

HS2072103

**„Stavebně technický průzkum a odborný posudek stavu nosného
střešního systému z předpjatých příhradových vazníků halového
objektu, DPO a.s., Ostrava-Martinov“**

PŘÍLOHA č.1

Statický výpočet - Předpínaný železobetonový příhradový ZIPP vazník

Název stavby: Předpínaný železobetonový příhradový ZIPP vazník

Místo stavby: Ostrava (2. sněhová oblast, 2. větrná oblast)

Zpracovatel: Ing. Pavel Dobeš (+420 732 242 042)

Datum: květen 2022

Obsah

1. Technická zpráva.....	3
2. Statické posouzení.....	4
a) Geometrie	4
b) Zatížení a zatěžovací stavy.....	6
c) Kombinace zatěžovacích stavů.....	11
d) Posouzení	12
3. Závěr.....	20

1. Technická zpráva

a) Popis konstrukce

Spínané železobetonové příhradové vazníky typu SPP6-18/6 byly vyvinuty na přelomu šedesátých a sedmdesátých let minulého století státním podnikem Závody inžinierskej a priemyselnej prefabrikácie, š.p. Prefabrikovaný konstrukční systém je v současnosti centrem pozornosti z důvodu několika evidovaných kolapsů tohoto příhradového vazníku v uplynulých letech.

Dodatečně spínané železobetonové příhradové vazníky jsou složeny ze třech dílů o délce 6 m. Jedná se tedy o sedlové vazníky na rozpon 18 m o celkové maximální výšce 2,18 m. Vazníky jsou opatřeny kanálky pro předpínací ocelová lana, a to jak v horní pásnici (1 kabel), tak i dolní pásnici (4 kabely) přecházející do první diagonály. Uspořádání kabelů je uvedeno na obrázku níže. Vazníky se používaly pro zastřešení vícelodních halových objektů s osovými roztečemi příčných vazeb 6 m.

b) hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení uvažovaných při návrhu nosné konstrukce

Zatížení sněhem

Oblast II $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem

Oblast II $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Užitné střecha

Kategorie H $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

c) seznam použitých podkladů, ČSN, technických předpisů, odborné literatury, software

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 – Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1 – Navrhování betonových konstrukcí

Software:

SCIA Engineer 21

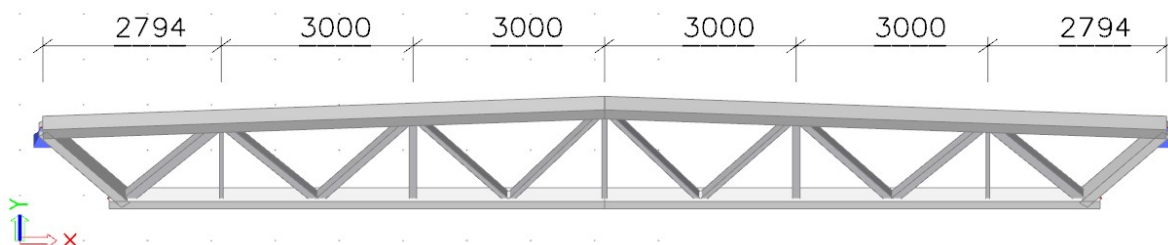
Microsoft Office 2016

AutoCAD Architecture 2018

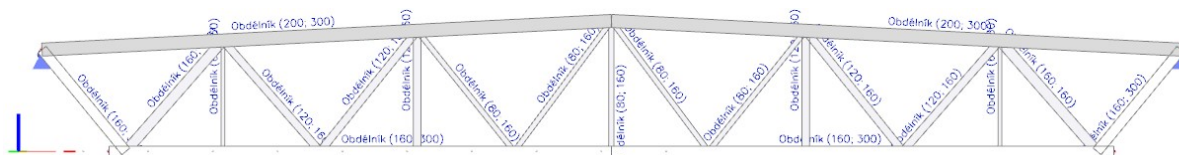
2. Statické posouzení

a) Geometrie

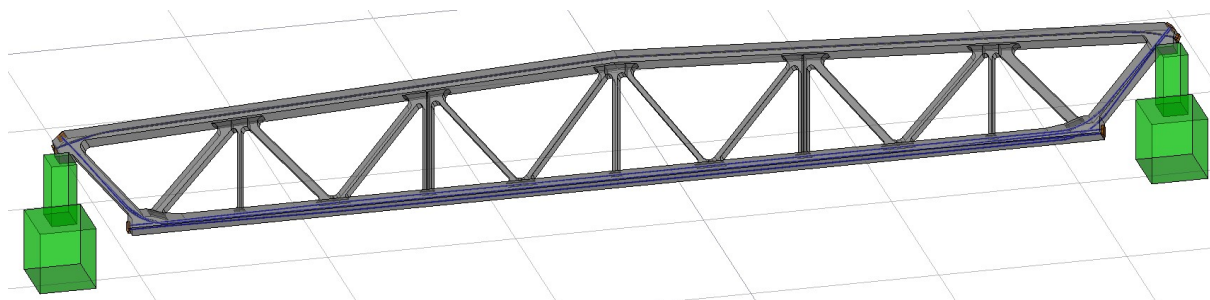
Konstrukce vazníku byla modelována jako 2D model v prostoru. Uložení vazníku na svislé sloupy je modelována jako kloubové neposuvné. Zatížení působí pouze v rovině vazníku v místech uložení žebrovaných střešních panelů (bodové síly á 1,5 m).



