnostiJ. 2.1 Průřez ve směru xmaximální deformace ve směru x:

$$NC 15 \text{ sls } x: w_{\min, x} = 140,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin } x} = w_{\text{fin } G} + w_{\text{fin } Q_1} + w_{\text{fin } Q}$$

$$w_{\text{fin } G} = w_{\text{fin } Q} = 0 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin } x} = w_{\text{fin } Q_1} = w_{\min, x} (1 + k_{\text{def}} \psi_{211})$$

k_{def} ... deformační součinitel, Dle
1995-1-1 Tab 3.2 platí pro 3 třídy:

$$k_{\text{def}} = 2,0$$

ψ_{211} ... součinitel krosistořelé kombinace,
Pro většinu platí $\psi_{211} = 0$.

$$w_{\text{fin } x} = 140,4 \cdot (1 + 2 \cdot 0) = 140,4 \text{ mm}$$

$$w_{\max} = \frac{1}{300} \cdot h_0 = \frac{1}{300} \cdot 60\,000 = 200 \text{ mm}$$

$$\rightarrow w_{\text{fin } x} = 140,4 \text{ mm} < w_{\max} = 200 \text{ mm} \text{ Vyhoví!}$$

deformace ve směru y:

$$NC 15 \text{ sls } y: w_{\min, y} = 76,9 \text{ mm} = w_{\text{fin } y}$$

$$\rightarrow w_{\text{fin } y} = 76,9 \text{ mm} < w_{\max} = 200 \text{ mm} \text{ Vyhoví!}$$

deformace při směru větrů 45°:

$$w_{\text{minst}_{45}} = \sqrt{w_x^2 + w_y^2}$$

$$\text{NC 26 sbs 45: } w_x = 95,1 \text{ mm } w_y = 80,2 \text{ mm}$$

$$w_{\text{minst}_{45}} = \sqrt{95,1^2 + 80,2^2} = 124,4 \text{ mm}$$

$$\rightarrow w_{\text{fin}_{45}} = w_{\text{minst}_{45}} = 124,4 \text{ mm} < w_{\text{max}} = 200 \text{ mm.}$$

Výhoda!

Poznámka: maximální vodorovná deformace není v EC5 definována.

Kritérium $\frac{H}{300}$ bylo uvčeno na základě porovnání s EC3.

(Kde se předkládá $\frac{H}{500}$ pro více-
podlažní a $\frac{H}{300}$ pro jednopodlažní budovy).
Použití kritéria $\frac{H}{500}$ by dále snížilo
hospodárnost návrhu. Během
navrhování rozhodný dodávají i vodorovné
deformace, měř. $\frac{H}{300}$.

5.2.2 Komfort návštěvníků

- nejčastěji a nejobtížněji prováděným
kritériem je rychlost konstrukce.
Vztah pro rychlost je definován
v EN 199-1-4:

$$a_{\text{max}} = k_p \cdot J_a$$

k_{ex} ... součinitel pojezu pro $V = m_{1x}$,
kde m_{1x} je složitá funkce
pro vlnění avar kmitů
ve směru větru

T_{ax} ... směrová účinnost charakterizující rychlost

$$T_{ax} = \frac{c_f \cdot \phi \cdot t \cdot \ln(ks) \cdot \ln(rs^2)}{m_{1x}} \cdot R \cdot K_x \cdot \frac{\phi(r)}{1x}$$

$r = 50 \text{ m}$... rychlost ve výšce

c_f ... součinitel síly:

$$c_{f, \text{ně}, x} = 0,687$$

$$c_{f, \text{schodiště}, x} = c_f \cdot \frac{\text{odpor schodiště}}{\text{odpor věže}} =$$

$$= 0,687 \cdot \frac{15,09}{39,08} = 0,255$$

$$\text{odpor} = c_f \cdot A_{ref} \cdot c_{scd}$$

$$F_{m1} = q_d \cdot \text{odpor}$$

$$c_f = c_{schodiště} + c_{ně} = 0,942$$

m_{1x} ... ekvivalentní hmotnost na jednotku délky \approx hmotnosti na jednotku délky v horní 1/3 věže. $m_{1x} = 1356 \text{ kgm}^{-1}$

R ... rezonanční část odvětví

K_x ... koeficient dle EC 1991-1-4.

pro $E_s = 2,25$ (příhradová konstrukce)

$z_0 = 0,05$ (parametr drsnosti terénu)

$$z_s/z_0 = 36/0,05 = 720 :$$

$$K_x = 1,73$$

$$\phi_{11x} = \left(\frac{e}{h}\right) \varepsilon_1 = \left(\frac{50}{60}\right)^{2,25} = 0,664 \text{ je}$$

plastní tvar kmitů.

$$\rho \dots \text{ hustota vzduchu} = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$$

pro rychlost $v_{te} = 25 \text{ ms}^{-1}$:

$$T_{ax} = 0,28 \text{ ms}^{-2} \quad k_p = 3,86 \quad a_{max} = 1,082 \text{ ms}^{-2}$$

\dots výpočet viz tabulka v části 3.4

Tato hodnota překračuje meze komfortu
měřitelů. $T_{ax} = 0,28$ nicméně shruba
odpovídá referenční startě rivi

Bohdarha ($T_{ax} \approx 0,25 \div 0,29$ v závis-
losti na podání větrů a směry a
Alumini). Dosázení této hodnoty,
rovněž, je návrh neumožní
s referenční startem co do kritéria
komfortu obtoji. Nicméně bude
vhodné nejít více, pro které bude
starta vhodná pro návštěvníky.

pro rychlost $v = 15 \text{ ms}^{-1}$:

$$T_{ax} = 0,062 \text{ ms}^{-2} \quad k_p = 3,86 \quad a_{max} = 0,24 \text{ ms}^{-2}$$

Tato hodnota splňuje požadavek pro
komerční starty: $a_{max} = 0,24 < a_{lim} = 0,25$.
 15 ms^{-1} odpovídá mírnému víchru dle

Pozn:
výpočet - tabulka
níže.

Beauforta: chvilce proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují."

Kedš se oteklácat, re o tomto pociosi by byla rozhodna s lemm Aristotem.

J při pútkceeni hodnoty $0,25 \text{ ms}^{-2}$ je rozhodna stále pověstelaš,

Napúklad navi cenš alody o ochraui proti vibracím púitš s hodnoto $a_{\text{skr}} = 0,9 \text{ ms}^{-2}$ ps ovishedi-nerou pascouš směnu. Pas kratš expice müze být tato hodnota ještě vyšena.

J. 2.3 Globální púhyby prúku

- púhyby prúku se vyskytují na konstrukci namo haneš výsazným abytum (napú. od vnitřního catiošeni).

Personeni púhybu diafogramat:

$$w_R = 15,1 \text{ mm} \quad (\text{NC 16 sbs U})$$

$$S_{\text{max}} = \frac{l}{250} = \frac{4500}{250} = 18 \text{ mm}$$

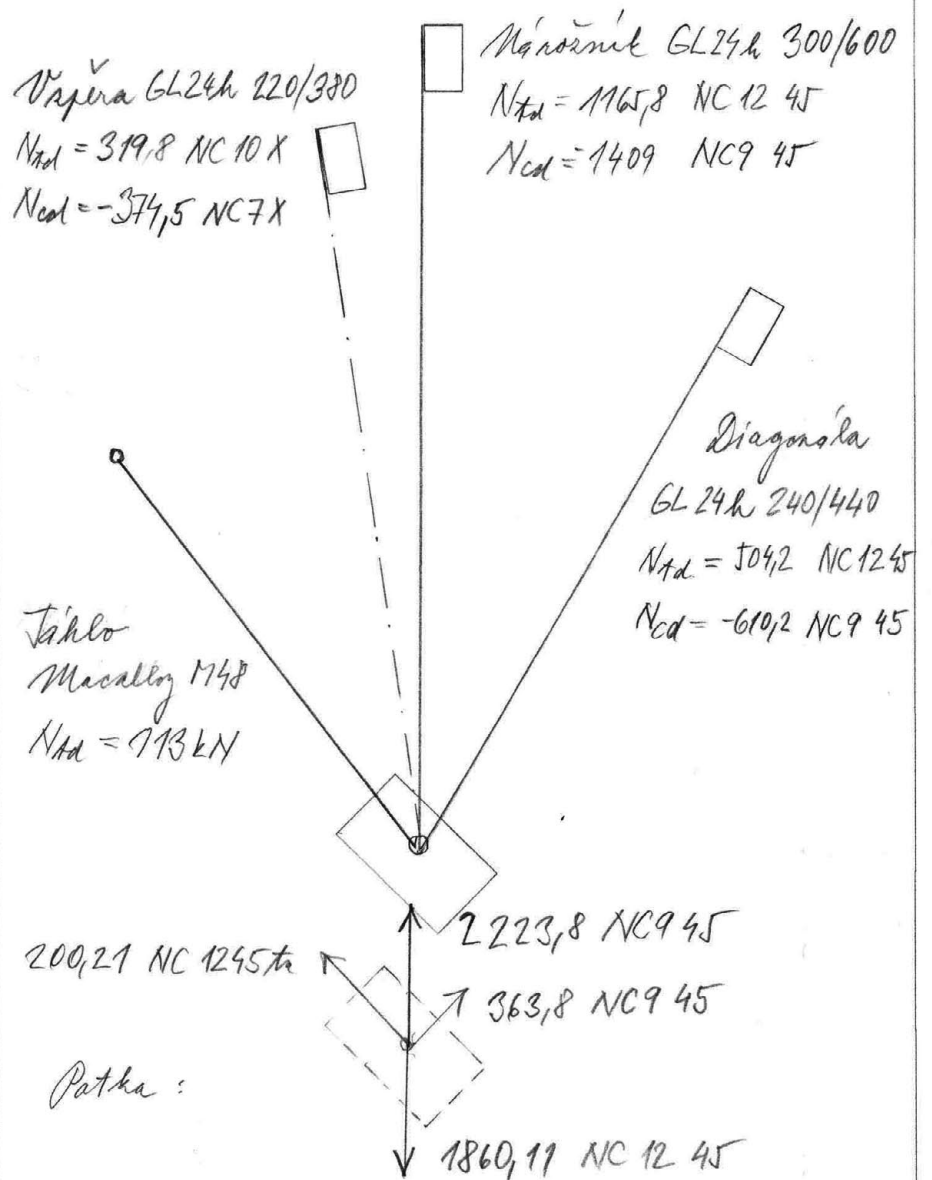
$$\rightarrow w_R = 15,1 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 18 \text{ mm} \quad \text{Vyhoni}$$

Podlatně vyhoni i ostatní prúky.

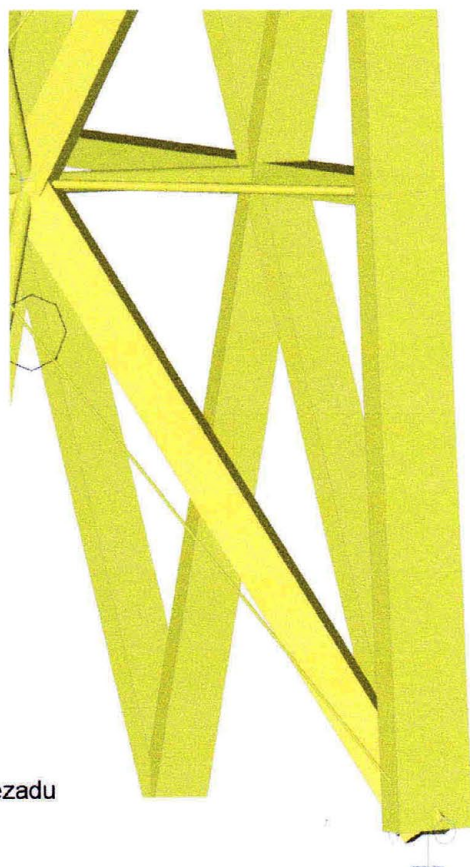
6. Úpoje, přípoje, detaily

6.1 Patka nárovníků

6.1.1 Schéma, otáčka sil a připojích



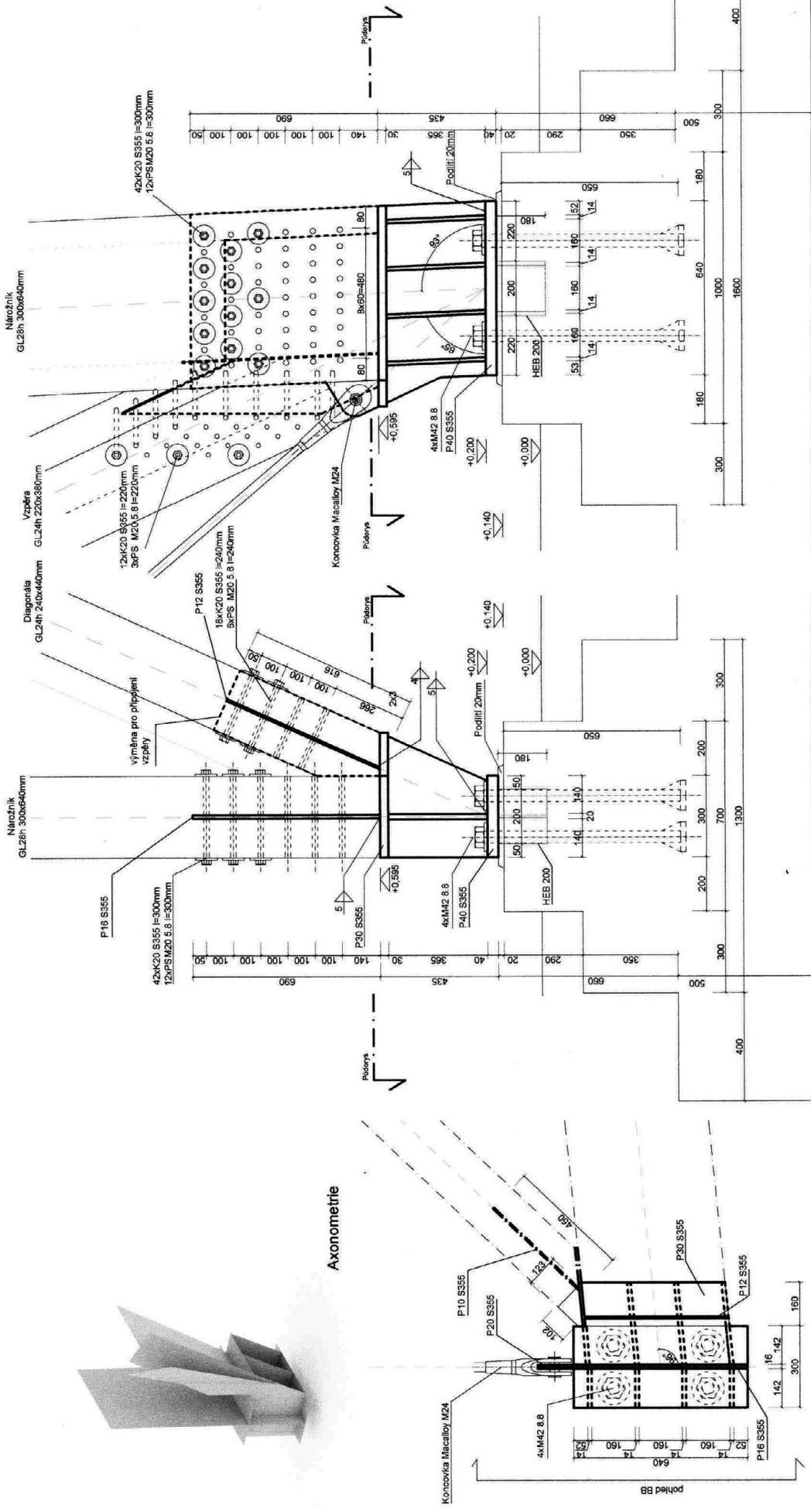
Patka je trvána ocelovým svazencem s plechy S 235. Do tohoto svazence se připojují jednotlivé pruty samostatnými styčníkovými plechy S 355. Vepřa příčné rasty má připojovací plech namávan na plech diagonály přes plechovou výměnu. Jáhlo se připojuje na plech nárovníku.



Axonometrie zezadu



Axonometrie zepředu



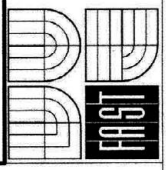
Pohled BB

Pohled AA 1:10

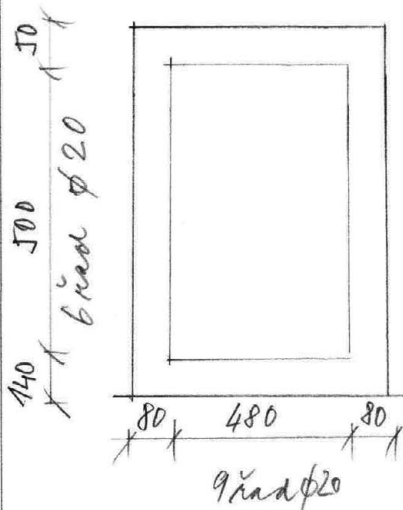
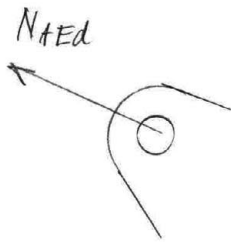
Půdorys 1:10

Vyhliďková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
 Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

Výkres: D4.04 - Detail A / detail paty náročníku
 Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka
 Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, Ph.D.
 Rok: 2013 / 2014



Poznámky:
 Spojovací prvky: Sýčkové plechy přípoj dřevěných prvků z S355 tl. 16 až 12mm (v místě konciovky šířka 20mm), svary S355
 Ostatní plechy: S355 tl. 30 až 40mm
 Koneciovka táhla: díle stancardu dodavatele (Macalloy M24)
 Kolíky S355, přesně svorníky 5.8
 Ocelový sválenec patky (patní klíž): sválenec z P14 S235
 C 20 / 25, tolerance provedení základi: 10mm
 Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN380 Lepené lamelové dřevo
 Beton:
 Dřevo:



6.1.2 Připojení stěbla $N_{AEd} = 113 \text{ kN}$

Stěblo se připojuje koncovkou na připojovací plech nosníku. V tomto místě bude dodávaný požadavek výřteč na tloušťku plechu 20 mm. Úpoj vyhoví požadavky výřteč jevu a příloze.

6.1.3 Připojení nosníku

$N_{AEd} = 1161 \text{ kN}$, pracovní síly součinitelové.

$N_{Ced} = 1409 \text{ kN}$

Navrženo: 42 K 20 S355

12 PS Ø20 J-6

počet řad: 9, počet jisků v řadě: 6

střed: $N_{AEd} = 1161 < F_{t,Rd} = 1194,8 \text{ Tylhoř.}$

plekový smyč:

$N_{AEd} = 1161 < F_{t,Rd} = 1799,1 \text{ Tylhoř.}$

→ svar: svar musí být alespoň tak velký jako stěblo.

$a = 5 \text{ mm} \geq a_{\min} = 2,75 \text{ mm}$. Vzhledem

ke velikosti síly u stěbla (113 kN)

opětí síly u nosníku (1161 kN) je

svar navržen s dostatečnou rezervou.

Tylhoř.

→ přenos kontaktem:

$N_{Ced} - F_{t,Rd} = 1409 - 1194 = 215 \text{ kN}$

215 kN bude přeneseno kontaktem.

Výpočet přípoje kolíkového typu: Pata nárožníku - přípoj nárožníku

Zatížení

Kombinace	Normálová síla tahová	Posouvací síla	Normálová síla tlaková	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} \cdot 0,5$
CO	N _{Ed} ..kN	Vz _{Ed} ..kN	N _{cEd} ..kN	alfa..st	F _{Ved} ..kN
NC12 45	1161	7,58	1409	0,3741	1161

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k _{mod}	gamma _m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d ₁ ..mm	A _p ..mm ²	a ₁ ..mm	a ₂ ..mm	a ₃ ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	20	20	0	100	80	140	6	9	3,950	0,3693	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otlačeného dřeva	Pevnost v otlačení ve směru vláken;	Součinitel k ₉₀	Pevnost v otlačení
ro _k ..kgm ⁻³	f _{c90k}	f _t ..Mpa	f _v ..Mpa	t ₁ ..mm	f _{h0k} ..Mpa	k ₉₀	f _{hak} ..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	140	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

F _{ax,Rk} ..kN	F _{VRk} ..kN	s [*] F _{VRk} ..kN	F _{VRk} ..kN
0,0	31,21	62,42	2218,9

Posudek skupiny spojovacích prostředků na střih

F_{VEd} = 1161,02 kN <= F_{VefRd} = 1194,8 kN **Spoj vyhoví.**

Únosnost v blokovém smyku

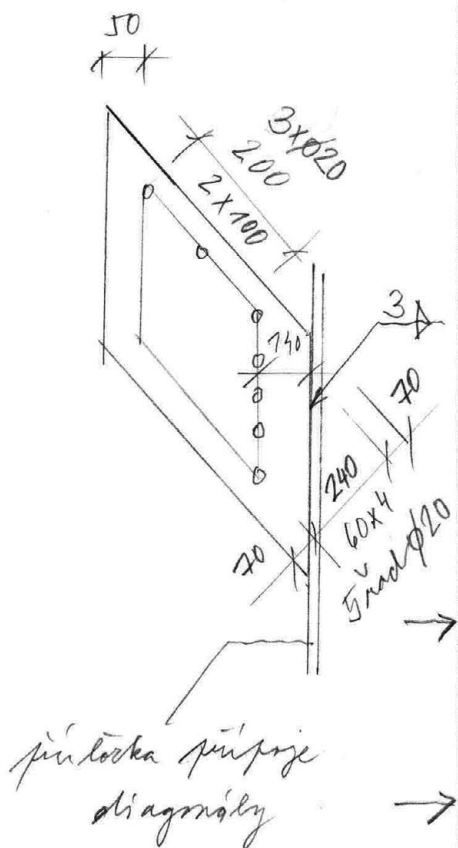
Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku
t _{ef} ..mm	L _{net,t} ..mm	L _{net,v} ..mm	A _{net,t} ..mm ²	A _{net,v} ..mm ²	s [*] F _{bs,Rk} ..kN
27,2	480,00	1080	67200	151200	3326,40

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířku prvků)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f _u ..Mpa	Beta _w	f _{vw,d} ..Mpa	F _{wEd} ..kNm ⁻¹	a _{mm}	t _{mm}
510	0,9	261,7	1,45	2,77	6,59

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

F_{VEd} = 1161,02 kN <= F_{bs,Rd} = 1791,1 kN **Spoj vyhoví.**



6.1.5 Přípoj vzpěry

$$N_{Ed} = 399,8 \text{ kN} \quad \text{XC 10} \quad \text{X tah}$$

$$N_{cd} = -374,5 \text{ kN} \quad \text{XC 7} \quad \text{X}$$

posunovací a ostatní síly zanedbatelné.

$$\text{Navrženo: } 12 \text{ K20 S 355}$$

$$4 \text{ PS1720 J.8}$$

počet řad: 9, počet prvků v řadě: 6

střik: $N_{AEd} = 399,8 < F_{t,Ed} = 355,7 \text{ kN}$ Těžší

úskokový smyk:

$$N_{AEd} = 399,8 \text{ kN} < F_{t,Ed} = 447,8 \text{ kN}$$
 Těžší

svaz: $a = 3 \text{ mm} \geq a_{\min} = 1,70 \text{ mm}$.

přenos kontaktem:

$$N_{cd} - F_{\text{vzpera}} = 374 - 355,7 = 18,3 \text{ kN}$$

18,3 kN bude přeneseno kontaktem.

Výpočet přípoje kolíkového typu: Pata nárožníku - přípoj vzpěry

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Normálová síla tlaková	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2 + V_{yE}^2}$
CO	$N_{tEd} \text{..kN}$	$V_{zEd} \text{..kN}$	$N_{cEd} \text{..kN}$	$\alpha \text{..st}$	$F_{Ved} \text{..kN}$
NC10 Xtah	319,8	0	374,5	0,0000	320

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k_{mod}	γ_m
0,7	1,3

Kolík/svorník

$f_{yk} \text{..Mpa}$	$f_{uk} \text{..Mpa}$	$d \text{..mm}$	$d_1 \text{..mm}$	$A_p \text{..mm}^2$	$a_1 \text{..mm}$	$a_2 \text{..mm}$	$a_3 \text{..mm}$	n	m	n_{ef}	$M_{yRk} \text{..kNm}$	s
355	510	20	20	0	100	60	140	3	5	2,117	0,3693	2
					\geq	\geq	\geq					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otačeného dřeva	Pevnost v otažení ve směru vláken;	Součinitel k_{90}	Pevnost v otažení
$\rho_k \text{..kgm}^{-3}$	f_{c90k}	$f_{t} \text{..Mpa}$	$f_{v} \text{..Mpa}$	$t_1 \text{..mm}$	$f_{h0k} \text{..Mpa}$	k_{90}	$f_{hak} \text{..Mpa}$
380	2,66	16,5	2,7	105	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

$F_{axRk} \text{..kN}$	$F_{VRk} \text{..kN}$	$s \cdot F_{VRk} \text{..kN}$	$F_{VefRk} \text{..kN}$
0,0	31,21	62,42	660,6

Posudek skupiny spojovacích prostředků na střih

$F_{VEd} = 319,80 \text{ kN} \leq F_{VefRd} = 355,7 \text{ kN}$

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku
$t_{ef} \text{..mm}$	$L_{net,t} \text{..mm}$	$L_{net,v} \text{..mm}$	$A_{net,t} \text{..mm}^2$	$A_{net,v} \text{..mm}^2$	$s \cdot F_{bs,Rk} \text{..kN}$
27,2	160,00	600	16800	63000	831,60

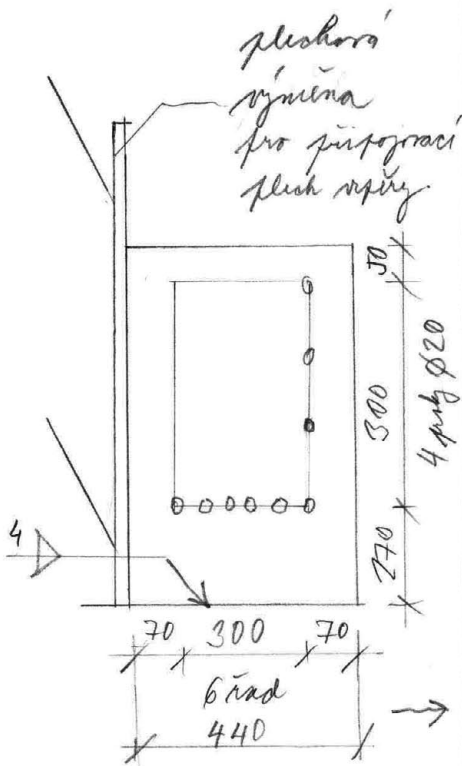
Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířku prvků)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
$f_u \text{..Mpa}$	β	$f_{vw,d} \text{..Mpa}$	$F_{wEd} \text{..kNm}^{-1}$	$a \text{..mm}$	$t \text{..mm}$
510	0,9	261,7	0,89	1,70	5,44

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

$F_{VEd} = 319,80 \text{ kN} \leq F_{bs,Rd} = 447,8 \text{ kN}$

Spoj vyhoví.



6.1.6 Připojení diagonály

$$N_{AEd} = 504 \text{ kN} \quad (NC 12 45)$$

$$N_{Ced} = -610,2 \text{ kN} \quad NC 9 45$$

posouvací síly rovněž atd.

$$\text{navržen: } 18 \text{ K 20 } 3 \text{ 35T}$$

$$4 \text{ PSM 20 } 5.8$$

$$\text{počet řad: } 6 \quad \text{počet prvků v řadě } 4$$

střed:

$$N_{AEd} = 504 \text{ kN} < F_{V,Ed} = 553,0 \text{ kN} \quad \text{Vzhledem!}$$

okrajový smyk:

$$N_{AEd} = 509 \text{ kN} < F_{A,Rd} = 586,4 \text{ kN} \quad \text{Vzhledem!}$$

smrž: Smrž připojení musí přenést sílu a diagonály i v rozpětí.

Smrž bude posouven na sílu

$$F_{A,Ed,max} = \sum N_{AEd,i} = 504 + 319,8 = 824 \text{ kN}$$

$$F_{A,Rd} = \sum l_{an} \cdot a \cdot f_{grd} = \sum l_{an} \cdot a \cdot \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_{gr} \cdot \gamma_{M2}} = 2 \cdot 440 \cdot 4 \cdot \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 903,2 \text{ kN}$$

$$F_{A,Ed} = 824 < F_{A,Rd} = 903,2 \text{ kN} \quad \text{Vzhledem!}$$

přenos kontaktem:

$$N_{Ced} - F_{V,Ed} = 610 - 553 = 57 \text{ kN}$$

57 kN bude přeneseno kontaktem

Dřevěná vyhlídková věž: statický výpočet

Strana:

Výpočet přípoje kolíkového typu: Pata nárožníku - přípoj diagonály

Zatížení

Kombinace	Normálová síla N _{Ed} ..kN	Posouvací síla V _z Ed..kN	Normálová síla tlaková N _c Ed..kN	Úhel odklonu síly ve spoji alfa..st	Výsledná síla v přípoji =(N _{Ed} ^2+V _z Ed d^2)^0,5 F _{Ved} ..kN
CO	504,2	0	610,2	0,0000	504

Podmínky působení

Modifikační součinitel k _{mod}	Součinitel materiálu gamma _m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d ₁ ..mm	A _p ..mm ²	a ₁ ..mm	a ₂ ..mm	a ₃ ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	20	20	0	100	60	200	4	6	2,742	0,3693	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota ro _k ..kgm ⁻³	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům f _{c90k}	Pevnost v tahu f _t ..Mpa	Pevnost ve smyku f _v ..Mpa	Nejmenší tloušťka otlačeného dřeva t ₁ ..mm	Pevnost v otlačení ve směru vláken; =0,082 (1- 0,01d)*ro _k	Součinitel k ₉₀ =1,35+0,015*d	Pevnost v otlačení =f _{hok} /(k ₉₀ *sin ^2alfa+cos^2alfa)
380	2,66	16,5	2,7	110	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

F _{ax} R _k ..kN	F _{VRk} ..kN	s*F _{VRk} ..kN	VefR _k ..kN
0,0	31,21	62,42	1027,0

Posudek skupiny spojovacích prostředků na střih

F_{VEd} = 504,20 kN <= F_{VefRd} = 553,0 kN Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška t _{ef} ..mm	Čistá šířka průřezu L _{net,t} ..mm	Čistá délka smykového lomu L _{net,v} ..mm	Čistá průřezová plocha A _{net,t} ..mm ²	Čistá smyková plocha A _{net,v} ..mm ²	Charakteristická únosnost při blokovém smyku s*F _{bs,Rk} ..kN
27,2	200,00	880	22000	96800	1089,00

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu f _u ..Mpa	Korelační součinitel Beta _w	Návrhová pevnost ve smyku f _{vw,d} ..Mpa	Síla na délu svaru (šířku prvu) F _{wEd} ..kNm ⁻¹	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu) a..mm	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti) t..mm
510	0,9	261,7	1,20	2,29	6,87

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

F_{VEd} = 504,20 kN <= F_{bs,Rd} = 586,4 kN Spoj vyhoví.

(Vzhledem na charakter namáhání bude prok posuvová průměrná síla).

posudek na opeřný tlak:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_c}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,26 \cdot 10^8}{720^2} = 503\,761 \text{ kN}$$

$$\bar{\kappa}_z = \sqrt{\frac{A f_g}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{24\,976 \cdot 235}{503\,761}} = 0,108$$

$$\alpha = 0,34 \text{ (kritická)}$$

$$\phi_R = \frac{1}{2} \cdot (1 + \alpha (\bar{\kappa}_z - 0,2) + \bar{\kappa}_z^2) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (1 + 0,34 (0,108 - 0,2) + 0,108^2) \approx 0,149$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_R + \sqrt{\phi_R^2 - \bar{\kappa}_z^2}} = \frac{1}{0,149 + \sqrt{0,149^2 + 0,108^2}} = 1,032$$

$$1,032 > 1,0 \Rightarrow \chi_z = 1,0$$

$$N_{k1ed} = \chi_R \cdot A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 1,0 \cdot 24\,976 \cdot \frac{235}{1,0} \cdot \frac{1}{10^3} =$$

$$= 5\,869,4 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{c1ed} = 18\,600 \text{ kN} < N_{k1ed} = 5\,869,4 \text{ kN. Vzhledem}$$

posudek smyku:

$$V_{pl2Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_v}{\gamma_{M0}} = \frac{8\,960 \cdot \left(\frac{235}{\sqrt{3}}\right)}{1,0 \cdot 10^3} = 1217 \text{ kN.}$$

$$\rightarrow V_{zEd} = 200,27 \text{ kN} < V_{pl2Rd} = 1217 \text{ kN. Vzhledem}$$

$$V_{plyRa} = \frac{A_{vy} \cdot \left(\frac{f_t}{13}\right)}{f_{110}} = \frac{16\,800 \cdot \frac{235}{13}}{10 \cdot 10^3} = 2279 \text{ kN}$$

$$\rightarrow V_{yEd} = 363,8 \text{ kN} < V_{plyRd} = 2279 \text{ kN. Vyhoví!}$$

svazy patníkové kříže:

Svazy budou navrženy na maximální obálku sil.

$$F_{A+Ed} = \sqrt{2224^2 + 364^2 + 200,2^2} = 2262 \text{ kN}$$

$$l_{sw} = 2 \cdot 143 + 2 \cdot 52 \cdot 2 + 2 \cdot 160 \cdot 3$$

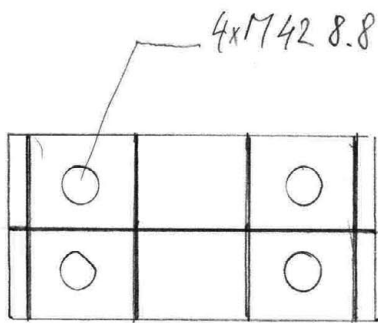
$$= 2336 \text{ mm}$$

$$\text{svazek : } a = 5 \text{ mm}$$

$$F_{wRd} = l_{sw} \cdot a \cdot \frac{f_w}{\beta_{wv} \cdot f_{112}} = 2336 \cdot 5 \cdot \frac{360}{0,8 \cdot 125 \cdot 10^3} =$$

$$= 2427 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{A+Ed} = 2262 \text{ kN} < F_{wRd} = 2427 \text{ kN Vyhoví!}$$



6.1.8 Kotevní šrouby

Celková maximální tahová síla v kotvení:

$$N_{AEd} = 1860 \text{ kN}$$

Počet šroubů: 4. Síla na jeden:

$$N_{AEd} = 12 \cdot \frac{N_{AEd}}{4} = 12 \cdot \frac{1860}{4} = 558 \text{ kN}$$

šrouby: 4 x M42 8.8 $A_s = 1206 \text{ mm}^2$

úpravená šrouba:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_2 \cdot A_s \cdot f_{ut}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1206 \cdot 800}{1,25} = 694,7$$

$N_{b,Ed} = 558 \text{ kN} < N_{1,Rd} = 694,7 \text{ kN}$ vyhoví.

úpravená síla vchůvu:

beton patky: C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

$$N_{2,Rd} = k \cdot f_{ck} \cdot \pi (a^2 - d^2) \cdot \frac{1}{4 \gamma_{M0}} =$$

$$= 11 \cdot 20 \cdot \pi \cdot (170^2 - 42^2) \cdot \frac{1}{4 \cdot 2,16} =$$

$$= 826,8 \text{ kN}$$

úpravená kotvení: Anklivy od tlaku jsou vyhlášené:

$$N_{3,Rd} = k \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \psi \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} =$$

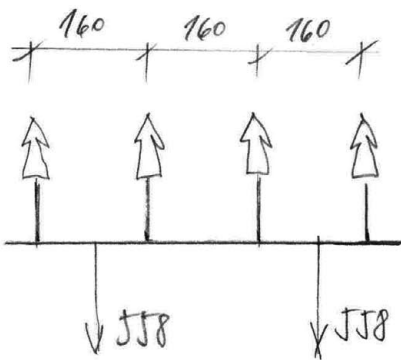
$$= 11 \cdot 20^{0,5} \cdot 650^{1,5} \cdot \psi \cdot \frac{1}{2,16} = 760,9 \text{ kN}$$

$$N_{k,Rd} = \min(N_{1,Rd}, N_{2,Rd}, N_{3,Rd}) = 694,7 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{Rd} = 694,7 \geq N_{AEd} = 226,6 \text{ kN} \text{ Vzhledem!}$$

6.1.9 Posouzení patního plechu

posouzení plechu tahovou silou ve čtverci



$$M_{y,Ed} = 11,68 \text{ kNm}$$

plech: P40 S355 tl 40 mm

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 143 \cdot 40^2 = 38\,133 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Rd} = W_y \cdot \frac{f_t}{\gamma_{M0}} = 38\,133 \cdot \frac{355}{1,0 \cdot 10^6} = 13,53 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow M_{y,Ed} = 11,16 \text{ kNm} \leq M_{y,Rd} = 13,53 \text{ kNm} \text{ Vzhledem!}$$

posouzení tahovou silou v patce:

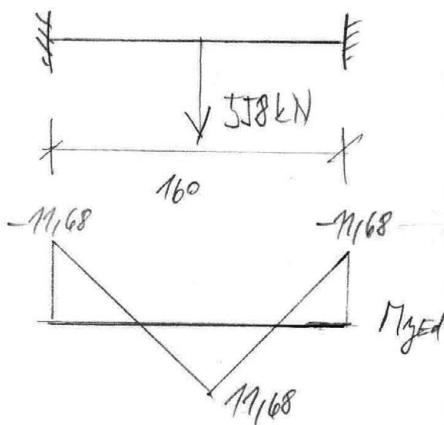
Vzhledem k dimenzím plechu můžeme provést výpočet pro tahový patní plech.

$$N_{c,Ed} = 2223,8 \text{ kN}$$

$$A_{eff} = A = 300 \cdot 640 = 192\,000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{cb} = \frac{N_{c,Ed}}{A_{eff}} = \frac{2223,8 \cdot 10^3}{192\,000} = 11,6 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow \sigma_{c,Ed} = 11,68 \text{ MPa} \leq f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{M0}} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ Vzhledem!}$$



Praktice beton vyhověl na prostou pernost,
není třeba přeměnat na vyso-
pernost f_{cj} .

porušení pásu'ho pletchu napětím od betonu:

průční vají'as' část:

$$\begin{aligned} \text{pro průček 1mm: } M_{ged} &= \sigma_{cl} \cdot l \cdot \frac{l}{2} = \\ &= 11,6 \cdot 52 \cdot \frac{52}{2} = 15,7 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$W_g = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 40^2 = 266,7 \text{ mm}^3$$

$$M_{gkd} = W_g \cdot f_{td} \cdot \frac{1}{10} = 266,7 \cdot 355 \cdot \frac{1}{10} = 94,5 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

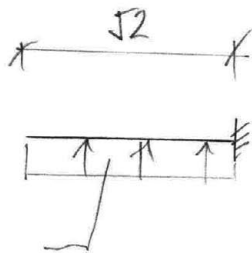
$$M_{ged} = 15,7 \cdot 10^3 \leq M_{gkd} = 94,5 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \text{ Vyhoví!}$$

vnitřní část:

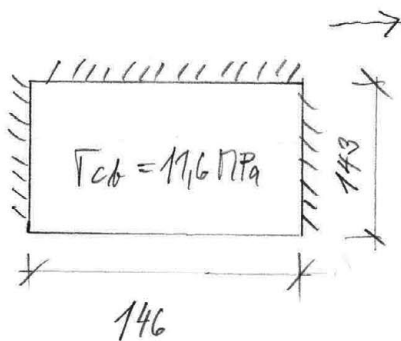
$$a = 143, b = 146, m = \frac{b}{a} = 1,0 \Rightarrow \alpha_3 = 0,536$$

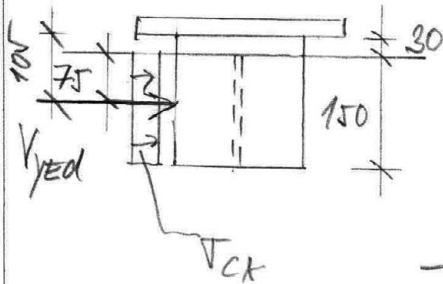
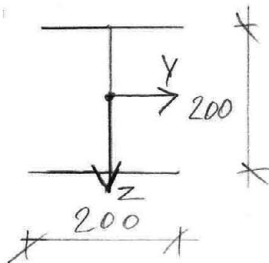
$$\begin{aligned} s_3 \text{ min} &= \alpha_3 \cdot a \sqrt{\frac{\sigma_{cl}}{f_{td}}} = 0,536 \cdot 143 \cdot \sqrt{\frac{11,6}{355}} = \\ &= 13,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_3 \text{ min} = 13,9 \text{ mm} \leq s = 40 \text{ mm} \text{ Vyhoví!}$$



$$\sigma_{cl} = 11,6 \text{ Nmm}^{-2}$$





6.1. 10 Smyková rovnice

$$V_{y,max} = 363,8 \text{ (NC 9 45)}$$

$$V_{z,max} = 200,2 \text{ (NC 12 45)}$$

výška podlití: 20 mm

přeshrančí tolerance: 10 mm

úpravená výška měření: $20 + 10 = 30$ mm

odlácení betonu:

$$F_{c,rd} = A \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\gamma_{mc}} = 200 \cdot 150 \cdot 20 \cdot \frac{1}{1,5} = 400 \text{ kN}$$

$$V_{yEd} = 363,8 \text{ kN} \leq 400 \text{ kN} = F_{c,rd} \text{ vyhoví.}$$

$$V_{zEd} = 200,2 \text{ kN} \leq 400 \text{ kN} = F_{c,rd} \text{ vyhoví.}$$

(plochy jsou pro oba směry stejné - HEB 200)

skyt smykové rovnice:

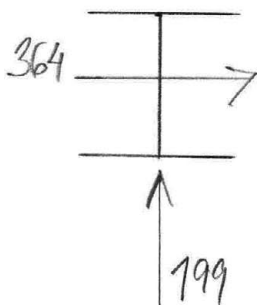
Rozhodující kombinací je NC 9 45:

$$V_{yEd} = 364 \text{ kN} \quad V_{zEd} = 199 \text{ kN}$$

$$M_{zEd} = V_{yEd} \cdot a = 364 \cdot 0,105 = 38,22 \text{ kNm}$$

$$M_{yEd} = V_{zEd} \cdot a = 199 \cdot 0,105 = 20,92 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN (normální beton sílu přenáší beton)}$$



HEB 200 S235

$$a = \frac{(A - 2 \cdot h \cdot t_f)}{A} = \frac{7808 - 2 \cdot 200 \cdot 15}{7808} = 0,23 < 0,5$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0$$

 $d = 2$ (1, H profily)

$$\beta = 5m = 0 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow \beta = 1$$

profil HEB200: 1 Arida \Rightarrow plastický výpočet.
 $A = 7808 \text{ mm}^2$ $W_{plz} = 305,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ $W_{ply} = 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$$M_{plz,rd} = f_y \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} \cdot W_{ply} = 235 \cdot \frac{1}{1,0} \cdot 642,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{10^6} = 150,0 \text{ kNm}$$

$$M_{plz,rd} = f_y \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} \cdot W_{plz} = 235 \cdot \frac{1}{1,0} \cdot 305,8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{10^6} = 71,9 \text{ kNm}$$

$$M_{Ny,rd} = \frac{M_{plz,rd} (1-n)}{(1-0,5 \cdot a)} = \frac{150,0 \cdot 1}{1-0,5 \cdot 0,23} = 169,5 \text{ kNm}$$

$$M_{Nz,rd} = M_{plz,rd} \cdot \left(1 - \frac{(n-a)^2}{1-a}\right) = 71,9 \cdot \left(1 - \frac{(0,23)^2}{1-0,23}\right) = 65,45 \text{ kNm}$$

posudek v jednotkovém tvaru:

$$\left(\frac{N_{yEd}}{N_{NyRd}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{N_{zEd}}{N_{NzRd}}\right)^{\beta} \leq 1$$

$$\left(\frac{20,92}{169,5}\right)^2 + \left(\frac{38,22}{65,45}\right)^1 \leq 1$$

$$\rightarrow 0,015 + 0,58 = 0,598 \leq 1 \text{ Vykon!}$$

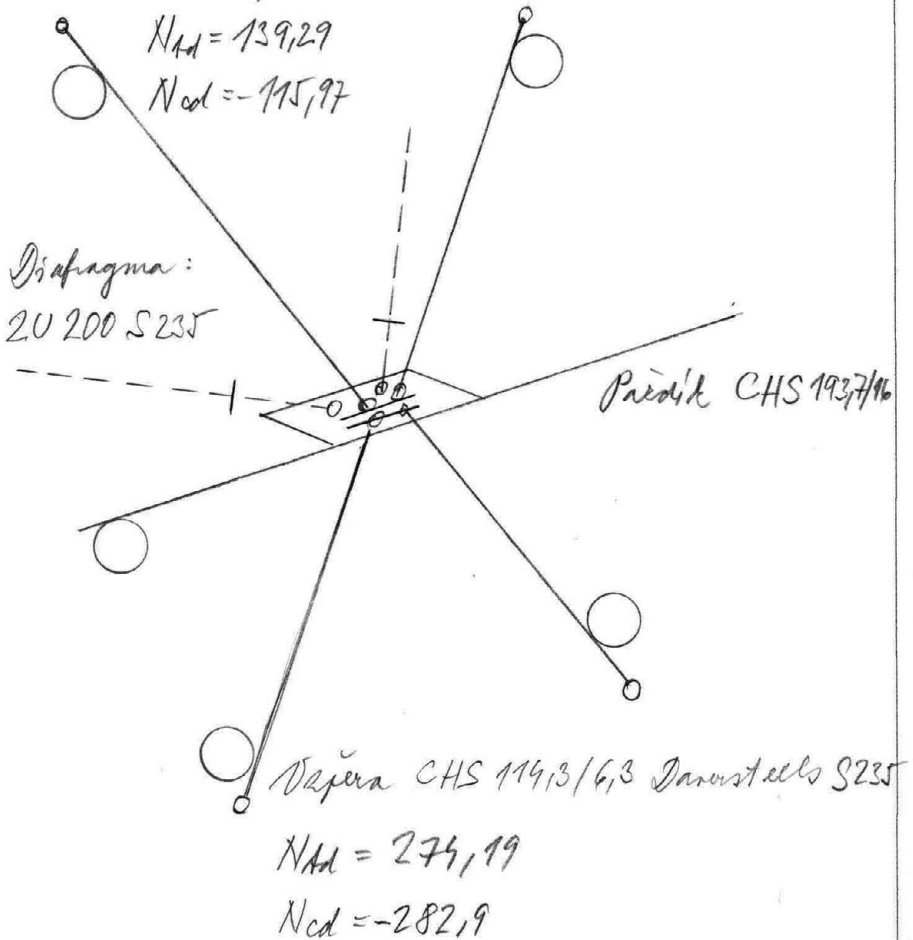
6.2 Střední styčník ocelového příděku

Vežera CHS 114/3/6,3 Danustels S 235

$$N_{Ad} = 139,29$$

$$N_{ed} = -115,97$$

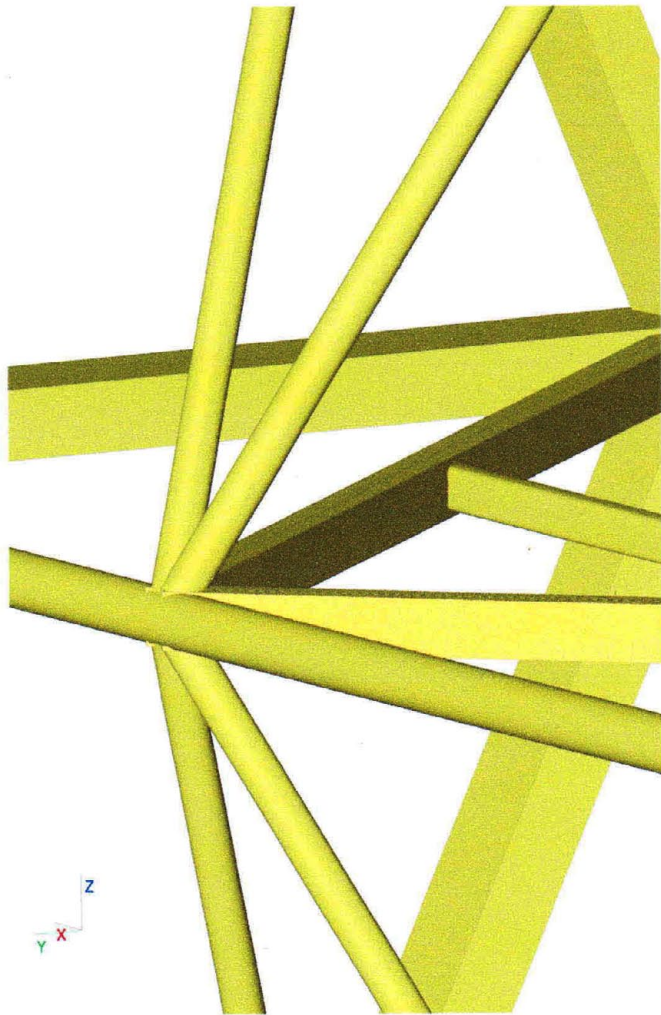
Diaphragma:
20 200 S 235



$$N_{Ad} = 274,19$$

$$N_{ed} = -282,9$$

Připoj punků Danustels je proveden podle předložené vzorky. Tyto styčníkové flechy jsou navrženy k rovinnému přetlaku. Mezi dvě rovinné flechy (pro horní a dolní výševy) se přisazuje rovinná diaphragma. Těsně potom je výsledná síla přenesena a stěhata punků do příděku dvěma rovinnými svary.



