



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Králíček Jméno: Roman Osobní číslo: 362462
Zadávající katedra: K134
Studijní program: SI
Studijní obor: C

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Administrativní objekt v Českých Budějovicích

Název diplomové práce anglicky: Office Park in České Budějovice

Pokyny pro vypracování:
předány osobně

Seznam doporučené literatury:
předán osobně

Jméno vedoucího diplomové práce: J. Dolejš

Datum zadání diplomové práce: 5.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

5.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

K134 Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Administrativní budova v Českých Budějovicích

Konstrukční návrh ocelové administrativní budovy

Office park in České Budějovice

Construction design of steel office park

Diplomová práce

Studijní program: Konstrukce pozemních staveb

Studijní obor: SI-C

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

BC. ROMAN KRÁLÍČEK

Praha 2017



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně pouze za odborného vedení vedoucího doc. Dr. Ing. Jakuba Dolejše, a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Roman Králíček

.....

Praha

8. leden 2017



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu, doc. Dr. Ing. Jakobovi Dolejšovi, za skvělý přístup a ochotu při konzultacích diplomové práce.



ANOTACE:

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce administrativní budovy. Nosná konstrukce objektu je skeletový systém kloubově uložených sloupů, průvlaků a stropnic. Ztužení objektu je zajištěno příhradovými ztužidlem a dvěma železobetonovými jádry. Výpočet je proveden podle evropských norem zavedených do systému českých norem ČSN EN.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Ocelová konstrukce, skeletový systém, kloubový sloup, průvlak, stropnice

ABSTRACT:

Goal of this dissertation is the design and assessment of steel structures office park. The supporting structure is a skeletal system extensions hinged columns, beams and joists. Bracing are ensured by trussed bracings and two reinforced concrete cores. The calculation is performed according to European standards established in the Czech standard CSN EN.

KEYWORDS:

Steel construction, skeleton system, hinged column, beam, joist



SEZNAM PŘÍLOH:

A. ZADÁNÍ DP

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA

C. STATICKÝ VÝPOČET

D. VÝKRESY:

1. SCHÉMA – PŮDORYS	1:200
2. SCHÉMA – ŘEZ	1:200
3. PŮDORYS BĚŽNÉHO PODLAŽÍ	1:100
4. ŘEZ A-A	1:100
5. ŘEZ B-B	1:100
6. DETAILY 1-2 – SPOJE NA BĚŽNÝ SLOUP	1:5
7. DETAIL 3 – SPOJ NA KRUHOVÝ KRAJNÍ SLOUP	1:5
8. DETAIL 4 – ŠIKMÝ SPOJ STROPNICE A PRŮVLAKU	1:5
9. DETAILY 5-6 – ZTUŽIDLO	1:5
10. DETAIL 7 – PATKA SLOUPU	1:5
11. DETAIL 8 – PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA	1:5



SEZNAM VÝKRESŮ:

1. SCHÉMA – PŮDORYS	1:200
2. SCHÉMA – ŘEZ	1:200
3. PŮDORYS BĚŽNÉHO PODLAŽÍ	1:100
4. ŘEZ A-A	1:100
5. ŘEZ B-B	1:100
6. DETAILS 1-2 – SPOJE NA BĚŽNÝ SLOUP	1:5
7. DETAIL 3 – SPOJ NA KRUHOVÝ KRAJNÍ SLOUP	1:5
8. DETAIL 4 – ŠIKMÝ SPOJ STROPNICE A PRŮVLAKU	1:5
9. DETAILS 5-6 – ZTUŽIDLO	1:5
10. DETAIL 7 – PATKA SLOUPU	1:5
11. DETAIL 8 – PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA	1:5



Administrativní budova v Českých Budějovicích

Konstrukční návrh ocelové administrativní budovy

Office park in České Budějovice

Construction design of steel office park

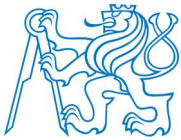
Část B. – Technická zpráva

Bc. Roman Králíček



Obsah

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ.....	3
1.1. Údaje o studentovi:.....	3
1.2. Základní informace:.....	3
1.3. Základní popis stavby:.....	3
2. ÚDAJE O ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE.....	4
2.1. Zatížení běžného podlaží.....	4
2.2. Zatížení střechy.....	4
2.3. Vodorovné zatížení.....	5
3. POPIS NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ A VÝBĚR MATERIÁLU.....	5
3.1. Vodorovné konstrukce.....	5
3.2. Svislé konstrukce.....	5
3.3. Ztužující konstrukce.....	6
3.4. Výběr materiálu.....	6
4. Závěr.....	7
5. Seznam použitých norem, literatury a softwaru.....	7



1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

1.1. Údaje o studentovi:

Jméno a příjmení:	Bc. Roman Králíček
Název stavby:	Administrativní budova
Umístění stavby:	České Budějovice
Druh stavby:	Novostavba

1.2. Základní informace:

Předmětem této dokumentace je řešení ocelových konstrukcí cele stavby:

- Svislé konstrukce (sloupy)
- Vodorovné konstrukce (stropy, střecha)
- Ztužující konstrukce (příhradové ztužidlo)
- Vybrané konstrukční spoje (šroubové, svařované)

Návrh a posudek konstrukcí je proveden dle současně platných norem a předpisů ČSN uvedených v seznamu použitých norem a literatury. Veškeré výpočty byly provedeny ručně s využitím programu excel nebo v programu SCIA Engineers 2011.

Se souhlasem vedoucího diplomové práce byl statický výpočet zpracován bez přihlídnutí k požárně bezpečnostnímu řešení objektu.

1.3. Základní popis stavby:

Jedná se o objekt administrativní budovy s kancelářskými plochami.

Objekt má celkem 10 podlaží (1 podzemní podlaží, 9 nadzemních podlaží), má nepravidelný tvar mnohoúhelníku.

Objekt je tvořen ocelovou skeletovou konstrukcí s dvěma ztužujícími betonovými jádry. Jedno jádro je využíváno pro provoz výtahů, druhé jádro je pro společné schodiště.

V nadzemních podlažích jsou převážně kancelářské prostory, v podzemním podlaží jsou pak garáže.

Objekt má na šířku 29,88 m, na délku 26,09 m a na výšku 33,0 m od úrovně terénu. Celková výška objektu od úrovně podlahy 1.PP je celkem 36,0 m, výška jednoho podlaží 3,6 m.

Objekt je opláštěn kazetovými izolačními deskami Rockprofil. Kazetové desky jsou přichyceny k objektu pomocí tenkostěnných C profilů.



2. ÚDAJE O ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

2.1. Zatížení běžného podlaží

Proměnné zatížení

Užitné zatížení vychází dle normy ENV 1991 z tabulky užitných zatížení kategorie B. Ve statickém výpočtu uvažujeme zatížení **2,5kN/m²** charakteristické hodnoty.

Stálé zatížení

Stálé zatížení vychází z uvažovaného zjednodušeného složení podlahy, které je následující:

Keramická dlažba	20mm
Betonová mazanina	50mm
Tep. Izolace EPS	80mm

Dále pak ze zatížení od samotné betonové desky s trapézovým plechem:

Zálivka:	70 mm (tloušťka betonové vrstvy nad vlnou plechu)
Výška vlny:	50 mm
Trapézový plech	50/250/0,88

*(Jako průměrná tloušťka betonové desky bylo uvažováno **87 mm**)*

Pro návrh a posouzení trapézového plechu je stálé zatížení rozdělené na provozní a montážní. Montážní zatížení bere v úvahu zatížení samotného plechu pouze mokrým betonem zvětšeném o 1,0kN/m² (dle EN 1990 a 1991-1-6).

Pro návrh a posouzení stropnic a průvlaků nebylo uvažováno s podepřením během montáže. Stálé zatížení je rozdělené na provozní a montážní. Montážní zatížení bere v úvahu zatížení samotného prvku pouze mokrým betonem zvětšeném o 1,0kN/m² (dle EN 1990 a 1991-1-6).

2.2. Zatížení střechy

Proměnné zatížení

Charakteristické zatížení sněhem vychází z mapy sněhových oblastí a umístění stavby. Stavba se nachází v II. sněhové oblasti (České Budějovice). Základní zatížení sněhem je 1,0 kN/m².



Návrhové zatížení je spočtené v části C. Statický výpočet, str. 8-9.

Stálé zatížení

Stálé zatížení střechy bylo odhadnuto na charakteristickou hodnotu 2,40 kN/m².

2.3. Vodorovné zatížení

Charakteristické zatížení vychází z mapy větrných oblastí, geografickém umístění a okolní zástavby. Stavba se nachází ve II. větrné oblasti (České Budějovice). Základní rychlost větru je 25m/s.

Podrobný výpočet je provedený v části C. - Statický výpočet, str.

3. POPIS NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ A VÝBĚR MATERIÁLU

3.1. Vodorovné konstrukce

Objekt je navržen jako ocelový skeletový systém s betonovou stropní konstrukcí z ocelových dílců dílensky svařovaných a montážně šroubovaných z oceli S355 JR se zaručenou svařitelností.

Stropní konstrukci tvoří trapézový plech TR 50/250/0,88 na rozpětí v rozmezí 1,85 m až 1,88 m, který je zalitý vrstvou betonu C25/30 do výšky 70 mm nad vlnu plechu.

Betonová deska je spřažená se stropnicemi navařenými ocelovými trny 19/100 v každé vlně plechu. Tato betonová deska zajišťuje tuhost celé konstrukce v rovině stropu jako celku.

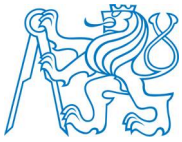
Stropní desky jsou v celém objektu uloženy na profily IPE 180 z oceli S355JO na rozpětí v rozmezí 5,0 m až 5,51 m. Stropnice jsou přišroubované k průvlakům čelními deskami P10 oceli S235 se čtyřmi šrouby 4 x M16 jakosti 8.8.

Průvlaky jsou navrženy z válcovaných profilů IPE 360 z oceli S355JO po celém objektu na rozpětí v rozmezí 5,55 m až 7,52 m. Průvlaky jsou spojené se sloupy pomocí čelních desek P10 z oceli S235 šesti šrouby M16 jakosti 8.8.

Stropnice i průvlaky byly po celou dobu montáže nepodepřeny.

3.2. Svislé konstrukce

Vnitřní sloupy objektu jsou navrženy z profilů HEB 260 z oceli S355 JO. Sloupy jsou vysoké 3,6 m. Sloup tvoří po celé výšce stejné profily. Sloup je přivařený na roznášecím plechu



P30 440x440mm oceli S235JO, který je kotven do patek dvěma chemickými kotvami HILTI HIT HY 200 M20 8.8, šrouby jsou zapuštěny 200mm do betonové patky.

Krajní sloupy objektu jsou tvořeny trubkami TR 194x8 z oceli S355 JO. Sloupy jsou vysoké 3,6 m. Sloup tvoří po celé výšce stejné profily. Sloup je přivařený na roznášecím plechu P30 440x440mm oceli S235JO, který je kotven do železobetonových stěn dvěma chemickými kotvami HILTI HIT HY 200 M20 8.8, šrouby jsou zapuštěny 200mm do stěny.

3.3. Ztužující konstrukce

Objekt je ztužen dvěma železobetonovými jádry a jedním příhradovým ztužidlem tvaru K v průčelí objektu. Konzervativně je staticky posouzeno ocelové ztužidlo (v praxi by betonová jádra přebrala veškeré svislé zatížení). Pro potřeby výpočtu ocelové ztužidlo přeneso 10% vodorovného zatížení.

Ocelové ztužidlo je tvořené trubkami TR 108x4 spojenými ve spodní části se sloupy a ve vrchní části s průvlakem. Ztužidlo je šroubované přes styčnickové plechy P10 oceli S235 a šrouby M16 jakosti 8.8. Pro zajištění kluzného připojení diagonál ve vrchní části jsou otvory pro šrouby oválného tvaru pro zajištění pohybu ve svislém směru.

3.4. Výběr materiálu

Trapézový plech

Trapézový plech je z oceli S320GD. Betonová zálivka je z betonu C25/30.

Stropní nosníky

Stropní nosníky IPE 180 a IPE 360 jsou z oceli S355JO se zaručenou svařitelností.

Sloupy

Vybrané krajní sloupy TR194x8 a vnitřní sloupy HEB 260 jsou z oceli S355JO se zaručenou svařitelností.

Šrouby a trny

Veškeré spoje stropních konstrukcí a ztužidel jsou ze šroubů M16 o jakosti 8.8. Spřahovací trny jsou z oceli S235JR se zaručenou svařitelností.

Plech

Veškeré styčnickové, čelní a patní plechy jsou z oceli S235JR se zaručenou svařitelností.



4. ZÁVĚR

Veškeré navržené prvky byly navrženy dle uvedených norem a vyhověli na posouzení MSÚ, případně MSP.

5. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM, LITERATURY A SOFTWARE

Použité normy:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI, 2006
- [2] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí, ČNI, 2006
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, ČNI 2006
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidlo pro pozemní stavby, ČNI, 2006
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, ČNI, 2006

Literatura:

Sokol Z., Wald F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2010, ISBN 978-80-01-04655-5

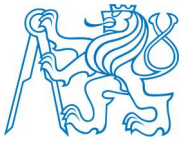
Vraný T., Jandera M., Eliášová M.: Ocelové konstrukce 2, cvičení, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2011, ISBN 978-80-01-04368-4

Studnička J., Holický M., Marková J.: Ocelové konstrukce 2 –Zatížení, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2011

Použitý software:

SCIA Engineer 2011.1, Nemetschek, verze 11.0.1102, studentská licence

www stránky: <http://nemetschek-scia.com>



Administrativní budova v Českých Budějovicích

Konstrukční návrh ocelové administrativní budovy

Office park in České Budějovice

Construction design of steel office park

Příloha C - Statický výpočet

Bc. Roman Králíček

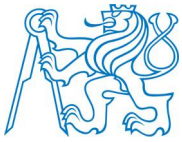


OBSAH

Seznam použitých norem, literatury a softwaru	3
1. Základní údaje.....	4
2. Svislé zatížení.....	6
2.1. Montážní stádium	7
2.2. Provozní stádium.....	7
3. Svislé zatížení větrem.....	9
4. Návrh trapézového plechu	12
5. Návrh stropnice	14
5.1. Montážní stav.....	14
5.2. Provozní stav.....	17
6. Návrh průvlatku	23
6.1. Montážní stav.....	23
6.3. Provozní stav.....	26
7. Návrh sloupu	32
7.1. Běžný sloup D4, vnitřní.....	32
7.2. Krajní sloup E5	35
8. Přípoje stropních nosníků.....	38
8.1. Stropnice na průvlatku.....	38
8.2. Průvlatka na běžný sloup.....	41
8.3. Stropnice na krajní sloup	44
9. Patka sloupu	47
10. Ocelové ztužidlo.....	49
10.1. Zatížení ztužidla	49
10.2. Návrh ztužidla	52
11. Patka sloupu ztužidla.....	56

PŘÍLOHY

1. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL ZTUŽIDLA



Seznam použitých norem, literatury a softwaru

Použité normy:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI, 2006
- [2] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí, ČNI, 2006
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, ČNI 2006
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidlo pro pozemní stavby, ČNI, 2006
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, ČNI, 2006

Literatura:

Sokol Z., Wald F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2010, ISBN 978-80-01-04655-5

Vraný T., Jandera M., Eliášová M.: Ocelové konstrukce 2, cvičení, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2011, ISBN 978-80-01-04368-4

Studnička J., Holický M., Marková J.: Ocelové konstrukce 2 –Zatížení, Česká Technika – nakladatelství ČVUT, 2011

Použitý software:

SCIA Engineer 2011.1, Nemetschek, verze 11.0.1102, studentská licence

www stránky: <http://nemetschek-scia.com>



1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. Schéma objektu

Schéma typického podlaží

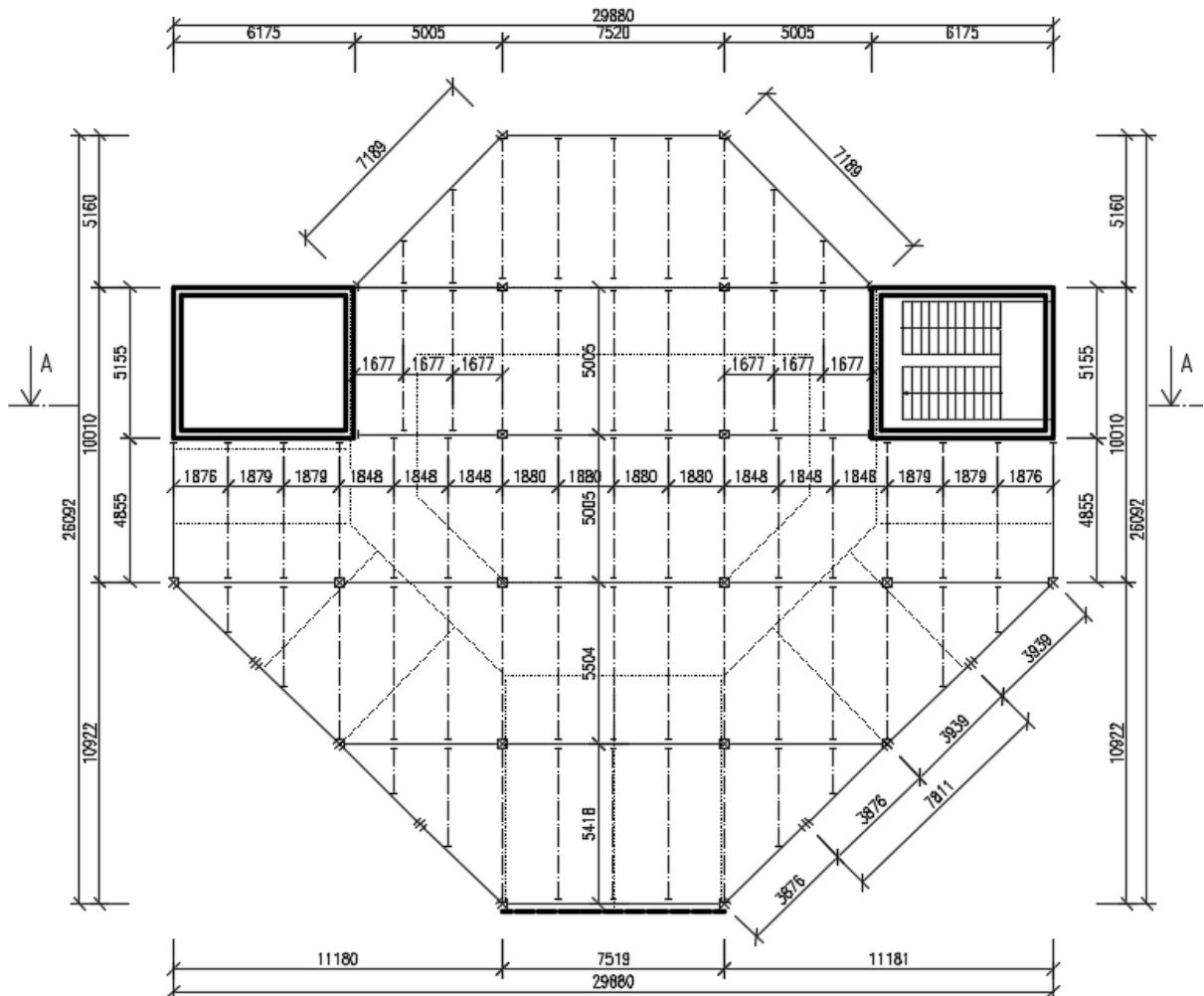
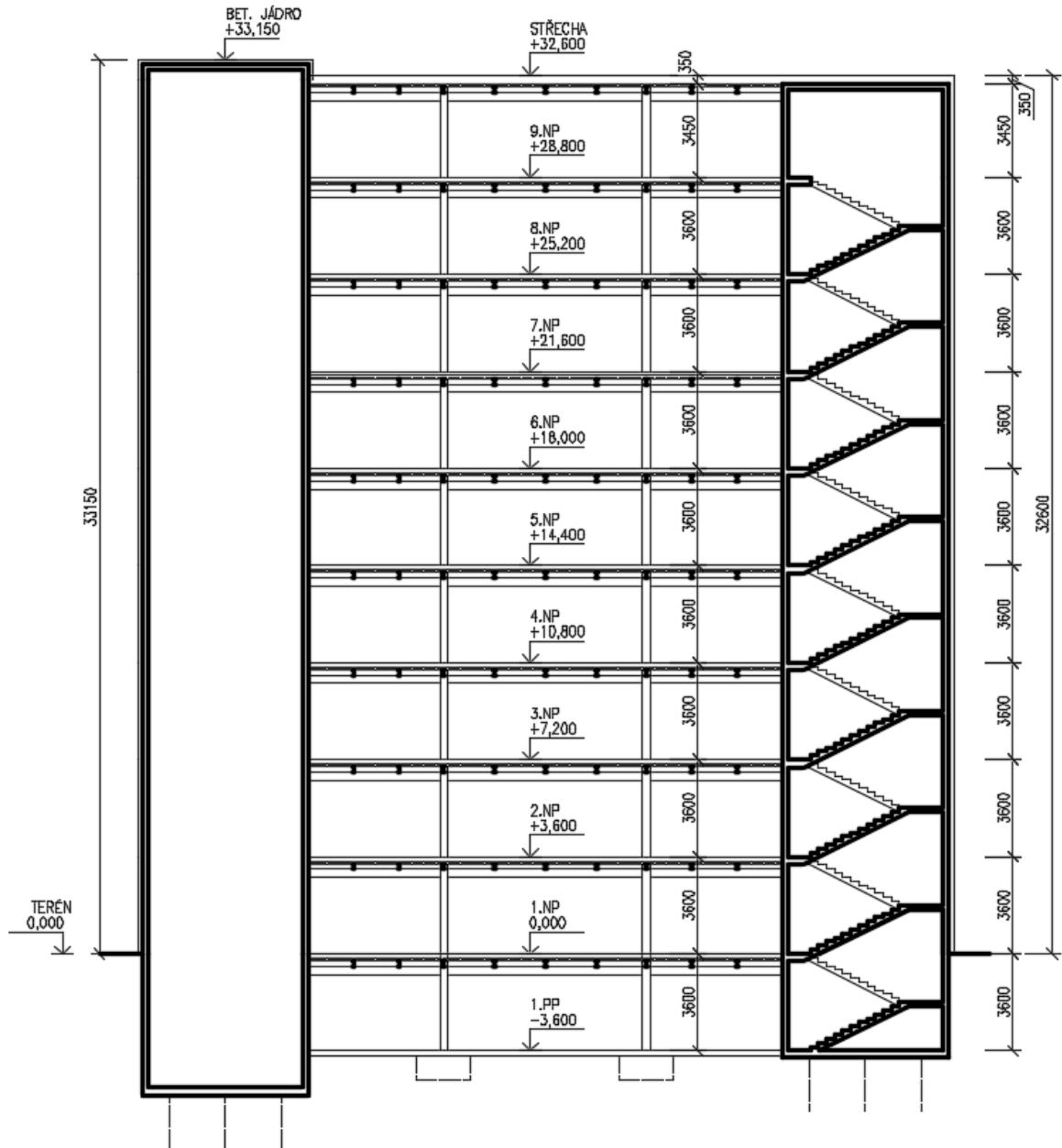




Schéma řez a-a



1.2. Parametry objektu

Lokalita:

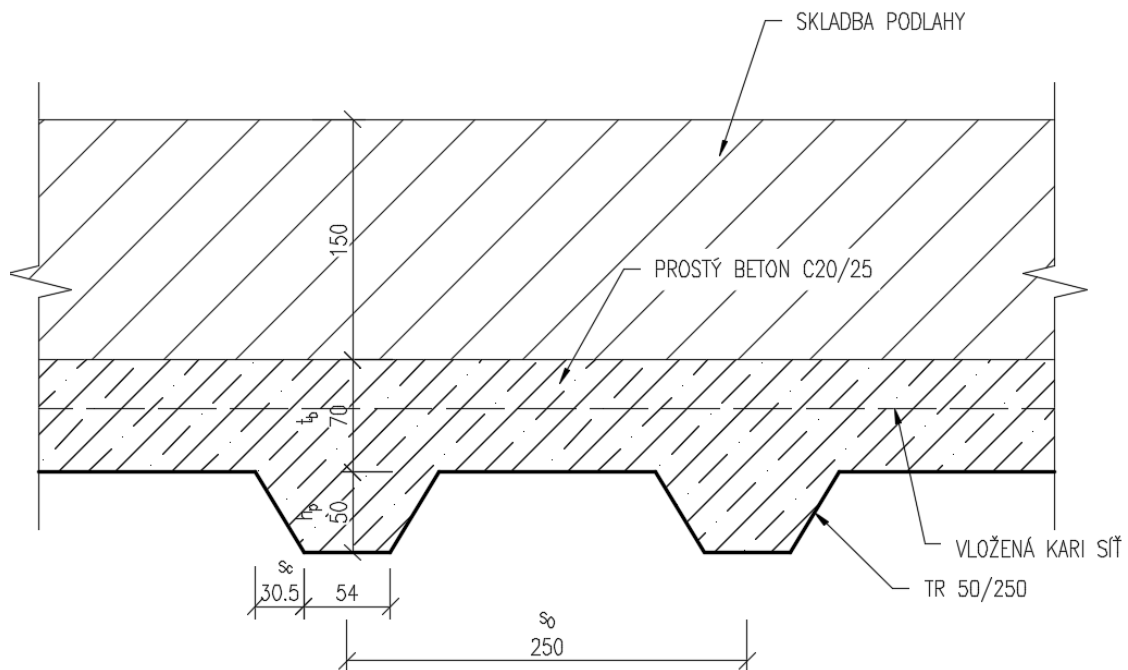
Nadmořská výška: 500 m.n.m

Sněhová oblast: 2 ... dle ČSN EN 1991-1-3

Větrná oblast 2 ... dle ČSN EN 1990-1-4

**Rozměry objektu:** $H_b = 32,6 \text{ m}$... výška objektu $L_b = 26,09 \text{ m}$... délka objektu $B_b = 29,88 \text{ m}$... šířka objektu $h_s = 3,6 \text{ m}$... výška podlaží $n_p = 10$... počet podlaží (1x podzemní podlaží, 9x nadzemní podlaží)**2. SVISLÉ ZATÍŽENÍ****Parametry stropní desky**

Schematický řez stropní deskou (bez nosníků)

*Předběžný návrh – trapézový plech 50/250/0,88* $s_0 = 250 \text{ mm}$... osová vzdálenost vln $s_z = 54 \text{ mm}$... šířka vlny $h_p = 50 \text{ mm}$... výška vlny $s_c = 30,5 \text{ mm}$... šířka šikmé části $t_b = 70 \text{ mm}$... tloušťka nadbetonávky $G_{tr} = 0,089 \text{ kN/m}^2$... odhad tíhy plechu



Střední tloušťka betonové vrstvy

$$\Delta t_b = t_b + h_p \frac{(s_c + s_z)}{s_0} = 70 + 50 * \frac{(30,5 + 54)}{250} = \mathbf{87 \text{ mm}}$$

2.1. Montážní stádium

$\gamma_{cm} = 26 \text{ kN/m}^2$... tíha mokrého betonu

STÁLÉ	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
BETONOVÁ DESKA	2,26	1,35	3,05
TRAPÉZOVÝ PLECH	0,09	1,35	0,12
	CELKEM	1,35	3,17

PROMĚNNÉ	q_k [kN/m ²]	γ_Q	q_d [kN/m ²]
ROVNOMĚRNÉ	0,75	1,5	1,13
nebo ZVĚTŠENÉ	1,50	1,5	2,25
	CELKEM	1,5	2,25

2.2. Provozní stádium

Skladba podlahy (zjednodušeně)

$\gamma_{cp} = 25 \text{ kN/m}^2$... tíha prostého betonu

	Tloušťka b_p	Tíha ρ_p
Keramická dlažba	0,02 m	20 kN/m ²
Betonová mazanina	0,05 m	25 kN/m ²
Tepelná izolace EPS	0,08 m	0,6 kN/m

**2.2.1. Běžné podlaží**

Stálé		g_k [kN/m ²]	y_G	g_d [kN/m ²]
<i>Ker.dlažba</i>	$b_{p1} * \rho_{p1}$	0,4		
<i>Bet.mazanina</i>	$b_{p2} * \rho_{p2}$	1,25		
<i>Tep. izolace EPS</i>	$b_{p3} * \rho_{p3}$	0,048		
Podlaha celkem	$\Sigma b_{pi} * \rho_{pi}$	1,70	1,35	2,29
Betonová deska	$\Delta t_b * \gamma_{cp} = 0,087 * 25$	2,17	1,35	2,93
Trapézový plech		0,09	1,35	0,12
Podhled (odhad)		0,15	1,35	0,20
CELKEM		4,11	1,35	5,55

Proměnné	q_k [kN/m ²]	y_Q	q_d [kN/m ²]
UŽITNÉ ZATÍŽENÍ	2,5	1,5	3,75
PŘEMÍSTITELNÉ PŘÍČKY	0,80	1,5	1,20
CELKEM		3,30	4,95

Užitné zatížení dle ČSN 1991-1-1 kategorie B – kancelářské plochy

Přemístitelné příčky s vlastní tíhou < 2,0 kN/m

2.2.2. Střecha

Stálé	g_k [kN/m ²]	y_G	g_d [kN/m ²]
Izolační vrstva (odhad)	2,40	1,35	3,24
Betonová deska	2,17	1,35	2,93
Trapézový plech	0,09	1,35	0,12
Podhled	0,15	1,35	0,20
CELKEM		4,81	6,49

2.3. Proměnné (sníh)

Sněhová oblast: 2

$s = 1,0 \text{ kN/m}^2$... zatížení sněhem

$\mu_i = 0,8$... tvarový součinitel

$C_e = 1,0$... součinitel expozice

$C_t = 1,0$... součinitel tepla

Zatížení sněhem

$$s_k = C_e * C_t * \mu_i * s = 1,0 * 1,0 * 0,8 * 1,0 = \mathbf{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_d = s_k * \gamma_Q = 0,8 * 1,5 = \mathbf{1,2 \text{ kN/m}^2}$$



3. SVISLÉ ZATÍŽENÍ VĚTREM

Pro zatížení větrem uvažujeme pouze příčné zatížení pro potřeby výpočtu pomocného ocelového ztužidla – podélné zatížení větrem přebere betonové jádro, které není předmětem statického výpočtu.

