



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

ZASTŘEŠENÍ SBĚRNÉHO DVORA

ROOF STRUCTURE OF COLLECTION YARD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Jiří Sýkora

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022



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	Jiří Sýkora
Název	Zastřešení sběrného dvora
Vedoucí práce	Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Požadavky na architektonické a dispoziční řešení
Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhňte nosnou ocelovou konstrukci zastřešení sběrného dvora o půdorysných rozměrech cca 9,15 × 38,4 m. Dispozici navrhňte v souladu s architektonickými požadavky; klimatická zatížení uvažujte pro město Pelhřimov.

Požadované výstupy:

Technická zpráva

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce

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. Milan Pilgr, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT V ČESKÉM JAZYCE

Konstrukce zastřešení je o půdorysných rozměrech 9,15 m na šířku a 38,4 m na délku, výška konstrukce je cca 5,9 m. Rovinný nosný systém v příčném směru tvoří vetknutý sloup a nosník ve sklonu 8°, který je sloupem podepřen jednak přímo v polovině délky, jednak prostřednictvím závěsů ve čtvrtinách délky. Tyto příčné nosné systémy jsou rozmístěny po 6 m. Střešní plášť z trapézového plechu je uložen na prostých vaznicích, uložených kolmo na nosnících příčného řezu. Prostorová tuhost konstrukce je v příčném směru zajištěna vetknutím sloupů a v podélném směru příhradovým ztužidlem. Nosnou konstrukci tvoří ocelové válcované profily.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nosná konstrukce, zastřešení, návrh, posouzení, zatížení, mezní stavy, sloup, nosník, vaznice, příčná vazba

ABSTRACT IN ENGLISH

The roof structure has plan dimensions of 9.15 m in width and 38.4 m in length, the height of the structure is approximately 5.9 m. The planar load-carrying system in the transverse direction consists of a fixed column and a beam with a slope of 8°, which is supported by the column both directly in the middle of the length and by means of hinges in quarters of the length. These transverse support systems are spaced at 6 m intervals. The roof cladding made of profiled steel sheeting metal is supported on plain purlins placed perpendicularly on the load-carrying system. The spatial rigidity of the structure is ensured in the transverse direction by the fixed of the columns and in the longitudinal direction by the truss bracing. The supporting structure consists of hot rolled steel profiles.

KEYWORDS

Load-carrying structure, roof structure, design, check, loading, limits states, column, beam, purlins, main frame

Bibliografická citace

Jiří Sýkora *Zastřešení sběrného dvora*. Brno, 2022. 14 s., 60 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zastřešení sběrného dvora* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2022

Jiří Sýkora
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zastřešení sběrného dvora* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2022

Jiří Sýkora
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Pilgroví, PhD. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a čas, který mi při psaní této bakalářské práce věnoval.



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Jiří Sýkora

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022

Obsah

1. Obecné údaje	3
2. Platné normativní dokumenty.....	3
3. Předpoklady při návrhu nosné konstrukce	3
4. Popis zastřešení	5
5. Konstrukční řešení	5
6. Materiál nosné konstrukce a spojů	6
7. Statické řešení konstrukce	6
8. Výroba konstrukce, montáž	7
9. Hmotnost konstrukce	7
10. Seznam použitých zdrojů	7

1. Obecné údaje

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce zastřešení sběrného dvora ve městě Pelhřimov. Půdorysně má konstrukce rozměry 9,15 m na šířku a 38,4 m na délku. Sloup dosahuje v nejvyšším místě výšky 5,875 m. Volný prostor pod zastřešením dosahuje výšek od cca 3,5 m do cca 4,8 m.

Hlavní nosný systém tvoří sloupy v jedné ose a nosník kolmý na tuto osu, který je připojen přímo ke sloupu v polovině své délky a ve čtvrtinách je připojen ke sloupu pomocí závěsů. Nosník je ve spádu střechy 8°. Kolmo na nosníky jsou uloženy prosté vaznice, které vynáší střešní plášť. Střešní plášť tvoří trapézový plech.