Axonometrie zepředu

Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce

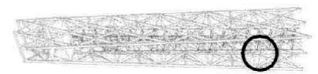
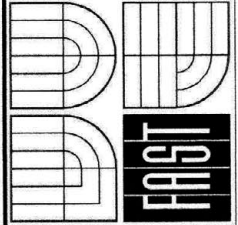
Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

Výkres: 04.08 - Detail E / detail styčníku příčné vazby

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Rok: 2013 / 2014



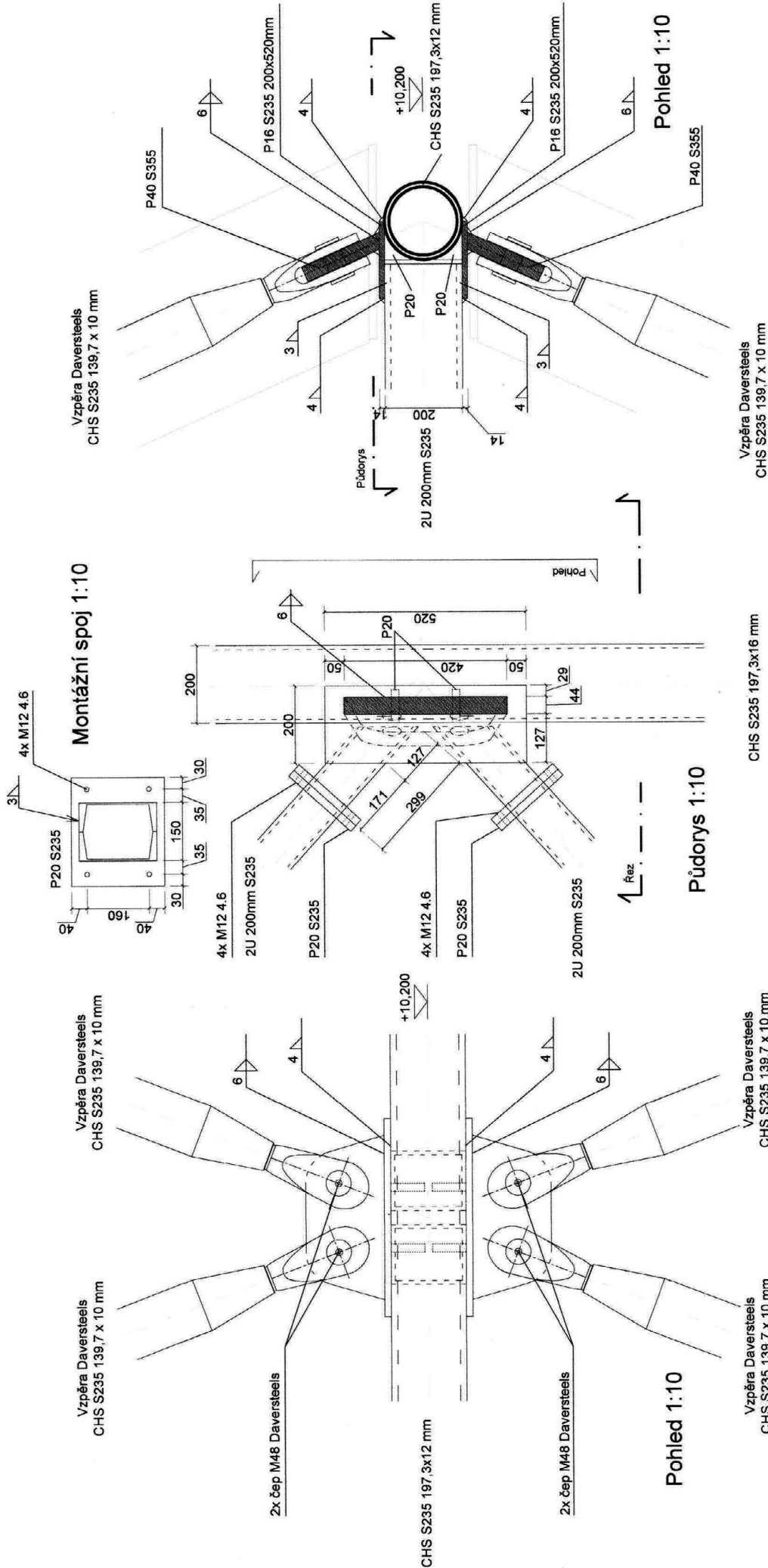
Poznámky:

Materialy:

Styčnickové plechy vzpěr: P40 S355
Ostatní styčnickové plechy: P16 S235
Pevnostní třída svarů: S235
Čepy vzpěr: M48 dle standardů dodavatele (Daversteels)

Ocel:

S355 CHS 193,7 / 16mm
S235 CHS 139,7 / 10mm Daversteels



Montážní spoj 1:10

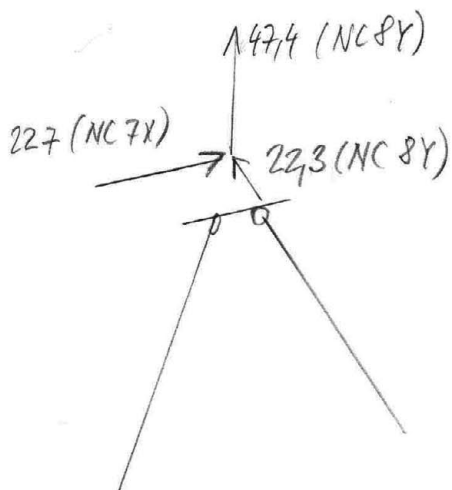
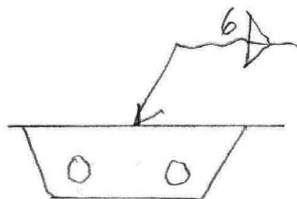
Půdorys 1:10

Pohled 1:10

6.2.1 Připojení věže

Věž je připojena styčníkovým plechem tl. 40 mm podle předávků sjezdu platného pro věže Danusteels 1142 (CHS 114,3/617).
Věž je připojena tělem 1142 na plech třídy S355. Výtahové kování zaručují rovnost spoje.

6.2.2 Připojení spodní dvojice věží



Styčníkový plech věží bude přivářen na dolní styčníkový plech. Připojení bude dimenzováno na abáku sil.

$$F_{Ed} = F_{Ed \max} = \sqrt{227^2 + 47,9^2 + 22,3^2} = 232,9 \text{ kN}$$

$$l_{aw} = 2 \cdot 417 = 834 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm (připojení prutu o tl. 40 mm)}$$

$$F_{w,rd} = l_{aw} a \frac{f_u}{\sqrt{3}} = 834 \cdot 6 \cdot \frac{360}{\sqrt{3}} = 924,0 \text{ kN}$$

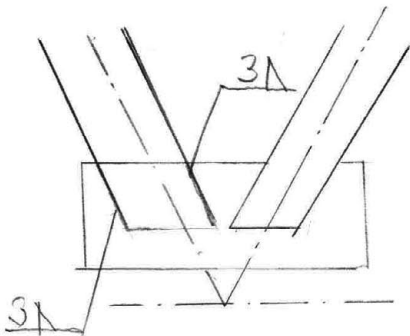
$$F_{Ed} = 232,9 \text{ kN} < F_{w,rd} = 924,2 \text{ kN} \text{ Vyhodí.}$$

6.2.3 Připjení horních větví

Horní větev jsou méně zatěžované detail. Pastře svary $a=6$ poskytovaly selhání rezemou, vyhoví v tomto případě.

6.2.4 Připoj prutu diagonálu

Přidání:



$$l_{am} = 4 \cdot 126 = 504 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm}$$

→

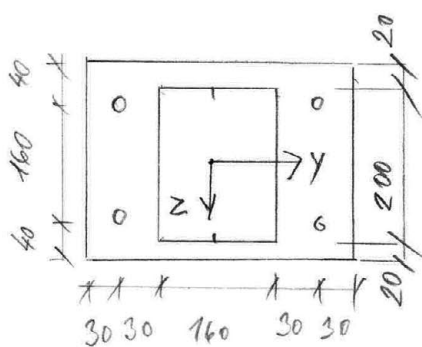
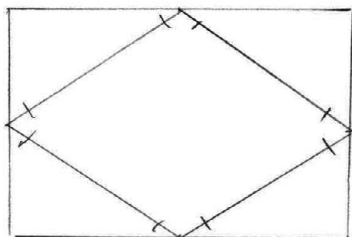
Spoj je považován za kloubový. Maximální síla v připoji bude určena R maximálních smykových sil prutu.

$$|N_{max}| = 32,02 \quad |V_{y,max}| = 2,06 \quad |V_{z,max}| = 15,99$$

$$F_{Ed} = F_{Ed,max} = \sqrt{32,02^2 + 2,06^2 + 15,99^2} = 35,08 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 504 \cdot 3 \cdot \frac{\frac{360}{\sqrt{3}}}{0,8 \cdot 125} = 314,3 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 35,08 \text{ kN} < F_{Rd} = 314,3 \text{ kN} \text{ vyhoví}$$



6.2.5 Montážní spoj diaphragmat

Rozhodující kombinací pro posouzení všech montážních spojů diaphragmat je NC13 veit. Tato kombinace vyvolává největší momentové namáhání spoje a současně největší smyky

NC13 veit

$$N_{Ed} = 3,85 \text{ kN} \quad M_{yEd} = 6,35 \text{ kNm} \quad V_{zEd} = 15,77 \text{ kN}$$

$$V_{yEd} = 0,89 \text{ kN} \quad M_{zEd} = 0,36 \text{ kNm} \quad M_{xEd} = 0 \text{ kNm}$$

navrhovaný počet šroubů: 4 M12 4.6

smyky:

síla na jeden šroub:

$$V_{zEd} = \frac{V_{zEd}}{4} = \frac{15,77}{4} = 3,94 \text{ kN}$$

$$V_{yEd} = \frac{V_{yEd}}{4} = \frac{0,89}{4} = 0,223 \text{ kN}$$

$$F_{VEd} = \sqrt{3,94^2 + 0,223^2} = 3,94 \text{ kN}$$

únosnost šroubu ze smyky:

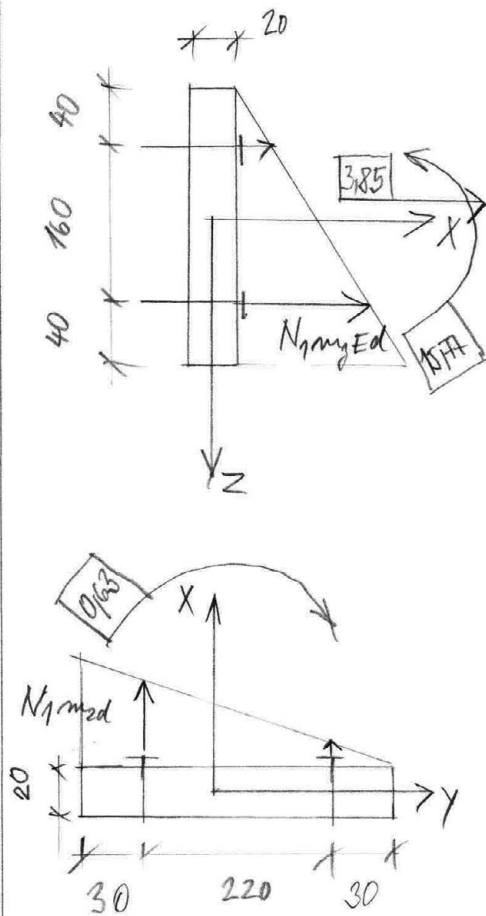
$$F_{VRd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ut} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 400 \cdot 100 \text{ mm}^2}{1,25} = 21,7 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{VEd} = 3,94 \text{ kN} < F_{VRd} = 21,7 \text{ kN} \quad \text{vyhoví}$$

tah ze šroubu:

síla na jeden šroub od N_{Ed}

$$N_{xEd} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{3,85}{4} = 0,963 \text{ kN}$$



síla na jeden šroub od momentu M_{yEd} :

$$N_{1,nyEd} = M_{yEd} \cdot \frac{n_1}{\sum n_i^2} = 6,35 \cdot \frac{200 \cdot 10^6}{83200 \cdot 10^3} = 15,27 \text{ kN}$$

síla na jeden šroub od momentu M_{zEd} :

$$N_{1,mzEd} = M_{zEd} \cdot \frac{n_1}{\sum n_i^2} = 0,36 \cdot \frac{250 \cdot 10^6}{160000 \cdot 10^3} = 0,63 \text{ kN}$$

celkový došnek na tah šroubu:

$$N_{1Ed} = (N_{1,nyEd} + N_{1,mzEd} + N_{1,Ed}) \cdot \gamma_{1R} = (0,965 + 15,27 + 0,63) \cdot 1,12 = 18,9 \text{ kN}$$

únosnost šroubu v tahu:

$$N_{ARd} = \frac{0,9 \cdot f_{tR} \cdot A_s}{\gamma_{1R2}} = \frac{0,9 \cdot 400 \cdot 84,3}{1,12 \cdot 1000} = 29,3 \text{ kN}$$

$$N_{1Ed} = 18,9 \text{ kN} < N_{ARd} = 29,3 \text{ kN} \text{ vyhoví!}$$

únosnost šroubu v otláčení:

$$F_{ARd} = (\text{pro } e_2 = 25 \text{ mm, } t = 20 \text{ mm, Tab.}) = 133 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = 3,94 < F_{ARd} = 133 \text{ kN} \text{ vyhoví!}$$

únosnost v kombinaci tah-smyk

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{A,Ed}}{1,4 F_{ARd}} < 1 \text{ podmínka bezpečnosti}$$

tlisť páčení:

$$t_c = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{t \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 12^2}{30}} = 22,54 \text{ mm} > 20 \text{ mm} = t$$

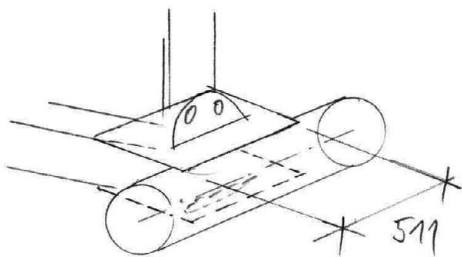
$$\gamma_{1R} = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_c^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{22,54^3 - 20^3}{12^2} = 1,12$$

→

$$\frac{3,94}{297} + \frac{18,9}{1,4 \cdot 29,3} = 0,18 + 0,56 = 0,74 < 1$$

Vyhoví.

6.2.6 Připojení všech prvků k ocelovému jádru



Připojení bude dimenzováno na základě výslednice sil v připojení

$$l_{an} = 2 \cdot 511 = 1022$$

$$a = 3 \text{ mm}$$

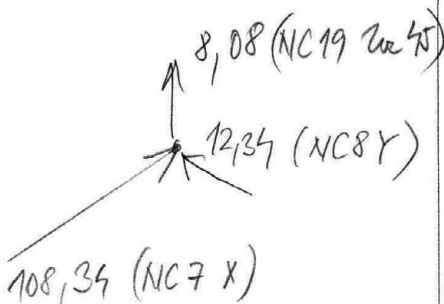
$$F_{Ed} = F_{int} = \sqrt{108,34^2 + 12,34^2 + 8,08^2} = 115,0 \text{ kN}$$

$$F_{wEd} = 1022 \cdot 3 \cdot \frac{360}{\sqrt{3}} = 637,3 \text{ kN}$$

$0,8 \cdot 1,25 \cdot 10^3$

→

$$F_{Ed} = 115,0 \text{ kN} < F_{wEd} = 637,3 \text{ kN} \text{ Vyhoví}$$



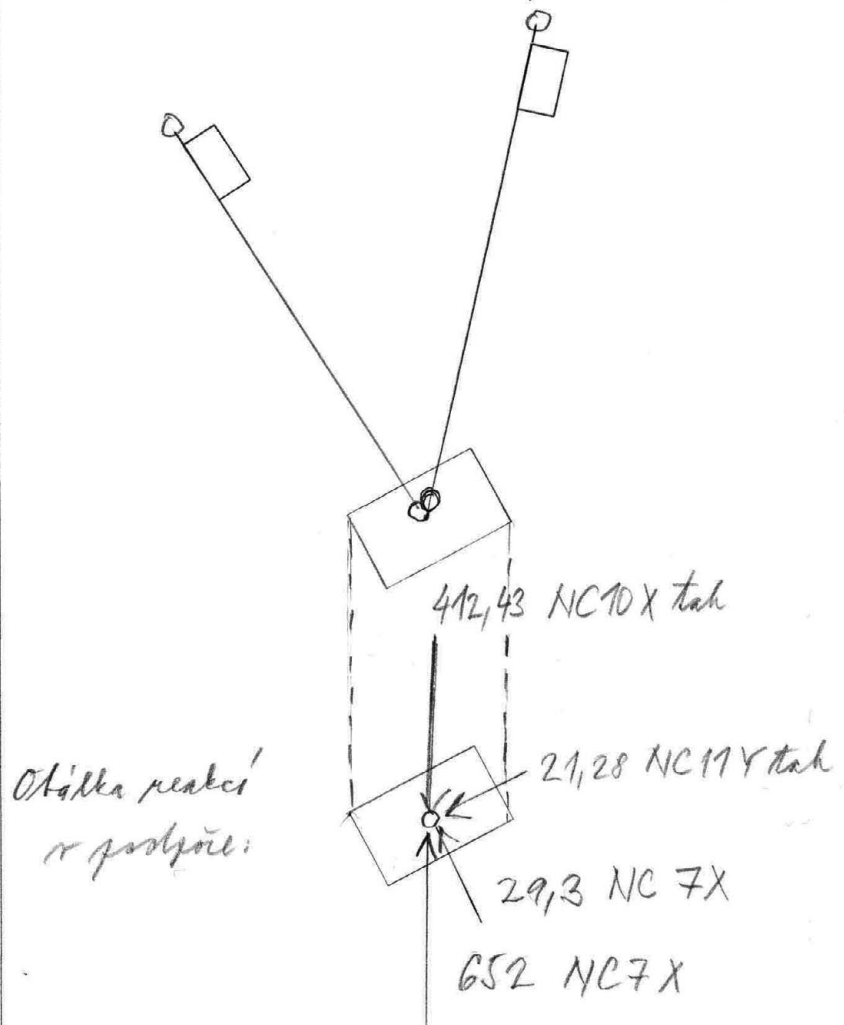
6.3 Kötrení diagonál

6.3.1 Otálka sil v püpořovaným püřech

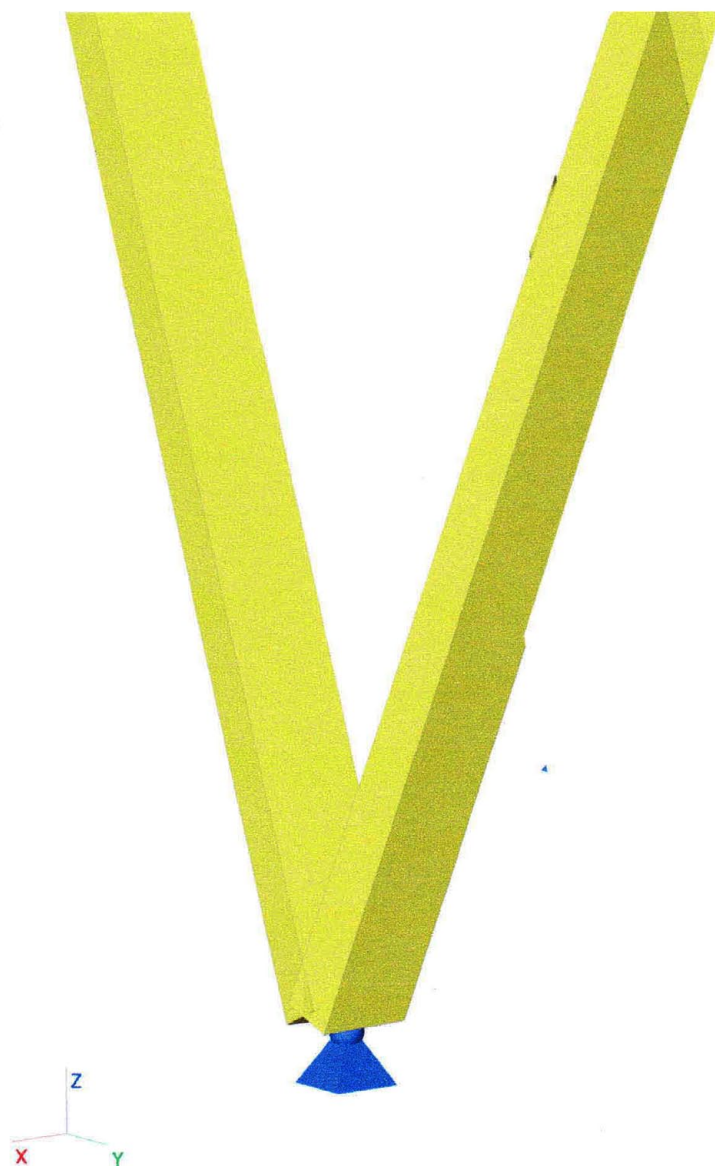
Diagonála GL24h 240/440

$N_{td} = 236,9 \text{ kN}$ NC10 X tah

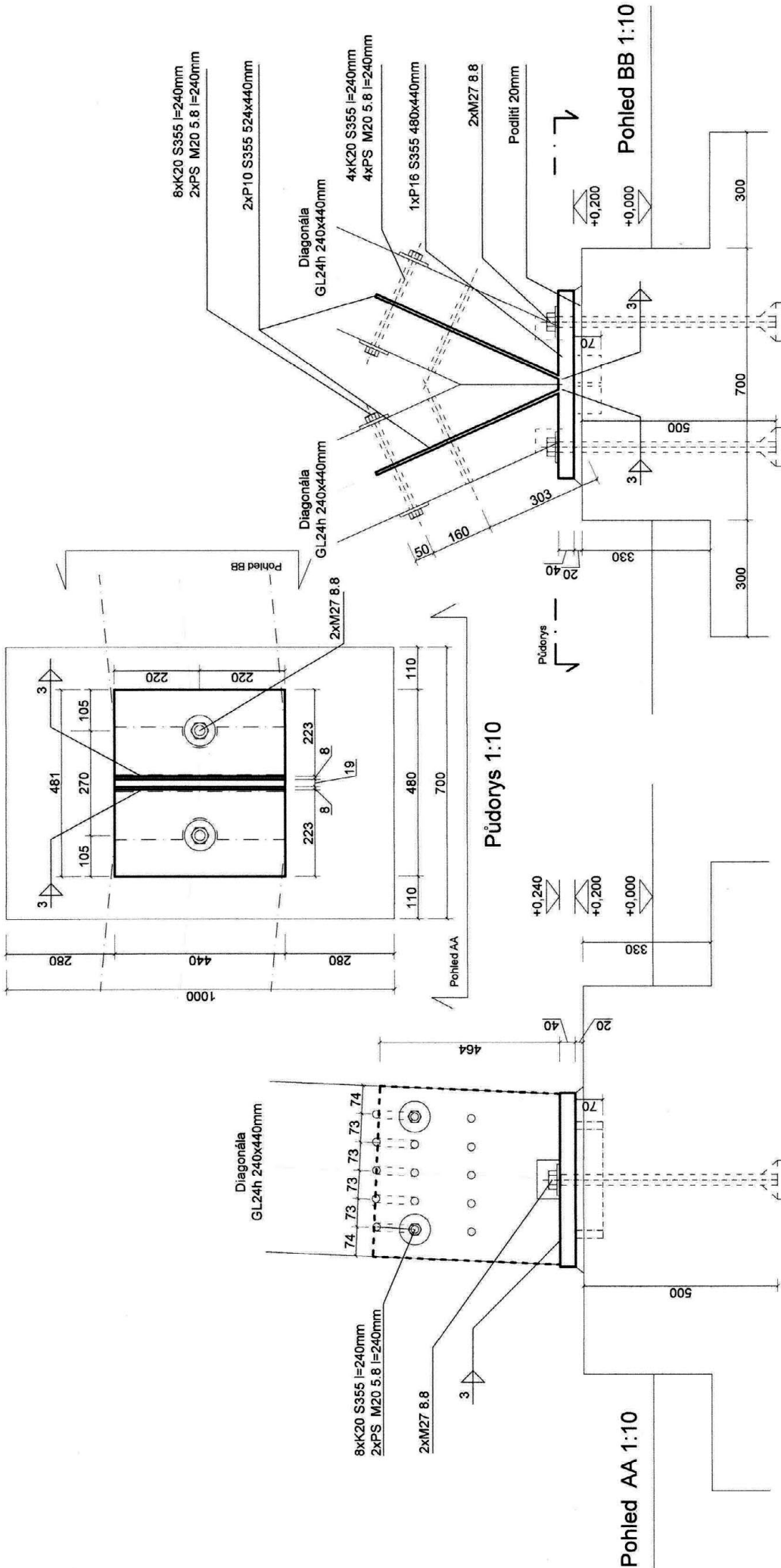
$N_{cd} = -356,2 \text{ kN}$ NC7 X



Kötrení püpořuje dvě diagonály püs styěnikový plesh strany na pětú desku. Deska je kötrena dvěma püedem sätudovaným sätörým styěm.



Axonometrie zepředu



Poznámky:

- Spojovací prvky:** Světlíkové plechy připojuj dřevěných prvků z S355 tl. 10mm svary S355
Patní plechy: S355 tl. 40mm
kollky S355, přesné svorníky 5.8
- Beton:** C 20 / 25, tolerance provedení základů 10mm
- Dřevo:** GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lепенé lamelové dřevo

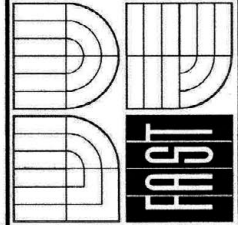
Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Masters Thesis

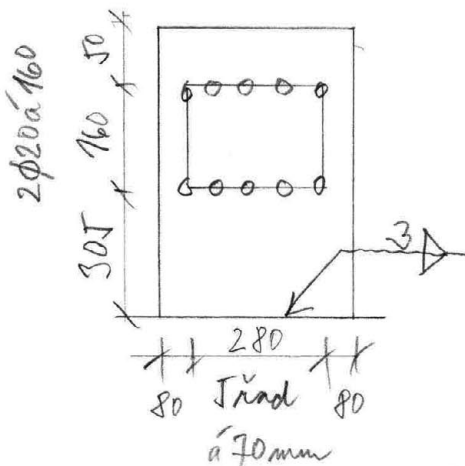
Výkres: 04.06 - Detail D / detail kotvení diagonál

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014





6.3.2 Připoj diagonály

$$N_{Aed} = 236,9 \text{ kN}, N_{ced} = -356,2 \text{ kN},$$

(NC10 X tah) (NC7 X)

posouvající síly candidates -

Narváno: 8KØS355

2 PS20 M20 J.6

počet řad: 5 počet šroubů v řadě: 6

střih:

$$N_{Aed} = 236,9 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 277,7 \text{ kN} \text{ Tylorri!}$$

tlakový smyk:

$$N_{Aed} = 236,9 < F_{t,Rd} = 447,8 \text{ kN} \text{ Tylorri!}$$

smry: $a = 30 \text{ mm} > a_{\min} = 1,70 \text{ mm}$.

přenos kontaktem:

$$N_{ced} - F_{v,Rd} = 356,2 - 277,7 = 78,5 \text{ kN}$$

78,5 kN bude přeneseno kontaktem.

Dřevěná vyhlídková věž: statický výpočet

Strana:

Výpočet přípoje kolíkového typu: Pata nárožníku - přípoj diagonály

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2+V_{yE}d^2}$
CO	N _{Ed} ..kN	Vz _{Ed} ..kN	alfa..st	F _{Ved} ..kN
NC12.45	237	0	0,0000	237

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k _{mod}	gamma _m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d ₁ ..mm	A _p ..mm ²	a ₁ ..mm	a ₂ ..mm	a ₃ ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	20	20	0	160	70	304	2	5	1,653	0,3693	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otlačeného dřeva	Pevnost v otlačení ve směru vláken; =0,082 (1-0,01d)*ro _k	Součinitel k ₉₀ =1,35+0,015*d	Pevnost v otlačení =f _{hok} /(k ₉₀ *sin^2alfa+cos^2alfa)
ro _k ..kgm-3	f _{c90k}	f _t ..Mpa	f _v ..Mpa	t ₁ ..mm	f _{h0k} ..Mpa	k ₉₀	f _{hak} ..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	110	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

F _{ax} R _k ..kN	F _{VRk} ..kN	s*F _{VRk} ..kN	VefR _k ..kN
0,0	31,21	62,42	515,8

Posudek skupiny spojovacích prostředků na stříh

F_{VEd} = 237,00 kN <= F_{VefRd} = 277,7 kN

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku s*F _{bs,Rk} ..kN
t _{ef} ..mm	L _{net,t} ..mm	L _{net,v} ..mm	A _{net,t} ..mm ²	A _{net,v} ..mm ²	s*F _{bs,Rk} ..kN
27,2	200,00	888	22000	97680	1089,00

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

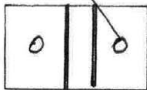
Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířku prvků)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f _u ..Mpa	Beta _w	f _{vw,d} ..Mpa	F _{wEd} ..kNm-1	a _{..mm}	t _{..mm}
510	0,9	261,7	0,56	1,08	1,33

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

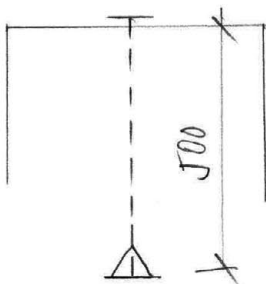
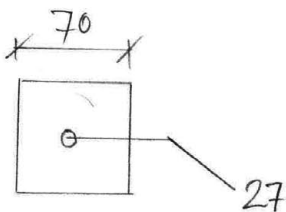
F_{VEd} = 237,00 kN <= F_{bs,Rd} = 586,4 kN

Spoj vyhoví.

21127 88



katevní destička:



Kotvení

Navrženo kotvení pomocí předem
předstanovených šesti kotvicí tyčí.

přenesení tahu: $N_{td} = 412 \text{ kN (NC10 X)}$

$$N_{1,Ed} = N_{td} \cdot \frac{1,2}{2} = 412 \cdot \frac{1,2}{2} = 247,2 \text{ kN}$$

únosnost šesti kotvicí tyčí:

$$N_{1,kd} = \frac{k_2 \cdot A_s \cdot f_{td}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 459 \cdot 800}{1,25} = 269,4 \text{ kN}$$

únosnost na vytváření vlivem:

kotva patky: C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

$$N_{2,Ed} = k \cdot f_{ck} \cdot \pi (a^2 - d^2) \cdot \frac{1}{4 \cdot \gamma_{M2}} =$$

$$= 11 \cdot 20 \cdot \pi (70^2 - 27^2) \cdot \frac{1}{4 \cdot 2,16} = 333,7 \text{ kN}$$

únosnost na vytváření kvěle:

Arbitrární volba λ dle proužky nylončiny:

$$N_{3,Ed} = k \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \psi \cdot \frac{1}{\gamma_{M2}} =$$

$$= 11 \cdot 20^{0,5} \cdot 500^{1,5} \cdot 1,7 \cdot \frac{1}{1,5} = 513 \text{ kN}$$

Celková únosnost:

$$N_{1,Rd} = \min(N_{1,Rd1}, N_{2,Rd1}, N_{3,Rd1}) = \\ = \min(269,9, 333,7, 513) = 269,9 \text{ kN}$$

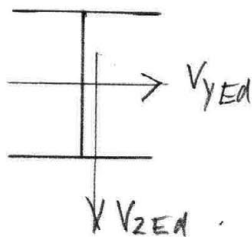
$$\rightarrow N_{1,Ed} = 269,9 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 269,9 \text{ kN} \text{ (Tzhorí!)}$$

Únosnost svisáky

Vzhledem k velikosti působících horizontálních reakcí bude proveden posudek na atóčku reakcí:

$$V_{y,Ed} = 21,28 \quad V_{z,Ed} = 29,3 \text{ kN}$$

Návrh: svisáčka HEB 200, délka 60mm.

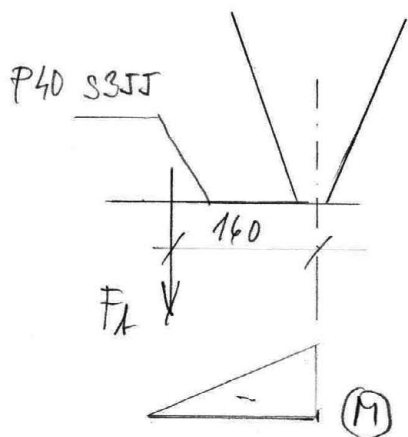


$$F_{c,Rd} = A \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\gamma_{M,c}} = 200 \cdot 30 \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 20 \cdot \frac{1}{10^3} = \\ = 80 \text{ kN}$$

$$\rightarrow V_{y,Ed} = 21,28 \text{ kN} < F_{c,Rd} = 80 \text{ kN} \text{ (Tzhorí!)}$$

$$\rightarrow V_{z,Ed} = 29,3 \text{ kN} < F_{c,Rd} = 80 \text{ kN} \text{ (Tzhorí!)}$$

Únosnost svisáky s kapitálovou 6.1.10 je řízná, se svisáčka namáhá na ahyf odělá.



Únosnost plechu při tahu srovnání:

$$NC10X: F_A = 247,2 \text{ kN}; \text{ plech: } 40 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = F_A \cdot x = 247,2 \cdot 0,16 = 39,552 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{6} \cdot t \cdot h^2 \cdot \frac{f_t}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot 440 \cdot 40^2 \cdot \frac{355}{1,10} = 41,7 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 39,55 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 41,7 \text{ kNm} \text{ vyhoví'}$$

Únosnost plechu při tlaku betonu

$$NC7X: N_{Ed} = 652 \text{ kN}$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{cd}}{\gamma_{M0}} \quad k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot a_2}{a \cdot b}}$$

$$a_1 = \min \{ a + 2a_n; 5a; a + h; 5h_n \}$$

$$a_2 = \min \{ b + 2a_n; 5b; b + h; 5h_n \}$$

$$a_1 = \min \{ 1000; 2200; 440 + 1070 = 1510; 550 \}$$

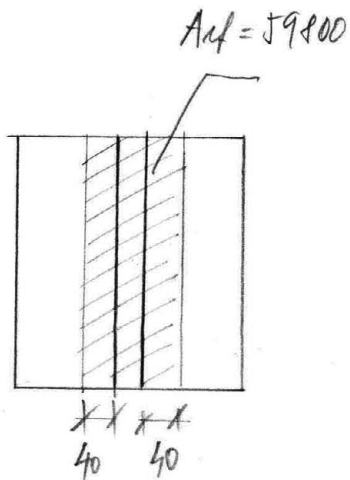
$$a_2 = \min \{ 700; 2400; 480 + 1070 = 1550; 1400 \}$$

$$a_1 = 550 \quad a_2 = 700$$

$$k_j = \sqrt{\frac{550 \cdot 700}{440 \cdot 480}} = 1,35$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot 1,35 \cdot 20}{1,5} = 12,06 \text{ MPa}$$

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_j}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 40 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 12,1 \cdot 1,10}} = 126 \text{ mm}$$



$$c = 126 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \Rightarrow c = 40 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 59800$$

ponížení tlakové hitone:

$$N_{c,red} = A_{eff} \cdot f_j = 59800 \cdot 12,1 \cdot \frac{1}{10^3} =$$

$$= 724 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cd} = 621 \text{ kN} < N_{c,red} = 724 \text{ kN} \text{ \checkmark } \text{ vyhoví!}$$

únosnost plechu:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{cd}}{A_{eff}} = \frac{621 \cdot 10^3}{59800} = 10,4 \text{ MPa}$$

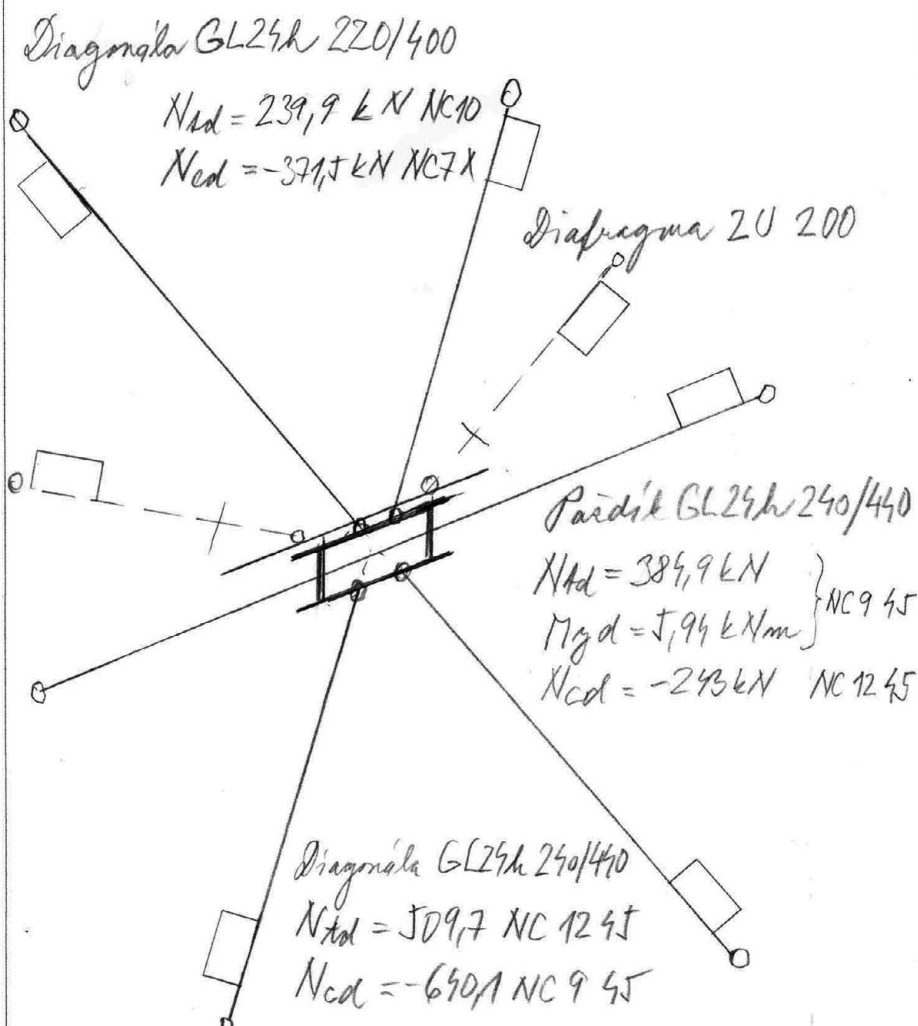
$$t_{p,min} = 1,73 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{cd,max}}{f_t}} = 1,73 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{10,4}{355}} =$$

$$= 11,84 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 40 \text{ mm} > t_{p,min} = 11,84 \text{ mm} \text{ \checkmark } \text{ vyhoví!}$$

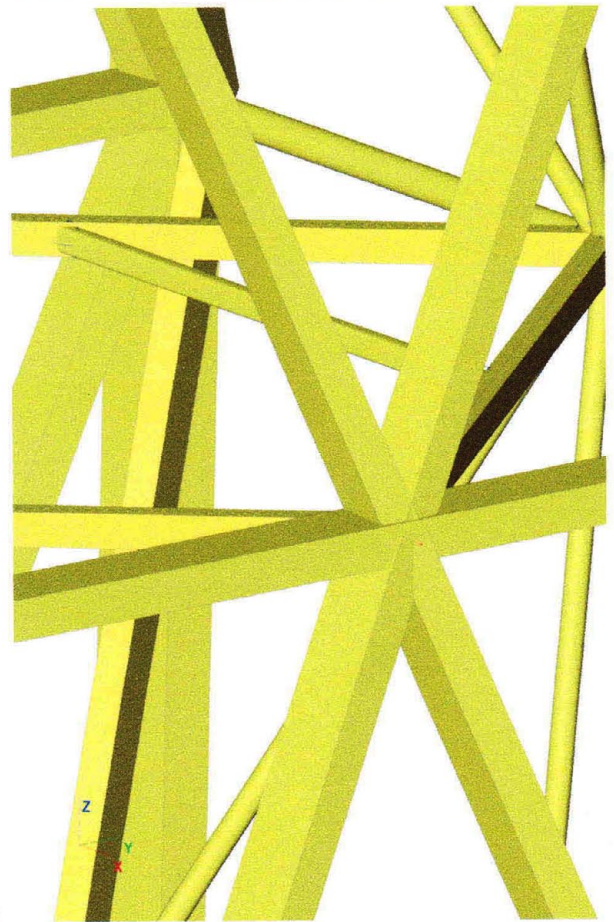
6.4 Střední stěnicí dřevěného
příděku

6.4.1 Oskolka sil působících ve
stěnicí

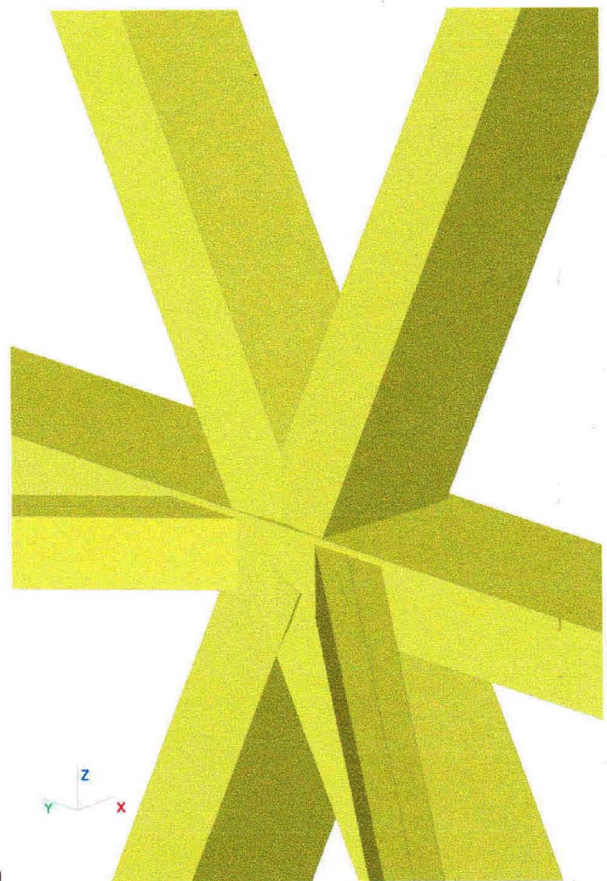


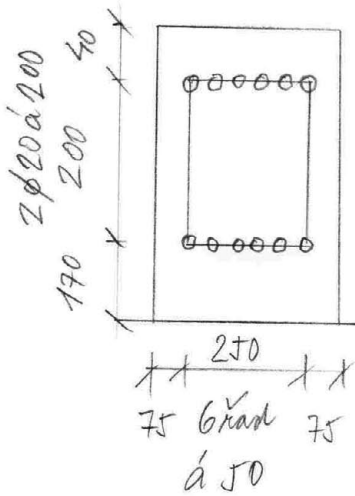
Diagonály jsou vzájemně posádkány ocelovým svazencem vloženým do centrálního otvoru v příděku. E také se k příděku připojuje čelní deska připojení diafragmat.

Axonometrie
zepředu



Axonometrie
zezadu





6.4.2 Připejovací diagonály

$$N_{Ad} = 239,9 \text{ kN} \quad \text{NC 10X tah}$$

$$N_{cd} = -371,5 \text{ kN} \quad \text{NC 7X}$$

ostatní síly rovnoběžné.

$$\text{Navrženo: } 8 \text{ K16 S 355}$$

$$4 \text{ PS 1720 5.8}$$

počet řad: 6 počet prvků v řadě: 2

střed:

$$\rightarrow N_{Aed} = 239,9 \text{ kN} < F_{v4rd} = 255,5 \text{ kN} \quad \text{Výhrom!}$$

blokový smyk:

$$\rightarrow N_{AEd} = 239,7 \text{ kN} < F_{t3rd} = 467,7 \text{ kN} \quad \text{Výhrom!}$$

přenos kontaktem:

$$N_{ced} - F_{v4rd} = 371,5 - 255,5 = 116 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 116 < \frac{1}{2} \cdot F_{v4rd} = \frac{1}{2} \cdot 255,5 = 127,8 \text{ kN} \quad \text{Výhrom!}$$

$$\text{svaz: } a = 3 \text{ mm} > a_{\text{min}} = 1,36 \text{ mm}$$

Dřevěná vyhlídková věž: statický výpočet

Strana:

Výpočet přípoje kolíkového typu: Paždík - přípoj horní diagonála

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} \cdot 0,5$
CO	N _{tEd} ..kN	Vz _{Ed} ..kN	alfa..st	F _{Ved} ..kN
NC10Xtah	239,9	0	0,0000	240

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k _{mod}	gamma _m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	Pevnost oceli v tahu	Průměr spojovacího prostředku; v rozmezí (6;30mm)	Vnější průměr otvoru	Plocha podložky	Rozteč ve směru vláken; a1>=3d	Rozteč kolmo k vláknům	Vzdálenost od taženého konce	Počet spojovacích prvků v řadě	Počet řad spojovacích prvků	Efektivní počet spojovacích prvků v řadě; n _{ef} $n \cdot \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a1/13d)^{0,6})$	Platický moment únosnosti $=0,3 \cdot f_{yk} \cdot d^2$	Počet stříhů kolíku
f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d1..mm	A _p ..mm ²	a1..mm	a2..mm	a3 _t ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	16	16	0	200	48	170	2	6	1,848	0,2067	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	48	48	112	mm			
					svorníky	64	64	112	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otačeného dřeva	Pevnost v otažení ve směru vláken; $=0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot r_{o,k}$	Součinitel k ₉₀ $=1,35 + 0,015 \cdot d$	Pevnost v otažení $=f_{hok}/(k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$
ro _k ..kgm ⁻³	f _{c90k}	f _t ..Mpa	f _v ..Mpa	t1..mm	f _{h0k} ..Mpa	k ₉₀	f _{hak} ..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	110	26,17	1,59	26,17

Vytažení Střih

Fax _{Rk} ..kN	F _{VRk} ..kN	s [*] F _{VRk} ..kN	Efektivní únosnost spoje $=F_{VRk} \cdot n_{ef}$
0,0	21,40	42,80	474,5

Posudek skupiny spojovacích prostředků na stříh

$$F_{VEd} = 239,90 \text{ kN} \leq F_{VefRd} = 255,5 \text{ kN}$$

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška průřezu	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku $s^*F_{bs,Rk}$..kN
t _{ef} ..mm	L _{net,t} ..mm	L _{net,v} ..mm	A _{net,t} ..mm ²	A _{net,v} ..mm ²	s [*] F _{bs,Rk} ..kN
22,2	160,00	708	17600	72370,285	871,20

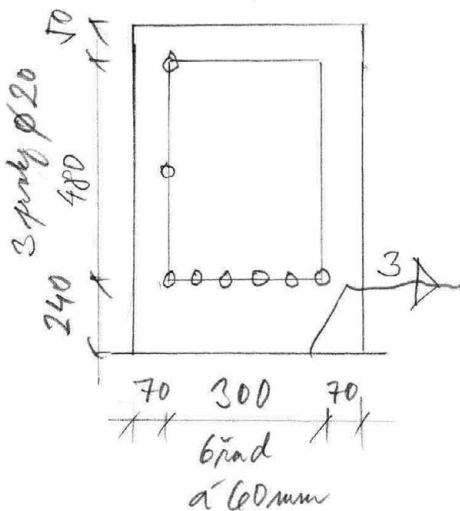
Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířku prvků)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f _u ..Mpa	Beta _w	f _{vw,d} ..Mpa	F _{wEd} ..kNm ⁻¹	a..mm	t..mm
510	0,9	261,7	0,71	1,36	1,57

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

$$F_{VEd} = 239,90 \text{ kN} \leq F_{bs,Rd} = 469,1 \text{ kN}$$

Spoj vyhoví.