3.1. Parametry pro výpočet

$h = 32,6$ m ... výška objektu

$b = 26,33$ m ... délka objektu

$l = 30,18$ m ... šířka objektu

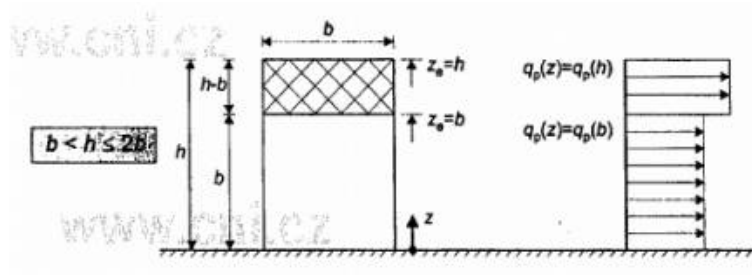
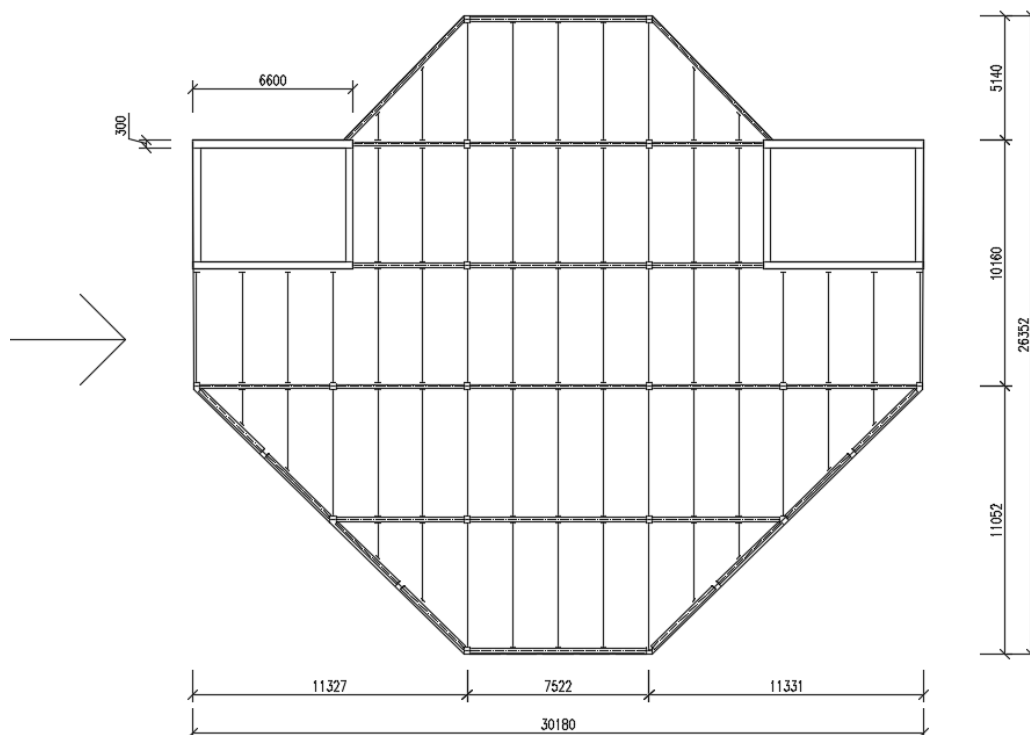
$n = 9$... počet podlaží nad úrovní terénu

Nadmořská výška: 500 m.n.m.

Větrná oblast 2 ... dle ČSN EN 1990-1-4

Kategorie terénu: 4 Dle tab. 4.1 ČSN EN-1991-1-4-Zatížení větrem

Schéma zatížení





3.2. Základní rychlost větru

$$v_b = c_{season} * c_{dir} * V_{b,0}$$

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad \dots \text{ výchozí základní rychlost větru}$$

$$c_{season} = 1,0 \quad \dots \text{ součinitel směru větru}$$

$$c_{dir} = 1,0 \quad \dots \text{ součinitel ročního období}$$

$$v_b = 25 * 1,0 * 1,0 = \mathbf{25 \text{ m/s}}$$

3.3. Charakteristická střední rychlost větru (pro $z = h; b$)

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \dots \text{ součinitel drsnosti terénu}$$

$$c_0(z) = 1,0 \quad \dots \text{ součinitel orografie}$$

$$z_0 = 1,0 \quad \dots \text{ parametr drsnosti terénu}$$

$$z_{min} = 10 \quad \dots \text{ minimální výška}$$

Součinitel terénu ($z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$)

$$k_r = 0,19 * (z_0 * \ln\left(\frac{z}{z_{0,II}}\right))^{0,07} = 0,19 * (1,0 * \ln\left(\frac{1,10}{10}\right)) = 0,2343$$

$$c_{r,h} = 0,2343 * \ln\frac{32,6}{1} = \mathbf{0,81933}$$

$$c_{r,b} = 0,2343 * \ln\frac{26,33}{1,0} = \mathbf{0,76428}$$

$$v_{m,h} = 0,81933 * 1,0 * 25 = \mathbf{20,4833 \text{ m/s}}$$

$$v_{m,b} = 0,76428 * 1,0 * 25 = \mathbf{20,4838 \text{ m/s}}$$

3.4. Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * 0,5 * \rho * v_m^2(z)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad \dots \text{ měrná hmotnost vzduchu}$$

$$k_1 = 1,0 \quad \dots \text{ součinitel turbulence}$$

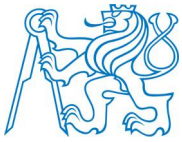
$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \dots \text{ vliv turbulence}$$

$$I_v(h) = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{32,6}{1,0}\right)} = \mathbf{0,286}$$

$$I_v(b) = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{26,33}{1,0}\right)} = \mathbf{0,3066}$$

$$q_p(h) = (1 + 7 * 0,286) * 0,5 * 1,25 * 20,4833^2 = \mathbf{0,78721 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_p(b) = (1 + 7 * 0,3066) * 0,5 * 1,25 * 19,1069^2 = \mathbf{0,71787 \text{ kN/m}^2}$$

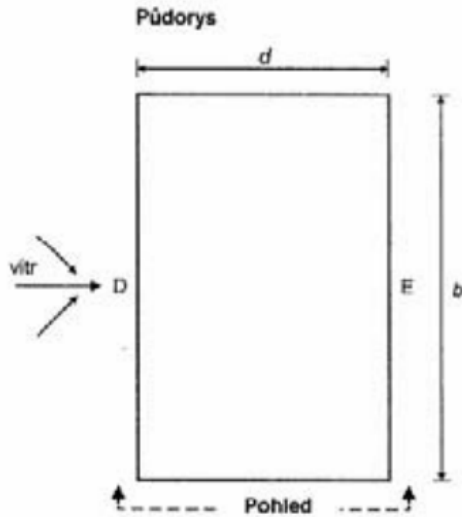


3.5. Tlak větru

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe,n}$$

$$c_{pe,D} = 1,0 \quad \dots \text{pro oblast } D, \text{ doporučená hodnota}$$

$$c_{pe,E} = -0,6 \quad \dots \text{pro oblast } E, \text{ doporučená hodnota}$$



$$w_{e,D}(h) = 0,78721 * 1,0 = \mathbf{0,79 \text{ kN/m}^2} \quad \dots \text{Návětrná strana}$$

$$w_{e,D}(b) = 0,71787 * 1,0 = \mathbf{0,72 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{e,E}(h) = 0,78721 * (-0,6) = \mathbf{-0,47 \text{ kN/m}^2} \quad \dots \text{Závětrná strana}$$

$$w_{e,E}(b) = 0,71787 * (-0,6) = \mathbf{-0,43 \text{ kN/m}^2}$$

Celkový účinek větru

$$q_{wk}(h) = 0,79 + 0,47 = \mathbf{1,26 \text{ kN/m}^2}$$

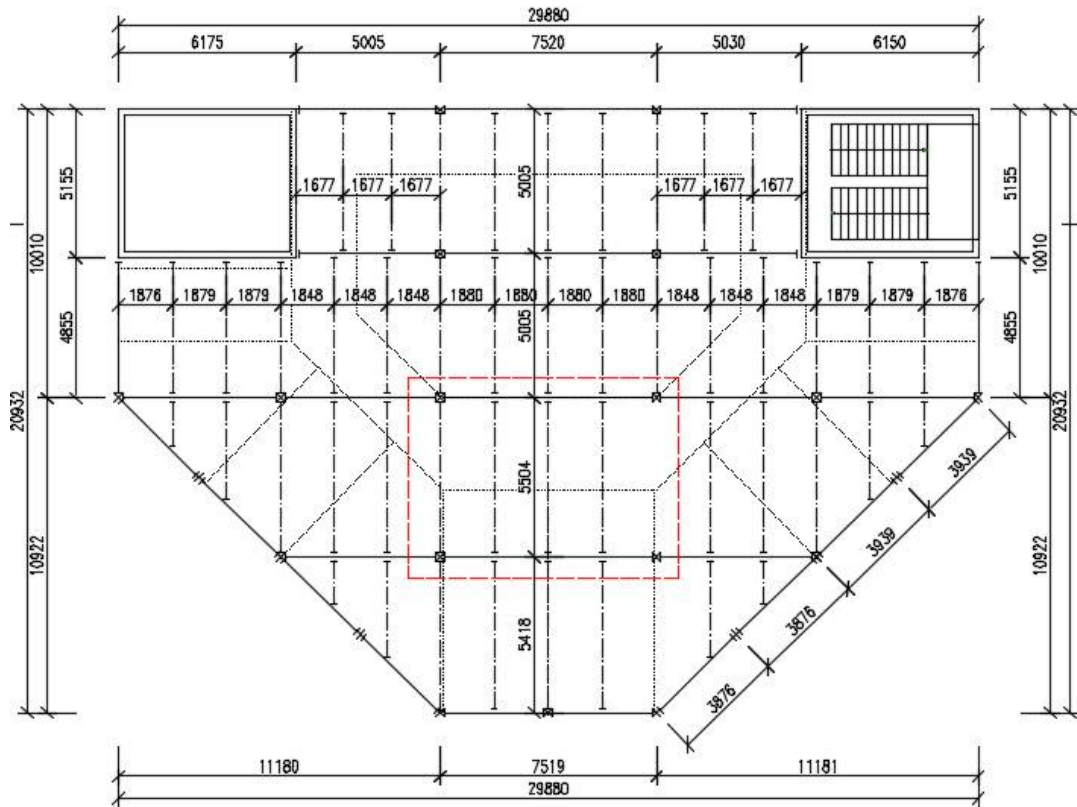
$$q_{wk}(b) = 0,72 + 0,43 = \mathbf{1,15 \text{ kN/m}^2}$$



4. NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU

4.1. Parametry stropní konstrukce

Schéma konstrukce



Červeně označený počítaný plech

Parametry pro výpočet

$L_t = 1,88 \text{ m}$... osová vzdálenost stropnic resp. rozpětí 1 pole trapézového plechu

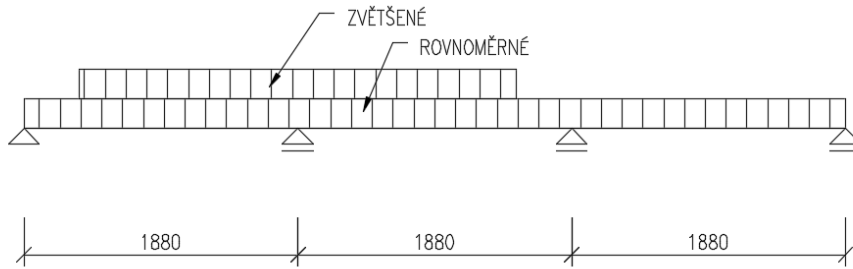
$L_p = 7,52 \text{ m}$... délka průvzlaku

$L_{st} = 5,5 \text{ m}$... délka stropnice

$n_{st} = 5$... počet stropnic



Schéma zatížení trapézového plechu

**Zatížení (montážní stav)**

$$(g + q)_k = 2,35 + 1,5 = 3,85 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ hodnoty z tabulky str. 8}$$

$$(g + q)_d = 3,17 + 2,25 = 5,42 \text{ kN/m}^2$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{10} * (g + d)_d * L_t^2 = \frac{1}{10} * 5,42 * 1,88^2 = 1,92 \text{ kNm}$$

4.2. Návrh trapézového plechuVolba: **Tr 50/250/0,88**

Tloušťka	Hmotnost	Plný průřez		Efektivní průřez			
		A_g	$I_{y,g}$	W_{y,eff^+}	W_{y,eff^-}	I_{y,eff^+}	I_{y,eff^-}
nn	kN/m ²	mm ²	mm ⁴	mm ³	mm ³	mm ⁴	mm ⁴
-	-	-	<u>10⁶</u>	10 ³	10 ³	10 ⁴	10 ⁴
0,880	8,860	1053,000	0,413	10,240	10,570	0,262	0,347

Ocel: S320GD

$$f_{yd} = 320 \text{ MPa}$$

4.3. Posouzení trapézového plechu**MSÚ - momentová únosnost (v místě vnitřní podpory)**

$$M_{eff,Rd} = W_{y,eff^+} * f_{yd} = 10,57 * 320 * 10^{-3} = 3,28 \text{ kNm}$$

$$M_{eff,Rd} = 3,28 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,92 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 58%

MSP - průhyb

$$g_k = 2,35 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ z tabulky zatížení str. 8}$$

$$E = 210 \text{ GPa} \quad \dots \text{ modul pružnosti oceli v tahu}$$



$$M_{b,k} = \frac{1}{10} * g_k * L_t^2 = \frac{1}{10} * 2,35 * 1,88^2 = \mathbf{0,83 \text{ kNm}}$$

$$\delta_{skut} = \frac{1}{E * I_{eff}^+} * \left(\frac{5}{384} * g_k * L_t^4 + \frac{1}{16} * M_{b,k} * L_t^2 \right)$$

$$= \frac{1}{210 * 10^3 * 0,347 * 10^6} * \left(\frac{5}{384} * 2,35 * 1,88^4 + \frac{1}{16} * 0,83 * 1,88^2 \right) = \mathbf{3,6 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max} = \frac{\Delta t_b}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm} \quad \dots \text{limitní hodnota, kdy nastane rybníkový efekt}$$

$$\delta_{max} = 8,7 \text{ mm} > \delta_{skut} = 3,61 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Využití 41%

Navržený trapézový plech TR 50/250/0,88 vyhoví na MSÚ i MSP

5. NÁVRH STROPNICE

Stropnice je navržena jako nepodepřená v průběhu montáže.

5.1. Montážní stav

$L_{st} = 5,5 \text{ m}$... rozpětí stropnice

$B_{st} = 1,88 \text{ m}$... osová vzdálenost stropnic resp. zatěžovací šířka stropnice

5.1.1. Zatížení

Stálé	$g_{k,st}$ [kN/m']	γ_G	$g_{d,st}$ [kN/m']
Betonová deska	4,25	1,35	5,73
Trapézový plech	0,17	1,35	0,22
CELKEM	4,41	1,35	5,96
Proměnné	$q_{k,st}$ [kN/m']	γ_Q	$q_{d,st}$ [kN/m']
Rovnoměrné	1,41	1,5	2,12
nebo Zvětšené	2,82	1,5	4,23

Hodnoty převzaty z tabulky zatížení str. 8, vynásobené zatěžovací šířkou B_{st}

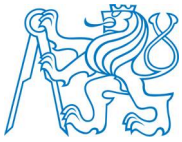
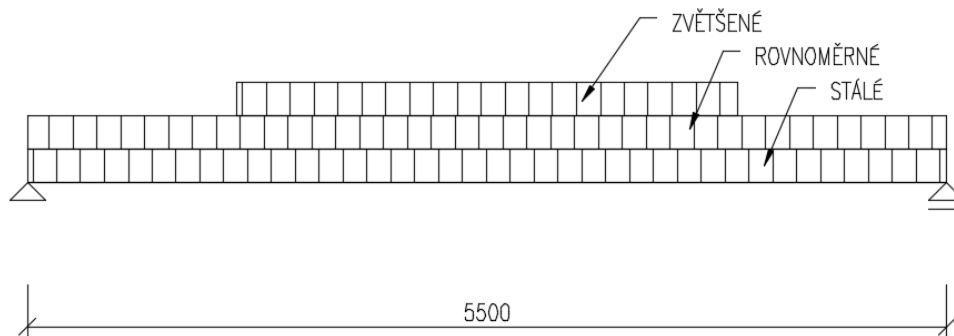
**5.1.2. Reakce a vnitřní síly**

Schéma konstrukce



$$R_{Ed} = V_{Ed} = \frac{(g_{d,st} * L_{st})}{2} + \frac{(q_{d,rovn.,st} * 3 + q_{d,zvět.,st} * (L_{st} - 3))}{2}$$

$$= \frac{(5,96 * 5,5)}{2} + \frac{(2,12 * 3 + 4,23 * (5,5 - 3))}{2} = \mathbf{24,85 \text{ kN}}$$

$$M_{Ed} = \frac{R_{Ed} * L_{st}}{2} - \frac{(g_{d,st} * L_{st}^2)}{2} - \frac{q_{d,zvět.,st} * 1,5^2}{2} - q_{d,rovn.,st} * (L_{st} - 1,5) * \left(\frac{L_{st} - 1,5}{2} + 1,5\right)$$

$$= \frac{24,85 * 5,5}{2} - \frac{5,96 * 5,5^2}{2} - \frac{4,23 * 1,5^2}{2} - 2,12 * (5,5 - 1,5) * \left(\frac{5,5 - 1,5}{2} + 1,5\right)$$

$$= \mathbf{59,08 \text{ kNm}}$$

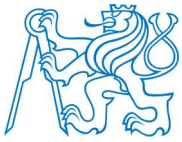
5.1.3. Návrh stropniceVolba: **IPE 180**

G	A	h	t _w	I _y	W _{ply}	A _{vz}	b
kg/m	mm ²	mm	mm	mm ⁴	mm ³	mm ²	mm
	10 ³			10 ⁶	10 ³	10 ³	
18,8	2,395	180	5,30	13,170	166,41	954,000	91,00

Třída 1 pro ohyb k ose y

Ocel: S355 JO

 $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

**5.1.4. Posouzení stropnice****MSÚ - momentová únosnost***Momentová únosnost*

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 166,41 * 10^{-3} * 355 = 59,08 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd} = 59,08 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 35,42 \text{ kNm/m}}{\text{VYHOVUJE}}$$

*Využití profilu 60%***MSP - průhyb (rybníkový efekt)**

$$L_{st} = 5,5 \text{ m} \quad \dots \text{ délka stropnice}$$

$$g_k = 4,25 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ z tabulky zatížení str. 15}$$

$$E = 210 \text{ GPa} \quad \dots \text{ modul pružnosti oceli v tahu}$$

Průhyb

$$\delta_1 = \frac{1}{E * I_y} * \frac{5}{384} * g_k * L_{st}^4 = \frac{1}{210 * 10^3 * 13,17 * 10^6} * \frac{5}{384} * 4,25 * 5,5^4 = 18,3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{t_b}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_{lim} = 8,69 \text{ mm} < \delta_{skut} = 18,30 \text{ mm}}{\text{Vznikne rybníkový efekt}}$$

Vznikne rybníkový efekt*Započítání rybníkového efektu*

$$\delta_0 = \delta_1 * 0,7 = 18,3 * 0,7 = 12,81 \text{ mm}$$

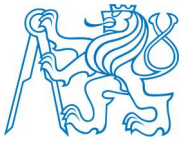
$$\Delta g_d = \delta_0 * B_{st} * \gamma_{cm} * \gamma_G = 0,013 * 1,88 * 26 * 1,5 = 0,8453 \text{ kN/m'}$$

Nový moment se započítáním rybníkového efektu

$$\Delta M_{Ed} = M_{Ed} + \Delta g_d * L_{st}^2 = 35,42 + 0,8453 * 5,5^2 = 38,6179 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd} = 59,08 \text{ kNm/m} > \Delta M_{Ed} = 38,62 \text{ kNm/m}}{\text{VYHOVUJE}}$$

Využití profilu 65%



5.2. Provozní stav

5.2.1. Zatížení

Základní zatížení

$$(g + q)_k = 4,11 + 3,3 = 7,41 \text{ kN/m}^2$$

$$(g + q)_d = 5,55 + 4,95 = 10,5 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ hodnoty převzaty z tabulky zatížení str. 9}$$

Zatížení stropnice

$$f_{(g+q)_k} = B_{st} * (g + q)_k + G_{st} + \frac{\Delta g_d}{\gamma_G} = 1,88 * 7,41 + 0,18 + \frac{0,85}{1,35} = \mathbf{14,74 \text{ kN/m}'}$$

$$f_{(g+q)_d} = B_{st} * (g + q)_d + G_{st} * \gamma_G + \Delta g_d = 1,88 * 10,5 + 0,18 * 1,35 + 0,85 = \mathbf{20,77 \text{ kN/m}'}$$

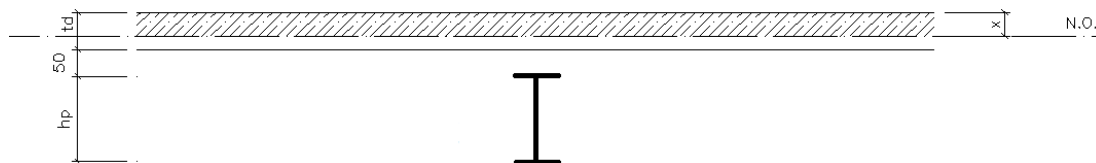
5.2.2. Vnitřní síly a reakce

$$M_{Ed} = \frac{1}{10} * f_{(g+q)_d} * L_{st}^2 = \frac{1}{10} * 20,77 * 5,5^2 = \mathbf{78,53 \text{ kNm}}$$

$$V_{Ed} = R_{Ed} = \frac{1}{2} * f_{(g+q)_d} * L_{st} = 0,5 * 20,77 * 5,5 = \mathbf{57,11 \text{ kN}}$$

5.2.3. Posouzení stropnice

MSÚ - momentová únosnost (plasticky)



Parametry betonu

Třída betonu: C25/30

$t_b = 0,07 \text{ m}$... tloušťky nadbetonávky

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$... válcová pevnost betonu

Návrhová pevnost betonu v tlaku za ohybu

$$f_{cd} = \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{0,85 * 25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

Účinná šířka desky

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_{st}}{4}; B_{st}\right) = \min\left(\frac{5,5}{4}; 1,88\right) = 1,375 \text{ m}$$

Rovnováha vnitřních sil

Tlačená část

$$x = \frac{f_{yd} * A_{st}}{f_{cd} * b_{eff} * t_b} = \frac{355 * 2395}{14,17 * 1,375 * 0,07} = 44 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$r = \frac{h_{st}}{2} + t_b + h_{vlina} - x = \frac{180}{2} + 70 + 50 - 44 = 188 \text{ mm}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = f_{cd} * b_{eff} * x * r = 14,17 * 10^3 * 1,375 * 0,044 * 0,188 = \mathbf{141,2 \text{ kNm}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd} = 141,42 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 78,53 \text{ kNm/m}}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 56%

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{954 * 355 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = \mathbf{195,531 \text{ kN}}$$

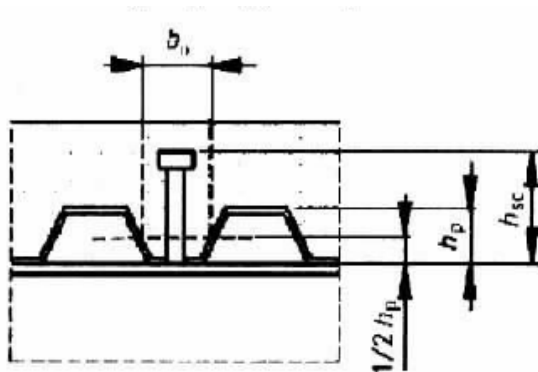
$$\underline{V_{pl,Rd} = 195,53 \text{ kNm/m} > V_{Ed} = 57,11 \text{ kNm/m}}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 29%

Spřažení stropnic

Parametry trnu



$$h_p = 50 \text{ mm} \quad \dots \text{ výška vlny}$$

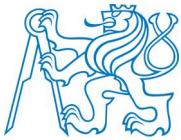
$$b_0 = 84,5 \text{ mm} \quad \dots \text{ šířka vlny v polovině}$$

$$h_{sc} = 100 \text{ mm} \quad \dots \text{ délka trnu}$$

$$d = 19 \text{ mm} \quad \dots \text{ průměr trnu}$$

Ocel: S235

$$f_u = 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{ smyková pevnost oceli}$$



Únosnost jednoho trnu

$$P_{Rd,1} = 0,8 * f_u * \pi * d^2 * \frac{0,25}{\gamma_V} = 0,8 * 360 * 10^{-3} * \pi * 19^2 * \frac{0,25}{1,25} = \mathbf{65,33 \text{ kN}}$$

$$3 < \frac{h_{sc}}{d} < 4 \rightarrow 5,3 < 4 \rightarrow \alpha = \mathbf{1,0}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 * \alpha * d^2 * \frac{\sqrt{(f_{ck} * E_{cm})}}{\gamma_V} = 0,29 * 1,0 * 19^2 * \frac{\sqrt{25 * 30,5 * 10^3}}{1,25} * 10^{-3} = \mathbf{73,10 \text{ kN}}$$

$$P_{Rd} = \min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = \mathbf{65,33 \text{ kN}}$$

Redukční součinitel k_t

$$k_t = \frac{0,7 * b_0}{\sqrt{n_r} * h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$n_r = 1 \quad \dots \text{počet trnů v žebru}$$

$$k_t = \frac{0,7 * 84,5}{1 * 50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18$$

Pro k_t se omezuje hodnota $k_t \leq 0,85 \rightarrow k_t = 0,85$

Únosnost trnu v žebru

$$P_{Rd} = 0,85 * 65,33 = \mathbf{55,5 \text{ kN}}$$

Síla na sprážení v jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = Nc = Na = A * f_{yd} = 2395 * 10^{-3} * 355 = \mathbf{850,1 \text{ kN}}$$

Potřebný počet trnů v jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{850,1}{55,5} = 14$$

Trny je možné přivařit do nosníku pouze v místě žeber trapézového plechu. Na jedné polovině lze umístit:

$$\frac{5500}{250 * 2} = 11$$

Na jedné polovině nosníku není dostatek žeber, proto navrhujeme neúplně sprážení

Síla pro neúplně sprážení

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} * F_{cf}$$

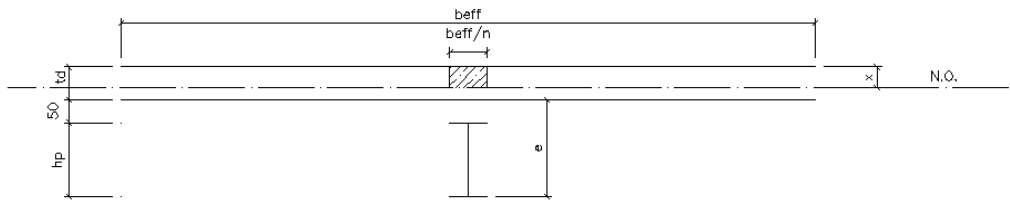
$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 166,41 * 355 * 10^{-3} = 59,08 \text{ kN}$$

$$F_c = \frac{78,53 - 59,08}{141,42 - 59,08} * 850,1 = \mathbf{200,82 \text{ kN}}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{Rd}} = \frac{200,82}{55,5} = 4$$

Navrhujeme jeden trn v každém žebru, abychom zajistili alespoň 40% původního sprážení.

