



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZIMNÍ STADION V OLMOUCI

WINTER STADIUM IN OLMOUC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Lucie Tomčíková

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2020



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	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Lucie Tomčíková
Název	Zimní stadion v Olomouci
Vedoucí práce	prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Výkresová dokumentace stávající ocelové konstrukce
2. Evropské technické normy pro navrhování ocelových konstrukcí
3. Literatura podle pokynů vedoucí diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte přepočít a variantní statický a konstrukční návrh stávající ocelové konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o celkových rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů, tj. především ledního hokeje.

Statický přepočít vypracujte s ohledem na aktuálně platné evropské normativní dokumenty.

V rámci nového návrhu vypracujte varianty řešení a pro zvolenou variantu technickou zprávu, podrobný statický výpočet a výkresovou dokumentaci v rozsahu podle pokynů vedoucí diplomové práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Náplní diplomové práce je přepočítání a variantní řešení střešní konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů.

Cílem je navržení dvou variant a detailnější řešení výhodnější varianty.

Ocelová konstrukce je vyrobena z oceli pevnostní třídy S355. Výpočty jsou zpracovány podle platných norem ČSN EN.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, zastřešení, zatížení větrem, zatížení sněhem, statický přepočítání, posouzení.

ABSTRACT

The content of the bachelor thesis is static verification and the design of two options of a roofing of the winter stadium in Olomouc. The object has a rectangular plan of dimension 68 x 100 m, the minimum clearance is given by requirements of the operation of winter sports.

Steel construction is made of steel strength class S355. The calculations are made according to valid norms ČSN EN.

KEYWORDS

Steel construction, roofing, wind load, snow load, static verification, evaluation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Lucie Tomčíková *Zimní stadion v Olomouci*. Brno, 2019. 18 s., 186 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Zimní stadion v Olomouci* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 12. 2019

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Zimní stadion v Olomouci* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 12. 2019

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala paní prof. Ing. Marcele Karmazínové, CSc. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a odborné jednání při konzultacích.

V Brně dne 10. 12. 2019

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

OBSAH PRÁCE

- 01 Titulní list
- 02 Zadání VŠKP
- 03 Abstrakt, klíčová slova
- 04 Bibliografická citace VŠKP
- 05 Prohlášení o původnosti práce
- 06 Prohlášení o shodě listinné a elektronické VŠKP
- 07 Poděkování
- 08 Obsah práce, seznam příloh
- 09 Technická zpráva
- 10 Seznam použité literatury
- 11 Seznam použitých zkratk a symbolů

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Statický výpočet – 1 varianta
- P2 Statický výpočet – 2 varianta
- P3 Statický výpočet – stávající stav
- P4 Výkresová dokumentace



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZIMNÍ STADION V OLMOUCI

WINTER STADIUM IN OLMOUC

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Lucie Tomčíková

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2020

Obsah

1	Všeobecné informace.....	3
2	Srovnání variant.....	3
3	Použité normativní dokumenty.....	4
4	Použitý materiál	4
5	Zatížení konstrukce	4
5.1	Stálé zatížení	5
5.2	Proměnné zatížení	5
6	Konstrukční řešení.....	5
7	Povrchová úprava konstrukce	6
8	Montáž a výroba	6
9	Statické řešení.....	7
10	Výkaz materiálu	7
11	Závěr	7

1 Všeobecné informace

Předmětem řešení diplomové práce je přepočítání a variantní řešení střešní konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů. Střešní konstrukce je uložena na stávajících ocelových sloupech.

Jsou navrženy dvě varianty řešení střešní konstrukce. První varianta řešení střešní konstrukce zimního stadionu je redukovaná příhradová deska, výšky 4,0 m, všechny pruty, horní a dolní pás i diagonály jsou tvořeny trubkami rozdílných rozměrů. Všechny spoje jsou řešeny pomocí kulových styčníků. Tato varianta byla zvolena za vhodnější a je detailněji zpracována.

Druhá varianta je složena z příhradových vazníků, v úrovni horních pásů ztužena ztužidly. Všechny pruty, horní a dolní pás, diagonály, svislíce i ztužidla jsou tvořeny průřezy kruhového průřezu rozdílných rozměrů.

Zimní stadion se nachází v Olomouci, stávající konstrukce byla navržena roku 1967. Střešní konstrukce je plná příhradová deska tvořená pruty kruhového průřezu.

