



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE FVE  
Jihomoravský kraj: Domov u Františka, Újezd u Brna

# STATICKÉ POSOUZENÍ

Vypracoval: Ing. Radek Janka  
3/2023

# OBSAH

STATICKÉ POSOUZENÍ	1
ÚVOD	1
Popis objektu	1
MÍSTNÍ PROHLÍDKA A DOSTUPNÁ DOKUMENTACE	1
ZATÍŽENÍ	2
Skladba střechy	2
Skladba stropní konstrukce nad posledním podlažím	3
Užitné zatížení	3
Zatížení TZB	3
Zatížení sněhem	3
Zatížení větrem	4
ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE	5
Vlastní tíha technologie FVE	5
Užitné zatížení střechy při údržbě FVE	5
Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem	5
POSOUZENÍ STŘECHY	5
Sbíjený vazník	6
Stropní panely	7
POSOUZENÍ VLIVU NA OSTATNÍ KONSTRUKCE	9
POUŽITÉ PODKLADY A NORMY	9
ZÁVĚR	10

## STATICKÉ POSOUZENÍ

Objednatel:	Jihomoravský kraj, Žerotínovo náměstí 449/3, 601 82 Brno, IČ 708 88 337
Název stavby:	Instalace FVE na střechu Domova u Františka, Újezd u Brna
Stavebník:	Domov u Františka, příspěvková organizace, Rybářská 1079, 664 53 Újezd u Brna, IČ 04150015
Hlavní projektant:	PKV BUILD, s.r.o., Vlněna Office Park, Vlněna 526/3, 602 00 Brno
Stupeň projektu:	statické posouzení

## ÚVOD

Předmětem statického posouzení je zhodnocení únosnosti konstrukce střech na budovách Domova u Františka v Újezdu u Brna pro účely instalace fotovoltaické elektrárny (FVE). Podkladem pro zpracování je technická dokumentace stavby, data a měření získaná z místní prohlídky a další zdroje uvedené v závěru tohoto dokumentu.

### Popis objektu

Objekt domova pro seniory byl postaven podle projektové dokumentace [1] v roce 2015 jako novostavba "na zelené louce". Jedná se o dva bloky na půdorysu nepravoúhlého L. Blok A má rozměry 45x16 m, menší blok B 18,2x17,6 m. Stavba je čtyřpodlažní s keramickým nosným zdivem, stropní konstrukce nadzemních podlaží tvoří předpjaté dutinové panely tloušťek 150/165 mm. Sedlové střechy jsou tvořeny sbíjenými dřevěnými vazníky. Z důvodu provedení výrazných zaatikových žlabů ve střeše jsou vazníky uloženy na strop posledního podlaží - viz dále.



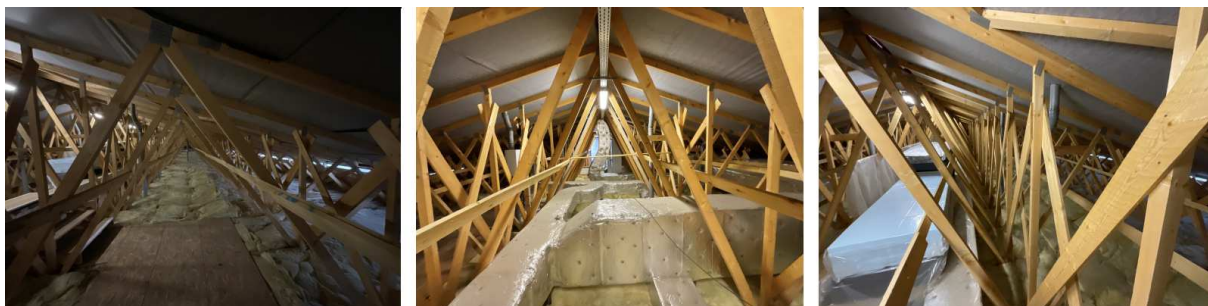
pohled ze dvora: zleva blok B, blok A

## MÍSTNÍ PROHLÍDKA A DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Dřevěné sbíjené vazníky jsou uloženy svými konci na stropní panely, průřez horního pasu 50/100, diagonály (vyjma vrcholové) 50/80. Sklon střechy přibližně 20°, skladba střešního pláště: parozábrana, celoplošný záklop, falcovaná

plechová krytina. Zateplení je řešeno v rovině stropu minerální vatou.

Kromě střešních vazníků je strop dále zatížen rozvody vzduchotechniky, užitným zatížením v místě pochozích lávek a v částech také uskladněnými předměty.



půda bloku A: provedení; vzduchotechnika; uskladněný materiál



půda bloku B

K dispozici je podrobná prováděcí projektová dokumentace stavby [1] zpracovaná firmou MORAVIA CONSULT Olomouc.