Navržený spřahovací trn 19/100 v každém žebru

**MSP – pružné působení nosníku při provozním zatížení**

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování (přibližně)

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30472}{2} = 15236 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E}{E'_c} = \frac{210000}{15236} = \mathbf{13,78}$$

Plocha ideální průřezu

$$A_i = A_{st} + \frac{t_b * b_{eff}}{n} = 2395 + \frac{70 + 1375}{13,78} = \mathbf{9378 \text{ mm}^2}$$

Těžiště ideálního průřezu

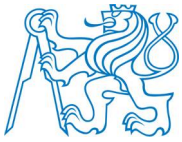
$$e = \frac{A_{st} * \frac{h_{st}}{2} + \frac{t_b * b_{eff}}{n} * (h_{st} + 50 + \frac{t_b}{2})}{A_i} = \frac{2395 * \frac{180}{2} + \frac{70 * 1375}{13,78} * (180 + 50 + \frac{70}{2})}{9378}$$
$$= 220 \text{ mm}$$

$$e_h = 70 + 50 + 180 - 220 = 80 \text{ mm}$$

$$e_d = 220 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_{st} + A_{st} * (e_d - \frac{h_{st}}{2})^2 + \frac{1}{n} * (\frac{1}{12} * b_{eff} * t_b^3 + b_{eff} * t_b * (e_d - h_{st} - 50 - t_b)^2)$$
$$= 13170 * 10^3 + 2395 * \left(220 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,78} \left(\frac{1}{12} * 1375 * 70^3 + 1375 * 70 * \left(220 - 180 - 50 - \frac{70}{2}\right)^2\right) = \mathbf{70,631 * 10^6 \text{ mm}^4}$$



Pro výpočet maximálního napětí v oceli je nutné rozdělit zatížení na montážní a na ostatní zatížení působící na průřez po zatvrdnutí betonu.

Montážní zatížení

Deska	4,41 kN/m'	... dle tabulky zatížení str. 15
Ryb. efekt	0,63 kN/m'	

$$g_0 = (4,41 + 0,63) * B_{st} = 9,48 \text{ kN/m'}$$

Provozní zatížení

Nášlapná vrstva	1,70 kN/m ²
Podhled	0,15 kN/m ²
Užitné	2,5 kN/m ²
Přem. příčky	0,8 kN/m ²

$B_{st} = 1,88 \text{ m}$

$$q_p = (1,7 + 0,15 + 2,5 + 0,8) * B_{st} = 9,68 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment

$$M_0 = \frac{1}{8} * (g_0) * L_{st}^2 = \frac{1}{8} * 9,48 * 5,5^2 = 35,83 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{1}{8} * (q_p) * L_{st}^2 = \frac{1}{8} * 9,68 * 5,5^2 = 36,6 \text{ kNm}$$

Maximální napětí v oceli

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p * e_d}{I_i} = \frac{35,83 * 10^6}{143,33 * 10^3} + \frac{36,6 * 10^6 * 220}{70,631 * 10^6} = 336,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{a,max} = 336,5 \text{ Mpa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Maximální napětí v betonu

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p * e_h}{n * I_i} = \frac{36,6 * 10^6 * 80}{13,78 * 143,33 * 10^3} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = 3,0 \text{ Mpa} < F_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Nosník při provozním zatížení působí pružně

**MSP - průhyb**

$$\delta_2 = \frac{1}{E * I_i} * \frac{5}{384} * q_k * L_{st}^2 = \frac{1}{210 * 10^3 * 70,631 * 10^6} * \frac{5}{384} * 3,3 * 5,5^2 = 4,98 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \frac{L_{st}}{250} = \frac{5500}{250} = 22 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = 22,00 \text{ mm} > \delta_2 = 4,98 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 23%

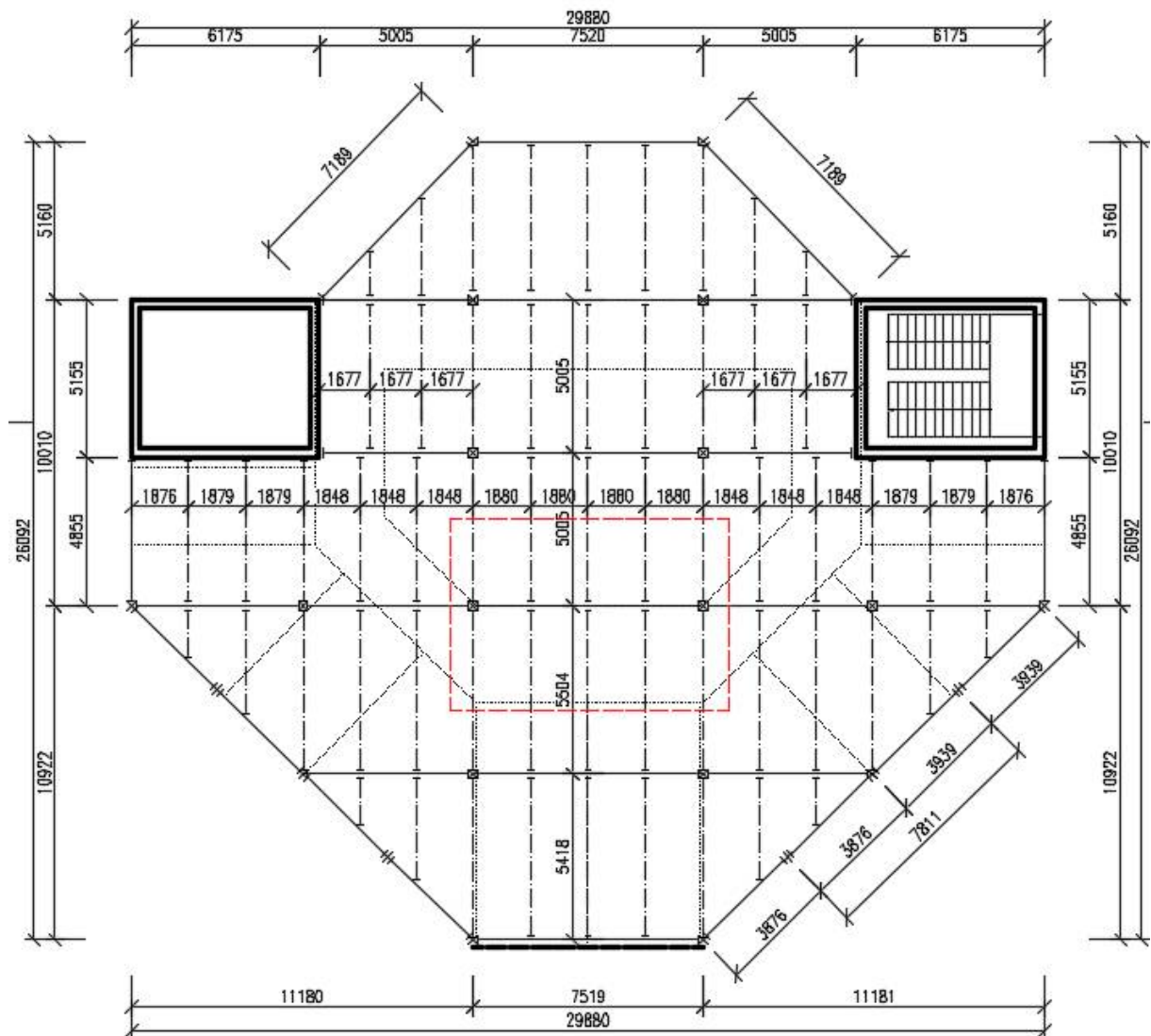
Stropnice IPE 180 vyhoví na MSÚ i MSP.



6. NÁVRH PRŮVLAKU

Průvlak je během montáže nepodepřený.

Schéma konstrukce



6.1. Montážní stav

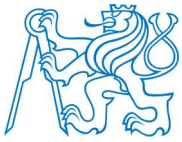
$L_{pr} = 7,52 \text{ m}$... rozpětí průvlaku

$L_{pr1} = 5,5 \text{ m}$

$L_{pr2} = 5,0 \text{ m}$... rozpětí sousedních polí

Zatěžovací šířka průvlaku

$$B_{pr} = \frac{L_{pr1} * L_{pr2}}{2} = \frac{5,5 + 5,0}{2} = 5,25 \text{ m}$$

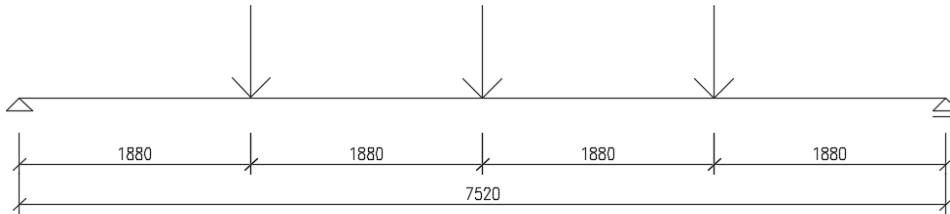


6.1.1. Zatížení

$$F_{k,st} = R_{Ed,st} * 2 = 24,85 * 2 = \mathbf{49,7 \text{ kN}}$$

$$n_{st} = 3 \quad \dots \text{počet sil}$$

Reakce převzata od zatížení stropnice v montážním stavu, viz str. 16



6.2. Reakce a vnitřní síly

Schéma konstrukce

$$R_{Ed} = V_{Ed} = \frac{F_{k,st} * n_{st}}{2} = \frac{49,7 * 3}{2} = \mathbf{74,54 \text{ kN}}$$

$$M_{Ed} = \frac{R_{Ed} * L_{pr}}{2} - \frac{F_{k,st} * L_{pr}}{4} = \frac{74,54 * 7,52}{2} - \frac{49,7 * 7,52}{4} = \mathbf{186,86 \text{ kNm}}$$

6.2.1. Návrh průvlaku

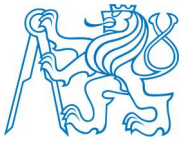
Volba: IPE 360

G	A	h	t_w	I_y	W_{ply}	A_{vz}	b
kg/m	mm ²	mm	mm	mm ⁴	mm ³	mm ²	mm
	10 ³			10 ⁶	10 ³	10 ³	
57,1	7,3	360	8,0	162,7	1019,1	2880,0	170,0

Třída 1 pro ohyb k ose y

Ocel: S355 J0

$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

**6.2.2. Posouzení průvlaku****MSÚ - momentová únosnost***Momentová únosnost*

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 1019,1 * 10^{-3} * 355 = 361,8 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd} = 361,8 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 186,86 \text{ kNm/m}}{\text{VYHOVUJE}}$$

*Využití profilu 52%***MSP - průhyb (rybníkový efekt)**

$$g_k = 2,35 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ z tabulky zatížení str. 8}$$

$$E = 210 \text{ GPa} \quad \dots \text{ modul pružnosti oceli v tahu}$$

Průhyb

$$\delta_1 = \frac{1}{E * I_y} * \frac{19}{384} * F_{k,st} * L_{pr}^4 = \frac{1}{210 * 10^3 * 162,7 * 10^6} * \frac{19}{384} * 49,7 * 7,52^4 = 34,29 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{t_b}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_{lim} = 8,69 \text{ mm} < \delta_{skut} = 34,2 \text{ mm}}{\text{Vznikne rybníkový efekt}}$$

*Vznikne rybníkový efekt**Započítání rybníkového efektu*

$$\delta_0 = \delta_1 * 0,7 = 34,2 * 0,7 = 24 \text{ mm}$$

$$\Delta g_d = \delta_0 * B_{pr} * \gamma_{cm} * \gamma_G = 0,024 * 5,25 * 26 * 1,5 = 4,423 \text{ kN/m'}$$

Nový moment se započítáním rybníkového efektu

$$\Delta M_{Ed} = M_{Ed} + \Delta g_d * L_{pr}^2 = 186,86 + 4,423 * 7,52^2 = 218,123 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd} = 361,8 \text{ kNm/m} > \Delta M_{Ed} = 218,12 \text{ kNm/m}}{\text{VYHOVUJE}}$$

Využití profilu 60%

Pro návrh by pravděpodobně stejně jako u stropnice vyhověl i o třídu menší profil (I330), ale pro omezení průhybu a z toho plynoucího rybníkového efektu byl zvolen profil o třídu vyšší.



6.3. Provozní stav

6.3.1. Zatížení

Základní zatížení

$$F_{d,st} = R_{Ed,st} = 57,11 \text{ kN} \quad \dots \text{ hodnota převzata od zatížení stropnice str. 18}$$

Zatížení průvlaku

(zatížení od vlastní tíhy a ryb. efektu je zdiskretizováno do osamělé síly v místě stropnice)

$$F_d = F_{d,st} + \frac{\Delta g_{d,pr} * L_{pr}}{4} + \frac{G_{pr} * \gamma G * L_{pr}}{4} = 57,11 + \frac{4,42 * 7,52}{4} + \frac{57,1 * 1,35 * 7,52}{4} \\ = 115,67 \text{ kN}$$

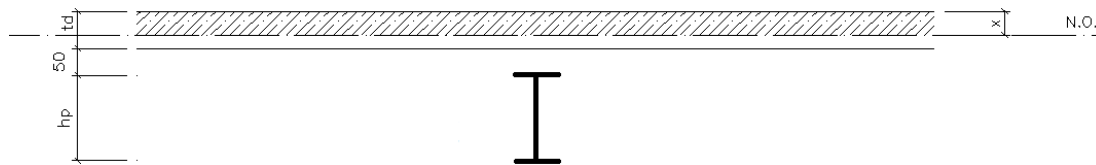
6.3.2. Vnitřní síly a reakce

$$V_{Ed} = R_{Ed} = \frac{F_d * 3}{2} = \frac{115,67 * 3}{2} = 173,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{R_{Ed} * L_{pr}}{2} - \frac{F_d * L_{pr}}{4} = \frac{173,51 * 7,52}{2} - \frac{115,67 * 7,52}{4} = 434,93 \text{ kNm}$$

6.3.3. Posouzení průvlaku

MSÚ - momentová únosnost (plasticky)



Účinná šířka desky

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_{pr}}{4}; B_{pr}\right) = \min\left(\frac{7,52}{4}; 5,25\right) = 1,88 \text{ m}$$

Rovnováha vnitřních sil

Tlačená část

$$x = \frac{f_{yd} * A_{pr}}{f_{cd} * b_{eff} * t_b} = \frac{355 * 7273}{14,17 * 1,88 * 0,07} = 97 \text{ mm}$$

$x = 97 < t_b = 70 \rightarrow$ Neutrální osa leží v pásnici průvlaku

$$x_1 = t_b = 70 \text{ mm}$$

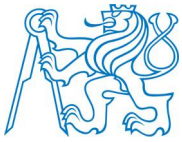
Tlačená část profilu

$$x_2 = \frac{A_{pr} * f_{yd} - x_1 * b_{eff} * f_{cd}}{2 * b_{pr} * f_{yd}} = \frac{7273 * 355 - 70 * 1880 * 14,17}{2 * 170 * 355} = 5,9 \text{ mm}$$

$x_2 = 5,9 < t_w = 5,9 \rightarrow$ neutrální osa prochází pásnicí

Rameno vnitřních sil (spodní část profilu k betonu)

$$r_1 = \frac{h_{pr} - x_2}{2} + x_2 + h_p + \frac{x_1}{2} = \frac{180 - 5,9}{2} + 5,9 + 50 + \frac{70}{2} = 268 \text{ mm}$$



Rameno vnitřních sil (spodní část profilu k tlačené pásnici)

$$r_2 = \frac{h_{pr} - x_2}{2} - \frac{x_2}{2} = \frac{180 - 5,9}{2} - \frac{5,9}{2} = 174 \text{ mm}$$

Momentová únosnost

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &= f_{cd} * b_{eff} * x_1 * r_1 + f_{yd} * b_{pr} * x_2 * r_2 \\ &= 14,17 * 1880 * 70 * 268 + 355 * 170 * 5,9 * 174 = \mathbf{562047021 \text{ Nmm}} \\ &= \mathbf{562 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

$$M_{pl,Rd} = 562 \text{ kNm} > M_{Ed} = 434,9 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 77%

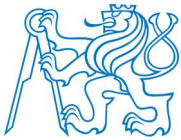
Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{2880 * 355 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = \mathbf{590,283 \text{ kN}}$$

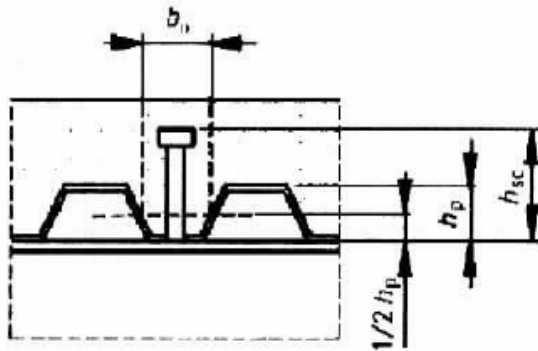
$$V_{pl,Rd} = 590 \text{ kN} > V_{Ed} = 173,51 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 29%

Spřažení průvlaků

Parametry trnu



$$h_p = 50 \text{ mm} \quad \dots \text{ výška vlny}$$

$$b_0 = 84,5 \text{ mm} \quad \dots \text{ šířka vlny v polovině}$$

$$h_{sc} = 100 \text{ mm} \quad \dots \text{ délka trnu}$$

$$d = 19 \text{ mm} \quad \dots \text{ průměr trnu}$$

Ocel: S235

$$f_u = 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{ smyková pevnost oceli}$$

Únosnost jednoho trnu (hodnoty totožné jako u stropnice)

$$P_{Rd,1} = \mathbf{65,33 \text{ kN}}$$

$$3 < \frac{h_{sc}}{d} < 4 \rightarrow 5,3 < 4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rd,2} = \mathbf{73,10 \text{ kN}}$$

$$P_{Rd} = \min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = \mathbf{65,33 \text{ kN}}$$

Redukční součinitel k_t

$$k_l = 0,6 \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{84,5}{50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,01$$

Pro k_t se omezuje hodnota $k_t \geq 1,0 \rightarrow k_t = 1,0$

Únosnost trnu v žeburu

$$P_{Rd} = 1,0 * 65,33 = \mathbf{65,33 \text{ kN}}$$

Síla na spřažení v jedné polovině nosníku

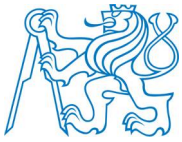
$$F_{cf} = Nc = Na = (A_{pr} - x_2 * b_{pr}) * f_{yd} = (7273 - 5,9 * 170) * 10^{-3} * 355 = \mathbf{2225,9 \text{ kN}}$$

Potřebný počet trnů v jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{2225,9}{65,33} = 35$$

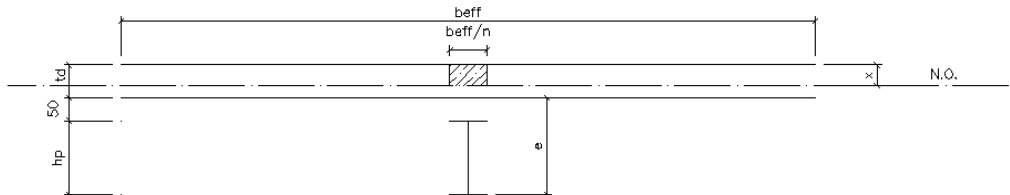
Maximální počet trnů

$$n_{max} = \frac{L_{pr}}{2 * 5 * d} = \frac{7520}{2 * 5 * 19} = 40 > n_f = 35 \dots \text{ vyhovuje}$$



Vzdálenost trnů

$$a_f = \frac{L_{pr}}{2 * n_f} = \frac{7520}{2 * 35} = 107,4 \text{ mm}$$

Navržených 35 spřahovacích trnů 19/100 po 100 mm**MSP – pružné působení nosníku při provozním zatížení**

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování (přibližně)

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30472}{2} = 15236 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E}{E'_c} = \frac{210000}{15236} = 13,78$$

Plocha ideální průřezu

$$A_i = A_{st} + \frac{t_b * b_{eff}}{n} = 7273 + \frac{70 + 1880}{13,78} = 16821 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_{st} * \frac{h_{pr}}{2} + \frac{t_b * b_{eff}}{n} * (h_{pr} + 50 + \frac{t_b}{2})}{A_i} = \frac{7273 * \frac{360}{2} + \frac{70 * 1880}{13,78} * (360 + 50 + \frac{70}{2})}{16821}$$

$$= 330 \text{ mm}$$

$$e_h = 70 + 50 + 360 - 330 = 150 \text{ mm}$$

$$e_d = 330 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_{st} + A_{pr} * (e_d - \frac{h_{pr}}{2})^2 + \frac{1}{n} * (\frac{1}{12} * b_{eff} * t_b^3 + b_{eff} * t_b * (e_d - h_{pr} - 50 - t_b)^2)$$

$$= 162656 * 10^3 + 7273 * \left(330 - \frac{360}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,78} \left(\frac{1}{12} * 1880 * 70^3 + 1880 * 70\right)$$

$$* \left(330 - 360 - 50 - \frac{70}{2}\right)^2 = 456,418 * 10^6 \text{ mm}^4$$



Pro výpočet maximálního napětí v oceli je nutné rozdělit zatížení na montážní a na ostatní zatížení působící na průřez po zatvrdnutí betonu.

Montážní zatížení

$$g_0 = 9,48 \text{ kN/m'}$$

$$F_0 = g_0 * B_{pr} = 9,48 * 1,88 = 49,75 \text{ kN}$$

Provozní zatížení

$$q_p = 9,68 \text{ kN/m ... hodnoty převzaty ze zatížení na stropnice, viz str. 21}$$

$$F_p = q_p * B_{pr} = 9,68 * 1,88 = 50,81 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M = \frac{n_F * F}{2} * \frac{L_{pr}}{2} - \frac{F * L_{pr}}{4}$$

$$M_0 = \frac{3 * 49,75}{2} * \frac{7,52}{2} - \frac{49,75 * 7,52}{4} = 187,05 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{3 * 50,81}{2} * \frac{7,52}{2} - \frac{50,81 * 7,52}{4} = 191,05 \text{ kNm}$$

Maximální napětí v oceli

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p * e_d}{I_i} = \frac{187,05 * 10^6}{903,6 * 10^3} + \frac{191,05 * 10^6 * 330}{456,3 * 10^6} = 345,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{a,max} = 345,3 \text{ Mpa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

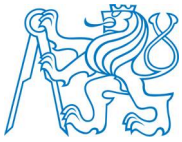
Maximální napětí v betonu

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p * e_h}{n * I_i} = \frac{191,05 * 10^6 * 150}{13,78 * 456,3 * 10^3} = 4,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = 4,6 \text{ Mpa} < f_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Nosník při provozním zatížení působí pružně

**MSP - průhyb**

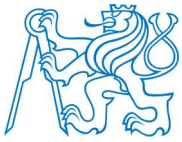
$$\begin{aligned}\delta_2 &= \frac{1}{E * I_i} * \frac{19}{384} * q_k * B_{st} * B_{pr} * L_{pr}^3 \\ &= \frac{1}{210 * 10^3 * 456,3 * 10^6} * \frac{19}{384} * 3,3 * 1,375 * 1,88 * 7,52^3 = 7,15 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\delta_{max} = \frac{L_{pr}}{400} = \frac{7520}{400} = 18,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = 18,8 \text{ mm} > \delta_2 = 7,15 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Průvlak IPE 360 vyhoví na MSÚ i MSP.

