



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 VÝROBNÍ HALA

STEEL PRODUCTION HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Vystavěl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, 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	Vojtěch Vystavěl
Název	Ocelová výrobní hala
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Pešek, 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

Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití.

Bujňák, J. a Vičan, J.: Navrhovanie ocelových konštrukcií, Žilinská univerzita v Žiline, 2012.

da Silva, L. S., Simoes, R., Gervásio, H. Design of Steel Structures. 2nd edition, ECCS

- European Convention for Constructional Steelwork, 2016.

Ferjenčík, P. a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť + 2. časť, ALFA Bratislava

/ SNTL Praha, 1986.

Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL / ALFA, Praha, 1985.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí.

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí.

ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí.

a další související normy a technické dokumenty

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte statický návrh nosné konstrukce výrobní haly situované v Brodce u Prostějova. Výrobní hala bude dvojlodní s jeřábovou dráhou v každé lodi, nosnost mostových jeřábů je 12,5 t. Nosná konstrukce bude zhotovena z konstrukční oceli. Půdorysné rozměry objektu budou přibližně 36 × 36 metrů, minimální světlá výška je 9 metrů. Konstrukce bude navržena na účinky klimatických zatížení odpovídajících umístění stavby. Výstupem práce bude statické posouzení hlavních prvků nosné konstrukce a vybraných spojů, výkresová dokumentace (dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů) a technická zpráva.

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. Ondřej Pešek, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem ocelové konstrukce dvojlodní průmyslové haly. Stavba bude umístěna v Brodce u Prostějova poblíž sjezdu z dálnice D46. Půdorysné rozměry budou přibližně 36x36 metrů, světlá výška od podlahy po mostový jeřáb přibližně 9,5 metrů.

KLÍČOVÁ SLOVA

ocelová konstrukce, dvojlodní hala, jeřábová dráha, návrh, vazník, ztužidlo

ABSTRACT

This thesis deals with a design of steel construction of two-aisle industrial hall. The construction will be situated in Brodek u Prostějova, near exit from D46 highway. Horizontal dimensions will be circa 36 to 36 metres, clear height from floor to overhead crane about 9.5 metres.

KEYWORDS

steel construction, two-aisle hall, crane runway, design, joist girder, bracing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Vojtěch Vystavěl *Ocelová výrobní hala*. Brno, 2019. 15 s., 258 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Ocelová výrobní hala* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 5. 6. 2020

Vojtěch Vystavěl
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Ocelová výrobní hala* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 6. 2020

Vojtěch Vystavěl
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat vedoucímu práce Ing. Ondřeji Peškovi, Ph. D. a ostatním pracovníkům ústavu KDK za jejich ochotu a pomoc při vypracování závěrečné práce.

Poděkování patří také mojí rodině a kamarádům, kteří mně vždy podporovali a také díky nimž jsem práci zvládl.



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 VÝROBNÍ HALA

STEEL PRODUCTION HALL

ČÁST A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

PART A – TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Vystavěl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2020

Obsah

1	Základní údaje.....	3
2	Materiály.....	3
3	Průřezy a uspořádání nosných prvků.....	3
3.1	Krajní hlavní sloup.....	3
3.2	Vnitřní hlavní sloup.....	3
3.3	Sloupy čelní stěny.....	4
3.4	Vazník.....	4
3.5	Vaznice.....	4
3.6	Příčné ztužidlo.....	4
3.7	Okapové ztužidlo.....	4
3.8	Podélné svislé ztužidlo.....	4
3.9	Ztužení čelní stěny.....	5
3.10	Nosník jeřábové dráhy.....	5
3.11	Kotvení.....	5
4	Výkaz materiálu.....	5
5	Zatížení.....	6
5.1	Stálá zatížení.....	6
5.2	Sníh.....	6
5.2.1	Vítr.....	6
5.2.2	Zatížení mostovými jeřáby.....	6
6	Výroba, doprava, montáž.....	6
7	Protikorozi ochrana.....	6
8	Údržba.....	7
9	Zdroje.....	7
9.1	Normy.....	7
9.2	Literatura.....	8

1 Základní údaje

Nosná konstrukce se skládá ze sedmi příčných vazeb o osové vzdálenosti 6 m. Vazba je navržena jako sloupová, sloupy jsou odstupňovaného průřezu z HEA, HEB a IPE profilů. Vazník je přímopásový příhradový z hranatých trubek. Na vaznicích jsou uloženy plnostěnné vaznice z IPE profilu, které nesou střešní plášť ze sendvičových panelů. Byly zvoleny panely Kingspan KS1000FF, z důvodu lepší požární bezpečnosti s výplní z minerální vlny, taktéž na stěny budou použity panely KS1000NF s vlnou. Spád střechy je podle požadavků výrobce panelů 8,5 %. Stěnový plášť je uložen přímo na sloupech, paždíky nejsou navrženy, neboť panely jsou dle údajů výrobce samy o sobě dostatečně únosné. Prostorovou tuhost zajišťují dvě příčná ztužidla, jedno svislé podélné ztužidlo v každé lodi a zároveň jsou další podélná ztužidla v rovině střechy u okapu a u vrcholu.