6.4.3 Pripojení dřevní diagonály

$$N_{Ad} = 509,7 \text{ kN} \quad NC 12 \text{ k5}$$

$$N_{cd} = -640,1 \text{ kN} \quad NC 9 \text{ k5}$$

prosvrácení síly racionálně.

$$\text{Navrženo: } 14 \text{ K } 20 \text{ SBJT}$$

$$4 \text{ PS } 120 \text{ 5.8}$$

$$\text{počet řad: } 6 \quad \text{počet prvků v řadě: } 3$$

Střih:

$$N_{Ad} = 509,7 \text{ kN} < F_{t,red} = 539,3 \text{ kN} \quad \text{Vyhoví!}$$

tlakový smyk:

$$N_{cd} = 509,7 \text{ kN} < F_{k,ed} = 586,4 \quad \text{Vyhoví!}$$

$$\text{svaz: } a = 3 \text{ mm} > a_{min} = 2,32 \text{ mm}$$

přenos kontaktu:

$$N_{cd} - F_{t,red} = 640,1 - 539,3 = 108,8 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 108,8 \text{ kN} < \frac{1}{2} F_{t,red} = \frac{1}{2} \cdot 539,3 = 265,7 \quad \text{Vyhoví!}$$

Dřevěná vyhlídková věž: statický výpočet

Strana:

Výpočet přípoje kolíkového typu: Paždík - přípoj spodní diagonála

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2+V_{yE}d^2}\cdot 0,5$
CO	N _{tEd} ..kN	Vz _{Ed} ..kN	alfa..st	F _{Ved} ..kN
NC9 45	509,7	0	0,0000	510

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k _{mod}	gamma _m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d ₁ ..mm	A _p ..mm ²	a ₁ ..mm	a ₂ ..mm	a ₃ ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	20	20	0	240	60	240	3	6	2,635	0,3693	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otačeného dřeva	Pevnost v otažení ve směru vláken; $=0,082(1-0,01d)^{ro_k}$	Součinitel k ₉₀ $=1,35+0,015*d$	Pevnost v otažení $=f_{hok}/(k_{90}*\sin^2\alpha+\cos^2\alpha)$
ro _k ..kgm-3	f _{c90k}	f _t ..Mpa	f _v ..Mpa	t ₁ ..mm	f _{hok} ..Mpa	k ₉₀	f _{hak} ..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	110	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

Fax _{Rk} ..kN	F _{V1Rk} ..kN	s*F _{V1Rk} ..kN	F _{VefRk} ..kN
0,0	31,21	62,42	986,7

Posudek skupiny spojovacích prostředků na stříh

F_{VEd} = 509,70 kN <= F_{VefRd} = 531,3 kN Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

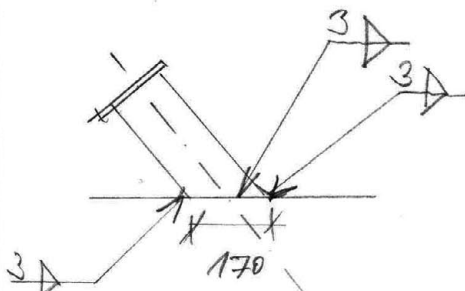
Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku $s*F_{bs,Rk}$..kN
t _{ef} ..mm	L _{net,t} ..mm	L _{net,v} ..mm	A _{net,t} ..mm ²	A _{net,v} ..mm ²	
27,2	200,00	1360	22000	149600	1089,00

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířka prvků)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f _u ..Mpa	Beta _w	f _{vw,d} ..Mpa	F _{wEd} ..kNm-1	a _{..mm}	t _{..mm}
510	0,9	261,7	1,21	2,32	2,67

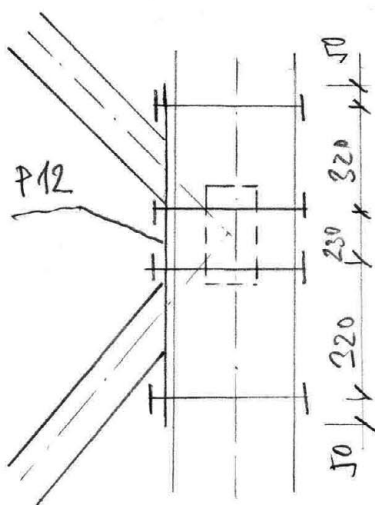
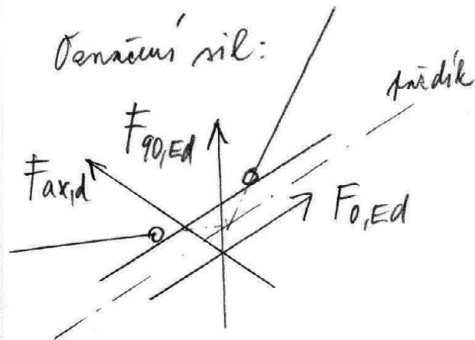
Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

F_{VEd} = 509,70 kN <= F_{bs,Rd} = 586,4 kN Spoj vyhoví.



$$l_{\text{dov}} = 2 \cdot 170 + 2 \cdot 200 = 740 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm}$$



6.4.4 Připojení diafragmatu k čelní desce

Gravitační spoj je dimenzován na maximální vnitřní síly v diafragmatu (viz 6.2.4)

$$F_{\text{Ed}} = F_{\text{tot,max}} = 35,08 \text{ kN}$$

$$F_{\text{red}} = l_{\text{dov}} \cdot a \cdot \frac{f_u}{\beta_{\text{tr}} \cdot \gamma_{\text{M2}}} = 740 \cdot 3 \cdot 208 \cdot \frac{1}{1000} = 461,8$$

$$F_{\text{Ed}} = 35,08 < F_{\text{red}} = 461,8 \text{ kN} \text{ vyhoví!}$$

6.4.5 Montážní spoj diafragmat

Spoj byl vyhodnocen v části 6.2.5.

6.4.6 Připojení čelní desky k průdíku

rozdělenost ve směru slávek:

$$a_{\text{sl}} = (320 + 230 + 320) / 3 = 290 \text{ mm}$$

Návrh: 4 PSM20 8.8

počet řad: 1, počet v řadě: 4

Prohledující kombinace namáhání ve směru slávek:

$$N C B Y : F_{\text{0Ed}} = 44,59 \text{ kN} \quad F_{\text{90Ed}} = 25,56 \quad F_{\text{AxEd}} = 0,9 \text{ (tah)}$$

Namáhání kolmo na sloupek: NC 13 Neit
 $F_{oed} = 0 \text{ kN}$, $F_{90ed} = 31,99 \text{ kN}$, $F_{axd} = 1,43 \text{ kN (tah)}$

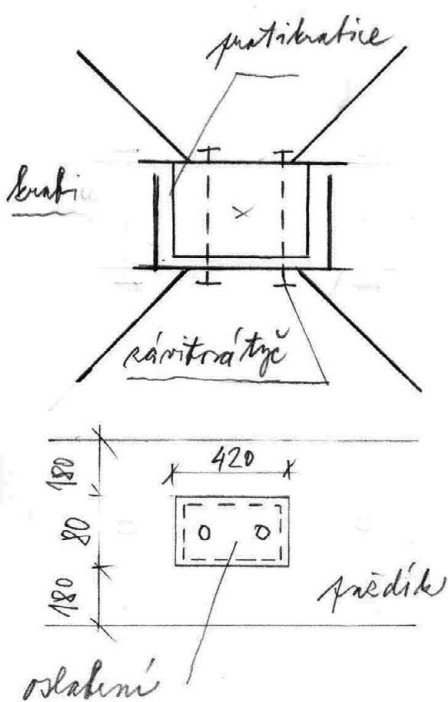
Namáhání na vytvoření svorníku: NC 7 X
 $F_{oed} = 0,06 \text{ kN}$, $F_{90ed} = 25,56$, $F_{axd} = 7,58 \text{ (tah)}$.

Třeskový koeficient vyhoví na smyčce se směrem sloupek, stávk pod úhlem, vytvoření prsků. Největší vyúžití je pro kombinaci NC 8 Y : 82%.

Tabulka posouzení - viz níže - část 7.4.

6.4.7 Vložení diagonál

Schéma posouzení:



Protože předek není schopen přenést otláčení a další interakce vzniká od horních a vzniká od dolní diagonál, je navržen svorník diagonál do jednoho přípoje. Vložení se skládá:

- a otčené krabice navržené na čelní desku dolních diagonál
- a navržené "protibratice" navržené na čelní desku horních diagonál
- se šroubů každých dvěma směry.

Do průřezu jsou přeneseny pouze obyčejné interakce (výslednice přípojovaných prsků) - Detail je realizovatelný na předmontáží jednoduchým sesrovnáním.

namáhání srovnání na tah:

- srovnání (srovnání tyče) musí přenést tah od dalších diagonál:

$$N_{T1} = 407,12 \text{ kN} \quad (\text{NC10X})$$

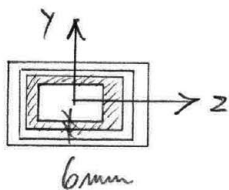
- Návrh: $2 \phi 1727 \text{ 8.8} \quad A_s = 459 \text{ mm}^2$

$$N_{A,rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ak} \cdot A_s}{\gamma_{M2} \cdot 1000} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 459}{1,25 \cdot 1000} = 264 \text{ kN}$$

$$N_{A,Ed} = \frac{N_{T,Ed}}{2} = \frac{407,12}{2} = 203,6 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{A,Ed} = 203,6 \leq N_{A,rd} = 264 \text{ kN} \quad \text{Výhoda!}$$

namáhání sváření na tlak:



mitání sváření:

$$A = \text{JJ20}$$

$$I_z = 4,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_e = 28,73 \text{ mm}$$

$$L_{a2} = 2 \cdot 240 = 480 \text{ mm}$$

Návrh: sváření 406/66/6mm S235

$$N_{a,rk} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{a2}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 - 4,56 \cdot 10^6}{480^2 \cdot 10^3} = 40,9 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$\frac{\gamma_{M1} \cdot N_{Ed}}{N_{a,rk}} = \frac{1,0 \cdot 407,12}{40,9 \cdot 10^3} = 0,01 \leq 0,04 \Rightarrow$$

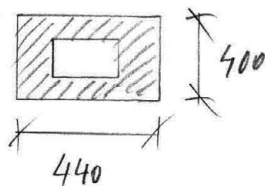
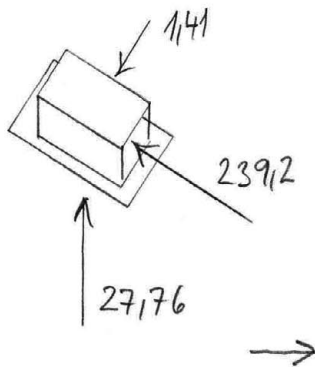
$$N_{c,rd} = A \cdot \frac{f_d}{\gamma_{M0}} = \text{JJ20} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot 10^3} =$$

$$= 1297 \text{ kN}$$

$$N_{cd} = 687,8 \text{ kN} \quad (\text{NC7X: dolní diagonály tlaků nábrhu}).$$

$$\rightarrow N_{cd} = 687,8 \text{ kN} \leq N_{c,rd} = 1297 \text{ kN} \quad \text{Výhoda!}$$

X1C8 Y:

Interakce diagonály - paědík

Rozhodující je otláčovaná plocha paědiku od rozevorných sil: $F_{C10,Ed} = 23912$

$$A = 80 \cdot 240 = 19200 \text{ mm}^2$$

$$R_{C10,d} = f_{C10,g,d} \cdot A = 24 \cdot 0,7 \cdot \frac{1}{1,3} \cdot 19200 = 248,12$$

$$F_{C10,Ed} = 239,2 \text{ kN} < R_{C10,d} = 248,12 \text{ kN} \text{ Dýchá!}$$

Otláčování od vertikálních sil:

$$F_{C90,Ed} = 39,53 \text{ kN (NC17 NaX)}$$

$$A_{eff} = 142,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

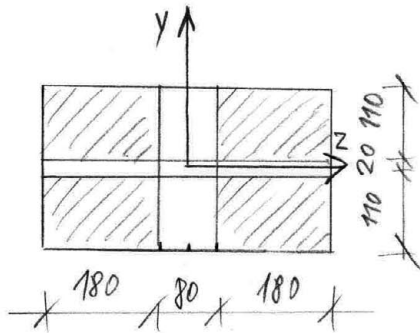
$$f_{C90,g,k} = 1,49 \text{ MPa}$$

$$f_{C90,g,d} = k_c \cdot f_{C90,g,k} \cdot k_{mod} \cdot \frac{1}{\gamma_M} =$$

$$= 1,0 \cdot 1,49 \cdot 0,7 \cdot \frac{1}{1,3} = 0,8 \text{ MPa}$$

$$R_{C90,d} = f_{C90,g,d} \cdot A_{eff} = 0,8 \cdot 142,4 = 113,9 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{C90,Ed} = 39,53 \text{ kN} \leq R_{C90,d} = 113,9 \text{ kN} \text{ Dýchá!}$$



oslabený průřez:

$$A = 79836 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1,56 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4,19 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{2 I_y}{h_1} = \frac{2 \cdot 1,56 \cdot 10^9}{440} = 7,09 \cdot 10^6$$

$$W_z = \frac{2 I_z}{h_2} = \frac{2 \cdot 4,19 \cdot 10^8}{240} = 3,5 \cdot 10^6$$

6.4.8 Oslabení průřezu

Oslabený průřez musí být schopen přenést předepsanou kategorie.

Rozhodující kombinace: XC9 45:

$$N_{Ed} = 354,8 \text{ kN} \quad M_{yEd} = 5,94 \text{ kNm} \quad M_{zEd} = -1,18 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{354,8 \cdot 10^3}{79836} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{myEd} = \frac{M_{yEd}}{W_y} = \frac{5,94 \cdot 10^6}{7,09 \cdot 10^6} = 0,84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{mzEd} = \frac{M_{zEd}}{W_z} = \frac{1,18 \cdot 10^6}{3,5 \cdot 10^6} = 0,337 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{Ed}}{f_{t0,9d}} \right) + \left(\frac{\tau_{myEd}}{f_{my,9d}} \right) + k_{mi} \cdot \left(\frac{\tau_{mzEd}}{f_{mz,9d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{4,43}{9,24} \right) + \left(\frac{0,84}{13,44} \right) + 0,7 \cdot \left(\frac{0,337}{13,44} \right) \leq 1,0$$

$$0,479 + 0,0625 + 0,017 \leq 1,0$$

$$0,56 \leq 1,0 \quad \text{Děsí}$$



6.5 Győniské nárovníku

Nárovník 2: GL24h 280/520

$N_{Ad} = 802 \text{ kN}$ (NC12 45)

$M_{2d} = -11,2 \text{ kNm}$ (NC 9 45)

$N_{cd} = -1037 \text{ kN}$ (NC 9 45)

$M_{2d} = 4,07$ (NC 9 45)

montážní spoj

Jáhler $\phi 24$

$N_{td} = 106 \text{ kN}$

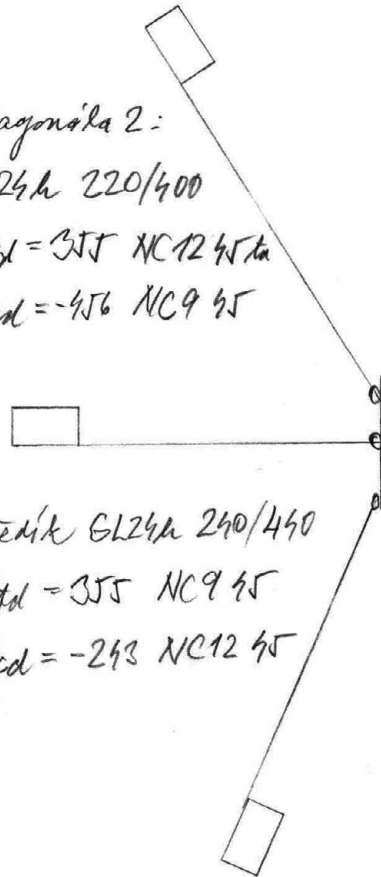
NC10 X tah

Diagonála 2:

GL24h 220/400

$N_{td} = 355$ NC12 45 tah

$N_{cd} = -456$ NC 9 45



Páček CHS 1937/16

NC7 X $N_{cd} = -57,2$

NC7 X $V_{2d} = \pm 83,6$

NC7 X $V_{yd} = 143$

Páček GL24h 240/440

$N_{td} = 355$ NC 9 45

$N_{cd} = -243$ NC12 45

Jáhler $\phi 24$

$N_{td} = 52,2$

NC12 45 tah

Diagonála 1: GL24h 240/440

$N_{Ad} = 226$ NC10 X tah

$N_{cd} = -326$ NC7 X

Nárovník 1: GL28h 300/640

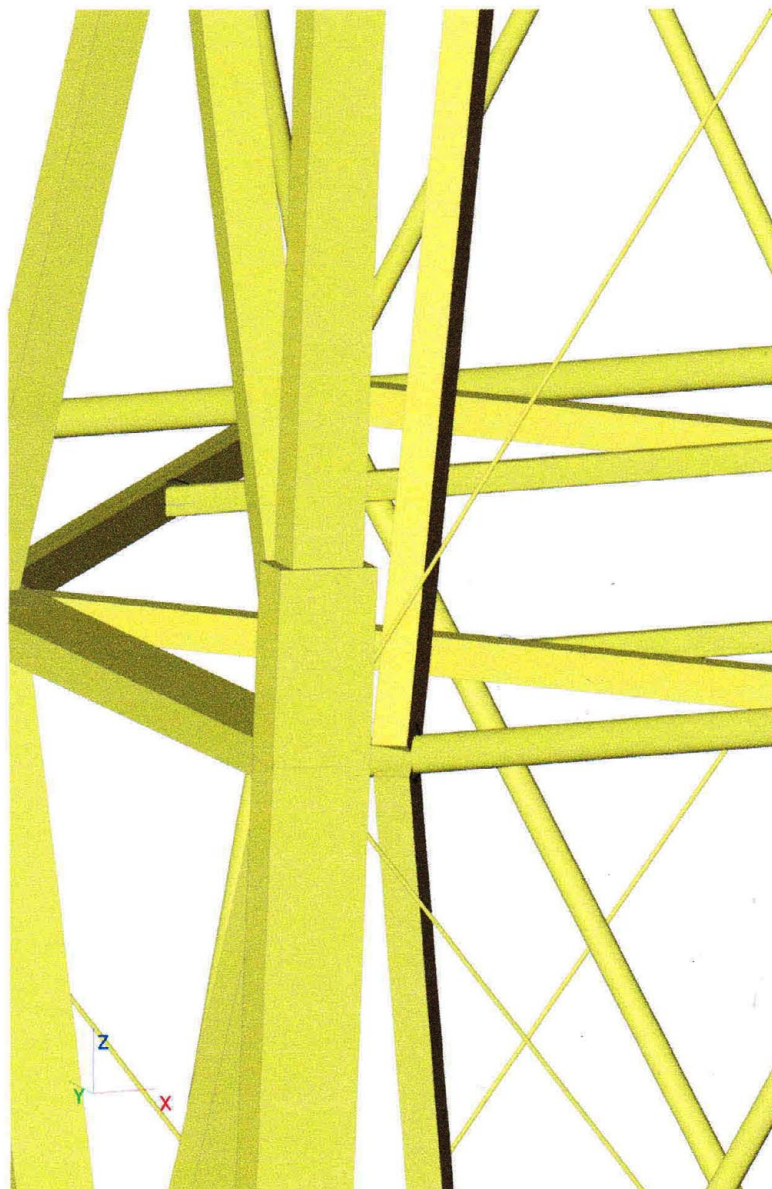
$N_{Ad} = 1165$ NC12 45 tah

$N_{cd} = 1402$ NC 9 45

$M_{2d} = -18,23$ NC 9 45

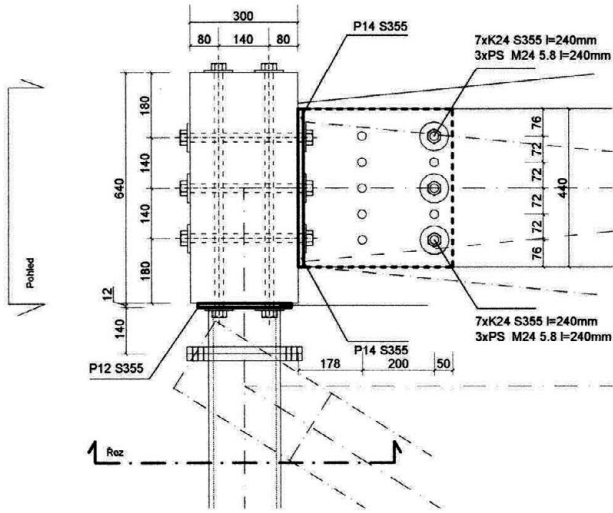
$M_{2d} = 4,07$ NC 9 45



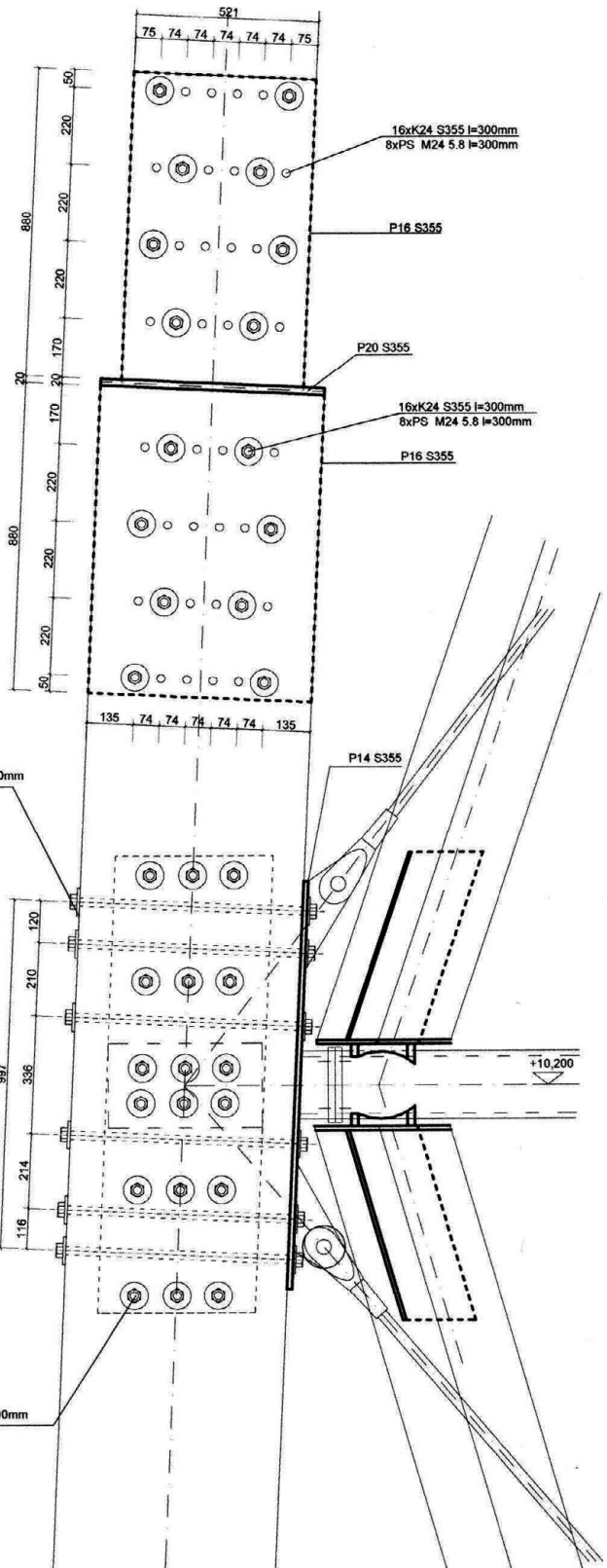


Axonometrie detailu zepředu

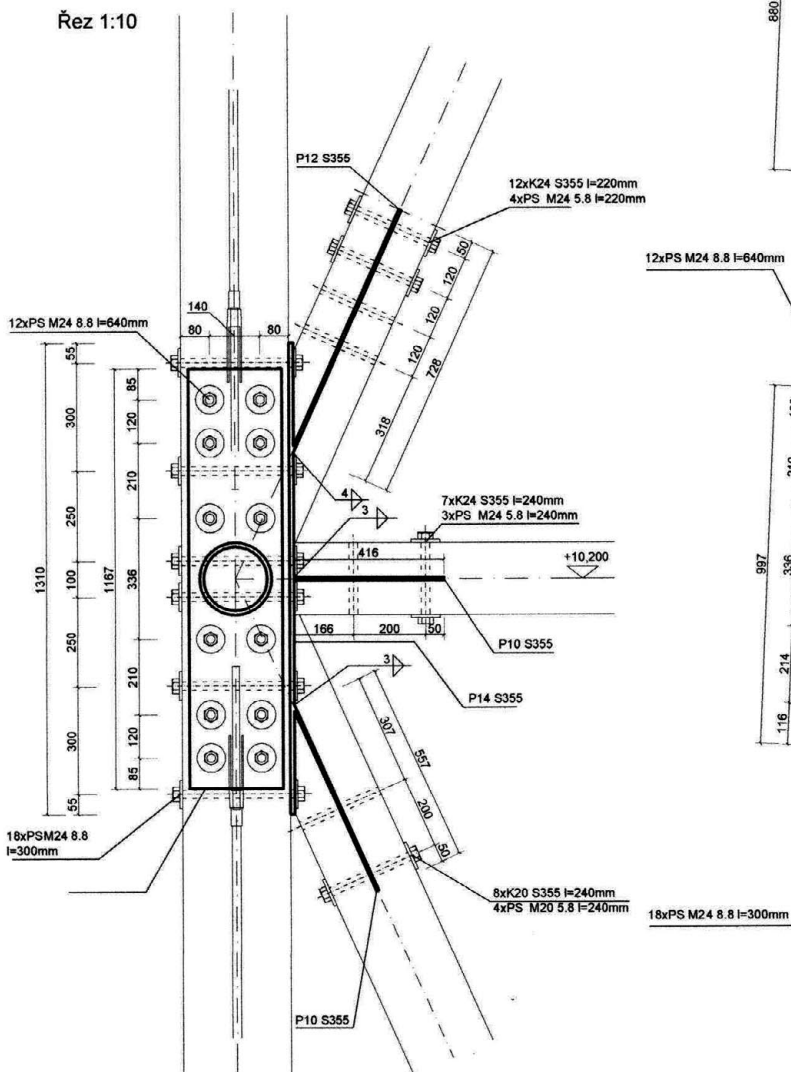
Půdorys 1:10



Pohled 1:10



Řez 1:10



Poznámky:

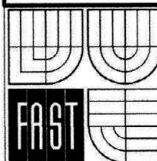
Spojovací prvky: Stýčnickové plechy připojují dřevěných prvků z S355 tl. 16 až 10mm
Ostatní plechy: S355 tl. 14mm
Koncovka táhla: dle dodavatele standardů dodavatele (Macalloy M24),
stýčnickový plech tloušťky 20mm

Ocel: Materiál pažďíků: S355, táhlo S460

Dřevo: Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lepené lamelové dřevo



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

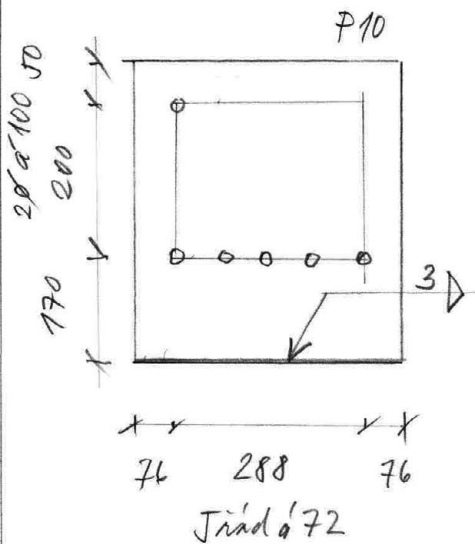


Výkres: 04.05 - Detail B / detail stýčnicku náročníku

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014



6.5.1 Připoj pářediku na čelní desku

$$N_{td} = 355 \text{ kN} \quad NC9 \text{ 45}$$

$$N_{cd} = -243 \text{ kN} \quad NC12 \text{ 45}$$

- posouvací síly jsou neúporné.

$$\text{Návrh: } 7 \text{ K24 S355}$$

$$3 \text{ PS1724 5.8}$$

počet řad: 5, 2 pruhy v řadě

střih:

$$N_{AEd} = 355 \text{ kN} < F_{V,Rd} = 379,7 \text{ kN} \quad \text{vyhoví!}$$

tlakový smyk:

$$N_{AEd} = 309 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 386,4 \text{ kN} \quad \text{vyhoví!}$$

svary:

$$a = 3 \text{ mm} > a_{\min} = 1,57 \text{ mm}$$

6.5.2 Připoj horní diagonály na desku

$$N_{td} = 355 \text{ kN} \quad NC12 \text{ 45}$$

$$N_{cd} = -456 \text{ kN} \quad NC9 \text{ 45}$$

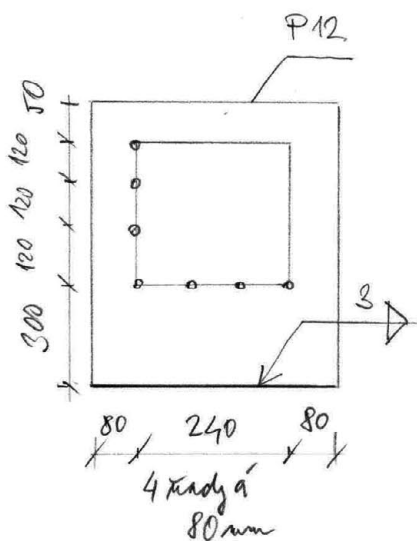
- posouvací síly racionálně

$$\text{Návrh: } 12 \text{ K24 S355}$$

$$4 \text{ PS1724 5.8}$$

počet řad: 4, 4 pruhy v řadě

Úpoj bude vzhledem k kapustiným
sambům čelní desky navržen na plnou
hloubku a tlaku.

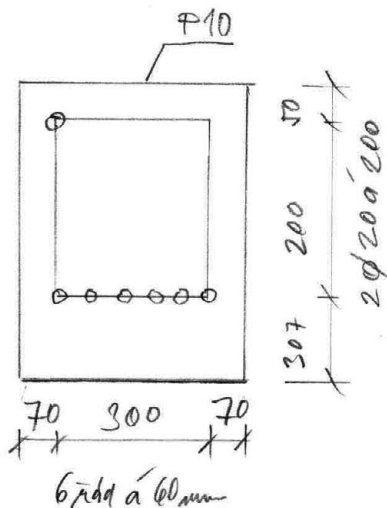


Střech:

$$\rightarrow F_{Ed} = 456 \text{ kN} \leq F_{v,Ed} = 498,8 \text{ kN} \text{ Vyhoví!}$$

Mezový smyč:

$$\rightarrow F_{Ed} = 355 \text{ kN} \leq F_{t,Ed} = 470,2 \text{ kN} \text{ Vyhoví!}$$

6.5.3 Připoj další diagonály

$$N_{td} = 226 \text{ kN} \quad N_{t10} \text{ tah}$$

$$N_{cd} = -326 \text{ kN} \quad N_{t7} \text{ X}$$

- posuvové síly rovnoběžné

Vzhledem ke kapotěným směrům bude spoj navržen na plochu dřevěné most a klake.

Místa: 8 K20 S355

4 PS M20 J.8

6 řad, 2 pruhy a řadě

Střech:

$$\rightarrow F_{v,Ed} = 326 \text{ kN} \leq F_{v,Ed} = 360,9 \text{ kN} \text{ Vyhoví!}$$

Mezový smyč:

$$\rightarrow F_{v,Ed} = 226 \text{ kN} \leq F_{t,Ed} = 919,6 \text{ kN} \text{ Vyhoví!}$$

Výpočet přípoje kolíkového typu: Nárožník - přípoj paždíku

Zatížení

Kombinace	Normálová síla N_tEd..kN	Posouvací síla Vz_Ed..kN	Normálová síla tlaková N_cEd..kN	Úhel odklonu síly ve spoji alfa..st	Výsledná síla v přípoji =(N_Ed^2+V_yE d^2)^0,5 F_Ved..kN
CO	354,9	0	243	0,0000	355

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k mod	gamma m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f_yk..Mpa	Pevnost oceli v tahu f_uk..Mpa	Průměr spojovacího prostředku; v rozmezí d..mm (6;30mm)	Vnější průměr otvoru d1..mm	Plocha podložky A_p..mm2	Rozteč ve směru vláken; a1>=3d a_1..mm	Rozteč kolmo k vláknům a_2..mm	Vzdálenost od taženého konce a3_t..mm	Počet spojovacích prvků v řadě n	Počet řad spojovacích prvků m	Efektivní počet spojovacích prvků v řadě; =min(n; n^0,9*(a1/13d)^0,5) n_ef	Platický moment únosnosti =0,3*f_uk*d^2, d..mm M_yRk..kNm	Počet stříhů kolíku s
355	510	24	24	0	200	72	170	2	5	1,670	0,5933	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	72	72	168	mm			
					svorníky	96	96	168	mm			

Dřevo

Hustota ro_k..kgm-3	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům f_c90k	Pevnost v tahu f_t..Mpa	Pevnost ve smyku f_v..Mpa	Nejmenší tloušťka otlačeného dřeva t1..mm	Pevnost v otlačení ve směru vláken; =0,082*(1- 0,01d)*ro_k f_h0k..Mpa	Součinitel k90 =1,35+0,015*d k 90	Pevnost v otlačení =f_hok/(k90*sin ^2alfa+cos^2alfa) f_hak..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	110	23,68	1,71	23,68

Vytažení Střih

Fax Rk..kN	F_VRk..kN	S*F_VRk..kN	FefVRk..kN
0,0	42,23	84,47	705,2

Posudek skupiny spojovacích prostředků na stříh

F_VEd = 354,90 kN <= F_VefRd = 379,7 kN

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška t_ef..mm	Čistá šířka průřezu L_net,t..mm	Čistá délka smykového lomu L_net,v..mm	Čistá průřezová plocha A_net,t..mm2	Čistá smyková plocha A_net,v..mm2	Charakteristická únosnost při blokovém smyku s*F_bs,Rk..kN
32,3	192,00	692	21120	76120	1045,44

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu f_u..Mpa	Korelační součinitel Beta w	Návrhová pevnost ve smyku f_vw,d..Mpa	Síla na délku svaru (šířku prvků) F_wEd..kNmm-1	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu) a..mm	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti) t..mm
510	0,9	261,7	0,82	1,57	5,03

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

F_VEd = 354,90 kN <= F_bs,Rd = 562,9 kN

Spoj vyhoví.

Výpočet přípoje kolíkového typu: Náročník - přípoj horní diagonály

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Normálová síla tlaková	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2 + V_{yE}^2} \cdot 0,5$
CO	N _{Ed} ..kN	Vz _{Ed} ..kN	N _{cEd} ..kN	alfa..st	F _{Ved} ..kN
NC12 45	456	0	456	0,0000	456

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k mod	gamma m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f _{yk} ..Mpa	f _{uk} ..Mpa	d..mm	d1..mm	A _p ..mm ²	a ₁ ..mm	a ₂ ..mm	a ₃ ..mm	n	m	n _{ef}	M _{yRk} ..kNm	s
355	510	24	24	0	120	80	170	4	4	2,742	0,5933	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	72	72	168	mm			
					svorníky	96	96	168	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka	Pevnost v otláčení ve směru vláken; $=0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot r_{0,k}$	Součinitel k90	Pevnost v otláčení
ro _k ..kgm ⁻³	f _{c90k}	f _t ..Mpa	f _v ..Mpa	t1..mm	f _{h0k} ..Mpa	k ₉₀	f _{hak} ..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	105	23,68	1,71	23,68

Vytažení Střih

Fax _{Rk} ..kN	F _{VRk} ..kN	s [*] F _{VRk} ..kN	Vef _{Rk} ..kN
0,0	42,23	84,47	926,5

Posudek skupiny spojovacích prostředků na střih

F_{VEd} = 456,00 kN <= F_{VefRd} = 498,9 kN

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku
t _{ef} ..mm	L _{net,t} ..mm	L _{net,v} ..mm	A _{net,t} ..mm ²	A _{net,v} ..mm ²	s [*] F _{bs,Rk} ..kN
32,3	168,00	916	17640	96180	873,18

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na delu svaru (šířku prvu)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f _u ..Mpa	Beta w	f _{vw,d} ..Mpa	F _{wEd} ..kNmm ⁻¹	a..mm	t..mm
510	0,9	261,7	1,14	2,18	7,39

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

F_{VEd} = 236,00 kN <= F_{bs,Rd} = 470,2 kN

Spoj vyhoví.

Výpočet přípoje kolíkového typu: Nárožník - přípoj dolní diagonály

Zatížení

Kombinace	Normálová síla	Posouvací síla	Normálová síla tlaková	Úhel odklonu síly ve spoji	Výsledná síla v přípoji $=\sqrt{N_{Ed}^2 + V_{yE}^2} \cdot 0,5$
CO	N_Ed..kN	Vz_Ed..kN	N_cEd..kN	alfa..st	F_Ved..kN
NC12 45	326	0	326	0,0000	326

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k_mod	gamma_m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f_yk..Mpa	f_uk..Mpa	d..mm	d1..mm	A_p..mm ²	a1..mm	a2..mm	a3_t..mm	n	m	n_ef	M_yRk..kNm	s
355	510	20	20	0	200	60	170	2	6	1,748	0,3693	2
					>=	>=	>=					
					kolíky	60	60	140	mm			
					svorníky	80	80	140	mm			

Dřevo

Hustota	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	Pevnost v tahu	Pevnost ve smyku	Nejmenší tloušťka otačeného dřeva	Pevnost v otažení ve směru vláken: $=0,082(1 - 0,01d) \cdot r_{o,k}$	Součinitel k90	Pevnost v otažení $=f_{hok}/(k90 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$
ro_k..kgm-3	f_c90k	f_t..Mpa	f_v..Mpa	t1..mm	f_h0k..Mpa	k_90	f_hak..Mpa
380	2,66	16,5	2,7	115	24,93	1,65	24,93

Vytažení Střih

Fax_Rk..kN	F_VRk..kN	s * F_VRk..kN	VefRk..kN
0,0	31,21	62,42	654,5

Posudek skupiny spojovacích prostředků na střih

$F_{VEd} = 326,00 \text{ kN} \leq F_{VefRd} = 352,4 \text{ kN}$

Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška	Čistá šířka průřezu	Čistá délka smykového lomu	Čistá průřezová plocha	Čistá smyková plocha	Charakteristická únosnost při blokovém smyku $s \cdot F_{bs,Rk}$
t_ef..mm	L_net,t..mm	L_net,v..mm	A_net,t..mm ²	A_net,v..mm ²	s * F_bs,Rk..kN
27,2	200,00	700	23000	80500	1138,50

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

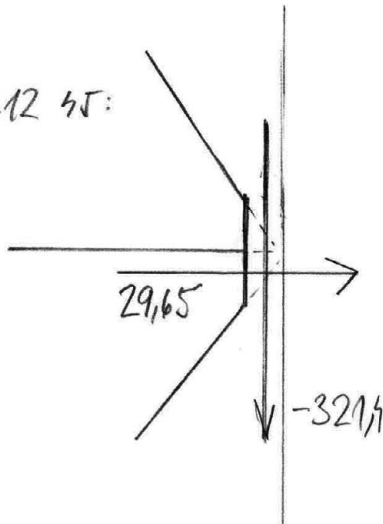
Pevnost v tahu	Korelační součinitel	Návrhová pevnost ve smyku	Síla na délku svaru (šířku prvu)	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu)	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti)
f_u..Mpa	Beta_w	f_vw,d..Mpa	F_wEd..kNmm-1	a..mm	t..mm
510	0,9	261,7	0,78	1,48	4,44

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

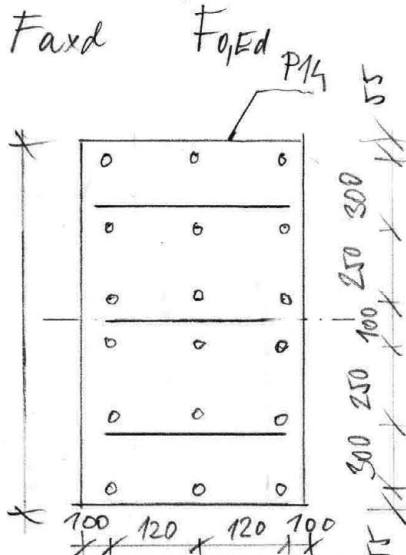
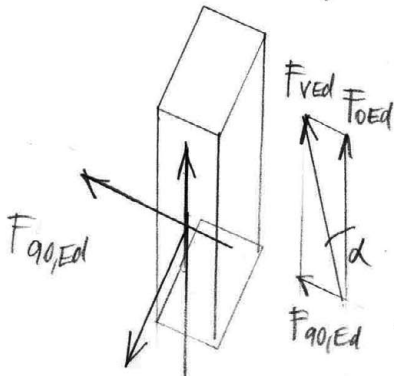
$F_{VEd} = 226,00 \text{ kN} \leq F_{bs,Rd} = 613,0 \text{ kN}$

Spoj vyhoví.

NC12 45:



Označení sil ve spoji:



6.5.4 Připoj podélné vazby na nárožník

Usp je navržena jako celá deska připeřená rovněky do nárožníku. Rozhodující je namáhání ve směru přípoje (ve směru sklenu nárožníku) - síly kalmo ke sklenu jsou zanedbatelné.

Rozhodující kombinace: NC 12 45 tah:

$F_{0,Ed} = 321,4 \dots$ síla ve směru sklenu

$F_{90,Ed} = 2,54 \dots$ síla kalmo ke sklenu

$F_{axd} = 29,65 \dots$ síla axiálně ke sklenu (tlaková)

roste ve směru sklenu:

$$a_1 = (300 + 250 + 100 + 250 + 300) / 5 = 240 \text{ mm}$$

roste kalmo ke sklenu:

$$a_2 = 120 \text{ mm}$$

Návrh: 18F524 178.8

počet řad: 3, počet v řadě: 6

Střih ve směru sklenu (vliv ulf):

$\rightarrow F_{0,Ed} = 321,4 \text{ kN} \leq F_{0,Ed,rd} = 353,8 \text{ kN}$ Vyhoví!

vytvoření srovnávek:

rozhodující kombinace: NC7X

$$F_{0,Ed} = 62,13 \quad F_{90,Ed} = 1,34 \quad F_{Akd} = 81,5 \text{ kN}$$

kritériem jednalo spojovacího prostředku:

$$F_{Ax,B,Ed} = \frac{F_{Akd}}{m \cdot n} = \frac{81,5}{6 \cdot 3} = 3,49 \text{ kN}$$

únosť jednalo srovnávek ve vytváření:

$$F_{Ax,B,Ed} = \min \left(\frac{0,9 \cdot f_{ak} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}, 3 \cdot f_{crak} \cdot A_f \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_{M1}} \right)$$

$$= \min (260 \text{ kN}; 31 \text{ kN}) = 31 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{Ax,B,Ed} = 3,49 \text{ kN} \leq F_{Ax,B,Rd} = 31 \text{ kN} \text{ Vyhoví.}$$

Jako kombinace vyhoví i na další posudky - viz část 6.6 Posouzení jednotlivých spojů.

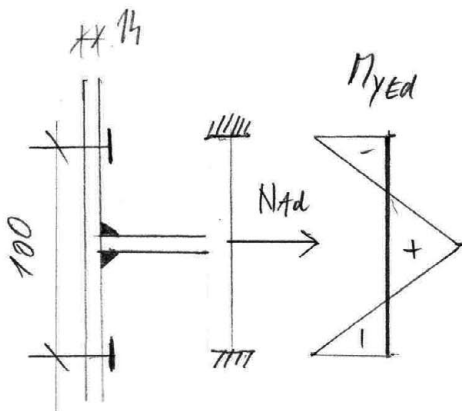
namáhání čelní desky tahem:

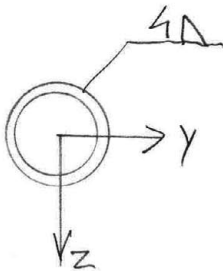
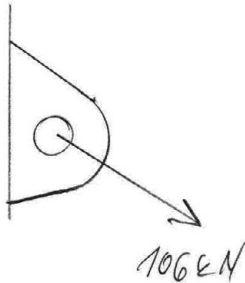
Kritické je namáhání desky od tahu v prídělkách (NC945):

$$N_{4d} = 355 \text{ kN}, \quad M_{y,Ed} = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{355 \cdot 0,9}{8} = 4,99 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot 400 \cdot 14^2 \cdot \frac{355}{10^6 \cdot 1} = 4,63 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow M_{y,Ed} = 4,99 \text{ kNm} \leq M_{y,Rd} = 4,63 \text{ kNm} \text{ Vyhoví.}$$





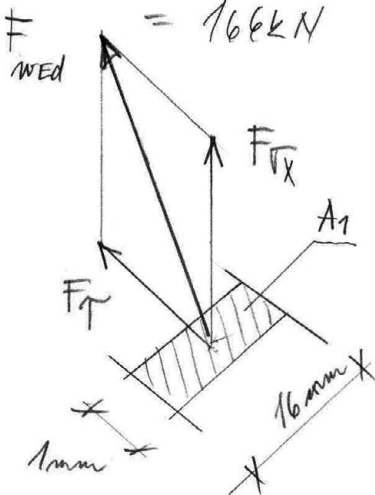
$$A = 8997 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 5696 \text{ mm}^2$$

$$V_{\max} = \sqrt{V_{y\max}^2 + V_{z\max}^2} =$$

$$= \sqrt{83,70^2 + 143^2} =$$

$$= 166 \text{ kN}$$



6.5.5 Připoje táhla 1724 Macalloy

- připoje táhel jsou provedeny podle doporučení výrobce plechem S 355 tl. 20 mm. Výrobce garantuje únosnost.

6.5.6 Připoj ocelového průvláku

Profil: CHS 193,7/16 S 355

Otáčka síd a připoji:

$$N_{\max} = |-57,23| = 57,23, \quad V_{y\max} = |\pm 83,70| = 83,70,$$

$$V_{z\max} = |\pm 143| = 143 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} = \frac{57,23 \cdot 10^3}{8997} = 6,40 \text{ MPa}$$

$$T_{\max} = \frac{V_{\max}}{A_v} = \frac{166 \cdot 10^3}{5696} = 29,14 \text{ MPa}$$

K přenesení takto malých napětí do čelní desky postačí minimální svary - 4 mm. Předpoklad kloubového připojení je razičkový poddajnosti čelní desky.

$$F_{Wed} = \sqrt{F_{Tx}^2 + F_T^2} = \sqrt{(A_1 \tau_{\max})^2 + (A_1 T_{\max})^2} =$$

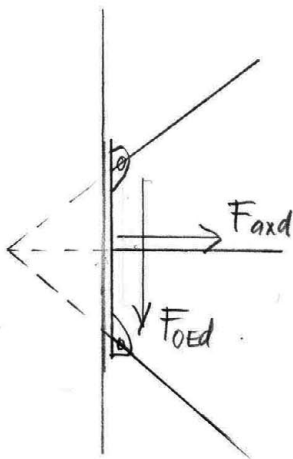
$$= \sqrt{(16 \cdot 1 \cdot 6,4)^2 + (16 \cdot 1 \cdot 29,14)^2} = 477 \text{ N}$$

$$F_{Wed} = l_{aw} \cdot a \cdot \frac{f_w \cdot \sqrt{3}}{A_w \cdot \mu_{12}} = 1,4 \cdot \frac{500 \cdot \sqrt{3}}{0,8 \cdot 1,25} = 1154 \text{ N}$$

$$F_{Wed} = 477 \text{ N} \leq F_{Wed} = 1154 \text{ N} \quad \text{Výborní.}$$

6.5.7 Připoj příčné rábky na námořník

Gschéma:



Spoj je navržen jako úelní deska připojená stranicky do námořníku.