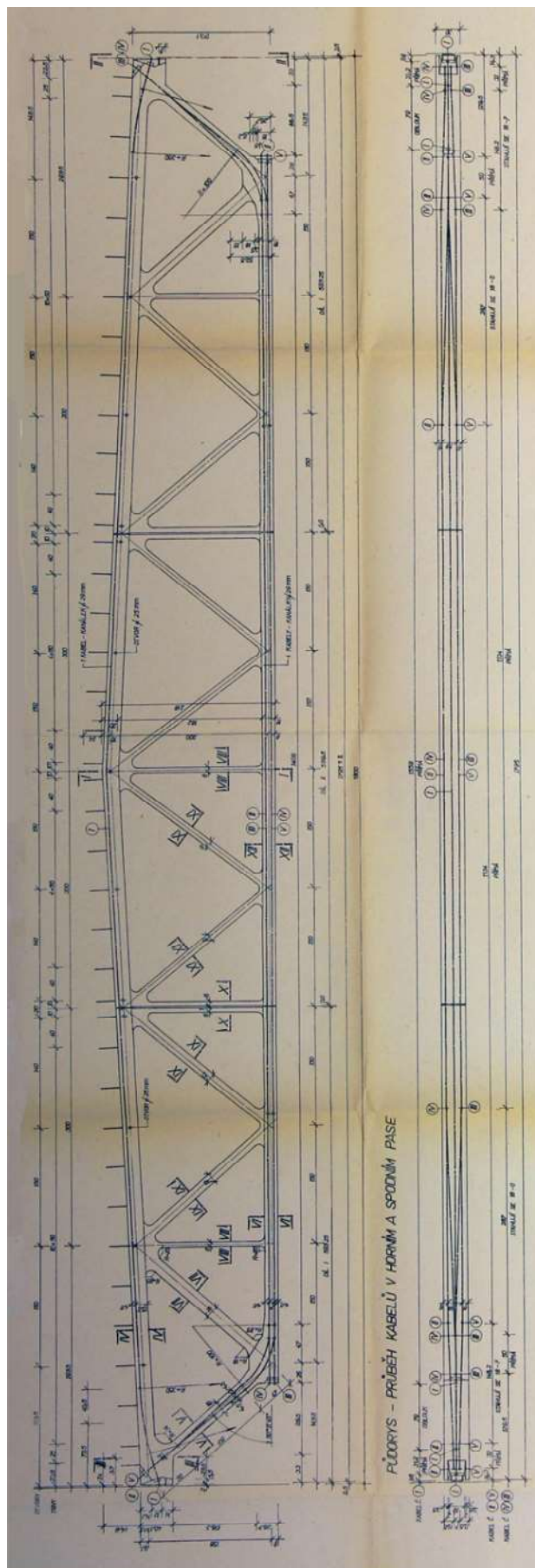
Obrázek 1 – Výpočetní model konstrukce (základní dimenze)



Obrázek 2 - Výpočetní model konstrukce (profily)



Obrázek 3 – 3D vizualizace vazníku a průběhu předpjatých kabelů



Obrázek 4 – Výkresová dokumentace vazníku a průběhu předpínacích kabelů

b) Zatížení a zatěžovací stavy

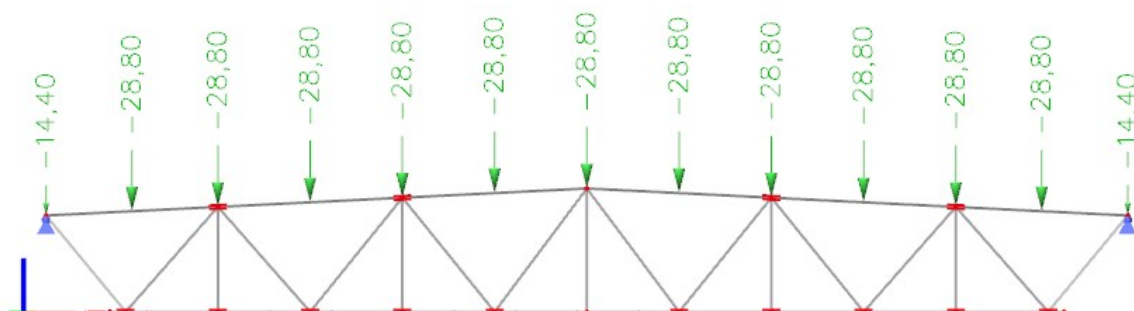
Zatížení stálé

Je uvažováno zatížení od stávající skladby střešního pláště a také nové skladby, která bude provedena na tu stávající.

Charakteristická hodnota plošného zatížení skladby střešního pláště

$$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]} = G_k \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot t \text{ [mm]} \cdot 10^{-3}$$

	$G_k \text{ [kN/m}^3\text{]}$	$t \text{ [mm]}$	$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
SBS asfaltový pás 4,5 mm			0,050
Kompletizovaný dílce z EPS 150 a asfaltového pásu	20	30	0,100
Polyuretanové lepidlo			0,030
EPS 150 S 200 mm	0,3	200	0,060
Polyuretanové lepidlo			0,030
Hydroizolace z asfaltových pásů			0,050
Cementový potěr 15 mm	22	15	0,330
Pěnobeton 50 mm	9	50	0,450
ŽB Střešní panel			2,100
Σ			3,200



Napínací schémata neuvažují s celkovým odlehčením při napínání. Je uvažováno jednoduché modelové schéma s počátečním napnutím a následným popuštěním. Veškeré zde uvedené údaje vychází z dobových projektových podkladů ZIPP.

