

SO 04-21-02

D.2.1.4.12


ČISTOPIS 11/2020


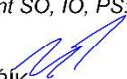

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Objednatel: 	Správa železnic, státní organizace Dlážďeně 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa západ Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9
---	---

Zhotovitel: Účastníci Společnosti "SP+SEU+SIGPROJ_Kostelec-Slavonice_DÚR"		
		

Správce: 	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 e-mail: praha@sudop.cz	Vedoucí týmu: ING. STANISLAV JAROŠ	Asistent vedoucího týmu: ING. LUKÁŠ PÁNÍK Specialista profese: ING. ONDŘEJ O'NEILL
--	---	--	---

Středisko: PROJEKTOVÉ STŘEDISKO PLZEŇ			
Vedoucí střediska:  ING. OTA HELLER	Odpovědný projektant SO, IO, PS:  ING. LUKÁŠ MLNÁŘÍK	Vypracoval:  ING. LUKÁŠ MLNÁŘÍK	Kontroloval: DOC. ING. Pavel RYJÁČEK, PH.D.

Název akce: REVITALIZACE TRATI KOSTELEČ - TELČ - SLAVONICE	Číslo smlouvy: 19-305.230 Projektový stupeň: DÚR
Část: D.2.1.4 MOSTY, PROPUSTKY A ZDI SO 04-21-02 MOST V EV. KM 53,696 - PŘEPOČET	Datum: 11/2020 Číslo části: D.2.1.4.12

REVITALIZACE TRATI KOSTELEC – TELČ – SLAVONICE

SO 04-21-02 MOST V EV. KM 53,696

DOKUMENTACE PRO ÚZEMNÍ ROZHODNUTÍ

Statický přepočet

Obsah:

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU	5
2	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ	6
3	TECHNICKÝ POPIS	7
3.1	Nosná konstrukce mostu	7
3.2	Spodní stavba mostu	7
3.3	Založení mostního objektu	7
3.4	Materiály	7
4	GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY	9
5	STATICKE VÝPOČTY	9
5.1	Výpočetní model	9
5.1.1	Průřezy prvků	11
5.1.1.1	Hlavní nosník	11
5.1.1.2	Příčník	14
5.1.1.3	Příčník s výztuhou	15
5.1.1.4	Podélník mezilehlý a koncový dlouhý	15
5.1.1.5	Podélník koncový krátký	16
5.1.1.6	Mostnice	16
5.1.1.7	Kolejnice	17
5.1.1.8	Vodorovné ztužení	17
5.1.1.9	Fiktivní přípoje	18
5.1.1.10	Krátký ztužující příčník	18
5.2	Zatížení	19
5.2.1	Nosná konstrukce	19
5.2.2	Spodní stavba	19
5.3	Kombinace	19
5.4	Výpočetní pomůcky	19
5.5	Výsledky výpočtů	19
5.5.1	Nosná konstrukce	19
5.5.2	Spodní stavba	20
6	PROSTOROVÁ PRŮCHODNOST	20
7	DOTČENÉ NORMY A PŘEDPISY, POUŽITÁ LITERATURA	22
8	PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI ČÁSTÍ MOSTU	23
9	PŘÍLOHY	24

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU

Stavba:	Revitalizace trati Kostelec – Telč – Slavonice
Objekt:	SO 04-21-02 Most v ev. km 53,696
Katastrální území:	Dačice [624403]
Obec:	Dačice [546127]
Okres:	Jindřichův Hradec
Kraj:	Vysočina
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha
Kontaktní adresa/adresa objednatele pro doručování písemností:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha
Nadřízený orgán objednatele:	Ministerstvo dopravy, Nábřeží L. Svobody 12, 110 00 Praha 1
Správce mostu:	Správa železnic, státní organizace Oblastní ředitelství Brno Kounicova 26, 611 43 Brno Správa mostů a tunelů
Zhotovitel projektu stavby:	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
Vedoucí týmu:	Ing. Stanislav Jaroš
Asistent vedoucího týmu:	Ing. Lukáš Páník – SUDOP PRAHA a.s.
Projektant SO 08-21-01:	Ing. Lukáš Mlnářík – SUDOP PRAHA a.s. Projektové středisko Plzeň
Evidenční označení mostu:	km 53,696
Staničení mostu (stávající stav):	km 53,696
Staničení mostu: (nový stav)	km 53,696
Traťový úsek:	1862 Slavonice (včetně) – Telč (včetně)
Definiční úsek:	10 JEDNOTA – Dačice
Umístění na trati:	širá trať
Překonávané překážky:	
překážka:	Trvalý vodní tok (potok Vápovka, IDVT: 10100184)
staničení trati:	km 53,696
úhel křížení:	60,0 °

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ

Návrhové zatížení:	Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí dle podrobné prohlídky (2017) C2-50 . Pro přepočít je tak uplatněn model zatížení LM71
Mostní průjezdní průřez	VMP 2,5 (dle ČSN 73 6201)
Nosná konstrukce:	Ocelová nýtovaná s plnostěnnými hlavními nosníky a prvkovou mostovkou
Stavební výška:	0,84 m
Podpěry:	Z kamenného zdiva
Založení mostu:	Plošné
Statické působení:	Prostý nosník
Počet mostních otvorů	1
Délka přemostění:	17,32 m
Délka mostu:	23,80 m
Délka nosné konstrukce:	18,67 m
Rozpětí nosné konstrukce:	18,26 m
Volná výška pod mostem:	2,25 m
Kolmá světlost:	15,00 m
Šikmá světlost	17,32 m
Šikmost mostu:	60,0 ° (pravá)
Šířka mostu:	5,06 m
Výška mostu:	2,95 m
Plocha nosných konstr.:	-
Počet kolejí na mostě:	1
Železniční svršek na mostě:	S49 na dřevěných mostnicích
Směrové uspořádání:	V levém oblouku
Poloměr oblouku:	250 m
Převýšení:	87 mm
Sklonové poměry:	-
Traťová rychlost ve stávajícím stavu:	50 km/h
Trakce:	Není
Traťová třída ve stávajícím stavu:	C2/50

3 TECHNICKÝ POPIS

3.1 NOSNÁ KONSTRUKCE MOSTU

Nosná konstrukce mostu je otevřená ocelová s dolní mostovkou. Konstrukce je kompletně nýtovaná. Hlavní nosníky ocelové konstrukce jsou plnostěnné s proměnným průřezem tvaru I (celkem 6 různých typů průřezu). Mostovka nosné konstrukce je prvková. Příčnický mají konstantní průřez tvaru I vyjma styků s hlavním nosníkem, kde je průřez zvětšen o příčnou výztuhu hlavního nosníku. Koncové příčnický nejsou nijak zvlášť vyztuženy oproti příčnickům v běžném poli. Podélníky mají konstantní průřez tvaru I. Koncová pole jsou šikmá, podélníky zde tedy mají různou délku a také jsou příčně vyoseny oproti podélníkům v běžném poli. Tímto vyosením napodobují směrový oblouk vedení koleje na mostě.

3.2 SPODNÍ STAVBA MOSTU

Opěry mostu jsou masivní vyžděné z řádkového kamenného zdiva pojeného maltou. Zdivo nevykazuje žádné zjevné poruchy. Spárování vyspraveno.

3.3 ZALOŽENÍ MOSTNÍHO OBJEKTU

Opěry mostu jsou založeny na základových blocích z kamenného zdiva

3.4 MATERIÁLY

Ocelová nosná konstrukce je nýtovaná z ocelových plechů a profilů.

Předpokládaná mez kluzu oceli dle průzkumů a zkoušek: 206,4 MPa

Předpokládaná mez pevnosti oceli dle průzkumů a zkoušek: 329,25 MPa

Opěry mostu jsou vyžděny z řádkového zdiva z kamenných kvádrů spárovaného maltou. Zdivo dle stavebně technického průzkumu nevykazuje žádné viditelné závady. Spárování zdiva je místy vyspravováno.

Předpokládaná pevnost kamene v tlaku dle stavebně technického průzkumu: 110,8 MPa

Předpokládaná pevnost malty v tlaku dle stavebně technického průzkumu: 2,0 MPa

Pro podrobnou specifikaci viz přílohu *Korozní a diagnostický průzkum* a přílohu *Stavebnětechnický průzkum*.



Obrázek 1 Pohled na most z východní strany (po proudu potoka).

4 GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY

Viz přílohu *Geotechnický průzkum*.

5 STATICKÉ VÝPOČTY

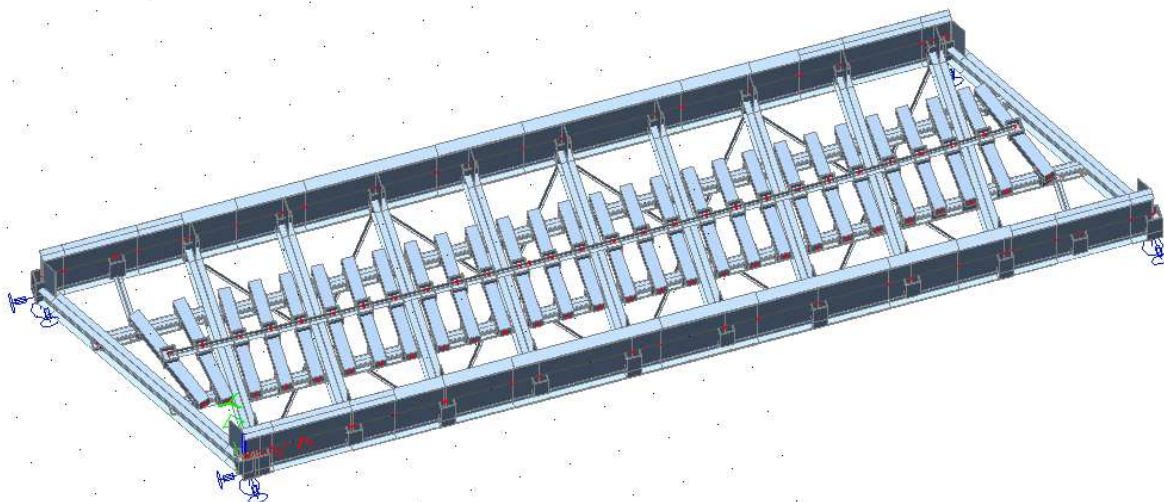
5.1 VÝPOČETNÍ MODEL

Statický výpočet byl proveden podle metodiky EC především ČSN EN 1993-1-1, 1993-1-5, 1993-1-8 a připravovaného předpisu SŽ S5/1 s účinky modelu zatížení LM 71 dle ČSN EN 1991-2 (Národní příloha NA 2.53).

Konstrukce byla demonstrována jako prostorový prutový model dle skutečné konstrukce.

Posouzení bylo prováděno z hlediska mezních stavů.

Posuzovány byly jak globální účinky zatížení na konstrukci (překlopení NK, průhyb NK), tak i lokální účinky na jednotlivé prvky konstrukce.



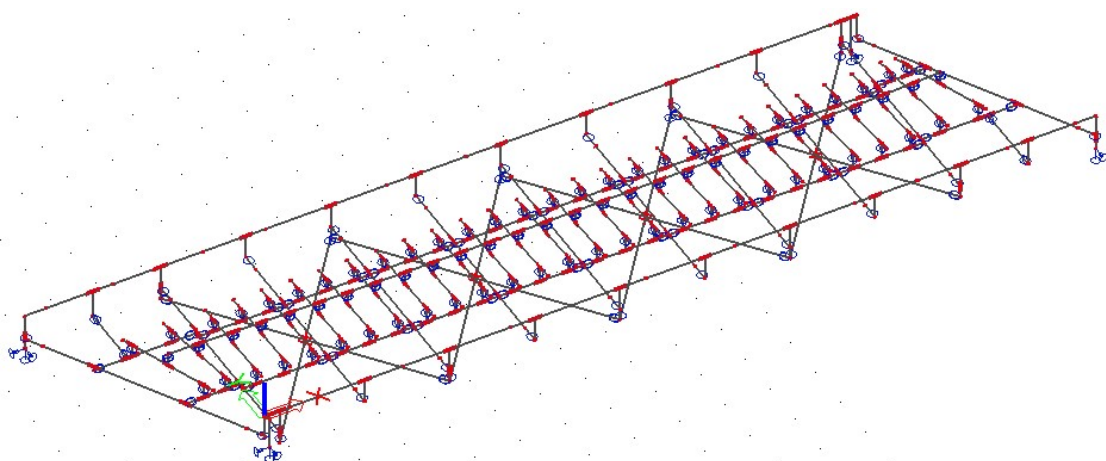
Obrázek 2 Rastrový 3D model konstrukce

Z Obrázku 2 je vidět, že excentricity jednotlivých prvků vůči sobě byly modelovány pomocí fiktivních prutů s velkou tuhostí a z materiálu s nulovou hmotností.

Dále je na Obrázku 2 vidět zjednodušení kolejové dráhy kvůli možnosti vymodelování trasy pohyblivého zatížení. Byl vymodelován pouze jeden kolejnicový pás v ose koleje z materiálu s dvojnásobnou hmotností a tuhostí. Toto zjednodušení významně ovlivní pouze průběhy vnitřních sil v mostnicích, jejichž posuzování není předmětem tohoto přepočtu.

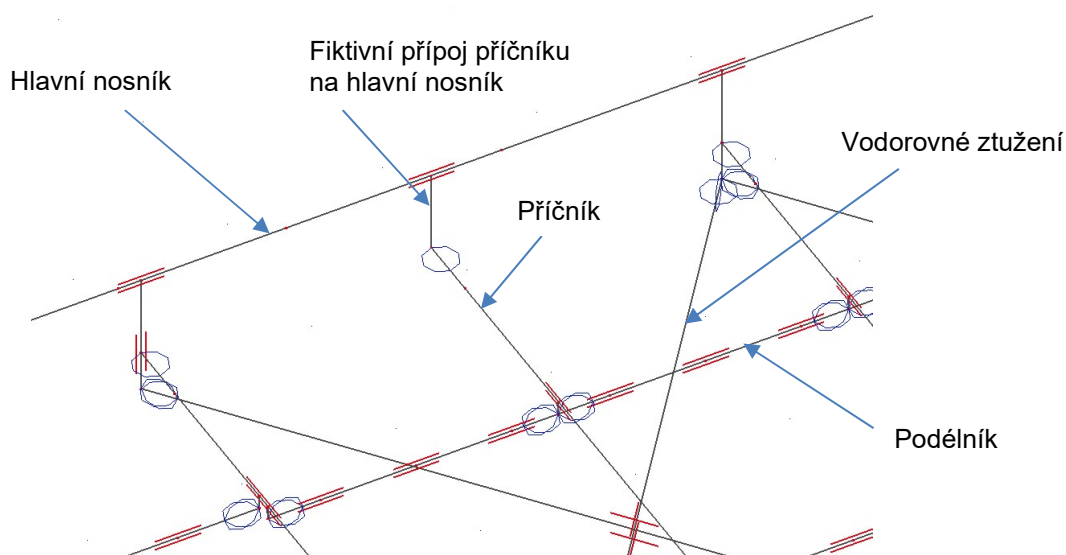
Kolejová dráha byla modelována včetně zakřivení směrového oblouku a včetně převýšení.

V místech napojení příčnicku na hlavní nosník jsou vidět výztuhy. Ty byly modelovány jako součást průřezu příčnicku. Výztuhy byly zjednodušeny tak, že mají konstantní šířku místo trojúhelníkového tvaru. Tato šířka je rovna střední šířce skutečných výztuh.



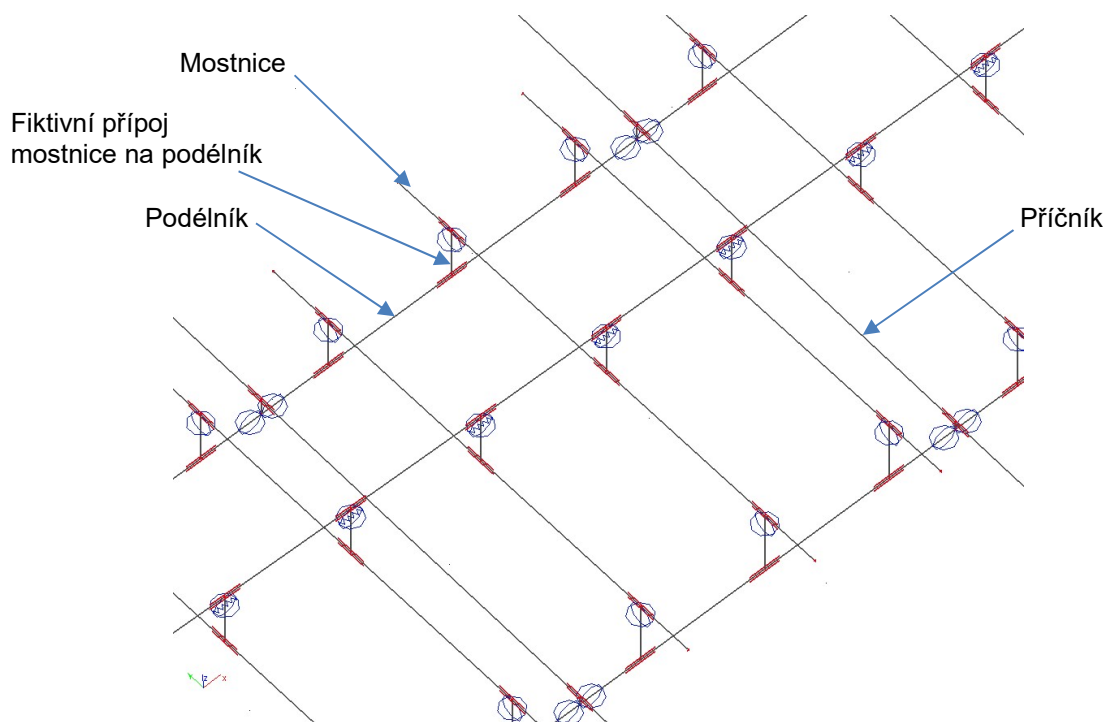
Obrázek 3 Prutový 3D model konstrukce

Na Obrázku 3 jsou viditelné uvolněné vazby v přípojkách mezi prvky.



Obrázek 4 Detail přípojí některých prvků

Příčníky jsou k hlavním nosníkům připojeny s uvolněnou vazbou rotace kolem svislé osy. Vodorovné ztužení je k hlavním nosníkům připojeno s uvolněnými vazbami rotace kolem svislé osy a kolem vodorovné lokální osy X příčníku. Podélníky jsou připojeny k příčníkům taktéž s uvolněnými vazbami kolem svislé osy a kolem vodorovné lokální osy X podélníku.



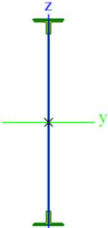
Obrázek 5 Detail přípoju dalších prvků

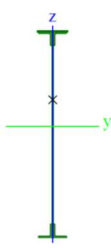
Mostnice jsou k příčnicům připojeny přes fiktivní pruty s uvolněnými vazbami rotace kolem svislé osy a kolem osy kolmé na mostnici.

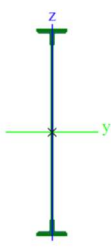
Kolejnice je k mostnicím připojena přes fiktivní prut s uvolněnou vazbou rotace kolem svislé osy a kolem osy kolmé na kolejnici. Současně se jedná o pružnou vazbu ve směru podélného posunu.


5.1.1 Průřezy prvků

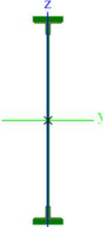
5.1.1.1 Hlavní nosník


Název	HLN1	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	S 235_zvýšena	
<div></div>		
A [m²]	3,3417e-02	
A _{y, z} [m²]	1,2716e-02	1,8604e-02
I _{y, z} [m⁴]	1,4295e-02	5,1189e-05
I _w [m⁶], t [m⁴]	3,5002e-05	5,2547e-06
W _{el y, z} [m³]	1,6917e-02	4,0951e-04
W _{pl y, z} [m³]	1,9942e-02	7,3500e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	0	835
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	4,3166e+00	4,3166e+00
M _{ply} +, - [Nm]	4,69e+06	4,69e+06
M _{plz} +, - [Nm]	1,73e+05	1,73e+05

Název	HLN2		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
<div></div>			
A [m ²]	3,0917e-02		
A _{y, z} [m ²]	9,9359e-03	1,8254e-02	
I _{y, z} [m ⁴]	1,2388e-02	3,8168e-05	
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,2822e-05	4,3778e-06	
W _{el} y, z [m ³]	1,3720e-02	3,0535e-04	
W _{pl} y, z [m ³]	1,7700e-02	5,7875e-04	
d y, z [mm]	0	217	
c YUCS, ZUCS [mm]	0	903	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m ² /m]	4,2586e+00	4,2586e+00	
M _{ply} +, - [Nm]	4,16e+06	4,16e+06	
M _{plz} +, - [Nm]	1,36e+05	1,36e+05	

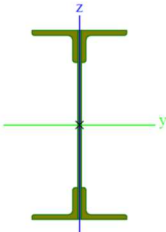
Název	HLN3	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	S 235_zvysena	
<div></div>		
A [m²]	3,8417e-02	
A _{y, z} [m²]	1,8096e-02	1,9100e-02
I _{y, z} [m⁴]	1,7907e-02	7,7231e-05
I _w [m⁶], t [m⁴]	5,3599e-05	9,0400e-06
W _{el, y, z} [m³]	2,0944e-02	6,1785e-04
W _{pl, y, z} [m³]	2,4192e-02	1,0475e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	0	835
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	4,3566e+00	4,3566e+00
M _{ply} +, - [Nm]	5,69e+06	5,69e+06
M _{plz} +, - [Nm]	2,46e+05	2,46e+05

Název	HLN4	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	S 235_zvysena	
<div></div>		
A [m²]	4,3417e-02	
A _{y, z} [m²]	2,1751e-02	1,9515e-02
I _{y, z} [m⁴]	2,1605e-02	1,0327e-04
I _w [m⁶], t [m⁴]	7,2348e-05	1,4964e-05
W _{el} y, z [m³]	2,4977e-02	8,2618e-04
W _{pl} y, z [m³]	2,8492e-02	1,3600e-03
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	0	835
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	4,3966e+00	4,3966e+00
M _{ply} +, - [Nm]	6,70e+06	6,70e+06
M _{plz} +, - [Nm]	3,20e+05	3,20e+05

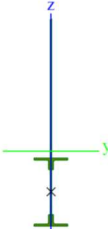
Název	HLN5		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
<div></div>			
A [m²]	4,8417e-02		
A _{y, z} [m²]	2,6500e-02	1,9875e-02	
I _{y, z} [m⁴]	2,5390e-02	1,2931e-04	
I _w [m⁶], t [m⁴]	9,1789e-05	2,4815e-05	
W _{el} y, z [m³]	2,9017e-02	1,0345e-03	
W _{pl} y, z [m³]	3,2842e-02	1,6725e-03	
d y, z [mm]	0	0	
c YUCS, ZUCS [mm]	0	835	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m²/m]	4,4366e+00	4,4366e+00	
M _{ply} +, - [Nm]	7,72e+06	7,72e+06	
M _{plz} +, - [Nm]	3,93e+05	3,93e+05	

Název	HLN6		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
<div></div>			
A [m²]	5,3417e-02		
A _{y, z} [m²]	3,1193e-02		2,0207e-02
I _{y, z} [m⁴]	2,9262e-02		1,5536e-04
I _w [m⁶], t [m⁴]	1,1169e-04		3,8611e-05
W _{el} y, z [m³]	3,3064e-02		1,2428e-03
W _{pl} y, z [m³]	3,7242e-02		1,9850e-03
d y, z [mm]	0		0
c YUCS, ZUCS [mm]	0		835
α [deg]	0,00		
A L, D [m²/m]	4,4766e+00		4,4766e+00
M _{ply} +, - [Nm]	8,75e+06		8,75e+06
M _{plz} +, - [Nm]	4,66e+05		4,66e+05

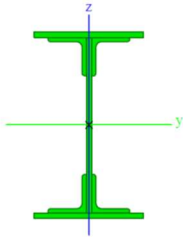
5.1.1.2 Přičník

Název	PRICNIK_BEZNY	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	S 235_zvysena	
<div></div>		
A [m²]	1,6972e-02	
A _{y, z} [m²]	9,1533e-03	6,0765e-03
I _{y, z} [m⁴]	8,2803e-04	4,5961e-05
I _w [m⁶], t [m⁴]	2,9876e-06	3,1371e-06
W _{el} y, z [m³]	3,0954e-03	3,4045e-04
W _{pl} y, z [m³]	3,5535e-03	5,7138e-04
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	0	268
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,0817e+00	2,0817e+00
M _{ply} +, - [Nm]	8,35e+05	8,35e+05
M _{plz} +, - [Nm]	1,34e+05	1,34e+05

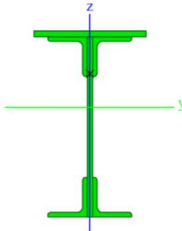
5.1.1.3 Příčník s výztuhou

Název	PRICNIK_S_VÝZTUHOV		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
<div></div>			
A [m²]	2,7972e-02		
A _{y, z} [m²]	8,7669e-03	1,5689e-02	
I _{y, z} [m⁴]	6,3976e-03	4,6053e-05	
I _w [m⁶], t [m⁴]	3,0438e-06	3,5447e-06	
W _{el} y, z [m³]	6,1162e-03	3,4113e-04	
W _{pl} y, z [m³]	1,0557e-02	5,9888e-04	
d y, z [mm]	0	-318	
c YUCS, ZUCS [mm]	0	589	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m²/m]	4,2817e+00	4,2817e+00	
M _{ply} +, - [Nm]	2,48e+06	2,48e+06	
M _{plz} +, - [Nm]	1,41e+05	1,41e+05	

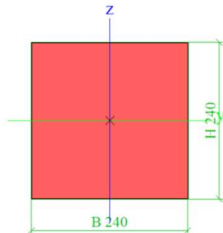
5.1.1.4 Podélník mezilehlý a koncový dlouhý

Název	PODELNIK_BEZNY		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
<div></div>			
A [m²]	1,1468e-02		
A _{y, z} [m²]	7,5708e-03	4,1628e-03	
I _{y, z} [m⁴]	2,2171e-04	1,7928e-05	
I _w [m⁶], t [m⁴]	4,4047e-07	1,4392e-06	
W _{el} y, z [m³]	1,3042e-03	1,7928e-04	
W _{pl} y, z [m³]	1,5133e-03	3,1492e-04	
d y, z [mm]	0	0	
c YUCS, ZUCS [mm]	0	160	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m²/m]	1,4255e+00	1,4255e+00	
M _{ply} +, - [Nm]	3,56e+05	3,56e+05	
M _{plz} +, - [Nm]	7,40e+04	7,40e+04	

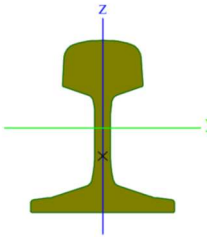
5.1.1.5 Podélník koncový krátký

Název	PODELNIK_KRATKY		
Typ	Obecný průřez		
Materiál	S 235_zvysena		
			
A [m²]	9,4677e-03		
A _{y, z} [m²]	5,4896e-03	3,8920e-03	
I _{y, z} [m⁴]	1,5575e-04	1,1262e-05	
I _w [m⁶], t [m⁴]	1,7222e-07	1,1280e-06	
W _{el} _{y, z} [m³]	7,9929e-04	1,1262e-04	
W _{pl} _{y, z} [m³]	1,0838e-03	2,1492e-04	
d _{y, z} [mm]	0	60	
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	0	195	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m²/m]	1,3055e+00	1,3055e+00	
M _{ply} _{+, -} [Nm]	2,55e+05	2,55e+05	
M _{plz} _{+, -} [Nm]	5,05e+04	5,05e+04	

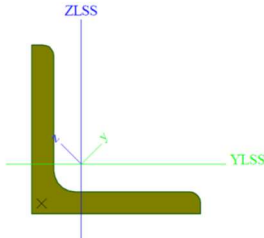
5.1.1.6 Mostnice

Název	MOSTNICE	
Typ	Obdélník	
Materiál	D30 (EN 338)	
<div></div>		
A [m ²]	5,7600e-02	
A _{y, z} [m ²]	4,8052e-02	4,8052e-02
I _{y, z} [m ⁴]	2,7648e-04	2,7648e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,4103e-08	4,6575e-04
W _{el} y, z [m ³]	2,3040e-03	2,3040e-03
W _{pl} y, z [m ³]	2,9623e-03	2,9623e-03
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	120	120
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	9,6000e-01	9,6000e-01
M _{ply} +, - [Nm]	7,11e+04	7,11e+04
M _{plz} +, - [Nm]	7,11e+04	7,11e+04

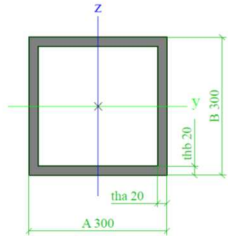
5.1.1.7 Kolejnice

Název	KOLEJNICE	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	OCEL KOLEJNICE 2x	
		
A [m ²]	6,2600e-03	
A _{y, z} [m ²]	6,2600e-03	2,4300e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,7990e-05	3,1710e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	8,3060e-09	1,7357e-06
W _{el y, z} [m ³]	2,3667e-04	5,0737e-05
W _{pl y, z} [m ³]	3,1226e-04	1,0763e-04
d _{y, z} [mm]	0	-24
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	0	-2
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,8627e-01	5,8627e-01
M _{ply} +, - [Nm]	1,65e+05	1,65e+05
M _{plz} +, - [Nm]	5,68e+04	5,68e+04

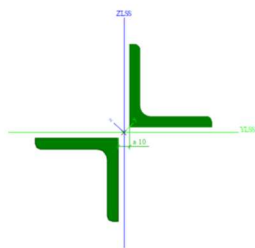
5.1.1.8 Vodorovné ztužení

Název	ZTUŽIDLO	
Typ	L70X9	
Source description	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiál	S 235_zvysena	
<div></div>		
A [m²]	1,1900e-03	
A _{y, z} [m²]	1,0147e-03	1,0056e-03
I _{y, z} [m⁴]	8,3100e-07	2,2000e-07
I _{YLCS, ZLCS} [m⁴]	5,2600e-07	5,2600e-07
I _w [m⁶], t [m⁴]	1,5707e-40	3,1833e-08
W _{el y, z} [m³]	1,6781e-05	7,5246e-06
W _{pl y, z} [m³]	2,6995e-05	1,3885e-05
d _{y, z} [mm]	-23	0
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	21	21
α [deg]	45,00	
I _{vZLCS} [m⁴]	-3,0612e-07	
A _{L, D} [m²/m]	2,7200e-01	2,7224e-01
M _{ply} +, - [Nm]	6,34e+03	6,34e+03
M _{plz} +, - [Nm]	3,26e+03	3,26e+03

5.1.1.9 Fiktivní přípoje

Název	FIKTIVNÍ	
Typ	O	
Materiál	FIKTIVNÍ	
<div></div>		
A [m ²]	2,2400e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,1541e-02	1,1541e-02
I _{y, z} [m ⁴]	2,9419e-04	2,9419e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	5,6490e-09	4,3422e-04
W _{el} y, z [m ³]	1,9612e-03	1,9612e-03
W _{pl} y, z [m ³]	2,3560e-03	2,3560e-03
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	150	150
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,2000e+00	2,2400e+00
M _{ply} +, - [Nm]	3,30e+05	3,30e+05
M _{plz} +, - [Nm]	3,30e+05	3,30e+05

5.1.1.10 Krátký ztužující příčník

Název	PRICNIK_KRATKY		
Typ	2LX		
Materiál	S 235_zvysena		
			
A [m²]	2,3757e-03		
A _{y, z} [m²]	9,5775e-04	2,0112e-03	
I _{y, z} [m⁴]	1,6612e-06	3,5313e-06	
I _{YLCS, ZLCS} [m⁴]	2,5963e-06	2,5963e-06	
I _w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	2,0406e-07	
W _{el} y, z [m³]	3,3562e-05	5,7841e-05	
W _{pl} y, z [m³]	5,3989e-05	8,5742e-05	
d y, z [mm]	0	0	
c YUCS, ZUCS [mm]	75	75	
α [deg]	45,00		
I _{YZCS} [m⁴]	9,3502e-07		
A _{L, D} [m²/m]	5,4448e-01	5,4448e-01	
M _{ply} +, - [Nm]	1,27e+04	1,27e+04	
M _{plz} +, - [Nm]	2,01e+04	2,01e+04	

5.2 ZATÍŽENÍ

5.2.1 Nosná konstrukce

Bylo uvažováno s následujícími druhy zatížení:

- Stálé
 - o Vlastní tíha konstrukce
 - o Železniční svršek, podlahové záklopy mostovky a jejich nosné prvky
- Proměnné
 - o Pohyblivé svislé zatížení modelem LM 71
 - o Pohyblivé zatížení bočním rázem
 - o Odstředivá síla projíždějícího vlaku
 - o Brzdné a rozjezdové síly
 - o Nezatížený vlak
 - o Zatížení větrem
 - o Zatížení teplotou

Podrobné výpočty zatížení viz v příloze *Statický výpočet nosné konstrukce*.

5.2.2 Spodní stavba

Vzhledem k neporušenosti spodní stavby po více než 100letém provozu byla SS posuzována pouze odhadem.

5.3 KOMBINACE

Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) byly využity kombinace 6.10a a 6.10b se sestavami dopravního zatížení gr11 – gr15.

Podrobné výčty použitých kombinací viz v příloze *Statický výpočet nosné konstrukce*.

5.4 VÝPOČETNÍ POMŮCKY

Vnitřní síly byly vypočítány za pomoci software SCIA Engineer verze 19.0 prostorovým prutovým modelem celé nosné konstrukce.

Posouzení některých prvků bylo prováděno pomocí software FIN EC verze 2020.5 modul Ocel. Ostatních prvků nosné ocelové konstrukce bylo prováděno v tabulkovém procesoru MS Excel (součást MS Office 365) podle eurokódu.

Podrobné výpočty a posudky viz v příloze *Statický výpočet nosné konstrukce*.

5.5 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

5.5.1 Nosná konstrukce

Jednotlivé prvky nosné ocelové konstrukce byly posuzovány na účinky zatížení působícího na globální model konstrukce. Následně byla upravena hodnota dopravních zatížení specifickým koeficientem, znovu proveden výpočet a posouzení. Tímto iteračním postupem (úpravou koeficientu zatížení) bylo dosaženo 100% využití průřezu. Výsledný koeficient byl prohlášen zatížitelností daného prvku.

Podélníky byly posuzovány programem FIN EC modul Ocel. Posudek byl proveden ve 3 variantách z důvodu šikmosti prvního a posledního pole mezi příčnický. Varianty podélníků:

- Běžný
- Dlouhý
- Krátký

Přechodnost byla určována pouze pro podélník s kritickou hodnotou zatížitelnosti $Z = 0,559$. Byla určena přechodnost **B2/50**.

Při omezení rychlosti na **40 km/h** konstrukce vyhověla v kategorii **přechodnosti C2**, výsledná přechodnost je tedy **C2/40**.

Z posudku podélníku je vidět výrazné vyčerpání únosnosti prvku ohybovými momenty M_z a M_y . **Zesílením pásnic podélníků by bylo možné dosáhnout přechodnosti v kategorii C2/50.**

Příčníky byly posuzovány programem FIN EC modul Ocel. Posudek byl proveden ve 2 variantách. Varianty příčníků:

- Mezilehlý
- Koncový

Pro obě varianty příčníku byla určena přechodnost **D4/50**.

Vzhledem k vysoké úrovni přechodnosti není potřeba příčníky zesilovat. Přesto by bylo možné zesílení pásnic bez větších potíží.

Hlavní nosníky byly posuzovány celkem v 6 variantách podle proměnného průřezu (zesilován směrem se středu rozpětí nosníku). Varianty hlavního nosníku:

- HLN_01 (průřez nad podporou)
- HLN_02
- HLN_03
- HLN_04
- HLN_05
- HLN_06 (průřez ve středu nosníku)

Přechodnost byla určována pouze pro průřez hlavního nosníku s kritickou hodnotou zatížitelnosti HLN_02 ($Z = 0,703$). Byla určena přechodnost **D3/50**.

Vzhledem k vysoké úrovni přechodnosti není potřeba hlavní nosníky zesilovat. Přesto by bylo možné bez větších potíží zesílení pásnic či přidání dodatečných výtuh stojin proti boulení.

Dále byl posuzován **přípoj ztužidla k hlavnímu nosníku ($Z = 0,609$)** a **přípoj podélníku na příčník ($Z = 0,923$)**.

Z globálního hlediska byl posouzen **průhyb** konstrukce od dopravního zatížení ($Z = 1,339$) a **stabilita konstrukce na překlpení**, která vyhověla.

Podrobné posouzení a zatížitelnosti prvků viz v příloze *Statický výpočet nosné konstrukce*.

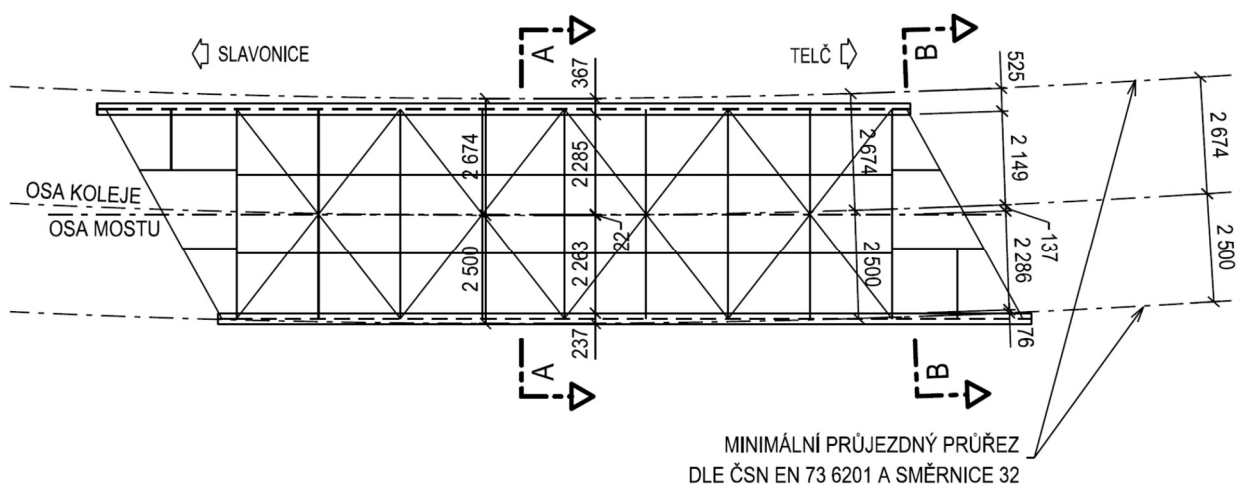
5.5.2 Spodní stavba

Vzhledem ke stáří mostního objektu a naprosto minimálním poruchám kamenného zdiva spodní stavby byla určena zatížitelnost spodní stavby odhadem na $Z \gg 5$.

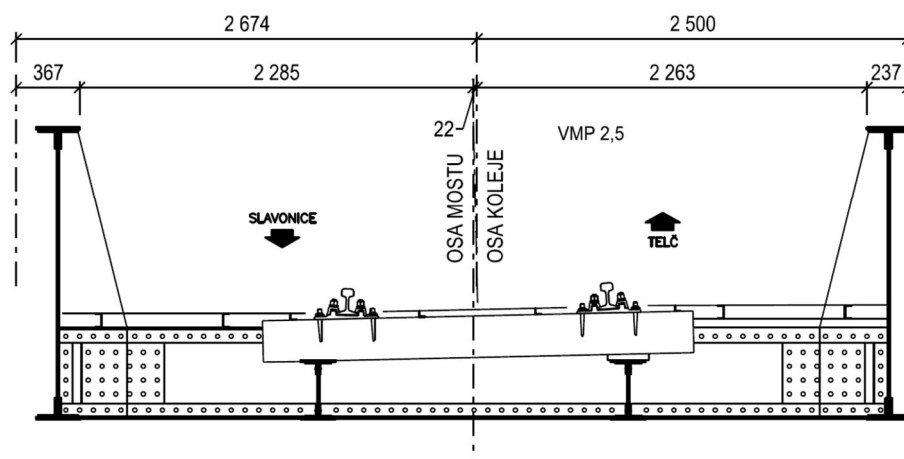
6 PROSTOROVÁ PŘÚCHODNOST

Volná šířka na mostě je rovna **4 560 mm** (viz přílohu *Výkres archivní dokumentace*), navíc se trať na mostě nachází ve směrovém oblouku o malém poloměru a s převýšením. Minimální požadovaná šířka průjezdného profilu na mostě podle směrnice SŽDC č. 32 Zásady rekonstrukce regionálních drah čl. 2.3.1.1 je ve staničním obvodu $2 \times 2500 + 2 \times 25$ (rezerva) + 2×87 (převýšení) = **5 224 mm**. Prostorová průchodnost tedy **nevyhovuje** na šířku průjezdného profilu VMP 2,5 dle ČSN 73 6201.

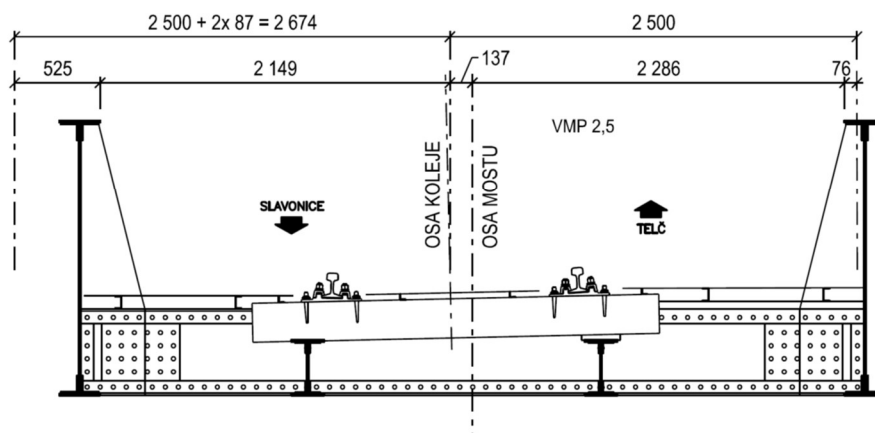
Možné řešení může být označením mostu jako zúženého místa na trati. Vzhledem k délce nosné konstrukce mostu cca 18,5 m je možné splnit požadavek na únikové místo (výklenek) po 20 m rozšířením prostoru a zesílením zábradlí na opěrách těsně před a za nosnou konstrukcí mostu.



ŘEZ A-A



ŘEZ B-B



7 DOTČENÉ NORMY A PŘEDPISY, POUŽITÁ LITERATURA

SŽ S5/1	Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů,
ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (03/2004), vč. zm. A1 (04/2007), Z1 (02/2010), Z2 (03/2010), Z3 (02/2011),
ČSN EN 1991-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou (07/2005), vč. zm. Z1 (02/2010), Z2 (03/2010), Z3 (10/2012)
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (12/2006) vč. zm. A1 (02/2016), Z1 (03/2010), Z2 (04/2011), Z3 (07/2011), OPR1 (06/2010), OPR2 (06/2016)
ČSN EN 1993-1-5	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn ed. 2 (12/2013)
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků (12/2006)
ČSN EN 1993-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty (01/2008), vč. zm. OPR1 (05/2010), Z1 (03/2010)
ČSN 73 6200	Mosty – Terminologie a třídění (07/2011)
ČSN 73 6201	Projektování mostních objektů (10/2008)
Směrnice SŽDC č. 32	Zásady rekonstrukce regionálních drah (01/2008)

Zpracoval:

V Plzni 12/2020

Ing. Lukáš Mlnářík

SUDOP Praha a.s.

8 PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI ČÁSTÍ MOSTU

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 1862 Slavonice (včetně) - Telč (včetně)
DÚ: 10 JEDNOTA - Dačice
km: 53,696

B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce poř. číslo: K 01 pod koleji č. 1

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C Výpočtový model: prutový 3D

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	250 m	250 m	250 m
převýšení koleje	87 mm	87 mm	87 mm
excentricita osy koleje	0,118 m	-0,015 m	0,19 m

Směrná úroveň spolehlivosti β = - (použita základní úroveň dle S5/1)

Zbytková životnost: bez omezení

Popis použitých úlev:

uvažovány zmenšené souč. zatížení pro konstrukci starší než 30 let

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

neuvažovány žádné závady

Datum zjištění technického stavu mostu: SŽDC, s.o.:
zpracovatelem přepočtu:

Poznámka k části mostu:

-

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	k_i	typ	L_p	ϕ_i	L_ϕ	Viz číslo strany přepočtu	Z_{LM71}	Pozn.
1	Podélník - běžný	-	My + Mz + Vy + Vz + N	-	-	-	1,81	4,88	P1/94	1,097	
2	Podélník - dlouhý	-	My + Mz + Vy + Vz + N	-	-	-	1,81	4,88	P1/96	0,559	
4	Podélník - krátký	-	My + Mz + Vy + Vz + N	-	-	-	1,81	4,88	P1/98	0,663	
5	Příčník - mezilehlý	-	My + Mz + Vy + Vz + N	-	-	-	1,47	9,62	P1/100	0,651	
6	Příčník - koncový	-	My + Mz + Vy + Vz + N	-	-	-	2,00	3,6	P1/102	0,678	
7	Hlavní nosník	HLN_01	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/32	0,896	
8	Hlavní nosník	HLN_01	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/34	0,895	
9	Hlavní nosník	HLN_01	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/34	2,017	
10	Hlavní nosník	HLN_02	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/42	0,703	
11	Hlavní nosník	HLN_02	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/44	1,048	
12	Hlavní nosník	HLN_02	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/44	2,182	
13	Hlavní nosník	HLN_03	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/52	0,851	

14	Hlavní nosník	HLN_03	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/54	1,288	
15	Hlavní nosník	HLN_03	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/54	2,055	
16	Hlavní nosník	HLN_04	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/62	0,838	
17	Hlavní nosník	HLN_04	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/64	1,392	
18	Hlavní nosník	HLN_04	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/64	2,280	
19	Hlavní nosník	HLN_05	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/72	0,898	
20	Hlavní nosník	HLN_05	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/74	1,903	
21	Hlavní nosník	HLN_05	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/74	2,441	
22	Hlavní nosník	HLN_06	My + Mz + N	-	-	-	1,26	18,26	P1/82	0,893	
23	Hlavní nosník	HLN_06	Vz	-	-	-	1,26	18,26	P1/84	3,107	
24	Hlavní nosník	HLN_06	$\sigma + \tau$	-	-	-	1,26	18,26	P1/84	2,802	
25	Ztužidlo	-	N	-	-	-	1,26	18,26	P1/20	0,645	
26	Přípoj	Ztuž. - HLN	N	-	-	-	1,26	18,26	P1/87	0,609	
27	Přípoj	Podél. - Příč.	Vz	-	-	-	1,81	4,88	P1/89	0,923	
28	Průhyb	HLN	My	-	-	-	1,26	18,26	P1/90	1,339	

Dne: 20.12.2020

Zatížitelnost určil: Ing. Lukáš Mlnářík

9 PŘÍLOHY

Seznam příloh:

- Příloha 1:** Statický výpočet nosné konstrukce
- Příloha 2:** Geotechnický průzkum (2020)
- Příloha 3:** Stavebnětechnický průzkum (2020)
- Příloha 4:** Protokol o podrobné prohlídce (2017)
- Příloha 5:** Fotodokumentace (2021)
- Příloha 6:** Korozní a diagnostický průzkum (2021)
- Příloha 7:** Výkres archivní dokumentace mostu (1965)

PŘÍLOHA 1 - STATICKÝ VÝPOČET NOSNÉ KONSTRUKCE

Obsah

1 Stanovení zatížení	3
1.1 Vlastní tíha konstrukce	3
1.2 Ostatní stálá zatížení	3
1.3 Zatížení dopravou	4
1.4 Zatížení větrem	7
1.5 Zatížení teplotou	10
1.6 Zobrazení zatěžovacích stavů v modelu	11
2 Kombinace zatížení	17
2.1 MSÚ	18
2.2 MSP	20
3 Hlavní nosník	21
3.1 HLN_01	26
3.1.1 Posouzení	26
3.1.2 Zatížitelnost	32
3.2 HLN_02	36
3.2.1 Posouzení	36
3.2.2 Zatížitelnost	40
3.3 HLN_03	46
3.3.1 Posouzení	46
3.3.2 Zatížitelnost	52
3.4 HLN_04	56
3.4.1 Posouzení	56
3.4.2 Zatížitelnost	62
3.5 HLN_05	66
3.5.1 Posouzení	66
3.5.2 Zatížitelnost	72
3.6 HLN_06	76
3.6.1 Posouzení	76
3.6.2 Zatížitelnost	82
4 Podélník - běžný	87
4.1 Posouzení	87
4.2 Zatížitelnost	88
5 Podélník - dlouhý	89
5.1 Posouzení	89
5.2 Zatížitelnost	90
6 Podélník - krátký	91
6.1 Posouzení	91
6.2 Zatížitelnost	92
7 Příčník - mezilehlý	93
7.1 Posouzení	93
7.2 Zatížitelnost	94
8 Příčník - koncový	95
8.1 Posouzení	95
8.2 Zatížitelnost	96
9 Vodorovné ztužení	97

10 Připoje	99
10.1 Připoj ztužidla k hlavnímu nosníku	99
10.2 Připoj podélníku k příčnicku	100
11 Globální posudky	103
11.1 Průhyb hlavního nosníku	103
11.2 Stability proti překlopení	104
12 Shrnutí zatížitelnosti	105
13 Přechodnost	106
13.1 Podélník - dlouhý B2/50	106
13.2 Podélník - dlouhý C2/40	107
13.3 Hlavní nosník - HLN_02	107
13.4 Příčnick - mezilehlý	108
13.5 Příčnick - koncový	108
13.6 Podélník - dlouhý - posudek na přech. B2/50	109
13.7 Podélník - dlouhý - posudek na přech. C2/40	110
13.8 Hlavní nosník - HLN_02 - posudek na přechodnost	113
13.9 Příčnick - mezilehlý - posudek na přechodnost	114
13.10 Příčnick - koncový - posudek na přechodnost	115

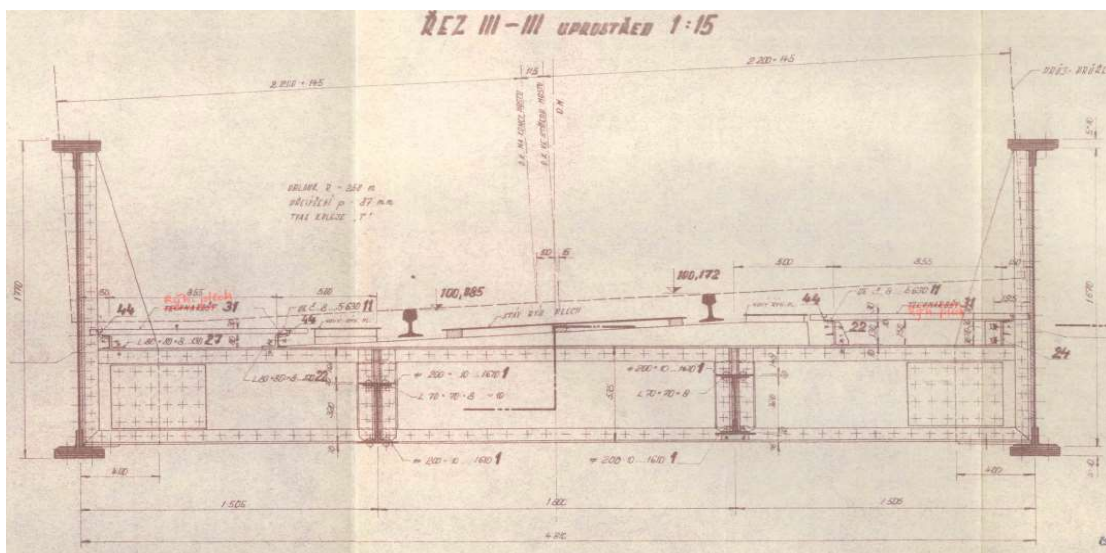
1 Stanovení zatížení

1.1 Vlastní tíha konstrukce

■ Vlastní tíha je zohledněna softwarem SCIA engineer automaticky v modelu s ohledem na objemovou hmotnost materiálů konstrukce.

■ Objemová tíha oceli využitá pro model konstrukce byla z důvodu zahrnutí nemodelovaných částí (nůty, výztuhy apod.) zvýšena z původních $78,5 \text{ kN.m}^{-3}$ o 25%, tedy na $98,2 \text{ kN.m}^{-3}$

1.2 Ostatní stálá zatížení



Podlahové plechy

■ objemová tíha:	$\gamma_{\text{plech}} =$	$78,50 \text{ kN/m}^3$
■ tloušťka:	$t_{\text{plech}} =$	$0,01 \text{ m}$
■ plošná tíha:	$g_{k,\text{plech}} =$	$0,79 \text{ kN/m}^2$

■ prům. plocha krajního pole vlevo:	$A =$	$3,2 \text{ m}^3$
■ dvojice sil na příčnici:	$2 \times F_{G,\text{plech}} =$	$1,26 \text{ kN} \quad \times 2$

■ plocha středního pole:	$A =$	$2,7 \text{ m}^3$
■ síla na mostnici:	$F_{G,\text{plech}} =$	$2,12 \text{ kN}$

■ prům. plocha krajního pole vpravo:	$A =$	$3,36 \text{ m}^3$
■ dvojice sil na příčnici:	$2 \times F_{G,\text{plech}} =$	$1,32 \text{ kN} \quad \times 2$

Nosníky rýhovaných plechů

UE80 + L80x8

■ hmotnost:	$g_{\text{nosn}} =$	$0,17 \text{ kN/m}$
■ rozpětí:	$l_{\text{nosn}} =$	$1,88 \text{ m}$
■ dvojice sil na příčnici:	$2 \times F_{G,\text{nosn}} =$	$0,32 \text{ kN} \quad \times 2$

Upevnění kolejnic

■ spojitě zatížení na kolejnici:	$g_{k,\text{upev}} =$	$0,55 \text{ kN/m}$
----------------------------------	-----------------------	---------------------

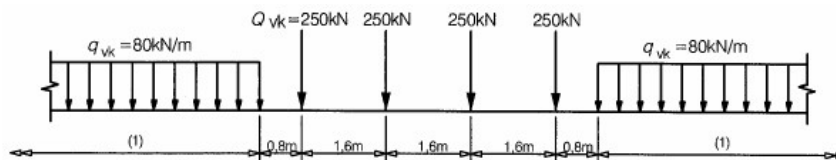
1.3

Zatížení dopravou

■ Kapitola obsahuje stanovení hodnot zatížení modelem LM 71, modelem nezatíženého vlaku, odstředivou silou, bočním rázem a rozjezdovými silami. Dále jsou v kapitole stanoveny dynamické součinitele pro jednotlivé prvky konstrukce.

Zatěžovací model LM 71:

■ Skupina nápravových sil zatěžovacího schématu LM 71 může být nahrazena rovnoměrným zatížením, rozneseným na délku 6,4m.

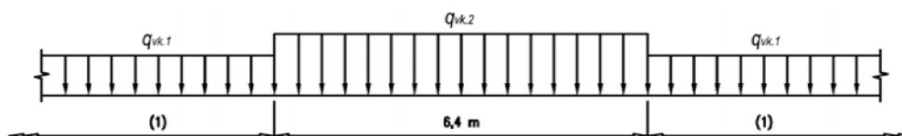


■ rovnoměrné zatížení:

$$q_{vk,1} = 80,0 \text{ kN/m'}$$

■ nápravové zatížení:

$$Q_{vk,1} = 250,0 \text{ kN}$$



■ náhradní rovnoměrné zatížení:

$$q_{vk,2} = (4 \cdot 250 / (2 \cdot 0,8 + 3 \cdot 1,6))$$

$$q_{vk,2} = 156,3 \text{ kN/m'}$$

Model nezatíženého vlaku:

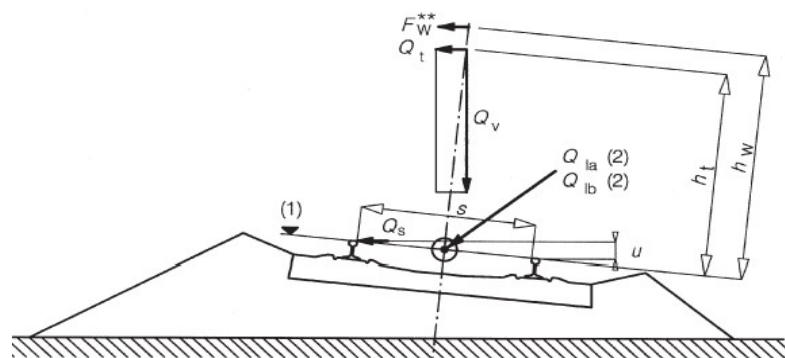
■ rovnoměrné zatížení:

$$q_{vk,1} = 10,0 \text{ kN/m'}$$

Výpočet odstředivé síly působící na kolej v oblouku

■ Odstředivé síly působí vodorovně ven ze směru oblouku ve výšce 1.8m nad pojezdným povrchem.

■ Odstředivá síla je kombinována se svislým zatížením a není zvětšována dynamickým součinitelem.



■ převýšení koleje:

$$D = 87 \text{ mm}$$

■ nedostatek převýšení koleje:

$$I = \text{mm}$$

■ maximální rychlost na trati v daném úseku:

$$V = 50 \text{ km/h}$$

■ poloměr zakřivení oblouku (pokud je znám):

$$R = 250 \text{ m}$$

■ poloměr zakřivení oblouku (dopočet): $R_{\min} = \frac{11,8 \cdot V^2}{l + D} = 340,00 \text{ m}$

■ redukční součinitel f (dle ČSN EN 1991-2, 6.5.1(8)):

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \right] \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \quad (6.19)$$

přičemž minimální hodnota je 0,35,

kde L_f je příčinná délka zatížené části koleje v oblouku na mostě, která je nejneprůzračnější pro návrh uvažovaného nosného prvku [m];

V maximální rychlost podle 6.5.1(5);

$f = 1$ buď pro $V \leq 120 \text{ km/h}$ nebo $L_f \leq 2,88 \text{ m}$;

$f < 1$ pro $120 \text{ km/h} < V \leq 300 \text{ km/h}$ a $L_f > 2,88 \text{ m}$;
(viz tabulka 6.7 nebo obrázek 6.16 nebo vztah 6.19)

$f_{(V)} = f_{(300)}$ pro $V > 300 \text{ km/h}$.

L_f je příčinná délka zatížené části koleje v oblouku na mostě, která je nejneprůzračnější pro návrh uvažovaného nosného prvku [m];

$$f = 1,00$$

■ charakteristická hodnota odstředivé síly:

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk}) = 19,69 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk}) = 6,30 \text{ kN/m} \quad q_{tk,2} = 12,3 \text{ kN/m}$$

Boční ráz

■ Boční ráz je uvažován jako osamělá síla, působící vodorovně v úrovni temene kolejnic kolmo na osu koleje. Boční ráz působí jak na přímou kolej, tak na kolej v oblouku.

■ Charakteristická hodnota bočního rázu se musí uvažovat hodnotou $Q_{sk}=100\text{kN}$. Nesmí se násobit dynamickým součinitelem nebo součinitelem f .

■ Charakteristická hodnota bočního rázu se násobí součinitelem α .

■ boční ráz viz ČSN EN 1991-2 (6.5.2): $Q_{nf,h} = 100 \text{ kN}$

Brzdné a rozjezdové síly

■ Brzdné a rozjezdové síly jsou uvažovány jako podélné spojité zatížení v temeni kolejnice na odpovídající příčinné délce.

■ Rozjezdová síla dle ČSN EN 1991-2 (6.5.3): $Q_{lak} = 33 \text{ kN.m}^{-1}$

■ Brzdná síla dle ČSN EN 1991-2 (6.5.3): $Q_{lak} = 20 \text{ kN.m}^{-1}$

■ Vzhledem k faktu, že se jedná o jednokolejný most s obousměrným provozem, bylo využito pouze větší z obou zatížení. Tedy zatížení silou rozjezdovou.

Dynamický součinitel

(1)P Dynamický součinitel Φ , který zvyšuje účinky statického zatížení od modelů zatížení 71, SW/0 a SW/2 se musí uvažovat buď jako Φ_2 nebo Φ_3 .

(2) Obecně se dynamický součinitel Φ uvažuje buď jako Φ_2 nebo Φ_3 podle kvality koleje následovně:

a) Pro pečlivě udržovanou kolej:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad (6.4)$$

v rozmezí: $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

b) Pro standardně udržovanou kolej:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad (6.5)$$

v rozmezí: $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$

kde L_Φ je „náhradní“ délka (m) (délka příslušející k Φ) definovaná v tabulce 6.2.

■ Pro tento úsek trati byl využit dynamický součinitel Φ_3 (standardně udržovaná trať).

Podélník

Vzdálenost příčníků: $L_d = 1,880$ m

Náhradní délka: $L_\Phi = L_d + 3$
 $L_\Phi = 1,88 + 3 = 4,88$ m

$$\Phi_3 = 2,16 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73 \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,16 / (4,88^{0,5} - 0,2) + 0,73 = 1,81$$
$$\Phi_3 = 1,81$$

Mezilehlý příčník

Délka příčníků: $L_d = 4,810$ m

Náhradní délka: $L_\Phi = 2 \cdot L_d$
 $L_\Phi = 2 \cdot 4,81 = 9,62$ m

$$\Phi_3 = 2,16 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73 \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,16 / (9,62^{0,5} - 0,2) + 0,73 = 1,47$$
$$\Phi_3 = 1,47$$

Koncový příčník

$L_d = 3,600$ m

Náhradní délka: $L_\Phi = L_d$
 $L_\Phi = 3,6 = 3,60$ m

standardně udržovaná kolej:

$$\Phi_3 = 2,16 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73 \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,16 / (3,6^{0,5} - 0,2) + 0,73 = 2,00$$
$$\Phi_3 = 2,00$$

Hlavní nosník

$$\text{Rozpětí: } L_d = 18,260 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Náhradní délka: } L_\Phi &= L_d \\ L_\Phi &= 18,26 = 18,26 \text{ m} \end{aligned}$$

standardně udržovaná kolej:

$$\Phi_3 = 2,16 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73 \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,16 / (18,26^{0,5} - 0,2) + 0,73 = 1,26$$

$$\Phi_3 = 1,26$$

1.4

Zatížení větrem

Větrová oblast:	III
Výchozí základní rychlost větru:	$v_{b,0} = 25 \text{ m.s}^{-1}$
Pro kombinaci s dopravou:	$v^{**}_{b,0} = 25 \text{ m.s}^{-1}$
Zatěžovací délka mostu:	$L = 1,0 \text{ m}$
Šířka mostu:	$b = 5,06 \text{ m}$
Výška:	$d_{\text{dot}} = 1,77 \text{ m}$
Pro kombinaci s dopravou:	$d^{**}_{\text{dot}} = 5,85 \text{ m}$
Součinitel směru větru:	$C_{\text{dir}} = 1,0$
Součinitel ročního období:	$C_{\text{season}} = 1,0$

Tabulka 4.1 – Kategorie terénů a jejich parametry

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.

