



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

OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ HALY V BRNĚ

STEEL STRUCTURE OF SPORT HALL IN BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patricie Jedzoková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2020



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	Patricie Jedzoková
Název	Ocelová konstrukce sportovní haly v Brně
Vedoucí práce	Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1090: Provádění ocelových konstrukcí

MAREK, Pavel a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury; Alfa, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1985

BUJŇÁK, Ján, VIČAN, Josef. Navrhovanie ocelových konštrukcií. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2012, ISBN 978-80-554-0529-2

BUJŇÁK, Ján. Kovové nosné konštrukcie stavieb. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2013, ISBN 978-80-554-0643-5

BUJŇÁK, Ján. Nosné konštrukcie hál z ocele. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2014, ISBN 978-80-554-0913-9

DA SILVA, Luís Simoes, SIMOES, Rui, GERVÁSIO, Helena. Design of Steel Structures. Brussels: ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2010, ISBN 978-92-9147-098-3

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zpracujte návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce sportovní haly o orientačních půdorysných rozměrech 35 × 70 m. Konstrukci navrhnete pro oblast města Brna. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s koncepčními a architektonickými požadavky vyplývajícími z účelu objektu. Návrh i posouzení provedte v souladu s aktuálně platnými normativními dokumenty pro navrhování ocelových konstrukcí. Požadované výstupy: Technická zpráva shrnující základní charakteristiky navržené konstrukce, statický výpočet hlavních nosných prvků konstrukce, výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce obsahující zejména dispoziční výkresy a výkresy vybraných konstrukčních dílců včetně charakteristických detailů, orientační výkaz spotřeby materiálu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce sportovní haly v Brně. Půdorysné rozměry haly jsou 35x78 m a výška 15,4 m. Konstrukce se skládá ze 14 příčných vazeb, které jsou od sebe vzdáleny 6 m. Jsou tvořeny příhradovými obloukovými vazníky, kloubově uložené na vetknutých sloupech. Příčné vazby jsou propojeny vaznicemi a paždíky. Prostorovou tuhost konstrukce zajišťují příčná a podélná ztužidla. Pro opláštění objektu jsou použity střešní a stěnové panely Kingspan.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, sportovní hala, příhradový obloukový vazník, válcované profily, hranaté trubky, kruhové trubky, kotvení sloupů, ztužidla

ABSTRACT

The thesis deals with the design and structural assessment of the steel structure of sports hall in Brno. The dimensions of a floor plan are 35x78 m and height 15,4 m. The structure consists of fourteen main trusses, the distance between them is 6 m. They consists of arched trusses, which are pin-supported by fixed columns. The main trusses are connected by purlins and girts. The spatial ridity of the structure is ensured by transversal bracings and longitudinal bracings. Kingspan panels are utilize fot the structure cladding.

KEYWORDS

Steel structure, sport hall, arched truss, rolled profiles, angular tubes, round tubes, column anchorage, bracings

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Patricie Jedzoková *Ocelová konstrukce sportovní haly v Brně*. Brno, 2020. 15 s., 220 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivan Balázs, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Ocelová konstrukce sportovní haly v Brně* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 1. 6. 2020

Patricie Jedzoková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Ocelová konstrukce sportovní haly v Brně* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 2. 2020

Patricie Jedzoková
autor práce

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu panu Ing. Ivanu Balázsovi, Ph.D. za odborné a cenné rady po celý čas zpracovávání bakalářské práce, zejména za věnovaný čas a ochotu při konzultacích.

Také bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu během studia.

Patricie Jedzoková



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

OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ HALY V BRNĚ

STEEL STRUCTURE OF SPORT HALL IN BRNO

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patricie Jedzoková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2020

Obsah

1. Úvod	3
2. Dispozice	3
3. Materiály.....	3
4. Model.....	3
5. Zatížení	4
5.1. Zatížení stálé	4
5.2. Zatížení proměnné.....	4
6. Konstrukční řešení	4
6.1. Vazník	4
6.2. Vaznice	4
6.3. Podélné ztužidlo	5
6.4. Příčné ztužidlo	5
6.5. Paždíky.....	5
6.6. Sloupy	5
6.7. Opláštění.....	5
7. Výroba a montáž.....	5
8. Povrchové úpravy konstrukce	6
9. Údržba konstrukce	6
10. Seznam příloh.....	7
11. Seznam použitých zdrojů.....	7
11.1. Normy	7
11.2. Literatura.....	7
11.3. Internetové zdroje.....	7
12. Závěr	7