Založení je hlubinné na pilotách, nad pilotami jsou patky sloužící pro ukotvení sloupů a u hlavních sloupů jako převázka nad dvojicí pilot.

Konstrukce je navržena svařovaná s montážními spoji šroubovanými.

V obou lodích bude jeřábová dráha pro jeden mostový jeřáb ABUS 12,5 t o rozpětí 17,8 m, navržena je z válcovaného HEB profilu.

2 Materiály

- Ocelová konstrukce: konstrukční ocel S235JR
- Šrouby 4.6
- Předem zabetonované kotevní šrouby: konstrukční ocel S420N
- Závitové tyče pro kotvení štítových sloupů: ocel 8.8
- Beton základů: C30/37 XC4 XA1
- Malta podlití: cementová o pevnosti v tlaku minimálně 30 MPa
- Betonářská výztuž B500B

3 Průřezy a uspořádání nosných prvků

3.1 Krajní hlavní sloup

- odstupňovaný, dřík HEA 600, špička HEB 200, nástavec na špičce IPE 80, jeřábová konzola HEB 300

3.2 Vnitřní hlavní sloup

- odstupňovaný, dřík HEA 650, špička IPE 270, jeřábová konzola HEB 300

3.3 Sloupy čelní stěny

- krajní a střední štítový sloup konstantního průřezu HEB 220
- mezilehlé štítové sloupy odstupňované, špička HEB 220, dřík IPE 500

3.4 Vazník

Vazník je navržen jako příhradový přímopásový z hranatých trubek. Výplňové pruty jsou uspořádány ve svislicové soustavě se sestupnými diagonálami. Vazník je rozdělen na tři montážní dílce, montážní spoje jsou navrženy šroubové.

Navržené průřezy:

- horní pás TR4HR 120x120x6
- dolní pás TR4HR 160x80x6
- první diagonála a první svislice TR4HR 70x70x5
- druhá diagonála, druhá a třetí svislice TR4HR 60x60x4
- třetí a čtvrtá diagonála, čtvrtá svislice TR4HR 50x50x4
- ostatní výplňové pruty TR4HR 40x40x3

3.5 Vaznice

Je navržena jako prostě uložená z profilu IPE 220.

3.6 Příčné ztužidlo

Je navrženo v polopříčkové soustavě.

Navržené průřezy:

- střešní část TR4HR 60x60x4
- stěnová část nad jeřábovou dráhou TR4HR 80x80x5
- stěnová část na kraji pod jeřábovou dráhou TR4HR 110x110x5
- stěnová část uprostřed pod jeřábovou dráhou TR4HR 120x120x4

3.7 Okapové ztužidlo

Je navrženo v kosoúhlé soustavě z profilu TR4HR 60x60x4.

3.8 Podélné svislé ztužidlo

Je navrženo v kosoúhlé soustavě.

Navržené průřezy:

- horní pás-vaznice, IPE 220
- dolní pás TR4HR 70x70x5
- diagonály TR4HR 60x60x4

3.9 Ztužení čelní stěny

Je navrženo v polopříčkové soustavě z profilu TR4HR 60x60x4.

3.10 Nosník jeřábové dráhy

Je navržen jako prostě uložený z profilu HEB 300, jeřábová kolejnice je obdélníková 30x50.

3.11 Kotvení

- hlavní sloupy: předem zabetonované kotevní šrouby M36 z oceli S420N
- u hlavních sloupů je patní plech doplněn zarážkou z profilu IPE 220 pro přenos vodorovných sil
- štítové sloupy: závitové tyče M20 8.8. na chemickou kotvu