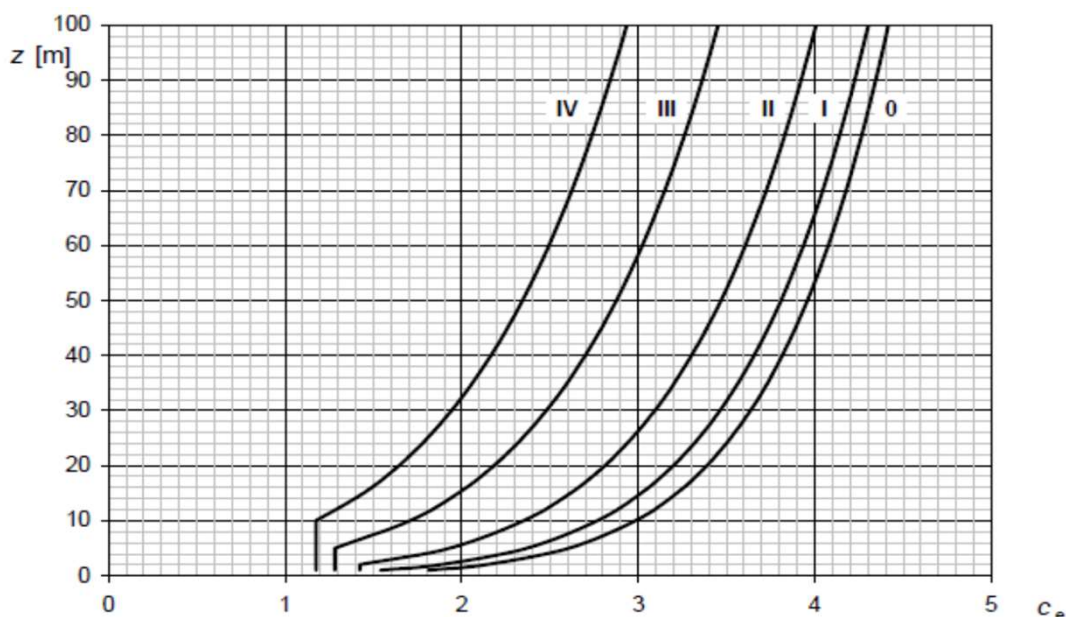
Základní rychlost větru

$$v_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{Season}} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v^{**}_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{Season}} \cdot v^{**}_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m.s}^{-1}$$

Základní dynamický tlak větru

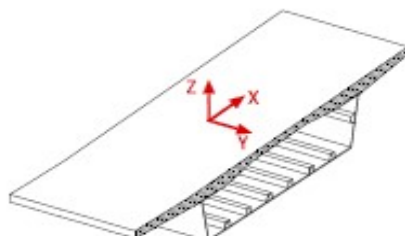
$$\begin{aligned} \text{Měrná hmotnost vzduchu: } \rho &= 1,25 \text{ kg.m}^{-3} \\ \text{Součinitel orografie: } c_0 &= 1,0 \\ \text{Součinitel turbulence: } k_1 &= 1,0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Součinitel expozice: } c_e(z) &= 1,28 \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } c^{**}_e(z) &= 1,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Základní dynamický tlak větru: } q_b &= 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2(z) = \\ q_b &= (1/2 \cdot 1,25 \cdot 25^2)/1000 = 0,391 \text{ kPa} \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } q^{**}_b &= (1/2 \cdot 1,25 \cdot 25^2)/1000 = 0,391 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Síly větru ve směru X



$$\begin{aligned} C &= C_{fx,0} \cdot C_e \\ b/d_{\text{tot}} &= 5,06 / 1,77 = 2,86 \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } b/d^{**}_{\text{tot}} &= 5,06 / 5,85 = 0,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Součinitel síly: } C_{fx,0} &= 1,65 \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } C^{**}_{fx,0} &= 2,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Součinitel zatížení větrem: } C &= C_{fx,0} \cdot C_e \\ C &= 1,65 \cdot 1,28 = 2,11 \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } C^{**} &= 2,25 \cdot 1,55 = 3,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Referenční plcha: } A_{\text{ref}} &= L \cdot d_{\text{tot}} \\ A_{\text{ref}} &= 1 \cdot 1,77 = 1,77 \text{ m}^2 \\ \text{Pro kombinaci s dopravou: } A^{**}_{\text{ref}} &= 1 \cdot 5,85 = 5,85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zatížení: } f_{wk,x} &= q_b \cdot C \cdot A_{\text{ref}} \\ f_{wk,x} &= 0,39 \cdot 2,11 \cdot 1,77 = 1,46 \text{ kN/m} \\ f^{**}_{wk,x} &= 0,39 \cdot 3,49 \cdot 5,85 = 7,97 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Přepočet na nosník a vlak

■ Pro zatěžovací stav s působením větru na nosník i dopravu je potřeba rozdělit zatížení na část, která působí na nosník a část, která působí na vlak.

$$\begin{aligned} \text{Výška nosníku: } h_n &= 1,77 \text{ m} \\ \text{Výška včetně dopravy: } h_c &= 5,85 \text{ m} \\ \text{Výška dopravy: } h_v &= h_c - h_n \\ h_d &= 5,85 - 1,77 = 4,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Liniové zatížení na nosník: } f^{**}_{wk,n} &= f^{*}_{wk,x} / h_c \cdot h_n \\ f^{**}_{wk,n} &= 7,97 / 5,85 \cdot 1,77 = 2,41 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Liniové zatížení na vlak: } f^{**}_{wk,v} &= f^{*}_{wk,x} / h_c \cdot h_v \\ f^{**}_{wk,v} &= 7,97 / 5,85 \cdot 4,08 = 5,56 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

1.5

Zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty

- Rovnoměrná složka teploty nebyla uvažována. Z globálního hlediska se jedná o staticky určitou konstrukci.

Lineární složka teploty

- Bylo uvažováno se dvěma variantami teplotního zatížení lineární složkou.

- Horní povrch teplejší než spodní:

$$\Delta T_{M, \text{heat}} (^{\circ}\text{C}) = 15 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

- Horní povrch chladnější než spodní:

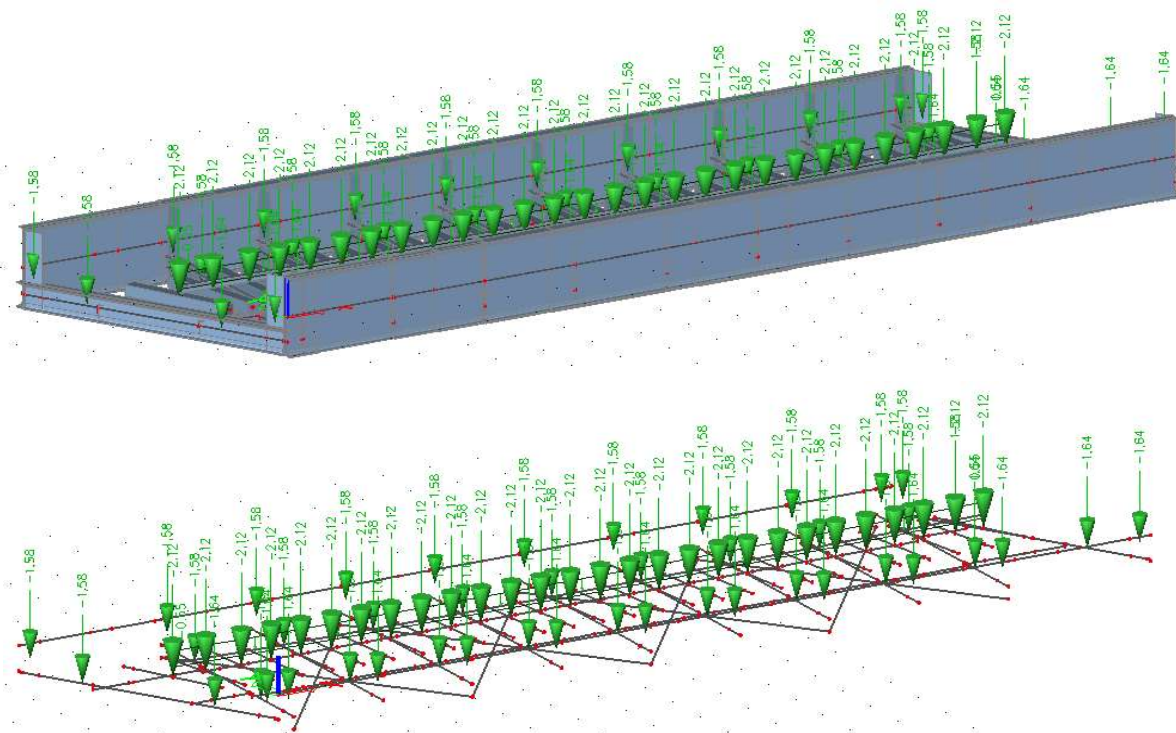
$$\Delta T_{M, \text{cool}} (^{\circ}\text{C}) = 8 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

1.6

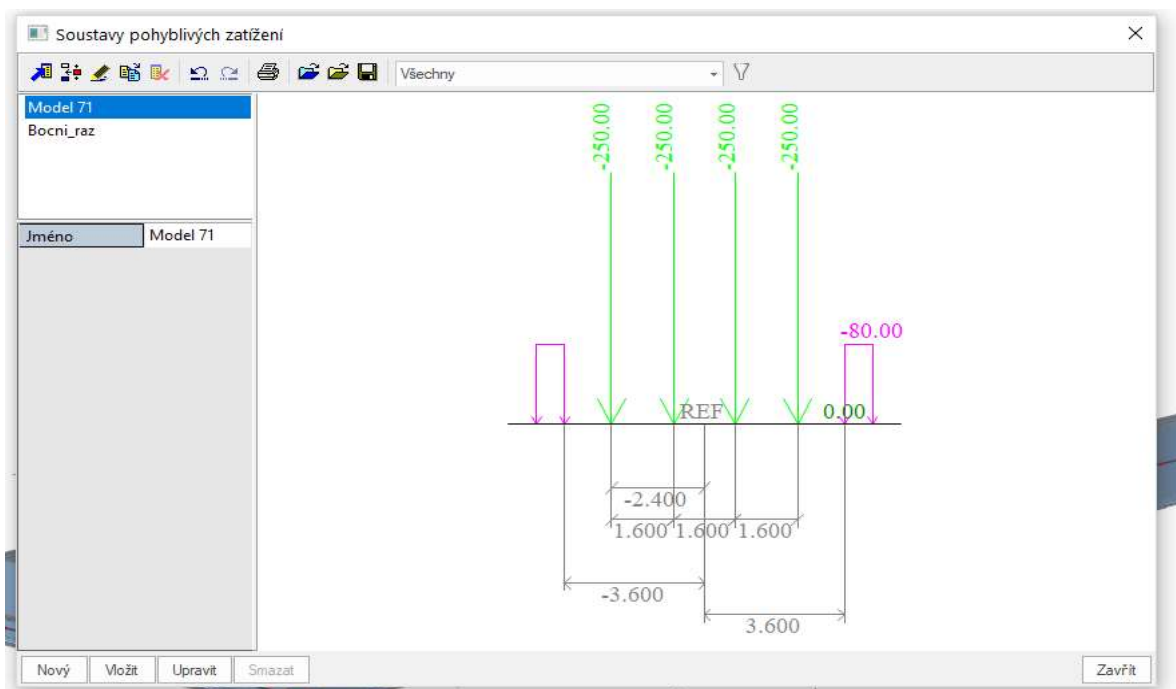
Zatěžovací stavy

- Zobrazení jednotlivých zatěžovacích stavů v modelu

Ostatní stálá zatížení

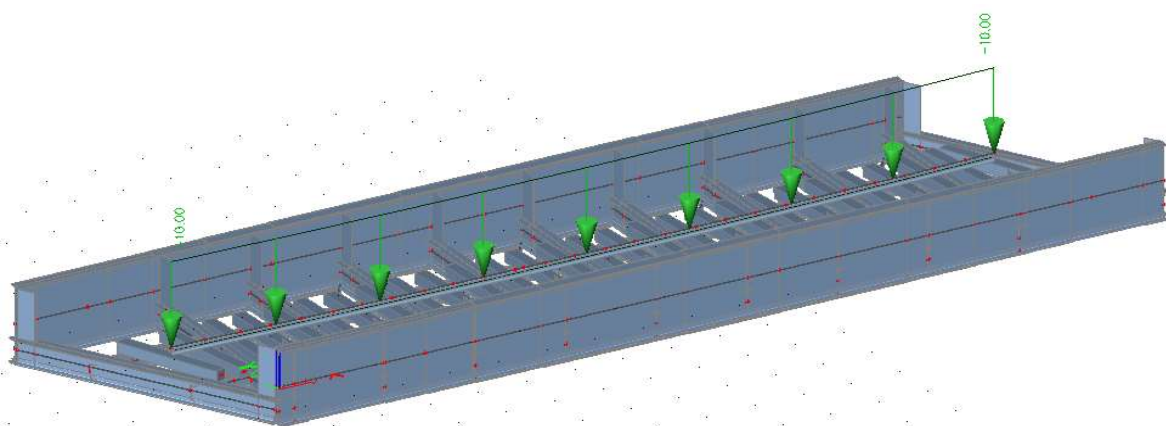


Svislé zatížení LM 71

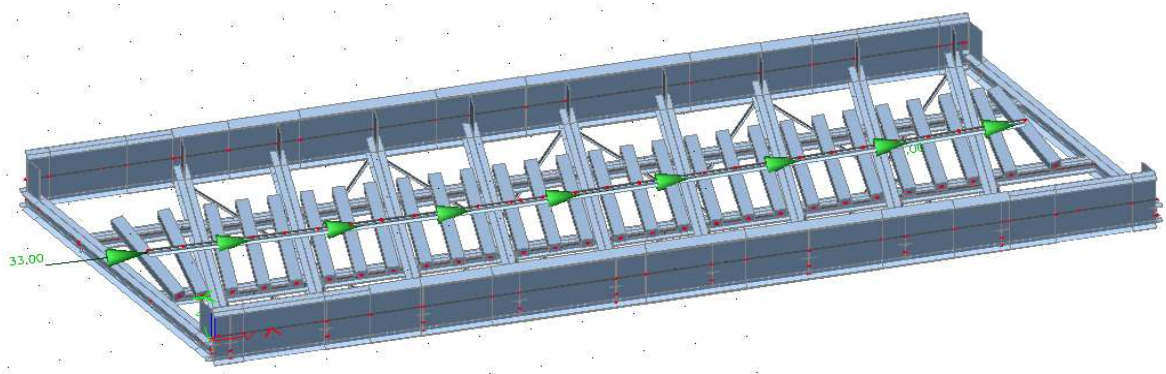


Poznámka: Svislé zatížení modelem LM 71 bylo uvažováno ve variantách s excentrisitami +/- 83 mm.

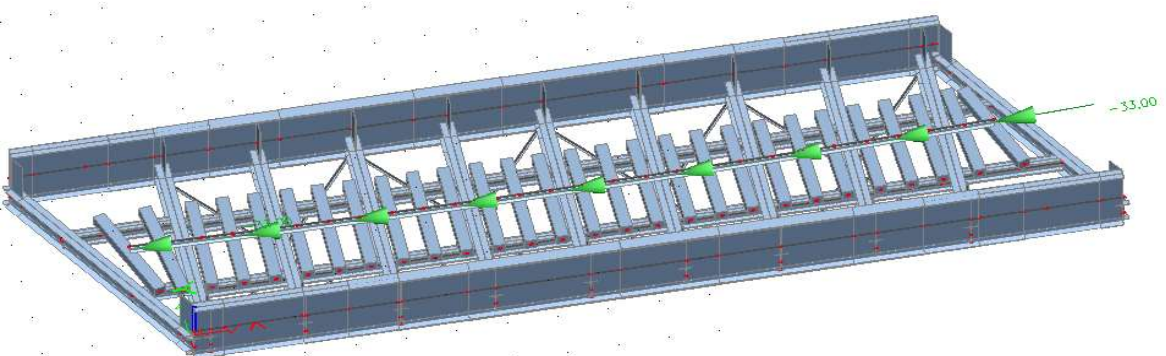
Nezatížený vlak



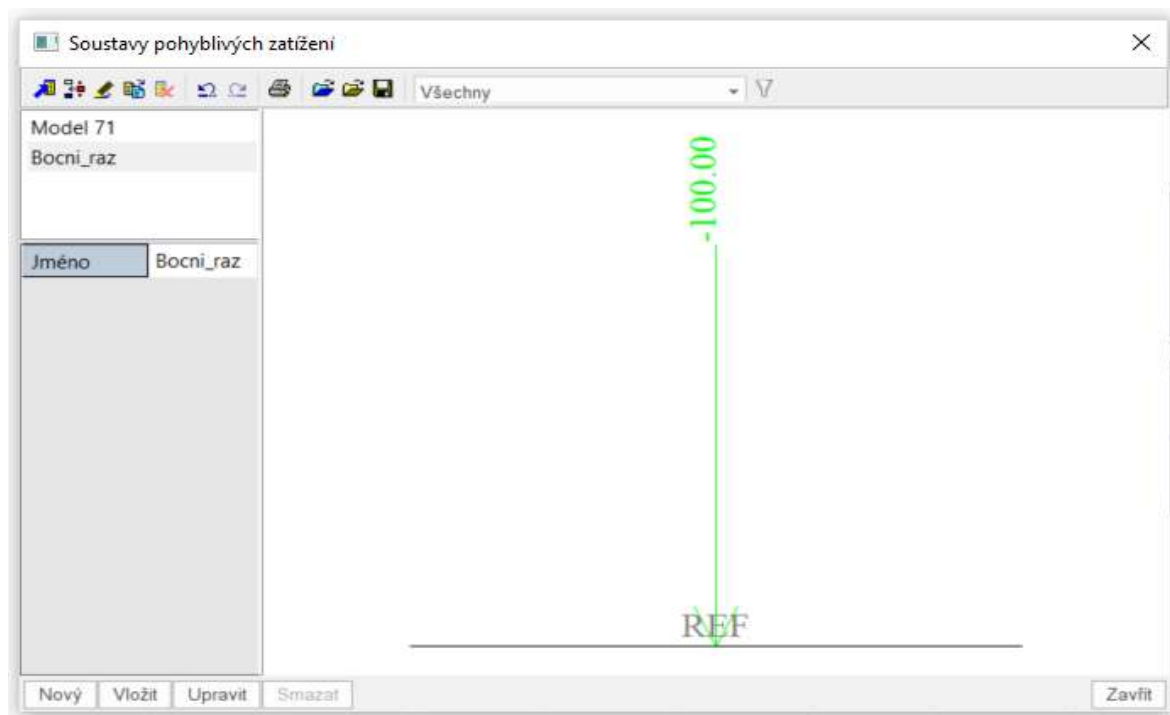
Brzdné/rozjezdové síly (dopředu)



Brzdné/rozjezdové síly (dozadu)

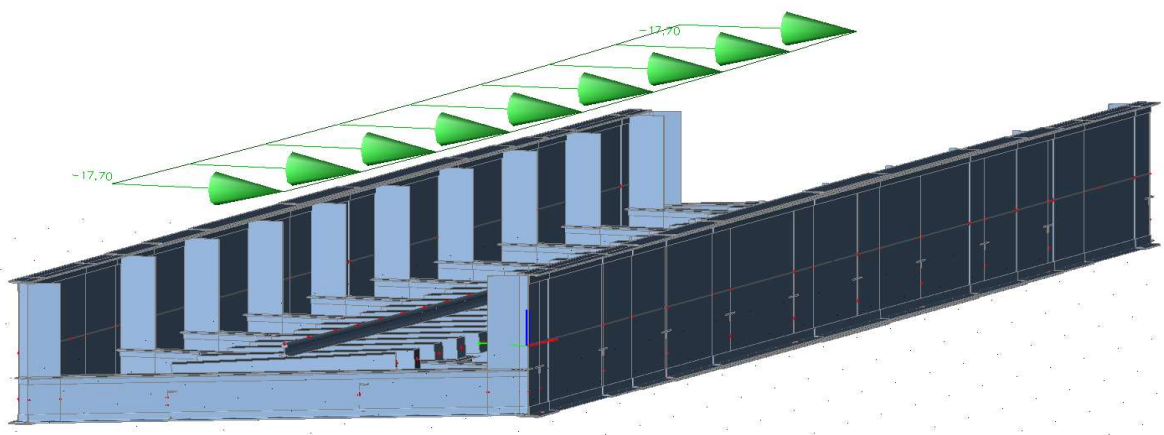


Boční ráz

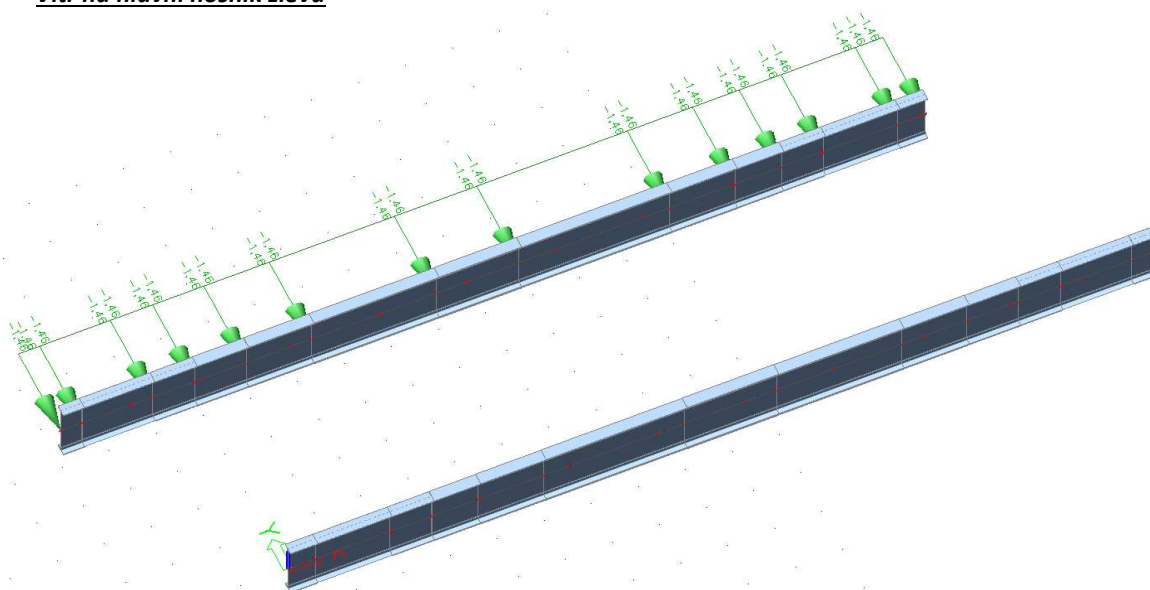


Poznámka: Zatížení bočním rázem bylo uvažováno ve variantách zleva i zprava.

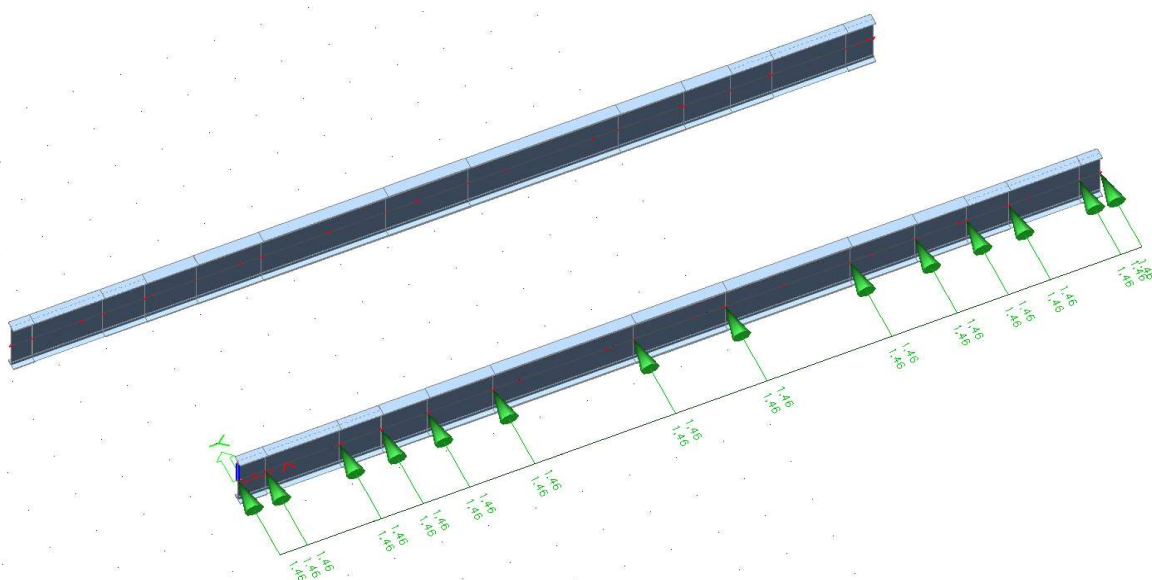
Odštědivá síla



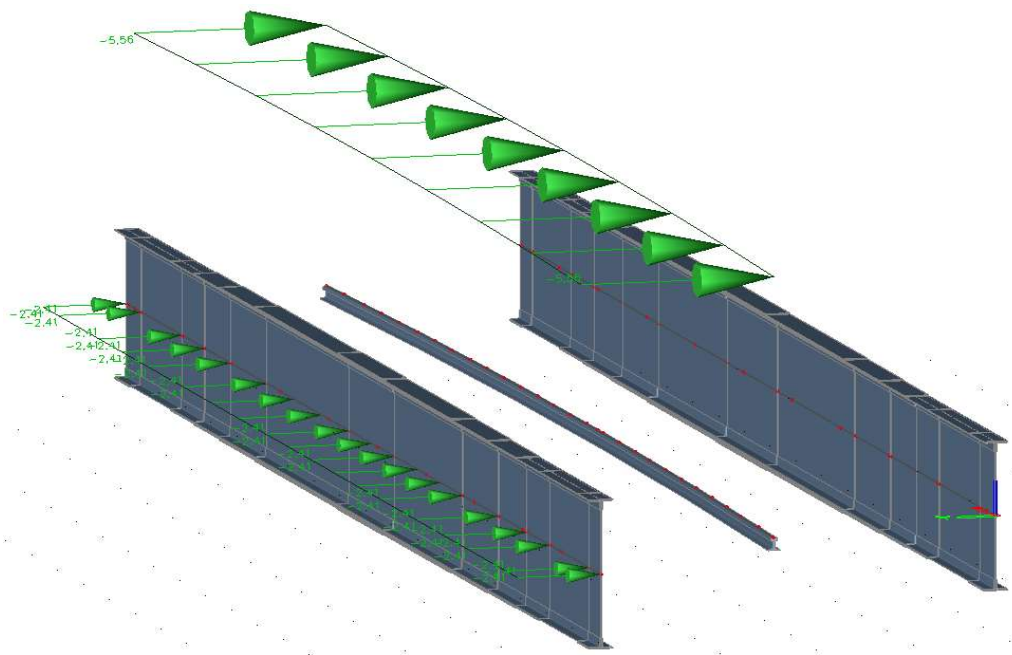
Vítr na hlavní nosník zleva



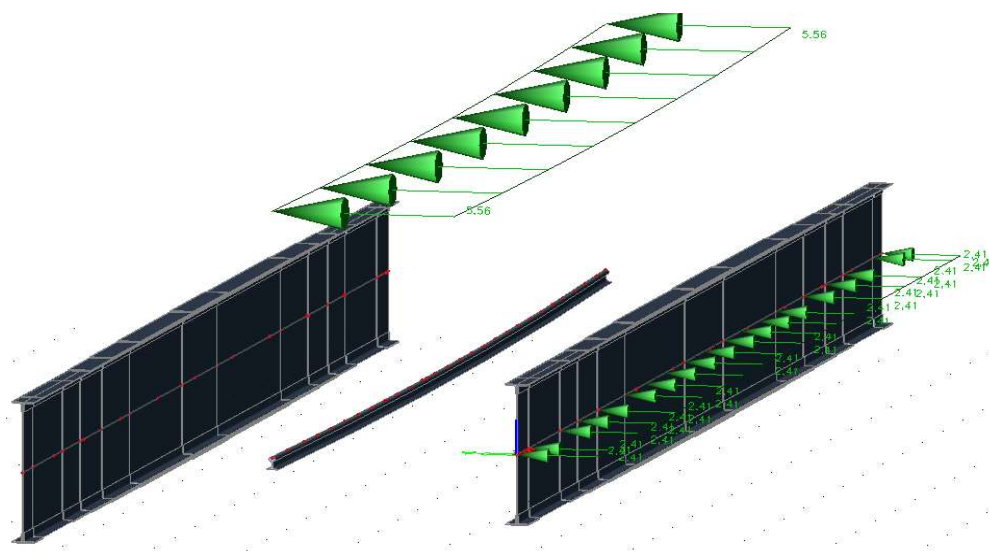
Vítr na hlavní nosník zprava



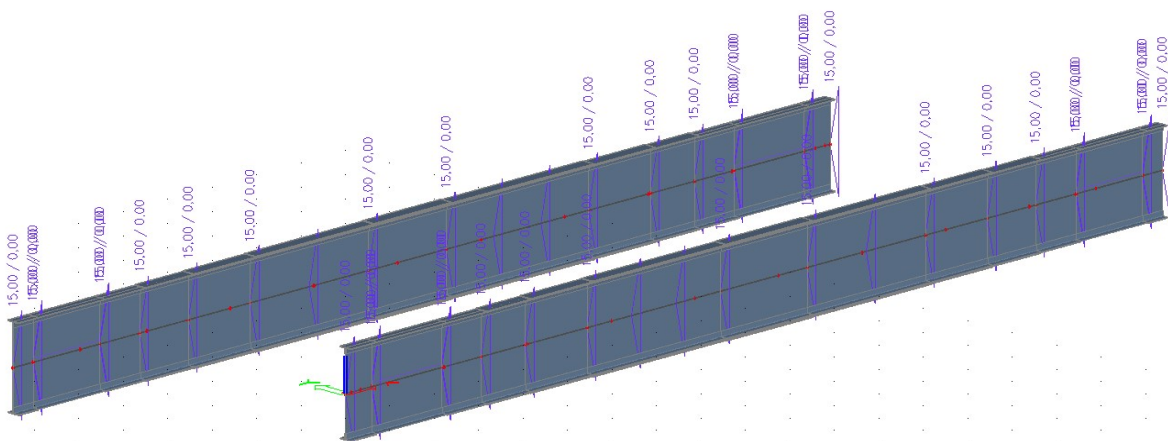
Vítr na hlavní nosník a dopravu zleva



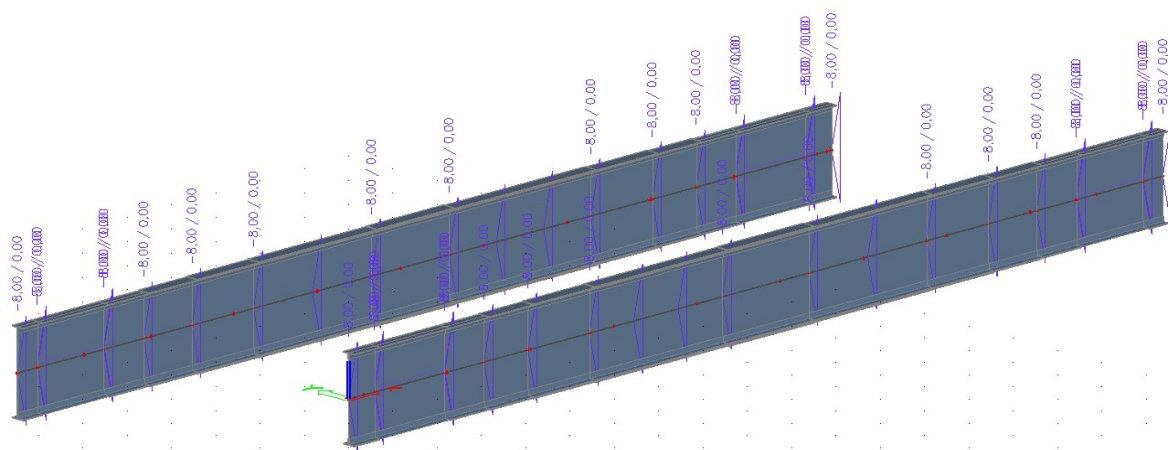
Vítr na hlavní nosník a dopravu zprava



Teplota - ohřátí horního povrchu



Teplota - chlazení horního povrchu



Kombinace zatížení

- Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) byly využity kombinace 6.10a a 6.10b s různými sestavami zatížení dopravou a sice:
 - gr11 poloviční příčná zatížení (odstředivá síla, boční ráz)
 - gr12 poloviční brzdné/rozjezdové síly
 - gr13 poloviční příčná zatížení (odstředivá síla, boční ráz) i svislé zatížení (LM 71)
 - gr14 poloviční brzdné/rozjezdové síly i svislé zatížení (LM 71)
 - gr15 svislé zatížení modelem LM 71 nahrazeno modelem nezatíženého vlaku, neuvažovány brzdné/rozjezdové síly ani teplota
- Tyto kombinace byly vytvořeny ve 3 různých variantách pro různá dominantní zatížení (doprava, vítr, teplota).
- Pro mezní stav použitelnosti (MSP) byla využita kombinace 6.15b (častá) se stejnými sestavami zatížení dopravou vyjma gr15, avšak pouze ve variantě dominantního zatížení dopravou.
- Kombinace zatížení byly vytvářeny ve všech variantách přímo v programu SCIA Engineer skládáním příslušných zatěžovacích stavů do obálkových kombinací a násobením dílčími součiniteli zatížení a kombinačními součiniteli.
- Svislé zatížení modelem LM 71 a zatížení bočním rázem bylo vymodelováno jako zatížení pohyblivé. Software sám z pohyblivých zatížení vytváří automaticky zatěžovací stavy pro minima a maxima k jednotlivým typům vnitřních sil.
- Tyto automaticky vytvořené zatěžovací stavy pak byly přidávány do obálkových kombinací stejně jako zatěžovací stavy běžné.
- Všechny varianty kombinací pak byly ve SCIA Engineer skládány do skupin výsledků, které se samy o sobě chovají jako obálky obálek.
- Jelikož bylo nutné odlišit kombinace zatížení pro různé prvky kvůli různým dynamickým součinitelům, vznikly tímto postupem 4 hlavní skupiny výsledků, a sice skupiny výsledků pro:
 - podélníky
 - mezilehlé příčníky
 - krajní příčníky
 - hlavní nosníky (tato skupina výsledků je tzv. globální, tedy byla použita i pro posouzení vodorovného ztužení)
- Dále vznikla skupina výsledků pro posouzení dýchání stěny hlavního nosníku v MSP (tato skupina byla vytvořena z obálek kombinace 6.15b - častá). A skupina výsledků pro posouzení celkové stability konstrukce na překlopení (tato skupina byla vytvořena z obálek kombinací 6.10a a 6.10b v sestavě gr15)

2.1

Kombinace zatížení MSÚ

Kombinace 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele zatížení:

	ZS/ENV	dominantní zatížení:	γ													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		1,25	1,25	1,25	1,25	0,95	1,25	1,25	1,25	1,25	0,95	1,25	1,25	1,25	1,25
02	VLAK_LM71_svislé		1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3
05	VLAK_boční ráz		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
06	VLAK_odstředivá síla		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
07	vítr		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
08	teplota		1,35	1,35	1,35	1,35	-	1,35	1,35	1,35	1,35	-	1,35	1,35	1,35	1,35

Kombinační součinitele:

	ZS/ENV	dominantní zatížení:	ψ - včetně součinitelů sestavy													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr14	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
02	VLAK_LM71_svislé		0,8	0,8	0,4	0,4	-	0,8	0,8	0,4	0,4	-	0,8	0,8	0,4	0,4
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		0,8	0,4	0,8	0,4	-	0,8	0,4	0,8	0,4	-	0,8	0,4	0,8	0,4
05	VLAK_boční ráz		0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
06	VLAK_odstředivá síla		0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
07	vítr		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
08	teplota		0,6	0,6	0,6	0,6	-	0,6	0,6	0,6	0,6	-	0,6	0,6	0,6	0,6

Kombinace 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele zatížení:

	ZS/ENV	dominantní zatížení:	γ													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		1,25	1,25	1,25	1,25	0,95	1,25	1,25	1,25	1,25	0,95	1,25	1,25	1,25	1,25
02	VLAK_LM71_svislé		1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3	-	1,3	1,3	1,3	1,3
05	VLAK_boční ráz		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
06	VLAK_odstředivá síla		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
07	vítr		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
08	teplota		1,35	1,35	1,35	1,35	-	1,35	1,35	1,35	1,35	-	1,35	1,35	1,35	1,35

Kombinační součinitele:

	ZS/ENV	dominantní zatížení:	$\psi (\xi)$ - včetně součinitelů sestavy													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
02	VLAK_LM71_svislé		1	1	0,5	0,5	-	0,8	0,8	0,4	0,4	-	0,8	0,8	0,4	0,4
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		1	0,5	1	0,5	-	0,8	0,4	0,8	0,4	-	0,8	0,4	0,8	0,4
05	VLAK_boční ráz		0,5	1	0,5	1	1	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
06	VLAK_odstředivá síla		0,5	1	0,5	1	1	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
07	vítr		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
08	teplota		0,6	0,6	0,6	0,6	-	0,6	0,6	0,6	0,6	-	1	1	1	1

2.2

Kombinace zatížení MSP

Kombinace 6.15b (častá)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele zatížení:

	ZS/ENV	dominantní zatížení:	γ													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	VLAK_LM71_svislé		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	VLAK_boční ráz		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	VLAK_odstředivá síla		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	vítr		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08	teplota		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kombinační součinitele:

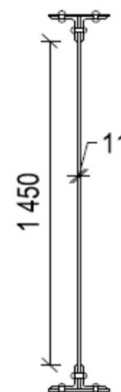
	ZS/ENV	dominantní zatížení:	ψ - včetně součinitelů sestavy													
			dominantní vlak					dominantní vítr					dominantní teplota			
		sestava:	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15	gr11	gr12	gr13	gr14	gr14	gr11	gr12	gr13	gr14
01	Vlastní tíha + ostatní st.		1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	VLAK_LM71_svislé		0,8	0,8	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	VLAK_nezatížený_svislé		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	VLAK_brzd. a rozjezd.		0,8	0,4	0,8	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	VLAK_boční ráz		0,4	0,8	0,4	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	VLAK_odstředivá síla		0,4	0,8	0,4	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	vítr		0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08	teplota		0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hlavní nosník

■ Kapitola obsahuje posouzení všech průřezů hlavního nosníku a určení jejich zatížitelnosti.

Zatřídění průřezu

Volná výška stojiny (mezi úhelníky): $c = 1450$ mm (= b)
 Tloušťka stojiny: $t = 11$ mm
 Charakteristická mez kluzu: $f_{y,k} = 206,4$ MPa (viz korozní průřezum)
 Dílčí součinitele materiálu: $\gamma_{M0} = 1,1$
 $\gamma_{M1} = 1,2$



$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 206,4} = 1,067$$

$$c/t = 1450 / 11 = 131,82 > 124 \varepsilon = 24 \cdot 1,07 = 132,3$$

→ průřez 4. třídy

Stanovení efektivního průřezu

■ poměr napětí v tlaku a tahu: $\psi = -1$

Tabulka 4.1 – Vnitřní tlačené části

Průběh napětí (tlak označen kladně)				Účinná šířka b_{eff}		
				$\psi = 1$: $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$		
				$1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$		
				$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Součinitel kritického napětí k_σ	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

■ součinitel kritického napětí: $k_\sigma = 23,9$

■ součinitel boulení: $\rho = 1,0$ pro $\bar{\lambda}_p \leq 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi}$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{pro } \bar{\lambda}_p > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi}$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = 1450 / 11 / (28,4 \cdot 1,07 \cdot \sqrt{23,9}) = 0,89$$

$$0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,55 \cdot (-1)} = 1,3$$

$$0,89 < 1,2968689 \rightarrow \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$$

$$(0,89 - 0,055 (3 + (-1))) / 0,89^2 = 0,98$$

$$\rho = 0,985$$

■ efektivní část stojiny: $b_{\text{eff}} = \rho \cdot b_c = 0,985 \cdot 1450 / 2 = 714 \text{ mm}$

$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{\text{eff}} = 0,4 \cdot 714 = 286 \text{ mm}$

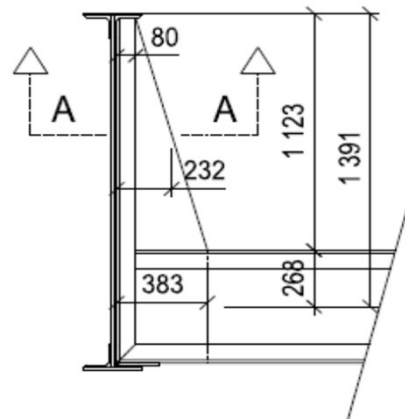
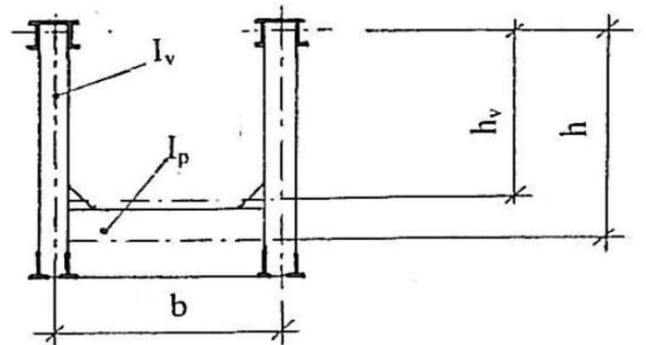
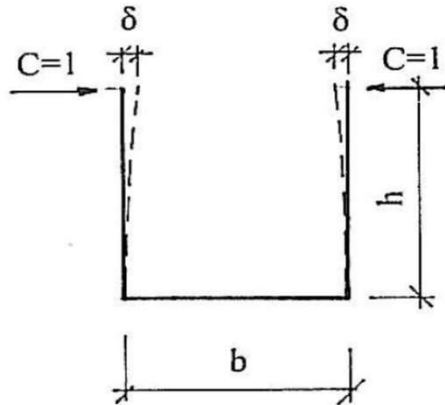
$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{\text{eff}} = 0,6 \cdot 714 = 428 \text{ mm}$

Vzpěr horní pásnice

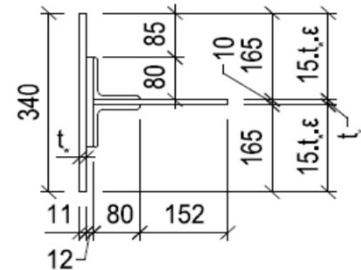
■ Horní pásnice je podporována proti ztrátě stability tuhostí stěny a svislých výztuh.

■ Tuhost polorámu:

$$C = \frac{1}{\delta} = \frac{E}{\frac{h_v^3}{3 I_v} + \frac{b h^2}{2 I_p}}$$



A-A



Modul pružnosti:

$E = 210 \text{ GPa}$

Průřezový modul příčnicku:

$I_p = 8,259 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

Průřezový modul výztuhy:

$I_v = 3,983 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

Výška polorámu:

$h = 1,391 \text{ m}$

Šířka polorámu:

$b = 4,81 \text{ m}$

Výška výztuhy:

$h_v = 1,123 \text{ m}$

$$C = 210 \cdot 10^3 / [(1123^3) / (3 \cdot 3,983 \cdot 10^7) + (4810 \cdot 1391^3) / (2 \cdot 8,259 \cdot 10^8)]$$

$$C = 12009 \text{ N/mm}$$

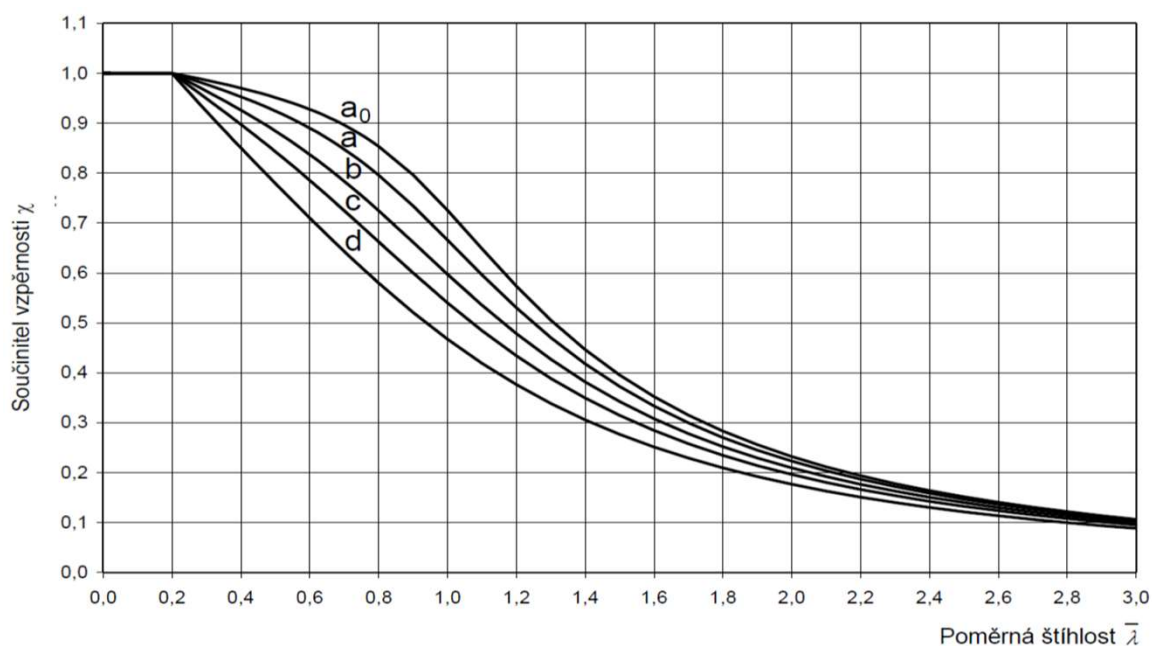
Plocha průřezu horního pásu:	A_p
Vzdál. těžiště pásu od těžiště nosníku:	Δt
Statický moment pásnice k těžišti:	$S_{y,p} = A \cdot \Delta t$
Průřezový modul hlavního nosníku:	I_y
Poloměr setrvačnosti pásnice:	$i_{z,p}$
Dílčí součinitel materiálu:	$\gamma_{M1} = 1,2$
Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1} = 206,4 / 1,2 = 172,00 \text{ MPa}$

Vzpěrná síla: $N_{sd,max} = M_{sd,max} S_y / I_y$

Nejnižší součinitel vzpěrnosti: $\chi_i = \frac{N_{sd,i}}{A_i f_y / \gamma_{M1}}$

Křivka vzpěrné pevnosti:

Poměrná štíhlost: $\underline{\lambda}$ odečteno z grafu na obrázku 6.4 pro příslušnou vzpěrnou křivku



Obrázek 6.4 – Křivky vzpěrné pevnosti

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \varepsilon = 93,9 \cdot 1,07 = 100$$

Odpovídající štíhlostní poměr: $\lambda_{i,max} = \underline{\lambda} \cdot \lambda_1$

Vzdálenost polorámů: $s = 1,88 \text{ m}$

Poměr největší přípustné a skutečné délky prutu: $\beta = L_z / s$

Průřez	x	A _p	Δt	S _{y,p}	I _y	i _{z,p}	M _{Sd}	N _{Sd}	χ	$\underline{\lambda}$	λ _{i,max}	L _z	β
HLN_01	0,585	9343	810,7	8E+06	1,42E+10	52,2	744	397,1	0,25	1,86	186	9728	5,175
HLN_02	2,165	9343	742	7E+06	1,23E+10	52,2	2336	1314,5	0,82	0,69	69,1	3609	1,92
HLN_01	3,055	9343	810,7	8E+06	1,42E+10	52,2	3026	1615,2	1,01	0,45	45,1	2354	1,252
HLN_03	4,045	11843	819,5	1E+07	1,78E+10	57	3838	2091,5	1,03	0,43	43,1	2456	1,306
HLN_04	5,435	14343	827	1E+07	2,15E+10	59,9	4680	2580,8	1,05	0,41	41,1	2461	1,309
HLN_05	8,435	16843	833,6	1E+07	2,53E+10	61,9	5534	3072,3	1,06	0,4	40,1	2481	1,32
HLN_06	9,735	19343	839,7	2E+07	2,92E+10	63,3	5583	3109,8	0,93	0,52	52,1	3298	1,754
HLN_05	10,39	16843	833,6	1E+07	2,53E+10	61,9	5428	3013,5	1,04	0,42	42,1	2605	1,386
HLN_04	13,05	14343	827	1E+07	2,15E+10	59,9	4395	2423,6	0,98	0,44	44,1	2641	1,405
HLN_03	14,44	11843	819,5	1E+07	1,78E+10	57	3507	1911,1	0,94	0,52	52,1	2970	1,58
HLN_01	15,53	9343	810,7	8E+06	1,42E+10	52,2	2678	1429,5	0,89	0,58	58,1	3033	1,614
HLN_02	16,43	9343	742	7E+06	1,23E+10	52,2	1873	1053,9	0,66	0,91	91,2	4759	2,532
HLN_01	15,93	9343	810,7	8E+06	1,42E+10	52,2	505	269,6	0,17	2,5	250	13075	6,955

Průměrná hodnota poměru největší
přípustné a skutečné délky prutu:

$$\beta_m = \text{PRŮMĚR}(\beta_i) = 2,270$$

Maximální normálová síla:

$$N_{Sd,max} = 3109,8 \text{ kN}$$

■ Minimální tuhost vnitřního polorámu:

$$C_{min} = \frac{3N_{Sd,max}}{\beta_m^2 S_{min}} \gamma_{M1} = 3 \cdot 3109,8 \cdot 1000 \cdot 1,2 / (2,27^2 \cdot 1,88 \cdot 1000)$$

$$C_{min} = 1156 \text{ N/mm}$$

$$C = 12009 \text{ N/mm} \geq C_{min} = 1156 \text{ N/mm} \quad \text{vyhovuje}$$

→ vzpěrnou délku tlačného pásu mezilehlých polí je možné uvažovat rovnu vzdálenosti příčníků

■ Minimální tuhost koncového polorámu:

$$8C_{min} = 8 \frac{3N_{Sd,max}}{\beta_m^2 S_{min}} \gamma_{M1} = 8 \cdot 1156$$

$$8 \cdot C_{min} = 9248 \text{ N/mm}$$

$$C = 12009 \text{ N/mm} \geq C_{min} = 9248 \text{ N/mm} \quad \text{vyhovuje}$$

→ vzpěrnou délku tlačného pásu krajního pole je možné uvažovat rovnu vzdálenosti příčníků

Výsledná vzpěrná délka:

$$L_{cr,z} = 1880 \text{ mm}$$

Výsledný štíhlostní poměr:

$$\underline{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

Výsledný součinitel vzpěrnosti:

$$\chi \quad \text{odečteno z grafu na obrázku 6.4 pro příslušnou vzpěrnou křivku}$$

■ Výsledné součinitele vzpěru:

Průřez	x	i_z	λ	χ
HLN_01	0,585	52,2	0,359	0,86
HLN_02	2,165	52,2	0,359	0,86
HLN_03	4,045	57	0,329	0,9
HLN_04	5,435	59,9	0,313	0,91
HLN_05	8,435	61,9	0,303	0,92
HLN_06	9,735	63,3	0,296	0,93

3.1
3.1.1

Průřez HLN_01

POSOUZENÍ

Materiálové charakteristiky

Mez kluzu:	$f_{y,k} =$	206,4	Mpa
Mez únosnosti:	$f_{u,k} =$	329,25	Mpa
Dílčí součinitele materiálu:	$\gamma_{M0} =$	1,1	
	$\gamma_{M1} =$	1,2	
	$\gamma_{M2} =$	1,3	
Vzpěrnostní součinitel:	$\chi_{My} =$	0,86	

Průřezové charakteristiky

Plný průřez:	$h_c =$	1690	mm
	$- e_H = e_D =$	845	mm
	$- e_L = e_P =$	125	mm
Celá stojina:	$h_w =$	1670	mm
Volná část stojiny:	$h =$	1450	mm
	$t_w =$	11	mm
Efektivní průřez:	$A_{eff} =$	32876,5	mm ²
	$I_{y,eff} =$	1,419	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
	$I_{z,eff} =$	5,113	$\cdot 10^7$ mm ⁴
	$e_{H,eff} =$	-852	mm
	$e_{D,eff} =$	838	mm
	$- e_{L,eff} = e_{P,eff} =$	125	mm
	$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff} =$	7	mm
Efektivní průřez oslabený nýty:	$I_{y,eff,oslab} =$	1,302	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
	$I_{z,eff,oslab} =$	4,62	$\cdot 10^7$ mm ⁴
	$e_{H,eff,oslab} =$	-808	mm
	$e_{D,eff,oslab} =$	882	mm
	$- e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab} =$	125	mm
	$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab} =$	-37	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A [m ²]	N _{Rd} [kN]	e _y [m]	W _y [m ³]	M _{y,Rd} [kNm]	e _z [m]	W _z [m ³]	M _{z,Rd} [kNm]
levý horní	0,033	6168,8	-0,808	-0,016114	-3158,8	-0,125	-0,00037	-84,25
pravý horní	0,033	6168,8	-0,808	-0,016114	-3158,8	0,125	0,00037	84,25
levý spodní	0,033	6168,8	0,882	0,0147619	2893,8	-0,125	-0,00037	-84,25
pravý spodní	0,033	6168,8	0,882	0,0147619	2893,8	0,125	0,00037	84,25

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	-102,8	-117,9	-25,62	-0,066	0,037	0,304	0,275	vyhovuje
399,1	281,7	266,9	9,06	0,065	-0,085	-0,108	0,127	vyhovuje
-152,6	-2,75	-8,394	7,93	-0,025	0,003	-0,094	0,116	vyhovuje
-45,6	-176,7	-178,4	8,89	-0,007	0,056	-0,106	0,056	vyhovuje
50,7	-13,9	-12,02	0,79	0,008	0,004	-0,009	0,003	vyhovuje
-80,18	-172,7	-175,7	4,77	-0,013	0,056	-0,057	0,014	vyhovuje
94,72	-12,56	-9,055	-9,47	0,015	0,003	0,112	0,131	vyhovuje
-118,2	10,26	14,63	2,63	-0,019	-0,005	-0,031	0,055	vyhovuje
-395,9	-354,4	-369,1	0	-0,064	0,117	0,000	0,053	vyhovuje
250,8	2948	2939	-3,6	0,041	-0,930	0,043	0,847	vyhovuje
-239,1	-65,84	-74,69	-47,21	-0,039	0,024	0,560	0,545	vyhovuje
286,3	305,6	295	77,08	0,046	-0,093	-0,915	0,962	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	-102,8	-117,9	-25,62	-0,066	0,037	-0,304	0,333	vyhovuje
399,1	281,7	266,9	9,06	0,065	-0,085	0,108	0,088	vyhovuje
-152,6	-2,75	-8,394	7,93	-0,025	0,003	0,094	0,072	vyhovuje
-45,6	-176,7	-178,4	8,89	-0,007	0,056	0,106	0,155	vyhovuje
50,7	-13,9	-12,02	0,79	0,008	0,004	0,009	0,021	vyhovuje
-80,18	-172,7	-175,7	4,77	-0,013	0,056	0,057	0,099	vyhovuje
94,72	-12,56	-9,055	-9,47	0,015	0,003	-0,112	0,094	vyhovuje
-118,2	10,26	14,63	2,63	-0,019	-0,005	0,031	0,007	vyhovuje
-395,9	-354,4	-369,1	0	-0,064	0,117	0,000	0,053	vyhovuje
250,8	2948	2939	-3,6	0,041	-0,930	-0,043	0,933	vyhovuje
-239,1	-65,84	-74,69	-47,21	-0,039	0,024	-0,560	0,575	vyhovuje
286,3	305,6	295	77,08	0,046	-0,093	0,915	0,868	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	-102,8	-117,9	-25,62	-0,066	-0,041	0,304	0,197	vyhovuje
399,1	281,7	266,9	9,06	0,065	0,092	-0,108	0,049	vyhovuje
-152,6	-2,75	-8,394	7,93	-0,025	-0,003	-0,094	0,122	vyhovuje
-45,6	-176,7	-178,4	8,89	-0,007	-0,062	-0,106	0,175	vyhovuje
50,7	-13,9	-12,02	0,79	0,008	-0,004	-0,009	0,005	vyhovuje
-80,18	-172,7	-175,7	4,77	-0,013	-0,061	-0,057	0,130	vyhovuje
94,72	-12,56	-9,055	-9,47	0,015	-0,003	0,112	0,125	vyhovuje
-118,2	10,26	14,63	2,63	-0,019	0,005	-0,031	0,045	vyhovuje
-395,9	-354,4	-369,1	0	-0,064	-0,128	0,000	0,192	vyhovuje
250,8	2948	2939	-3,6	0,041	1,016	0,043	1,099	nevyhovuje
-239,1	-65,84	-74,69	-47,21	-0,039	-0,026	0,560	0,496	vyhovuje
286,3	305,6	295	77,08	0,046	0,102	-0,915	0,767	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	-102,8	-117,9	-25,62	-0,066	-0,041	-0,304	0,411	vyhovuje
399,1	281,7	266,9	9,06	0,065	0,092	0,108	0,264	vyhovuje
-152,6	-2,75	-8,394	7,93	-0,025	-0,003	0,094	0,066	vyhovuje
-45,6	-176,7	-178,4	8,89	-0,007	-0,062	0,106	0,036	vyhovuje
50,7	-13,9	-12,02	0,79	0,008	-0,004	0,009	0,013	vyhovuje
-80,18	-172,7	-175,7	4,77	-0,013	-0,061	0,057	0,017	vyhovuje
94,72	-12,56	-9,055	-9,47	0,015	-0,003	-0,112	0,100	vyhovuje
-118,2	10,26	14,63	2,63	-0,019	0,005	0,031	0,017	vyhovuje
-395,9	-354,4	-369,1	0	-0,064	-0,128	0,000	0,192	vyhovuje
250,8	2948	2939	-3,6	0,041	1,016	-0,043	1,014	nevyhovuje
-239,1	-65,84	-74,69	-47,21	-0,039	-0,026	-0,560	0,625	vyhovuje
286,3	305,6	295	77,08	0,046	0,102	0,915	1,063	nevyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,099**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh: $a = 1,88 \text{ mm}$

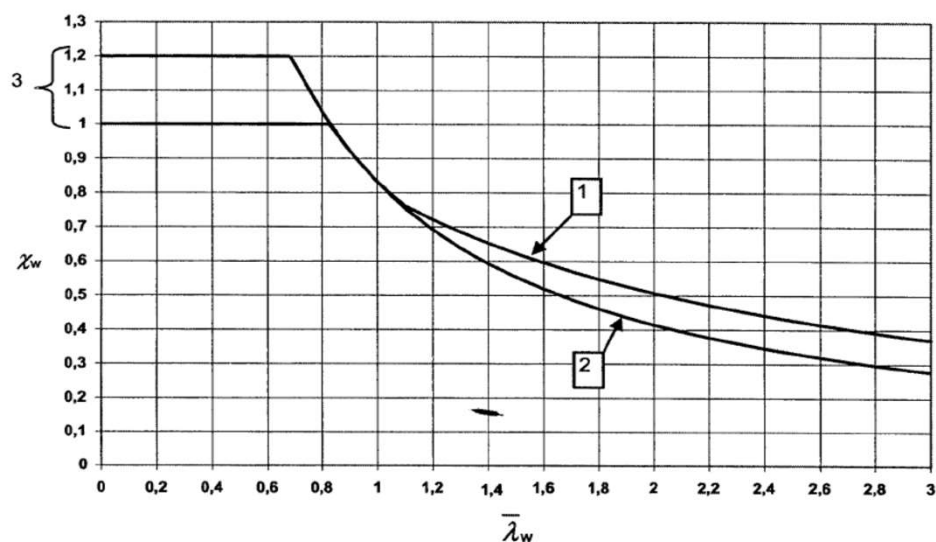
Pružné kritické napětí: $\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$
 $\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$

Součinitel kritického napětí: $k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$
 $k_\tau = 7,719$

Kritické smykové napětí: $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$
 $\tau_{cr} = 84,41 \text{ MPa}$

Upravená štíhlost: $\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yw} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$
 $\lambda_{wv} = 1,188$

Součinitel příspěvku stojiny: $\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$
 $\chi_w = 0,698$



- 1 tuhá koncová výztuha
2 netuhá koncová výztuha
3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
787,23	0,712	vyhovuje
879,39	0,795	vyhovuje
-598,88	0,541	vyhovuje
663,88	0,600	vyhovuje
-1151,58	1,041	nevyhovuje
1188,35	1,074	nevyhovuje
-176,47	0,160	vyhovuje
-27,85	0,025	vyhovuje
816,37	0,738	vyhovuje
796,17	0,720	vyhovuje
141,11	0,128	vyhovuje
777,09	0,702	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,074

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,81818$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

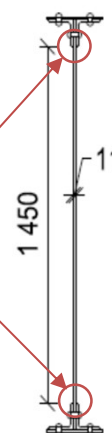
normálové napětí

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$$

smykové napětí

$$\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$e_{y,N} =$	-37 mm
$e_{z,H} =$	-688 mm
$e_{z,D} =$	762 mm
$A_c =$	32877 mm ²
$A_{s,H} = A_{s,D} =$	8738 mm ²
$\Delta t_H =$	-818 mm
$\Delta t_D =$	803 mm
$S_{y,H} =$	-0,0071 mm ³
$S_{y,D} =$	0,0070 mm ⁴
$I_y =$	1,302 · 10 ¹⁰ mm ⁴
$t_w =$	11 mm

$\sigma_E =$	10,9 MPa	viz posouzení smyku
$k_{\sigma} =$	23,9	viz stanovení eff. průřezu
$k_{\tau} =$	7,719	viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-299,6	-260,4	-271,5	543,5	5,23	-27,12	0,354	vyhovuje
296,1	221,7	210,7	593,55	-2,13	-29,62	0,386	vyhovuje
-103,5	92,01	95,84	-433,89	-8,21	21,65	0,284	vyhovuje
-48,15	-131,8	-133,6	467,14	5,59	-23,31	0,305	vyhovuje
26,01	-6,68	-5,718	-759,06	1,09	37,88	0,494	vyhovuje
-75,36	-130,1	-132,8	791,54	4,73	-39,50	0,515	vyhovuje
59,87	-7,45	-5,235	-115,79	2,10	5,78	0,076	vyhovuje
-77,58	4,92	7,79	-12,5	-2,77	0,62	0,013	vyhovuje
-296,1	-264,4	-275,3	561,95	5,54	-28,05	0,366	vyhovuje
179,1	1978	1971	530,4	-98,71	-26,47	0,512	vyhovuje
-176,7	-50,61	-57,15	181,7	-2,35	-9,07	0,119	vyhovuje
203	220,4	212,8	528,59	-5,07	-26,38	0,344	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-299,6	-260,4	-271,5	543,5	-25,00	26,63	0,360	vyhovuje
296,1	221,7	210,7	593,55	21,34	29,08	0,388	vyhovuje
-103,5	92,01	95,84	-433,89	2,46	-21,26	0,277	vyhovuje
-48,15	-131,8	-133,6	467,14	-9,28	22,89	0,300	vyhovuje
26,01	-6,68	-5,718	-759,06	0,46	-37,19	0,485	vyhovuje
-75,36	-130,1	-132,8	791,54	-10,07	38,78	0,507	vyhovuje
59,87	-7,45	-5,235	-115,79	1,51	-5,67	0,074	vyhovuje
-77,58	4,92	7,79	-12,5	-1,90	-0,61	0,011	vyhovuje
-296,1	-264,4	-275,3	561,95	-25,12	27,53	0,371	vyhovuje
179,1	1978	1971	530,4	120,81	25,99	0,573	vyhovuje
-176,7	-50,61	-57,15	181,7	-8,72	8,90	0,121	vyhovuje
203	220,4	212,8	528,59	18,63	25,90	0,345	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **0,573**

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: **0,896**

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	6168,8	-3158,8	-84,25
pravý horní	6168,8	-3158,8	84,25
levý spodní	6168,8	2893,8	-84,25
pravý spodní	6168,8	2893,8	84,25

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,037$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-369,5	-90,51	-104,2	-24,13	-0,060	0,033	0,286	0,260	vyhovuje
359,3	251,8	238,5	8,28	0,058	-0,075	-0,098	0,116	vyhovuje
-138,7	-2,26	-7,392	7,24	-0,022	0,002	-0,086	0,106	vyhovuje
-11,13	-133,8	-134,2	8,38	-0,002	0,042	-0,099	0,059	vyhovuje
47,18	-13,02	-11,27	0,55	0,008	0,004	-0,007	0,005	vyhovuje
-70,15	-155,4	-158	4,45	-0,011	0,050	-0,053	0,014	vyhovuje
86,69	-11,58	-8,372	-8,67	0,014	0,003	0,103	0,120	vyhovuje
254	110,7	101,3	10,15	0,041	-0,032	-0,120	0,111	vyhovuje
-356,3	-319	-332,2	0	-0,058	0,105	0,000	0,047	vyhovuje
226,8	2683	2675	-3,26	0,037	-0,847	0,039	0,771	vyhovuje
-220,6	-58,38	-66,54	-44,66	-0,036	0,021	0,530	0,515	vyhovuje
239,9	238,9	230	70,61	0,039	-0,073	-0,838	0,872	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,037$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-369,5	-90,51	-104,2	-24,13	-0,060	0,033	-0,286	0,313	vyhovuje
359,3	251,8	238,5	8,28	0,058	-0,075	0,098	0,081	vyhovuje
-138,7	-2,26	-7,392	7,24	-0,022	0,002	0,086	0,066	vyhovuje
-11,13	-133,8	-134,2	8,38	-0,002	0,042	0,099	0,140	vyhovuje
47,18	-13,02	-11,27	0,55	0,008	0,004	0,007	0,018	vyhovuje
-70,15	-155,4	-158	4,45	-0,011	0,050	0,053	0,091	vyhovuje
86,69	-11,58	-8,372	-8,67	0,014	0,003	-0,103	0,086	vyhovuje
254	110,7	101,3	10,15	0,041	-0,032	0,120	0,130	vyhovuje
-356,3	-319	-332,2	0	-0,058	0,105	0,000	0,047	vyhovuje
226,8	2683	2675	-3,26	0,037	-0,847	-0,039	0,849	vyhovuje
-220,6	-58,38	-66,54	-44,66	-0,036	0,021	-0,530	0,545	vyhovuje
239,9	238,9	230	70,61	0,039	-0,073	0,838	0,804	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-369,5	-90,51	-104,2	-24,13	-0,060	-0,036	0,286	0,191	vyhovuje
359,3	251,8	238,5	8,28	0,058	0,082	-0,098	0,042	vyhovuje
-138,7	-2,26	-7,392	7,24	-0,022	-0,003	-0,086	0,111	vyhovuje
-11,13	-133,8	-134,2	8,38	-0,002	-0,046	-0,099	0,148	vyhovuje
47,18	-13,02	-11,27	0,55	0,008	-0,004	-0,007	0,003	vyhovuje
-70,15	-155,4	-158	4,45	-0,011	-0,055	-0,053	0,119	vyhovuje
86,69	-11,58	-8,372	-8,67	0,014	-0,003	0,103	0,114	vyhovuje
254	110,7	101,3	10,15	0,041	0,035	-0,120	0,044	vyhovuje
-356,3	-319	-332,2	0	-0,058	-0,115	0,000	0,173	vyhovuje
226,8	2683	2675	-3,26	0,037	0,924	0,039	1,000	vyhovuje
-220,6	-58,38	-66,54	-44,66	-0,036	-0,023	0,530	0,471	vyhovuje
239,9	238,9	230	70,61	0,039	0,079	-0,838	0,720	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,037 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-369,5	-90,51	-104,2	-24,13	-0,060	-0,036	-0,286	0,382	vyhovuje
359,3	251,8	238,5	8,28	0,058	0,082	0,098	0,239	vyhovuje
-138,7	-2,26	-7,392	7,24	-0,022	-0,003	0,086	0,061	vyhovuje
-11,13	-133,8	-134,2	8,38	-0,002	-0,046	0,099	0,051	vyhovuje
47,18	-13,02	-11,27	0,55	0,008	-0,004	0,007	0,010	vyhovuje
-70,15	-155,4	-158	4,45	-0,011	-0,055	0,053	0,013	vyhovuje
86,69	-11,58	-8,372	-8,67	0,014	-0,003	-0,103	0,092	vyhovuje
254	110,7	101,3	10,15	0,041	0,035	0,120	0,197	vyhovuje
-356,3	-319	-332,2	0	-0,058	-0,115	0,000	0,173	vyhovuje
226,8	2683	2675	-3,26	0,037	0,924	-0,039	0,922	vyhovuje
-220,6	-58,38	-66,54	-44,66	-0,036	-0,023	-0,530	0,589	vyhovuje
239,9	238,9	230	70,61	0,039	0,079	0,838	0,956	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **0,895**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
731,94	0,662	vyhovuje
822,13	0,743	vyhovuje
-560,28	0,506	vyhovuje
556,56	0,503	vyhovuje
-1072,6	0,970	vyhovuje
1106,5	1,000	nevyhovuje
-164,08	0,148	vyhovuje
-25,18	0,023	vyhovuje
758,96	0,686	vyhovuje
741,58	0,670	vyhovuje
135,49	0,122	vyhovuje
726,59	0,657	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