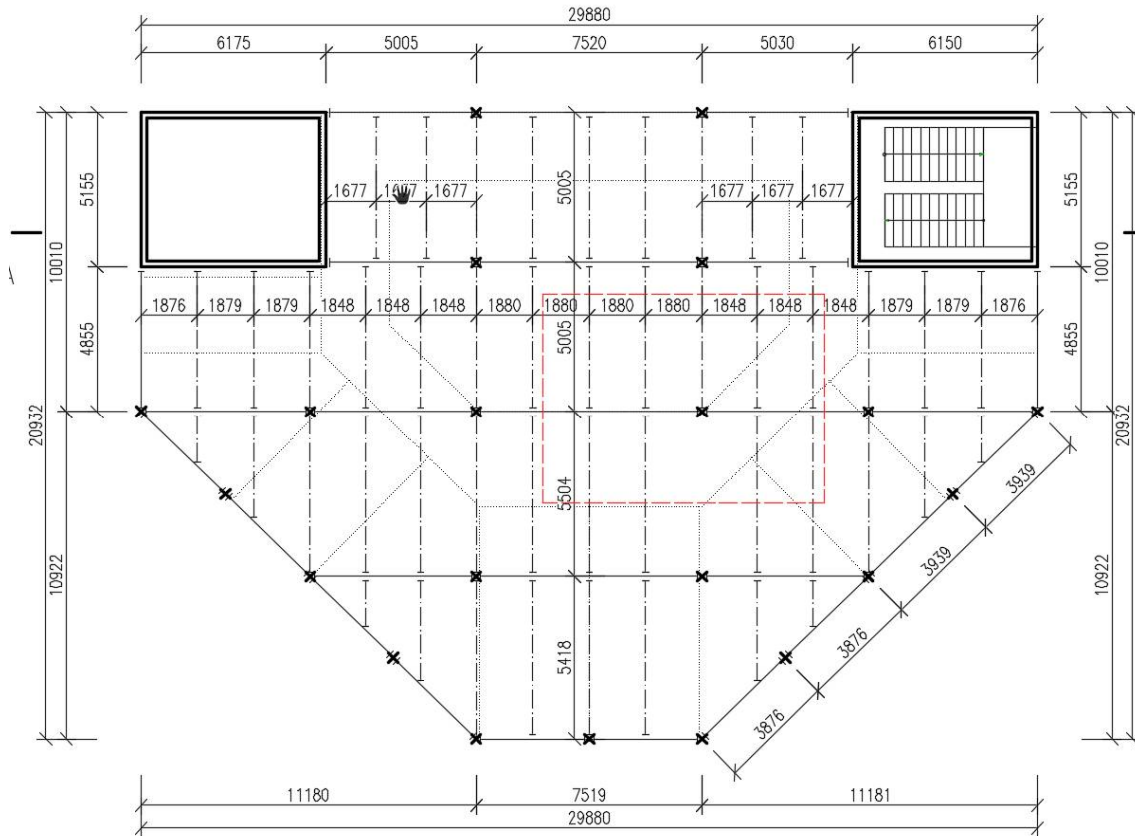


7. NÁVRH SLOUPU

7.1. Běžný sloup D4, vnitřní

7.1.1. Zatížení

Schéma konstrukce



Parametry pro výpočet

$h_s = 3,6 \text{ m}$... výška patra

$n_p = 10$... počet podlaží

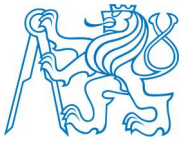
$L_{st,1} = 5,0 \text{ m}$

$L_{st,2} = 5,5 \text{ m}$... délky sousedních stropnic

$L_{pr,1} = 7,52 \text{ m}$

$L_{pr,2} = 5,03 \text{ m}$... délky sousedních průvleků

$$A = \frac{(L_{st,1} + L_{st,2})}{2} * \frac{(L_{pr,1} + L_{pr,2})}{2} = \frac{(5,0 + 5,5)}{2} * \frac{(7,52 + 5,03)}{2} = 32,97 \text{ m}^2$$

*Redukce zatížení*

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) * \psi_0}{n - 1}$$

$$n = 8 \quad \dots \text{počet podlaží se stejným zatížením}$$

$$\psi_0 = 0,7 \quad \dots \text{redukční součinitel pro kancelářské plochy}$$

$$\alpha_n = \frac{2 + (8 - 2) * 0,7}{8} = 0,77$$

Zatížení běžného podlaží

$$g_{1,k} = g_k + \Delta g_{k,pr} = 4,11 + 0,024 * 25 = \mathbf{4,71 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{1,k} = q_{k,užitné} * \alpha_n + q_{k,přem.př.} = 2,5 * 0,77 + 0,8 = \mathbf{2,72 \text{ kN/m}^2}$$

Zatížení střechy

$$g_{2,k} = g_{s,k} + \Delta g_{k,pr} = 4,81 + 0,024 * 25 = \mathbf{5,41 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{2,k} = s_k = \mathbf{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

(hodnoty převzaty z tabulky zatížení ze str. 8-9)

Zatížení od vlastní tíhy nosníků

$$F_{0,Ek} = G_{st} * \frac{(L_{st,1} + L_{st,2})}{2} + G_{pr} * \frac{(L_{pr,1} + L_{pr,2})}{2} = 0,188 * \frac{5,5 + 5,0}{2} + 0,57 * \frac{7,52 + 5,03}{2} \\ = \mathbf{7,53 \text{ kN}}$$

Síla od zatížení

$$F_{g1,Ek} = g_{1,k} * A = 4,71 * 32,97 = \mathbf{155,27 \text{ kN}}$$

$$F_{q1,Ek} = q_{1,k} * A = 2,72 * 32,97 = \mathbf{89,57 \text{ kN}}$$

$$F_{g2,Ek} = g_{2,k} * A = 5,41 * 32,97 = \mathbf{185,95 \text{ kN}}$$

$$F_{q2,Ek} = q_{2,k} * A = 0,8 * 32,97 = \mathbf{26,38 \text{ kN}}$$

**7.1.2. Návrh sloupu**Volba: **HEB 260**

G	A	h	t_w	I_y	I_z	b	t_f	i_y	i_z
kg/m	mm ²	mm	mm	mm ⁴	mm ⁴	mm	mm	mm	mm
	10 ³			10 ⁶	10 ⁶				
93,0	11,8	260	10,0	149,2	51,3	260	17,5	112,2	65,8

Třída 1 pro ohyb k ose y

Ocel: S355 J0

 $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

Výsledná síla působící na sloup

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= (9 * F_{g1,Ek} + F_{g2,Ek}) * \gamma_G + (9 * F_{q1,Ek} + F_{q2,Ek}) * \gamma_Q + G_{sl,odhad} * 10 * h_s * \gamma_G \\
 &= (9 * 155,27 + 185,95) * 1,35 + (9 * 89,57 + 26,38) * 1,5 + 0,93 * 10 * 3,6 \\
 &\quad * 1,35 = \mathbf{3431 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

7.1.3. Posouzení sloupu $L_{sl} = 3,6 \text{ m}$... délka sloupu, resp. výška patra

Kritické délky

(uložení: vetknutí - kloub -> zkrácení délky o 0,7)

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{sl} * 0,7 = 3,6 * 0,7 = \mathbf{2,52 \text{ m}}$$

Určení křivky vybočení

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{h}{b} = \frac{260}{260} = 1,0 > 1,2 \\
 t_f = 17,5 \text{ mm} > 100 \text{ mm}
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 &\text{křivka vybočení } b \text{ pro } y - x \rightarrow \alpha = 0,34 \\
 &\text{křivka vybočení } c \text{ pro } z - z \rightarrow \alpha = 0,49
 \end{aligned}$$

Poloměr setrvačnosti

$$i_y = 65,8 \text{ mm}$$

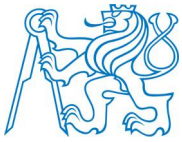
$$i_z = 112,2 \text{ mm}$$

Srovnávací štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,52}{65,8} * \frac{1}{76,4} = 0,294$$



$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,52}{112,2} * \frac{1}{76,4} = 0,501$$

Výpočet křivky vzpěrné pevnosti

$$\Phi_y = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 * (1 + 0,34 * (0,294 - 0,2) + 0,294^2) = 0,559$$

$$\Phi_z = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2) = 0,5 * (1 + 0,49 * (0,501 - 0,2) + 0,501^2) = 0,699$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,559 + \sqrt{0,559^2 - 0,294^2}} = 0,966$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,699 + \sqrt{0,699^2 - 0,501^2}} = 0,842$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A_{sl} * f_{yd} = 0,842 * 11800 * 355 * 10^{-3} = 3432,2,28 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 3527 \text{ kN} > N_{Ed} = 3431 \text{ kN}$$

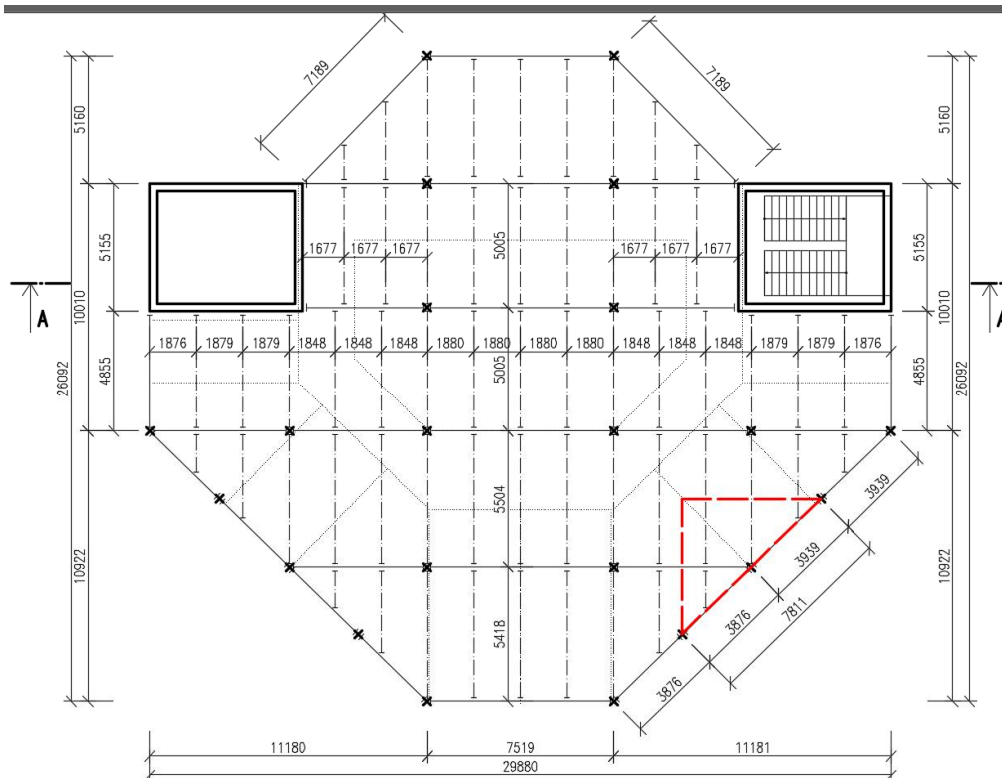
VYHOVUJE

Využití profilu 97%

7.2. Krajní sloup E5

7.2.1. Zatížení

Schéma konstrukce



*Parametry pro výpočet*

$$h_s = 3,6 \text{ m} \quad \dots \text{ výška patra}$$

$$n_p = 9 \quad \dots \text{ počet podlaží}$$

$$L_{st,1} = 5,5 \text{ m}$$

$$L_{st,2} = 5,42 \text{ m} \quad \dots \text{ délky sousedních stropnic}$$

$$L_{pr,1} = 5,59 \text{ m}$$

$$L_{pr,2} = 5,59 \text{ m} \quad \dots \text{ délky sousedních průvlaků}$$

$$A = \frac{(L_{st,1} + L_{st,2})}{2} * \frac{(L_{pr,1} + L_{pr,2})}{2} = \frac{(5,5 + 5,42)}{2} * \frac{(5,59 + 5,59)}{2} = 15,26 \text{ m}^2$$

Při výpočtu zatěžovací plochy nebyly uvažovány mezilehlé krajní sloupy, čímž se zatěžovací plocha o něco zvětšila, zároveň byla zanedbána tíha obvodového pláště.

Síla od zatížení

$$F_{g1,Ek} = g_{1,k} * A = 4,71 * 15,26 = 71,86 \text{ kN}$$

$$F_{q1,Ek} = q_{1,k} * A = 2,72 * 15,26 = 41,46 \text{ kN}$$

$$F_{g2,Ek} = g_{2,k} * A = 5,41 * 15,26 = 89,87 \text{ kN}$$

$$F_{q2,Ek} = q_{2,k} * A = 0,8 * 15,26 = 12,21 \text{ kN}$$

Zatížení od vlastní tíhy nosníků

$$F_{0,Ek} = G_{st} * \frac{(L_{st,1} + L_{st,2})}{4} + G_{pr} * \frac{(L_{pr,1} + L_{pr,2})}{4} = 0,188 * \frac{5,5 + 5,42}{4} + 0,57 * \frac{5,59 + 5,59}{4} = 3,65 \text{ kN}$$

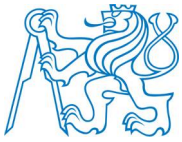
7.2.2. Návrh sloupu

Volba: **TR 194x8**

D	t	G	A	I	W	W _{pl}	i
mm	mm	kg/m	mm ²	mm ⁴	mm ³	mm ³	mm
			10 ³	10 ⁶	10 ³	10 ³	
194,0	8,0	36,7	4,7	20,3	208,8	276,9	65,8

Ocel: S355 J0

$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$



Výsledná síla působící na sloup

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= (8 * F_{g1,Ek} + F_{g2,Ek}) * \gamma_G + (8 * F_{q1,Ek} + F_{q2,Ek}) * \gamma_Q + G_{sl} * 10 * h_s * \gamma_G \\ &= (8 * 71,86 + 89,87) * 1,35 + (8 * 41,46 + 12,21) * 1,5 + 0,367 * 9 * 3,6 * 1,35 \\ &= \mathbf{1429 \text{ kN}} \end{aligned}$$

7.2.3. Posouzení sloupu

$$L_{sl} = 3,6 \text{ m} \quad \dots \text{ délka sloupu, resp. výška patra}$$

Kritické délky

(uložení: vetknutí – kloub-> zkrácení délky o 0,7)

$$L_{cr} = L_{sl} * 0,7 = 3,6 * 0,7 = \mathbf{2,52 \text{ m}}$$

Určení křivky vybočení

$$\text{křivka vybočení } a \rightarrow \alpha = 0,21$$

Poloměr setrvačnosti

$$i = 65,8 \text{ mm}$$

Srovnávací štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{fy}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,52}{65,8} * \frac{1}{76,4} = 0,294$$

Výpočet křivky vzpěrné pevnosti

$$\Phi = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,5 * (1 + 0,21 * (0,294 - 0,2) + 0,294^2) = 0,657$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,657 + \sqrt{0,657^2 - 0,294^2}} = \mathbf{0,924}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A_{sl} * f_{yd} = 0,924 * 4700 * 355 * 10^{-3} = \mathbf{1533 \text{ kN}}$$

$$N_{b,Rd} = \underline{\quad 1533 \text{ kN} \quad} > \quad N_{Ed} = \underline{\quad 1429 \text{ kN} \quad}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 93%

Vzhledem k tomu, že se jedná o 9 patrovou budovu, bylo by vhodné navrhnout různé profily po výšce objektu. Výpočet by byl identický, jako na předchozích stránkách při výpočtu krajního a vnitřního sloupu. Ve statickém výpočtu není zúžení profilů zahrnuto.



8. PŘÍPOJE STROPNÍCH NOSNÍKŮ

8.1. Stropnice na průvlak

 $F_{Ed} = 57,11 \text{ kN}$

... reakce od stropnice, viz str. 17

Stropnice IPE 180

h	b	t_w	tf
mm	mm	mm	mm
180	91,00	5,30	8,00

Průvlak IPE 360

h	b	t_w	tf
mm	mm	mm	mm
360	170	8,0	12,7

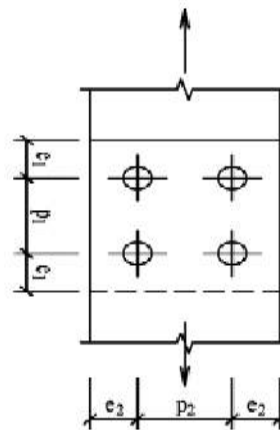
Návrh šroubu

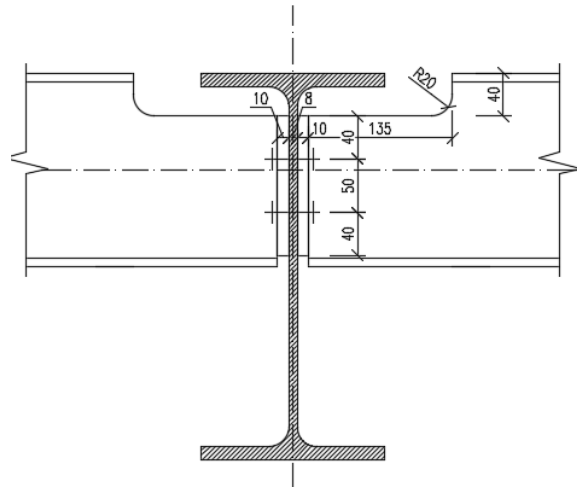
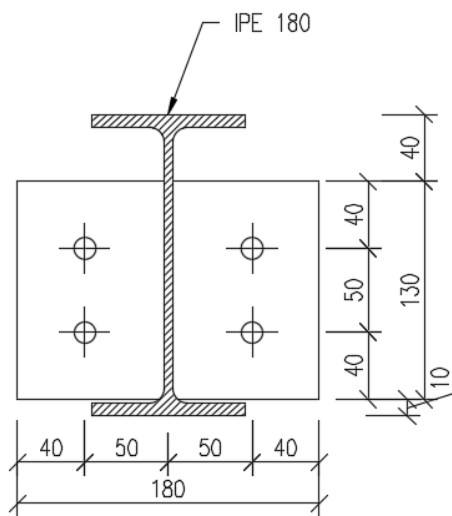
Šroub: M16

1	d [mm]	16
2	d ₀	18
	A [mm ²]	201
3	e1 min.	22
4	e2 min.	22
5	p1 min.	40
6	p2 min.	43
7	e1 dop.	36
8	e2 dop.	27
9	p1 dop.	63
10	p2 dop.	54

Jakost: 8.8

f _{yv} [MPa]	640
f _{ub} [MPa]	800
f _u [MPa]	360



Návrh čelní desky

- $b = 180 \text{ mm}$... šířka plechu
 $h = 130 \text{ mm}$... výška plechu
 $t_d = 8 \text{ mm}$... tloušťka plechu
 $n = 4$... počet šroubů

Rozteče šroubů

$$e_1 = 40 \text{ mm} > e_{1,min} = 22 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm} > e_{2,min} = 22 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm} > p_{1,min} = 40 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm} > p_{2,min} = 43 \text{ mm}$$

Navržené rozteče šroubů jsou větší, než minimální hodnoty

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n_s * 0,6 * f_{ub} * \frac{A}{\gamma_{Mb}}$$

$n_s = 2$... počet střížných rovin

$$\gamma_{Mb} = 1,45$$

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * 360 * \frac{201}{1,45} = 133,1 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 * \alpha * f_u * d * \frac{\min(t_d; t_w)}{\gamma_{Mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1 * d_0}{3} \\ \frac{p_1 * d_0}{3} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{p_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,74 \\ 0,73 \\ 2,22 \\ 1,0 \end{array} \right\} = \mathbf{0,73}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 * 0,73 * 360 * 16 * \frac{\min(10; 8,0)}{1,45} = \mathbf{122,5 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubového spoje

$$n * F_{v,Rd} = 4 * 133,1 = \mathbf{532,5 \text{ kN}}$$

$$n * F_{b,Rd} = 4 * 122,5 = \mathbf{490,0 \text{ kN}}$$

$F_{v,Rd} =$	532,5 kN	>	$F_{Ed} =$	57,1 kN
$F_{b,Rd} =$	490,0 kN	>	$2x F_{Ed} =$	114,2 kN

VYHOVUJENávrh svaru

$$a = 3 \text{ mm} \quad \dots \text{ šířka svaru}$$

$$L_{we} = 130 \text{ mm} \quad \dots \text{ délka svaru}$$

Návrhová pevnost

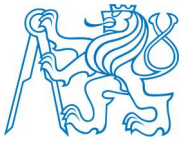
$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{(\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{Mw})} = \frac{360}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,5} = 153,96 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Rd} = 2 * a * L_{we} * f_{vw,d} = 2 * 3 * 130 * 153,96 * 10^{-3} = 120,1 \text{ kN}$$

$F_{w,Rd} =$	120,1 kN	>	$F_{Ed} =$	57,1 kN
--------------	----------	---	------------	---------

VYHOVUJEPosouzení smykové únosnost oslabeného průřezuPlocha oslabeného průřezu

$$A_{vz} = L_{we} * t_w = 130 * 5,3 = 689 \text{ mm}^2$$



$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{689 * 355 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 141,2 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \underline{\hspace{10em} 141,2 \text{ kN} \hspace{10em}} > \underline{\hspace{10em} F_{Ed} = 57,1 \text{ kN} \hspace{10em}}$$

VYHOVUJE

Navržený spoj 4xM16 a svar tloušťky 3 mm a délky 160 mm vyhoví.

Pozn.: Spoj stropnice – sloup (na stojinu sloupu) bude identický.

8.2. Průvlak na běžný sloup

Průvlak napojen na pásnici sloupu

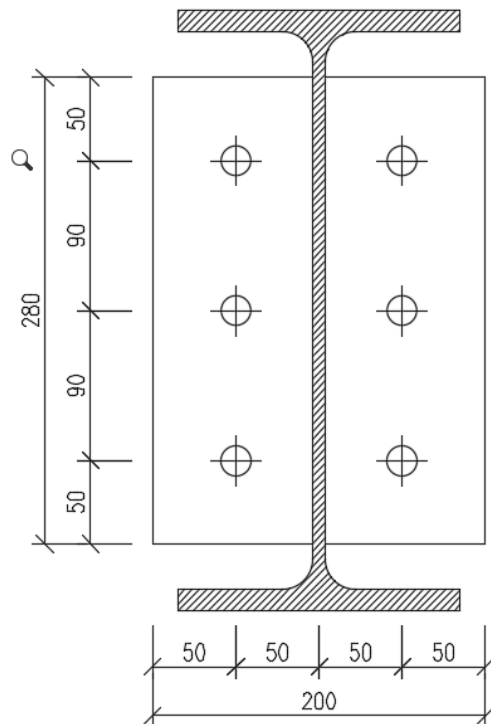
$F_{Ed} = 173,51 \text{ kN}$... reakce od průvlaku, viz str. 26

Průvlak IPE 360

h	b	t_w	tf
mm	mm	mm	mm
360	170	8,0	12,70

Sloup HEB 260

h	b	t_w	tf
mm	mm	mm	mm
260	260	10,0	17,5

Návrh šroubu

šroub: M16, jakost 8.8 ... parametry šroubu viz str. 38

Parametry čelní desky

$b = 200 \text{ mm}$... šířka plechu

$h = 280 \text{ mm}$... výška plechu

$t_d = 10 \text{ mm}$... tloušťka plechu

$n = 6$... počet šroubů

Rozteče šroubů

$e_1 = 50 \text{ mm} > e_{1,min} = 22 \text{ mm}$

$e_2 = 50 \text{ mm} > e_{2,min} = 22 \text{ mm}$

$p_1 = 90 \text{ mm} > p_{1,min} = 40 \text{ mm}$

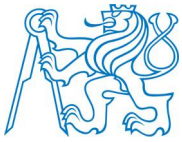
$p_2 = 100 \text{ mm} > p_{2,min} = 43 \text{ mm}$

Navržené rozteče šroubů jsou větší, než minimální hodnoty

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n_s * 0,6 * f_{ub} * \frac{A}{\gamma_{Mb}}$$

$n_s = 1$... počet střížných rovin



$$\gamma_{Mb} = 1,45$$

$$F_{v,Rd} = 1 * 0,6 * 360 * \frac{201}{1,45} = \mathbf{66,6 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 * \alpha * f_u * d * \frac{\min(t_d; t_w)}{\gamma_{Mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1 * d_0}{3} \\ \frac{p_1 * d_0}{3} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{p_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{50}{3 * 18} \\ \frac{50}{3 * 18} \\ \frac{800}{360} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,38 \\ 0,55 \\ 2,22 \\ 1,0 \end{array} \right\} = \mathbf{0,73}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 * 0,73 * 360 * 16 * \frac{\min(10; 8)}{1,45} = \mathbf{122,5 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubového spoje

$$n * F_{v,Rd} = 6 * 66,6 = \mathbf{399,4 \text{ kN}}$$

$$n * F_{b,Rd} = 6 * 918,7 = \mathbf{918,7 \text{ kN}}$$

$$F_{v,Rd} = 399,4 \text{ kN} > F_{Ed} = 173,5 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 918,7 \text{ kN} > F_{Ed} = 173,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh svaru

$$a = 3 \text{ mm} \quad \dots \text{ šířka svaru}$$

$$L_{we} = 280 \text{ mm} \quad \dots \text{ délka svaru}$$

Návrhová pevnost

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{(\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{Mw})} = \frac{360}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,5} = 153,96 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Rd} = 2 * a * L_{we} * f_{vw,d} = 2 * 3 * 280 * 153,96 * 10^{-3} = 258,7 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = 258,7 \text{ kN} > F_{Ed} = 173,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení smykové únosnosti oslabeného průřezu

Plocha oslabeného průřezu

$$A_{vz} = L_{we} * t_w = 280 * 8,0 = 2240 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{2240 * 355 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 459,1 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \underline{\quad 459,1 \text{ kN} \quad} > \quad F_{Ed} = \quad 173,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

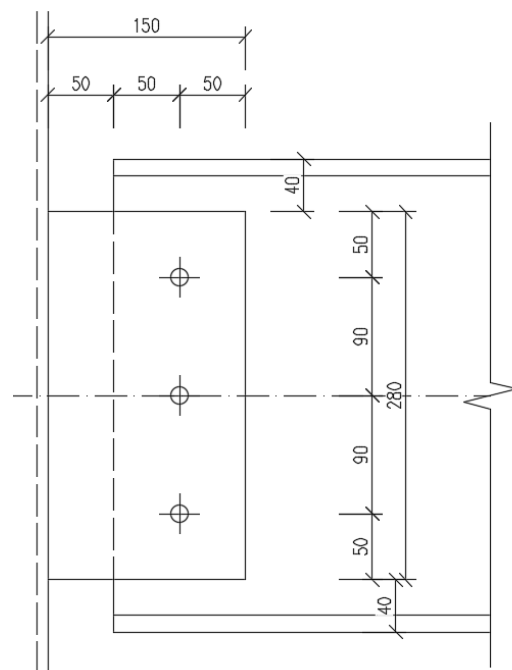
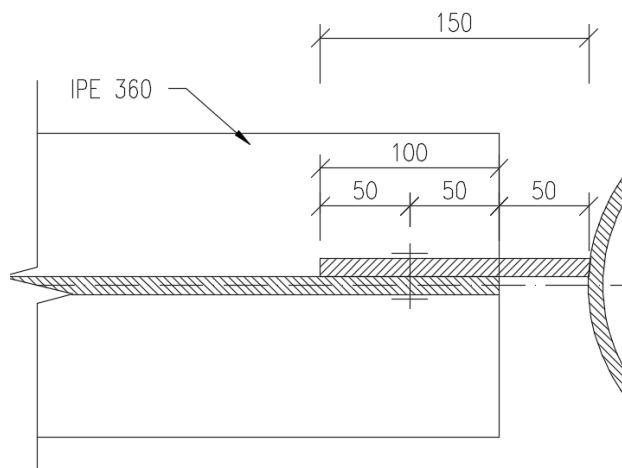
Navržený spoj 6xM16 a svar tloušťky 3 mm a délky 280 mm vyhoví.**8.3. Stropnice na krajní sloup**

