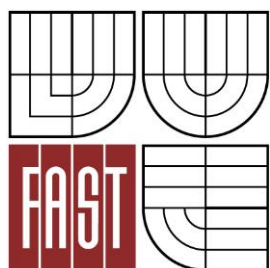




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍ HALY VE VSETÍNĚ

THE ROOF STRUCTURE OF THE SPORT HALL IN VSETÍN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ADAM CHLOUPEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program

B3607 Stavební inženýrství

Typ studijního programu

Bakalářský studijní program s prezenční formou studia

Studijní obor

3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Pracoviště

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student

Adam Chloupek

Název

Zastřešení sportovní haly ve Vsetíně

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Milan Šmak, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce**

30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce**

27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

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

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

Podklady a literatura

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ÈSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ÈSN EN 1991 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí"

ÈSN EN 1993 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí"

ÈSN EN 1995 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí"

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné konstrukce zastřešení víceúčelové sportovní haly ve Vsetíně. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu.

Půdorysné rozměry haly uvažujte 76x35m. Vypracujte v alternativním uspořádání konstrukce.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího práce

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné střešní konstrukce multifunkční sportovní haly ve Vsetíně ve Zlínském kraji. Konstrukce je navržena na půdorysné rozměry 76x35 m. Cílem práce je navrhnout a srovnat návrhy konstrukce provedené ze dřeva a oceli.

KLÍČOVÁ SLOVA

dřevěná nosná konstrukce, ocelová nosná konstrukce, střešní konstrukce, příhradová konstrukce, ložisko, zastřešení sportovní haly, světlík, lepené lamelové dřevo, detaily.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design of the roof load-bearing structure of the multifunctional sports hall in Vsetín, Zlín region. The structure was designed for dimensions of 76x35 metres. The aim of the work is to design and compare both designed alternatives made of timber and steel.

KEYWORDS

timber load-bearing structure, steel load-bearing structure, roof structure, truss structure, bearing, roofing of a sports hall, skylight, glue laminated timber, details.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

CHLOUPEK, Adam. *Zastřešení sportovní haly ve Vsetíně*. Brno, 2016. 20 s.,
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a
dřevěných konstrukcí. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Šmak, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně 27.5.2016

.....
podpis autora

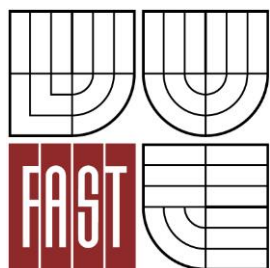
Adam Chloupek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za jeho přínos a cenné rady při vypracovávání této práce. Jeho vstřícnost mi byla velkou oporou. Dále bych také rád poděkoval rodině a mým blízkým za podporu během celé doby studia.



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

ADAM CHLOUPEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2016

Obsah

1. ÚVOD	10
2. NORMATIVNÍ PODKLADY	10
3. POPIS KONSTRUKCE	10
4. PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE	12
5. POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	12
6. ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE ZATÍŽENÍ	13
7. OCHRANA KONSTRUKCE	14
8. KONSTRUKČNÍ PRVKY	14
9. POPIS MONTÁŽE	16
10. ZÁVĚR.....	16
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY	17
12. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	18
13. PŘÍLOHY	21

1 ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je návrh nosné střešní konstrukce sportovní haly ve Vsetíně. Konstrukce je navržena na půdorysné rozměry 34 x 75 m a respektuje prostorové nároky na hrací plochu jednotlivých sportů tak, aby zde bylo možné pořádat oficiální sportovní akce. Nosná konstrukce se uvažuje jako pohledová.