Výpočet vnitřních sil byl proveden pomocí softwaru SCIA Engineer 19.1 a výpočty jsou zpracovány podle platných norem ČSN EN.

2 Srovnání variant

	VARIANTA 1	VARIANTA 2	STÁVAJÍCÍ STAV
Hmotnost [kg]	199 604,0	341 982,0	261 499,9
Hmotnost [kg/m ²]	29,35	50,29	38,46
Nátěrová plocha [m ²]	4878,5	5414,5	6040,5
Průhyb [mm]	36,6	62,6	43,7
Množství průřezů	5	9	7
Estetika	✓	✗	

V druhé variantě vycházejí větší průřezy a je náročnější na parametry střešního pláště, z důvodu osové vzdálenosti horních pásů o délce 8 m. Za vhodnější variantu byla zvolena varianta 1, redukovaná příhradová deska.

3 Použité normativní dokumenty

Nová střešní konstrukce je navržena v souladu s těmito normativními předpisy:

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

4 Použitý materiál

Pro veškeré prvky nosné konstrukce, pruty i styčnickové koule, je použita ocel standardní pevnosti S355. Základní charakteristiky:

- Mez kluzu: $f_y = 355 \text{ MPa}$
- Mez pevnosti: $f_u = 490 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti v tahu a tlaku: $E = 210 \text{ GPa}$
- Modul pružnosti ve smyku: $G = 81 \text{ GPa}$

5 Zatížení konstrukce

Zatížení na střešní konstrukci zimního stadionu je stanoveno podle normy ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí.

5.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha redukované příhradové desky je určena pomocí softwaru SCIA Engineer 19.1. Druhý zatěžovací stav je ostatní stálé zatížení, zde je započítána tíha střešního pláště hodnotou $0,1075 \text{ kN/m}^2$ zadané jako volné zatížení na plochu a v místě prosvětlovacích panelů, šachovnicově každé druhé oko, hodnotou $0,047 \text{ kN/m}^2$, také jako zatížení na plochu.

Dále je započítána tíha multimediální kostky, jejíž hmotnost je 2 tuny a je umístěna nad středem ledové plochy. Je zadaná jako dvě bodové zatížení na uzel, v každém uzlu o hodnotě 10 kN.

Poslední zatížení, které je uvažováno jako stálé, je dáno tíhou technického zařízení, osvětlení a rozvodů, které je odhadnuto na hodnotu $0,8 \text{ kN/m}^2$.

5.2 Proměnné zatížení

Užitné zatížení je uvažované pro střechu kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Je zadané plošným zatížením $0,75 \text{ kN/m}^2$ na ploše 10 m^2 a bodovým zatížením 1 kN.

Klimatické zatížení sněhem je dáno charakteristickou hodnotou $1,0 \text{ kN/m}^2$ pro sněhovou oblast II.

Klimatické zatížení větrem je vypočítané ručním výpočtem a v softwaru SCIA Engineer 19.1 vygenerované generátorem na 3D model. Následně je ověřena shodnost hodnot generátoru s ručním výpočtem. Vítr je uvažován pro větrnou oblast I. a kategorii terénu III. se základní rychlostí větru $22,5 \text{ m/s}$. Jelikož se jedná o plochou střechu, tak je uvažováno pouze sání, tlak větru se zanedbává.

6 Konstrukční řešení

Průřezy prutů jsou napříč střešní konstrukcí odstupňovány. Všechny pruty jsou z oceli S355. Všechny spoje jsou řešeny pomocí kulových styčníků, s procházejícím dolním, případně horním pásem a ostatní pruty jsou na kulový styčník přivařeny.

Použité průřezy:

- TR $\Phi 114,3/5,0 \text{ mm}$ - horní pás

- TR $\Phi 114,3/5,0$ mm - horní pás 1
- TR $\Phi 114,3/5,0$ mm - horní pás 2
- TR $\Phi 114,3/6,3$ mm - dolní pás
- TR $\Phi 139,7/8,0$ mm - dolní pás 1
- TR $\Phi 193,7/8,0$ mm - dolní pás 2
- TR $\Phi 114,3/5,0$ mm - diagonála
- TR $\Phi 114,3/5,0$ mm - diagonála 1
- TR $\Phi 139,7/5,0$ mm - diagonála 2

Použité kulové styčníky:

- Kulový styčník 280/10
- Kulový styčník 380/12
- Kulový styčník 400/14

K opláštění střešní konstrukce budou použity střešní panely KINGSPAN KS1000 TOP-DEK o tloušťce 100 mm a délce 4 m a v místě redukce desky prosvětlovací panely KINGSPAN KS1000 WL o tloušťce 38 mm a délce taktéž 4 m. Všechny panely mají modulovou šířku 1 m a jsou spojeny po 500 mm spojovacími prostředky. Panely splňují požadavky na únosnost i tepelně technické požadavky.

