

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Statický přepočít nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018, TÚ 1471, trati  
Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)

## **Diplomová práce**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Havlíček**  
Osobní číslo: **D22449**  
Studijní program: **N0732A260017 Dopravní stavitelství**  
Téma práce: **Statický přepočít nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018, TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) – Teplice nad Metují (mimo)**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

## Zásady pro vypracování

Proveďte statický přepočít plnostěnné ocelové mostní konstrukce v km 123,974 na trati Chlumec nad Cidlinou (mimo) – Trutnov střed – obvod Poříčí (mimo) dle SŽDC MP pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Součástí statického výpočtu budou Technická zpráva, Výkresová dokumentace, fotodokumentace.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

SŽ MP pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů,  
ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1993

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.**

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání diplomové práce:

**21. října 2022**

Termín odevzdání diplomové práce:

**16. ledna 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. října 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Statický přepočít nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018, TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)

jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne:31.01.2025

Bc. Tomáš Havlíček

# Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Bohumilu Culkovi, Ph. D. za odborné vedení a poskytnutí cenných odborných rad a informací při zpracování diplomové práce.

# Anotace

Diplomová práce se zabývá statickým přepočtem železniční mostní konstrukce, vedoucí přes silnici III. třídy v centru města Teplice nad Metují. Mostní konstrukce se nachází v úseku v km 30,018, TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) – Teplice nad Metují (mimo). Mostní konstrukce má příhradové trémové nosníky a dolní prvkovou mostovku.

Pro posouzení a výpočet byly užity platné evropské a české normy a metodické pokyny Správy železnic.

## Klíčová slova

Most, příhrada, příhradový nosník, prvková mostovka, plávková ocel, posudek, Zlm71, zatížitelnost, scia Engineer, Mathcad,

## Title

Static Recalculation of the Load-Bearing Structure of a Steel Truss Bridge over a Class III Road at km 30.018, TÚ 1471, on the Trutnov střed (excluding) – Teplice nad Metují (excluding) Railway Line

## Annotation

The thesis deals with the static recalculation of a railway bridge structure spanning a Class III road in the center of Teplice nad Metují. The bridge structure is located at section km 30.018, TÚ 1471, on the Trutnov střed (excluding) – Teplice nad Metují (excluding) railway line. The bridge features truss beam girders and a lower-deck structure.

For the assessment and calculations, valid European and Czech standards, as well as methodological guidelines of the Railway Administration, were used.

## Keywords

Bridge, truss, truss beam, Structural bridge deck, rimmed steel, evaluation, Zlm71; Load-bearing capacity, SCIA Engineer, Mathcad

# Obsah diplomové práce

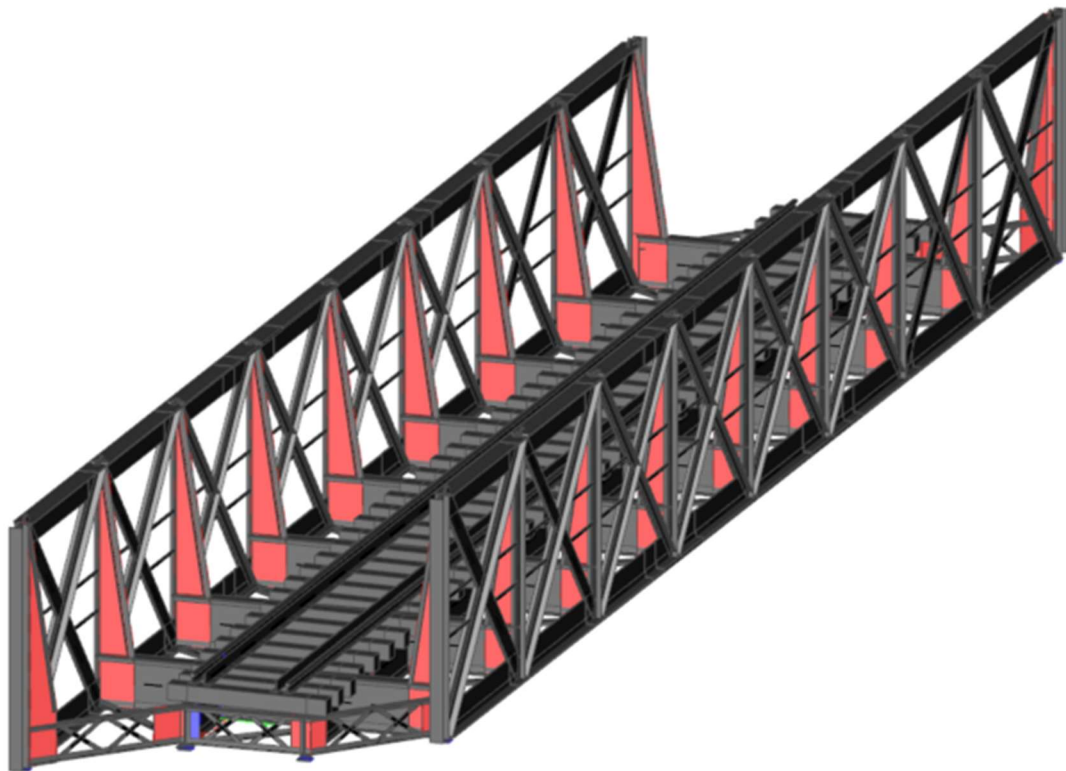
1. Technická zpráva
2. Výkresová dokumentace
  - a. Příčné řezy 1:50
  - b. Půdorys 1:100
  - c. Podélný řez 1:100
3. Statický výpočet a výpočet zatížitelnosti.
4. Fotodokumentace

# Popis řešení diplomové práce

Nejprve byly zjištěny veškeré potřebné rozměry konstrukce a jednotlivých prvků. Po nashromáždění těchto zdrojů byly jednotlivé průřezy vykresleny v sw AutoCAD. Z něj byly tyto průřezy importovány do sw SCIAEngineer.

Zde byla následně vymodelována kompletní konstrukce, která byla následně zatížena působícím zatížením od pochozích plechů, větru, teploty a dopravy. Po spuštění výpočtu byly výsledná data posouzeny dle platných českých a evropských norem

Většina prvků vyhověla požadavkům na zatížitelnost. U nevyhovujících podélníků byla navržena výměna za nový průřez. Ten byl následně posouzen stejně jako původní.



Obrázek 1: Model mostní konstrukce



Obrázek 2: Reálný stav

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

## **Diplomová práce**

Statický přepoččet nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018,  
TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)

## **Technická zpráva**

Zpracoval: Bc. Havlíček Tomáš

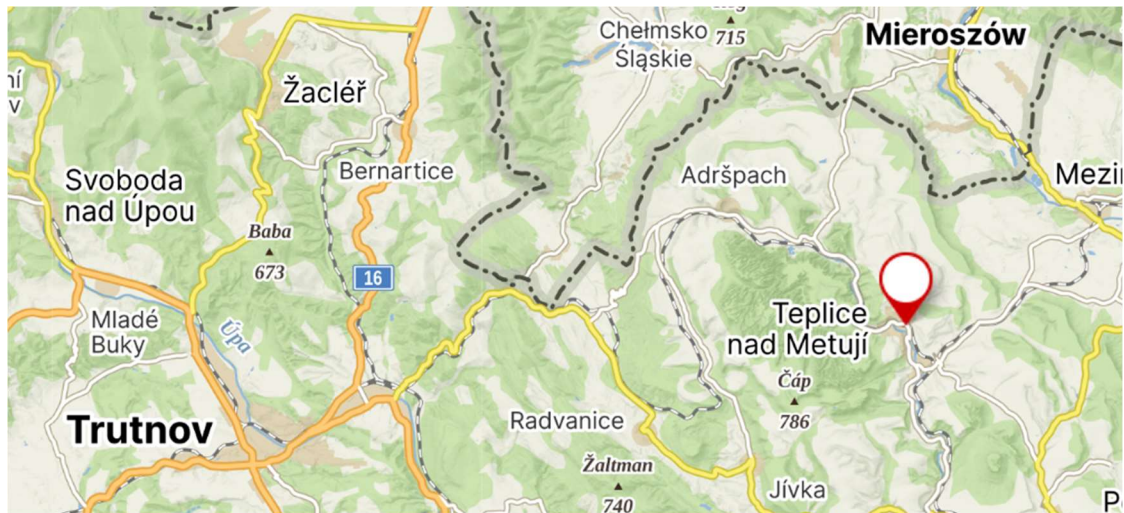
Vedoucí práce: doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.

## Obsah

1	Úvod.....	3
2	Základní údaje o konstrukci .....	4
2.1	Základní charakteristika.....	4
2.2	Technický popis konstrukce.....	5
2.2.1	Základní rozměry řešené konstrukce .....	5
2.2.2	Nosná konstrukce .....	5
2.2.3	Spodní stavba.....	9
2.2.4	Železniční svršek .....	9
2.2.5	Vybavení mostní konstrukce.....	9
2.2.6	Materiál mostní konstrukce .....	9
2.3	Model konstrukce.....	10
3	Postup výpočtu .....	14
4	Závěr.....	14
5	Použitá literatura.....	16
6	Zdroje .....	16

# 1 Úvod

V této diplomové práci se zabývám statickým přepočtem mostní ocelové příhradové konstrukce. Most se nachází v km 30,018 TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) – Teplice nad Metují (mimo). Most převádí železniční dopravu přes silnici III. třídy v centru města Teplice nad Metují. Tato technická zpráva vychází z původní dokumentace archivu Správy železnic a z fotodokumentace, která byla pořízena při návštěvě místa v roce 2023.



Obrázek 2: Umístění konstrukce – širší vztahy [10]



Obrázek 1: Umístění konstrukce – detail [11]

## 2 Základní údaje o konstrukci

### 2.1 Základní charakteristika

Mostní konstrukce je umístěna v oblouku železniční trati, kterou převádí. Převáděná trať se zároveň nachází v intravilánu centra historické části Teplice nad Metují. Mostní konstrukce je tedy šikmá a na obou koncích navazuje na náspy. Konstrukce mostu se klasifikuje jako ocelový příhradový most s dolní prvkovou mostovkou.

Hlavní nosníky jsou konstrukčně identické, ale jsou od sebe zároveň odsazeny o jedno pole. Konstrukce celého mostu je tvořena ocelovými profily L různých velikostí a plechy různých tloušťek, které jsou k sobě spojeny nýty do potřebných profilů. Z těch je následně vytvořena celková konstrukce mostu.



Obrázek 3: Posuzovaná mostní konstrukce (O1 a O2 opěry; K1 posuzovaná konstrukce)

## 2.2 Technický popis konstrukce

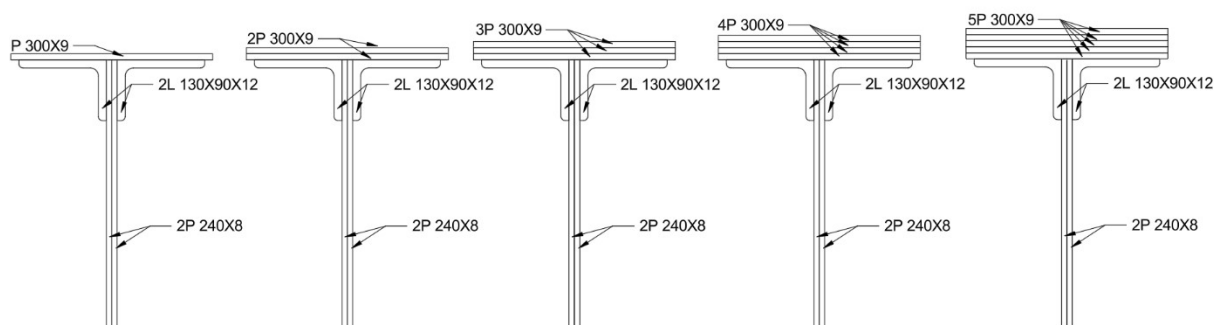
### 2.2.1 Základní rozměry řešené konstrukce

Celková délka mostu:	38,300 m
Délka přemostění:	27,020 m
Světlost mostního otvoru:	23,054 m
Šířka mostu:	5,50 M
Výška mostu:	4,65 m
Kolmost objektu:	objekt je šikmý
Úhel křížení:	50°85´
Počet kolejí:	1
Počet otvorů:	1
Rok výroby:	1907

### 2.2.2 Nosná konstrukce

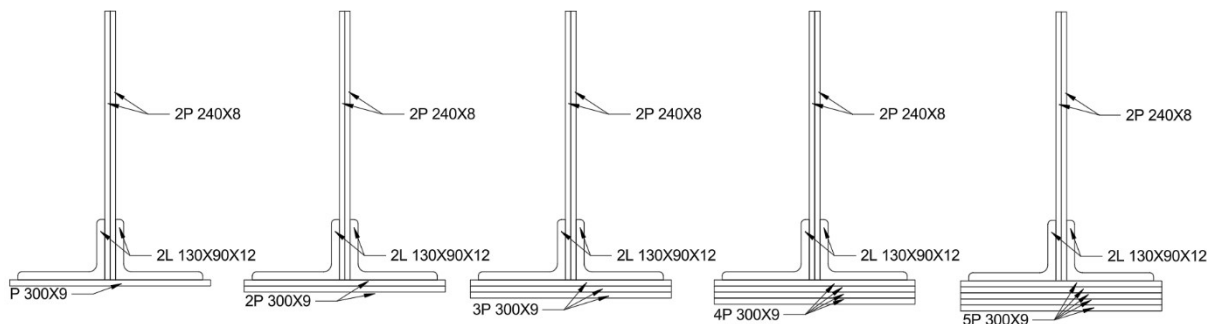
Jedná se o ocelovou trémovou příhradovou nýtovanou konstrukci s dolní prvkovou mostovkou. Nosná konstrukce je šikmá, a její ukončení je rovněž šikmé. Ukončení mostovky je kolmé. Celý most je složen z profilů L a plechů různých velikostí a tloušťek, ze kterých jsou následně pomocí nýtů vytvořeny potřebné profily. Hlavní nosník i mostovka jsou tvořeny těmito profily. Ty jsou rozděleny do skupin, jako jsou horní pásy, dolní pásy, svislice, diagonály, příčnický, podélnický a ztužení.

Horní pásy jsou tvořeny stojnou, krčními úhelníky a pásnicí. Stojna je u všech profilů identická a je tvořena dvojicí plechů tloušťky 8 mm a výšky 240 mm. Krční úhelníky jsou jako stojny ve všech případech identické a tvoří je dvojice úhelníků L 130x90x12. Pásnice je vytvořena plechem o šířce 300 mm a tloušťce 9 mm. Tyto plechy směrem ke středu hlavního nosníku přibývají až do počtu 5 ks. Pásnice je tedy v místě své nejvyšší tloušťky 45 mm vysoká.



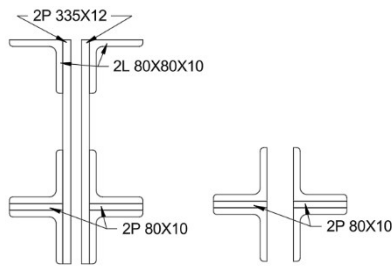
Obrázek 4: Schéma profilů horního pásu

Dolní pásy jsou tvořeny stejně jako horní pásy, ze stejných úhelníků a plechů. Profily jsou také umístěny po délce hlavního nosníku identicky, zrcadlově podél vodorovné osy hlavního nosníku.



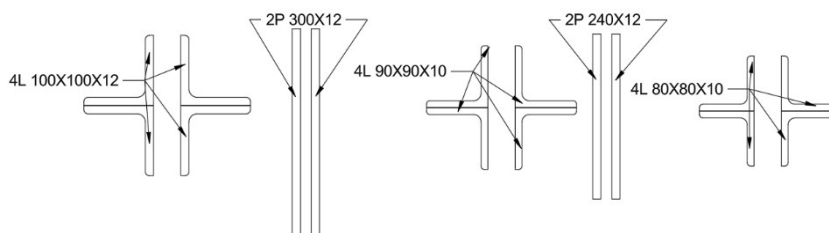
Obrázek 6: Schéma profilů dolního pásu

Svislice jsou dvojího druhu: krajní a vnitřní. Krajní svislice jsou tvořeny šestici úhelníků L 80×80×10, dvojicí plechů P 335×12 a dvojicí plechů P 80×10. Vnitřní svislice tvoří stejné úhelníky jako krajní, tedy L 80×80×10, avšak jejich počet je snížen na čtyři kusy. Dvojice plechů P 80×10 je identická.



Obrázek 5: Schéma profilů svislic. levá krajní; pravá vnitřní

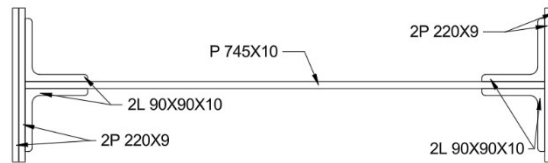
Diagonály celkově tvoří pět různých profilů. První dvojice diagonál je tvořena čtveřicí úhelníků L 100×100×12 a dvojicí plechů P 300×12. Druhá dvojice je tvořena čtveřicí úhelníků L 90×90×10 a dvojicí plechů P 240×12. Ostatní vnitřní dvojice diagonál jsou tvořeny identicky. Všechny diagonály, kromě krajních výše zmíněných, tvoří čtveřice úhelníků L 80×80×10.



Obrázek 7: Schéma profilů diagonál

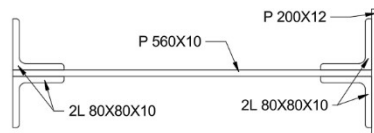
Dále je mezi svislicemi a diagonálami umístěno zábradlí. Toto zábradlí je tvořeno dvojicí pásů plechu P 50×8.

Příčnky jsou osově symetrické podle vodorovné osy. Stojinu tvoří plech P 745×10, krční úhelníky L 90×90×10 a pásnice z plechů P 220×9.

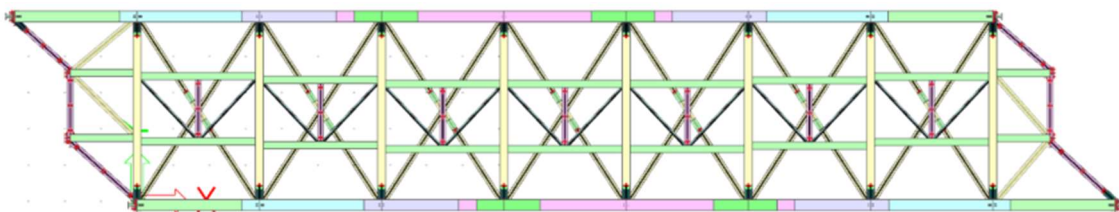


Obrázek 8: Schéma příčniku. Z důvodu úspory místa je toto schéma otočeno o 90° směrem doprava.

Podélníky jsou tvořeny horní pásnicí z plechu P 200×12, krčními úhelníky L 80×80×10 a stojinou P 560×10. Umístění podélníků není v celé délce mostu identické. Kopírují geometrii koleje a posouvají se směrem k levému hlavnímu nosníku. Největší excentricitu mají podélníky mezi prostředními příčnicími. Na koncích mostu jsou však podélníky vycentrovány na střed mezi hlavními nosníky.



Obrázek 9: Schéma podélníku. Z důvodu úspory místa je toto schéma otočeno o 90° směrem doprava.



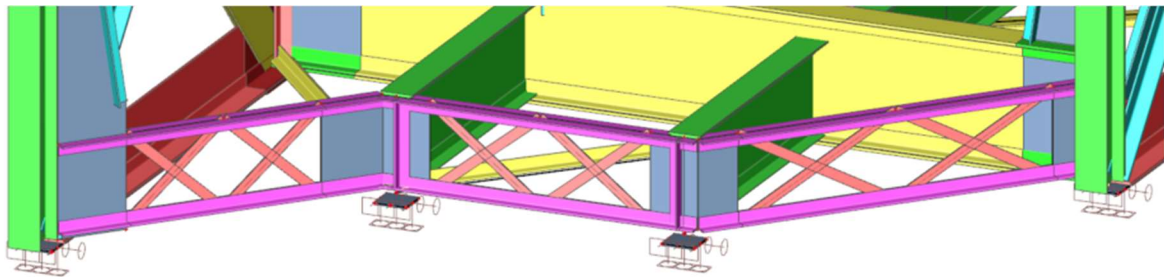
Obrázek 10: Model mostu vytvořený v sw SCIA Engineer s viditelným posunem podélníků.

Ztužení na celé konstrukci tvořeno úhelníky L 70×70×10. Mezi podélníky je tento profil osamocen. Ztužení mezi hlavními nosníky je tvořeno dvojicí těchto profilů.

Šikmé ukončení hlavní nosné konstrukce je tvořeno dvojicí profilů L 70×70×10 a plechy P 70×7. Stejným způsobem jsou vytvořeny výztuhy mezi podélníky.



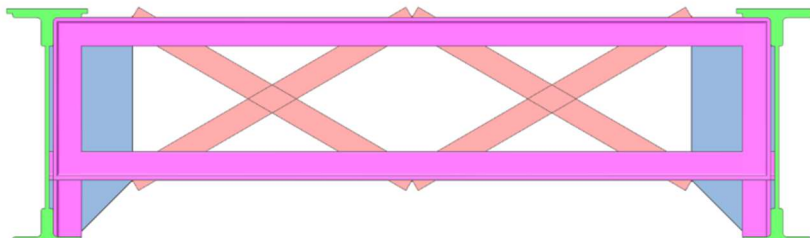
Obrázek 13: Šikmé ukončení nad opěrou O2 (viditelná část) – skutečný stav



Obrázek 14: Šikmé ukončení nad opěrou O2 – model



Obrázek 12: Výztuha mezi podélníky – skutečný stav



Obrázek 11: Výztuha mezi podélníky-model

### 2.2.3 Spodní stavba

Opěra O1 je tvořena z kamene s pravidelným řádkováním. Úložný práh je tvořen opracovanými kameny a její spodní ukončení je rovněž kamenné. Na této straně opěra přímo navazuje na chodník pro pěší. Křídla u opěry O přecházejí v opěrné zdi, které lemují přilehlé komunikace. Základní rozměr opěry O1 je 8,086 m.

Opěra O2 je tvořena z kamene s pravidelným řádkováním. Úložný práh je tvořen opracovanými kameny a její spodní ukončení je také kamenné. Na této straně je mezi opěrou a chodníkem pro pěší travnatý plácek. Mostní křídla jsou rovněž tvořena kamenným zdívkem s pravidelným řádkováním, které se postupně snižuje v závislosti na sklonu náspu. Základní rozměr opěry O2 je 8,446 m.

### 2.2.4 Železniční svršek

Železniční svršek je tvořen svařovanými kolejnicemi tvaru S49. Na konstrukci je tedy bezстыková kolej. Tyto kolejnice jsou upevněny na žebrových podkladnicích.

Použité mostnice na této konstrukci jsou dubové a mají běžný rozměr 240×240×2400 mm. Na obou koncích jsou opatřeny sponami proti štěpení. Uložení mostnic je plošné a k jejich upevnění se používají svislé mostnicové šrouby. Vzhledem k tomu, že trať na konstrukci je v pravém oblouku, je nutné zajistit převýšení. To je zajištěno zařízením mostnic. Nejvyšší dosažené převýšení trati na konstrukci je 15 mm. Celkový počet mostnic je 45 kusů.

### 2.2.5 Vybavení mostní konstrukce

Největší částí vybavení mostní konstrukce jsou pochozí plechy. Ty jsou tvořeny sličkovým plechem o tloušťce 6 mm. Tento plech je na pravé straně uchycen šrouby k profilům U 80 a na levé straně k profilům U 120. Tyto profily jsou následně uchyceny šrouby k příčnicům. Plechy na mostnicích jsou uchyceny pomocí profilů L 40×40×5, které jsou rovněž upevněny šrouby.

Zábradlí je zbudováno za oběma konci hlavní mostní konstrukce a slouží především jako ochrana v místech možného pádu z konstrukce, opěry nebo opěrné zdi před opěrou O1. Za opěrou O2 je zábradlí znatelně kratší. Zábradlí je dilatováno mezerou a ukotveno do konstrukce opěr. Na samotné nosné konstrukci je zábradlí upevněno nýty mezi diagonály a svislice. Je tvořeno plechem P 50×8. Konstrukce je dále vybavena ochranným nátěrem, bezpečnostními štítky, kabelovým vedením, silničním značením a stříškami nad chodníky, které slouží jako ochrana chodců.

### 2.2.6 Materiál mostní konstrukce

Použitý materiál bohužel není uveden v poskytnuté dokumentaci. Z tohoto důvodu jsem postupoval podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Vzhledem k roku výroby (1907) byl materiál určen jako plávková ocel.

Tabulka A.1 - Vlastnosti ocelí a dílčí součinitele materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání $\sigma_{adm}$ [MPa]	Zaručená mez kluzu $f_y$ [MPa]	Mez pevnosti $f_u$ [MPa]	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	Norma
do 1894	svárkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895- 1904	svárkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nařízení 97/1904
	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30	
1905- 1937	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1230

Obrázek 15: Vlastnosti ocelí a součinitele pro dané materiály dle roku výroby [2]

## 2.3 Model konstrukce

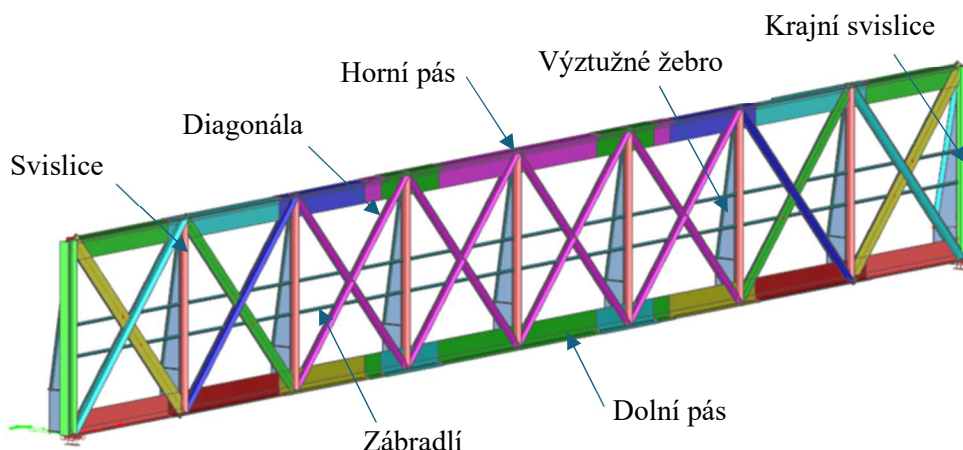
Model mostní konstrukce byl vytvořen v softwaru SCIA Engineer 22.0.1021.64, a veškerá potřebná projektová dokumentace byla zpracována v softwaru AutoCAD 2025. V prvním kroku byly z dostupné projektové dokumentace v AutoCADu vytvořeny všechny potřebné průřezy nacházející se na mostní konstrukci.

Bohužel ne všechny rozměry byly známy, zejména kvůli chybám v původní dokumentaci. Výkres hlavního nosníku, který byl přiložen, neodpovídal rozměrům ve zbytku dokumentace ani skutečnému stavu konstrukce – a to jak konstrukčně, tak rozměrově. Zejména rozměry diagonál a svislic bylo nutné ověřit, aby odpovídaly skutečnému stavu.

Dále bylo třeba ověřit rozměry příhrad ukončujících hlavní nosník. Vzhledem k šikmosti mostu je toto ukončení řešeno jinak než běžnými příčníky. Chyběly také rozměry dílců výztuh mezi podélníky, které však nejsou běžně přístupné. Tyto rozměry byly proto přibližně odměřeny z fotografií. Nejprve jsem na fotografii v blízkosti hledaného prvku našel známý rozměr (například šířku nebo výšku podélníku či rozměr mostnice). Poté jsem zjistil měřítko, fotografii zvětšil na odpovídající velikost a následně odměřil požadovanou hodnotu. Tyto hodnoty přibližně odpovídaly běžně užitým rozměrům dílců na mostě, a proto byly zvoleny pro model.

Po importování všech potřebných průřezů začaly práce na samotné modelaci konstrukce. Nejprve jsem vytvořil dolní pás hlavního nosníku, poté svislice, následně diagonály a nakonec horní pás. V tomto kroku byla také vymodelována zábradlí a výztužná žebra svislic.

Oba hlavní nosníky jsou identické, a proto byly modelovány stejným způsobem.



Obrázek 16: Schéma hlavního nosníku

Diagonály a svislice jsou připojeny pružnými klouby na obou koncích ve styčnicích. Jejich torzní tuhost je vypočtena dle [2] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

Dle "SŽDC Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů" :  
 - Pro profily do výšky menší než 550 mm lze počáteční ohybovou tuhost styčnicku stanovit jako:  

$$S_j = 2 \times 10^{-7} \cdot I + 2.7436 \text{ [MNm/rad]}, \text{ (A.1; str. 51)}$$

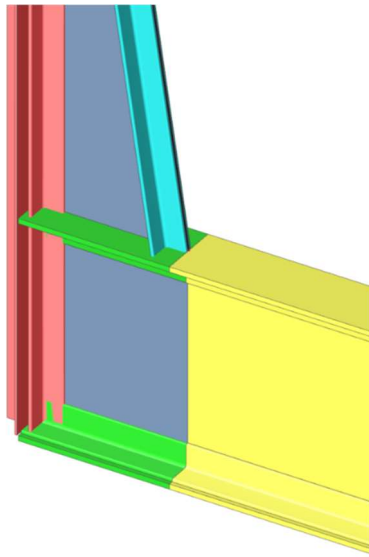
Svislice:		Moment setrvačnosti příp. prutu v [m <sup>4</sup> ]		S <sub>j</sub> [MNm/rad]
		ly	lz	
V1;1		ly	2,49E-04	52,477600
		lz	3,07E-05	8,881400
	V2-7	ly	8,37E-06	4,417940
lz		2,15E-05	7,038200	

Diagonály:		Moment setrvačnosti příp. prutu v [mm <sup>4</sup> ]		S <sub>j</sub> [MNm/rad]
		ly	lz	
E1;8		ly	5,40E-05	13,543600
		lz	1,50E-06	3,043120
E2;7		ly	2,76E-05	8,273200
		lz	1,20E-06	2,983220
E3;4;6;5		ly	6,80E-06	4,102740
		lz	9,44E-06	4,631800
D1;8		ly	1,69E-05	6,122000
		lz	3,16E-05	9,056000
D2;7		ly	9,67E-06	4,677440
		lz	1,95E-05	6,643800
D3;4;6;5		ly	6,80E-06	4,102740
		lz	1,49E-05	5,715400

Ztužení:		Moment setrvačnosti příp. prutu v [m <sup>4</sup> ]		S <sub>j</sub> [MNm/rad]
		ly	lz	
2xL70		ly	1,15E-06	2,973400
		lz	2,30E-06	3,203180

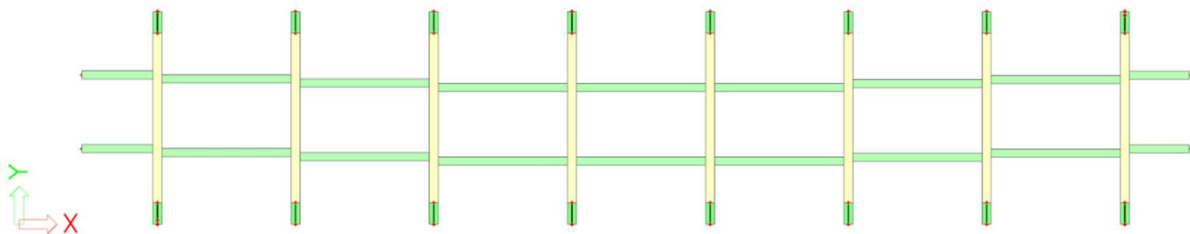
Obrázek 17: Vypočtené hodnoty rotačních tuhostí dle [2]

Následně probíhaly práce na modelaci mostovky. Ta je vytvořena z prutových prvků, které tvoří příčnícíky a podélníky. Příčnícíky jsou v místech kontaktu s výztuhami styčnících přerušeny, a jejich konstrukce byla vymodelována pouze jako samotné krční úhelníky bez styčnících.



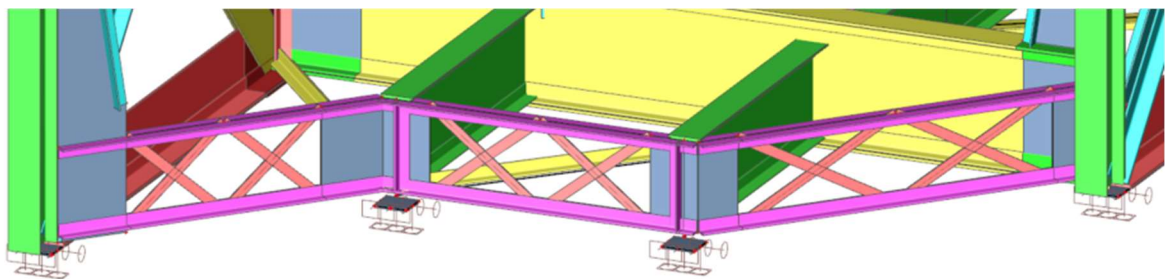
Obrázek 18: Detail řešení napojení příčnícíku na svislici.

Podélníky mezi příčnícíky kopírují geometrii koleje. Z tohoto důvodu jsou ve střední části vymodelovány s excentricitou směrem k levému hlavnímu nosníku.



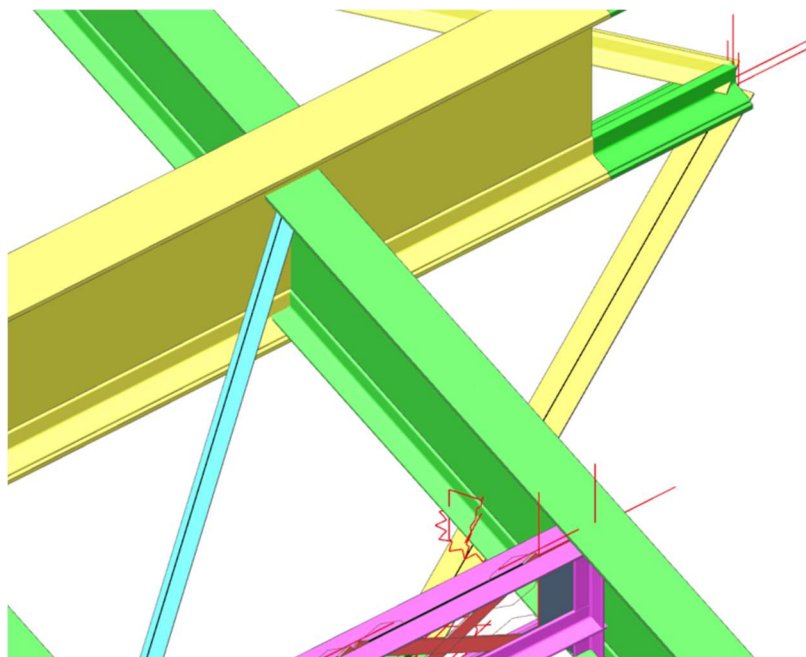
Obrázek 19: Umístění podélníků vzhledem k příčnícím

V posledním kroku modelování mostovky byla vložena krajní ložiska a krajní příčnícíky.