V podélném směru je mezi dvěma sloupy umístěno příhradové ztužidlo, na které navazuje střešní ztužidlo v rovině střechy. V příčném směru jsou sloupy vetknuty do základové patky.

Pro výkresy je použit program Autocad 2017, výpočtový model v prostoru je modelován v programu Scia Engineer 21.1 a v tomto programu také posouzen. Jednotlivé přípoje jsou navrženy ručním výpočtem.

2. Platné normativní dokumenty

Nosná ocelová konstrukce zastřešení je navržena v souladu s těmito platnými normami:

- 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 1993-1-10 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou

3. Předpoklady při návrhu nosné konstrukce

Při návrhu konstrukce podle ČSN EN 1993-1-1 jsou uvažovány a ověřeny dva mezní stavy:

- Mezní stav únosnosti, kde je posuzována prostá pevnost prvku a vzpěrná pevnost. Celá konstrukce a jednotlivé pruty jsou navrženy na nejméně příznivé kombinace od jednotlivých zatěžovacích stavů. Mezní hodnoty materiálů jsou brány z podkladů pro ocel S235.
- Mezní stav použitelnosti, kde je konstrukce posuzována na deformace od charakteristických hodnot proměnných zatížení. Mezní hodnoty materiálů jsou brány z podkladů pro ocel S235.

Zatížení působící na konstrukci je uvažováno od:

- Vlastní tíhy ocelové konstrukce, která závisí na průřezové ploše jednotlivých dílců, jejich délce a objemové hmotnosti. Objemová hmotnost je pro ocel konstantní ($\rho = 7850 \text{ kN/m}^3$).
- Ostatního stálého zatížení, které tvoří střešní plášť. Střešní plášť je z trapézového plechu o plošné hmotnosti $6,58 \text{ kg/m}^2$.
- Zatížení sněhem, uvažuje se s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ platnou pro III. sněhovou oblast (podle ČSN EN 1991-1-3). Je uvažováno se zatížení sněhem na celé ploše, na levé, nebo pravé polovině střechy. Sníh je uvažován jako rovnoměrné zatížení, se sněhem převislým přes okraj na okapové hraně.
- Zatížení větrem, uvažuje se s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$ platnou pro III. větrnou oblast (podle ČSN EN 1991-1-3). Pro vítr se uvažuje mnoho zatěžovacích stavů, pro vítr působící zleva kolmo na podélnou osu konstrukce je počítáno se sáním větru na celou plochu střešní konstrukce a také jako liniové zatížení ve čtvrtině šířky střešní konstrukce. Pro vítr působící zprava kolmo na podélnou osu konstrukce je počítáno s tlakem větru na celou plochu konstrukce a také jako liniové zatížení působící ve čtvrtině šířky střešní konstrukce. Vítr v podélném směru je uvažován jednak pro tlak a jednak pro sání. Na střešní plášť je uvažováno s třením větru na horní straně, na spodní straně je uvažováno se zatížením jednotlivých prvků konstrukce od větru působícího pro daný směr.
-

Není uvažováno se zatížením od pohybu osob po konstrukci a nárazu vozidla do konstrukce.

4. Popis zastřešení

Půdorysné rozměry navrženého zastřešení jsou 9,15 m na šířku a 38,4 m na délku. Výška konstrukce je určena sloupem, který vyčnívá nad střešní plášť z důvodu připojení závěsů, a jeho výška je cca 5,9 m.

Konstrukce zastřešení se skládá z hlavních nosných systémů, které tvoří sloup a nosník. Tento nosník je vykonzolován ze sloupu nad volný prostor, délka této konzoly je cca 4,6 m na jedné a stejně tak na druhé straně sloupů. Hlavní nosný systém doplňují závěsy spojené s nosníkem a sloupem. Světlá výška pod nosníky je proměnná a je navržena tak, aby ze strany s větší volnou výškou mohly být umístěny sběrné kontejnery na tříděný odpad a ze strany druhé byl umožněn příjezd osobních vozidel.