Návrh: 18 FS 1124 8.8

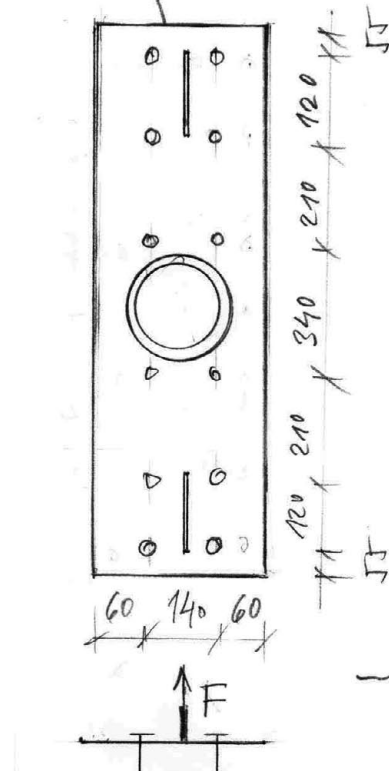
přítřad: 3, 6 prsků v řadě

Pro rozhodující kombinace:

NC 7 X : $F_{oed} = 178,9 \text{ kN}$ $F_{90ed} = 83,7$ $F_{axd} = 12,8$
 a A_{sk}

NC 10 X : $F_{oed} = 217,6 \text{ kN}$ $F_{90ed} = 48,0$ $F_{axd} = 0,08$

P14 Plech:



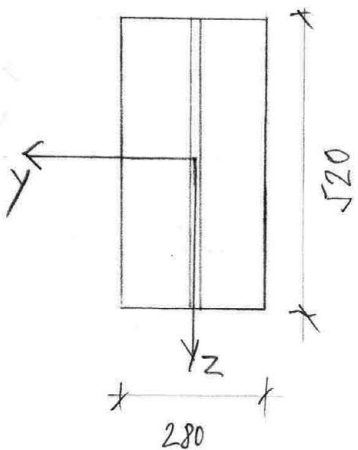
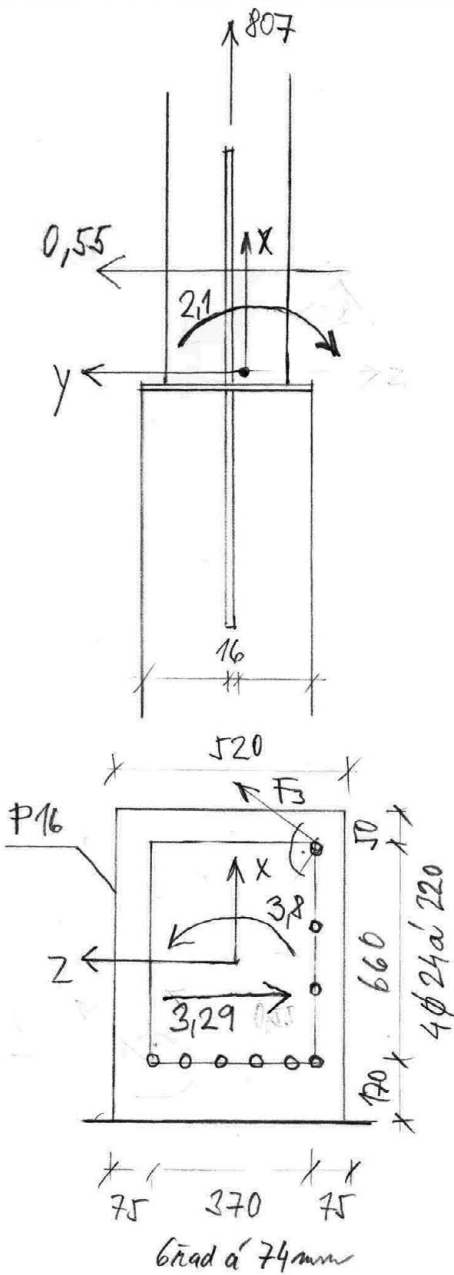
navržený spoj vytvoří předstílním na smyk se směm vláken (slit m_{tt}), na smyk v úhlu α, na vytvoření straníku. viz část 7.4.

posouzení plechu: (v místě připsje třídil)

$$\begin{aligned} \pi_{Ed} &= \frac{F \cdot l}{8} = \frac{N_{td} \cdot \cos \beta \cdot l}{8} = \frac{106 \cdot \cos 55 \cdot 0,17}{8} = \\ &= 1,06 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\pi_{Rd} = \frac{1}{6} A_k^2 \cdot \frac{f_k}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot 120 \cdot 14^2 \cdot \frac{355}{1,0 \cdot 10^6} = 1,39 \text{ kNm}$$

$$\pi_{Ed} = 1,06 \text{ kNm} < \pi_{Rd} = 1,39 \text{ kNm} \quad \text{Výhosa!}$$



6.5.7 Montážní spoj náročník

Prokresující kombinace: NC12 45 tab:

$N_{Ed} = 807 \text{ kN}$ $V_{yEd} = 0,55 \text{ kN}$ $V_{zEd} = -3,29 \text{ kN}$
 $M_{yEd} = 3,80 \text{ kNm}$ $M_{zEd} = -2,01 \text{ kNm}$

Návrh: 18 K ϕ 24 S 355
 6 PS M24 5.8
 počet řád: 6, prvků v řadě: 4

Vliv momentu M_{yEd} :

$\sum A_i^2 = 19 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$ $r_{yz} = \sqrt{305^2 + 185^2} = 357 \text{ mm}$

$F_3 = M_{yEd} \cdot \frac{r_{yz}}{\sum A_i^2} = 3,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{357}{19 \cdot 10^6 \cdot 10^3} = 0,714 \text{ kN}$

Vliv normálové síly:

síla na jeden šroub: $N_{t,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{m \cdot n} = \frac{807}{6 \cdot 4} = 33,6 \text{ kN}$

Vliv posuvné síly:

síla na jeden šroub: $F_{Vz,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{m \cdot n} = \frac{3,29}{6 \cdot 4} = 0,137 \text{ kN}$

Je zřejmé, že moment i posuvná síla způsobují poměrně velký vliv celkem od směru náhledu ($F_{Vz,Ed} < F_3 \ll N_{t,Ed}$). Spoj bude posouzen jako tuhý přípoj a ovládnut napětím $\sigma_{t,d}$ a namáháním $N_{t,d}$.

střih:

$$\rightarrow F_{VED} = 807,1 < F_{VEd,Rd} = 870,8 \text{ kN} \quad \text{Výhoní.}$$

ohrbový smyč:

$$\rightarrow F_{VED} = 807,1 < F_{As,Rd} = 970,2 \text{ kN} \quad \text{Výhoní.}$$

přenos kontaktem:

$$N_{cd,max} = 1073,3 \text{ kN} \quad (\text{NC9 45})$$

$$N_{cd,max} - F_{VEd,Rd} = 1073,3 - 870,8 = 202,5 \text{ kN.}$$

Kontaktům bude přeneseno 202,5 kN.

vliv N_{zd} :

$$\text{NC9 45: } N_{cd} = 1073 \text{ kN}$$

$$M_{yd} = 10,2 \text{ kNm}$$

$$N_{zd} = 2,83 \text{ kN}$$

$$A = 16 \cdot 520 = 8320 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 16 \cdot 520^2 = 721 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot 520 \cdot 16^2 = 22187 \text{ mm}^3$$

N_{zd} musí být přenesen plechem montážního spoje. Posudek bude proveden na kombinaci NC9 45 s předkladem, se plech bude přemáset plnou kapacitou kalíškového spoje se střihem.

$$\begin{aligned} \sigma_{xd} &= \frac{N_{cd}}{A} + \frac{M_{yd}}{W_y} + \frac{N_{zd}}{W_z} = \frac{1073 \cdot 10^3}{8320} + \frac{10,2 \cdot 10^6}{721 \cdot 10^3} + \frac{2,83 \cdot 10^6}{22187} \\ &= 128,9 + 14,1 + 126 = 269 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rightarrow \sigma_{xd} = 269 \text{ MPa} < \frac{f_t}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa} \quad \text{Výhoní.}$$

vliv V_{yd} : Rámcově účinný, přenesen plechem.

Dřevěná vyhlídková věž: statický výpočet

strana:

Výpočet přípoje kolíkového typu: Nárožník - montážní spoj

Zatížení

Kombinace	Normálová síla N_tEd..kN	Posouvací síla Vz_Ed..kN	Normálová síla tlaková N_cEd..kN	Úhel odklonu síly ve spoji alfa..st	Výsledná síla v přípoji = $(N_{Ed}^2 + V_{yE}^2)^{0,5}$
					F_Ved..kN
NC9 45	807	3,29	1037	0,2336	807

Podmínky působení

Modifikační součinitel	Součinitel materiálu
k mod	gamma m
0,7	1,3

Kolík/svorník

f_yk..Mpa	Pevnost oceli v tahu f_uk..Mpa	Průměr spojovacího prostředku; v rozmezí (6;30mm) d..mm	Vnější průměr otvoru d1..mm	Plocha podložky A_p..mm2	Rozteč ve směru vláken; a1>=3d		Rozteč kolmo k vláknům a_2..mm	Vzdálenost od taženého konce a_3_t..mm	Počet spojovacích prvků v řadě n	Počet řad spojovacích prvků m	Efektivní počet spojovacích prvků v řadě; =min(n; n^0,9*(a1/13d)^0,5)	Platický únosností =0,3*f_uk*d^2, d..v mm	Počet stříhů kolíku s
					a_1..mm	a_2..mm					n_ef	M_yRk..kNm	
355	510	24	24	0	220	80	170	4	6	3,191	0,5933	2	
					>=	>=	>=						
					kolíky	72	72	168	mm				
					svorníky	96	96	168	mm				

Dřevo

Hustota ro_k..kgm-3	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům f_c90k	Pevnost v tahu f_t..Mpa	Pevnost ve smyku f_v..Mpa	Nejmenší tloušťka otlačeného dřeva t1..mm	Pevnost v otlačení ve směru vláken; =0,082 (1- 0,01d)*ro_k	Součinitel k90 =1,35+0,015*d	Pevnost v otlačení =f_hok/(k90*sin ^2alfa+cos^2alfa)
					f_h0k..Mpa		k_90
410	2,87	19,5	2,7	132	25,55	1,71	25,55

Vytažení Střih

F_ax_Rk..kN	F_VRk..kN	Únosnost všech stříhů spoje =F_VRk*n_ef	Efektivní únosnost spoje =F_VRk*n_ef
0,0	43,87	87,74	1679,8

Posudek skupiny spojovacích prostředků na stříh

F_VEd = 807,01 kN <= F_VefRd = 904,5 kN Spoj vyhoví.

Únosnost v blokovém smyku

Účinná výška t_ef..mm	Čistá šířka průřezu L_net,t..mm	Čistá délka smykového lomu L_net,v..mm	Čistá průřezová plocha A_net,t..mm2	Čistá smyková plocha Anet,v..mm2	Charakteristická únosnost při blokovém smyku s*F_bs,Rk..kN
					s*F_bs,Rk..kN
31,1	280,00	1516	36960	200112	2162,16

Minimální dimenze svarů a plechu (tah)

Pevnost v tahu f_u..Mpa	Korelační součinitel Beta	Návrhová pevnost ve smyku f_vw,d..Mpa	Síla na délu svaru (šířka prvků) F_wEd..kNmm-1	Minimální tloušťka svaru (2 svary podél plechu) a..mm	Minimální tloušťka plechu (zanedbání smykové únosnosti) t..mm
					t..mm
510	0,9	261,7	1,44	2,75	7,85

Posudek skupiny spojovacích prostředků na blokový smyk

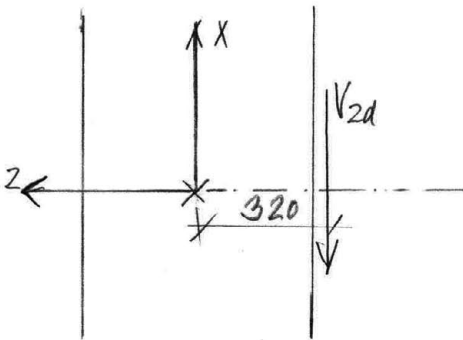
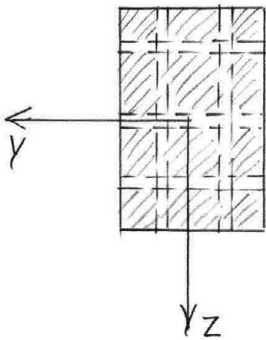
F_VEd = 807,01 kN <= F_bs,Rd = 1164,2 kN Spoj vyhoví.

oslabený prvek:

$$A = 146\,572 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5,31 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,25 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$



$$l_1 = 5,05 \text{ m}$$

$$E_1 = 10\,200 \text{ MPa}$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 640^3 = 6,15 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot 280 \cdot 520^3 = 3,3 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_2 = 9\,400 \text{ MPa}$$

$$l_2 = 5,05 \text{ m}$$

6.5.8 Provození oslabeného prvku

Praktice hodnoty momentů jsou níže
norma kovovým sítěm malé (excentricita
největší jádro prvkem), bude
rozhodovat tahová kombinace NC12 45 tah,
posudek bude proveden pod příjmem
příčnou a podélnou osy, kde je namáhání
nárovně měří a oslabení největší.

$$N_{td} = 1165 \text{ kN} \quad M_{yd} = 6,79 \text{ kNm} \quad M_{zd} = -2,29 \text{ kNm}$$

slit posouvací síl je samostatný.

Tato kombinace je nárovně navíc
namáhání silou od příjmem ocelového
příčnou $V_{zd} = 102 \text{ kN}$ na excentricitu 320 mm

$$\Delta M_{Ed} = V_{zd} \cdot e = 102 \cdot 0,32 = 32,6 \text{ kNm}$$

Tento moment se rozdělí nad a pod
stýžník v poměru tuhosti nad a pod
stýžníkem. Na stranu dupičnou budeme
uvážit s prvkem nad stýžníkem celý
GL 24h 280/520 v celí délce 5,05 m.

$$\Delta M_{Ed,y1} = \Delta M_{Ed} \cdot \left(\frac{\frac{E_1 I_1}{l_1}}{\frac{E_1 I_1}{l_1} + \frac{E_2 I_2}{l_2}} \right) =$$

$$= 32,6 \cdot \frac{10\,200 \cdot 6,15 \cdot 10^9}{10\,200 \cdot 6,15 \cdot 10^9 + 9\,400 \cdot 3,3 \cdot 10^9} =$$

$$= 22,26 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d,ex} = M_{y,d} + \Delta \sigma E_{xy} = 6,74 + 22,26 = 29 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A} = \frac{1165 \cdot 10^3}{146572} = 7,95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{29 \cdot 10^6}{1,66 \cdot 10^7} = 1,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{2,24 \cdot 10^6}{8,35 \cdot 10^6} = 0,27 \text{ MPa}$$

posudek pro tah: $k_m = 0,7$ (oddelník)

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right) + \left(\frac{\tau_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) + k_m \cdot \left(\frac{\tau_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{7,95}{19,5 \cdot \frac{0,7}{1,5}} \right) + \left(\frac{1,75}{28 \cdot \frac{0,7}{1,5}} \right) + 0,7 \cdot \left(\frac{0,27}{28 \cdot \frac{0,7}{1,5}} \right) \leq 1,0$$

$$0,728 + 0,11 + 0,01 \leq 1,0$$

→ $0,85 \leq 1,0$ Průřez vyhoví!

Klasifikace třídy GL24h by byla zvýšena na 101%, je provedena spodní odměrník a GL28h.

7. Přílohy

7.1 Návrhové příklady stěh

Macalloy 460 Bar System

Table 1 - Tendon Capacities for Carbon Macalloy 460

Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Min. Yield Load	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Min. Break Load	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Design Resistance to EC3	kN	24	35	66	103	149	238	348	479	630	870	1149	1677	2138	2418	3029
Nominal Bar Weight	(kg/m)	0.5	0.75	1.4	2.2	3.0	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58



Macalloy 460 in Application

Engineers all over the world have used Macalloy systems in the most diverse of applications. Among these are bridges, government buildings, stadia, airports, and hotels, to name just a few. The longevity and design again reflect the level of innovation and quality, which have become firm components of Macalloy products.

Macalloy 460 Carbon Bars

Macalloy 460 is a manufactured carbon steel, with excellent mechanical properties. The thread is rolled, rather than cut. This gives rise to the use of smaller diameter bars for a given metric thread, resulting in material cost saving. The carbon Macalloy 460 is also a weldable steel with a maximum carbon equivalent of 0.55%. Arc welding may be carried out using standard techniques and low hydrogen rods.

The Macalloy 460 bar has the following mechanical properties:

Minimum Yield Stress	460 N/mm ²
Minimum Breaking Stress	610 N/mm ²
Minimum Elongation	19%
Minimum Charpy Impact Value	27J @ -20°C
Young's Modulus	205 kN/mm ²

The standard diameter range for this system is from M10 to M100. In addition, other diameters can be supplied but are

subject to longer lead times. Tendons up to and including M16 diameters can be supplied in lengths of 6m. For larger diameters, lengths of up to 11.8m are available. Greater lengths are possible using couplers and turnbuckles. These fittings are designed to take the full load of the bar.

Adjustment

Adjustments within each fork or spade are:

- M10 to M56: +/- 1/2 thread diameter
- M64 to M100: +/-25mm

Turnbuckles give additional adjustments of:

- M10 to M24: +/-25mm
- M30 to M100: +/-50mm

Special turnbuckles, with a greater adjustment, are available on request.

Fatigue

Threads are rolled on to the bar and are therefore more resistant to fatigue. Testing a range of diameters has been carried out over 2 million cycles, the results of which are available from the Macalloy technical department.

Corrosion Protection

Macalloy tendons can be supplied in plain carbon steel, primed, or hot dip galvanized finish. If requested at the time of order, hot dip galvanizing can be applied to tendons

after the threading process. The threads are then brushed to remove any excess zinc.

Length permitting, galvanized bars are delivered pre-assembled. This procedure ensures that threads are 100% operational. Connected bars, greater than 12m, are delivered part assembled. Please note that hot dip galvanizing is not comparable with a paint finish. The visual appearance of forks and spades may differ in appearance from that of the bar, by virtue of the different material compositions.

Paint

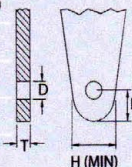
For architectural purposes, it is recommended a painted finish is applied to the galvanizing. The corrosion resistance of the bar can then be enhanced.

European Approval

The Macalloy 460 system has European CE approval under the ETA number 07/0215 for all standard diameters from M10 and M100. When specifying, always ask for CE approved systems.

Table 2 - Macalloy 460 Gusset Plate Dimensions

		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
T (Thickness)	mm	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
D	mm	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
E	mm	18	22	30	37	43	56	64	74	84	101	112	132	160	166	196
H (min.)	mm	28	34	48	60	68	90	103	118	135	163	180	211	259	266	317



EXPERIENCE

INNOVATION

QUALITY

7.2 Navrhové podmínky věží

DAVERSTEELS

CE Approved Fabricator

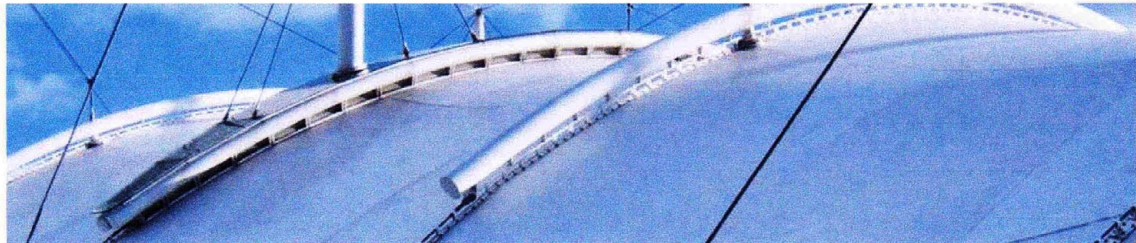
Phone: +44 (0)114 261 1999
 Fax: +44 (0)114 261 1888
 E-mail: info@daversteels.co.uk

About the company

Structural Bar Systems

Structural Compression Struts

Steel Fabrications



Load Capacity Data for Structural Compression Struts

Compression strut sizing

The tables below give the size of the compression strut required, based on the strut length and the load capacity required by your design.

Carbon Steel



Table 1 - Carbon steel tubes: BS EN10210-1 Grade S355JR

Fork/Bar Sizes	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M90	M100
CHS Size (Dia x t mm)	33.7 x 4	42.4 x 4	48.3 x 5	60.3 x 5	76.1 x 5	88.9 x 5	114.3 x 6.3	139.7 x 10	168.3 x 10	193.7 x 10	244.5 x 16	273 x 16	323.9 x 16
S1 (m)	P – Design Resistance in kN												
1.5	8	25	45	74	127	216	306	426	600	837	1207	1807	2376
2		17	29	56	127	216	306	426	600	837	1207	1807	2376
2.5		13	22	40	98	202	306	426	600	837	1207	1807	2376
3		10	18	31	74	153	306	426	600	837	1207	1807	2376
3.5			15	26	60	122	244	426	600	837	1207	1807	2376
4			13	22	51	102	199	359	600	837	1207	1807	2376
4.5			12	20	44	88	168	300	560	837	1207	1807	2376
5			10	17	39	78	146	258	480	781	1207	1807	2376
5.5				16	35	66	129	226	416	683	1207	1807	2376
6				14	32	55	116	201	367	600	1194	1807	2376
6.5				13	29	47	106	182	328	532	1074	1783	2376
7				11	24	40	97	166	297	478	965	1624	2376

Daversteels | Daver Steels - Load Capacity Data for Structural Compress...

http://www.daversteels.co.uk/compression_struts_load

7.5				10	21	35	90	154	272	434	872	1475	2376
8					18	30	82	143	251	398	793	1342	2226
8.5					16	27	72	133	233	368	727	1226	2062
9					14	23	64	125	218	342	670	1126	1908
9.5					12	21	57	118	205	320	623	1041	1767
10					11	18	51	112	194	301	582	968	1640
11					9	15	41	101	175	270	515	849	1429
12						12	34	93	159	245	464	759	1265
S3 (mm) max	50	50	50	75	100	100	100	125	125	175	200	225	250

Stainless Steel



Table 2 - Stainless steel tubes in grade 316 to BS EN10296 – min. Yield Stress of 230 N/mm2

Fork/Bar Sizes	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
CHS Size (Dia x t mm)	33.7 x 4	42.4 x 4	48.3 x 5	60.3 x 5	76.1 x 5	88.9 x 5	114.3 x 6.3	139.7 x 10	168.3 x 10
S1 (m)	P --- Design Resistance in kN								
1.5	6	18	39	78	159	270	382	426	772
2		12	26	48	123	261	382	426	772
2.5		10	19	35	84	178	382	426	772
3			16	27	65	133	287	400	772
3.5			13	23	53	107	222	388	772
4			12	20	45	90	181	327	636
4.5			10	17	39	78	154	275	523
5				16	35	67	134	237	441
5.5				14	32	55	119	208	381
6				12	27	45	108	187	336
S3 (mm) max	50	50	50	75	100	100	100	125	125

The data supplied is appropriate for inclusion in your design calculations

Partial factors

The allowable loads refer to the minimum design resistance in KN, calculated using the UK National Annex, material and Load Factors.

Partial factors for design of building members/sections EN1993-1-1

Daversteels | Daver Steels - Load Capacity Data for Structural Compres...

http://www.daversteels.co.uk/compression_struts_load

YM0	YM1	YM2	YM3	YM4	YM5	YM6	YM7
1.00	1.00	1.10	1.25	1.10	1.00	1.00	1.00

Partial factors for design of building connections/joints EN1993-1-8

YM0	YM1	YM2	YM3	YM4	YM5	YM6	YM6,ser	YM7
1.00	1.00	1.25	1.25	1.10	1.00	1.00	1.00	1.10

Daver Steels structural design service

Daver Steels offer a structural design service for our compression struts when incorporated to your structural design. This is supplied with certification, verified by a third party consultant engineer. Please enquire for a quotation.

Contact Us

395 Petre Street
Sheffield
South Yorkshire
S4 8LN
United Kingdom

Phone: +44 (0)114 261 1999
Fax: +44 (0)114 261 1888
Email: info@daversteels.co.uk

[View map and get directions](#)

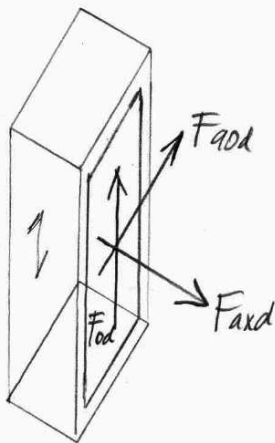
[Privacy and cookies](#)

[Disclaimer](#)

[Website by Qr8](#)



7.3. Rekapitulace varianty



$$F_{VED} = \sqrt{F_{Q0d}^2 + F_{Q0d}^2}$$

m : počet řad spojo-
vacích prostředků

n : počet prvků v řadě

n_{ef} : efektivní počet
prvků v řadě

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n \\ n \cdot 0,99 \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{cases}$$

a_1 ... vzdálenost ve směru
slábení

d ... průměr svazáku

tloušťka desky: $t \geq d$

t ... tloušťka desky

tloušťka desky: v
opačném případě

7.4 Tabulka jednotvárných spojů

Kat'ciní spoje je rozdílno do tří
střech dle směru slábení:

F_{Q0d} ... ve směru slábení

F_{Q0ED} ... kolmo na slábení

F_{Q0d} ... rovně pruhu (vytáčení spoj. pruhu)

$\text{arctg} \frac{F_{Q0ED}}{F_{Q0d}} = \alpha$... úhel sklonu výsledné síly
od směru slábení.

střech ve směru slábení: F_{Q0RD} ... únosnost celého
spoj.

$$F_{Q0RD} = m \cdot n_{ef} \cdot F_{VRK} \cdot \frac{k_{mod}}{117}$$

$F_{VRK} = \alpha \cdot F_{VRK1}$, kde F_{VRK1} je únosnost
jednotvárného střihu vyčítaná
podle typu desky dle 1995-1-1,
(8.9) pro tloušťka a (8.10) pro tloušťka desky.

posouzení: $\frac{F_{Q0ED}}{F_{Q0RD}} \leq 1,0$

střech ve směru α : F_{VBED} ... únosnost jednoho pruhu

$$F_{VBED} = F_{VRK} \cdot \frac{k_{mod}}{117}, F_{VRK} \text{ pro úhel } \alpha \text{ dle } 1995-1-1 (8.9) (8.10) \text{ a } (8.31).$$

$$F_{VBED} = \frac{F_{VED}}{m \cdot n}, F_{VED} \text{ je výslednice v rovinné spoji.}$$

posouzení: $\frac{F_{VBED}}{F_{VBED}} \leq 1,0$

výběr srovnávek: F_{axRd} ... únosnost pruku.

$$F_{axRd} = \min(R_{axSd}; F_{axRk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_{M2}})$$

$R_{axSk} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ak} / \gamma_{M2}$... přetváření srovnávek

$R_{axRk} = 3,0 \cdot f_{ak} \cdot A_k$... výběr srovnávek

$$F_{axBED} = \frac{F_{axRd}}{m \cdot n} \quad \dots \text{ síla působící na prvek}$$

$$\text{podmínka: } \frac{F_{axBED}}{F_{axRd}} \leq 1,0$$

podmínka spjovacího pruku:

prvek je posunut na současně působení smyku a tahu:

$$F_{vBRd} = \frac{0,6 \cdot f_{ak} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad \dots \text{ síla kromě pruku}$$

$$\text{podmínka: } \frac{F_{vBED}}{F_{vBRd}} + \frac{F_{axBED}}{1,4 \cdot R_{axSd}} \leq 1,0$$

Pozn: spoje jsou navrženy pro dřvo GL24h, posílají dřvo ke změně profilu na GL28h.
Změna nezkouší bezpečnost návrhu.

Výpočet jedno a dvojitřžného spoje

Poznámka Kombinace			Paždík-diafragma	Paždík-diafragma	Paždík-diafragma	Nárožník - přípoj paždíku a diagonál	Nárožník - přípoj paždíku a diagonál	Nárožník - oc.paždík-táhla
			Max F _{0Ed} , svorníky	Max F _{90Ed} , svorníky	Max F _{wd} , svorníky	Max F _{0Ed} , svorníky	Max F _{90Ed} , svorníky	Obálka, svorníky
			NC8 Y	NC13Uzít	NC7 X	NC12 45	NC7 X	Obálka
	Počet stříhů spojovacích prvků	s	1	1	1	1	1	1
Zatížení	Síla ve směru vláken	F _{0,Ed} ..kN	45,04	0,06	0,06	321	1,34	178
	Síla kolmo na vlákna	F _{90Ed} ..kN	25,56	31,99	25,56	2,54	81,5	83,7
	Axiální síla	F _{Ax} ..kN	0,9	1,43	7,58	0	62	27,9
	Úhel odklonu síly ve spoji	alfa..st	29,6	89,9	89,9	0,5	89,1	25,2
	Výsledná síla v rovině připoje připoje $=\sqrt{F_{0Ed}^2+F_{90Ed}^2}$	F _{Ved} ..kN	52	32	26	321	82	197
Podmínky působení	Modifikační součinitel	k _{mod}	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Součinitel materiálu	gamma _m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Kolík/svorník	Mez kluzu svorníku	f _{yk} ..Mpa	640	640	640	640	640	640
	Pevnost svorníku v tahu	f _{uk} ..Mpa	800	800	800	800	800	800
	Průměr spojovacího prostředku (v rozmezí (6;30mm))	d..mm	20	20	20	24	24	24
	Vnější průměr otvoru	d1..mm	20	20	20	24	24	24
	Tloušťka desky	t..mm	12	12	12	14	14	14
	Nejmenší tloušťka otačeného dřeva (délka vniku spojovacího prvku)	t1..mm	170	170	170	300	300	640
	Plocha podložky	a _p ..mm2	4646	4646	4646	6666	6666	6666
	a ₁ ≥3d	a ₁ ..mm	290	290	290	240	240	300
	Rozteč kolmo k vláknům	a ₂ ..mm	120	120	120	120	140	200
	Počet spojovacích prvků v řadě	n	4	4	4	6	6	6
	Počet řad spojovacích prvků	m	1	1	1	3	3	2
Dřevo	Hustota	ro _k ..kgm-3	380	380	380	380	380	380
	Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	f _{c90k}	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
	Pevnost v tahu	f _t ..Mpa	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
	Pevnost ve smyku	f _v ..Mpa	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
	Efektivní počet spojovacích prvků v řadě $=\min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_1/13d)^{0,5})$	n _{ef}	3,579	3,579	3,579	4,697	4,697	4,967
	Platický moment únosnosti $=0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^2 \cdot 2,6 \cdot d \cdot v \cdot mm$	M _{yRk} ..kNm	0,579	0,579	0,579	0,931	0,931	0,931
	Pevnost v otažení ve směru vláken; $=0,082 \cdot (1-0,01d) \cdot t \cdot ro_k$	f _{h0k} ..Mpa	24,93	24,93	24,93	23,68	23,68	23,68
	Součinitel k ₉₀ ; $=1,35+0,015 \cdot d$ pro jehličnaté dřevo	k ₉₀	1,65	1,65	1,65	1,71	1,71	1,71
	Pevnost v otažení; $=f_{h0k}/(k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$	f _{hak} ..Mpa	21,52	15,11	15,11	23,68	13,85	20,98
Vytažení svorníku	Únosnost na porušení spojovacího prostředku $=A \cdot n \cdot e \cdot f_{uk} \cdot k_2/1,25; k_2=0,9$	R _{axSd} ..kN	144,8	144,8	144,8	208,5	208,5	208,5
	Únosnost na otažení dřeva pod podložkou $=3 \cdot f_{c90k} \cdot A_p$	F _{axRk} ..kN	37,1	37,1	37,1	53,2	53,2	53,2
Parametry stříhu		a	29,3	20,5	20,5	68,2	39,9	128,9
		b	30,8	25,8	25,8	44,9	34,3	42,2
Tenká deska 1 střížný spo: únosnost jednoho stříhu $=\min(a,b)$		F _{VRk1} ..kN	29,3	20,5	20,5	44,9	34,3	42,2
		c	36,4	25,5	25,5	83,9	49,6	146,8
	d	43,6	36,5	36,5	63,5	48,5	59,7	
	e	73,2	51,4	51,4	170,5	99,7	322,3	
Tlustá deska 1 střížný spo: únosnost jednoho stříhu $=\min(c,d,e)$		F _{VRk1} ..kN	36,4	25,5	25,5	63,5	48,5	59,7
		f	73,2	51,4	51,4	170,5	99,7	322,3
	g	74,6	63,9	63,9	133,6	101,6	198,7	
	h	43,6	36,5	36,5	63,5	48,5	59,7	
Vložená deska 2střížný spo: únosnost jednoho stříhu $=\min(f,g,h)$		F _{VRk1} ..kN	43,6	36,5	36,5	63,5	48,5	59,7
Stříh ve směru 0	Únosnost všech stříhů jednoho spojovacího prostředku	F _{VRk} ..kN	29,3	20,5	20,5	44,9	34,3	42,2
	Efektivní únosnost jedné řady spojovacích prostředků; $=F_{VRk} \cdot n_{ef} \cdot m$	F _{yefRk} ..kN	104,7	73,5	73,5	210,8	161,2	209,8
	Návrhová efektivní únosnost jedné řady spojovacích prostředků; $=k_{mod} \cdot F_{yefRk}/\gamma_{a,m}$	F _{yefRd} ..kN	56,4	39,6	39,6	113,5	86,8	113,0
	Celková únosnost všech řad spojovacích prostředků $=m \cdot n_{ef} \cdot F_{VRk}$	F _{0efRd} ..kN	56,4	39,6	39,6	340,6	260,5	226,0
	Posudek na stříh ve směru řady prvků - vliv n _{ef} ; $=F_{0efRd}/F_{0efRd}$		0,80	0,00	0,00	0,94	0,01	0,79
Stříh ve směru alfa	Zatížení jednoho svorníku $=F_{VED}/m$	F _{VBEd} ..kN	12,95	8,00	6,39	17,83	4,53	16,39
	Únosnost jednoho svorníku $=k_{mod} \cdot F_{VRk}/\gamma_{a,m}$	F _{VBRd} ..kN	15,76	11,06	11,06	24,17	18,48	22,75
	Posudek na stříh ve směru alfa - bez vlivu n _{ef} ; $=F_{VBEd}/F_{VBRd}$		0,82	0,72	0,58	0,74	0,25	0,72
Vytažení svorníku	Zatížení jednoho spojovacího prostředku $=F_{axEd}/(m \cdot n)$	F _{axBEd} ..kN	0,225	0,3575	1,895	0	3,44	2,33
	Únosnost svorníku ve vytažení $=\min(F_{axRk} \cdot k_{mod}/\gamma_{a,m}, R_{axSd})$	F _{axRd} ..kN	20	20	20	29	29	29
	Posudek na vytažení svorníku $=F_{axBEd}/F_{axRd}$		0,01	0,02	0,09	0,00	0,12	0,08
Porušení spojovacího prvku	Porušení prostředku smykem $=\alpha \cdot f_{ub} \cdot v \cdot A_s/1,25; \alpha \cdot v=0,6$	F _{VBRd} ..kN	120,6	120,6	120,6	173,7	173,7	173,7
	Posudek na namáhání prvku stříhem a tahem $=F_{VBEd}/F_{VBRd}+F_{axBEd}/(1,4 \cdot R_{axSd})$		0,11	0,07	0,06	0,10	0,04	0,10

7.5 Posudky vybraných dřevěných prvků

Posudky prvků jsou prováděny dle 1995-1-1.

Prvky jsou namáhány kvůli moranýmu namáhání.

$\sigma_{A,0,d}$... napětí od normální tahové síly

$$\sigma_{A,0,d} = \frac{N_{td}}{A}$$

$\sigma_{C,0,d}$... napětí od tlakové síly

σ_{Mzd} ... napětí od momentu M_z

σ_{Mzd} ... napětí od momentu M_z

ahyt a osový tah: prvky v celé délce i vcelku

$$\frac{\sigma_{A,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} + k_{m,d} \cdot \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{A,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{m,d} \cdot \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$k_{m,d} = 0,7$ pro oddělení korekční přívězy, dle křivosti.

- musí být ověřeno případné oslabení přívězem. Oslabení přívězu byla ověřena v rámci výpočtu detailů.

ahyt a osový tlak: posouvání v celku.

$$\left(\frac{\sigma_{C,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} + k_{m,d} \cdot \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\sigma_{C,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_{m,d} \cdot \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{Mzd}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

- oslabení ověřeno v souvislosti na excentricitě N_{ed}

vepřný tlak a křiv: kde může dojít k vytržení, o patě konzol

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c2} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\tau_{m,0,d}}{f_{m,d}} + k_{m,1} \cdot \frac{\tau_{m,0,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c2} \cdot f_{c,0,d}} + k_{m,1} \cdot \frac{\tau_{m,0,d}}{f_{m,d}} + \frac{\tau_{m,0,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$k_{c2} = \frac{1}{k_{c2} + \sqrt{k_{c2}^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \dots \text{souč. vepřnosti, vytržení kalus k y.}$$

$$k_{c2} = \frac{1}{k_{c2} + \sqrt{k_{c2}^2 + \lambda_{rel,z}^2}} \dots \text{souč. vepřnosti, vytržení kalus k z.}$$

$$k_{c2} = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_{c2} = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ pro rostle}$$

$$\beta_c = 0,7 \text{ pro dřevě}$$

klouzení: navrhované prvky mají dostatečnou kapacitu v klouzení ($l/h < 3$), navíc se nevyskytují dominantní momenty.

slup a konzolní: posouvající síly jsou v navrhované konstrukci zanedbatelné, navíc se nevyskytují žádné. Neposouvají.

Pevnostní posudek dřevěných prvků

		Globalní vzpěr		Diagonály		Paždík podélné vazby		Náročník	
		Stavba jako celek		Stavba jako celek		Diagonála 1 GL24h 240x440		Diagonála 1 GL24h 240x440	
		Vitr 45	Vitr X	Max. vzpěrný tlak	Max. tažená	Max. vzpěrný tlak	Max. tah	Max. ohyb	Max. vzpěrný tlak
		pata	pata	NC9 45	NC12 45tah	NC9 45	NC9 45	NC17UX	NC9 45
		Kombinace		Kombinace		Kombinace		Kombinace	
Vzpěr	Zohlednění redistribuce v tlakové oblasti	k_m		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Součinitel pro prvky splňující meze zakřivení	Beta_c		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Vzperna delka	L_cry		120000	120000	5000	5000	4500	0
	Vzperna delka	L_crz		120000	120000	5000	5000	4500	0
Zatížení	B velikost ve smeru y,mm	B		9000	9000	240	240	240	240
	H velikost ve smeru z,mm	H		9000	9000	440	440	440	440
	tahová síla	N_t0d.kN		0	0	0	510	0	355
	tlaková síla	N_c0d.kN		1644	1658	640	0	242	0
Material	Moment	M_y.kNm		19300	0	0	0	2,6	5,94
	Moment	M_z.kNm		19300	26100	3,3	0	0,55	0,55
	Hustota	ro_k		380	380	380	380	380	380
	Součinitel materialu	gama_m		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Průřez	Podmínky prostředí a zatížení	k_mod		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Pevnost v tlaku	f_c0k		24	24	24	24	24	24
	Pevnost v tahu	f_t0k		16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
	Pevnost v ohybu	f_mk		24	24	24	24	24	24
	Modul pružnosti	E_0,05 ..Mpa		9400	9400	9400	9400	9400	9400
	Vypočtový tlak	f_c0d		13,44	13,44	13,44	13,44	13,44	13,44
	Vypočtový tah	f_t0d		9,24	9,24	9,24	9,24	9,24	9,24
	Vypočtový ohyb	f_md		13,44	13,44	13,44	13,44	13,44	13,44
	Plocha	A		1,56E+06	1,56E+06	1,06E+05	1,06E+05	1,06E+05	1,06E+05
	Moment setravnosti Iy	I_y		1,64E+13	1,64E+13	1,70E+09	1,70E+09	1,70E+09	1,70E+09
Charakteristiky vzpěti	Modul pružnosti	W_y		3,65E+09	3,65E+09	7,74E+06	7,74E+06	7,74E+06	7,74E+06
	Polomer setravnosti	i_y		3250,5	3250,5	127,0	127,0	127,0	127,0
	Moment setravnosti Iz	I_z		1,64E+13	1,64E+13	5,07E+08	5,07E+08	5,07E+08	5,07E+08
	Modul pružnosti	W_z		3,65E+09	3,65E+09	4,22E+06	4,22E+06	4,22E+06	4,22E+06
	Polomer setravnosti	i_z		3250,5	3250,5	69,3	69,3	69,3	69,3
	Stíhlost	lambda_y		36,9	36,9	39,4	39,4	35,4	0,0
	Relativní stíhlost	lambda_rely		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0
	Součinitel vzpernosti	k_y		0,690971	0,690971	0,71709	0,71709	0,675842	0,485
	Stíhlost	lambda_z		36,9	36,9	72,2	72,2	65,0	0,0
	Relativní stíhlost	lambda_relz		0,59	0,59	1,16	1,16	1,04	0,00
Napětí	Součinitel vzpernosti	k_cz		0,9575	0,9575	0,6323	0,6323	0,7309	1,0309
	Napětí od tahu	Sigma_td ...Mpa		0,00	0,00	0,00	4,83	0,00	3,36
	Napětí od tlaku	Sigma_cd		1,06	1,07	6,06	0,00	2,29	0,00
	Napětí od momentu y	Sigma_myd		5,29	0,00	0,00	0,00	0,34	0,77
	Napětí od momentu z	Sigma_mzd		5,29	7,15	0,78	0,00	0,13	0,13
	Napětí od momentu z	Sigma_mzd		5,29	7,15	0,78	0,00	0,13	0,13
Posudek vzpěti	Posudek vzpěr kolem osy y: Sigma_cd/k_cy*fcd+Sigma_my/f_md+k_m*Sigma_a_mz/f_md<1	0,75	0,61	0,53	0,00	0,21	0,06	0,09	0,57
	Posudek vzpěr kolem osy z: Sigma_cd/k_cy*fcd+k_m*Sigma_my/f_md+Sigma_a_mz/f_md<1	0,75	0,61	0,77	0,00	0,27	0,06	0,09	0,68
Posudek tah	Posudek tah 1: Sigma_td/f_t0d+Sigma_my/f_md+k_m*Sigma_mz/f_md<1	0,67	0,37	0,04	0,52	0,03	0,43	0,33	0,07
	Posudek tah 2: Sigma_td/f_t0d+k_m*Sigma_my/f_md+Sigma_mz/f_md<1	0,67	0,53	0,06	0,52	0,03	0,41	0,32	0,06
Posudek tlak	Posudek tlak+ohyb 1	0,67	0,54	0,26	0,00	0,06	0,05	0,07	0,30
	Posudek tlak+ohyb 2	0,67	0,38	0,24	0,00	0,06	0,06	0,09	0,32

03.B STATICKÝ VÝPOČET VARIANTY B

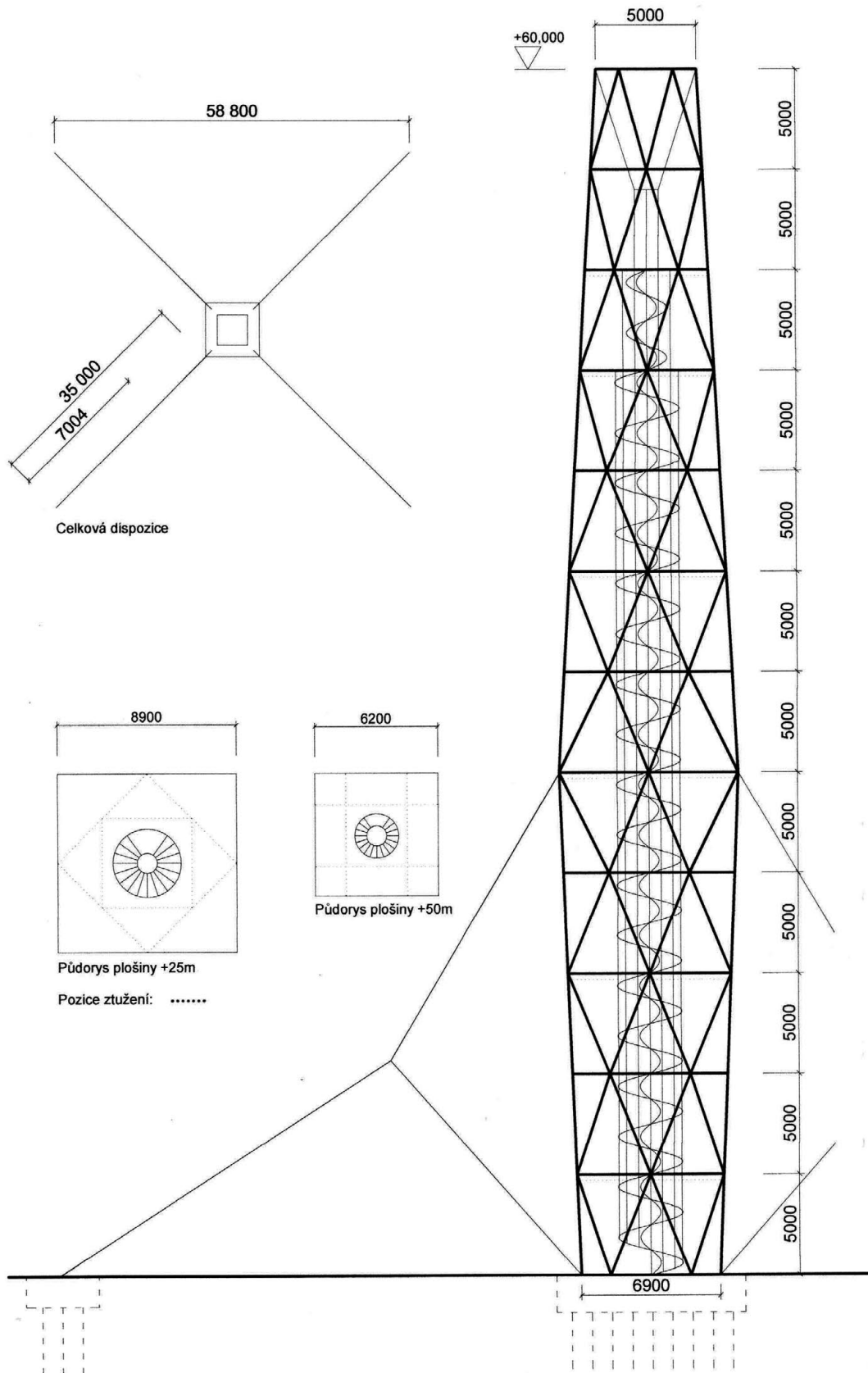
1. Obecné údaje	B.2
2. Normy	B.3
3. Zatížení	
3.1 Kruhové schodiště (výpočet podružných konstrukcí pro určení zatížení).....	B.5
3.2 Stálé zatížení.....	B.28
3.3 Užité zatížení.....	B.30
3.4 Zatížení větrem.....	B.31
3.5 Zatížení námrazou.....	B.35
3.6 Zatížení sněhem.....	B.35
3.7 Předpětí.....	B.35
3.8 Přetržení kotevního lana.....	B.36
4. Parametry pro určení vnitřních sil a přetvoření	
4.1 Výpočetní software.....	B.39
4.2 Kombinace pro únosnost.....	B.39
4.3 Kombinace pro použitelnost.....	B.41
4.4 Vzpěrné délky.....	B.41
5. Výpočet vnitřních sil a deformací, posouzení programem Scia 2013	B.42
6 Rekapitulace varianty	B.54
6.1 Rychlost větru při zachování komfortu.....	B.54
6.2 Závěrečná rekapitulace.....	B.56

Varianta B: katrený 4#1. Obecné údaje:

- Místo: Nové Mlýny
- Větrná oblast: 2, $v_{to} = 25 \text{ m/s}$
- Kategorie terénu: 2
- Větrná oblast: ICR Z3

Popis konstrukce:

Dřevěná příhradová věž s nivočeným posíleným schodištěm. Schodiště je ocelové. Hlavní nosnou konstrukcí jsou lepené dřevě. Dílní prvky (např. diafragmata pro připojení schodiště) jsou navařované ocelové. Věž je katrená předprutými lany ve výšce 25m, výška věže je 60m, výška vyhlídkové plošiny je 10m, výška střední plošiny 25. V oblouku podloží není navařováno, při dopadech výpočtu budou zajistěny geotechnickými prvky.