Kabel I (tj. horní pásnice) – počáteční napětí 135 MPa, což odpovídá projektovým 1,5 t.

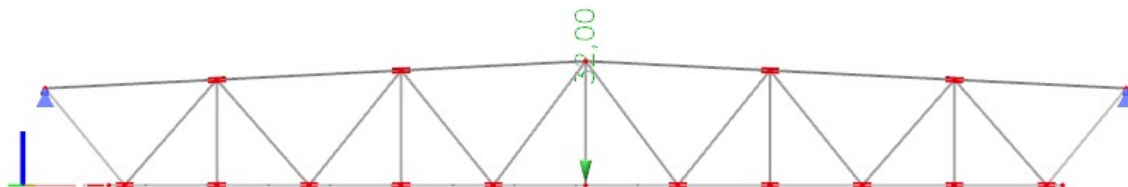
Kabely II až IV (tj. dolní pásnice a 1. diagonála) - počáteční napětí 1030 MPa, což odpovídá 21,4 t, následně popuštění na 920 MPa, což odpovídá projektovým 19,01 t.

Vzhledem ke způsobu předpínání vazníků (dodatečně předpínány beton při montáži) jsou v těchto hodnotách započítány krátkodobé ztráty předpětí způsobené okamžitou elastickou deformací a pokluzem kotvy při předpínání (s ohledem na stáří konstrukce a tehdejší technologii předpínání, kdy není možné přesně určit hodnotu prokluzu, je prokluz kotvení uvažován hodnotou 6 mm).

Zatížení užité

Jedná se o střechu kategorie H (Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav). Užité zatížení se nekombinuje s jiným proměnným zatížením. Neuplatní se.

Podle projektu je možno použít dva způsoby ukotvení jeřábových drah na daný vazník (jeden jeřáb 3,2 t nebo dva jeřáby 1 t + 2 t). V posuzované hale je použito pouze první schéma, kdy je celková síla od jeřábu (zanedbána vlastní hmotnost jeřábu) umístěna do nejméně příznivé pozice.