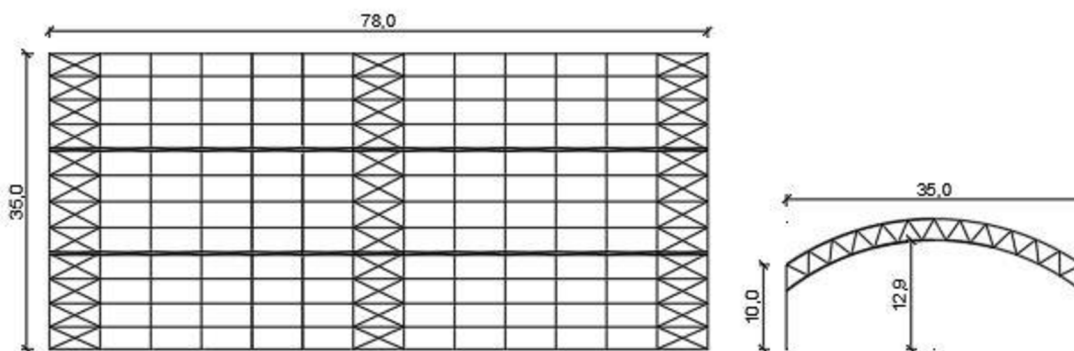
1. Úvod

Práce se zabývá návrhem ocelové konstrukce sportovní haly. Stavba je situována v městě Brno. V hale je možnost provozovat více sportů, světlá výška stavby je tedy navrhována na hrací plochu volejbalu – minimálně 12,5 m. Půdorysné orientační rozměry jsou 35x78 m.

2. Dispozice

Půdorysné rozměry jsou 35x78 m. Rozměry jsou navrženy z prostorů, které jsou potřebné pro provozování halových sportů. Prostorově nejnáročnější sportovní plocha je volejbal (21x12 m), která se vleze do tohoto prostoru nejméně dvakrát, i s místy pro diváky, s ohledem na světlou výšku.

Střecha je z příhradového obloukového vazníku, světlá výška nejvyššího bodu je 12,9 m. Výška hlavních sloupů je 10 m.



Obr. 1 - Základní rozměry

3. Materiály

Všechny ocelové prvky hlavní nosné konstrukce jsou z oceli třídy S355. Patní desky a styčnickové plechy jsou taktéž z oceli třídy S355.

Šrouby, použité na připojení vaznic, podélných ztužidel, paždíků a horních pásů vazníků, jsou z oceli pevnostní třídy 5.6. Šrouby, které připojují dolní pásy vazníků, jsou pevnostní třídy 5.8 a kotevní šrouby sloupů jsou z ocele pevnostní třídy 8.8.

4. Model

Pro návrh a výpočet konstrukce je použit program Dlubal RFEM 5.21. Byl vytvořen prutový model, kterému byly přiřazeny profily a byl zatížen. Po výpočtu zatížení a jejich kombinací jsme získali vnitřní síly, které byly použity pro posouzení jednotlivých prvků. Sloupy jsou uvažovány vetknuté v příčném směru, kloubově v podélném směru. Vazník je na sloupy uložen kloubově.

Díky programu RFEM jsme mohli provést stabilitní analýzu sloupu, kterou jsme dále využili ve výpočtu.

5. Zatížení

5.1. Zatížení stálé

Zatížení konstrukce je vloženo a vygenerováno v programu Dlubal RFEM 5.21.

Vlastní tíha je automaticky spočítána v programu RFEM.

Ostatní stálé zatížení je dáno osazenou vzduchotechnikou, zavěšeným osvětlením atd. (uvažováno $0,7 \text{ kN/m}^2$) a také zatížením stropních a střešních panelů Kingspan KS10000 TOP – DEK (uvažováno $0,1155 \text{ kN/m}^2$).

5.2. Zatížení proměnné

Zatížení sněhem je stanoveno podle mapy sněhových oblastí na sněhovou kategorii II., $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$, typ krajiny je uvažován normální. Dále rozděleno na zatížení: Sníh plný, Sníh nerovnoměrný levý a pravý, Sníh navátý levý a pravý.

Zatížení větrem je stanoveno podle mapy větrových oblastí na větrnou oblast II., $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$, kategorie terénu III. Dále rozděleno na zatížení: Vítr příčný levý a pravý, Vítr podélný přední a zadní.

Třecí síly větru a Stabilizační síly jsou pro zjednodušení výpočtu přidány do stálého zatížení.

Kombinace zatížení pro MSÚ je počítáno dle rovnice 6.10, pro MSP dle rovnice 6.14b.