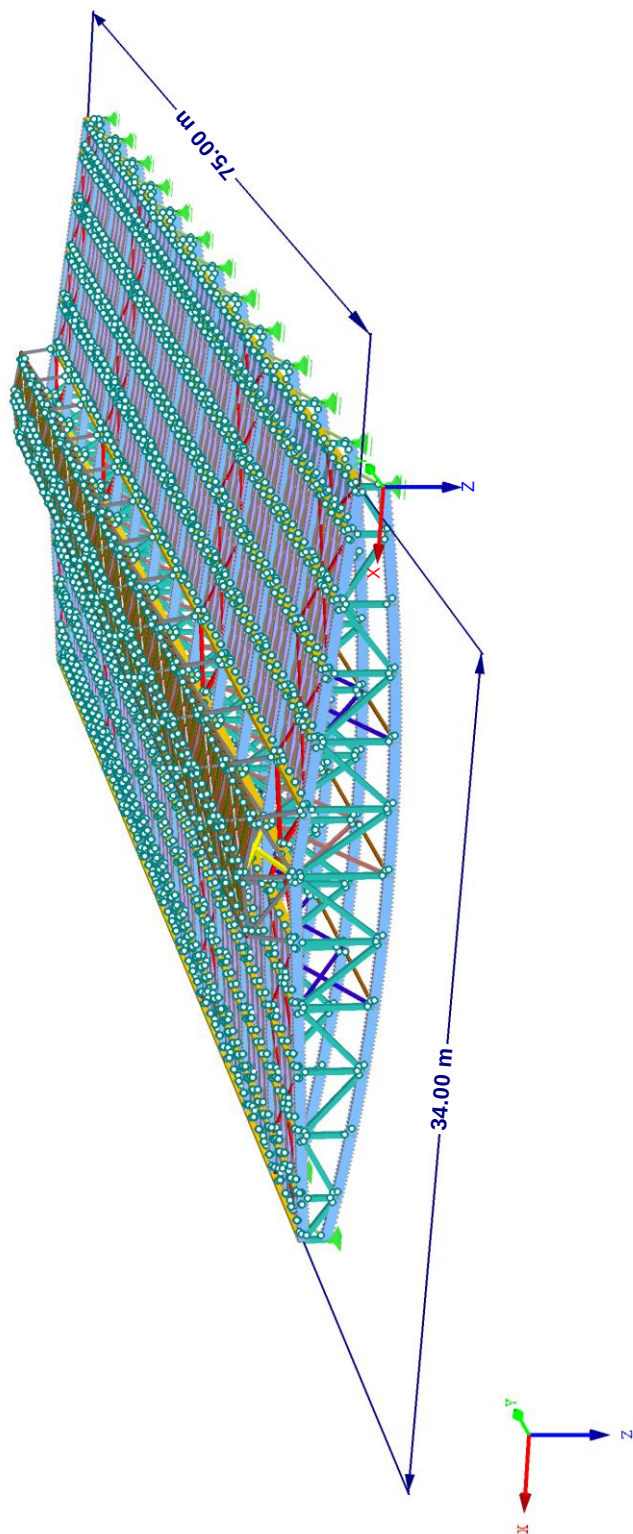
2 NORMATIVNÍ PODKLADY

- 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 1991-1-3 – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995-1-1 – Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 14080 – Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo – Požadavky

3 POPIS KONSTRUKCE

Nosná konstrukce zastřešení je navržena z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL28h a lepeného rostlého dřeva pevnostní třídy C24 (KVH profily). Sestává se z 13 příčných vazeb. Příčné vazby jsou tvořeny příhradovými nosníky. Střecha je sedlová se sklonem 5°, ve vrcholu se nachází světlík, který prochází po celé hřebene se sklonem střechy 9°.

Konstrukce je uložena na stěnách objektu na elastomerových ložiscích. Zatížení je přenášeno krokvi (C24) do vaznic (GL28h) a dále do horního pásu příhradové konstrukce. Krokve i vaznice působí jako kloubově uložené prosté nosníky. Prostorovou tuhost celého konstrukčního systému zajišťují podélná a střešní ztužidla.