7 Povrchová úprava konstrukce

Všechny dílce budou opatřeny antikoročním nátěrem při výrobě. Druhý nátěr se provede po montáži, z důvodu poškození při přepravě a montáži. Poté se střešní konstrukce natře protipožárním nátěrem, a nakonec krycím nátěrem barvy zvolené na základě požadavků investora.

8 Montáž a výroba

Konstrukce bude rozdělena vždy na 5 dílů v příčném směru. Dolní a horní pásy procházejí kulovými styčníky. V místě napojení procházejících pásů se pruty svaří mezi polovinami kulového styčníku a ty se následně nad svarem pásů svaří. Jestliže se budou přivařovat dolní pásy různých rozměrů, tak z důvodu velkých rozdílů průměrů se musí pásy přivařit

na příložku minimální tloušťky 15 mm. Na stavenišťě se dopraví předpřipravené trojúhelníkové „vazníky“. Dílce se budou osazovat na montážní podpěry z důvodu zachování tuhosti konstrukce. Nejprve se svaří dílce v příčném směru a následně se zajistí tuhost přivařením prutů v podélném směru. Poté se přivaří zbylé diagonály. Nakonec se zkontroluje geometrie a na kulové styčníky se osadí tzv. „židličky“, na které se upevní střešní panely KINGSPAN po celé ploše střechy a které zajistí výsledný sklon střechy 0,5 %.

9 Statické řešení

Konstrukce zimního stadionu byla modelována v softwaru SCIA Engineer 19.1. Prostorová konstrukce je složená z prutů. Byl zvolen lineární výpočet pro analýzu střešní konstrukce. Aby bylo možné použít funkce 3D vítr a zadávat zatížení přímo na plochu, tak byla vymodelována deska. Střešní konstrukce je podepřena pevnými klouby.

10 Výkaz materiálu

Celková hmotnost konstrukce tvoří 199 604,0 kg.

11 Závěr

Dimenzování průřezů a všechny výpočty jsou provedeny dle platných norem.

Seznam použité literatury

1. ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí* – Praha: Český normalizační institut, 2004
2. ČSN EN 1991-1-1 *Zatížení konstrukcí – část 1-1: obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004
3. ČSN EN 1991-1-3 *Zatížení konstrukcí – část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005
4. ČSN EN 1991-1-4 *Zatížení konstrukcí – část 1-4: obecná zatížení – zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007
5. ČSN EN 1993-1-1 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2006
6. ČSN EN 1993-1-8 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: navrhování styčnicků*. Praha: Český normalizační institut, 2006
7. LORENZ, Karel. *Navrhování nosných konstrukcí*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2015. ISBN 978-80-87438-65-7.

Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká písmena

A	plocha průřezu
$A_{ref,x}$	referenční plocha
E	Youngův modul pružnosti
G	modul pružnosti ve smyku
I_y	moment setrvačnosti k ose y
I_z	moment setrvačnosti k ose z
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
$M_{Ed,y}$	návrhový ohybový moment k ose $y-y$
$M_{Ed,z}$	návrhový ohybový moment k ose $z-z$
$M_{y,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu k ose $y-y$
$M_{z,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu k ose $z-z$
N_{Ed}	návrhová osová síla
N_{Rd}	návrhová únosnost při působení osové síly
$W_{y,eff}$	účinný pružný průřezový modul

Malé písmena

b	šířka konstrukce
c_{dir}	součinitel směru
c_{season}	součinitel ročního období
d_{tot}	hloubka konstrukce
f_u	mez pevnosti
f_y	mez kluzu
k_σ	součinitel kritického napětí
v_b	základní rychlost větru
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
w	průhyb

Malá řecká písmena

α	klasifikační součinitel
γ_{M0}	součinitel únosnosti průřezů kterékoliv třídy
γ_{M1}	součinitel průřezů při posuzování stability prutů
γ_{M2}	součinitel průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu
ε	součinitel závisující na f_y
$\bar{\lambda}_p$	poměrná štíhlost
σ	napětí
Ψ	poměr koncových momentů na posuzovaném úseku