6. Konstrukční řešení

6.1. Vazník

Vazník, navržený jako oblouk, je příhradový. Skládá se z horního pásu, profilu TR 4HR 150x150x8, válcovaný za tepla, a dolního pásu, který je složen ze dvou profilů, krajní profil TR 4HR 180x180x12,5, válcovaný za tepla a prostřední část z profilu TR 4HR 180x180x8, válcovaný za tepla. Diagonály jsou tvořeny profilem TR 4HR 80x80x6,3, válcovaný za tepla.

Horní a dolní je od sebe vzdálen kolmou vzdáleností 2,5 m, počítáno od os profilů pásů. Diagonály jsou k pásům připojeny koutovým svarem, účinné výšky 4 mm. Horní pás vazníku je ke sloupu připojen šroubovým spojem M16, pevnostní třídy 5.6, dolní pás vazníku je kloubově připojen ke sloupu šroubovým spojem s prodlouženými otvory pro zajištění posunu, M24, pevnostní třídy 5.8.

Vzepětí oblouku je 5,44 m.

Detaily montážních dílců a připojení jsou ve výkresové dokumentaci.

6.2. Vaznice

Vaznice je navržena jako plnostěnná. V konstrukci jsou vaznice rozdělené na vaznice a okapové vaznice (na okrajích konstrukce). Profil vaznice je TR 4HR 160x160x10, válcovaný za tepla, o délce 6 m. Okapová vaznice je profilu TR 4HR 160x80x10, válcovaný za tepla, také o délce 6 m.

Vaznice jsou připojeny k hornímu pásu šroubovým spojem M20, pevnostní třídy 5.6. Vaznice jsou také součástí podélného ztužidla, kde tvoří horní pás podélného ztužidla a svislice ztužidla jsou připojeny k vaznici koutovým svarem, účinné výšky 4 mm. Detaily připojení vaznic jsou ve výkresové dokumentaci.

6.3. Podélné ztužidlo

Podélné ztužidlo je navrženo jako příhradové. Skládá se ze dvou křížících se diagonál, dolního pásu a dvou svislic. Diagonály jsou profilu TR KR 76,1x5,0, válcovaný za tepla, dolní pás profilu TR KR 76,1x4,0, válcovaný za tepla a svislice průřezu TR KR 168,3x8,0, válcovaný za tepla.

Dolní pás, o délce 6 m, je od vaznice vzdálený 2,5 m, dolní pás podélného ztužidla je tedy ve stejné úrovni jako dolní pás vazníku a je k němu připojen šroubovým spojem M20, pevnostní třídy 5.6. Svislice jsou k vaznici a dolnímu pásu podélného ztužidla připojeny koutovým svarem účinné výšky 4 mm.

Podélná ztužidla jsou v konstrukci dvě, symetricky umístěná po celé délce konstrukce. Detaily připojení všech profilů a křížení diagonál jsou ve výkresové dokumentaci.

6.4. Příčné ztužidlo

Příčné ztužidlo je složeno ze dvou křížících se systémových táhel profilu KR 36, válcovaná za tepla, umístěná mezi paždíky a v oblouku mezi vaznicemi. Ztužidla jsou připojena ke konstrukci pomocí čepu.

6.5. Paždíky

Paždíky jsou navrženy z profilu UPE 240.

Připojeny jsou šroubovým spojem M16, pevnostní třídy 5.6, ke sloupům. Slouží k připojení střešních a stěnových panelů.

6.6. Sloupy

Sloupy hlavní jsou plnostěnné z profilu HEB 360, délky 10 m. Čelní sloupy jsou navrženy také plnostěnné z profilu HEB 300, mají proměnnou výšku ohledem k oblouku.

Kotvení sloupů systémem HILTI je navrženo pro oba sloupy stejné s rozdílem, že hlavní sloupy jsou vetknuté v příčném směru a čelní sloupy jsou kloubově uloženy. Vysokopevnostní šrouby HIT-V (8.8) jsou dodatečně osazovány, po zatvrdnutí základových patek, z betonu C25/30, na chemickou kotvu HIT-RE 500 V3. U hlavních sloupů jsou tedy použity 4 kotevní šrouby, u čelních pouze dva. Pro vyrovnání povrchu je provedeno podlití z malty MC10, tloušťky 30 mm. U obou sloupů je přidána smyková zarážka IPE 140 pro přenos smykových sil.

6.7. Opláštění

Střešní plášť je navržena ze střešního izolačního panelu Kingspan KS1000 TOP – DEK, tl. 110 mm, které jsou vhodné pro ploché i obloukové střechy.

Stěnový plášť je navržena z panelu Kingspan KS1000 AWP/AT, tl. 120 mm.