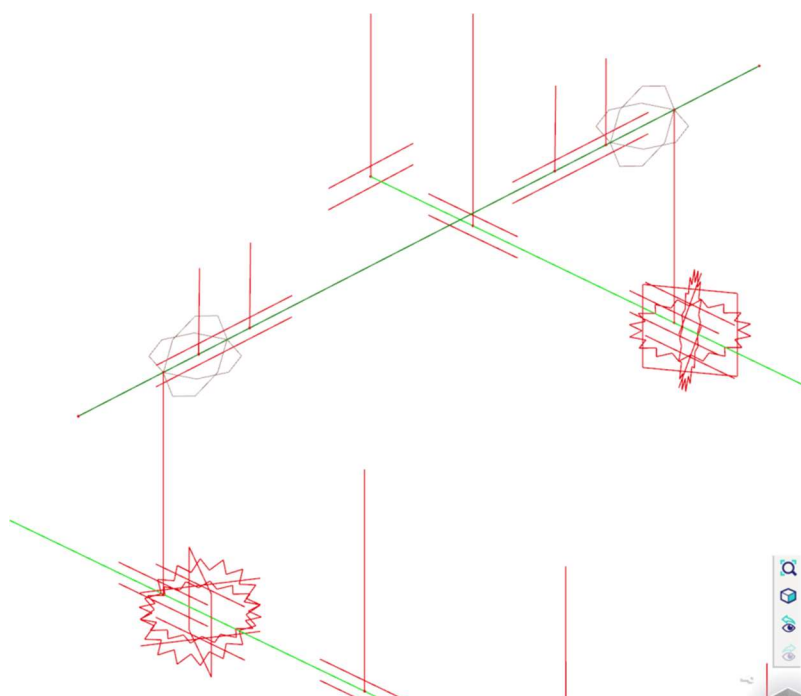
Obrázek 20: Model řešení šikmého ukončení konstrukce a zobrazení ložisek

Dále bylo potřeba vymodelovat podélné ztužení. Stejně jako celá konstrukce, i ztužení je vymodelováno jako pruty. Mezi příčnky jsou pruty ztužení umístěny ve stejné úrovni jako samotné příčnky, přičemž jejich umístění je řešeno excentricitou. Mezi podélníky jsou pruty umístěny na jejich skutečné místo a jejich přichycení ke konstrukci je řešeno tuhými rameny.



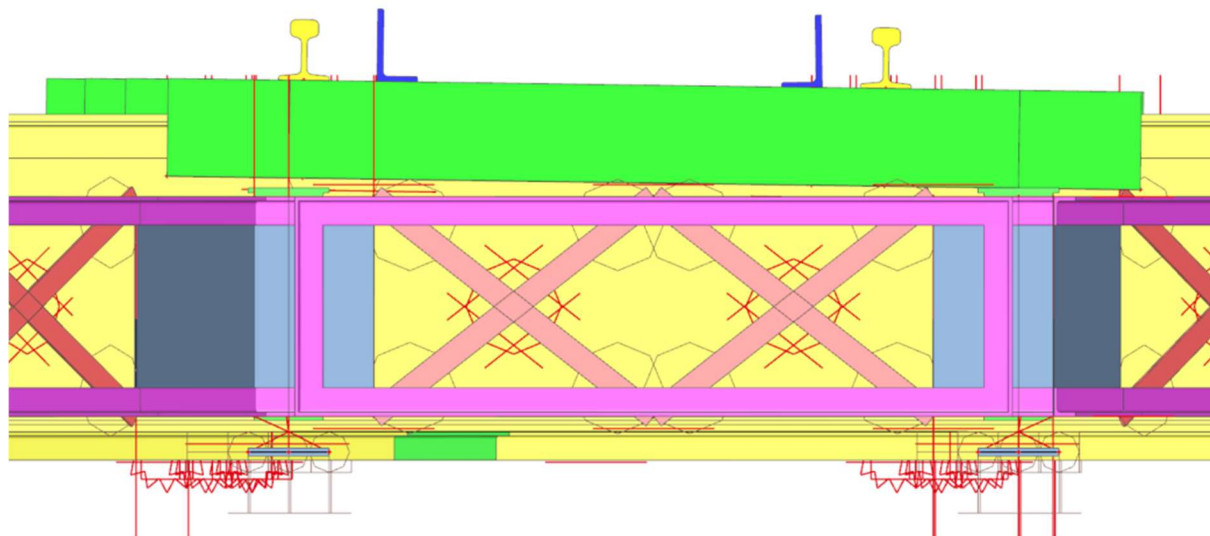
Obrázek 22: Detail umístění podélného ztužení

V posledním kroku byl vymodelován mostní svršek. Ten je tvořen 45 mostnicemi, které jsou vloženy s převýšením do jejich skutečné polohy. Ty jsou následně uchyceny tuhými rameny k podélníkům. Mostnice jsou v modelu tvořeny celkově třemi prvky, přičemž prostřední prvek je umístěn mezi podélníky a zbývající délka je symetricky rozdělena po obou koncích. Vzájemně jsou propojeny uzly.



Obrázek 21: Detail napojení mostnic na podélníky

K mostnicím jsou dále připojeny kolejnice a pojistné úhelníky. Z důvodu, že v softwaru SCIA Engineer nelze vložit prutový prvek v oblouku, byly kolejnice umístěny do střední polohy jejich maximální excentricity na mostě. Stejným způsobem byly vloženy i pojistné úhelníky. Pruty byly zároveň vloženy s natočením, aby korespondovaly s úhlem vzniklým vlivem převýšení. Tyto pruty byly následně umístěny do jejich skutečné polohy a k mostnicím byly připojeny tuhými rameny.



Obrázek 23: Umístění kolejnic a pojistných úhelníků v modelu

### 3 Postup výpočtu

Po vytvoření fyzického modelu jsem mohl přejít k zatěžování. Model konstrukce byl zatěžován zatížením, které bylo určeno dle současných platných norem a předpisů. Tomuto tématu se dále věnuji v kapitole „Statický výpočet“.

Po vložení zatížení, určení zatěžovacích stavů a jejich kombinací a po spuštění výpočtu, program SCIA Engineer vypočítá působící vnitřní síly na prutech. Tyto hodnoty jsem následně mezi sebou porovnal a vždy vzal hodnoty vnitřních sil z kombinací, které působili největším zatížením a zároveň obsahovali v kombinaci zatěžovací model LM71.

Jednotlivé pruty v hlavním nosníku byly posouzeny na tah/tlak a na zatížitelnost. Podélníky a příčníky byly posouzeny na boulení, únosnost příčného řezu, únosnost ve smyku, interakci působících složek síly, klopení a zatížitelnost.

### 4 Závěr

V níže uvedených tabulkách jsou přehledně zobrazeny posudky na jednotlivé pruty hlavního nosníku, příčníků a podélníků. Zatížitelnost nevyšla celkově na třech průřezech. V horním pásu je to profil O3, dolním pásu je to profil U1 a mezi diagonálami je to zábradelní pás.

U těchto profilů by bylo možné řešení výpočet přechodnosti a následně případné snížení traťové rychlosti.

Na mostovce nevyhovují podélníky. Zde bylo navrženo řešení výměnou za nový masivní nosník.

Posouzení tohoto nového průřezu je součástí výpočtu.

HLAVNÍ NOSNÍK					
OZNAČENÍ	Ned [kN]	Nrd [kN]	Ned<Nrd	ZLM71	POSUDEK
HORNÍ PÁS					
O1	-501,90	2054,98	OK	2,619	VYHOVUJE
O2	-1494,22	1919,08	OK	1,305	VYHOVUJE
O3	-2141	3078,805	OK	0,966	NEVYHOVUJE
O4	-2438	3557,116	OK	1,083	VYHOVUJE
O5	2438	4055,37	OK	1,636	VYHOVUJE
DIAGONÁLY					
D1	-998,33	1646,05	OK	1,875	VYHOVUJE
D2	-861,1	1188,955	OK	1,632	VYHOVUJE
DE3 TAH	24,15	1263,68	OK	173,6637	VYHOVUJE
DE3 TLAK	-446,42	1020,349	OK	2,713	VYHOVUJE
E1	684,63	1505,45	OK	7,793	VYHOVUJE
E2	600,9	1204,364	OK	2,1884	VYHOVUJE
Z1 TAH	24,15	83,6364	OK	9,285	VYHOVUJE
Z1 TLAK	24,15	11,8	NEVYHOVUJE	9,285	VYHOVUJE
SVISLICE					
V1;1	-790,87	3475,91	OK	3,41	VYHOVUJE
V2;7	24,15	1598,228	OK	220,231	VYHOVUJE
DOLNÍ PÁS					
U1 TAH	1058,68	2952,99	OK	-	NEVYHOVUJE
U1 TLAK	-1088	2054,97	OK	-	NEVYHOVUJE
U2 TAH	1772,84	3517,536	OK	1,727	VYHOVUJE
U2 TLAK	-1087,59	1919,089	OK	7,916	VYHOVUJE
U3	2465,94	4082,08	OK	1,076	VYHOVUJE
U4	2562,57	4646,627	OK	1,814	VYHOVUJE
U5	2779,88	5211,173	OK	2,23	VYHOVUJE

Obrázek 25: Výsledky posouzení prvků hlavního nosníku

MOSTOVKA						
OZNAČENÍ	$\eta_1$	$\eta_{1<1}$	$\eta_3$	$\eta_{3<1}$	KLOPENÍ	ZATÍŽITELNOST
PŘÍČNÍK VZ	0,44	OK	0,536	OK	VYHOVUJE	1,367
PŘÍČNÍK MY	0,538	OK	0,0004	OK	VYHOVUJE	2,076
PODÉLNÍK VZ	2,69	-	1,334	-	NEVYHOVUJE	-
PODÉLNÍK VZ -NOVÉ	0,413	OK	0,215	OK	VYHOVUJE	2,754
PODÉLNÍK MY	5,347	-	1,015	-	NEVYHOVUJE	-
PODÉLNÍK MY-NOVÉ	0,849	OK	0,325	OK	VYHOVUJE	1,485

Obrázek 24: Výsledky posouzení prvků mostovky

## 5 Použitá literatura

- [1] Dokumentace poskytnutá archivem Správy železnic
- [2] SŽDC. Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Praha, 2015,
- [3] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí: 73 0002. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015,
- [4] ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou: 73 6203. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005,
- [5] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení –Zatížení větrem: 73 0035. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013,
- [6] ČSN EN 1991-1-5. (2010). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Zatížení větrem. Česká technická norma.
- [7] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby: 73 1401. Červenec 2011. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011,

## 6 Zdroje

- [10] SEZNAM.CZ. *Mapy.cz [online mapa]*. Dostupné z: <https://mapy.cz/s/navumoteba>. [Cit. 5. 1. 2025]
- [11] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Geoportál ČÚZK [online mapa]*. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/mapa.html?xy=-612248.4,-1002595.42&b=zm>. [Cit. 5. 1. 2025].

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

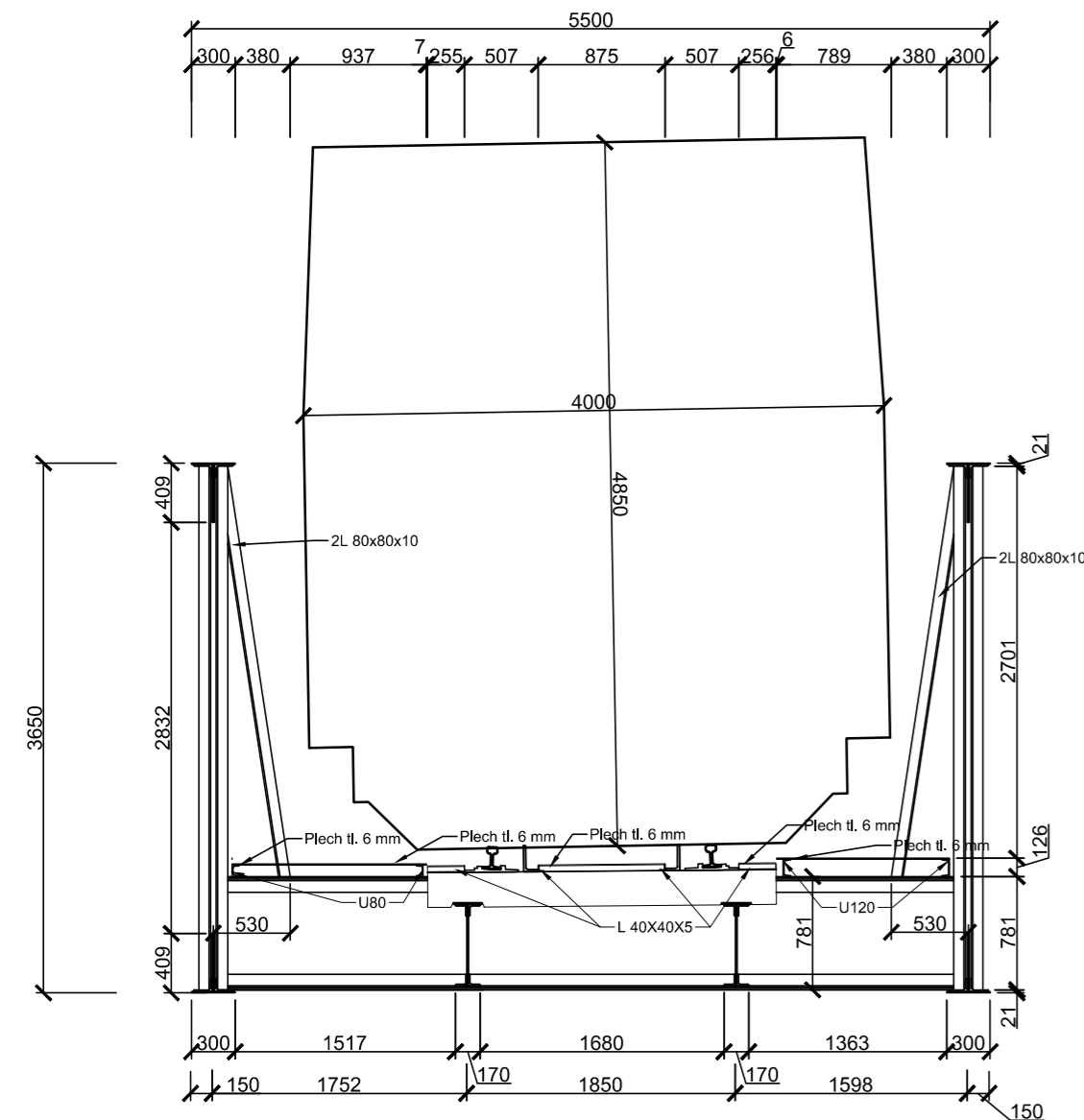
Statický přepoččet nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018, TÚ 1471, trati  
Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)

**VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

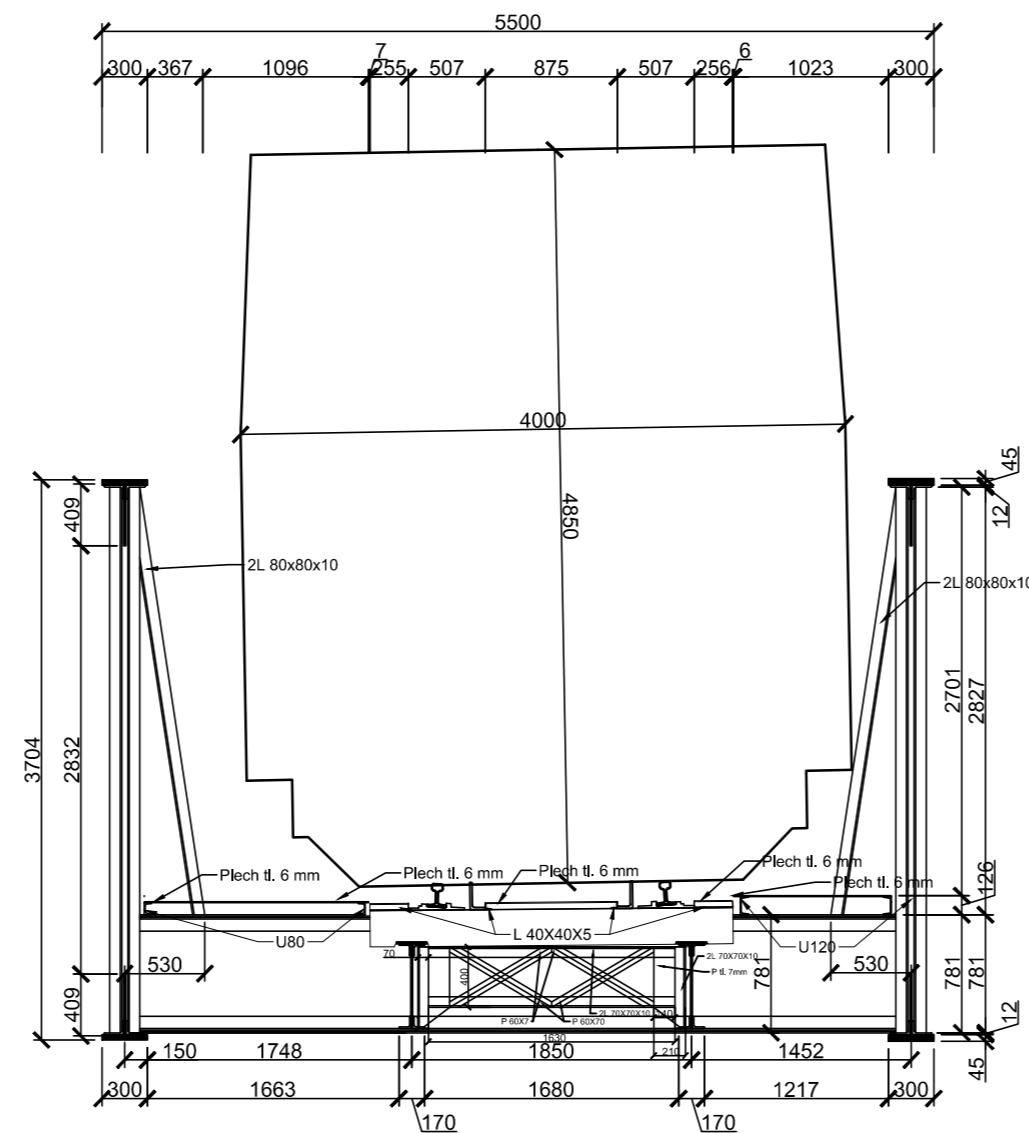
# Obsah výkresové dokumentace

1. Příčné řezy 1:50
2. Půdorys 1:100
3. Podélný řez 1:100

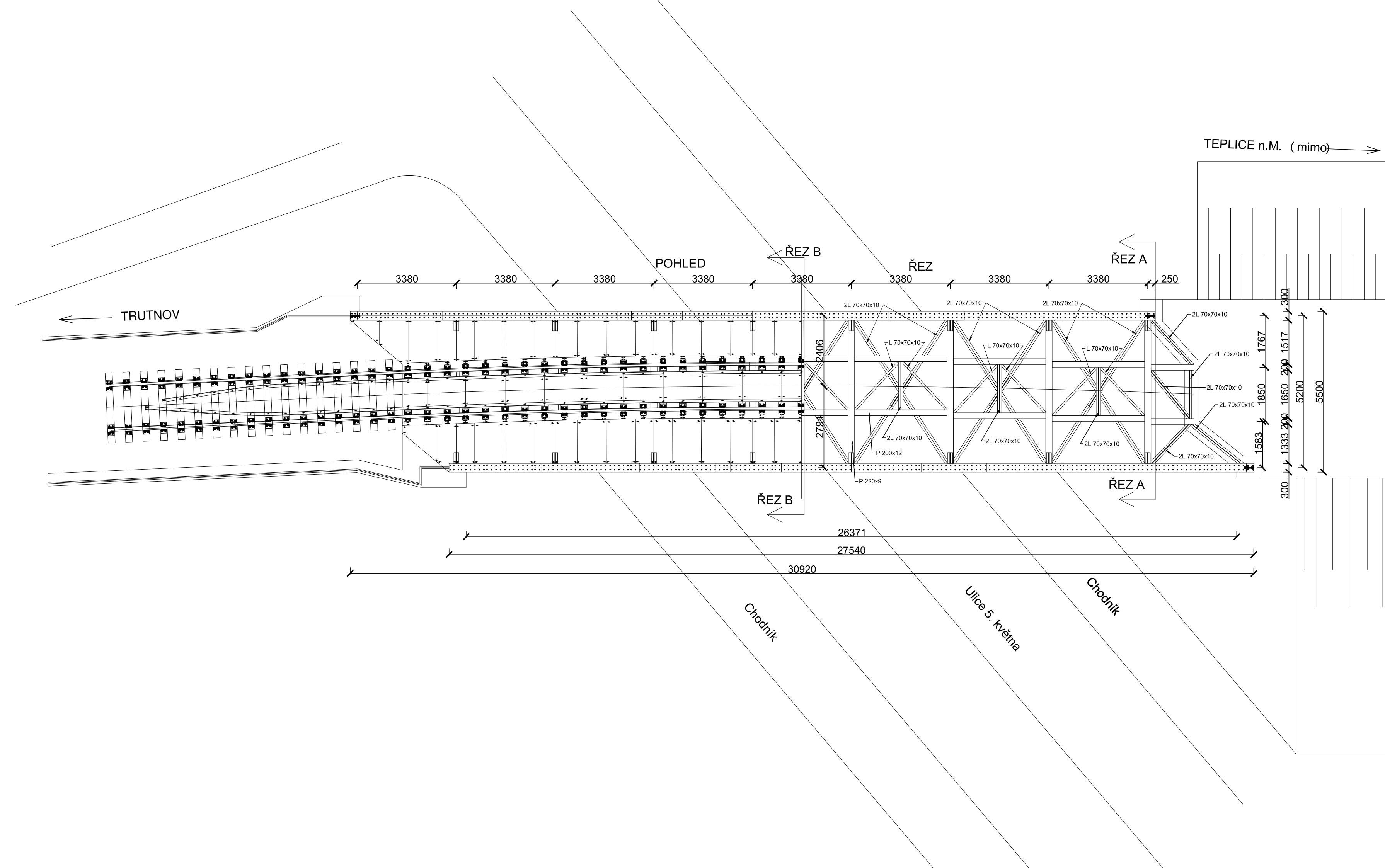
## ŘEZ A



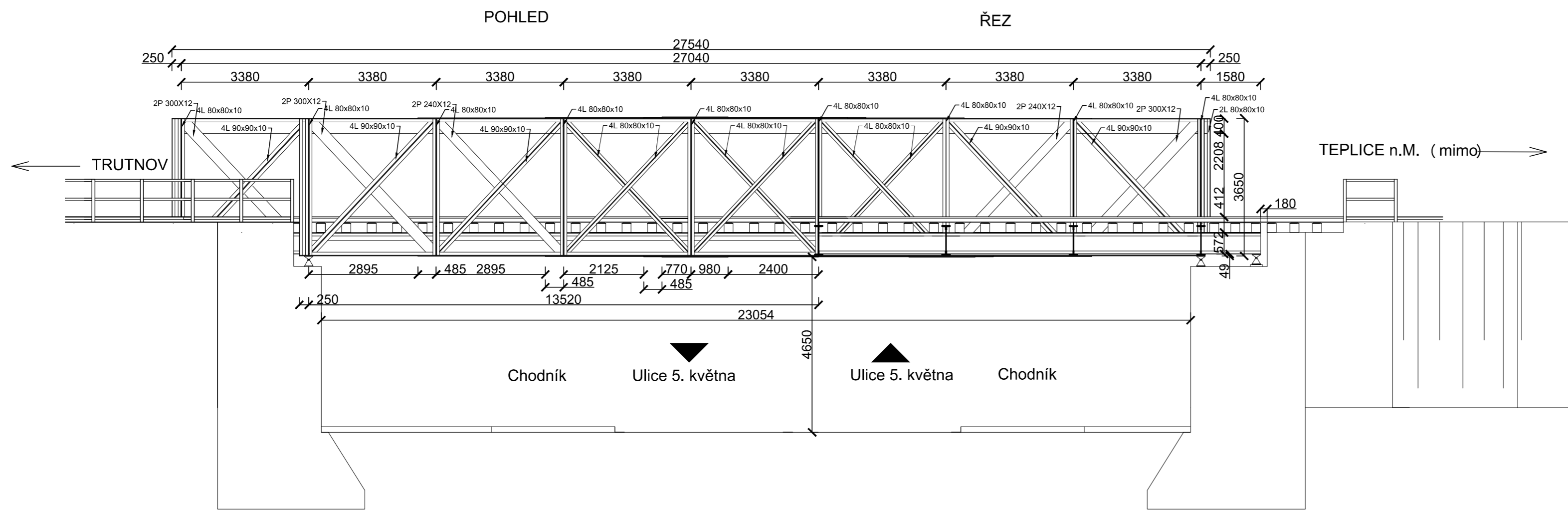
## ŘEZ B



Vypracoval: Bc. Tomáš Havlíček	Vedoucí práce: doc. Ing. Bohumil Culek Ph.D.	DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA STUDENTSKÁ 95, PARDUBICE, 530 09 KATEDRA DOPRAVNÍHO STAVITELSTVÍ
Diplomová práce		Formát: 3xA4 Datum: 01/2025
Příčné řezy A ; B		Účel: Diplomová práce
Měřítko: 1:50	Č. přílohy: 1.	



Vypracoval: Bc. Tomáš Havlíček	Vedoucí práce: doc. Ing. Bohumil Culek Ph.D.	DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA STUDENTSKÁ 95, PARDUBICE, 530 09 KATEDRA DOPRAVNÍHO STAVITELSTVÍ
Diplomová práce		Formát: 4xA4 Datum: 01/2025
Půdorys a vodorovný řez		Účel: Diplomová práce
Měřítko: 1:100	Č. přílohy: 2.	



Vypracoval: <b>Bc. Tomáš Havlíček</b>	Vedoucí práce: <b>doc. Ing. Bohumil Culek Ph.D.</b>	<b>DOPRAVNÍ FAKULTA          JANA PERNERA          STUDENTSKÁ 95,          PARDUBICE, 530 09          KATEDRA DOPRAVNÍHO          STAVITELSTVÍ</b>
<b>Diplomová práce</b>		Formát: 3xA4 Datum: 01/2025
<b>Pohled a podélný řez</b>		Účel: Diplomová práce
Měřítko: 1:100	Č. přílohy: 3.	

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

*Statický přepočet nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km  
30,018, TÚ 1471, trati Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)*

## **Statický výpočet**

Zpracoval: Bc. Havlíček Tomáš

Vedoucí práce: doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.

## Obsah

1	Zatížení mostní konstrukce.....	3
1.1	Stálá zatížení .....	3
1.1.1	Vlastní tíha.....	3
1.1.2	Ostatní stálá zatížení.....	3
1.2	Proměnná zatížení.....	5
1.2.1	Zatížení větrem.....	5
1.2.2	<i>Výpočet působícího zatížení na dopravou nezatíženou konstrukci.....</i>	11
1.2.3	<i>Výpočet působícího zatížení na dopravou zatíženou konstrukci .....</i>	13
1.2.4	Zatížení teplotou.....	15
1.2.5	Zatížení železniční dopravou.....	22
1.3	Kombinace .....	27
1.3.1	Dílčí součinitele.....	27
1.3.2	Kombinační součinitele .....	28
1.3.3	Tabulka kombinací.....	28
2	Posouzení jednotlivých profilů.....	30
2.1	Tabulka posouzených průřezů.....	30

# 1 Zatížení mostní konstrukce

## 1.1 Stálá zatížení

### 1.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha byla automaticky vygenerována z modelu v programu Scia Engineer 22.0. Součástí modelu jsou mostnice, kolejnice a pojistné úhelníky. Zároveň je součástí modelu i zábradlí, které zde zároveň působí jako táhla v diagonálách.

### 1.1.2 Ostatní stálá zatížení

Mezi ostatní stálá zatížení řadíme zatížení nosníky pochozích plechů, pochozí plechy a uchycení kolejnic.

Působící stálá zatížení byla vypočtena následujícím způsobem. Z výkresové dokumentace byly zjištěny plochy jednotlivých průřezů. Ty byly následně vynásobeny délkou, a tak byl určen objem jednotlivých částí. Tyto objemy byly vynásobeny objemovou hmotností oceli, která činí  $7850 \text{ kg/m}^3$ . Hmotnost jednotlivých částí byla následně vynásobena tíhovým zrychlením  $g = 9,81 \text{ m*s}^{-1}$ .

Zatížení působící na mostnice je vloženo jako spojitě. Oproti tomu zatížení působící na příčníky bylo vloženo bodově, v místě uložení profilů U80 a U120.

Vypočtené hodnoty jsou v tabulce (...)

Zatížení mostnic 1 ;41	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]	Celkové q na mostnici [N/m]
Plech mezi kolejnicemi	0,00525113	0,5925	1	0,003111295	24,424	239,5962			283,2909
L40x40x5	0,00037900	0,5925	2	0,000449115	3,526	34,5857	-	138,5036	
Šrouby	-	-	2	-	0,144	2,8253			
Plech po hlavách mostnic vlevo	0,00153125	0,5925	1	0,000907265	7,122	69,8671			
L40x40x5	0,00037900	0,2550	1	0,000096645	0,759	7,4425	20,43439	-	
Šrouby	-	-	2	-	0,144	2,8253			
Plech po hlavách mostnic vpravo	0,00153477	0,5925	1	0,000909349	7,138	70,0276			
Jekly	0,00037900	0,2550	1	0,000096645	0,759	7,4425	20,47532	-	
L40x40x5	-	-	2	-	0,144	2,8253			

1: Tabulka hodnot zatížení působících na první a poslední mostnici

Zatížení mostnic 2 - 40	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]	Celkové q na mostnici [N/m]
Plech mezi kolejnicemi	0,00525113	0,675	1	0,003544513	27,824	272,9577			321,3029
L40x40x5	0,00037900	0,675	2	0,000511650	4,016	39,4014	-	157,5922	
Šrouby	-	-	2	-	0,144	2,8253			
Plech po hlavách mostnic vlevo	0,00153125	0,675	1	0,001033593	8,114	79,5954			
L40x40x5	0,00037900	0,255	1	0,000096645	0,759	7,4425	22,5549	-	
Šrouby	-	-	2	-	0,144	1,4126			
Plech po hlavách mostnic vpravo	0,00153477	0,675	1	0,001035967	8,132	79,7783			
L40x40x5	0,00037900	0,255	1	0,000096645	0,759	7,4425	22,96174	-	
Šrouby	-	-	2	-	0,144	2,8253			

2: Tabulka hodnot zatížení působících na vnitřní mostnice

## Statický výpočet

Zatížení příčníků Opěra - 1	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Výška [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	2,981077	0,006	1	0,017886462	140,409	1 377,41	-	462,6639
U80	0,0011	5,52	1	0,006072	47,665	467,60		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	5,65		
Plech vpravo	1,190813	0,006	1	0,007144878	56,087	550,22	-	189,5324
U120	0,0017	1,545	1	0,0026265	20,618	202,26		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	5,65		
Zatížení příčníků 8 - Opěra	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Výška [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,914189	0,006	1	0,005485134	43,058	422,40	-	137,7838
U80	0,0011	1,453	1	0,0015983	12,547	123,08		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	5,65		
Plech vpravo	3,854163	0,006	1	0,023124978	181,531	1 780,82	-	641,3529
U120	0,0017	5,95	1	0,010115	79,403	778,94		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	5,65		
Zatížení příčníků 1 - 2	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,0066	3,38	1	0,022308	175,118	1 717,91	-	578,2858
U80	0,0011	3,38	2	0,007436	58,373	572,64		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Plech vpravo	0,00828	3,38	1	0,0279864	219,693	2 155,19	-	765,6937
U120	0,0017	3,38	2	0,011492	90,212	884,98		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Zatížení příčníků 2 - 3	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,00723	3,38	1	0,0244374	191,83	1 881,89	-	619,2812
U80	0,0011	3,38	2	0,007436	58,37	572,64		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Plech vpravo	0,00765	3,38	1	0,025857	202,98	1 991,21	-	724,6982
U120	0,0017	3,38	2	0,011492	90,21	884,98		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Zatížení příčníků 3 - 6	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,0078	3,38	1	0,026364	206,96	2 030,25	-	656,3724
U80	0,0011	3,38	2	0,007436	58,37	572,64		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Plech vpravo	0,00705	3,38	1	0,023829	187,06	1 835,04	-	685,6549
U120	0,0017	3,38	2	0,011492	90,21	884,98		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Zatížení příčníků 6 - 7	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,00714	3,38	1	0,0241332	189,45	1 858,46	-	613,4247
U80	0,0011	3,38	2	0,007436	58,37	572,64		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Plech vpravo	0,00774	3,38	1	0,0261612	205,37	2 014,63	-	730,5547
U120	0,0017	3,38	2	0,011492	90,21	884,98		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Zatížení příčníků 7 - 8	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Počet [ks]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	F [N]	q' [N/m]	F/šroub [N]
Plech vlevo	0,0066	3,38	1	0,022308	175,12	1 717,91	-	578,2858
U80	0,0011	3,38	2	0,007436	58,37	572,64		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		
Plech vpravo	0,00828	3,38	1	0,0279864	219,69	2 155,19	-	765,6937
U120	0,0017	3,38	2	0,011492	90,21	884,98		
Šrouby	-	-	4	-	0,576	22,60		

3: Tabulka působících zatížení na příčnky

## 1.2 Proměnná zatížení

### 1.2.1 Zatížení větrem

Zatížení větrem působící na mostní konstrukci bylo určeno za pomoci normy ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

$$F_w = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * C * A_{ref,x} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4: 8.3.2 (1) výraz (8.2)}$$

$\rho$  měrná hmotnost vzduchu

$v_b$  základní rychlost vzduchu

$C$  součinitel zatížení větrem

$A_{ref,x}$  referenční plocha

#### 1.2.1.1 Určení měrné hmotnosti vzduchu:

Dle normy bereme doporučenou hodnotu  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

#### 1.2.1.2 Určení základní rychlosti větru

Hodnotu základní rychlosti větru určíme dle následujícího vzorce

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4: 4.2 (2) výraz (4.1)}$$

$C_{dir}$  součinitel směru větru

$C_{season}$  součinitel ročního období

$v_{b,0}$  výchozí základní rychlost větru

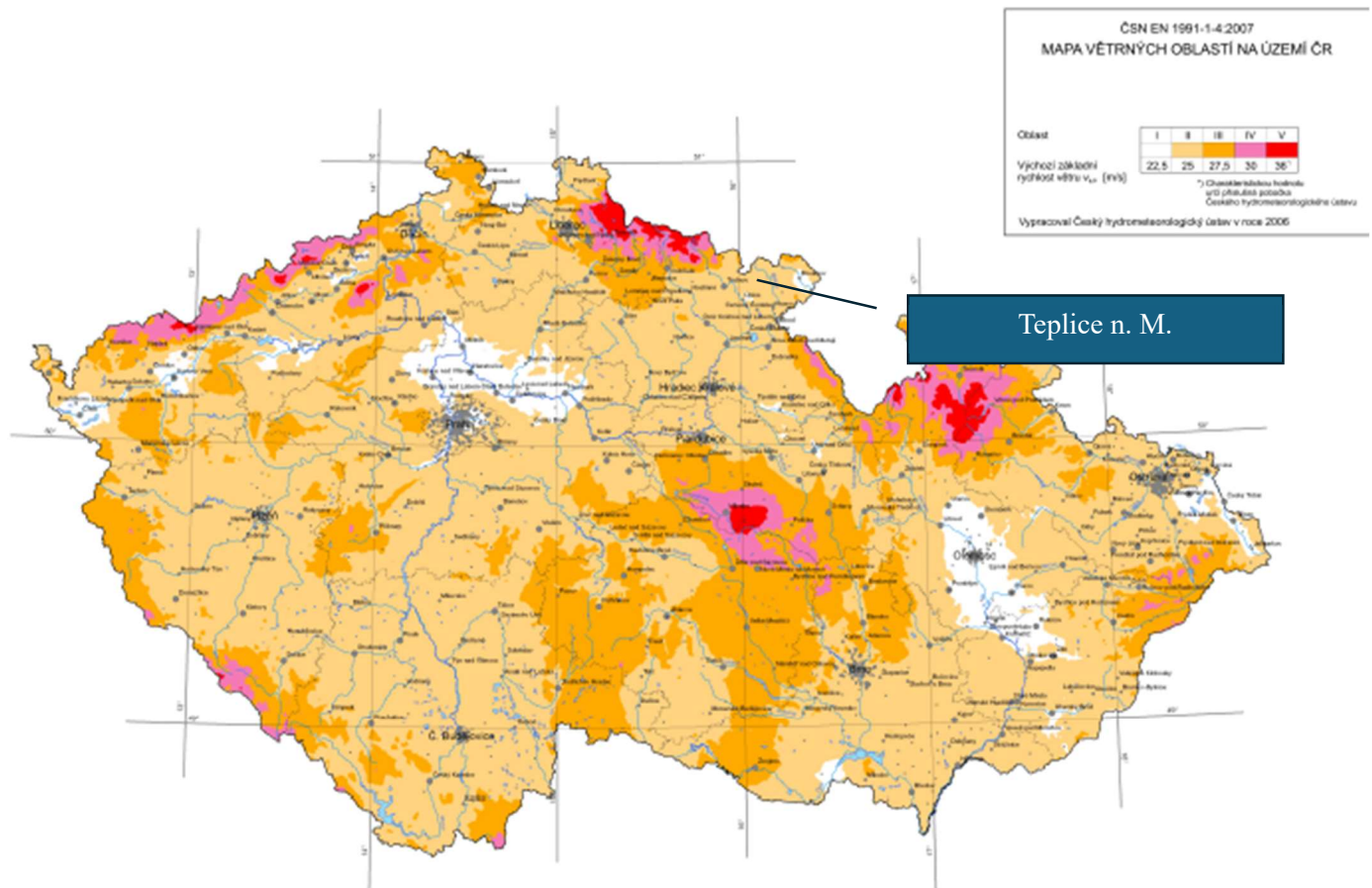
Pro součinitele  $C_{dir}$  a  $C_{season}$  uvažují opět normou doporučené hodnoty a to tedy:

$$C_{dir} = 1,0 \quad \text{ČSN EN 1991-1-4: 4.2 (2) poznámka 2}$$

$$C_{season} = 1,0 \quad \text{ČSN EN 1991-1-4: 4.2 (2) poznámka 2}$$

Hodnotu výchozí základní rychlosti větru určíme dle mapy větrných oblastí pro území ČR.

$$v_{b,0} = 25 \text{ km/h} \quad \text{Mapa větrných oblastí}$$



4: Mapa větrných oblastí vycházející z původní mapy větrných oblastí, kterou vypracoval Český hydrometeorologický ústav v roce 2006

### 1.2.1.3 Střední rychlost větru

Střední rychlost větru  $v_m(z)$  ve výšce nad terémem závisí na drsnosti terénu, ortografii a základní rychlosti  $v_b$ . Stanoví se dle následujícího výrazu (4.3) ČSN EN 1991-1-4:4.3.1

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.3.1 výraz (4.3)}$$

$v_m(z)$  je střední rychlost větru ve výšce (z) nad terémem

$c_r(z)$  je součinitel drsnosti terénu;

$c_o(z)$  je součinitel orografie, který je roven 1,0;

### 1.2.1.4 Drsnost terénu

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 výraz (4.4)}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{min} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 výraz (4.4)}$$

$z_0$  je parametr drsnosti terénu

$k_r$  je součinitel terénu, který závisí na uvažovaném parametru drsnosti terénu a vypočte se ze vztahu (4.5);

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,7} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 výraz (4.5)}$$

## Statický výpočet

$$z_{0,II} = 0,05$$

kategorie terénu II tabulka 4.1

ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 tab (4.1)

### Kategorie terénu III

Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, pozemními stavbami nebo izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les).