Zatížení sněhem

Vstupní údaje

Ostrava
II
Normální

lokality umístění objektu

sněhová oblast

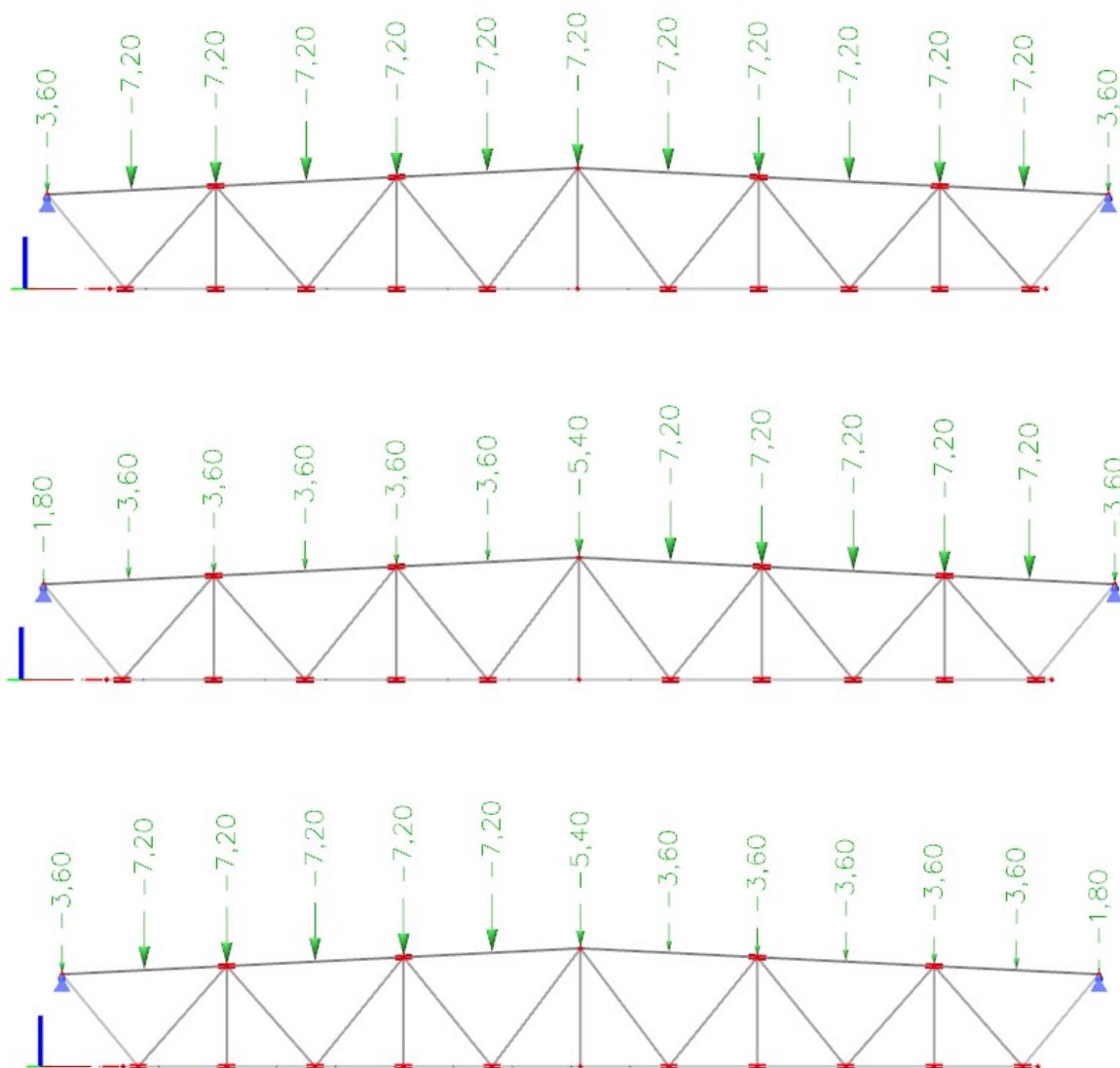
typ krajiny

$\alpha_1 =$	3	°	úhel sklonu střešních rovin
$\alpha_2 =$	3	°	úhel sklonu střešních rovin
$s_k =$	1,00	kN/m ²	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$C_e =$	1,00	[-]	součinitel expozice
$C_t =$	1,00	[-]	tepelný součinitel
$\mu_1(\alpha_1) =$	0,80	[-]	tvarový součinitel
$\mu_1(\alpha_2) =$	0,80	[-]	tvarový součinitel

Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na sedlové střechy

$s_{11} = \mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	$0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$	$=$	0,80	kN/m ²	plošné zatížení pro uspořádání nenavátým sněhem
$s_{12} = \mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	$0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$	$=$	0,80	kN/m ²	plošné zatížení pro uspořádání nenavátým sněhem
$s_{21} = 0,5 \cdot \mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	$0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$	$=$	0,40	kN/m ²	plošné zatížení pro uspořádání navátým sněhem
$s_{22} = 0,5 \cdot \mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	$0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$	$=$	0,40	kN/m ²	plošné zatížení pro uspořádání navátým sněhem

Jsou uvažovány 3 zatěžovací stavy od sněhu – sníh nenavátý (i), sníh navátý (ii), sníh navátý (iii).



Zatížení větrem

Zatížení větrem - obecný postup (EC 1-1-4 kap. 4)

Základní hodnoty

Ostrava
II

lokalita umístění objektu

větrná oblast

$V_{b,0} =$ 25,00 m/s

výchozí základní rychlost větru

$C_{dir} =$ 1,0 [-]

součinitel směru větru

HS2072103 – PŘÍLOHA č. 1

$$c_{season} = 1,0 \quad [-] \quad \text{součinitel ročního období}$$

$$v_b = 25,00 \quad \text{m/s} \quad \text{základní rychlost větru } (c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0})$$

Střední rychlost větru

III		kategorie terénu
$z = z_e = z_i =$	12,0	m
$c_0(z) =$	1,0	[-]
$z_0 =$	0,30	m
$z_{0,II} =$	0,05	m
$z_{min} =$	5,00	m
$z_{max} =$	200,00	m

referenční výška pro vnější/vnitřní tlak
součinitel orografie
parametr drsnosti terénu
parametr drsnosti terénu pro kategorii II
minimální výška
maximální výška

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3 / 0,05)^{0,07} = 0,22 \quad [-] \quad \text{součinitel terénu}$$

$$c_r(z) = \begin{cases} k_r \cdot \ln(z / z_0) & \text{pro } z_{min} \leq z \\ \leq z_{max} \\ c_r(z_{min}) & \text{pro } z < z_{min} \end{cases} \quad 0,22 \cdot \ln(12 / 0,3) = 0,79 \quad [-] \quad \text{součinitel drsnosti terénu}$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,79 \cdot 1 \cdot 25 = 19,86 \quad \text{m/s} \quad \text{charakteristická střední rychlost větru}$$

Turbulence větru a maximální dynamický tlak

$$k_l = 1,0 \quad [-] \quad \text{součinitel turbulence}$$

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

$$I_v(z) = \begin{cases} k_l / [c_0(z) \cdot \ln(z / z_0)] & \text{pro } z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ I_v(z_{min}) & \text{pro } z < z_{min} \end{cases} \quad \frac{1}{1 \cdot \ln(12 / 0,3)} = 0,271 \quad [-] \quad \text{intenzita turbulence}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = \frac{[1 + 7 \cdot 0,271] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,86^2 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 19,86^2 \cdot 10^{-3}} = 0,715 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{charakteristický maximální dynamický tlak}$$

Součinitelé vnitřního tlaku

$$C_{pi}^+ = 0,20 \quad [-] \quad \text{hodnota součinitele tlaku (přetlak)}$$

$$C_{pi}^- = -0,30 \quad [-] \quad \text{hodnota součinitele tlaku (podtlak)}$$

Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné charakteristické hodnoty tlaků větru - příčný vítr

$$w_k \text{ [kN/m}^2\text{]} = q_p(z) \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot (C_{pe,10} - C_{pi})$$