7. Výroba a montáž

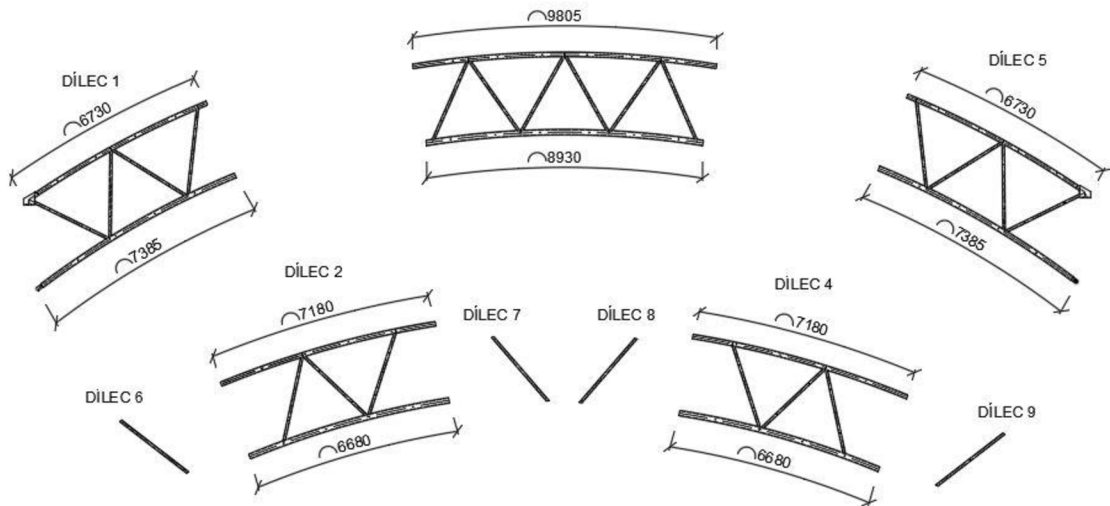
Vazník je rozdělen na 9 montážních dílců, z nichž jsou 4 pouze diagonály, kvůli dělení a spojování dílců. Montážní dílce jsou rozděleny symetricky, lze je sestavovat z obou stran

zároveň. Součástí dílce jsou styčnickové plechy pro připojení vaznic a podélných ztužidel. Dílce se poté svaří V svařky.

Vazník je rozdělen na montážní dílce z důvodu dopravy. Každý dílec by neměl být větší délky než 12m.

Na sloupy se přivaří patní deska se smykovými zarážkami.

Třída prostředí EXC3 je stanovena dle ČSN EN 1090-2.



Obr. 2 - Montážní dílce

Montážní postup:

- 1) Výkopové práce a zhotovení základů
- 2) Příprava kotvení sloupů, otvor pro smykové zarážky a osazení kotevních šroubů
- 3) Montáž všech montážních dílců
- 4) Kotvení sloupů a rektifikace jejich polohy
- 5) Vyrovnání povrchu a zajištění sloupů podlitím z malty MC10 a tl. 30 mm
- 6) montáž dvou příčných vazeb, které jsou stále zajištěny
- 7) Připojení vaznic a ztužidel
- 8) Montáž ostatních příčných vazeb
- 9) Po dokončení montáže opláštění konstrukce

8. Povrchové úpravy konstrukce

Povrchovou úpravou budou chráněny všechny prvky konstrukce. Je použit antikoroziční nátěr na kov ZINGA.

9. Údržba konstrukce

Po celou dobu životnosti konstrukce se musí dbát na správnou údržbu. Kontrolní prohlídky musí proběhnout minimálně jednou za 5 let.

10. Seznam příloh

Hlavní část

I. Statický výpočet

II. Výstup z programu

III. Výkresová dokumentace

11. Seznam použitých zdrojů

11.1. Normy

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí. Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-8: Navrhování styčniců.

11.2. Literatura

- [7] PILGR, M. *Kovové konstrukce. Podklady pro navrhování prvků ocelových konstrukcí.* AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2019, ISBN: 978-80-7623-018-7
- [8] MAREK, P. a kol. *Kovové konstrukce pozemních staveb.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.

11.3. Internetové zdroje

- [9] *Kingspan* [online]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz>
- [10] *Hilti* [online]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>
- [11] *Hilti katalog pro projektanty 2020-2021* [online] Dostupné z: <https://katalog.mojehilti.cz/cz-katalog-pro-projektanty/90/>
- [12] *Rozměry volejbalu* [online]. Dostupné z: <http://volejbal.borec.cz/pravidla/pravidla1.php>
- [13] *Ocelářské tabulky* [online] Dostupné z: <http://www.ocelbulky.cz/>

12. Závěr

Ocelová konstrukce byla navržena dle platných norem a předpisů. Posouzení na kombinace stálých a proměnných zatížení proběhlo v programu RFEM i ručním výpočtem.