5: Grafické znázornění kategorie terénu s popisem dle ČSN EN 1991-1-4: A. 1

$$z_0 = 0,3$$

kategorie terénu III určena dle tabulky 4.1

ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 tab (4.1)

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 tab (4.1)

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

ČSN EN 1991-1-4:4.3.2 tab (4.1)

$$z = 4,65 \text{ m}$$

odměřeno z dokumentace

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215389332$$

$$4,65 \text{ m} \leq 5 \text{ m}$$

$$c_r(z_{min}) = 0,215389332 * \ln \frac{5}{0,3} = 0,60597$$

$$v_m(z_{min}) = 0,60597 * 1,0 * 25 = \mathbf{15,15 \text{ m/s}}$$

## Statický výpočet

### 1.2.1.5 Větrné turbulence

Intenzita turbulence  $I_v(z)$  ve výšce  $z$  je definována jako podíl směrodatné odchylky turbulence a střední rychlosti větru

$$I_v(z_{min}) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)} \quad \text{pro } z \leq z_{min} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.4 výraz (4.7)}$$

$I_v(z)$  Intenzita turbulence;

$k_I$  součinitel turbulence;

$c_0$  součinitel ortografie;

$z_0$  parametr drsnosti terénu uvedený v tabulce 4.1;

$k_I = 1,0$  doporučená hodnota dle ČSN EN 1991-1-4:4.4

$$I_v(z) = \frac{1}{1,0 * \ln\left(\frac{5}{0,3}\right)} = \mathbf{0,35544}$$

### 1.2.1.6 Maximální dynamický tlak

Má být stanoven maximální dynamický tlak  $q_p(z)$  ve výšce  $z$ , který zahrnuje střední a krátkodobé fluktuace rychlosti větru. ČSN EN 1991-1-4:4.5

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.5 výraz (4.8)}$$

$\rho$  měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici;

$c_e(z)$  součinitel vystavení větru dle (4.9);

$q_b$  základní tlak vzduchu dle (4.10);

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  ČSN EN 1991-1-4:NA.2.18

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,35544] * \frac{1}{2} * 1,25 * 15,15^2 = \mathbf{0,5003 \text{ kN/m}^2}$$

## Statický výpočet

### 1.2.1.7 Základní dynamický tlak větru

$$q_b(z) = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 = \mathbf{0,39063 \text{ kN/m}^2} \quad \text{ČSN EN 1991-1-4:4.5 výraz (4.10)}$$

### 1.2.1.8

### 1.2.1.9 Součinitel zatížení větrem

$$C = c_e * c_{f,x}$$

$C$  součinitel zatížení větrem;

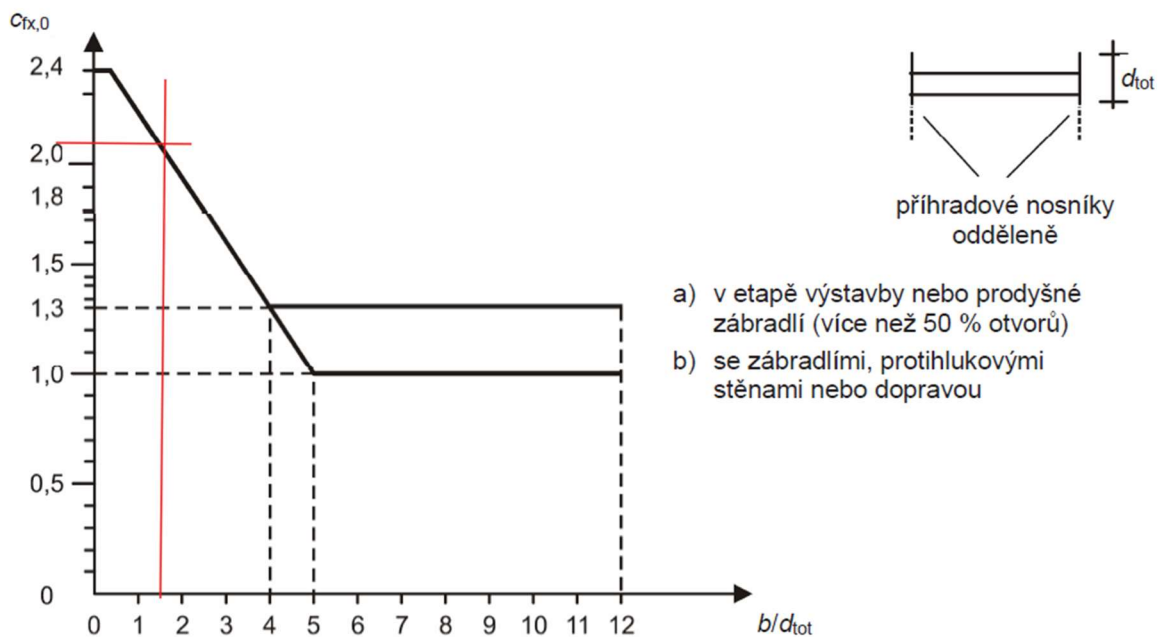
$c_{f,x}$  součinitel sil pro zatížení nosné konstrukce mostu větrem ve směru x;

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{5,2}{3,65} = 1,424$$

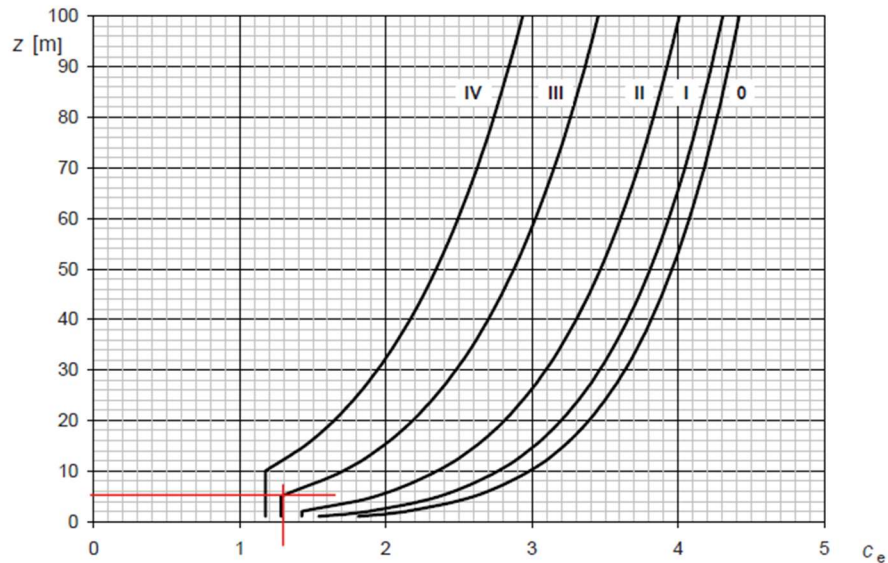
$b = 5,2 \text{ m}$  osová vzdálenost nosníků

$d_{tot} = 3,65 \text{ m}$  výška nosníku

$c_{f,x} = 2,13$  odečteno z ČSN EN 1991-1-4 8.3.1 obr (8.3)



Obrázek 8.3 – Součinitel síly pro mosty  $c_{fx,0}^{NP}$



Obrázek 4.2 – Součinitele expozice  $c_e(z)$  pro  $c_0 = 1,0$  a  $k_1 = 1,0$

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,5003}{0,39063} = 1,2809$$

$$C = 1,2809 * 2,13 = \mathbf{2,7282}$$

#### 1.2.1.10 Výpočet referenční plochy

Referenční plocha je neprodyšná plocha konstrukce, nebo vlaku, na kterou působí síla větru. Tuto plochu určujeme tedy jako plochu částí hlavního nosníku, zábradlí, prvkové mostovky, mostnic a vozidel pohybujících se po konstrukci. V našem případě železničních vagónů.

ČSN EN 1991-1-4: 8.3.1 (4) b

Hodnoty pro referenční plochu byly naměřeny z výkresové dokumentace za pomoci programu AutoCAD 2025. Uvedeny jsou níže.

Horní pás:  $A_{HP} = 11,711 \text{ m}^2$

Dolní pás:  $A_{DP} = 11,711 \text{ m}^2$

Svislice krajní:  $A_{SK} = 1,897 \text{ m}^2$

Svislice vnitřní:  $A_{SV} = 3,370 \text{ m}^2$

Diagonály:  $A_D = 11,799 \text{ m}^2$

Zábradlí:  $A_Z = 2,012 \text{ m}^2$

Podélníky:  $A_P = 5,5198 \text{ m}^2$

Mostnice:  $A_M = 2,188 \text{ m}^2$

Kolejnice:  $A_K = 3,782 \text{ m}^2$

Vlak:  $A_V = 107,040 \text{ m}^2$

## Statický výpočet

Celkové referenční plochy pro konstrukci, vlak a jejich součet:

$$A_{ref;1} = A_{HP} + A_{DP} + A_{SK} + A_{SV} + A_D + A_Z + A_P + A_M + A_K = 53,98971 \text{ m}^2$$

$$A_{ref;2} = A_V = 107,040 \text{ m}^2$$

$$A_{ref} = A_{HP} + A_{DP} + A_S + A_D + A_Z + A_P + A_M + A_K + A_V = 161,0297 \text{ m}^2$$

### 1.2.2 Výpočet působícího zatížení na dopravou nezatíženou konstrukci

U nezatíženého mostu, železniční dopravou, uvažujeme plochu obou nosníků. Je tedy třeba plochu částí hlavního nosníku uvažovat pro oba hlavní nosníky. Zároveň zatížení působí na části obou nosníků ve stejném směru.

$A_{HP} = 11,711 * 2 = 23,4229 \text{ m}^2$	24,28%
$A_{DP} = 11,711 * 2 = 23,4229 \text{ m}^2$	24,28%
$A_{SK} = 1,897 * 2 = 3,7949 \text{ m}^2$	3,93%
$A_{SV} = 3,370 * 2 = 6,7401 \text{ m}^2$	6,99%
$A_D = 11,799 * 2 = 23,5958 \text{ m}^2$	24,45%
$A_Z = 2,012 * 2 = 4,0230 \text{ m}^2$	4,17%
$A_P = 5,5198 \text{ m}^2$	10,22%
$A_M = 2,188 \text{ m}^2$	4,05%
$A_K = 3,782 \text{ m}^2$	7,01%
<b><math>A_{ref;1} = 53,98971 \text{ m}^2</math></b>	<b>100%</b>

$$F_w = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * C * A_{ref,1}$$

$$F_{w1} = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 * 2,7282 * 96,4895 = \mathbf{102,830 \text{ kN}}$$

## Statický výpočet

### 1.2.2.1 Procentuální část zatížení působící na jednotlivé části:

$$F_{w1;HP} = F_{w1} * A_{HP}[\%] = 102,83 * 0,2496 = \mathbf{24,962\ kN}$$

$$F_{w1;DP} = F_{w1} * A_{DP}[\%] = 102,83 * 0,2496 = \mathbf{24,962\ kN}$$

$$F_{w1;SK} = F_{w1} * A_{SK}[\%] = 102,83 * 0,0393 = \mathbf{4,044\ kN}$$

$$F_{w1;SV} = F_{w1} * A_{SV}[\%] = 102,83 * 0,0699 = \mathbf{7,183\ kN}$$

$$F_{w1;D} = F_{w1} * A_D[\%] = 102,83 * 0,2445 = \mathbf{25,146\ kN}$$

$$F_{w1;Z} = F_{w1} * A_Z[\%] = 102,83 * 0,0417 = \mathbf{4,287\ kN}$$

$$F_{w1;P} = F_{w1} * A_P[\%] = 102,83 * 0,0572 = \mathbf{5,882\ kN}$$

$$F_{w1;M} = F_{w1} * A_M[\%] = 102,83 * 0,0227 = \mathbf{2,331\ kN}$$

$$F_{w1;K} = F_{w1} * A_K[\%] = 102,83 * 0,0392 = \mathbf{4,030\ kN}$$

### 1.2.2.2 Spojité zatížení působící na horní pás:

$$F'_{w1;HP} = \frac{F_{w1;HP}}{2 * L} = \frac{24,962}{27,04 * 2} = \mathbf{0,4616\ kN/m}$$

### 1.2.2.3 Spojité zatížení působící na dolní pás:

$$F'_{w1;DP} = \frac{F_{w1;DP}}{2 * L} = \frac{24,962}{27,04 * 2} = \mathbf{0,4616\ kN/m}$$

### 1.2.2.4 Spojité zatížení působící na krajní stojny:

$$F'_{w1;SK} = \frac{F_{w1;SK}}{2 * 2 * l_S} = \frac{4,044}{2 * 2 * 2,832} = \mathbf{0,3570\ kN/m}$$

### 1.2.2.5 Spojité zatížení působící na vnitřní stojny:

$$F'_{w1;SV} = \frac{F_{w1;SV}}{2 * 7 * l_S} = \frac{7,183}{2 * 7 * 2,832} = \mathbf{0,1812\ kN/m}$$

### 1.2.2.6 Spojité zatížení působící na diagonály:

$$F'_{w1;D} = \frac{F_{w1;D}}{2 * 16 * l_D} = \frac{25,146}{2 * 16 * 3,023} = \mathbf{0,2604\ kN/m}$$

### 1.2.2.7 Spojité zatížení působící na zábradlí:

$$F'_{w1;Z} = \frac{F_{w1;Z}}{2 * 16 * l_Z} = \frac{4,287}{2 * 16 * 3,210} = \mathbf{0,0417\ kN/m}$$

### 1.2.2.8 Spojité zatížení působící na podélníky:

$$F'_{w1;P} = \frac{F_{w1;P}}{8 * l_P} = \frac{5,882}{8 * 3,380} = \mathbf{0,2176\ kN/m}$$

### 1.2.2.9 Zatížení působící na mostnice:

$$F'_{w1;M} = \frac{F_{w1;M}}{N_M} = \frac{2,332}{38} = \mathbf{0,0614\ kN}$$

### 1.2.2.10 Spojité zatížení působící na kolejnici:

$$F'_{w1;K} = \frac{F_{w1;K}}{l_K} = \frac{4,0305}{26,760} = \mathbf{0,1506\ kN/m}$$

### 1.2.3 Výpočet působícího zatížení na dopravou zatíženou konstrukci

$A_{HP} = 11,711 \text{ m}^2$	7,27%
$A_{DP} = 11,711 \text{ m}^2$	7,27%
$A_{SK} = 1,897 \text{ m}^2$	1,18%
$A_{SV} = 3,370 \text{ m}^2$	2,09%
$A_D = 11,799 \text{ m}^2$	7,33%
$A_Z = 2,012 \text{ m}^2$	1,25%
$A_P = 5,5198 \text{ m}^2$	3,43%
$A_M = 2,188 \text{ m}^2$	1,36%
$A_K = 3,782 \text{ m}^2$	2,35%
$A_v = 107,040 \text{ m}^2$	66,47%
<b><math>A_{ref;2} = 161,029 \text{ m}^2</math></b>	<b>100%</b>

$$F_w = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * C * A_{ref,2}$$

$$F_{w2} = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 * 2,7282 * 161,029 = \mathbf{171,6118 \text{ kN}}$$

#### 1.2.3.1 Procentuální část zatížení působící na jednotlivé části:

$$F_{w2;HP} = F_{w2} * A_{HP}[\%] = 171,6118 * 0,0727 = \mathbf{12,481 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;DP} = F_{w2} * A_{DP}[\%] = 171,6118 * 0,0727 = \mathbf{12,481 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;SK} = F_{w2} * A_{SK}[\%] = 171,6118 * 0,0118 = \mathbf{2,022 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;SV} = F_{w2} * A_{SV}[\%] = 171,6118 * 0,0209 = \mathbf{3,592 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;D} = F_{w2} * A_D[\%] = 171,6118 * 0,0733 = \mathbf{12,573 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;Z} = F_{w2} * A_Z[\%] = 171,6118 * 0,0125 = \mathbf{2,143 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;P} = F_{w2} * A_P[\%] = 171,6118 * 0,0343 = \mathbf{5,882 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;M} = F_{w2} * A_M[\%] = 171,6118 * 0,0136 = \mathbf{2,331 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;K} = F_{w2} * A_K[\%] = 171,6118 * 0,0235 = \mathbf{4,030 \text{ kN}}$$

$$F_{w2;V} = F_{w2} * A_V[\%] = 171,6118 * 0,6647 = \mathbf{114,074 \text{ kN}}$$

#### 1.2.3.2 Spojité zatížení působící na horní pás:

$$F'_{w2;HP} = \frac{F_{w2;HP}}{L} = \frac{12,481}{27,04} = \mathbf{0,4616 \text{ kN/m}}$$

#### 1.2.3.3 Spojité zatížení působící na dolní pás:

$$F'_{w2;DP} = \frac{F_{w2;DP}}{L} = \frac{12,481}{27,04} = \mathbf{0,4616 \text{ kN/m}}$$

## Statický výpočet

1.2.3.4 Spojité zatížení působící na krajní stojny:

$$F'_{w2;SK} = \frac{F_{w2;SK}}{2 * l_S} = \frac{2,022}{2 * 2,832} = \mathbf{0,3570 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.5 Spojité zatížení působící na vnitřní stojny:

$$F'_{w2;SV} = \frac{F_{w2;SV}}{7 * l_S} = \frac{3,592}{7 * 2,832} = \mathbf{0,1812 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.6 Spojité zatížení působící na diagonály:

$$F'_{w2;D} = \frac{F_{w2;D}}{16 * l_D} = \frac{12,573}{16 * 3,023} = \mathbf{0,2604 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.7 Spojité zatížení působící na zábradlí:

$$F'_{w2;Z} = \frac{F_{w2;Z}}{16 * l_Z} = \frac{2,1437}{16 * 3,210} = \mathbf{0,0417 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.8 Spojité zatížení působící na podélníky:

$$F'_{w2;P} = \frac{F_{w2;P}}{8 * l_P} = \frac{5,882}{8 * 3,380} = \mathbf{0,2176 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.9 Zatížení působící na mostnice:

$$F'_{w2;M} = \frac{F_{w2;M}}{N_M} = \frac{2,332}{38} = \mathbf{0,0614 \text{ kN}}$$

1.2.3.10 Spojité zatížení působící na kolejnici:

$$F'_{w2;K} = \frac{F_{w2;K}}{l_K} = \frac{4,0305}{26,760} = \mathbf{0,1506 \text{ kN/m}}$$

1.2.3.11 Spojité zatížení působící na vlak:

$$F'_{w2;V} = \frac{F_{w2;V}}{L} = \frac{114,074}{26,760} = \mathbf{4,2629 \text{ kN/m}}$$

**Výpočet proběhl v sw Microsoft Excel**

## 1.2.4 Zatížení teplotou

Pro výpočet zatížení teplotou byl zvolen postup dle normy ČSN EN 1991-1-5: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou.

V prvním kroku postupu bylo třeba zjistit zatížení mostní konstrukce dle rozdělení v (6.1.1.). Zvolen byl Typ I: ocelová nosná konstrukce (ocelové komorové nosníky, ocelové příhradové nebo plnostěnné nosníky). ČSN EN 1991-1-5: 6.1.1 (1)

### 1.2.4.1 Stanovení rovnoměrné teplené složky

Rovnoměrná složka teploty závisí na minimální a maximální teplotě, které může dosáhnout.

Výsledkem je řada rovnoměrných teplotních změn, které mohou způsobit změny u prvků, jejichž přetvoření nejsou v konstrukci omezena. ČSN EN 1991-1-5: 6.1.3 (1)

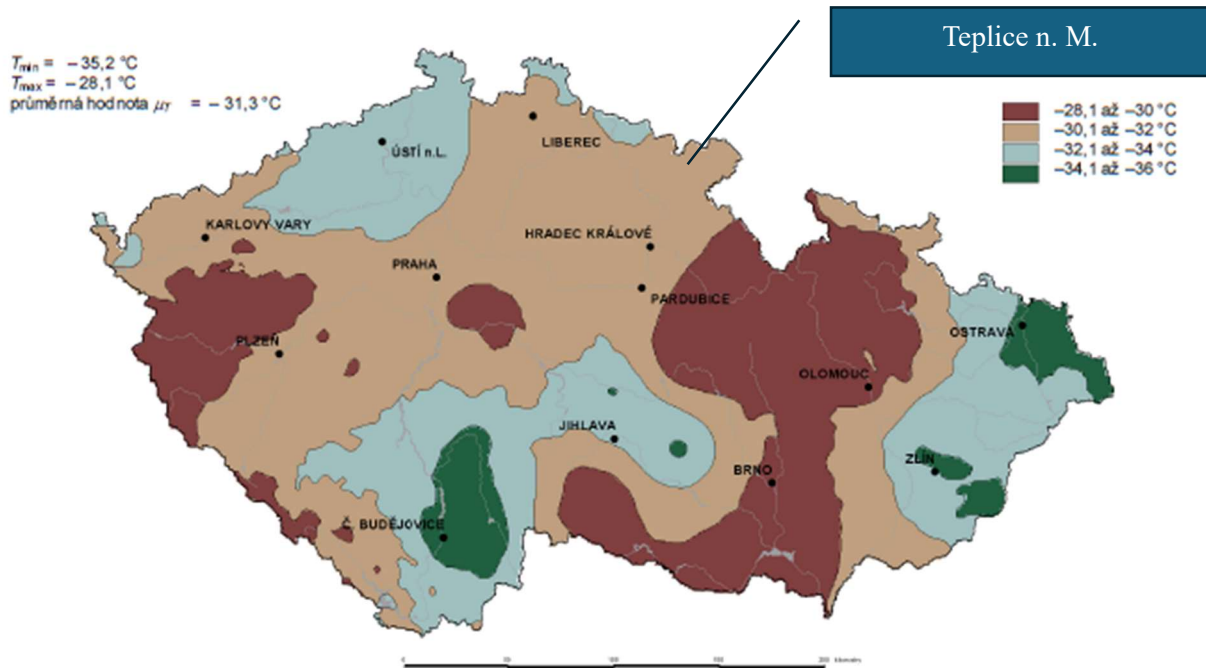
Hodnoty maximální a minimálních hodnot teploty vzduchu ve stínu jsou odečteny z národních map izoterm ČSN EN 1991-1-5: NA.3

$$T_{max} = 36^{\circ}C$$

$$T_{min} = -32^{\circ}C$$

## Statický výpočet

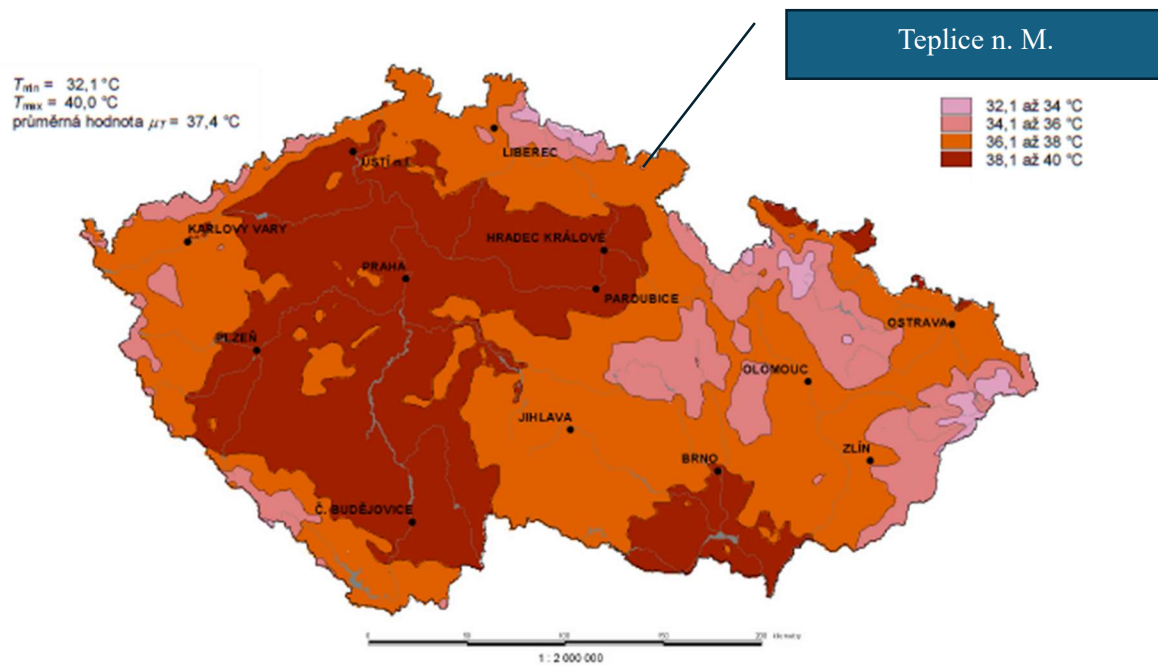
Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními minimy s pravděpodobností 0,02.



Obrázek NA.2 – Mapa minimálních teplot vzduchu ve stínu.

7::Národní mapa minimálních teplot vzduchu ve stínu ČSN EN 1991-1-5: NA.3

Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními maximy s pravděpodobností 0,02.



Obrázek NA.1 – Mapa maximálních teplot vzduchu ve stínu.

8::Národní mapa maximálních teplot vzduchu ve stínu ČSN EN 1991-1-5: NA.3

## Statický výpočet

$$T_{e,max} = T_{max} + 16^{\circ}C$$

ČSN EN 1991-1-5: NA.2.4

$$T_{e,min} = T_{min} - 3^{\circ}C$$

ČSN EN 1991-1-5: NA.2.4

$$T_{e,max} = 36^{\circ}C + 16^{\circ}C = 52^{\circ}C$$

$$T_{e,min} = -32^{\circ}C - 3^{\circ}C = -35^{\circ}C$$

V dalším kroku je třeba určit  $T_0$ , tedy teplotu při umístění konstrukce. Vzhledem k tomu, že o tomto neexistuje žádná informace v dokumentaci, tak byl zvolen postup dle ČSN EN 1991-1-5: A.1 (3) *Poznámka*

$$T_0 = 10^{\circ}C$$

ČSN EN 1991-1-5: A.1 (3) *Poznámka*

Nyní je možné dopočítat charakteristickou hodnotu maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet  $\Delta T_{N,con}$  (zkrácení) a  $\Delta T_{N,exp}$  (prodloužení) konstrukce.

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$$

ČSN EN 1991-1-5: 6.1.3.3 (3) *výraz (6.1)*

$$\Delta T_{N,con} = 10^{\circ}C - (-35^{\circ}C) = 45^{\circ}C$$

Stejně tak máme vše potřebné pro výpočet charakteristické hodnoty maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro  $\Delta T_{N,exp}$  (prodloužení) konstrukce.

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$$

ČSN EN 1991-1-5: 6.1.3.3 (3) *výraz (6.2)*

$$\Delta T_{N,exp} = 52^{\circ}C - 10^{\circ}C = 42^{\circ}C$$

## Statický výpočet

Účinky svislých rozdílů teplot se mají uvažovat pomocí ekvivalentních lineárních rozdílových složek teploty. Tyto hodnoty se mají použít mezi horním a dolním povrchem nosné konstrukce mostu.

ČSN EN 1991-1-5: 6.1.4. (1)

Tabulka 6.1 – Doporučené hodnoty lineárních rozdílových složek teploty pro různé typy nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací, lávek pro chodce a železničních mostů

Typ nosné konstrukce	Horní povrch teplejší než dolní	Dolní povrch teplejší než horní
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
1. typ: ocelová nosná konstrukce	18	13
2. typ: ocelobetonová nosná konstrukce	15	18
3. typ: betonová nosná konstrukce		
– betonový komorový nosník	10	5
– betonový nosník	15	8
– betonová deska	15	8
POZNÁMKA 1 Hodnoty uvedené v tabulce jsou horními mezními hodnotami lineárně proměnné složky teploty pro reprezentativní vzorek geometrie mostů.		
POZNÁMKA 2 Hodnoty uvedené v tabulce pro mosty pozemních komunikací, lávky a pro železniční mosty vycházejí z 50 mm tloušťky mostního svršku. Pro jiné tloušťky mostního svršku se mají tyto hodnoty vynásobit součinitelem $k_{sur}$ . Doporučené hodnoty součinitele $k_{sur}$ jsou uvedené v tabulce 6.2.		

9: ČSN EN 1991-1-5: 6.1.4.1 tab(6.1)

Z výše uvedené tabulky jsme zjistili hodnoty  $\Delta T_{M,heat} = 18^\circ\text{C}$  a  $\Delta T_{M,cool} = 13^\circ\text{C}$ .

Tyto hodnoty následně dle POZNÁMKA 2 následně zredukujeme součinitelem  $k_{sur}$ , který zjistíme z tabulky (6.2) stejné normy a části.

Tabulka 6.2 – Doporučené hodnoty součinitele  $k_{sur}$  pro různé tloušťky mostního svršku

Mosty pozemních komunikací, lávky pro chodce a železniční mosty						
Tloušťka mostního svršku	1. typ		2. typ		3. typ	
	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní
[mm]	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$
bez svršku	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
vodotěsná izolace <sup>1)</sup>	1,6	0,8	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
štěrkové lože (750 mm)	0,8	1,4	0,8	1,2	0,8	1,0

<sup>1)</sup> Tyto hodnoty představují horní mezní hodnoty pro tmavé barvy.

10: ČSN EN 1991-1-5: 6.1.4.1 tab(6.2)

Pro součinitel  $k_{sur}$  tedy, jak je zvýrazněno v tabulce výše, volíme hodnoty 0,7 a 0,9.

Statický výpočet

*1.2.4.2 Horní povrch teplejší než dolní*

Hlavní nosník (horní pás, svislice, diagonály, zábradlí):

$$\Delta T_{M,heat,HN} = 18^{\circ}C * k_{sur} = 18^{\circ}C * 0,7 = 12,6^{\circ}C$$

Hlavní nosník (dolní pás):

$$\Delta T_{M,heat,HN;DP} = 0^{\circ}C * k_{sur} = 0^{\circ}C * 0,7 = 0^{\circ}C$$

Mostovka:

$$\Delta T_{M,heat,M} = 0^{\circ}C * k_{sur} = 0^{\circ}C * 0,7 = 0^{\circ}C$$

Podélné ztužení:

$$\Delta T_{M,heat,ZT} = 0^{\circ}C * k_{sur} = 0^{\circ}C * 0,7 = 0^{\circ}C$$

*1.2.4.3 Dolní povrch teplejší než horní*

Hlavní nosník (horní pás, svislice, diagonály, zábradlí):

$$\Delta T_{M,cool,HN;HP} = 0^{\circ}C * k_{sur} = 0^{\circ}C * 0,9 = 0^{\circ}C$$

Hlavní nosník (dolní pás):

$$\Delta T_{M,cool,HN;DP} = 13^{\circ}C * k_{sur} = 13^{\circ}C * 0,9 = 11,7^{\circ}C$$

Mostovka:

$$\Delta T_{M,cool,M} = 13^{\circ}C * k_{sur} = 13^{\circ}C * 0,9 = 11,7^{\circ}C$$

Podélné ztužení:

$$\Delta T_{M,cool,ZT} = 13^{\circ}C * k_{sur} = 13^{\circ}C * 0,9 = 11,7^{\circ}C$$

## Statický výpočet

### 1.2.4.4 Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty

Jestliže současně působí složky  $\Delta T_{M,heat}/\Delta T_{M,cool}$  a složky  $\Delta T_{N,exp}/\Delta T_{N,con}$  postupujeme následujícím způsobem.