2. Normy

Pro rátičeni a jejich kombinace:

Eurokod 1 ČSN EN 1991: Rátičeni konstrukcí

ČSN ISO 12494: Rátičeni konstrukcí námoř-
nem

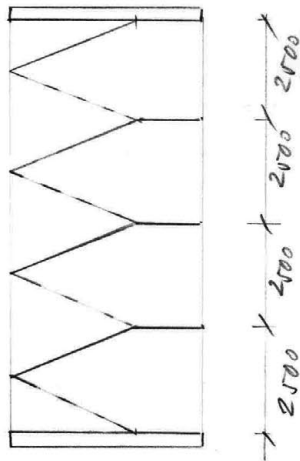
Eurokod 3 ČSN EN 1993-3-1: Těži a stěny

ČSN EN 1990 Základy navrhování konstrukcí

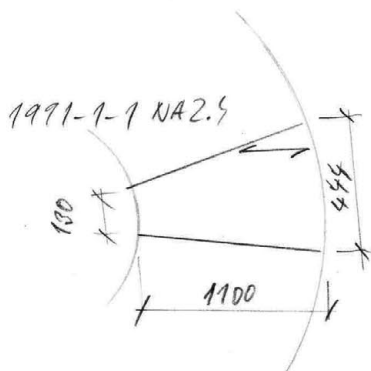
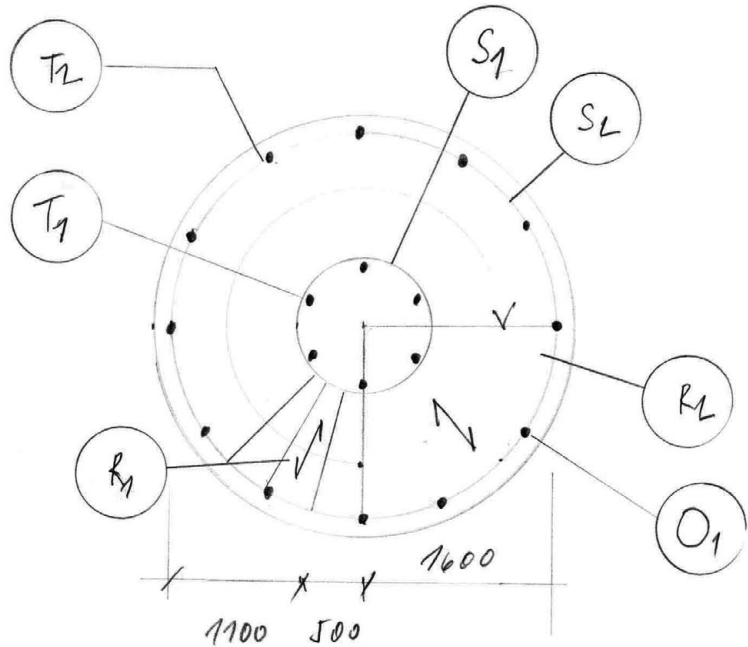
Pro měření kritické síly a úhynku
na konstrukci a pro posudky prvků:

Eurokod 3 ČSN EN 1993: Navrhování ocel-
ových konstrukcí.

Eurokod 5 ČSN EN 1995: Navrhování
dřevěných konstrukcí.



3.1 Kruhové schodiště



natížení :

natížení vnitřní : $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 2 \text{ kN}$

stáčí natížení : $g_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$ (rošt 3040)

Staircase rošt R₁

- schodišcový rošt navržen na loži typu koránek roštu HTS, typ 3040 s rozměry 39 x 44 mm. Pro vzdálenost podpěr 1200 mm udává výrobce tyto únosnosti a parametry:

$$m = 90 \text{ kgm}^{-2}$$

$$f_v = 14,9 \text{ kNm}^{-2} \dots \text{maximální únosnost v ploše}$$

$$w_{fv} = 76 \text{ mm} \dots \text{příklyt při působení } f_v$$

$$F_R = 2,8 \text{ kN} \dots \text{maximální catb'ová bodová}$$

$$w_{FR} = 66 \text{ mm} \dots \text{příklyt při catb'ení } F_R$$

Únosnosti jsou přepočítány pro charakteristické hodnoty.

$$q = 3,0 \text{ kNm}^{-2} < f_v = 14,9 \text{ kNm}^{-2} \Rightarrow \text{Výhoví!}$$

$$w_{\max} = \frac{l}{200} = \frac{1100}{200} = 5,5 \text{ mm}$$

w_q ... příklyt při q :

$$w_q = w_{fv} \cdot \frac{q}{f_v} = 76 \cdot \frac{3}{14,9} = 15,8 \text{ mm}$$

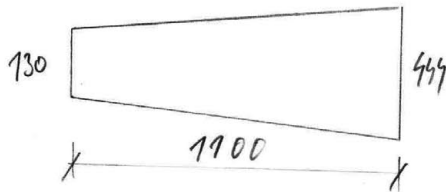
$$w_q = 15,8 \text{ mm} < w_{\max} = 60 \text{ mm} \Rightarrow \text{Výhoví!}$$

$$Q = 2,0 \text{ kN} < 2,8 \text{ kN} = F_R \Rightarrow \text{Výhoví!}$$

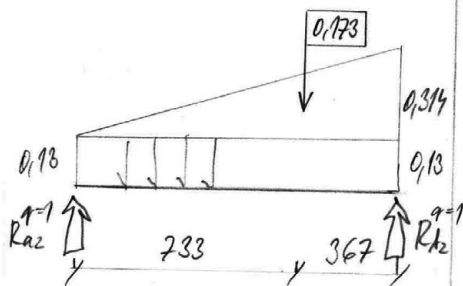
w_Q ... příklyt při Q :

$$w_Q = w_{FR} \cdot \frac{Q}{F_R} = 66 \cdot \frac{2}{2,8} = 47,14 \text{ mm}$$

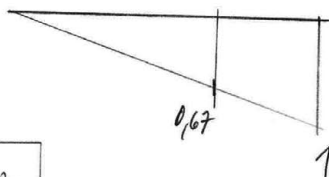
$$w_Q = 47,14 \text{ mm} < w_{\max} = 60 \text{ mm} \Rightarrow \text{Výhoví!}$$



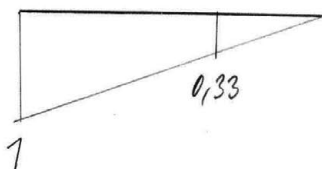
Jednoduché lineární
sítě:



$R_{b2}^{q=1}$



$M_{a2}^{q=1}$



Určení reakcí mostu R_1 :

- akce na schodišci S_1 a S_2 jsou
určeny pomocí analogie prutu
a pomocí příčkových čar.

$R_{a2}^{q=1}, R_{b2}^{q=1}$ reakce mostu R_1 pro jednoduchou síť

$$R_{a2}^{q=1} = 0,13 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,1 + 0,173 \cdot 0,23 = 0,129$$

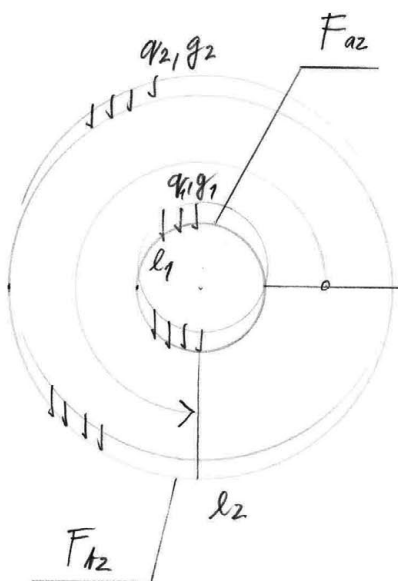
$$R_{b2}^{q=1} = 0,13 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,1 + 0,173 \cdot 0,67 = 0,187$$

$F_{a2}^{q=1}$ celková síla působící na schodišci S_1 ; plošná síť = 1

$F_{b2}^{q=1}$ celková síla působící na schodišci S_2 ; plošná síť = 1

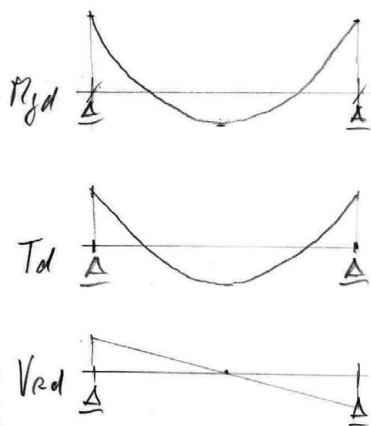
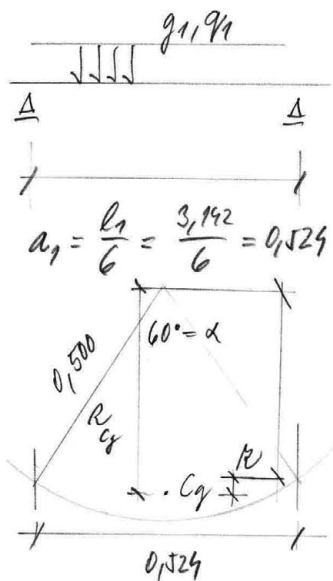
$$F_{a2}^{q=1} = A \odot \cdot \frac{R_{a2}^{q=1}}{R_{a2}^{q=1} + R_{b2}^{q=1}} = \pi(1,6^2 - 0,5^2) \cdot \frac{0,129}{0,129 + 0,187} = 2,943 \text{ m}^2$$

$$F_{b2}^{q=1} = A \odot \cdot \frac{R_{b2}^{q=1}}{R_{a2}^{q=1} + R_{b2}^{q=1}} = \pi(1,6^2 - 0,5^2) \cdot \frac{0,187}{0,129 + 0,187} = 4,313 \text{ m}^2$$



$$l_1 = 2 \cdot \pi \cdot 0,15 = 3,142 \text{ m}$$

$$l_2 = 2 \cdot \pi \cdot 1,6 = 10,05 \text{ m}$$



Ghobdnice S1 (mítání)

Tabulka:

Průměry	$F_{ax}^{q=1}$	q_A	F_{az}	l_1	q_1	g_1	q_{1D}
	2,943	3,0	8,829	3,142	2,81	1,5	4,25

$q_{t\dot{d}l\acute{e}} - \text{ostřetá}$ 0,4 1,177 0,375 1,35 0,506

$q_{t\dot{d}l\acute{e}} - \text{plastická tláka (nie děsí stáka)}$ 0,118 1,35 0,159

Trnitání síly

$$M_{gd} \approx \frac{1}{12} \cdot f_d \cdot a_1^2 = \frac{1}{12} \cdot (4,215 + 0,506 + 0,159) \cdot 0,529^2 = 0,108 \text{ kNm}$$

R_{cg} ... poloha tížište oblouku

T_d ... kruhový moment

$$R_{cg} = r \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} = 1,1 \cdot \frac{\sin \frac{\pi}{6}}{\frac{\pi}{6}} = 1,05 \text{ m}$$

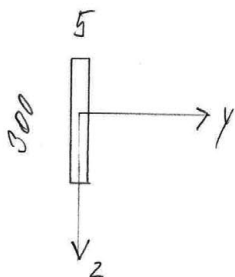
R ... rameno působící síly

$$R = R_{cg} - r \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 1,05 - 1,1 \cdot \cos \frac{\pi}{6} = 0,097$$

$$T_d \approx \frac{1}{12} \cdot f_d \cdot l^2 \cdot R = M_{gd} \cdot R = 0,01048 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} \approx \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,529 \cdot (4,215 + 0,506) = 1,236 \text{ kN}$$

N_d ... síly namáhání síly jsou samostatné



$$\rho = 7850 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\rho = 78,5 \text{ kNm}^{-3}$$

$$g_L = \rho \cdot A = 78,5 \cdot 0,3 \cdot 0,005$$

$$= 0,1178 \text{ kNm}^{-1}$$

Profil schodnice:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 300^3 = 71,25 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 300^2 = 75 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_c = 5 \cdot 300 = 1500 \text{ mm}^2$$

$$I_z = \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 5^3 = 12500 \text{ mm}^4$$

$$W_z = \frac{I_z}{h_{max}} = \frac{12500}{5} = 2500 \text{ mm}^3$$

Material: S 235 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $f_d = 235 \text{ MPa}$

Provržení prutu:

$$\sigma_x = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{0,108 \cdot 10^6}{75 \cdot 10^3} = 1,44 \text{ MPa}$$

$$\tau_T = \frac{T_{d,d}}{W_z} = \frac{0,01048 \cdot 10^6}{2500} = 4,192 \text{ MPa}$$

$$\tau_V = \frac{V_{d,d}}{A_c} = \frac{1,236 \cdot 10^3}{1500} = 0,824 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_T^2 + 3\tau_V^2} = \sqrt{1,44^2 + 3 \cdot 4,192^2 + 3 \cdot 0,824^2}$$

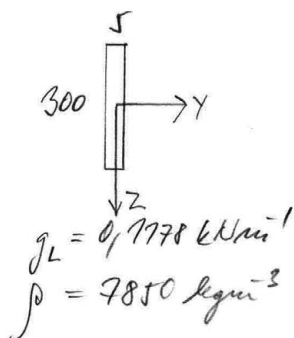
$$= 7,538 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{red}}{f_d} = \frac{7,538}{210} = 0,0359 \ll 1 \rightarrow \text{Výborně!}$$

Vidíme klpení ohledem ke stupni ohybu
prutu a vidíme vlastně tuhle byla samostatný.

Ychodnice S2 (mější)

Vzhledem k malému vyštěpení schodnice S1 lze očekávat podobné vyštěpení schodnice S2. Navíc stejný profil jako S1.

Katěremi:

	F_{k1}	q_A	F_{k2}	l_2	q_2	J_{I1}	q_{20}
Prosvětlé	4,313	30	12,94	10,05	1,288	1,15	1,931
Ytělé - ostatní		0,4	1,725		0,172	1,35	0,23
Ytělé - ostatní tůha					0,118	1,35	0,159

Materiál: S 235 $f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$

Posouzení prutu: viz výpl. Vyhovuje.

Tržný lana $T_2 (n=12)$

Četění stěle:

$$\text{Růst } R_1 \quad 4 \cdot \frac{F_{R2}}{12} = \frac{1,725}{12} \cdot 4 \quad \begin{matrix} N_k & j_{1F} & N_d \\ = 0,575 & 1,35 & 0,776 \end{matrix}$$

$$\text{Schůvce } S_2 \quad \frac{4 \cdot l_2 \cdot g_L}{12} = \frac{4 \cdot 1,1405}{12} \cdot 0,1178 = 0,395 \quad \begin{matrix} j_{1F} & N_d \\ 1,35 & 0,533 \end{matrix}$$

$$\text{Thakutítko } 1 \cdot l \cdot g_L = 1 \cdot 10 \cdot 0,0062 = 0,062 \quad \begin{matrix} j_{1F} & N_d \\ 1,35 & 0,0837 \end{matrix}$$

T_2

$$\text{Celkem:} \quad \begin{matrix} 1,052 \text{ kN} & 1,393 \text{ kN} \end{matrix}$$

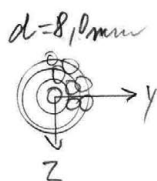
Četění mohdile:

$$\text{Mětrá:} \quad 4 \cdot \frac{F_{M2}}{12} = 4 \cdot \frac{12,99}{12} \quad \begin{matrix} N_k & j_{1F} & N_d \\ = 4,33 & 1,5 & 6,47 \end{matrix}$$

$$\text{Celkem:} \quad \begin{matrix} 4,39 \text{ kN} & 6,47 \text{ kN} \end{matrix}$$

Prů: početění mětrá budou vedovat datě početřovací díkma lana.

Mětrá:



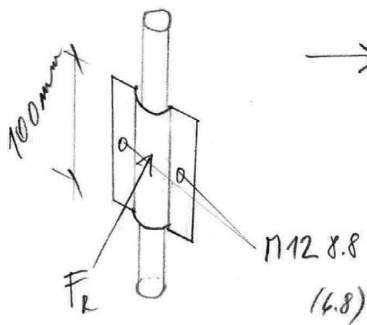
Material: lana 1 pramane 1x19 (4+6+12),
 $f_{pk} = 1770 \text{ MPa}$.

Průřez: 1x19 (4+6+12) $d = 8 \text{ mm}$, $F_{min} = 59,5 \text{ kN}$
 $A_k = 38,2 \text{ mm}^2$

1993-1-17 (6.2)

(6.4)

Jat 6.2



Jat 6.4

(6.8)

- Provedení:

- maximální síla v laze:

$$N_d = N_{d1} + N_{d2} = 1,393 + 6,470 = 7,863 \text{ kN}$$

- maximální únosnost laza:

$$F_{Rd} = \frac{F_{ult}}{1,5 \cdot \gamma_{Rk}}$$

$$F_{ult} = F_{lim} \cdot k_{Rk}$$

$$F_{lim} = 59,50 \text{ kN}$$

$$k_{Rk} = 0,9 \dots \text{koranaí korekce}$$

$$F_{ult} = 59,5 \cdot 0,9 = 53,55 \text{ kN}$$

$\gamma_{Rk} = 1,0 \dots$ není požadováno zmenšení ahybojís napětí v kotevních.

$$F_{Rd} = \frac{53,55}{1,5 \cdot 1,0} = 35,7 \text{ kN}$$

- provedení únosnosti laza:

$$N_d = 7,863 \leq F_{Rd} = 35,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{Dylsání}$$

- přitěný tlak:

$$F_{R \max} = q_{Rd} \cdot d' \cdot L \quad F_{R \max} \dots \text{přítěný tlak}$$

$$q_{Rd} = 40 \text{ MPa} \dots \text{pluší navržené spir. lazo}$$

$$d' = 0,6d = 0,6 \cdot 8 = 4,8 \text{ mm}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$F_{\text{max}} = 40 \cdot 4,8 \cdot 100 = 19,20 \text{ kN}$$

- posouzení připejení schodiště k lamelám

1993-1-11 (6.9)

$$F_{\text{edII}} \leq \frac{(F_{\text{edI}} + F_{\text{R}}) \mu}{\gamma_{\text{M,II}}}$$

$$F_{\text{edII}} = \frac{N_d}{\gamma} = \frac{7,863}{\gamma} = 1,966 \text{ kN} \dots \text{výhledová síla od zatížení}$$

$F_{\text{edI}} = 0 \dots$ příkladová síla od zatížení

$F_{\text{R}} \dots$ návrhová síla od předpřevládajícího smyku

$$F_{\text{R}} \leq F_{\text{max}} = 19,2 \text{ kN}$$

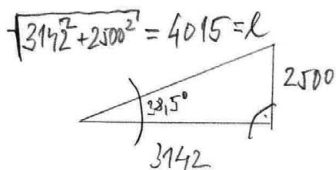
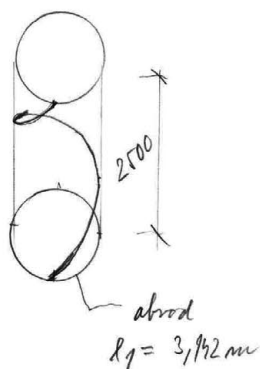
$$F_{\text{R}} = 19 \text{ kN}$$

$$(6.9) \quad \gamma_{\text{M,II}} = 1,65 \quad \mu = 0,2 \dots \text{souč. tření}$$

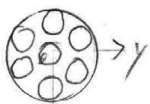
$$\rightarrow F_{\text{edII}} = 1,966 \text{ kN} \leq \frac{19 \cdot 0,2}{1,65} = 2,30 \text{ kN} \text{ vyhoví.}$$

Trisátrus' lana T_1 ($n=6$)

Estimace stálé:



$A = 16 \text{ mm}$
 $6 \times 19 (1+6+12) \text{ WSC}$



$m_g = 0,925 \text{ kg/m}$
 $g_L = 0,01 \text{ kN/m}$

Růst R_1	$20 \cdot \frac{F_{R2}}{6} = 20 \cdot \frac{1,177}{6} = 3,92 \text{ kN}$	N_R	$J_1 = N_d$	135	$5,295$
Schůňice S_1	$20 \cdot \frac{q_{12}}{6} = 20 \cdot \frac{0,112 \cdot 4,015}{6} = 1,58 \text{ kN}$	135	$2,133$		
vl. tíha T_1	$l \cdot g_L = 55 \cdot 0,01 = 0,55 \text{ kN}$	135	$0,713$		
Celkem:		6,05 kN			8,168

Estimace nahodilé:

Minimální schůňice	$20 \cdot \frac{F_{R2}}{6} = 20 \cdot \frac{8,829}{6} = 29,43 \text{ kN}$	N_R	$J_1 = N_d$	135	$44,145$
--------------------	---	-------	-------------	-------	----------

Material: lana s klasickým ovitím,
 $R_R = 1770 \text{ MPa}$, $d = 16 \text{ mm}$,
 $F_{lim} = 169,03 \text{ kN}$, typ WSC,
 $A = 107,01 \text{ mm}^2$

Posouzení:

- maximální síla v láně:
 $N_d = N_dj + N_dg = 8,168 + 44,145 = 52,313 \text{ kN}$

1993-1-17 (6.2)

(6.4)

- maximální síla v láně:

$$F_{Rd} = \frac{F_{ak}}{1,5 \cdot \gamma_{R2}}$$

$$F_{ak} = F_{min} \cdot k_e, \quad \gamma_{R2} = 1,0$$

$$F_{min} = 169,03, \quad k_e = 0,9 \dots \text{korozní korekce,}$$

$$F_{ak} = 169,03 \cdot 0,9 = 152,13 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 152,13 \cdot \frac{1}{1,5 \cdot 1,0} = 98,42 \text{ kN}$$

- posouzení síly v láně:

→ $N_d = 52,313 < F_{Rd} = 98,42 \text{ kN} \rightarrow \text{výhled}$

- přitlačení tlak:

$$F_{Rmax} = q_{Rd} \cdot d' \cdot L \dots \text{max. přitlačení ve} \\ \text{srůse} \approx \text{max.} \\ \text{přitlačení VP srovnání}$$

Tat 6.4

$$q_{Rd} = 60 \text{ MPa} \dots \text{spojení dřeví pramenů láně} \\ \text{vyplnití srovnání}$$

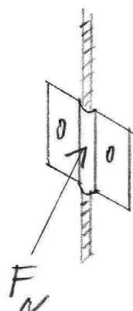
(6.8)

$$d' = 0,6 d = 0,16 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ mm} \dots \text{přitlačení} \\ \text{otlačení láně}$$

$$F_{Rmax} = 50 \cdot 9,6 \cdot 60 = 28,8 \text{ kN}$$

- posouzení připojení schodnice k láně srůskem

$$F_{ed||} \leq \frac{(F_{edL} + F_R) M}{\gamma_{M,2}} ; F_{edL} = 0 \text{ kN}$$



$$F_k = 28 \text{ kN} \dots \text{maximální merná síla}$$

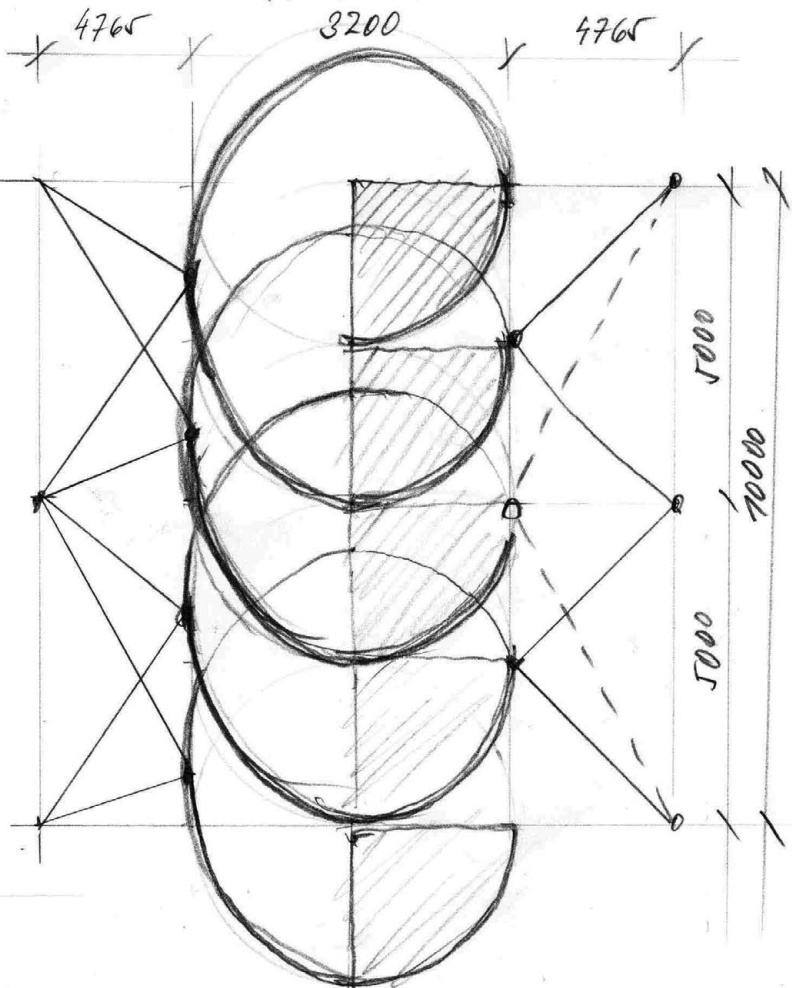
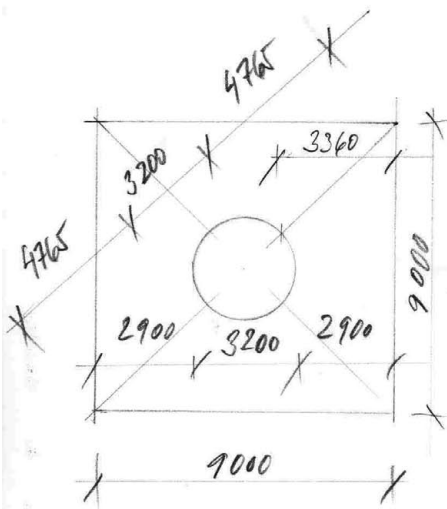
$$F_{EdII} = \frac{1}{20} \cdot N_d = \frac{1}{20} \cdot 52,313 = 2,616 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{EdII} = 2,616 \leq \frac{F_k \cdot \gamma_c}{\gamma_{M2}} = \frac{28 \cdot 0,2}{1,65} = 3,39 \Rightarrow \text{ok!}$$

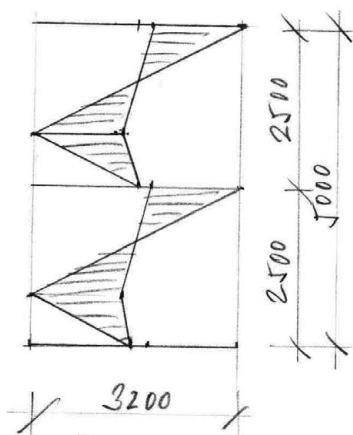
Raticevní schodiště věžem

- schodiště je a hlediska raticevní
 porovnání se postavenou přehra-
 dovou konstrukcí.

- raticevní panel po 5 metrech



- schodiště je porovnání nejším
 systémem lan kotvených do hlavní
 dřevěné konstrukce v místě návaznosti
 o diagonál



Maximální plocha: $A = 16,00 \text{ m}^2$

Schodiště a schody:

$$A_1 = 5,97 \text{ m}^2 \quad \varphi_1 = 0,8 \quad n_1 = 1$$

Základní:

$$A_2 = 12,8 \text{ m}^2 \quad \varphi_2 = 0,2 \quad n_2 = 1$$

Vnitřní lana:

$$\varphi_3 = 16 \text{ mm} \quad \varphi_3 = 1 \quad n_3 = 4 \text{ (maximální, který je ještě v zábratě)}$$

Vnější lana:

$$\varphi_4 = 10 \text{ mm} \quad \varphi_4 = 1 \quad n_4 = 7 \text{ (maximální, který je ještě v zábratě)}$$

Odpor schodiště:

- měřen postupem podle 1991-1-4-7.11:

$$\varphi = \frac{\sum A_i \varphi_i n_i}{A} =$$

$$= \frac{5,97 \cdot 0,8 + 12,8 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,016 \cdot 5 + 7 \cdot 0,01 \cdot 5}{16,00} =$$

$$= \frac{8,006}{16,00} = 0,500 \dots \text{ souč. plošnosti}$$

1991-1-4 Jak 7.16

$$R = \min \left(70; \frac{k}{\lambda} \cdot 1,4 \right) = \min \left(70; \frac{50}{3,2} \cdot 1,4 \right) =$$

$$= \min (70; 22,2) = 22,2 \dots \text{ stabilita}$$

$$\text{souč. koncového úfletu: } \varphi_R (R, \varphi) =$$

7997-1-7 Obr. 7.36

$$= (22,2; 0,574) = 0,93$$

souč. aerodynamického odporu:

Obr. 7.34

$$c_{fo}(\varphi) = (0,500) = 2,0$$

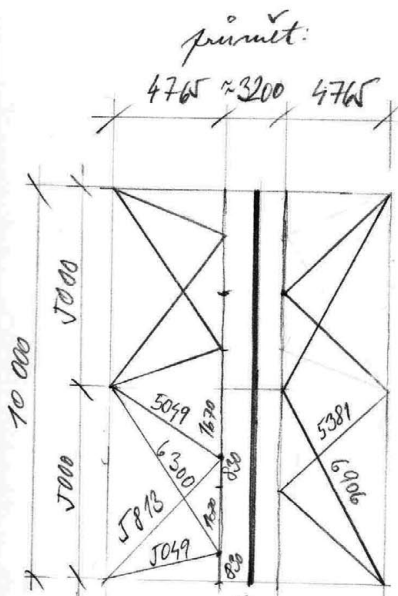
součinitel síly:

$$c_f = \psi_{\Sigma} \cdot c_{fo} = 0,93 \cdot 2,0 = 1,86$$

celkový odpor schodiště pro $q_t=1$:

$$F_{w}^{q=1} = A_{ref} \cdot q \cdot c_f = 16 \cdot 0,500 \cdot 1,86 = 14,88 \text{ m}^2$$

Charakteristická lano:



- nepřímo úhelník je místo foukání a diagonálně k opsanému čtverci

Námětná plocha (včetně diagonálně):

$$A_{ref} = \sum l_i d_i = 0,012 (2 \cdot 5049 + 5,813 + 2 \cdot 5,381 + 6,300 + 6,986 + 2 \cdot 5) = 0,012 \cdot 49,892 = 0,598 \text{ m}^2$$

Odpor lano:

souč. síly bez koncového efektu:

$$c_{fo} = 1,2 \text{ (na stranu bezpečnou)}$$

souč. koncového efektu:

$$\psi_{\Sigma} = 1,0 \text{ (na stranu bezpečnou)}$$

součinitel síly:

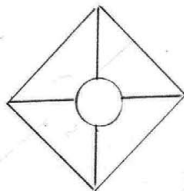
$$c_f = c_{fo} \cdot \psi_{\Sigma} = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2$$

celkový odpor lano pro $q_t=1$:

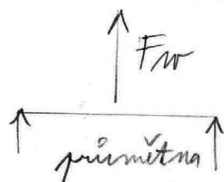
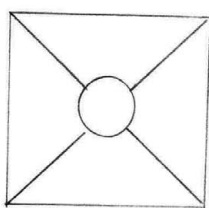
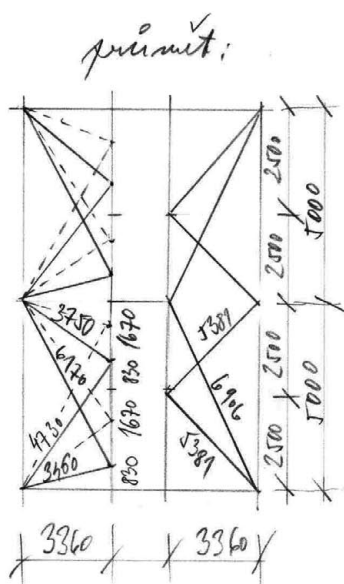
$$F_{w}^{q=1} = A_{ref} \cdot c_f = 0,598 \cdot 1,2 = 0,718 \text{ m}^2$$

lano v odstřihu

Obr. 7.28



$$F_{w} \uparrow (7.99)$$



— první osmota
 - - - druhá osmota
 - v panelu edsti jsou lana v koliztu

Momentová plocha (sítě článek):

$$A_{ref} = \sum l_i d_i \quad d_i \dots \text{průměr průmětu lana}$$

$$l_i \dots \text{délka lana}$$

$$A_{ref} = 2(3,75 + 4,73 + 6,17 + 3,46 + 5,38 + 6,91 + 5,38) \cdot 0,012$$

$$= 71,56 \cdot 0,012 = 0,859 \text{ m}^2$$

- A_{ref} vypočítána pro statickou panel výšky F_{10}
- předpokládá se, že délka lan v druhé osmote / v koliztu je stejná
- slouží střešní schodištěm a pavlačovému

Odpor lan (sítě článek):

- součinitel síly:

$$c_{f0} = 1,2$$

$$\gamma_n = 1,0$$

$$c_f = \gamma_n c_{f0} = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2$$

- celkový odpor lan pro $q_k = 1$:

$$F_{10}^{q=1} = A_{ref} \cdot c_f = 0,859 \cdot 1,2 = 1,01$$

Jiná varianta je tedy sítě kalmo.

Celkový odpor schodiště + pavlačovému

- výpočet odporu schodiště sítě pavlačovému lan bude vzhledem k výpočtu součinitel síly schodiště, za referenční plochu bude považována referenční plocha schodiště.
- Aby nebylo nutné vzhledovat různé směry

větrem, bude se uvážovat s maximální hodnotou.

$$c_f = \frac{\sum A_{ref,i} \cdot c_{f,i}}{A_{ref,1}} = \frac{16 \cdot 1,86 \cdot 0,5 + 0,859 \cdot 1,2}{16 \cdot 0,5} = 1,99$$

$$A_{ref} = 16 \cdot 0,5 = 8 \text{ m}^2$$

- účkový odpor pro $q_{ref} = 1$:

$$F_{w,ref}^{q=1} = \sum F_{w,i}^{q=1} = 14,88 + 1,031 = 15,91 \text{ m}^2$$

Odpor schodiště může být dle EC3 snížen zvýšením součinitelem $K_A = 0,8$ (schodiště je střešně okolní přikrácenou konstrukcí).

Zatížení větrem a návrhem

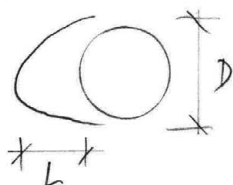
Vliv návrhu

CSN ISO 12494 Teil 4
Obv. NA.1

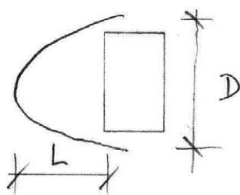
- uváženo stáda návrhu:
 $ICR \dots R3 \text{ m} = 16 \text{ kg/m}^2 \approx 0,016 \text{ kN/m}^2$
- vzhledem k uvážované lokalitě lze považovat účinky od vlastní tíhy návrhu za zanedbatelné (významnější opatření slouží většinou proti účinkům od větru).
- po přepočítání prahy schodiště k měří bude vycházet kombinace s měřicími zatíženími.
- při zatížení větrem a návrhem budou účinky vlastní tíhy návrhu opatření účinným od větru zanedbatelné.
- výše zmíněné platí i s uvážováním $K_{d1} = 1$ ^{0,014}

ČSN/ISO 12499 Jat 5, Jat 6, Jat 8

Jzyp A:



Jzyp C:



ČSN EN 1999-1-1:2004

ČSN ISO 12499 Jat 16

Trasy a velikosti náměrny pro vybrané prsky:

řídka profilu (mm)	A a B			C a D		
	10	20	50	240	300	500
L (mm)	109	95,5	67	22,1	19	19
D (mm)	36	41,5	70	240	300	/
c_{f0}	1,2	1,2	1,2	$\approx 1,5$	$\approx 1,5$	$\approx 1,5$
c_{fi}	1,37	1,37	1,37	1,53	1,53	1,53

c_{f0} ... součinitel síly ke náměrný
 c_{fi} ... součinitel síly s náměrnou } Jat. 16, 19.

- podle toho bude navržen vnitřní profil $10 + 109 = 120$ mm.

Zatížení schodiště

Návrhová plocha: $A = 16 \text{ m}^2$

Šelody, schodišce a schodiščí:

$A_1 = 12,8 \text{ m}^2 \quad \psi_1 = 1,0$

Lava nitání a níže:

$A_2 = 1,41 \text{ m}^2 \quad \psi_2 = 1,0$

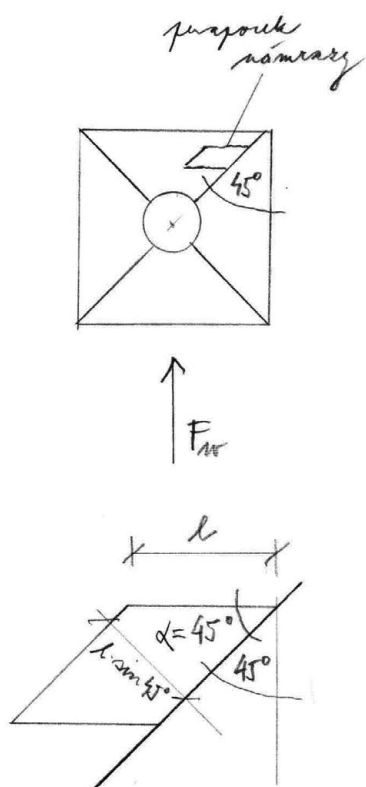
Odpor schodiště:

$\varphi = \frac{\sum A_i \psi_i u_i}{A} = \frac{12,8 + 1,41}{16} = \frac{14,21}{16} = 0,89$

$\chi = 22,2 \quad \psi_\chi = 0,93 \quad c_{f0} = 1,85 \quad c_{fi} = 1,77$

$c_f = c_{fi} \cdot \psi_\chi = 1,77 \cdot 0,93 = 1,65$

$F_{m1} = A \cdot \varphi \cdot c_f = 16 \cdot 0,89 \cdot 1,65 = 23,50 \text{ m}^2$



ČSN ISO 92994 Tab 16

Účty členů konstrukce dle lan (vítě celně)

- vychází se z případu, kdy v první fázi vítě napoukají návrhem z toho a v druhé fázi na tuto návrhem napoukají celně vítě.
- jedná se o méně příznivý případ působení
- lze redukovat vítě návrhem dle předepsného odklonu posku od jejího směru:

ČSN ISO 92994-Tab 16 $l = 120 \text{ mm}$ $\alpha = 45^\circ$

$$l \sin \alpha = 120 \sin 45 = 85 \text{ mm}$$

Námitaná plocha:

$$A_{ref} = \sum l_i d_i = 71,56 \cdot 0,085 = 6,083 \text{ m}^2$$

Odpor lan:

$$c_f = 12 \quad c_i = 1,37 \quad \gamma_x = 1,0 \quad (\text{malé } \varphi)$$

$$c_f = c_i \gamma_x = 1,37 \cdot 1,0 = 1,37$$

- celkový odpor pro $q^2 = 1$:

$$F_w^{q=1} = c_f \cdot A_{ref} = 1,37 \cdot 6,083 = 8,33 \text{ m}^2$$

Celkový odpor schodiště + konstrukce

- výpočet odporu schodiště slinek paré-
stování lan bude pakladněno vý-
suzem součinitelem síly schodiště,
ka referenční plochu bude porovnána
referenční plocha schodiště.
- aby nebylo nutné počítat různé směry větru,
bude po všech směry uvážováno s maxi-
mální hodnotou (H. vítě celně)

$$c_f = \frac{\sum A_{refi} \cdot c_{fi}}{A_{ref1}} = \frac{16 \cdot 0,89 \cdot 1,65 + 6,085 \cdot 1,37}{16 \cdot 0,89} = 2,235$$

- Celkový odpor schody + cca 2m výš pro $q_{p1} = 1$:
 $F_{w1}^{q=1} = \sum F_{wi}^{q=1} = 23,5 + 0,33 = 31,83 \text{ m}^2$

Vlho lesťorky

- dle ČSN ISO 12799 má být třída lesťorky IC6 určena na základě meteorologických pozorování. Mapa lesťorky není pro ČR vydána. U tohoto druhu bylo po stanovení síťinky lesťorky využito postupu dle starší normy ČSN 730035.
- námořská oblast dle ČSN: L (lehká)
- navržená výška nad terémem: 50m

natěrní lan:

ČSN 73 00 35 (28)

$$\tau_{ge1m} = \pi \cdot R_{ge} \cdot t_{ge} \cdot \mu_{ge} (d + R_{ge} t_{ge} \mu_{ge}) \mu_{ge}$$

$t_{ge} (50m) = 1/6$ $\mu_{ge} (5m) = 0,8$... součinitel výšky
 $A_{ge} = 10mm$... tloušťka námořky dle oblasti (L)
 $\mu_{ge} = 1/10$... souč. stran přívěsu ($d \approx 10mm$)
 $\mu_{ge} = 9 \text{ kNm}^3$... objemová hmotnost námořky
 $\tau_{ge1m} = \pi \cdot 16 \cdot 0,01 \cdot 1/6 (0,01 + 16 \cdot 0,01 \cdot 1/6) \cdot 9 \cdot 0 = 0,012 \text{ kNm}^2$

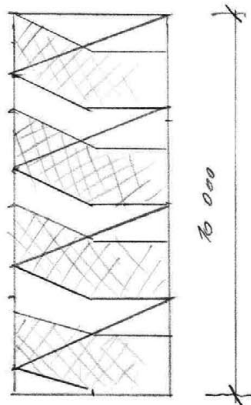
natěrní profily: $\mu_{ge} = 0,7$ (měřené profily)

$$\tau_{ge2m} = \mu_{ge} \cdot A_{ge} \cdot \mu_{ge} \cdot \mu_{ge} = 0,7 \cdot 0,01 \cdot 1/6 \cdot 9 = 0,063 \text{ kNm}^2$$

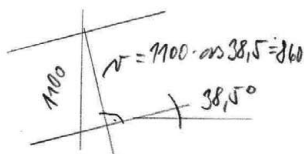
- Vzhledem k tomu, že hodnoty
přátění vlastní tíhou lesů jsou
velmi malé a současně udrží se
k významným nárůstům náctových
ploch, lze stínky tohoto přátění
zanedbat.