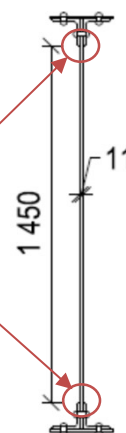
Zatížitelnost: **2,017**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$e_{y,N}$	=	-37	mm
$e_{z,H}$	=	-688	mm
$e_{z,D}$	=	762	mm
A_c	=	32877	mm ²
A_s	=	8738	mm ²
Δt_H	=	-818	mm
Δt_D	=	803	mm
$S_{y,H}$	=	-0,0071	mm ³
$S_{y,D}$	=	0,007	mm ⁴
I_y	=	1,302	$\cdot 10^4$ mm ⁴
t_w	=	11	mm
σ_E	=	10,9	MPa
k_σ	=	23,9	
k_τ	=	7,7195	

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-630,5	-547,6	-570,9	1012,3	10,99	-50,52	0,660	vyhovuje
625,2	469,1	445,9	1089,5	-4,55	-54,37	0,709	vyhovuje
-216,9	159,9	168	-751,99	-15,47	37,53	0,493	vyhovuje
-101,8	-277,5	-281,2	822,49	11,76	-41,05	0,537	vyhovuje
56,58	-12,24	-10,15	-1437,8	2,26	71,75	0,935	vyhovuje
-158,7	-273,8	-279,7	1506,7	9,95	-75,20	0,981	vyhovuje
127,3	-15,88	-11,17	-228,69	4,46	11,41	0,150	vyhovuje
-162,2	12,25	18,25	-41,97	-5,90	2,09	0,035	vyhovuje
-623,1	-555,9	-579	1051,3	11,64	-52,47	0,685	vyhovuje
386,5	3793	3778	1010,5	-187,89	-50,43	0,974	vyhovuje
-366	-136,8	-150,4	240,74	-3,19	-12,01	0,157	vyhovuje
434,6	435,3	419,3	974,23	-8,94	-48,62	0,635	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-630,5	-547,6	-570,9	1012,3	-52,59	49,59	0,677	vyhovuje
625,2	469,1	445,9	1089,5	45,12	53,38	0,717	vyhovuje
-216,9	159,9	168	-751,99	3,23	-36,84	0,480	vyhovuje
-101,8	-277,5	-281,2	822,49	-19,56	40,30	0,530	vyhovuje
56,58	-12,24	-10,15	-1437,8	1,13	-70,44	0,918	vyhovuje
-158,7	-273,8	-279,7	1506,7	-21,20	73,82	0,965	vyhovuje
127,3	-15,88	-11,17	-228,69	3,22	-11,20	0,147	vyhovuje
-162,2	12,25	18,25	-41,97	-3,87	-2,06	0,031	vyhovuje
-623,1	-555,9	-579	1051,3	-52,84	51,50	0,701	vyhovuje
386,5	3793	3778	1010,5	232,88	49,50	1,100	nevyhovuje
-366	-136,8	-150,4	240,74	-19,93	11,79	0,172	vyhovuje
434,6	435,3	419,3	974,23	37,76	47,73	0,639	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

3.2 3.2.1

Průřez HLN_02

POSOUZENÍ

Materiálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,86	

Průřezové charakteristiky

<i>Plný průřez:</i>		h_c	=	1680	mm
		e_H	=	-777	mm
		e_D	=	903	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
<i>Celá stojina:</i>		h_w	=	1670	mm
<i>Volná část stojiny:</i>		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
<i>Efektivní průřez:</i>		A_{eff}	=	30376,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	1,232	$\cdot 10^4$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	3,811	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-784	mm
		$e_{D,eff}$	=	896	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	7	mm
<i>Efektivní průřez oslabený nýty:</i>		$I_{y,eff,oslab}$	=	1,177	$\cdot 10^4$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	3,568	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-762	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	918	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-15	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{\frac{f_y A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{yEd} + N_{Ed} e_{y,N}}{\frac{f_y W_{y,eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{zEd} + N_{Ed} e_{z,N}}{\frac{f_y W_{z,eff}}{\gamma_{M0}}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,030	5699,7	-0,762	-0,01545	-3027,9	-0,125	-0,00029	-65,1
pravý horní	0,030	5699,7	-0,762	-0,01545	-3027,9	0,125	0,00029	65,1
levý spodní	0,030	5699,7	0,918	0,01282	2513,4	-0,125	-0,00029	-65,1
pravý spodní	0,030	5699,7	0,918	0,01282	2513,4	0,125	0,00029	65,1

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	62,75	68,88	-24,46	-0,072	-0,023	0,376	0,282	vyhovuje
390,2	404,7	398,9	39,33	0,068	-0,132	-0,604	0,668	vyhovuje
281,1	532,9	528,7	58,64	0,049	-0,175	-0,901	1,027	nevyhovuje
-172,6	165,3	167,8	2,5	-0,030	-0,055	-0,038	0,124	vyhovuje
75,76	484,9	483,8	-28,18	0,013	-0,160	0,433	0,287	vyhovuje
-15,7	370,4	370,6	59,13	-0,003	-0,122	-0,909	1,034	nevyhovuje
18,06	1291	1291	2,02	0,003	-0,426	-0,031	0,454	vyhovuje
-253,2	-197,2	-201	0,35	-0,044	0,066	-0,005	0,017	vyhovuje
-387,1	-328	-333,8	0,73	-0,068	0,110	-0,011	0,031	vyhovuje
343,4	2304	2299	1,79	0,060	-0,759	-0,028	0,726	vyhovuje
-250,7	7,7	11,46	-44,73	-0,044	-0,004	0,687	0,640	vyhovuje
292,6	447,8	443,4	70,72	0,051	-0,146	-1,087	1,182	nevyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	62,75	68,88	-24,46	-0,072	-0,023	-0,376	0,470	vyhovuje
390,2	404,7	398,9	39,33	0,068	-0,132	0,604	0,541	vyhovuje
281,1	532,9	528,7	58,64	0,049	-0,175	0,901	0,776	vyhovuje
-172,6	165,3	167,8	2,5	-0,030	-0,055	0,038	0,047	vyhovuje
75,76	484,9	483,8	-28,18	0,013	-0,160	-0,433	0,580	vyhovuje
-15,7	370,4	370,6	59,13	-0,003	-0,122	0,909	0,784	vyhovuje
18,06	1291	1291	2,02	0,003	-0,426	0,031	0,392	vyhovuje
-253,2	-197,2	-201	0,35	-0,044	0,066	0,005	0,027	vyhovuje
-387,1	-328	-333,8	0,73	-0,068	0,110	0,011	0,054	vyhovuje
343,4	2304	2299	1,79	0,060	-0,759	0,028	0,671	vyhovuje
-250,7	7,7	11,46	-44,73	-0,044	-0,004	-0,687	0,735	vyhovuje
292,6	447,8	443,4	70,72	0,051	-0,146	1,087	0,992	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	62,75	68,88	-24,46	-0,072	0,027	0,376	0,332	vyhovuje
390,2	404,7	398,9	39,33	0,068	0,159	-0,604	0,377	vyhovuje
281,1	532,9	528,7	58,64	0,049	0,210	-0,901	0,642	vyhovuje
-172,6	165,3	167,8	2,5	-0,030	0,067	-0,038	0,002	vyhovuje
75,76	484,9	483,8	-28,18	0,013	0,192	0,433	0,639	vyhovuje
-15,7	370,4	370,6	59,13	-0,003	0,147	-0,909	0,764	vyhovuje
18,06	1291	1291	2,02	0,003	0,513	-0,031	0,486	vyhovuje
-253,2	-197,2	-201	0,35	-0,044	-0,080	-0,005	0,130	vyhovuje
-387,1	-328	-333,8	0,73	-0,068	-0,133	-0,011	0,212	vyhovuje
343,4	2304	2299	1,79	0,060	0,915	-0,028	0,947	vyhovuje
-250,7	7,7	11,46	-44,73	-0,044	0,005	0,687	0,648	vyhovuje
292,6	447,8	443,4	70,72	0,051	0,176	-1,087	0,859	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-408,4	62,75	68,88	-24,46	-0,072	0,027	-0,376	0,420	vyhovuje
390,2	404,7	398,9	39,33	0,068	0,159	0,604	0,832	vyhovuje
281,1	532,9	528,7	58,64	0,049	0,210	0,901	1,161	nevyhovuje
-172,6	165,3	167,8	2,5	-0,030	0,067	0,038	0,075	vyhovuje
75,76	484,9	483,8	-28,18	0,013	0,192	-0,433	0,227	vyhovuje
-15,7	370,4	370,6	59,13	-0,003	0,147	0,909	1,054	nevyhovuje
18,06	1291	1291	2,02	0,003	0,513	0,031	0,548	vyhovuje
-253,2	-197,2	-201	0,35	-0,044	-0,080	0,005	0,119	vyhovuje
-387,1	-328	-333,8	0,73	-0,068	-0,133	0,011	0,190	vyhovuje
343,4	2304	2299	1,79	0,060	0,915	0,028	1,002	nevyhovuje
-250,7	7,7	11,46	-44,73	-0,044	0,005	-0,687	0,727	vyhovuje
292,6	447,8	443,4	70,72	0,051	0,176	1,087	1,315	nevyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,315**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh: $a = 1,88 \text{ mm}$

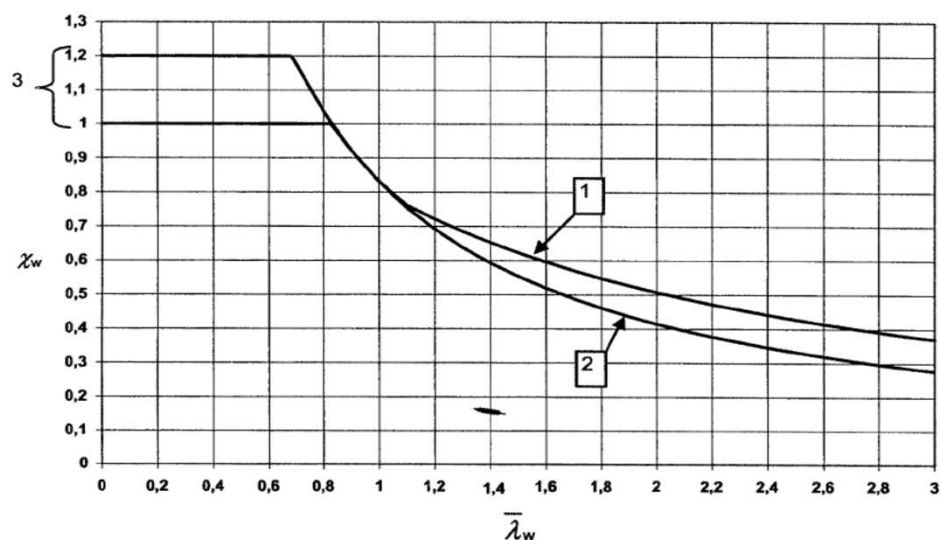
Pružné kritické napětí: $\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$
 $\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$

Součinitel kritického napětí: $k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$
 $k_\tau = 7,719$

Kritické smykové napětí: $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$
 $\tau_{cr} = 84,4093 \text{ MPa}$

Upravená štíhlost: $\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yv} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$
 $\lambda_{wv} = 1,18843$

Součinitel příspěvku stojiny: $\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$
 $\chi_w = 0,6984$



- 1 tuhá koncová výztuha
- 2 netuhá koncová výztuha
- 3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
786,27	0,711	vyhovuje
196,86	0,178	vyhovuje
703,86	0,636	vyhovuje
-94,16	0,085	vyhovuje
-975,46	0,882	vyhovuje
1032,06	0,933	vyhovuje
-840,19	0,760	vyhovuje
119,05	0,108	vyhovuje
81,66	0,074	vyhovuje
976,28	0,883	vyhovuje
281,14	0,254	vyhovuje
595,91	0,539	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,933

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,818$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

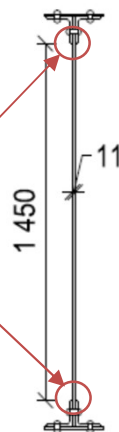
normálové
napětí

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$$

smykové
napětí

$$\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$e_{y,N} =$	-15 mm
$e_{z,H} =$	-642 mm
$e_{z,D} =$	808 mm
$A_c =$	30377 mm ²
$A_{s,H} =$	8738 mm ²
$A_{s,D} =$	5688 mm ²
$\Delta t_H =$	-749,5 mm
$\Delta t_D =$	860,2 mm
$S_{y,H} =$	-0,0065 mm ³
$S_{y,D} =$	0,0049 mm ⁴
$I_y =$	1,177 . 10 ¹⁰ mm ⁴
$t_w =$	11 mm

$\sigma_E =$	10,9 MPa	viz posouzení smyku
$k_{\sigma} =$	23,9	viz stanovení eff. průřezu
$k_{\tau} =$	7,719	viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-299,6	-36,59	-41,08	541,68	-7,62	-27,40	0,358	vyhovuje
279,5	314,8	310,6	164,99	-7,74	-8,35	0,113	vyhovuje
200,7	377,8	374,8	484,62	-13,84	-24,51	0,324	vyhovuje
-108,2	257,7	259,4	-131,42	-17,71	6,65	0,110	vyhovuje
42,08	319,1	318,5	-641,55	-15,99	32,45	0,427	vyhovuje
-28,67	231,9	232,3	687,72	-13,62	-34,79	0,456	vyhovuje
3,83	852,7	852,7	-558,1	-46,38	28,23	0,408	vyhovuje
252,2	840,5	836,7	399,2	-37,34	-20,19	0,299	vyhovuje
-291,2	-225,3	-229,6	108,32	2,94	-5,48	0,072	vyhovuje
250,3	1552	1549	642,89	-76,23	-32,52	0,514	vyhovuje
-190,6	682,2	685,1	386,55	-43,64	-19,55	0,305	vyhovuje
207,7	323,1	320	416,96	-10,62	-21,09	0,027	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-299,6	-36,59	-41,08	541,68	-12,68	20,47	0,271	vyhovuje
279,5	314,8	310,6	164,99	30,53	6,24	0,142	vyhovuje
200,7	377,8	374,8	484,62	32,33	18,31	0,269	vyhovuje
-108,2	257,7	259,4	-131,42	14,24	-4,97	0,085	vyhovuje
42,08	319,1	318,5	-641,55	23,25	-24,24	0,328	vyhovuje
-28,67	231,9	232,3	687,72	15,00	25,99	0,344	vyhovuje
3,83	852,7	852,7	-558,1	58,66	-21,09	0,355	vyhovuje
252,2	840,5	836,7	399,2	65,74	15,09	0,319	vyhovuje
-291,2	-225,3	-229,6	108,32	-25,35	4,09	0,111	vyhovuje
250,3	1552	1549	642,89	114,55	24,30	0,541	vyhovuje
-190,6	682,2	685,1	386,55	40,76	14,61	0,246	vyhovuje
207,7	323,1	320	416,96	28,80	15,76	0,057	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,541

3.2.2

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: **0,703**

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	5699,7	-3027,9	-65,1
pravý horní	5699,7	-3027,9	65,1
levý spodní	5699,7	2513,4	-65,1
pravý spodní	5699,7	2513,4	65,1

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,015$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-297,1	55,16	59,62	-20,28	-0,052	-0,020	0,312	0,240	vyhovuje
281,2	306,3	302	30,81	0,049	-0,100	-0,474	0,524	vyhovuje
196,4	349,9	346,9	48,23	0,034	-0,115	-0,741	0,821	vyhovuje
-140,9	151,6	153,8	2,89	-0,025	-0,051	-0,044	0,120	vyhovuje
59,74	362,7	361,8	-22,86	0,010	-0,119	0,351	0,242	vyhovuje
-4,55	282,1	282,2	44,73	-0,001	-0,093	-0,687	0,781	vyhovuje
16,51	967,9	967,7	1,14	0,003	-0,320	-0,018	0,334	vyhovuje
-182,1	-129,9	-132,6	0,31	-0,032	0,044	-0,005	0,007	vyhovuje
-276,5	-221,8	-226	0,59	-0,049	0,075	-0,009	0,017	vyhovuje
247,9	1709	1705	1,78	0,043	-0,563	-0,027	0,547	vyhovuje
-194,3	11,16	14,07	-37,62	-0,034	-0,005	0,578	0,539	vyhovuje
202,8	302	298,9	55,02	0,036	-0,099	-0,846	0,909	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,015$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-297,1	55,16	59,62	-20,28	-0,052	-0,020	-0,312	0,384	vyhovuje
281,2	306,3	302	30,81	0,049	-0,100	0,474	0,423	vyhovuje
196,4	349,9	346,9	48,23	0,034	-0,115	0,741	0,661	vyhovuje
-140,9	151,6	153,8	2,89	-0,025	-0,051	0,044	0,031	vyhovuje
59,74	362,7	361,8	-22,86	0,010	-0,119	-0,351	0,460	vyhovuje
-4,55	282,1	282,2	44,73	-0,001	-0,093	0,687	0,593	vyhovuje
16,51	967,9	967,7	1,14	0,003	-0,320	0,018	0,299	vyhovuje
-182,1	-129,9	-132,6	0,31	-0,032	0,044	0,005	0,017	vyhovuje
-276,5	-221,8	-226	0,59	-0,049	0,075	0,009	0,035	vyhovuje
247,9	1709	1705	1,78	0,043	-0,563	0,027	0,492	vyhovuje
-194,3	11,16	14,07	-37,62	-0,034	-0,005	-0,578	0,617	vyhovuje
202,8	302	298,9	55,02	0,036	-0,099	0,846	0,782	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-297,1	55,16	59,62	-20,28	-0,052	0,024	0,312	0,283	vyhovuje
281,2	306,3	302	30,81	0,049	0,120	-0,474	0,304	vyhovuje
196,4	349,9	346,9	48,23	0,034	0,138	-0,741	0,569	vyhovuje
-140,9	151,6	153,8	2,89	-0,025	0,061	-0,044	0,008	vyhovuje
59,74	362,7	361,8	-22,86	0,010	0,144	0,351	0,506	vyhovuje
-4,55	282,1	282,2	44,73	-0,001	0,112	-0,687	0,576	vyhovuje
16,51	967,9	967,7	1,14	0,003	0,385	-0,018	0,370	vyhovuje
-182,1	-129,9	-132,6	0,31	-0,032	-0,053	-0,005	0,089	vyhovuje
-276,5	-221,8	-226	0,59	-0,049	-0,090	-0,009	0,147	vyhovuje
247,9	1709	1705	1,78	0,043	0,678	-0,027	0,694	vyhovuje
-194,3	11,16	14,07	-37,62	-0,034	0,006	0,578	0,550	vyhovuje
202,8	302	298,9	55,02	0,036	0,119	-0,846	0,691	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-297,1	55,16	59,62	-20,28	-0,052	0,024	-0,312	0,340	vyhovuje
281,2	306,3	302	30,81	0,049	0,120	0,474	0,643	vyhovuje
196,4	349,9	346,9	48,23	0,034	0,138	0,741	0,914	vyhovuje
-140,9	151,6	153,8	2,89	-0,025	0,061	0,044	0,081	vyhovuje
59,74	362,7	361,8	-22,86	0,010	0,144	-0,351	0,197	vyhovuje
-4,55	282,1	282,2	44,73	-0,001	0,112	0,687	0,799	vyhovuje
16,51	967,9	967,7	1,14	0,003	0,385	0,018	0,405	vyhovuje
-182,1	-129,9	-132,6	0,31	-0,032	-0,053	0,005	0,080	vyhovuje
-276,5	-221,8	-226	0,59	-0,049	-0,090	0,009	0,129	vyhovuje
247,9	1709	1705	1,78	0,043	0,678	0,027	0,749	vyhovuje
-194,3	11,16	14,07	-37,62	-0,034	0,006	-0,578	0,607	vyhovuje
202,8	302	298,9	55,02	0,036	0,119	0,846	1,000	nevyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,000

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **1,048**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
844,32	0,763	vyhovuje
201,21	0,182	vyhovuje
750,8	0,679	vyhovuje
-130,5	0,118	vyhovuje
-1045,1	0,945	vyhovuje
1106,5	1,000	nevyhovuje
-900,22	0,814	vyhovuje
120,98	0,109	vyhovuje
80,38	0,073	vyhovuje
1046,5	0,946	vyhovuje
298,88	0,270	vyhovuje
633,78	0,573	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

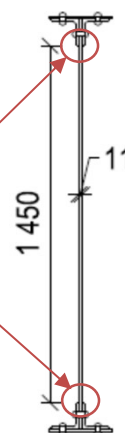
Zatížitelnost: **2,182**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$$\begin{aligned}
 e_{y,N} &= -37 \text{ mm} \\
 e_{z,H} &= -688 \text{ mm} \\
 e_{z,D} &= 762 \text{ mm} \\
 A_c &= 32877 \text{ mm}^2 \\
 A_s &= 8738 \text{ mm}^2 \\
 \Delta t_H &= -818 \text{ mm} \\
 \Delta t_D &= 803 \text{ mm} \\
 S_{y,H} &= -0,0071 \text{ mm}^3 \\
 S_{y,D} &= 0,007 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 1,302 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 t_w &= 11 \text{ mm} \\
 \sigma_E &= 10,9 \text{ MPa} \\
 k_\sigma &= 23,9 \\
 k_\tau &= 7,7195
 \end{aligned}$$

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-651,2	-141,5	-165,5	1040	-11,06	-51,90	0,678	vyhovuje
616,1	617,8	595	210,09	-12,70	-10,48	0,145	vyhovuje
444,1	755,2	738,7	907,53	-25,53	-45,29	0,598	vyhovuje
-227,1	261,9	270,3	-142,99	-21,19	7,14	0,123	vyhovuje
100,9	628,6	624,9	-1249,1	-29,95	62,34	0,820	vyhovuje
-54,91	436,9	438,9	1349,8	-24,86	-67,37	0,883	vyhovuje
9,61	1652	1651	-1080,9	-86,97	53,95	0,778	vyhovuje
-407,5	-340,2	-355,2	137,19	6,38	-6,85	0,093	vyhovuje
-632,8	-553,1	-576,6	94,39	11,22	-4,71	0,075	vyhovuje
553,7	3085	3065	1259	-145,12	-62,83	0,989	vyhovuje
-409,6	1188	1203	700,54	-76,05	-34,96	0,541	vyhovuje
459,4	635,9	618,9	759,9	-18,73	-37,92	0,499	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-651,2	-141,5	-165,5	1040	-29,50	50,95	0,674	vyhovuje
616,1	617,8	595	210,09	53,56	10,29	0,245	vyhovuje
444,1	755,2	738,7	907,53	56,74	44,46	0,619	vyhovuje
-227,1	261,9	270,3	-142,99	8,91	-7,01	0,097	vyhovuje
100,9	628,6	624,9	-1249,1	39,64	-61,20	0,812	vyhovuje
-54,91	436,9	438,9	1349,8	24,02	66,13	0,867	vyhovuje
9,61	1652	1651	-1080,9	96,94	-52,96	0,783	vyhovuje
-407,5	-340,2	-355,2	137,19	-33,19	6,72	0,154	vyhovuje
-632,8	-553,1	-576,6	94,39	-52,99	4,62	0,212	vyhovuje
553,7	3085	3065	1259	196,22	61,68	1,100	vyhovuje
-409,6	1188	1203	700,54	57,97	34,32	0,499	vyhovuje
459,4	635,9	618,9	759,9	50,19	37,23	0,522	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

3.3

3.3.1

Průřez HLN_03

POSOUZENÍ

Materiálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,9	

Průřezové charakteristiky

<i>Plný průřez:</i>		h_c	=	1710	mm
		$-e_H = e_D$	=	855	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
<i>Celá stojina:</i>		h_w	=	1670	mm
<i>Volná část stojiny:</i>		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
<i>Efektivní průřez:</i>		A_{eff}	=	37876,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	1,781	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	7,717	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-861	mm
		$e_{D,eff}$	=	849	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	6	mm
<i>Efektivní průřez oslabený nýty:</i>		$I_{y,eff,oslab}$	=	1,629	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	6,995	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-812	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	898	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-43	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,038	7107	-0,812	-0,0201	-4115,6	-0,125	-0,00056	-127,56
pravý horní	0,038	7107	-0,812	-0,0201	-4115,6	0,125	0,00056	127,56
levý spodní	0,038	7107	0,898	0,0181	3721,5	-0,125	-0,00056	-127,56
pravý spodní	0,038	7107	0,898	0,0181	3721,5	0,125	0,00056	127,56

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2040	2061	-14,73	-0,066	-0,501	0,115	0,451	vyhovuje
366,7	835,8	820	8,09	0,052	-0,199	-0,063	0,211	vyhovuje
111,7	1773	1768	30,42	0,016	-0,430	-0,238	0,652	vyhovuje
-75,99	1555	1559	-30,34	-0,011	-0,379	0,238	0,152	vyhovuje
102,1	2617	2613	-21,12	0,014	-0,635	0,166	0,455	vyhovuje
-331	2206	2220	0,97	-0,047	-0,540	-0,008	0,594	vyhovuje
80,52	759	755,6	-4,04	0,011	-0,184	0,032	0,141	vyhovuje
315,9	1518	1505	-6,82	0,044	-0,366	0,053	0,268	vyhovuje
-336,5	-138,9	-153,4	-25,94	-0,047	0,037	0,203	0,193	vyhovuje
251,4	3740	3729	-14	0,035	-0,906	0,110	0,761	vyhovuje
-157,9	1569	1575	-37,04	-0,022	-0,383	0,290	0,115	vyhovuje
-62,89	1192	1195	40,37	-0,009	-0,290	-0,316	0,616	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2040	2061	-14,73	-0,066	-0,501	-0,115	0,682	vyhovuje
366,7	835,8	820	8,09	0,052	-0,199	0,063	0,084	vyhovuje
111,7	1773	1768	30,42	0,016	-0,430	0,238	0,175	vyhovuje
-75,99	1555	1559	-30,34	-0,011	-0,379	-0,238	0,627	vyhovuje
102,1	2617	2613	-21,12	0,014	-0,635	-0,166	0,786	vyhovuje
-331	2206	2220	0,97	-0,047	-0,540	0,008	0,578	vyhovuje
80,52	759	755,6	-4,04	0,011	-0,184	-0,032	0,204	vyhovuje
315,9	1518	1505	-6,82	0,044	-0,366	-0,053	0,375	vyhovuje
-336,5	-138,9	-153,4	-25,94	-0,047	0,037	-0,203	0,213	vyhovuje
251,4	3740	3729	-14	0,035	-0,906	-0,110	0,980	vyhovuje
-157,9	1569	1575	-37,04	-0,022	-0,383	-0,290	0,695	vyhovuje
-62,89	1192	1195	40,37	-0,009	-0,290	0,316	0,017	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2040	2061	-14,73	-0,066	0,554	0,115	0,603	vyhovuje
366,7	835,8	820	8,09	0,052	0,220	-0,063	0,209	vyhovuje
111,7	1773	1768	30,42	0,016	0,475	-0,238	0,252	vyhovuje
-75,99	1555	1559	-30,34	-0,011	0,419	0,238	0,646	vyhovuje
102,1	2617	2613	-21,12	0,014	0,702	0,166	0,882	vyhovuje
-331	2206	2220	0,97	-0,047	0,597	-0,008	0,542	vyhovuje
80,52	759	755,6	-4,04	0,011	0,203	0,032	0,246	vyhovuje
315,9	1518	1505	-6,82	0,044	0,404	0,053	0,502	vyhovuje
-336,5	-138,9	-153,4	-25,94	-0,047	-0,041	0,203	0,115	vyhovuje
251,4	3740	3729	-14	0,035	1,002	0,110	1,147	nevyhovuje
-157,9	1569	1575	-37,04	-0,022	0,423	0,290	0,691	vyhovuje
-62,89	1192	1195	40,37	-0,009	0,321	-0,316	0,004	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2040	2061	-14,73	-0,066	0,554	-0,115	0,372	vyhovuje
366,7	835,8	820	8,09	0,052	0,220	0,063	0,335	vyhovuje
111,7	1773	1768	30,42	0,016	0,475	0,238	0,729	vyhovuje
-75,99	1555	1559	-30,34	-0,011	0,419	-0,238	0,170	vyhovuje
102,1	2617	2613	-21,12	0,014	0,702	-0,166	0,551	vyhovuje
-331	2206	2220	0,97	-0,047	0,597	0,008	0,558	vyhovuje
80,52	759	755,6	-4,04	0,011	0,203	-0,032	0,183	vyhovuje
315,9	1518	1505	-6,82	0,044	0,404	-0,053	0,395	vyhovuje
-336,5	-138,9	-153,4	-25,94	-0,047	-0,041	-0,203	0,292	vyhovuje
251,4	3740	3729	-14	0,035	1,002	-0,110	0,928	vyhovuje
-157,9	1569	1575	-37,04	-0,022	0,423	-0,290	0,111	vyhovuje
-62,89	1192	1195	40,37	-0,009	0,321	0,316	0,629	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,147**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh: $a = 1,88 \text{ mm}$

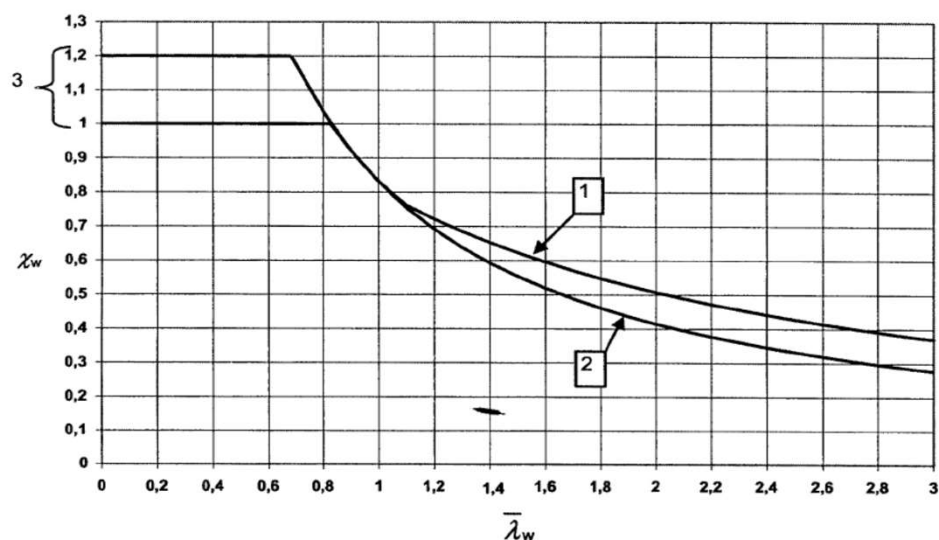
Pružné kritické napětí: $\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$
 $\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$

Součinitel kritického napětí: $k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$
 $k_\tau = 7,719$

Kritické smykové napětí: $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$
 $\tau_{cr} = 84,409 \text{ MPa}$

Upravená štíhlost: $\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yv} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$
 $\lambda_{wv} = 1,1884$

Součinitel příspěvku stojiny: $\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$
 $\chi_w = 0,6984$



- 1 tuhá koncová výztuha
- 2 netuhá koncová výztuha
- 3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
558,04	0,504	vyhovuje
178,14	0,161	vyhovuje
-286,7	0,259	vyhovuje
446,08	0,403	vyhovuje
-885,93	0,801	vyhovuje
871,7	0,788	vyhovuje
-227,67	0,206	vyhovuje
431,17	0,390	vyhovuje
11,33	0,010	vyhovuje
802,22	0,725	vyhovuje
-278,33	0,252	vyhovuje
154,78	0,140	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,801

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,82$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

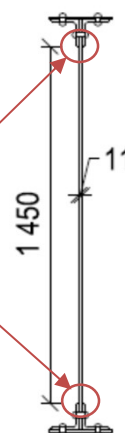
$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$$e_{y,N} = -43 \text{ mm}$$

$$e_{z,H} = -682 \text{ mm}$$

$$e_{z,D} = 768 \text{ mm}$$

$$A_c = 37877 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,H} = A_{s,D} = 11238 \text{ mm}^2$$

$$\Delta t_H = -825,7 \text{ mm}$$

$$\Delta t_D = 813,1 \text{ mm}$$

$$S_{y,H} = -0,0093 \text{ mm}^3$$

$$S_{y,D} = 0,0091 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 1,629 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

$$k_{\sigma} = 23,9$$

$$k_{\tau} = 7,719$$

viz posouzení smyku

viz stanovení eff. průřezu

viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-335,1	1385	1399	388,12	-67,43	-20,10	0,368	vyhovuje
275	664,6	652,8	144,85	-20,07	-7,50	0,124	vyhovuje
66,63	1259	1256	-210,15	-50,83	10,88	0,241	vyhovuje
-32,92	1124	1125	313,79	-47,97	-16,25	0,280	vyhovuje
68,76	1749	1746	-589,86	-71,28	30,55	0,483	vyhovuje
-264,3	1421	1432	574,8	-66,94	-29,77	0,465	vyhovuje
51,62	597,4	595,2	-180,88	-23,55	9,37	0,152	vyhovuje
254,8	1143	1132	317,15	-40,65	-16,42	0,265	vyhovuje
-241,7	40,58	50,97	46,21	-8,52	-2,39	0,045	vyhovuje
179,5	2504	2496	532,19	-99,76	-27,56	0,524	vyhovuje
-97,23	1166	1170	-212,9	-51,54	11,02	0,244	vyhovuje
-25,04	936,2	937,2	132,65	-39,90	-6,87	0,177	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-335,1	1385	1399	388,12	57,12	19,79	0,338	vyhovuje
275	664,6	652,8	144,85	38,04	7,39	0,175	vyhovuje
66,63	1259	1256	-210,15	60,97	-10,72	0,272	vyhovuje
-32,92	1124	1125	313,79	52,17	16,00	0,289	vyhovuje
68,76	1749	1746	-589,86	84,13	-30,08	0,507	vyhovuje
-264,3	1421	1432	574,8	60,55	29,31	0,447	vyhovuje
51,62	597,4	595,2	-180,88	29,42	-9,22	0,165	vyhovuje
254,8	1143	1132	317,15	60,08	16,17	0,312	vyhovuje
-241,7	40,58	50,97	46,21	-3,98	2,36	0,034	vyhovuje
179,5	2504	2496	532,19	122,42	27,14	0,587	vyhovuje
-97,23	1166	1170	-212,9	52,58	-10,86	0,246	vyhovuje
-25,04	936,2	937,2	132,65	43,53	6,76	0,188	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,587

3.3.2

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: 0,851

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	7107	-4115,6	-127,56
pravý horní	7107	-4115,6	127,56
levý spodní	7107	3721,5	-127,56
pravý spodní	7107	3721,5	127,56

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,043$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-405	1773	1791	-13,22	-0,057	-0,435	0,104	0,388	vyhovuje
313,6	765,7	752,2	7,19	0,044	-0,183	-0,056	0,195	vyhovuje
98,28	1582	1577	26,32	0,014	-0,383	-0,206	0,576	vyhovuje
-69,85	1360	1363	-26,58	-0,010	-0,331	0,208	0,133	vyhovuje
88,76	2282	2279	-18,36	0,012	-0,554	0,144	0,397	vyhovuje
-280,3	1932	1944	1,2	-0,039	-0,472	-0,009	0,521	vyhovuje
70,54	703,3	700,2	-3,78	0,010	-0,170	0,030	0,131	vyhovuje
266,6	1330	1318	-6,4	0,038	-0,320	0,050	0,233	vyhovuje
-268	-89,03	-100,6	-23,64	-0,038	0,024	0,185	0,172	vyhovuje
216,9	3259	3249	-12,27	0,031	-0,790	0,096	0,663	vyhovuje
-139,6	1382	1388	-31,97	-0,020	-0,337	0,251	0,106	vyhovuje
-58,88	1061	1063	34,71	-0,008	-0,258	-0,272	0,539	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,043$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-405	1773	1791	-13,22	-0,057	-0,435	-0,104	0,596	vyhovuje
313,6	765,7	752,2	7,19	0,044	-0,183	0,056	0,082	vyhovuje
98,28	1582	1577	26,32	0,014	-0,383	0,206	0,163	vyhovuje
-69,85	1360	1363	-26,58	-0,010	-0,331	-0,208	0,549	vyhovuje
88,76	2282	2279	-18,36	0,012	-0,554	-0,144	0,685	vyhovuje
-280,3	1932	1944	1,2	-0,039	-0,472	0,009	0,502	vyhovuje
70,54	703,3	700,2	-3,78	0,010	-0,170	-0,030	0,190	vyhovuje
266,6	1330	1318	-6,4	0,038	-0,320	-0,050	0,333	vyhovuje
-268	-89,03	-100,6	-23,64	-0,038	0,024	-0,185	0,199	vyhovuje
216,9	3259	3249	-12,27	0,031	-0,790	-0,096	0,855	vyhovuje
-139,6	1382	1388	-31,97	-0,020	-0,337	-0,251	0,607	vyhovuje
-58,88	1061	1063	34,71	-0,008	-0,258	0,272	0,005	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-405	1773	1791	-13,22	-0,057	0,481	0,104	0,528	vyhovuje
313,6	765,7	752,2	7,19	0,044	0,202	-0,056	0,190	vyhovuje
98,28	1582	1577	26,32	0,014	0,424	-0,206	0,231	vyhovuje
-69,85	1360	1363	-26,58	-0,010	0,366	0,208	0,565	vyhovuje
88,76	2282	2279	-18,36	0,012	0,612	0,144	0,769	vyhovuje
-280,3	1932	1944	1,2	-0,039	0,522	-0,009	0,474	vyhovuje
70,54	703,3	700,2	-3,78	0,010	0,188	0,030	0,228	vyhovuje
266,6	1330	1318	-6,4	0,038	0,354	0,050	0,442	vyhovuje
-268	-89,03	-100,6	-23,64	-0,038	-0,027	0,185	0,121	vyhovuje
216,9	3259	3249	-12,27	0,031	0,873	0,096	1,000	vyhovuje
-139,6	1382	1388	-31,97	-0,020	0,373	0,251	0,604	vyhovuje
-58,88	1061	1063	34,71	-0,008	0,286	-0,272	0,005	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,043 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-405	1773	1791	-13,22	-0,057	0,481	-0,104	0,321	vyhovuje
313,6	765,7	752,2	7,19	0,044	0,202	0,056	0,303	vyhovuje
98,28	1582	1577	26,32	0,014	0,424	0,206	0,644	vyhovuje
-69,85	1360	1363	-26,58	-0,010	0,366	-0,208	0,148	vyhovuje
88,76	2282	2279	-18,36	0,012	0,612	-0,144	0,481	vyhovuje
-280,3	1932	1944	1,2	-0,039	0,522	0,009	0,492	vyhovuje
70,54	703,3	700,2	-3,78	0,010	0,188	-0,030	0,168	vyhovuje
266,6	1330	1318	-6,4	0,038	0,354	-0,050	0,342	vyhovuje
-268	-89,03	-100,6	-23,64	-0,038	-0,027	-0,185	0,250	vyhovuje
216,9	3259	3249	-12,27	0,031	0,873	-0,096	0,807	vyhovuje
-139,6	1382	1388	-31,97	-0,020	0,373	-0,251	0,103	vyhovuje
-58,88	1061	1063	34,71	-0,008	0,286	0,272	0,550	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,000

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **1,288**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
699,04	0,632	vyhovuje
194,91	0,176	vyhovuje
-341	0,308	vyhovuje
555,09	0,502	vyhovuje
-1106,4	1,000	nevyhovuje
1088	0,984	vyhovuje
-258,99	0,234	vyhovuje
529,99	0,479	vyhovuje
-10,79	0,010	vyhovuje
1001,8	0,906	vyhovuje
-339,16	0,307	vyhovuje
180,83	0,163	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

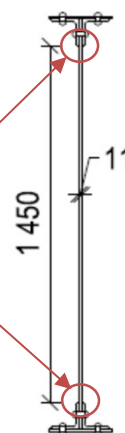
Zatížitelnost: **2,055**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:	$e_{y,N} =$	-43	mm
	$e_{z,H} =$	-682	mm
	$e_{z,D} =$	768	mm
	$A_c =$	37877	mm ²
	$A_s =$	11238	mm ²
	$\Delta t_H =$	-825,7	mm
	$\Delta t_D =$	813,1	mm
	$S_{y,H} =$	-0,0093	mm ³
	$S_{y,D} =$	0,0091	mm ⁴
	$I_y =$	1,629	$\cdot 10^4$ mm ⁴
	$t_w =$	11	mm
	$\sigma_E =$	10,9	MPa
	$k_\sigma =$	23,9	
	$k_\tau =$	7,7195	

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-679,8	2486	2516	702,19	-123,26	-36,36	0,669	vyhovuje
566,7	1020	995,4	181,61	-26,71	-9,40	0,160	vyhovuje
144,6	2140	2134	-340,96	-85,51	17,66	0,400	vyhovuje
-59,8	1951	1953	550,16	-83,36	-28,49	0,489	vyhovuje
142,4	3247	3241	-1095,9	-131,91	56,75	0,895	vyhovuje
-541	2573	2596	1064,5	-122,96	-55,12	0,859	vyhovuje
106,6	864,5	860	-256,79	-33,19	13,30	0,215	vyhovuje
525,9	2000	1978	535,03	-68,92	-27,71	0,447	vyhovuje
-489	-277,6	-298,7	-6,31	-0,41	0,33	0,005	vyhovuje
376,7	4680	4664	994,4	-185,31	-51,49	0,976	vyhovuje
-192,1	1934	1942	-339,05	-86,38	17,56	0,402	vyhovuje
-42,63	1477	1479	181,84	-63,03	-9,42	0,271	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-679,8	2486	2516	702,19	100,65	35,81	0,605	vyhovuje
566,7	1020	995,4	181,61	61,89	9,26	0,266	vyhovuje
144,6	2140	2134	-340,96	104,41	-17,39	0,459	vyhovuje
-59,8	1951	1953	550,16	90,52	28,05	0,504	vyhovuje
142,4	3247	3241	-1095,9	156,54	-55,88	0,943	vyhovuje
-541	2573	2596	1064,5	108,10	54,28	0,819	vyhovuje
106,6	864,5	860	-256,79	43,36	-13,09	0,238	vyhovuje
525,9	2000	1978	535,03	107,13	27,28	0,543	vyhovuje
-489	-277,6	-298,7	-6,31	-26,99	-0,32	0,103	vyhovuje
376,7	4680	4664	994,4	229,82	50,71	1,100	nevyhovuje
-192,1	1934	1942	-339,05	86,49	-17,29	0,400	vyhovuje
-42,63	1477	1479	181,84	68,59	9,27	0,289	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

3.4
3.4.1

Průřez HLN_04

POSOUZENÍ

Materiálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,91	

Průřezové charakteristiky

Plný průřez:		h_c	=	1730	mm
		$-e_H = e_D$	=	865	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
Celá stojina:		h_w	=	1670	mm
Volná část stojiny:		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
Efektivní průřez:		A_{eff}	=	42876,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	2,151	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	10,32	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-871	mm
		$e_{D,eff}$	=	859	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	6	mm
Efektivní průřez oslabený nýty:		$I_{y,eff,oslab}$	=	1,964	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	9,368	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-817	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	913	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-48	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,043	8045,2	-0,817	-0,024	-4986,4	-0,125	-0,00075	-170,83
pravý horní	0,043	8045,2	-0,817	-0,024	-4986,4	0,125	0,00075	170,83
levý spodní	0,043	8045,2	0,913	0,0215	4462,1	-0,125	-0,00075	-170,83
pravý spodní	0,043	8045,2	0,913	0,0215	4462,1	0,125	0,00075	170,83

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2563	2585	9,38	-0,058	-0,519	-0,055	0,632	vyhovuje
387,7	1108	1089	-19,42	0,048	-0,218	0,114	0,057	vyhovuje
-88,66	1773	1777	64,15	-0,011	-0,356	-0,376	0,743	vyhovuje
194,9	2014	2004	66,2	0,024	-0,402	-0,388	0,765	vyhovuje
98,48	3299	3295	5,85	0,012	-0,661	-0,034	0,683	vyhovuje
1,66	3395	3395	-16,45	0,000	-0,681	0,096	0,584	vyhovuje
-93,82	2260	2264	87,13	-0,012	-0,454	-0,510	0,976	vyhovuje
185,6	2513	2504	55,66	0,023	-0,502	-0,326	0,805	vyhovuje
-340	-197,2	-213,5	-17,41	-0,042	0,043	0,102	0,102	vyhovuje
333,1	4548	4532	18,25	0,041	-0,909	-0,107	0,974	vyhovuje
-67,35	1649	1652	-77,28	-0,008	-0,331	0,452	0,113	vyhovuje
-90,42	1577	1581	102,13	-0,011	-0,317	-0,598	0,926	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2563	2585	9,38	-0,058	-0,519	0,055	0,522	vyhovuje
387,7	1108	1089	-19,42	0,048	-0,218	-0,114	0,284	vyhovuje
-88,66	1773	1777	64,15	-0,011	-0,356	0,376	0,008	vyhovuje
194,9	2014	2004	66,2	0,024	-0,402	0,388	0,010	vyhovuje
98,48	3299	3295	5,85	0,012	-0,661	0,034	0,614	vyhovuje
1,66	3395	3395	-16,45	0,000	-0,681	-0,096	0,777	vyhovuje
-93,82	2260	2264	87,13	-0,012	-0,454	0,510	0,044	vyhovuje
185,6	2513	2504	55,66	0,023	-0,502	0,326	0,153	vyhovuje
-340	-197,2	-213,5	-17,41	-0,042	0,043	-0,102	0,101	vyhovuje
333,1	4548	4532	18,25	0,041	-0,909	0,107	0,761	vyhovuje
-67,35	1649	1652	-77,28	-0,008	-0,331	-0,452	0,792	vyhovuje
-90,42	1577	1581	102,13	-0,011	-0,317	0,598	0,269	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2563	2585	9,38	-0,058	0,579	-0,055	0,466	vyhovuje
387,7	1108	1089	-19,42	0,048	0,244	0,114	0,406	vyhovuje
-88,66	1773	1777	64,15	-0,011	0,398	-0,376	0,012	vyhovuje
194,9	2014	2004	66,2	0,024	0,449	-0,388	0,086	vyhovuje
98,48	3299	3295	5,85	0,012	0,738	-0,034	0,716	vyhovuje
1,66	3395	3395	-16,45	0,000	0,761	0,096	0,857	vyhovuje
-93,82	2260	2264	87,13	-0,012	0,507	-0,510	0,014	vyhovuje
185,6	2513	2504	55,66	0,023	0,561	-0,326	0,258	vyhovuje
-340	-197,2	-213,5	-17,41	-0,042	-0,048	0,102	0,012	vyhovuje
333,1	4548	4532	18,25	0,041	1,016	-0,107	0,950	vyhovuje
-67,35	1649	1652	-77,28	-0,008	0,370	0,452	0,814	vyhovuje
-90,42	1577	1581	102,13	-0,011	0,354	-0,598	0,255	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-469,6	2563	2585	9,38	-0,058	0,579	0,055	0,576	vyhovuje
387,7	1108	1089	-19,42	0,048	0,244	-0,114	0,179	vyhovuje
-88,66	1773	1777	64,15	-0,011	0,398	0,376	0,763	vyhovuje
194,9	2014	2004	66,2	0,024	0,449	0,388	0,861	vyhovuje
98,48	3299	3295	5,85	0,012	0,738	0,034	0,785	vyhovuje
1,66	3395	3395	-16,45	0,000	0,761	-0,096	0,665	vyhovuje
-93,82	2260	2264	87,13	-0,012	0,507	0,510	1,006	nevyhovuje
185,6	2513	2504	55,66	0,023	0,561	0,326	0,910	vyhovuje
-340	-197,2	-213,5	-17,41	-0,042	-0,048	-0,102	0,192	vyhovuje
333,1	4548	4532	18,25	0,041	1,016	0,107	1,164	nevyhovuje
-67,35	1649	1652	-77,28	-0,008	0,370	-0,452	0,091	vyhovuje
-90,42	1577	1581	102,13	-0,011	0,354	0,598	0,941	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,164**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh:

$$a = 1,88 \text{ mm}$$

Pružné kritické napětí:

$$\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

Součinitel kritického napětí:

$$k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$$

$$k_\tau = 7,719$$

Kritické smykové napětí:

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$$

$$\tau_{cr} = 84,409 \text{ MPa}$$

Upravená štíhlost:

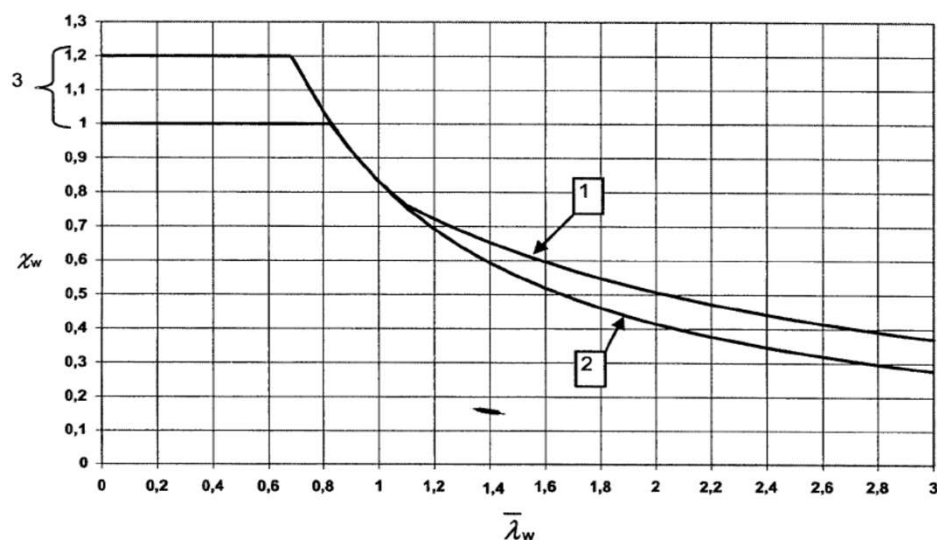
$$\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yv} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$$

$$\lambda_{wv} = 1,1884$$

Součinitel příspěvku stojiny:

$$\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$$

$$\chi_w = 0,6984$$



- 1 tuhá koncová výztuha
- 2 netuhá koncová výztuha
- 3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
553,91	0,501	vyhovuje
118,6	0,107	vyhovuje
40,02	0,036	vyhovuje
-246,92	0,223	vyhovuje
-772,9	0,699	vyhovuje
825,28	0,746	vyhovuje
410,92	0,371	vyhovuje
-88,64	0,080	vyhovuje
-14,44	0,013	vyhovuje
531,72	0,481	vyhovuje
245,05	0,222	vyhovuje
-68,59	0,062	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,746

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,82$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

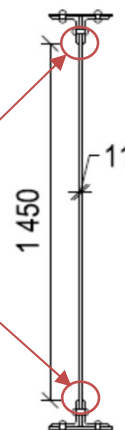
normálové napětí

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$$

smykové napětí

$$\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$$e_{y,N} = -48 \text{ mm}$$

$$e_{z,H} = -677 \text{ mm}$$

$$e_{z,D} = 773 \text{ mm}$$

$$A_c = 42877 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,H} = A_{s,D} = 13738 \text{ mm}^2$$

$$\Delta t_H = -832,4 \text{ mm}$$

$$\Delta t_D = 821,2 \text{ mm}$$

$$S_{y,H} = -0,0114 \text{ mm}^3$$

$$S_{y,D} = 0,0113 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 1,964 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

$$k_{\sigma} = 23,9$$

$$k_{\tau} = 7,719$$

viz posouzení smyku

viz stanovení eff. průřezu

viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-335,1	1748	1764	383,73	-68,61	-20,31	0,373	vyhovuje
264,6	885,2	872,5	101,78	-23,91	-5,39	0,115	vyhovuje
-43,89	1314	1316	51,95	-46,40	-2,75	0,181	vyhovuje
130,3	1461	1455	-176,68	-47,11	9,35	0,218	vyhovuje
58,73	2176	2173	-505,65	-73,54	26,77	0,448	vyhovuje
-15,89	2255	2255	547,07	-78,11	-28,96	0,481	vyhovuje
-46,84	1625	1628	278,97	-57,19	-14,77	0,291	vyhovuje
124,6	1770	1764	-79,4	-57,90	4,20	0,228	vyhovuje
-242,9	66,96	78,62	-43,58	-8,38	2,31	0,044	vyhovuje
230,6	3041	3030	353,5	-99,07	-18,71	0,451	vyhovuje
-71,97	1157	1160	170,71	-41,67	-9,04	0,198	vyhovuje
-44,98	1205	1208	-16,33	-42,67	0,86	0,164	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-335,1	1748	1764	383,73	61,60	20,04	0,352	vyhovuje
264,6	885,2	872,5	101,78	40,51	5,31	0,170	vyhovuje
-43,89	1314	1316	51,95	50,79	2,71	0,198	vyhovuje
130,3	1461	1455	-176,68	60,29	-9,23	0,260	vyhovuje
58,73	2176	2173	-505,65	86,91	-26,41	0,479	vyhovuje
-15,89	2255	2255	547,07	88,39	28,57	0,503	vyhovuje
-46,84	1625	1628	278,97	62,96	14,57	0,307	vyhovuje
124,6	1770	1764	-79,4	72,33	-4,15	0,282	vyhovuje
-242,9	66,96	78,62	-43,58	-2,57	-2,28	0,031	vyhovuje
230,6	3041	3030	353,5	124,64	18,46	0,534	vyhovuje
-71,97	1157	1160	170,71	43,99	8,91	0,205	vyhovuje
-44,98	1205	1208	-16,33	46,48	-0,85	0,178	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,534

3.4.2

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: 0,838

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	8045,2	-4986,4	-170,83
pravý horní	8045,2	-4986,4	170,83
levý spodní	8045,2	4462,1	-170,83
pravý spodní	8045,2	4462,1	170,83

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,048$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-399,3	2198	2217	8,25	-0,050	-0,445	-0,048	0,543	vyhovuje
331,4	1014	998,3	-16,67	0,041	-0,200	0,098	0,061	vyhovuje
-80,3	1548	1552	54,66	-0,010	-0,311	-0,320	0,641	vyhovuje
167,1	1786	1778	56,44	0,021	-0,357	-0,330	0,666	vyhovuje
85,83	2848	2844	5,28	0,011	-0,570	-0,031	0,591	vyhovuje
4,7	2928	2928	-14,17	0,001	-0,587	0,083	0,504	vyhovuje
-84,4	1953	1957	74,29	-0,010	-0,392	-0,435	0,838	vyhovuje
158,9	2205	2197	47,59	0,020	-0,441	-0,279	0,699	vyhovuje
-300,7	-134,3	-148,7	-15,61	-0,037	0,030	0,091	0,084	vyhovuje
285,2	3914	3900	15,48	0,035	-0,782	-0,091	0,837	vyhovuje
-53,24	1475	1477	-66,19	-0,007	-0,296	0,387	0,085	vyhovuje
-81,78	1381	1385	86,88	-0,010	-0,278	-0,509	0,797	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,048$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-399,3	2198	2217	8,25	-0,050	-0,445	0,048	0,446	vyhovuje
331,4	1014	998,3	-16,67	0,041	-0,200	-0,098	0,257	vyhovuje
-80,3	1548	1552	54,66	-0,010	-0,311	0,320	0,001	vyhovuje
167,1	1786	1778	56,44	0,021	-0,357	0,330	0,005	vyhovuje
85,83	2848	2844	5,28	0,011	-0,570	0,031	0,529	vyhovuje
4,7	2928	2928	-14,17	0,001	-0,587	-0,083	0,670	vyhovuje
-84,4	1953	1957	74,29	-0,010	-0,392	0,435	0,032	vyhovuje
158,9	2205	2197	47,59	0,020	-0,441	0,279	0,142	vyhovuje
-300,7	-134,3	-148,7	-15,61	-0,037	0,030	-0,091	0,099	vyhovuje
285,2	3914	3900	15,48	0,035	-0,782	0,091	0,656	vyhovuje
-53,24	1475	1477	-66,19	-0,007	-0,296	-0,387	0,690	vyhovuje
-81,78	1381	1385	86,88	-0,010	-0,278	0,509	0,221	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-399,3	2198	2217	8,25	-0,050	0,497	-0,048	0,399	vyhovuje
331,4	1014	998,3	-16,67	0,041	0,224	0,098	0,362	vyhovuje
-80,3	1548	1552	54,66	-0,010	0,348	-0,320	0,018	vyhovuje
167,1	1786	1778	56,44	0,021	0,398	-0,330	0,089	vyhovuje
85,83	2848	2844	5,28	0,011	0,637	-0,031	0,617	vyhovuje
4,7	2928	2928	-14,17	0,001	0,656	0,083	0,740	vyhovuje
-84,4	1953	1957	74,29	-0,010	0,439	-0,435	0,007	vyhovuje
158,9	2205	2197	47,59	0,020	0,492	-0,279	0,234	vyhovuje
-300,7	-134,3	-148,7	-15,61	-0,037	-0,033	0,091	0,021	vyhovuje
285,2	3914	3900	15,48	0,035	0,874	-0,091	0,819	vyhovuje
-53,24	1475	1477	-66,19	-0,007	0,331	0,387	0,712	vyhovuje
-81,78	1381	1385	86,88	-0,010	0,310	-0,509	0,208	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,048 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-399,3	2198	2217	8,25	-0,050	0,497	0,048	0,496	vyhovuje
331,4	1014	998,3	-16,67	0,041	0,224	-0,098	0,167	vyhovuje
-80,3	1548	1552	54,66	-0,010	0,348	0,320	0,658	vyhovuje
167,1	1786	1778	56,44	0,021	0,398	0,330	0,750	vyhovuje
85,83	2848	2844	5,28	0,011	0,637	0,031	0,679	vyhovuje
4,7	2928	2928	-14,17	0,001	0,656	-0,083	0,574	vyhovuje
-84,4	1953	1957	74,29	-0,010	0,439	0,435	0,863	vyhovuje
158,9	2205	2197	47,59	0,020	0,492	0,279	0,791	vyhovuje
-300,7	-134,3	-148,7	-15,61	-0,037	-0,033	-0,091	0,162	vyhovuje
285,2	3914	3900	15,48	0,035	0,874	0,091	1,000	nevyhovuje
-53,24	1475	1477	-66,19	-0,007	0,331	-0,387	0,063	vyhovuje
-81,78	1381	1385	86,88	-0,010	0,310	0,509	0,809	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,000

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **1,392**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
745,82	0,674	vyhovuje
133,47	0,121	vyhovuje
38,8	0,035	vyhovuje
-316,83	0,286	vyhovuje
-1033	0,934	vyhovuje
1105,9	1,000	vyhovuje
554,41	0,501	vyhovuje
-96,33	0,087	vyhovuje
6,69	0,006	vyhovuje
710,98	0,643	vyhovuje
313,38	0,283	vyhovuje
-113,27	0,102	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

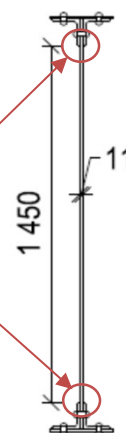
Zatížitelnost: **2,280**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:	$e_{y,N} =$	-48	mm
	$e_{z,H} =$	-677	mm
	$e_{z,D} =$	773	mm
	$A_c =$	42877	mm ²
	$A_s =$	13738	mm ²
	$\Delta t_H =$	-832,4	mm
	$\Delta t_D =$	821,2	mm
	$S_{y,H} =$	-0,0114	mm ³
	$S_{y,D} =$	0,0113	mm ⁴
	$I_y =$	1,964	$\cdot 10^4$ mm ⁴
	$t_w =$	11	mm
	$\sigma_E =$	10,9	MPa
	$k_\sigma =$	23,9	
	$k_\tau =$	7,7195	

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-753,3	3442	3478	764,8	-137,47	-40,48	0,745	vyhovuje
610,5	1450	1421	138,81	-34,73	-7,35	0,164	vyhovuje
-88,42	2355	2359	39,54	-83,37	-2,09	0,320	vyhovuje
305,4	2656	2642	-326,92	-83,93	17,30	0,392	vyhovuje
144,7	4399	4392	-1032,7	-148,01	54,66	0,910	vyhovuje
-26,81	4576	4577	1126,9	-158,40	-59,65	0,986	vyhovuje
-96,55	3066	3071	557,62	-108,11	-29,52	0,565	vyhovuje
294,4	3358	3344	-104,7	-108,39	5,54	0,421	vyhovuje
-544,3	-412,9	-439	-6,38	2,44	0,34	0,010	vyhovuje
535,3	6244	6218	721,37	-201,86	-38,18	0,919	vyhovuje
-153,9	1998	2006	310,79	-72,72	-16,45	0,351	vyhovuje
-90,89	2106	2110	-116,15	-74,86	6,15	0,297	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-753,3	3442	3478	764,8	119,34	39,94	0,692	vyhovuje
610,5	1450	1421	138,81	70,15	7,25	0,285	vyhovuje
-88,42	2355	2359	39,54	90,78	2,06	0,348	vyhovuje
305,4	2656	2642	-326,92	111,09	-17,07	0,480	vyhovuje
144,7	4399	4392	-1032,7	176,23	-53,93	0,974	vyhovuje
-26,81	4576	4577	1126,9	179,52	58,85	1,030	vyhovuje
-96,55	3066	3071	557,62	118,62	29,12	0,592	vyhovuje
294,4	3358	3344	-104,7	138,47	-5,47	0,535	vyhovuje
-544,3	-412,9	-439	-6,38	-29,97	-0,33	0,115	vyhovuje
535,3	6244	6218	721,37	257,22	37,67	1,100	vyhovuje
-153,9	1998	2006	310,79	75,35	16,23	0,358	vyhovuje
-90,89	2106	2110	-116,15	80,94	-6,07	0,320	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

POSOUZENÍMateriálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,92	

Průřezové charakteristiky

<i>Plný průřez:</i>		h_c	=	1750	mm
		$-e_H = e_D$	=	875	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
<i>Celá stojina:</i>		h_w	=	1670	mm
<i>Volná část stojiny:</i>		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
<i>Efektivní průřez:</i>		A_{eff}	=	47876,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	2,529	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	12,93	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-880	mm
		$e_{D,eff}$	=	870	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	5	mm
<i>Efektivní průřez oslabený nýty:</i>		$I_{y,eff,oslab}$	=	2,306	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	11,74	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-824	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	926	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-51	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,048	8983,4	-0,824	-0,028	-5868,7	-0,125	-0,00094	-214,08
pravý horní	0,048	8983,4	-0,824	-0,028	-5868,7	0,125	0,00094	214,08
levý spodní	0,048	8983,4	0,926	0,0249	5222,3	-0,125	-0,00094	-214,08
pravý spodní	0,048	8983,4	0,926	0,0249	5222,3	0,125	0,00094	214,08