## ZATÍŽENÍ

### Skladba střechy

č.	materiál vrstvy	objem.hm.	tloušťka	plošná hm.
1	krytina - falcovaný plech	7850 kg/m <sup>3</sup>	0,75 mm	5,89 kg/m <sup>2</sup>
2	celoplošný prkenný záklop	450 kg/m <sup>3</sup>	25 mm	11,25 kg/m <sup>2</sup>
3	pojistná hydroizolace			0,3 kg/m <sup>2</sup>

Celková zadaná tloušťka skladby:  $b = 25,8 \text{ mm}$

Plošná hmotnost skladby:  $q' = 17,44 \text{ kg/m}^2$

Sklon střechy:  $\alpha = 20^\circ$

Vodorovný průmět zatížení střechou:  $g = q'/\cos(\alpha) = 17,44/\cos(20) = \underline{\underline{0,182 \text{ kN/m}^2}}$

### Skladba stropní konstrukce nad posledním podlažím

č.	materiál vrstvy	obj.hm.	tloušťka	hmotnost
1	tepelná izolace	80 kg/m <sup>3</sup>	200 mm	16,00 kg/m <sup>2</sup>
2	předpjatý panel		150 mm	258 kg/m <sup>2</sup>
3	omítka	1800 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	18,00 kg/m <sup>2</sup>

Celková tloušťka:  $h = 360,0 \text{ mm}$

Celková hmotnost:  $292,00 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow g = \underline{2,920 \text{ kN/m}^2}$

## Užitné zatížení

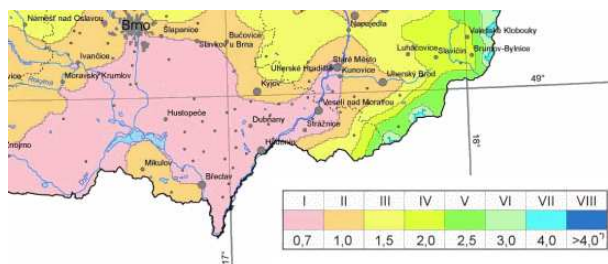
Prostor půdy je využíván ke skladování odloženého materiálu, uvažuji s plošným zatížením pro půdy dle již neplatné ČSN 730035 v hodnotě  $q = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Poznámka: stejná hodnota zatížení je uvažována i v dokumentaci [1]

## Zatížení TZB

Pro rozvody VZT vedené v prostoru půdy uvažuji s maximální hodnotou plošného zatížení  $g_{TZB} = 0,25 \text{ kN/m}^2$ .

## Zatížení sněhem



sněhová oblast



upřesnění podle sněhové mapy: nižší než minimální hodnota dle ČSN EN

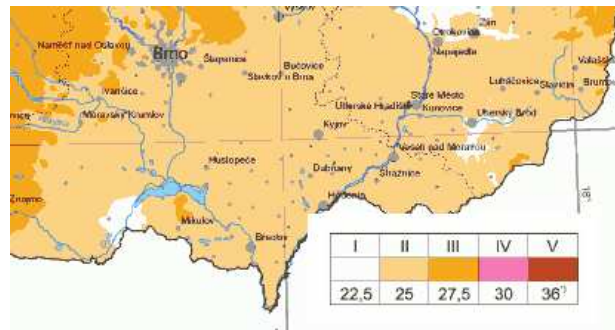
sněhová oblast I., základní tíha sněhu na zemi:  $s_k = \underline{0,70 \text{ kN/m}^2}$

sedlová střecha, sklon střechy  $\alpha = 20^\circ$ ;  $\mu_s = 0,800$ ;  $C_t = 1,0$ ;  $C_e = 1,0$  (normální krajina)



$$s_{0,k} = s_k \cdot C_t \cdot C_e \cdot \mu_s = \underline{0,560} \text{ kN/m}^2; \gamma_f = 1,50$$

## Zatížení větrem



větrová oblast

Lokalita stavby Brno  $\Rightarrow$  větrová oblast II., výchozí základní rychlost větru:  $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

$$c_{dir} = 1,0; c_{season} = 1,0; \text{základní rychlost větru } v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 25,0 \text{ m/s}$$

$$\text{základní dynamický tlak větru } q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25,000^2 = 390,6 \text{ N/m}^2$$

kategorie terénu: III. (předměstské stavby, průmyslové oblasti a malé zemědělské stavby)  $\Rightarrow z_0 = 0,300 \text{ m}; z_{min} = 5,000 \text{ m}$

$$\text{součinitel terénu } k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,22$$