(Obr 1 – model konstrukce)

4 PŘEDPOKLADY NÁVRHU

Ověření prvků nosné konstrukce zastřešení je provedeno na:

- Mezní stav únosnosti (včetně uvážení vlivu ztráty stability) – uvažuje se nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení. Mezní hodnoty odolnosti dřevěných prvků byly uvažovány ve smyslu norem pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24 a pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL28h.
- Mezní stav použitelnosti – uvažuje se nejnepříznivější z kombinací charakteristických a kvazistálých hodnot zatížení. Mezní hodnoty odolnosti byly uvažovány ve smyslu norem pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24 a pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL28h.

Nosná dřevěná konstrukce byla dimenzována na následující proměnná zatížení:

- Klimatické zatížení větrem s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25 \text{ m.s}^{-1}$, odpovídající II. větrové oblasti a kategorii terénu II. (podle ČSN EN 1991-1-4)
- Klimatické zatížení sněhem s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_{k,0} = 2,0 \text{ kN.m}^{-2}$, odpovídající IV. sněhové oblasti (podle ČSN EN 1991-1-3)

Materiálové charakteristiky lepeného lamelového a rostlého lepeného dřeva se uvažují pro třídu provozu 1 dle norem ČSN EN 1995-1-1 a ČSN EN 14080.

Návrh a ověření ostatních konstrukcí, jako je např. nosná betonová konstrukce a její základy nebo zasklení světlíku, nebylo předmětem této bakalářské práce.

5 POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Statická analýza konstrukce byla provedena metodou konečných prvků v programu Dlubal RFEM 5.04. Výpočtem byl proveden na prostorovém prutovém modelu dřevěné konstrukce na zatížení stanovená v kapitole 4. Statický výpočet byl proveden jako lineární.

Softwarem byly na základě zadaných parametrů a okrajových podmínek vypočítány hodnoty vnitřních sil a deformací na každém prvku. Posouzení mezního stavu únosnosti a použitelnosti nosných konstrukcí jako celku i jejich jednotlivých prvků bylo provedeno v souladu s normativním dokumentem ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí.

6 ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Výše uvedená zatížení byla rozdělena do příslušných zatěžovacích stavů:

- ZS1 – Vlastní tíha konstrukce (generovaná programem)
- ZS2 – Ostatní stálé zatížení (tíha střešního pláště + tíha technologického vybavení) – uvažováno charakteristickou hodnotou $g_k = 1,00 \text{ kN.m}^{-2}$
- ZS3 – Sníh plný
- ZS4 – Sníh levý
- ZS5 – Sníh pravý
- ZS6 – Sníh navátý
- ZS7 – Vítr příčný
- ZS8 – Vítr podélný
- ZS9 – Stabilitní zatížení

Tyto zatěžovací stavy byly kombinovány podle kombinačních pravidel uvedených v ČSN EN 1990.

- Mezní stav únosnosti – rovnice 6.10

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

- Mezní stav použitelnosti – charakteristická kombinace

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

- Mezní stav použitelnosti – častá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot (1 + k_{def}) + Q_{k,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) + \sum_{i > 1} Q_{k,i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$$

7 OCHRANA KONSTRUKCE

Veškeré posuzované prvky nosné konstrukce musí být opatřeny ochrannými prostředky proti biotickým činitelům, splňujícími požadavky na ochranu dřeva v daném prostředí. Současně je potřeba vyhovět hygienickým požadavkům a požadavkům na estetický vzhled konstrukce. Ocelové prvky (včetně spojovacích) budou chráněny vrstvou pozinkování.