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3534	3558	-27,7	-0,052	-0,606	0,129	0,528	vyhovuje
387,7	1262	1243	24,75	0,043	-0,212	-0,116	0,284	vyhovuje
-88,66	1824	1829	-52,19	-0,010	-0,312	0,244	0,078	vyhovuje
194,9	2361	2351	-40,62	0,022	-0,401	0,190	0,189	vyhovuje
152,6	3632	3624	4,9	0,017	-0,618	-0,023	0,623	vyhovuje
107	3825	3819	-0,67	0,012	-0,651	0,003	0,636	vyhovuje
297,5	4122	4107	23,09	0,033	-0,700	-0,108	0,775	vyhovuje
155	3534	3526	6,51	0,017	-0,601	-0,030	0,614	vyhovuje
-374,8	-219,3	-238,4	-19,19	-0,042	0,041	0,090	0,089	vyhovuje
314,6	5382	5366	7,22	0,035	-0,914	-0,034	0,913	vyhovuje
-64,63	1609	1612	-53,46	-0,007	-0,275	0,250	0,032	vyhovuje
193,7	2166	2156	69,37	0,022	-0,367	-0,324	0,670	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3534	3558	-27,7	-0,052	-0,606	-0,129	0,787	vyhovuje
387,7	1262	1243	24,75	0,043	-0,212	0,116	0,053	vyhovuje
-88,66	1824	1829	-52,19	-0,010	-0,312	-0,244	0,565	vyhovuje
194,9	2361	2351	-40,62	0,022	-0,401	-0,190	0,569	vyhovuje
152,6	3632	3624	4,9	0,017	-0,618	0,023	0,578	vyhovuje
107	3825	3819	-0,67	0,012	-0,651	-0,003	0,642	vyhovuje
297,5	4122	4107	23,09	0,033	-0,700	0,108	0,559	vyhovuje
155	3534	3526	6,51	0,017	-0,601	0,030	0,553	vyhovuje
-374,8	-219,3	-238,4	-19,19	-0,042	0,041	-0,090	0,091	vyhovuje
314,6	5382	5366	7,22	0,035	-0,914	0,034	0,846	vyhovuje
-64,63	1609	1612	-53,46	-0,007	-0,275	-0,250	0,532	vyhovuje
193,7	2166	2156	69,37	0,022	-0,367	0,324	0,022	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3534	3558	-27,7	-0,052	0,681	0,129	0,759	vyhovuje
387,7	1262	1243	24,75	0,043	0,238	-0,116	0,166	vyhovuje
-88,66	1824	1829	-52,19	-0,010	0,350	0,244	0,584	vyhovuje
194,9	2361	2351	-40,62	0,022	0,450	0,190	0,662	vyhovuje
152,6	3632	3624	4,9	0,017	0,694	-0,023	0,688	vyhovuje
107	3825	3819	-0,67	0,012	0,731	0,003	0,746	vyhovuje
297,5	4122	4107	23,09	0,033	0,786	-0,108	0,712	vyhovuje
155	3534	3526	6,51	0,017	0,675	-0,030	0,662	vyhovuje
-374,8	-219,3	-238,4	-19,19	-0,042	-0,046	0,090	0,002	vyhovuje
314,6	5382	5366	7,22	0,035	1,028	-0,034	1,029	nevyhovuje
-64,63	1609	1612	-53,46	-0,007	0,309	0,250	0,551	vyhovuje
193,7	2166	2156	69,37	0,022	0,413	-0,324	0,110	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3534	3558	-27,7	-0,052	0,681	-0,129	0,500	vyhovuje
387,7	1262	1243	24,75	0,043	0,238	0,116	0,397	vyhovuje
-88,66	1824	1829	-52,19	-0,010	0,350	-0,244	0,097	vyhovuje
194,9	2361	2351	-40,62	0,022	0,450	-0,190	0,282	vyhovuje
152,6	3632	3624	4,9	0,017	0,694	0,023	0,734	vyhovuje
107	3825	3819	-0,67	0,012	0,731	-0,003	0,740	vyhovuje
297,5	4122	4107	23,09	0,033	0,786	0,108	0,927	vyhovuje
155	3534	3526	6,51	0,017	0,675	0,030	0,723	vyhovuje
-374,8	-219,3	-238,4	-19,19	-0,042	-0,046	-0,090	0,177	vyhovuje
314,6	5382	5366	7,22	0,035	1,028	0,034	1,096	nevyhovuje
-64,63	1609	1612	-53,46	-0,007	0,309	-0,250	0,052	vyhovuje
193,7	2166	2156	69,37	0,022	0,413	0,324	0,758	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,096**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh:

$$a = 1,88 \text{ mm}$$

Pružné kritické napětí:

$$\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

Součinitel kritického napětí:

$$k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$$

$$k_\tau = 7,719$$

Kritické smykové napětí:

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$$

$$\tau_{cr} = 84,409 \text{ MPa}$$

Upravená štíhlost:

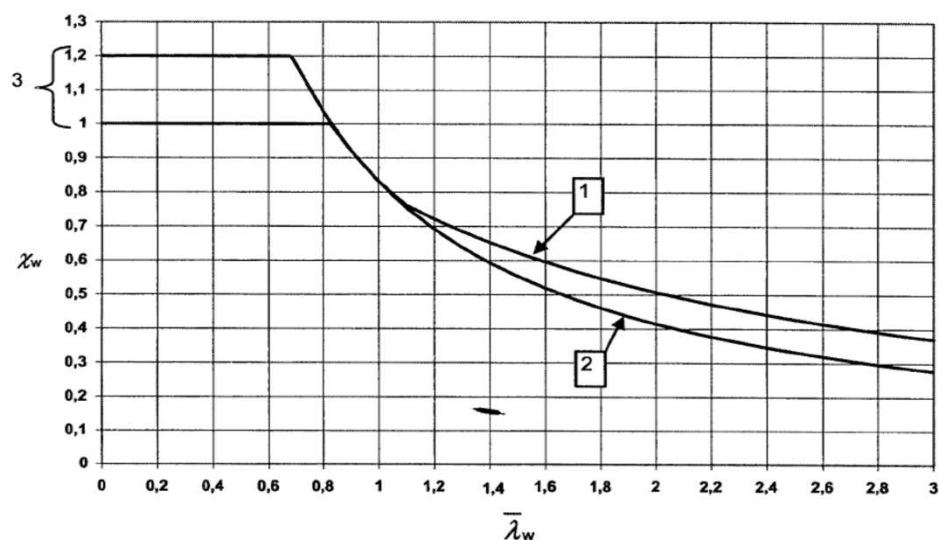
$$\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yv} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$$

$$\lambda_{wv} = 1,1884$$

Součinitel příspěvku stojiny:

$$\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$$

$$\chi_w = 0,6984$$



- 1 tuhá koncová výztuha
- 2 netuhá koncová výztuha
- 3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
198	0,179	vyhovuje
111,94	0,101	vyhovuje
32,1	0,029	vyhovuje
-238,99	0,216	vyhovuje
-585,67	0,529	vyhovuje
616,48	0,557	vyhovuje
-328,33	0,297	vyhovuje
247,64	0,224	vyhovuje
15,44	0,014	vyhovuje
323,09	0,292	vyhovuje
209,97	0,190	vyhovuje
-264,55	0,239	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,557

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,82$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

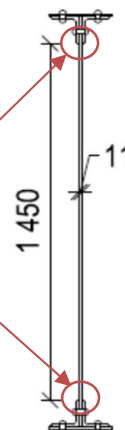
$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$$e_{y,N} = -51 \text{ mm}$$

$$e_{z,H} = -674 \text{ mm}$$

$$e_{z,D} = 776 \text{ mm}$$

$$A_c = 47877 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,H} = A_{s,D} = 16238 \text{ mm}^2$$

$$\Delta t_H = -838,5 \text{ mm}$$

$$\Delta t_D = 828,5 \text{ mm}$$

$$S_{y,H} = -0,0136 \text{ mm}^3$$

$$S_{y,D} = 0,0135 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,306 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

$$k_{\sigma} = 23,9$$

$$k_{\tau} = 7,719$$

viz posouzení smyku

viz stanovení eff. průřezu

viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-318,2	2420	2437	135,54	-77,87	-7,28	0,313	vyhovuje
264,6	1017	1003	94,72	-23,80	-5,08	0,113	vyhovuje
-43,89	1337	1339	49,58	-40,07	-2,66	0,157	vyhovuje
130,3	1708	1701	-168,27	-46,99	9,03	0,215	vyhovuje
88,88	2409	2405	-382,85	-68,43	20,55	0,375	vyhovuje
53,27	2561	2558	407,2	-73,65	-21,86	0,401	vyhovuje
200,4	2813	2803	-211,45	-77,75	11,35	0,332	vyhovuje
89,45	2431	2426	157,32	-69,05	-8,44	0,286	vyhovuje
-277,9	117,7	131,9	25,35	-9,66	-1,36	0,041	vyhovuje
216,1	3597	3585	212,27	-100,28	-11,39	0,411	vyhovuje
-17,05	2018	2019	275,57	-59,37	-14,79	0,298	vyhovuje
129,5	1555	1548	-187,54	-42,55	10,07	0,209	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-318,2	2420	2437	135,54	75,35	7,19	0,303	vyhovuje
264,6	1017	1003	94,72	39,29	5,02	0,164	vyhovuje
-43,89	1337	1339	49,58	44,16	2,63	0,172	vyhovuje
130,3	1708	1701	-168,27	59,96	-8,92	0,257	vyhovuje
88,88	2409	2405	-382,85	82,78	-20,30	0,413	vyhovuje
53,27	2561	2558	407,2	87,19	21,60	0,436	vyhovuje
200,4	2813	2803	-211,45	98,52	-11,21	0,404	vyhovuje
89,45	2431	2426	157,32	83,51	8,34	0,338	vyhovuje
-277,9	117,7	131,9	25,35	-1,37	1,34	0,018	vyhovuje
216,1	3597	3585	212,27	125,17	11,26	0,501	vyhovuje
-17,05	2018	2019	275,57	67,59	14,62	0,321	vyhovuje
129,5	1555	1548	-187,54	54,81	-9,95	0,247	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,501

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: 0,898

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	8983,4	-5868,7	-214,08
pravý horní	8983,4	-5868,7	214,08
levý spodní	8983,4	5222,3	-214,08
pravý spodní	8983,4	5222,3	214,08

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,051$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-422,2	3217	3239	-25,34	-0,047	-0,552	0,118	0,481	vyhovuje
352,2	1198	1180	22,36	0,039	-0,201	-0,104	0,266	vyhovuje
-83,38	1683	1688	-47,32	-0,009	-0,288	0,221	0,076	vyhovuje
177,4	2191	2182	-36,78	0,020	-0,372	0,172	0,180	vyhovuje
140,7	3327	3319	4,28	0,016	-0,566	-0,020	0,570	vyhovuje
99,84	3499	3494	-0,48	0,011	-0,595	0,002	0,582	vyhovuje
271,2	3778	3764	20,84	0,030	-0,641	-0,097	0,709	vyhovuje
142,9	3250	3243	5,9	0,016	-0,553	-0,028	0,564	vyhovuje
-346,3	-167,9	-185,6	-18,07	-0,039	0,032	0,084	0,077	vyhovuje
286,2	4910	4896	6,54	0,032	-0,834	-0,031	0,833	vyhovuje
-56,03	1506	1509	-48,62	-0,006	-0,257	0,227	0,036	vyhovuje
176,3	2007	1998	62,9	0,020	-0,340	-0,294	0,615	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,051$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-422,2	3217	3239	-25,34	-0,047	-0,552	-0,118	0,717	vyhovuje
352,2	1198	1180	22,36	0,039	-0,201	0,104	0,057	vyhovuje
-83,38	1683	1688	-47,32	-0,009	-0,288	-0,221	0,518	vyhovuje
177,4	2191	2182	-36,78	0,020	-0,372	-0,172	0,524	vyhovuje
140,7	3327	3319	4,28	0,016	-0,566	0,020	0,530	vyhovuje
99,84	3499	3494	-0,48	0,011	-0,595	-0,002	0,587	vyhovuje
271,2	3778	3764	20,84	0,030	-0,641	0,097	0,514	vyhovuje
142,9	3250	3243	5,9	0,016	-0,553	0,028	0,509	vyhovuje
-346,3	-167,9	-185,6	-18,07	-0,039	0,032	-0,084	0,091	vyhovuje
286,2	4910	4896	6,54	0,032	-0,834	0,031	0,772	vyhovuje
-56,03	1506	1509	-48,62	-0,006	-0,257	-0,227	0,490	vyhovuje
176,3	2007	1998	62,9	0,020	-0,340	0,294	0,027	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-422,2	3217	3239	-25,34	-0,047	0,620	0,118	0,692	vyhovuje
352,2	1198	1180	22,36	0,039	0,226	-0,104	0,161	vyhovuje
-83,38	1683	1688	-47,32	-0,009	0,323	0,221	0,535	vyhovuje
177,4	2191	2182	-36,78	0,020	0,418	0,172	0,609	vyhovuje
140,7	3327	3319	4,28	0,016	0,636	-0,020	0,631	vyhovuje
99,84	3499	3494	-0,48	0,011	0,669	0,002	0,682	vyhovuje
271,2	3778	3764	20,84	0,030	0,721	-0,097	0,654	vyhovuje
142,9	3250	3243	5,9	0,016	0,621	-0,028	0,609	vyhovuje
-346,3	-167,9	-185,6	-18,07	-0,039	-0,036	0,084	0,010	vyhovuje
286,2	4910	4896	6,54	0,032	0,937	-0,031	0,939	vyhovuje
-56,03	1506	1509	-48,62	-0,006	0,289	0,227	0,510	vyhovuje
176,3	2007	1998	62,9	0,020	0,383	-0,294	0,108	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,051 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-422,2	3217	3239	-25,34	-0,047	0,620	-0,118	0,455	vyhovuje
352,2	1198	1180	22,36	0,039	0,226	0,104	0,370	vyhovuje
-83,38	1683	1688	-47,32	-0,009	0,323	-0,221	0,093	vyhovuje
177,4	2191	2182	-36,78	0,020	0,418	-0,172	0,266	vyhovuje
140,7	3327	3319	4,28	0,016	0,636	0,020	0,671	vyhovuje
99,84	3499	3494	-0,48	0,011	0,669	-0,002	0,678	vyhovuje
271,2	3778	3764	20,84	0,030	0,721	0,097	0,848	vyhovuje
142,9	3250	3243	5,9	0,016	0,621	0,028	0,664	vyhovuje
-346,3	-167,9	-185,6	-18,07	-0,039	-0,036	-0,084	0,158	vyhovuje
286,2	4910	4896	6,54	0,032	0,937	0,031	1,000	vyhovuje
-56,03	1506	1509	-48,62	-0,006	0,289	-0,227	0,056	vyhovuje
176,3	2007	1998	62,9	0,020	0,383	0,294	0,696	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **1,903**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
354,3	0,320	vyhovuje
146,22	0,132	vyhovuje
29,27	0,026	vyhovuje
-400,06	0,362	vyhovuje
-1047,4	0,947	vyhovuje
1106	1,000	vyhovuje
-601,45	0,544	vyhovuje
460,66	0,416	vyhovuje
12,09	0,011	vyhovuje
580,29	0,525	vyhovuje
707,04	0,639	vyhovuje
-441,54	0,399	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

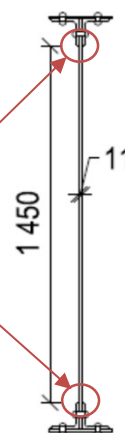
Zatížitelnost: **2,441**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$

smykové napětí $\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:	$e_{y,N} =$	-51	mm
	$e_{z,H} =$	-674	mm
	$e_{z,D} =$	776	mm
	$A_c =$	47877	mm ²
	$A_s =$	16238	mm ²
	$\Delta t_H =$	-838,5	mm
	$\Delta t_D =$	828,5	mm
	$S_{y,H} =$	-0,0136	mm ³
	$S_{y,D} =$	0,0135	mm ⁴
	$I_y =$	2,306	$\cdot 10^4$ mm ⁴
	$t_w =$	11	mm
	$\sigma_E =$	10,9	MPa
	$k_\sigma =$	23,9	
	$k_\tau =$	7,7195	

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-763,7	5032	5071	286,9	-164,17	-15,40	0,659	vyhovuje
654	1708	1675	136,4	-35,30	-7,32	0,165	vyhovuje
-94,01	2502	2507	35,61	-75,23	-1,91	0,289	vyhovuje
327,4	3295	3278	-337,42	-88,98	18,11	0,414	vyhovuje
229,3	5106	5095	-839,57	-144,12	45,07	0,806	vyhovuje
140,9	5474	5467	898,72	-156,84	-48,24	0,869	vyhovuje
497,7	5945	5920	-482,33	-162,64	25,89	0,708	vyhovuje
230,1	5004	4993	366,94	-141,12	-19,70	0,598	vyhovuje
-667,3	-584,5	-618,5	18,24	4,14	-0,98	0,020	vyhovuje
538,8	7849	7822	471,42	-217,36	-25,30	0,895	vyhovuje
-30,79	4100	4101	581,99	-120,51	-31,24	0,615	vyhovuje
325,5	3036	3019	-372,33	-81,45	19,99	0,406	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-763,7	5032	5071	286,9	154,70	15,22	0,624	vyhovuje
654	1708	1675	136,4	70,03	7,23	0,284	vyhovuje
-94,01	2502	2507	35,61	82,39	1,89	0,316	vyhovuje
327,4	3295	3278	-337,42	117,16	-17,90	0,505	vyhovuje
229,3	5106	5095	-839,57	176,23	-44,53	0,890	vyhovuje
140,9	5474	5467	898,72	186,90	47,66	0,947	vyhovuje
497,7	5945	5920	-482,33	209,61	-25,58	0,869	vyhovuje
230,1	5004	4993	366,94	172,81	19,46	0,708	vyhovuje
-667,3	-584,5	-618,5	18,24	-34,75	0,97	0,134	vyhovuje
538,8	7849	7822	471,42	274,47	25,00	1,100	vyhovuje
-30,79	4100	4101	581,99	137,37	30,87	0,662	vyhovuje
325,5	3036	3019	-372,33	108,40	-19,75	0,488	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

3.6
3.6.1

Průřez HLN_06

POSOUZENÍ

Materiálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,93	

Průřezové charakteristiky

Plný průřez:		h_c	=	1770	mm
		$-e_H = e_D$	=	885	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
Celá stojina:		h_w	=	1670	mm
Volná část stojiny:		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
Efektivní průřez:		A_{eff}	=	52876,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	2,916	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	15,53	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-889	mm
		$e_{D,eff}$	=	881	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	4	mm
Efektivní průřez oslabený nýty:		$I_{y,eff,oslab}$	=	2,657	$\cdot 10^{10}$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	14,11	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-831	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	939	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-54	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D (L/P)}$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,053	9921,6	-0,831	-0,032	-6778,0	-0,125	-0,00113	-257,30
pravý horní	0,053	9921,6	-0,831	-0,032	-6778,0	0,125	0,00113	257,30
levý spodní	0,053	9921,6	0,939	0,0283	5998,4	-0,125	-0,00113	-257,30
pravý spodní	0,053	9921,6	0,939	0,0283	5998,4	0,125	0,00113	257,30

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3773	3798	27,98	-0,047	-0,560	-0,109	0,716	vyhovuje
355,4	1502	1483	14,32	0,036	-0,219	-0,056	0,239	vyhovuje
309,3	3391	3375	64,64	0,031	-0,498	-0,251	0,718	vyhovuje
-207,8	2599	2610	29,33	-0,021	-0,385	-0,114	0,520	vyhovuje
285,9	4152	4137	-0,15	0,029	-0,610	0,001	0,581	vyhovuje
-34,33	3586	3588	3,3	-0,003	-0,529	-0,013	0,546	vyhovuje
297,5	4334	4318	41,67	0,030	-0,637	-0,162	0,769	vyhovuje
155	3676	3668	17,95	0,016	-0,541	-0,070	0,595	vyhovuje
-376,6	-206	-226,3	22,74	-0,038	0,033	-0,088	0,093	vyhovuje
295,9	5427	5411	43,81	0,030	-0,798	-0,170	0,939	vyhovuje
-116,6	2920	2926	-57,16	-0,012	-0,432	0,222	0,221	vyhovuje
178,7	3377	3368	67,85	0,018	-0,497	-0,264	0,743	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3773	3798	27,98	-0,047	-0,560	0,109	0,498	vyhovuje
355,4	1502	1483	14,32	0,036	-0,219	0,056	0,127	vyhovuje
309,3	3391	3375	64,64	0,031	-0,498	0,251	0,216	vyhovuje
-207,8	2599	2610	29,33	-0,021	-0,385	0,114	0,292	vyhovuje
285,9	4152	4137	-0,15	0,029	-0,610	-0,001	0,582	vyhovuje
-34,33	3586	3588	3,3	-0,003	-0,529	0,013	0,520	vyhovuje
297,5	4334	4318	41,67	0,030	-0,637	0,162	0,445	vyhovuje
155	3676	3668	17,95	0,016	-0,541	0,070	0,456	vyhovuje
-376,6	-206	-226,3	22,74	-0,038	0,033	0,088	0,084	vyhovuje
295,9	5427	5411	43,81	0,030	-0,798	0,170	0,598	vyhovuje
-116,6	2920	2926	-57,16	-0,012	-0,432	-0,222	0,666	vyhovuje
178,7	3377	3368	67,85	0,018	-0,497	0,264	0,215	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3773	3798	27,98	-0,047	0,633	-0,109	0,478	vyhovuje
355,4	1502	1483	14,32	0,036	0,247	-0,056	0,227	vyhovuje
309,3	3391	3375	64,64	0,031	0,563	-0,251	0,343	vyhovuje
-207,8	2599	2610	29,33	-0,021	0,435	-0,114	0,300	vyhovuje
285,9	4152	4137	-0,15	0,029	0,690	0,001	0,719	vyhovuje
-34,33	3586	3588	3,3	-0,003	0,598	-0,013	0,582	vyhovuje
297,5	4334	4318	41,67	0,030	0,720	-0,162	0,588	vyhovuje
155	3676	3668	17,95	0,016	0,611	-0,070	0,557	vyhovuje
-376,6	-206	-226,3	22,74	-0,038	-0,038	-0,088	0,164	vyhovuje
295,9	5427	5411	43,81	0,030	0,902	-0,170	0,762	vyhovuje
-116,6	2920	2926	-57,16	-0,012	0,488	0,222	0,698	vyhovuje
178,7	3377	3368	67,85	0,018	0,561	-0,264	0,316	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-464,1	3773	3798	27,98	-0,047	0,633	0,109	0,695	vyhovuje
355,4	1502	1483	14,32	0,036	0,247	0,056	0,339	vyhovuje
309,3	3391	3375	64,64	0,031	0,563	0,251	0,845	vyhovuje
-207,8	2599	2610	29,33	-0,021	0,435	0,114	0,528	vyhovuje
285,9	4152	4137	-0,15	0,029	0,690	-0,001	0,718	vyhovuje
-34,33	3586	3588	3,3	-0,003	0,598	0,013	0,607	vyhovuje
297,5	4334	4318	41,67	0,030	0,720	0,162	0,912	vyhovuje
155	3676	3668	17,95	0,016	0,611	0,070	0,697	vyhovuje
-376,6	-206	-226,3	22,74	-0,038	-0,038	0,088	0,013	vyhovuje
295,9	5427	5411	43,81	0,030	0,902	0,170	1,102	nevyhovuje
-116,6	2920	2926	-57,16	-0,012	0,488	-0,222	0,254	vyhovuje
178,7	3377	3368	67,85	0,018	0,561	0,264	0,843	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,102**

MSÚ - Posouzení smyku

■ Příspěvek pásnic zanedbán.

Vzdálenost svislých výztuh:

$$a = 1,88 \text{ mm}$$

Pružné kritické napětí:

$$\sigma_E = 190\,000 \cdot (t_w / h)^2 = 190\,000 \cdot (11 / 1450)^2$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

Součinitel kritického napětí:

$$k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot (h_w / a)^2 = 5,34 + 4,0 \cdot (1,45 / 1,88)^2$$

$$k_\tau = 7,719$$

Kritické smykové napětí:

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,719 \cdot 10,9$$

$$\tau_{cr} = 84,409 \text{ MPa}$$

Upravená štíhlost:

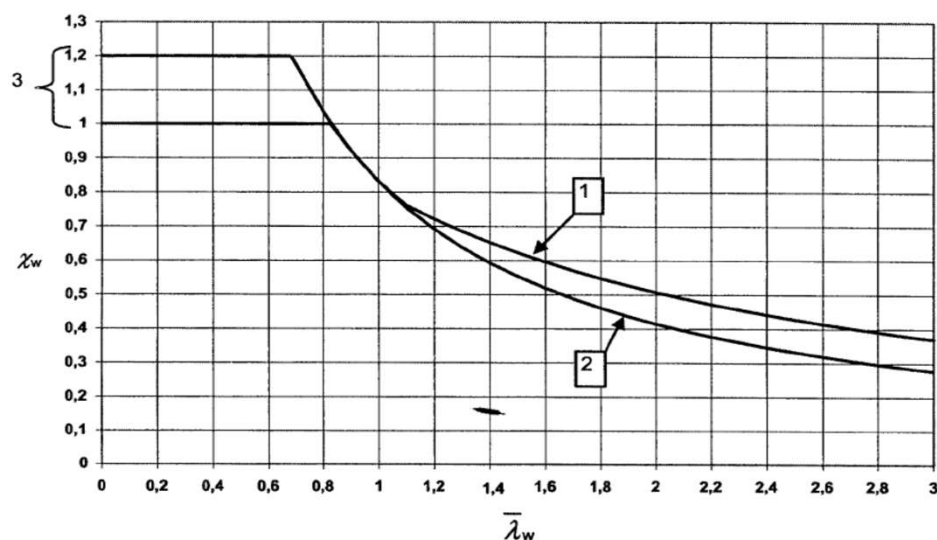
$$\lambda_{wv} = 0,76 \cdot \sqrt{f_{yv} / \tau_{cr}} = 0,76 \cdot \sqrt{206 / 84}$$

$$\lambda_{wv} = 1,1884$$

Součinitel příspěvku stojiny:

$$\chi_w = 0,83 / \lambda_{wv} = 0,83 / 1,188$$

$$\chi_w = 0,6984$$



- 1 tuhá koncová výztuha
- 2 netuhá koncová výztuha
- 3 rozmezí doporučené pro η

Obrázek 5.2 – Příspěvek k boulení ve smyku χ_w

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w / ((\sqrt{3}) \cdot \gamma_{M1})$
 $V_{b,Rd} = 0,7 \cdot 206 \cdot 1670 \cdot 11 / ((\sqrt{3}) \cdot 1,2) / 1000$
 $V_{b,Rd} = 1106,2 \text{ kN}$

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
191,18	0,173	vyhovuje
18,59	0,017	vyhovuje
-167,01	0,151	vyhovuje
215,68	0,195	vyhovuje
-373,75	0,338	vyhovuje
362,75	0,328	vyhovuje
-324,35	0,293	vyhovuje
244,43	0,221	vyhovuje
6,93	0,006	vyhovuje
58,58	0,053	vyhovuje
-215,28	0,195	vyhovuje
33,29	0,030	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,338

MSP - Posouzení omezení napětí

- Vzhledem k tomu, že byl výpočet v MSÚ proveden pružně, je zajištěno i pružné chování v MSP.
- Není třeba provádět ověření omezení napětí.

MSP - Posouzení dýchání stěny

$$b/t \leq 55 + 3,3L \leq 250$$

$$b/t = 1450 / 11 = 131,82$$

$$L = 18,26 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$

$$55 + 3,3L = 55 + 3,3 \cdot 20 = 121 \leq 250 \rightarrow 121$$

$$131,8 > 121 \rightarrow \text{nutné prověřit dýchání stěny}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

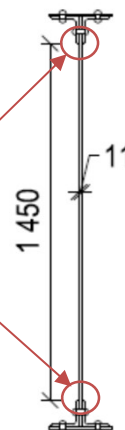
normálové napětí

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$$

smykové napětí

$$\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:

$$e_{y,N} = -54 \text{ mm}$$

$$e_{z,H} = -671 \text{ mm}$$

$$e_{z,D} = 779 \text{ mm}$$

$$A_c = 52877 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,H} = A_{s,D} = 18738 \text{ mm}^2$$

$$\Delta t_H = -844,2 \text{ mm}$$

$$\Delta t_D = 835,2 \text{ mm}$$

$$S_{y,H} = -0,0158 \text{ mm}^3$$

$$S_{y,D} = 0,0156 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,657 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$\sigma_E = 10,9 \text{ MPa}$$

$$k_{\sigma} = 23,9$$

$$k_{\tau} = 7,719$$

viz posouzení smyku

viz stanovení eff. průřezu

viz posouzení smyku

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-318,2	2583	2600	128,31	-71,67	-6,94	0,289	vyhovuje
239	1206	1193	13,97	-25,60	-0,76	0,098	vyhovuje
207,9	2369	2358	-110,5	-55,61	5,98	0,227	vyhovuje
-122,9	1888	1895	142,92	-50,17	-7,74	0,217	vyhovuje
191,7	2829	2819	-240,9	-67,56	13,04	0,309	vyhovuje
-56,13	2390	2393	232,23	-61,50	-12,57	0,287	vyhovuje
200,4	2950	2939	-207,23	-70,42	11,22	0,307	vyhovuje
89,45	2521	2516	153,91	-61,85	-8,33	0,260	vyhovuje
-279,7	143	158,1	16,48	-9,28	-0,89	0,037	vyhovuje
201,9	3625	3614	35,08	-87,46	-1,90	0,336	vyhovuje
-52,77	2153	2156	-143,36	-55,43	7,76	0,235	vyhovuje
106,6	2340	2335	13,52	-56,94	-0,73	0,218	vyhovuje

■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-318,2	2583	2600	128,31	70,21	6,87	0,283	vyhovuje
239	1206	1193	13,97	39,49	0,75	0,151	vyhovuje
207,9	2369	2358	-110,5	73,05	-5,92	0,290	vyhovuje
-122,9	1888	1895	142,92	53,22	7,65	0,227	vyhovuje
191,7	2829	2819	-240,9	86,27	-12,90	0,370	vyhovuje
-56,13	2390	2393	232,23	69,10	12,44	0,310	vyhovuje
200,4	2950	2939	-207,23	89,95	-11,10	0,373	vyhovuje
89,45	2521	2516	153,91	75,46	8,24	0,308	vyhovuje
-279,7	143	158,1	16,48	-0,65	0,88	0,012	vyhovuje
201,9	3625	3614	35,08	109,78	1,88	0,421	vyhovuje
-52,77	2153	2156	-143,36	62,20	-7,68	0,258	vyhovuje
106,6	2340	2335	13,52	70,46	0,72	0,270	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 0,421

3.6.2

ZATÍŽITELNOST

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

Zatížitelnost: **0,893**

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]
levý horní	9921,6	-6778,0	-257,30
pravý horní	9921,6	-6778,0	257,30
levý spodní	9921,6	5998,4	-257,30
pravý spodní	9921,6	5998,4	257,30

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,054$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-420,1	3418	3441	25,11	-0,042	-0,508	-0,098	0,648	vyhovuje
321,6	1422	1405	12,93	0,032	-0,207	-0,050	0,225	vyhovuje
280,4	3110	3095	58,07	0,028	-0,457	-0,226	0,654	vyhovuje
-191,2	2370	2380	26,31	-0,019	-0,351	-0,102	0,473	vyhovuje
259,2	3788	3774	-0,01	0,026	-0,557	0,000	0,531	vyhovuje
-26,89	3282	3284	2,83	-0,003	-0,485	-0,011	0,498	vyhovuje
269,8	3952	3938	37,56	0,027	-0,581	-0,146	0,700	vyhovuje
142,3	3364	3357	16,18	0,014	-0,495	-0,063	0,544	vyhovuje
-346,5	-151,2	-169,9	20,58	-0,035	0,025	-0,080	0,090	vyhovuje
268,2	4929	4914	39,46	0,027	-0,725	-0,153	0,851	vyhovuje
-109,4	2657	2663	-51,39	-0,011	-0,393	0,200	0,204	vyhovuje
163,4	3098	3089	60,94	0,016	-0,456	-0,237	0,676	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$e_{y,N} = -0,054$ m

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-420,1	3418	3441	25,11	-0,042	-0,508	0,098	0,452	vyhovuje
321,6	1422	1405	12,93	0,032	-0,207	0,050	0,125	vyhovuje
280,4	3110	3095	58,07	0,028	-0,457	0,226	0,203	vyhovuje
-191,2	2370	2380	26,31	-0,019	-0,351	0,102	0,268	vyhovuje
259,2	3788	3774	-0,01	0,026	-0,557	0,000	0,531	vyhovuje
-26,89	3282	3284	2,83	-0,003	-0,485	0,011	0,476	vyhovuje
269,8	3952	3938	37,56	0,027	-0,581	0,146	0,408	vyhovuje
142,3	3364	3357	16,18	0,014	-0,495	0,063	0,418	vyhovuje
-346,5	-151,2	-169,9	20,58	-0,035	0,025	0,080	0,070	vyhovuje
268,2	4929	4914	39,46	0,027	-0,725	0,153	0,545	vyhovuje
-109,4	2657	2663	-51,39	-0,011	-0,393	-0,200	0,604	vyhovuje
163,4	3098	3089	60,94	0,016	-0,456	0,237	0,202	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-420,1	3418	3441	25,11	-0,042	0,574	-0,098	0,434	vyhovuje
321,6	1422	1405	12,93	0,032	0,234	-0,050	0,216	vyhovuje
280,4	3110	3095	58,07	0,028	0,516	-0,226	0,319	vyhovuje
-191,2	2370	2380	26,31	-0,019	0,397	-0,102	0,275	vyhovuje
259,2	3788	3774	-0,01	0,026	0,629	0,000	0,655	vyhovuje
-26,89	3282	3284	2,83	-0,003	0,547	-0,011	0,534	vyhovuje
269,8	3952	3938	37,56	0,027	0,656	-0,146	0,538	vyhovuje
142,3	3364	3357	16,18	0,014	0,560	-0,063	0,511	vyhovuje
-346,5	-151,2	-169,9	20,58	-0,035	-0,028	-0,080	0,143	vyhovuje
268,2	4929	4914	39,46	0,027	0,819	-0,153	0,693	vyhovuje
-109,4	2657	2663	-51,39	-0,011	0,444	0,200	0,633	vyhovuje
163,4	3098	3089	60,94	0,016	0,515	-0,237	0,295	vyhovuje

■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,054 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-420,1	3418	3441	25,11	-0,042	0,574	0,098	0,629	vyhovuje
321,6	1422	1405	12,93	0,032	0,234	0,050	0,317	vyhovuje
280,4	3110	3095	58,07	0,028	0,516	0,226	0,770	vyhovuje
-191,2	2370	2380	26,31	-0,019	0,397	0,102	0,480	vyhovuje
259,2	3788	3774	-0,01	0,026	0,629	0,000	0,655	vyhovuje
-26,89	3282	3284	2,83	-0,003	0,547	0,011	0,556	vyhovuje
269,8	3952	3938	37,56	0,027	0,656	0,146	0,830	vyhovuje
142,3	3364	3357	16,18	0,014	0,560	0,063	0,637	vyhovuje
-346,5	-151,2	-169,9	20,58	-0,035	-0,028	0,080	0,017	vyhovuje
268,2	4929	4914	39,46	0,027	0,819	0,153	1,000	vyhovuje
-109,4	2657	2663	-51,39	-0,011	0,444	-0,200	0,233	vyhovuje
163,4	3098	3089	60,94	0,016	0,515	0,237	0,768	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,000

MSÚ - Posouzení smyku

Zatížitelnost: **3,107**

Únosnost ve smyku: $V_{b,Rd} = 1106,2$ kN

■ Posouzení smykové únosnosti:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

V_{Ed} [kN]	$ V_{Ed}/V_{b,Rd} $ [-]	
555,9	0,503	vyhovuje
39,8	0,036	vyhovuje
-472,77	0,427	vyhovuje
632,02	0,571	vyhovuje
-1106,3	1,000	nevyhovuje
1072,3	0,969	vyhovuje
-961,64	0,869	vyhovuje
741,46	0,670	vyhovuje
-20,37	0,018	vyhovuje
180,78	0,163	vyhovuje
-638,46	0,577	vyhovuje
150,03	0,136	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **1,000**

MSP - Posouzení omezení napětí

■ Omezení napětí nebylo posuzováno, není pro něj tedy zatížitelnost určována

MSP - Posouzení dýchání stěny

Zatížitelnost: **2,802**

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

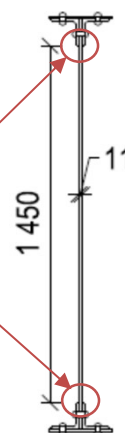
normálové
napětí

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N}{A_c} + \frac{M_y + N \cdot e_{y,N}}{I_y} \cdot e_{z,H(D)}$$

smykové
napětí

$$\tau_{x,Ed} = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$$

body pro určení napětí



Statický moment plochy průřezu nad (pod) místem napětí

$$S_y = A_s \cdot \Delta t$$

Průřezové charakteristiky:	$e_{y,N} =$	-54	mm
	$e_{z,H} =$	-671	mm
	$e_{z,D} =$	779	mm
	$A_c =$	52877	mm ²
	$A_s =$	18738	mm ²
	$\Delta t_H =$	-844,2	mm
	$\Delta t_D =$	835,2	mm
	$S_{y,H} =$	-0,0158	mm ³
	$S_{y,D} =$	0,0156	mm ⁴
	$I_y =$	2,657	$\cdot 10^4$ mm ⁴
	$t_w =$	11	mm
	$\sigma_E =$	10,9	MPa
	$k_\sigma =$	23,9	
	$k_\tau =$	7,7195	

■ Posouzení **horních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-921,8	6373	6422	333,35	-179,62	-18,04	0,726	vyhovuje
717,1	2294	2255	24,78	-43,39	-1,34	0,167	vyhovuje
625	5717	5683	-288,61	-131,69	15,62	0,543	vyhovuje
-345,4	4322	4341	376,46	-116,15	-20,38	0,518	vyhovuje
581,3	7097	7066	-664,97	-167,45	35,99	0,794	vyhovuje
-148,3	5804	5812	640,1	-149,59	-34,64	0,729	vyhovuje
603,1	7431	7398	-574,17	-175,43	31,08	0,784	vyhovuje
279,9	6172	6157	437,86	-150,19	-23,70	0,652	vyhovuje
-812	-823,6	-867,5	-5,86	6,55	0,32	0,025	vyhovuje
611,7	9420	9387	103,52	-225,50	-5,60	0,866	vyhovuje
-144,4	5079	5086	-385,63	-131,18	20,87	0,571	vyhovuje
330	5627	5610	77,85	-135,42	-4,21	0,521	vyhovuje

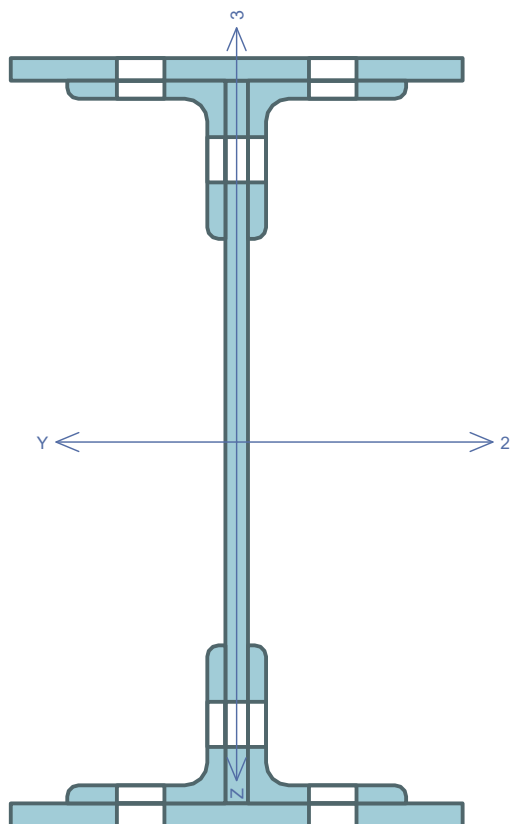
■ Posouzení **spodních** vláken volné stojiny:

$N_{ed,ser}$ [kN]	$M_{y,ser}$ [kNm]	$M_{y,Ed,ser}$ [kNm]	$V_{z,ser}$ [kN]	$\sigma_{x,Ed,ser}$ [MPa]	$\tau_{x,Ed,ser}$ [MPa]	Posudek [-]	
-921,8	6373	6422	333,35	170,86	17,85	0,694	vyhovuje
717,1	2294	2255	24,78	79,68	1,33	0,305	vyhovuje
625	5717	5683	-288,61	178,43	-15,45	0,712	vyhovuje
-345,4	4322	4341	376,46	120,73	20,16	0,531	vyhovuje
581,3	7097	7066	-664,97	218,16	-35,61	0,955	vyhovuje
-148,3	5804	5812	640,1	167,61	34,27	0,782	vyhovuje
603,1	7431	7398	-574,17	228,31	-30,74	0,961	vyhovuje
279,9	6172	6157	437,86	185,80	23,45	0,774	vyhovuje
-812	-823,6	-867,5	-5,86	-40,79	-0,31	0,156	vyhovuje
611,7	9420	9387	103,52	286,80	5,54	1,100	vyhovuje
-144,4	5079	5086	-385,63	146,39	-20,65	0,621	vyhovuje
330	5627	5610	77,85	170,71	4,17	0,655	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: 1,100

4 PODÉLNÍK - BĚŽNÝ

4.1 PODÉLNÍK - BĚŽNÝ - POSUDEK



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$

Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$

Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B38

$N = 52,320 \text{ kN}$

$V_z = -42,330 \text{ kN}$

$V_y = 8,670 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = -2,600 \text{ kNm}$

$M_y = 82,810 \text{ kNm}$

$M_z = 15,900 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,880 m

$L_z = 1,880 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_{cr,z} = 1,880 \text{ m}$

$L_y = 1,880 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,y} = 1,880 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B38; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$42,330 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$8,670 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 52,320 \text{ kN}$; $M_y = 82,810 \text{ kNm}$; $M_z = 15,900 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$

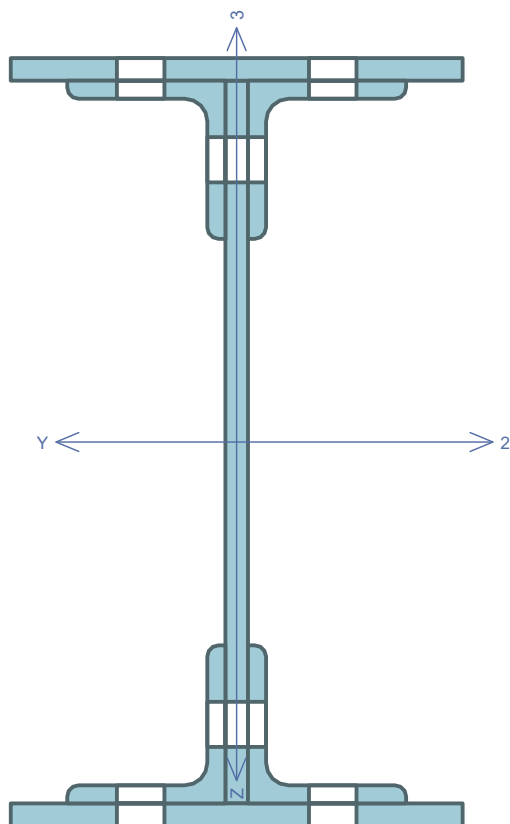
$|0,027 + 0,397 + 0,493| = |0,917| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 45,7

Průřez vyhovuje

91,7 % VYHOVUJE

4.2 PODÉLNÍK - BĚŽNÝ - POSUDEK PRO 100% VYUŽITÍ PRŮŘEZU



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B38

$N = 56,180 \text{ kN}$

$V_z = -46,180 \text{ kN}$

$V_y = 9,500 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = -2,840 \text{ kNm}$

$M_y = 90,300 \text{ kNm}$

$M_z = 17,360 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,880 m

$L_z = 1,880 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_y = 1,880 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,z} = 1,880 \text{ m}$

$L_{cr,y} = 1,880 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B38; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$46,180 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$9,500 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 56,180 \text{ kN}$; $M_y = 90,300 \text{ kNm}$; $M_z = 17,360 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$

$|0,029 + 0,432 + 0,539| = |1,001| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 45,7

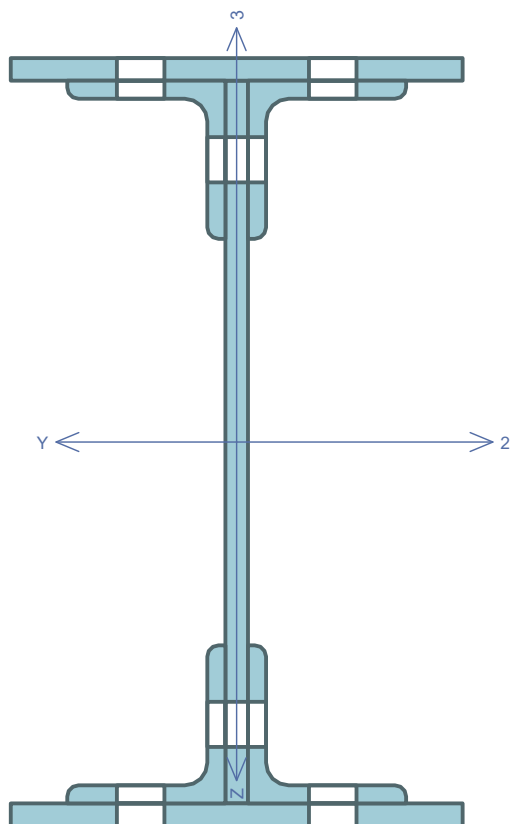
Průřez nevyhovuje

Zatížitelnost: 1,097

100,1 % NEVYHOVUJE

5 PODÉLNÍK - DLOUHÝ

5.1 PODÉLNÍK - DLOUHÝ - POSUDEK



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B57

$N = 2,620 \text{ kN}$

$V_z = 210,490 \text{ kN}$

$V_y = -34,990 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 8,360 \text{ kNm}$

$M_y = 180,370 \text{ kNm}$

$M_z = 28,650 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 2,250 m

$L_z = 1,500 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_{cr,z} = 1,500 \text{ m}$

$L_y = 2,250 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,y} = 2,250 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B57; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$210,490 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$34,990 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 2,620 \text{ kN}$; $M_y = 180,370 \text{ kNm}$; $M_z = 28,650 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$

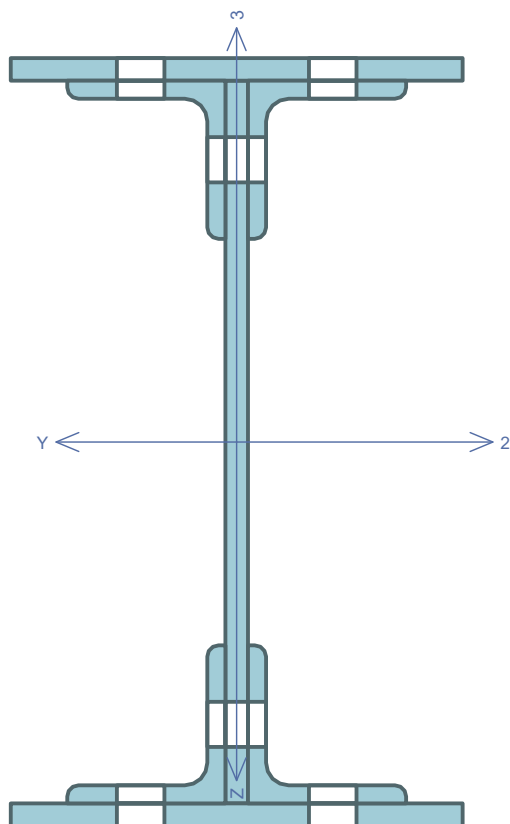
$|0,001 + 0,864 + 0,889| = |1,754| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 36,5

Průřez nevyhovuje

175,4 % NEVYHOVUJE

5.2 PODÉLNÍK - DLOUHÝ - POSUDEK PRO 100% VYUŽITÍ PRŮŘEZU



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$

Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$

Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B54

$N = 3,520 \text{ kN}$

$V_z = 120,000 \text{ kN}$

$V_y = -20,000 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 4,760 \text{ kNm}$

$M_y = 103,090 \text{ kNm}$

$M_z = 16,250 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 2,250 m

$L_z = 1,500 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_{cr,z} = 1,500 \text{ m}$

$L_y = 2,250 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,y} = 2,250 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B54; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$120,000 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$20,000 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 3,520 \text{ kN}$; $M_y = 103,090 \text{ kNm}$; $M_z = 16,250 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$

$|0,002 + 0,494 + 0,504| = |1,000| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 36,5

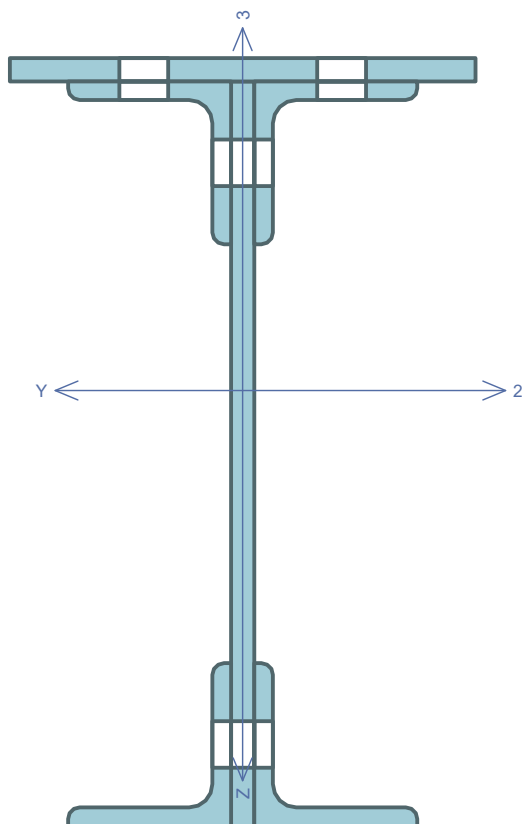
Průřez vyhovuje

Zatížitelnost: 0,559

100,0 % VYHOVUJE

6 PODÉLNÍK - KRÁTKÝ

6.1 PODÉLNÍK - KRÁTKÝ - POSUDEK



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 7,671E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 187,2 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,257E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 9,811E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -8,797E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,811E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 6,715E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,811E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 6,389E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 8,927E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,760E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B56

$N = 7,850 \text{ kN}$

$V_z = -54,560 \text{ kN}$

$V_y = -16,860 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 7,760 \text{ kNm}$

$M_y = 101,210 \text{ kNm}$

$M_z = -20,130 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,210 m

$L_z = 1,210 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_{cr,z}$ - bráněno

$L_y = 1,210 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,y} = 1,210 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B56; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$54,560 \text{ kN} < 473,077 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$16,860 \text{ kN} < 473,077 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 7,850 \text{ kN}$; $M_y = 101,210 \text{ kNm}$; $M_z = -20,130 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1638,788 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -187,945 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 20,961 \text{ kNm}$

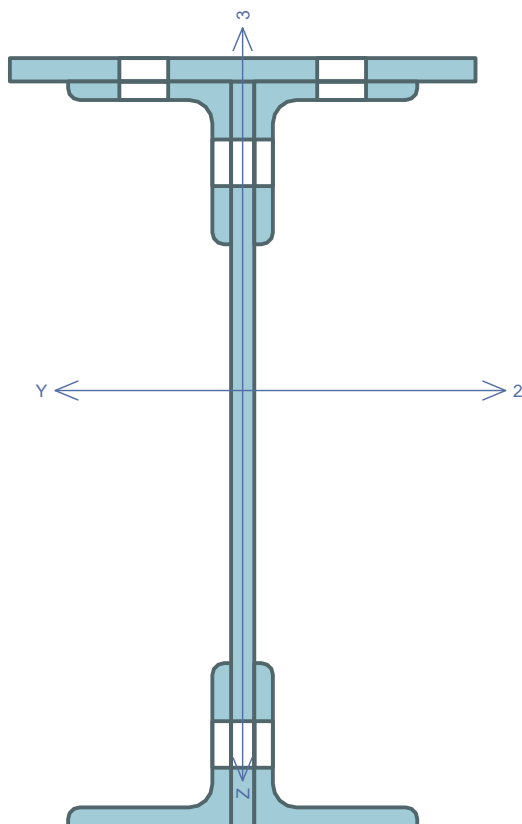
$|0,005 + -0,539 + -0,960| = |-1,494| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 33,8

Průřez nevyhovuje

149,4 % NEVYHOVUJE

6.2 PODÉLNÍK - KRÁTKÝ - POSUDEK PRO 100% VYUŽITÍ PRŮŘEZU



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 7,671E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 187,2 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,257E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 9,811E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -8,797E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,811E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 6,715E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,811E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 6,389E05 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 8,927E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,760E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B56

$N = 5,290 \text{ kN}$

$V_z = -35,980 \text{ kN}$

$V_y = -11,120 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 5,180 \text{ kNm}$

$M_y = 67,880 \text{ kNm}$

$M_z = -13,460 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,210 m

$L_z = 1,210 \text{ m}$ $k_z = 1,000$

$L_{cr,z}$ - bráněno

$L_y = 1,210 \text{ m}$ $k_y = 1,000$

$L_{cr,y} = 1,210 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B56; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$35,980 \text{ kN} < 473,077 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$11,120 \text{ kN} < 473,077 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 5,290 \text{ kN}$; $M_y = 67,880 \text{ kNm}$; $M_z = -13,460 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1638,788 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -187,945 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 20,961 \text{ kNm}$

$|0,003 + -0,361 + -0,642| = |-1,000| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 33,8

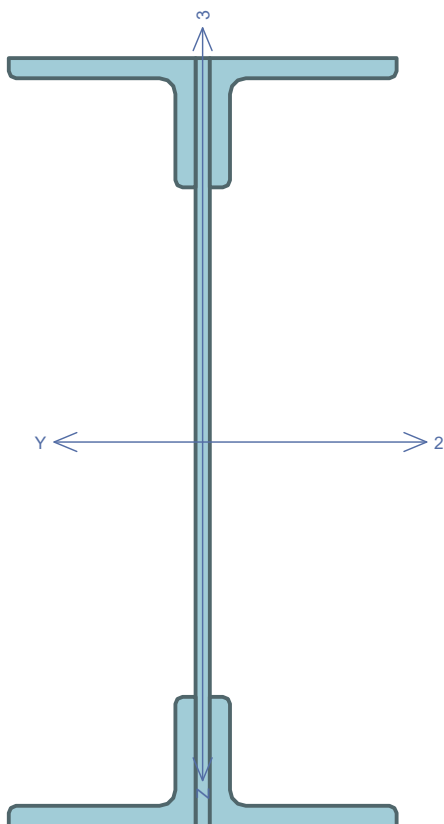
Průřez nevyhovuje

Zatížitelnost: 0,663

100,0 % NEVYHOVUJE

7 PŘÍČNÍK - MEZILEHLÝ

7.1 PŘÍČNÍK - MEZILEHLÝ - POSUDEK



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B283

$N = -39,950 \text{ kN}$

$V_z = -143,950 \text{ kN}$

$V_y = -106,260 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = -9,960 \text{ kNm}$

$M_y = 441,230 \text{ kNm}$

$M_z = -61,240 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 4,010 m

$L_z = 4,810 \text{ m}$

$L_y = 4,010 \text{ m}$

$k_z = 1,000$

$k_y = 0,500$

$L_{cr,z}$ - bráněno

$L_{cr,y} = 2,005 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B283; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$143,950 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$106,260 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -39,950 \text{ kN}$; $M_y = 441,230 \text{ kNm}$; $M_z = -61,240 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

$|-0,012 + -0,669 + -0,836| = |-1,517| > 1$ **Nevyhovuje**

Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

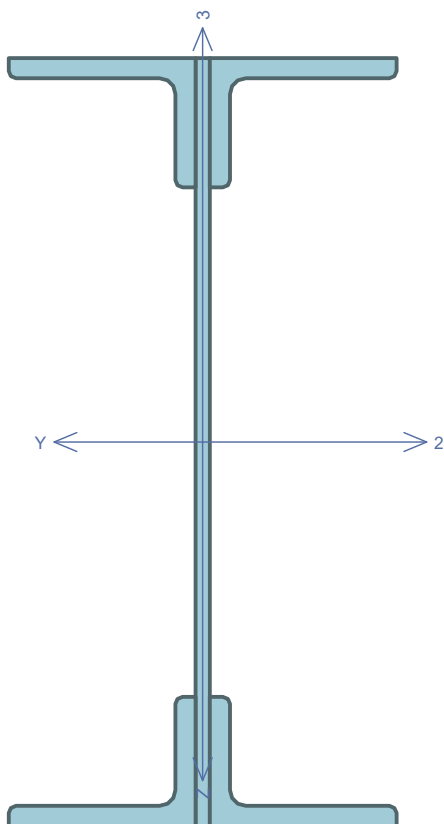
$|-0,012 + -0,669 + -0,836| = |-1,517| > 1$ **Nevyhovuje**

Stíhlost dílce: 92,0

Průřez nevyhovuje

151,7 % NEVYHOVUJE

7.2 PŘÍČNÍK - MEZILEHLÝ - POSUDEK PRO 100% VYUŽITÍ PRŮŘEZU



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B283

$N = -18,740 \text{ kN}$

$V_z = -94,520 \text{ kN}$

$V_y = -72,460 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = -6,820 \text{ kNm}$

$M_y = 293,900 \text{ kNm}$

$M_z = -40,220 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 4,010 m

$L_z = 4,810 \text{ m}$

$L_y = 4,010 \text{ m}$

$k_z = 1,000$

$k_y = 0,500$

$L_{cr,z} = \text{bráněno}$

$L_{cr,y} = 2,005 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B283; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$94,520 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$72,460 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -18,740 \text{ kN}$; $M_y = 293,900 \text{ kNm}$; $M_z = -40,220 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

$|-0,006 + -0,446 + -0,549| = |-1,000| > 1$ **Nevyhovuje**

Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

$|-0,006 + -0,446 + -0,549| = |-1,000| > 1$ **Nevyhovuje**

Stíhlost dílce: 92,0

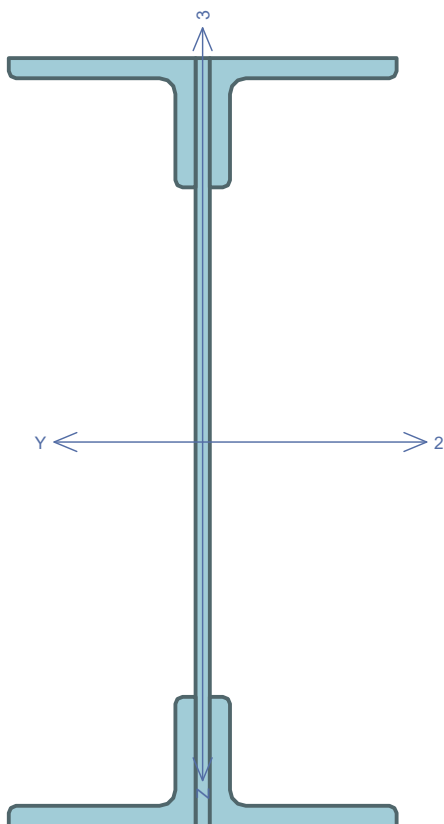
Průřez nevyhovuje

Zatížitelnost: 0,651

100,0 % NEVYHOVUJE

8 PŘÍČNÍK - KONCOVÝ

8.1 PŘÍČNÍK - KONCOVÝ - POSUDEK



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$

Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$

Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B281

$N = 96,400 \text{ kN}$

$V_z = -146,060 \text{ kN}$

$V_y = 48,980 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 0,490 \text{ kNm}$

$M_y = 277,130 \text{ kNm}$

$M_z = 73,080 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 4,630 m

$L_z = 4,630 \text{ m}$

$L_y = 4,630 \text{ m}$

$L_{cr,z}$ - bráněno

$L_{cr,y} = 2,315 \text{ m}$

$k_y = 0,500$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B281; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$146,060 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$48,980 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 96,400 \text{ kN}$; $M_y = 277,130 \text{ kNm}$; $M_z = 73,080 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 3620,484 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

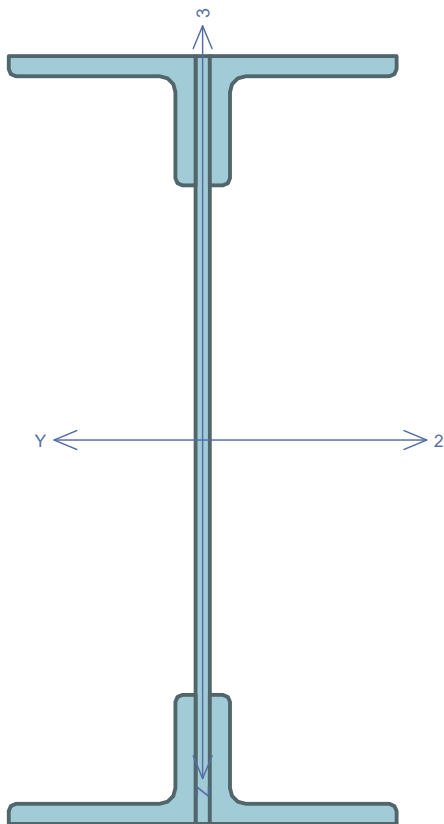
$|0,027 + 0,420 + 0,997| = |1,444| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 88,6

Průřez nevyhovuje

144,4 % NEVYHOVUJE

8.2 PŘÍČNÍK - KONCOVÝ - POSUDEK PRO 100% VYUŽITÍ PRŮŘEZU



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B281

$N = 76,170 \text{ kN}$

$V_z = -98,570 \text{ kN}$

$V_y = 34,090 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 0,380 \text{ kNm}$

$M_y = 192,520 \text{ kNm}$

$M_z = 50,400 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 4,630 m

$L_z = 4,630 \text{ m}$

$L_y = 4,630 \text{ m}$ $k_y = 0,500$

$L_{cr,z}$ - bráněno

$L_{cr,y} = 2,315 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B281; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$98,570 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$34,090 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 76,170 \text{ kN}$; $M_y = 192,520 \text{ kNm}$; $M_z = 50,400 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 3620,484 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$

$|0,021 + 0,292 + 0,688| = |1,001| > 1$ **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 88,6

Průřez nevyhovuje

Zatížitelnost: 0,678

100,1 % NEVYHOVUJE

Vodorovné ztužení

■ Vzhledem k nevyhovění vodorovných ztužidel na vzpěr s využitím průřezu daleko přesahujícím únosnost byla ztužidla znovu posouzena za uvážení výhradně tahových sil.

■ Postup výpočtu:

- 1) V původním modelu byl určen nejvíce tahově namáhaný prvek
- 2) V původním modelu byla určena poloha pohyblivého zatížení v nenepříznivější poloze pro prvek určený v bodě 1)
- 3) Původní model byl duplikován a upraven:
 - Ztužidla byla upravena na nelineární prvky s vyloučením tlaku
 - Z původně pohyblivých zatížení byly vymodelovány statické zatěžovací stavy s polohou zatížení v nenepříznivější poloze
 - Byla vytvořena nelineární kombinace zatěžovacích stavů podle nenepříznivější kombinace v původním modelu
 - Byl proveden nelineární výpočet a odečten extrém na posuzovaném ztužidle

■ Posouzení taženého ztužidla bylo provedeno dle ČSN EN 1993-1-8, kap. 3.10.3.

Průřezové a materiálové charakteristiky

Průřezová plocha úhelníku (oslabená):	$A_{\text{net}} =$	981 mm ²
Rozteč krajního nýtu:	$e_1 =$	35 mm
Rozteč mezi nýty:	$p_1 =$	80 mm
Otvory pro nýty:	$d_0 =$	20 mm

Charakteristická mez pevnosti:	$f_{u,k} =$	329,25 MPa	(viz korozní průzkum)
Dílčí součinitele materiálu:	$\gamma_{M2} =$	1,3	

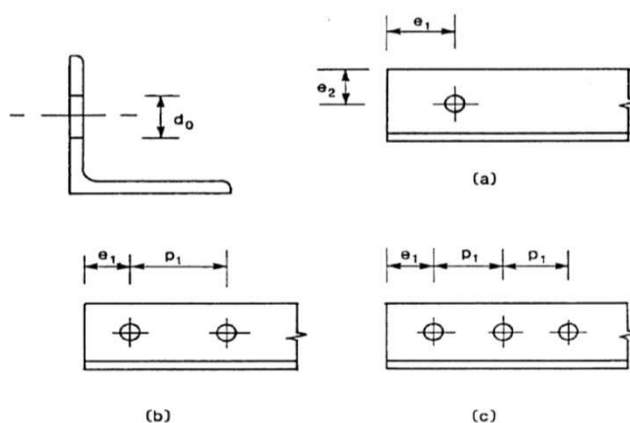
Počet nýtů: 3 a více

$2,5 \cdot d_0 =$	50	→	$\beta =$	0,5
$5,0 \cdot d_0 =$	100	→	$\beta =$	0,7

→ lineární interpolace: $\beta = 0,62$

Tabulka 3.8 – Redukční součinitele β_2 a β_3

Rozteč	p_1	$\leq 2,5d_0$	$\geq 5,0d_0$
Dva šrouby	β_2	0,4	0,7
Tři a více šroubů	β_3	0,5	0,7



- a) jeden šroub
b) dva šrouby
c) tři šrouby

Obrázek 3.9 – Úhelníky připojené jedním ramenem

Extrémní normálová síla

Kombinace: 6.10b

Dynamický součinitel: hlavní nosník (globální posudek)

Polohy pohyblivých zatížení:

Zatěžovací stav [-]	Staničení na mostě [m]
LM 71 +83	2,527
LM 71 -83	2,778
bocni_raz vlevo	5,488
bocni_raz vpravo	5,488

Únosnost ztužidla v tahu

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = 0,62 \cdot 981 \cdot 329,3 / (1,3 \cdot 1000)$$

$N_{u,Rd} = 154,04 \text{ kN}$ < $N_{Ed} = 234,2 \text{ kN}$ nevyhovuje
využití: 1,520

Zatížitelnost ztužidla

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v nelineárním modelu

Zatížitelnost: 0,645 $N_{Ed} = 154,07 \text{ kN}$ nevyhovuje
využití: 1,000

Posouzení přípojů

- V prvním kroku byly přípoje posuzovány pro případ plně vyčerpané únosnosti připojovaného prvku.
- V případě nevyhovění byly přípoje posuzovány na skutečné vnitřní síly a je k nim dopočítána zatížitelnost.