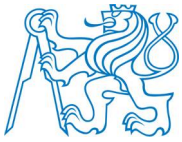
$$F_{Ed} = 173,51 * 0,5 = 86,76 \text{ kN}$$

Reakce od průvlaku ze str. 26 konzervativně zmenšena na polovinu pro krajní nosník

Průvlak IPE 360

h	b	t_w	tf
mm	mm	mm	mm
180	91,00	5,30	8,00

Návrh čelní desky $b = 150 \text{ mm}$... šířka plechu $h = 280 \text{ mm}$... výška plechu $t_d = 10 \text{ mm}$... tloušťka plechu $n = 3$... počet šroubů

Rozteče šroubů

$$e_1 = 50 \text{ mm} > e_{1,min} = 22 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm} > e_{2,min} = 22 \text{ mm}$$

$$p_1 = 90 \text{ mm} > p_{1,min} = 40 \text{ mm}$$

Navržené rozteče šroubů jsou větší, než minimální hodnoty

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} = n_s * 0,6 * f_{ub} * \frac{A}{\gamma_{Mb}}$$

$$n_s = 1 \quad \dots \text{počet střížných rovin}$$

$$\gamma_{Mb} = 1,45$$

$$F_{v,Rd} = 1 * 0,6 * 360 * \frac{201}{1,45} = 66,6 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 * \alpha * f_u * d * \frac{\min(t_d; t_w)}{\gamma_{Mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1 * d_0}{3} \\ \frac{p_1 * d_0}{3} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{p_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,08 \\ 0,73 \\ 2,22 \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,73$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 * 0,73 * 360 * 16 * \frac{\min(10; 8,0)}{1,45} = 122,5 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového spoje

$$n * F_{v,Rd} = 3 * 133,1 = 199,7 \text{ kN}$$

$$n * F_{b,Rd} = 3 * 122,5 = 367,5 \text{ kN}$$

$F_{v,Rd} =$	199,7 kN	>	$F_{Ed} =$	86,8 kN
$F_{b,Rd} =$	367,5 kN	>	$F_{Ed} =$	86,8 kN

VYHOVUJE

Návrh svaru

$$a = 3 \text{ mm} \quad \dots \text{šířka svaru}$$

$$L_{we} = 280 \text{ mm} \quad \dots \text{délka svaru}$$



Návrhová pevnost

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{(\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{Mw})} = \frac{360}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,5} = 153,96 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Rd} = 2 * a * L_{we} * f_{vw,d} = 2 * 3 * 280 * 153,96 * 10^{-3} = 258,7 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = \underline{\hspace{10em} 258,7 \text{ kN} \hspace{10em}} > \hspace{10em} F_{Ed} = \underline{\hspace{10em} 86,8 \text{ kN} \hspace{10em}}$$

VYHOVUJE

Posouzení smykové únosnosti plechu

Plocha oslabeného průřezu

$$A_{vz} = L_{we} * t_w = 280 * 10 = 2800 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{2800 * 355 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 573,9 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \underline{\hspace{10em} 573,9 \text{ kN} \hspace{10em}} > \hspace{10em} F_{Ed} = \underline{\hspace{10em} 86,8 \text{ kN} \hspace{10em}}$$

VYHOVUJE

Navržený spoj 3xM16 a svar tloušťky 3 mm a délky 280 mm vyhoví

Pozn.: Výpočet stropnice na krajní sloup je identický, jako u výpočtu stropnice na průvlak(str.38)



9. PATKA SLOUPU

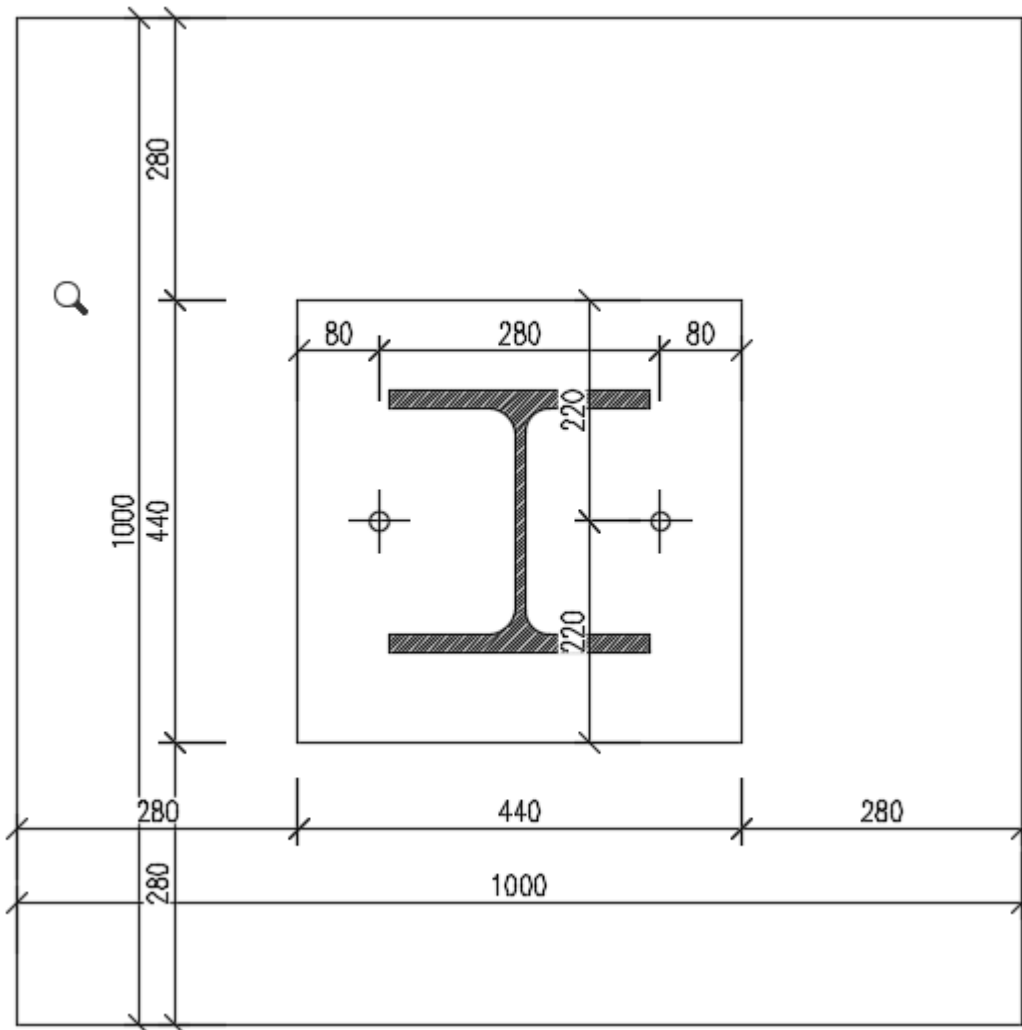
Parametry patky

Beton: C25/30

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$a_c = 1000 \text{ mm}$

$b_c = 1000 \text{ mm}$



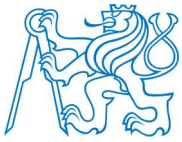
Parametry patního plechu

$a_0 = 440 \text{ mm}$

$b_0 = 440 \text{ mm}$

$t_p = 40 \text{ mm}$... tloušťka plechu

$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

*Návrhová únosnost betonu*

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c}$$

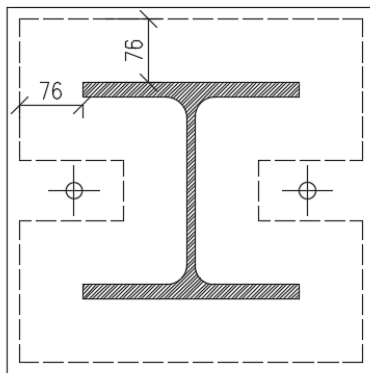
$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_c * b_c}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{1000 * 1000}{440 * 440}} = 2,2727$$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 2,2727 * 25}{1,5} = 25,25 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 40 * \sqrt{\frac{355}{3 * 25,25}} = 76 \text{ mm}$$

*Efektivní plocha (stanovena graficky z obrázku)*

$$A_{eff} = 151500 \text{ mm}^2$$

Únosnost hlavy patky

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 151500 * 10^{-3} * 25,25 = 3825,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{3825,8 \text{ kN}}{1} > \frac{N_{Ed} = 3431,0 \text{ kN}}{1}$$

VYHOVUJE

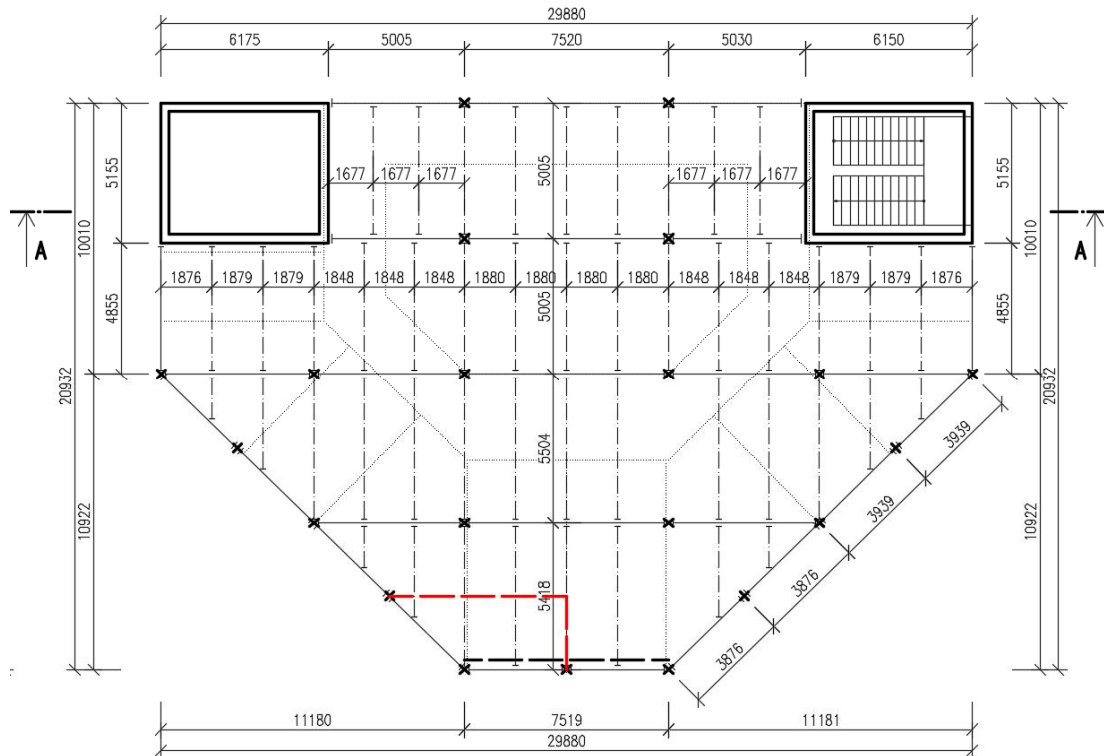
Využití 89,68%



10. OCELOVÉ ZTUŽIDLO

10.1. Zatížení ztužidla

Vzhledem k tomu, že betonová jádra mají jistě mnohem větší tuhost než ocelové ztužidlo, konzervativně navrhujeme, že ztužidlo přebere 10% vodorovného zatížení. Ztužidlo slouží čistě pro zlepšení tuhosti přední části budovy (na obrázku dole).



Červeně označená zatěžovací plocha (mezilehlý sloup vlevo zanedbán)

Parametry objektu

$h = 32,6 \text{ m}$... výška objektu

$b = 26,3 \text{ m}$... šířka objektu

$l = 29,88 \text{ m}$... délka objektu

$h_s = 3,6 \text{ m}$... výška podlaží

$n_p = 9$... počet podlaží (9 nadzemních podlaží)

10.1.1. Naklonění soustavy od výroby a montáže

$$\varphi = \alpha_h * \alpha_m * \Phi_0$$

$$\Phi_0 = \frac{1}{200}$$



Redukční součinitel počtu sloupů

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

$m = 2$... redukční součinitel počtu sloupů v řadě

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{2}\right)} = \mathbf{0,87}$$

Redukční součinitel výšky budovy

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{32,6}} = 0,35$$

$$\frac{2}{3} < \alpha_h < 1,0 \rightarrow \alpha_h = \mathbf{0,66}$$

$$\varphi = 0,87 * 0,66 * \frac{1}{200} = \mathbf{0,001508}$$

10.1.2. Zatížení

$A_{ob} = 518 \text{ m}^2$... plocha celého objektu

$A_{sl} = 32,97 \text{ m}^2$... zatěžovací plocha běžného sloupu

Zatížení od jednotlivých účinků (hodnoty převzaty od zatížení sloupu, viz str. 33)

$$F_{Gk,1} = \frac{F_{g1,k} * A_{ob}}{A_{sl}} = \frac{155,27 * 518}{32,97} = 2439 \text{ kN}$$

$$F_{Gk,2} = \frac{F_{g2,k} * A_{ob}}{A_{sl}} = \frac{185,95 * 518}{32,97} = 2921,3 \text{ kN}$$

$$F_{Gk,3} = \frac{F_{q1,k} * A_{ob}}{A_{sl}} = \frac{89,57 * 518}{32,97} = 1407,2 \text{ kN}$$

$$F_{Gk,4} = \frac{F_{q2,k} * A_{ob}}{A_{sl}} = \frac{26,38 * 518}{32,97} = 414,4 \text{ kN}$$

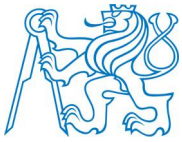
Ekvivalentní vodorovné síly

$$\Phi F_{Gk,1} = 0,001508 * 2439 = \mathbf{3,68 \text{ kN}}$$

$$\Phi F_{Gk,2} = 0,001508 * 2921 = \mathbf{4,4 \text{ kN}}$$

$$\Phi F_{Qk,1} = 0,001508 * 1407 = \mathbf{2,12 \text{ kN}}$$

$$\Phi F_{Qk,2} = 0,001508 * 414,4 = \mathbf{0,62 \text{ kN}}$$

Zatížení od větru na celé patro

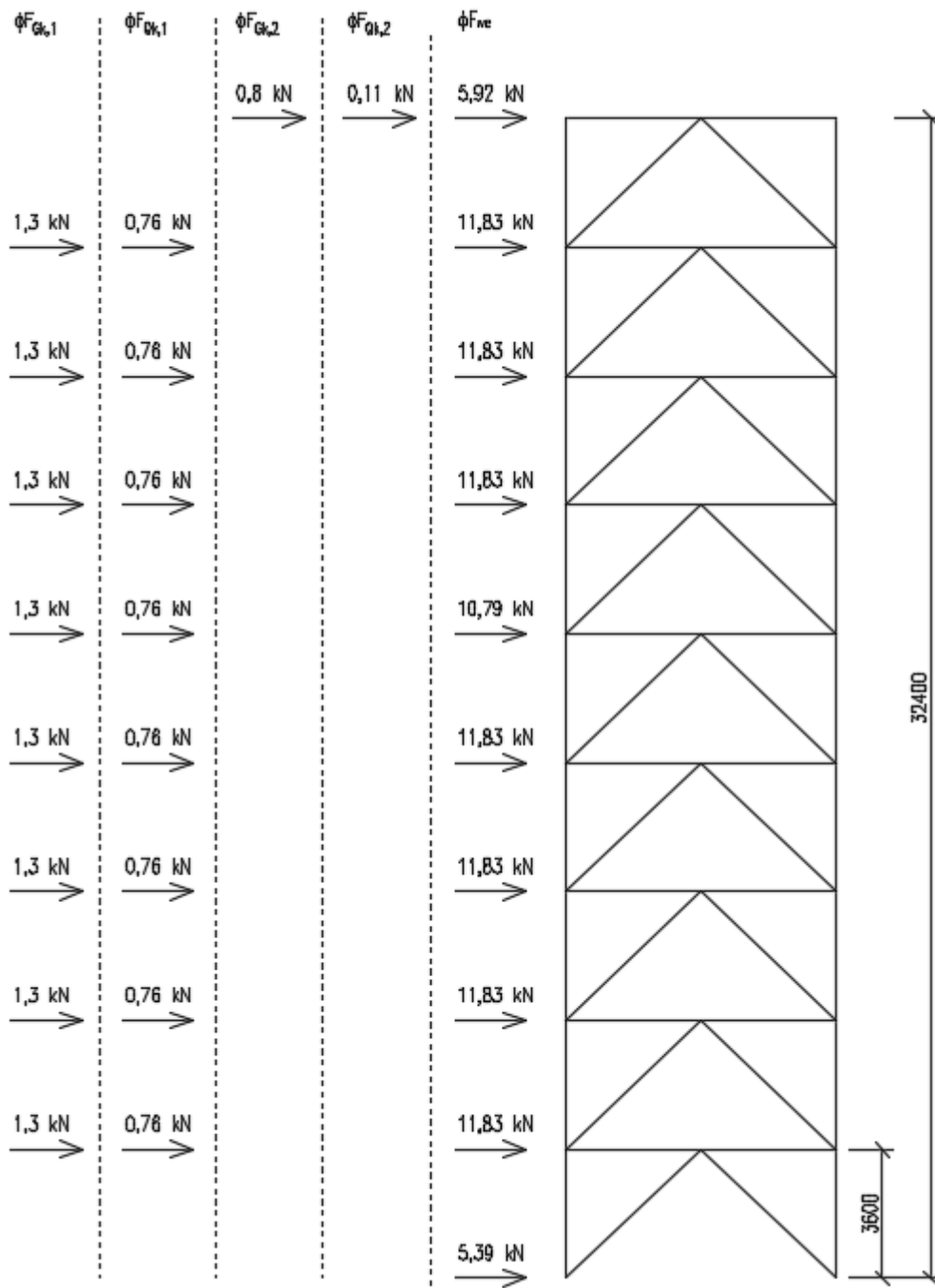
$$F_{we}(h) = b * h_s * q_{wk}(h) = 26,3 * 3,6 * 1,26 = \mathbf{118,3 \text{ kN}}$$

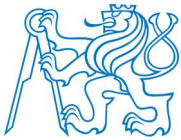
$$F_{we}(b) = b * h_s * q_{wk}(b) = 26,3 * 3,6 * 1,15 = \mathbf{107,9 \text{ kN}}$$

Výsledné zatížení na konstrukci

Zatížení od naklonění soustavy bylo ve schématu vynásobeno příslušnou zatěžovací výškou.

Všechny síly pak byly zmenšeny na 10% zatížení.





Výpočet vnitřních sil byl proveden na počítači, viz příloha 1. Jako rozhodující kombinace byl zvolen stav, kdy zatížení od větru bylo vynásobeno kombinačním součinitelem 1,5, ostatní proměnné zatížení byly redukovány redukčními součiniteli 0,7 a 0,6. Z obrázku je patrné, že vítr bude mít v našem případě rozhodující roli.

10.2. Návrh ztužidla

Volba: **TR 108x4**

D	t	G	A	I	W	W _{pl}	i
mm	mm	kg/m	mm ²	mm ⁴	mm ³	mm ³	mm
			10 ³	10 ⁶	10 ³	10 ³	
108,0	4,0	10,3	1,3	1,8	32,8	43,3	36,8

Ocel: S355 J0

$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

Normálová síla ve ztužidle

$N_{Ed} = 106,4 \text{ kN}$

10.2.1. Posouzení sloupu

$L_d = 5,02 \text{ m}$... délka diagonály

Kritické délky

(uložení: kloub- kloub-> kritická délka bude stejná)

$L_{cr} = L_d = 5,02 \text{ m}$

Určení křivky vybočení

křivka vybočení a $\rightarrow \alpha = 0,21$

Poloměr setrvačnosti

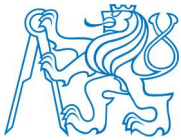
$i = 36,8 \text{ mm}$

Srovnávací štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,52}{36,8} * \frac{1}{76,4} = 1,786$$



Výpočet křivky vzpěrné pevnosti

$$\Phi = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,5 * (1 + 0,21 * (1,786 - 0,2) + 1,786^2) = 2,261$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{2,261 + \sqrt{2,261^2 - 1,786^2}} = \mathbf{0,274}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A_{sl} * f_{yd} = 0,274 * 1300 * 355 * 10^{-3} = \mathbf{127 \text{ kN}}$$

$$N_{b,Rd} = \underline{\quad 127 \text{ kN} \quad} > \underline{\quad N_{Ed} = \quad 106 \text{ kN} \quad}$$

VYHOVUJE

Využití profilu 84%

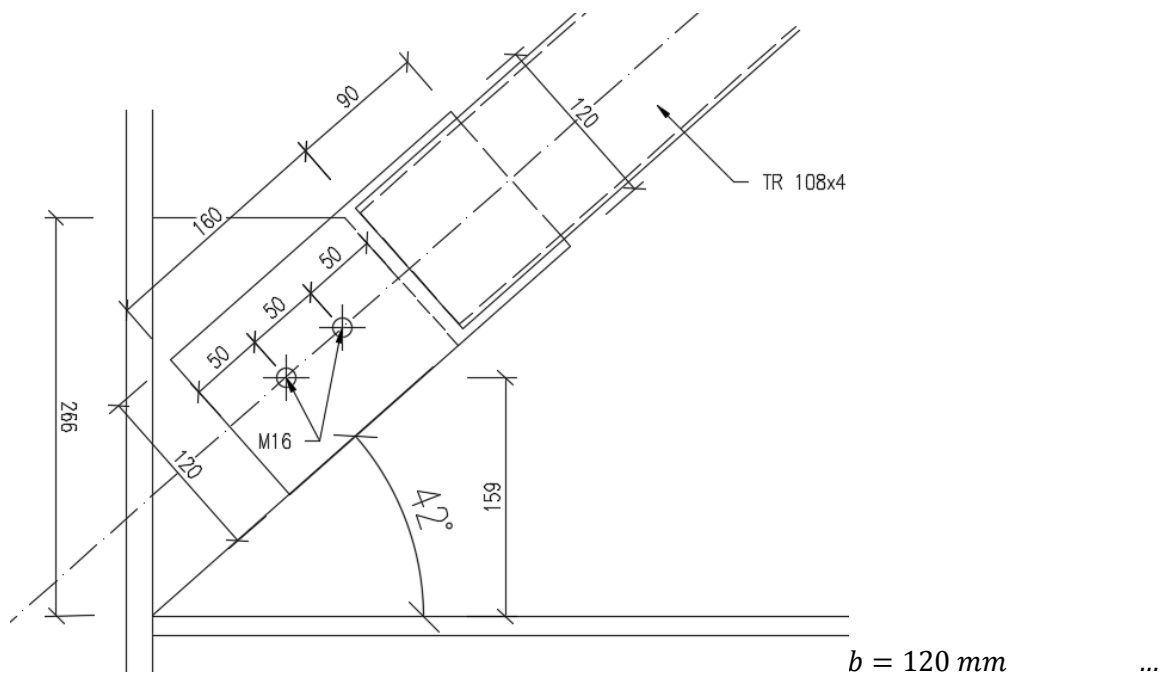
10.2.2. Šroubový spoj

$$F_{Ed} = 106,4 \text{ kN} \quad \dots \text{ normálová síla ve ztužidle}$$

Návrh šroubu

šroub: M16, jakost 8.8 ... parametry šroubu viz str. 38

Návrh styčnicku



šířka plechu

$h = 250 \text{ mm}$... výška plechu

$t_d = 8 \text{ mm}$... tloušťka plechu

$n = 2$... počet šroubů

Rozteče šroubů



$$e_1 = 50 \text{ mm} > e_{1,min} = 22 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm} > e_{2,min} = 22 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm} > p_{1,min} = 40 \text{ mm}$$

Navržené rozteče šroubů jsou větší, než minimální hodnoty

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n_s * 0,6 * f_{ub} * \frac{A}{\gamma_{Mb}}$$

$$n_s = 1 \quad \dots \text{počet střížných rovin}$$

$$\gamma_{Mb} = 1,45$$

$$F_{v,Rd} = 1 * 0,6 * 360 * \frac{201}{1,45} = \mathbf{66,6 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 * \alpha * f_u * d * \frac{\min(t_d; t_w)}{\gamma_{Mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1 * d_0}{3} \\ \frac{p_1 * d_0}{3} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{p_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,73 \\ 0,73 \\ 2,22 \\ 1,0 \end{array} \right\} = \mathbf{0,73}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 * 0,73 * 360 * 16 * \frac{\min(0,8; 8,0)}{1,45} = \mathbf{122,5 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubového spoje

$$n * F_{v,Rd} = 4 * 133,1 = \mathbf{66,6 \text{ kN}}$$

$$n * F_{b,Rd} = 4 * 122,5 = \mathbf{122,5 \text{ kN}}$$

$$F_{v,Rd} = 133,1 \text{ kN} > F_{Ed} = 106,6 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 245,0 \text{ kN} > F_{Ed} = 106,6 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh svaru styčníku(2x koutový svar)

$$a = 3 \text{ mm} \quad \dots \text{ šířka svaru}$$

$$L_{we} = 266 \text{ mm} \quad \dots \text{ délka svaru}$$

Rozložení sil na vodorovnou a svislou složku

$$F_{Hd} = N_{Ed} * \cos \alpha = 106,4 * \cos 42 = 79,07 \text{ kN}$$

$$F_{Vd} = N_{Ed} * \sin \alpha = 106,4 * \sin 42 = 71,19 \text{ kN}$$

Pevnost svaru

$$\tau_{II} = \frac{F_{Vd}}{2 * a * L_{we}} = \frac{71,19 * 10^3}{2 * 3 * 266} = 44,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_T = \sigma_T = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left(\frac{F_{Hd}}{2 * a * L_{we}} + \frac{F_{Vd} * e}{W_{we}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left(\frac{79,07}{2 * 3 * 266} + \frac{71,19 * 159}{2 * \frac{1}{6} * 3 * 266} \right) = 30,12 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_T^2 + 3 * (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)} = \sqrt{30,12^2 + 3 * (30,12^2 + 44,58^2)} = 97,9 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 * 1,25} = 453,3 \text{ MPa}$$

453,3 MPa

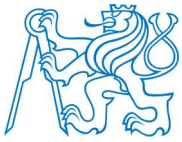
>

97,9 MPa

VYHOVUJE

Přípoj diagonály vyhoví.