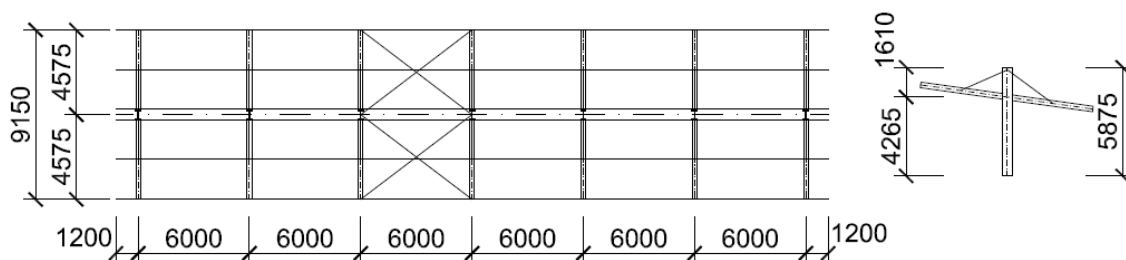
Prosté vaznice uložené kolmo na nosníky jsou vykonzolovány o 1,2 m na obou koncích. Vaznicemi je vynášen střešní plášť, který tvoří trapézový plech.

5. Konstrukční řešení

Hlavní nosné systémy tvoří sloupy s nosíky, jsou od sebe rozmístěny po 6 m. V příčném směru působí nosník jako konzola na obě strany sloupu, k němuž je kloubově připojen. Tento příčný nosný systém doplňují závěsy umístěné nad nosíky a připojené kloubově v polovinách vyložení nosníků a taktéž kloubově připojené k vrcholu sloupu.

Vaznice jsou rozmístěny v pravidelných vzdálenostech po cca 2,13 m a jsou vzájemně kloubově spojeny.

Podélná tuhost konstrukce je zajištěna ve středním poli příhradovým ztužidlem v rovině střechy a taktéž v rovině sloupů. V příčném směru je tuhosti konstrukce dosaženo pomocí vetknutí sloupů do základových patek.



(Schéma půdorysu a příčné vazby zastřešení, kótováno v mm)

Sloupy jsou tvořeny profilem HEB 500 délky 5,875 m. V příčném směru jsou vetknuty do betonové patky, v podélném směru se uvažuje kloubové uložení a tuhost je zajištěna podélným příhradovým ztužidlem.

Nosníky jsou navrženy z profilu HEA 260 a jsou v polovině rozpětí kloubově spojeny se sloupem přes styčnickový plech šroubovým spojem. Stabilitu nosníku zajišťují závěsy připojené ve čtvrtinách rozpětí nosníku a jsou připojeny čepovým spojem, který zajistí kloubové působení.

Závěsy zajišťují stabilitu nosníků, jsou navrženy z kruhové trubky TR Ø 76.1x5 a jsou spojeny čepovým spojem ve čtvrtinách rozpětí nosníků a ve vrcholu sloupů. V závěsech působí pouze osově síly. Parametry čepu a čepové desky viz příloha 3 - Výkresová dokumentace.

Vaznice jsou navrženy dle jejich umístění, běžná vaznice v poli je z profilu IPE 200, vaznice umístěné symetricky kolem sloupů jsou z profilu UPE 200 a okapová vaznice je složena z profilů UPE 200 a UPE 80. Uložení všech vaznic je shodné, jsou spojeny ve stojně šroubem k úhelníku L 125x125x8, který je přivařen k podložce z plechu P30 - 70x170 a ta je svařena s nosníkem tvořící profil HEA 260.