Přípoj vodorovného ztužidla k hlavnímu nosníku

Průřezové a materiálové charakteristiky

<i>Tloušťka stěny ztužidla:</i>	$t_s =$	9 mm
<i>Tloušťka přípojného plechu:</i>	$t_p =$	10 mm
<i>Počet nýtů:</i>	$n =$	3
<i>Počet stříhových ploch jednoho nýtu:</i>	$n_s =$	1
<i>První nýt od okraje ve směru síly:</i>	$e_1 =$	35 mm
<i>Rozteč mezi nýty ve směru síly:</i>	$p_1 =$	80 mm
<i>První nýt od okraje kolmo na směr síly:</i>	$e_2 =$	35 mm
<i>Rozteč mezi nýty kolmo na směr síly:</i>	$p_2 =$	80 mm
<i>Průměr otvoru pro nýty:</i>	$d_0 =$	20 mm
<i>Plocha otvoru pro nýty:</i>	$A_0 =$	314,2 mm ²

(Poznámka: předpoklad vyplnění celého otvoru nýtem)

<i>Mez pevnosti spojované části:</i>	$f_{u,k} =$	329,25 MPa	(viz korozní průzkum)
<i>Mez pevnosti nýtu:</i>	$f_{ur,k} =$	399,2 MPa	(viz korozní průzkum)
	$f_{ur,d} =$	257,9 MPa	(viz korozní průzkum)
<i>Dílčí součinitele materiálu:</i>	$\gamma_{M2} =$	1,3	

Určení vlivu rozteče nýtů

Součinitel ve směru síly

<i>Koncové nýty:</i>	$\alpha_{d1} =$	$e_1 / (3 \cdot d_0) = 35 / (3 \cdot 20)$
	$\alpha_{d1} =$	0,583
<i>Vnitřní nýty:</i>	$\alpha_{d2} =$	$p_1 / (3 \cdot d_0) = 80 / (3 \cdot 20)$
	$\alpha_{d2} =$	1,333
<i>Výsledné:</i>	$\alpha_d = \min(\alpha_{d1} ; \alpha_{d2} ; f_{ur} / f_u ; 1)$	
	$\alpha_d =$	$\min(0,58 ; 1,33 ; 0,78 ; 1)$
	$\alpha_d =$	0,583

Součinitel kolmo na směr síly

Koncové nýty:	$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7 ; 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$
	$k_1 = \min(2,8 \cdot 35 / 20 - 1,7 ; 1,4 \cdot 80 / 20 - 1,7 ; 2,5)$
	$k_1 = \min(3,2 ; 3,9 ; 2,5)$
	$k_1 = 2,500$
Vnitřní nýty:	$k_2 = \min(1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$
	$k_2 = \min(1,4 \cdot 80 / 20 - 1,7 ; 2,5) = \min(3,9 ; 2,5)$
	$k_2 = 2,500$
Výsledné:	$k = \min(k_1 ; k_2) = \min(2,5 ; 2,5)$
	$k = 2.500$

Únosnost průřezu ztužidla

$$F_{Ed} = F_{u,Rd} = 154,0 \text{ kN} \quad \text{viz posouzení ztužidla}$$

Únosnost přípoje ve střihu na plnou normálovou únosnost průřezu ztužidla

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{ur,d} \cdot A_0 \cdot n \cdot n_s = 0,6 \cdot 257,9 \cdot 314,2 \cdot 3 \cdot 1 / 1000$$

$$F_{v,Rd} = 145,84 \text{ kN} < F_{Ed} = 154,0 \text{ kN} \quad \text{nevyhovuje} \quad \text{využití: } 1,056$$

→ nutno posoudit na skutečné síly a určit zatížitelnost

Zatížitelnost přípoje ve střihu na skutečné síly

■ Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v nelineárním modelu stejném jako při posouzení ztužidla.

$$F_{v,Rd} = 145,84 \text{ kN} < F_{Ed} = 234,20 \text{ kN} \quad \text{nevyhovuje} \quad \text{využití: } 1,606$$

viz posouzení ztužidla

Zatížitelnost: 0,609

$$F_{v,Rd} = 145,84 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 145,65 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje} \quad \text{využití: } 0,999$$

Únosnost přípoje v otláčení

$$F_{b,Rd} = n \cdot k \cdot \alpha \cdot f_{u,k} \cdot d_0 \cdot t_{\min} / \gamma_{M2} = 3 \cdot 2,5 \cdot 0,58 \cdot 329,3 \cdot 20 \cdot 9 / (1,3 \cdot 1000)$$

$$F_{b,Rd} = 199,45 \text{ kN} \geq F_{u,Rd} = 154,0 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje} \quad \text{využití: } 0,772$$

10.2

Přípoj podélníku na příčník

Průřezové a materiálové charakteristiky

Tloušťka stojiny podélníku:	$t_w =$	10 mm
Výška stojiny podélníku:	$h_w =$	320 mm
Plocha stojiny podélníku:	$A_w = h_w \cdot t_w =$	$10 \cdot 320 = 3200 \text{ mm}^2$
Tloušťka stojiny příčníku:	$t_p =$	10 mm

Počet nýtů:	$n =$	5
Počet střihových ploch jednoho nýtu:	$n_s =$	1
První nýt od okraje ve směru síly:	$e_1 =$	35 mm
Rozteč mezi nýty ve směru síly:	$p_1 =$	80 mm
První nýt od okraje kolmo na směr síly:	$e_2 =$	35 mm
Rozteč mezi nýty kolmo na směr síly:	$p_2 =$	80 mm
Průměr otvoru pro nýty:	$d_0 =$	20 mm
Plocha otvoru pro nýty:	$A_0 =$	$314,2 \text{ mm}^2$

(Poznámka: předpoklad vyplnění celého otvoru nýtem)

Mez kluzu spojované části:	$f_{y,k} =$	206,4 MPa	(viz korozní průzkum)
Mez pevnosti spojované části:	$f_{u,k} =$	329,25 MPa	
Mez pevnosti nýtu:	$f_{ur,k} =$	399,2 MPa	
	$f_{ur,d} =$	257,9 MPa	
Dílčí součinitele materiálu:	$\gamma_{M0} =$	1,1	
	$\gamma_{M2} =$	1,3	

Určení vlivu rozteče nýtů

Součinitel ve směru síly

Koncové nýty: $\alpha_{d1} = e_1 / (3 \cdot d_0) = 35 / (3 \cdot 20)$
 $\alpha_{d1} = 0,583$

Vnitřní nýty: $\alpha_{d2} = p_1 / (3 \cdot d_0) = 80 / (3 \cdot 20)$
 $\alpha_{d2} = 1,333$

Výsledné: $\alpha_d = \min(\alpha_{d1}; \alpha_{d2}; f_{ur} / f_u; 1)$
 $\alpha_d = \min(0,58; 1,33; 0,78; 1)$
 $\alpha_d = 0,583$

Součinitel kolmo na směr síly

Koncové nýty: $k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7; 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7; 2,5)$
 $k_1 = \min(2,8 \cdot 35 / 20 - 1,7; 1,4 \cdot 80 / 20 - 1,7; 2,5)$
 $k_1 = \min(3,2; 3,9; 2,5)$
 $k_1 = 2,500$

Vnitřní nýty: $k_2 = \min(1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7; 2,5)$
 $k_2 = \min(1,4 \cdot 80 / 20 - 1,7; 2,5) = \min(3,9; 2,5)$
 $k_2 = 2,500$

Výsledné: $k = \min(k_1; k_2) = \min(2,5; 2,5)$
 $k = 2,500$

Únosnost průřezu podélníku na smyk

$$F_{ed} = V_{c,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 3200 \cdot (206,4 / \sqrt{3}) / (1,1 \cdot 1000)$$

$$F_{ed} = V_{c,Rd} = 346,66 \text{ kN}$$

Únosnost připoje ve stříhu na plnou smykovou únosnost průřezu podélníku

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{ur,d} \cdot A_0 \cdot n \cdot n_s = 0,6 \cdot 257,9 \cdot 314,2 \cdot 5 \cdot 1 / 1000$$

$$F_{v,Rd} = 243,1 \text{ kN} < F_{Ed} = 346,7 \text{ kN} \quad \text{nevyhovuje}$$

využití: 1,426

→ nutno posoudit na skutečné síly a určit zatížitelnost

Zatížitelnost přípoje ve střihu na skutečné síly

- Nejvyšší síla F_{Ed} na přípoj byla odečtena z výpočetního modelu (smyková síla na podélníku) s využitím sestavy zatížení pro lokální účinky na podélníku.

$$F_{Ed} = 262,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 243,07 \text{ kN} < F_{Ed} = 262,39 \text{ kN} \quad \text{nevyhovuje} \quad \text{využití: } 1,080$$

- Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v globálním výpočetním modelu

Zatížitelnost: 0,923

$$F_{v,Rd} = 243,1 \text{ kN} < F_{Ed} = 243,47 \text{ kN} \quad \text{nevyhovuje} \quad \text{využití: } 1,002$$

Únonsost přípoje v otlačení

$$F_{b,Rd} = n \cdot k \cdot \alpha \cdot f_{u,k} \cdot d_0 \cdot t_{\min} / \gamma_{M2} = 5 \cdot 2,5 \cdot 0,58 \cdot 329,3 \cdot 20 \cdot 10 / (1,3 \cdot 1000)$$

$$F_{b,Rd} = 369,35 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 346,66 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje} \quad \text{využití: } 0,939$$

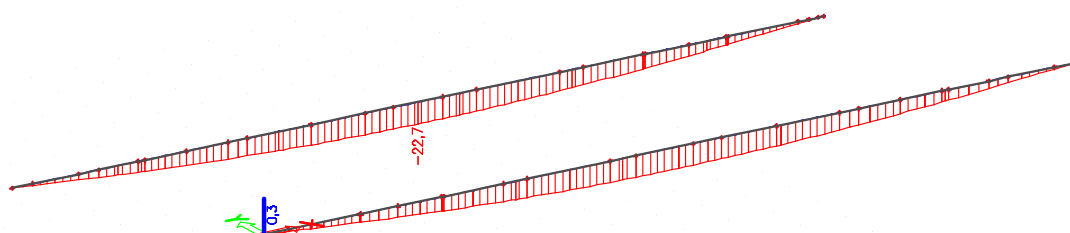
11
11.1
11.1.1

Globální posouzení Průhyb hl. nosníku

POSOUZENÍ

- Posouzení svislých průhybů je prováděno pouze na hlavních nosnících.
- Pro posouzení svislého průhybu hlavního nosníku se využije výhradně svislé proměnné zatížení modelem LM 71 se zahrnutím dynamických účinků.
- Průhyb konstrukce byl odečten v globálním modelu pro skupinu zatížení hlavního nosníku.

MSP - Posouzení svislého průhybu



Rozpětí mostu:	L =	18,26 m
Průhyb od svislého zatížení modelem LM 71:	δ_{LM71} =	22,7 mm
Mezní svislý průhyb:	δ_{lim} =	$L / 600 = 18260 / 600$
	δ_{lim} =	30,4 mm
δ_{LM71}	\leq	δ_{lim}
22,7	\leq	30,4
		vyhovuje
		využití:
		0,746

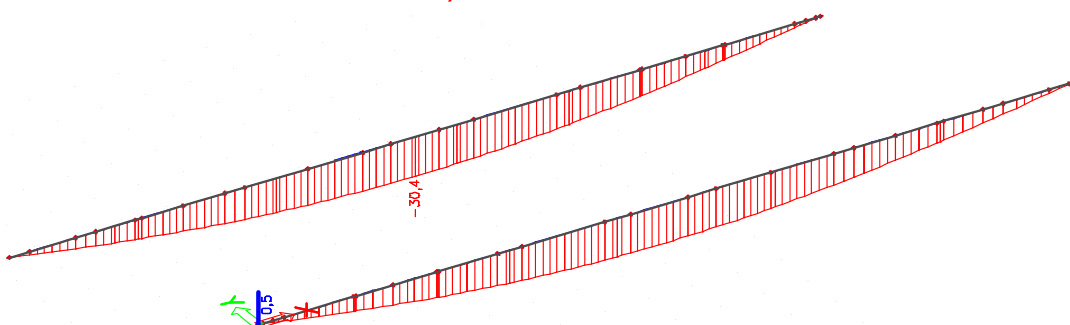
11.1.2

ZATÍŽITELNOST

MSP - Posouzení svislého průhybu

- Zatížitelnost byla určena iteračně úpravou zatížení v modelu.

Zatížitelnost: **1,339**

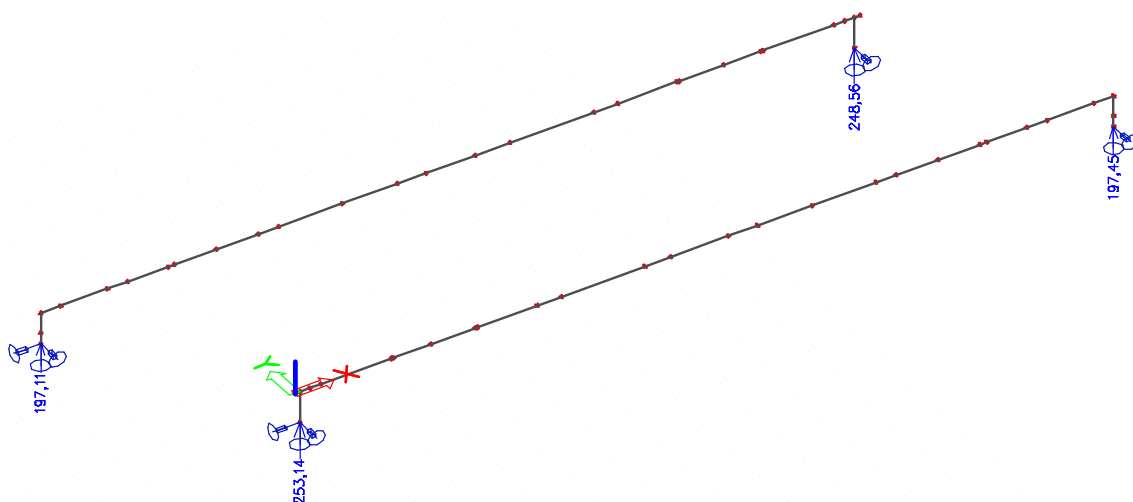


Rozpětí mostu:	L =	18,26 m
Průhyb od svislého zatížení modelem LM 71:	δ_{LM71} =	30,4 mm
Mezní svislý průhyb:	δ_{lim} =	30,4 mm
δ_{LM71}	\leq	δ_{lim}
30,4	\leq	30,4
		vyhovuje
		využití:
		0,999

11.1

Stabilita překlpení konstrukce

- Stabilita překlpení konstrukce byla posuzována pro obálku kombinací 6.10a a 6.10b se setavou dopravních zatížení gr15.
- Ve žádné variantě kombinací zatížení nevznikají tahové reakce v ložiskách.
- Konstrukce tedy **vyhovuje** na posouzení stability proti překlpení.



Přehled zatížitelností jednotlivých prvků

Prvek	Průřez/Prvek	Namáhání	Posudek	Zatížitelnost
Podélník - běžný	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	0,917	1,097
Podélník - dlouhý	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	1,754	0,559
Podélník - krátký	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	1,494	0,663
Příčník - běžný	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	1,517	0,651
Příčník - koncový	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	1,444	0,678
Hlavní nosník	HLN_01	$M_y + M_z + N$	1,099	0,896
Hlavní nosník	HLN_01	V_z	1,074	0,895
Hlavní nosník	HLN_01	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,573	2,017
Hlavní nosník	HLN_02	$M_y + M_z + N$	1,315	0,703
Hlavní nosník	HLN_02	V_z	0,933	1,048
Hlavní nosník	HLN_02	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,541	2,182
Hlavní nosník	HLN_03	$M_y + M_z + N$	1,147	0,851
Hlavní nosník	HLN_03	V_z	0,801	1,288
Hlavní nosník	HLN_03	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,587	2,055
Hlavní nosník	HLN_04	$M_y + M_z + N$	1,164	0,838
Hlavní nosník	HLN_04	V_z	0,746	1,392
Hlavní nosník	HLN_04	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,534	2,280
Hlavní nosník	HLN_05	$M_y + M_z + N$	1,096	0,898
Hlavní nosník	HLN_05	V_z	0,557	1,903
Hlavní nosník	HLN_05	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,501	2,441
Hlavní nosník	HLN_06	$M_y + M_z + N$	1,102	0,893
Hlavní nosník	HLN_06	V_z	0,338	3,107
Hlavní nosník	HLN_06	$\sigma + \tau$ (dýchání stěny)	0,421	2,802
Ztužidlo	-	N	1,520	0,645
Přípoj	Ztuž. - HLN	N	1,606	0,609
Přípoj	Podél. - Příč.	V_z	1,080	0,923
Průhyb	HLN	M_y	0,746	1,339
<u>Rozhodující</u>				
Podélník - dlouhý	-	$M_y + M_z + V_y + V_z + N$	1,754	0,559

- Pro posouzení přechodnosti provozního zatížení byla do modelu vložena schémata nápravových sil jako pohyblivá zatížení míto modelu LM 71.
- Výsledky z tohoto nového modelu byly zkombinovány stejnými kombinacemi jako pro model LM 71, avšak s rozdílným součinitelem zatížení dle S5/1 $\gamma_T = 1,25$ a rozdílným dynamickým součinitelem dle S5/1.
- Vnitřní síly jednotlivých prvků, pak byly posouzeny stejným způsobem jako vnitřní síly od modelu LM 71.

13.1

PODÉLNÍK - dlouhý**Výpočet přechodnosti prvku provozním zatížením**

Prověřované provozní zatížení:

B2/50

Skutečná délka prvku:	$L =$	2,25 m	
Náhradní délka prvku:	$L_\phi =$	$L + 3 = 2,25 + 3 =$	5,25 m
Dynamický součinitel pro model LM71:	$\phi_{LM71} =$	1,81	
Dynamický součinitel pro provozní zatížení:	$\Phi_T =$	1,56	
Součinitel dynamické redukce:	$\psi = \phi_{LM71} / \Phi_T =$	1,56 / 1,81	
	$\psi =$	0,864	
Účinek zatížení modelem LM71:	$E_{LM71} =$	1,754	(viz posudek prvku)
Účinek zatížení provozním modelem:	$E_t =$	1,093	(viz posudek prvku na přechodnost)
Účinnost provozního zatížení:	$\lambda_{LM71} = E_t / E_{LM71} =$	1,09 / 1,75	
	$\lambda_{LM71} =$	0,623	
Přechodnost zatížení:	$P = \psi \cdot \lambda_{LM71} =$	0,864 \cdot 0,623	
	$P =$	0,539	

Ověření přechodnosti

		Zatížitelnost prvku:	$Z_{LM71} =$	0,559
Z_{LM71}	\geq	P		
0,559	\geq	0,539		vyhovuje

13.2

PODÉLNÍK - dlouhý**Výpočet přechodnosti prvku provozním zatížením**

Prověřované provozní zatížení: **C2/40**

Skutečná délka prvku:	$L =$	2,25 m	
Náhradní délka prvku:	$L_{\phi} =$	$L + 3 = 2,25 + 3 =$	5,25 m
Dynamický součinitel pro model LM71:	$\phi_{LM71} =$	1,81	
Dynamický součinitel pro provozní zatížení:	$\Phi_T =$	1,45	
Součinitel dynamické redukce:	$\psi = \phi_{LM71} / \Phi_T =$	1,45 / 1,81	
	$\psi =$	0,803	
Účinek zatížení modelem LM71:	$E_{LM71} =$	1,754	(viz posudek prvku)
Účinek zatížení provozním modelem:	$E_t =$	1,2	(viz posudek prvku na přechodnost)
Účinnost provozního zatížení:	$\lambda_{LM71} = E_t / E_{LM71} =$	1,2 / 1,75	
	$\lambda_{LM71} =$	0,684	
Přechodnost zatížení:	$P = \psi \cdot \lambda_{LM71} =$	0,803 \cdot 0,684	
	$P =$	0,550	

Ověření přechodnosti

	Zatížitelnost prvku:	$Z_{LM71} =$	0,559
Z_{LM71}	\geq	P	
0,559	\geq	0,550	vyhovuje

13.3

HLAVNÍ NOSNÍK - HLN 02**Výpočet přechodnosti prvku provozním zatížením**

Prověřované provozní zatížení: **D3/50**

Skutečná délka prvku:	$L =$	18,26 m	
Náhradní délka prvku:	$L_{\phi} =$	$L =$	18,26 m
Dynamický součinitel pro model LM71:	$\phi_{LM71} =$	1,26	
Dynamický součinitel pro provozní zatížení:	$\Phi_T =$	1,25	
Součinitel dynamické redukce:	$\psi = \phi_{LM71} / \Phi_T =$	1,25 / 1,26	
	$\psi =$	0,992	
Účinek zatížení modelem LM71:	$E_{LM71} =$	1,315	(viz posudek prvku)
Účinek zatížení provozním modelem:	$E_t =$	0,916	(viz posudek prvku na přechodnost)
Účinnost provozního zatížení:	$\lambda_{LM71} = E_t / E_{LM71} =$	0,92 / 1,31	
	$\lambda_{LM71} =$	0,697	
Přechodnost zatížení:	$P = \psi \cdot \lambda_{LM71} =$	0,992 \cdot 0,697	
	$P =$	0,691	

Ověření přechodnosti

	Zatížitelnost prvku:	$Z_{LM71} =$	0,703
Z_{LM71}	\geq	P	
0,703	\geq	0,691	vyhovuje

13.4

PŘÍČNÍK - mezilehlý**Výpočet přechodnosti prvku provozním zatížením**

Prověřované provozní zatížení: **D4/50**

Skutečná délka prvku:	$L =$	4,81 m	
Náhradní délka prvku:	$L_\phi =$	$2 \cdot L = 2 \cdot 4,81 =$	9,62 m
Dynamický součinitel pro model LM71:	$\phi_{LM71} =$	1,47	
Dynamický součinitel pro provozní zatížení:	$\Phi_T =$	1,46	
Součinitel dynamické redukce:	$\psi = \phi_{LM71} / \Phi_T =$	1,46 / 1,47	
	$\psi =$	0,990	
Účinek zatížení modelem LM71:	$E_{LM71} =$	1,517	(viz posudek prvku)
Účinek zatížení provozním modelem:	$E_t =$	0,815	(viz posudek prvku na přechodnost)
Účinnost provozního zatížení:	$\lambda_{LM71} = E_t / E_{LM71} =$	0,82 / 1,52	
	$\lambda_{LM71} =$	0,537	
Přechodnost zatížení:	$P = \psi \cdot \lambda_{LM71} =$	0,99 \cdot 0,537	
	$P =$	0,532	

Ověření přechodnosti

	Zatížitelnost prvku:	$Z_{LM71} =$	0,651
Z_{LM71}	\geq	P	
0,651	\geq	0,532	vyhovuje

13.5

PŘÍČNÍK - koncový**Výpočet přechodnosti prvku provozním zatížením**

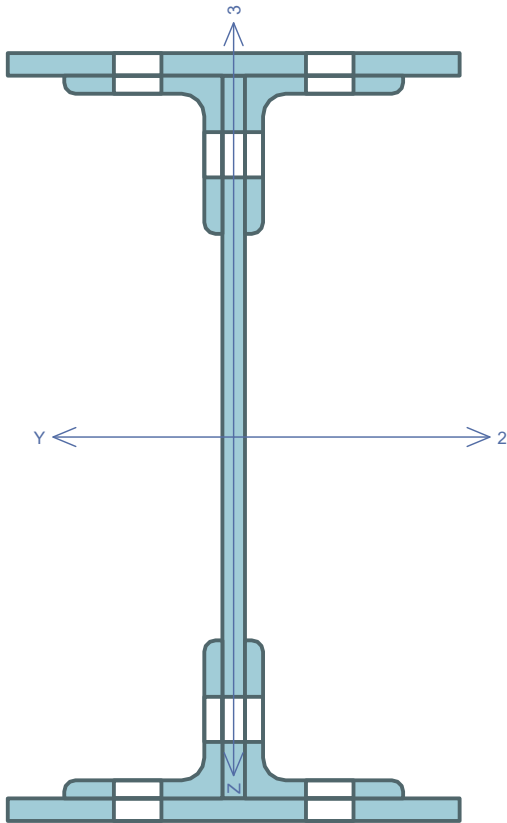
Prověřované provozní zatížení: **D4/50**

Skutečná délka prvku:	$L =$	3,6 m	
Náhradní délka prvku:	$L_\phi =$	$L =$	3,60 m
Dynamický součinitel pro model LM71:	$\phi_{LM71} =$	2,00	
Dynamický součinitel pro provozní zatížení:	$\Phi_T =$	1,56	
Součinitel dynamické redukce:	$\psi = \phi_{LM71} / \Phi_T =$	1,56 / 2	
	$\psi =$	0,780	
Účinek zatížení modelem LM71:	$E_{LM71} =$	1,444	(viz posudek prvku)
Účinek zatížení provozním modelem:	$E_t =$	0,901	(viz posudek prvku na přechodnost)
Účinnost provozního zatížení:	$\lambda_{LM71} = E_t / E_{LM71} =$	0,9 / 1,44	
	$\lambda_{LM71} =$	0,624	
Přechodnost zatížení:	$P = \psi \cdot \lambda_{LM71} =$	0,78 \cdot 0,624	
	$P =$	0,487	

Ověření přechodnosti

	Zatížitelnost prvku:	$Z_{LM71} =$	0,678
Z_{LM71}	\geq	P	
0,678	\geq	0,487	vyhovuje

13.6 **PODÉLNÍK - DLOUHÝ - POSUDEK PRO PŘECHODNOST (B2/50)**



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**
Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií
Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$
Poloha těžiště:
 $y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$
Momenty setrvačnosti:
 $I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$
Průřezové moduly:
 $W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$
 $W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$
Moment tuhosti v prostém kroucení:
 $I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$
Plastické průřezové moduly:
 $W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235
Materiálové charakteristiky:
Mez kluzu f_y : 235,0 MPa
Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa
Modul pružnosti E : 210000 MPa
Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu
Zatěžovací případ s největším využitím
B54
 $N = 8,720 \text{ kN}$
 $V_z = 123,240 \text{ kN}$ $M_y = 105,780 \text{ kNm}$
 $V_y = -23,880 \text{ kN}$ $M_z = 18,760 \text{ kNm}$
 $T_t = 0,000 \text{ kNm}$
 $T_\omega = 5,810 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$

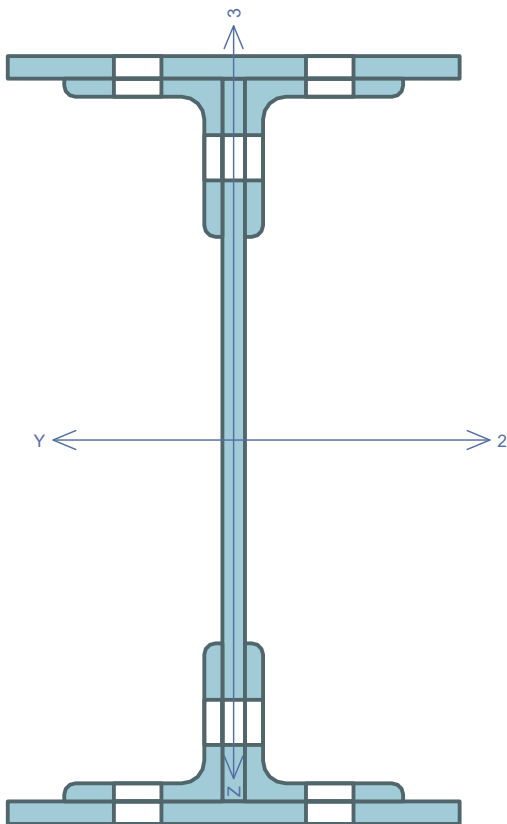
Parametry vzpěru
Délka dílce: 2,250 m
 $L_z = 1,500 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 1,500 \text{ m}$
 $L_y = 2,250 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{cr,y} = 2,250 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B54; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3
Posudek smyku od posouvající síly V_z :
 $123,240 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**
Posudek smyku od posouvající síly V_y :
 $23,880 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**
Vnitřní síly: $N = 8,720 \text{ kN}$; $M_y = 105,780 \text{ kNm}$; $M_z = 18,760 \text{ kNm}$
Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:
Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$
 $|0,005 + 0,507 + 0,582| = |1,093| > 1$ **Nevyhovuje**
Štíhlost dílce: 36,5

Průřez nevyhovuje

109,3 % NEVYHOVUJE

13.7 **PODÉLNÍK - DLOUHÝ - POSUDEK PRO PŘECHODNOST (C2/40)**



Norma **EN 1993-1-1/Uživatelská.**
Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$

Průřez zadaný geometrií
Průřezová plocha: $A = 8,915E03 \text{ mm}^2$
Poloha těžiště:
 $y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 170,0 \text{ mm}$
Momenty setrvačnosti:
 $I_y = 1,662E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,508E07 \text{ mm}^4$
Průřezové moduly:
 $W_{y,1} = -9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,508E05 \text{ mm}^3$
 $W_{y,2} = 9,775E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,508E05 \text{ mm}^3$
Moment tuhosti v prostém kroucení:
 $I_k = 8,712E05 \text{ mm}^4$
Plastické průřezové moduly:
 $W_{pl,y} = 1,140E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,439E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235
Materiálové charakteristiky:
Mez kluzu f_y : 235,0 MPa
Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa
Modul pružnosti E : 210000 MPa
Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu
Zatěžovací případ s největším využitím
B54
 $N = 8,840 \text{ kN}$
 $V_z = 136,110 \text{ kN}$ $M_y = 116,760 \text{ kNm}$
 $V_y = -26,050 \text{ kN}$ $M_z = 20,510 \text{ kNm}$
 $T_t = 0,000 \text{ kNm}$
 $T_\omega = 6,340 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru
Délka dílce: 2,250 m
 $L_z = 1,500 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 1,500 \text{ m}$
 $L_y = 2,250 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{cr,y} = 2,250 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B54; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3
Posudek smyku od posouvající síly V_z :
 $136,110 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**
Posudek smyku od posouvající síly V_y :
 $26,050 \text{ kN} < 549,797 \text{ kN}$ **Vyhovuje**
Vnitřní síly: $N = 8,840 \text{ kN}$; $M_y = 116,760 \text{ kNm}$; $M_z = 20,510 \text{ kNm}$
Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:
Únosnosti: $N_R = 1904,551 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 208,829 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 32,227 \text{ kNm}$
 $|0,005 + 0,559 + 0,636| = |1,200| > 1$ **Nevyhovuje**
Štíhlost dílce: 36,5

Průřez nevyhovuje

120,0 % NEVYHOVUJE

Materiálové charakteristiky

$f_{y,k}$	=	206,4	Mpa
$f_{u,k}$	=	329,25	Mpa
γ_{M0}	=	1,1	
γ_{M1}	=	1,2	
γ_{M2}	=	1,3	
χ_{My}	=	0,86	

Průřezové charakteristiky

Plný průřez:		h_c	=	1680	mm
		e_H	=	-777	mm
		e_D	=	903	mm
		$-e_L = e_P$	=	125	mm
Celá stojina:		h_w	=	1670	mm
Volná část stojiny:		h	=	1450	mm
		t_w	=	11	mm
Efektivní průřez:		A_{eff}	=	30376,5	mm ²
		$I_{y,eff}$	=	1,232	$\cdot 10^4$ mm ⁴
		$I_{z,eff}$	=	3,811	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff}$	=	-784	mm
		$e_{D,eff}$	=	896	mm
		$-e_{L,eff} = e_{P,eff}$	=	125	mm
		$e_{y,N} = e_D - e_{D,eff}$	=	7	mm
Efektivní průřez oslabený nýty:		$I_{y,eff,oslab}$	=	1,177	$\cdot 10^4$ mm ⁴
		$I_{z,eff,oslab}$	=	3,568	$\cdot 10^7$ mm ⁴
		$e_{H,eff,oslab}$	=	-762	mm
		$e_{D,eff,oslab}$	=	918	mm
		$-e_{L,eff,oslab} = e_{P,eff,oslab}$	=	125	mm
		$e_{y,N,oslab} = e_D - e_{D,eff,oslab}$	=	-15	mm

■ Vliv posunu těžiště ve vodorovném směru ($e_{z,N}$) zanedbán vzhledem k minimálním hodnotám posunu.

MSÚ - Posouzení kombinace dvouosého ohybu a normálové síly

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}} A_{eff}} + \frac{M_{yEd} + N_{Ed} e_{y,N}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}} W_{y,eff}} + \frac{M_{zEd} + N_{Ed} e_{z,N}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}} W_{z,eff}} \leq 1,0$$

kde:

$$W_{y(z)} = I_{y(z)} / e_{H/D} (L/P)$$

■ Stanovení únosnosti průřezu:

	A	N _{Rd}	e _y	W _y	M _{y,Rd}	e _z	W _z	M _{z,Rd}
	[m ²]	[kN]	[m]	[m ³]	[kNm]	[m]	[m ³]	[kNm]
levý horní	0,030	5699,7	-0,762	-0,01545	-3027,9	-0,125	-0,00029	-65,1
pravý horní	0,030	5699,7	-0,762	-0,01545	-3027,9	0,125	0,00029	65,1
levý spodní	0,030	5699,7	0,918	0,01282	2513,4	-0,125	-0,00029	-65,1
pravý spodní	0,030	5699,7	0,918	0,01282	2513,4	0,125	0,00029	65,1

■ Posouzení **horního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-222,1	72,66	75,99	-20,48	-0,039	-0,025	0,315	0,251	vyhovuje
207,4	236,4	233,3	27,73	0,036	-0,077	-0,426	0,467	vyhovuje
160,9	333,4	331	43,36	0,028	-0,109	-0,666	0,748	vyhovuje
-141,5	396,5	398,7	0,2	-0,025	-0,132	-0,003	0,160	vyhovuje
68,15	294,9	293,9	-25,1	0,012	-0,097	0,386	0,301	vyhovuje
23,12	237,6	237,3	39,32	0,004	-0,078	-0,604	0,679	vyhovuje
112,2	345,6	343,9	-0,32	0,020	-0,114	0,005	0,089	vyhovuje
-138,6	-72,41	-74,49	0,64	-0,024	0,025	-0,010	0,010	vyhovuje
-197,6	-146,2	-149,1	0,46	-0,035	0,049	-0,007	0,008	vyhovuje
182,1	1344	1341	-1,5	0,032	-0,443	0,023	0,388	vyhovuje
-170,9	35,16	37,72	-40,06	-0,030	-0,012	0,616	0,573	vyhovuje
162,9	259,6	257,1	51,09	0,029	-0,085	-0,785	0,842	vyhovuje

■ Posouzení **horního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-222,1	72,66	75,99	-20,48	-0,039	-0,025	-0,315	0,379	vyhovuje
207,4	236,4	233,3	27,73	0,036	-0,077	0,426	0,386	vyhovuje
160,9	333,4	331	43,36	0,028	-0,109	0,666	0,585	vyhovuje
-141,5	396,5	398,7	0,2	-0,025	-0,132	0,003	0,153	vyhovuje
68,15	294,9	293,9	-25,1	0,012	-0,097	-0,386	0,471	vyhovuje
23,12	237,6	237,3	39,32	0,004	-0,078	0,604	0,530	vyhovuje
112,2	345,6	343,9	-0,32	0,020	-0,114	-0,005	0,099	vyhovuje
-138,6	-72,41	-74,49	0,64	-0,024	0,025	0,010	0,010	vyhovuje
-197,6	-146,2	-149,1	0,46	-0,035	0,049	0,007	0,022	vyhovuje
182,1	1344	1341	-1,5	0,032	-0,443	-0,023	0,434	vyhovuje
-170,9	35,16	37,72	-40,06	-0,030	-0,012	-0,616	0,658	vyhovuje
162,9	259,6	257,1	51,09	0,029	-0,085	0,785	0,729	vyhovuje

■ Posouzení **spodního levého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-222,1	72,66	75,99	-20,48	-0,039	0,030	0,315	0,306	vyhovuje
207,4	236,4	233,3	27,73	0,036	0,093	-0,426	0,297	vyhovuje
160,9	333,4	331	43,36	0,028	0,132	-0,666	0,506	vyhovuje
-141,5	396,5	398,7	0,2	-0,025	0,159	-0,003	0,131	vyhovuje
68,15	294,9	293,9	-25,1	0,012	0,117	0,386	0,515	vyhovuje
23,12	237,6	237,3	39,32	0,004	0,094	-0,604	0,506	vyhovuje
112,2	345,6	343,9	-0,32	0,020	0,137	0,005	0,161	vyhovuje
-138,6	-72,41	-74,49	0,64	-0,024	-0,030	-0,010	0,064	vyhovuje
-197,6	-146,2	-149,1	0,46	-0,035	-0,059	-0,007	0,101	vyhovuje
182,1	1344	1341	-1,5	0,032	0,533	0,023	0,588	vyhovuje
-170,9	35,16	37,72	-40,06	-0,030	0,015	0,616	0,601	vyhovuje
162,9	259,6	257,1	51,09	0,029	0,102	-0,785	0,654	vyhovuje

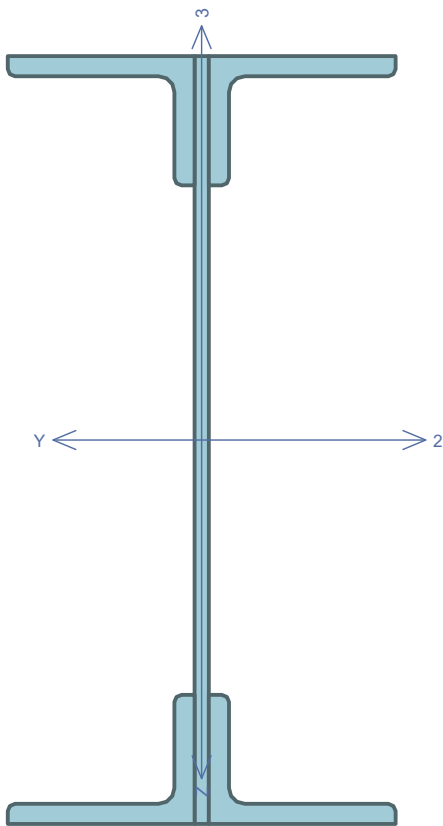
■ Posouzení **spodního pravého** rohu průřezu:

$$e_{y,N} = -0,015 \text{ m}$$

N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$ [-]	$M_{z,Ed}/M_{z,Rd}$ [-]	$ \Sigma $ [-]	
-222,1	72,66	75,99	-20,48	-0,039	0,030	-0,315	0,324	vyhovuje
207,4	236,4	233,3	27,73	0,036	0,093	0,426	0,555	vyhovuje
160,9	333,4	331	43,36	0,028	0,132	0,666	0,826	vyhovuje
-141,5	396,5	398,7	0,2	-0,025	0,159	0,003	0,137	vyhovuje
68,15	294,9	293,9	-25,1	0,012	0,117	-0,386	0,257	vyhovuje
23,12	237,6	237,3	39,32	0,004	0,094	0,604	0,703	vyhovuje
112,2	345,6	343,9	-0,32	0,020	0,137	-0,005	0,152	vyhovuje
-138,6	-72,41	-74,49	0,64	-0,024	-0,030	0,010	0,044	vyhovuje
-197,6	-146,2	-149,1	0,46	-0,035	-0,059	0,007	0,087	vyhovuje
182,1	1344	1341	-1,5	0,032	0,533	-0,023	0,542	vyhovuje
-170,9	35,16	37,72	-40,06	-0,030	0,015	-0,616	0,631	vyhovuje
162,9	259,6	257,1	51,09	0,029	0,102	0,785	0,916	vyhovuje

Hodnota maximálního využití: **0,916**

13.9 PŘÍČNÍK - MEZILEHLÝ - POSUDEK PRO PŘECHODNOST (D4/50)



Norma EN 1993-1-1/Uživatelská.

Únosnost průřezu : γ_{M0} = 1,100

Únosnost průřezu při posuzování stability : γ_{M1} = 1,200

Únosnost oslabeného průřezu : γ_{M2} = 1,300

Průřez zadaný geometrií

Průřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

B54

$N = -179,150 \text{ kN}$

$V_z = 92,410 \text{ kN}$ $M_y = 434,230 \text{ kNm}$

$V_y = 1,200 \text{ kN}$ $M_z = 7,530 \text{ kNm}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_\omega = 0,050 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 4,010 m

$L_z = 4,810 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z}$ - bráněno

$L_y = 4,010 \text{ m}$ $k_y = 0,500$ $L_{cr,y} = 2,005 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: B54; Třída průřezu: podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$92,410 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$1,200 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -179,150 \text{ kN}$; $M_y = 434,230 \text{ kNm}$; $M_z = 7,530 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -73,283 \text{ kNm}$

$|-0,054 + -0,658 + -0,103| = |-0,815| < 1$ **Vyhovuje**

Únosnosti: $N_R = 3318,777 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -73,283 \text{ kNm}$

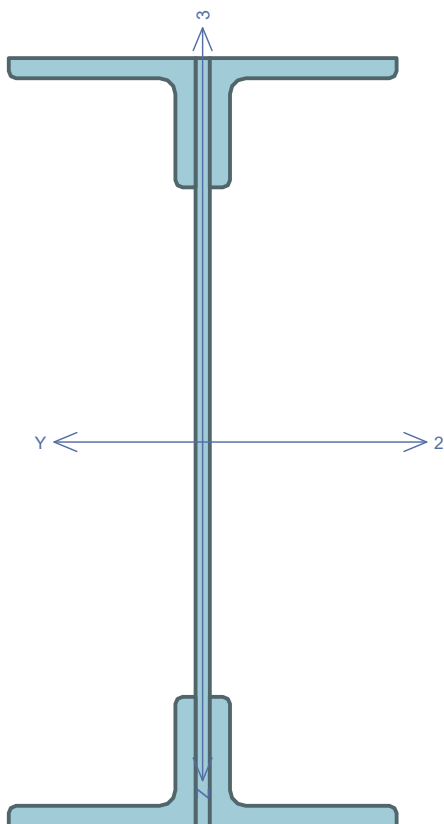
$|-0,054 + -0,658 + -0,103| = |-0,815| < 1$ **Vyhovuje**

Stíhlost dílce: 92,0

Průřez vyhovuje

81,5 % VYHOVUJE

PŘÍČNÍK - KONCOVÝ - POSUDEK PRO PŘECHODNOST (D4/50)



Norma EN 1993-1-1/Uživatelská.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,100$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,200$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,300$ **Průřez** zadaný geometriíPrůřezová plocha: $A = 1,695E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

 $y_T = 135,0 \text{ mm}$ $z_T = 267,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

 $I_y = 8,259E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,631E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

 $W_{y,1} = -3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,430E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 3,088E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,430E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

 $I_k = 2,364E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

 $W_{pl,y} = 3,546E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,730E05 \text{ mm}^3$ **Materiál:** EN 10210-1 : S 235**Materiálové charakteristiky:**Mez kluzu f_y : 235,0 MPaMez pevnosti f_u : 360,0 MPaModul pružnosti E : 210000 MPaModul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa**Vnitřní síly v souřadném systému průřezu**

Zatěžovací případ s největším využitím

B54

 $N = 138,030 \text{ kN}$ $V_z = -92,620 \text{ kN}$ $V_y = 30,060 \text{ kN}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_\omega = -1,800 \text{ kNm}$ $M_y = 201,440 \text{ kNm}$ $M_z = 40,850 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$ **Parametry vzpěru**

Délka dílce: 4,630 m

 $L_z = 4,630 \text{ m}$ $L_y = 4,630 \text{ m}$ $k_y = 0,500$ $L_{cr,z}$ - bráněno $L_{cr,y} = 2,315 \text{ m}$ **Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ:** B54; **Třída průřezu:** podle zadání počítáno jako třída 3**Posudek smyku od posouvající síly V_z :** $92,620 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje****Posudek smyku od posouvající síly V_y :** $30,060 \text{ kN} < 1045,144 \text{ kN}$ **Vyhovuje**Vnitřní síly: $N = 138,030 \text{ kN}$; $M_y = 201,440 \text{ kNm}$; $M_z = 40,850 \text{ kNm}$ **Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**Únosnosti: $N_R = 3620,484 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 659,612 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 73,283 \text{ kNm}$ $|0,038 + 0,305 + 0,557| = |0,901| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 88,6

Průřez vyhovuje**90,1 % VYHOVUJE**

REVITALIZACE TRATI KOSTELEČ-TELČ-SLAVONICE

Most v ev. km 53,696

Příloha 2: GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM



Objednatel: SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 2643/1a, 130 80 Praha 3
Zhotovitel: GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10
Název zakázky zhotovitele: Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP
Zakázkové číslo zhotovitele: 2020–001

OBSAH:

Most v ev. km 53,696
Geotechnický pasport

Přílohy:

Situace sond, měřítko 1:1000
Geologická dokumentace vrtu
Výsledky laboratorních zkoušek

Praha, srpen 2020

Zpracovali: Mgr. Vladimír Vala
odpovědný řešitel

Mgr. Aleš Kubát

Schválil: Mgr. Filip Dudík
ředitel společnosti

Most v ev. km 53,696

Geotechnický pasport

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

<u>Základní údaje o objektu:</u>	stávající ocelový mostní objekt v km 53,696 přes Moravskou Dyji
<u>Cíl průzkumu:</u>	posouzení základových poměrů

2. ROZSAH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

<u>Průzkumné sondy, zkoušky a práce:</u>	
Jádrové IG vrty:	J19 – hloubka 4,10 m
<u>Odebrané vzorky a laboratorní zkoušky:</u>	
Zeminy:	J19 – hl. 3,80-4,00 m – 1x základní klasifikační rozbor
Voda:	J19 – hl. 1,70 m – 1x zkrácený chemický rozbor

3. GEOTECHNICKÉ POMĚRY

<u>Geotechnické poměry území:</u>	
Posouzení základových poměrů bylo provedeno na základě nově provedeného inženýrskogeologického vrtu J19 a terénní rekognoskace nejbližšího okolí zájmového území.	
Geologická dokumentace průzkumné sondy je uvedena v příloze za textem zprávy.	
<u>Kvartérní pokryv:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - celková mocnost pokryvu je větší než 4,10 m - povrch terénu je překryt a upraven navážkami mocnosti cca 1,20 m - navážky jsou v místě vrtu tvořeny štěrkovitými zeminami charakteru štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy (G3 G-FY) a jemnozrnnými zeminami charakteru jílu písčitých (F4 CSY) pevné konzistence - přirozený kvartérní pokryv je tvořen fluvialními a fluvio-deluvialními sedimenty - je tvořen jemnozrnnými zeminami charakteru jílu se střední plasticitou (F6 CI) měkké konzistence, písčitými zeminami charakteru písků s příměsí jemnozrnné zeminy (S3 S-F) a štěrkovitými zeminami charakteru štěrků hlinitých (G4 GM) - písčité i štěrkovité zeminy jsou středně ulehle 	
<u>Předkvartérní pokryv:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - průzkumnými pracemi nebyl zastížen, vyskytuje se v hloubkách větších než 4,1 m - je tvořen metamorfovanými horninami proterozoického až paleozoického stáří - pararulami 	
Zeminy a horniny zastížené průzkumem jsou rozděleny do následujících geotechnických typů:	
<u>Navážky (N):</u>	

Geotechnický typ N1:	Navážky – štěrkovité zeminy (G3 G-FY)
Geotechnický typ N2:	Navážky – jemnozrné zeminy (F4 CSY)
<u>Kvartér (Q):</u>	
Geotechnický typ Q1:	Fluviální a fluvio-deluviální jemnozrné zeminy – jíly se střední plasticitou (F6 CI) měkké konzistence
Geotechnický typ Q2:	Fluviální a fluvio-deluviální písčité zeminy – písky s příměsí jemnozrné zeminy (S3 S-F), středně ulehlé
Geotechnický typ Q3:	Fluviální a fluvio-deluviální štěrkovité zeminy – štěrky hlinité (G4 GM), středně ulehlé

Pozn.: Geotechnické typy a hloubková rozmezí jsou uvedeny v geologické dokumentaci vrtu („G typ“)

4. HYDROGEOLOGICKÉ ÚDAJE

V rámci vrtných prací byla nově provedeným vrtem J19 naražena hladina podzemní vody v hloubce cca 1,80 m pod povrchem terénu (457,61 m n. m.). Hladina se ustálila v hloubce 1,50 m (457,91 m n. m.). Kvartérní písky a štěrky mají průlinovou propustnost. Hladina podzemní vody může sezónně, v závislosti na intenzitě atmosférických srážek a stavu vody ve vodoteči, kolísat.

Údaje o hladině podzemní vody ve vrtu v době průzkumu:

Sonda	Naražená hladina		Ustálená hladina		Datum
	[m] pod ter.	[m n. m.]	[m] pod ter.	[m n. m.]	
J19	1,80	457,61	1,50	457,91	9.7.2020

5. ZÁKLADOVÉ POMĚRY A AGRESIVITA PROSTŘEDÍ

Základové poměry (podle ČSN 73 1001): **složitě**

- základová půda se v prostoru objektu pravděpodobně výrazně nemění
- hladina podzemní vody byla zastižena a bude ovlivňovat případné zakládání objektu

Agresivita kapalného prostředí (podle ČSN EN 206): - **neagresivní**

Agresivita kapalného prostředí na ocel (podle ČSN 03 8375):

podle chemického rozboru podzemní vody z vrtu J19 je stupeň agresivity zvodnělého prostředí: **nízká I.** – pH, **střední II.** – chloridy + sírany, **velmi vysoká IV.** – konduktivita

6. GEOTECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁKLADOVÝCH PŮD

Geotechnický typ	Zatřídění dle SŽDC S4 (ČSN 73 6133)	Objemová tíha γ_n [kN.m ⁻³] *)	Ulehlost	Konzistence	Modul deformace E_{def} [MPa]	Poissonovo číslo ν	ϕ_{ef} [°] **)	c_{ef} [kPa] **)	ϕ_u [°]	c_u [kPa]	Třída vrtatelnosti pro piloty VC 800-2	Třídy těžitelnosti podle ČSN 73 6133/ČSN 73 3050
N1	G3 G-FY	19,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	I.	I./4.
N2	F4 CSY	18,5	-	1,0	-	-	-	-	-	-	I.	I./3.
Q1	F6 CI	21,0	-	0,4	3	0,40	18	10	0	25	I.	I./3.
Q2	S3 S-F	17,5	0,7	-	20	0,30	31	0	-	-	I.	I./3.
Q3	G4 GM	19,0	0,8	-	60	0,30	32	4	-	-	I.	I./3.-4.

Pozn:

- *) - pod hladinou podzemní vody je nutné příslušné charakteristiky upravit
- **) - u hornin se jedná o hodnoty zdánlivé smykové pevnosti

7. TECHNICKÉ ZÁVĚRY

Informace o objektu:

- stávající ocelový mostní objekt v km 53,696 přes Moravskou Dyji

Geotechnický průzkum

Na základě geotechnického průzkumu bylo zjištěno:

- sondou J19 byly zastiženy navážky a kvartérní zeminy
- ověřená mocnost navážek je cca 1,20 m
- kvartérní zeminy jsou zastoupeny fluvialními a fluvio-deluvialními zeminami mocnosti min. 2,90 m a jsou tvořeny jemnozrnnými, písčitými a štěrkovitými zeminami
- předkvartérní podklad nebyl zastižen
- základové poměry jsou složité, podzemní voda je trvale v dosahu základové konstrukce objektu
- podle rozboru podzemní vody z vrtu J19 je kapalně prostředí dle ČSN 206 neagresivní vůči betonovým konstrukcím

Konzultace k zakládání objektu:

- stávající mostní objekt je založen plošně
- v případě **zakládání nového objektu** bude vhodný způsob plošného založení do prostředí kvartérních štěrkovitých zemin **G typu Q3**
- zakládání však bude znesnadňováno podzemní vodou – výše jmenované základové půdy se vyskytují až pod hladinou podzemní vody

- základovou (stavební) jámu by bylo nutné provést jako paženou a těsněnou (vzhledem k výskytu silně propustných zvodnělých písků a štěrků a lokalitě v blízkosti řeky), např. štětovnicemi zavibrovanými nebo zaberaněnými až do předkvartérního podloží
- po provedení štětových stěn a odtěžení zemin se odčerpá zbývající statická podzemní voda. Docházelo by však k trvalým přítokům podzemní vody dnem stavební jámy.
- základová půda se dále do hloubky obecně zlepšuje
- při návrhu založení nového objektu bude vhodné postupovat podle zásad 2. geotechnické kategorie ve smyslu ČSN EN 1997-1 Eurokód 7
- ze stavební jámy budou těženy zeminy třídy těžitelnosti 3.-4./I. (dle ČSN 73 3050/73 6133)
- základovou spáru bude nutné chránit proti mechanickému porušení během výkopových prací, proti nepříznivým klimatickým účinkům nebo zaplavení vodou
- v případě **podchycení stávajících opěr mikropilotami** bude vhodné mikropiloty vetknout do hornin předkvartérního podkladu, který ale průzkumnou sondou nebyl na lokalitě zastižen
- hladina podzemní vody byla zastižena sondou J19 v hloubce cca 1,80 m pod úrovní terénu a bude ovlivňovat zakládání
- lze uvažovat, že základové prvky budou trvale pod úrovní hladiny podzemní vody

PŘÍLOHOVÁ ČÁST**Most v ev. km 53,696**

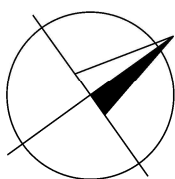
Obsah:

Situace, měřítko 1:1000

Geologická dokumentace vrtu

Výsledky laboratorních zkoušek

Název zakázky:	Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP		
Číslo zakázky:	2020-001	Objednatel:	SUDOP PRAHA a.s.
Datum:	8/2020	Zpracoval:	Mgr. Vladimír Vala
Počet stran:	8	Schválil:	Mgr. Filip Dudík



Vysvětlivky:



- inženýrskogeologický vrt

SITUACE SOND, MĚŘÍTKO 1:1000

Most v ev. km 53,696

GeoTec-GS, a.s.
106 00 Praha 10
Chmelová 2920/6

Kostelec-Telč-Slavonice,
revitalizace trati, GTP a STP

2020-001

Vypracoval:
Mgr. Vladimír Vala

Příloha:
1

GeoTec-GS, a.s.										GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE VRTU										Označení vrtu	
Název akce										Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP										J19	
Zakázka číslo			Vrtáno			Výška (m n. m.) B.p.v.			Souřadnice S-JTSK												
2020-001			09. 07. 2020			Z = 459,41			Y = 684 272,08 X = 1163 740,99												
Objednatel						HPV naražená			HPV ustálená			Stránka									
SUDOP PRAHA a.s.						1,80 m (457,61 m n. m.)			1,50 m (457,91 m n. m.)			1 z 1									
												GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN									
0												Navážka - štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy - šedohnědý, středně ulehlý, vlhký, tvořený makadamem a úlomky cihel velikosti do 8 cm									
1												Navážka - jíl písčitý - žlutohnědý, pevný, rozpadavý, vlhký, s poloopracovanými úlomky hornin velikosti do 2 cm, obsahu do 5 %									
2												Jíl se střední plasticitou - šedohnědý, tuhý (OP=80 kPa), v poloze 1,0-1,2 m vlhký, v hloubce 1,9 m poloopracovaný úlomek horniny velikosti 15 cm, slabě písčitý, organický, fluvialní sediment									
3												Písek s příměsí jemnozrnné zeminy - šedomodrý, středně ulehlý, jemnozrný, dobře vytříděný, mokrý, organický, fluvialní sediment									
4												Štěrk hlinitý - šedomodrý, středně ulehlý, úlomky velikosti až 12 cm, obsahu cca 50 %, písčitý, slídnatý, mokrý, fluvialní sediment									
Vrt byl ukončen v hloubce 4,10 m.																					
Legenda																					
POZNÁMKA																					
Vzorky																					
Naražená hladina podzemní vody																					
Ustálená hladina podzemní vody																					
Vzorek vody																					
Porušený vzorek																					
Všechny rozměry jsou v metrech.																					
Měřítko 1 : 100																					
Souprava Vrtmistr																					
WIRTH B0/B1 Vinterlík																					
Dokumentoval(a) E. Žáček																					
Zpracoval(a) V.Vala																					

GeoTec-GS, a.s.					GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE VRTU					Označení vrtu J19	
Název akce Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP											
Zakázka číslo 2020-001		Vrtáno 09. 07. 2020		Výška (m n. m.) B.p.v. Z = 459,41		Souřadnice S-JTSK Y = 684 272,08 X = 1163 740,99					
Objednatel SUDOP PRAHA a.s.				HPV naražená 1,80 m (457,61 m n. m.)		HPV ustálená 1,50 m (457,91 m n. m.)		Stránka 1 z 1			

	Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	Zatřídění ČSN 73 6133	Těžitelnost ČSN 73 6133	Konzistence / ulehlost	Geotyp	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN
0	Ant	458,81		0,60			G3 G-FY	I	SU	N1	Navážka - štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy - šedohnědý, středně ulehlý, vlhký, tvořený makadamem a úlomky cihel velikosti do 8 cm
1		458,21		1,20			F4 CSY	I	P	N2	Navážka - jíl písčitý - žlutohnědý, pevný, rozpadavý, vlhký, s poloopracovanými úlomky hornin velikosti do 2 cm, obsahu do 5 %
2	Q	457,51		1,90			F6 CI	I	M	Q1	Jíl se střední plasticitou - šedohnědý, měkký (OP=80 kPa), v poloze 1,0-1,2 m vlhký, v hloubce 1,9 m poloopracovaný úlomek horniny velikosti 15 cm, slabě písčitý, organický, fluvialní sediment
		457,21		2,20	1,8		S3 S-F	I	SU	Q2	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy - šedomodrý, středně ulehlý, jemnozrnný, dobře vytříděný, mokrý, organický, fluvialní sediment
3							G4 GM	I	SU	Q3	Štěrk hlinitý - šedomodrý, středně ulehlý, úlomky velikosti až 12 cm, obsahu cca 50 %, písčitý, slídnatý, mokrý, fluvialní sediment
4		455,31		4,10							

Vrt byl ukončen v hloubce 4,10 m.

Legenda		POZNÁMKA
Naražená hladina podzemní vody Ustálená hladina podzemní vody	Vzorky Vzorek vody Porušený vzorek	

Všechny rozměry jsou v metrech. Měřítko 1 : 100	Souprava Vrtnístr WIRTH B0/B1 Vinterlík	Dokumentoval(a) E. Žáček	Zpracoval(a) V.Vala
---	--	------------------------------------	-------------------------------

LABORATOŘ ČESKÉ BUDĚJOVICE

Pekárenská 81, 372 13 České Budějovice

Laboratoř s odbornou způsobilostí č. : 116

Název zakázky: Kostelec – Telč – Slavonice, revitalizace trati,
GTP a STP**Číslo zakázky:** 2020 - 001**Označení předmětu zkoušky:** vlastnosti zemin**Objekt:** mosty a výhybka

Laboratorní zkoušky na vzorcích zemin: vlhkost, zrnitost

Laboratorní čísla vzorků / sonda:

- 64816 (J6 / 5,00 – 5,20 m) most v ev. km 9,516
- 64817 (J6 / 9,60 – 9,90 m) most v ev. km 9,516
- 64818 (J7 / 4,30 – 4,50 m) most v ev. km 11,117
- 64819 (J10 / 3,60 – 3,80 m) most v ev. km 15,573
- 64820 (J11 / 4,00 – 4,20 m) most v ev. km 19,322
- 64821 (J12 / 9,60 – 9,80 m) most v ev. km 66,516
- 64822 (J15 / 3,80 – 4,00 m) most v ev. km 60,892
- 64823 (J16 / 6,00 – 6,40 m) výhybka Svatibor
- 64824 (J19 / 3,80 – 4,00 m) most v ev. km 53,696
- 64825 (J20 / 3,80 – 4,00 m) most v ev. km 51,884

Odběr vzorků dne: 7. až 9.7.2020**Zkoušky provedl:** Jitka Matoušková

Na použité zkoušky se vztahuje Osvědčení o správné činnosti laboratoře: č.j. 654/16, 15.12.2016

Seznam použitých předpisů, metod a postupů: ČSN CEN ISO/TS 17892-1, 4**Nenormalizované zkušební postupy:** ne**Výsledky zkoušek:** viz. přílohy**Seznam příloh:** tabulky fyzikálních vlastností zemin, křivky zrnitosti

Prohlášení: Výsledky uvedené v tomto protokolu se týkají pouze předmětu zkoušek a nenahrazují žádné jiné dokumenty požadované orgány státní správy, státního odborného dozoru a pod., ve smyslu zvláštních předpisů.

Tento protokol může být reprodukován pouze jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře.