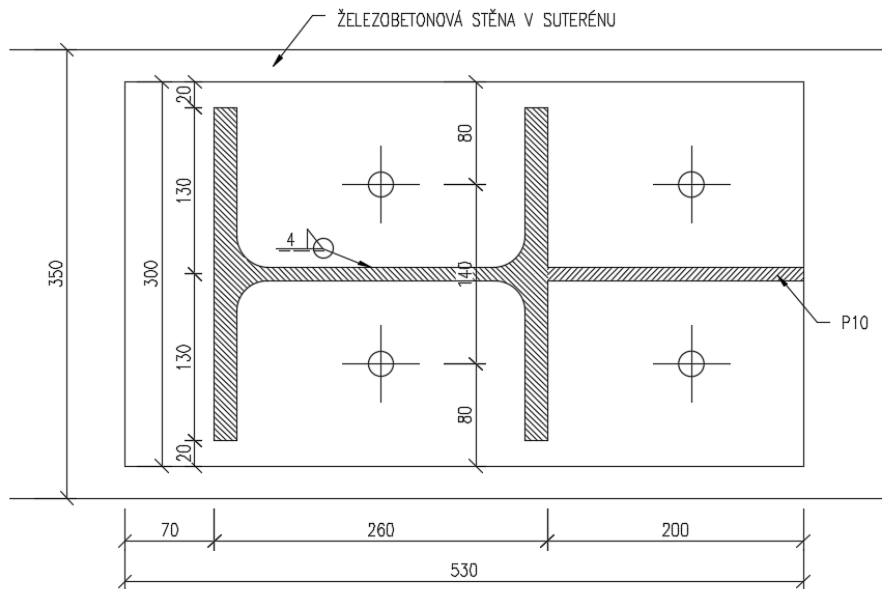
Pozn.: Přetížení sloupu v místě ztužidla není nutné počítat. Jako sloup ztužidla je navržen HEB 260, který vyhověl jako vnitřní sloup. Vzhledem k tomu, že přetížení ztužidla se pohybuje kolem 250 kN, lze bezpečně předpokládat, že sloup na přetížení vyhoví.



11. PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA

$$N_{Ed} = \frac{3431}{2} + 215 = \mathbf{1930 \text{ MPa}}$$

Zatížení sloupu ztužidla bylo konzervativně odhadnuto pouze jako polovina zatížení vnitřního sloupu s přidanou hodnotou od reakce ztužidla.



Parametry patky

Beton: C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$a_c = 350 \text{ mm}$$

...tloušťka suterénní stěny

$$b_c = 3 * b = 3 * 530 = 1590 \text{ mm}$$

... započitatelný podélný rozměr stěny

Parametry patního plechu

$$a_0 = 300 \text{ mm}$$

$$b_0 = 530 \text{ mm}$$

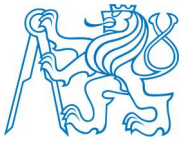
$$t_p = 40 \text{ mm} \quad \dots \text{tloušťka plechu}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

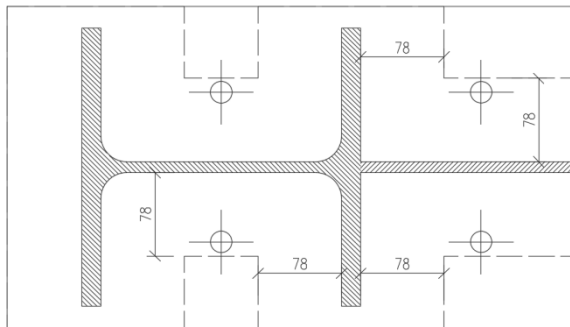


$$k_j = \sqrt{\frac{a_c * b_c}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{350 * 1590}{300 * 530}} = 1,87$$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 1,87 * 25}{1,5} = 20,79 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 40 * \sqrt{\frac{235}{3 * 20,79}} = 78 \text{ mm}$$



Efektivní plocha (stanovena graficky z obrázku)

$$A_{eff} = 133220 \text{ mm}^2$$

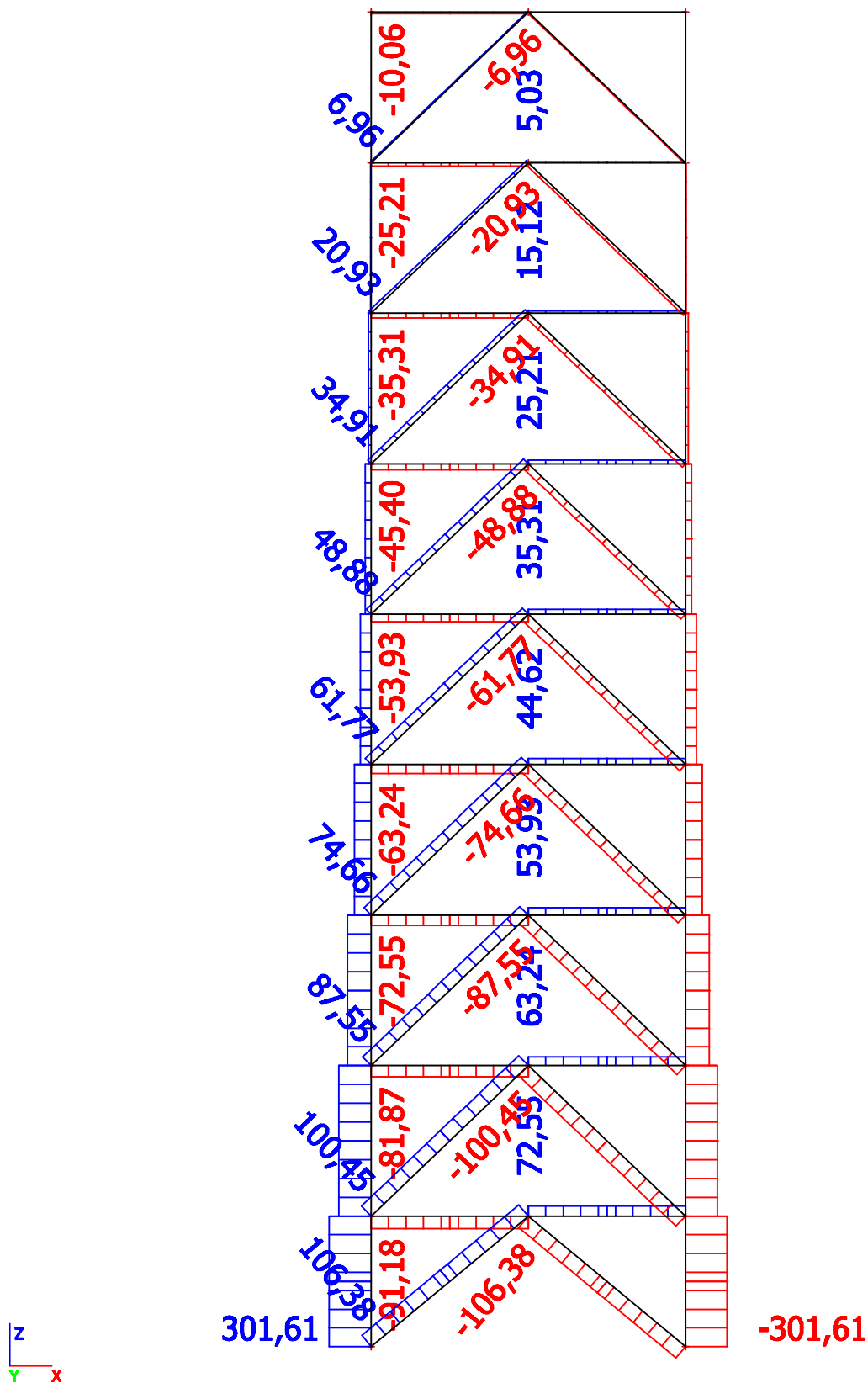
Únosnost hlavy patky

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 133220 * 10^{-3} * 20,79 = 2769,2 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{2769,2 \text{ kN}}{\quad} > \frac{N_{Ed} = 1930 \text{ kN}}{\quad}$$

VYHOVUJE

Využití 69,71%



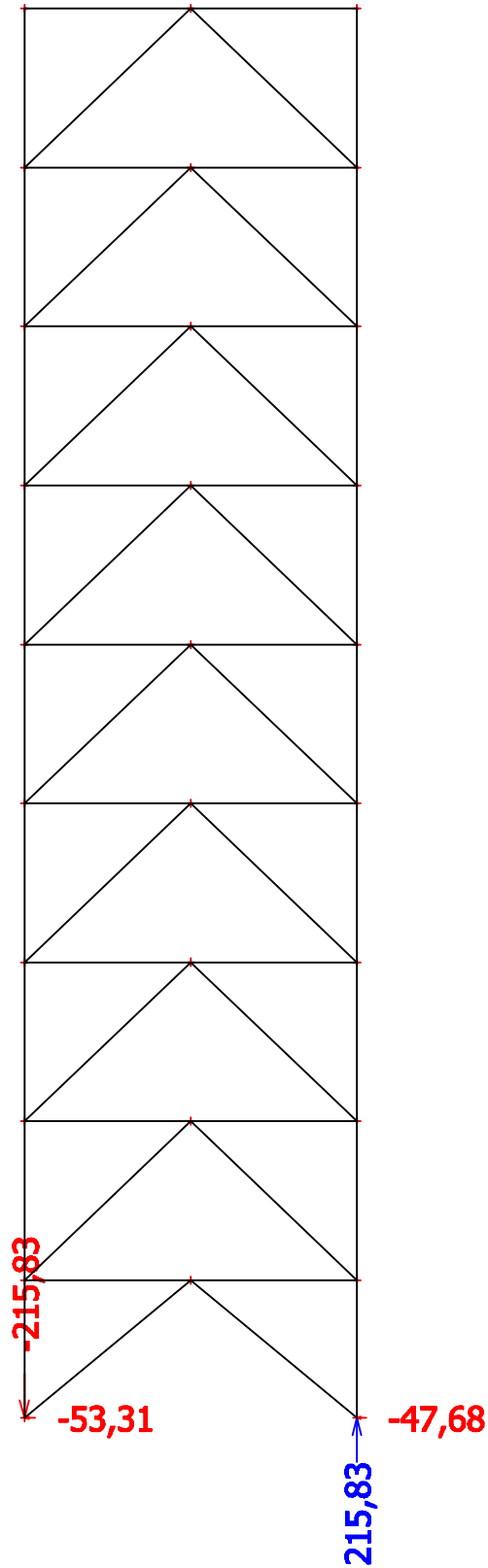






SCHÉMA KONSTRUKCE

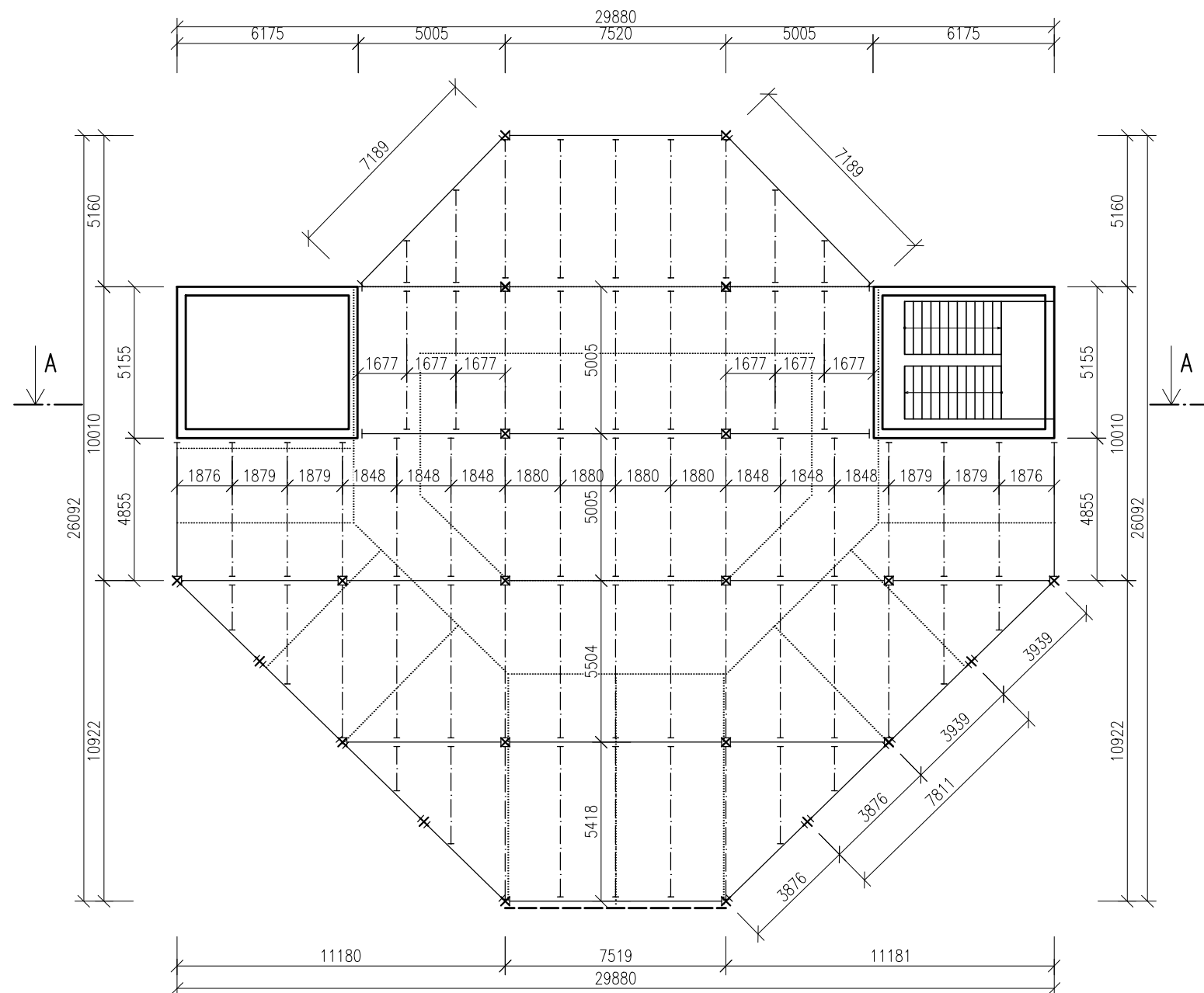
PŮDORYS 1.NP

M: 1:200

LEGENDA

VÝPIS MATERIÁLŮ

-  ŽELEZOBETONOVÉ JÁDRO
-  SLOUP
-  PRŮVLAK
-  STROPNICE




VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017
OBSAH VÝKRESU: DISPOZIČNÍ VÝKRESY - PŮDORYS 1.NP a TYP.PODLAŽÍ		FORMÁT A3 (2xA4)
		ČÁST DP 4.
		MĚŘÍTKO 1:200
		ČÍSLO VÝKRESU 01

SCHÉMA KONSTRUKCE

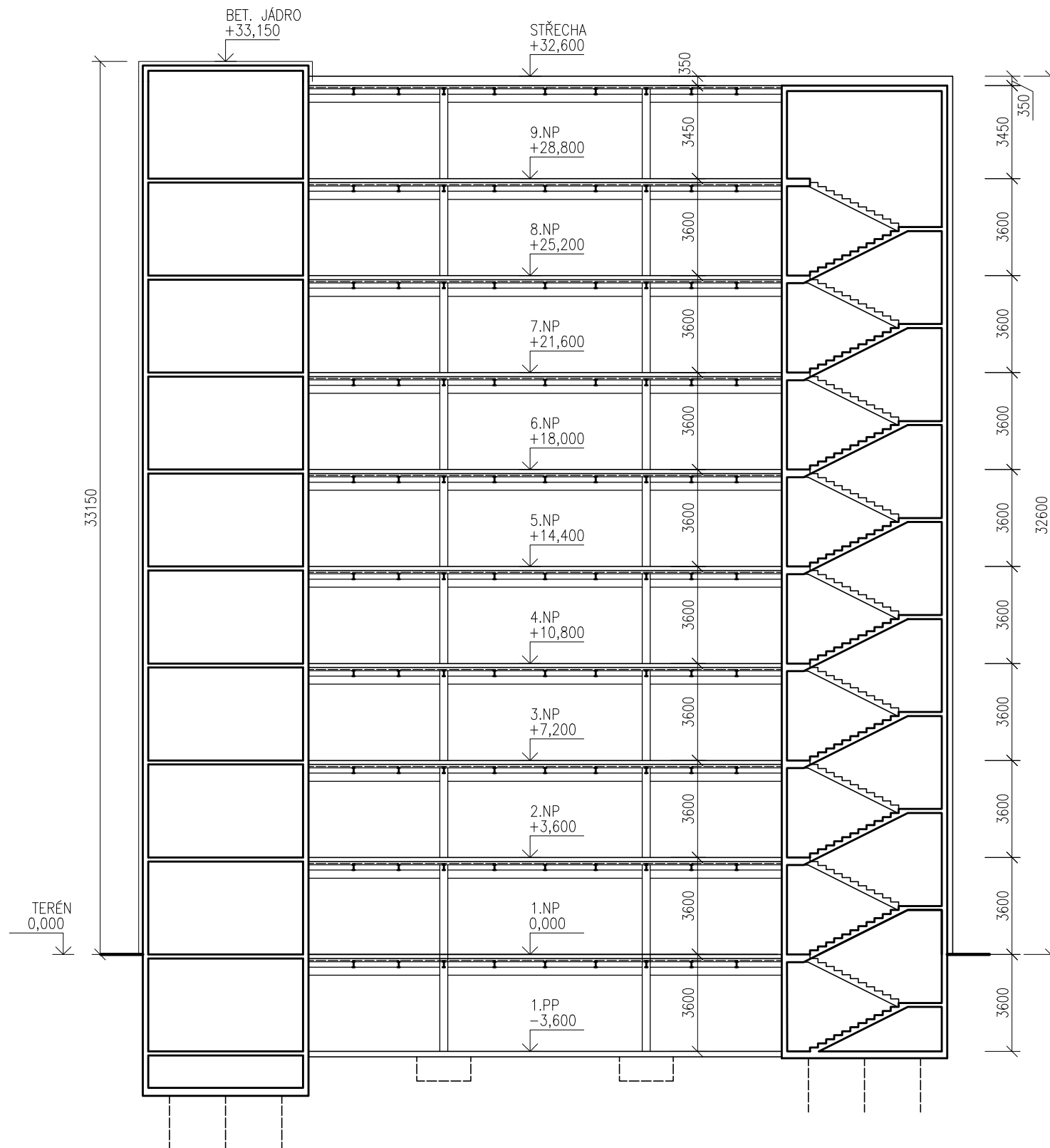
ŘEZ A-A


M: 1:200

LEGENDA

VÝPIS MATERIÁLŮ

— ŽELEZOBETONOVÉ JÁDRO

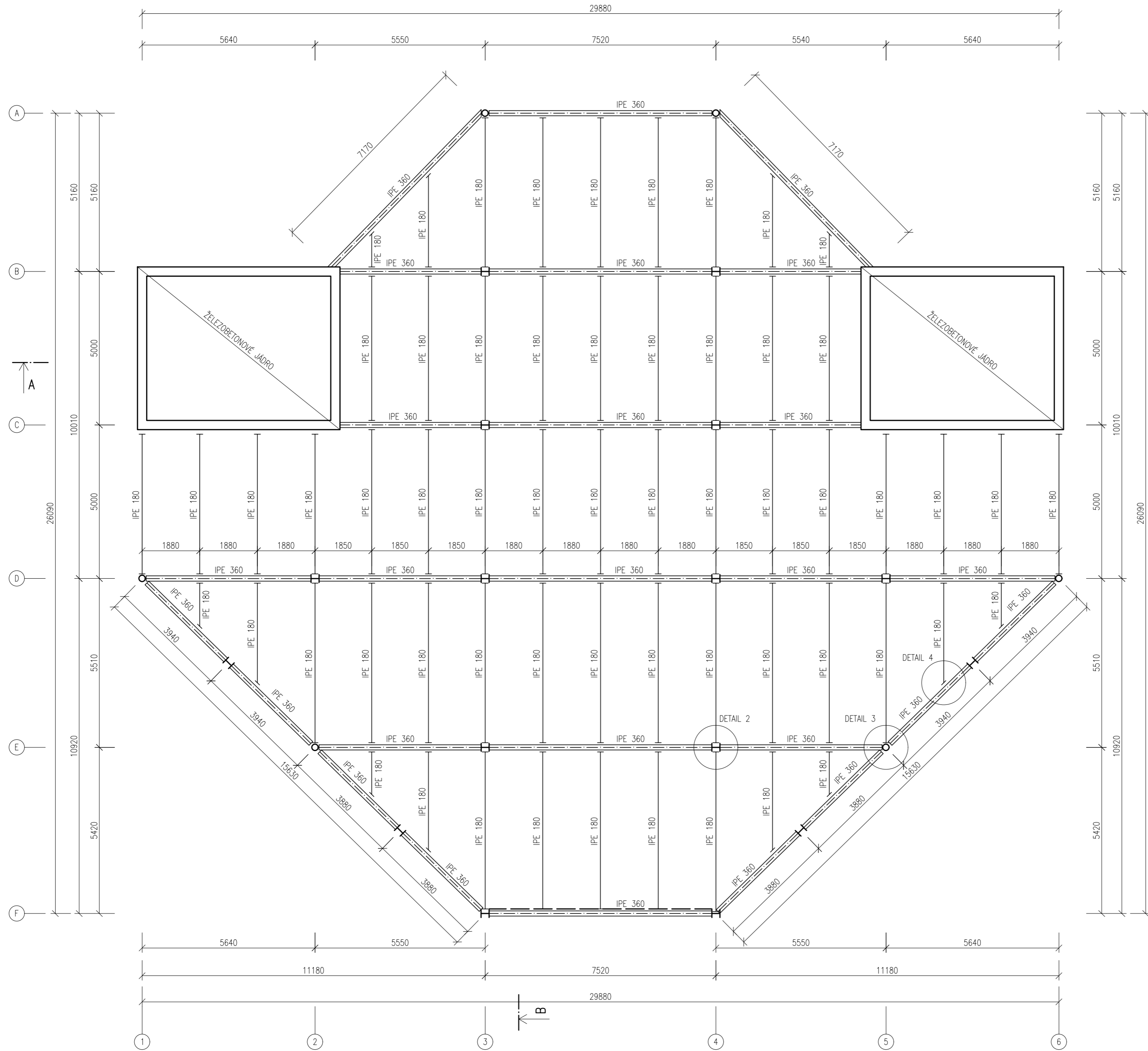


VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017 FORMÁT A3 (2xA4) ČÁST DP 4.
OBSAH VÝKRESU: DISPOZIČNÍ VÝKRESY - ŘEZ A-A		MĚŘÍTKO 1:200 ČÍSLO VÝKRESU 02


OCELOVÁ KONSTRUKCE

PŮDORYS 1.NP

M: 1:100

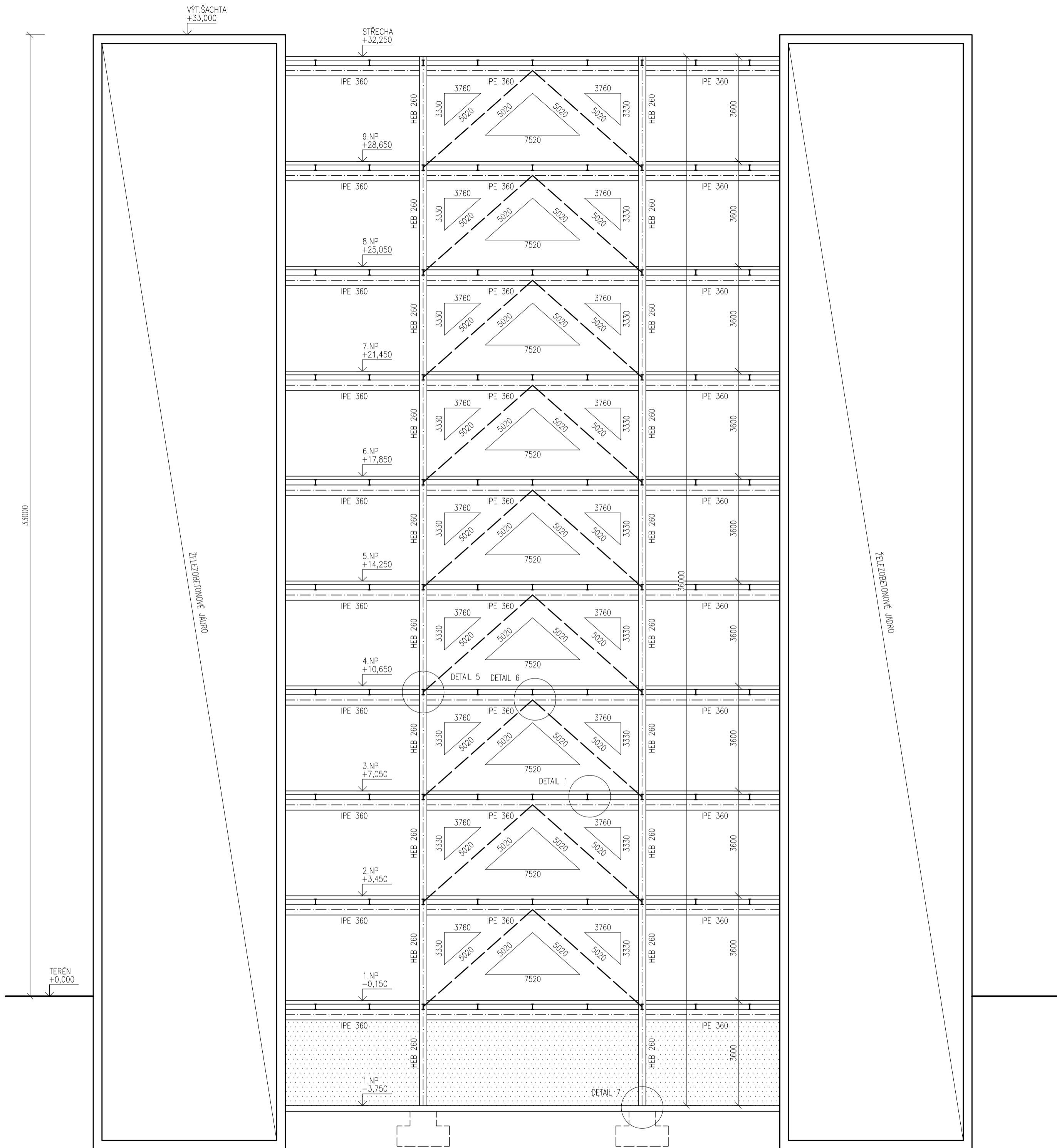


MATERIÁLY:
 OCEL: S355JO SLOUPY, STROPNÍ NOSNÍKY
 S320GD TRAPÉZOVÉ PLECHY
 S235JR ZTUŽENÍ
 BETON: C16/20 ZÁKLADY
 C25/30 BETONOVÉ JÁDRO


VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017 FORMÁT A2 (4xA4) ČÁST DP 4.
OBSAH VÝKRESU: PŮDORYS 1.NP		MĚŘÍTKO 1:50 ČÍSLO VÝKRESU 03

