



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

STANICE LANOVÉ DRÁHY V PECI POD SNĚŽKOU

CABLEWAY STATION IN PEC POD SNĚŽKOU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Nathaly Sarah Kornfeldová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ivan Balázs, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studentka: **Nathaly Sarah Kornfeldová**
Vedoucí práce: **Ing. Ivan Balázs, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracujte návrh a posouzení ocelové konstrukce stanice lanové dráhy o orientačních půdorysných rozměrech 24 × 48 m. Konstrukci navrhnete pro oblast města Pec pod Sněžkou. Návrh i posouzení bude provedeno v souladu s aktuálně platnými normativními dokumenty pro navrhování ocelových konstrukcí.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Požadované výstupy: Technická zpráva shrnující základní charakteristiky navržené konstrukce, statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce, výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce obsahující zejména dispoziční výkresy a výkresy vybraných konstrukčních dílců včetně charakteristických detailů, orientační výkaz spotřeby materiálu.

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

PILGR, Milan. Kovové konstrukce. Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019, ISBN 978-80-7623-018-7

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou. Ocelová konstrukce s půdorysnými rozměry 24 x 48 m a výšce 12,5 m se skládá z 9 příčných vazeb vzájemně vzdálených 6 m. Příhradová konstrukce příčné vazby díky zakřivenému tvaru na jedné straně přechází plynule do příhradového sloupu. Tím vzniká příhradový rám, který je na druhé straně kloubově podepřen šikmým plnostěnným sloupem. V prostřední příčné vazbě je z důvodu potřebného prostoru nutného pro výjezd lanovky plnostěnný sloup vynechán. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna pomocí ztužidel. Konstrukce je navržena z oceli S355.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, stanice lanové dráhy, ocel, příhradová konstrukce, duté válcované profily, kotvení

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design and assessment of the steel structure of the cableway station in Pec pod Sněžkou. The steel structure with floor plan dimensions of 24 x 48 m and a height of 12,5 m consists of 9 transverse frames spaced 6 m apart. This creates a lattice frame, which is supported on the other side by an inclined column made of steel open cross-section. In the middle transverse frame, due to the necessary space required for the exit of the cable car, the column is omitted. The spatial stiffness of the construction is secured by bracings. The construction is designed from S355 steel.

KEYWORDS

Steel structure, cableway station, steel, truss structure, hollow rolled steel sections, anchorage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KORNFELDOVÁ, Nathaly Sarah. *Stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou*. Brno, 2024. 16 s., 122 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 SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2024

Nathaly Sarah Kornfeldová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2024

Nathaly Sarah Kornfeldová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ivanu Balázsovi, Ph.D. za ochotu, čas, který mi věnoval, a za odborné rady a užitečné informace, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce poskytl.

Dále děkuji rodině a přátelům za podporu během studia.

ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou. Ocelová konstrukce s půdorysnými rozměry 24 x 48 m a výšce 12,5 m se skládá z 9 příčných vazeb vzájemně vzdálených 6 m. Příhradová konstrukce příčné vazby díky zakřivenému tvaru na jedné straně přechází plynule do příhradového sloupu. Tím vzniká příhradový rám, který je na druhé straně kloubově podepřen šikmým plnostěnným sloupem. V prostřední příčné vazbě je z důvodu potřebného prostoru nutného pro výjezd lanovky plnostěnný sloup vynechán. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna pomocí ztužidel. Konstrukce je navržena z oceli S355.

OBSAH

1. Úvod.....	2
2. Dispozice a statické působení	2
3. Zatížení	2
3.1. Stálá zatížení.....	2
3.2. Proměnná zatížení	3
3.2.1. Užitná zatížení	3
3.2.2. Zatížení sněhem.....	3
3.2.3. Zatížení větrem.....	3
4. Konstrukční prvky.....	3
4.1. Vaznice	3
4.2. Paždíky	4
4.3. Horní pás	4
4.4. Dolní pás.....	4
4.5. Diagonály.....	4
4.6. Sloupy	4
4.7. Štítové plnostěnné sloupy.....	4
4.8. Příčná ztužidla	4
4.9. Vnitřní podélná ztužidla.....	5
4.10. Vnější podélné ztužidlo.....	5
5. Výkaz materiálu	5
6. Materiál.....	5
7. Montáž a postup výstavby	6
8. Povrchové úpravy konstrukce	6
9. Třída provedení.....	6
10. Cena	7
11. Závěr	7
12. Seznam použitých podkladů	7
12.1. Normy	7
12.2. Literatura	7
12.3. Internetové zdroje	8
13. Seznam tabulek.....	8
14. Seznam příloh	8

1. Úvod

Předmětem práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce stanice lanové dráhy o půdorysných rozměrech 48 x 24 m a výšce 12,5 m. Stavba se nachází v Peci pod Sněžkou v Královéhradeckém kraji. Návrh a posouzení konstrukce je v souladu s platnými eurokódy.