Datum vystavení protokolu: 27.7.2020

Pracovník odpovědný za technickou správnost protokolu:
Ing. Martin Bouška

Vedoucí zkušební laboratoře: Ing. Petr Karlín

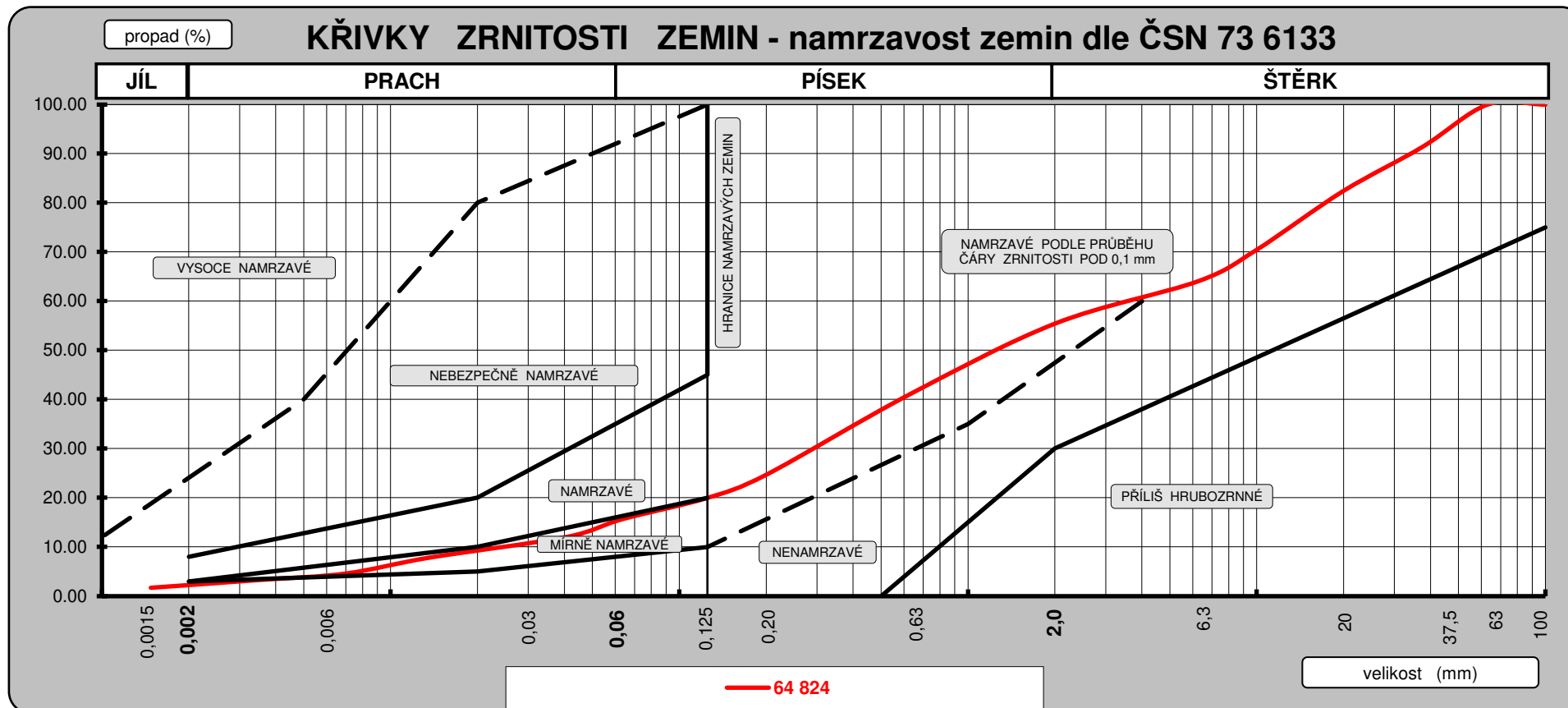


FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ZEMIN

Název úkolu : **Kostelec - Telč - Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP**

Číslo úkolu : **2020-001**

Objekt :	most v ev. km 53,696	
Laboratorní číslo vzorku	64824	
Kolej	J19	
Km / poloha		
Hloubka (m)	3,3-4,0	
Popis a zařídění zeminy dle ČSN ISO 14688-2	písčito-hlinitý štěrk	
ČSN EN ISO 14688-2	sasiGr	
konzistence ČSN ISO 14688-2	-	
Popis a zařídění zeminy dle ČSN 73 6133	Štěrk hlinitý	
ČSN 73 6133	G4 GM	
konzistence dle ČSN 73 6133	-	
plasticita dle ČSN 73 6133	-	
Zařídění dle ČSN 75 2410	G4/GM	
Příměs v zemině, poznámka	hoj.slid.	
Barva zeminy	šedá	
Plasticita	mez tekutosti w_L (%)	-
	mez plasticity w_p (%)	-
	číslo plasticity I_p	-
Přirozená vlhkost	tíhová w_n (%)	14.7
	objemová w_o (%)	-
Stupeň konzistence I_c	-	
Zdánlivá hustota pevných částic r_s (kg/m ³)	-	
Objemová hmotnost	suché r_d (kg/m ³)	-
	přiroz.vlhké r_n (kg/m ³)	-
Objemová tíha	přiroz.vlhké (kN/m ³)	-
	pod vodou (kN/m ³)	-
Pórovitost n (%)	-	
Stupeň nasycení S_r	-	
Pořadnice D_{20} (mm)	0.1250	
Koeficient filtrace dle D_{20} k (m/s)	3*10 ⁻⁵	
Obsah org. látek	žiháním (%)	-
	oxidimetricky (%)	-
Proctor standard	max.obj.hm. r_d (kg/m ³)	-
	vlhkost optim. $w_{opt.}$ (%)	-
Vhodnost do násypu dle ČSN 73 6133	podmínečně vhodná	
Vhodnost do podloží vozovky (aktivní zóny) dle ČSN 73 6133	podmínečně vhodná	



Název úkolu :
Kostelec - Telč - Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP

Číslo úkolu :
2020-001

Objekt č.
most v ev. km 53,696

Číslo vzorku :	Kolej :	km poloha	Hloubka : (m)	Klasifikace zemin dle ČSN			w _L (%)	I _c	I _p (%)
				14688-2	73 6133	75 2410			
64 824	J19		3,3-4,0	sasiGr	G4 GM	G4/GM	-	-	-

Protokol o zkoušce č. PR2067659

Zákazník	: GeoTec - GS, a.s.	Datum přijetí vzorku	: 14.7.2020
Adresa	: Franzova 922/70 614 00 Brno, Česká republika	Datum zkoušky	: 15.7.2020 - 21.7.2020
Projekt	: Kostelec - Telč - Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP	Vzorkoval	: zákazník Bc. Žáček
		Stránka	: 1 z 2

Výsledky zkoušek

Posudek dle ČSN EN 206 + A1 Beton - specifikace, vlastností, výroba a shoda

Matrice: Podzemní voda (PR2067659001)

Název vzorku

J19 (1,7-1,8)

Parametr	Jednotka	výsledek	Stupeň XA1	Stupeň XA2	Stupeň XA3
elektrická konduktivita (25°C)	mS/m	102	-	-	-
pH	-	6.98	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	4.5 - 4.0
Tvrdost	mmol/l	3.27	-	-	-
zásadová neutralizační kapacita (acidita) pH 8.3	mmol/l	0.868	-	-	-
kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 4.5	mmol/l	5.57	-	-	-
Chloridy	mg/l	128	-	-	-
CO2 agresivní	mg/l	0	15 - 40	40 - 100	>100
amoniak a amonné ionty	mg/l	1.02	15 - 30	30 - 60	60 - 100
sířany	mg/l	59.9	200 - 600	600 - 3000	3000 - 6000
RL sušené (105°C)	mg/l	677	-	-	-
Ca	mg/l	78.8	-	-	-
Mg	mg/l	31.8	300 - 1000	1000 - 3000	>3000
Sířičitany jako Na2SO3	mg/l	<8.0	-	-	-
Sířičitany jako SO3 (2-)	mg/l	<5.0	-	-	-

Výsledky analýz podzemní vody neodpovídají žádnému stupni agresivity, voda není agresivní vůči betonu.

Posudek dle ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi

Matrice: Podzemní voda (PR2067659001)

Název vzorku

J19 (1,7-1,8)

Parametr	Jednotka	výsledek	Agresivita prostředí I.	Agresivita prostředí II.	Agresivita prostředí III.	Agresivita prostředí IV.
elektrická konduktivita (25°C)	μS/cm	1020	<100	200 - 100	430 - 200	>430
pH	-	6.98	6.5 - 8.5	8.5 - 14	6.0 - 6.5	<6.0
Tvrdost	mmol/l	3.27	-	-	-	-
zásadová neutralizační kapacita (acidita) pH 8.3	mmol/l	0.868	-	-	-	-
kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 4.5	mmol/l	5.57	-	-	-	-
chloridy	mg/l	128	-	-	-	-
CO2 agresivní	mg/l	0	0	0	5	5
amoniak a amonné ionty	mg/l	1.02	-	-	-	-
suma síranů a chloridů	mg/l	188	<100	100 - 200	200 - 300	>300
sířany	mg/l	59.9	-	-	-	-
RL sušené (105°C)	mg/l	677	-	-	-	-
Ca	mg/l	78.8	-	-	-	-
Mg	mg/l	31.8	-	-	-	-

Výsledky analýz podzemní vody odpovídají agresivitě IV., voda má velmi vysokou agresivitu vůči oceli.

Poznámka:

V tomto protokolu o zkoušce je uveden výsledek CO2 agresivní korigovaný na obsah železa dle ČSN 83 0520-35, výsledek je neakreditovaný. Původní stanovená hodnota CO2 agresivního je 0 mg/l, stanovená hodnota železa je 18.4 mg/l.

Hodnocení agresivity půd a vod na ocel bylo provedeno s přihlédnutím k související normě ČSN 03 8361

Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Fyzikálně chemický rozbor zemin a vod.

Stránka : 2 z 2

Výsledky zkoušek

Konec výsledkové části protokolu o zkoušce

Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
Místo provedení zkoušky: Bendlova 1687/7, Česká Lípa, 470 01, Česká republika	
W-SO3-TIT	CZ_SOP_D06_07_131 (M. Horáková a kol.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod) Stanovení siřičitanů titračně po destilaci.
Místo provedení zkoušky: Na Harfě 336/9, Praha 9 - Vysocany, 190 00, Česká republika	
W-ACID-PCT	CZ_SOP_D06_02_073 (ČSN 75 7372) Stanovení zásadové neutralizační kapacity (acidity) potenciometrickou titrací.
W-ALK-PCT	CZ_SOP_D06_02_072 (ČSN EN ISO 9963-1) Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (alkality) potenciometrickou titrací.
W-CL-IC	CZ_SOP_D06_02_068 (ČSN EN ISO 10304-1) Stanovení rozpuštěných fluoridů, chloridů, bromidů, dusitanů, dusičnanů a síranů.
W-CO2A-TIT2	CZ_SOP_D06_02_119 (ČSN 83 0530 - 14) Stanovení agresivního oxidu uhličitého podle Heyera výpočtem z alkality.
W-CON-PCT	CZ_SOP_D06_02_075 (ČSN EN 27 888, SM 2520 B, ČSN EN 16192) Stanovení elektrické konduktivity.
W-HARD-FL	CZ_SOP_D06_02_006 Stechiometrické výpočty a výpočty anorganických parametrů z naměřených hodnot akreditovanými metodami (výpočet tvrdosti ze sumy rozpuštěného vápníku a rozpuštěného hořčíku).
W-METAXFL1	CZ_SOP_D06_02_001 (US EPA 200.7, ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, příprava vzorku dle CZ_SOP_D06_02_002 kap. 10.1 a 10.2) Stanovení prvků metodou ICP-OES a stechiometrické výpočty obsahů sloučenin z naměřených hodnot. Vzorek byl před analýzou filtrován mikrofiltrem porozity 0.45 µm a následně fixován přidávkou kyseliny dusičné.
W-NH4-SPC	CZ_SOP_D06_02_019 (ČSN EN ISO 11732, ČSN EN ISO 13395, ČSN EN 16192, SM 4500-NO2(-) a SM 4500-NO3(-)) Stanovení NH4+, NO2-, NO3- pomocí diskretní spektrofotometrie a výpočet forem dusíku.
W-PH-PCT	CZ_SOP_D06_02_105 (ČSN ISO 10523, US EPA 150.1, ČSN EN 16192, SM 4500-H(+) B) Stanovení pH potenciometricky.
*W-SO4CL-CC	Výpočet sumy síranů vyjádřených jako SO4(2-) a chloridů vyjádřených jako Cl(-).
W-SO4-IC	CZ_SOP_D06_02_068 (ČSN EN ISO 10304-1, ČSN EN 16192) Stanovení rozpuštěných fluoridů, chloridů, bromidů, dusitanů, dusičnanů a síranů.
W-TDS-GR	CZ_SOP_D06_02_071 (ČSN 757346, ČSN 757347, ČSN EN 16192) Stanovení RL, RAS a ztráty žháním RL (s použitím filtrů ze skleněných vláken porozity 1,5 µm- Environmental Express)

Poznámky

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.

Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu.

Pokud je na protokolu o zkoušce v části "Vzorkoval" uvedeno: „Vzorkoval Zákazník“ pak platí, že výsledky se vztahují ke vzorku, jak byl přijat.

Vzorek(y) PR2067659/001, metoda W-CL-IC, W-SO4-IC, W-TDS-GR, W-ALK-PCT, W-ACID-PCT, W-CON-PCT, W-PH-PCT, W-CO2A-TIT2 byl(y) před analýzou dekantován(y).

Za správnost odpovídá

Jméno oprávněné osoby
Zdeněk Jiráček



Pozice
Environmental Business Unit
Manager

Zkušební laboratoř č. 1163
akreditovaná CIA dle
CSN EN ISO/IEC 17025:2018



REVITALIZACE TRATI KOSTELEČ-TELČ-SLAVONICE

Most v ev. km 53,696

Příloha 3: STAVEBNĚTECHNICKÝ PRŮZKUM



Objednatel: SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 2643/1a, 130 80 Praha 3
Zhotovitel: GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10
Název zakázky zhotovitele: Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP
Zakázkové číslo zhotovitele: 2020–001

Most v ev. km 53,696
Stavebnětechnický pasport

Přílohy:

Situace, měřítko 1:1000
Schéma umístění diagnostických vrtů v rámci konstrukce
Dokumentace diagnostických vrtů do konstrukce
Vyhodnocení vodní tlakové zkoušky
Stanovení pevnosti pojiva v tlaku přístrojem PZZ 01
Výsledky laboratorních zkoušek
Fotodokumentace
Průzkum ocelových konstrukcí

Praha, srpen 2020

Zpracovali: Mgr. Vladimír Vala
odpovědný řešitel

Mgr. Aleš Kubát

Schválil: Mgr. Filip Dudík
ředitel společnosti

Most v ev. km 53,696

Stavebnětechnický pasport

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

<u>Základní údaje o objektu:</u>	stávající jednopolový železniční most přes Moravskou Dyji, spodní stavba (SS) je z kamenného zdiva, nosná konstrukce (NK) je ocelová
<u>Cíl průzkumu:</u>	vizuální posouzení technického stavu a materiálové skladby přístupných částí konstrukce, ověření skrytých rozměrů spodní stavby, ověření pevnostních charakteristik zdících prvků a zdiva, ověření mezerovitosti zdiva

2. ROZSAH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

<u>Průzkumné sondy, zkoušky a práce IN-SITU:</u>	
Vizuální prohlídka:	rámcová, cílená na poruchy a ověřované části objektu, výstup v podobě fotodokumentace a komentáře v textu
Diagnostické jádrové vrty:	<u>Opěra Telč:</u> V1 – délka 2,60 m Š1 – délka 3,00 m
Pevnost pojiva v tlaku nedestruktivní metodou:	5x přístrojem PZZ 01
Vodní tlakové zkoušky:	V1 – v intervalu 0,20-1,00 m
Průzkum ocelových konstrukcí:	1x
<u>Odebrané vzorky a laboratorní zkoušky:</u>	
Zdící prvky – kámen:	V1+Š1 – 0,00-1,70 m – 1x pevnost v prostém tlaku, 1x objemová hmotnost
Fotodokumentace:	uvedena v příloze, zahrnuje profil diagnostických jádrových vrtů a výstup z vizuální prohlídky

3. STAVEBNĚTECHNICKÝ PRŮZKUM

Stavebnětechnický průzkum lze v souladu se zadáním a cílem průzkumu (viz kap.1) rozdělit na následující tematické okruhy:	
a) vizuální prohlídka	c) pevnost zdiva a zdících prvků
b) diagnostické jádrové vrty	d) mezerovitost zdiva
	e) průzkum ocelových konstrukcí
a) vizuální prohlídka	
Hlavní informace získané průzkumem uvádíme v následujících bodech:	
<ul style="list-style-type: none"> - objekt je jednopolový železniční most přes Moravskou Dyji - spodní stavba (SS) je z kamenného zdiva pojeného maltou, nosná konstrukce (NK) je ocelová. - schéma objektu je uvedeno v příloze za textem zprávy 	
Nosná konstrukce (NK):	
<ul style="list-style-type: none"> - nosná konstrukce je ocelová, z ocelových nýťovaných nosníků spojených 	

příčnický, které jsou pospojovány šikmými výztuhami

- protikorozi ochrana nosníků je tvořena nátěrem, který je místy za hranicí životnosti, nosníky jsou v těchto místech postiženy povrchovou korozí propagující se skrze nátěr

Spodní stavba (SS):

- je tvořena kamenným zdivem pojeným maltou. Kameny jsou v líci řádkové, z kvádrů pevné a zdravé žuly, místy popraskané.
- spárování je v nedávné minulosti vyspravené, většinou bez poruch, místy je porušené (popraskané nebo vydrolené). Vnitřní pojivo je dle dokumentace vrtů slabě degradované.
- římsy jsou součástí nosné konstrukce

Fotodokumentace z vizuální prohlídky je uvedena v příloze za textem zprávy.

b) diagnostické jádrové vrty

Hlavní informace uvádíme v následujících bodech:

Opěra Telč:

- tloušťka opěry je v místě vrtu V1 cca **2,20 m**
- základová spára je v místě vrtu Š1 cca **3,70 m** pod spodním lícem nosné konstrukce

Podrobné informace o charakteru zastižených materiálů v konstrukci prezentujeme v dokumentaci diagnostických vrtů v příloze a v části vizuální prohlídka.

c) pevnost zdiva a zdících prvků

Hlavní informace získané průzkumem uvádíme v následujících bodech:

Opěra Telč:

- charakteristická pevnost zdiva opěry jako celku v prostém tlaku je cca **12,74 MPa**

Charakteristické pevnosti dílčích zdících prvků získané z provedených zkoušek, nebo odborným odhadem z dokumentace diagnostických vrtů, jsou přehledně prezentovány v následující tabulce:

Souhrn výsledků destruktivních a nedestruktivních zkoušek pevnosti zdiva a zdících prvků

část konstrukce	zdící prvek	typ zkoušky / výpočet	Pevnost zdících prvků v prostém tlaku				
			označení "X" [-]	průměrná X_{prum} [MPa]	minimální X_{min} [MPa]	maximální X_{max} [MPa]	charakteristická X_k [MPa]
Opěra Telč	kameny	destruktivní	$f_{s, des}$	114,2	112,7	116,2	110,8¹⁾
	malta	nedestruktivní	R_m	4,8	2,0	7,2	3,1
	zdivo jako celek	výpočet	f	nestanoveno			12,74

Vysvětlivky:

1) vyhodnoceno ze souboru 6 dílčích vzorků, s vyloučením 3 odlehklých hodnot nebo zastižení betonu ve vzorku pro homogenizaci souboru

d) mezerovitost zdiva

V diagnostickém vrtu V1 byla provedena vodní tlaková zkouška pro stanovení mezerovitosti zdiva. Z výsledků vyplývá:

- specifická vodní ztráta q kamenného zdiva činí v místě vrtu V1 cca 21,13 l/s/m/MPa, mezerovitost je tedy přes 10 %

e) průzkum ocelových konstrukcí

Výsledky průzkumu ocelových konstrukcí jsou uvedeny v přílohové části této zprávy.

4. TECHNICKÉ ZÁVĚRYInformace o objektu:

- stávající jednopolový železniční most přes Moravskou Dyji, spodní stavba (SS) je z kamenného zdiva, nosná konstrukce (NK) je ocelová

Stavebnětechnický průzkum:

- výsledky průzkumu jsou podrobně prezentovány v kapitole č. 3 a v přílohách zprávy

PŘÍLOHOVÁ ČÁST**Most v ev. km 53,696**

Obsah:

Situace, měřítko 1:1000

Schéma umístění diagnostických vrtů v rámci konstrukce

Dokumentace diagnostických vrtů do konstrukce

Vyhodnocení vodní tlakové zkoušky

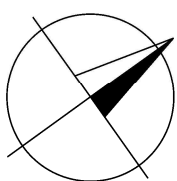
Stanovení pevnosti pojiva v tlaku přístrojem PZZ 01

Výsledky laboratorních zkoušek

Fotodokumentace

Průzkum ocelových konstrukcí

Název zakázky:	Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP		
Číslo zakázky:	2020-001	Objednatel:	SUDOP PRAHA a.s.
Datum:	8/2020	Zpracoval:	Mgr. Vladimír Vala
Počet stran:	22	Schválil:	Mgr. Filip Dudík



Vysvětlivky:



- inženýrskogeologický vrt

SITUACE SOND, MĚŘÍTKO 1:1000

Most v ev. km 53,696

GeoTec-GS, a.s.
106 00 Praha 10
Chmelová 2920/6

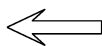
Kostelec-Telč-Slavonice,
revitalizace trati, GTP a STP

2020-001

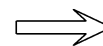
Vypracoval:
Mgr. Vladimír Vala

Příloha:
1

Schéma umístění diagnostických zkoušek v rámci konstrukce

směr Telč

směr Dačice



↑ - umístění diagnostického vrtu

V1 - vodorovný vrt

Š1 - šikmý vrt

Název zakázky: Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP
Číslo zakázky: 2020-001

Poznámka: rozměry jsou uváděny v mm

Most v km 53,696

Lokalizace vrtu: opěra Telč
Výška ústí vrtu: 0,75 m pod spodním lícem NK
Úklon vrtu od svislé: 90°

Sonda: V1
Hloubeno dne: 4.6.2020
Souprava: HILTI DD350, Ø 80 mm
Dokumentoval: Vala

Hloubka [m]

ve směru vrtu

od do
0,00 - 2,20

Kamenné zdivo opěry pojené maltou

Kameny: žula – kompaktní (místy rozpadlá na úlomky), pevná, modrošedá s růžovými skvrnami, lze obtížně rozbíjet nebo pouze otloukat kladivem

pararula – rozpadlá na úlomky velikosti až 12 cm, pevná, mírně zvětralá až navětralá, červenohnědá, lze středně těžce rozbíjet kladivem

Pojivo: malta vápenná – slabě degradovaná, od 1,70 m silně až zcela degradovaná, písčité barvy, pórovitá, místy tvoří s kameny souvislá jádra, vrtáním rozrušena a částečně vyplavena

Výnos: 85 %, v podobě souvislých kusů jader velikosti 35-60 cm a úlomků velikosti 1-10 cm

2,20 - 2,60

Štěrka s příměsí jemnozrnné zeminy – hnědý, ulehlý, úlomky velikosti 2-5 cm, obsahu cca 60 %, výplň tvoří písek s příměsí jemnozrnné zeminy, středně zrnitý

Odebrané vzorky: V1+Š1 – 0,00-1,70 m
Vodní tlaková zkouška: Provedena v intervalu 0,20-1,00 m.
Poznámka: Rub opěry zastižen v hloubce 2,20 m.

Most v km 53,696

Lokalizace vrtu: opěra Telč
 Výška ústí vrtu: 1,15 m pod spodním lícem NK
 Úklon vrtu od svislé: 20°

Sonda

Hloubeno dne: 4.6.2020
 Souprava: HILTI DD350, Ø 80 mm
 Dokumentoval: Vala

Š1

Hloubka [m] ve směru vrtu		
od	do	
0,00	- 1,50	<p>Kamenné zdivo opěry pojené maltou</p> <p>Kameny: žula – kompaktní, místy rozpadlá na úlomky, pevná, růžová a modrošedá s růžovými skvrnami, lze obtížně rozbíjet nebo pouze otloukat kladivem</p> <p>Pojivo: malta vápenná – slabě degradovaná, písčité barvy, pórovitá, tvoří s kameny souvislá jádra, vrtáním rozrušena a částečně vyplavena</p> <p>Výnos: 90 %, v podobě souvislých kusů jader velikosti 10-30 cm a úlomků velikosti 2-8 cm</p>
1,50	- 2,70	<p>Beton prostý – nehomogenní, pevný, modrošedý až černý, s dostatečným množstvím pojiva, nepravidelně zhutněný, pórovitý, bez mezer, často spíše kameny žuly vyplněné betonem</p> <p>Kamenivo: tříděné, ostrohranné, drobné (velikosti do 3 cm)</p> <p>Výnos: v podobě celých jader velikosti až 25 cm a menších kusů s kameny žuly</p>
2,70	- 2,80	<p>Říční štěrkopísek – úlomky velikosti 1-5 cm s výplní hrubozrnného písku</p>
2,80	- <u>3,00</u>	<p>Štěrk jílovitý – šedý, ulehlý, úlomky velikosti 3-5 cm, obsahu cca 50 %, výplň tvoří jíl písčité tuhé konzistence, písčité frakce hrubě zrnitá</p>
Odebrané vzorky:		V1+Š1 – 0,00-1,70 m
Vodní tlaková zkouška:		-
Poznámka:		Základová spára zastižena v hloubce 2,70 m.

Vyhodnocení vodních tlakových zkoušek (VTZ)

Příloha č. 4

Objekt:	Most v ev. km 53,696
Název zakázky:	Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP
Číslo zakázky:	2020-001
Zhotovitel zkoušek:	GeoTec - GS, a.s., Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10
Objednatel zkoušek:	SUDOP PRAHA a.s., Olšanská 2643/1a, 130 80 Praha 3 Žižkov
Pracovník provádějící zkoušky:	Patrik Suza
Zkušební postup:	dle původní ON 73 75 08 <i>použitá metodika poskytuje stejné numerické výsledky jako metodika uvedená v Technologických pokynech pro sanace masivních částí železničních mostů (vydal ÚVRŽS, Brno 1989))</i>

Místa provedených VTZ, intervaly zkoušek

Lokalita	Lokalizace provedené VTZ		Interval provedení	Zkoušku provedl	dne
1	opěra Telč	V1	0,20-1,00	Suza	04.06.2020

Vyhodnocení VTZ

Lokalita	Naměřené vstupní hodnoty				Vyhodnocení dle ON 73 75 08	mezerovitost
	Q [l]	t [s]	p [MPa]	l [m]	q [l.s ⁻¹ .m ⁻¹ .MPa ⁻¹]	
1	71.0	180.0	0.14	0.80	21.13	přes 10%

Stanovení pevnosti pojiva v tlaku přístrojem PZZ 01

Zhotovitel zkoušek:	GeoTec - GS, a.s., Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10
Objednatel zkoušek:	SUDOP PRAHA a.s.
Pracovník provádějící zkoušky:	Vávra, Němec

Název zakázky:	Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP
Číslo zakázky	2020 - 001
Objekt:	Most v ev. km 53,696
Zkušební zařízení:	PZZ 01 (Výrobce TZÚS)
Datum, čas zkoušky, počasí:	29.06. 2020, 14:50, oblačno 18°C

Zkušební místa, poloha, popis

Číslo zkoušky	Lokalizace zkoušky	Materiál	Zkoušku provedl	dne
1	opéra Dačice	malta	Vávra, Němec	29.06.2020

Měřené hodnotykal. součinitel malty $\alpha_m = 1.00$

Poznámka :

Číslo zkoušky	n	d_{mi}			d_p	R_{m01}	α_m	R_{mop}
	-				[mm]	[MPa]	-	[MPa]
1	1	14.0	17.5	17.0	16	5.8	1	5.8
	2	14.5	10.0	12.0	12	6.9	1	6.9
	3	10.5	10.0	11.0	11	7.2	1	7.2
	4	32.0	39.0	25.0	32	2.3	1	2.3
	5	37.5	47.0	23.0	36	2.0	1	2.0

Průměrná pevnost neupřesněná $R_{mopp} = 4.8$ [MPa]

Díličí pevnost minimální

 $R_{mopMIN} = 2.0$ Směrodatná odchylka výběrová $S_r = 2.5$ [MPa]

Díličí pevnost maximální

 $R_{mopMAX} = 7.2$ součinitel konf. intervalu $t_n = 0.68$

Variační koeficient

 $V_x = 51.9\%$ **Pevnost malty upřesněná $R_{mo} = 3.1$ [MPa]**

Název zakázky: Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP Číslo zakázky: 2020-001

PROTOKOL O ZKOUŠCE Č. 58/B/20/PTH/km 53,696
PEVNOST V PROSTÉM TLAKU, VLHKOST A OBJEMOVÁ HMOTNOST HORNIN

Identifikace zkušebních postupů: Stanovení pevnosti v prostém tlaku přírodního kamene dle ČSN EN 1926
Stanovení vlhkosti kameniva dle ČSN EN 1097-5
Stanovení objemové hmotnosti dle PP-04

Identifikační údaje objednatele: GeoTec-GS, a.s., Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10

Odběr vzorků: Mgr. Vala V.
Datum odběru vzorků: 03.-04.04.2020
Datum převzetí vzorků v laboratoři: 09.06.2020
Zkoušku provedl: Hlista F.
Datum zpracování zakázky: 07.07.-18.08.2020
Celkový počet stran: 2

Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře nesmí být tento protokol reprodukován jinak, než celý. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu. Informace o odběru vzorku dodal zákazník.

Výše uvedené zkušební postupy jsou prováděny v prostorách laboratoře GeoTec-GS, a.s. Laboratoř mechaniky zemin, hornin a polních zkoušek, sídlící na ulici Franzova 922/70 v Brně.

Při interpretaci a výroku o shodě nejsou uvažovány hodnoty nejistot.

Poznámky:

Objemová hmotnost byla určena výpočtem z rozměrů (výška a průměr) zkušebních těles a jejich hmotnosti.

Zkouška byla provedena na dodaných zkušebních tělesech s kruhovým průměrem, odpovídajícím průměru vrtné sondy a použitého vrtného nářadí, odchyluje se tak od požadavků na rozměry zkušebních těles daných normou ČSN EN 1926.

Nebylo možné zkoušet počet zkušebních těles daných normou ČSN EN 1926 vzhledem k množství dodaného materiálu, kde jsou možnosti odběru omezeny tím, že se jedná o vrtnou sondu, kde je množství vzorku omezeno průměrem vrtného jádra.

Datum vystavení protokolu: 18.08.2020

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Pavlína Frýbová, Ph.D.
vedoucí laboratoře



Název zakázky: **Kostelec-Telč-Slavonice, revitalizace trati, GTP a STP**Číslo zakázky: **2020-001**
PROTOKOL O ZKOUŠCE Č. 58/B/20/PTH/km 53,696
PEVNOST V PROSTÉM TLAKU, VLHKOST A OBJEMOVÁ HMOTNOST HORNIN

Označení sondy: **V1+Š1**
 Hloubka sondy [m]: **0,0-1,7**
 Číslo vzorku: **1873**
 Název objektu: **km 53,696**
 Typ vzorku: **kámen**

VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

VLhkost	[%]	w	0,4
Objemová hmotnost přirozená	[Mg/m ³]	ρ	2,57
Objemová hmotnost suchá	[Mg/m ³]	ρ_d	2,56

Označení zkušebního tělesa	Štíhlostní poměr	Druh tělesa	ø plocha průřezu	ø výška tělesa	ø průměr vzorku	Zatížení při porušení	Pevnost v prostém tlaku	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Směrodatná odchylka	Variační součinitel
			[mm ²]	[mm]	[mm]	[N]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
			A	h	d	F	R	R	s	v
1	1:1	válec	4394	74,0	74,8	499600	113,7	114,2	1,8	0,02
2	1:1	válec	4394	74,1	74,8	495400	112,7			
3	1:1	válec	4394	75,7	74,8	510600	116,2			
4 ¹⁾	1:1	válec	4394	75,4	74,8	395900	90,1			
5 ^{1) 2)}	1:1	válec	4353	75,1	74,5	156000	35,8			
6 ^{1) 2)}	1:1	válec	4353	75,2	74,5	77200	17,7			

Poznámky:

Vzhledem k množství dodaného materiálu se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních tělesech.

Zatížení bylo aplikováno kolmo k plochám anizotropie.

¹⁾ Hodnota zjištěná na zkušebním tělese byla vyloučena z vyhodnocení jako odlehlá.

²⁾ Ve zkušebním tělese byl zastížen beton



Obr. č. 1 – diagnostický vrt V1



Obr. č. 2 – diagnostický vrt Š1



Obr. č. 3 – pohled na objekt zprava



Obr. č. 4 – pohled na objekt zleva



Obr. č. 5 – pohled na nosnou konstrukci a opěru Dačice



Obr. č. 6 – pohled na nosnou konstrukci a opěru Telč



Obr. č. 7 – pohled na opěru Telč



Obr. č. 8 – pohled na nosnou konstrukci a opěru Telč



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
2000 J 220 - 2**

Datum vydání zprávy

17. srpna 2020

Oddělení KÚ

Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: GeoTec-GS, a.s.
 Ing. Jan Hrabánek
 Chmelová 2920/6
 106 00, Praha 10

Expertní zpráva:

**STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM MOSTU EV.KM 53.696 NA TRATI
KOSTELEČ U JIHLAVY – TELČ - SLAVONICE**

Vypracoval:

Ing. David Čítek

Spolupráce:

Ing. Pavel Štemberk
Ing. Dita Jiroutová, Ph.D.

Odpovědný řešitel:

Ing. David Čítek

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4 5

Rozdělovník:

Objednatel: 4x
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Tato zpráva uvádí výsledky stavebně technického průzkumu mostu ev. km. 53.696 na trati Kostelec u Jihlavy – Telč – Slavonice. Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003–Zn.

PODKLADY

- [1] ČSN EN ISO 6892-1: Kovové materiály – Zkoušení tahem Část 1: Zkušební metody za pokojové teploty. 2009.
- [2] ČSN ISO 13 822: Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. 2014.
- [3] ČSN 73 0038: Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení. 2014.
- [4] ČSN EN 1990 ed. 2: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. 2011.

VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

Z vizuální prohlídky je patrná plošná povrchová koroze. PKO na celé konstrukci již neplní svou funkci. Detailní vizuální prohlídka nebyla předmětem díla.



Obr. 1 Pohled na mostní konstrukci. OK prakticky bez PKO.



Obr. 2 Pohled na mostní konstrukci. Vzorek 2-3 – horní plát horní pásnice



Obr. 3 Vzorek číslo 2-2 – L výztuha nad opěrou



Obr. 4 Vzorek číslo 2-1 – horní plát horní pásnice



Obr. 5 Vzorek číslo 2-2 – L výztuha nad opěrou

ZKUŠEBNÍ VZORKY

Zaměstnanci Kloknerova ústavu ČVUT v Praze odebrali z mostu na trati Kostelec u Jihlavy – Telč – Slavonice vzorky pro zkoušku v tahu za pokojové teploty. Z mostu v ev. km 53,696 byly odebrány 3 vzorky (označení vzorků 2-1, 2-2 a 2-3). Na obr. 6 je uveden snímek odebraných vzorků pro zkoušku v tahu.



Obr. 6 Ocelové vzorky odebrané z mostu ev. km 53,696.

ZKOUŠKA V TAHU ZA POKOJOVÉ TEPLoty

1. Předmět zkoušky

Na základě objednávky byla v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze dne 6. 8. 2020 provedena tahová zkouška oceli dle normy ČSN EN ISO 6892-1 [1]. Z provedené tahové zkoušky byly stanoveny mechanické vlastnosti oceli.

2. Měřicí zařízení

- | | |
|--|---------------------------------|
| ➤ Zkušební stroj TIRA TEST 2300 | - metrologické číslo S 12 002 M |
| ➤ Extenzometr Epsilon 3542-050M-050-ST | - metrologické číslo P 01 317 M |
| ➤ Posuvné měřítko 150 mm, SOMET, digitální | - metrologické číslo P 01 001 M |

3. Zkušební vzorky

Tahová zkouška oceli byla provedena na 3 kusech zkušebních těles. Z dodaných vzorků oceli odebraných na mostní konstrukci na trati Kostelec u Jihlavy – Telč – Slavonice byla v dílnách Kloknerova ústavu ČVUT v Praze připravena zkušební tělesa pro zkoušku v tahu dle normy ČSN EN ISO 6892-1 [1]. Z každého kusu oceli bylo připraveno 1 zkušební těleso označené stejně jako odebraný ocelový vzorek. U každého zkušebního tělesa byla před započítím zkoušky změřena šířka a a tloušťka b . Z takto získaných hodnot byla stanovena hodnota počátečního průřezu S_0 – Tab. 1.

4. Provedení zkoušky a výsledky

Zkoušku provedl : Ing. Michal Křest'an
 Dne : 6. 8. 2020
 Zatěžovací stroj : TIRA TEST 2300
 Zkušební předpis : ČSN EN ISO 6892-1

Hodnoty protažení a síly byly zaznamenávány řídicím systémem zkušebního stroje. Výsledky získané z tahové zkoušky jsou uvedeny v Tabulce 1. Z výsledků tahové zkoušky byla stanovena hodnota modulu pružnosti v tahu E . Ze získané hodnoty modulu pružnosti v tahu E byla stanovena hodnota smykového modulu pružnosti G při uvažování Poissonovy konstanty $\mu = 0,27$. Průběhy síly na protažení jsou pro jednotlivá zkušební tělesa uvedena v Příloze 1 a průběhy napětí na prodloužení jsou pro jednotlivá zkušební tělesa uvedena v Příloze 2.

Z experimentálně stanovených hodnot horní meze kluzu R_{eH} a meze pevnosti R_m byly dle postupů uvedených v normách ČSN ISO 13 822 [2], ČSN 73 0038 [3] a ČSN EN 1990 ed. 2 [4] stanoveny hodnoty charakteristické horní meze kluzu R_{eHk} a charakteristické pevnosti R_{mk} . Charakteristické hodnoty byly stanoveny při použití součinitele pro stanovení 5% kvantilu $k_{n,X} = 1,89$. Pro most v ev. km 53,696 je získaná hodnota charakteristické horní meze kluzu $R_{eHk} = 275$ MPa a charakteristické meze pevnosti $R_{mk} = 338$ MPa.

Tabulka 1: Zkouška v tahu oceli za pokojové teploty – vzorky odebrané z mostu v ev. km 53,696 na trati Kostelec u Jihlavy – Telč – Slavonice.

Číslo vzorku	a [mm]	b [mm]	S_0 [mm ²]	l_0 [mm]	F_{eH} [kN]	F_m [kN]	R_{eH} [MPa]	R_m [MPa]	A_{gt} [%]	A_t [%]	$E \cdot 10^5$ [MPa]	$G \cdot 10^3$ [MPa]
2-1	20.12	8.23	165.6	50	47.2	59.8	285	361	16.1	19.2	2.02	79.34
2-2	19.95	8.13	162.2	50	46.1	61.6	284	380	19.6	34.4	2.06	81.26
2-3	20.22	8.17	165.2	50	49.0	67.3	297	408	17.3	25.9	1.85	72.92
Průměr					47.4	62.9	289	383	17.7	26.5	1.98	77.84
Směrodatná odchylka					1.46	3.92	7.2	23.6	1.78	7.62	0.112	4.368
Variační koeficient [%]					3.1	6.2	2.5	6.2	10.1	28.7	5.6	5.6

Poznámka: *a* šířka zkušebního tělesa před zkouškou, A_{gt} celkové prodloužení v procentech měřené průtahoměrem při maximálním zatížení, A_t tažnost, *b* tloušťka zkušebního tělesa před zkouškou, E Youngův modul pružnosti v tahu, F_{eH} síla na horní mezi kluzu, F_m maximální dosažená síla při zatěžování, G smykový modul pružnosti, l_0 počáteční délka zkušebního tělesa, R_{eH} horní mez kluzu, R_m mez pevnosti, S_0 počáteční plocha zkušebního tělesa.

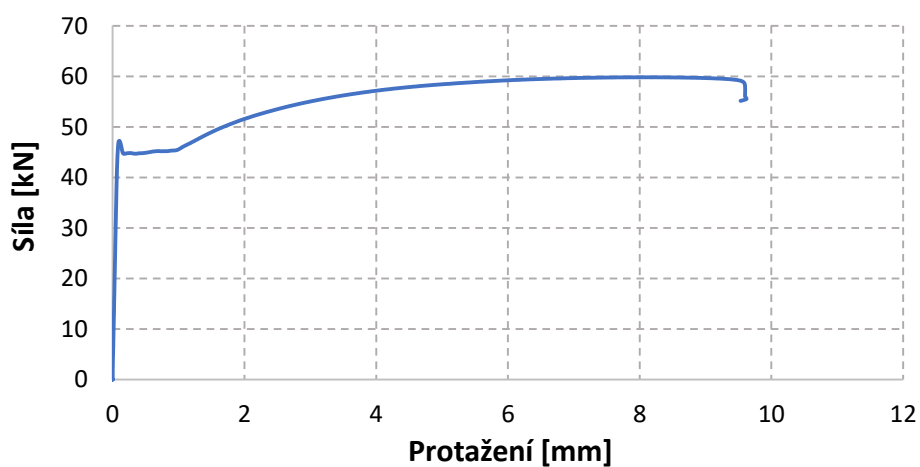
SHRNUTÍ A ZÁVĚRY

Na základě provedených měření a analýz lze konstatovat:

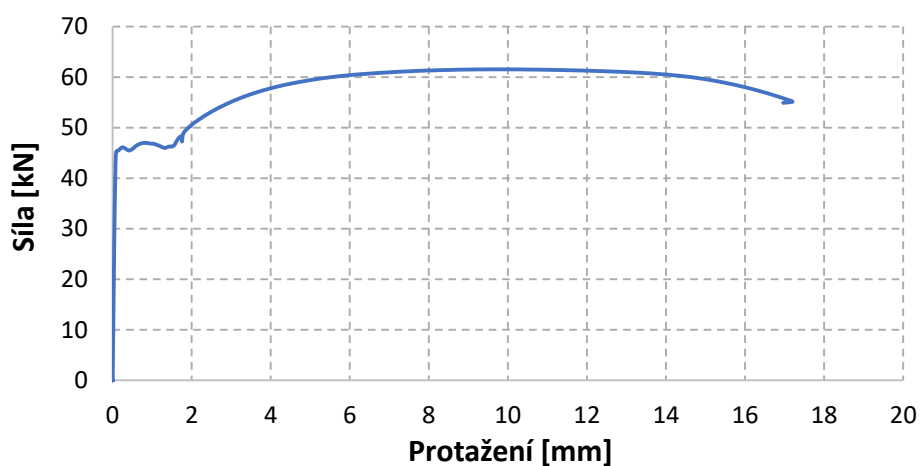
- Z vizuální prohlídky je patrná plošná povrchová koroze. U ložisek lokální koroze OK vlivem trvalého zatékání. PKO na celé konstrukci již neplní svou funkci.
- Ze zkoušky v tahu za pokojové teploty ocelových zkušebních těles bylo zjištěno, že zk. tělesa vykazují výraznou mez kluzu.
- Hodnoty horní meze kluzu R_{eH} , meze pevnosti R_m , tažnosti A , Youngova modulu pružnosti v tahu E a smykového modulu pružnosti G jsou pro most v ev. km 53,696 uvedeny v Tabulce 1.
- Charakteristické hodnoty oceli odebrané z mostu v ev. km 53,696 jsou: charakteristická horní meze kluzu $R_{eHk} = 275$ MPa a charakteristická mez pevnosti $R_{mk} = 338$ MPa.

PŘÍLOHA 1

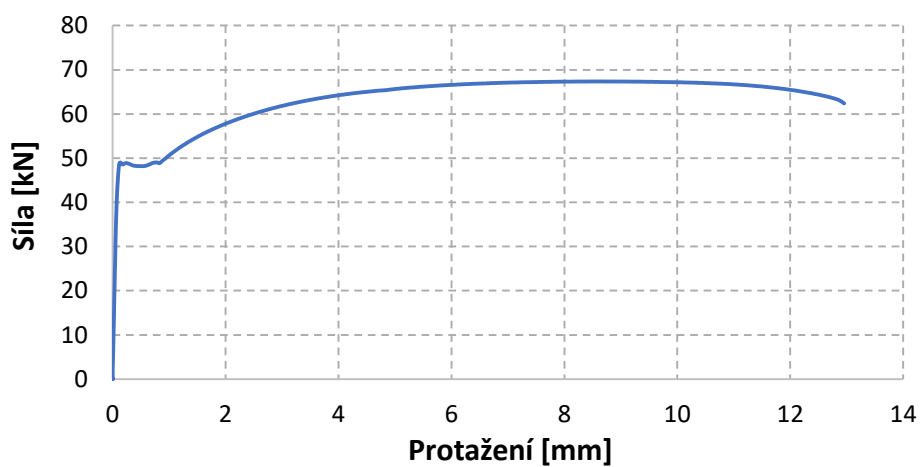
Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-1



Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-2



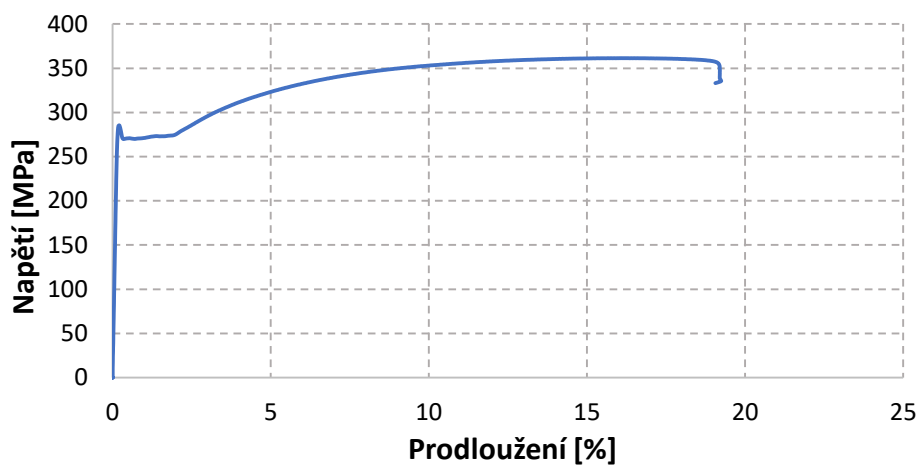
Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-3



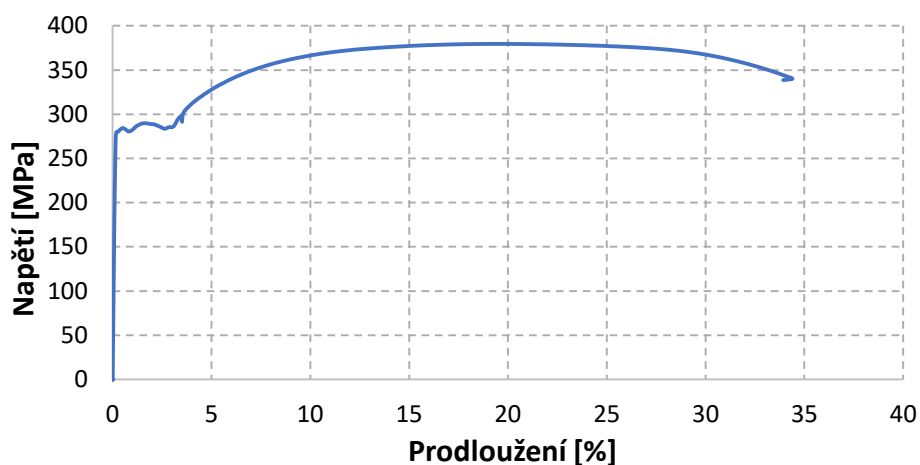
PŘÍLOHA 2

PŘÍLOHA 2

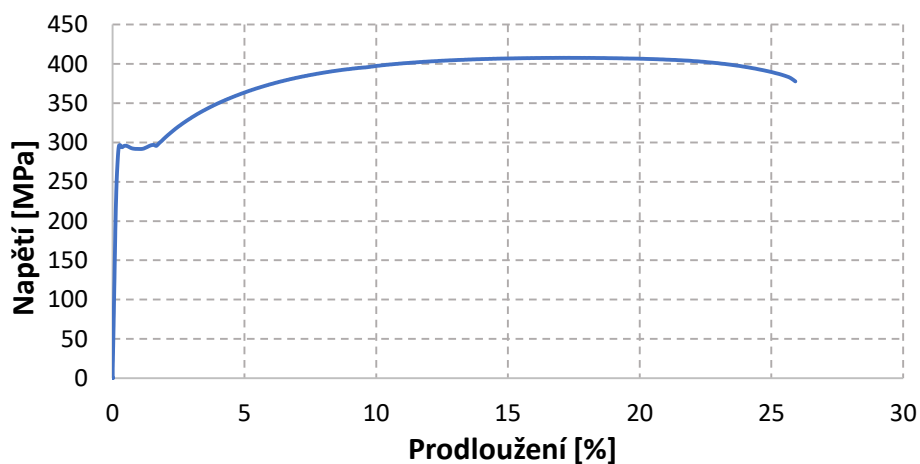
Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-1



Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-2



Most v ev. km 53,696, zk. těleso 2-3



Příloha 4: Protokol o podrobné prohlídce

mostního objektu provedené dle Vyhlášky MD č. 177/95 Sb.,
a předpisu SZDC S5 Správa mostních objektů

TÚ 1862 Slavonice (včetně) - Telč (včetně)		DÚ 10 JEDNOTA - Dačice		evd. km 53,696
Objekt most	šířá trať	Vžitý název: Dačice město		
délka mostu 23,80 m	počet otvorů 1	počet kolejí na mostě 1	elektrizace: ne	
Objednatel: SZDC, s.o., OŘ Brno		rychlost na mostě / rychlost traťová [km/h]: 50/50	Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí C2-50	
návrh hodnocení stavebního stavu 2/2	Vedoucí regionálního pracoviště Ing. Ivana Švábeníková		Rok podrobné prohlídky	2017



Pohled zprava

Obchodní firma:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Sídlo: Praha 1 – Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00

Zápis v obch. rejstříku: Městský soud v Praze, spis. značka A 48384

www.szdc.cz

Doručovací adresa:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Technická ústředna dopravní cesty,

Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 – Libeň

www.tudc.cz

Technická ústředna založena 1957



URS is a member of Registrar of Standards (Holdings) Ltd. URS is a member of Registrar of Standards (Holdings) Ltd. Tato logo prokazuje, že TUDC má zaveden integrovaný systém managementu zajišťující soulad s normou ISO 9001 a ISO 27001. Nevztahují se na dodávky služeb nebo výrobků.

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU	1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km	53,696
----	-------------	------------------------------------	---------	---------------

I. Celkový popis objektu

Základní údaje o mostu:

Souřadnice středu objektu: 49°4'45.631"N, 15°26'25.207"E

Délka mostu: 23,80 m (MES)

Šířka mostu: 5,06 m

Výška objektu: 2,95 m (MES)

Délka přemostění: 17,32 m (MES)

Šikmost objektu: 60° (MES)

Objekt šikmý – šikmost levá pravá

Počet kolejí: 1

Počet nosných konstrukcí: 1

Počet otvorů: 1

Přemostěná překážka: trvalý vodní tok (MES)

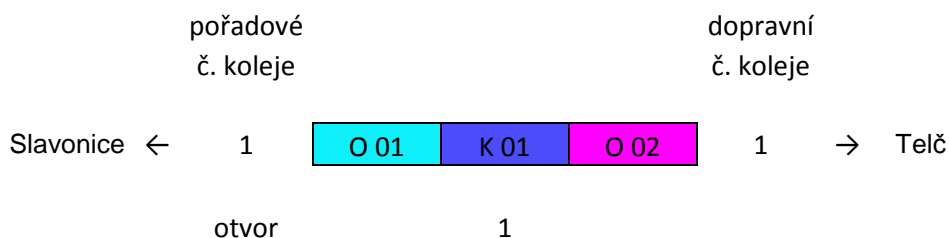
Směr toku: zprava doleva

Podmínky při podrobné prohlídce:

Teplota: + 23 °C

Počasí: polojasno - dlouhodobě - sucho

Schéma mostního objektu:



1. Nosná konstrukce

K 01

- Ocelová trámová plnostěnná, prostá, spoje nýtované nebo šroubované, mostovka dolní, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka – 5,06 m, rozpětí – 18,26 m (MES), délka – 18,67 m (MES)
- Hlavní nosníky: plnostěnné, osová vzdálenost – 4,82 m, výška – v uložení 1,68 m, uprostřed 1,78 m, šířka pásnic – dolní 250 mm, horní 250 mm
- Podélníky: osová vzdálenost – 1,80 m, výška – 0,34 m, šířka pásnic – 200 mm
- Podélné ztužení: při dolních pasech hlavních nosníků, profily „L“
- Příčníky: plnostěnné, osová vzdálenost – 1,88 m, výška – 0,53 m, šířka pásnic – dolní i horní 280 mm
- Uložení nosné konstrukce: ložiskové pevné na opěře O 01 (ocelové deskové), ložiskové pohyblivé na opěře O 02 (ocelové deskové)
- Rok výroby: 1902 (MES), levý hlavní nosník uprostřed WITKOWITZ 1902
- Rok opravy: 1966 (MES), na konstrukci neuvedeno
- Rok provedení PKO: 1966 (MES), na konstrukci neuvedeno

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU	1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km	53,696
----	-------------	------------------------------------	---------	---------------

2. Spodní stavba**Opěra O 01**

- Materiál: kamenné zdivo
- Rozměry:
 - výška viditelné části pod NK: vlevo 1,36 m, vpravo 1,52 m
 - šířka: 6,90 m
- Úložný práh: kamenný, kamenné kvádry pod ložisky, výška 0,4 m
- Závěrná zeď: kamenné zdivo, kamenné kvádříky pod pozednicí
- Rok výstavby: 1902 (MES)
- Rok opravy: 1966 (MES)
- Křídla:
 - vlevo – rovnoběžné, kamenné zdivo
 - Přilehlý svahový kužel sypaný
 - vpravo – rovnoběžné, kamenné zdivo
 - Přilehlý svahový kužel sypaný

Opěra O 02

- Materiál: kamenné zdivo
- Rozměry:
 - výška viditelné části pod NK: vlevo 1,57 m, vpravo 1,54 m
 - šířka: 6,90 m
- Úložný práh: kamenný, kamenné kvádry pod ložisky, výška 0,4 m
- Závěrná zeď: kamenné zdivo, kamenné kvádříky pod pozednicí
- Rok výstavby: 1902 (MES)
- Rok opravy: 1966 (MES)
- Křídla:
 - vlevo – rovnoběžné, kamenné zdivo
 - Přilehlý svahový kužel sypaný
 - vpravo – rovnoběžné, kamenné zdivo
 - Přilehlý svahový kužel sypaný

3. Železniční svršek:**Kolej č. 1**

- Směrové uspořádání koleje po délce objektu: v oblouku (levý)
- Výškové uspořádání koleje po délce objektu: stoupá
- Tvar kolejnic: S 49
- Tvar podkladnic: žebrové
- Kolejnicové podpory: dřevěné pozednice a mostnice
- Pozednice:
 - na začátku i na konci uložená na závěrné zídce na kamenných kvádřících
 - podložka pod pozednicí: ano, na začátku vpravo PVC, výška 5 mm, na konci bez podložek
 - rozměry: na začátku 260/240/2500 mm, na konci 260/240/2500 mm
 - osová vzdálenost:
 - na začátku: vlevo pražec – pozednice: 610 mm, pozednice – mostnice: 680 mm
 - na začátku: vpravo pražec – pozednice: 790 mm, pozednice – mostnice: 670 mm
 - na konci: vlevo mostnice – pozednice: 650 mm, pozednice – pražec: 620 mm
 - na konci: vpravo mostnice – pozednice: 570 mm, pozednice – pražec: 770 mm

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU	1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km	53,696
----	-------------	------------------------------------	---------	---------------

- Mostnice:
 - plošné uložení, upevnění svislým šroubem, 3 mostnice na začátku a 3 mostnice na konci uloženy vějířovitě
 - klínové podložky pod mostnicemi: ano, vpravo, výška 60 mm
 - dubové
 - rozměr 240/240/2400 mm
 - výška mostnic v uložení min. 210 mm
 - protištěpné spony
 - počet 30 kusů
 - světlost mezi mostnicemi 340 - 470 mm
- Kolejové lože: v předpolí otevřené
- Kolejnicové podpory: v předpolí dřevěné pražce

4. Vybavení mostu:**Podlahy**

- V koleji: ocelové rýhované plechy, upevněné vrtulemi, podložky „Ω“ a „L“ profil
- Na hlavách mostnic: ocelové rýhované plechy, upevněné vruty, podložky plast vpravo, „L“ profil vlevo
- Na chodnících: ocelové rýhované plechy, upevněné šrouby k chodníkovým nosníkům, podložky plast.

Zábradlí

- Popis zábradlí: ocelové, vlevo 3x sloupek (spodní stavba) + na NK zábradlí tvoří hlavní nosník + 3x sloupek (spodní stavba), vpravo 3x sloupek (spodní stavba) + na NK zábradlí tvoří hlavní nosník 3x sloupek (spodní stavba), vše „L“ profil, spoje svary
- Počet mader/příčlích: 1 / 1 „L“ profily
- Výška zábradlí nad pochozí plochou (podlahy): vlevo 0,95 m, vpravo 0,95 m
- Délka zábradlí: vlevo 2,90 m + 18,67 m + 2,73 m a vpravo 2,73 m + 18,67 m + 2,90 m
- Dilatace zábradlí: dělené
- Upevnění sloupků: zalité v římsách
- Půdorysný tvar: lomené
- Ukolejnění / vodivé propojení: ne / ne

Bezpečnostní nátěry a výstražné tabulky

- Na krajních šikmých výztuhách na začátku i nakonci K 01 je žlutočerné bezpečnostní označení

Jiná a cizí zařízení a okolí objektu

- Na hlavním nosníku na horní pásnici vlevo plechový kabelový žlab 100/100 mm.
- Za mostem vpravo je návěstidlo
- Před mostem vpravo návěst „Pískejte“
- Pod objektem potok, koryto neregulované
- Vlevo podél trati telefonní vedení na dřevěných sloupech
- Pod NK u O 01 ústí do koryta betonová roura Ø 300 mm
- U O 01 vpravo šachta s litinovým poklopem Ø 650 mm
- Přejezd automobilem je možný po účelové komunikaci kolem supermarketu Penny v obci Dačice.

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU 1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km 53,696
----------------	------------------------------------	-----------------------

5. Přechody do trati

- Neřešené, neupravené

6. Prostorové uspořádání na objektu a pod ním

6.1 Prostorové uspořádání na objektu:

- Poloha osy kolejí k ose nosné konstrukce:

	mezi 4. a 5. mostnicí	mezi 14. a 15. mostnicí	mezi 26. a 27. mostnicí
posun	vlevo o 40 mm	vpravo o 44 mm	vlevo o 47 mm

- Vzdálenost vnitřního líce **zábradlí** od osy koleje: (NK) horní pásnice

	na začátku	uprostřed	na konci
vlevo	2130 mm	2310 mm	2200 mm
vpravo	2320 mm	2270 mm	2490 mm

- Vzdálenost vnitřního líce **zábradlí** od osy koleje: (spodní stavba)

	na začátku	na konci
vlevo	2600 mm	2740 mm
vpravo	2830 mm	3080 mm

- Zábradlí vlevo i vpravo zasahuje do volného schůdného a manipulačního prostoru.

- Vzdálenost vnitřních hran říms od osy krajní koleje: (spodní stavba)

	na začátku	na konci
vlevo	2320 mm	2450 mm
vpravo	2530 mm	2800 mm

- Římsa vlevo i vpravo zasahuje do nutného obrysu kolejového lože.

6.2 Prostorové uspořádání pod objektem:

- Kolmá světlost: 15,10 m
- Šikmá světlost: 17,20 m
- Volná výška: 2,44 m od hladiny vpravo

II. Popis závad a poruch

1. Stav nosné konstrukce

Konstrukce K 01:

- Mírná deformace dolního krčního úhelníku pravého hlavního nosníku ve vzdálenosti 1,4 m od O 01 v délce 160 mm (viz foto č. 1).
- Graffiti.
- PKO: nátěr místy sešlý s místním prorezavěním do cca 50 % plochy (Ri 5) (viz foto č. 2).
- Uložení: pevná i pohyblivá ložiska znečištěná s korozí do 50 % plochy (Ri 5).

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU	1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km	53,696
----	-------------	------------------------------------	---------	---------------

2. Stav spodní stavby**Opěra O 01:**

- Spárování je slabě popraskané.
- V dolní části opěry prosakuje voda (viz foto č. 3).
- Závěrná zeď: spárování je silně popraskané, vydrolené do hloubky až 150 mm, jednotlivé kameny jsou uvolněné a vysunuté až o 50 mm, vlevo na ploše 120 x 200 mm do hloubky až 200 mm kámen chybí.
- Úložný práh: mírně znečištěný zeminou a tlejícím listím.

Křídlo vlevo

- Stav dobrý.
- Přilehlý svahový kužel je porostlý vegetací.

Křídlo vpravo

- Stav dobrý. Přerůstá popínavá vegetace.
- Přilehlý svahový kužel je porostlý vegetací.

Opěra O 02:

- Spárování je ojediněle popraskané.
- V dolní části opěry prosakuje voda (viz foto č. 4).
- Kameny v dolní části slabě porostlé mechem.
- Závěrná zeď: spárování je silně popraskané, vydrolené do hloubky až 80 mm, jednotlivé kameny jsou uvolněné a vysunuté až o 70 mm.
- Úložný práh: znečištěný zeminou a tlejícím listím.

Křídlo vlevo

- Spárování je popraskané, slabě se vydroluje.
- Přilehlý svahový kužel je porostlý vegetací.

Křídlo vpravo

- Spárování je popraskané, slabě se vydroluje.
- Přilehlý svahový kužel je silně porostlý vegetací.

3. Stav železničního svršku**Kolej č. 1**

- Upevnění koleje: v dobrém stavu. Chybí 5 vrtulí.
- Pozednice: podélně popraskané, podložka PVC pod pozednicí se vysouvá
- Mostnice: podélně popraskané, mostnicové šrouby rezivé.
- Kolejové lože v předpolí je mírně zahliněné, prorůstá vegetace.

4. Stav vybavení**Podlahy**

- V koleji nátěr plechů na NK sešlý, prorezavění cca 40 % plochy (Ri 5). Plechy slabě uvolněné.
- Na hlavách mostnic: nátěr hlavových plechů na NK sešlý, prorezavění cca 40 % plochy (Ri 5).
- Na chodnících. nátěr chodníkových plechů na NK sešlý, prorezavění cca 40 % plochy (Ri 5).

Zábradlí

- **Vlevo:** nátěr zábradlí strávený, prorezavění cca 80 % plochy (Ri 5).
- **Vpravo:** nátěr zábradlí strávený, prorezavění cca 80 % plochy (Ri 5). Na začátku přerostlé popínavou vegetací.

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU 1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km 53,696
----------------	------------------------------------	-----------------------

Bezpečnostní nátěry a výstražné tabulky

- Stav dobrý.

Jiná a cizí zařízení a okolí objektu

- Svahy před i za objektem porůstají vegetací a keři.

5. Přechody do trati

- Neřešené, neupravené.

III. Návrh hodnocení stavebního stavu jednotlivých částí**Hodnocení nosné konstrukce:****Konstrukce K 01 – hodnocení stupněm 2****Z těchto důvodů:**

- Sešlý nátěr

Hodnocení spodní stavby:**Opěra O 01 – hodnocení stupněm 2****Z těchto důvodů:**

- Lokální průsaky vody

Opěra O 02 – hodnocení stupněm 2**Z těchto důvodů:**

- Lokální průsaky vody

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE

TU 1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km 53,696
----------------	------------------------------------	-----------------------

IV. Návrh hodnocení stavebního stavu objektu

V souladu s předpisem SŽDC S5, částí druhou a na základě provedené podrobné prohlídky mostu navrhuji následující výsledné hodnocení stavebního stavu:

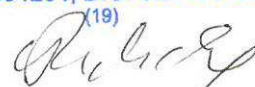
⇒ **nosná konstrukce: K 2**
na základě hodnocení K 01

⇒ **spodní stavba: S 2**
na základě hodnocení O 01 a O 02

Podrobná prohlídka provedena dne: 02.08.2017

Protokol o podrobné prohlídce zpracoval Marek Hutař dne: 09.08.2017

Správa železniční dopravní cesty,
státní organizace
Technická ústředna dopravní cesty
Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 - Libeň
IČ: 70994234, DIČ: CZ70994234

⁽¹⁹⁾


.....
Ing. Ivana Švábeníková
Vedoucí RP BRN

Přílohy protokolu:

Příloha č. 1 – fotodokumentace poruch a závad

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE – Příloha č. 1

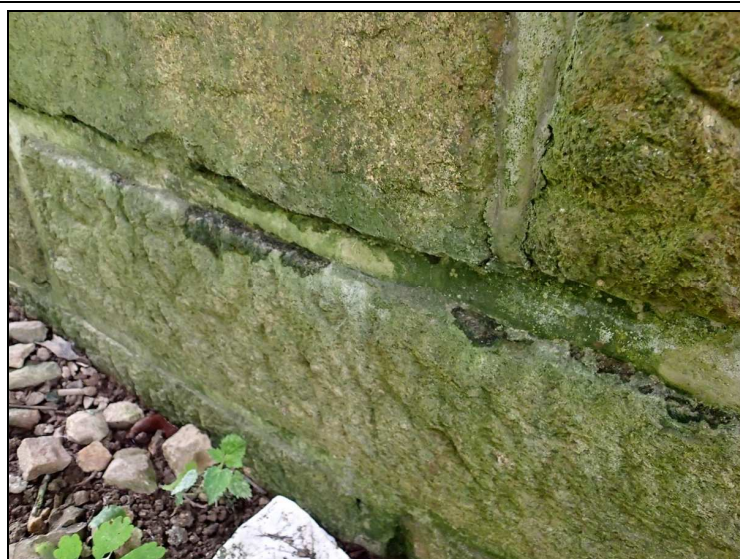
TU 1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km 53,696
----------------	------------------------------------	-----------------------



**Foto č. 1 – konstrukce K 01 –
deformace dolního krčního
úhelníku na hlavním nosníku
vpravo**



**Foto č. 2 – konstrukce K 01 –
sešlý nátěr na NK**



**Foto č. 3 – opěra O 01 – průsak
vody v dolní části**

PROTOKOL O PODROBNÉ PROHLÍDCE – Příloha č. 1

TU 1862	Slavonice (včetně) - Telč (včetně)	Evd. km 53,696
----------------	------------------------------------	-----------------------

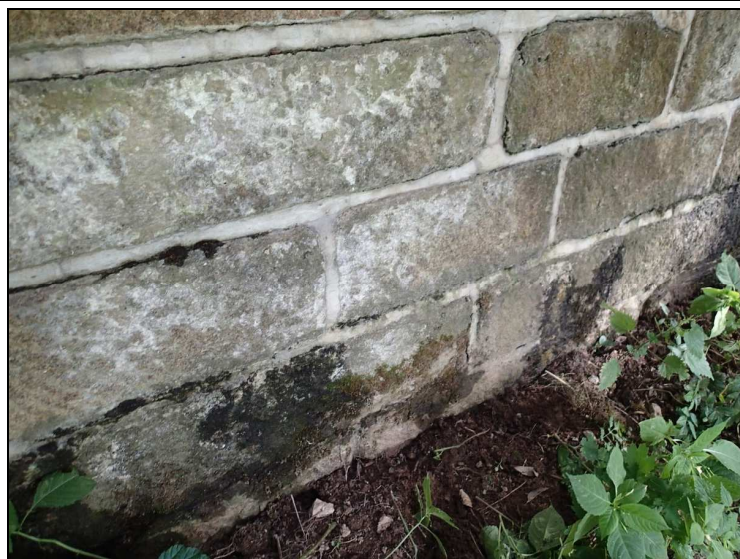


Foto č. 4 – opěra O 02 – průsak vody v dolní části

PŘÍLOHA 5: FOTODOKUMENTACE



Foto 1 - Pohled z boku



Foto 2 – Pohled do kolejiště



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Příloha 6:

**Most v km 53,696, TÚ 1862 Slavonice – Telč –
provedení korozního a diagnostického průzkumu**

01 Korozní a diagonostický průzkum mostu



Řešitelský kolektiv:

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz,

tel. +420 602 250 860

Bc. Jakub Štěpán

Spoluřešitelé:

Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D. a kol. – Fakulta stavební ČVUT

Ing. František Tatíček, Ph.D. a kol. – Fakulta strojní ČVUT

Datum:

03.2021

Obsah

1	Identifikační údaje	2
2	Úvod.....	3
3	Získané podklady a průzkumy.....	3
4	Základní údaje o mostě.....	4
4.1	Identifikační údaje	4
4.2	Charakteristika mostu.....	6
4.3	Technický popis konstrukce	8
5	Diagnostický průzkum mostní konstrukce	12
5.1	Průzkum korozního poškození a vizuální prohlídka	12
5.2	Tvrdoměrné zkoušky	35
5.3	Odběr vzorků.....	42
5.4	Materiálové zkoušky	44
5.4.1	Zkouška tahem	44
5.4.2	Metalografická analýza	49
5.4.3	Spektrální analýza chemického složení.....	51
5.4.4	Vyhodnocení meze kluzu oceli	52
5.5	Zaměření polohy koleje.....	54
6	Závěr.....	56
	Příloha 1.: Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací	58
	Příloha 2.: Protokoly z průzkumu korozního oslabení OK.....	Chyba! Záložka není definována.