OCELOVÁ KONSTRUKCE

ŘEZ A-A
M: 1:100

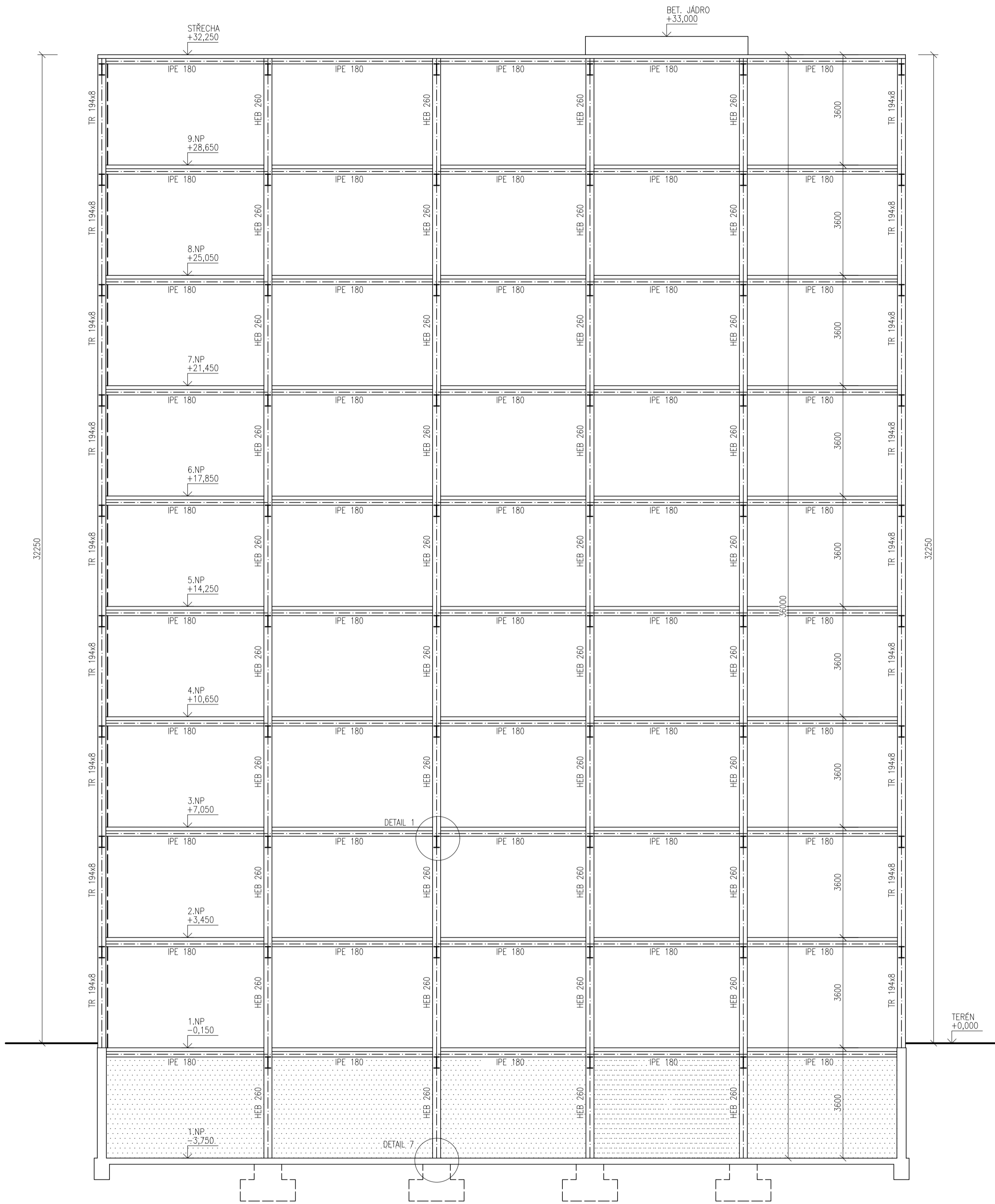


MATERIÁLY:
 OCEĽ: S355J0
 s 320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
 BETON: C16/20 (ZÁKLADY)
 C25/30

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017
OBSAH VÝKRESU: ŘEZ A-A		FORMÁT A2 (4x4)
		ČÁST DP 4.
		MĚŘÍTKO 1:100
		ČÍSLO VÝKRESU 04

OCELOVÁ KONSTRUKCE


ŘEZ A-A
M: 1:100



MATERIÁLY:

OCEL: S355JO SLOUPY, STROPNÍ NOSNÍKY
S320GD TRAPÉZOVÉ PLECHY
S235JR ZTUŽENÍ

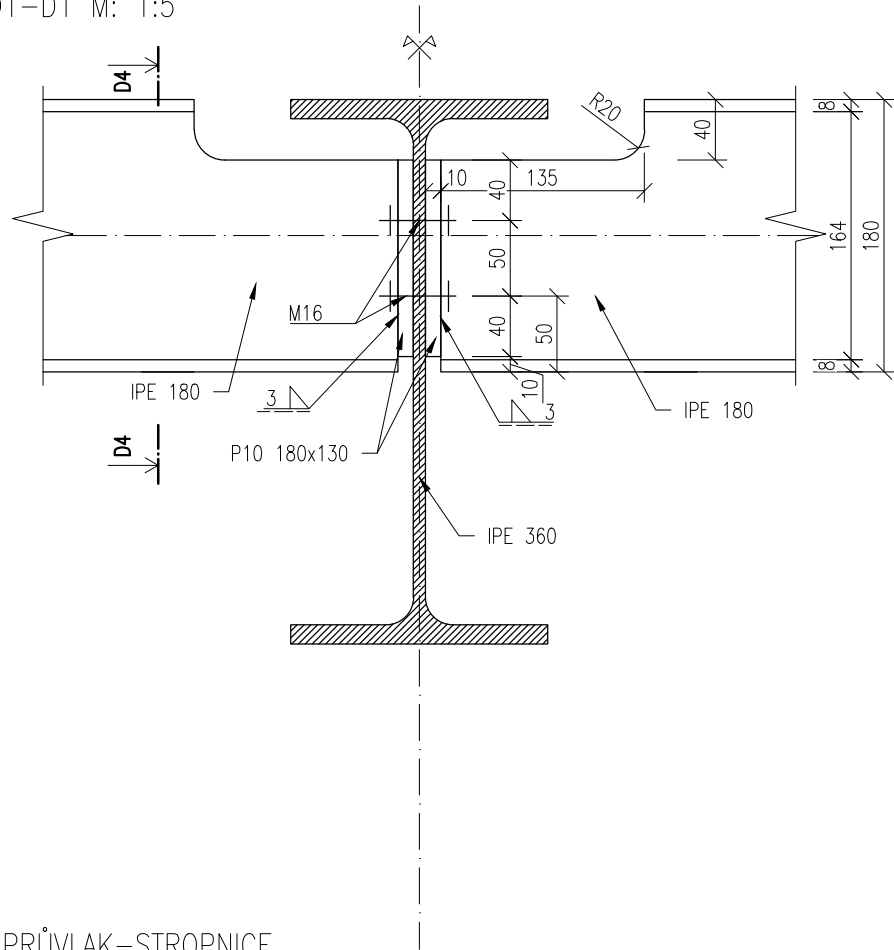
BETON: C16/20 ZÁKLADY
C25/30 BETONOVÉ JÁDRO

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017 FORMÁT A2 (4x4) ČÁST DP 4.
OBSAH VÝKRESU: ŘEZ B-B		MĚŘÍTKO 1:100 ČÍSLO VÝKRESU 05

DETAIL 1

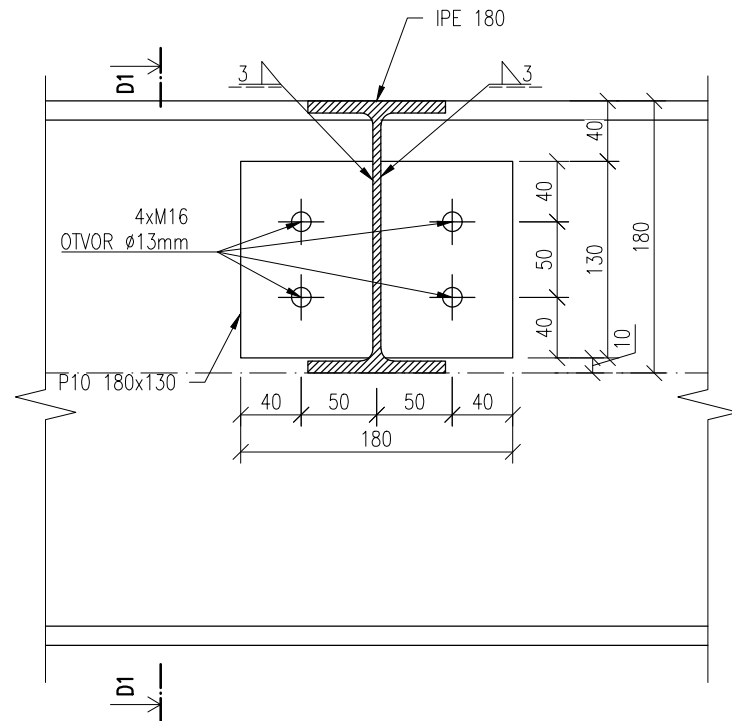
SPOJ PRŮVLAK-STROPNICE

ŘEZ D1-D1 M: 1:5



SPOJ PRŮVLAK-STROPNICE

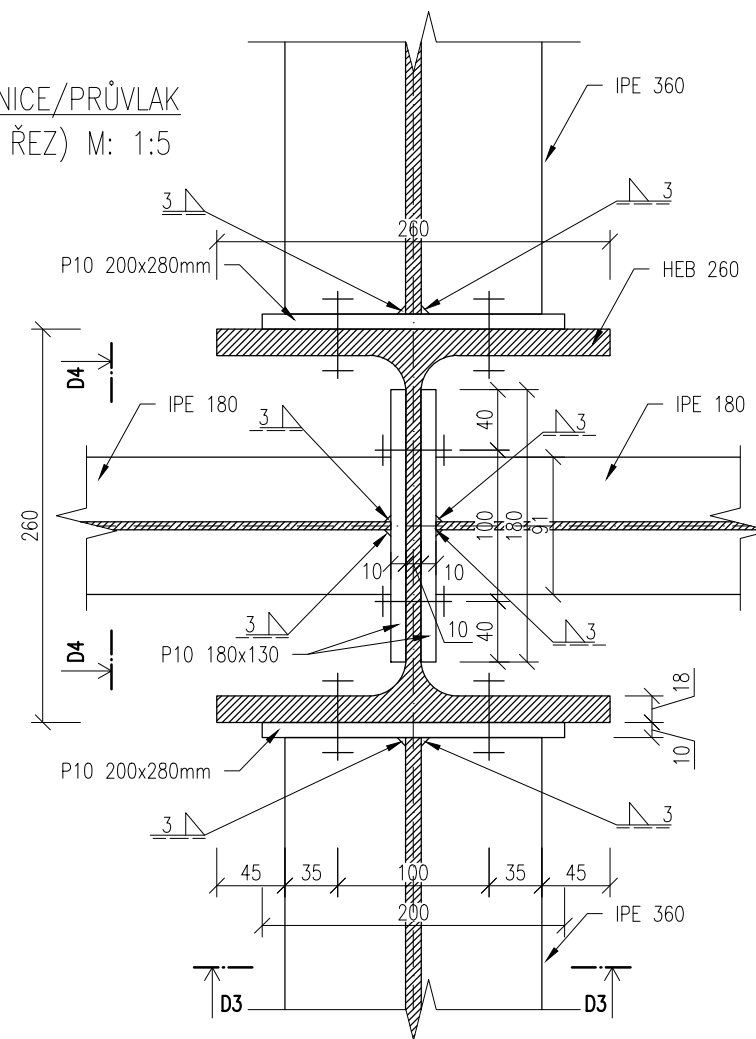
ŘEZ D4-D4 M: 1:5



DETAIL 2

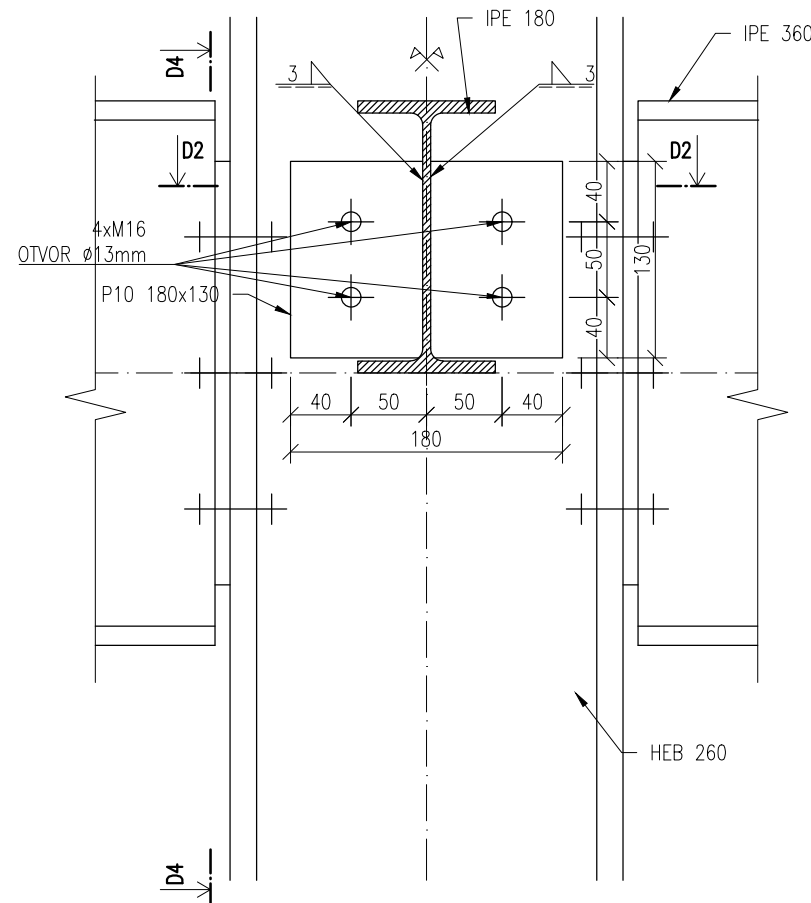
SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAK

D2-D2 (VODOROVNÝ ŘEZ) M: 1:5



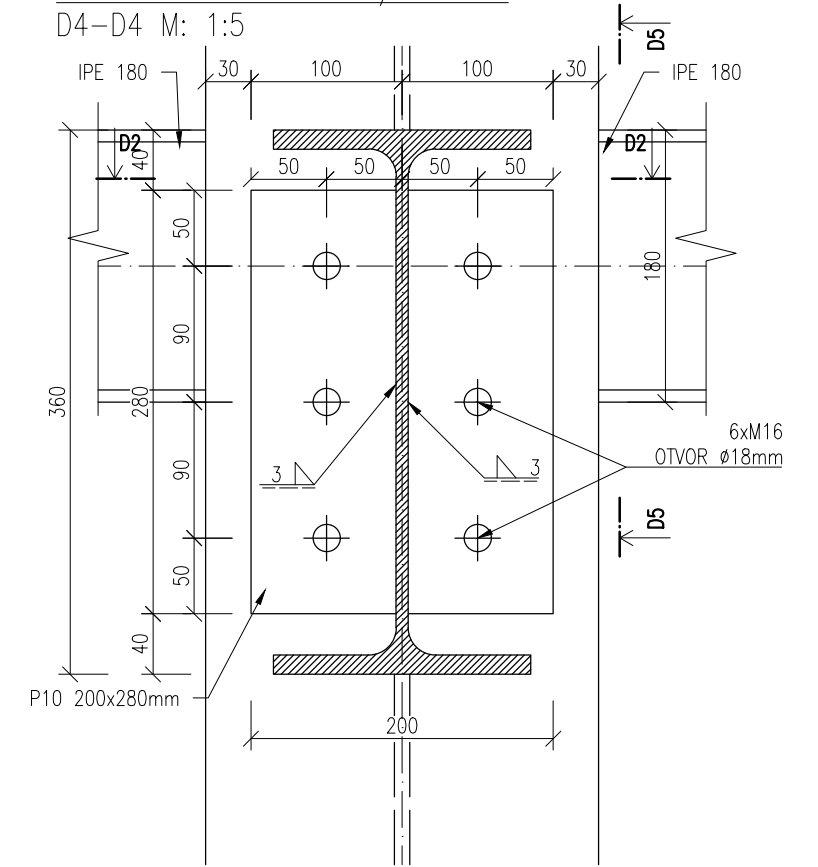
SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAK

D5-D5 M: 1:5




SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAK

D4-D4 M: 1:5



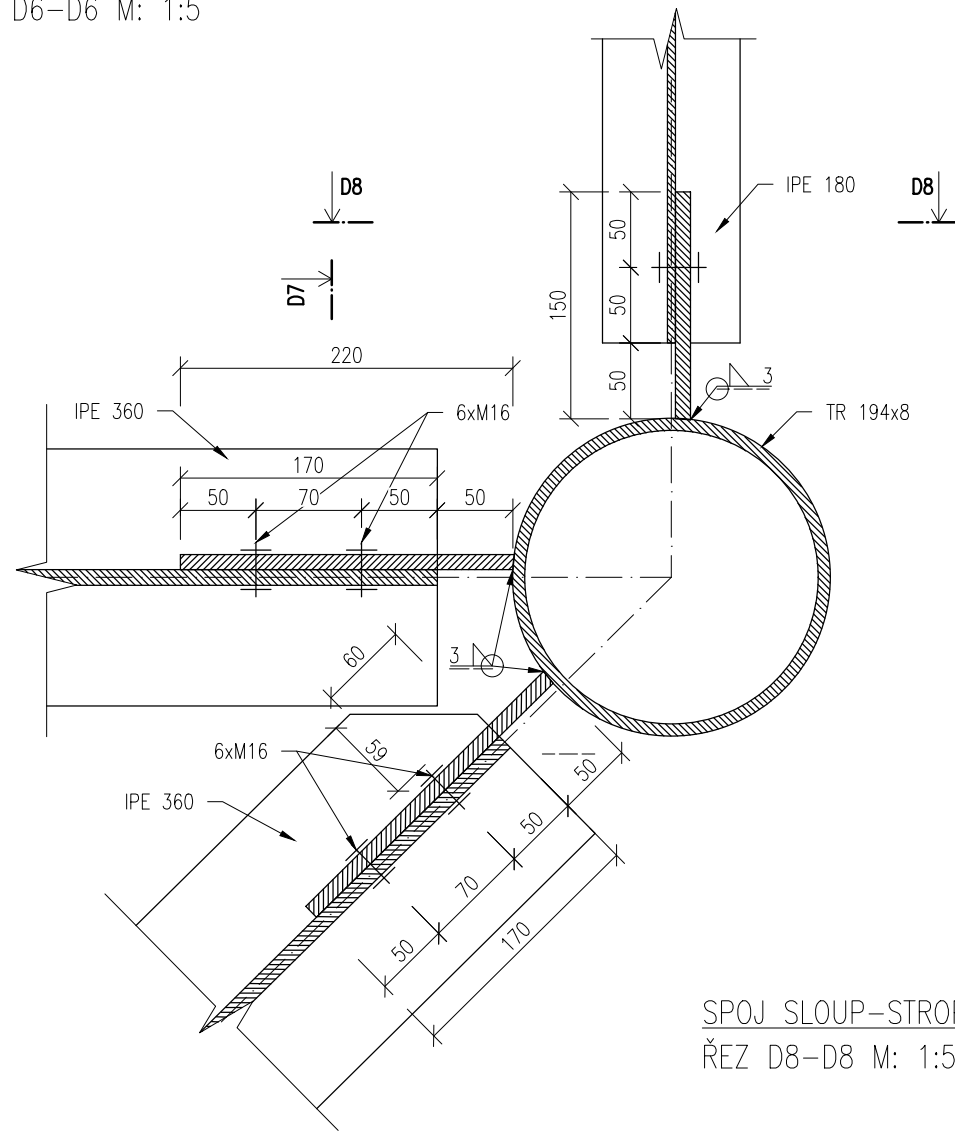
JAKOST ŠROUBU: 8.8 M16
 OCEĽ NOSNÍKŮ: S355J0
 OCEĽ PLECHŮ: S235JR

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017
OBSAH VÝKRESU: DETAILY 1-2 - SPOJE NA BĚŽNÝ SLOUP		FORMÁT A3 (2xA4)
		ČÁST DP 4.
		MĚŘÍTKO 1:5
		ČÍSLO VÝKRESU 06

DETAIL 3

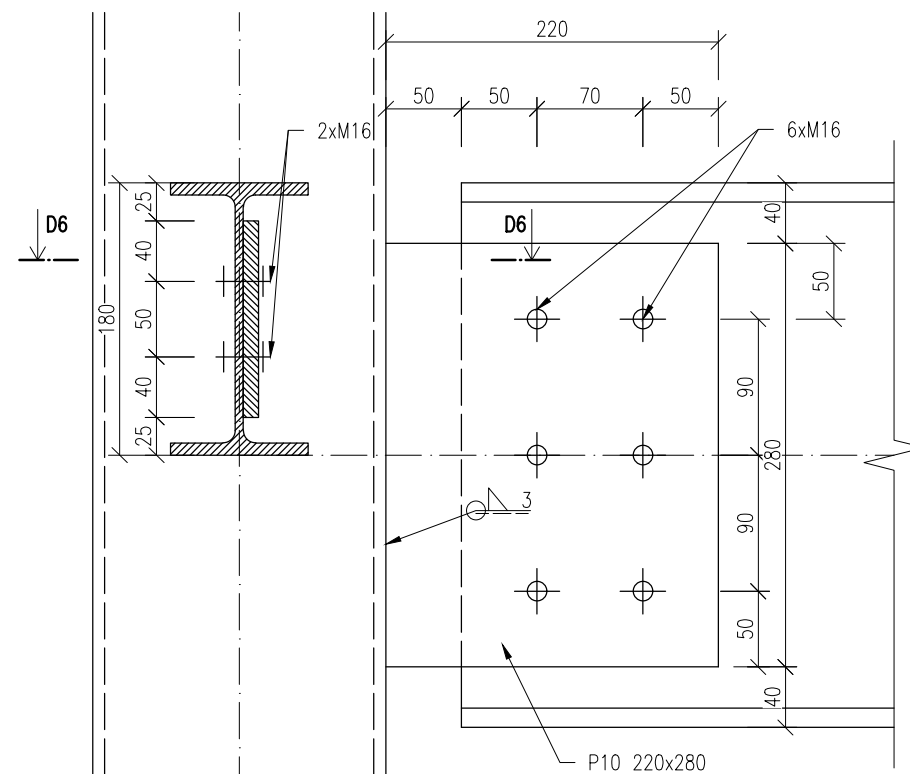
SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAKY

ŘEZ D6-D6 M: 1:5



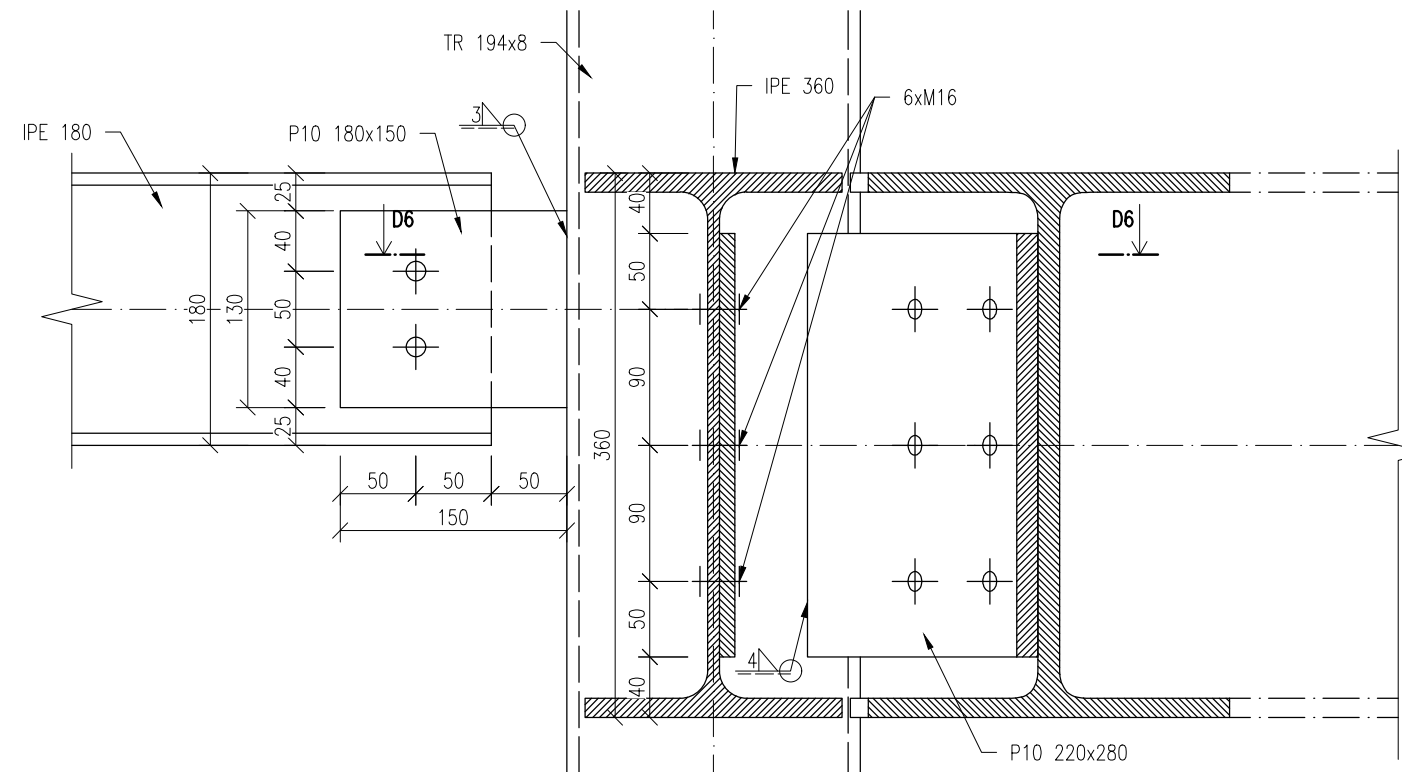
SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAKY

ŘEZ D8-D8 M: 1:5




SPOJ SLOUP-STROPNICE/PRŮVLAKY

ŘEZ D7-D7 M: 1:5



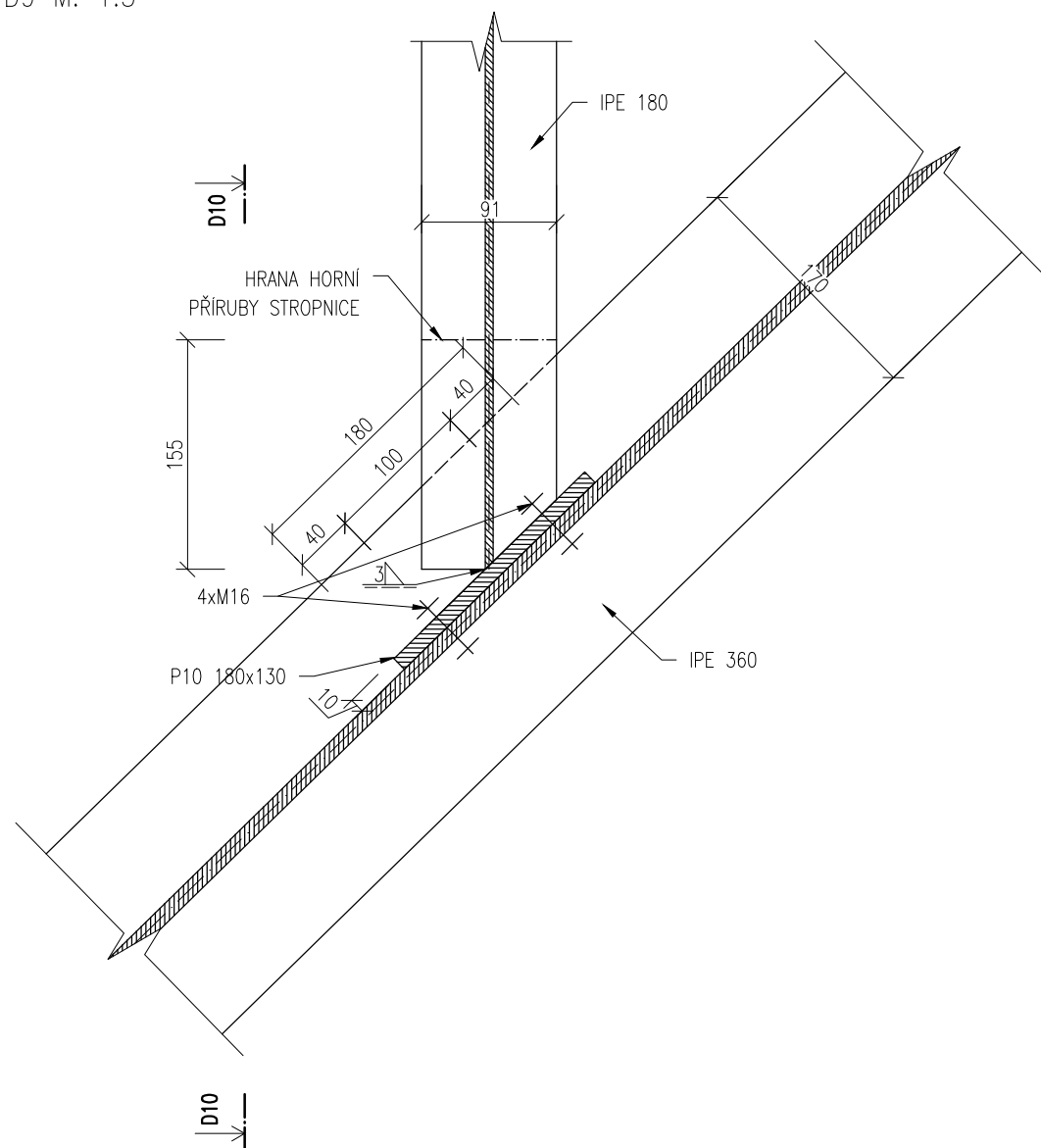
JAKOST ŠROUBU: 8.8 M16
 OCEL NOSNÍKŮ: S355J0
 OCEL PLECHŮ: S235JR

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM: 1/2017 FORMÁT: A3 (2xA4) ČÁST DP: 4.
OBSAH VÝKRESU: DETAIL 3 - SPOJE NA KRUHOVÝ KRAJNÍ SLOUP		MĚŘÍTKO: 1:5 ČÍSLO VÝKRESU: 07

DETAIL 4

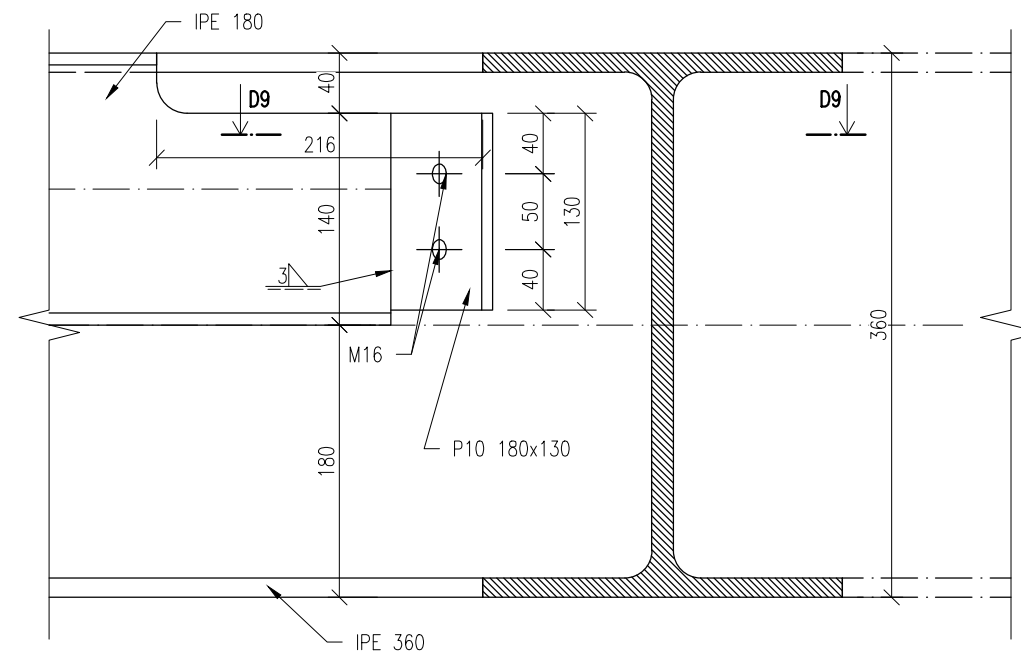
ŠIKMÝ SPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK

ŘEZ D9-D9 M: 1:5




ŠIKMÝ SPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK

ŘEZ D10-D10 M: 1:5

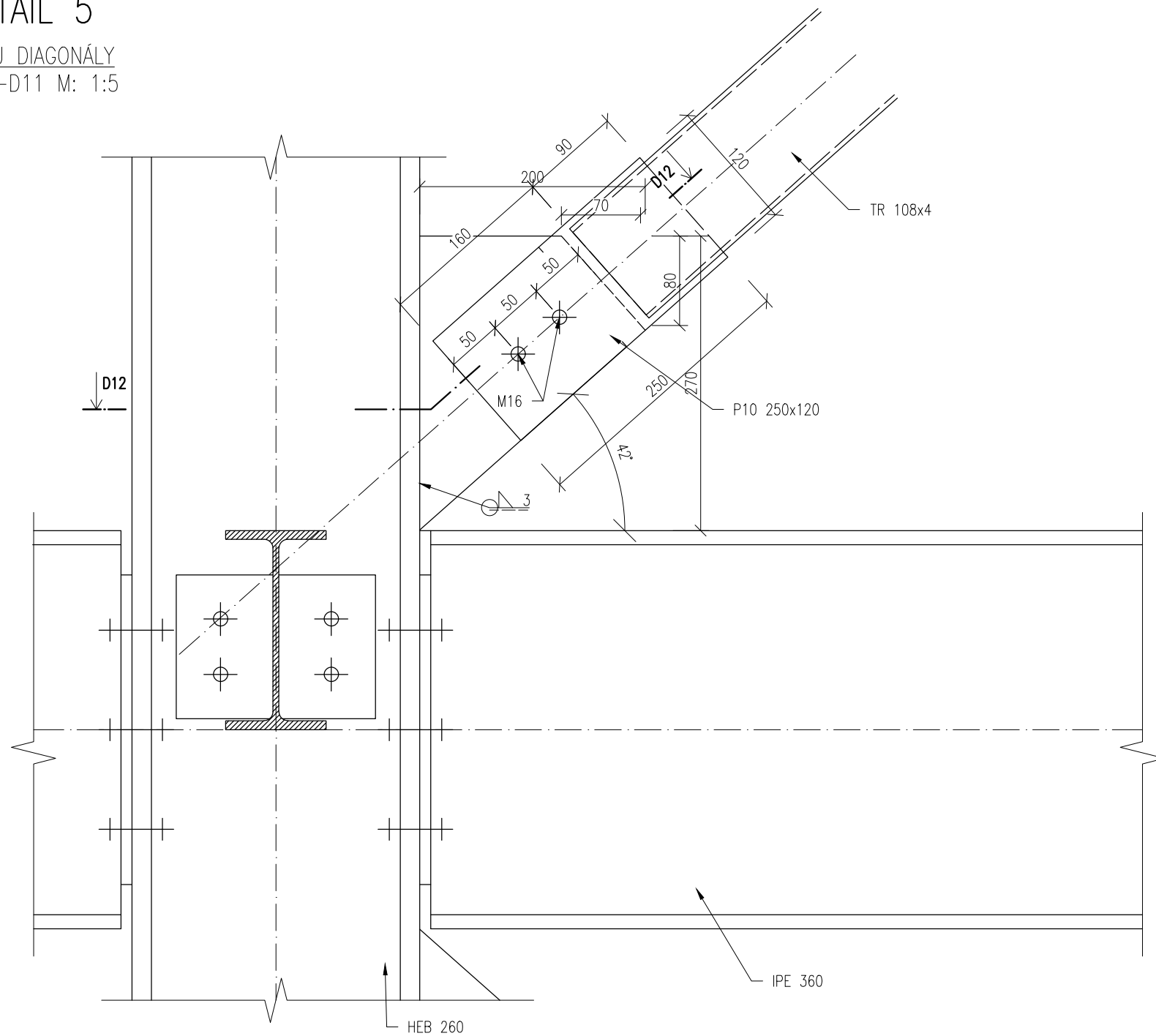


JAKOST ŠROUBU: 8.8 M16
 OCEL NOSNÍKŮ: S355J0
 OCEL PLECHŮ: S235JR

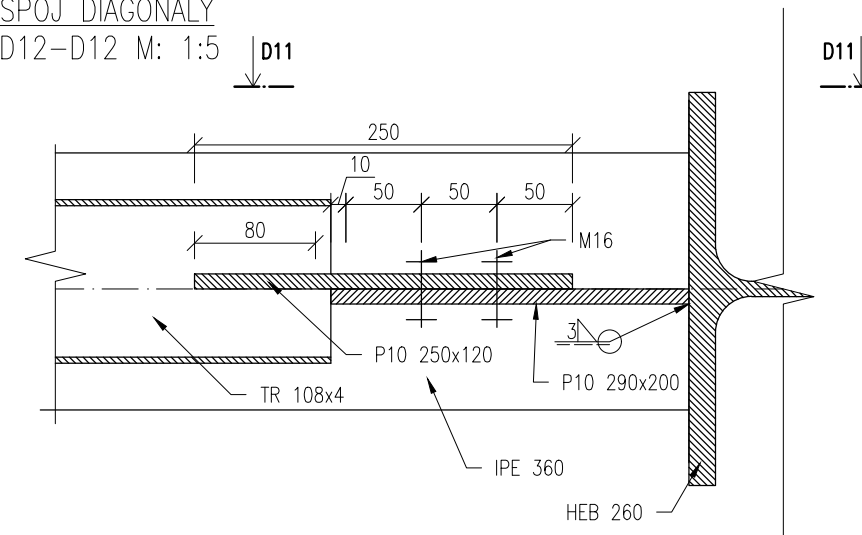
VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017
OBSAH VÝKRESU: DETAIL 4 - ŠIKMÝ SPOJ		FORMÁT A3 (2x4)
		ČÁST DP 4.
		MĚŘITKO 1:5
		ČÍSLO VÝKRESU 08

DETAIL 5

SPOJ DIAGONÁLY
D11-D11 M: 1:5

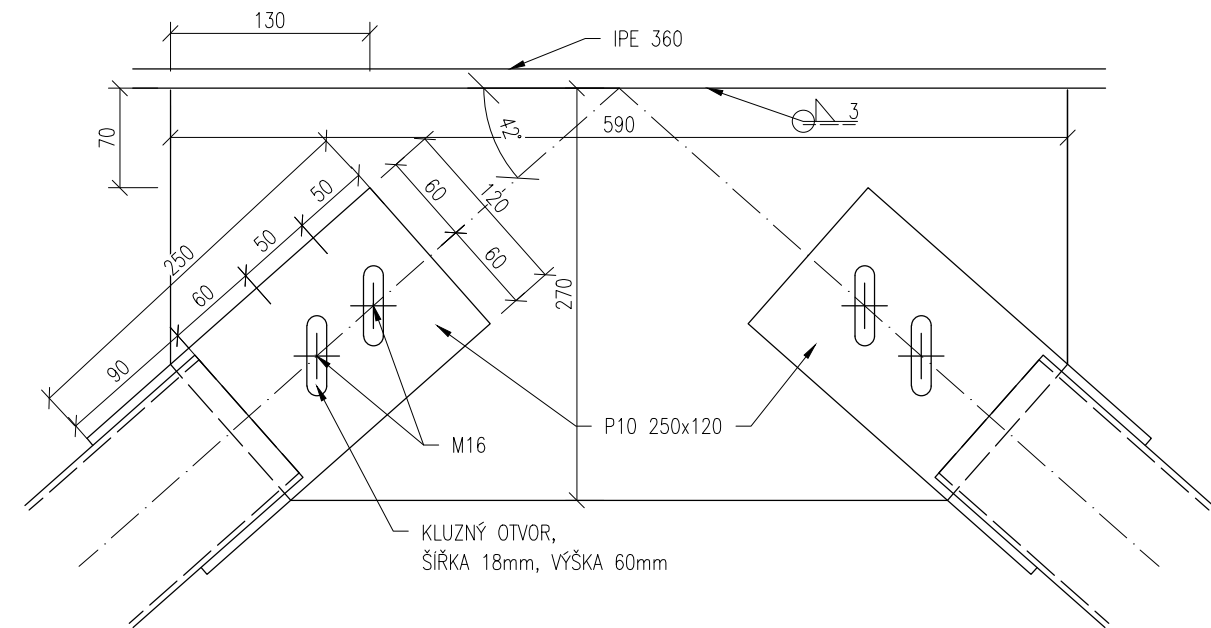


SPOJ DIAGONÁLY
D12-D12 M: 1:5




DETAIL 6

VRCHOL DIAGONÁLY
M: 1:5



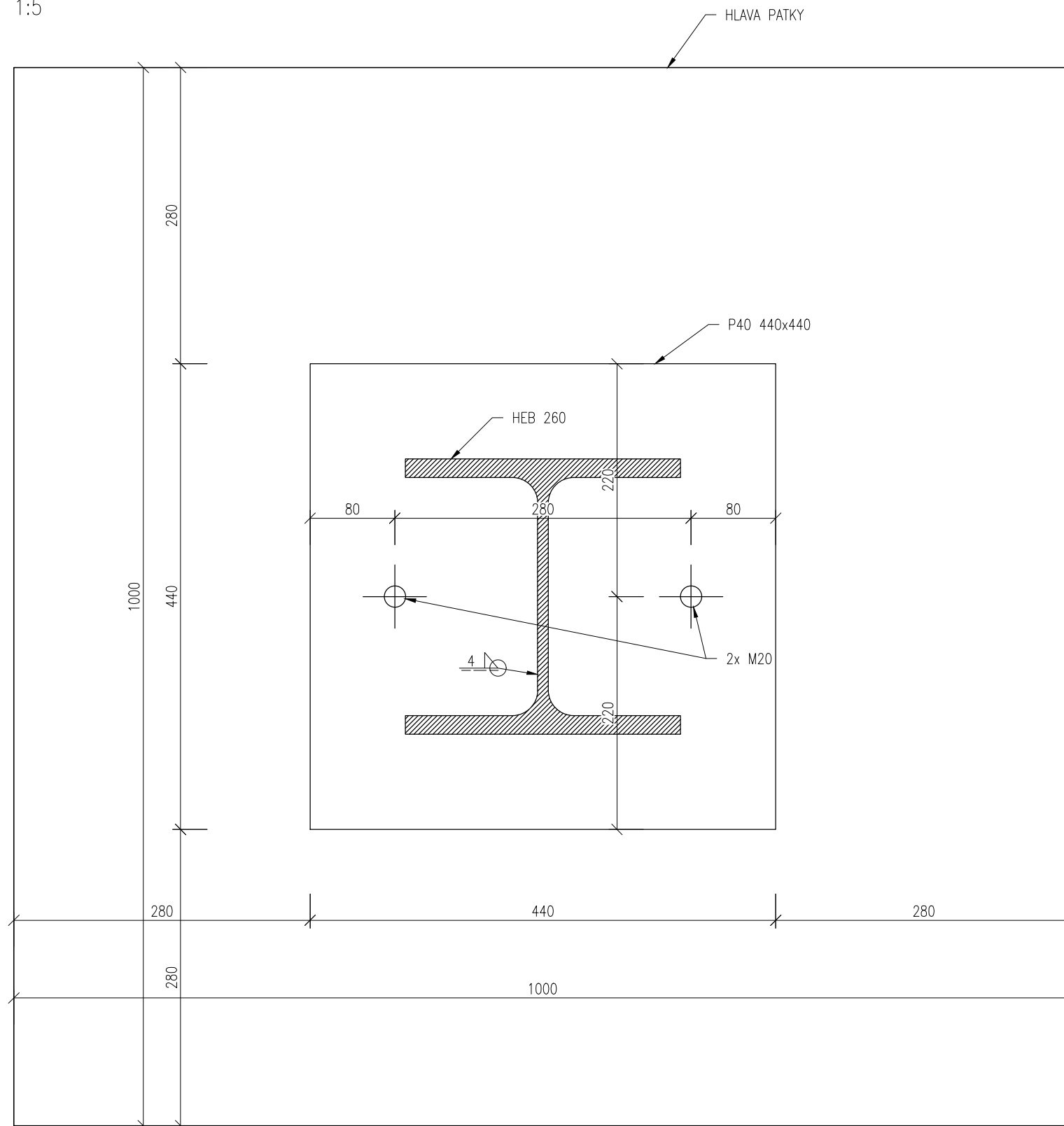
JAKOST ŠROUBU: 8.8 M16
OCEL NOSNÍKŮ: S355JO
OCEL PLECHŮ: S235JR

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017
OBSAH VÝKRESU: DETAIL 5-6 - DETAIL SPOJE ZTUŽIDLA		FORMÁT A3 (2x4)
		ČÁST DP 4.
		MĚŘÍTKO 1:5
		ČÍSLO VÝKRESU 09

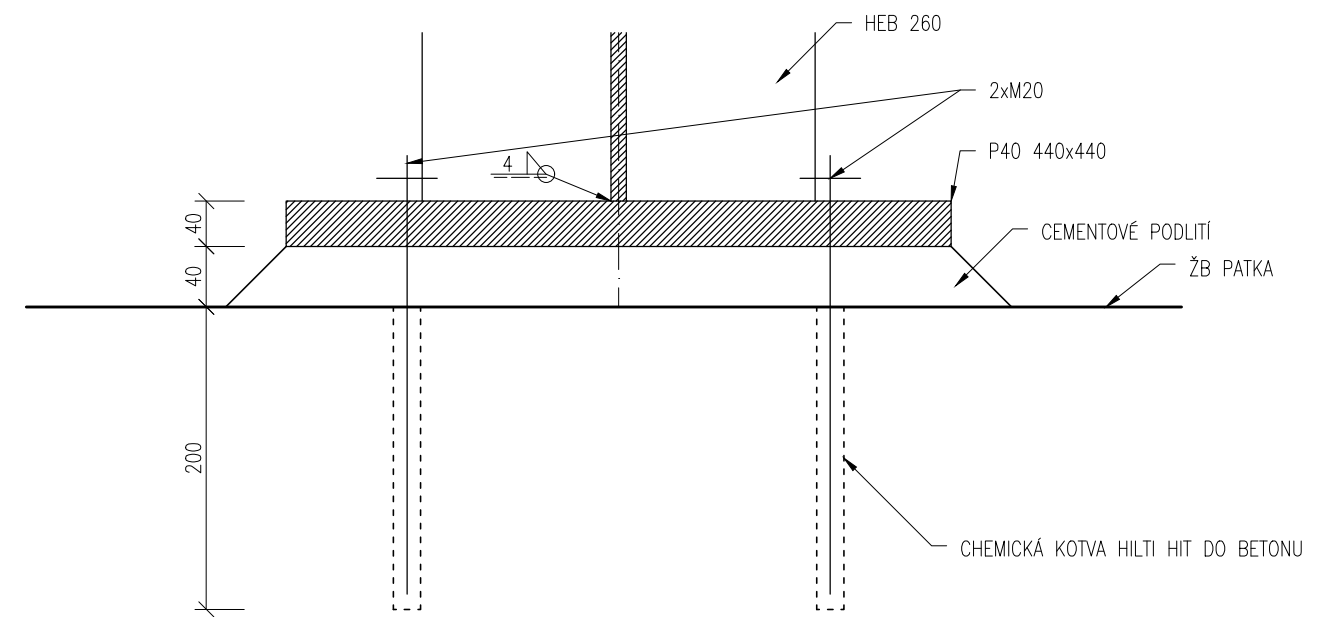
DETAIL 7

PŮDORYS


M: 1:5



ŘEZ
M: 1:5



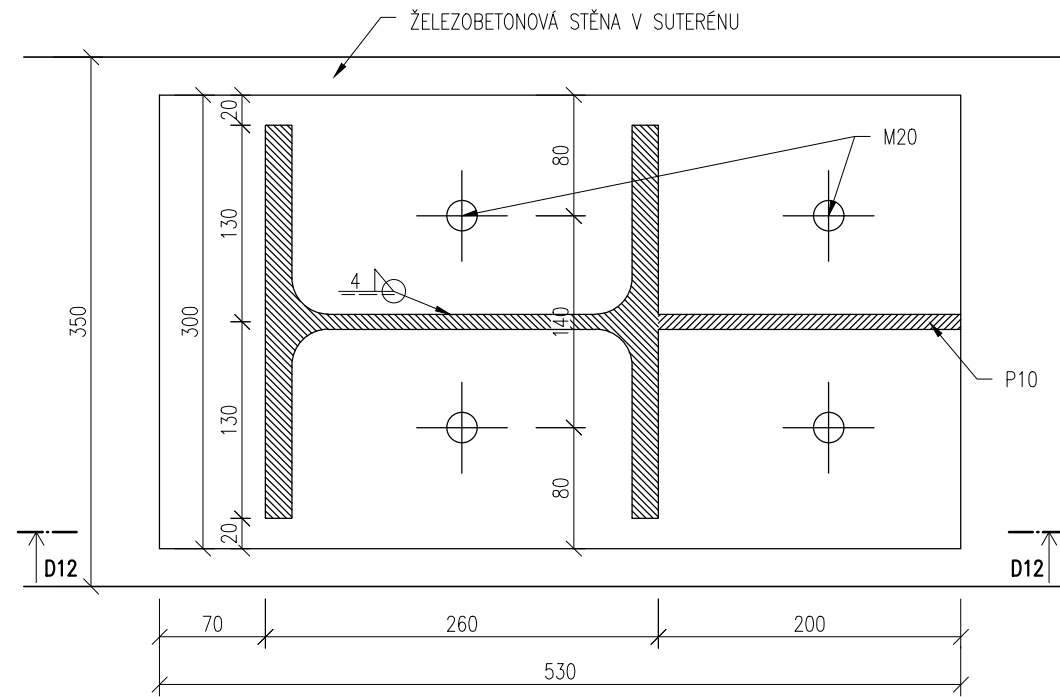
JAKOST ŠROUBU:	8.8 M16
OCEL NOSNÍKŮ:	S355J0
OCEL PLECHŮ:	S235JR

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017 FORMÁT A3 (2xA4) ČÁST DP 4.
OBSAH VÝKRESU: DETAIL 7 - PATKA SLOUPU		MĚŘÍTKO 1:5 ČÍSLO VÝKRESU 10

DETAIL 7

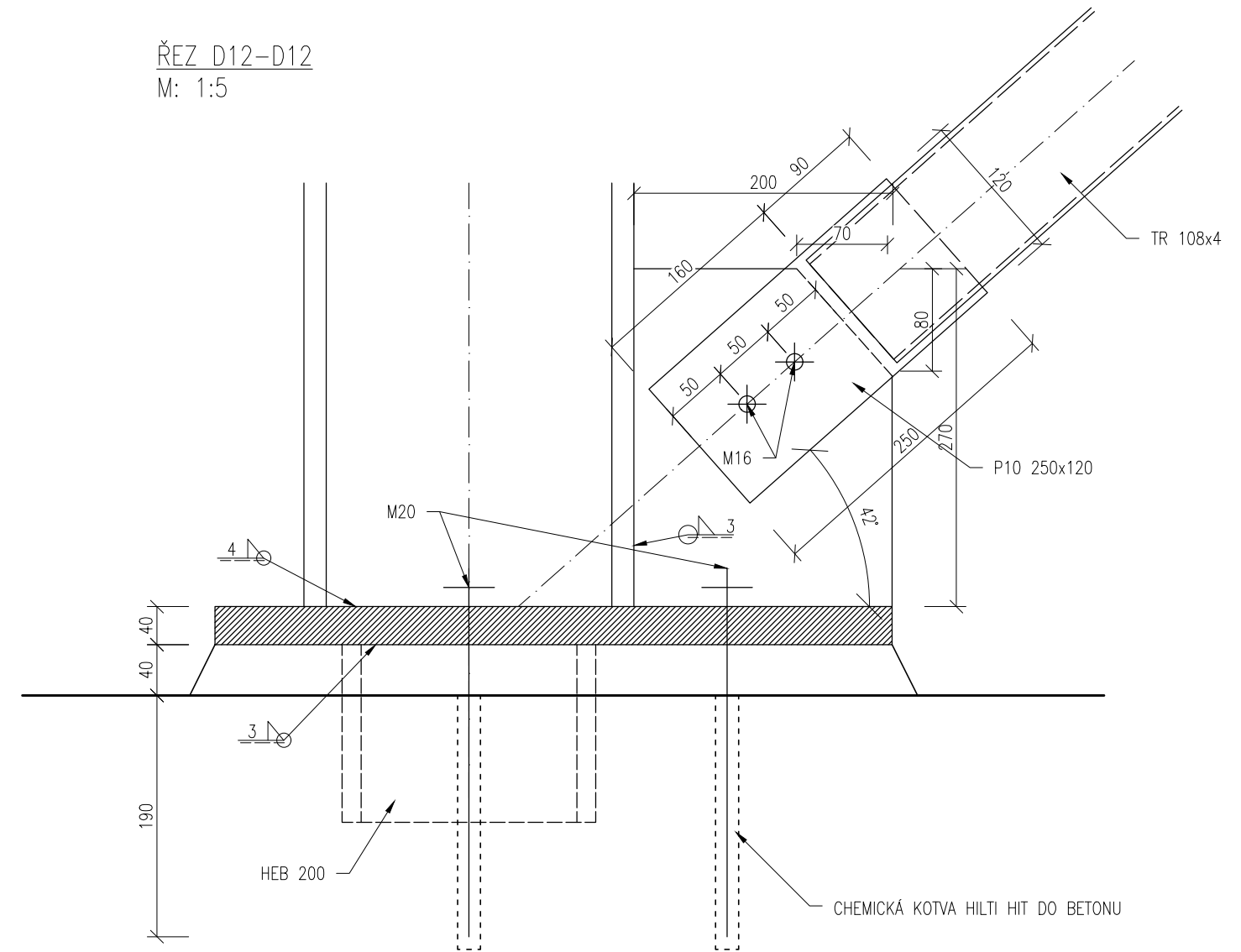
PŮDORYS

M: 1:5




ŘEZ D12-D12

M: 1:5



JAKOST ŠROUBU:	8.8 M16
OCEL NOSNÍKŮ:	S355J0
OCEL PLECHŮ:	S235JR

VYPRACOVAL Bc. Roman Králíček	VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6 – Dejvice
DIPLOMOVÁ PRÁCE Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí		
ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v Českých budějovicích		DATUM 1/2017 FORMÁT A3 (2x4) ČÁST DP 4.
OBSAH VÝKRESU: DETAIL 8 - PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA		MĚŘÍTKO 1:5 ČÍSLO VÝKRESU 11