8 KONSTRUKČNÍ PRVKY

Prvek	Materiál	Dimenze
Vazník - horní a dolní pás	GL 28h	240x440
Vazník - svislice, diagonály	GL 28h	240x240
Vaznice	GL 28h	220x420
Vaznice světlíku	GL 28h	200x260
Světlík	C24 (KVH)	120x180
Krokev	C24 (KVH)	100x160
Krokev světlíku	C24 (KVH)	80x120
Podélná ztužidla	C24 (KVH)	100x120, 140x140, 140x160, 180x180, 140x100
Střešní ztužidla	C24 (KVH)	160x180
Střešní ztužidla světlíku	C24 (KVH)	120x120

Střešní plášť

Konstrukce střešního pláště je tvořena plechovou krytinou tl. 0,8 mm (titan-zinek) uloženou na hydroizolaci a tepelné izolaci o celkové tl. 260 mm (Foamglass). Zatížení ze střechy je do krokví přenášeno pomocí bednění z OSB desek o tloušťce 18 či 22 mm (různá tloušťka z důvodu možnosti navátého sněhu před světlíkem).

Krokev a krokev světlíku

Krokve jsou navrženy z rostlého jehličnatého dřeva pevnostní třídy C24 (KVH) obdélníkového průřezu 120x180 a 80x120 mm. Krokve jsou prostě uloženy na vaznice v osově vzdálenosti 0,625 m. Rozpětí krokví je 2,0, 2,7 a 3,0 m.

Vaznice, vaznice světlíku

Vaznice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL28h, obdélníkového průřezu 220x420 a 200x260 mm. Vaznice přebírají akce krokví. Vaznice jsou kloubově uloženy na vazníky na horním povrchu. Osová vzdálenost vaznic je 3 m, respektive 2 m. Vaznice jsou navrženy na rozpětí osově vzdálenosti vazníků, tj. 6,25 m.

Střešní ztužidlo

Ztužidla v rovině střechy jsou dimenzována na přenos účinků od větru a na přenos stabilitních sil vyvolaných vybočením tlačení pásu vazníku. Ztužidla jsou navržena obdélníkového průřezu 160x180 a čtvercového průřezu 120x120 mm.

Podélná ztužidla

Podélná ztužidla ztužují konstrukci v podélném směru a jsou navržena z obdélníkových profilů 140x160 a 140x100 mm a z čtvercových profilů 140x140, 100x100 a 180x180 mm.

Vazník

Vazník se skládá ze zakřiveného dolního pásu o poloměru 97m, horního pásu a výplňových svislic a diagonál z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL28h, horní pás je ve sklonu 5°.

Svislice a diagonály jsou navrženy ze čtvercového průřezu 240x240 mm, šířka je z estetických důvodů totožná se šířkou horního a dolního pásu.

Ve vrcholu se nachází světlík, který prochází po celé hřebene se sklonem střechy 9°. Nosné prvky světlíku jsou tvořeny obdélníkovým průřezem 120x180mm z materiálu C24 (KVH)

Uložení

Uložení na spodní nosnou konstrukci je provedeno elastomerovým ložiskem Helmos o výšce 30mm.

9 POPIS MONTÁŽE

Hotové dílce konstrukce budou z výroby transportovány na místo stavby. Vzhledem k velikosti těchto dílců jsou navrženy montážní spoje pro snadnou přepravitelnost. Prvním krokem výstavby je sestavení vazníků. Tyto vazníky budou sešroubovány dohromady pomocí montážních styků na zemi, poté budou jeřábem osazeny na předem zabudovaná ložiska. Bude se postupovat následujícím systémem: první dva vazníky budou drženy jeřábem do doby, než bude provedeno jejich spojení pomocí podélných ztužidel. Poté se osadí další vazník a doplní se opět o podélné ztužující prvky. Takto se bude postupovat až do osazení posledního vazníku. Je možné provést i souběžnou montáž z obou stran konstrukce. V dalším kroku bude probíhat montáž střešní konstrukce.

10 ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce byl návrh nosné konstrukce zastřešení multifunkční sportovní haly ve Vsetíně. Konstrukce je navržena dle aktuálně platných norem tak, aby odolávala zatížením stanoveným pro účel a umístění stavby. Konstrukce byla posouzena na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti.