1 Identifikační údaje

Objednatel:



SUDOP PRAHA a.s.
Projektové středisko Plzeň

se sídlem: Husova 71, 301 00 Plzeň
jednající: Ing. Ota Heller, vedoucí projektového střediska Plzeň
IČ: 25793349
DIČ: CZ25793349
Zapsaný: V obchodním rejstříku u Městského soudu v Praze, spisová značka B6088

Zhotovitel:



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

se sídlem: Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6
jednající: prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
IČ: 68407700
DIČ: CZ68407700
Zapsaný: Živnostenský list: Obvodní úřad MČ Praha 6, spis. zn. ŽO/11315/2008/Rec/2

2 Úvod

Předmětem korozního a diagnostického průzkumu je zjištění stavu mostní konstrukce. Pro danou konstrukci byl průzkum zaměřen převážně na NOK – zejména ověření geometrie konstrukce a soulad dimenzí konstrukčních prvků s archivní dokumentací. Dále pak zjištění aktuálního korozního oslabení konstrukce a ověření parametrů oceli (odběr vzorků a provedení materiálových zkoušek). Spodní stavba byla kontrolována pouze vizuálně a nebyla předmětem detailnějšího průzkumu.

Zpráva z tohoto diagnostického průzkumu navazuje na diagnostiku provedenou Kloknerovým ústavem ČVUT (08/2020)

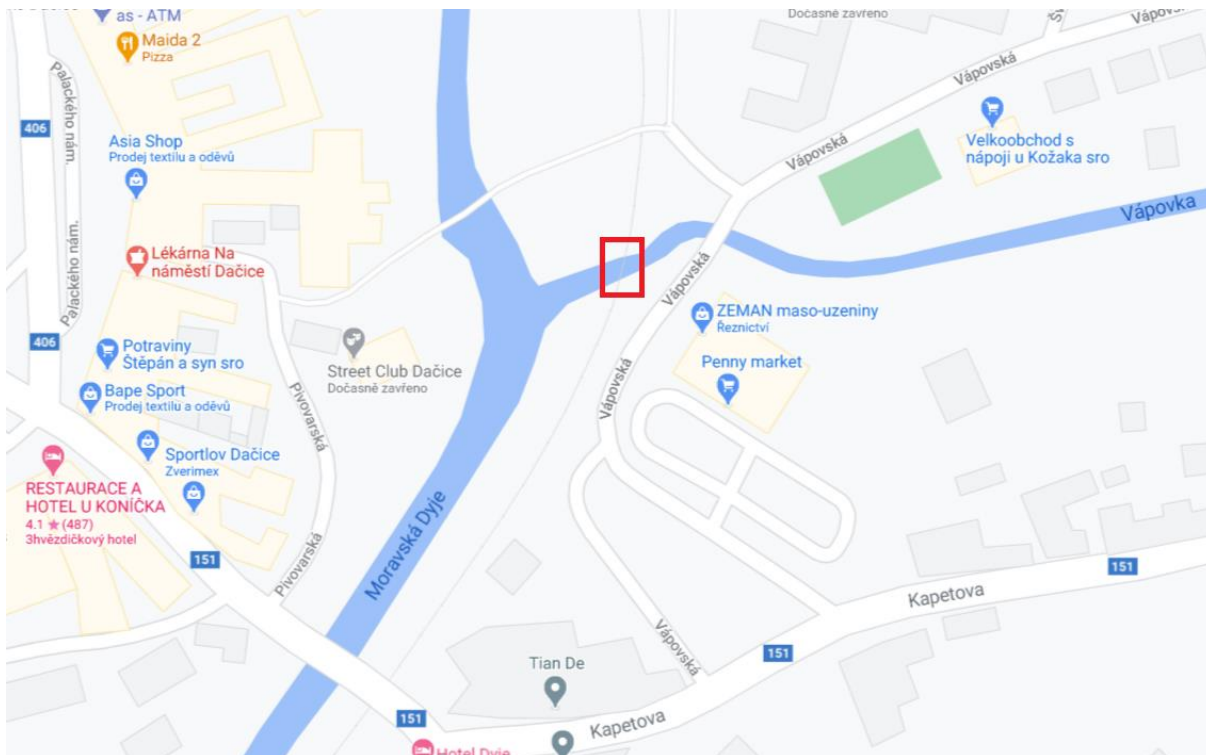
3 Získané podklady a průzkumy

- [1] *Protokol o podrobné prohlídce mostního objektu, 2017* [interní dokument], archivováno: Správa železnic, s.o.
- [2] *Revitalizace trati Kostelec-Telč-Slavonice – Stavebně technický průzkum, 2020* [interní dokument], archivováno: SUDOP PRAHA a.s.
- [3] *Zesílení ocel. konstrukce v km 53,696 TR Slavonice-Telč, archivní dokumentace, 1965*

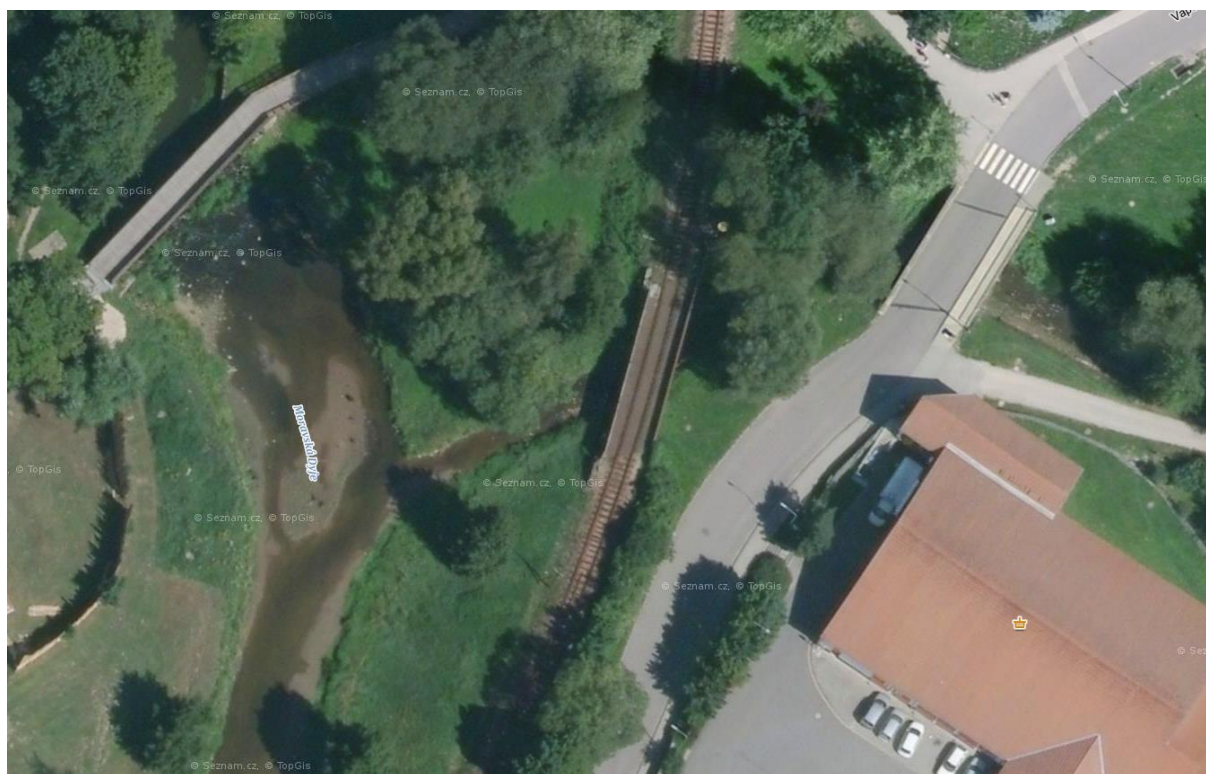
4 Základní údaje o mostě

4.1 Identifikační údaje

Objekt:	Most v km 53,696, TÚ 1862 Slavonice (včetně) – Telč (včetně)
Kraj:	Jihočeský
Katastrální území:	624403 Dačice
Správce mostu:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
Překážka:	Vodní tok – řeka Vápovka
Úhel křížení:	60° (MES)
Uspořádání:	Most o jednom poli, půdorysně přímý, šikmý, prostý nosník
Druh mostu:	Železniční, jednokolejný
Železniční svršek:	Typové kolejnice S49, žebrové podkladnice, dřevěné mostnice
Nosná konstrukce:	Ocelová, dva hlavní plnostěnné I nosníky
Mostovka:	Prvková s dřevěnými mostnicemi
Chodníky:	Pouze revizní, po obou stranách
Spodní stavba:	Kamenné zdivo
Ložiska:	Tangenciální
Mostní závěry:	-
Rozpětí:	18 260 mm (MES)
Délka přemostění:	17 320 mm (MES)
Délka nosné konstrukce:	18 670 mm (MES)
Délka mostu:	23 800 mm (MES)
Šikmost:	Pravá
Šířka mostu:	5 060 mm
Osová vzdálenost hlavních nosníků:	4820 mm
Volná šířka mostu:	-
Stavební výška:	770 mm
Konstrukční výška:	1 700 mm – 1 800 mm
Výška nad terénem:	2 450 mm nad hladinou vody



Obr. 1: Přehledná mapa mostu a okolí (www.maps.google.com)



Obr. 2: Satelitní snímek (www.mapy.cz)

4.2 Charakteristika mostu

Jedná se o jednokolejný železniční most o jednom poli. Nachází se v centru města Dačice a převádí železniční trať TÚ 1862 Slavonice (včetně) – Telč (včetně) v km 53,696 přes vodní tok – řeku Vápovku. Úhel křížení je přibližně 60° . Most je půdorysně přímý, šikmý (pravá šikmost), železniční trať na mostě je v levém směrovém oblouku.

Nosnou konstrukci tvoří dva hlavní ocelové plnostěnné nosníky, k nimž je připojena soustava příčníků a podélníků. Jednotlivé průřezy a vzájemné konstrukční spoje jsou provedeny pomocí plechů, příložek a L-úhelníků, které jsou vzájemně pronýtovány. Na podélníky jsou nasazeny dřevěné mostnice, k nimž jsou přes podložky a podkladnice upevněny kolejnice S49. Spodní stavbu tvoří dvě opěry z kamenného zdiva s maltovým spárováním.

Na levém nosníku uvedena tabulka výrobce WITKOWITZ 1902. Dodatečné opravy jsou známé pouze z archivní PD (1966 zesílení podélníků a oprava PKO).



Obr. 3: Pohled na konstrukci (OP1 ve směru staničení)

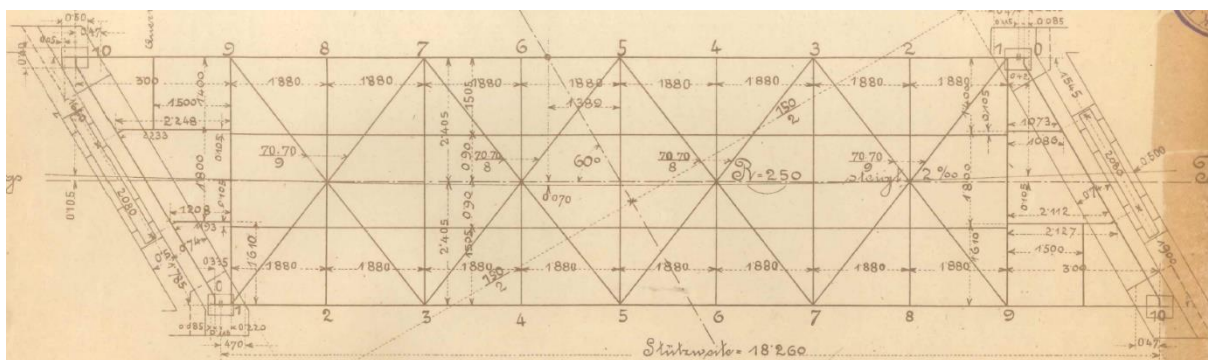


Obr. 4: Pohled ve směru staničení směrem na OP2

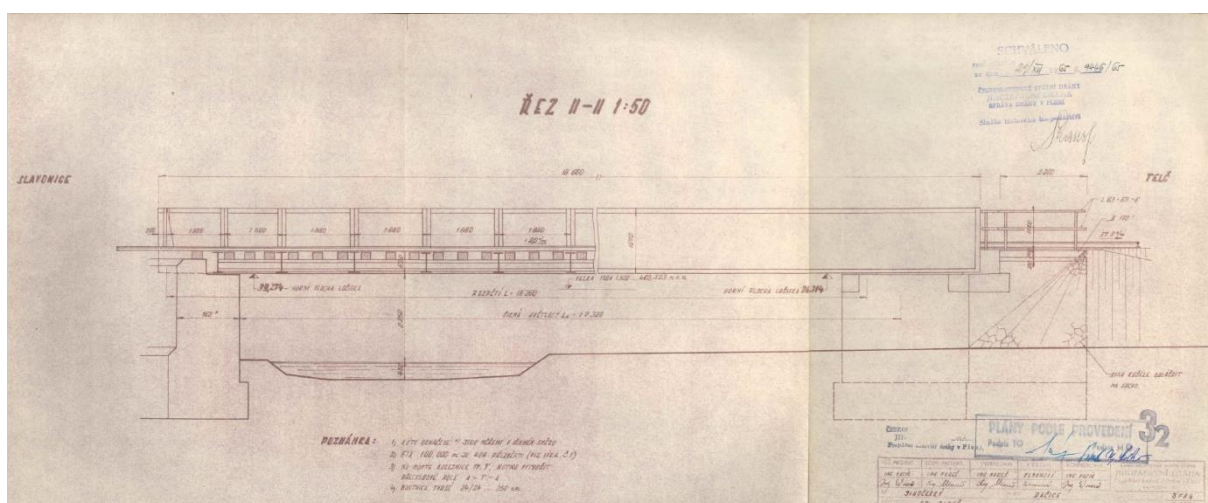
4.3 Technický popis konstrukce

I) HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE:

Dle provedeného průzkumu a získané výkresové dokumentace byl získán přehled o rozměrech a dimenzích konstrukce. Nosná část je tvořena dvěma hlavními ocelovými plnostěnnými nosníky tvaru I s osovou vzdáleností 4820 mm. Hlavní nosníky mají proměnou odstupňovanou výšku pomocí zesilování horní a spodní pásnice příložkovými plechy tl. 10 mm. V místě uložení na opěrách je celková výška nosníku 1680 mm, která se zvyšuje až na maximální výšku 1770 mm uprostřed rozpětí. Šířka hlavního nosníku odpovídá šířce horních a dolních pásnic, tj. 250 mm. Pásnice jsou ke steně nosníku připojeny pomocí dvojice krčních úhelníků L110x110x12 a nýtů. Nosníky jsou symetrické, otočené o 180° a předsazené, čímž je dosažena šikmost konstrukce.

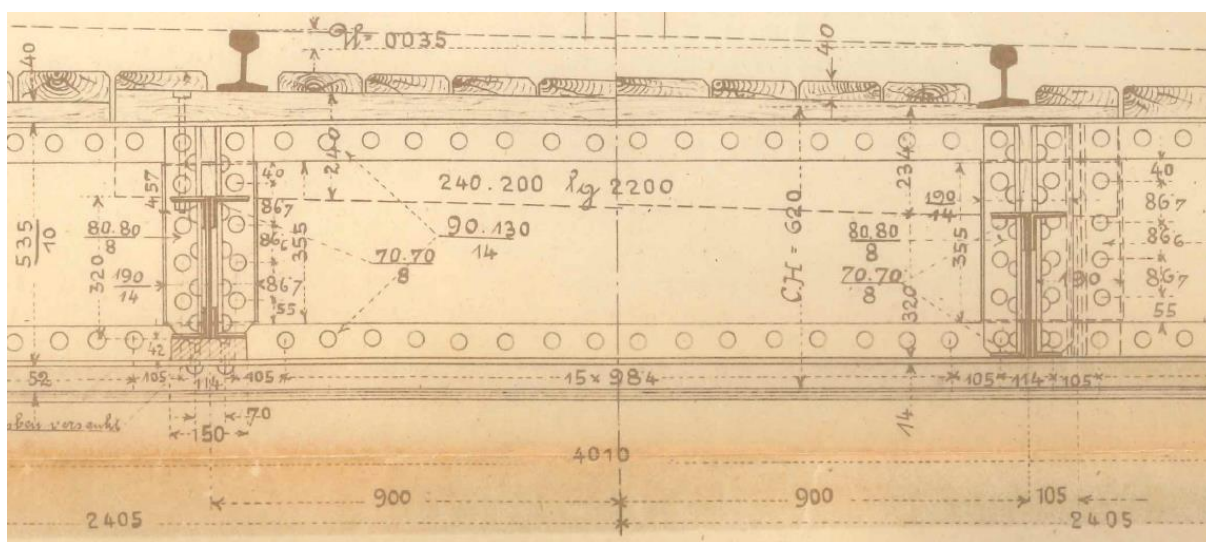


Obr. 5: Půdorys konstrukce, archivní dokumentace



Obr. 6: Podélný řez konstrukcí, archivní dokumentace

Na hlavní nosníky jsou opět přes krční úhelníky a příložkové plechy připojeny příčníky. Příčníky jsou kolmé k hlavním nosníkům, s pravidelnou osovou vzdáleností 1880 mm, která je upravena pouze u opěr (2x1500 mm) pro dorovnání šikmosti konstrukce. Příčníky jsou tvořeny stěnou P10 výšky 530 mm, ke které jsou pomocí nýtů připojeny dvojice krčních úhelníků L130x90x14, čímž tvoří horní a spodní pásnici průřezu. Celková výška příčníku je tak 530 mm, celková šířka 270 mm.

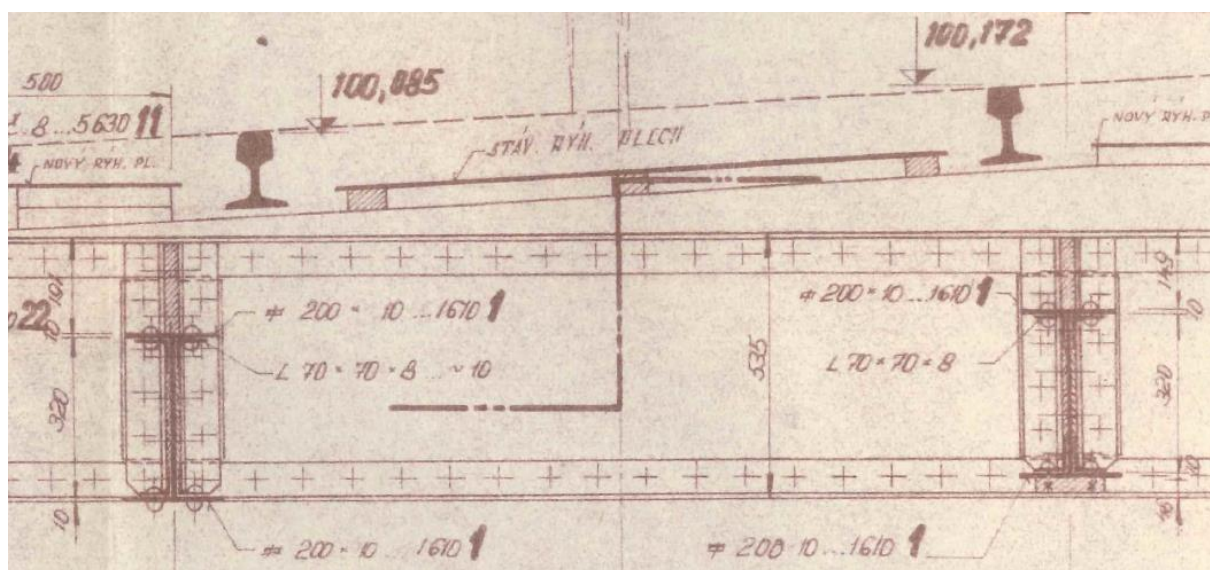


Obr. 7: Příčný řez konstrukcí, archivní dokumentace

K příčníkům je připojena dvojice podélníků, které jsou zapuštěné a navazují na spodní pásnici příčníků. Osová vzdálenost podélníků je 1800 mm, vzdálenost od osy hlavních nosníků je shodně 1510 mm po obou stranách, pouze první vazba u koncového příčníku je upravena o 100 mm, tj. vzdálenosti jsou 1410 mm a 1610 mm.

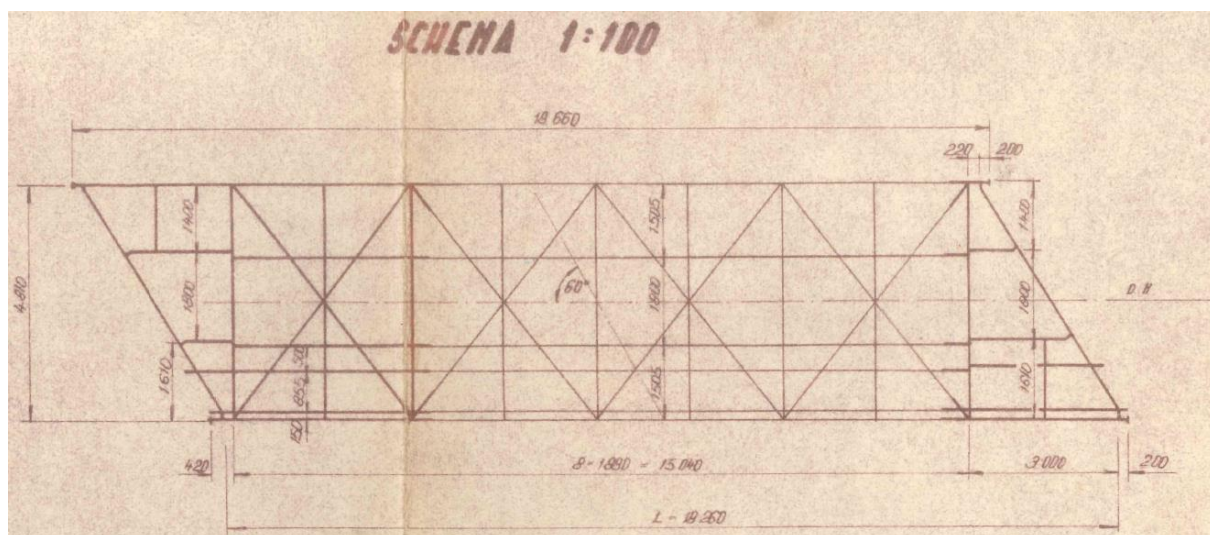
Geometrii podélníků tvoří opět stěna P10 výšky 320 mm, ke které jsou pomocí nýtů připojeny dvojice krčních úhelníků L70x70x8, čímž tvoří horní a spodní pásnici průřezu. Oproti původní realizační dokumentaci byly podélníky zesíleny dvojicí plechů P10 (horní a spodní pásnice) šířky 200 mm, které jsou nýty spojeny s pásnicemi (krčními úhelníky). Výsledný průřez tím byl zvětšen výškově z 320 mm na 340 mm a šířkově ze 150 mm na 200 mm.

Na podélníky jsou následně uloženy dřevěné mostnice 240x240x2500 mm, k nimž jsou přes žebrové podkladnice upevněny kolejnice S49. Na mostě jsou zřízeny revizní chodníky pro traťovou údržbu.



Obr. 8: Zesílení horní a spodní pásnice podélníků, archivní dokumentace

V rovině spodních pásnic hlavních nosníků je provedeno pravidelné vodorovné ztužení mezi hlavními příčnicí. Ztužení navazuje na styčníky hlavních nosníků s příčnicí a je provedeno uhlopříčně ob jednu vazbu příčnicí (polorámu). Průřez ztužení tvoří pravidelné úhelníky $L70 \times 70 \times 8$. Celkem jsou na konstrukci umístěny 4 vazby (dvojice) ztužení, půdorysně tvaru X. V místě křížení ztužidel je napojen styčnickový plech ke spodní pásnici příčnicí.

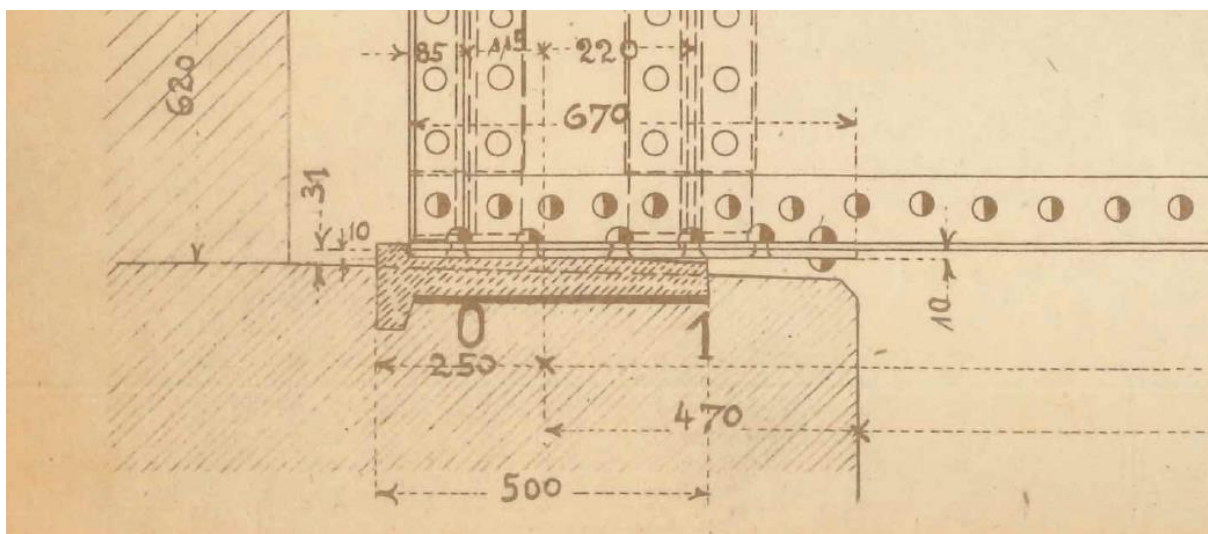


Obr. 9: Půdorys vč. ztužení a změny geometrie podélníků, archivní dokumentace

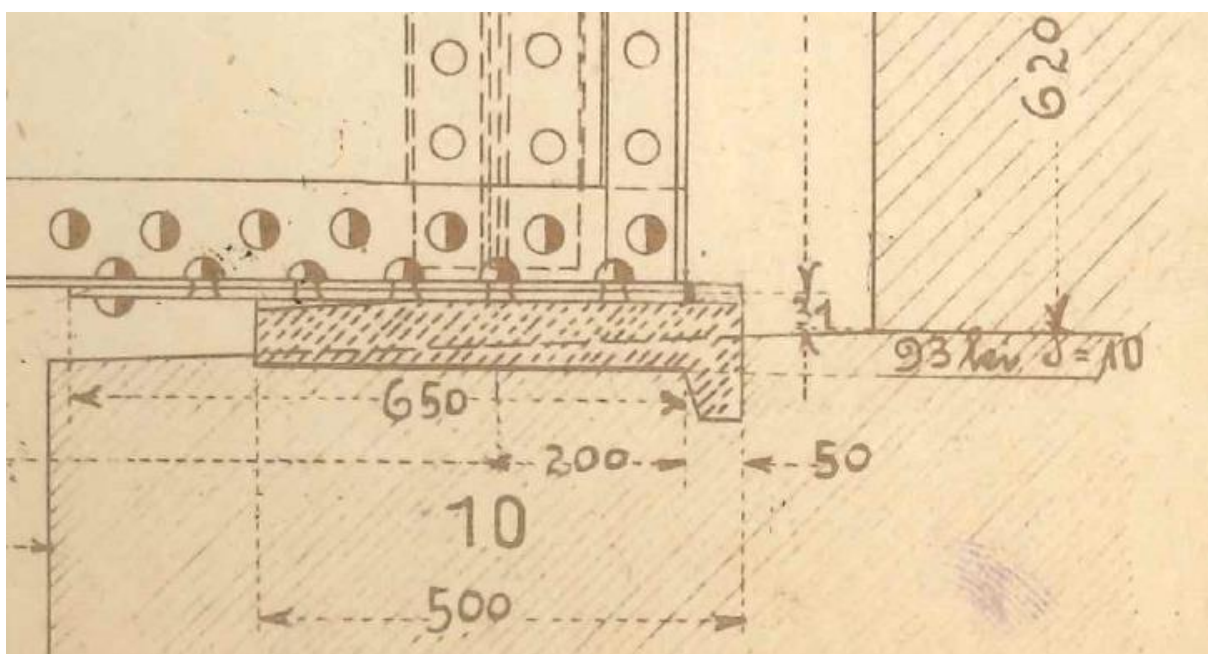
II) LOŽISKA A SPODNÍ STAVBA:

Dle archivní projektové dokumentace ložiska tangenciální, pod šikmými koncovými příčnickými a hlavními nosníky. Na opěře OP1 ložisko tangenciální pevné (neposuvné, bez drážky), na protilehlé opěře OP2 tangenciální ložisko s drážkou umožňující délkovou roztažnost konstrukce.

Spodní stavba původní, tj. velké kamenné bloky hloubkově vyspárované maltou.



Obr. 10: Tangenciální pevné ložisko na OP1



Obr. 11: Tangenciální ložisko s možností posunu na OP2

5 Diagnostický průzkum mostní konstrukce

5.1 Průzkum korozního poškození a vizuální prohlídka

Zhodnocení aktuálního stavu korozního oslabení konstrukce proběhlo na základě několika metod měření, při nichž bylo postupováno následovně:

- Ruční měření

Oslabené místo bylo nejprve pomocí ocelových kartáčů očištěno a zbaveno korozních zbytků. Následně byly na očištěném místě změřeny reálné tloušťky prvků pomocí digitálního posuvného měřidla, větší rozměry byly změřeny svinovacím metrem. Případné korozní oslabení bylo vyfotografováno a zaznamenáno. Nepřístupná místa byla měřena endoskopem.

- Ultrazvukové měření tlouštěk

Některá oslabená místa vzhledem k prostorovým podmínkám nebylo možné měřit ručně, a proto byl v těchto případech využit přenosný ultrazvukový tloušťkoměr TM280. Přes zkoumané místo bylo opakovaně přejížděno měřicí sondou, čímž bylo získáno dostatečné množství naměřených hodnot. Následně byly z vyhodnocení vyjmuty odchýlené hodnoty, zbylé hodnoty zprůměrovány a stanovena výsledná tloušťka prvku. Současně byly ultrazvukovým tloušťkoměrem ověřeny základní dimenze konstrukčních prvků.



Obr. 12: Ultrazvukový tloušťkoměr TM280

D) HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE:

Po provedené vizuální prohlídce lze konstatovat, že všechny prvky NOK vykazují známky nedostatečné vrstvy protikorozní ochrany (PKO). Zároveň je na mnoha místech konstrukce posprejovaná graffiti.

Chybějící nebo poškozená vrstva PKO se vyskytuje na všech nosných částech konstrukce (hlavní nosníky, příčníky a podélníky), čímž zásadně snižuje celkovou zbývající životnost konstrukce. Nedostatečnou a nefunkční vrstvu PKO dokazuje celková povrchová koroze v celé délce konstrukce. Na řadě míst se tvoří puchýřky koroze a zbytkové vrstvy nátěru, které jsou mechanicky odstranitelné a očistitelné např. ocelovým kartáčem. Po očištění zasaženého místa je možné sejmutí vrchní vrstvy např. úhlovou brusku až na lesklý kov. Následně je možné ověřit skutečnou tloušťku ocelového materiálu.

Dle provedených měření lze konstatovat shodu geometrie konstrukce a dimenze hlavních nosných prvků s archivní dokumentací. Rovněž archivní dokumentaci odpovídají i úpravy spojené se zesilováním konstrukce (podélníků).



Obr. 13: Poškozená vrstva PKO a koroze – hlavní nosník pravý



***Obr. 14:** Poškozená vrstva PKO a koroze – horní pásnice a koncová výztuha*



***Obr. 15:** Poškozená vrstva PKO a koroze – levý nosník*



***Obr. 16:** Koroze a graffiti – hlavní nosník*



***Obr. 17:** Poškození PKO a koroze příčnicku a podélníku*



Obr. 18: Poškození PKO a koroze spodní pásnice příčnicku, graffiti



Obr. 19: Poškození PKO a koroze ztužení

Při prohlídce byla lokálně nalezena místa, v nichž byla kromě povrchové koroze zjištěna také hloubková koroze (s měřitelným úbytkem materiálu). Jedná se zejména o koncové příčnický, kde v místech napojení s hlavními nosníky vznikají obtížně dostupné (a udržovatelné) detaily. V těchto místech dochází k hromadění nečistot, výskytu vlhkosti (eventualně špatnému a komplikovanému odtoku vody), což následně vede ke vzniku hloubkové koroze, a tím k oslabení konstrukčních prvků. Stejně vady vykazuje koncový příčník také ze strany závěrné zídky, kde vlivem překrytí pochozími plechy je prakticky znemožněna údržba bez mechanického zásahu a odmontování všech plechů. Při prohlídce byly nejprve odmontovány vrchní plechy revizních chodníků, následně mechanicky očištěna zanesená místa a provedena příčná korozní měření.

U koncových příčnicků bylo nalezeno oslabení celé spodní pásnice koncových příčnicků (endoskopicky), dále oslabení spodních krčních úhelníků.

Dalším místem byly připojované krátké podélníky ke koncovým příčnickům. Vykazují opět známky koroze spodních krčních úhelníků a spodní pásnice.

Dále byla zjištěna lokální koroze horních pásnic (přírub) podélníků pod mostnicemi. Jedná se o detail, kde vlivem stékání vody dochází ke štěrbinové korozi horních přírub podélníků. Oslabení se pravidelně opakuje v celé délce konstrukce, na vnější straně podélníků pod mostnicemi.

Detailně je korozní oslabení prvků zaznamenáno v Příloze 2 – Protokoly z průzkumu korozního oslabení OK a ve výkresu korozního poškození. Veškeré naměřené oslabení je zároveň zaznamenáno na přiložených fotografiích a shrnuto v následující tabulce.

Zbylá část konstrukce nevykazuje hloubkové poškození korozí.

Tab. 1: Rekapitulace korozního a mechanického oslabení konstrukce

Prvek	Část	Oslabení [mm]	Rozměry [mm]	Poznámky
Hlavní nosník	spodní pásnice	-	50	plastická deformace
Koncový příčník OP1	spodní pásnice	1	200	celá pásnice – endoskop
	krční úhelníky	0,5 / 1	50 / 50	lokální oslabení úhelníků
Koncový příčník OP2	spodní pásnice	0,5 / 1	200	celá pásnice – endoskop
	krční úhelník	0,5 / 1	50 / 50	krční úhelník
Podélník_L, OP1	krční úhelník	0,5 / 1	50 / 50	spodní krční úhelník
	spodní pásnice	1	150 / 150	důlky na spodní pásnici
Podélník_P, OP1	stojina	1	50 / 50	rozhraní stojina / úhelník
Podélník	krční úhelník	1 / 1,5	50	pod mostnicemi, opakuje se



Obr. 20: Kabelové vedení na horní pásnici levého nosníku



***Obr. 21:** Deformace spodní pásnice*



***Obr. 22:** Původní stav před očištěním*



***Obr. 23:** Nečistotami zanesený koncový příčník*



***Obr. 24:** Poškození a odlupování vrstev PKO v koncové oblasti*



Obr. 25: Koncová oblast OP1 před očištěním



Obr. 26: Demontáž chodníkových plechů a očištění OP1



Obr. 27: Koncová oblast OP1 po demontáži chodníkových plechů



Obr. 28: Koncový příčník OP1 po očištění (vlevo u ložiska, vpravo u závěrné zídky)



Obr. 29: Koroze spodní pásnice koncového příčnicku OP1 (shora)



Obr. 30: Korozní oslabení spodní pásnice koncového příčnicku OP1 (endoskopie)



Obr. 31: Korozní oslabení spodní pásnice koncového příčnicku OP1 (endoskopie)



Obr. 32: Poškození vrchní vrstvy PKO koncového příčnicku OP1 (endoskopie)



Obr. 33: Štěrbinová koroze podélníků pod mostnicemi



Obr. 34: Lokální koroze podélníků pod mostnicemi

II) LOŽISKA A SPODNÍ STAVBA:

Během vizuální prohlídky byla ložiska kontrolována souběžně s koncovými příčníky. Ložiska jsou zasažena povrchovou korozí, avšak nejeví známky mechanického poškození, trhlin, či nadměrných deformací vlivem nedostatečné dilatační kapacity. Z tohoto důvodu lze konstatovat, že ložiska i přes povrchovou korozi a nečistoty stále plní svou funkci.



***Obr. 35:** Tangenciální ložiska u OP2 – původní stav*



***Obr. 36:** Tangenciální ložisko – drážka s vodící lištou*



Obr. 37: Tangenciální ložiska u OP2 – původní stav



Obr. 38: Tangenciální ložiska a opěra OP2 – po očištění

III) KOLEJOVÝ SVRŠEK A MOSTNÍ VYBAVENÍ:

Kolejový svršek i kolejnice jsou vizuálně v dobrém stavu. Na několika místech chybí upevnění kolejnic (šrouby, vrtule) nebo je upevnění nedotažené (matice podkladnic).

Dřevěné mostnice jsou běžně opotřebované provozem, nevykazují známky poškození ani zásadních vad. Mostnice jsou v jednostranném spádu odpovídajícímu převýšení vnější kolejnice. Převýšení je zaručeno vloženými dřevěnými klíny pod mostnice.

Současně byla při průjezdu vlakové soupravy pozorována značná svislá deformace pražců v přechodové oblasti u opěr mostu, způsobená pravděpodobně náhlou změnou tuhosti podloží.

Dále byl při prohlídce objeven el. kabel, uložený zcela volně u paty kolejnice, bez kabelové chráničky. Původ kabelu je neznámý, není zapsán v předchozích prohlídkách ani v dostupných archivních dokumentacích. Pravděpodobně se jedná o stále aktivní telekomunikační kabel.



Obr. 39: Volně položený kabel u paty kolejnice



Obr. 40: Chybějící vrtule u podkladnice



Obr. 41: Nevhodně uložené podkladnice



Obr. 42: Lokální koroze matice podkladnice



Obr. 43: Uložení mostnic ve spádu přes klíny na podélníky

IV) SPODNÍ STAVBA:

Opěry vizuálně v dobrém stavu. Kamenné bloky celistvé, místy výjimečně popraskané spárování, ve spodní části opěr výskyt vlhkosti a průsaku vody. Na opěrách povrchově vizuálně stékání rzi z nosné konstrukce nebo graffiti.

Úložný práh a závěrná zídka zaneseny sutí a vegetací, po očištění značně popraskané a vydrolené spárování. Křídla opěr a svahové kužely porůstají vegetací.

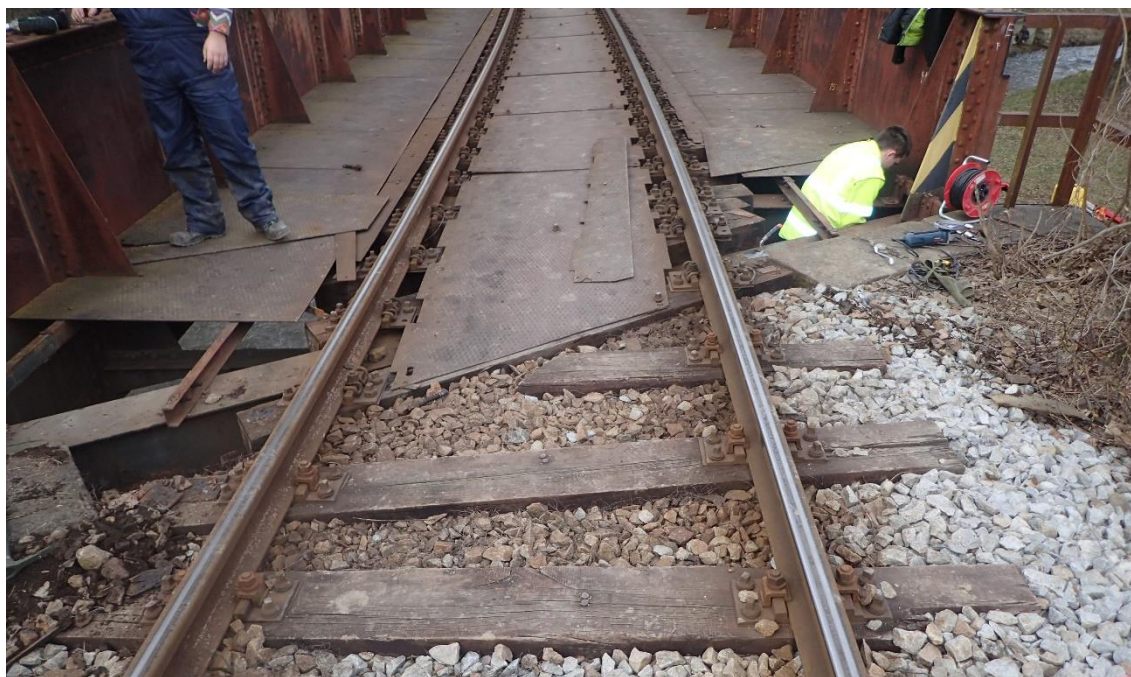
U závěrné zídky OP1 chybí kamenný blok, oblast dosypána sutí a pískem. U závěrné zídky na OP2 kamenný blok zcela vypadl, otvorem propadává zásyp opěry a štěrkové lože na úložný práh, hromadění nečistot u koncového příčnicku.



Obr. 44: Propad štěrkového lože na OP2



Obr. 45: Pohled na opěru OPI – graffiti, lokální průsak vody a vlhkost



Obr. 46: Přejížděvací oblast na OPI



Obr. 47: Očištěný úložný práh a závěrná zídka na OP1



Obr. 48: Pohled na OP2



Obr. 49: Uvolněný kamenný blok OP2



Obr. 50: Demontáž pochozích plechů a očištění OP2

5.2 Tvrdoměrné zkoušky

Na vybraných místech byla orientačně změřena tvrdost oceli pomocí digitálního přenosného tvrdoměru KT-C, který umožňuje měřit tvrdost oceli metodou Leeb. Pro měření byla použita sonda typu G. Nejprve byla odstraněna vrstva PKO a případné korozní vrstvy. Očištění a obroušení bylo provedeno úhlovou bruskou až na lesklý kov. Následná zkouška stanoví celkem 9 naměřených hodnot tvrdosti (celkem 3 cykly po 3 měřeních). Po provedení zkoušky bylo každé místo opatřeno značkou pro zápis výsledků. Nakonec bylo zkoušené místo začištěno a opatřeno opravným protikorozním nástřikem, aby se v maximální možné míře předešlo vzniku koroze.



Obr. 51: Digitální tvrdoměr KT-C se sondou

Naměřené hodnoty Leeb byly převedeny kalibračním vzorcem na pevnost oceli v MPa. Pro měření byla použita sonda G. Před měřením byla zároveň provedena jednobodová kalibrace pro použitý nástavec.

Převod jednotek tvrdosti [HL] na [MPa] je stanoven na základě kalibrace přístroje a platí:

$$f_{\text{MPa}} = 1,9278 \cdot f_{\text{HL}} - 244,46$$

Seznam měření a příslušné výsledné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce

Legenda: [HL] jednotka tvrdosti dle Leeba

LN / PN / PŘ / PO / ZT značí měřený prvek (levý nosník, příčník, ztužení, ...)

HP / S / SP odpovídá horní pásnici / stojně / spodní pásnici

P / U značí měření na plechu / úhelníku

Označení (V) značí měření na místě odebraného vzorku konstrukce

Označení (Z) značí měření na zesilovaném prvku místě (podélníky v r. 1966)

Tab. 2: Naměřené hodnoty tvrdoměrných zkoušek

Místo	Měření	1. Série [HL]			2. Série [HL]			3. Série [HL]		
Most v km 53,696, TÚ 1862	A	345	346	347	359	350	344	345	347	341
	B (V)	339	340	352	342	349	353	339	335	349
	C	331	331	336	346	340	340	328	333	345
	D	326	349	327	355	330	342	347	336	326
	E	406	399	365	367	401	359	374	389	390
	I	364	363	352	364	357	348	383	369	375
	J	349	358	340	353	350	355	365	351	340
	K (V)	334	346	321	314	339	334	326	332	343
	L	376	402	389	395	390	386	393	386	382
	M	423	437	423	433	407	388	412	428	383
	N (Z)	334	327	321	325	336	324	332	322	336
	O	350	352	345	355	361	344	355	345	347
	P	404	373	414	384	377	402	399	376	386
	Q	366	367	361	344	344	371	353	361	340
	R	362	359	375	348	372	357	369	353	371
	S (Z)	336	330	327	330	323	328	332	330	331
	T	354	316	322	327	340	338	346	337	348
	U	315	347	315	341	338	358	322	350	345
	V (V)	351	333	333	337	348	344	345	342	348

Na základě statistických dat lze určit následující statistické veličiny

Aritmetický průměr:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Redukovaný rozptyl:
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Směrodatná odchylka:
$$s = \sqrt{s^2}$$

Variační součinitel materiálu:
$$V_x = \frac{s}{\bar{x}}$$

Tab. 3: Vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek

Místo	Měření	Značení	1. série [HL]	2. série [HL]	3. série [HL]	Průměr [HL]	$(x_i - m_x)^2$
Most v km 53,696, TÚ 1862	A	PN-HP-P	346	351	344	347	53,3
	B (V)	(V) LN-HP-P	344	348	341	344	103,8
	C	LN-S-U	333	342	335	337	314,8
	D	PN-S-U	334	342	336	338	284,1
	E	PN-S-P	390	376	384	383	836,6
	I	PŘ-S-U	360	356	376	364	89,9
	J	PO-S-U	349	353	352	351	10,2
	K (V)	(V) ZT-U	334	329	334	332	497,2
	L	PŘ-SP-P	389	390	387	389	1181,2
	M	PŘ-SP-U	428	409	408	415	3657,8
	N (Z)	(Z) PO-SP-P	327	328	330	329	668,4
	O	PŘ-S-P	349	353	349	350	15,7
	P	PŘ-S-U	397	388	387	391	1306,5
	Q	PO-S-U	365	353	351	356	3,7
	R	PO-S-P	365	359	364	363	71,9
	S (Z)	(Z) PO-SP-P	331	327	331	330	612,2
	T	ZT-U	331	335	344	336	322,7
	U	ZT-U	326	346	339	337	310,9
	V (V)	(V) PŘ-HP-U	339	343	345	342	145,8

Počet vzorků	19
Minimální tvrdost - Leeb	$H_{\min} = 328,6$ HL
Průměrná tvrdost - Leeb	$H_{\text{avg}} = 354,4$ HL
Minimální tvrdost	$H_{\min} = 388,9$ MPa
Průměrná tvrdost	$H_{\text{avg}} = 438,8$ MPa
Směrodatná odchylka	$s_x = 24,14$
Variační součinitel materiálu	$V_x = 0,07$
Variační součinitel geometrie	$V_{\text{geo}} = 0,05$
Variační součinitel nejistoty	$V_{\zeta} = 0,07$
Dodatečný variační součinitel	$V_{\text{dod}} = 0,12$
Variační součinitel celkové odolnosti	$V_R = 0,16$
Součinitel citlivosti	$\alpha_x = 0,8$
Index spolehlivosti	$\beta = 3,8$

Tabulka NA.2 – Součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty)

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Tab. 4: Vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek

Součinitel 5% kvantilu (ČSN 73 0038)	$k_n =$	1,68
Charakteristická hodnota meze pevnosti	$f_{u,k} =$	388,6 MPa
Průměr modelové nejistoty	$\mu_r =$	1,10
Součinitel bezpečnosti (ČSN 73 0038)	$\gamma_0 =$	1,33
Návrhová hodnota meze pevnosti	$f_{u,d} =$	291,6 MPa

Dle vyhodnocení výsledků lze říci, že charakteristická mez pevnosti základního materiálu z tvrdoměrných zkoušek je 388 MPa, návrhová hodnota meze pevnosti je 291 MPa. Zjištěné hodnoty přibližně odpovídají hodnotám dnešních ocelí S235 (360+ MPa).

Pro porovnání charakteristické hodnoty meze pevnosti je uvedena tabulka orientačních hodnot dle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

Tabulka A.1 - Vlastnosti ocelí a dílčí součinitele materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{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

Obr. 52: Tabulka A.1 dle Metodického pokynu



Obr. 53: Očištěné místo pro tvrdoměrnou zkoušku



Obr. 54: Zkoušené místo po ukončení zkoušky a aplikaci ochranného nástrihu

Souběžně byly provedeny tvrdoměrné zkoušky také na 3 vybraných nýtech. Postup byl stejný jako u vzorků plechů a úhelníků. Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách.

Tab. 5: Naměřené hodnoty tvrdoměrných zkoušek pro nýty

Místo	Měření	1. Série [HL]			2. Série [HL]			3. Série [HL]		
Most v km 53,696,	1	369	369	353	343	357	370	359	366	373
	2	343	341	332	329	359	345	310	337	343
	3	365	401	390	353	387	348	392	380	405

Tab. 6: Vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek pro nýty

Místo	Měření	Značení	1. série [HL]	2. série [HL]	3. série [HL]	Průměr [HL]	$(x_i - m_x)^2$
Most v km 53,696	1	NÝT 1	364	357	366	362	4,6
	2	NÝT 2	339	344	330	338	497,1
	3	NÝT 3	385	363	392	380	405,9

Počet vzorků	3
Minimální tvrdost - Leeb	$H_{\min} = 338$ HL
Průměrná tvrdost - Leeb	$H_{\text{avg}} = 360$ HL
Minimální tvrdost	$H_{\min} = 406,5$ MPa
Průměrná tvrdost	$H_{\text{avg}} = 449,5$ MPa
Směrodatná odchylka	$s_x = 21,30$
Variační součinitel materiálu	$V_x = 0,06$
Variační součinitel geometrie	$V_{\text{geo}} = 0,05$
Variační součinitel nejistoty	$V_{\zeta} = 0,15$
Dodatečný variační součinitel	$V_{\text{dod}} = 0,12$
Variační součinitel celkové odolnosti	$V_R = 0,21$
Součinitel citlivosti	$\alpha_x = 0,8$
Index spolehlivosti	$\beta = 3,8$

Tabulka NA.2 – Součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty)

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Součinitel 5% kvantilu (ČSN 73 0038)	$k_n = 1,89$
Charakteristická hodnota meze pevnosti	$f_{u,k} = 399,2$ MPa
Průměr modelové nejistoty	$\mu_r = 1,10$
Součinitel bezpečnosti (ČSN 73 0038)	$\gamma_0 = 1,55$
Návrhová hodnota meze pevnosti	$f_{u,d} = 257,9$ MPa

Výsledná charakteristická pevnost nýtů je 399 MPa, návrhová pevnost je 257 MPa.

Dle výsledků je pevnost nýtů nepatrně vyšší než hodnoty pevností základního materiálu z měření plechů a úhelníků. Získaná charakteristická pevnost je zároveň vyšší než orientační hodnoty dle doporučení Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

Tabulka A.2 - Charakteristické hodnoty vlastností materiálu nýtů a šroubů

Pevnostní charakteristiky	Nýty		Přesné šrouby	
	v konstrukcích z materiálu s mezí kluzu			
	$f_y \leq 300 \text{ MPa}$	$f_y > 300 \text{ MPa}$	$f_y \leq 300 \text{ MPa}$	$f_y > 300 \text{ MPa}$
$f_y \text{ [MPa]}$	200	245	300	
$f_u \text{ [MPa]}$	310	440	500	

Obr. 55: Tabulka A.2 dle Metodického pokynu

5.3 Odběr vzorků

Během průzkumu byly odebrány celkem 3 vzorky oceli hlavní nosné konstrukce (2 vzorky úhelníků a 1 vzorek plechu). Odebírání vzorků proběhlo z předem vybraných míst tak, aby nedošlo k ovlivnění nosné funkce konstrukce. Po odebrání vzorků bylo místo začištěno a opatřeno opravným protikorozním nástřikem, aby se v maximální možné míře předešlo vzniku korozního oslabení. Vzorky byly následně označeny a odvezeny do zkušební laboratoře.

Tab. 7: Seznam a popis odebraných vzorků

Vzorek	Typ	Prvek
LN-P	plech	hlavní nosník – levý
P3-U	úhelník	příčník č. 3
ZT-U	úhelník	ztužení u příčniku č.2



Obr. 56: Odebrané vzorky



Obr. 57: Místo po odběru vzorku ZT-U před začištěním



Obr. 58: Místo po odběru vzorku LN-P po začištění a ochranném nástřiku

5.4 Materiálové zkoušky

Odebrané vzorky byly podrobeny materiálovým zkouškám za účelem stanovení parametrů základního materiálu. Prováděny byly následující zkoušky:

5.4.1 Zkouška tahem

Provedena byla zkouška tahem dle ČSN EN ISO 6892-1 Kovové materiály – Zkoušení tahem. Zkoušku provedl spoluřešitel Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D. a kol. ve zkušební laboratoři (č. 1048) Fakulty stavební ČVUT v Praze. Zkoušky byly prováděny na kruhových tyčích průměrů $d = 6$ až 11 mm.

Označení vzorku	d mm	F_{eH} kN	F_{eL} kN	F_m kN	R_{eH} MPa	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	Z %
53-P-LN/1	6,01	6,62	6,60	10,17	233,18	232,65	358,49	*	71,21
53-P-LN/2	7,00	9,26	9,14	13,56	240,62	237,39	352,27	31,99	72,06
53-ZT-U/1	6,95	10,02	9,75	14,51	264,12	256,98	382,37	*	67,70
53-ZT-U/2	5,99	7,69	7,18	10,92	272,71	254,79	387,36	*	64,28
53-P3-U/1	9,97	19,19	16,65	26,01	245,79	213,26	333,19	37,90	78,25
53-P3-U/2	10,98	**	20,85	31,18	**	220,15	329,25	39,67	76,92

Poznámky:

* Porušení mimo měřenou délku, tažnost nelze určit

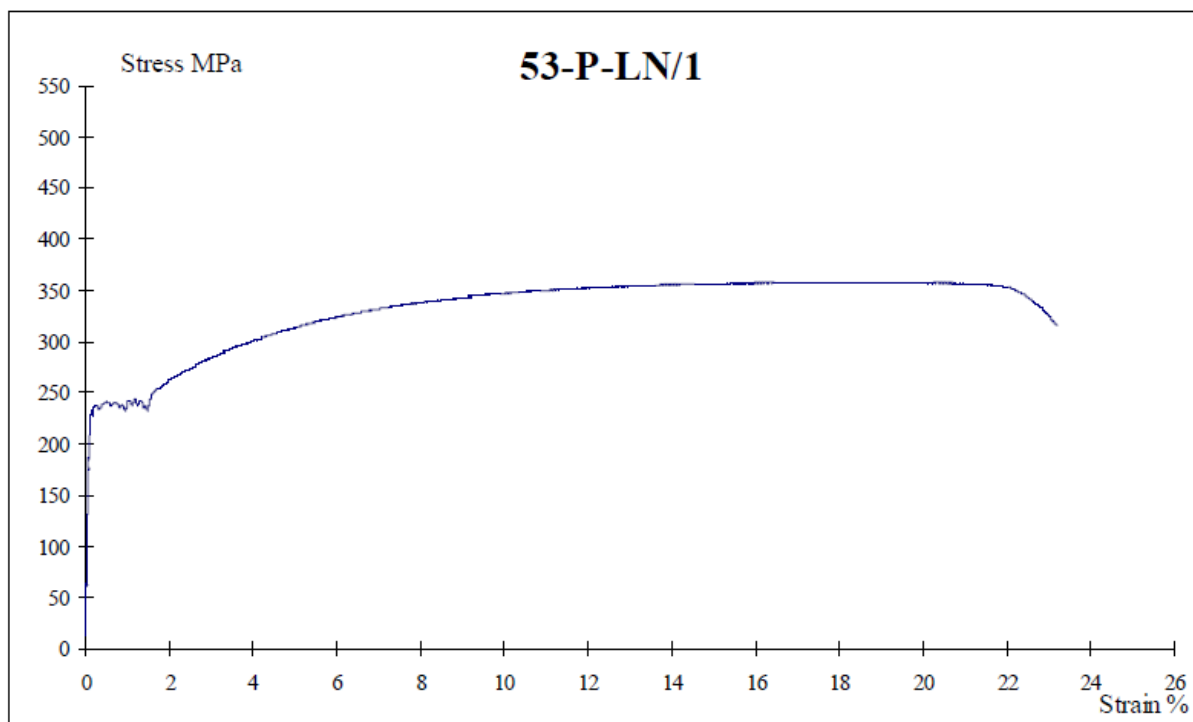
** Horní mez kluzu nelze určit

U vzorku 53/P-LN/2 byla zjištěna vada v materiálu, viz fotodokumentace.