Změna střední rychlosti 10min		Změna s výškou terenu		Střední desimitimová rychlost ve výšce z		Intenzita turbulence		Maximální dynamický tlak zatížení střední a krátkodobé hustotou větru		Součinitel srovnání efektů		Součinitel slyšení		Součinitel plošnosti		Součinitel výšky pro výpočet momentů		Celková nosná plocha		Celková síla		Moment							
i	z _{spodní}	z _{ei}	c _r (z)	c _o (z)	v _m (z) v ms ⁻¹	σ _z v %	σ _z v m/s	q _d (z) v Pa	c _s d	c _f (z)	c _f	fi	K _h	A	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm					
1	0	5,000	0,875	1	21,875	0,217	0,156	754	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	11,376	56,8814	15,570	11,376	15,570	11,376	15,570	11,376	15,570	11,376					
2	5	10,000	1,007	1	25,167	0,189	0,153	919	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	13,870	138,7033	15,570	13,870	15,570	13,870	15,570	13,870	15,570	13,870					
3	10	15,000	1,084	1	27,093	0,175	0,150	1022	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	15,424	231,3611	15,570	15,424	15,570	15,424	15,570	15,424	15,570	15,424					
4	15	20,000	1,138	1	28,459	0,167	0,147	1098	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	16,589	331,3784	15,570	16,589	15,570	16,589	15,570	16,589	15,570	16,589					
5	20	25,000	1,181	1	29,519	0,161	0,145	1158	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	17,481	437,0299	15,570	17,481	15,570	17,481	15,570	17,481	15,570	17,481					
6	25	30,000	1,215	1	30,385	0,156	0,145	1208	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	18,242	547,2694	15,570	18,242	15,570	18,242	15,570	18,242	15,570	18,242					
7	30	35,000	1,245	1	31,118	0,153	0,145	1252	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	18,897	661,3905	15,570	18,897	15,570	18,897	15,570	18,897	15,570	18,897					
8	35	40,000	1,270	1	31,752	0,150	0,145	1290	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	19,472	778,8621	15,570	19,472	15,570	19,472	15,570	19,472	15,570	19,472					
9	40	45,000	1,292	1	32,311	0,147	0,145	1324	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	19,986	899,3564	15,570	19,986	15,570	19,986	15,570	19,986	15,570	19,986					
10	45	50,000	1,312	1	32,812	0,145	0,145	1355	0,950	2,135	0,930	0,514	1,000	15,570	20,450	1022,509	15,570	20,450	15,570	20,450	15,570	20,450	15,570	20,450					
Celkem																171,77	5104,761	Prumer		17,18	510,48								

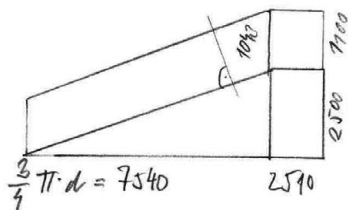
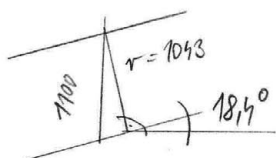
Změna střední rychlosti 10min		Změna s výškou terenu		Střední desimitimová rychlost ve výšce z		Intenzita turbulence		Maximální dynamický tlak zatížení střední a krátkodobé hustotou větru		Součinitel srovnání efektů		Součinitel slyšení		Součinitel plošnosti		Součinitel výšky pro výpočet momentů		Celková nosná plocha		Celková síla		Moment							
i	z _{spodní}	z _{ei}	c _r (z)	c _o (z)	v _m (z) v ms ⁻¹	σ _z v %	σ _z v m/s	q _d (z) v Pa	c _s d	c _f (z)	c _f	fi	K _h	A	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm	F _{wih} v kN	M _{wi} v kNm					
1	0	5,000	0,875	1	21,875	0,217	0,156	754	0,950	2,303	0,930	0,913	1,051	15,570	22,908	114,5424	15,570	22,908	15,570	22,908	15,570	22,908	15,570	22,908					
2	5	10,000	1,007	1	25,167	0,189	0,153	919	0,950	2,303	0,930	0,913	1,105	15,570	29,363	293,628	15,570	29,363	15,570	29,363	15,570	29,363	15,570	29,363					
3	10	15,000	1,084	1	27,093	0,175	0,150	1022	0,950	2,303	0,930	0,913	1,162	15,570	34,326	514,8916	15,570	34,326	15,570	34,326	15,570	34,326	15,570	34,326					
4	15	20,000	1,138	1	28,459	0,167	0,147	1098	0,950	2,303	0,930	0,913	1,221	15,570	38,765	775,2904	15,570	38,765	15,570	38,765	15,570	38,765	15,570	38,765					
5	20	25,000	1,181	1	29,519	0,161	0,145	1158	0,950	2,303	0,930	0,913	1,284	15,570	42,996	1074,895	15,570	42,996	15,570	42,996	15,570	42,996	15,570	42,996					
6	25	30,000	1,215	1	30,385	0,156	0,145	1208	0,950	2,303	0,930	0,913	1,350	15,570	47,168	1415,047	15,570	47,168	15,570	47,168	15,570	47,168	15,570	47,168					
7	30	35,000	1,245	1	31,118	0,153	0,145	1252	0,950	2,303	0,930	0,913	1,419	15,570	51,366	1797,904	15,570	51,366	15,570	51,366	15,570	51,366	15,570	51,366					
8	35	40,000	1,270	1	31,752	0,150	0,145	1290	0,950	2,303	0,930	0,913	1,492	15,570	55,643	2225,722	15,570	55,643	15,570	55,643	15,570	55,643	15,570	55,643					
9	40	45,000	1,292	1	32,311	0,147	0,145	1324	0,950	2,303	0,930	0,913	1,568	15,570	60,039	2701,753	15,570	60,039	15,570	60,039	15,570	60,039	15,570	60,039					
10	45	50,000	1,312	1	32,812	0,145	0,145	1355	0,950	2,303	0,930	0,913	1,649	15,570	64,584	3229,205	15,570	64,584	15,570	64,584	15,570	64,584	15,570	64,584					
Celkem																447,16	14142,78	Prumer		44,72	1414,28								



Vnitřní rákoska:



Vnější rákoska:



Glinčí natěčení na vrstevce

- předpoklad: pokrytí vodorovných ploch:
 $t = 50 \text{ mm}$ (odhad)

pokrytí svislých ploch: $t = 120 \text{ mm}$ (odhad)

- natěčení v vodorovných ploch:

$$q^A = t \cdot \gamma = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

natěčení schodiště mějsí:

$$Q = q \cdot K_{\alpha} \cdot F_{\alpha}^{0,1} = 0,3 \cdot 4,313 \cdot l^{0,01 \cdot 50} = 0,3 \cdot 4,313 \cdot 1,1699 = 2,13 \text{ kN}$$

natěčení schodiště mitaři:

$$Q = q \cdot K_{\alpha} \cdot F_{\alpha}^{0,1} = 0,3 \cdot 1,1699 \cdot 2,943 = 1,456 \text{ kN}$$

- natěčení v svislých ploch

natěčení schodiště mějsí:

$$Q = A \cdot t \cdot \gamma \cdot K_{\alpha} = (7,54 \cdot 1,040 + 2,59 \cdot 1,1) \cdot 0,1 \cdot 6 \cdot 1,1699 = 10,49 \text{ kN}$$

natěčení schodiště mitaři:

$$Q = A \cdot t \cdot \gamma \cdot K_{\alpha} = (3,14 \cdot 1,1) \cdot 0,1 \cdot 6 \cdot 1,1699 = 3,417 \text{ kN}$$

- natěčení lam mitařích:

$$N = \sum Q + m \cdot l \cdot K_{\alpha} = \frac{20(1,456 + 3,417)}{6} + 0,016 \cdot 50 \cdot 1,1699 = 17,56 \text{ kN}$$

- natěčení lam mějsích

$$N = \sum Q + m \cdot l \cdot K_{\alpha} = \frac{4(2,13 + 10,49)}{12} + 0,016 \cdot 10 \cdot 1,1699 = 4,47 \text{ kN}$$

- natěčení lam paritacovní míře dle předpokladu vzhledem k $m_2 = 1,6 \text{ kg/m}^2$

3.2 Katičecí stěla'

LC1: Vlastní tíha

- vlastní tíha je zahrnutá na výpočtovém softwaru

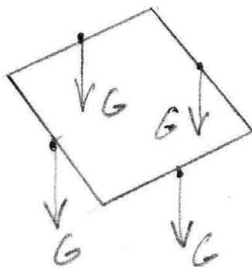
LC2: Ostatní stěle'

diaphragma h = 15, 35, 45 m:

$$G = 3 \cdot N_k \cdot 1,4 = 3 \cdot 1,032 \cdot 1,4 = 4,332 \text{ kN}$$

N_k ... katičecí jehleho tíhla pro pole výšky 10m (viz část 3.1)

1,4 ... vzhled k hmotnosti přípojní schodiště



diaphragma h = 5 m:

$$G = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot N_k \cdot 1,4 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1,032 \cdot 1,4 = 2,167 \text{ kN}$$

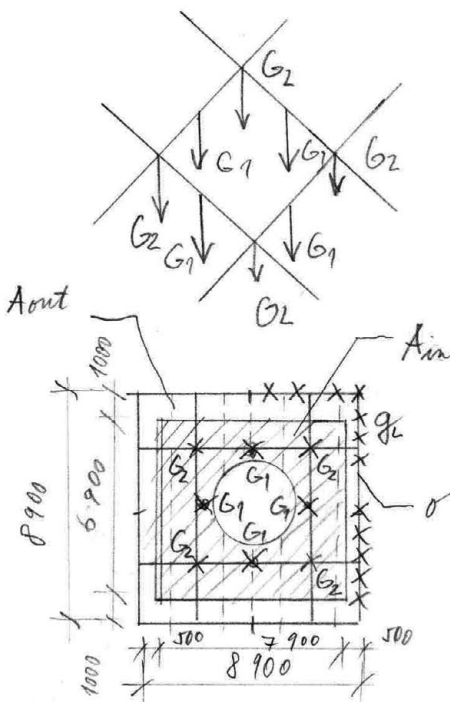
střední platforma h = 25 m:

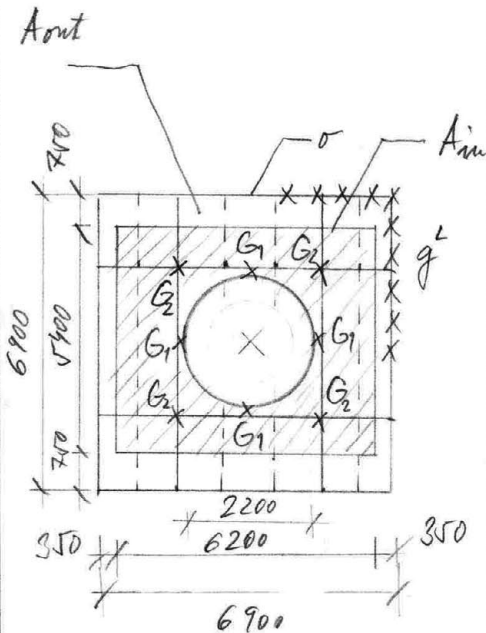
Katičecí a plochy A_{in} je sjednoceno do číže sil G_2 :

$$G_2 = A_{in} \cdot g_A \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{4} = (6,9^2 - \pi \cdot 1,6^2) \cdot 0,4 \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{4} = 5,539 \text{ kN}$$

Katičecí a plochy A_{out} je sjednoceno do spojitého katičecí g_L :

$$g_L = \frac{A_{out} \cdot g_A \cdot 1,4}{\sigma} = \frac{(8,9^2 - 7,9 \cdot 6,9) \cdot 0,4 \cdot 1,4}{4 \cdot 8,9} = 0,714 \text{ kNm}^{-1}$$





Zatížení schodištěm:

$$G_1 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot N_k \cdot 1,4 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1,032 \cdot 1,4 = 2,167 \text{ kN}$$

N_k ... viz výše

1,4 ... odhad hmotnosti přípojného konstrukce a úrovně podzemí.

horní platforma $h = 50 \text{ m}$:

Zatížení z plochy A_{im} je rovnoměrné do čtyř G_2 :

$$G_2 = A_{im} \cdot g_A \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{4} = (62 \cdot 5,5 - \pi \cdot 1,1^2) \cdot 0,4 \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{4} = 4,16 \text{ kN}$$

Zatížení z plochy A_{out} je rovnoměrné do čtyř G_1 :

$$g^L = A_{out} \cdot g^A \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{4} = \frac{(69,9^2 - 62 \cdot 5,5)}{4 \cdot 6,9} = 0,289 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení schodištěm:

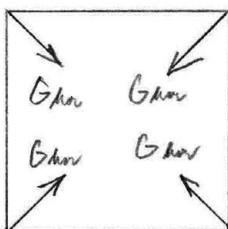
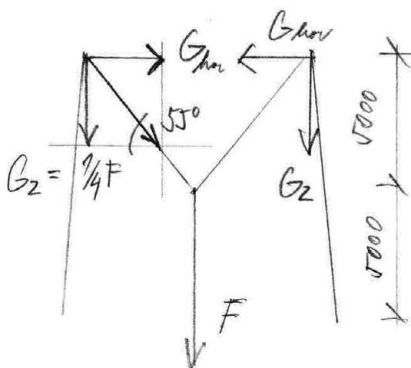
$$G_1 = 2,167 \text{ kN}$$

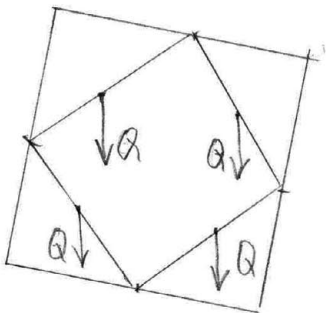
zanížení schodiště ve vrcholu $h = 60 \text{ m}$:

$$G_2 = \frac{1}{4} F = \frac{1}{4} \cdot 6 \cdot N_k = \frac{1}{4} \cdot 6 \cdot 6,05 = 9,08 \text{ kN}$$

$$G_{hor} = G_2 \cdot \frac{1}{\tan 55^\circ} = \frac{9,08}{1,428} = 6,357 \text{ kN}$$

N_k ... zatížení místní do téhla pro celou výška stahy (viz část 3.1).





3.3: Vnitřní sítěžení

LC3: Vnitřní sítěžení rovně

diaphragma $h = 15,35,45 \text{ m}$:

$$Q = 3 \cdot N_k = 3 \cdot 4,33 = 12,99 \text{ kN}$$

N_k ... sítěžení jednoho stábla pro pole
výšky 10m (viz část 3.1)

diaphragma $h = 5 \text{ m}$:

$$Q = \frac{3 N_k}{2} = \frac{3 \cdot 4,33}{2} = 6,495 \text{ kN}$$

Atiční platforma $h = 25 \text{ m}$

Integrovaný model analogický dle LC2,
pouze hodnoty \rightarrow samičiny na Q :

$$Q_2 = A_{in} \cdot q_A \cdot \frac{1}{4} = (19 \cdot 7,7 - \pi \cdot 16^2) \cdot 3 \cdot \frac{1}{4} = 34,9 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 6,465 \text{ kN}$$

$$q_L = \frac{A_{out} \cdot q_A}{0} = \frac{(18,9^2 - 7,7 \cdot 6,9) \cdot 3}{4 \cdot 8,9} = 2,08 \text{ kN/m}^2$$

horní platforma $h = 50 \text{ m}$:

Integrovaný model analogický dle LC2:

$$Q_2 = A_{in} \cdot q_A \cdot \frac{1}{4} = (6,2 \cdot 5,9 - \pi \cdot 1,1^2) \cdot 3 \cdot \frac{1}{4} = 22,3 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 6,465 \text{ kN}$$

$$q_L = \frac{A_{out} \cdot q_A}{0} = \frac{(6,9^2 - 6,2 \cdot 5,9) \cdot 3}{4 \cdot 6,9} =$$

$$= 2,163 \text{ kN/m}^2$$

Kovíření ve vrcholu $h = 60 \text{ m}$:

$$Q_z = \frac{1}{4} F = \frac{1}{4} \cdot 6 \cdot N_k = \frac{1}{4} \cdot 6 \cdot 29,93 = 44,15 \text{ kN}$$

$$Q_{kor} = \frac{Q_z}{\gamma_{50^\circ}} = \frac{44,15}{1,428} = 30,99 \text{ kN}$$

3.4 Kvalitativní posouzení

- Věž je posuzována na příhradovinu, je vynecháto postupu dle EC 1993-3-1 příloha B 2.3. Účinný silý na patce je 5 m výšky.
- Je navržena se součinitelům plnosti $\rho = 0,38$ pro všechna patra

- součitel α_{Ed} byl stanoven s tímto parametry:

$$f_1 = 1,75 \text{ Hz}$$

$$\delta = \delta_s + \delta_a = 0,06 + 0,07 = 0,13$$

$$m_e = 1490 \text{ kg m}^{-1}$$

Výsledný $\alpha_{Ed} = 0,897$ byl navýšen na 0,95.

- Účinný součinitel je kolektivně prvního sledován součinitelů příslušné kombinace hodnotou $K_A = 0,8$.

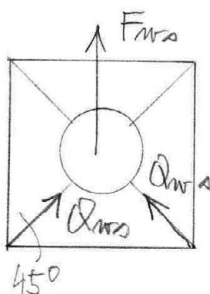
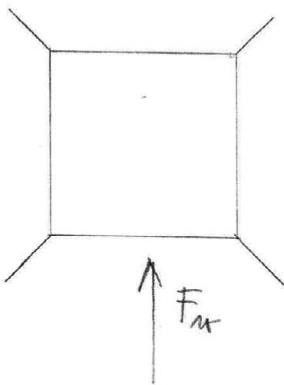
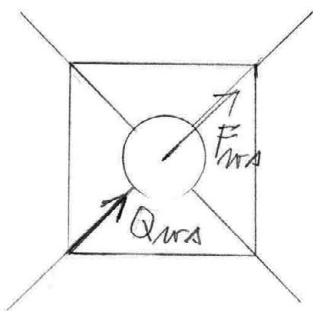
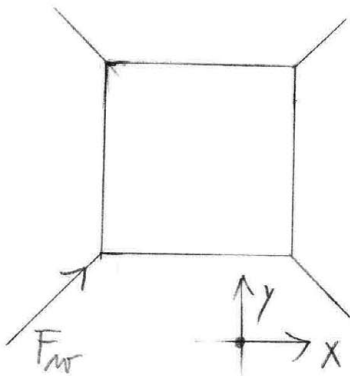
Konstanty	Parametry konstrukce	Vliv geografie	Vliv drsnosti	Vliv turbulence
no	1,25	0,05	1	1
W	1,75	7,3	25	0,190
h	60	0,13	25	2,000
b	7,3	0,06	25	0,050
h ₁	7,3	0,07	25	0,050
h ₂	60	0,07	25	0,050
h ₃	60	0,07	25	0,050
h ₄	60	0,07	25	0,050
h ₅	60	0,07	25	0,050
h ₆	60	0,07	25	0,050
h ₇	60	0,07	25	0,050
h ₈	60	0,07	25	0,050
h ₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₉	60	0,07	25	0,050
h ₂₀	60	0,07	25	0,050
h ₂₁	60	0,07	25	0,050
h ₂₂	60	0,07	25	0,050
h ₂₃	60	0,07	25	0,050
h ₂₄	60	0,07	25	0,050
h ₂₅	60	0,07	25	0,050
h ₂₆	60	0,07	25	0,050
h ₂₇	60	0,07	25	0,050
h ₂₈	60	0,07	25	0,050
h ₂₉	60	0,07	25	0,050
h ₃₀	60	0,07	25	0,050
h ₃₁	60	0,07	25	0,050
h ₃₂	60	0,07	25	0,050
h ₃₃	60	0,07	25	0,050
h ₃₄	60	0,07	25	0,050
h ₃₅	60	0,07	25	0,050
h ₃₆	60	0,07	25	0,050
h ₃₇	60	0,07	25	0,050
h ₃₈	60	0,07	25	0,050
h ₃₉	60	0,07	25	0,050
h ₄₀	60	0,07	25	0,050
h ₄₁	60	0,07	25	0,050
h ₄₂	60	0,07	25	0,050
h ₄₃	60	0,07	25	0,050
h ₄₄	60	0,07	25	0,050
h ₄₅	60	0,07	25	0,050
h ₄₆	60	0,07	25	0,050
h ₄₇	60	0,07	25	0,050
h ₄₈	60	0,07	25	0,050
h ₄₉	60	0,07	25	0,050
h ₅₀	60	0,07	25	0,050
h ₅₁	60	0,07	25	0,050
h ₅₂	60	0,07	25	0,050
h ₅₃	60	0,07	25	0,050
h ₅₄	60	0,07	25	0,050
h ₅₅	60	0,07	25	0,050
h ₅₆	60	0,07	25	0,050
h ₅₇	60	0,07	25	0,050
h ₅₈	60	0,07	25	0,050
h ₅₉	60	0,07	25	0,050
h ₆₀	60	0,07	25	0,050
h ₆₁	60	0,07	25	0,050
h ₆₂	60	0,07	25	0,050
h ₆₃	60	0,07	25	0,050
h ₆₄	60	0,07	25	0,050
h ₆₅	60	0,07	25	0,050
h ₆₆	60	0,07	25	0,050
h ₆₇	60	0,07	25	0,050
h ₆₈	60	0,07	25	0,050
h ₆₉	60	0,07	25	0,050
h ₇₀	60	0,07	25	0,050
h ₇₁	60	0,07	25	0,050
h ₇₂	60	0,07	25	0,050
h ₇₃	60	0,07	25	0,050
h ₇₄	60	0,07	25	0,050
h ₇₅	60	0,07	25	0,050
h ₇₆	60	0,07	25	0,050
h ₇₇	60	0,07	25	0,050
h ₇₈	60	0,07	25	0,050
h ₇₉	60	0,07	25	0,050
h ₈₀	60	0,07	25	0,050
h ₈₁	60	0,07	25	0,050
h ₈₂	60	0,07	25	0,050
h ₈₃	60	0,07	25	0,050
h ₈₄	60	0,07	25	0,050
h ₈₅	60	0,07	25	0,050
h ₈₆	60	0,07	25	0,050
h ₈₇	60	0,07	25	0,050
h ₈₈	60	0,07	25	0,050
h ₈₉	60	0,07	25	0,050
h ₉₀	60	0,07	25	0,050
h ₉₁	60	0,07	25	0,050
h ₉₂	60	0,07	25	0,050
h ₉₃	60	0,07	25	0,050
h ₉₄	60	0,07	25	0,050
h ₉₅	60	0,07	25	0,050
h ₉₆	60	0,07	25	0,050
h ₉₇	60	0,07	25	0,050
h ₉₈	60	0,07	25	0,050
h ₉₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₀₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₁₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₂₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₃₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₄₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₅₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₆₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₇₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₈₉	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₀	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₁	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₂	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₃	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₄	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₅	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₆	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₇	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₈	60	0,07	25	0,050
h ₁₉₉	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₀	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₁	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₂	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₃	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₄	60	0,07	25	0,050
h ₂₀₅	60	0,07	25	0,050

4úhelník kolmo na stranu

i	z_e	Uhel nábehu ve stupních theta..st	soutř. plošnost		1,5 úhelník		Pro úhelník		c..f0f	c..f50	c..f5	c..f5*fi	Vložená hodnota	Maximální dynamický tlak zahrnující střední a krátkodobé fluktuace větru	Celková síla na patro	Moment
			fi	Aref	C1	C2	1,4	1,5								
1	5	0	0,380	35,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	754	21,97	109,8448
2	10	0	0,380	37,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	919	28,29	282,943
3	15	0	0,380	39,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1022	33,14	497,1282
4	20	0	0,380	41,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1098	37,40	749,089
5	25	0	0,380	43,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1158	41,37	1034,145
6	30	0	0,380	43,100	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1208	42,77	1283,097
7	35	0	0,380	40,300	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1252	41,43	1449,92
8	40	0	0,380	37,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1290	39,72	1588,854
9	45	0	0,380	34,700	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1324	37,73	1697,627
10	50	0	0,380	31,900	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1355	35,49	1774,348
11	55	0	0,380	29,100	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1383	33,04	1817,402
12	60	0	0,380	26,300	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	0,864	0,950	0,950	1409	30,42	1825,389
Celkem													422,77	14108,79		
Průměr													35,23	1175,73		

4úhelník sádko

i	z_e	Uhel nábehu ve stupních theta..st	soutř. plošnost		1,5 úhelník		Pro úhelník		c..f0f	c..f50	c..f5	c..f5*fi	Vložená hodnota	Maximální dynamický tlak zahrnující střední a krátkodobé fluktuace větru	Celková síla na patro	Moment
			fi	Aref	C1	C2	1,4	1,5								
1	5	45	0,380	35,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,275	1,045	0,950	0,950	754	26,56	132,8024
2	10	45	0,380	37,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	919	34,21	342,0781
3	15	45	0,380	39,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1022	40,07	601,028
4	20	45	0,380	41,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1098	45,22	904,4396
5	25	45	0,380	43,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1158	50,01	1250,281
6	30	45	0,380	43,100	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1208	51,71	1551,264
7	35	45	0,380	40,300	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1252	50,08	1752,953
8	40	45	0,380	37,500	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1290	48,02	1920,924
9	45	45	0,380	34,700	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1324	45,61	2052,431
10	50	45	0,380	31,900	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1355	42,90	2145,186
11	55	45	0,380	29,100	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1383	39,95	2197,239
12	60	45	0,380	26,300	2,25	1,5	2,275	2,275	2,275	2,750	1,045	0,950	0,950	1409	36,78	2206,895
Celkem													511,13	17057,52		
Průměr													42,59	1421,46		



LC4 Zatížení věže větrem I (45°)

- celková síla na patu F_w je vypočítána na spojité zatížení perim. nosné konstrukce po každé straně výšky $5m$.
- viz star.

LC5 Zatížení schodiště větem I (45°)

- pětí síle F_{ws} je aktivní pouze jedna diagonální osou lan. Tato osou přenesl sílu zatížení F_{ws} do nárožníku konstrukce silou Q_{ws} . Q_{ws} působí po $5m$ výšky.

LC6 Zatížení věže větrem II (Y)

- viz LC4, pouze po směru Y.

LC7 Zatížení schodiště větem II (Y)

- pětí síle F_{ws} jsou aktivní dvě diagonální osou roviny karotovacího lan. Platí:

$$\frac{2Q_{ws}}{\sqrt{2}} = F_{ws} \quad Q_{ws} = F_{ws} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

- Q_{ws} působí po $5m$ výšky konstrukce a přenáší sílu F_{ws} do nárožníku.

3.5 Zatížení námarou

- kritické nárazové plochy je významně pouze pro schodiště (viz str.)
- vzhledem k výsledkům varianty A nebyl slior návrhy vyšetřován. Ivislí zatížení je zde menší než užitné a rovnoměrně sliorem amerujícího součinitele $k = 0,5$ nerohoduje.
- na sliorahy návrhy by tak bylo nutné posoudit pudovním pohyb připojení schodiště.

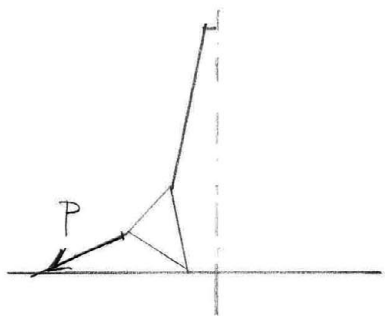
3.6 Zatížení sněhem

- sliorahy sněhu jsou menší, než hodnoty zatížení užitného. Nerohodují.

3.7 Zatížení předpětím

LCS Zohrazení předpětí

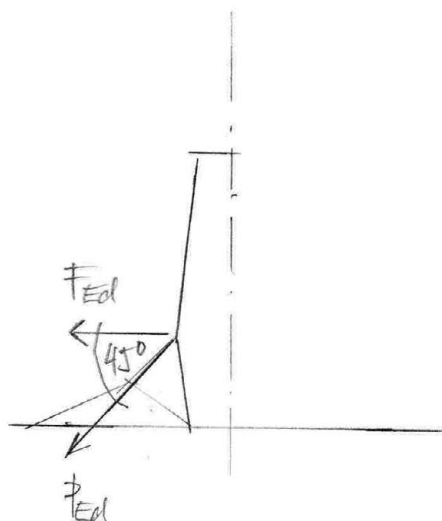
- předpětí lanových poutí není ve SClI uvažováno do specifického zatížení, do storu. Tento zatížení storu slouží k jeho zohrazení.



- předpětí je účinné napětí v krajních lanech. Předepnutí krajních lan je voleno hodnotou 550 kN.

$$P = 550 \text{ kN.}$$

3.8 Minimální sítěžení přetáčení na lan



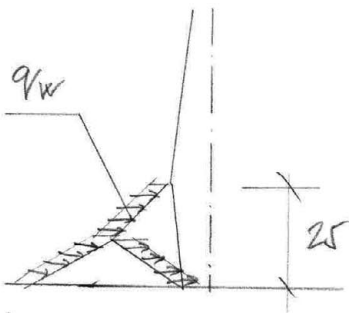
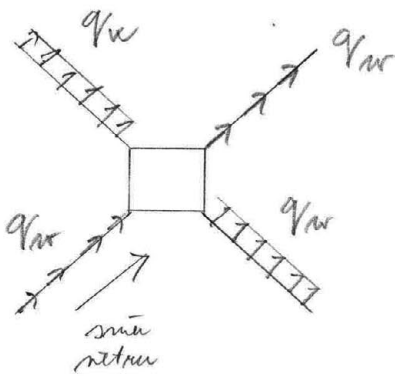
Dle EC 1993-3-1 může být přetáčení lan modelováno přiložením statické síly F_{Ed} k soustavě a nepovisnutým lanem. Velikost F_{Ed} má odpovídat rozbíjecí síle předpětí, která je do konstrukce roztáhla lanem, jehož přetáčení je simulováno.

$$P_{Ed} = 550 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = k \cdot \frac{P_{Ed}}{\sqrt{2}} \quad k = 1,3 \text{ (horní lana)}$$

$$F_{Ed} = 1,3 \cdot \frac{550}{\sqrt{2}} \approx 506 \text{ kN}$$

Tato síla je rovna do LCG přetáčení.



Doplnění:

Asd LC4 - Věže I (45°): katičerní lanu

Pro katičerní lanu platí dle 1993-3-7 B25:

$$c_{fB} = c_{f,0} \cdot \sin^2 \varphi \quad c_{f,0} = 1,2$$

φ ... úhel mezi katičerní lanu a směrem větru

Necht $\sin^2 \varphi = 1$.

$$c_{fB} = 1,2 \cdot 1 = 1,2$$

$$A_{\text{ref}} = l \cdot d = l \cdot 0,05$$

$$q_{wr} = c_{fB} \cdot A_{\text{ref}} \cdot q_d(z) = 1,2 \cdot 0,05 \cdot 1158 = 0,0696 \text{ Nm}^{-2}$$

Asd LC5 - Věže II (45°): katičerní lanu

Bude (na stranu bezvětrnou) považováno stejné katičerní $q_{wr} = 0,0696 \text{ Nm}^{-2}$, pouze v příslušném směru.

4. Parametry pro měření vnitřní
sil a přetvoření

4.1 Výpočetní software, typ výpočtu

- konstrukce je počítána softwarem
SCIA Engineer 2012
- byla vypracována modelová analýza
- provedeny nelineární výpočty s
nísledujícími parametry:
 - pro náte směr Y: jednoduchý náklon $\gamma: 11 \text{ mm/cm}$
 - pro náte 45° : jednoduchý náklon $x: 1 \text{ mm/cm}$
jednoduchý náklon $y: 1 \text{ mm/cm}$
 - pro ostatní: jednoduchý náklon $\gamma: 14 \text{ mm/cm}$

4.2 Rozhodující kombinace (ULS)

- pro každou mětrou hlavní NK:
maximální tah:

$$E_d = \{ 1,15G + 1,0P + 1,5Q_w + 1,2Q_{ms} + 1,05Q_{wv} \}$$

G... stálé zatížení, P... předpětí, Q_w ... náte
na hlavní NK, Q_{ms} ... náte na schodišti,

Q_{wv} ... větrné zatížení na konstrukci.

- vybráno pro všechny směry náte
- definované kombinace: NK4, NK5

maximální tah:

$$E_d = \{ 1,0G + 1,0P + 1,5Q_w + 1,2Q_{ms} \}$$

- pro všechny směry náte
- definované kombinace: NK7, NK8

- pro přípojnou konstrukci schodiště a
ratičemi platform:

$$E_d = \{ 1,15 G + 1,0 P + 1,5 \cdot Q_{we} \}$$

- definované kombinace: NC 10

$$E_d = \{ 1,15 G + 1,0 P + 1,5 Q_{we} + 0,9 \cdot Q_{wr} + 0,72 Q_{wv} \}$$

- definované kombinace: NC 11, NC 12

- pro přetržení lana:

1990 Tab A1.3

$$\begin{aligned} E_d &= \{ 1,0 G + 1,0 P + 1,0 A_d + \psi_1 \cdot Q_{wr} + \psi_1 \cdot K_A \cdot Q_{wv} + \psi_2 Q_{we} \} \\ &= \{ 1,0 G + 1,0 P + 1,0 A_d + 0,2 \cdot Q_{wr} + 0,2 \cdot 0,8 \cdot Q_{wv} + \psi_2 Q_{we} \} \\ &= \{ 1,0 G + 1,0 P + 1,0 A_d + 0,2 Q_{wr} + 0,16 \cdot Q_{wv} + \psi_2 Q_{we} \} \end{aligned}$$

$K_A = 0,8 \dots$ souč. stínění dle 1993-3-1

$A_d \dots$ úhony od přetržení lana

Tento výraz porovnáme s předpoklady 1993-3-1 E.2 (11), v případě souhlasu projektanta, objednatele a příslušného úřadu se uvedená síla (od přetržení lana) nemusí kombinovat s klimatickými zatíženími. Použítí ratičemi Q_{wr} a Q_{wv} tedy vyjde úspěšnost návrhu.

- definované kombinace: NC 13

- pro stav po přetržení lana:

Mi se uvažovat působení síly $A_{Htotal} < A_d$ pro rovinněnou polohu lana a věže a současně působení větru o intenzitě 50% střední charakteristické hodnoty. Tato kombinace nepochybně \Rightarrow není definována

Další kombinace nejsou pro stav ULS rozhodující.

4.3 Kombinace pro použitelnost (SLS)

$$u = \{1,0G + 1,0P + 1,0Q_{no} + 0,8Q_{ms} + 0,7Q_{st}\}$$

- vyhodnoceno pro všechny směry větru
- definované kombinace: NC2, NC3

$$u = \{1,0G + 1,0P + 1,0Q_{st}\}$$

- definované kombinace: NC6

4.4 Větrné délky

- větrné délky prvků jsou definovány vzdáleností stěnů.

diagonály: $L_{or} = L \approx 5400 \text{ mm}$

válcovité: $L_{or} = \frac{1}{2}L \approx 5005 \text{ mm}$

průdělky liché: $L_{or} = \frac{1}{2}L \approx 3200 \div 4400 \text{ mm}$

průdělky sudé: $L_{or} = L$

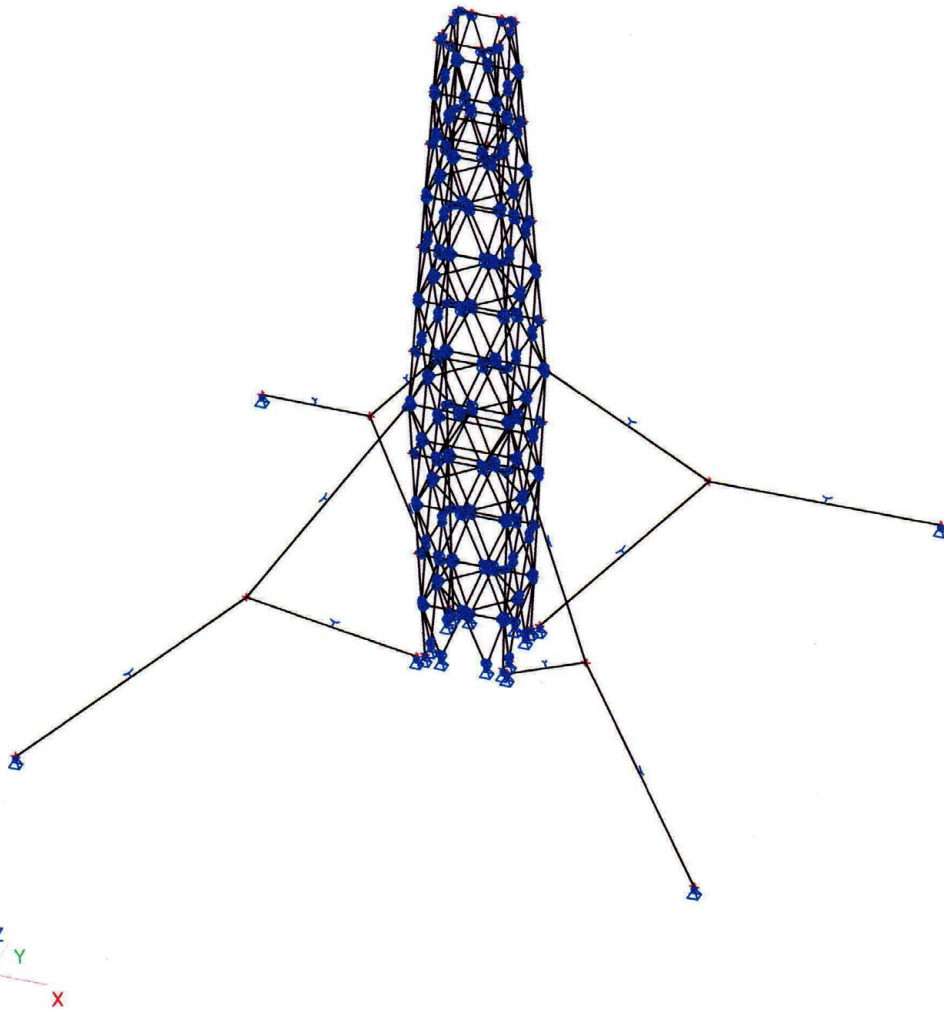
průdělky střední osa: L_{or} dle stěnů.

střední osa }

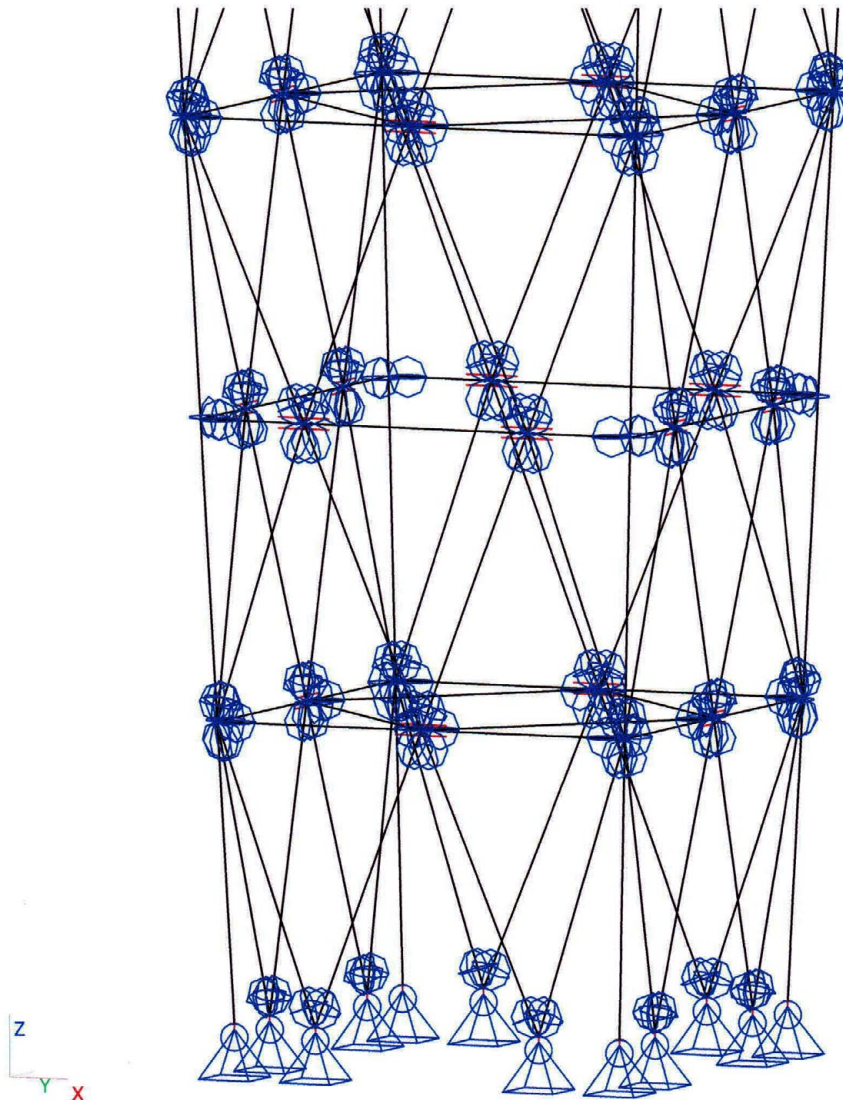
5. Posouzení programem SCIA 2013

- výpočtový model, obrázky podmiňky
- rekapitulace vstupních parametrů
- rekapitulace nastavení řešení
- vnitřní výpočet vnitřní síly
- modální analýza
- přesíťování vln
- posudek
- výkresy materiálů a příslušenství

1. Globální výpočtový model



2. Okrajové podmínky



3. Ocel

Jméno	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	E [MPa]	Poisson - nu	G [MPa]	Tep.roztaž. [m/mK]	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	Fy (rozah) [MPa]	Fu (rozah) [MPa]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Student</i>									
S 235	7850,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	0,00	0	40	235,0	360,0
S 355	7850,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	0,00	40	80	215,0	360,0
						0	40	355,0	490,0
						40	80	335,0	470,0

4. Dřevo

Jméno	Typ	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	E [MPa]	Poisson - nu	G [MPa]	Tep.roztaž. [m/mK]	Typ dřeva
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>							
C24	Dřevo	350,0	1,1000e+04	0	6,9000e+02	0,00	Rostlé dřevo
GL24h	Dřevo	380,0	1,1600e+04	0	7,2000e+02	0,00	Lepené, laminované

**Studentská verze* *Studentská verze* *Stu*

5. Lano

Typ	Předpinací lano
Pracovní diagram	
Jméno	Y1770C Sail
Jednotková hmotnost [kg/m ³]	7850,0
E [MPa]	1,6500e+05
Poisson - nu	0,15
Nezávislý modul G	*
G [MPa]	7,1739e+04
Log. dekrement	0,15

6. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Řídící zat. stav
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>								
LC1	Vlastní tíha	Stálé	LG1	Vlastní tíha		-Z		
LC2	Ostatní stále	Stálé	LG1	Standard				
LC3	Užitne	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC4	Vitr I (45)	Nahodilé	LG3 Vitr	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC5	Vitr Schody I (45)	Nahodilé	LG3 Vitr	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC6	Vitr II (Y)	Nahodilé	LG3 Vitr	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC7	Vitr Schody II (Y)	Nahodilé	LG3 Vitr	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC8	Zobrazení predpeti	Stálé	LG1	Standard				
LC9	Pretržení lana	Nahodilé	LG3 Pret	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný

7. Nelineární kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>				
NC1	Vlastní tíha	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
NC2	SLS Vitr I (45)	Použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC3 - Užitne	0,70
			LC4 - Vitr I (45)	1,00
			LC5 - Vitr Schody I (45)	0,80
NC3	SLS Vitr II (Y)	Použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC3 - Užitne	0,70
			LC6 - Vitr II (Y)	1,00
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	0,80
NC4	ULS Tlak 45	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stále	1,15
			LC3 - Užitne	1,05
			LC4 - Vitr I (45)	1,50
			LC5 - Vitr Schody I (45)	1,20
NC5	ULS Tlak Y	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stále	1,15
			LC3 - Užitne	1,05
			LC6 - Vitr II (Y)	1,50
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	1,20
NC6	SLS Užit	Použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC3 - Užitne	1,00
NC7	ULS Tah45	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC4 - Vitr I (45)	1,50
			LC5 - Vitr Schody I (45)	1,20
NC8	ULS Tah Y	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC6 - Vitr II (Y)	1,50
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	1,20

**Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu*

**Studentská verze* *Studentská verze* *Stu*

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
NC9	Predpeti	Použitelnost	LC8 - Zobrazení predpeti	1,00
NC10	ULS Užitne1,5	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stále	1,15
			LC3 - Užitne	1,50
NC11	ULS Užitne1,5 Vitr45	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stále	1,15
			LC3 - Užitne	1,50
			LC4 - Vitr I (45)	0,90
			LC5 - Vitr Schody I (45)	0,72
NC12	ULS Užitne1,5 VitrY	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stále	1,15
			LC3 - Užitne	1,50
			LC6 - Vitr II (Y)	0,90
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	0,72
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	0,72
NC13	Mimoradne pretizeni	Únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stále	1,00
			LC3 - Užitne	0,60
			LC6 - Vitr II (Y)	0,20
			LC7 - Vitr Schody II (Y)	0,16

8. Skupiny hmot

Jméno	Zatěžovací stav
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
MG1	LC1 - Vlastní tíha
MG2	LC2 - Ostatní stále

9. Kombinace skupin hmot

Jméno	Skupina hmot	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
CM1	MG1	1,00
	MG2	1,00
CM1/1 - 1,90		
CM1/2 - 1,90		
CM1/3 - 1,90		
CM1/4 - 1,90		
CM1/5 - 2,05		
CM1/6 - 2,05		
CM1/7 - 3,05		
CM1/8 - 3,05		

10. Skupiny výsledků

Jméno	Výpis
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Všechny MSU	NC4
	NC5
	NC7
	NC8
	NC10
	NC11
	NC12
	NC13
	Všechny SLS
NC3	
NC6	

11. Nastavení řešiče a sítě

Spustit jednu nelineární kombinaci	x
Zanedbat deformaci od smykové síly (Ay, Az >> A)	✓
Rozdělení na náběhy a pruty s proměnným průřezem	5
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	

Zjemnění sítě podle typu nosníku	Pouze 2D dílce
Typ řešiče	Eliminace
Počet řežů na průměrném prutu	10
Upozornění při maximálním přemístění větším než [mm]	1000,0
Upozornění při maximálním pootočení větším než [mrad]	100,0
Max. počet iterací	20
Počáteční napětí	✓
Počáteční napětí jako vstup	✓
Geometrická nelinearita - II.a III. řád	Newton-Raphson
Počet přírůstků	5
Minimální vzdálenost mezi body [m]	0,001
Průměrná velikost plošného/zakřiveného prvku [m]	1,000
Průměrný počet dílků na prutu	10
Minimální délka prutového prvku [m]	0,100
Maximální délka prutového prvku [m]	100,000
Průměrná velikost lan, kabelů, prvků na podloží, nelineárních zemních pružin [m]	1,000
Generovat uzly v dotycích prutových prvků	✓
Generovat uzly pod osamělými zatíženími na prutových prvcích	✓
Generovat excentrické prvky na prutech s proměnnou výškou	x
Počet frekvencí	8
Součinitel pro výztuž	1
Předpínací výztuž nezávislá na MKP uzlech	✓

12. Nelineární výpočet

Protokol o výpočtu

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu

Nelineární výpočet

Počet 2D prvků	0
Počet 1D prvků	4300
Počet uzlů sítě	4036
Počet rovnic	24216

Studentká verze *Studentká verze* *Studentká verze* *Stu

Max. počet iterací	20
Počet přírůstků	5
Typ nelinearity	II. řád
Metoda (II. řád)	lokální nelinearity Newton-Raphson

Počet kombinací	Start	Konec	Počet iterací
-----------------	-------	-------	---------------

Studentká verze *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze*

NK 9997	10.01.2014 22:31	10.01.2014 22:31	4
---------	------------------	------------------	---

13. Modální analýza

Protokol o výpočtu

Studentká verze *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká ve

Výpočet vlastních tvarů

Počet 2D prvků	0
Počet 1D prvků	4300
Počet uzlů sítě	4036
Počet rovnic	24216

Studentká verze *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká ve

Kombinace skupin hmot	MK 1 CM1
Počet frekvencí	8
Metoda	Lanczos
Počáteční napětí	Jednotlivě
Typ výpočtového modelu	Standard
Spuštění výpočtu	10.01.2014 22:31
Konec výpočtu	10.01.2014 22:31

Suma hmot

[kg]	X	Y	Z
Kombinace skupin hmot 1	77237.47	77237.47	77237.47

Souč. participace tvaru

Studentká verze *Studentká verze* *Stu

Protokol o výpočtu						
Režim	Omega [rad/s]	Perioda [s]	Frekv. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyj / Wytot	Wzi / Wztot
1	11.9264	0.5268	1.8982	0.0705	0.0053	0.0000
2	11.9264	0.5268	1.8982	0.0053	0.0705	0.0000
3	11.9482	0.5259	1.9016	0.0000	0.0000	0.0000
4	11.9594	0.5254	1.9034	0.0000	0.0000	0.0000
5	12.8999	0.4871	2.0531	0.5288	0.0003	0.0000
6	12.8999	0.4871	2.0531	0.0003	0.5288	0.0000
7	19.1620	0.3279	3.0497	0.0000	0.0000	0.0087
8	19.1621	0.3279	3.0497	0.0000	0.0000	0.0000
				0.6049	0.6049	0.0087

14. Přemístění uzlů

Nelineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Třída : Všechny SLS

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N193	NC3	-33,6	24,3	-28,1
N93	NC2	76,9	76,4	-1,5
N183	NC6	7,9	-7,8	-15,8
N145	NC3	0,1	101,7	-2,3
N193	NC2	-3,0	-3,0	-34,3
N32	NC2	22,1	22,1	4,2

15. Průběh NVM Nárožník pole 0-10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Naroznik2 - OBDEL (240; 500)

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B73	NC4	0,000	-889,63	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00
B49	NC7	5,008	563,40	0,00	0,12	0,00	-3,10	0,00
B50	NC8	5,008	159,95	-1,74	2,70	0,00	5,26	-2,11
B62	NC8	5,008	159,95	1,74	2,70	0,00	5,26	2,11
B74	NC4	4,507	-648,42	0,00	-4,13	0,00	-9,97	0,00
B50	NC7	5,008	311,14	0,00	3,52	0,00	7,97	0,00
B74	NC4	5,008	-648,17	0,00	-4,11	0,00	-12,03	0,00
B86	NC7	5,008	-136,07	-1,44	-0,67	0,00	-1,66	-2,15
B62	NC7	5,008	-136,07	1,44	-0,67	0,00	-1,66	2,15

16. Průběh NVM - Diagonála pole 0-10m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Diagonala2 - OBDEL (240; 460)

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B232	NC4	0,000	-729,32	0,29	0,43	0,00	0,00	0,00
B282	NC7	5,389	465,64	-0,84	-0,76	0,00	0,00	0,00
B141	NC4	5,389	-167,47	-1,18	1,03	0,00	0,00	0,00
B141	NC4	0,000	165,76	1,18	-1,03	0,00	0,00	0,00
B279	NC5	5,389	126,70	-0,25	-2,21	0,00	0,00	0,00
B285	NC5	5,389	126,70	-0,25	2,21	0,00	0,00	0,00
B279	NC4	5,389	167,47	-1,18	-1,03	0,00	0,00	0,00
B285	NC5	2,694	125,44	0,00	0,00	0,00	-2,97	0,33
B279	NC5	2,694	125,44	0,00	0,00	0,00	2,97	0,33
B284	NC7	2,635	-243,88	0,00	0,00	0,00	-1,13	-1,00
B141	NC4	2,694	166,61	0,00	0,00	0,00	-1,38	1,56

17. Průběh NVM - Paždík pole 0-20m

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : Vše
 Třída : Všechny MSU
 Průřez : Paždík4 - OBDEL (200; 400)

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B21	NC7	3,650	-158,04	-0,64	-0,72	0,00	-0,85	-0,27
B29	NC4	3,650	283,91	0,89	-0,89	0,00	2,15	-0,83
B38	NC5	4,050	201,60	-0,98	3,20	0,00	8,32	-1,03
B38	NC5	4,050	201,60	0,98	-3,20	0,00	8,32	-1,03
B17	NC5	7,700	-10,21	-0,07	-12,37	0,00	0,00	0,00
B17	NC5	0,000	-10,21	0,07	12,37	0,00	0,00	0,00
B38	NC5	5,670	201,60	0,38	-2,24	0,00	3,94	0,05
B22	NC5	8,100	-30,87	-0,57	-2,99	0,00	0,00	0,00
B33	NC5	3,850	54,96	0,00	0,00	0,00	-14,90	0,28
B17	NC5	3,850	-21,50	0,00	0,00	0,00	23,21	0,23
B46	NC4	6,480	-63,34	-0,01	-0,06	0,00	0,64	0,48

18. Posudek dřeva podle MSÚ

Nelineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Vše
 Třída : Všechny MSU
 Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B16	Paždík12 - OBDEL	GL24h	2,779	Všechny MSU	0,42	0,41	0,42	-
B29	Paždík4 - OBDEL	GL24h	3,650	Všechny MSU	0,41	0,41	0,03	-
B39	Paždík8 - OBDEL	GL24h	4,450	Všechny MSU	0,56	0,56	0,07	-
B73	Narozník2 - OBDEL	GL24h	5,008	Všechny MSU	0,91	0,55	0,91	-
B75	Narozník4 - OBDEL	GL24h	0,000	Všechny MSU	0,80	0,46	0,80	-
B77	Narozník6 - OBDEL	GL24h	0,000	Všechny MSU	0,63	0,36	0,63	-
B79	Narozník8 - OBDEL	GL24h	0,000	Všechny MSU	0,78	0,33	0,78	-
B72	Narozník12 - OBDEL	GL24h	0,000	Všechny MSU	0,68	0,14	0,68	-
B162	Diagonála4 - OBDEL	GL24h	2,156	Všechny MSU	0,87	0,42	0,87	-
B164	Diagonála6 - OBDEL	GL24h	2,694	Všechny MSU	0,87	0,34	0,87	-
B253	Diagonála8 - OBDEL	GL24h	2,696	Všechny MSU	0,87	0,27	0,87	-
B180	Diagonála12 - OBDEL	C24	2,572	Všechny MSU	0,76	0,13	0,76	-
B232	Diagonála2 - OBDEL	GL24h	2,694	Všechny MSU	0,89	0,49	0,89	-
B355	Narozník10 - OBDEL	GL24h	0,000	Všechny MSU	0,83	0,19	0,83	W4
B385	Diagonála10 - OBDEL	GL24h	2,696	Všechny MSU	0,93	0,23	0,93	W4