ČSN EN 1991-1-5: 6.1.5

$$\Delta T_{M,heat}(\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N * \Delta T_{N,exp}(\text{nebo } \Delta T_{N,con}) \quad \text{ČSN EN 1991-1-5: 6.1.5 výraz (6.3)}$$

nebo

$$\omega_M * \Delta T_{M,heat}(\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp}(\text{nebo } \Delta T_{N,con}) \quad \text{ČSN EN 1991-1-5: 6.1.5 výraz (6.4)}$$

Z těchto vztahů zvolíme ten, který dává nejnepříznivější účinek.

$$\omega_N = 0,35 \quad \text{ČSN EN 1991-1-5: 6.1.5 pozn (1)}$$

$$\omega_M = 0,75 \quad \text{ČSN EN 1991-1-5: 6.1.5 pozn (1)}$$

#### 1.2.4.4.1 Hlavní nosník (horní pás, svislice, diagonály, zábradlí):

Zima:

$$\Delta T_{M,cool;HN;HP} + \omega_N * \Delta T_{N,con} = 0 + 0,35 * 45 = 15,75^\circ C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,cool;HN;HP} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 0 + 45 = 45^\circ C$$

$$\mathbf{T_{HN;HP,zima} = 45^\circ C}$$

Léto:

$$\Delta T_{M,heat;HN} + \omega_N * \Delta T_{N,exp} = 12,6 + 0,35 * 42 = 27,3^\circ C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,heat;HN} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 12,6 + 42 = 51,45^\circ C$$

$$\mathbf{T_{HN,léto} = 51,45^\circ C}$$

#### 1.2.4.4.2 Hlavní nosník (dolní pás):

Zima:

$$\Delta T_{M,cool;HN;DP} + \omega_N * \Delta T_{N,con} = 11,7 + 0,35 * 45 = 27,45^\circ C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,cool;HN;DP} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 11,7 + 45 = 53,775^\circ C$$

$$\mathbf{T_{HN;DP,zima} = 53,775^\circ C}$$

Léto:

$$\Delta T_{M,heat;HN;DP} + \omega_N * \Delta T_{N,exp} = 0 + 0,35 * 42 = 13,44^\circ C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,heat;HN;DP} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 0 + 42 = 42^\circ C$$

$$\mathbf{T_{HM;DP,léto} = 42^\circ C}$$

## Statický výpočet

### 1.2.4.4.3 Mostovka:

Zima:

$$\Delta T_{M,cool;M} + \omega_N * \Delta T_{N,con} = 11,7 + 0,35 * 45 = 27,45^{\circ}C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,cool;M} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 11,7 + 45 = 53,775^{\circ}C$$

$$\mathbf{T_{M,zima} = 53,775^{\circ}C}$$

Léto:

$$\Delta T_{M,heat;M} + \omega_N * \Delta T_{N,exp} = 0 + 0,35 * 42 = 13,44^{\circ}C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,heat;M} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 0 + 42 = 42^{\circ}C$$

$$\mathbf{T_{M;léto} = 42^{\circ}C}$$

### 1.2.4.4.4 Ztužení:

Zima:

$$\Delta T_{M,cool;Z} + \omega_N * \Delta T_{N,con} = 11,7 + 0,35 * 45 = 27,45^{\circ}C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,cool;Z} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 11,7 + 45 = 53,775^{\circ}C$$

$$\mathbf{T_{Z,zima} = 53,775^{\circ}C}$$

Léto:

$$\Delta T_{M,heat;Z} + \omega_N * \Delta T_{N,exp} = 0 + 0,35 * 42 = 13,44^{\circ}C$$

$$\omega_M * \Delta T_{M,heat;Z} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 0 + 42 = 42^{\circ}C$$

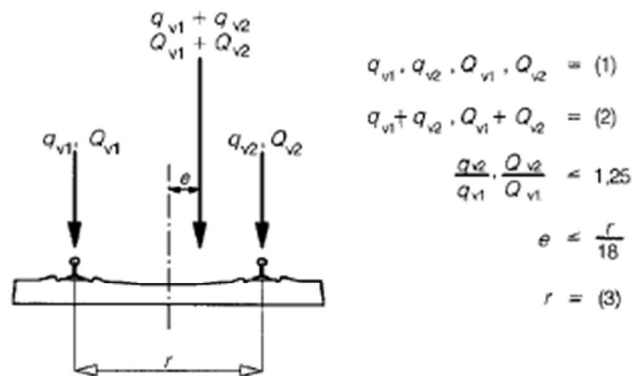
$$\mathbf{T_{Z;léto} = 42^{\circ}C}$$

## 1.2.5 Zatížení železniční dopravou

### 1.2.5.1 Vliv excentricity na zatížení od dopravy.

Postup výpočtu byl zvolen dle ČSN EN 1991-2

Skutečná excentricita uvedená v původní dokumentaci činní 65 mm. S touto excentricitou jsou zároveň vymodelovány koleje v programu SCIA Engineer. Pro účel výpočtu však potřebujeme nejprve stanovit hodnotu teoretické excentricity.



#### Legenda

- (1) rovnoměrné zatížení a osamělé síly na každé kolejnici
- (2) LM71 (a SW/D, kde se požaduje)
- (3) příčná vzdálenost mezi kolovými zatíženími

11: Excentricita svislých zatížení ČSN EN 1991-2: 6.3.5 obr(6.3)

$$e_{teo} = \frac{r}{18}$$

$r$  příčná vzdálenost mezi kolovými zatíženími

$$e_{teo} = \frac{1500}{18} = 83,333 \text{ mm}$$

Nyní potřebujeme vypočítat ramena vzdálenosti od podélníků. Vztahy vycházejí z mechaniky.

$$a_s \text{ nebo } b_s = \frac{L_p}{2} + / - e_{teo}$$

$L_p$  osová vzdálenost mezi podélníky

## Statický výpočet

Rameno od levého podélníku

$$a_s = \frac{1800}{2} + 83,333 = 983,333 \text{ mm}$$

Rameno od pravého podélníku

$$b_s = \frac{1800}{2} - 83,300 = 816,667 \text{ mm}$$

Impulsy reprezentující excentricitu pro přepočet hodnot zatěžovacího modelu LM 71. Tyto hodnoty nám budou zastupovat excentricitu ve výpočetním modelu.

$$I_{levá} = \frac{a_s}{L_p} = \frac{983,33}{1800} = 0,546 \ 296$$

$$I_{pravá} = \frac{a_b}{L_p} = \frac{816,667}{1800} = 0,453 \ 704$$

Hodnoty osamělých sil a spojitého zatížení, které nám udává námi užitá zatížení LM 71, upravíme výše vypočtenými impulsy.

$$Q_{LM71} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{LM71} = 80 \text{ kN/m}$$

### 1.2.5.2 Levá kolejnice

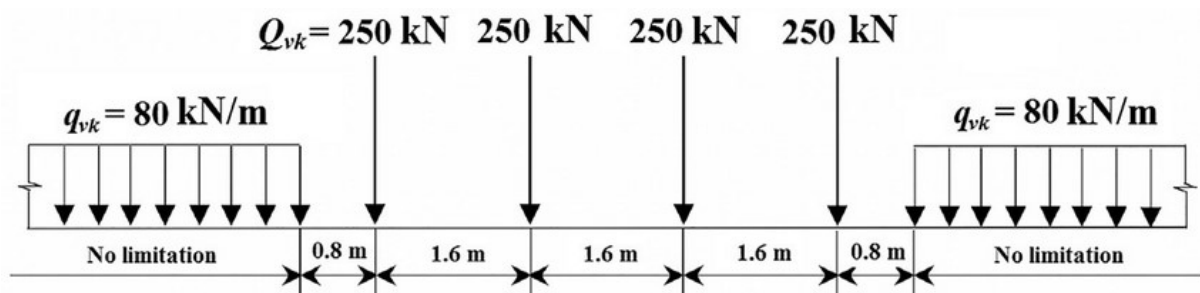
$$Q_{levá} = Q_{LM71} * I_{levá} = 250 * 0,546 \ 296 = \mathbf{136,574 \text{ kN}}$$

$$q_{levá} = q_{LM71} * I_{levá} = 80 * 0,546 \ 296 = \mathbf{43,70368 \text{ kN/m}}$$

### 1.2.5.3 Pravá kolejnice

$$Q_{pravá} = Q_{LM71} * I_{pravá} = 250 * 0,453 \ 704 = \mathbf{113,426 \text{ kN}}$$

$$q_{pravá} = q_{LM71} * I_{pravá} = 80 * 0,453 \ 704 = \mathbf{36,29632 \text{ kN}}$$



12: Schéma zatěžovacího modelu LM 71

## Statický výpočet

### 1.2.5.3.1 Dynamický součinitel

-Dle ČSN EN 1991-2 6.4.5.2

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{v rozmezí: } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0 \quad \text{ČSN EN 1991-2 6.4.5.2 (6.5)}$$

$L_\Phi$  náhradní délka v [m] definována v ČSN EN 1991-2 6.4.5.2 tab.6.2;

### 1.2.5.3.2 Hlavní nosník

$L_{\Phi;HN} = 27,04 \text{ m}$  rozpětí nosníku

$$\Phi_{3;HN} = \frac{2,16}{\sqrt{27,04 - 0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,2356}$$

### 1.2.5.3.3 Příčnický

$L_{\Phi;Př;v} = 2 * 5,20 \text{ m}$  dvounásobek délky příčníků (pro krajní  $L_{\Phi;Př;k} = 3,6 \text{ m}$ )

$$\Phi_{3;Př;v} = \frac{2,16}{\sqrt{2 * 5,2 - 0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,4441}$$

$$\Phi_{3;Př;k} = \frac{2,16}{\sqrt{3,6 - 0,2}} + 0,73 = \mathbf{2,00}$$

### 1.2.5.3.4 Podélníky

$L_{\Phi;Po} = 3 * 3,380 \text{ m}$  trojnásobek vzdálenosti příčníků

$$\Phi_{3;Po} = \frac{2,16}{\sqrt{3 * 3,38 - 0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,4538}$$

## 1.2.5.4 Vodorovné síly

### 1.2.5.4.1 Odstředivé síly

*Vzhledem k tomu, že je kolej po celé délce mostu v oblouku, musíme vzít v potaz odstředivé síly. Tyto působící síly vypočteme dle ČSN EN 1991-2: 6.5.1 za pomoci následujících vztahů.*

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g * r} * (f * Q_{vk}) = \frac{v^2}{127 * r} * (f * Q_{vk}) \quad \text{ČSN EN 1991-2: 6.5.1 výraz (6.17)}$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g * r} * (f * q_{vk}) = \frac{v^2}{127 * r} * (f * q_{vk}) \quad \text{ČSN EN 1991-2: 6.5.1 výraz (6.18)}$$

$Q_{vk}, q_{vk}$	Charakteristické hodnoty svislých zatížení LM 71
$f$	redukční součinitel;
$f = 1$	pro rychlosti menší jak 120 km/h ČSN EN 1991-2: 6.5.1 tab. (6.7)
$V$	maximální rychlost
$g$	gravitační zrychlení (9,81 m/s <sup>2</sup> )
$r$	poloměr zakřivení oblouku (m)

Poloměr oblouku, dle dokumentace, činní  $r = 330 \text{ m}$ .

## Statický výpočet

Traťová rychlost, dle dokumentace  $V = 50 \text{ km/h}$

$$Q_{tk} = \frac{50^2}{127 * 320} * (1,00 * 250) = \mathbf{15,3789 \text{ kN}}$$

$$q_{tk} = \frac{50^2}{127 * 320} * (1,00 * 80) = \mathbf{4,9213 \text{ kN/m}}$$

Pro určení nejméně příznivého stavu spolupůsobení, s ostatními složkami, jsou tyto hodnoty umístěny v 1/4, 1/2 a 3/4 délky koleje na mostě.

### 1.2.5.4.2 Zatížení bočními rázy

Boční ráz se musí uvažovat jako osamělá síla, působící vodorovně v úrovni temene kolejnic kolmo na osu koleje. Zároveň se nesmí násobit dynamickým součinitelem  $\Phi$

ČSN EN 1991-2: 6.5.2 (1) a (2)

Jeho hodnotu norma určuje jako:

$$Q_{sk} = \mathbf{100 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1991-2: 6.5.2 (2)

Tuto sílu následně vkládáme do modelu v 1/4, 1/2 a v 3/4 délky kolejnice. Tím jsme schopni, v kombinaci se svislou složkou zatěžovacího modelu LM 71, určit nejméně příznivý stav. Tedy určit největší možné síly, který tato kombinace vyvolá na konstrukci

## Statický výpočet

### 1.2.5.5 Rozjezdová a brzdná síla

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje. Musíme je uvažovat jako rovnoměrně rozložené po celé délce kolejnic na konstrukci mostu.

Zároveň se nesmí násobit dynamickým součinitelem.

ČSN EN 1991-2: 6.5.3 (1)

#### 1.2.5.5.1 Rozjezdová síla

$$Q_{lak} = 33(kN/m) * L_{kolej}$$

ČSN EN 1991-2: 6.5.3 výraz (6.20)

$$Q_{lak} = 33 * 26,760 = 883,08 \text{ kN}$$

#### 1.2.5.5.2 Brzdná síla

$$Q_{lbk} = 20(kN/m) * L_{kolej}$$

ČSN EN 1991-2: 6.5.3 výraz (6.21)

$$Q_{lbk} = 20 * 26,760 = 535,2 \text{ kN}$$

Je patrné, že rozjezdová síla působí nejpříznivěji. Z toho důvodu bude v modelu obsažena právě tato. Rozjezdová síla bude do modelu rozdělena rovnoměrně mezi obě kolejnice a bude uvažována v obou směrech.

$$q_{lak;l} = \mathbf{16,50 \text{ kN/m}}$$

$$q_{lak;p} = \mathbf{16,50 \text{ kN/m}}$$

## 1.3 Kombinace

Kombinační součinitele byli stanoveny za pomoci MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou a zároveň dle ČSN EN 1990

### 1.3.1 Dílčí součinitele

#### 1.3.1.1 Dílčí součinitele stálého zatížení

Dílčí součinitel účinků pro účinky stálého zatížení byl určen dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů

Dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů - 4.3.6 tabulka 1, určíme hodnotu dílčího součinitele účinků stálého zatížení pro 6.10a na:

$$\gamma_{G;(6.10)} = \mathbf{1,30}.$$

Tento součinitel je třeba, pro užití v kombinaci 6.10b, redukovat součinitelem  $\xi = \mathbf{0,95}$

Tím je tedy hodnota součinitele  $\gamma_G$  pro použití v kombinaci 6.10b zredukována na hodnotu:

$$\gamma_{G;(6.10b)} = \mathbf{1,235}$$

#### 1.3.1.2 Dílčí součinitel zatížení železniční dopravou

Dílčí součinitel účinků pro účinky zatížení větrem byl určen dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů

Dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů - 4.3.13

Pro nosné prvky stávajících mostních objektů starší než 30 let

$$\gamma_{Q;LM71} = \mathbf{1,30}$$

Tato hodnota se vztahuje na veškerá zatížení způsobená dopravou. Tedy platí také pro svislá zatížení modelu LM71, účinky odstředivých sil, boční rázy a rozjezdové/brzděné síly.

#### 1.3.1.3 Dílčí součinitel zatížení větrem

Dílčí součinitel účinků pro účinky zatížení větrem byl určen dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů

Dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů - 4.3.30

Pro nosné prvky stávajících mostních objektů starší než 30 let

$$\gamma_{Q,v} = \mathbf{1,35}$$

#### 1.3.1.4 Dílčí součinitel zatížení teplotou

Dílčí součinitel účinků pro účinky zatížení větrem byl určen dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů

Dle MP pro určování zatížitelnosti železniční dopravou mostních objektů - 4.3.32

Dílčí součinitel účinků zatížení teplotou se uvažuje hodnotami uvedenými v 4.3.30 obdobně jako pro zatížení větrem.

Pro nosné prvky stávajících mostních objektů starší než 30 let

$$\gamma_{Q,t} = \mathbf{1,35}$$

### 1.3.2 Kombinační součinitele

Kombinační součinitele byly určeny dle ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

#### 1.3.2.1 Kombinační součinitel pro zatížení dopravou

$$\Psi_{0;LM71} = 0,80 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

$$\Psi_{1;LM71} = 0,70 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

$$\Psi_{2;LM71} = 0,00 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

#### 1.3.2.2 Kombinační součinitel pro zatížení větrem

$$\Psi_{0;v} = 0,65 \quad \text{MP SŽ S5 4.3.31 (tab. 2)}$$

$$\Psi_{1;v} = 0,50 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

$$\Psi_{2;v} = 0 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

#### 1.3.2.3 Kombinační součinitel pro zatížení teplotou

$$\Psi_{0;t} = 0,60 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

$$\Psi_{1;t} = 0,60 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

$$\Psi_{2;t} = 0,50 \quad \text{ČSN EN 1990: A2. tab. (A2.3)}$$

### 1.3.3 Tabulka kombinací

#### 1.3.3.1 Kombinace dle ČSN EN 1990: 6.4.3.2 výraz (6.10a)

(6.10a)			$\xi$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi_0$	
gr11							
Kombinační koeficient pro	Zatížení stálá	100%		1,3			1,3
	Zatížení větrem	100%			1,35	0,65	0,8775
	Zatížení teplotou	100%			1,35	0,6	0,81
	Zatížení dopravou	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od rozjezdových sil	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od odstředivých sil	50%			1,3	0,8	0,52
	Zatížení od bočního rázu	50%			1,3	0,8	0,52
gr12							
Kombinační koeficient pro	Zatížení stálá	100%		1,3			1,3
	Zatížení větrem	100%			1,35	0,65	0,8775
	Zatížení teplotou	100%			1,35	0,6	0,81
	Zatížení dopravou	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od rozjezdových sil	50%			1,3	0,8	0,52
	Zatížení od odstředivých sil	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od bočního rázu	100%			1,3	0,8	1,04

13: Tabulka kombinačních součinitelů pro rovnici 6.10a

Statický výpočet

1.3.3.2 Kombinace dle ČSN EN 1990: 6.4.3.2 výraz (6.10b)

(6.10b)			$\xi$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi_0$	
gr11							
Kombinační koeficient pro	Zatížení stálá	100%	0,95	1,3			1,235
	Zatížení větrem	100%			1,35	0,65	0,8775
	Zatížení teplotou	100%			1,35	0,6	0,81
	Zatížení dopravou	100%			1,3		1,3
	Zatížení od rozjezdových sil	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od odstředivých sil	50%			1,3	0,8	0,52
	Zatížení od bočního rázu	50%			1,3	0,8	0,52
gr12			$\xi$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi_0$	
Kombinační koeficient pro	Zatížení stálá	100%	0,95	1,3			1,235
	Zatížení větrem	100%			1,35	0,65	0,8775
	Zatížení teplotou	100%			1,35	0,6	0,81
	Zatížení dopravou	100%			1,3		1,3
	Zatížení od rozjezdových sil	50%			1,3	0,8	0,52
	Zatížení od odstředivých sil	100%			1,3	0,8	1,04
	Zatížení od bočního rázu	100%			1,3	0,8	1,04

14: Tabulka kombinačních součinitelů pro rovnici 6.10b

## 2 Posouzení jednotlivých profilů

Následuje posouzení jednotlivých profilů užitých na mostní konstrukci. Výpočet byl proveden dle platných evropských a českých norem. Výpočet byl vyhotoven v sw PTC Mathcad, který umožňuje přímý export do pdf.

### 2.1 Tabulka posouzených průřezů.

HLAVNÍ NOSNÍK					
OZNAČENÍ	Ned [kN]	Nrd [kN]	Ned<Nrd	ZLM71	POSUDEK
HORNÍ PÁS					
O1	-501,90	2054,98	OK	2,619	VYHOVUJE
O2	-1494,22	1919,08	OK	1,305	VYHOVUJE
O3	-2141	3078,805	OK	0,966	NEVYHOVUJE
O4	-2438	3557,116	OK	1,083	VYHOVUJE
O5	2438	4055,37	OK	1,636	VYHOVUJE
DIAGONÁLY					
D1	-998,33	1646,05	OK	1,875	VYHOVUJE
D2	-861,1	1188,955	OK	1,632	VYHOVUJE
DE3 TAH	24,15	1263,68	OK	173,6637	VYHOVUJE
DE3 TLAK	-446,42	1020,349	OK	2,713	VYHOVUJE
E1	684,63	1505,45	OK	7,793	VYHOVUJE
E2	600,9	1204,364	OK	2,1884	VYHOVUJE
Z1 TAH	24,15	83,6364	OK	9,285	VYHOVUJE
Z1 TLAK	24,15	11,8	NEVYHOVUJE	9,285	VYHOVUJE
SVISLICE					
V1;1	-790,87	3475,91	OK	3,41	VYHOVUJE
V2;7	24,15	1598,228	OK	220,231	VYHOVUJE
DOLNÍ PÁS					
U1 TAH	1058,68	2952,99	OK	-	NEVYHOVUJE
U1 TLAK	-1088	2054,97	OK	-	NEVYHOVUJE
U2 TAH	1772,84	3517,536	OK	1,727	VYHOVUJE
U2 TLAK	-1087,59	1919,089	OK	7,916	VYHOVUJE
U3	2465,94	4082,08	OK	1,076	VYHOVUJE
U4	2562,57	4646,627	OK	1,814	VYHOVUJE
U5	2779,88	5211,173	OK	2,23	VYHOVUJE

Výsledky posouzení prvků hlavního nosníku

MOSTOVKA						
OZNAČENÍ	$\eta_1$	$\eta_{1<1}$	$\eta_3$	$\eta_{3<1}$	KLOPENÍ	ZATÍŽITELNOST
PŘÍČNÍK VZ	0,44	OK	0,536	OK	VYHOVUJE	1,367
PŘÍČNÍK MY	0,538	OK	0,0004	OK	VYHOVUJE	2,076
PODÉLNÍK VZ	2,69	-	1,334	-	NEVYHOVUJE	-
PODÉLNÍK VZ-NOVÉ	0,413	OK	0,215	OK	VYHOVUJE	2,754
PODÉLNÍK MY	5,347	-	1,015	-	NEVYHOVUJE	-
PODÉLNÍK MY-NOVÉ	0,849	OK	0,325	OK	VYHOVUJE	1,485

Obrázek 15: Výsledky posouzení prvků mostovky

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.014123 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00021215 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00004153 \text{ m}^4$$

$$i_y = 123 \text{ mm}$$

$$i_z = 54 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00070203 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00027687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0013153 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00048105 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

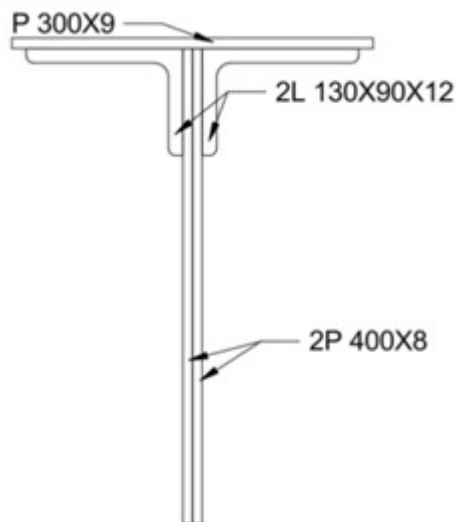
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B31      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = -501.9 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -10.52 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 26.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 1.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -163.83 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.17 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 7.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -338.07 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -10.69 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 19.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 1.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	21	[mm]
c/t=	5,619048	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

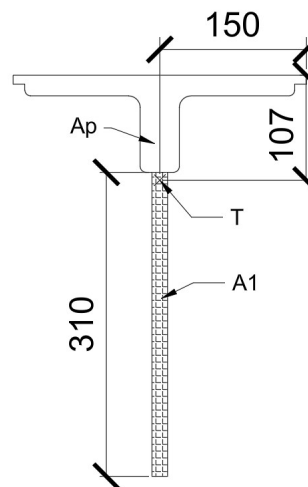
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$Ap := A - A1 = 0.009163 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -101.19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -101.19 \text{ MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$A_{eff} := \rho \cdot A_1 + A_p \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)}$$

$$A_{eff} = 0.013102 \text{ m}^2$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$A_{eff} = 0.0131018 \text{ m}^2$$

$$I_{y;eff} = (1.314 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

$$I_{z;eff} = (4.151 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

$$i_{y;eff} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{z;eff} = 56 \text{ mm}$$

$$W_{ely;eff} = (5.065 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$W_{elz;eff} = (2.767 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 28.89$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 51.589$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3044$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.5435$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.564$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.732$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.962$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.818$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 2054.9782 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -501.9 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 489.988 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = -0.021$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y} = 0.465$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.128$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.333$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 2.619$$

Kontrolní přepočít podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = -27.825 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{V_{bw;rd}} = 0.057$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.619$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.016823 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00024025 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00006178 \text{ m}^4$$

$$i_y = 120 \text{ mm}$$

$$i_z = 61 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00075065 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00041187 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0014093 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00068355 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

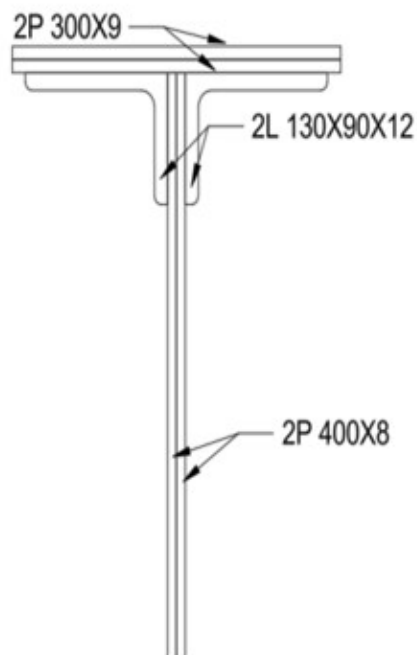
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: 195      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -1494.22 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 2.65 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 30 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 5.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -493.17 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -0.04 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 10.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -2.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -1.001 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 2.69 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 19.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 7.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	30	[mm]
c/t=	3,933333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

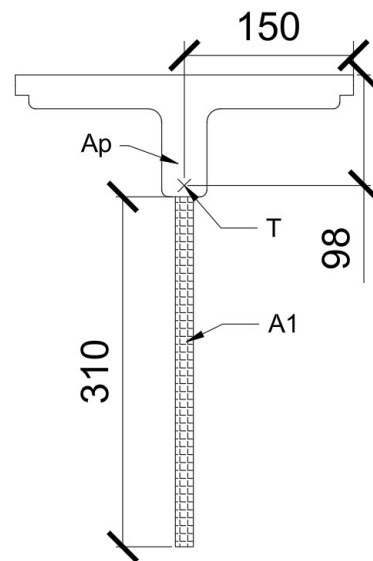
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$Ap := A - A1 = 0.011863 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -301.254 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -301.254 \text{ MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$\begin{aligned} A_{eff} &:= \rho \cdot A_1 + A_p && \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)} \\ A_{eff} &= 0.015802 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0.0158018 \text{ m}^2 \\ I_{y;eff} &= (1.496 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \\ I_{z;eff} &= (6.176 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4 \\ i_{y;eff} &= 97 \text{ mm} \\ i_{z;eff} &= 36 \text{ mm} \\ W_{ely;eff} &= (5.444 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \\ W_{elz;eff} &= (4.117 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 29.784$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 80.25$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3138$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.8455$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.569$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 1.016$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.959$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.634$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1919.0899 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -1.494 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 379.4 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.007$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.774$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.263$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.565$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.305$$

Kontrolní přepočít podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 3.47 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 0.009$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  **$Z_{lm71} = 1.305$**

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.019523 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00026469 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00008203 \text{ m}^4$$

$$i_y = 116 \text{ mm}$$

$$i_z = 65 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00079195 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00054687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0014929 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00088605 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

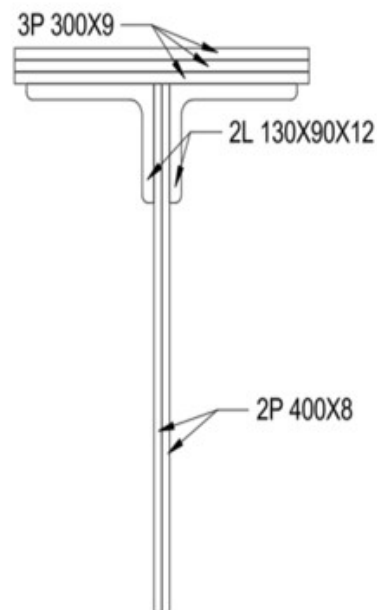
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B193      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -2.141 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -10.68 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 47.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -5.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -700.86 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -2.87 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 17.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -7.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -1.441 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -7.81 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 29.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 2.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310 [mm]	
t=	16 [mm]	
c/t=	19,375 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118 [mm]	
t=	21 [mm]	
c/t=	5,619048 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

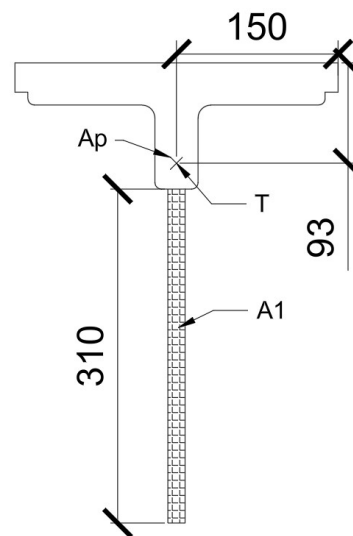
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$Ap := A - A1 = 0.014563 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -431.726 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -431.726 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$\begin{aligned} A_{eff} &:= \rho \cdot A_1 + A_p && \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)} \\ A_{eff} &= 0.018502 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0.0185018 \text{ m}^2 \\ I_{y;eff} &= (1.659 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \\ I_{z;eff} &= (8.201 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4 \\ i_{y;eff} &= 95 \text{ mm} \\ i_{z;eff} &= 67 \text{ mm} \\ W_{ely;eff} &= (5.778 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \\ W_{elz;eff} &= (5.467 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 30.411$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 43.119$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3204$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.4543$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.572$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.665$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.957$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.868$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 3078.8049 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -2.141 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 519.849 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{bw;rd}} = 0.021$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y} = 0.991$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

### Posouzení profilu O3

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.385$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.637$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 0.966$$

Prvek nevyhovuje  $Z_{lm71} < 1$

Podmínka **nesplněna**

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.022223 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00028715 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00010228 \text{ m}^4$$

$$i_y = 114 \text{ mm}$$

$$i_z = 68 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00082982 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00068187 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0015876 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0010886 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

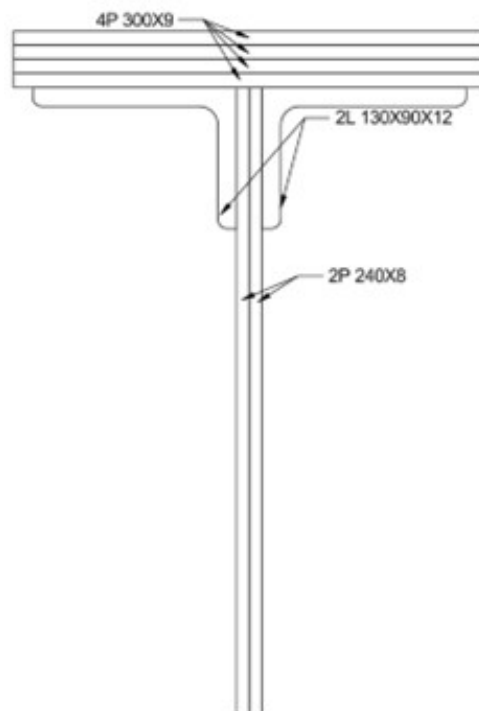
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B189      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -2.438 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 5.66 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 40.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -4.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -798.35 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 1 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 15.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -8.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -1.64 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 4.66 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 25.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 4.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310 [mm]	
t=	16 [mm]	
c/t=	19,375 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118 [mm]	
t=	48 [mm]	
c/t=	2,458333 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

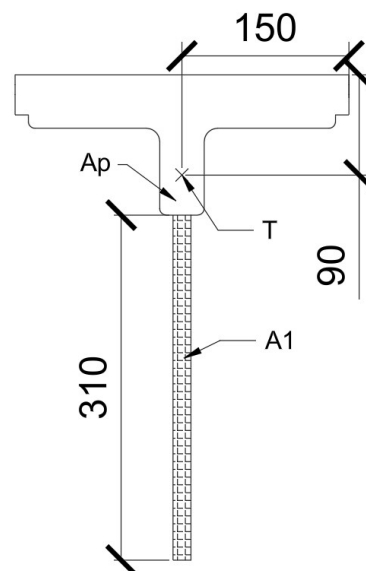
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$Ap := A - A1 = 0.017263 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$
Součinitel kritického napětí $k_c$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -491.577 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -491.577 \text{ MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$A_{eff} := \rho \cdot A_1 + A_p$$

$$A_{eff} = 0.021202 \text{ m}^2$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$A_{eff} = 0.0212018 \text{ m}^2$$

$$I_{y;eff} = (1.812 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{z;eff} = (1.023 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$i_{y;eff} = 92 \text{ mm}$$

$$i_{z;eff} = 69 \text{ mm}$$

$$W_{el;y;eff} = (6.093 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$W_{el;z;eff} = (6.817 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 31.402$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 41.87$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3308$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.4411$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3  
 ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.577$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.656$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.953$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.875$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 3557.1168 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -2.438 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \geq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 524.125 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.011$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.896$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.352$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.598$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.083$$

Kontrolní přepočít podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 6.049 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 0.012$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.083$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.024923 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00030865 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00012253 \text{ m}^4$$

$$i_y = 111 \text{ mm}$$

$$i_z = 70 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00086633 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00081687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0016937 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0012911 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B190      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -2.438 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 4.48 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 20.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -3.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -798.35 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -0.18 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 7.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -8.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

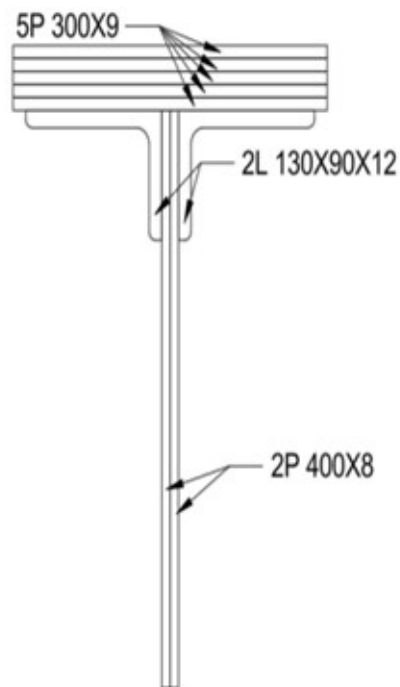
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -1.64 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 4.66 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 13.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 4.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310 [mm]	
t=	16 [mm]	
c/t=	19,375 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118 [mm]	
t=	57 [mm]	
c/t=	2,070175 [-]	
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