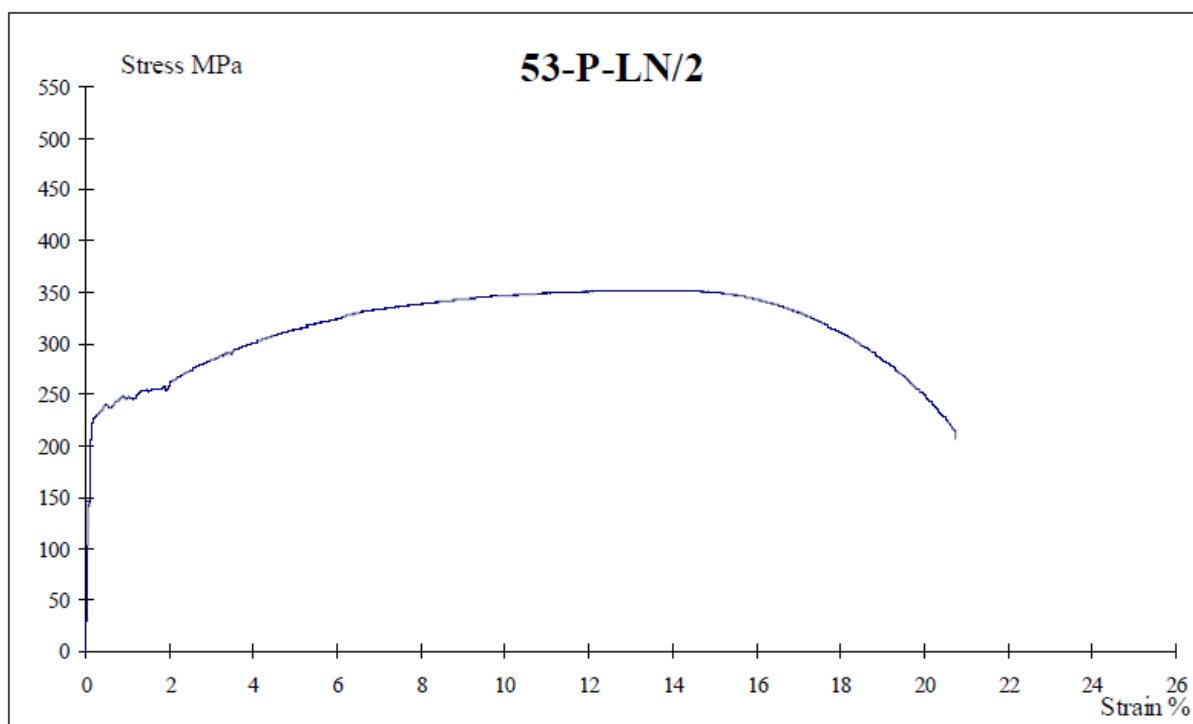
Význam veličin:

d	průměr vzorku
F_{eH}	síla odpovídající horní mezi kluzu
F_{eL}	síla odpovídající dolní mezi kluzu
F_m	síla odpovídající mezi pevnosti v tahu
R_{eH}	horní mez kluzu
R_{eL}	dolní mez kluzu
R_m	mez pevnosti v tahu
A	tažnost v procentech
Z	kontrakce v procentech

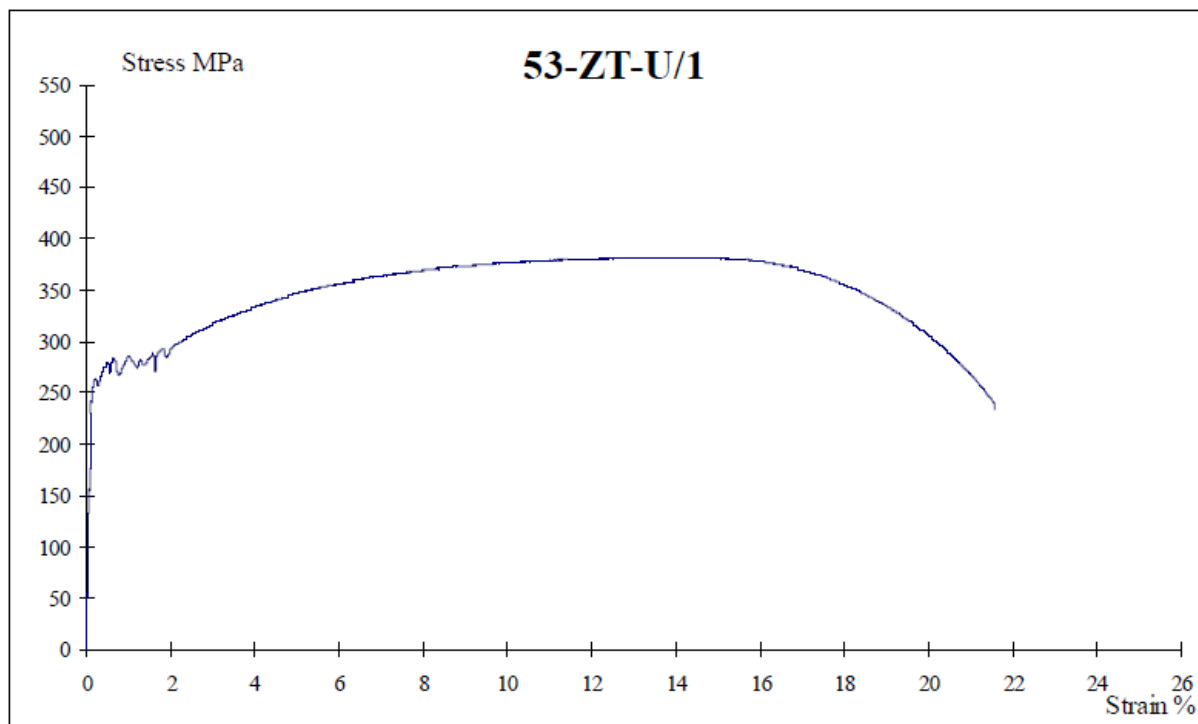
Obr. 59: Výsledky tahových zkoušek



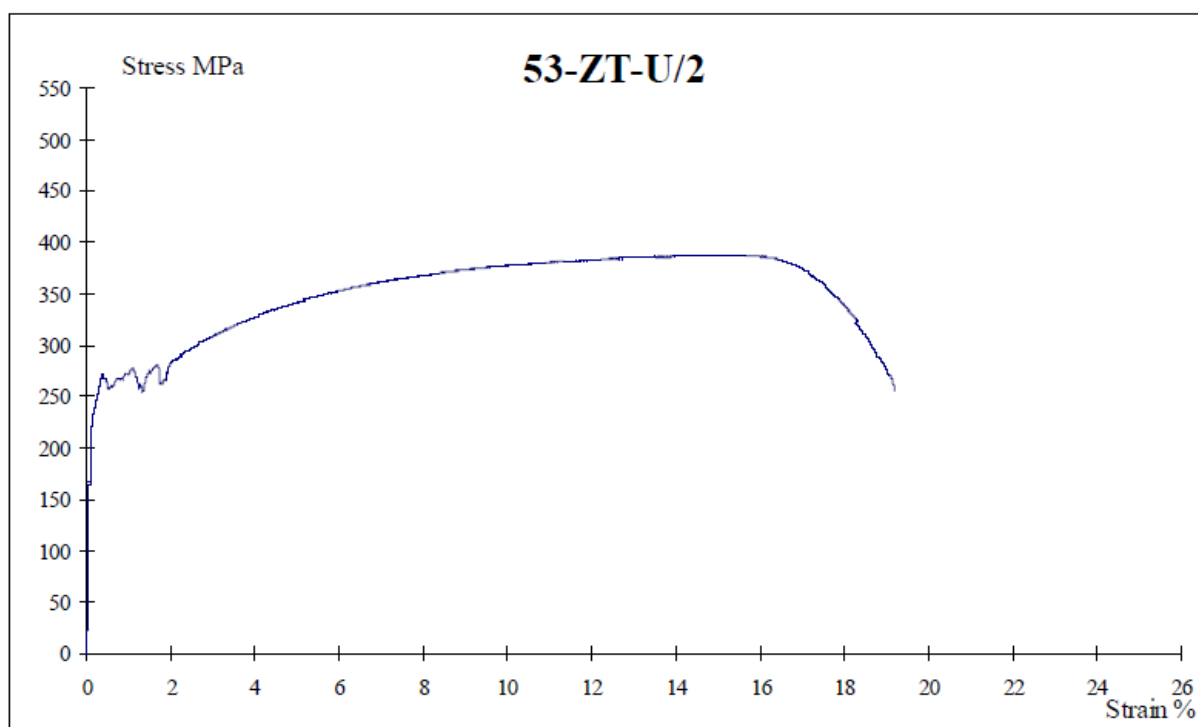
Obr. 60: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



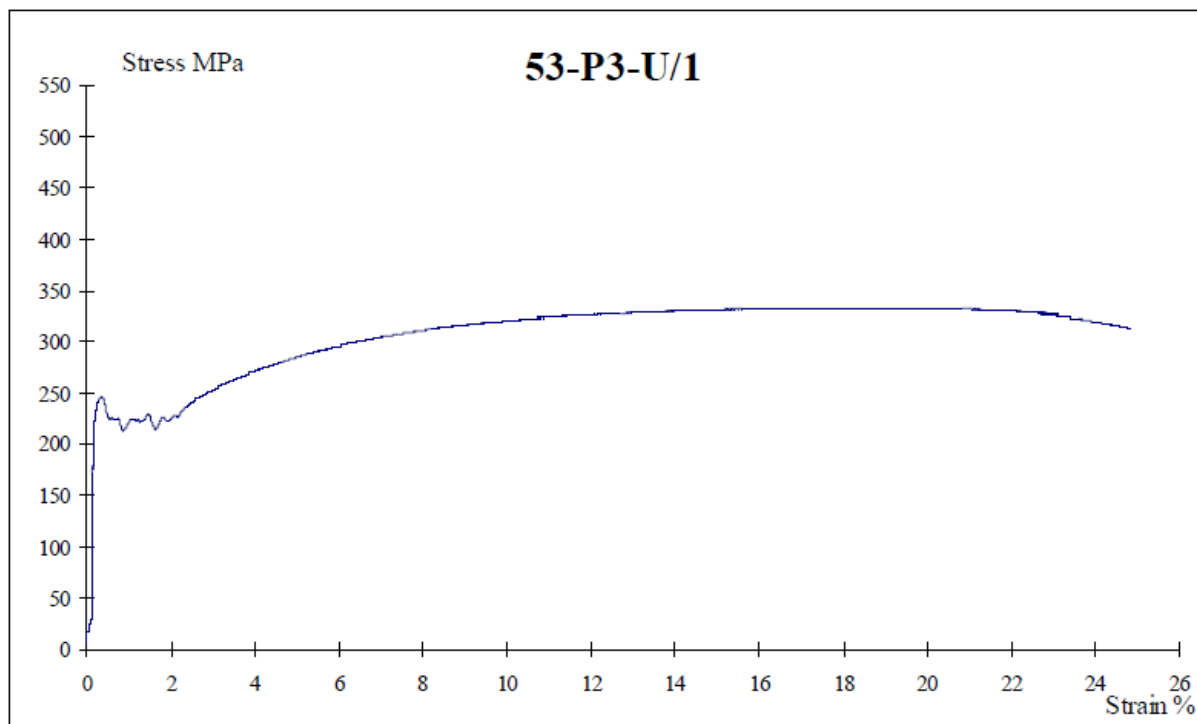
Obr. 61: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



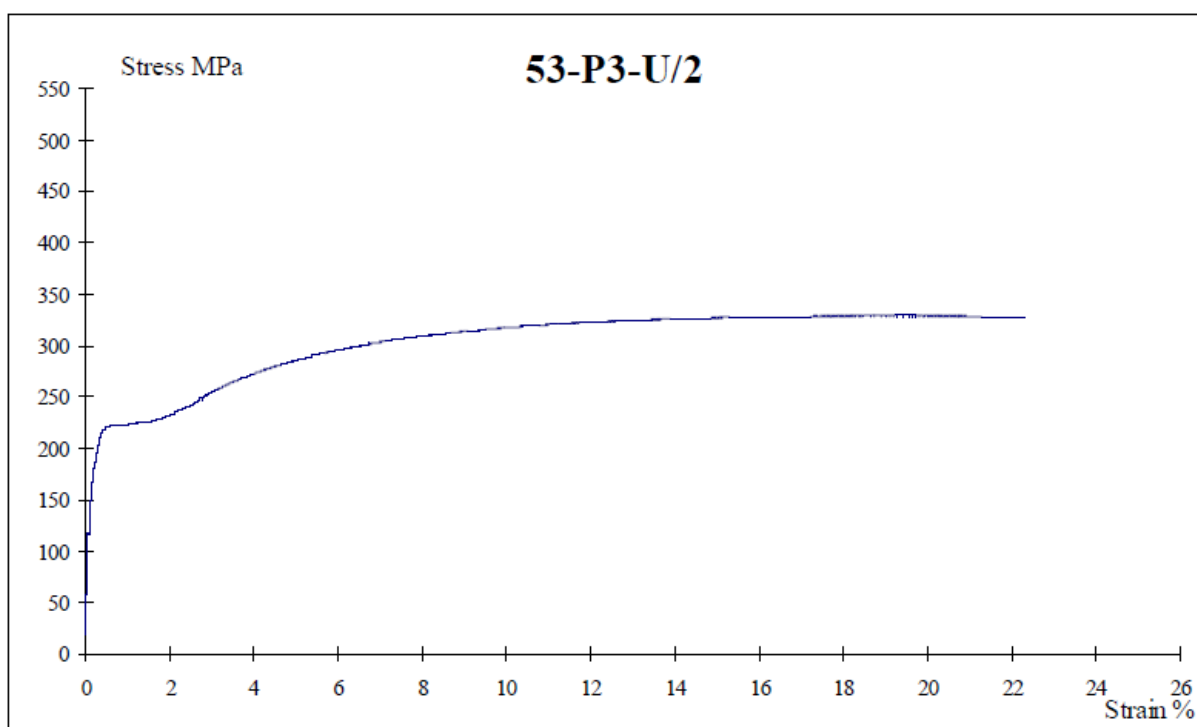
Obr. 62: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



Obr. 63: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



Obr. 64: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



Obr. 65: Záznam tahové zkoušky (pracovní diagram) vzorku



Obr. 66: Vzorky před zkouškou a po zkoušce

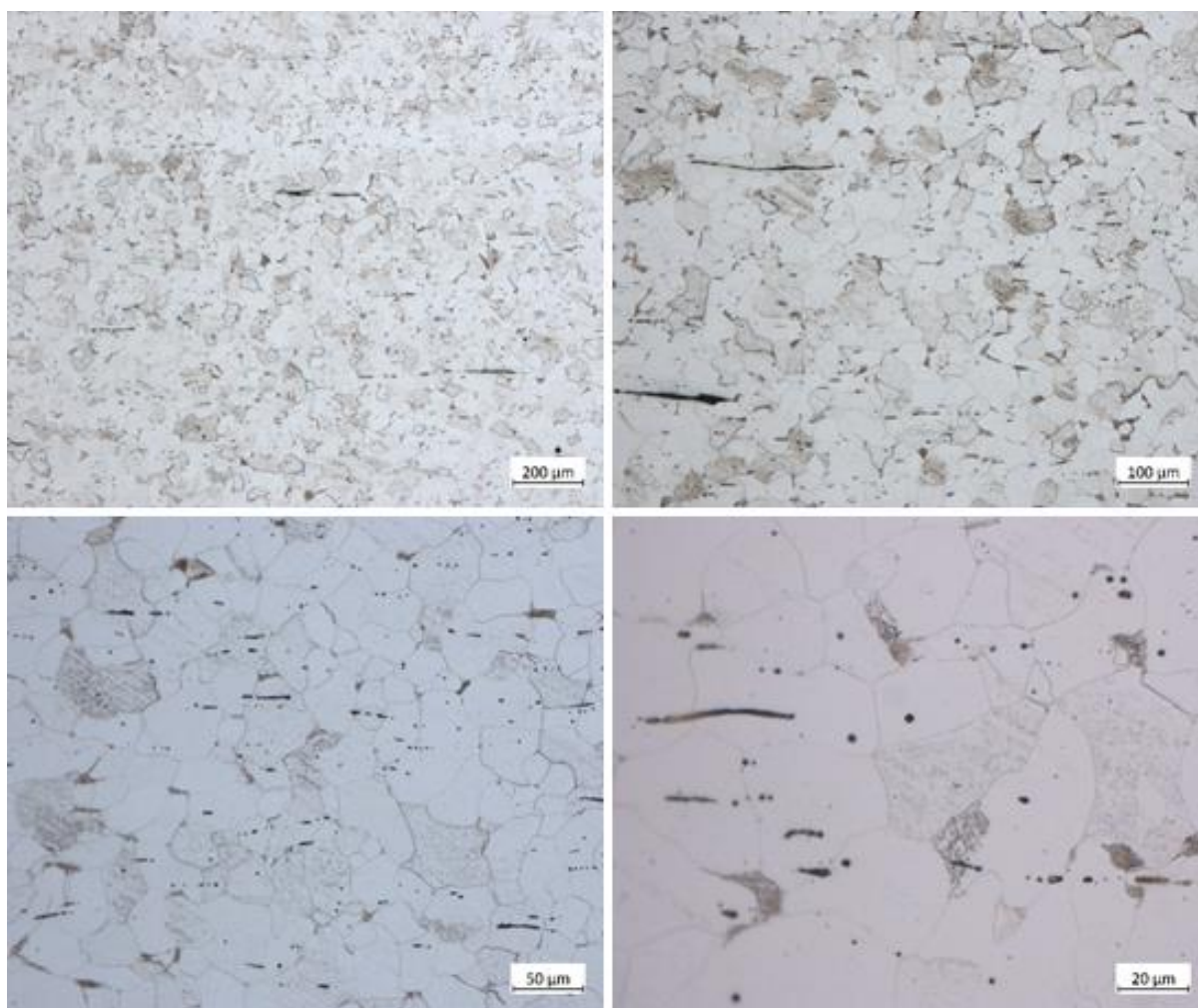


Obr. 67: Vada vzorku 53-P-LN/2 po zkoušce (odlomení hrany)

5.4.2 Metalografická analýza

Zkoušku provedl spoluřešitel Ing. František Tatíček, Ph.D. a kol. ve zkušební laboratoři Ústavu strojírenské technologie, v rámci Fakulty strojní ČVUT v Praze. Vzorky byly nejprve upraveny metalografickou bruskou a leštičkou, následně proběhlo vyhodnocení pomocí metalografického mikroskopu Axio Observer Dm1 (Zeiss). Jako leptadlo byl použit Nital (2%).

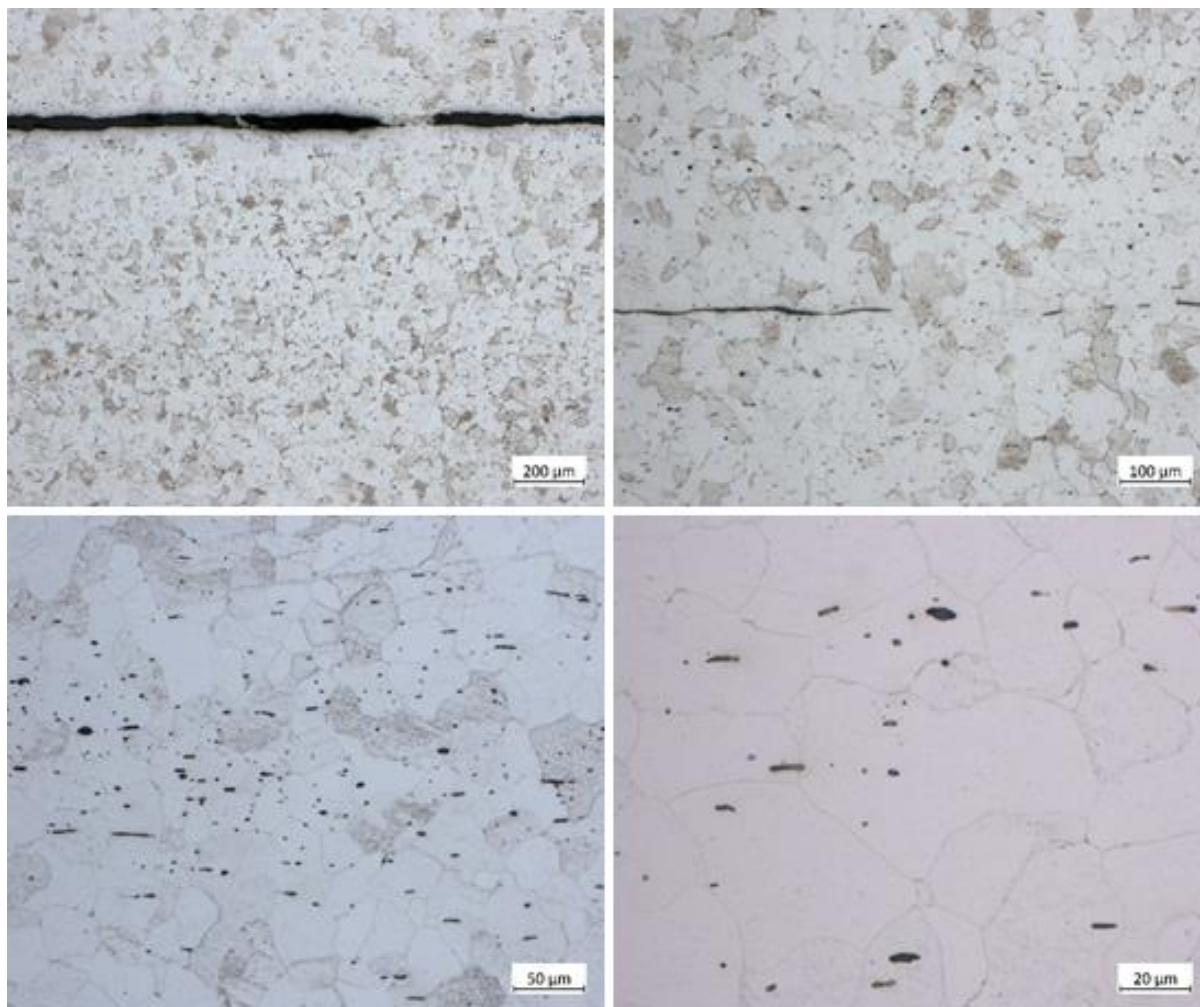
Vzorek 53-ZT-U



Obr. 68: Mikrostruktura vzorku 53-ZT-U

Struktura vzorku je feritická, s velmi malým podílem perlitu po hranicích zrn. Struktura obsahuje velké množství drobných i větších vměstků (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu a mědi) zploštělých vlivem plastické deformace.

Vzorek 53-P-LN



Obr. 69: Mikrostruktura vzorku 53-P-LN

Vzorek má čistě feritickou strukturu, která obsahuje značné množství menších i drobných vměstků rozestých po zrnech (pravděpodobně intermetalika s vysokým obsahem manganu a mědi). Navíc obsahuje ve středové části (v ose) velký, téměř souvislý vměstek přes celý vzorek. Tloušťka vměstkové vrstvy je 20 až 50 µm.

Oba vzorky ukazují na svařkovou ocel.

5.4.3 Spektrální analýza chemického složení

Zkoušku provedl spoluřešitel Ing. František Tatíček, Ph.D. a kol. ve zkušební laboratoři Ústavu strojírenské technologie, v rámci Fakulty strojní ČVUT v Praze. Zkoušky byly prováděny zkušebním zařízením Q4 Tasman.

Vzorek 53-Z-U

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,056	0,006	0,409	0,019	0,021	<0,002	0,002	0,004	0,182	0,01
Prvek	As	B	Bi	Ca	Ce	Co	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,04	0,0002	-	-	0,004	0,005	0,007	0,003	0,009	0,05
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zr	Fe		
hm. %	0,004	<0,03	0,002	0,0002	0,0005	-	0,001	99,13		

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze tří měření

Obr. 70: Chemické složení vzorku 53-Z-U

Vzorek 53-P-LN

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
hm. %	0,035	0,007	0,353	0,022	0,014	0,0024	0,002	0,009	0,184	0,012
Prvek	As	B	Bi	Ca	Ce	Co	N	Nb	Pb	Sb
hm. %	0,039	0,0003	-	-	0,005	0,006	0,01	0,003	0,01	0,039
Prvek	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zr	Fe		
hm. %	0,004	-	0,003	0,0002	0,0007	-	0,002	99,2		

Pozn. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze tří měření

Obr. 71: Chemické složení vzorku 53-P-LN

Chemické složení vzorků je velmi podobné, vyskytuje se zvýšený obsah manganu a mědi. Vzhledem k nižšímu obsahu síry a s ohledem na metalografii (jsou patrná prodloužená zrna odpovídající tváření) lze předpokládat, že se jedná o typ svárkové oceli, ve které je však řada defektů – převážně vměstků, které mohou být vzhledem k malému obsahu síry nekovového charakteru.

5.4.4 Vyhodnocení meze kluzu oceli

Pro vyhodnocení meze kluzu oceli byly použity výsledky tahových zkoušek odebraných vzorků a zároveň výsledky tahových zkoušek z předchozí prohlídky [2]. V tabulce jsou tyto převzaté hodnoty z [2] barevně označeny. Pro výpočet byla bezpečně uvažována zjištěná dolní mez kluzu (R_{eL}).

Místo	Vzorek	Stanovení meze kluzu	R_{eL} [MPa]	$(x_i - m_x)^2$
Most v km 53,696 TÚ 1862	53-P-LN/1	Zk. tahem	232,65	264,5
	53-P-LN/2	Zk. tahem	237,39	132,8
	53-ZT-U/1	Zk. tahem	256,98	65,1
	53-ZT-U/2	Zk. tahem	254,79	34,5
	53-P3-U/1	Zk. tahem	213,26	1271,2
	53-P3-U/2	Zk. tahem	220,15	827,3
	Vzorek 2-1	Zk. tahem	265	258,8
	Vzorek 2-2	Zk. tahem	275	680,5
	Vzorek 2-3	Zk. tahem	285	1302,2

Počet vzorků	9
Minimální R_{eL}	$R_{eL,min} = 213,3$ MPa
Průměrná R_{eL}	$R_{eL,avg} = 248,9$ MPa
Směrodatná odchylka	$s_x = 24,59$
Variační součinitel materiálu	$V_x = 0,10$

Tabulka NA.2 – Součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty)

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Součinitel 5% kvantilu (ČSN 73 0038) k_n	1,73
Charakteristická hodnota meze kluzu $f_{y,k}$	206,4 MPa

Pro stanovení návrhové hodnoty meze kluzu doporučujeme použít součinitele materiálu γ_x dle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů – tab. A.1

Tabulka A.1 - Vlastnosti ocelí a dílčí součinitele materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy		Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	Norma
do 1894	svářkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895- 1904	svářkové 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
1938- 1950	37 (S235)		140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1232
	52 (S355)		195	335	490	1,10	1,25	1,30	
1951- 1968	37 (S235)	tloušťka $t \leq 25$ mm	140	230	360	1,10	1,20	1,30	Směrnice pro navrhování mostů, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		> 25	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
	52 (S355)	≤ 16	210	360	510	1,10	1,25	1,30	
		> 17	200	340	490	1,10	1,25	1,30	
1969- 1985	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	ČSN 73 6205 ČSN ISO 13822 ČSN 73 0038 ČSN EN 10025-2, 3
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 50		355	510				
1986- 1998	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 25		355	510				
		> 25		335	470				
Po roku 1998	S235	≤ 40		235	360	1,00	1,10	1,25	
	S235	$40 < t \leq 80$		215	360				
	S275	≤ 40		275	430				
	S275	$40 < t \leq 80$		255	410				
	S355	≤ 40		355	510				
	S355	$40 < t \leq 80$		335	470				
	S460	≤ 40		460	550				
	S460	$40 < t \leq 80$		430	550				

Obr. 72: Tabulka A.1 dle Metodického pokynu

Dle výše uvedeného MP jsou doporučené hodnoty součinitelů materiálu následující:

$$\gamma_{M0} = 1,10$$

$$\gamma_{M1} = 1,20$$

$$\gamma_{M2} = 1,30$$

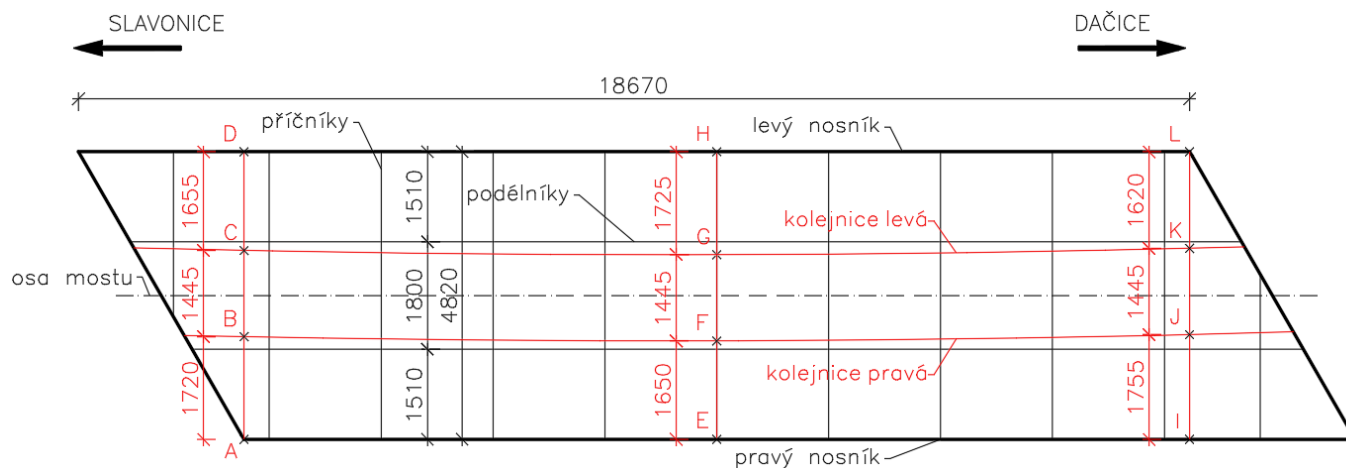
5.5 Zaměření polohy koleje

S ohledem na trať v oblouku byla zaměřena poloha koleje na mostě. Výšky byly měřeny pomocí nivelačního přístroje ZDL-700 Geomax, délky pomocí laserového dálkoměru a metru. Délky jsou upraveny tak, aby byly kóty vztaženy k osovým vzdálenostem jednotlivých prvků. Výškové měření bylo provedeno ze stanoviště mimo mostní objekt. Výsledné výšky jsou poté vztaženy k bodu A (tj. horní pásnice pravého nosníku u OP1).



Obr. 73: Nivelační přístroj ZDL-700 Geomax

Měření bylo provedeno v bodech uvedených na následujícím schématu.



Obr. 74: Schéma označení měřených míst

Tab. 8: Geometrie bodů

Místo	Bod	Poloha	Změřená výška [m]	Ref. výška [m]	Vzdálenost bodů [m]	
Most v km 53,696, TÚ 1862	A	pravý nosník – horní pásnice	0,1614	± 0,0000	1,720	-
	B	pravá kolejnice – temeno	0,9951	-0,8337		1,445
	C	levá kolejnice – temeno	1,0735	-0,9121	1,655	
	D	levý nosník – horní pásnice	0,1617	-0,0003		-
	E	pravý nosník – horní pásnice	-	-	1,650	
	F	pravá kolejnice – temeno	0,9690	-0,8076		1,445
	G	levá kolejnice – temeno	1,0509	-0,8895	1,725	
	H	levý nosník – horní pásnice	-	-		-
	I	pravý nosník – horní pásnice	0,1335	0,0279	1,755	
	J	pravá kolejnice – temeno	0,9480	-0,7866		1,445
	K	levá kolejnice – temeno	1,0377	-0,8763	1,620	
	L	levý nosník – horní pásnice	0,1288	0,0326		-

Výškové kóty: [m]

Délkové kóty: [m]

Kótováno na osu prvku

Z ověření geometrie konstrukce vyplývá, že pravá kolej je v oblouku oproti levé výškově převýšena. Převýšení je na začátku mostu 78 mm a zvyšuje se až na hodnotu 89 mm na konci mostu. Zároveň lze konstatovat, že oba nosníky jsou polohově vůči sobě ve stejné výšce. Ve směru staničení je minimální podélný sklon hlavních nosníků – koncové body u opěry OP2 jsou přibližně o 30 mm výše než koncové body na OP1.

6 Závěr

Předmětem provedeného diagnostického a korozního průzkumu mostu v km 53,696 byla dle zadání objednatele prohlídka NOK mostu, spojená s odběrem vzorků a ověřením geometrie a materiálových parametrů základního materiálu. Prohlídka proběhla v březnu 2021 za účasti zhotovitele (Fakulta stavební ČVÚT v Praze) a navazovala na prohlídku provedenou KÚ ČVÚT v Praze v roce 2020.

Během prohlídky byl ověřen soulad geometrie konstrukce a dimenzí prvků s archivní projektovou dokumentací. Dále byly provedeny nedestruktivní zkoušky základního materiálu pomocí tvrdoměru, čímž byly zjištěny prvotní vlastnosti oceli.

Následně byly odebrány vzorky základního materiálu z hlavních konstrukčních prvků (hlavní nosník, příčník a ztužení), které byly podrobeny destruktivním zkouškám v laboroři.

Vzorky byly podrobeny tahovým zkouškám s grafickým záznamem, za účelem stanovení základních parametrů oceli (mez kluzu, mez pevnosti, tažnost). Na základě tahových zkoušek byla spočtena charakteristická hodnota meze kluzu oceli, $f_{yk} = 206,4 \text{ MPa}$. **Pro stanovení návrhové hodnoty meze kluzu doporučujeme použít součinitele bezpečnosti materiálu dle Metodického pokynu Správy Železnic, s.o.**

Zbylá část vzorků byla následně podrobena metalografické a spektrální analýze. **Z výsledků vyplývá, že se jedná o svárkovou ocel s obsahem Mn a Cu vměstků. Svárkové oceli odpovídá také rok výstavby konstrukce (1902).**

Poslední část prohlídky byla zaměřena na výskyt korozního oslabení a poškození konstrukce. Poškození vykazuje pouze spodní pásnice pravého hlavního nosníku (plastická deformace).

Obecně platí, že konstrukce je dlouhodobě vystavena nefunkčnímu protikoroznímu nátěru (PKO) a na celé konstrukci se vyskytují vady s tím spojené. Dochází k samovolnému odloupávání vrstev PKO, přilnavost a soudržnost nátěru je již zcela nedostatečná. Konstrukce není aktivně ochráněna před atmosférickými vlivy (déšť, sníh, agresivní látky, vlhkost...), které jsou tak v přímém kontaktu s ocelovou konstrukcí. Koroze se vyskytuje povrchová i hloubková.

Povrchová koroze se vyznačuje pouze charakteristickým zabarvením a strukturou povrchu, což z hlediska únosnosti konstrukce nepředstavuje v současné době riziko. Povrchová koroze se vyskytuje na celé konstrukci, nejčastěji v místech s poškozenou vrstvou PKO.

Hloubková koroze se vyznačuje poškozením a následně úbytkem materiálu, což z hlediska únosnosti konstrukce a její zbytkové životnosti představuje nezanedbatelné riziko. Dle prohlídky byla hloubková koroze zjištěna pouze lokálně a nejedná se o globální problém. Vyskytuje se nejčastěji v obtížně přístupných místech nebo v nevhodných detailech; na konstrukci typicky koncové příčníky (oslabení přibližně 1 mm spodní pásnice a krčních úhelníků), dále na krátkých koncových podélnících (opět oslabení spodních pásnic a krčních úhelníků) a poté opakující se koroze podélníků pod mostnicemi (vlivem vody dochází ke korozi horních krčních úhelníků).

Výše popsaná oslabení prvků jsou detailně popsána v jednotlivých kapitolách a ve výkresu korozního poškození. V současné době představuje oslabení zmíněných prvků přibližně 1 mm.

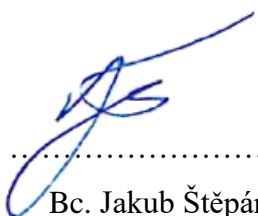
Jiná oslabení konstrukce nebyla zjištěna. Dle stavu konstrukce a spodní stavby nejsou viditelné žádné závažné poruchy, které by znemožňovaly její další využívání.


Závěrečná doporučení:

Z hlediska udržení zbytkové životnosti (a únosnosti) konstrukce doporučujeme provést na celé konstrukci obnovu protikorozní ochrany, zahrnující otryskání celé konstrukce a následně provedení nového vícevrstvého ochranného nátěru.

Dále doporučujeme během pravidelných prohlídek sledovat stav konstrukce (zejména již oslabená místa v koncové oblasti) a provádět mechanické očištění těchto detailů.

V Praze dne 7. 4. 2021 za kolektiv řešitelů


Bc. Jakub Štěpán


doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Příloha 1.: Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací



MINISTERSTVO DOPRAVY
Odbor pozemních komunikací

nábř. Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 PRAHA 1

č. j.: 197/2018-120-TN/1

V souladu s Metodickým pokynem Systém jakosti v oboru pozemních komunikací – část II/2 – průzkumné a diagnostické práce č. j. 20840/01-120, ve znění pozdějších změn, Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací

vydává

OPRÁVNĚNÍ

k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací

číslo 434/2018

pro

doc. Ing. Pavla Ryjáčka, Ph.D.

Datum narození: 20. 2. 1977

Bydliště:

Ulice: Nerudova 619

Obec/město: Velké Přílepy

PSČ: 252 64

Tel./fax: 602250860

Zaměstnavatel/firma: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Ulice: Thákurova 7

Obec/město: Praha 6

PSČ: 166 29

Tel./fax: 602250860

E-mail: pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

Oprávnění se vztahuje na provádění diagnostického průzkumu silničních objektů a zatěžovacích zkoušek mostů.

Oprávnění platí do 7. 11. 2023.

V Praze dne 7. listopadu 2018


Ing. Jiří Horkel
předseda komise




Ing. Václav Krumphanzl
ředitel
Odbor pozemních komunikací

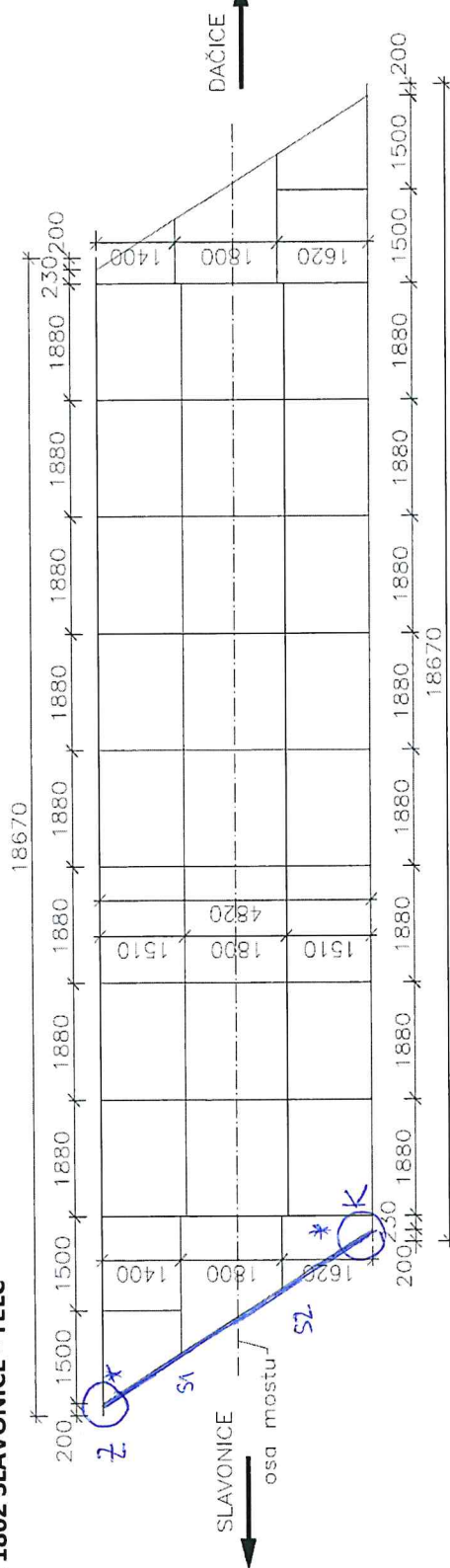
Príloha 2.: Protokoly z průzkumu korozního oslabení OK

MÍSTO: DAČICE

Prvek: koncový prvek

Don't forget to check the PL-EC44

LOBDUNKI OSLABENI 0,5/1 mm. (*)



Průřez:

Z - začátek prutu	S - střed prutu	K - konec prutu

Korozní oslabení prutu [mm]:

[illegible]

PRŮZKUM KOROZNÍHO OSLABENÍ OK

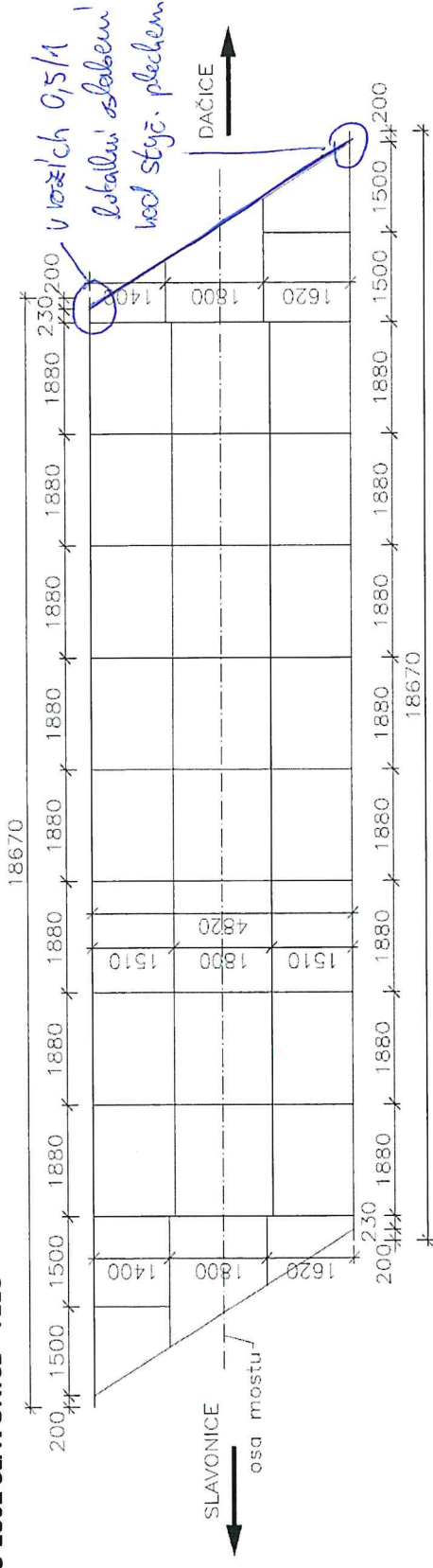
MOST V KM 53.696 - TÚ 1862 SLAVONICE - TELČ

DAČICE

NOK, pole 1

ENCLOSURE OP2

Vazba:



Průřez:

Z - začátek prutu	S - střed prutu	K - konec prutu

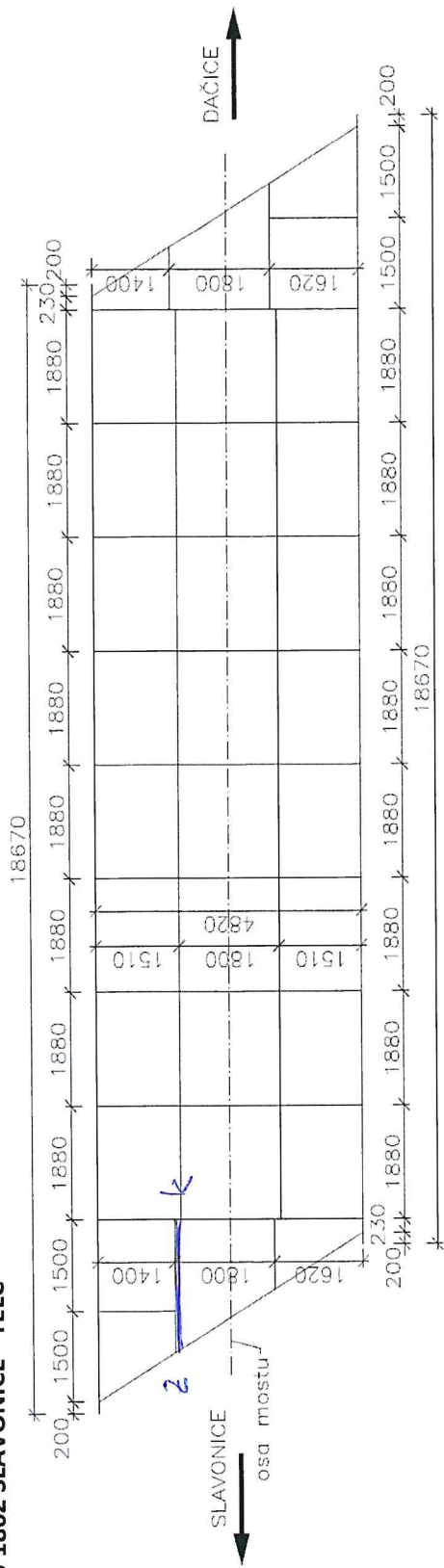
Korozní oslabení prutu [mm]:

[illegible]

PRŮZKUM KOROZNÍHO OSLABENÍ OK

OBJEKT: MOST V KM 53,696 - TÚ 1862 SLAVONICE - TELČ
MÍSTO: DAČICE

Část: NOK, pole 1
Prvek: PODĚLNÍK - L, OP1
Vazba:



Průřez:

Z - začátek prutu	S - střed prutu	K - konec prutu
	OK	OK

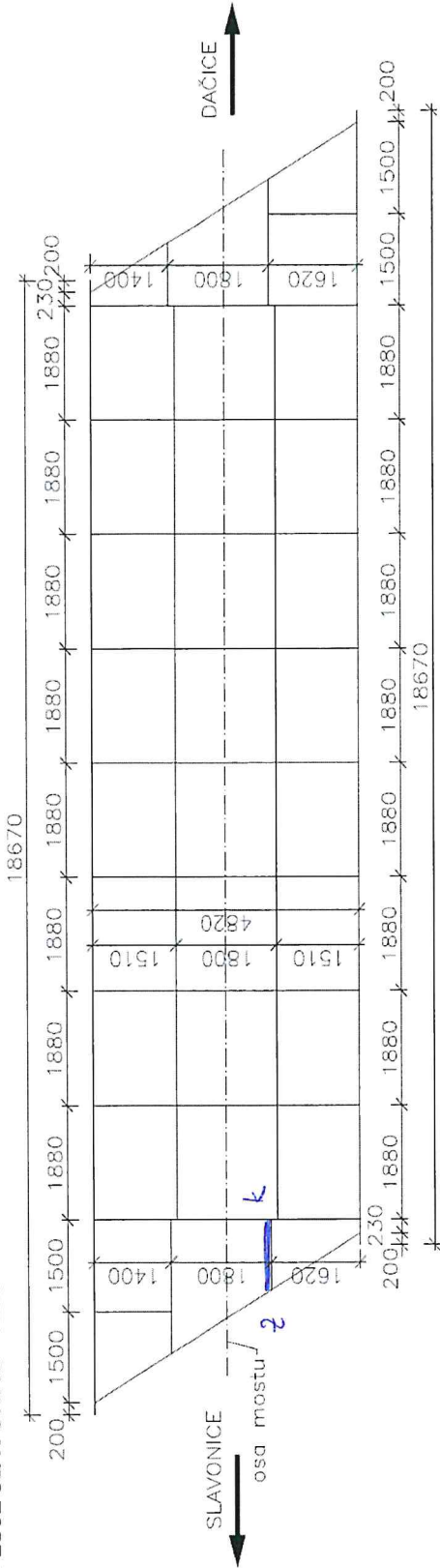
Korozní oslabení prutu [mm]:

č.	f/max	Rozměr - š/d	č.	f/max	Rozměr - š/d
1	1 mm	obě strany 150	1		
2	0,5 / 1	1 x 150 / 1 x 150	2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
POZN:			POZN:		

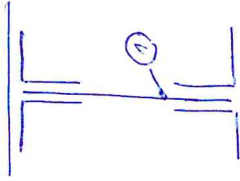


PRŮZKUM KOROZNÍHO OSLABENÍ OK

OBJEKT: MOST V KM 53,696 - TÚ 1862 SLAVONICE - TELČ
MÍSTO: DAČICE

Část: NOK, pole 1
Prvek: Podklad - P, 1. díl
Vazba:



Průřez:

Z - začátek prutu	S - střed prutu	K - konec prutu
		

Korozní oslabení prutu [mm]:

č.	f/max	Rozměr - š/d	č.	f/max	Rozměr - š/d
1	1/1	stojina, 50x50	1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
POZN:			POZN:		

PRŮZKUM KOROZNÍHO OSLABENÍ OK

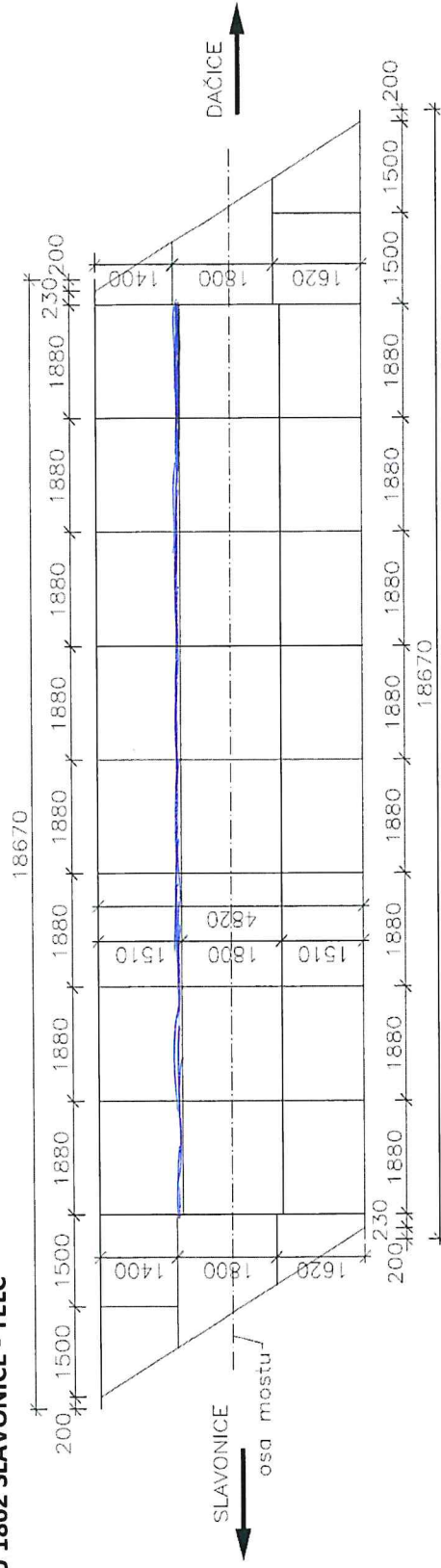
OBJEKT: MOST V KM 53,696 - TÚ 1862 SLAVONICE - TĚLČ

MÍSTO: DAČICE

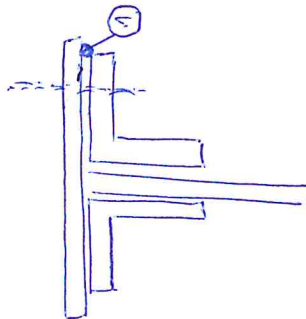
Část: NOK, pole 1

Prvek: PODELENIK

Vazba:



Průřez:

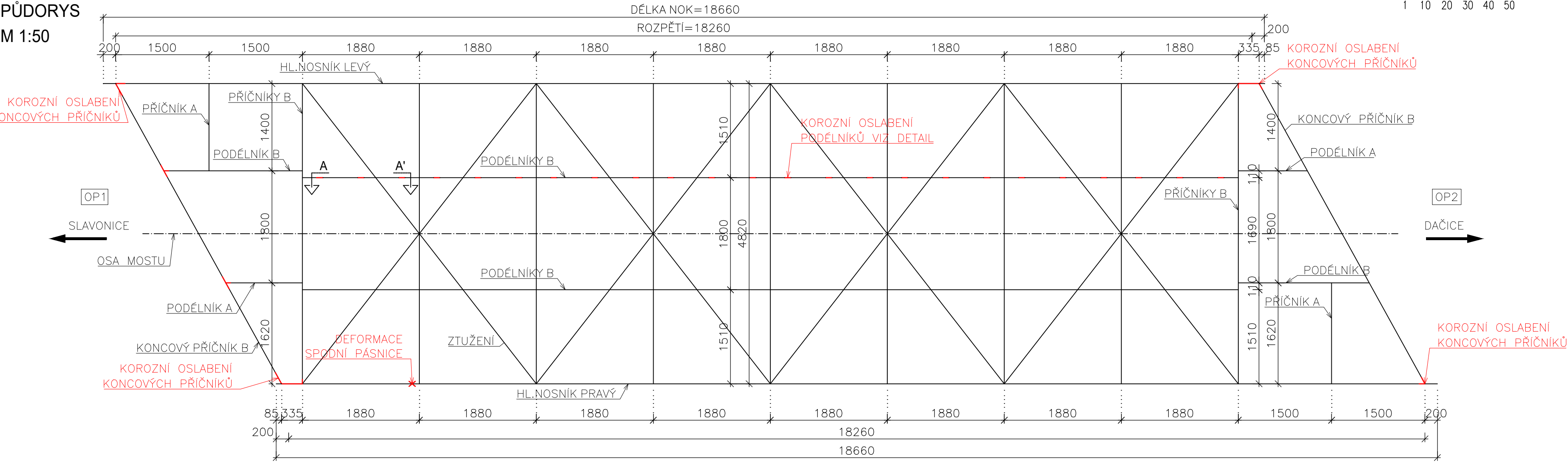
Z - začátek prutu	S - střed prutu	K - konec prutu
	<p>viz pozn.</p>	<p>viz. pozn.</p>

Korozní oslabení prutu [mm]:

Slabění prutu [mm]:								
č.	f/max	Rozměr - š/d	č.	f/max	Rozměr - š/d	č.	f/max	Rozměr - š/d
1	1 1/5	škrabková kování	1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
POZN:	VĚDY POD MONTÁŽNÍM		POZN:			POZN:		
	PRAVIDELNĚ SE OPRAVUJE							

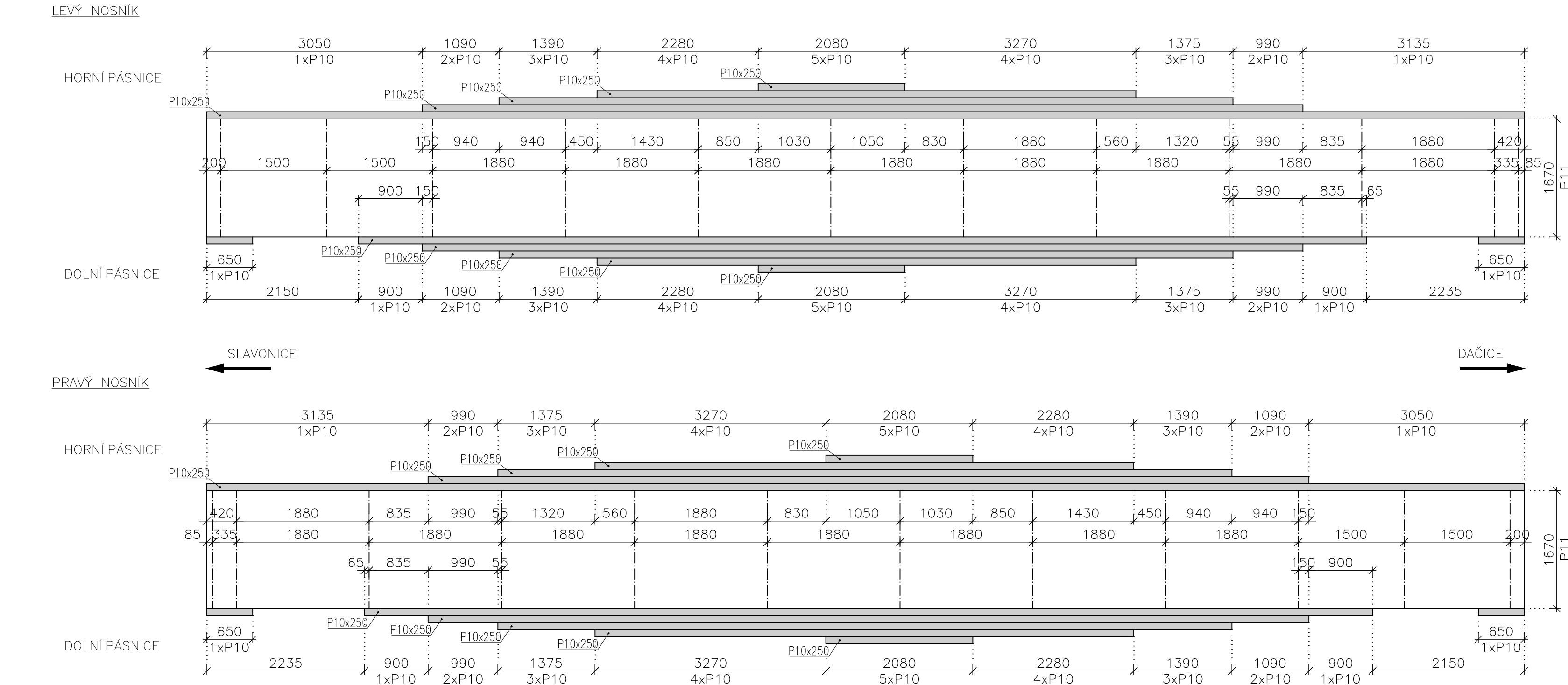
PŘEHLEDNÝ VÝKRES NOK A KOROZNÍHO POŠKOZENÍ

PŮDORYS
M 1:50

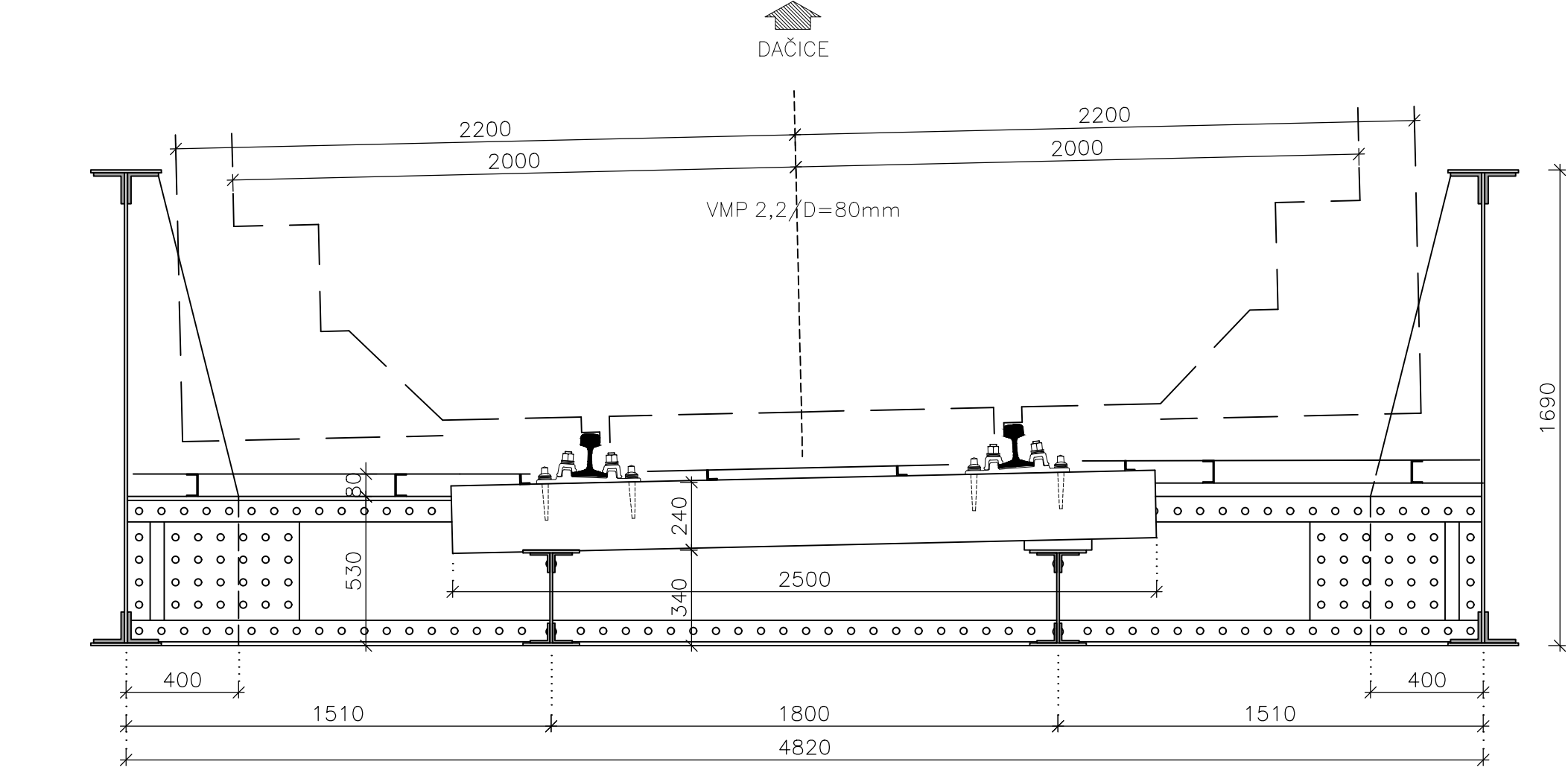


POZN.: PODROBNOSTI A DETAILNÍ POPIS KOROZNÍHO OSLABENÍ JE SOUČÁSTÍ PŘÍLOHY 01 – KOROZNÍ A DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTU

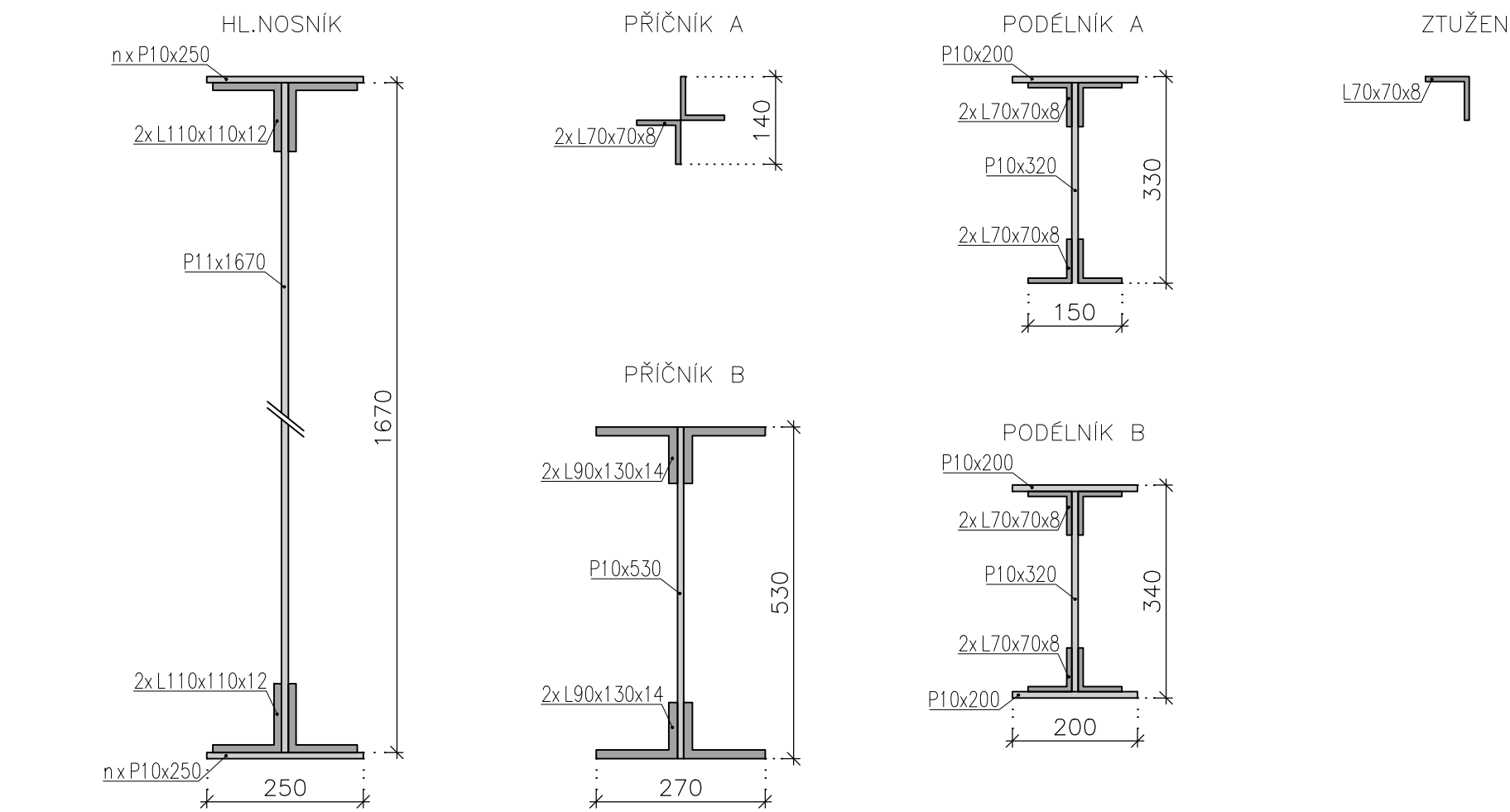
GEOMETRIE HLAVNÍCH NOSNÍKŮ
M 1:50/1:5



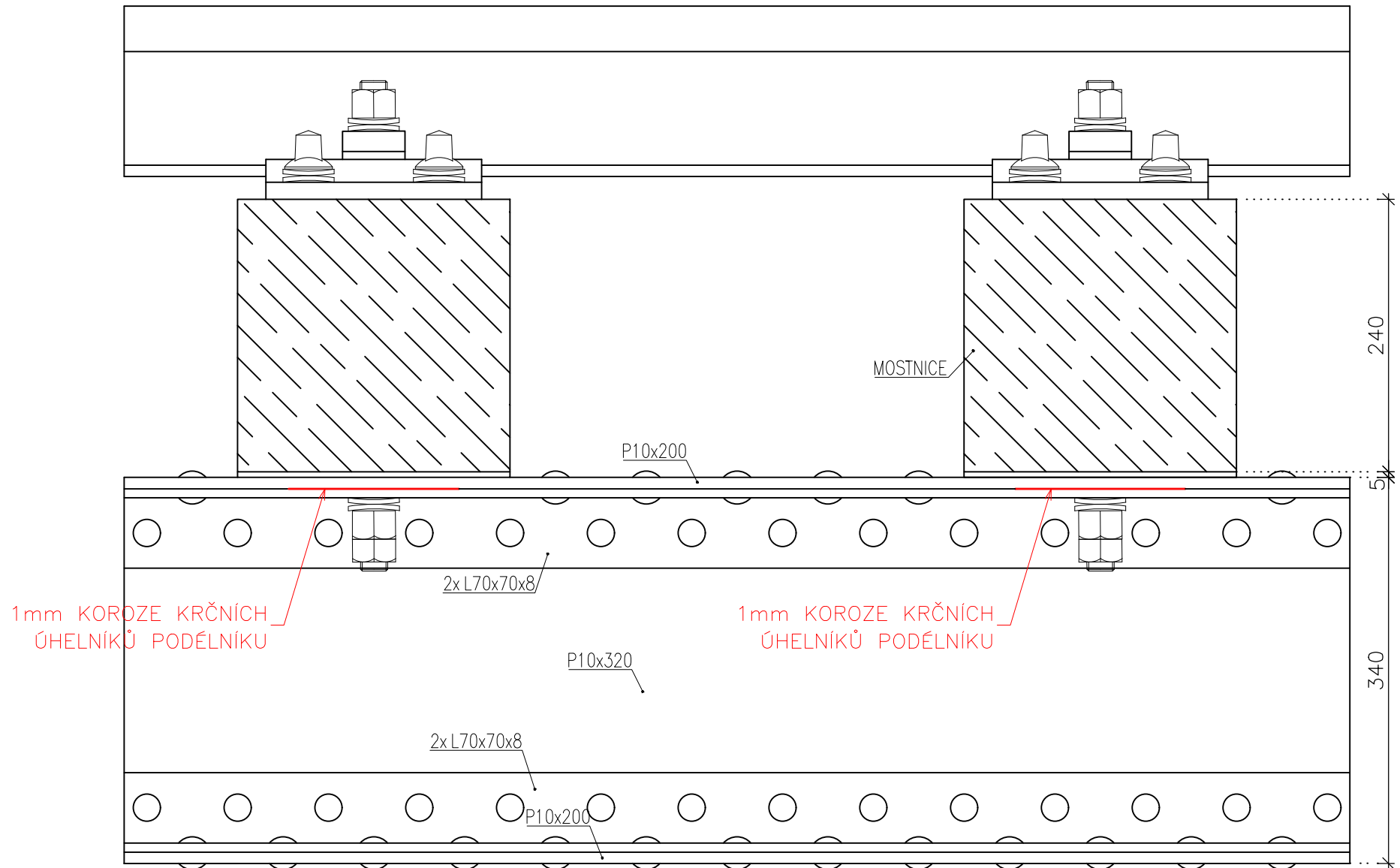
VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ
M 1:20



GEOMETRIE PRŮŘEZŮ
M 1:10



DETAIL KOROZE PODÉLNÍKŮ
ŘEZ A-A'
M 1:5



VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Objednatel:	SUDOP PRAHA, a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 - Žižkov IČ 25793349, DIČ CZ25793349 projektové sídlo Pízeň, Husova 71, 301 00 Pízeň
-------------	---

Zpracovatel:	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6
--------------	---

Odpovědný řešitel:	doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.	Vypracoval:	Bc. Jakub Štěpán
--------------------	--------------------------------	-------------	------------------

Název akce:	Most v km 53,696, TÚ 1862 Slavonice (včetně) - Telč (včetně) - provedení korozního a diagnostického průzkumu	Číslo akce ČVUT:	8302004A184
Název přílohy:	Přehledný výkres NOK a korozního poškození	Stupeň dokumentace:	TP

Datum:	03/2021
Číslo přílohy:	02

ŘEZ III-III UPROSTŘED 1:15

SCHVÁLENO

revised on 29/XII 1965 c. 9446/65

ČESKOSLOVENSKÉ STÁTNÍ DRÁHY
JILSKÁ
SPRÁVA DRÁHY V PLZNI

Služba tatového h^o podářství

ového hospodářství

DOZNÁMKA :

- 1) NIK ZLOŽE SE ZVEDÁ O 10 mm
- 2) FIX 100,000 m JE VYKROJENÍ DOU PŘEDLOŽENÍ
NA STRANĚ TEL. (VIZ VÝK. Č. 1)
- 3) PŘECHODOVÉ POLE A-T-A

OCEL 11 373

PLANY PODLE PROVEDENI 32
Podpis TO Podpis M

ČESKOSLOVENSKÉ STÁTNÍ DRÁHY
JIHOZÁPADNÍ DRÁHA
Projekční kancelář dráhy v Plzni

VĚD. PROJEKT	ZOOP. PROJEKT	VYPRÁVOVÁL	KRESLIL	KONTROLOVAL	Československé státní dráhy
ING. VACÍK	ING. HAZEŠ	ING. HAZEŠ	ZEMANOVA	ING. VACÍK	JIHOZÁPADNÍ DRÁHA
Ing. Václav	Ing. Hraud	Ing. Hraud	Zemanová	Ing. Václav	Proječní kancelář dráhy v Praze
STAV. JINČESKÝ			PRV. JACICE		Dráha 20473
PRVOST. S. D. DLŽEN					POČÍTAČ
ZESILENÍ OCEL. KONSTRUKCE V KN 53,696 TR. SLAVONICE - TELČ					3 FA 4
					DATA
					X. 1. 1965
					CC
					J. D.
					STAVBY
					ARCH. ČÍSLO
					DRÁHA
					Číslo výk.
					1. 15
					3