19. Posudek oceli MSU

Nelineární výpočet, Extrém : Průřez
 Výběr : Vše
 Třída : Všechny MSU

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
NC12	B338	Diafragma1 - 2U komora	S 235	1,457	0,62	0,56	0,62
NC11	B316	Diafragma2 - 2U komora	S 355	3,147	0,68	0,68	0,00

20. Výkaz navrhovaných průřezů

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	57714,8	1994,613	1,2293e+02

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]
Narozník2 - OBDEL (240; 500)	GL24h	45,6	40,064	
Narozník4 - OBDEL (240; 440)	GL24h	40,1	40,064	
Narozník6 - OBDEL (240; 440)	GL24h	40,1	40,094	

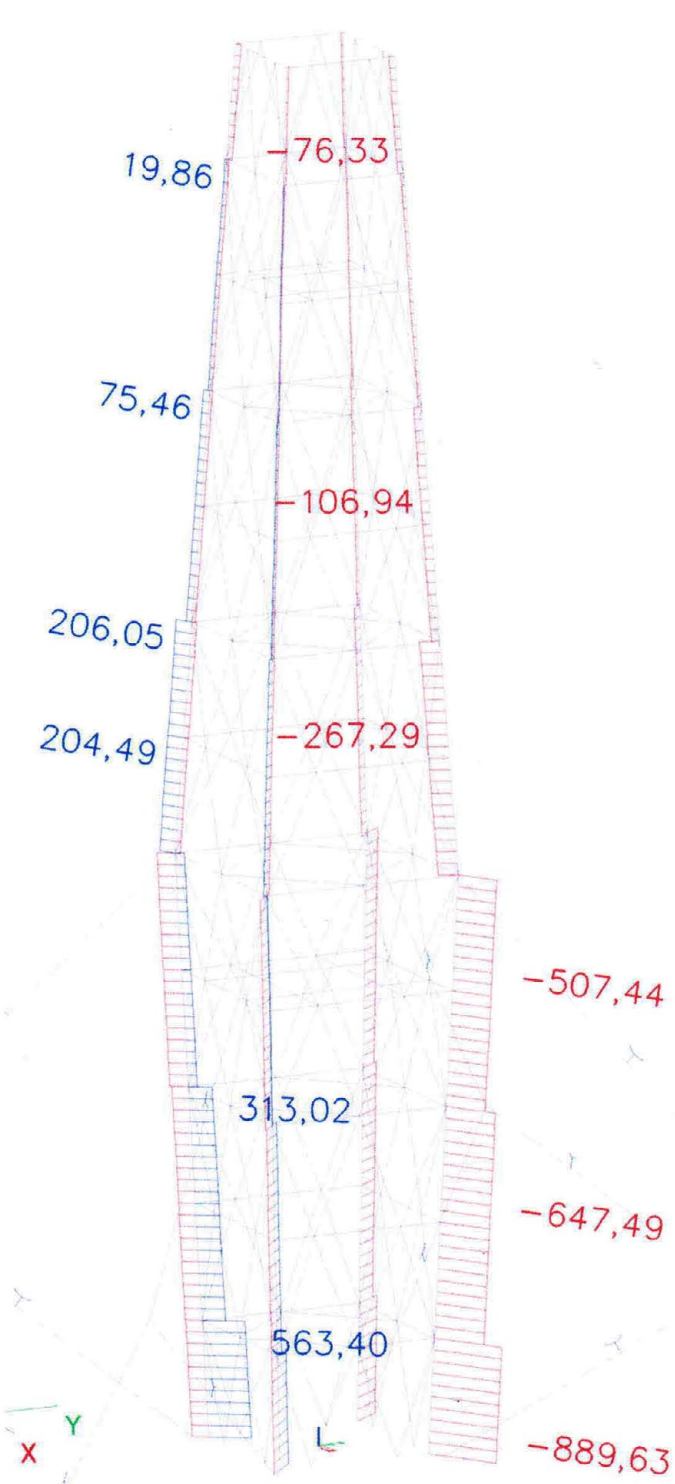
Studentská verze *Studentská verze* *Stu

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
Narozník8 - OBDEL (200; 300)	GL24h	22,8	40,124	
Narozník10 - OBDEL (140; 300)	GL24h	16,0	40,124	
Diafragma1 - 2U komora (UPE200)	S 235	45,5	142,906	
Diafragma2 - 2U komora (UPE220)	S 355	53,2	25,173	
Diagonala2 - OBDEL (240; 460)	GL24h	42,0	170,526	
Diagonala4 - OBDEL (220; 420)	GL24h	35,1	172,744	
Diagonala6 - OBDEL (200; 400)	GL24h	30,4	175,422	
Diagonala8 - OBDEL (180; 360)	GL24h	24,6	171,935	
Pazdik4 - OBDEL (200; 400)	GL24h	30,4	126,400	
Pazdik8 - OBDEL (240; 420)	GL24h	38,3	129,029	
Pazdik12 - OBDEL (200; 300)	GL24h	22,8	93,371	
Lano1 - Kruh (50)	Y1770C Sail	15,4	252,408	
Diagonala10 - OBDEL (160; 300)	GL24h	18,2	169,059	
Diagonala12 - OBDEL (140; 240)	C24	11,8	166,368	
Narozník12 - OBDEL (140; 300)	GL24h	16,0	40,124	

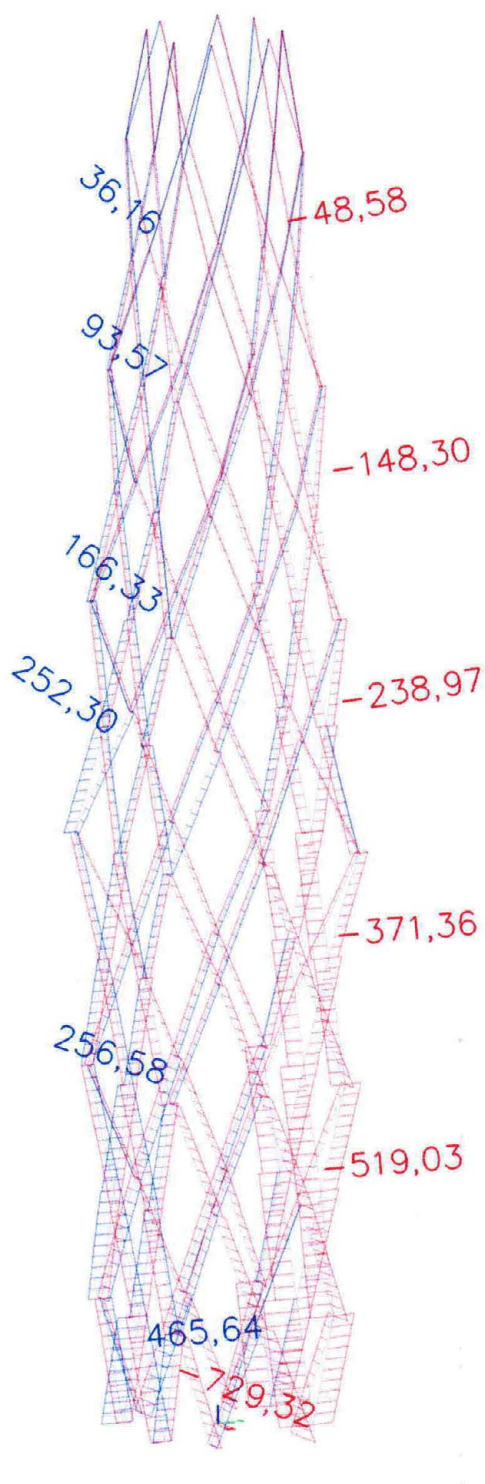
21. Výkaz navrhovaných materiálů

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Celkový součet :	57714,8	1994,613	1,2293e+02

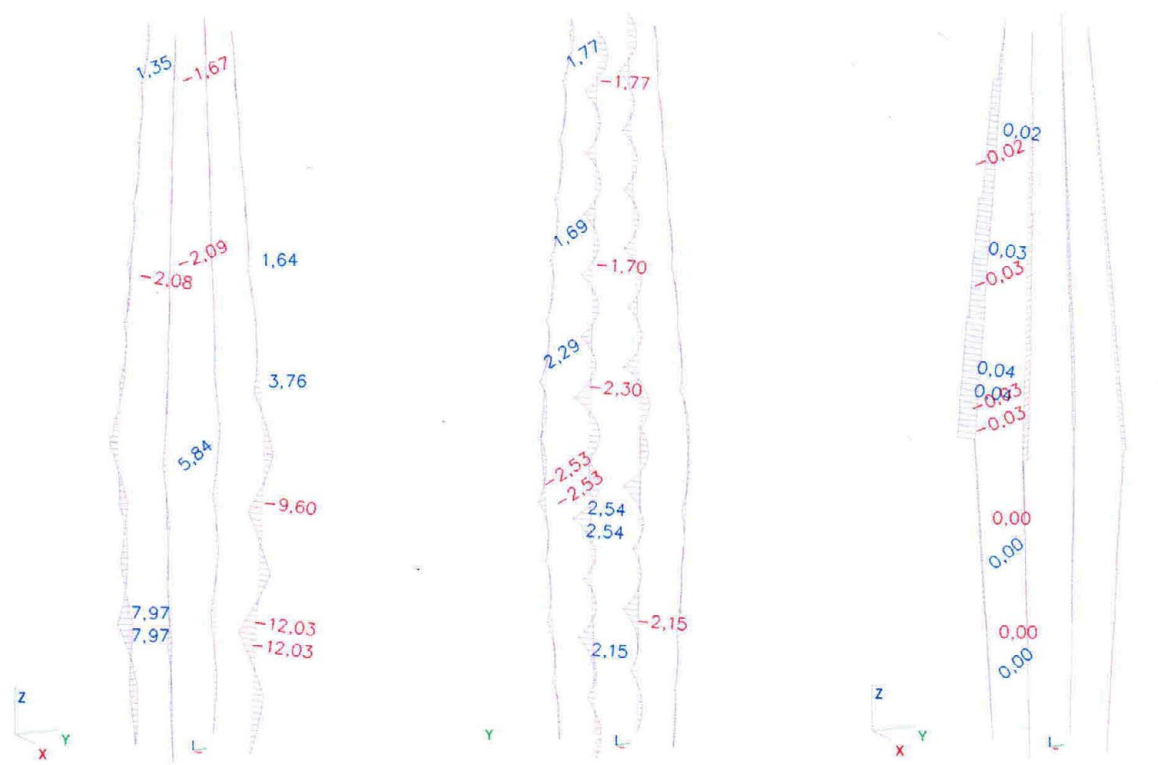
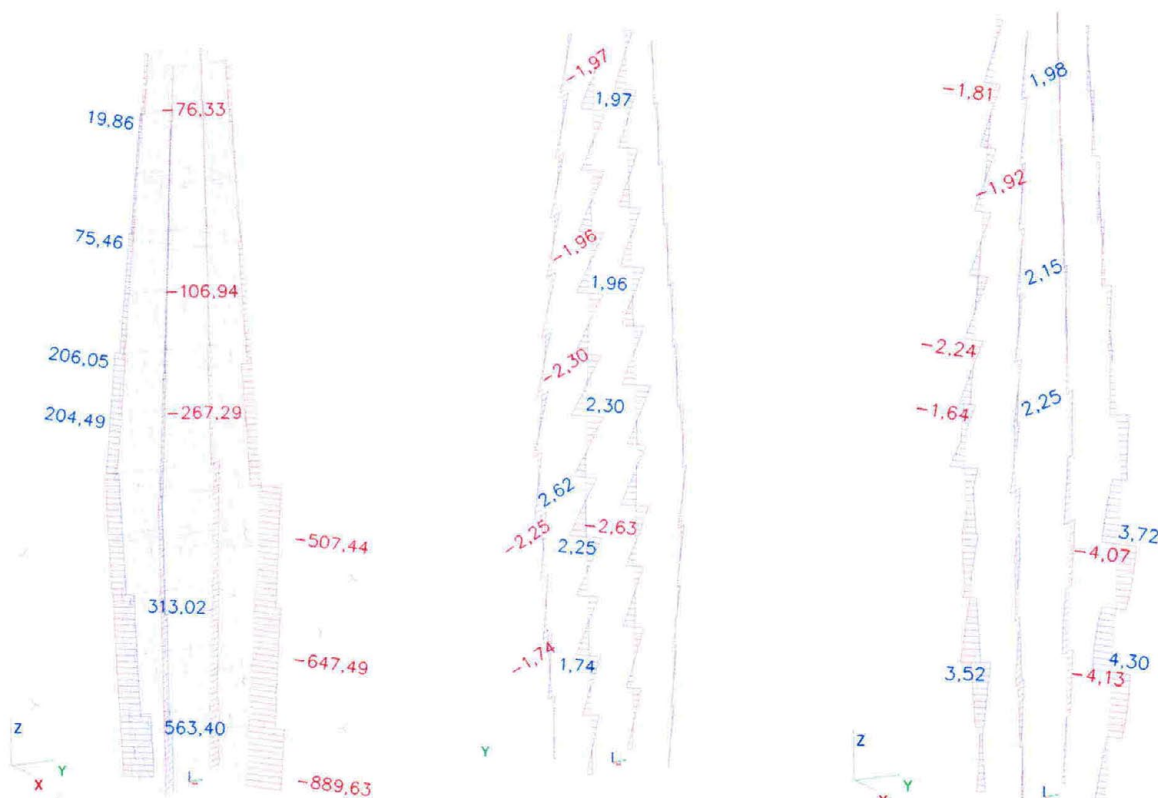
Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
S 235	6506,5	102,892	7850,0	8,2885e-01
S 355	1339,8	19,635	7850,0	1,7067e-01
C24	1956,5	126,440	350,0	5,5900e+00
GL24h	44022,3	1705,998	380,0	1,1585e+02
Y1770C Sail	3889,7	39,646	7850,0	4,9550e-01



Obálka normálových sil na nárožníku



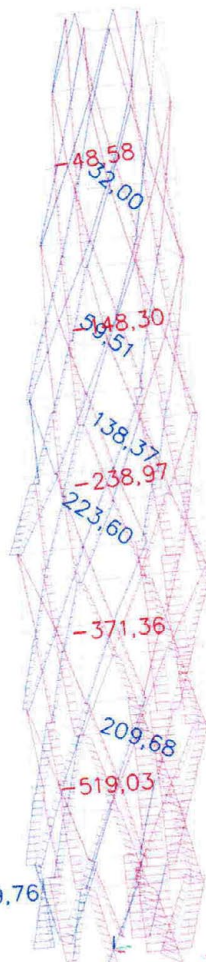
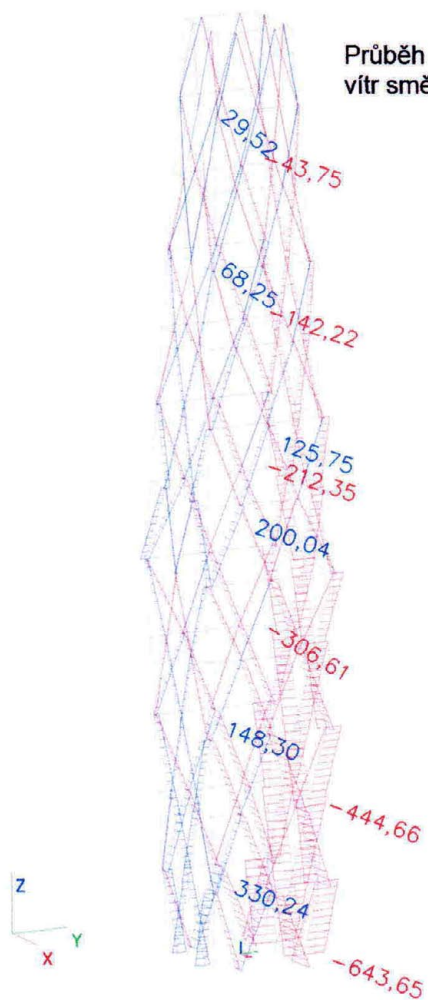
Obálka normálových sil na diagonálách



Průběhy obálek vnitřních sil na nárožnicích

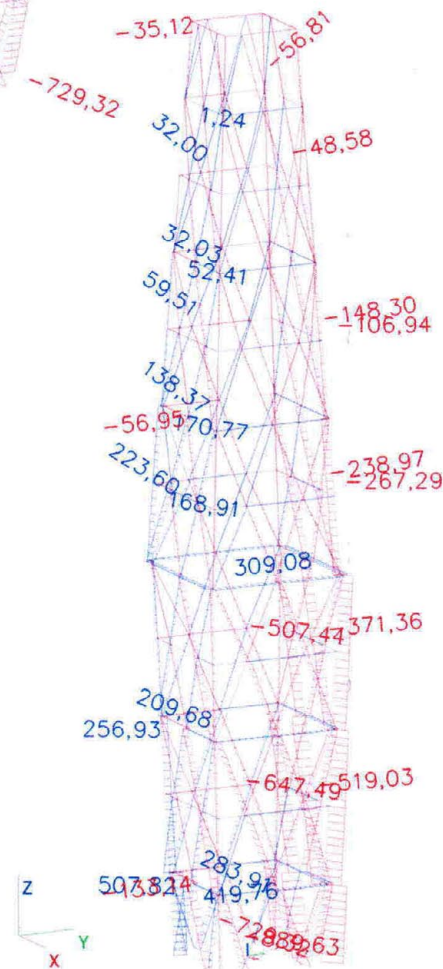
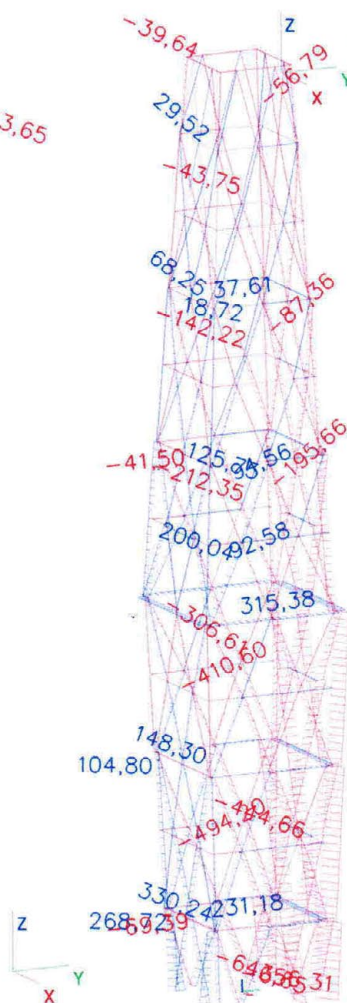
Průběh N diagonál
vítr směr Y

Průběh N diagonál
vítr směr 45st.



Průběh N
vítr směr Y

Průběh N
vítr směr 45st.



6. Relaxační varianty

6.1 Měrná rychlost

- měření měrné rychlosti větru
při zachování komfortu
stahy:

$$\text{pro } v = 15 \text{ m/s}^1 \text{ je } a_{\text{max}} = 0,24 \text{ m/s}^{-2}$$

6.2 relaxační tabulka

- na níže

Varianta B, čtverec, základna 6,5x6,5m		Objem	Hmotnost	f ₁ ..Hz	Součinitel konstrukce	rychlost při dešťžení komfortu pobytu	Celková síla odvětru od větru na schodiště = Fw_tot,s*0,8	Celková síla odvětru od větru na schodiště = Fw_tot,s*K _A (vtr 45st.)	Průmět konstrukcí celé návětrnné plochy do referenční návětrnné roviny.	Součinitel plošnosti (A_tot,s/A)	Maximální síla v diagonále (tah)	Minimální síla v diagonále (tlak)	Maximální síla v nárožniku (tah)	Minimální síla v nárožniku (tlak)
		..m3	..kg	..Hz	cscd	v_comf ..m/s	Fw_tot,ni ..kN	Fw_tot,c ..kN	A_tot,s..m2	-	..kN	..kN	..kN	..kN
Dřevo GL24h		116,0	44 000											
Dřevo C24		5,6	1 957											
Ocel ve spojích S355 (odhad dle Bohdanky)		-	15 000											
Konstrukční ocel S235,S355,Jana		-	11 735	1,89	0,897	15,0	137	511,00	167	0,38	470	-730	563	-889
Schodiště včetně táhel		-	17 544,4								(profil GL24h 240x460mm)			(profil GL24h 240x500mm)
Vyhlídková plošina		-	1 200,0											
Celkem netto			91 436											
Rezerva			1,05											
Celkem brutto			96 008											
Délka ..m			60				50	60						
Celkem na 1m výšky			1 600				2,74	8,52						
Velikost plošiny ..m2			103,90											
Celkem na 1m výšky a 1m2 vyhlídkové plošiny			15				0,026	0,082						

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY

04 Výkresová dokumentace

- 04.01 Perspektivní zobrazení věže
- 04.02 Pohled příčný, axonometrie, půdorysy
- 04.03 Pohled podélný, řez
- 04.04 Detail A / detail paty nárožníku
- 04.05 Detail B / detail styčnicku nárožníku
- 04.06 Detail C / detail středního styčnicku podélné vazby
- 04.07 Detail D / detail kotvení diagonál
- 04.08 Detail E / detail styčnicku příčné vazby

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

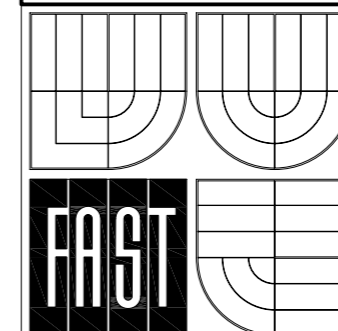
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA



Poznámky:

Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis



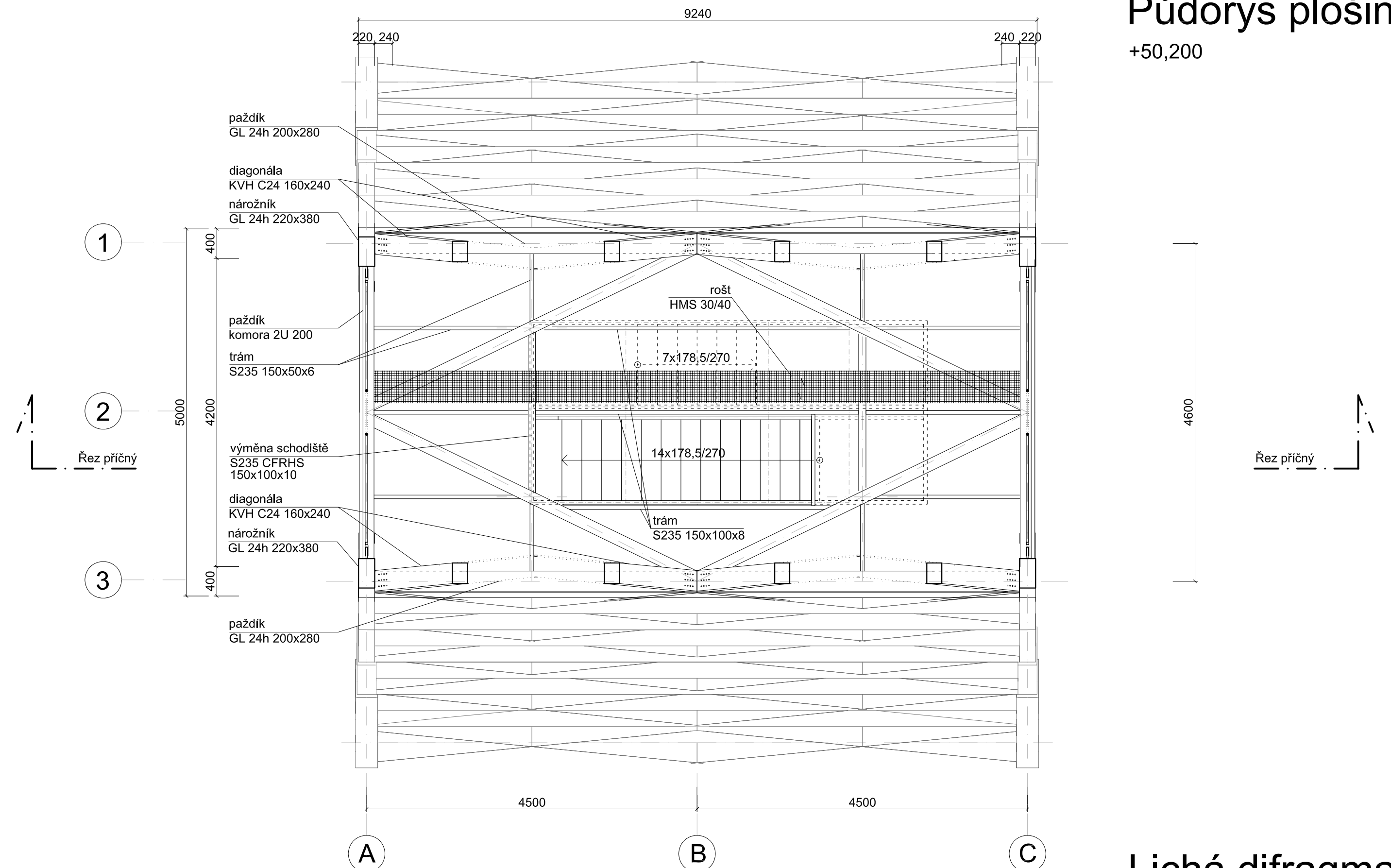
Výkres: 04.01 - Perspektivy věže

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

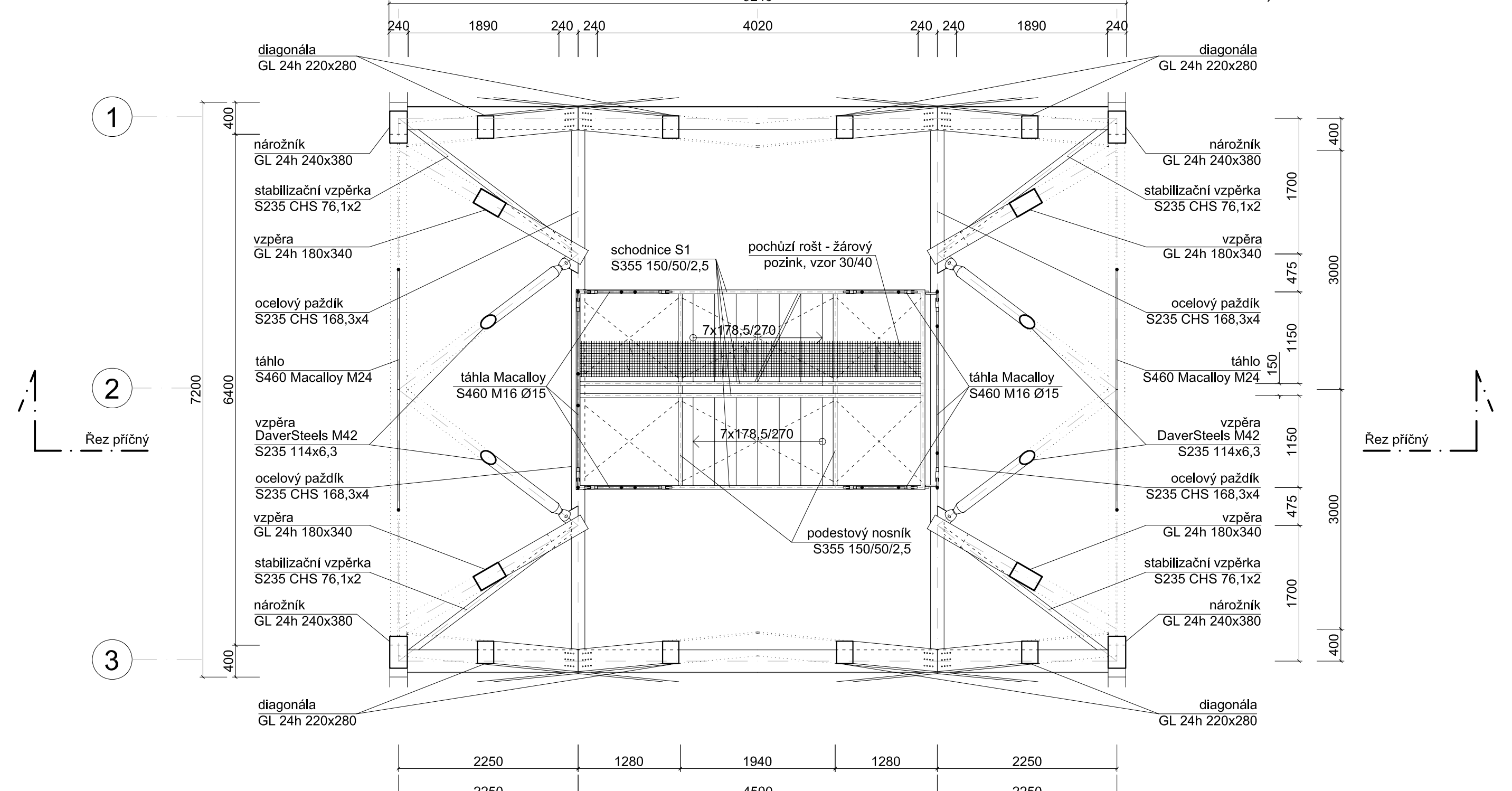
Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014

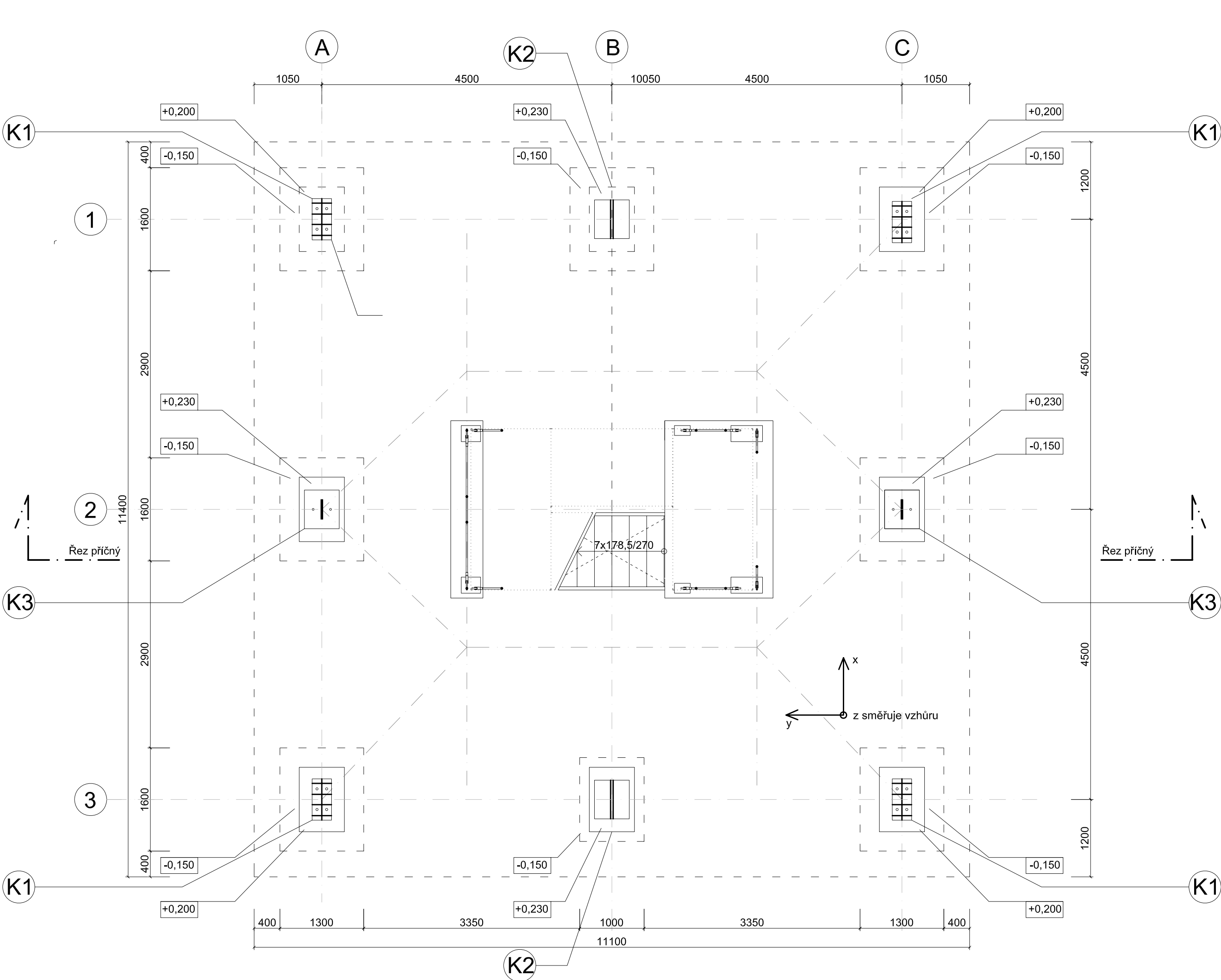
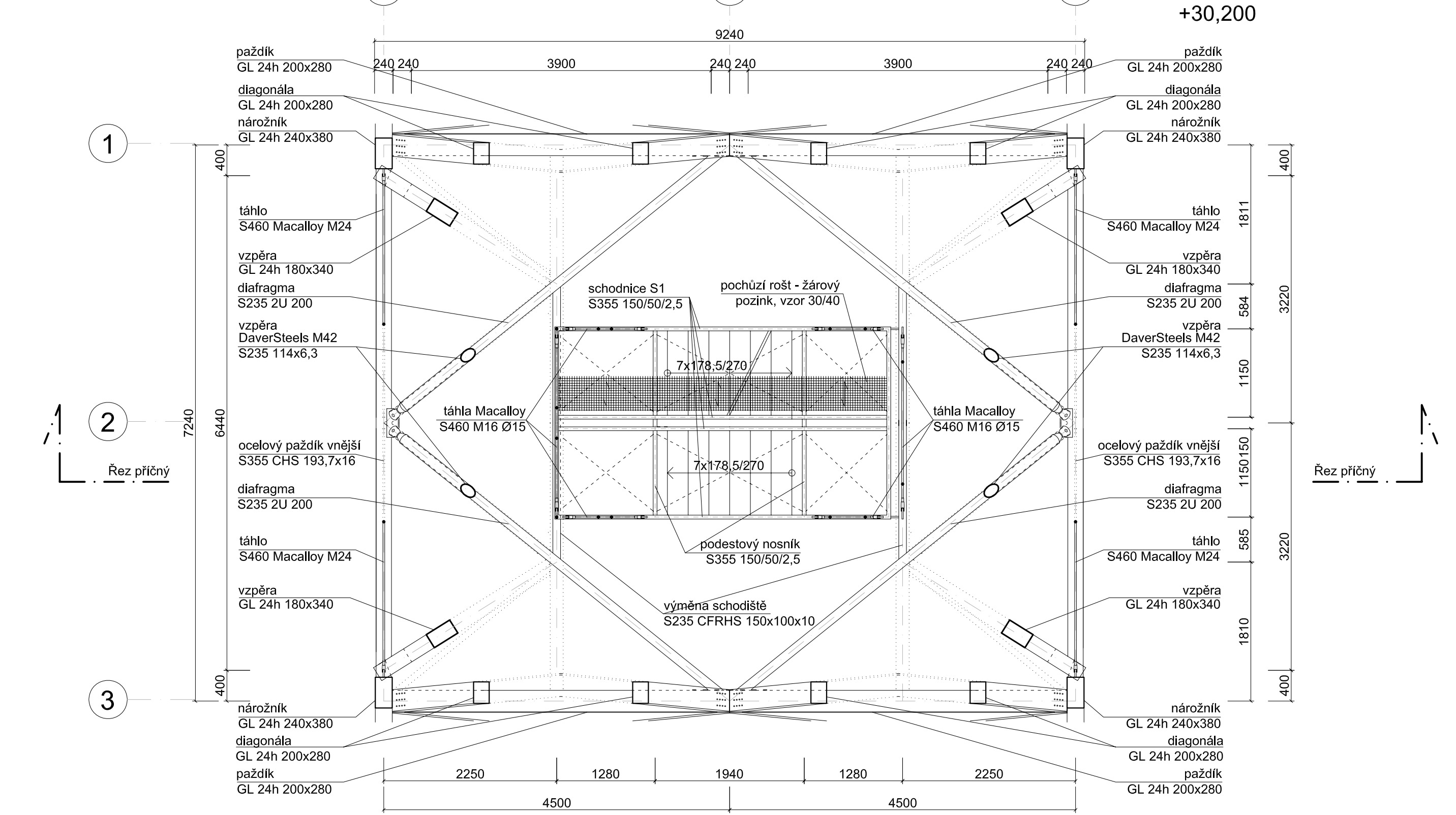
Půdorys plošiny
+50,200



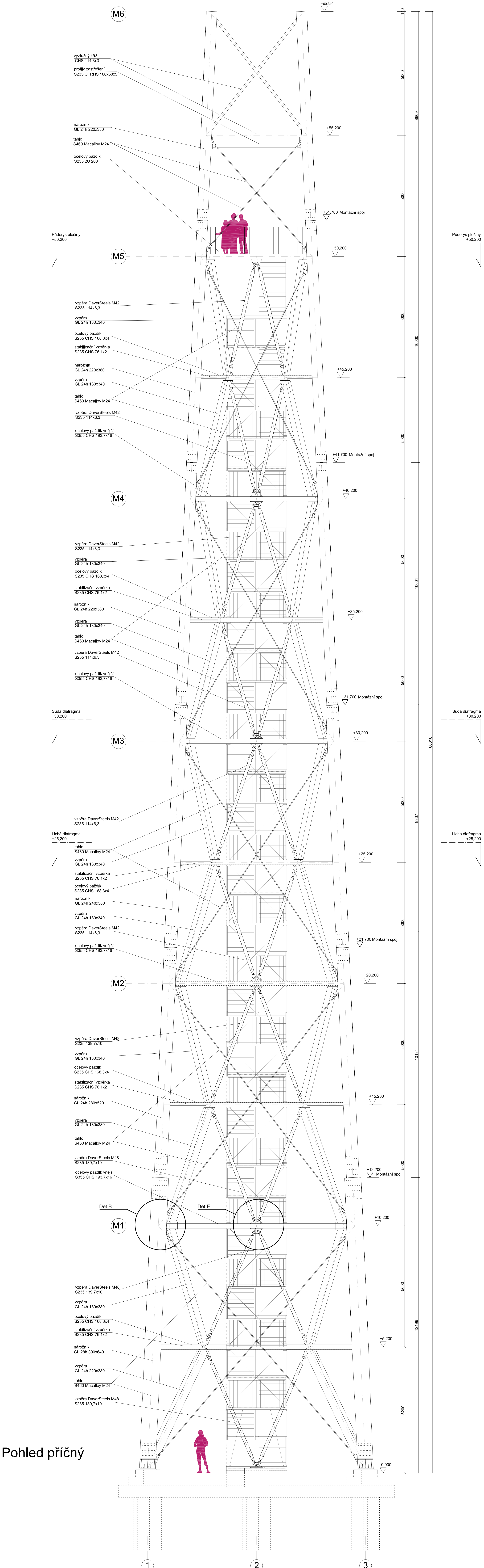
Lichá diafragma
+25,200



Sudá diafragma
+30,200



Axonometrie



Pohled příčný

Poznámky:
 Spojky: Sýtnkové plechy přípojky dřevěných prvků: z S355 II, 16 až 8 mm, svary S355
 Ostatní plechy: S355, S235, svary dle detailu B, do 40mm
 Ocelový svalelec: patky (garni M12) svalelec: z P14 S235
 Konečkový táhla a vzpěry a jejich spojovací plechy: dle standardů dodavatele (Macalloy, DaverSteels)
 Spojovací prostředky kování S355, přesně se svorníky 5.8 až 8.8
 Ocel: Prvky: S235 různých profilů, prvky S355 (v různých profilech)
 Beton: C 20 / 25, tolerance provedení základy 10mm
 Dřevo: Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lепенé lamelové dřevo

Tabulka kotvení:

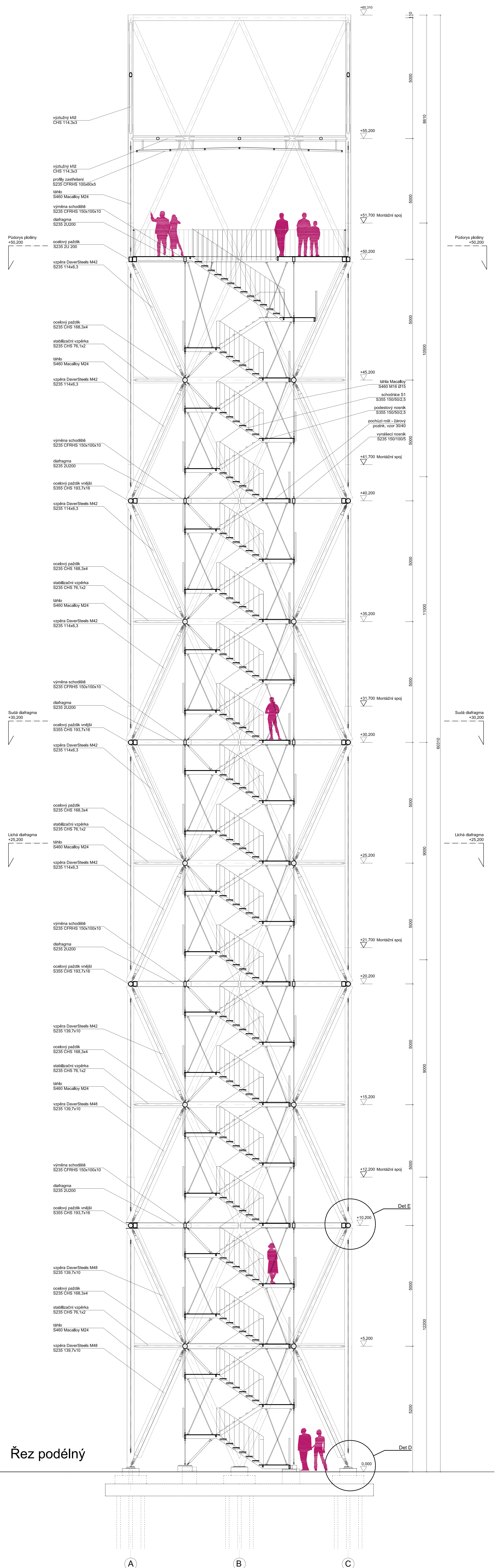
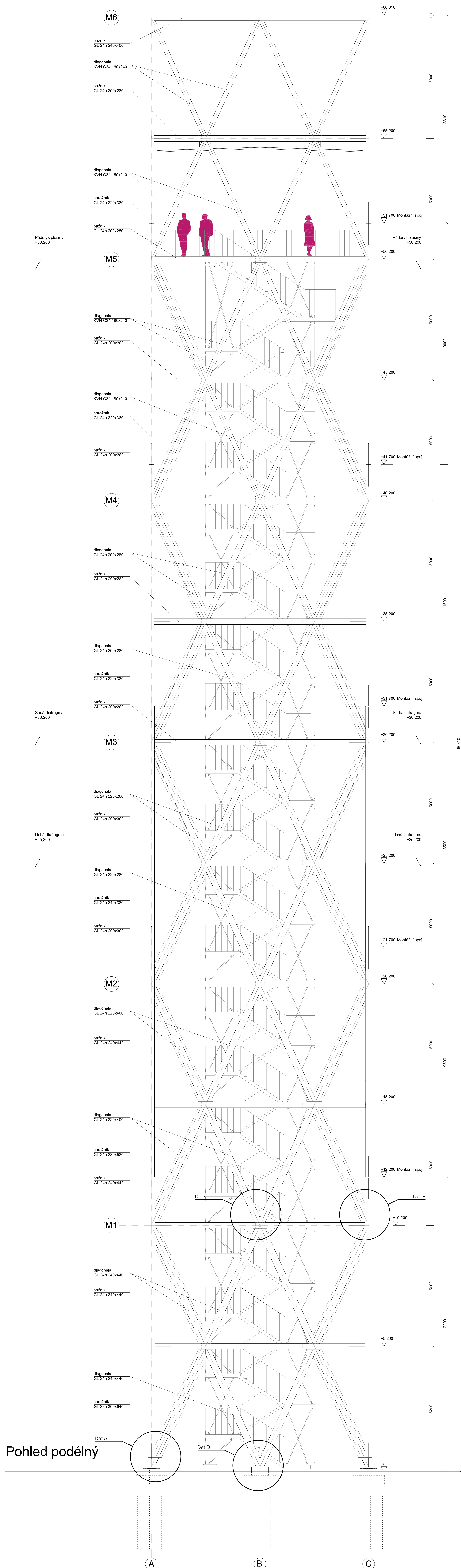
Reakce podpor náročníků:				
Podpora	Směr	R ₁	R ₂	R ₃
K1	kolmo	100,00	100,00	100,00
	podélně	72,00	100,00	100,00
	úhlopříčně	100,00	100,00	100,00
K2	kolmo	100,00	100,00	100,00
	podélně	72,00	100,00	100,00
	úhlopříčně	100,00	100,00	100,00

Reakce podpor diagonál:				
Podpora	Směr	R ₁	R ₂	R ₃
K2	kolmo	100,00	100,00	100,00
	podélně	72,00	100,00	100,00
	úhlopříčně	100,00	100,00	100,00

Reakce podpor vzpěr:				
Podpora	Směr	R ₁	R ₂	R ₃
K3	kolmo	100,00	100,00	100,00
	podélně	72,00	100,00	100,00
	úhlopříčně	100,00	100,00	100,00

Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
 Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

Výkres: 04.01 - Pohled boční, axonometrie, půdorys
 Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka
 Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, Ph.D.
 Rok: 2013 / 2014