2. Dispozice a statické působení

Konstrukce s půdorysnými rozměry 24 x 48 m a výšce 12,5 m se skládá z 9 příčných vazeb vzájemně vzdálených 6 m. Příhradová konstrukce příčné vazby díky zakřivenému tvaru na jedné straně přechází plynule do příhradového sloupu, vzniká tak částečně příhradový rám, který je na druhé straně kloubově podepřen šikmým plnostěnným sloupem. V prostřední příčné vazbě je z důvodu potřebného prostoru nutného pro výjezd lanovky plnostěnný sloup vynechán. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna příčnými a podélnými ztužidly, přičemž krajní podélné ztužidlo je navrženo z masivnějších průřezů než vnitřní podélná ztužidla, protože v prostřední příčné vazbě, kde je vynechán plnostěnný sloup, částečně plní funkci průvlaku. Opláštění je uloženo na vaznicích a paždicích, které jsou navrženy z hranatých uzavřených profilů. Příhradová konstrukce je navržena z uzavřených kruhových profilů a plnostěnné sloupy z dvouose symetrických otevřených profilů. Kotvení všech sloupů je navrženo kloubově.

3. Zatížení

3.1. Stálá zatížení

Vlastní tíha byla uvažována pomocí programu Dlubal RFEM 6.

Střešní plášť je navržen ze sendvičových panelů střešního systému KS1000X – DEK XM 140 IPN + PVC fólie od firmy Kingspan. Panely jsou na vaznice uloženy jako prosté nosníky, přičemž jejich rozpětí je rovno 3 m. Tloušťka panelů je 140 mm a plošná hmotnost 17,94 kg/m². Plošná tíha střešních panelů je tedy rovna 0,1794 kN/m².

Opláštění stěn je navrženo ze stěnových panelů systému KS1000/1150 LR 150 od firmy Kingspan. Panely jsou na paždicky uloženy jako prosté nosníky. Tloušťka panelů je 150 mm a jejich plošná hmotnost 27,77 kg/m². Plošná tíha stěnových panelů je tedy rovna 0,2777 kN/m².

3.2. Proměnná zatížení

3.2.1. Užiténá zatížení

Pro užiténé zatížení by bylo běžně uvažováno se zatížením pro kategorii H – Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Protože toto zatížení je v porovnání s klimatickými zatíženími řádově menší a nevstupuje do rozhodujících kombinací, nebylo s ním v projektu uvažováno.

3.2.2. Zatížení sněhem

Lokalita: Pec pod Sněžkou

Sněhová oblast: VIII

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi: $s_k = 7,74 \text{ kN/m}^2$

Zatížení sněhem na střeše: $s = 6,19 \text{ kN/m}^2$

3.2.3. Zatížení větrem

Lokalita: Pec pod Sněžkou

Větrná oblast: IV

Kategorie terénu: II

Základní rychlost větru: $v_b = 30,0 \text{ m/s}$

Střední rychlost větru: $v_m(z) = 31,473 \text{ m/s}$

Maximální dynamický tlak: $1,404 \text{ kN/m}^2$

4. Konstrukční prvky

Tabulka 1 – Výpis navržených profilů pro jednotlivé konstrukční prvky

Konstrukční prvek	Navržený profil
vaznice	RHS 300x200x8,8
paždíky	RHS 250x150x7,1
horní pás	CHS 323,9x10
dolní pás	CHS 355,6x11
diagonály	CHS 219,1x7,1
plnostěnné sloupy příčné vazby	HEB 360
plnostěnné štítové sloupy	HEB 340
příčná ztužidla	CHS 139,7x5
vnitřní podélná ztužidla	CHS 139,7x5,6
krajní podélné ztužidlo	CHS 219,7x7,1

4.1. Vaznice

Vaznice jsou navrženy z hranatého uzavřeného profilu RHS 300x200x8,8. Jejich rozpětí činí 6 m, stejně jako vzdálenosti příčných vazeb. K hornímu pásu jsou

vaznice připojeny kloubovým šroubovým spojem tvořeným 6 šrouby M24 na plech tloušťky 10 mm navařený do horního pásu koutovým svarem s účinnou tloušťkou 7 mm. Vaznice jsou na koncích uzavřeny víčkem z plechu tloušťky 10 mm, který je k vaznici připojen koutovým svarem účinné tloušťky 4 mm.