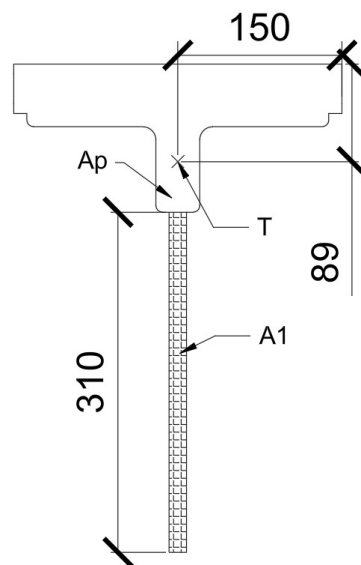
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$A_p := A - A1 = 0.019963 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -491.599 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -491.599 \text{ MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$A_{eff} := \rho \cdot A_1 + A_p \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)}$$

$$A_{eff} = 0.023902 \text{ m}^2$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$A_{eff} = 0.0239018 \text{ m}^2$$

$$I_{y;eff} = (1.963 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{z;eff} = (1.225 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$i_{y;eff} = 91 \text{ mm}$$

$$i_{z;eff} = 72 \text{ mm}$$

$$W_{ely;eff} = (6.408 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$W_{elz;eff} = (8.167 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 31.747$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 40.125$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3345$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.4227$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3  
 ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.579$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.644$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.951$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.885$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 4055.3727 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -2.438 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \geq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 530.041 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.008$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.663$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.259$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.453$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.636$$

Kontrolní přepočít podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 7.445 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 0.014$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.636$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.009279 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.000016892 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000031562 \text{ m}^4$$

$$i_y = 43 \text{ mm}$$

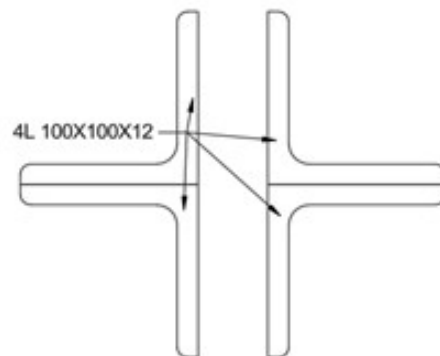
$$i_z = 58 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00016561 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00025871 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.00027397 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00045954 \text{ m}^3$$



Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B248      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -998.33 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -8.16 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 1.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 3.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -367.76 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -2.61 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -0.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -630.56 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -5.55 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 1.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 3.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	80	[mm]
t=	10	[mm]
c/t=	8	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	80	[mm]
t=	20	[mm]
c/t=	4	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Výpočet součinitele vzpěrnosti

$$L := 1.820 \text{ m}$$

Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 1.638 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_y} = 38.093$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 28.241$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.4013$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.2975$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_{\hat{y}} - 0.2) + \lambda_{\hat{y}}^2) = 0.615$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{\hat{z}} - 0.2) + \lambda_{\hat{z}}^2) = 0.561$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.926 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.965 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_y$

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1646.0535 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$N_{ed} = -998.33 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_y \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 89.384 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = -0.091 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.616 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.194$$

## Posouzení profilu D1

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$\eta_{1;LM71} = 0.43$  MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.875$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = -13.015 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = -0.146$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.875$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.0068621 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0000096692 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000019501 \text{ m}^4$$

$$i_y = 38 \text{ mm}$$

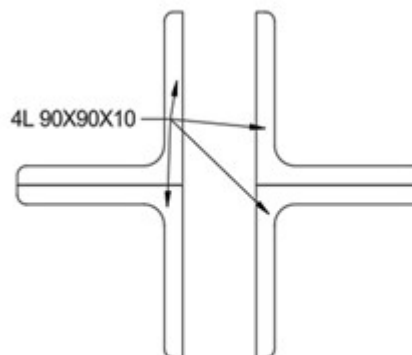
$$i_z = 53 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00010744 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00017729 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.00017718 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00031443 \text{ m}^3$$



Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B234      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -861.1 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -9.89 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 1.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -2.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -386.47 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -6.53 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -0.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -474.63 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -3.36 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 0.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -1.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	80	[mm]
t=	10	[mm]
c/t=	8	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	80	[mm]
t=	20	[mm]
c/t=	4	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Výpočet součinitele vzpěrnosti

$$L := 1.820 \text{ m}$$

Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 1.638 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_y} = 43.105$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 30.906$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.4541$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.3256$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_{\hat{y}} - 0.2) + \lambda_{\hat{y}}^2) = 0.646$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{\hat{z}} - 0.2) + \lambda_{\hat{z}}^2) = 0.574$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.904 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.955 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_y$

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1188.9545 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$N_{ed} = -861.1 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_y \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 87.302 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = -0.113 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.735 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.315$$

## Posouzení profilu D2

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$\eta_{1;LM71} = 0.42$  MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.632$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = -12.015 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = -0.138$$

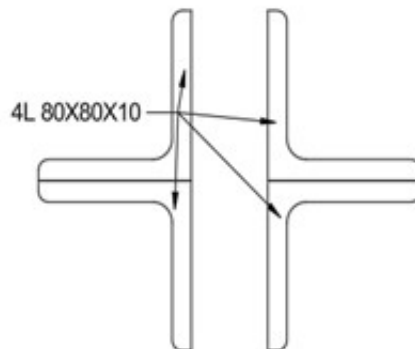
Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.632$

## Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

### Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 A &= 0.0060437 \text{ m}^2 \\
 I_y &= 0.0000067957 \text{ m}^4 \\
 I_z &= 0.000014859 \text{ m}^4 \\
 i_y &= 34 \text{ mm} \\
 i_z &= 50 \text{ mm} \\
 W_{ely} &= 0.000084947 \text{ m}^3 \\
 W_{elz} &= 0.00014859 \text{ m}^3 \\
 W_{ply} &= 0.00014115 \text{ m}^3 \\
 W_{plz} &= 0.00026203 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



### Materiálové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 f_y &= 230 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 \varepsilon &= 1.011 \\
 \gamma_{m0} &= 1.1 \\
 \gamma_{m1} &= 1.2 \\
 \gamma_{m2} &= 1.3
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení

Dílec: B792      Kombinace: gr12 6.10b

$$\begin{aligned}
 N_{ed} &= 24.15 \text{ kN} \\
 V_{ed} &= 0.03 \text{ kN} \\
 M_{y;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení bez modelu LM71

$$\begin{aligned}
 N_{rs;ed} &= 16.97 \text{ kN} \\
 V_{rs;ed} &= 0.03 \text{ kN} \\
 M_{y;rs;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;rs;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení modelu LM71

$$\begin{aligned}
 N_{lm71;ed} &= 7.18 \text{ kN} \\
 V_{lm71;ed} &= 0 \text{ kN} \\
 M_{y;lm71;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;lm71;ed} &= 0 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	70	[mm]
t=	10	[mm]
c/t=	7	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	70	[mm]
t=	20	[mm]
c/t=	3,5	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1263.6827 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 24.15 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 84.503 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{pl;rd}} = 0.00036 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

## Posouzení profilu DE3 na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.019$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.013$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.006 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 173.637$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 0.03 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.000355$$

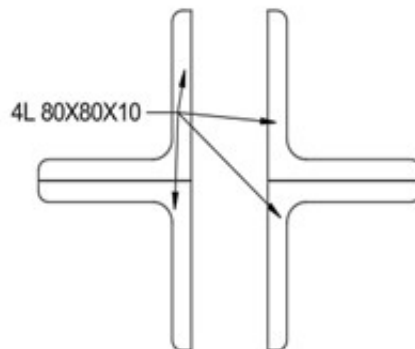
Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 173.637$

## Posouzení prutu s největším tlakovým zatížením

### Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 A &= 0.0060437 \text{ m}^2 \\
 I_y &= 0.0000067957 \text{ m}^4 \\
 I_z &= 0.000014859 \text{ m}^4 \\
 i_y &= 34 \text{ mm} \\
 i_z &= 50 \text{ mm} \\
 W_{ely} &= 0.000084947 \text{ m}^3 \\
 W_{elz} &= 0.00014859 \text{ m}^3 \\
 W_{ply} &= 0.00014115 \text{ m}^3 \\
 W_{plz} &= 0.00026203 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



### Materiálové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 f_y &= 230 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 \varepsilon &= 1.011 \\
 \gamma_{m0} &= 1.1 \\
 \gamma_{m1} &= 1.2 \\
 \gamma_{m2} &= 1.3
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení

Dílec: B240      Kombinace: gr12 6.10b

$$\begin{aligned}
 N_{ed} &= -446.42 \text{ kN} \\
 V_{ed} &= -3.88 \text{ kN} \\
 M_{y;ed} &= 0.66 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;ed} &= -1.96 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení bez modelu LM71

$$\begin{aligned}
 N_{rs;ed} &= -158.8 \text{ kN} \\
 V_{rs;ed} &= -1.15 \text{ kN} \\
 M_{y;rs;ed} &= -0.08 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;rs;ed} &= -0.56 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### Působící zatížení modelu LM71

$$\begin{aligned}
 N_{lm71;ed} &= -287.62 \text{ kN} \\
 V_{lm71;ed} &= -2.73 \text{ kN} \\
 M_{y;lm71;ed} &= 0.74 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{z;lm71;ed} &= -1.39 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	70	[mm]
t=	10	[mm]
c/t=	7	[-]
Třída 1	9* $\epsilon$ =	9,0973
Třída 2	10* $\epsilon$ =	10,10811
Třída 3	14* $\epsilon$ =	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	70	[mm]
t=	20	[mm]
c/t=	3,5	[-]
Třída 1	9* $\epsilon$ =	9,0973
Třída 2	10* $\epsilon$ =	10,10811
Třída 3	14* $\epsilon$ =	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Výpočet součinitele vzpěrnosti

$$L := 1.820 \text{ m}$$

Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 1.638 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_y} = 48.176$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 32.76$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \epsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.5076$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.3452$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi y := 0.5 \cdot (1 + \alpha y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.681$$

$$\Phi z := 0.5 \cdot (1 + \alpha z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.584$$

$$\chi y := \frac{1}{\Phi y + \sqrt{\Phi y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.881 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\chi z := \frac{1}{\Phi z + \sqrt{\Phi z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.947 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi y$

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1020.3499 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$N_{ed} = -446.42 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínice  $N_{b;Rd} \geq N_{ed}$

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi y \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 74.434 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = -0.052 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.454 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.148$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.314$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 2.713$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = -8.556 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = -0.115$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  **$Z_{lm71} = 2.713$**

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.0072 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.000054 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.0000014976 \text{ m}^4$$

$$i_y = 87 \text{ mm}$$

$$i_z = 14 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00036 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00007488 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.00054 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0001008 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

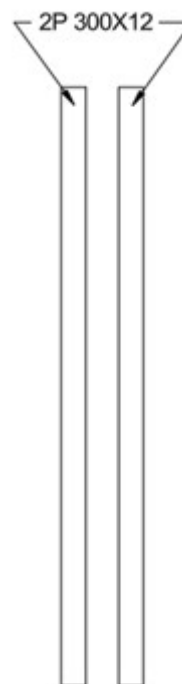
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B256      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 684.63 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 3.38 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 0.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 217.21 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.65 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 1.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 467.42 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 2.73 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -0.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	300	[mm]
t=	12	[mm]
c/t=	25	[-]
Třída 1	9* ε=	9,0973
Třída 2	10* ε=	10,10811
Třída 3	14* ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=		[mm]
t=		[mm]
c/t=		[-]
Třída 1	9* ε=	9,0973
Třída 2	10* ε=	10,10811
Třída 3	14* ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1505.4545 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\text{abs}(N_{ed}) = 684.63 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 434.587 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{pl;rd}} = 0.00778$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

## Posouzení profilu E1

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.462$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.161$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.321 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 2.617$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 7.793 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.017932$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.617$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.00576 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.000027648 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.0000011981 \text{ m}^4$$

$$i_y = 69 \text{ mm}$$

$$i_z = 14 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0002304 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.000059904 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0003456 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00008064 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

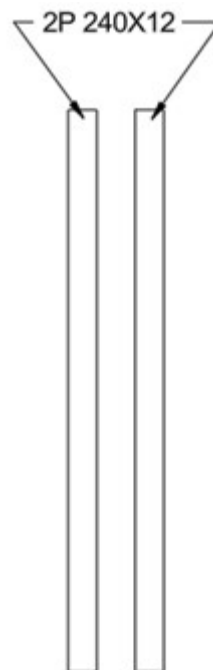
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B235      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 600.9 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0.58 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 1.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 189.4 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.7 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 411.51 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -0.12 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 1.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	240	[mm]
t=	12	[mm]
c/t=	20	[-]
Třída 1	9* ε=	9,0973
Třída 2	10* ε=	10,10811
Třída 3	14* ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=		[mm]
t=		[mm]
c/t=		[-]
Třída 1	9* ε=	9,0973
Třída 2	10* ε=	10,10811
Třída 3	14* ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1204,3636 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 600,9 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 347,67 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{pl;rd}} = 0,00167 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0,5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.554$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.186$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.373$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 2.184$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 0.438 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.001260$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.184$

## Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

### Průřezové charakteristiky

$$A = 0.0004 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0000000833 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.0000000021 \text{ m}^4$$

$$i_y = 14 \text{ mm}$$

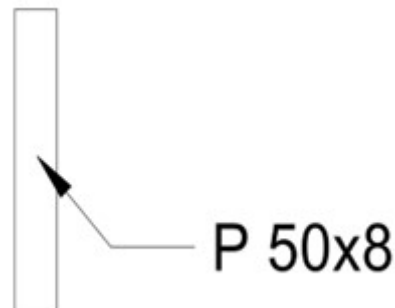
$$i_z = 2 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0000033333 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.0000005333 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.000005 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0000008 \text{ m}^3$$



### Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

### Působící zatížení

Dílec: B792      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = 24.15 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 16.97 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 7.18 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	50	[mm]
t=	8	[mm]
c/t=	6,25	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=		[mm]
t=		[mm]
c/t=		[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 83.6364 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 24.15 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 48.287 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{pl;rd}} = 0.00062 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

Posouzení profilu zábradlí na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.289$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.203$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.086$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 9.285$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 0.03 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.000621$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 9.285$

Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.0004 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0000000833 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.0000000021 \text{ m}^4$$

$$i_y = 14 \text{ mm}$$

$$i_z = 2 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0000033333 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.0000005333 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.000005 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0000008 \text{ m}^3$$



Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B792      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = 24.15 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 16.97 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 7.18 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	50	[mm]
t=	8	[mm]
c/t=	6,25	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=		[mm]
t=		[mm]
c/t=		[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Výpočet součinitele vzpěrnosti

$$L := 0.5 \text{ m}$$

Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 0.45 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_y} = 32.143$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 225$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3386$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 2.3705$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

## Posouzení profilu zábradlí na tlak

$$\Phi y := 0.5 \cdot (1 + \alpha y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.581$$

$$\Phi z := 0.5 \cdot (1 + \alpha z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 3.679$$

$$\chi y := \frac{1}{\Phi y + \sqrt{\Phi y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.95 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\chi z := \frac{1}{\Phi z + \sqrt{\Phi z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.154 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi z$

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 11.8097 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$N_{ed} = 24.15 \text{ kN}$$

Průřez **nevyhoví** podmínice  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi y \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 45.861 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 6.541 \cdot 10^{-4} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.289 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.203$$

## Posouzení profilu zábradlí na tlak

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.086$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 9.285$$

Kontrolní přepočítání podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 0.03 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 6.541 \cdot 10^{-4}$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 9.285$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.024066 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00024867 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000030689 \text{ m}^4$$

$$i_y = 102 \text{ mm}$$

$$i_z = 36 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0014161 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00030689 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0021025 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00062304 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B21      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = -790.87 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 57.15 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 14.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 13.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -465.28 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 50.97 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 11.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 4.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

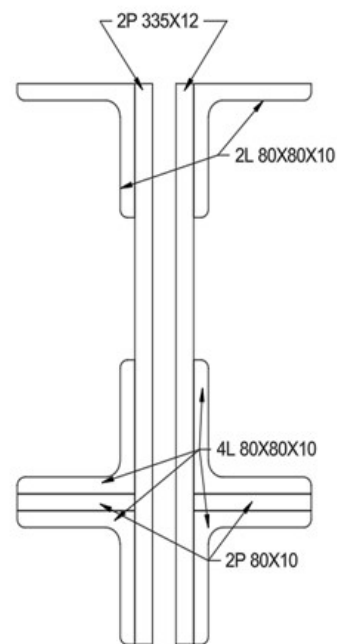
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -325.59 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 6.18 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 2.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 8.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	85	[mm]
t=	12	[mm]
c/t=	7,083333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	70	[mm]
t=	30	[mm]
c/t=	2,333333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Výpočet součinitele vzpěrnosti

$$L := 2.855 \text{ m}$$

Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.57 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_y} = 25.191$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 71.375$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.2654$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.752$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_{\hat{y}} - 0.2) + \lambda_{\hat{y}}^2) = 0.546$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{\hat{z}} - 0.2) + \lambda_{\hat{z}}^2) = 0.877$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.977 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.754 \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

### Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 3475.9107 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$N_{ed} = -790.87 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 225.744 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.253 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.417 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.287$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.209 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 3.41$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 72.046 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 0.319$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 3.41$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.0076437 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0000083717 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000021473 \text{ m}^4$$

$$i_y = 33 \text{ mm}$$

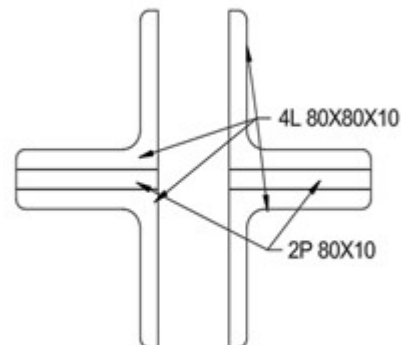
$$i_z = 53 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.000098491 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00021473 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.00017537 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00035803 \text{ m}^3$$



Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B792      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = 24.15 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 16.97 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 0.03 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 7.18 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	70	[mm]
t=	10	[mm]
c/t=	7	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Pásnice		
c=	70	[mm]
t=	30	[mm]
c/t=	2,333333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		1

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do I. třídy průřezu.

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1598.2282 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 24.15 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 84.503 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{pl;rd}} = 0.00036 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.015 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.011$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.004 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 220.231$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 0.03 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.000355$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna.**

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 220.231$

Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.014123 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00021215 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00004153 \text{ m}^4$$

$$i_y = 123 \text{ mm}$$

$$i_z = 54 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00070203 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00027687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0013153 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00048105 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

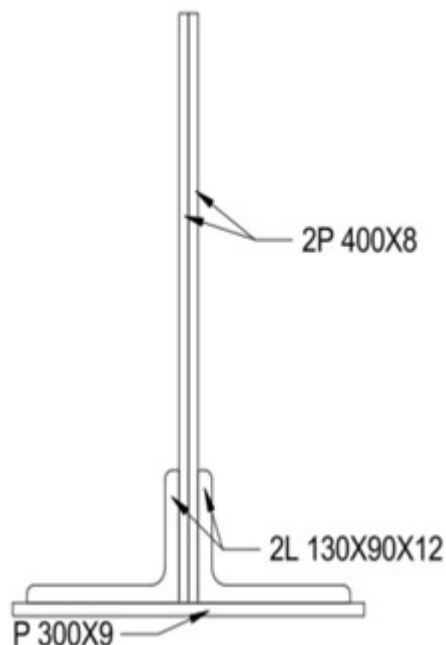
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B2      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 1058.68 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -13.41 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 57.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 24.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 890.58 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -20.87 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 79.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 26.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 168.1 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 7.46 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -22.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -1.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	21	[mm]
c/t=	5,619048	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

### Posouzení únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 2952.9909 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 1058.68 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 598.765 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.0224 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

## Posouzení profilu U1 na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 1.174$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **nesplněna**

Profil nesplňuje podmínku a z tohoto důvodu je posouzen jako nevyhovující na zatížitelnost Zlm71. Možné řešení je zesílení průřezu, nebo omezení provozu na trati.

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.014123 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00021215 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00004153 \text{ m}^4$$

$$i_y = 123 \text{ mm}$$

$$i_z = 54 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00070203 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00027687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0013153 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00048105 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

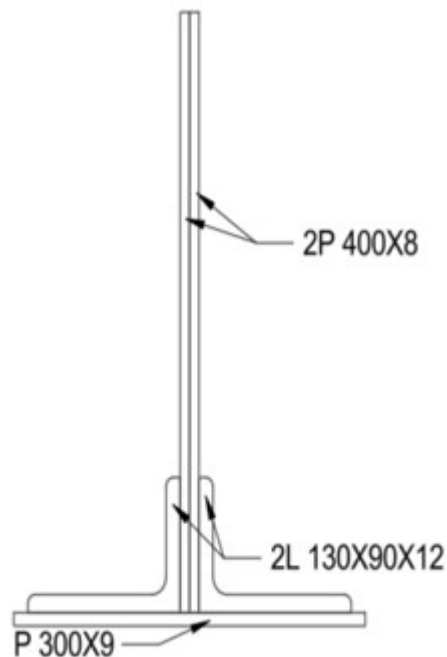
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B214      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -1.088 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 42.07 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -135.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 7.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -1.045 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 34.9 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -106.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 8.08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -42.4 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 7.16 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -28.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	21	[mm]
c/t=	5,619048	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

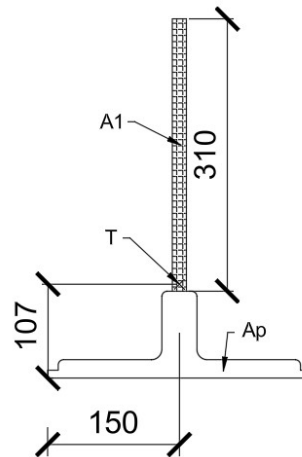
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$Ap := A - A1 = 0.009163 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A1} = -219.272 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A1} = -219.272 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$\begin{aligned} A_{eff} &:= \rho \cdot A_1 + A_p && \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)} \\ A_{eff} &= 0.013102 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0.0131018 \text{ m}^2 \\ I_{y;eff} &= (1.314 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4 \\ I_{z;eff} &= (4.151 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4 \\ i_{y;eff} &= 100 \text{ mm} \\ i_{z;eff} &= 56 \text{ mm} \\ W_{ely;eff} &= (5.065 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \\ W_{elz;eff} &= (2.767 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 28.89$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 51.589$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3044$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.5435$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.564$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 0.732$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.962$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.818$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 2054.9782 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -1.088 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \geq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 489.988 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.086$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 1.808$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **nesplněna**

Profil nesplňuje podmínku a z tohoto důvodu je posouzen jako nevyhovující na zatížitelnost Zlm71. Možné řešení je zesílení průřezu, nebo omezení provozu na trati.



## Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

### Průřezové charakteristiky

$$A = 0.016823 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00024025 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00006178 \text{ m}^4$$

$$i_y = 120 \text{ mm}$$

$$i_z = 61 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00075065 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00041187 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0014093 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00068355 \text{ m}^3$$

### Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

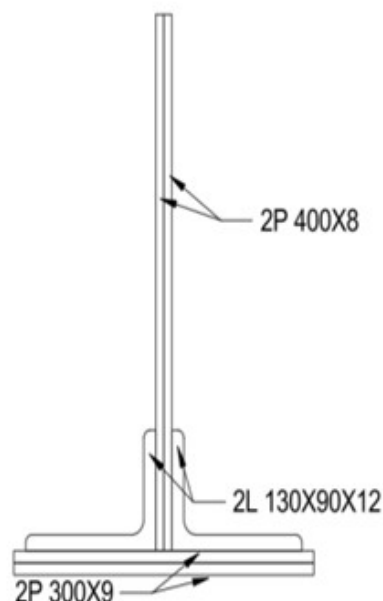
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



### Působící zatížení

Dílec: B201      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 1772.84 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 11.09 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 16.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -8.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 1022.72 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 6.74 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 5.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -11.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 750.11 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 4.34 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 11.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 2.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	30	[mm]
c/t=	3,933333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 3517.5364 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 1772.84 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 598.765 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.01852 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.707$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.455$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.315$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.727$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 14.236 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.023776$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.727$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.016823 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00024025 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00006178 \text{ m}^4$$

$$i_y = 120 \text{ mm}$$

$$i_z = 61 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00075065 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00041187 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0014093 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00068355 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

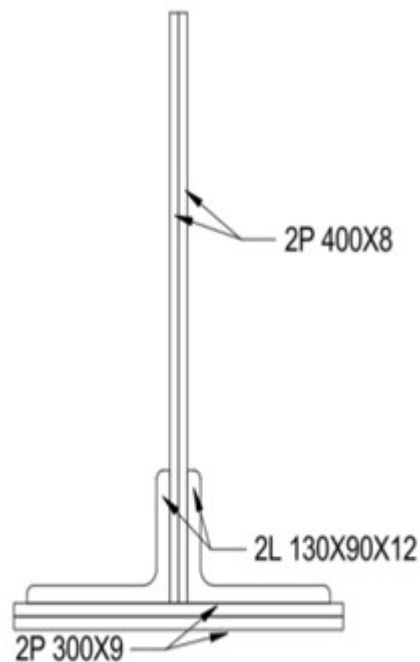
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



Působící zatížení

Dílec: B215      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -1.088 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 38.18 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -1.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -1.045 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 31.01 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 7.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -1.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -42.4 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 7.16 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -7.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	30	[mm]
c/t=	3,933333	[-]
Třída 1	$9 \cdot \varepsilon =$	9,0973
Třída 2	$10 \cdot \varepsilon =$	10,10811
Třída 3	$14 \cdot \varepsilon =$	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do IV. třídy průřezu.

Posouzení účinků na boulení

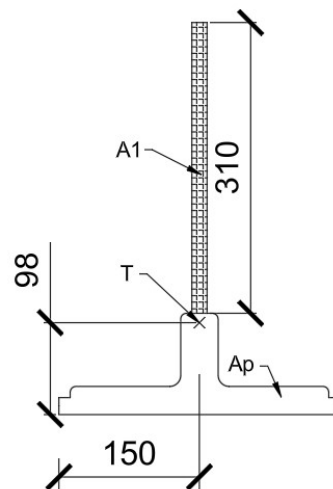
$$c = 310 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A_1 := c \cdot t = 0.00496 \text{ m}^2$$

$$A_p := A - A_1 = 0.011863 \text{ m}^2$$

$$L := 3.210 \text{ m}$$



	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

$$\sigma_1 := \frac{Ned}{A_1} = -219.272 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{Ned}{A_1} = -219.272 \text{ MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1$$

$$k_\sigma := 0.43$$

$$\lambda_p := \frac{\frac{c}{t}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}} = 1.029 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

### Stanovení součinitele boulení

$$\rho := \frac{\lambda_p - 0.188}{\lambda_p^2} = 0.79412 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.3)}$$

$$\rho < 1$$

Prvek nevyhovuje podmínce  $\rho = 1$ . Je tedy třeba vypočítat efektivní plochu průřezu

$$\begin{aligned} A_{eff} &:= \rho \cdot A_1 + A_p && \text{ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)} \\ A_{eff} &= 0.015802 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

- Hodnoty byly odečteny ze sw SCIA Engineer

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0.0158018 \text{ m}^2 \\ I_{y;eff} &= (1.496 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \\ I_{z;eff} &= (6.176 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4 \\ i_{y;eff} &= 97 \text{ mm} \\ i_{z;eff} &= 36 \text{ mm} \\ W_{ely;eff} &= (5.444 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \\ W_{elz;eff} &= (4.117 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Výpočet součinitele vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr} := 0.9 \cdot L = 2.889 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr}}{i_{y;eff}} = 29.784$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_{z;eff}} = 80.25$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 94.915$$

$$\lambda_{\hat{y}} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.3138$$

$$\lambda_{\hat{z}} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.8455$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\alpha_y := 0.34$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\alpha_z := 0.49$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 tab. 6.3

$$\Phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda \hat{y} - 0.2) + \lambda \hat{y}^2) = 0.569$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda \hat{z} - 0.2) + \lambda \hat{z}^2) = 1.016$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda \hat{y}^2}} = 0.959$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda \hat{z}^2}} = 0.634$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

Volím méně příznivou hodnotu  $\chi_z$

Posouzení vzpěrné únosnosti prutu

$$N_{b;Rd} := \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1919.0899 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)

$$N_{ed} = -1087.59 \text{ kN}$$

Průřez **vyhoví** podmínce  $N_{b;Rd} \leq N_{ed}$

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_z \cdot c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 379.4 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$\eta_3 := \frac{V_{ed}}{V_{bw;rd}} = 0.101$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\frac{\text{abs}(N_{ed})}{A_{eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} + \frac{\frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz;eff} \cdot f_y}}{\gamma_{m0}} = 0.344$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

## Posouzení profilu U2 na tlak

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.377$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.079$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 7.916$$

Kontrolní přepočítání podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 87.689 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{V_{ed;1}}{V_{bw;rd}} = 0.231$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 7.916$

Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.019523 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00026469 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00008203 \text{ m}^4$$

$$i_y = 116 \text{ mm}$$

$$i_z = 65 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00079195 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00054687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0014929 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00088605 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B204      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 2465.94 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -12.98 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 49.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -6.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 1359.66 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -6.26 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 23.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -7.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

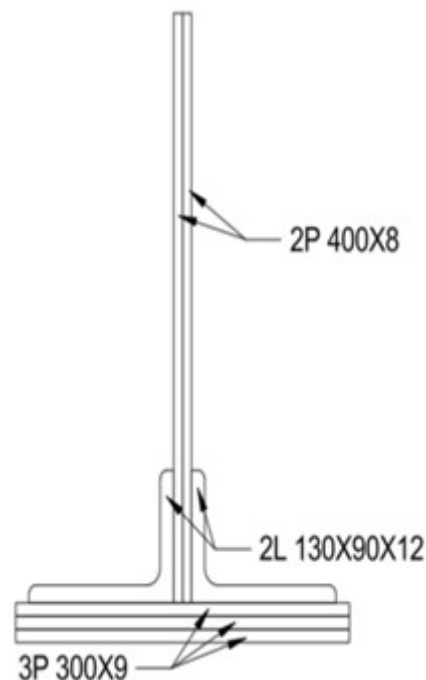
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 1106.28 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -6.72 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 25.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 0.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	39	[mm]
c/t=	3,025641	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 4082,0818 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 2465,94 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 598,765 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0,02168 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0,5$  **splněna**

## Posouzení profilu U3 na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.961$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.538$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.429 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 1.076$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot \text{abs}(V_{lm71;ed}) + \text{abs}(V_{rs;ed})$$

$$V_{ed;1} = 13.488 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.022527$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.076$

## Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

### Průřezové charakteristiky

$$A = 0.022223 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00028715 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00010228 \text{ m}^4$$

$$i_y = 114 \text{ mm}$$

$$i_z = 68 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00082982 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00068187 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0015876 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0010886 \text{ m}^3$$

### Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

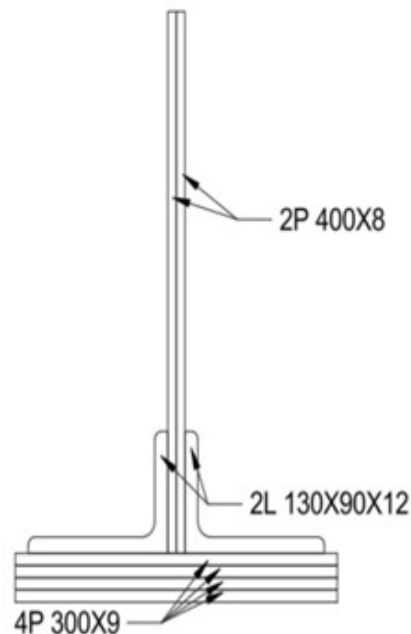
$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$



### Působící zatížení

Dílec: B208      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 2562.57 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -15.18 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 10.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -1.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 1401.01 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -10.21 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 0.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -0.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 1161.56 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -4.96 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 22.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	48	[mm]
c/t=	2,458333	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 4646.6273 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 2562.57 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 598.765 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.02535 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

## Posouzení profilu U4 na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.62$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.308$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.381$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.814$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = -19.208 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.032079$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.814$

Posouzení prutu s největším tahovým zatížením

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.024923 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00030865 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00012253 \text{ m}^4$$

$$i_y = 111 \text{ mm}$$

$$i_z = 70 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.00086633 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00081687 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0016937 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0012911 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B206      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 2779.88 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 5.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 12.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -2.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 1500.95 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 1.96 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 2.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -1.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

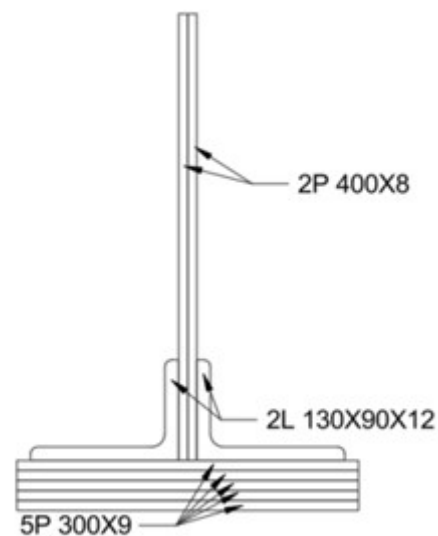
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 1278.93 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 3.61 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 10.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -1.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Zatřídění průřezu

Zatřídění průřezu		
Svislá část		
c=	310	[mm]
t=	16	[mm]
c/t=	19,375	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		4
Pásnice		
c=	118	[mm]
t=	57	[mm]
c/t=	2,070175	[-]
Třída 1	9*ε=	9,0973
Třída 2	10*ε=	10,10811
Třída 3	14*ε=	14,15136
Třída		1
Třída průřezu		4

Jak je z tabulky zřejmé, průřez byl zatříděn do 4. třídy průřezu.