Příhradová ztužidla jsou střešní v rovině střešní konstrukce a podélná mezi sloupy. Zajišťují celkovou tuhost v podélném směru a tvoří je profil L 50x50x5. Ztužidla jsou účinná pouze v tahu. Jsou připojena pomocí styčnickových plechů se sloupem (platí pro podélná) a styčnickovým plechem s nosníky (platí pro střešní ztužidla).

6. Materiál nosné konstrukce a spojů

Pro základní materiál je uvažována ocel S235 J0, jakost je určena podle normy ČSN EN 1993-1-10. Největší tloušťka prvku v konstrukci není větší než 30 mm.

Šrouby pro šroubové spoje jsou navrženy pevnostní třídy 5.6 a vyšší.

Čepový spoj tvoří čepová deska přivařená k závěsu, dvojice čepových desek přivařených k nosníku, případně sloupu, a čep, vše z oceli S235.

Provedení svarových spojů se předpokládá obloukovým svařováním. Svařování by mělo probíhat ve výrobně a až po provedení svarů by měly být prvky opatřeny žárovým zinkováním. Tloušťka svaru je různá podle potřeby, viz příloha 3 - Výkresová dokumentace.

7. Statické řešení konstrukce

Byla provedena statická analýza konstrukce na prostorovém prutovém modelu v programu Scia Engineer pomocí metody konečných prvků. Výsledek analýzy a posudky na mezní stavy jsou uvedeny v příloze 1 - Statický výpočet, respektive v příloze 2 - Statický výpočet v programu Scia Engineer.

8. Výroba konstrukce, montáž

Veškeré svarové spoje budou provedeny ve výrobnách, po provedení těchto svarových spojů budou prvky opatřeny žárovým zinkováním.

Montáž proběhne bez nutnosti svařování, jednotlivé dílce budou na místě šroubovány, dále dojde k osazení čepu a jeho zajištění.

Připojení střešního pláště bude pomocí samořezných šroubů do horní pásnice vaznic.

Postup montáže bude následovný:

- sestavení hlavních příčných vazeb tvořící sloup, nosník, závěsy
- zvednutí hlavní příčné vazby do pozice 3, uchycení patního plechu kotevními šrouby, dočasné montážní podepření
- další příčná vazba do pozice 4, montáž příhradových ztužidel a prostých vaznic, možnost odstranění dočasného montážního podepření
- další příčné vazby vždy s každou postupně – zvednutí příčné vazby, uchycení kotevními šrouby, montáž prostých vaznic, odstranění dočasného podepření

Jako dočasné montážní podpory pro příčné vazby se předpokládá především uchycení pomocí autojeřábu.

9. Hmotnost konstrukce

Hmotnost ocelové konstrukce (viz. obr. níže, použit ze Scia Engineer) je brána orientačně, je v ní zahrnuta hmotnost dílců a následně je zvětšena o odhad 5 %, toto navýšení tvoří prvky spojů a případně další prvky, které zde nejsou uvažovány.

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	19108,9	400,134	2,4343e+00

10. Seznam použitých zdrojů

- ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004, 44 s.
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005, 52 s.
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007, 124 s.

- ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006, 96 s.
- ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2006, 44 s. Praha: Český normalizační institut, 2006, 121 s.
- ČSN EN 1993-1-10: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou. Praha: Český normalizační institut, 2006, 20 s.
- ČSN 01 3483: Výkresy kovových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 1986, 44 s. Platnost 1987-2010.
- PILGR, Milan. *Kovové konstrukce: Navrhování prvků ocelových konstrukcí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-018-7.
- Arval: *Tabulky únosností trapézových profilů ArcelorMittal (výroba Senica)* [online]. In: . Praha [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: https://svf.uniza.sk/kskm/subory/KK/Trapezove_profily.pdf
- MELCHER, Jindřich a Bohumil STRAKA. *Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov*. 5. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury n. p., Spálená 51, 113 02 Praha 1, 1985, 218 s.