4.2. Paždíky

Paždíky jsou navrženy z hranatého uzavřeného profilu RHS 250x150x7,1. Paždíky mezi příčnými vazbami jsou 6 m dlouhé a délky paždíků ve štítových stěnách odpovídají vzdálenostem štítových sloupů. Ke vnějšímu pásu příhradové konstrukce jsou paždíky připojeny kloubovým šroubovým spojem na plech navařený do horního pásu. Ke stojinám plnostěnných sloupů jsou připojeny šroubovým spojem. Paždíky jsou na koncích uzavřeny víčkem z plechu tloušťky 10 mm, který je k paždíku připojen koutovým svarem účinné tloušťky 4 mm.

4.3. Horní pás

Horní pás je navržen z kulatého uzavřeného profilu CHS 323,9x10. Střednice horního pásu je křivka tvořená kružnicí o poloměru 82,48 m, která přechází do kružnice o poloměru 6,00 m a úsečkou o délce 3,92 m.

4.4. Dolní pás

Dolní pás je navržen z kulatého uzavřeného profilu CHS 355,6x11. Střednice dolního pásu je křivka tvořená kružnicí o poloměru 80,98 m, která plynule přechází do kružnice o poloměru 4,50 m a úsečkou o délce 3,92 m.

4.5. Diagonály

Diagonály jsou navrženy z kulatého uzavřeného profilu CHS 219,1x7,1. K hornímu a dolnímu pásu jsou připojeny pomocí koutových svarů účinné tloušťky 7 mm.

4.6. Sloupy

Plnostěnné sloupy příčné vazby jsou navrženy z profilu HEB 360. Pomocí plechů jsou k nim kloubově připojeny dolní pásy příhradové konstrukce.

4.7. Štítové plnostěnné sloupy

Štítové plnostěnné sloupy jsou navrženy z profilu HEB 340. Pomocí šroubového přípoje a plechu jsou k dolním pásům krajních příčných vazeb připojeny posuvným kloubem.

4.8. Příčná ztužidla

Příčná ztužidla jsou navržena z kulatého uzavřeného profilu CHS 139,7x5. Ke sloupům jsou připojena šroubovým přípojem na plech navařený ke sloupu nebo pásu.

4.9. Vnitřní podélná ztužidla

Vnitřní podélná ztužidla jsou navržena z kulatého uzavřeného profilu CHS 139,7x5,6. K pásům jsou připojena šroubovým přípojem na plech navařený k pásům.

4.10. Vnější podélné ztužidlo

Vnější podélné ztužidlo je navrženo z kulatého uzavřeného profilu CHS 219,1x7,1. Vnější podélné ztužidlo bude provedeno z většího profilu než ostatní podélná ztužidla, protože v prostřední příčné vazbě, kde je vynechán plnostěnný sloup, částečně plní funkci průvlaku. K pásům je připojeno šroubovým přípojem na plech navařený k pásům.

5. Výkaz materiálu

Tabulka 2 – Výkaz materiálu

Číslo	Prvek	Průřez	Objem [m ³]	Hmotnost [t]
1	vaznice	RHS 300x200x8,8	3,63	28,52
2	paždíky	RHS 250x150x7,1	2,62	20,59
3	horní pás	CHS 323,9x10	2,80	21,94
4	dolní pás	CHS 355,6x11	2,97	23,30
5	diagonály	CHS 219,1x7,1	1,86	14,63
6	sloupy příčné vazby	HEB 360	1,63	12,79
7	štítové sloupy	HEB 340	0,97	7,65
8	příčná ztužidla	CHS 139,7x5	0,85	6,64
9	vnitřní podélná ztužidla	CHS 139,7x5,6	1,96	15,38
10	krajní podélné ztužidlo	CHS 219,7x7,1	0,48	3,78
Celkem			19,77	155,22
Hmotnost přípojů a plechů (cca 7,5 %)				11,64
Celkem				166,86

6. Materiál

Pro všechny nosné prvky konstrukce je použita ocel pevnostní třídy S355. Ze stejné oceli jsou navrženy i všechny styčnickové a čelní plechy. Pro styčníky jsou navrženy šrouby M16, M20 nebo M24 pevnostní třídy 5.6. Styčníky prvků příhradové konstrukce jsou navrženy jako svařované koutovými svary.