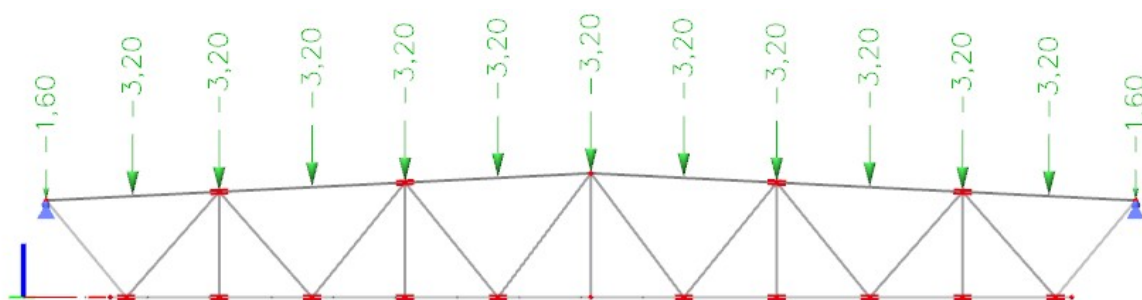
Oblast	F ⁻	G ⁻	H ⁻	I ⁻	I ⁺		
$C_{pe,10} =$	-1,80	-1,20	-0,70	-0,20	0,20	[-]	
$w_k =$	-1,429	-1,000	-0,643	-0,286	0,000	kN/m ²	příčný vítr $C_{pi}^+ = +0,2$
$w_k =$	-1,072	-0,643	-0,286	0,071	0,357	kN/m ²	příčný vítr $C_{pi}^- = -0,3$

Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné charakteristické hodnoty tlaků větru - podélný vítr

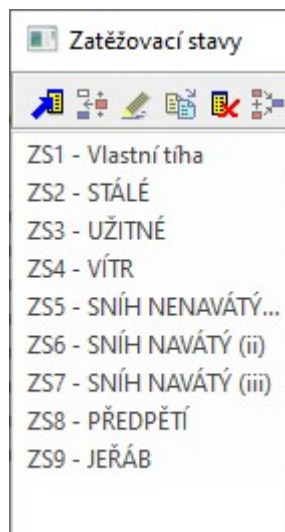
$$w_k \text{ [kN/m}^2\text{]} = q_p(z) \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot (C_{pe,10} - C_{pi})$$

Oblast	F ⁻	G ⁻	H ⁻	I ⁻	I ⁺		
$C_{pe,10} =$	-1,80	-1,20	-0,70	-0,20	0,20	[-]	
$w_k =$	-1,429	-1,000	-0,643	-0,286	0,000	kN/m ²	podélný vítr $C_{pi}^+ = +0,2$
$w_k =$	-1,072	-0,643	-0,286	0,071	0,357	kN/m ²	podélný vítr $C_{pi}^- = -0,3$

Při posudku vazníku se uplatní pouze tlak od větru. Pro posudek byla vybrána oblast na střeše s nejméně příznivými účinky (oblast I⁺). Sání se vzhledem k těžkému střešnímu plášti neuplatní.



c) Kombinace zatěžovacích stavů



Kombinace pro výpočet návrhových vnitřních sil byly ze zatěžovacích stavů vygenerovány na základě normy ČSN EN 1990 programem SCIA Engineer za použití typu EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B pro mezní stav únosnosti.

MSÚ – mezní stav únosnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.10a/b) ČSN EN 1990:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right.$$

MSP – mezní stav použitelnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.14b) ČSN EN 1990:

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

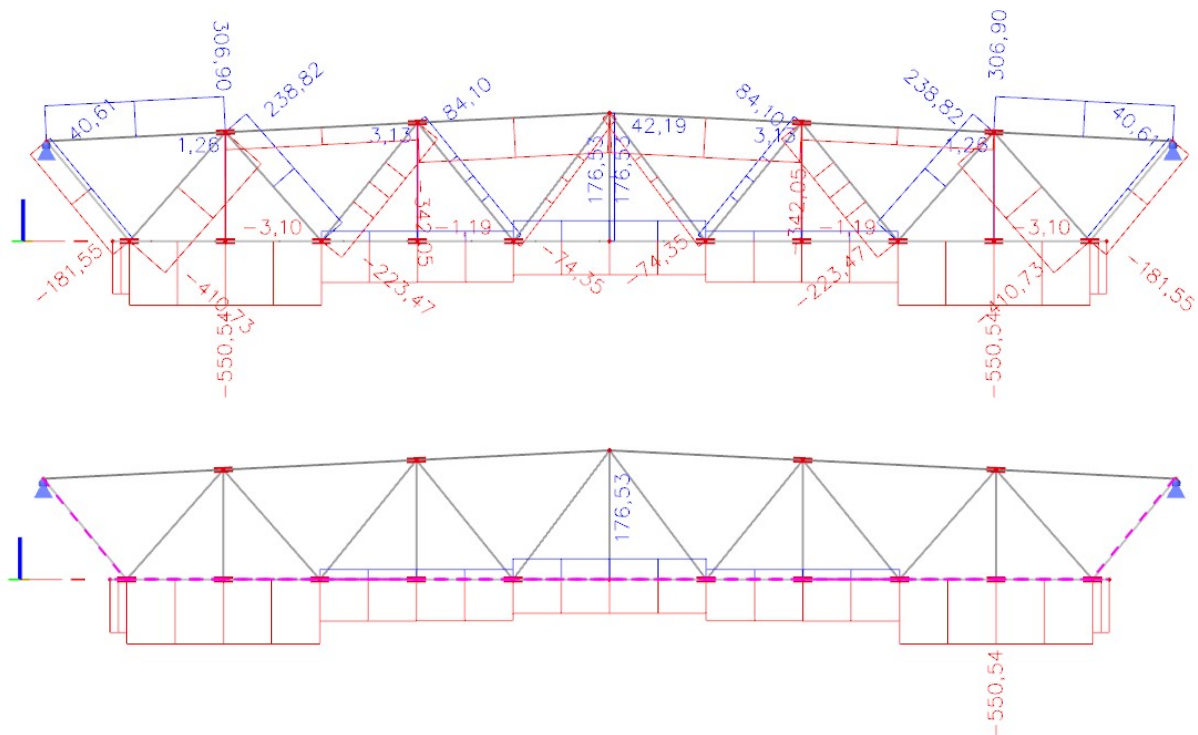
▲	Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	6000,001	MSÚ-Sada B (auto)4/1	-578,70	0,00	-0,75	0,00	-1,07	0,00
2	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)11/2	76,10	0,00	0,04	0,00	1,48	0,00
3	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)43/3	-100,88	0,00	0,40	0,00	0,70	0,00
4	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	7500,000	MSÚ-Sada B (auto)11/2	-250,33	0,00	-5,53	0,00	-5,61	0,00
5	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	4500,001	MSÚ-Sada B (auto)11/2	-250,06	0,00	1,73	0,00	-0,17	0,00
6	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)54/4	-128,48	0,00	0,52	0,00	0,75	0,00
7	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	7500,000	MSÚ-Sada B (auto)25/5	-397,71	0,00	-5,18	0,00	-5,63	0,00
8	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	3000,001	MSÚ-Sada B (auto)11/2	12,06	0,00	-0,69	0,00	1,65	0,00