Posouzení únosnosti prutu

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 5211.1727 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.2 (6.56)}$$

$$\text{abs}(N_{ed}) = 2779.88 \text{ kN}$$

Podmínka  $N_{pl;Rd} > N_{ed}$  **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{c \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 598.765 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.7)}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.0093 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

## Posouzení profilu U5 na tah

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.618$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.308$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.31$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 2.23$$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 10.01 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{\text{abs}(V_{pl;rd})} = 0.016717$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.23$

Posouzení prutu s největším smykovým zatížením Vz

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.022232 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0023273 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000043619 \text{ m}^4$$

$$i_y = 324 \text{ mm}$$

$$i_z = 44 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0059598 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00039653 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.006788 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00066572 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B126      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -1.003 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -472.69 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -261.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 0.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -945.67 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = -240.58 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -288.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 1.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

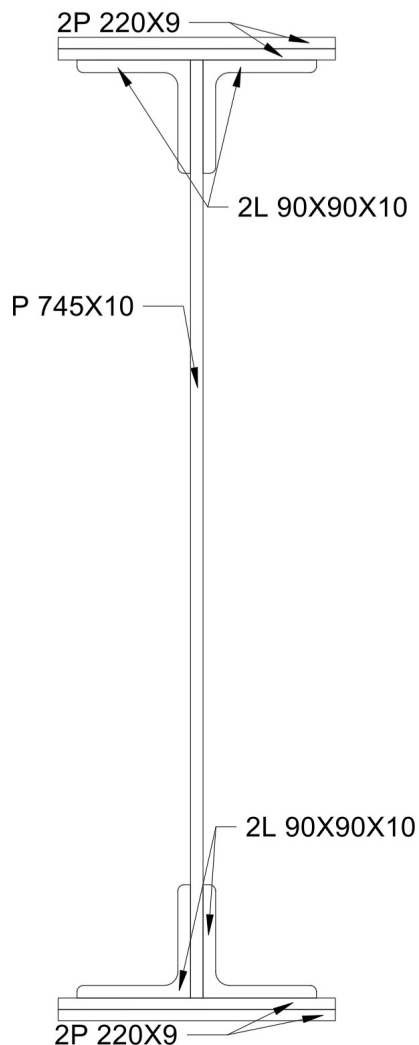
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -57.78 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -232.1 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 26.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{f_y \cdot A}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed} + (N_{ed} \cdot e_y))}{\frac{f_y \cdot W_{ely}}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z))}{\frac{f_y \cdot W_{elz}}{\gamma_{m0}}} = 0.436$$

Prvek **vyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  .

ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := \frac{(745 - 2 \cdot 10) \text{ mm}}{2} = 362.5 \text{ mm}$$

$$z_2 := -\frac{(745 - 2 \cdot 10) \text{ mm}}{2} = -362.5 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.00642 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.00642 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = -40.775 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = 40.775 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_\sigma := 23.9$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{(0.745 - 2 \cdot 0.01)}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0.517$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.874$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.874 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínice a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení účinků boulení pásnice:

$$z_{p1} := \frac{220 \text{ mm}}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$z_{p2} := \frac{220 \text{ mm}}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma p1} := \frac{I_y}{z_{p1}} = 0.02116 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma p2} := \frac{I_y}{z_{p2}} = 0.02116 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{p1} := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma p1}} = -12.373 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p2} := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma p2}} = -12.373 \text{ MPa}$$

$$\psi_p := \frac{\sigma_{p2}}{\sigma_{p1}} = 1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Součinitel kritického napětí $k_{\sigma}$	0,43	$0,578/(\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

$$k_{\sigma p} := 0.43$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

Výpočet koeficientu  $\lambda \cdot \hat{p}$ :

$$\lambda \cdot \hat{p} := \frac{(0.220)}{0.028} = 0.417$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma p}}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi_p} = 0.673$$

$$\lambda \cdot \hat{p} < 0.673 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Pásnice vyhovuje podmínce a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

- $a := 1850 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami (podélníky)  
 $hw := 781 \text{ mm}$  -Výška příčniku  
 $t := 10 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 2.369$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k\tau := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 6.053 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\tau}} = 0.84 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\frac{0.83}{\eta} < \lambda_w < 1.08$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

ČSN EN 1993-1-5 5.1 tab. 5.1

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.988$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 854.254 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:

- $\chi_w = 0.988$   
 $f_y = 230000000 \text{ Pa}$   
 $hw = 0.781 \text{ m}$   
 $t = 0.01 \text{ m}$   
 $\gamma_{m1} = 1.2$

Příspěvek pásnic

$$bf := 95 \text{ mm}$$

-šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku

$$tf := 28 \text{ mm}$$

-tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $bf < 15 \cdot \epsilon \cdot tf$

$$15 \cdot \epsilon \cdot tf = 424.541 \text{ mm}$$

$$95 < 424.541$$

Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $bf = 0.095 \text{ m}$

Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot bf \cdot tf^2 \cdot fy}{t \cdot hw^2 \cdot fy} \right) = 0.499 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.85 \text{ m}$$

$$bf = 0.095 \text{ m}$$

$$tf = 0.028 \text{ m}$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$t = 0.01 \text{ m}$$

$$hw = 0.781 \text{ m}$$

Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$$Ap;h := 8.290 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha horní pásnice

$$Ap;d := 8.290 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha dolní pásnice

$$zh := z1 - 29 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu

$$zd := -z2 - 29 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.005529 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 1156.154 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:

$$Wfy = 5.529 \text{ L}$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$\gamma m0 = 1.1$$

$$My;ed = -261.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Posouzení příčníků

$$V_{bf;rd} := \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_y}{c \cdot \gamma_{m1}} \cdot \left( 1 - \left( \frac{M_{y;ed}}{M_{f;rd}} \right)^2 \right) = 27.161 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} b_f &= 0.095 \text{ m} \\ t_f &= 0.028 \text{ m} \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ c &= 0.499 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \\ M_{y;ed} &= -261.78 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{f;rd} &= (1.156 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$V_{b;rd} := V_{bw;rd} + V_{bf;rd} = 881.414 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)}$$

$$\frac{\eta \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m1}} = 1037.094 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} \eta &= 1.2 \\ f_y &= 230000000 \text{ Pa} \\ h_w &= 0.781 \text{ m} \\ t &= 0.01 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \end{aligned}$$

$$880.569 \leq 1037.094 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 0.536$$

$$\eta_3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka splněna}$$

### Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

$$\hat{\eta}_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 0.536 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)}$$

$$\hat{\eta}_3 \leq 0.5 \quad \text{Podmínka nesplněna}$$

$$M_{pl;rd} := \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1419.309 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\hat{\eta}_1 := \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{M_{pl;rd}} = 0.184 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)}$$

$$\hat{\eta}_1 + \left( 1 - \frac{M_{f;rd}}{M_{pl;rd}} \right) \cdot (2 \cdot \hat{\eta}_3 - 1)^2 = 0.185 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)}$$

$$0.186 \leq 1 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Posouzení průřezu na klopení

$$Mc;rd := Wely \cdot \frac{fy}{\gamma m1} = 1142.295 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $Wely = 0.006 \text{ m}^3$   
 $fy = 230000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma m1 = 1.2$

$E := 210 \text{ GPa}$  -Youngův modul pružnosti

$$\lambda1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 94.928$$

Následující hodnoty byly určeny z plochy horního pásu a 1/3 plochy stojny.  
 Hodnoty byly určeny sw SCIA Engineer

$$Aps := 9.6177 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Izps := 2.1797 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$if;z := \sqrt{\frac{Izps}{Aps}} = 0.048 \text{ m}$$

Největší hodnota štíhlosti je doporučena následovně:

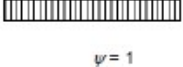
$$\lambda_{lt;0} := 0.4$$

$$\lambda_{c0} := \lambda_{lt;0} + 0.1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 Poznámka

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 Poznámka 2B

Stanovení opravného součinitele

Rozdělení momentů	$k_c$
 $\psi = 1$	1.00

$$k_c := 1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 tab 6.6

$$\lambda1 := \frac{k_c \cdot a}{if;z \cdot \lambda1} \leq \lambda_{c0} \cdot \frac{Mc;rd}{My;ed}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 (6.59)

$$\frac{k_c \cdot a}{if;z \cdot \lambda1} = 0.409$$

$$\lambda_{c0} \cdot \frac{Mc;rd}{\text{abs}(My;ed)} = 2.182$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.85 \text{ m}$$

$$if;z = 0.048 \text{ m}$$

$$\lambda1 = 94.928$$

$$\lambda_{c0} = 0.5$$

$$Mc;rd = 1142.295 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$My;ed = -261.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$0.317 \leq 2.154$$

Podmínka **splněna**

### Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{hw \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 942.813 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$hw = 0.781 \text{ m}$$

$$t = 0.01 \text{ m}$$

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$V_{ed} = -472.69 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.501 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Vstupní hodnoty:  $V_{ed} = -472.69 \text{ kN}$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **nesplněna**

Z důvodu nesplnění podmínky pokračuje výpočet dle Metodického pokynu následovně.

$$\eta_{1;rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:

$$N_{rs;ed} = -9.457 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

$$f_y = (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$M_{y;rs;ed} = -288.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely;eff} = 0.00512 \text{ m}^3$$

$$M_{z;rs;ed} = 1.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{elz;eff} = 0.000396 \text{ m}^3$$

$$\eta_{1;rs} = 0.489$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:

$$N_{lm71;ed} = -5.778 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

$$f_y = (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$M_{y;lm71;ed} = 26.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely;eff} = 0.00512 \text{ m}^3$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{elz;eff} = 0.000396 \text{ m}^3$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.041$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$\eta_{3;rs} := \frac{\text{abs}(V_{rs;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.255 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.14)}$$

$$\eta_{3;lm71} := \frac{\text{abs}(V_{lm71;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.246 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.15)}$$

$$k := 1 \cdot \left( \frac{M_{f;rd}}{M_{pl;rd}} \right) = 0.815$$

$$4 \cdot k \cdot Z_{lm71}^2 \cdot \eta_{3;lm71}^2 + Z_{lm71} \cdot (\eta_{1;LM71} + 8 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71} \cdot \eta_{3;rs} - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71}) +$$

$$\eta_{1;rs} + 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs}^2 - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs} + k - 1 = 0$$

$$x := 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71}^2 = 0.197$$

$$y := \eta_{1;LM71} + 8 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71} \cdot \eta_{3;rs} - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71} = -0.352$$

$$z := \eta_{1;rs} + 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs}^2 - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs} + k - 1 = -0.315$$

$$D := y^2 - 4 \cdot x \cdot z = 0.373$$

$$Z_{lm71;d;1} := \frac{y + \sqrt{D}}{2 \cdot y} = -0.367$$

$$Z_{lm71;d;2} := \frac{y - \sqrt{D}}{2 \cdot y} = 1.367$$

$$Z_{lm71;0} := Z_{lm71;d;2} = 1.367$$

Jak je z výpočtu patrné, tak výsledná zatížitelnost iterace č. 0 je rovna hodnotě  $Z_{lm71;0} = 1.367$

### Iterační krok č. 1

-Iterace byly zpracovány dle MP SŽ S5 A.2.2.12

$$V_{ed;2} := Z_{lm71;0} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed} = -557.876 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;2} := \frac{\text{abs}(V_{ed;2})}{V_{pl;rd}} = 0.592$$

Podmínka  $\eta_{3;2} \leq 0.5$  **nesplněna**

## Posouzení příčníků

$$\eta_{1;rs;2} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} N_{rs;ed} &= -9.457 \cdot 10^5 \text{ N} \\ A &= 0.022 \text{ m}^2 \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ \gamma_{m0} &= 1.1 \\ M_{y;rs;ed} &= -288.09 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{ely;eff} &= 0.00512 \text{ m}^3 \\ M_{z;rs;ed} &= 1.42 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{elz;eff} &= 0.000396 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\eta_{1;rs;2} = 0.489 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;LM71;2} := \frac{Z_{lm71;0} \cdot \text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;0} \cdot \text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;0} \cdot \text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} N_{lm71;ed} &= -5.778 \cdot 10^4 \text{ N} \\ A &= 0.022 \text{ m}^2 \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ \gamma_{m0} &= 1.1 \\ M_{y;lm71;ed} &= 26.32 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{ely;eff} &= 0.00512 \text{ m}^3 \\ M_{z;lm71;ed} &= -0.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{elz;eff} &= 0.000396 \text{ m}^3 \\ Z_{lm71;0} &= 1.367 \end{aligned}$$

$$\eta_{1;LM71;2} = 0.055 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$\eta_{3;rs;2} := \frac{\text{abs}(V_{rs;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.255 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.14)}$$

$$\eta_{3;lm71;2} := \frac{Z_{lm71;0} \cdot \text{abs}(V_{lm71;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.337 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.15)}$$

$$k_{;2} := 1 \cdot \left( \frac{M_{f;rd}}{M_{pl;rd}} \right) = 0.815$$

$$4 \cdot k \cdot Z_{lm71}^2 \cdot \eta_{3;lm71}^2 + Z_{lm71} \cdot (\eta_{1;LM71} + 8 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71} \cdot \eta_{3;rs} - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71}) + \blacksquare$$

$$\blacksquare + \eta_{1;rs} + 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs}^2 - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;rs} + k - 1 = 0$$

$$x_{;2} := 4 \cdot k_{;2} \cdot \eta_{3;lm71;2}^2 = 0.369$$

$$y_{;2} := \eta_{1;LM71;2} + 8 \cdot k_{;2} \cdot \eta_{3;lm71;2} \cdot \eta_{3;rs;2} - 4 \cdot k_{;2} \cdot \eta_{3;lm71;2} = -0.482$$

$$z_{;2} := \eta_{1;rs;2} + 4 \cdot k_{;2} \cdot \eta_{3;rs;2}^2 - 4 \cdot k_{;2} \cdot \eta_{3;rs;2} + k_{;2} - 1 = -0.315$$

## Posouzení příčníků

$$D;2 := y;2^2 - 4 \cdot x;2 \cdot z;2 = 0.697$$

$$Zlm71;1;2 := \frac{y;2 + \sqrt{D;2}}{2 \cdot y;2} = -0.367$$

$$Zlm71;2;2 := \frac{y;2 - \sqrt{D;2}}{2 \cdot y;2} = 1.3670671$$

$$Zlm71;1 := \frac{1 - \eta_{1;rs;2}}{\eta_{1;LM71;2}} = 9.211$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

Jak je z výpočtu patrné, tak výsledná zatížitelnost této iterace je rovna hodnotě  $Zlm71;1 = 9.211$

### Iterační krok č. 2

-Iterace byly zpracovány dle MP SŽ S5 A.2.2.12

$$Ved;3 := Zlm71;1 \cdot Vlm71;ed + Vrs;ed = -2.378 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;3} := \frac{\text{abs}(Ved;3)}{Vpl;rd} = 2.523$$

Podmínka  $\eta_{3;3} \leq 0.5$  **nesplněna**

$$\eta_{1;rs;3} := \frac{\text{abs}(Nrs;ed)}{A \cdot fy} + \frac{\text{abs}(My;rs;ed)}{Wely;eff \cdot fy} + \frac{\text{abs}(Mz;rs;ed)}{Welz;eff \cdot fy}$$

Vstupní hodnoty:

$$Nrs;ed = -9.457 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

$$fy = (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$My;rs;ed = -288.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Wely;eff = 0.00512 \text{ m}^3$$

$$Mz;rs;ed = 1.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Welz;eff = 0.000396 \text{ m}^3$$

$$\eta_{1;rs;3} = 0.489$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

## Posouzení příčníků

$$\eta_{1;LM71;3} := \frac{Z_{lm71;1} \cdot \text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;1} \cdot \text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;1} \cdot \text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} N_{lm71;ed} &= -5.778 \cdot 10^4 \text{ N} \\ A &= 0.022 \text{ m}^2 \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ \gamma_{m0} &= 1.1 \\ M_{y;lm71;ed} &= 26.32 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{ely;eff} &= 0.00512 \text{ m}^3 \\ M_{z;lm71;ed} &= -0.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ W_{elz;eff} &= 0.000396 \text{ m}^3 \\ Z_{lm71;0} &= 1.367 \end{aligned}$$

$$\eta_{1;LM71;3} = 0.373 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$\eta_{3;rs;3} := \frac{\text{abs}(V_{rs;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.255 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.14)}$$

$$\eta_{3;lm71;3} := \frac{Z_{lm71;1} \cdot \text{abs}(V_{lm71;ed})}{V_{pl;rd}} = 2.268 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.15)}$$

$$k_{;3} := 1 \cdot \left( \frac{M_{f;rd}}{M_{pl;rd}} \right) = 0.815$$

$$4 \cdot k \cdot Z_{lm71;1}^2 \cdot \eta_{3;lm71;3}^2 + Z_{lm71;1} \cdot (\eta_{1;LM71;3} + 8 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;lm71;3} \cdot \eta_{3;rs;3} - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71;3}) + \eta_{1;rs;3} + 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;rs;3}^2 - 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;rs;3} + k_{;3} - 1 = 0$$

$$x_{;3} := 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;lm71;3}^2 = 16.754$$

$$y_{;3} := \eta_{1;LM71;3} + 8 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;lm71;3} \cdot \eta_{3;rs;3} - 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;lm71;3} = -3.244$$

$$z_{;3} := \eta_{1;rs;3} + 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;rs;3}^2 - 4 \cdot k_{;3} \cdot \eta_{3;rs;3} + k_{;3} - 1 = -0.315$$

$$D_{;3} := y_{;3}^2 - 4 \cdot x_{;3} \cdot z_{;3} = 31.654$$

$$Z_{lm71;1;3} := \frac{y_{;3} + \sqrt{D_{;3}}}{2 \cdot y_{;2}} = -2.473$$

$$Z_{lm71;2;3} := \frac{y_{;3} - \sqrt{D_{;3}}}{2 \cdot y_{;3}} = 1.3670671$$

$$Z_{lm71;3} := Z_{lm71;2;2} = 1.367$$

Jak je z výpočtu patrné, tak výsledná zatížitelnost této iterace je rovna hodnotě  $Z_{lm71;3} = 1.367$

Iterační krok č. 3

-Iterace byly zpracovány dle MP SŽ S5 A.2.2.12

$$V_{ed;4} := Z_{lm71;3} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed} = -557.876 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;4} := \frac{\text{abs}(V_{ed;4})}{V_{pl;rd}} = 0.592$$

Podmínka  $\eta_{3;3} \leq 0.5$  **nesplněna**

$$\eta_{1;rs;4} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz;eff} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:  $N_{rs;ed} = -9.457 \cdot 10^5 \text{ N}$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

$$f_y = (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$M_{y;rs;ed} = -288.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely;eff} = 0.00512 \text{ m}^3$$

$$M_{z;rs;ed} = 1.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{elz;eff} = 0.000396 \text{ m}^3$$

$$\eta_{1;rs;4} = 0.489$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;LM71;4} := \frac{Z_{lm71;3} \cdot \text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;3} \cdot \text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{Z_{lm71;3} \cdot \text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

Vstupní hodnoty:  $N_{lm71;ed} = -5.778 \cdot 10^4 \text{ N}$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

$$f_y = (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$M_{y;lm71;ed} = 26.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely;eff} = 0.00512 \text{ m}^3$$

$$M_{z;lm71;ed} = -0.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{elz;eff} = 0.000396 \text{ m}^3$$

$$Z_{lm71;0} = 1.367$$

$$\eta_{1;LM71;4} = 0.055$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$\eta_{3;rs;4} := \frac{\text{abs}(V_{rs;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.255$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.14)

$$\eta_{3;lm71;4} := \frac{Z_{lm71;3} \cdot \text{abs}(V_{lm71;ed})}{V_{pl;rd}} = 0.337$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.15)

## Posouzení příčníků

$$k_{;4} := 1 \cdot \left( \frac{Mf;rd}{Mpl;rd} \right) = 0.815$$

$$4 \cdot k \cdot Zlm71;3^2 \cdot \eta_{3;lm71;4}^2 + Zlm71;3 \cdot (\eta_{1;LM71;4} + 8 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;lm71;4} \cdot \eta_{3;rs;4} - 4 \cdot k \cdot \eta_{3;lm71;4}) + \eta_{1;rs;4} + 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;rs;4}^2 - 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;rs;4} + k_{;4} - 1 = 0$$

$$x_{;4} := 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;lm71;4}^2 = 0.369$$

$$y_{;4} := \eta_{1;LM71;4} + 8 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;lm71;4} \cdot \eta_{3;rs;4} - 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;lm71;4} = -0.482$$

$$z_{;4} := \eta_{1;rs;4} + 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;rs;4}^2 - 4 \cdot k_{;4} \cdot \eta_{3;rs;4} + k_{;4} - 1 = -0.315$$

$$D_{;4} := y_{;4}^2 - 4 \cdot x_{;4} \cdot z_{;4} = 0.697$$

$$Zlm71;1;4 := \frac{y_{;4} + \sqrt{D_{;4}}}{2 \cdot y_{;4}} = -0.367$$

$$Zlm71;2;4 := \frac{y_{;4} - \sqrt{D_{;4}}}{2 \cdot y_{;4}} = 1.3670671$$

$$Zlm71;4 := Zlm71;2;4 = 1.367$$

Jak je z výpočtu patrné, tak výsledná zatížitelnost této iterace je rovna hodnotě  $Zlm71;4 = 1.367$

Kontrola podmínek

$$Ved;4 := Zlm71;4 \cdot Vlm71;ed + Vrs;ed = -557.876 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;4} := \frac{\text{abs}(Ved;4)}{Vpl;rd} = 0.592$$

Podmínka  $\eta_{3;3} \leq 0.5$  **nesplněna**

Hodnota pro zatížitelnost se po několika iteracích ustálila na  $Zlm71;4 = 1.367$

Posouzení prutu s největším ohybovým momentem  $M_y$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.022232 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0023273 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000043619 \text{ m}^4$$

$$i_y = 324 \text{ mm}$$

$$i_z = 44 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0059598 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00039653 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.006788 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00066572 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B123      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = -173.92 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0.35 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = 518.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = -7.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -30.12 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 21.37 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = 79.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = -3.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

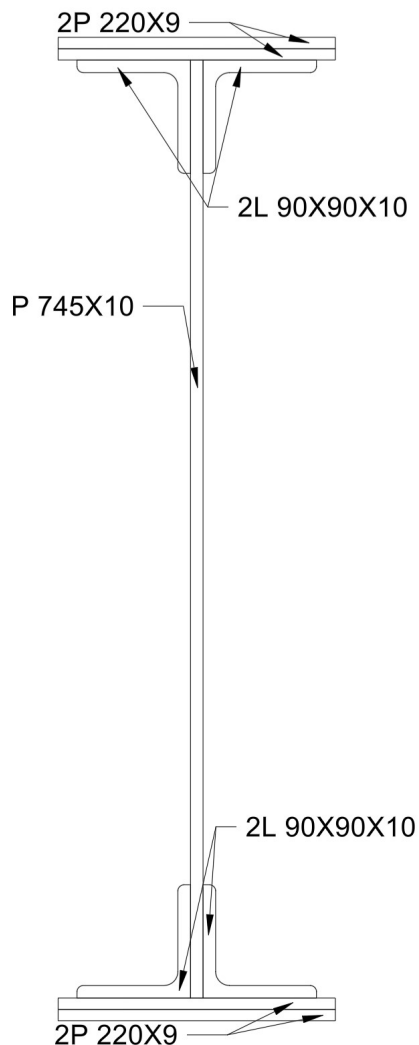
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = -143.8 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = -21.02 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = 438.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = -3.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{f_y \cdot A}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed} + (N_{ed} \cdot e_y))}{\frac{f_y \cdot W_{ely}}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z))}{\frac{f_y \cdot W_{elz}}{\gamma_{m0}}} = 0.538$$

Prvek **vyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  .

ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := \frac{(745 - 2 \cdot 10) \text{ mm}}{2} = 362.5 \text{ mm}$$

$$z_2 := -\frac{(745 - 2 \cdot 10) \text{ mm}}{2} = -362.5 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.00642 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.00642 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = 80.726 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = -80.726 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_\sigma := 23.9$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{(0.745 - 2 \cdot 0.01)}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0.517$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.874$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.874 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínice a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení účinků boulení pásnice:

$$z_{p1} := \frac{220 \text{ mm}}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$z_{p2} := \frac{220 \text{ mm}}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma p1} := \frac{I_y}{z_{p1}} = 0.02116 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma p2} := \frac{I_y}{z_{p2}} = 0.02116 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{p1} := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma p1}} = 24.496 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p2} := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma p2}} = 24.496 \text{ MPa}$$

$$\psi_p := \frac{\sigma_{p2}}{\sigma_{p1}} = 1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Součinitel kritického napětí $k_{\sigma}$	0,43	$0,578/(\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

$$k_{\sigma p} := 0.43$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.2

Výpočet koeficientu  $\lambda \cdot \hat{p}$ :

$$\lambda \cdot \hat{p} := \frac{(0.220)}{0.028} = 0.417$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma p}}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi_p} = 0.673$$

$$\lambda \cdot \hat{p} < 0.673 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

- $a := 1850 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami (podélníky)  
 $hw := 781 \text{ mm}$  -Výška příčniku  
 $t := 10 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 2.369$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k\tau := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 6.053 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\tau}} = 0.84 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\frac{0.83}{\eta} < \lambda_w < 1.08$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

ČSN EN 1993-1-5 5.1 tab. 5.1

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.988$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 854.254 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:

- $\chi_w = 0.988$   
 $f_y = 230000000 \text{ Pa}$   
 $hw = 0.781 \text{ m}$   
 $t = 0.01 \text{ m}$   
 $\gamma_{m1} = 1.2$

## Posouzení příčníků

### Příspěvek pásnic

$$bf := 95 \text{ mm}$$

-šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku

$$tf := 28 \text{ mm}$$

-tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $bf < 15 \cdot \varepsilon \cdot tf$

$$15 \cdot \varepsilon \cdot tf = 424.541 \text{ mm}$$

$$95 < 424.541$$

Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $bf = 0.095 \text{ m}$

### Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot bf \cdot tf^2 \cdot fy}{t \cdot hw^2 \cdot fy} \right) = 0.499 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.85 \text{ m}$$

$$bf = 0.095 \text{ m}$$

$$tf = 0.028 \text{ m}$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$t = 0.01 \text{ m}$$

$$hw = 0.781 \text{ m}$$

### Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$$Ap;h := 5.8491 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha horní pásnice

$$Ap;d := 5.8491 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha dolní pásnice

$$zh := 376.5 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu

$$zd := 376.5 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.004404 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 920.914 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:

$$Wfy = 4.404 \text{ L}$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$\gamma m0 = 1.1$$

$$My;ed = 518.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Posouzení příčníků

$$V_{bf;rd} := \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_y}{c \cdot \gamma_{m1}} \cdot \left( 1 - \left( \frac{M_{y;ed}}{M_{f;rd}} \right)^2 \right) = 19.561 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} b_f &= 0.095 \text{ m} \\ t_f &= 0.028 \text{ m} \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ c &= 0.499 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \\ M_{y;ed} &= 518.27 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{f;rd} &= 920.914 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$V_{b;rd} := V_{bw;rd} + V_{bf;rd} = 873.815 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)

$$\frac{\eta \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m1}} = 1037.094 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} \eta &= 1.2 \\ f_y &= 230000000 \text{ Pa} \\ h_w &= 0.781 \text{ m} \\ t &= 0.01 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \end{aligned}$$

$$873.815 \leq 1037.094 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 0.000401$$

$$\eta_3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka splněna}$$

### Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

$$\hat{\eta}_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 4.005 \cdot 10^{-4}$$

ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} V_{ed} &= 350 \text{ N} \\ V_{b;rd} &= 873.815 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\hat{\eta}_3 \leq 0.5 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Posouzení průřezu na klopení

$$M_{c;rd} := W_{ely} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m1}} = 1142.295 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $W_{ely} = 0.006 \text{ m}^3$   
 $f_y = 230000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma_{m1} = 1.2$

$E := 210 \text{ GPa}$  -Youngův modul pružnosti

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 94.928$$

Následující hodnoty byly určeny z plochy horního pásu a 1/3 plochy stojny.  
 Hodnoty byly určeny sw SCIA Engineer

$$A_{ps} := 9.6177 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{zps} := 2.1797 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_{f;z} := \sqrt{\frac{I_{zps}}{A_{ps}}} = 0.048 \text{ m}$$

Největší hodnota štíhlosti je doporučena následovně:

$$\lambda_{t;0} := 0.4$$

$$\lambda_{c0} := \lambda_{t;0} + 0.1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 Poznámka

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 Poznámka 2B

Stanovení opravného součinitele

$$k_c := 1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 tab 6.6

$$\lambda_1 := \frac{k_c \cdot a}{i_{f;z} \cdot \lambda_1} \leq \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{M_{y;ed}}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 (6.59)

$$\frac{k_c \cdot a}{i_{f;z} \cdot \lambda_1} = 0.409$$

$$\lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{M_{y;ed}} = 1.102$$

Vstupní hodnoty:  $a = 1.85 \text{ m}$   
 $i_{f;z} = 0.048 \text{ m}$   
 $\lambda_1 = 94.928$   
 $\lambda_{c0} = 0.5$   
 $M_{c;rd} = 1142.295 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $M_{y;ed} = 518.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$0.409 \leq 1.102$  Podmínka **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{hw \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 942.813 \text{ kN} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)}$$

$$V_{ed} = 0.35 \text{ kN}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.00037 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)}$$

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_1 := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} = 0.538 \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)}$$

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)}$$

$$\eta_{1;Rs} = 0.108$$

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)}$$

$$\eta_{1;LM71} = 0.429$$

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}} \quad \text{MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)}$$

$$Z_{lm71} = 2.076$$

Kontrolní přepočítání podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := -Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + \text{abs}(V_{rs;ed})$$

$$V_{ed;1} = 65.017 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{V_{bw;rd}} = 0.076$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.076$

Posouzení prutu s největším zatížením Vz

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.014044 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00071071 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000016405 \text{ m}^4$$

$$i_y = 225 \text{ mm}$$

$$i_z = 34 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.002161 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00016405 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0028775 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00030537 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B139      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = 133.89 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 796.86 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 15.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -289.37 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 249.29 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -272.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

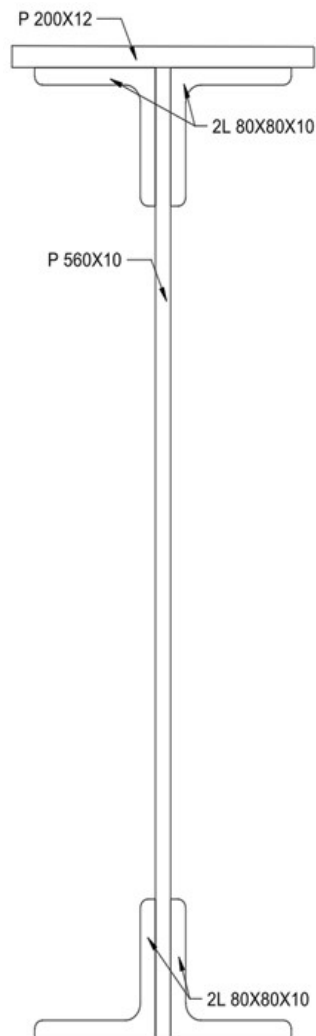
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 423.26 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 547.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -717.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 6.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{N_{ed}}{\gamma_{m0} \cdot f_y \cdot A} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed}) + (N_{ed} \cdot e_y)}{\gamma_{m0} \cdot W_{ely}} + \frac{M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z)}{\gamma_{m0} \cdot W_{elz}} = 2.69$$

Prvek **nevyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  . ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := 560 \text{ mm} + 12 \text{ mm} - 329 \text{ mm} = 243 \text{ mm}$$

$$z_2 := -329 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.00292 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.00216 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = -338.366 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = 458.117 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1.354$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 = 33.135$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{(0.560 - 2 \cdot 0.010)}{0.01} = 0.327$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.899$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.899 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínice a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

- $a := 1690 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami  
 $hw := 540 \text{ mm}$  -Výška stojny podélníku  
 $t := 10 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 3.13$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k\tau := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 5.748 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\tau}} = 0.596 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\lambda_w < \frac{0.83}{\eta}$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

ČSN EN 1993-1-5 5.1 tab. 5.1

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \eta = 1.2$   
 $1.2 > 1$   
 $\chi_w := 1$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 597.558 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:

- $\chi_w = 1$
- $f_y = 230000000 \text{ Pa}$
- $hw = 0.54 \text{ m}$
- $t = 0.01 \text{ m}$
- $\gamma_{m1} = 1.2$

Příspěvek pásnic

$bf := 85 \text{ mm}$  -šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku  
 $tf := 22 \text{ mm}$  -tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $bf < 15 \cdot \varepsilon \cdot tf$   
 $15 \cdot \varepsilon \cdot tf = 333.568 \text{ mm}$   
 $85 < 333.568$  Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $bf = 0.085 \text{ m}$

Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot bf \cdot tf^2 \cdot fy}{t \cdot hw^2 \cdot fy} \right) = 0.461 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:  $a = 1.69 \text{ m}$   
 $bf = 0.085 \text{ m}$   
 $tf = 0.022 \text{ m}$   
 $fy = 230000000 \text{ Pa}$   
 $t = 0.01 \text{ m}$   
 $hw = 0.54 \text{ m}$

Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$Ap;h := 4.0891 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  -plocha horní pásnice  
 $Ap;d := 1.6891 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  -plocha dolní pásnice  
 $zh := z1 - 11 \text{ mm} = 232 \text{ mm}$  -vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu  
 $zd := -z2 - 5 \text{ mm} = 324 \text{ mm}$  -vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.001496 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 312.787 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $Wfy = 0.001 \text{ m}^3$   
 $fy = 230000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma m0 = 1.1$

$$My;ed = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Posouzení podélníků

$$V_{bf;rd} := \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_y}{c \cdot \gamma_{m1}} \cdot \left( 1 - \left( \frac{M_{y;ed}}{M_{f;rd}} \right)^2 \right) = -154.234 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)

$V_{bf;rd}$  nesmí být záporné. Z tohoto důvodu je uvažováno

$$V_{bf;rd} := 0 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} b_f &= 0.085 \text{ m} \\ t_f &= 0.022 \text{ m} \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ c &= 0.461 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \\ M_{y;ed} &= -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{f;rd} &= 312.787 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$V_{b;rd} := V_{bw;rd} + V_{bf;rd} = 597.558 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} V_{bw;rd} &= 597.558 \text{ kN} \\ V_{bf;rd} &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{\eta \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m1}} = 717.069 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} \eta &= 1.2 \\ f_y &= 230000000 \text{ Pa} \\ h_w &= 0.54 \text{ m} \\ t &= 0.01 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \end{aligned}$$

$$597.558 \leq 717.069 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 1.334$$

$$\eta_3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka nesplněna}$$

Jelikož není podmínka splněna, průřez není únosný na smyk. Navrhuji řešení nahrazení podélníku podélníkem novým. Tento nový podélník je navržen z moderní oceli S355 a je stejně jako zbytek konstrukce tvořen dílci úhelníky a plechy. Spojen je ovšen vysokopevnostními šrouby.

Posouzení nového podélníku na největší Vz

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.039727 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0021738 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00017908 \text{ m}^4$$

$$i_y = 234 \text{ mm}$$

$$i_z = 67 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0076008 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.0011939 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0088549 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0019669 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky- S355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 0.814$$

$$\gamma_{m0} = 1$$

$$\gamma_{m1} = 1.1$$

$$\gamma_{m2} = 1.25$$

Působící zatížení

Dílec: B139      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = 133.89 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 796.86 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 15.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = -289.37 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 249.29 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -272.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

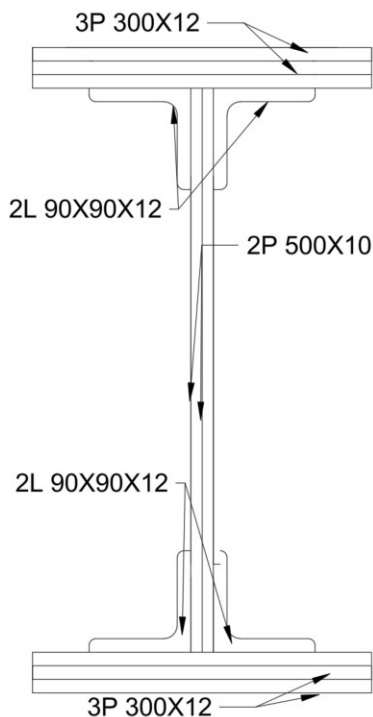
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 423.26 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 547.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -717.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 6.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{N_{ed}}{\frac{f_y \cdot A}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed}) + (N_{ed} \cdot e_y)}{\frac{f_y \cdot W_{ely}}{\gamma_{m0}}} + \frac{M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z)}{\frac{f_y \cdot W_{elz}}{\gamma_{m0}}} = 0.413$$

Vstupní hodnoty:

$$N_{ed} = 133.89 \text{ kN}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$A = 0.04 \text{ m}^2$$

$$M_{y;ed} = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 15.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely} = 0.008 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{m0} = 1$$

Prvek **vyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  .

ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := \frac{572}{2} \text{ mm} = 286 \text{ mm}$$

$$z_2 := -286 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.0076 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.0076 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = -130.202 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = 130.202 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_{\sigma}$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_{\sigma} := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 = 23.92$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{0.476}{0.02} = 0.211$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.874$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.874 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínce a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

$a := 1690 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami  
 $hw := 476 \text{ mm}$  -Výška stojny podélníku  
 $t := 40 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 3.55$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k_{\tau} := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 5.657 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}} = 0.164 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\lambda_w < \frac{0.83}{\eta}$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

ČSN EN 1993-1-5 5.1 tab. 5.1

## Posouzení nového podélníků

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \eta = 1.2$

$$1.2 > 1$$

$$\chi_w := 1$$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 3547.66 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:

$$\chi_w = 1$$

$$f_y = 355000000 \text{ Pa}$$

$$h_w = 0.476 \text{ m}$$

$$t = 0.04 \text{ m}$$

$$\gamma_{m1} = 1.1$$

### Příspěvek pásnic

$$b_f := 128 \text{ mm}$$

-šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku

$$t_f := 48 \text{ mm}$$

-tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $b_f < 15 \cdot \varepsilon \cdot t_f$

$$15 \cdot \varepsilon \cdot t_f = 585.804 \text{ mm}$$

$$128 < 585.804$$

Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $b_f = 0.128 \text{ m}$

### Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_y}{t \cdot h_w^2 \cdot f_y} \right) = 0.51 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.69 \text{ m}$$

$$b_f = 0.128 \text{ m}$$

$$t_f = 0.048 \text{ m}$$

$$f_y = 355000000 \text{ Pa}$$

$$t = 0.04 \text{ m}$$

$$h_w = 0.476 \text{ m}$$

### Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$$A_{p;h} := 1.6663 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \quad \text{-plocha horní pásnice}$$

$$A_{p;d} := 1.6663 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \quad \text{-plocha dolní pásnice}$$

$$z_h := z_1 - 36 \text{ mm} = 250 \text{ mm} \quad \text{-vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu}$$

$$z_d := -z_2 - 36 \text{ mm} = 250 \text{ mm} \quad \text{-vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu}$$

## Posouzení nového podélníků

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.008332 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 2957.683 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $Wfy = 0.008 \text{ m}^3$   
 $fy = 355000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma m0 = 1$

$$My;ed = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Vbf;rd := \frac{bf \cdot tf^2 \cdot fy}{c \cdot \gamma m1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{My;ed}{Mf;rd} \right)^2 \right) = 165.568 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)

Vstupní hodnoty:  $bf = 0.128 \text{ m}$   
 $tf = 0.048 \text{ m}$   
 $fy = (3.55 \cdot 10^8) \text{ Pa}$   
 $c = 0.51 \text{ m}$   
 $\gamma m1 = 1.1$   
 $My;ed = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $Mf;rd = (2.958 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$Vb;rd := Vbw;rd + Vbf;rd = 3713.228 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)}$$

Vstupní hodnoty:  $Vbw;rd = (3.548 \cdot 10^3) \text{ kN}$   
 $Vbf;rd = 165.568 \text{ kN}$

$$\frac{\eta \cdot fy \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \gamma m1} = 4257.192 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:  $\eta = 1.2$   
 $fy = 355000000 \text{ Pa}$   
 $hw = 0.476 \text{ m}$   
 $t = 0.04 \text{ m}$   
 $\gamma m1 = 1.1$

$$1907.357 \leq 2128.596 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta3 := \frac{\text{abs}(Ved)}{Vb;rd} = 0.215$$

$$\eta3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Nový průřez splňuje obě podmínky.

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

$$\hat{\eta}_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 0.215 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)}$$

Vstupní hodnoty:  $V_{ed} = 796.86 \text{ kN}$   
 $V_{b;rd} = 3713.228 \text{ kN}$

$\hat{\eta}_3 \leq 0.5$  Podmínka **splněna**

Posouzení průřezu na klopení

$$M_{c;rd} := W_{ely} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m1}} = 2452.985 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $W_{ely} = 0.008 \text{ m}^3$   
 $f_y = 355000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma_{m1} = 1.1$

$E := 210 \text{ GPa}$  -Youngův modul pružnosti

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.409$$

Následující hodnoty byly určeny z plochy horního pásu a 1/3 plochy stojny.  
 Hodnoty byly určeny sw SCIA Engineer

$$A_{ps} := 1.8277 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_{zps} := 8.9486 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_{f;z} := \sqrt{\frac{I_{zps}}{A_{ps}}} = 0.07 \text{ m}$$

Největší hodnota štíhlosti je doporučena následovně:

$$\lambda_{lt;0} := 0.4$$

$$\lambda_{c0} := \lambda_{lt;0} + 0.1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 Poznámka

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 Poznámka 2B

Stanovení opravného součinitele

$$k_c := 0.94$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 tab 6.6

$$\lambda_1 := \frac{k_c \cdot a}{i_f; z \cdot \lambda_1} \leq \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{M_{y;ed}}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 (6.59)

$$\frac{k_c \cdot a}{i_f; z \cdot \lambda_1} = 0.297$$

$$\lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{\text{abs}(M_{y;ed})} = 1.239$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.69 \text{ m}$$

$$i_f; z = 0.07 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 76.409$$

$$\lambda_{c0} = 0.5$$

$$M_{c;rd} = 2452.985 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;ed} = -989.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$0.297 \leq 0.1 \cdot 1.239$$

Podmínka **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{h_w \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 3902.426 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$V_{ed} = 796.86 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;0} := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.2$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_{1;0} := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} = 0.413$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.143$$

## Posouzení nového podélníků

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$\eta_{1;LM71} = 0.311$  MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 2.754$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

$$V_{ed;1} = 1757.255 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{V_{bw;rd}} = 0.495$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 2.754$

Posouzení prutu s největším ohybovým momentem  $M_y$

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.014044 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.00071071 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.000016405 \text{ m}^4$$

$$i_y = 225 \text{ mm}$$

$$i_z = 34 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.002161 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.00016405 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0028775 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.00030537 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky

$$f_y = 230 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 1.011$$

$$\gamma_{m0} = 1.1$$

$$\gamma_{m1} = 1.2$$

$$\gamma_{m2} = 1.3$$

Působící zatížení

Dílec: B139      Kombinace: gr11 6.10b

$$N_{ed} = 2697 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 606.79 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 33.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = 2273.79 \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 58.92 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -846.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 26.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

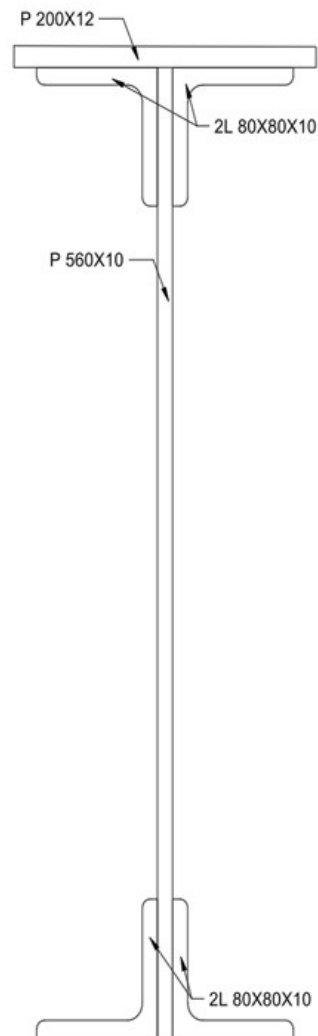
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 423.26 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 547.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -717.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 6.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{N_{ed}}{\gamma_{m0} \cdot A} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed}) + (N_{ed} \cdot e_y)}{\gamma_{m0} \cdot W_{ely}} + \frac{M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z)}{\gamma_{m0} \cdot W_{elz}} = 5.347$$

Prvek **nevyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  . ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := 560 \text{ mm} + 12 \text{ mm} - 329 \text{ mm} = 243 \text{ mm}$$

$$z_2 := -329 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.00292 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.00216 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = -534.89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = 724.193 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1.354$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_\sigma$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 = 33.135$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{(0.560 - 2 \cdot 0.010)}{0.01} = 0.327$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.899$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.899 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínice a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

- $a := 1690 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami  
 $hw := 540 \text{ mm}$  -Výška stojny podélníku  
 $t := 10 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 3.13$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k\tau := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 5.748 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\tau}} = 0.596 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\lambda_w < \frac{0.83}{\eta}$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

ČSN EN 1993-1-5 5.1 tab. 5.1

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \eta = 1.2$   
 $1.2 > 1$   
 $\chi_w := 1$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 597.558 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:

$\chi_w = 1$   
 $f_y = 230000000 \text{ Pa}$   
 $hw = 0.54 \text{ m}$   
 $t = 0.01 \text{ m}$   
 $\gamma_{m1} = 1.2$

Příspěvek pásnic

$$bf := 85 \text{ mm}$$

-šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku

$$tf := 22 \text{ mm}$$

-tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $bf < 15 \cdot \varepsilon \cdot tf$

$$15 \cdot \varepsilon \cdot tf = 333.568 \text{ mm}$$

$$85 < 333.568$$

Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $bf = 0.085 \text{ m}$

Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot bf \cdot tf^2 \cdot fy}{t \cdot hw^2 \cdot fy} \right) = 0.461 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.69 \text{ m}$$

$$bf = 0.085 \text{ m}$$

$$tf = 0.022 \text{ m}$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$t = 0.01 \text{ m}$$

$$hw = 0.54 \text{ m}$$

Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$$Ap;h := 4.0891 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha horní pásnice

$$Ap;d := 1.6891 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

-plocha dolní pásnice

$$zh := z1 - 11 \text{ mm} = 232 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu

$$zd := -z2 - 5 \text{ mm} = 324 \text{ mm}$$

-vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.001496 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 312.787 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:

$$Wfy = 0.001 \text{ m}^3$$

$$fy = 230000000 \text{ Pa}$$

$$\gamma m0 = 1.1$$

$$My;ed = -1564.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Posouzení podélníků

$$V_{bf;rd} := \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_y}{c \cdot \gamma_{m1}} \cdot \left( 1 - \left( \frac{M_{y;ed}}{M_{f;rd}} \right)^2 \right) = -411.079 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)

$V_{bf;rd}$  nesmí být záporné. Z tohoto důvodu je uvažováno

$$V_{bf;rd} := 0 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} b_f &= 0.085 \text{ m} \\ t_f &= 0.022 \text{ m} \\ f_y &= (2.3 \cdot 10^8) \text{ Pa} \\ c &= 0.461 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \\ M_{y;ed} &= -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{f;rd} &= 312.787 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$V_{b;rd} := V_{bw;rd} + V_{bf;rd} = 597.558 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} V_{bw;rd} &= 597.558 \text{ kN} \\ V_{bf;rd} &= 0 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{\eta \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m1}} = 717.069 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:

$$\begin{aligned} \eta &= 1.2 \\ f_y &= 230000000 \text{ Pa} \\ h_w &= 0.54 \text{ m} \\ t &= 0.01 \text{ m} \\ \gamma_{m1} &= 1.2 \end{aligned}$$

$$597.558 \leq 717.069 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 1.015$$

$$\eta_3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka nesplněna}$$

Jelikož není podmínka splněna, průřez není únosný na smyk. Navrhuji řešení nahrazení podélníku podélníkem novým.

Tento nový podélník je navržen z moderní oceli S355 a je stejně jako zbytek konstrukce tvořen dílci úhelníky a plechy. Spojen je ovšen vysokopevnostními šrouby.

Posouzení nového podélníku na největší My

Průřezové charakteristiky

$$A = 0.039727 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0.0021738 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.00017908 \text{ m}^4$$

$$i_y = 234 \text{ mm}$$

$$i_z = 67 \text{ mm}$$

$$W_{ely} = 0.0076008 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.0011939 \text{ m}^3$$

$$W_{ply} = 0.0088549 \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 0.0019669 \text{ m}^3$$

Materiálové charakteristiky- S355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 0.814$$

$$\gamma_{m0} = 1$$

$$\gamma_{m1} = 1.1$$

$$\gamma_{m2} = 1.25$$

Působící zatížení

Dílec: B139      Kombinace: gr12 6.10b

$$N_{ed} = (2.697 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 606.79 \text{ kN}$$

$$M_{y;ed} = -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 33.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Působící zatížení bez modelu LM71

$$N_{rs;ed} = (2.274 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{rs;ed} = 58.92 \text{ kN}$$

$$M_{y;rs;ed} = -846.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;rs;ed} = 26.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

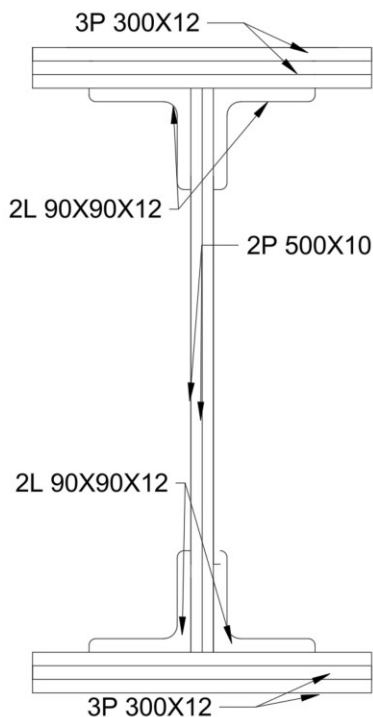
Působící zatížení modelu LM71

$$N_{lm71;ed} = 423.26 \text{ kN}$$

$$V_{lm71;ed} = 547.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;lm71;ed} = -717.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;lm71;ed} = 6.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posouzení průřezu při jednoosém ohybu

$$e_y := 0 \text{ m}$$

$$e_z := 0 \text{ m}$$

$$\eta_1 := \frac{N_{ed}}{\gamma_{m0} \cdot f_y \cdot A} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed}) + (N_{ed} \cdot e_y)}{\gamma_{m0} \cdot f_y \cdot W_{ely}} + \frac{M_{z;ed} + (N_{ed} \cdot e_z)}{\gamma_{m0} \cdot f_y \cdot W_{elz}} = 0.849$$

Vstupní hodnoty:

$$N_{ed} = (2.697 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$A = 0.04 \text{ m}^2$$

$$M_{y;ed} = -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;ed} = 33.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely} = 0.008 \text{ m}^3$$

$$W_{elz} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{m0} = 1$$

Prvek **vyhovuje** podmínice  $\eta_1 < 1$  .

ČSN EN 1993-1-5 4.5.4 (4.15)

Posouzení účinků boulení stojny:

$$z_1 := \frac{572}{2} \text{ mm} = 286 \text{ mm}$$

$$z_2 := -286 \text{ mm}$$

$$W_{\sigma 1} := \frac{I_y}{z_1} = 0.0076 \text{ m}^3$$

$$W_{\sigma 2} := \frac{I_y}{z_2} = -0.0076 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 1}} = -205.824 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{y;ed}}{W_{\sigma 2}} = 205.824 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí $k_{\sigma}$	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

$$k_{\sigma} := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 = 23.92$$

ČSN EN 1993-1-5 4.4 tab. 4.1

Výpočet koeficientu  $\lambda_{\hat{p}}$ :

$$\lambda_{\hat{p}} := \frac{0.476}{0.02} = 0.211$$

$$28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k\sigma}$$

Podmínka pro výpočet součinitele boulení dle ČSN EN 1993-1-5 4.4 (4.1)

$$0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} = 0.874$$

$$\lambda_{\hat{p}} < 0.874 \text{ Podmínka splněna}$$

Stojna vyhovuje podmínce a z tohoto důvodu není třeba posuzovat účinky boulení.

Posouzení průřezu na únosnost ve smyku

Součinitel kritického napětí ve smyku

$a := 1690 \text{ mm}$  -Vzdálenost mezi příčnými výztuhami  
 $hw := 476 \text{ mm}$  -Výška stojny podélníku  
 $t := 20 \text{ mm}$  -Tloušťka stojny

$$\alpha := \frac{a}{hw} = 3.55$$

Návrhová únosnost na smyk

Upravená štíhlost

$$k_{\tau} := 5.34 + 4 \cdot \left(\frac{hw}{a}\right)^2 = 5.657 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 A.3 (A.5)}$$

$$\lambda_w := \frac{hw}{37.4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}} = 0.329 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.3 (5.6)}$$

Součinitel příspěvku stojny  $\chi_w$

$$\eta := 1.2 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.1 (pozn.2)}$$

$$\frac{0.83}{\eta} = 0.692$$

$$\lambda_w < \frac{0.83}{\eta}$$

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0.83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1.08$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83 / \bar{\lambda}_w$

## Posouzení nového podélníků

Dle podmínek z tabulky:  $\chi_w := \eta = 1.2$   
 $1.2 > 1$   
 $\chi_w := 1$

$$V_{bw;rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 1773.83 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.2)}$$

Vstupní hodnoty:  $\chi_w = 1$   
 $f_y = 355000000 \text{ Pa}$   
 $h_w = 0.476 \text{ m}$   
 $t = 0.02 \text{ m}$   
 $\gamma_{m1} = 1.1$

### Příspěvek pásnic

$bf := 128 \text{ mm}$  -šířka pásnice od vnější stěny krčního úhelníku  
 $tf := 48 \text{ mm}$  -tloušťka pásnice včetně stěny úhelníku

Šířka pásnice; podmínka  $bf < 15 \cdot \varepsilon \cdot tf$   
 $15 \cdot \varepsilon \cdot tf = 585.804 \text{ mm}$   
 $128 < 585.804$  Podmínka **splněna**

Do výpočtu se bere v potaz celá šířka pásnice tedy  $bf = 0.128 \text{ m}$

### Výpočet koeficientu c:

$$c := a \cdot \left( 0.25 + \frac{1.6 \cdot bf \cdot tf^2 \cdot f_y}{t \cdot h_w^2 \cdot f_y} \right) = 0.598 \text{ m} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)}$$

Vstupní hodnoty:  $a = 1.69 \text{ m}$   
 $bf = 0.128 \text{ m}$   
 $tf = 0.048 \text{ m}$   
 $f_y = 355000000 \text{ Pa}$   
 $t = 0.02 \text{ m}$   
 $h_w = 0.476 \text{ m}$

### Výpočet momentu únosnosti průřezu sestavený pouze z účinné plochy pásnic

Pro výpočet účinné plochy byl v programu autoCAD vytvořen průřez samotné pásnice. Ten byl následně vložen do programu SCIA Engineer a zde byly následně vypočteny a odečteny následující hodnoty.

$A_{p;h} := 1.3184 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  -plocha horní pásnice

$A_{p;d} := 1.3184 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  -plocha dolní pásnice

$z_h := z_1 - 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$  -vzdálenost těžiště horní pásnice od těžiště průřezu

$z_d := -z_2 - 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$  -vzdálenost těžiště dolní pásnice od těžiště průřezu

## Posouzení nového podélníků

$$Wfy := Ap;h \cdot zh + Ap;d \cdot zd = 0.006961 \text{ m}^3$$

$$Mf;rd := \frac{Wfy \cdot fy}{\gamma m0} = 2471.209 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $Wfy = 0.007 \text{ m}^3$   
 $fy = 355000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma m0 = 1$

$$My;ed = -1564.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Vbf;rd := \frac{bf \cdot tf^2 \cdot fy}{c \cdot \gamma m1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{My;ed}{Mf;rd} \right)^2 \right) = 95.298 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5 5.4 (5.8)

Vstupní hodnoty:  $bf = 0.128 \text{ m}$   
 $tf = 0.048 \text{ m}$   
 $fy = (3.55 \cdot 10^8) \text{ Pa}$   
 $c = 0.598 \text{ m}$   
 $\gamma m1 = 1.1$   
 $My;ed = -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $Mf;rd = (2.471 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$

### Celková smyková návrhová únosnost

$$Vb;rd := Vbw;rd + Vbf;rd = 1869.128 \text{ kN} \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 5.2 (5.1)}$$

Vstupní hodnoty:  $Vbw;rd = (1.774 \cdot 10^3) \text{ kN}$   
 $Vbf;rd = 95.298 \text{ kN}$

$$\frac{\eta \cdot fy \cdot hw \cdot t}{\sqrt{3} \gamma m1} = 2128.596 \text{ kN}$$

Vstupní hodnoty:  $\eta = 1.2$   
 $fy = 355000000 \text{ Pa}$   
 $hw = 0.476 \text{ m}$   
 $t = 0.02 \text{ m}$   
 $\gamma m1 = 1.1$

$$1869.128 \leq 2128.596 \quad \text{Podmínka splněna}$$

$$\eta3 := \frac{\text{abs}(Ved)}{Vb;rd} = 0.325$$

$$\eta3 \leq 1.0 \quad \text{Podmínka splněna}$$

Nový průřez splňuje obě podmínky.

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

$$\hat{\eta}_3 := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{b;rd}} = 0.325 \quad \text{ČSN EN 1993-1-5 7.1 (7.1)}$$

Vstupní hodnoty:  $V_{ed} = 606.79 \text{ kN}$   
 $V_{b;rd} = 1869.128 \text{ kN}$

$\hat{\eta}_3 \leq 0.5$  Podmínka **splněna**

Posouzení průřezu na klopení

$$M_{c;rd} := W_{ely} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m1}} = 2452.985 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vstupní hodnoty:  $W_{ely} = 0.008 \text{ m}^3$   
 $f_y = 355000000 \text{ Pa}$   
 $\gamma_{m1} = 1.1$

$E := 210 \text{ GPa}$  -Youngův modul pružnosti

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.409$$

Následující hodnoty byly určeny z plochy horního pásu a 1/3 plochy stojny.  
 Hodnoty byly určeny sw SCIA Engineer

$$A_{ps} := 1.8277 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_{zps} := 8.9486 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_{f;z} := \sqrt{\frac{I_{zps}}{A_{ps}}} = 0.07 \text{ m}$$

Největší hodnota štíhlosti je doporučena následovně:

$$\lambda_{lt;0} := 0.4$$

$$\lambda_{c0} := \lambda_{lt;0} + 0.1$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 Poznámka

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 Poznámka 2B

Stanovení opravného součinitele

$$k_c := 0.94$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.3 tab 6.6

$$\lambda_1 := \frac{k_c \cdot a}{i_f; z \cdot \lambda_1} \leq \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{M_{y;ed}}$$

ČSN EN 1993-1-1 6.3.2.4 (6.59)

$$\frac{k_c \cdot a}{i_f; z \cdot \lambda_1} = 0.297$$

$$\lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c;rd}}{\text{abs}(M_{y;ed})} = 0.784$$

Vstupní hodnoty:

$$a = 1.69 \text{ m}$$

$$i_f; z = 0.07 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 76.409$$

$$\lambda_{c0} = 0.5$$

$$M_{c;rd} = 2452.985 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;ed} = -1.564 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$0.297 \leq 0.784$$

Podmínka **splněna**

Výpočet zatížitelnosti

$$V_{pl;rd} := \frac{h_w \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 1951.213 \text{ kN}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.8)

$$V_{ed} = 606.79 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;0} := \frac{\text{abs}(V_{ed})}{V_{pl;rd}} = 0.31$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.4)

Podmínka  $\eta_3 \leq 0.5$  **splněna**

$$\eta_{1;0} := \frac{\text{abs}(N_{ed})}{A \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{y;ed})}{W_{ely} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{z;ed})}{W_{elz} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} = 0.849$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.5)

Podmínka  $\eta_1 \leq 1$  **splněna**

$$\eta_{1;Rs} := \frac{\text{abs}(N_{rs;ed})}{A \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{y;rs;ed})}{W_{ely} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}} + \frac{\text{abs}(M_{z;rs;ed})}{W_{elz} \cdot f_y \cdot \gamma_{m0}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.10)

$$\eta_{1;Rs} = 0.538$$

## Posouzení nového podélníků

$$\eta_{1;LM71} := \frac{\text{abs}(N_{lm71;ed})}{\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{y;lm71;ed})}{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} + \frac{\text{abs}(M_{z;lm71;ed})}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}}$$

$\eta_{1;LM71} = 0.311$  MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.11)

$$Z_{lm71} := \frac{1 - \eta_{1;Rs}}{\eta_{1;LM71}}$$

MP SŽ S5 A.2.2.11 (A.9)

$$Z_{lm71} = 1.485$$

Kontrolní přepoččet podmínky  $\eta_3$

$$V_{ed;1} := Z_{lm71} \cdot V_{lm71;ed} + V_{rs;ed}$$

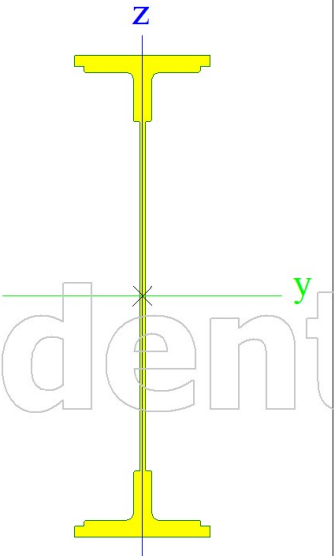
$$V_{ed;1} = 871.96 \text{ kN}$$

$$\eta_{3;1} := \frac{\text{abs}(V_{ed;1})}{V_{bw;rd}} = 0.492$$

Podmínka  $\eta_{3;1} \leq 0.5$  **splněna**.

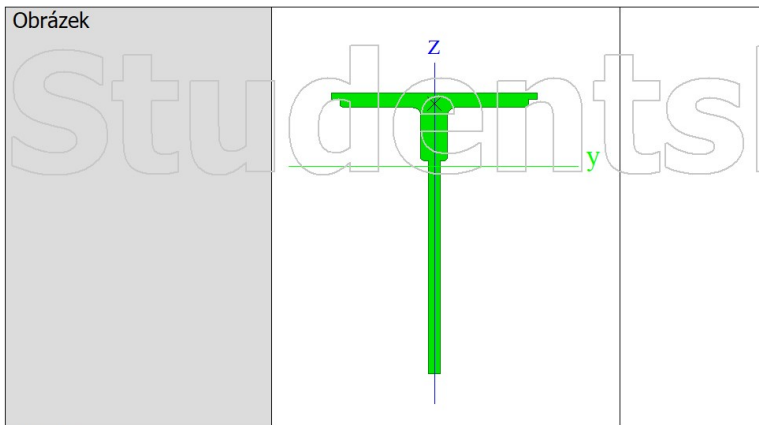
Zatížitelnost pro tento prvek je tedy  $Z_{lm71} = 1.485$

# 1. Průřezy

Průčník		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,2232e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0821e-02	8,3628e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,3858e+00	2,3858e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	110	390
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,3273e-03	4,3619e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	324	44
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,9598e-03	3,9653e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6,7880e-03	6,6572e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	1866695,05	1866695,05
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	183072,95	183072,95
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	4,9459e-06	6,0432e-06
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

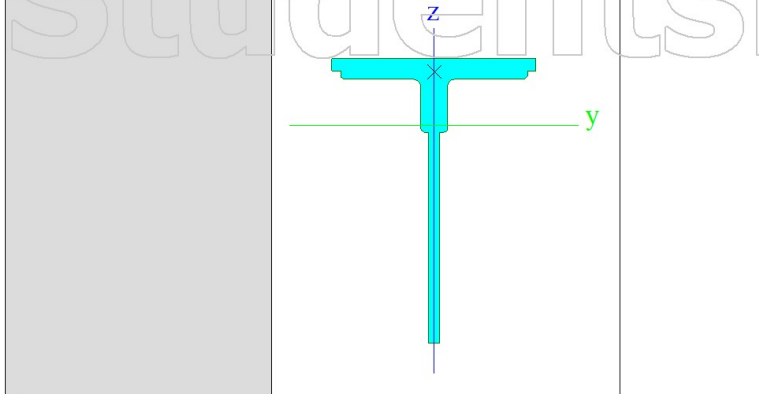
O1=8		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,4123e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,7255e-03	6,5079e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3973e+00	1,3973e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	8	302
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,1215e-04	4,1530e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	123	54
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,0203e-04	2,7687e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,3153e-03	4,8105e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	361695,79	361695,79
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	132289,79	132289,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	91
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	3,0377e-06	9,1714e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-292	0

Studentská verze



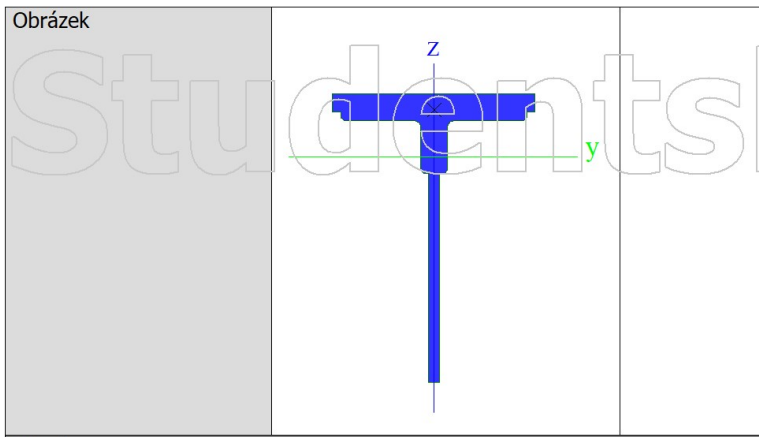
**O2=7**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,6823e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	8,0003e-03	6,8272e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4153e+00	1,4153e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	8	320
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,4025e-04	6,1780e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	120	61
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,5065e-04	4,1187e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4093e-03	6,8355e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	387549,96	387549,96
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	187977,29	187977,29
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	78
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	4,9626e-06	1,2246e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-287	0



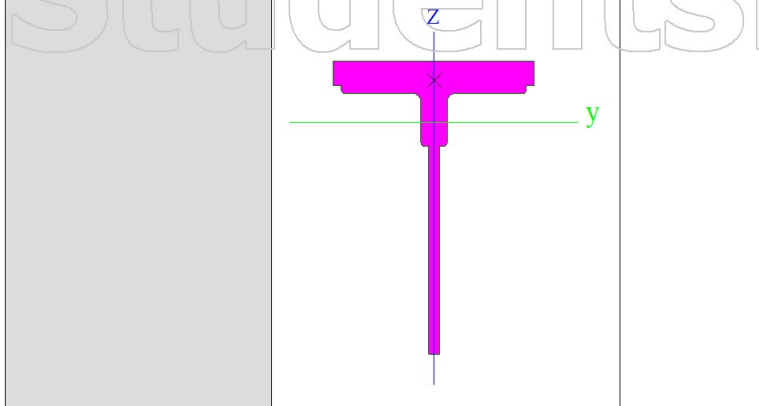
**O3=6**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,9523e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0263e-02	7,1507e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4333e+00	1,4333e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	8	334
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,6469e-04	8,2030e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	116	65
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,9195e-04	5,4687e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4929e-03	8,8605e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	410547,64	410547,64
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	243664,79	243664,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	69
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	8,2237e-06	1,7478e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-285	0



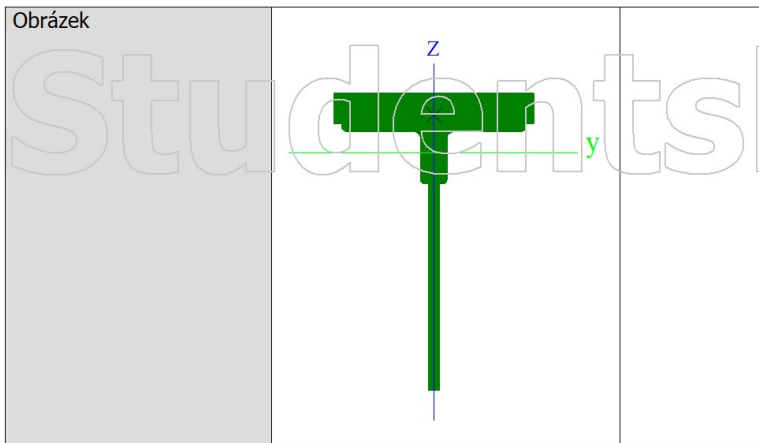
**O4=5**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,2223e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2518e-02	7,4903e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4513e+00	1,4513e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	8	346
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,8715e-04	1,0228e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	114	68
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,2982e-04	6,8187e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,5876e-03	1,0886e-03
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	436590,93	436590,93
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	299352,29	299352,29
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	62
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,3117e-05	2,5314e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-283	0



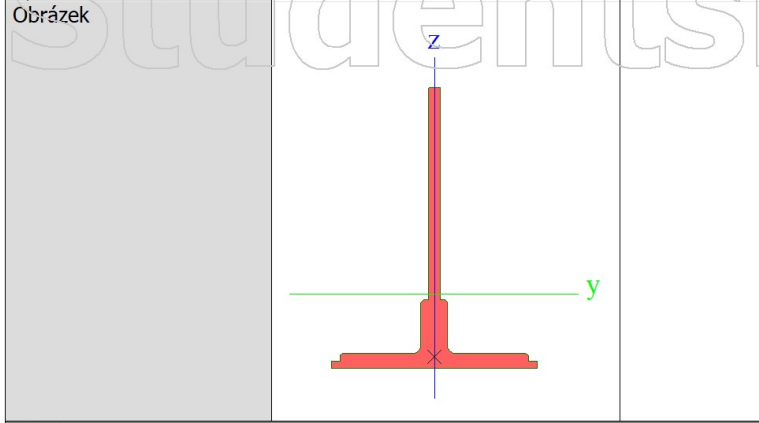
**O5**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,4923e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,4770e-02	7,8547e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4693e+00	1,4693e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	8	356
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,0865e-04	1,2253e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	111	70
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,6633e-04	8,1687e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,6937e-03	1,2911e-03
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	465770,85	465770,85
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	355039,79	355039,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	56
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,9940e-05	3,5973e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-282	0