Pro kotvení jsou použity patní plechy pevnostní třídy S355. Otvory v patních pleších jsou provedeny s tolerancemi +/- 20 mm. Kotvení sloupů je navrženo pomocí předem zabetonovaných kotevních šroubů pevnostní třídy 8.8. Pro plnostěnné sloupy jsou použity 4 kotevní šrouby s hákem M24, pro vnitřní pás příhradové konstrukce je použito 6 kotevních šroubů se čtvercovou kotevní hlavou M30 a pro vnější pás příhradové konstrukce 6 kotevních šroubů

se čtvercovou kotevní hlavou M42x3. Přenos smyku kotevními šrouby je zajištěn injektáží šroubů.

7. Montáž a postup výstavby

1. Srovnávací zemní práce a vyhloubení základů (tedy pilot a vyztužených základových patek z betonu C25/30, spolu s osazením kotevních šroubů)
2. Osazení plnostěnného sloupu příčné vazby a jeho montážní podepření
3. Provedení tupých montážních svarů jednotlivých dílců příhradové konstrukce na montážní podložce
4. Osazení příhradové konstrukce jako celku pomocí jeřábu na jedné straně na sloup a na druhé straně na patku
5. Montážní podepření příčné vazby
6. Opakování obdobného postupu u následující vazby
7. Spojení sousedních vazeb pomocí ztužidel, vaznic a paždíků
8. Obdobný postup pro další příčné vazby postupně od krajních ztužidlových polí z obou stran směrem doprostřed
9. Provedení podlití sloupů a kotvených pásů
10. Připevnění střešních a stěnových panelů

Rozměry jednotlivých dílců příhradové konstrukce splňují maximální rozměry pro běžnou přepravu na pozemních komunikacích.

8. Povrchové úpravy konstrukce

Protikorozní ochrana bude zajištěna pomocí nátěru ONS 03 s přípravou povrchu Sa 3 a podkladem ŽSP. Základní nátěr bude proveden v tloušťce 80 µm a podkladový + vrchní nátěr bude tloušťky 160 µm. Celková tloušťka nátěru bude tedy činit 240 µm.

Nátěr bude proveden na řádně očištěný povrch zbavený nečistot, mastnot, solí a prachu, bez okují, ostrých hran a výstupků.

Každých 5 let by měly být provedeny prohlídky a údržba.

9. Třída provedení

Třída následků: CC2

Kategorie použitelnosti: SC1

Výrobní kategorie: PC2

Třída spolehlivosti: RC2

Třída provedení: EXC2

10. Cena

Pro celkovou hmotnost nosné konstrukce 166,86 t a při odhadované ceně 100 Kč za kg je hrubý odhad celkové částky za nosnou konstrukci 16 686 000 Kč.

11. Závěr

Nosná ocelová konstrukce stanice lanové dráhy v Peci pod Sněžkou byla navržena a posouzena dle platných evropských norem a předpisů na mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti.

12. Seznam použitých podkladů

12.1. Normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- [7] ČSN EN ISO 5845-1 Technické výkresy – Zjednodušené zobrazení spojení na výkresech sestavení – Část 1: Základní ustanovení
- [8] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje
- [9] ČSN EN ISO 12944-2 Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Klasifikace vnějšího prostředí
- [10] ČSN EN 1090 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí

12.2. Literatura

- [11] MAREK, Pavel a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury; Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1985

[12] PILGR, Milan. Kovové konstrukce. Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019, ISBN 978-80-7623-018-7

12.3. Internetové zdroje

[13] Kingspan střešní panely [online]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz>

[14] Dlubal [online]. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs>

[15] HORÁČEK, Martin. BO002 Prvky kovových konstrukcí-Podklady do cvičení [online]. [cit. 2024-01-08]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/KDK/horacek.m1/BO002/BO002_Podklady_do_cviceni.pdf

[16] ČHMÚ. *Historická data: Počasí: Mapa zatížení sněhem na zemi*. Online. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapa-zatizeni-snehem-na-zemi>. [cit. 2024-05-21].

13. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výpis navržených profilů pro jednotlivé konstrukční prvky	3
Tabulka 2 – Výkaz materiálu	5

14. Seznam příloh

- A. Statický výpočet
- B. Programový výstup
- C. Výkresová dokumentace
 - 1. Výkres dispozice
 - 2. Montážní výkres
 - 3. Konstrukční výkres
 - 4. Kotevní plán