Jméno	MSÚ-Sada B (auto)4
Popis	
Typ	Lineární - únosnost
Metoda momentu od zvětšen...	<input type="checkbox"/> ne
Obsah kombinace	
ZS1 - Vlastní tíha [-]	1,00
ZS2 - STÁLÉ [-]	1,00
ZS8 - PŘEDPĚTÍ [-]	1,20

Jméno	MSÚ-Sada B (auto)11
Popis	
Typ	Lineární - únosnost
Metoda momentu od zvětšen...	<input type="checkbox"/> ne
Obsah kombinace	
ZS1 - Vlastní tíha [-]	1,35
ZS2 - STÁLÉ [-]	1,35
ZS5 - SNÍH NENAVÁTÝ (i) [-]	0,75
ZS8 - PŘEDPĚTÍ [-]	1,00
ZS4 - VÍTR [-]	0,90

$$N_{Ed} = 736,93 + 76,10 = 813,03 \text{ kN}$$

Normálové síly při extrémním zatížení (s jeřábem)



▲	Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)158/30	-28,05	0,00	-1,59	0,00	3,01	0,00
2	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)146/29	-26,48	0,00	-1,16	0,00	2,37	0,00
3	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	0,000	MSÚ-Sada B (auto)172/28	176,53	0,00	-2,07	0,00	3,74	0,00
4	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	1500,001	MSÚ-Sada B (auto)172/28	85,97	0,00	2,31	0,00	-0,83	0,00
5	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	6000,001	MSÚ-Sada B (auto)159/27	-550,54	0,00	-1,00	0,00	-0,95	0,00
6	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	7500,000	MSÚ-Sada B (auto)188/31	-359,69	0,00	-5,50	0,00	-5,96	0,00
7	B1	DOLNÍ PÁS - Obdélník	7500,000	MSÚ-Sada B (auto)172/28	-212,31	0,00	-5,86	0,00	-5,94	0,00

Jméno	MSÚ-Sada B (auto)159
Popis	
Typ	Lineární - únosnost
Metoda momentu od zvětšen...	<input type="checkbox"/> ne
Obsah kombinace	
ZS1 - Vlastní tíha [-]	1,00
ZS2 - STÁLÉ [-]	1,00
ZS8 - PŘEDPĚTÍ [-]	1,20
ZS9 - JEŘÁB [-]	1,00

Jméno	MSÚ-Sada B (auto)172
Popis	
Typ	Lineární - únosnost
Metoda momentu od zvětšen...	<input type="checkbox"/> ne
Obsah kombinace	
ZS1 - Vlastní tíha [-]	1,35
ZS2 - STÁLÉ [-]	1,35
ZS5 - SNÍH NENAVÁTÝ (i) [-]	0,75
ZS8 - PŘEDPĚTÍ [-]	1,00
ZS4 - VÍTR [-]	0,90
ZS9 - JEŘÁB [-]	1,35

$$N_{Ed} = 736,93 + 176,53 = 913,46 \text{ kN}$$

Posouzení napětí v kabelech v dolním pásu pro krátkodobé účinky (bez jeřábu)

Posudek je proveden pro období na začátku životnosti. V posudku tedy nejsou uvažovány ztráty předpětí od dlouhodobých účinků, jako je dotvarování a smršťování betonu a relaxace oceli. V dolním pásu se nachází 4 předpjaté kabely P4,5 se 13 dráty.

$$A_{celk} = 825 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 1650 \text{ MPa}$$

Napětí v kabelu po předpětí:

$$\sigma_p = 920 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v kabelu:

$$\sigma_{max} = \sigma_p + N_{Ed}/A_{celk} = 920 + 813030/825 = 1905,49 \text{ MPa}$$

Posudek napětí v kabelu:

$$\sigma_{max} = 1905,49 > f_{yd} = 1650/1,15 = 1334,78 \text{ MPa}$$

Využití průřezu 142,8 %

=> **NEVYHOVUJE**

Posouzení napětí v kabelech v dolním pásu pro krátkodobé účinky (s jeřábem)