4 Výkaz materiálu

Profil	Délka [m]	Jednotková hmotnost [kg/m]	Hmotnost [kg]
TR4HR 40x40x3	157,45	3,3	519,59
TR4HR 50x50x4	154,588	5,5	850,23
TR4HR 60x60x4	552,876	6,7	3704,27
TR4HR 70x70x5	220,13	9,7	2135,26
TR4HR 80x80x5	273,524	11,3	3090,82
TR4HR 80x80x8	4,765	16,3	77,67
TR4HR 90x90x6	2,898	15,1	43,76
TR4HR 110x110x5	215,216	16	3443,46
TR4HR 120x120x4	107,54	14,2	1527,07
TR4HR 120x120x6	260,106	20,7	5384,19
TR4HR 160x80x6	252,77	20,7	5232,34
IPE 80	3,5	6	21,00
IPE 220	919,62	26,2	24094,04
IPE 270	34,055	36	1225,98
IPE 500	99,26	91,1	9042,59
HEA 600	136,78	177,4	24264,77
HEA 650	68,39	190	12994,10
HEB 200	46,2	61,3	2832,06
HEB 220	101,082	71,4	7217,25
HEB 300	162,29	117	18987,93
Celkem [kg]			126688,38
Svary a plechy-odhad 5% [kg]			6334,42
Dohromady [kg]			133022,80

5 Zatížení

5.1 Stálá zatížení

Vlastní tíha je spočítána programem, tíha střešních panelů je uvažována dle údajů výrobce 21,23 kg/m² a stěnových panelů 21,77 kg/m².

5.2 Sníh

Místo stavby patří do sněhové oblasti III, výpočtem podle ČSN EN 1991-1-3 bylo určeno plošné zatížení na střeše v charakteristické hodnotě 1,2 kN/m² po půdoryse.

5.2.1 Vítr

Místo stavby se nachází ve větrové oblasti II, tedy výchozí základní rychlost větru $v_{b0} = 25$ m/s. Pro danou geometrii budovy byla dle ČSN EN 1991-1-4 určena hodnota maximálního dynamického tlaku větru 1,031 kN/m².

5.2.2 Zatížení mostovými jeřáby

Zatížení jeřáby bylo určeno dle údajů výrobce a ČSN EN 1991-3.

6 Výroba, doprava, montáž

Třída provedení konstrukce dle ČSN EN 1090-2 je EXC3. Všechny svary musejí být uzavřeny po obvodu a všechny hrany musí být kvůli PKO zabroušeny na poloměr 2 mm.

Vaznice, ztužidla a nosníky jeřábových drah jsou dostatečně malých rozměrů, aby nevyžadovaly zvláštní nároky na dopravu, rovněž vazníky jsou rozděleny na montážní dílce za stejným účelem. Hlavní i štítové sloupy vyžadují nadměrnou přepravu, nejdelší prvek je střední štítový sloup o délce 15,261 m.

Postup montáže:

1. Vyvrtání a vybetonování pilot a patek nad nimi, v patkách hlavních sloupů budou při betonáži vynechány prostory pro smykové zarážky
2. Montáž hlavních sloupů ztužidlových polí, jejich rektifikace a podlití
3. Sestavení ztužidlových polí
4. Sestavení ostatních polí, umístění jeřábových drah
5. Montáž sloupů čelní stěny

7 Protikorozní ochrana

Navržena je ochrana nátěrem dle ČSN EN ISO 12944-5, ve složení 1x základní nátěr o tloušťce minimálně 80 μm + 2x vrchní nátěr o tloušťce minimálně 180 μm, obojí na polyuretanové bázi.

8 Údržba

Jeřábová dráha vyžaduje kontrolu v souladu s ČSN 73 2604 minimálně 1x ročně, zbytek konstrukce 1x za pět let.

9 Zdroje

9.1 Normy

ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, květen 2015

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

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí–Část 1-3: Obecná zatížení–Zatížení sněhem, červen 2005

ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí–Část 1-4: Obecná zatížení–Zatížení větrem, duben 2007

ČSN EN 1991-1-5: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí–Část 1-5: Obecná zatížení–Zatížení teplotou, listopad 2003

ČSN EN 1991-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí–Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení, leden 2008

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí–Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, listopad 2019

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí–Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, červenec 2011

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí–Část 1-8: Navrhování styčníků, listopad 2013

ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí–Část 1-9: Únava, prosinec 2013

ČSN EN 1993-1-10 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí–Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou, leden 2014

ČSN EN 1993-6 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí–Část 6: Jeřábové dráhy, září 2008

ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí–Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce, únor 2019

ČSN EN ISO 12944-2 Nátěrové hmoty–Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy–Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí, červen 2019

ČSN EN ISO 12944-5 Nátěrové hmoty–Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy–Část 5: Ochranné nátěrové systémy, červen 2020

ČSN 73 2604 Ocelové konstrukce–Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb, duben 2012

9.2 Literatura

PILGR, M. Kovové konstrukce. Podklady pro navrhování prvků ocelových konstrukcí [online]. Brno: 2018, 700 s. Dostupné na <www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/studijni-materialy.htm>