V rámci bakalářské práce bylo provedeno srovnání variant dřevěné a ocelové konstrukce, které je přílohou této bakalářské práce.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Březen 2004. Praha: Český normalizační institut, 2004, 76 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Březen 2004. Praha: Český normalizační institut, 2004, 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Červen 2005. Praha: Český normalizační institut, 2005, 52 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Duben 2007. Praha: Český normalizační institut, 2007, 124 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Prosinec 2006. Praha: Český normalizační institut, 2006, 96 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Prosinec 2006. Praha: Český normalizační institut, 2006, 128 s.
- [7] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Prosinec 2006. Praha: Český normalizační institut, 2006, 114 s.
- [8] ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo - Požadavky*. Listopad 2013. Praha: Český normalizační institut, 2013, 88 s.

12 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	plocha
A_{net}	čistá oslabená plocha průřezu
a_1	rozteč spojovacích prostředků rovnoběžně s vlákny
a_2	rozteč spojovacích prostředků kolmo k vláknům
b	šířka
b_{ef}	efektivní šířka
c_{dir}	součinitel směru větru
$c_0(z)$	součinitel orografie
c_e	součinitel expozice
c_{season}	součinitel ročního období
c_t	součinitel tepla
d	průměr spojovacího prostředku
d_0	průměr otvoru
e	rozměr pro velikost oblastí zatížených větrem
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti
E_{mean}	průměrná hodnota modulu pružnosti
f_k	charakteristická hodnota pevnosti
f_d	návrhová hodnota pevnosti
f_y	mez kluzu oceli
f_u	mez pevnosti oceli
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
h	výška
I	moment setrvačnosti
$I_v(z)$	intenzita turbulence ve výšce z
k_c	součinitel vzpěrnosti
k_{crit}	součinitel pro příčnou a torzní stabilitu
k_{def}	součinitel deformace
k_{mod}	modifikační součinitel
k_r	součinitel terénu
L_{cr}	kritická délka, vzpěrná délka
M_{Ed}	ohybový moment
N_{Ed}	normálová síla
n_s	počet rovin stříhu
n_{ef}	efektivní počet svorníků
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak

q_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
s_k	charakteristické zatížení sněhem na zemi
t	tloušťka, čas
u_{inst}	okamžitý průhyb
u_{lim}	limitní průhyb
$u_{net,fin}$	čistý konečný průhyb
$v_m(z)$	střední rychlost větru ve výšce z nad terénem
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
v_b	základní rychlost větru
V_Z	posouvající síla
W	průřezový modul
w_e	hodnota tlaku větru
W_{fi}	průřezový modul zbytkového průřezu
z_0	parametr drsnosti terénu
α	úhel sklonu střechy
γ_g	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_M	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_q	dílčí součinitel proměnné zatížení
λ	štíhlostní poměr
$\lambda_{rel,m}$	poměrná štíhlost
μ	tvarový součinitel
ρ	měrná hustota vzduchu
ρ_k	charakteristická hustota materiálu
ρ_m	průměrná hustota materiálu
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům
$\sigma_{m,crit}$	kritické ohybové napětí
$\sigma_{m,d}$	návrhové napětí v ohybu
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{t,90,d}$	návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům
$\tau_{v,d}$	návrhové napětí ve smyku
ψ	kombinační součinitel

13 SEZNAM PŘÍLOH

B – TECHNICKÁ ZPRÁVA – ŘEŠENÉ VARIANTY

C – STATICKÝ VÝPOČET

C1. STATICKÝ VÝPOČET

C2. VÝSTUPY Z PROGRAMU DLUBAL RFEM

D – VÝKRESOVÁ ČÁST

D01. VÝKRES PŮDORYSU KONSTRUKCE M 1:100

D02. VÝKRES KOTVENÍ M 1:100

D03. PŘÍČNÝ ŘEZ A-A M 1:50

D04. PODÉLNÝ ŘEZ B-B M 1:50