Posudek je proveden pro období na začátku životnosti. V posudku tedy nejsou uvažovány ztráty předpětí od dlouhodobých účinků, jako je dotvarování a smršťování betonu a relaxace oceli. V dolním pásu se nachází 4 předpjaté kabely P4,5 se 13 dráty.

$$A_{\text{celk}} = 825 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 1650 \text{ MPa}$$

Napětí v kabelu po předpětí:

$$\sigma_p = 920 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v kabelu:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_p + N_{Ed}/A_{\text{celk}} = 920 + 913460/825 = 2027,22 \text{ MPa}$$

Posudek napětí v kabelu:

$$\sigma_{\text{max}} = 2027,22 > f_{yd} = 1650/1,15 = 1434,78 \text{ MPa}$$

Využití průřezu 151,9 %

=> **NEVYHOVUJE**

Odhad dlouhodobých ztrát předpětí

Dlouhodobé ztráty předpětí zohledňují ztráty předpětí způsobené smršťováním a dotvarováním betonu a relaxací výztuže. Je uvažován stav po 50 letech životnosti. Vzhledem k neznalosti tehdejšího technologického postupu a podmínek při betonáži a předpínání jsou veškeré vstupní údaje uvažovány pouze za odhady.

Smršťování**Smršťování vysycháním**

N			třída cementu dle rychlosti nárůstu pevnosti
$\alpha_{ds1} =$	4	[-]	součinitel závislý na druhu cementu
$\alpha_{ds2} =$	0,12	[-]	součinitel závislý na druhu cementu
$f_{cm0} =$	10,00	MPa	referenční průměrná pevnost betonu v tlaku
$A_c =$	48000	mm ²	průřezová plocha betonu

$u =$	920	mm	<i>obvod prvku vystavený okolnímu prostředí</i>		
$t =$	18250	den	<i>stáří betonu v uvažovaném okamžiku</i>		
$t_s =$	1	den	<i>stáří betonu na začátku smršťování vysycháním (na konci ošetřování)</i>		
$RH =$	50	%	<i>relativní vlhkost okolního prostředí</i>		
$RH_0 =$	100	%	<i>referenční relativní vlhkost okolního prostředí</i>		
$h_0 = 2 \cdot A_c / u =$	$\frac{2 \cdot 48000}{920} =$		104	mm	<i>náhradní rozměr průřezu</i>
$k_h =$	$=$		0,993	[-]	<i>součinitel závislý na náhradní tloušťce průřezu</i>
$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / (t - t_s + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}) =$	$\frac{18250 - 1}{(18250 - 1 + 0,04 \cdot \sqrt{104^3})} =$		0,998	[-]	<i>součinitel smršťování vysycháním</i>
$\beta_{RH} = 1,55 \cdot [1 - (RH / RH_0)^3] =$	$1,55 \cdot [1 - (50 / 100)^3] =$		1,356	[-]	<i>součinitel vlivu relativní vlhkosti okolního prostředí</i>
$\epsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot [(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / f_{cm0})] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} =$	$0,000428$		0,000428	[-]	<i>základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním</i>
$\epsilon_{cd}(t) = k_h \cdot \beta_{ds}(t, t_s) \cdot \epsilon_{cd,0} =$	$0,993 \cdot 0,998 \cdot 0,000428 =$		0,000424	[-]	<i>poměrné přetvoření od smršťování vysycháním</i>

Autogenní smršťování

$t =$	18250	den	<i>stáří betonu v uvažovaném okamžiku</i>		
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 \cdot \sqrt{t}) =$	$1 - \exp(-0,2 \cdot \sqrt{18250}) =$		1,000000	[-]	<i>součinitel autogenního smršťování</i>
$\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} =$	$2,5 \cdot (40 - 10) \cdot 10^{-6} =$		0,000075	[-]	<i>poměrné přetvoření od autogenního smršťování v čase nekonečno</i>
$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \epsilon_{ca}(\infty) =$	$1 \cdot 0,000075 =$		0,000075	[-]	<i>poměrné přetvoření od autogenního smršťování</i>

Celkové smršťování

$\epsilon_{cs}(t) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) =$	$0,000424 + 0,000075 =$		0,000499	[-]	<i>celkové poměrné přetvoření od smršťování</i>
------------------------------------------------------------	-------------------------	--	----------	-----	-------------------------------------------------

Dotvarování

Základní součinitel dotvarování (bez uvážení vlivu teploty)