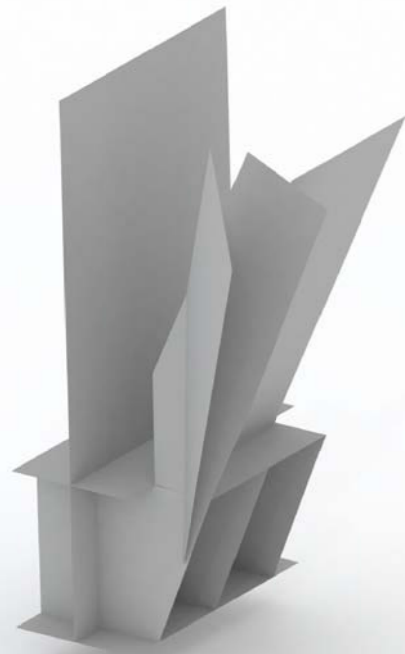
Pohled podélný

Řez podélný

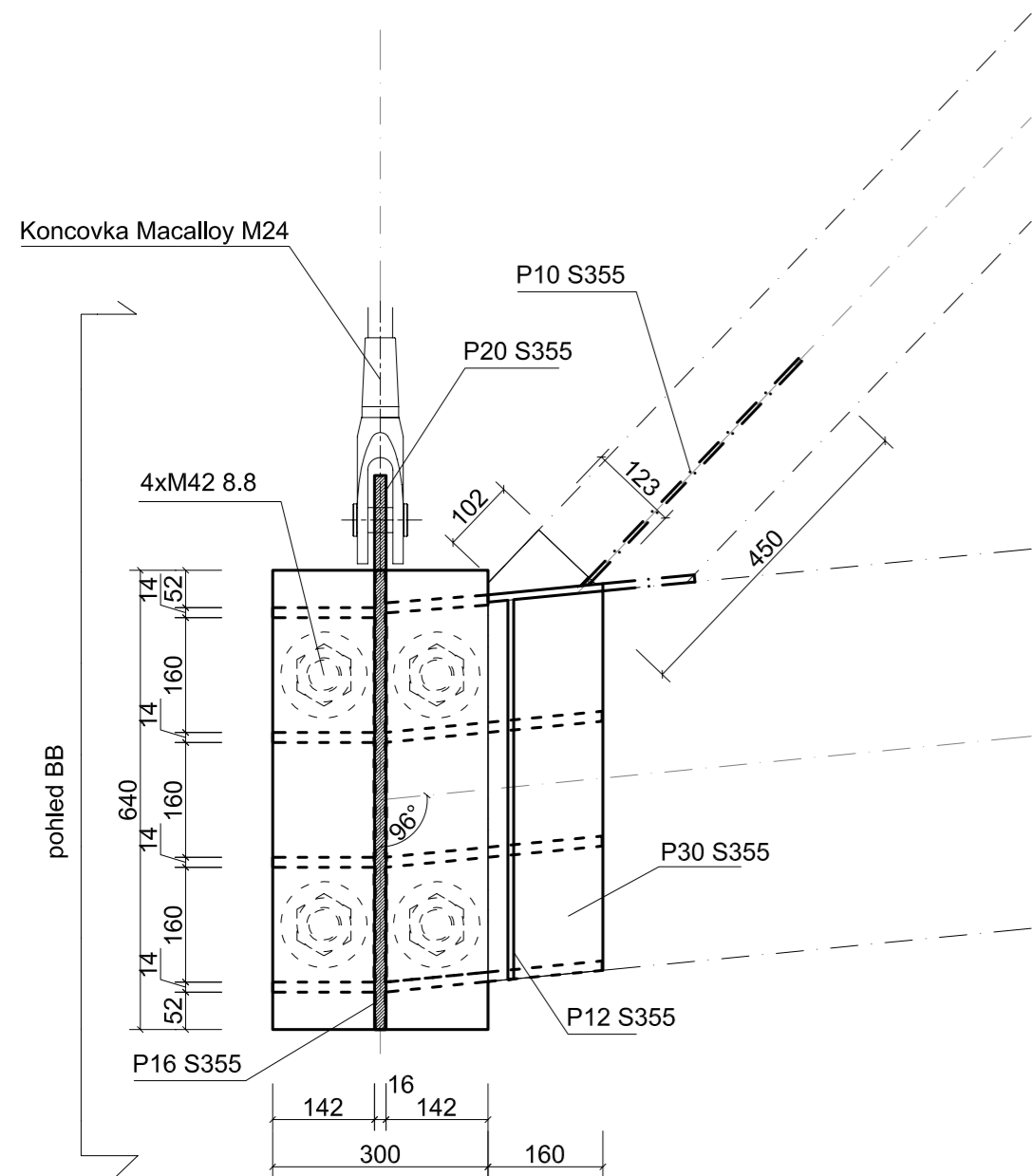
Poznámky:
 Spojky: Sýčkové plechy přilpějí dřevěným prvky: z S335 II, 16 až 8 mm, svary S335
 Ostatní plechy: S335, S235, svary dle detailu B, do 40mm
 Ocelový svalelec: patky (garní MIZ) svalelec: z P14 S235
 Konečkový táhla a vzpěry a jejich spojovací plechy: dle standardu dodavatele (Macalloy, Daversteels)
 Spojovací prostředky kolyky S335, přesné svorníky 5.8 až 8.8
 Ocel: Prvky: S235 různých profilů, prvky S335 i (různých profilů)
 Beton: C 20 / 25, tolerance provedení základů 10mm
 Dřevo: Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lепенé lamelové dřevo

Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
 Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

Výkres: 04.02 - Pohled čelní, řez
 Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka
 Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, Ph.D.
 Rok: 2013 / 2014

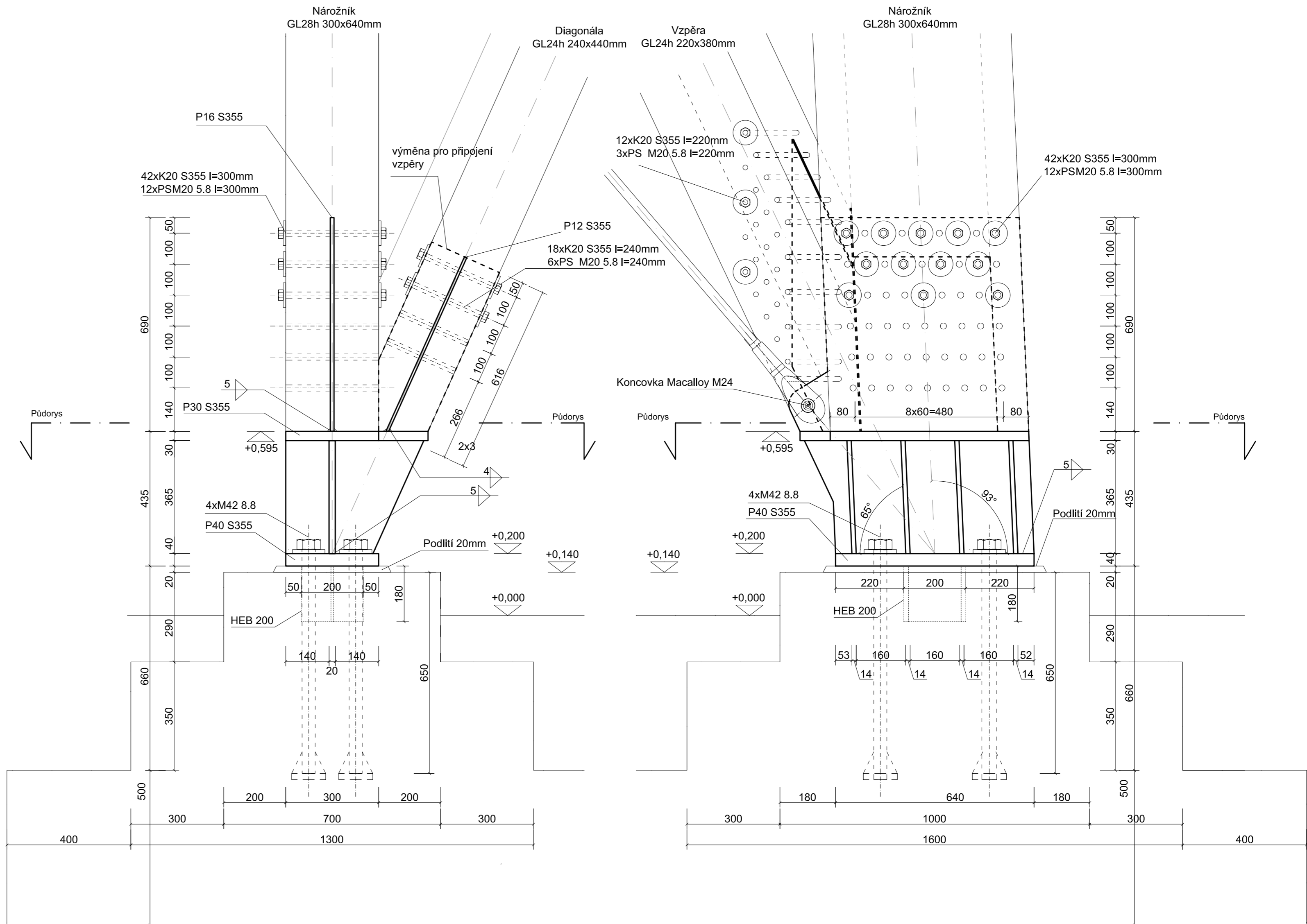


Axonometrie



pohled AA

Půdorys 1:10

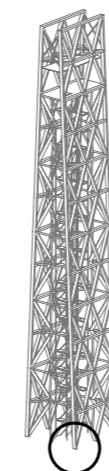


Pohled AA 1:10

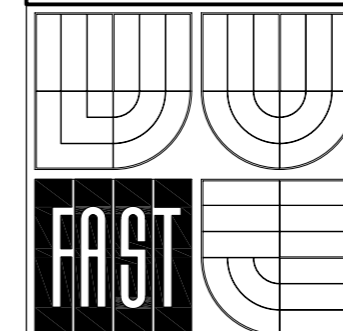
Pohled BB 1:10

Poznámky:

- Spojovací prvky: Styčnickové plechy připoju dřevěných prvků z S355 tl. 16 až 12mm (v místě koncovky táhla 20mm), svary S355
 Ostatní plechy: S355 tl. 30 až 40mm
 Koncovka táhla: dle standardů dodavatele (Macalloy M24)
 Kolíky S355, přesné svorníky 5.8.
 Ocelový svařenec patky (patní kříž): svařenec z P14 S235
 Táhlo Macalloy S460 M24
- Ocel: C 20 / 25, tolerance provedení základů 10mm
- Dřevo: Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lepené lamelové dřevo



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
 Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis



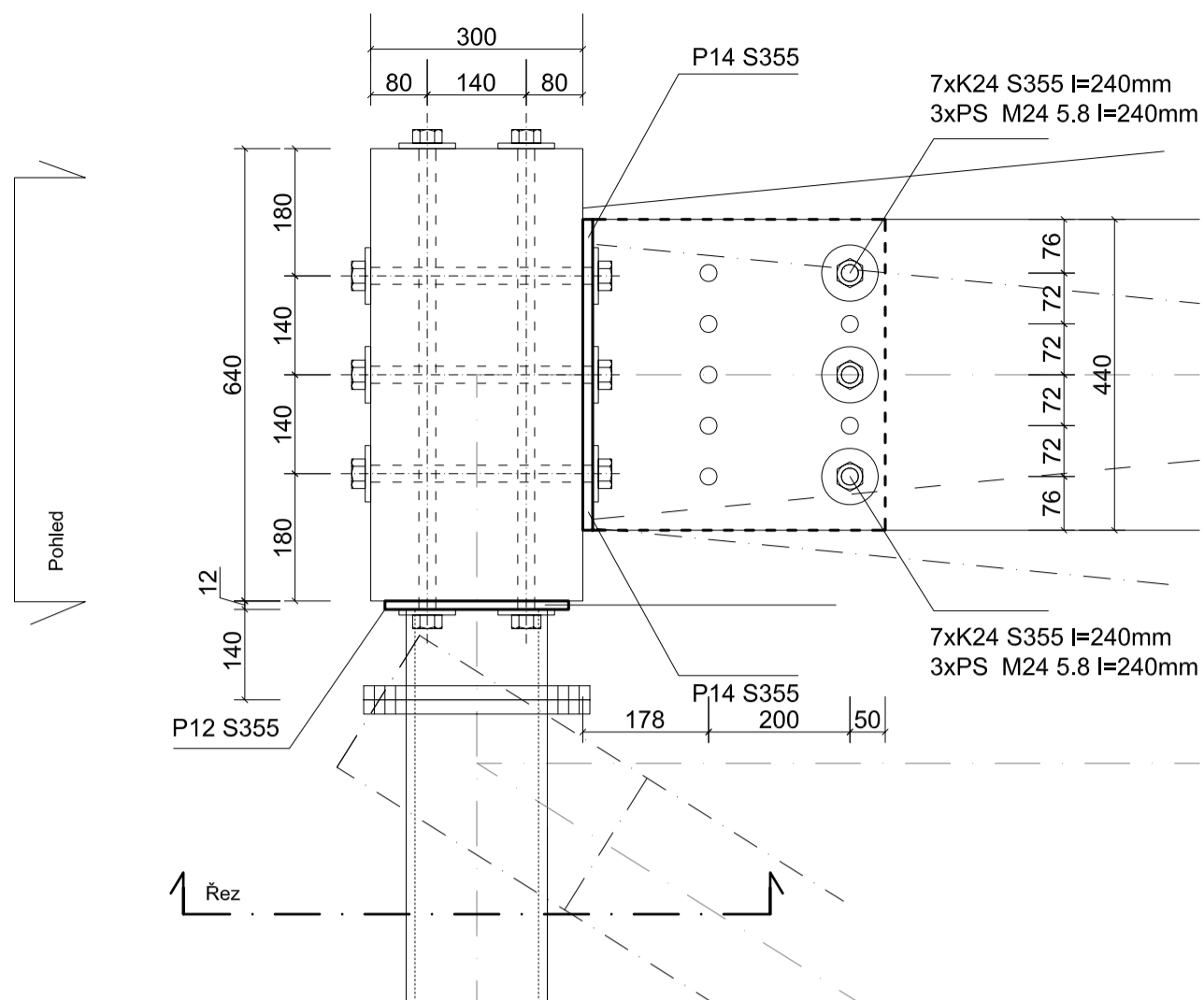
Výkres: 04.04 - Detail A / detail paty náročníku

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

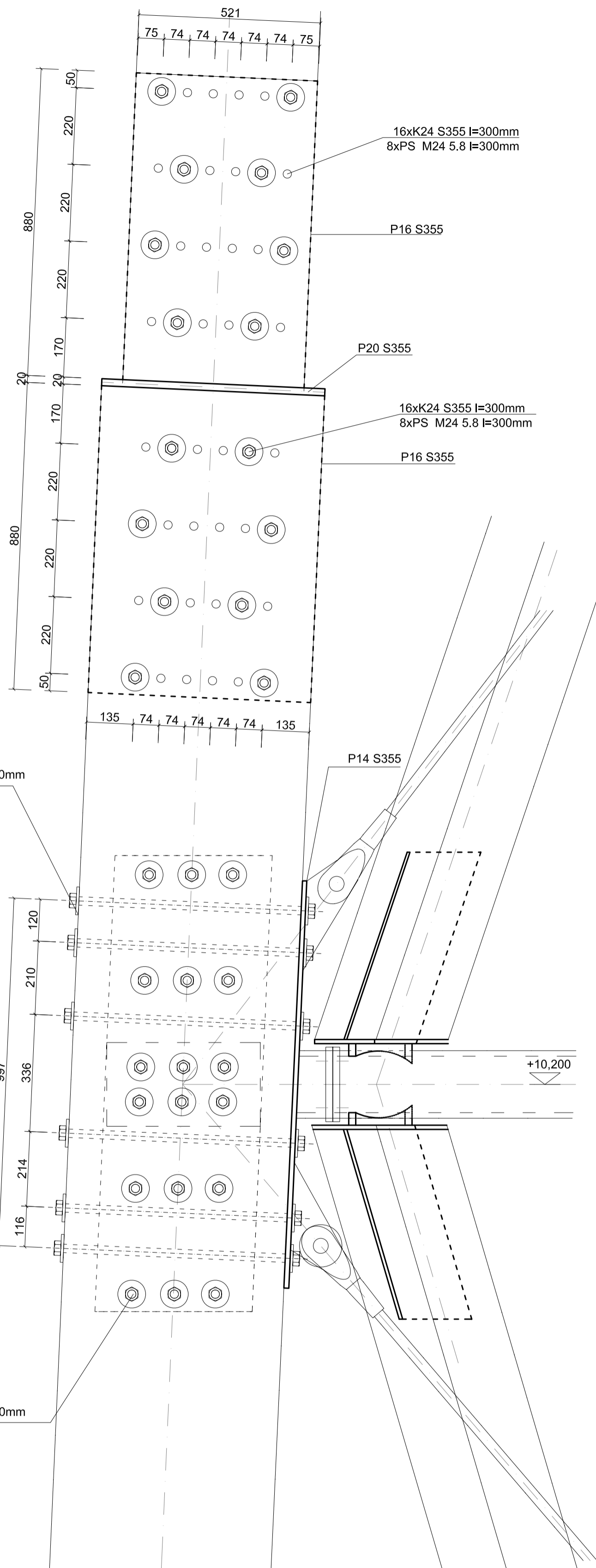
Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014

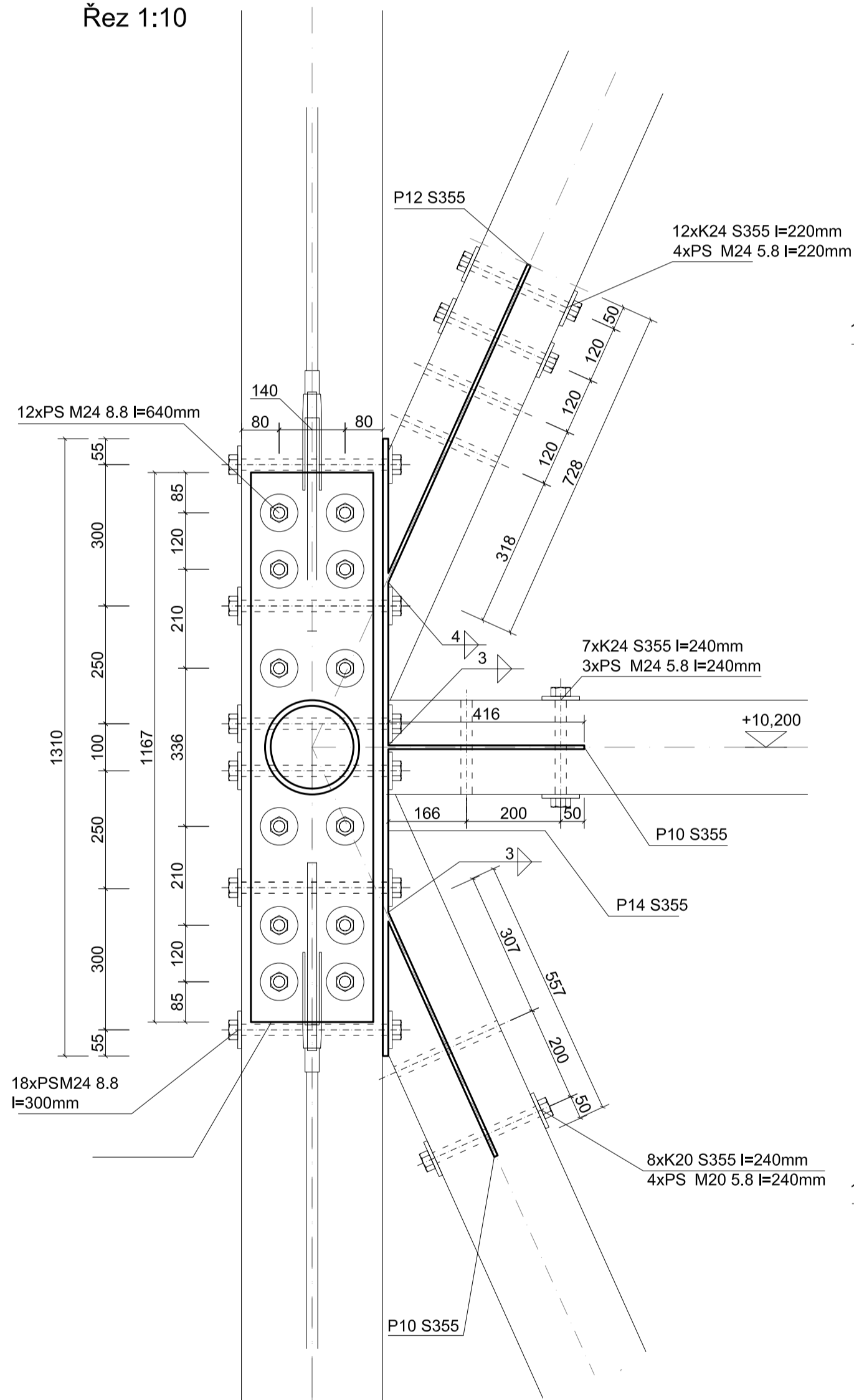
Půdorys 1:10



Pohled 1:10



Řez 1:10



12xPS M24 8.8 I=640mm

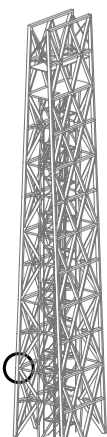
18xPS M24 8.8 I=300mm

Poznámky:

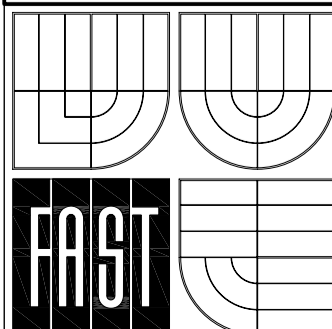
Spojovací prvky: Styčnickové plechy připojují dřevěných prvků z S355 tl. 16 až 10mm
Ostatní plechy: S355 tl. 14mm
Koncovka táhla: dle dodavatele standardů dodavatele (Macalloy M24),
styčnickový plech tloušťky 20mm

Ocel: Materiál pažďíku: S355, táhlo S460

Dřevo: Náročník GL28h, ostatní GL 24h, výrobní tolerance dle
ČSN EN390 Lepené lamelové dřevo



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce
Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

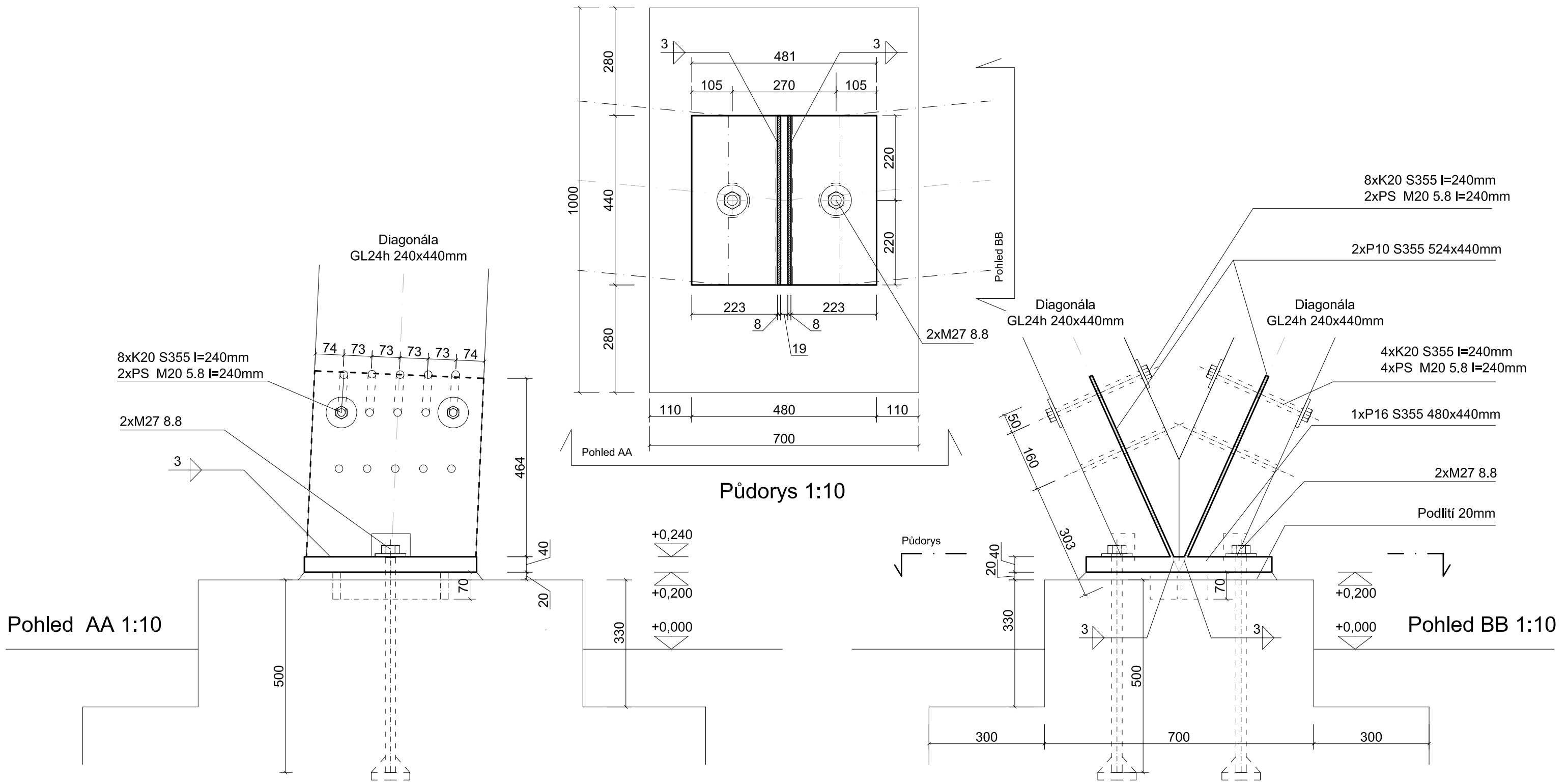


Výkres: 04.05 - Detail B / detail styčnicku náročníku

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014

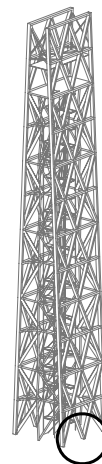


Poznámky:

Spojovací prvky: Styčnickové plechy připojuj dřevěných prvků z S355 tl. 10mm svary S355
Patní plechy: S355 tl. 40mm
kolíky S355, přesné svorníky 5.8

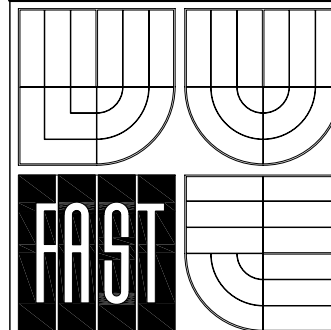
Beton: C 20 / 25, tolerance provedení základů 10mm

Dřevo: GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lepené lamelové dřevo



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce

Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis

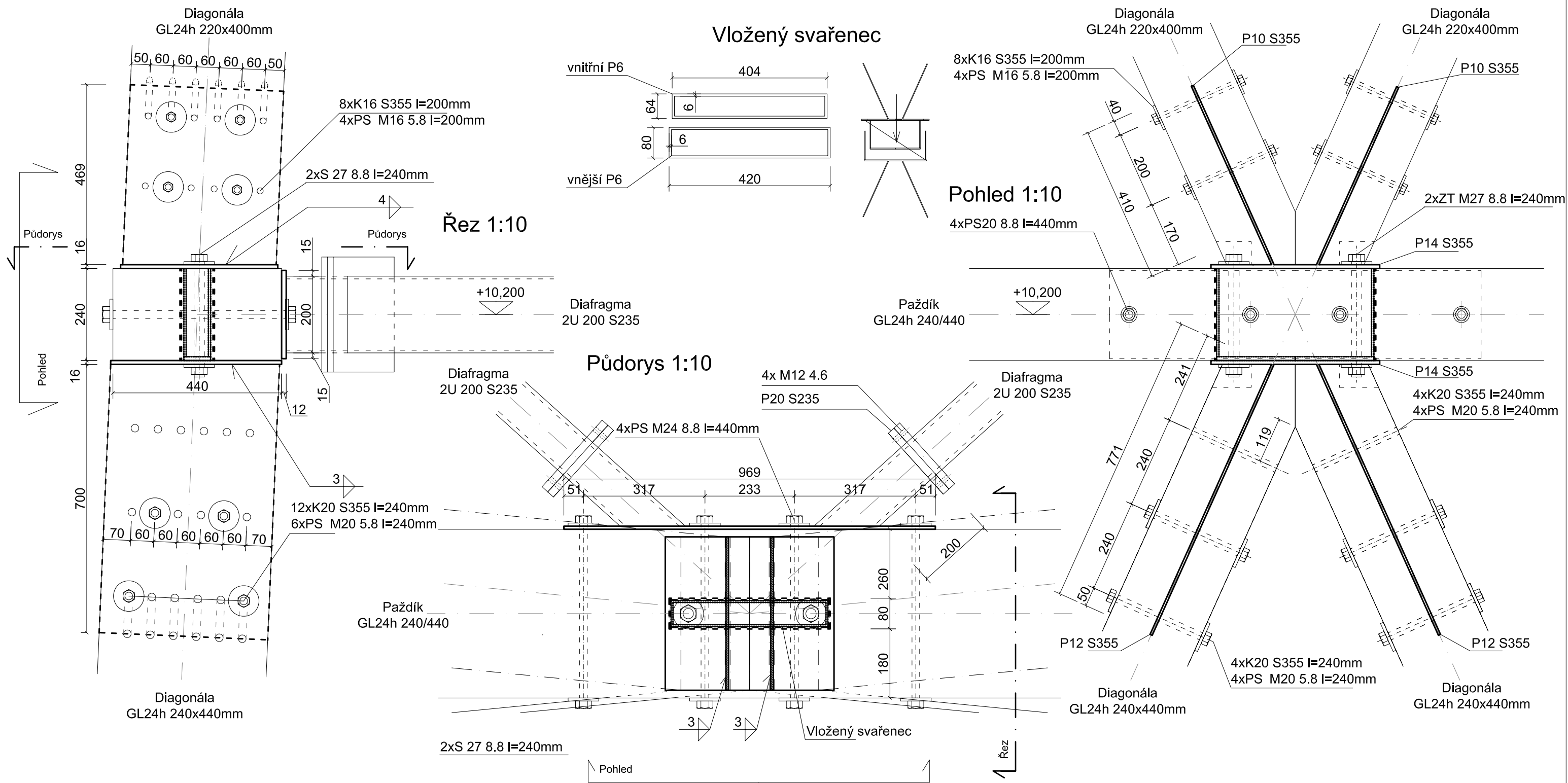


Výkres: 04.06 - Detail D / detail kotvení diagonál

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

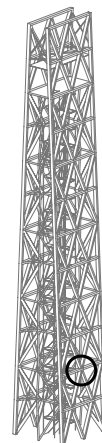
Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014



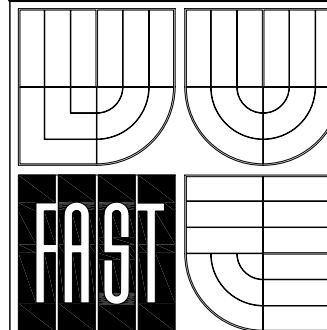
Poznámky:

- Spojovací prvky: Styčnickové plechy připojují dřevěných prvků z S355 tl. 12 až 10mm
 Ostatní plechy: S355 tl. 12 až 14
 Vnitřní styčnickový svařenec: S235
 Kolíky S355, přesné svorníky 5.8 a 8.8
- Ocel: 2U 200 svařená do krabice
- Dřevo: GL 24h, výrobní tolerance dle ČSN EN390 Lepené lamelové dřevo



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce

Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis



Výkres: 04.07 - Detail C / detail středního styčnicku podélné vazby

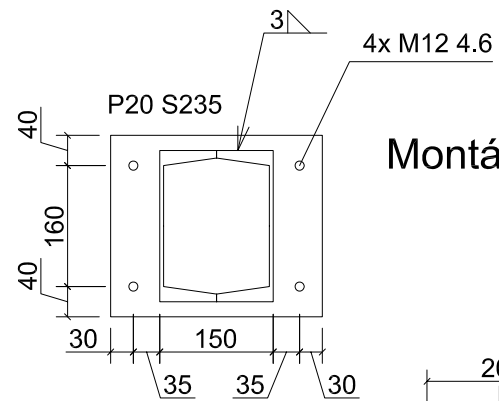
Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014

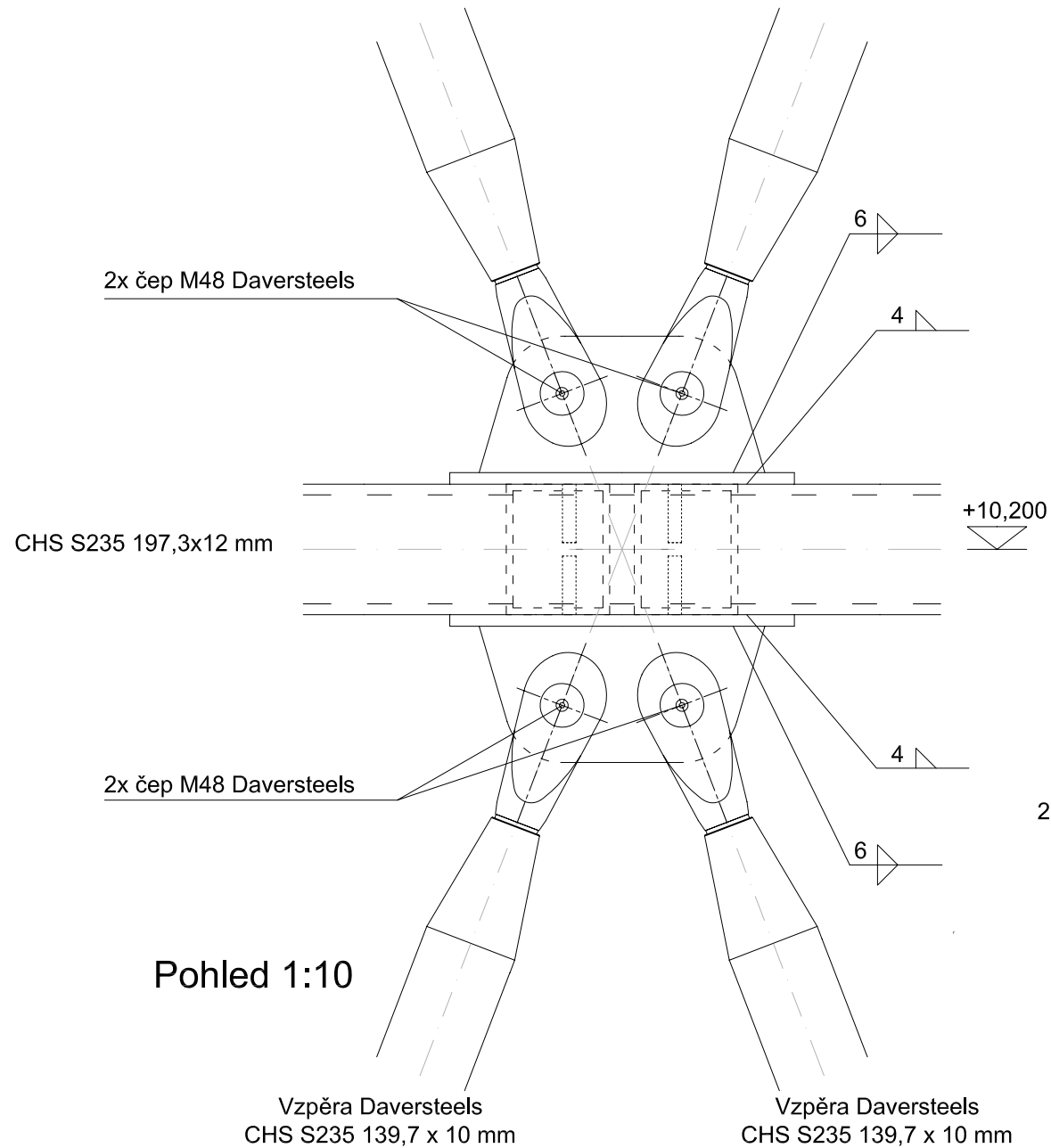
Vzpěra Daversteels
CHS S235 139,7 x 10 mm

Vzpěra Daversteels
CHS S235 139,7 x 10 mm

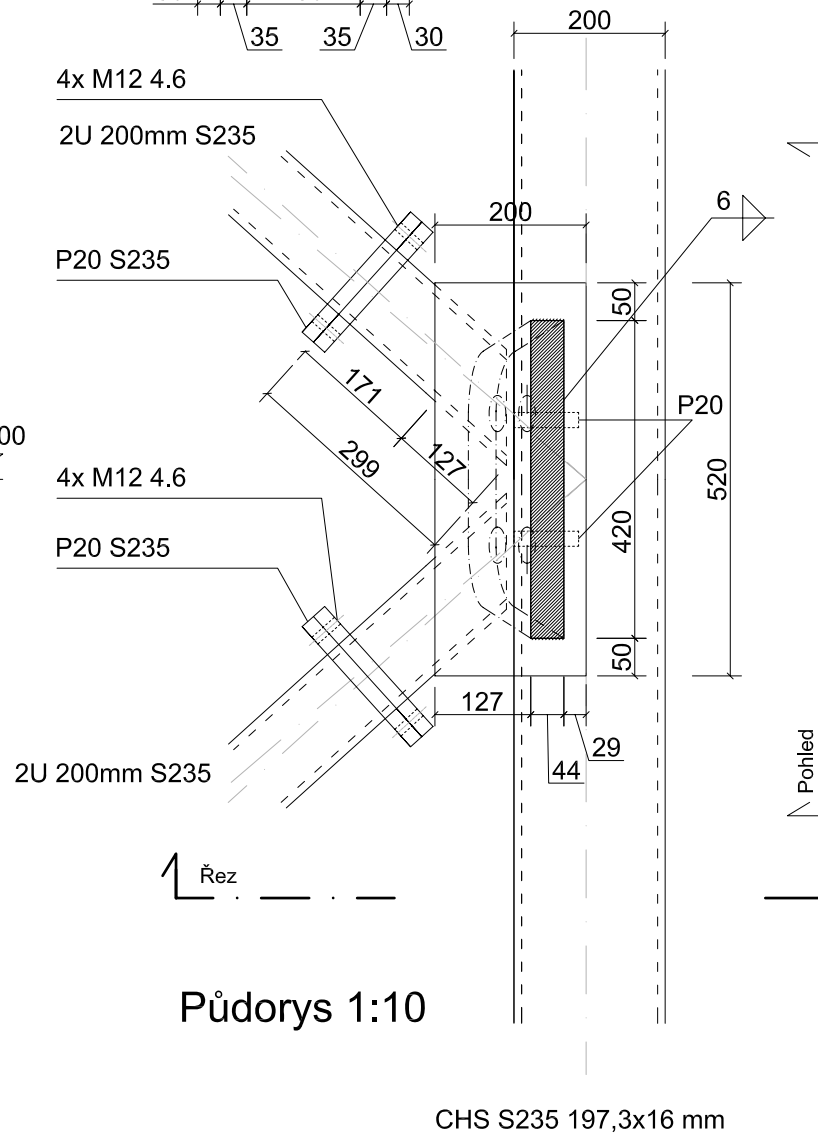


Montážní spoj 1:10

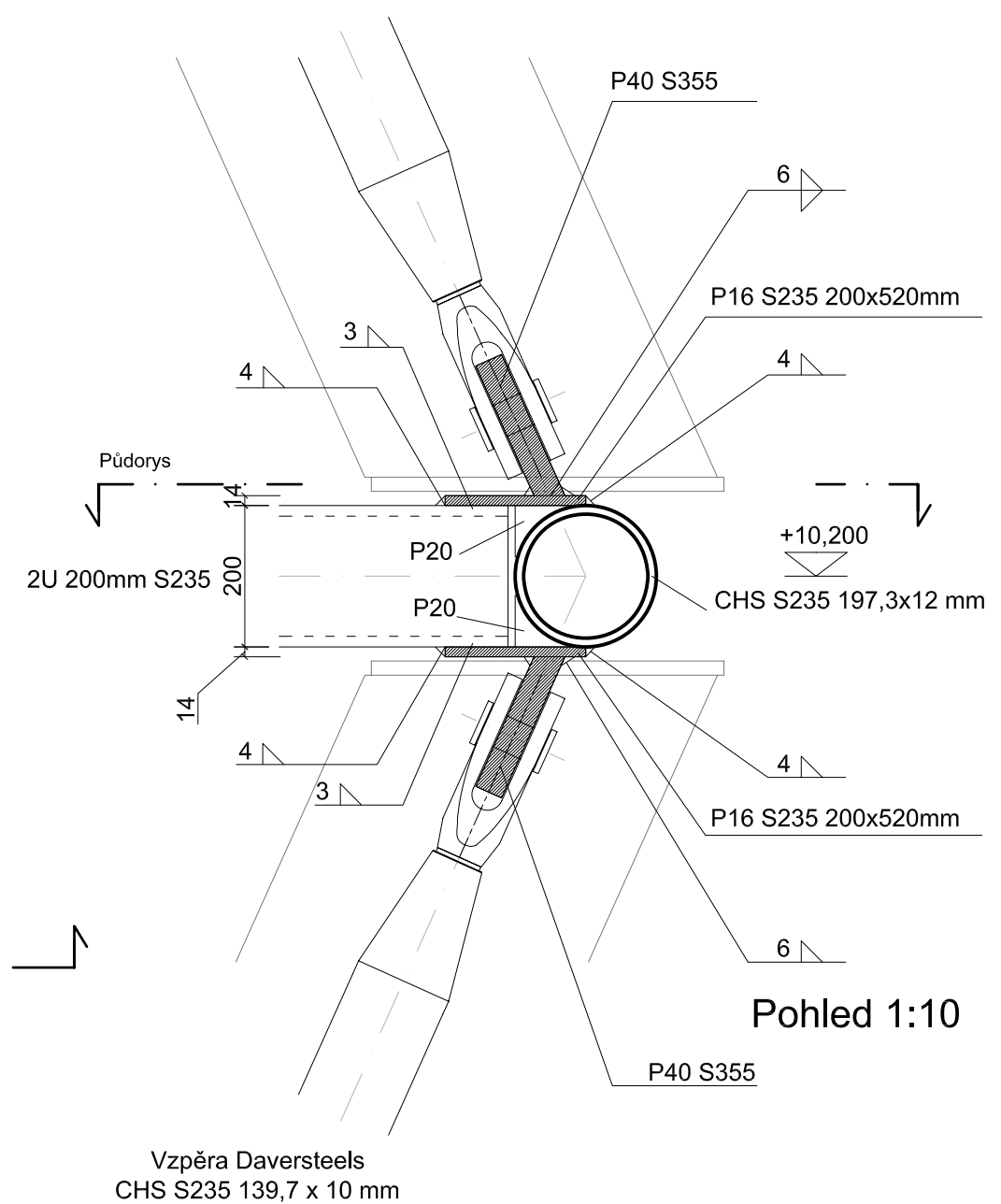
Vzpěra Daversteels
CHS S235 139,7 x 10 mm



Pohled 1:10



Půdorys 1:10

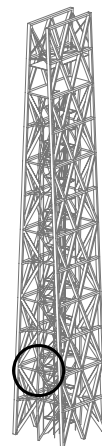


Pohled 1:10

Poznámky:

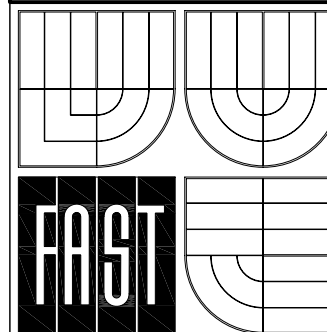
Materiály: Styčnickové plechy vzpěr: P40 S355
 Ostatní styčnickové plechy: P16 S235
 Pevnostní třída svarů: S235
 Čepy vzpěr: M48 dle standardů dodavatele (Daversteels)

Ocel: S355 CHS 193, 7 / 16mm
 S235 CHS 139,7 / 10mm Daversteels



Vyhlídková věž v oblasti jihovýchodní Moravy - Diplomová práce

Timber Structure of a View Tower in Southeast Moravia - Master's Thesis



Výkres: 04.08 - Detail E / detail styčnicku příčné vazby

Autor práce / Author: Ing. arch. Jan Vrbka

Vedoucí práce / Supervisor: Ing. Milan Šmak, PhD.

Rok: 2013 / 2014

BRNO 2014

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI JIHOVÝCHODNÍ MORAVY

05 Orientační výkaz výměr

05.A Souhrn

05.B Výkaz hlavní konstrukční části

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. ARCH. JAN VRBKA

BRNO 2014

05.A Souhrn

Schodiště	17 800 kg
Zasklení střechy	2 430 kg
Rošty a zábradlí vyhlídkové plošiny	2 000 kg
Hmotnost spojovacích prvků (odhad)	15 000 kg
Hmotnost hlavních konstrukčních částí	55 132 kg
Celkem	92 362,0 kg

05.B Hlavní konstrukční část

1. Výkaz navrhovaných materiálů

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [mm ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>			
Celkový součet :	55385,8	1707,592	9,5310e+10

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [mm ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>				
S 460 Tendon	953,1	20,238	7850,0	1,2141e+08
S 235	14415,5	276,053	7850,0	1,8364e+09
S 355	4733,8	47,684	7850,0	6,0304e+08
C24	2507,5	143,988	350,0	7,1643e+09
GL24h	29308,9	1136,831	380,0	7,7129e+10
GL28h	3467,0	82,800	410,0	8,4562e+09

2. Výkaz navrhovaných průřezů

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [mm ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>			
Celkový součet :	55385,8	1707,592	9,5310e+10

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [mm ³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>							
Narozník1 - OBDEL (300; 640)	GL28h	78,7	44,043	3467,0	82,800	410,0	8,4562e+09
Narozník3 - OBDEL (280; 520)	GL24h	55,3	40,039	2215,3	64,062	380,0	5,8296e+09
Narozník5 - OBDEL (240; 380)	GL24h	34,7	40,039	1387,6	49,648	380,0	3,6515e+09
Diagonala1 - OBDEL (240; 440)	GL24h	40,1	87,797	3523,1	119,405	380,0	9,2714e+09
Diagonala3 - OBDEL (220; 400)	GL24h	33,4	87,797	2935,9	108,869	380,0	7,7262e+09
Diagonala5 - OBDEL (220; 280)	GL24h	23,4	87,797	2055,2	87,797	380,0	5,4083e+09
Diagonala7 - OBDEL (200; 280)	GL24h	21,3	87,797	1868,3	84,286	380,0	4,9167e+09
Pazdik1 - OBDEL (240; 440)	GL24h	40,1	36,000	1444,6	48,960	380,0	3,8016e+09
Pazdik3 - OBDEL (200; 440)	GL24h	33,4	36,000	1203,8	46,080	380,0	3,1680e+09
Pazdik5 - OBDEL (200; 300)	GL24h	22,8	36,000	820,8	36,000	380,0	2,1600e+09
Pazdik7 - OBDEL (200; 280)	GL24h	21,3	90,000	1915,2	86,400	380,0	5,0400e+09
DiafragmaHlavni - 2U komora (U200)	S 235	50,6	90,460	4573,1	63,322	7850,0	5,8256e+08
DiafragmaPripojSch - CFRHS150X100X10	S 235	33,4	27,200	909,0	12,430	7850,0	1,1579e+08
Platforma tramy - CFRHS150X50X6	S 235	17,0	18,100	307,3	6,860	7850,0	3,9150e+07
KrizeVrchVert - CFCHS114.3X3	S 235	8,2	56,638	466,4	20,333	7850,0	5,9413e+07
PazdikOcelVnejsi - CHS193.7/16.0	S 355	70,1	54,400	3813,5	33,130	7850,0	4,8579e+08
Vzpera2 - OBDEL (180; 380)	GL24h	26,0	45,656	1186,7	51,135	380,0	3,1229e+09
Narozník7 - OBDEL (220; 380)	GL24h	31,8	40,039	1272,0	48,046	380,0	3,3472e+09
Narozník9 - OBDEL (220; 380)	GL24h	31,8	40,039	1272,0	48,046	380,0	3,3472e+09
Narozník11 - OBDEL (220; 380)	GL24h	31,8	36,035	1144,8	43,242	380,0	3,0125e+09
Diagonala9 - OBDEL (180; 240)	C24	15,1	87,797	1327,5	73,750	350,0	3,7929e+09
Diagonala11 - OBDEL (160; 240)	C24	13,4	87,797	1180,0	70,238	350,0	3,3714e+09
VzperaDaversteelsM42 - CHS114.3/6.3	S 235	16,8	136,191	2287,9	48,893	7850,0	2,9145e+08
Vzpera4 - OBDEL (180; 340)	GL24h	23,3	156,886	3648,5	163,161	380,0	9,6014e+09
VzperaDaversteelsM48 - CHS139.7/10.0	S 235	31,9	93,561	2989,2	41,073	7850,0	3,8079e+08
PazdikOcelVnitri - CFCHS168.3X4	S 235	16,2	77,000	1248,2	40,733	7850,0	1,5900e+08
VzperkaStabNar - CFCHS76.1X2	S 235	3,7	56,821	207,9	13,580	7850,0	2,6479e+07
StriskaTram - CFRHS100X60X5	S 235	11,3	43,200	487,0	13,090	7850,0	6,2035e+07
Striska Pripojeni - CFCHS60.3X4	S 235	5,5	3,600	20,0	0,680	7850,0	2,5452e+06
Platforma pazdik - 2U komora (UPE200)	S 235	45,5	9,200	418,9	6,624	7850,0	5,3360e+07
Platforma diafragma - 2U komora (UPE200)	S 355	45,5	20,215	920,4	14,555	7850,0	1,1725e+08
Vzpera1 - OBDEL (220; 380)	GL24h	31,8	23,877	758,5	28,652	380,0	1,9961e+09
Pazdik12 - OBDEL (240; 400)	GL24h	36,5	18,000	656,6	23,040	380,0	1,7280e+09
TahloMacalloy - Kruh (24)	S 460 Tendon	3,6	268,425	953,1	20,238	7850,0	1,2141e+08
Platforma tramy vetsi - CFRHS150X100X8	S 235	27,7	18,100	500,7	8,435	7850,0	6,3784e+07