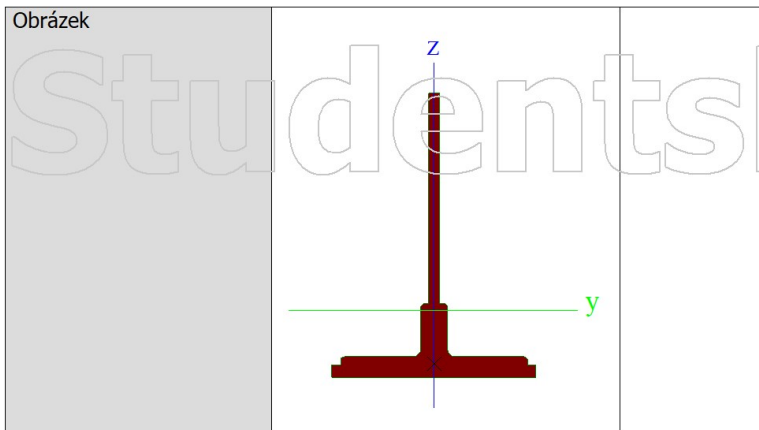
**U1=8**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,4123e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,7255e-03	6,5079e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3973e+00	1,3973e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	150	107
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,1215e-04	4,1530e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	123	54
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,0203e-04	2,7687e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,3153e-03	4,8105e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	361695,79	361695,79
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	132289,79	132289,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-91
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	3,0377e-06	9,1714e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	292	0



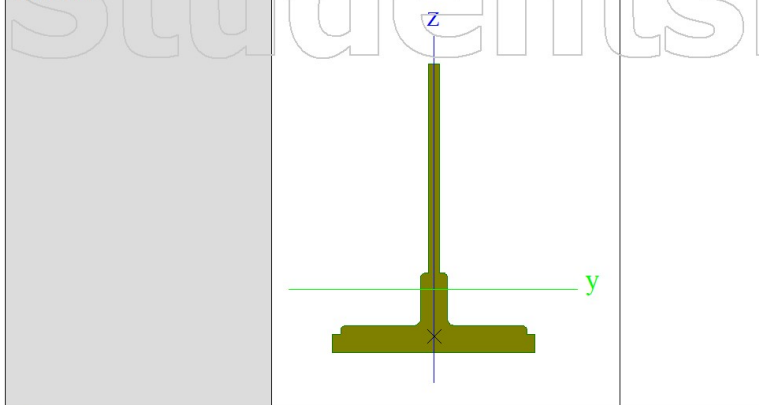
**U2=7**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,6823e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	8,0003e-03	6,8272e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4153e+00	1,4153e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	150	98
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,4025e-04	6,1780e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	120	61
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,5065e-04	4,1187e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4093e-03	6,8355e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	387549,96	387549,96
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	187977,29	187977,29
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-78
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	4,9626e-06	1,2246e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	287	0



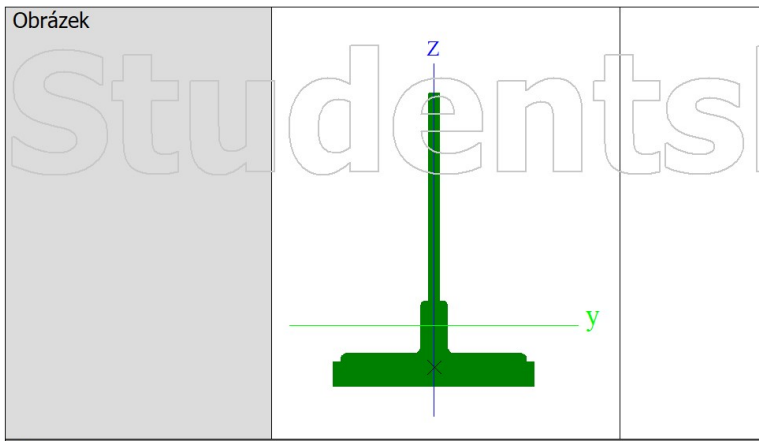
**U3=6**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,9523e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0263e-02	7,1507e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4333e+00	1,4333e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	150	93
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,6469e-04	8,2030e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	116	65
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,9195e-04	5,4687e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4929e-03	8,8605e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	410547,64	410547,64
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	243664,79	243664,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-69
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	8,2237e-06	1,7478e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	285	0




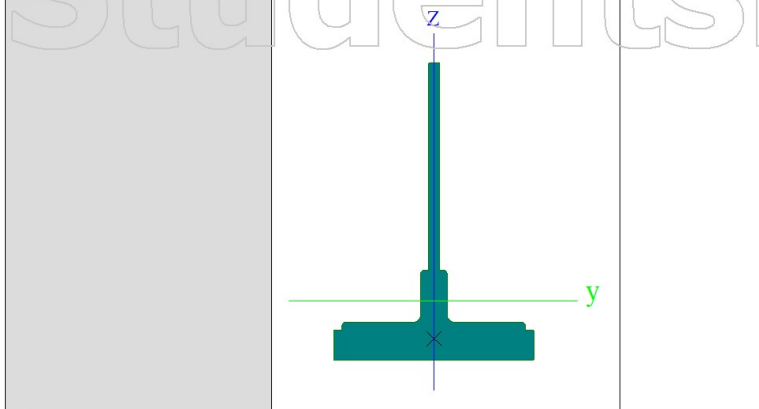
**U4=5**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,2223e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2518e-02	7,4903e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4513e+00	1,4513e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	150	90
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,8715e-04	1,0228e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	114	68
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,2982e-04	6,8187e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,5876e-03	1,0886e-03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	436590,93	436590,93
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	299352,29	299352,29
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-62
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,3117e-05	2,5314e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	283	0




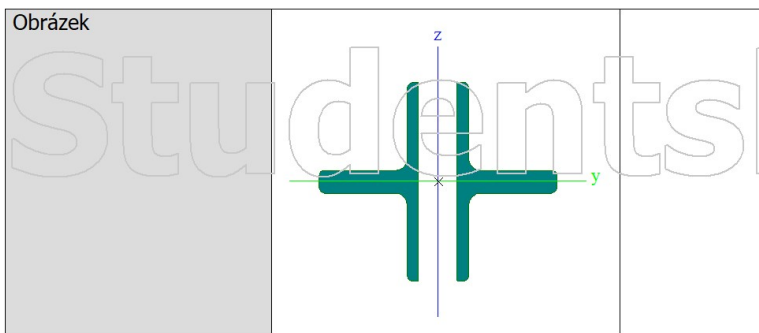
**U5**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,4923e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,4770e-02	7,8547e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,4693e+00	1,4693e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	150	89
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,0865e-04	1,2253e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	111	70
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,6633e-04	8,1687e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,6937e-03	1,2911e-03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	465770,85	465770,85
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	355039,79	355039,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-56
I <sub>x</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,9940e-05	3,5973e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	282	0



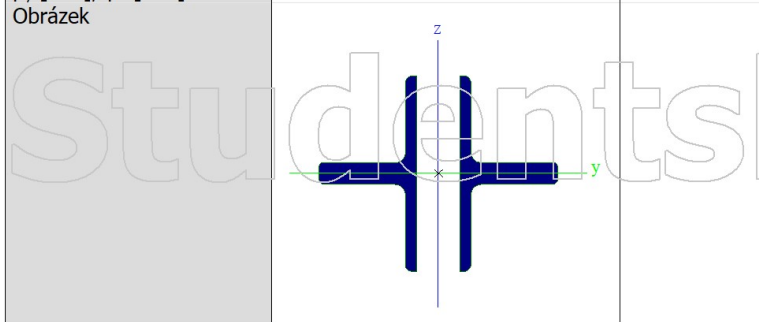
**D1=8**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	9,2790e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,2122e-03	4,6996e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,1826e+00	1,1826e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	122	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,6892e-05	3,1562e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	43	58
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,6561e-04	2,5871e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,7397e-04	4,5954e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	75340,45	75340,45
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	126374,68	126374,68
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>x</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,1178e-06	1,4952e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0



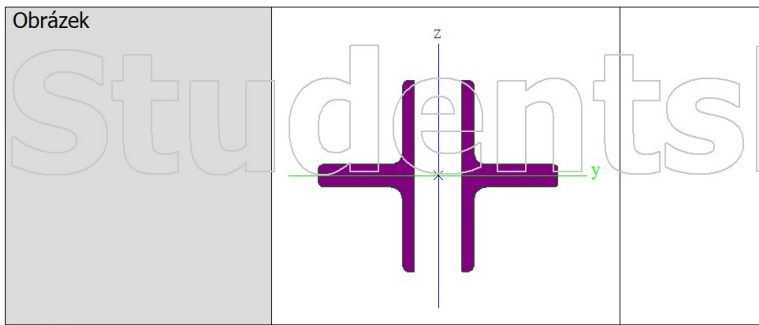
**D2=7**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	6,8621e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,3698e-03	3,4522e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,0438e+00	1,0438e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	110	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	9,6692e-06	1,9501e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	38	53
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0744e-04	1,7729e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,7718e-04	3,1443e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	48725,72	48725,72
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	86467,14	86467,14
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	5,8003e-07	7,6087e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0



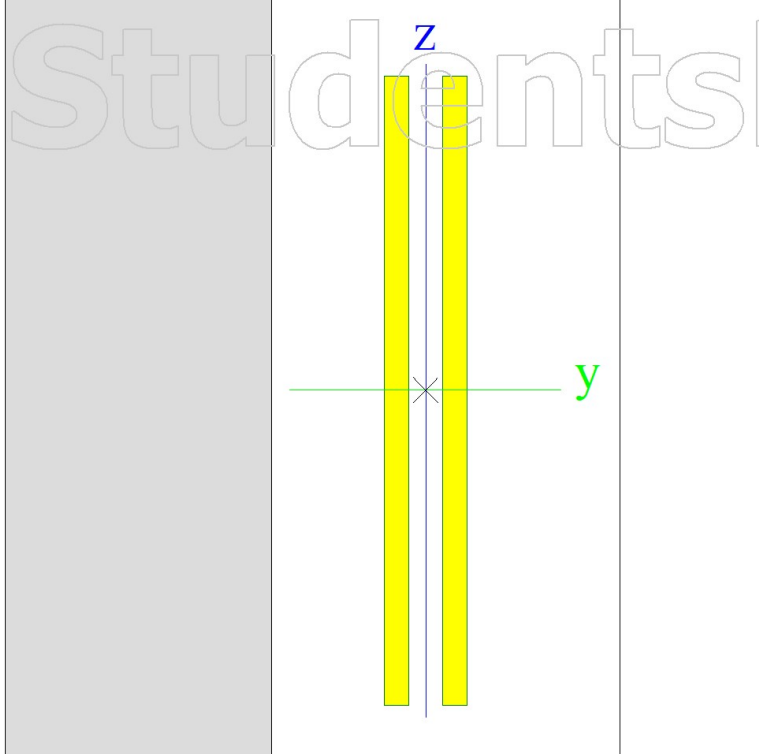
**D3=6**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	6,0437e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,1123e-03	3,1036e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	9,2550e-01	9,2550e-01
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	100	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	6,7957e-06	1,4859e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	34	50
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,4947e-05	1,4859e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4115e-04	2,6203e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	38817,35	38817,35
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	72057,79	72057,79
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	5,0543e-07	5,3959e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0



**E1=8**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	7,2000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	6,0617e-03	6,0001e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,2480e+00	1,2480e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	20	150
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	5,4000e-05	1,4976e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	87	14
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,6000e-04	7,4880e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,4000e-04	1,0080e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	148500,00	148500,00
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	27720,00	27720,00
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	3,4002e-07	1,1223e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

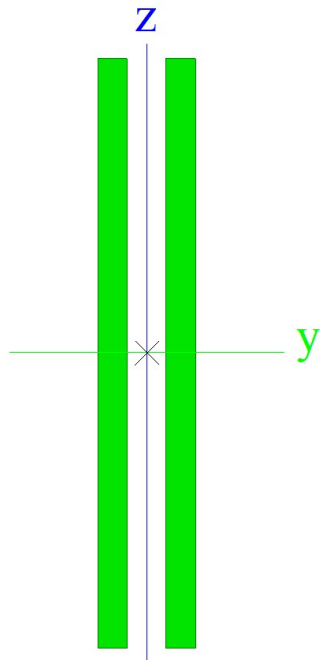


**E2=7**

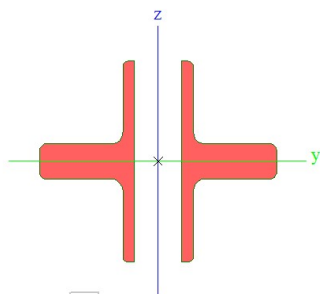
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	5,7600e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,8400e-03	4,8001e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,0080e+00	1,0080e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	20	120



a [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	2,7648e-05	1,1981e-06
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	69	14
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,3040e-04	5,9904e-05
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{p,z}$ [m <sup>3</sup> ]	3,4560e-04	8,0640e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	95040,00	95040,00
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	22176,00	22176,00
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	2,6910e-07	5,7456e-09
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

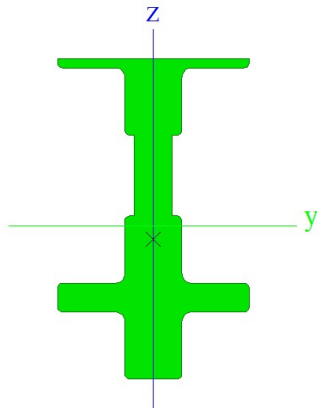


<b>V2-7</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	7,6437e-03	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	2,9653e-03	3,6855e-03
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	9,6550e-01	9,6550e-01
$c_{y,ucs}$ [mm], $c_{z,ucs}$ [mm]	100	5
a [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	8,3717e-06	2,1473e-05
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	33	53
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	9,8491e-05	2,1473e-04
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	1,7537e-04	3,5803e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	48227,46	48227,46
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	98457,79	98457,79
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	1,2701e-06	8,1244e-09
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

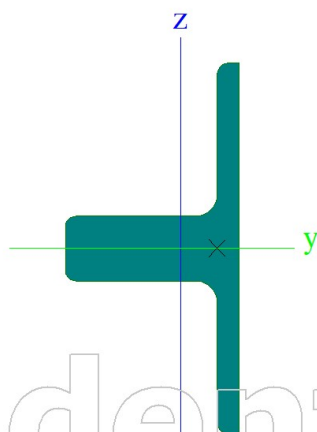


<b>V1:1</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	

Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,4066e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,1961e-02	1,3662e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3383e+00	1,3383e+00
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	100	84
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,4867e-04	3,0689e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	102	36
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,4161e-03	3,0689e-04
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,1025e-03	6,2304e-04
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	578191,24	578191,24
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	171336,69	171336,69
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-14
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,9782e-05	3,0971e-07
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	64	0
Obrázek		



<b>V2;3</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	3,8219e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,4830e-03	1,8431e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	4,8275e-01	4,8275e-01
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	13	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	4,1858e-06	2,3514e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	33	25
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,9245e-05	4,4232e-05
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,7686e-05	8,0084e-05
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	24113,73	24113,73
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	22023,00	22023,00
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	17	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	6,3445e-07	2,5497e-10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	-14
Obrázek		

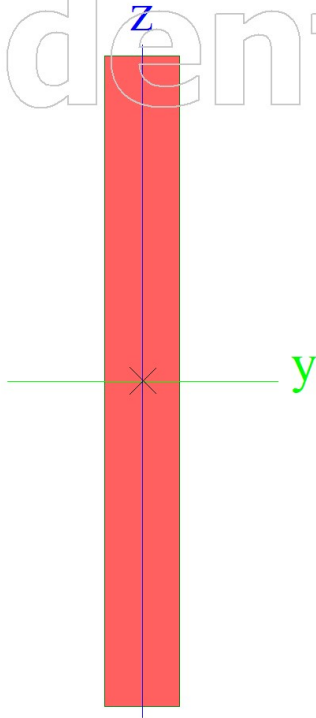


Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,6214e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,1570e-03	1,2513e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,4534e-01	5,4534e-01
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	0	-14
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,1490e-06	2,7142e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	21	32
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,3418e-05	3,6928e-05
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,2602e-05	6,4054e-05
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	11715,51	11715,51
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	17614,89	17614,89
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-4
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	9,1620e-08	1,6169e-10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-8	0
Obrázek		

<b>P60x7</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	4,2000e-04	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,5149e-04	3,5002e-04
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3400e-01	1,3400e-01
c <sub>y.ucs</sub> [mm], c <sub>z.ucs</sub> [mm]	0	0
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,2600e-07	1,7150e-09
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	17	2
W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,2000e-06	4,9000e-07
W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6,3000e-06	7,3500e-07
M <sub>pl.y.+</sub> [Nm], M <sub>pl.y.-</sub> [Nm]	1732,50	1732,50
M <sub>pl.z.+</sub> [Nm], M <sub>pl.z.-</sub> [Nm]	202,13	202,13
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	6,3578e-09	4,8474e-13
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0

Studentská verze

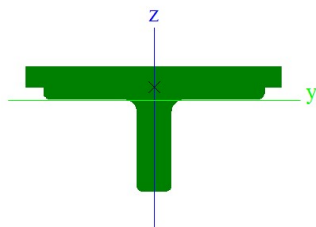
Obrázek



## Příčnick-konce

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	8,2910e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,3927e-03	2,5340e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	6,3789e-01	6,3789e-01
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	0	25
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	6,6390e-06	2,1786e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	28	51
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,4327e-05	1,9805e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,6455e-04	3,2580e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	45251,54	45251,54
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	89594,29	89594,29
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	11
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	2,3518e-06	1,6082e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-6	0

Obrázek



## 2xL70zav

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	2,6214e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,3817e-03	9,3089e-04
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	4,0534e-01	4,0534e-01
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	0	-14
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,1490e-06	2,2979e-06

$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	21	30
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,3418e-05	3,2827e-05
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	4,2602e-05	5,4879e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	11715,51	11715,51
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	15091,77	15091,77
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	-13
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	2,1571e-07	6,6704e-11
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	15	0
Obrázek		

<b>4xL70zav</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	5,2428e-03	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	2,7656e-03	2,7656e-03
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	5,3068e-01	5,3068e-01
$c_{y,ucs}$ [mm], $c_{z,ucs}$ [mm]	0	0
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	4,5958e-06	4,5958e-06
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	30	30
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	6,5655e-05	6,5655e-05
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	1,0976e-04	1,0976e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	30183,55	30183,55
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	30183,55	30183,55
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	8,5207e-07	2,6197e-10
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

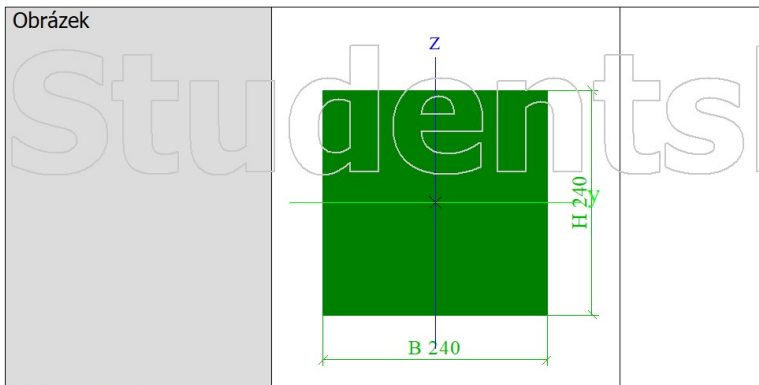
<b>1xL70zav</b>		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,3107e-03	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	6,2579e-04	5,7863e-04
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	2,7267e-01	2,7267e-01
$c_{y,ucs}$ [mm], $c_{z,ucs}$ [mm]	14	-14
$I_{y,lcs}$ [m <sup>4</sup> ], $I_{z,lcs}$ [m <sup>4</sup> ]	5,7451e-07	5,7451e-07
$I_{yz,lcs}$ [m <sup>4</sup> ]	3,3381e-07	
$\alpha$ [deg]	45,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	2,4071e-07	9,0832e-07
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	14	26
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	8,1303e-06	1,8351e-05
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	1,5281e-05	2,9668e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	4202,30	4202,30
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	8158,70	8158,70
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	-21
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	4,5805e-08	1,3936e-11

$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	85	0
Obrázek		

S49		
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	5,8714e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,2563e-03	2,1212e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,9974e-01	5,9974e-01
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	63	78
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,7033e-05	2,9309e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	54	22
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,1784e-04	4,6894e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,8309e-04	9,9529e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	66525,91	66525,91
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	23389,30	23389,30
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	-26
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,5862e-06	8,9636e-09
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	32	0
Obrázek		

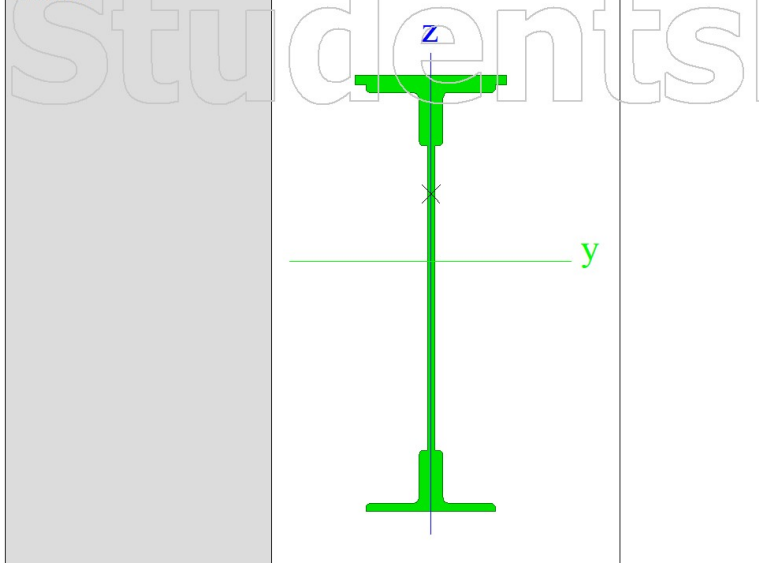
MOSTNICE		
Typ	Obdélník	
Detailní	240; 240	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	D60 (EN 338)	
Výroba	obecný	
Barva	■	
A [m <sup>2</sup> ]	5,7600e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,8017e-02	4,8017e-02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	9,6000e-01	9,6000e-01
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	120	120
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,7648e-04	2,7648e-04
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	69	69
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,3040e-03	2,3040e-03
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,6063e-03	3,6063e-03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	119006,61	119006,61
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	119006,61	119006,61
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	4,6658e-04	2,5718e-08
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0

Studentská verze



**Podélník OPR**

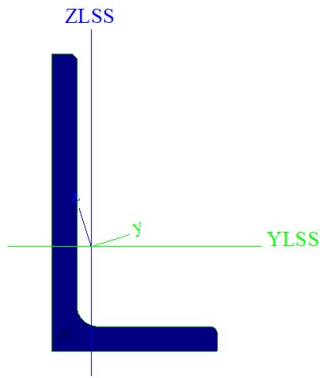
Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	1,4044e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,6719e-03	6,0446e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,8295e+00	1,8295e+00
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	0	329
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	7,1071e-04	1,6405e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	225	34
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,1610e-03	1,6405e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,8775e-03	3,0537e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	791308,42	791308,42
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	83977,21	83977,21
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	88
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	2,1551e-06	9,3141e-07
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	-244	0
Obrázek		



**Pojistný UH**

Typ	Obecný průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	3,9995e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2499e-03	2,2616e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,5138e-01	5,5138e-01
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	23	63
I <sub>y,ucs</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z,ucs</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,3219e-05	2,9643e-06
I <sub>yz,ucs</sub> [m <sup>4</sup> ]	-3,5474e-06	
α [deg]	17,34	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,4326e-05	1,8567e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	60	22
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,2084e-04	3,2162e-05

$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,0988e-04	6,9608e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	57718,30	57718,30
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	19142,07	19142,07
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	-31	-45
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	3,0736e-07	5,2652e-10
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	109	163
Obrázek		

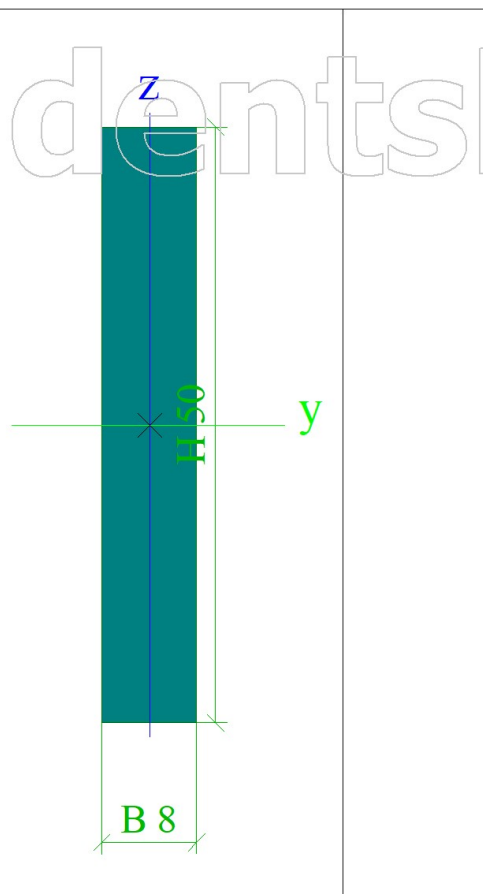


#### Zábradlí

Typ	Obdélník	
Detailní	50; 8	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 275 NH/NLH	
Výroba	obecný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	d	d
A [m <sup>2</sup> ]	4,0000e-04	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	3,3442e-04	3,3336e-04
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	1,1600e-01	1,1600e-01
$c_{y,ucs}$ [mm], $c_{z,ucs}$ [mm]	4	25
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	8,3333e-08	2,1333e-09
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	14	2
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	3,3333e-06	5,3333e-07
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{p,z}$ [m <sup>3</sup> ]	5,0000e-06	8,0000e-07
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1375,00	1375,00
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	220,00	220,00
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	7,6757e-09	3,9830e-13
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0

Studentská verze

Obrázek



## Vysvětlivky symbolů

A	Plocha
$A_y$	Smyková plocha ve směru hlavní osy y - Vypočteno 2D MKP analýzou
$A_z$	Smyková plocha ve směru hlavní osy z - Vypočteno 2D MKP analýzou
$A_l$	Obvodový povrch na jednotku délky
$A_D$	Vysýchající povrch na jednotku délky
$C_{Y,UCS}$	Souřadnice těžiště ve směru osy Y zadávacího systému
$C_{Z,UCS}$	Souřadnice těžiště ve směru osy Z zadávacího systému
$I_{Y,LCS}$	Moment setrvačnosti kolem osy YLSS
$I_{Z,LCS}$	Moment setrvačnosti kolem osy ZLSS
$I_{YZ,LCS}$	Moment setrvačnosti $I_{yz}$ v LSS
$\alpha$	Uhel pootočení hlavní osy
$I_y$	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy y
$I_z$	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy z
$i_y$	Poloměr setrvačnosti kolem hlavní osy y
$i_z$	Poloměr setrvačnosti kolem hlavní osy z

## Vysvětlivky symbolů

$W_{el,y}$	Pružný modul průřezu k hlavní ose y
$W_{el,z}$	Pružný modul průřezu k hlavní ose z
$W_{pl,y}$	Plastický modul průřezu k hlavní ose y
$W_{pl,z}$	Plastický modul průřezu k hlavní ose z
$M_{pl,y,+}$	Plastický moment kolem hlavní osy y pro kladný moment $M_y$
$M_{pl,y,-}$	Plastický moment kolem hlavní osy y pro záporný moment $M_y$
$M_{pl,z,+}$	Plastický moment kolem hlavní osy z pro kladný moment $M_z$
$M_{pl,z,-}$	Plastický moment kolem hlavní osy z pro záporný moment $M_z$
$d_y$	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy y měřená od těžiště - Vypočteno 2D MKP analýzou
$d_z$	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy z měřená od těžiště - Vypočteno 2D MKP analýzou
$I_t$	Moment setrvačnosti v prostém kroucení - Vypočteno 2D MKP analýzou
$I_w$	Výsečový moment setrvačnosti - Vypočteno 2D MKP analýzou
$\beta_y$	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy y
$\beta_z$	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy z

## 2. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Pochozí plech	1,000
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Pochozí plech	1,000
gr11 6.10a		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,300
			ZS2 - Pochozí plech	1,300
			ZS3 - Větr P	0,877
			ZS4 - Větr doprava P	0,877
			ZS5 - Větr L	0,877
			ZS6 - Větr doprava L	0,877

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	0,520
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	0,520
			ZS12 - Boční ráz 1/4 L	0,520
			ZS13 - Boční ráz 1/2L	0,520
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS16 - Rozjezd proti směru	1,040
			ZS27 - LM 71+Oa11gr0/4	1,000
			ZS28 - LM 71+Oa11gr1/4	1,000
			ZS29 - LM 71+Oa11gr2/4	1,000
			ZS30 - LM 71+Oa11gr3/4	1,000
			ZS31 - LM 71+Oa11gr4/4	1,000
gr11 6.10b		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS3 - Vítr P	0,877
			ZS4 - Vítr doprava P	0,877
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS6 - Vítr doprava L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	0,520
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	0,520
			ZS12 - Boční ráz 1/4 L	0,520
			ZS13 - Boční ráz 1/2L	0,520
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS16 - Rozjezd proti směru	1,040
			ZS32 - LM 71+Ob11gr0/4	1,000
			ZS33 - LM 71+Ob11gr1/4	1,000
			ZS34 - LM 71+Ob11gr2/4	1,000
			ZS35 - LM 71+Ob11gr3/4	1,000
			ZS36 - LM 71+Ob11gr4/4	1,000
gr12 6.10a		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,300
			ZS2 - Pochozí plech	1,300
			ZS3 - Vítr P	0,877
			ZS4 - Vítr doprava P	0,877
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS6 - Vítr doprava L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	1,040
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	1,040
			ZS12 - Boční ráz 1/4 L	1,040
			ZS13 - Boční ráz 1/2L	1,040
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	1,040
			ZS15 - Rozjezd po směru	0,520
			ZS16 - Rozjezd proti směru	0,520
			ZS37 - LM 71+Oa12gr0/4	1,000
			ZS38 - LM 71+Oa12gr1/4	1,000
			ZS39 - LM 71+Oa12gr2/4	1,000
			ZS40 - LM 71+Oa12gr3/4	1,000
			ZS41 - LM 71+Oa12gr4/4	1,000
gr12 6.10b		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS3 - Vítr P	0,877
			ZS4 - Vítr doprava P	0,877
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS6 - Vítr doprava L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	1,040
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	1,040
			ZS12 - Boční ráz 1/4 L	1,040
			ZS13 - Boční ráz 1/2L	1,040
			ZS15 - Rozjezd po směru	0,520
			ZS16 - Rozjezd proti směru	0,520
			ZS42 - LM 71+Ob12gr0/4	1,000
			ZS43 - LM 71+Ob12gr1/4	1,000
			ZS44 - LM 71+Ob12gr2/4	1,000
			ZS45 - LM 71+Ob12gr3/4	1,000

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
U1 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS46 - LM 71+Ob12gr4/4	1,000
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	1,040
			ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	0,520
U1 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
U1 RS TLAK	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
U1 LM71 TLAK		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
U2 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	0,520
			ZS16 - Rozjezd proti směru	1,040
			ZS23 - Odstředivé 1/4	0,520
U2 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS18 - LM 71 1/4 gr11-gr12	1,300
U2 RS TLAK	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
U2 LM71 TLAK		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
U3 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	0,520
U3 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
U4 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	0,520
U4 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
U5 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	0,520
U5 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
O1 RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS4 - Vítr doprava P	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS22 - Odstředivé 0/4	0,520
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	0,520
O1 LM71		Obálka - únosnost	ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
O2 RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	1,040
			ZS16 - Rozjezd proti směru	0,520
			ZS23 - Odstředivé 1/4	1,040
O2 LM71		Obálka - únosnost	ZS18 - LM 71 1/4 gr11-gr12	1,300
O3 RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS16 - Rozjezd proti směru	0,520
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
O3 LM71		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
O4 RS		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS16 - Rozjezd proti směru	0,520
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
O4 LM71		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
O5 RS		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS15 - Rozjezd po směru	0,520
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
O5 LM71		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
V1;1 RS		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS4 - Vítr doprava P	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	0,520
			ZS14 - Boční ráz 3/4 L	0,520
V1;1 LM71		Obálka - únosnost	ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
V2;7 RS TAH		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS6 - Vítr doprava L	0,880
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS13 - Boční ráz 1/2L	1,040
			ZS23 - Odstředivé 1/4	1,040
V2;7 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS18 - LM 71 1/4 gr11-gr12	1,300
V2;7 RS TLAK		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS15 - Rozjezd po směru	0,520
			ZS22 - Odstředivé 0/4	1,040
V2;7 LM71 TLAK	Obálka - únosnost		ZS17 - LM 71 0/4 gr11-gr12	1,300
D1 RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	1,040
			ZS23 - Odstředivé 1/4	1,040
D1 LM71		Obálka - únosnost	ZS18 - LM 71 1/4 gr11-gr12	1,300
D2 RS		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	1,040
D2 LM71		Obálka - únosnost	ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
DE3 RS TAH		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS15 - Rozjezd po směru	0,520
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
DE3 LM71 TAH		Obálka - únosnost	ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
DE3 RS TLAK		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
E1 RS TAH		Obálka - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,240
			ZS2 - Pochozí plech	1,240
			ZS5 - Vítr L	0,880
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS23 - Odstředivé 1/4	0,520
DE3 LM71 TLAK	Obálka - únosnost		ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,300
E1 LM71 TAH	Obálka - únosnost		ZS18 - LM 71 1/4 gr11-gr12	1,300
E2 RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	0,520
E2 LM71 TAH	Obálka - únosnost		ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
ZÁB RS TAH	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS3 - Vítr P	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	1,040
ZÁB LM 71 TAH	Obálka - únosnost		ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
ZÁB RS TLAK	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS7 - Teplota léto	0,810
			ZS10 - Boční ráz 1/2 P	1,040
			ZS25 - Odstředivé 3/4	0,520
ZÁB LM 71 TLAK	Obálka - únosnost		ZS20 - LM 71 3/4 gr11-gr12	1,300
PŘ TAH RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,300
			ZS2 - Pochozí plech	1,300
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS11 - Boční ráz 3/4 P	1,040
			ZS24 - Odstředivé 1/2	1,040
PŘ TAH LM71	Obálka - únosnost		ZS19 - LM 71 1/2 gr11-gr12	1,040
PŘ TLAK RS	Obálka - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,235
			ZS2 - Pochozí plech	1,235
			ZS5 - Vítr L	0,877
			ZS8 - Teplota zima	0,810
			ZS9 - Boční ráz 1/4 P	0,520
			ZS15 - Rozjezd po směru	1,040
			ZS22 - Odstředivé 0/4	0,520
PŘ TLAK LM71	Obálka - únosnost		ZS17 - LM 71 0/4 gr11-gr12	1,040

Studentská verze

Studentská verze

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Statický přepoččet nosné konstrukce ocelového příhradového mostu přes silnici III. třídy v km 30,018, TÚ 1471, trati  
Trutnov střed (mimo) \_ Teplice nad Metují (mimo)

## **FOTODOKUMENTACE**



Obrázek 2: Boční pohled [archiv autora]



Obrázek 1: Pohled na mostní svršek [archiv autora]



*Obrázek 3: Spodní pohled na mostní objekt [archiv autora]*



Obrázek 5: Detail ukončení [archiv autora]



Obrázek 4: Detail pohyblivého ložiska na O2



Obrázek 6: Detail krajní svislice [archiv autora]



*Obrázek 7: Detail napojení příčnicku [archiv autora]*



*Obrázek 9: Detail výztuhy mezi podélníky [archiv autora]*



*Obrázek 8: Boční pohled na mostní konstrukci [archiv autora]*