$A_c =$	48000	mm ²	<i>průřezová plocha betonu</i>
$u =$	920	mm	<i>obvod prvku vystavený okolnímu prostředí</i>
$t =$	18250	den	<i>stáří betonu v uvažovaném okamžiku</i>
$t_0 =$	30	den	<i>stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení (bez uvážení vlivu teploty)</i>
$t - t_0 =$	18220	den	<i>neupravená doba trvání zatížení</i>
$RH =$	50	%	<i>relativní vlhkost okolního prostředí</i>
$h_0 = 2 \cdot A_c / u =$	$\frac{2 \cdot 48000}{920}$	= 104 mm	<i>náhradní rozměr průřezu</i>
$\alpha_1 = [35/f_{cm}]^{0,7} =$		= 0,802 [-]	<i>součinitel vlivu pevnosti betonu</i>
$\alpha_2 = [35/f_{cm}]^{0,2} =$		= 0,939 [-]	<i>součinitel vlivu pevnosti betonu</i>
$\alpha_3 = [35/f_{cm}]^{0,5} =$		= 0,854 [-]	<i>součinitel vlivu pevnosti betonu</i>
$\varphi_{RH} = [1 + (1 - RH/100) / (0,1 \cdot 3 \cdot V_{h_0}) \cdot (\alpha_1)] \cdot (\alpha_2) =$		= 1,738 [-]	<i>součinitel vlivu relativní vlhkosti na základní součinitel dotvarování</i>
$\beta(f_{cm}) = 16,8 / \sqrt{f_{cm}} =$	$\frac{16,8}{\sqrt{48}}$	= 2,425 [-]	<i>součinitel vlivu pevnosti betonu na základní součinitel dotvarování</i>
$\beta(t_0) = 1 / (0,1 + t_0^{0,20}) =$	$\frac{1}{0,1 + 1,974}$	= 0,482 [-]	<i>součinitel vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení na základní součinitel dotvarování</i>
$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) =$	$1,738 \cdot 2,425 \cdot 0,482$	= 2,032 [-]	<i>základní součinitel dotvarování</i>
$\beta_H =$		= 370,0 [-]	<i>součinitel závislý na relativní vlhkosti a na náhradním rozměru prvku</i>
$\beta_c(t, t_0) =$		= 0,994 [-]	<i>součinitel časového průběhu dotvarování po zatížení</i>
$\varphi(t, t_0) =$		= 2,020 [-]	<i>součinitel dotvarování</i>

Relaxace

	2
$\sigma_{p,Al}$ [MPa]	920,00
ρ_{1000} [%]	2,5
μ [-]	0,558
t [hod]	438000
t [den]	18250
$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	18,25

třída relaxačního chování

napětí po zakotvení

ztráta relaxací 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20 °C

poměr napětí po zakotvení ku charakteristické pevnosti

dobu konečné relaxace

dobu konečné relaxace

konečný pokles napětí po relaxaci

Ztráta smršťováním:

$$E_p = 195\,000 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma = E_p \cdot \varepsilon_{st}(t) = 195\,000 \cdot 0,000499 = 97,31 \text{ MPa}$$

Ztráta dotvarováním:

$$E_p = 195\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 35\,000 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,QP} = 0,45 \cdot f_{c,ck} = 0,45 \cdot 40 = 18 \text{ MPa (odhad napětí v betonu pro kvazistálou kombinaci zatížení)}$$

$$\Delta\sigma = E_p / E_{cm} \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP} = 195\,000 / 35\,000 \cdot 2,02 \cdot 18 = 202,58 \text{ MPa}$$

Ztráta relaxací:

$$\Delta\sigma = 0,8 \cdot \Delta\sigma_{pr} = 14,6 \text{ MPa}$$

Napětí v kabelu po dlouhodobých ztrátách předpětí (50 let):

$$\sigma_{p,50} = 920 - 97,31 - 202,58 - 14,6 = 605,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,50} / \sigma_{p,0} = 605,51 / 920 = 0,658$$

=> POKLES PŘEDPĚTÍ V KABELU O CCA 34 %

Posouzení napětí v kabelech v dolním pásu pro dlouhodobé účinky (bez jeřábu)

Posudek je proveden pro období po 50 letech životnosti. V posudku tedy jsou uvažovány ztráty předpětí od dlouhodobých účinků, jako je dotvarování a smršťování betonu a relaxace oceli. V dolním pásu se nachází 4 předpjaté kabely P4,5 se 13 dráty.

Maximální napětí v kabelu:

$$\sigma_{\max,50} = \sigma_{\max,0} - (\sigma_p - \sigma_{p,5}) = 1905,49 - (920 - 605,51) = 1591 \text{ MPa}$$

Posudek napětí v kabelu:

$$\sigma_{\max} = 1591 > f_{yd} = 1650/1,15 = 1334,78 \text{ MPa}$$

Využití průřezu 119,2 %

=> **NEVYHOVUJE**

Posouzení napětí v kabelech v dolním pásu pro dlouhodobé účinky (s jeřábem)

Posudek je proveden pro období po 50 letech životnosti. V posudku tedy jsou uvažovány ztráty předpětí od dlouhodobých účinků, jako je dotvarování a smršťování betonu a relaxace oceli. V dolním pásu se nachází 4 předpjaté kabely P4,5 se 13 dráty.

Maximální napětí v kabelu:

$$\sigma_{\max,50} = \sigma_{\max,0} - (\sigma_p - \sigma_{p,5}) = 2027,22 - (920 - 605,51) = 1712,73 \text{ MPa}$$

Posudek napětí v kabelu:

$$\sigma_{\max} = 1712,73 > f_{yd} = 1650/1,15 = 1334,78 \text{ MPa}$$

Využití průřezu 128,3 %

=> **NEVYHOVUJE**

3. Závěr

Nosná konstrukce stavby byla posouzena na základě norem řady EC (Eurokódy) dle metody mezních stavů. Konstrukce je nevyhovující z hlediska překročení mezního dovoleného napětí v předpínacím kabelu, jak pro krátkodobé účinky na začátku životnosti, tak pro dlouhodobé účinky po 50 letech životnosti.



.....
Vypracoval: Ing. Pavel Dobeš