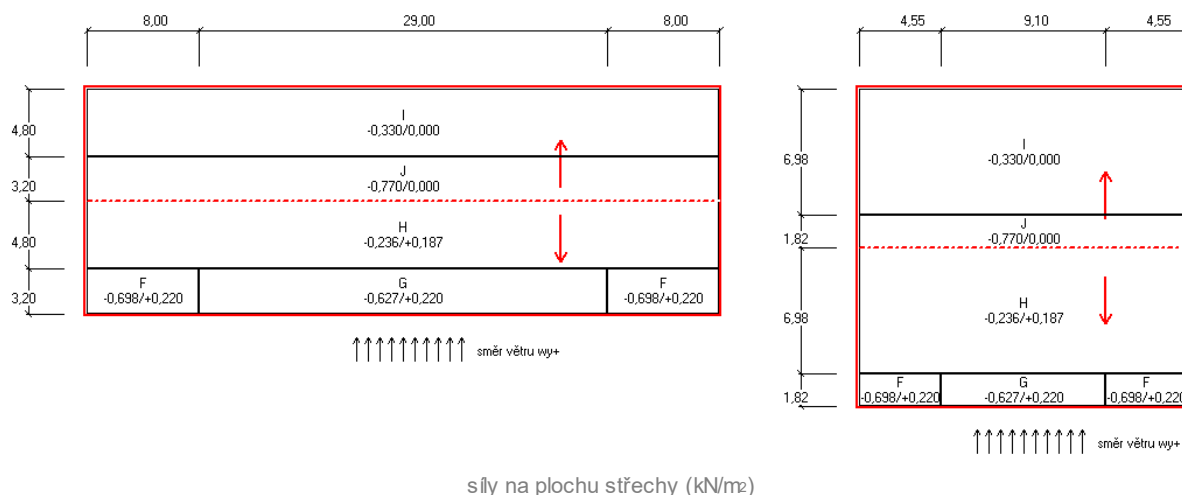
výška stavby  **$h = 16,00 \text{ m}$** ; referenční výška  $z = 16,000 \text{ m}$

součinitel drsnosti  $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,22 \cdot \ln(16,00/0,30) = 0,87$ ; součinitel ortografie  $c_o = 1,00$ ; součinitel turbulence  $k_i = 1,00$

$$\text{střední rychlost větru } v_m = v_b \cdot c_r \cdot c_o = 25,00 \cdot 0,87 \cdot 1,00 = 21,87 \text{ m/s}$$

$$\text{intenzita turbulence } I_v = (k_r \cdot v_b \cdot k_i) / v_m = (0,22 \cdot 25,00 \cdot 1,00) / 21,87 = 0,251$$

$$\text{maximální dynamický tlak větru: } q_{p,k}(z) = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1 + 7 \cdot 0,25) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 21,87^2 = 825,2 \text{ N/m}^2 = \underline{0,825} \text{ kN/m}^2; \gamma = 1,50$$



## ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE

Statické posouzení řeší únosnost střešní konstrukce na přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE).

Posouzení komponent FVE není předmětem tohoto dokumentu. Panely FVE budou instalovány rovnoběžně se střešní rovinou. Pro zajištění stability proti účinkům větru bude FVE mechanicky kotvena k nosným konstrukcím střechy. Návrh a realizace kotvení je odpovědností dodavatele, dále v textu jsou uvedeny síly od větru.

Celkové přitížení střechy instalací FVE je tvořeno vlastní tíhou panelů, systémových komponent (kabeláž, měniče atd), kotevních lišt, užitným zatížením obsluhou FVE.

### Vlastní tíha technologie FVE

- $g_0$  = vlastní tíha FV panelů  $\approx 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,120 \text{ kN/m}^2$
- $g_1$  = kabeláž, měniče, montážní materiál =  $3,0 \text{ kg/m}^2 = 0,030 \text{ kN/m}^2$

$$\Sigma g_k = 15,0 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0,150 \text{ kN/m}^2}$$

### Užitné zatížení střechy při údržbě FVE

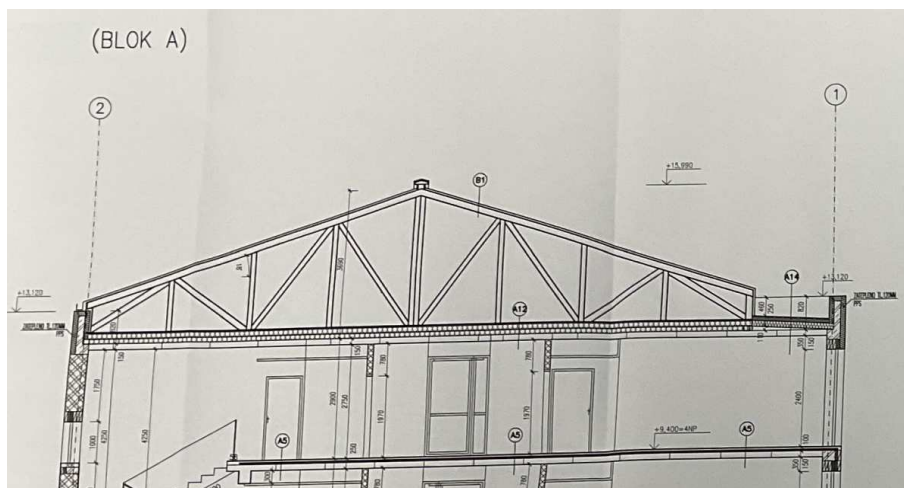
Není uvažováno se zatížením šikmé střechy při údržbě FVE.

### Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem

Panely jsou na šikmé střeše umístěny rovnoběžně se střešní rovinou a s minimálním odstupem od stávající krytiny. Nebude docházet k hromadění sněhu pod panely. Nemění se sklony střešních ploch. Instalace FVE nemá negativní dopad na zatížení sněhem. Je potřeba zkontrolovat možná rizika sesuvu sněhu ze střechy

## POSOUZENÍ STŘECHY

Podle projektové dokumentace jsou vazníky podepřeny na svých koncích a působí jako plnohodnotná nosná konstrukce. Reakce vazníků jsou přenášeny do obvodové stěny (osa 2) a na stropní panel spirall (vedle osy 1). Skutečná geometrie vazníků je jiná než v projektu. Dále bude posouzena únosnost vazníku a únosnost stropních panelů. Posudek je proveden pro blok A, vzhledem k obdobnému konstrukčnímu provedení platí jeho závěry i pro střechu bloku B.



schema konstrukce střechy z projektové dokumentace NEODPOVÍDÁ SKUTEČNÉMU PROVEDENÍ!

### Sbíjený vazník

Rekapitulace zatížení horního pasu vazníku (rozteč  $b = 1,0 \text{ m}$ ):

- $g_1$  = střešní plášť =  $0,174 \text{ kN/m}$ ;  $\gamma=1,35$
- $g_{FVE}$  = přetížení fotovoltaikou =  $0,15 \text{ kN/m}$ ;  $\gamma=1,35$
- $s$  = sníh =  $0,56 \text{ kN/m}$ ;  $\gamma=1,50$
- $w_{\max}$  = tlak větru zjednodušeně v celé délce =  $0,22 \text{ kN/m}$ ;  $\gamma=1,50$

$$\Sigma f_k = 0,174 + 0,15 + 0,56 + 0,22 = \underline{\underline{1,104}} \text{ kN/m}$$

$$\Sigma f_d = 1,35 \cdot (0,174 + 0,15) + 1,50 \cdot (0,56 + 0,22) = \underline{\underline{1,607}} \text{ kN/m}$$

Z posudku vazníku v numerickém modelu SCIA (viz Příloha 1) vyplývá výrazné překročení vzpěrné únosnosti prvních tlačných diagonál. Posuzuji proto diagonálu jako samostatný prvek, maximální osová síla  $N_d = 15,29 \text{ kN}$ ; průřez  $50 \times 80 \text{ mm}$ :

**posouzení dřevěného prvku na vzpěr:**



$$N_d = 15,29 \text{ kN}; b = 50,0 \text{ mm}; h = 80,0 \text{ mm}; A = 4000 \text{ mm}^2; I_y = 2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; i_y = \sqrt{I_y/A} = 23,094 \text{ mm}; I_z = 1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; i_z = \sqrt{I_z/A} = 14,434 \text{ mm}$$

$$\text{třída dřeva C24} \Rightarrow f_{c,0,k} = 21,00 \text{ MPa}; E_{0,05} = 7,400 \text{ GPa (viz EN 338)}$$

$$k_{mod} = 0,900 \text{ (třída prostředí 1)}; \gamma_M = 1,300 \text{ (jehličnaté řezivo)}; f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = \underline{14,54 \text{ MPa}}$$

$$\text{vzpěrná délka: } L = 1600,0 \text{ mm; konec 1 = kloub, konec 2 = kloub} \Rightarrow L_{cr} = 1,0 \cdot L = 1600,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A = 15,290 \cdot 10^3 / 4000,00000 \cdot 10^{-6} = \underline{3,822 \text{ MPa}}; \beta_c = 0,2 \text{ (jehličnaté řezivo)}$$

$$\text{vybočení v ose y: } \lambda_y = L_{cr}/i_y = 1600,0/23,1 = 69,282; \lambda_{rel,y} = \lambda_y/\pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k}/E_{0,05}} = 1,175; k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c$$

$$(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 = 1,278; k_{c,y} = 1/(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0,562$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) = \underline{0,468} \leq 1,0 \text{ vyhoví}$$

$$\text{vybočení v ose z: } \lambda_z = L_{cr}/i_z = 1600,0/14,4 = 110,851; \lambda_{rel,z} = \lambda_z/\pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k}/E_{0,05}} = 1,880; k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} -$$

$$0,3) + \lambda_{rel,z}^2 = 2,425; k_{c,z} = 1/(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 0,253$$

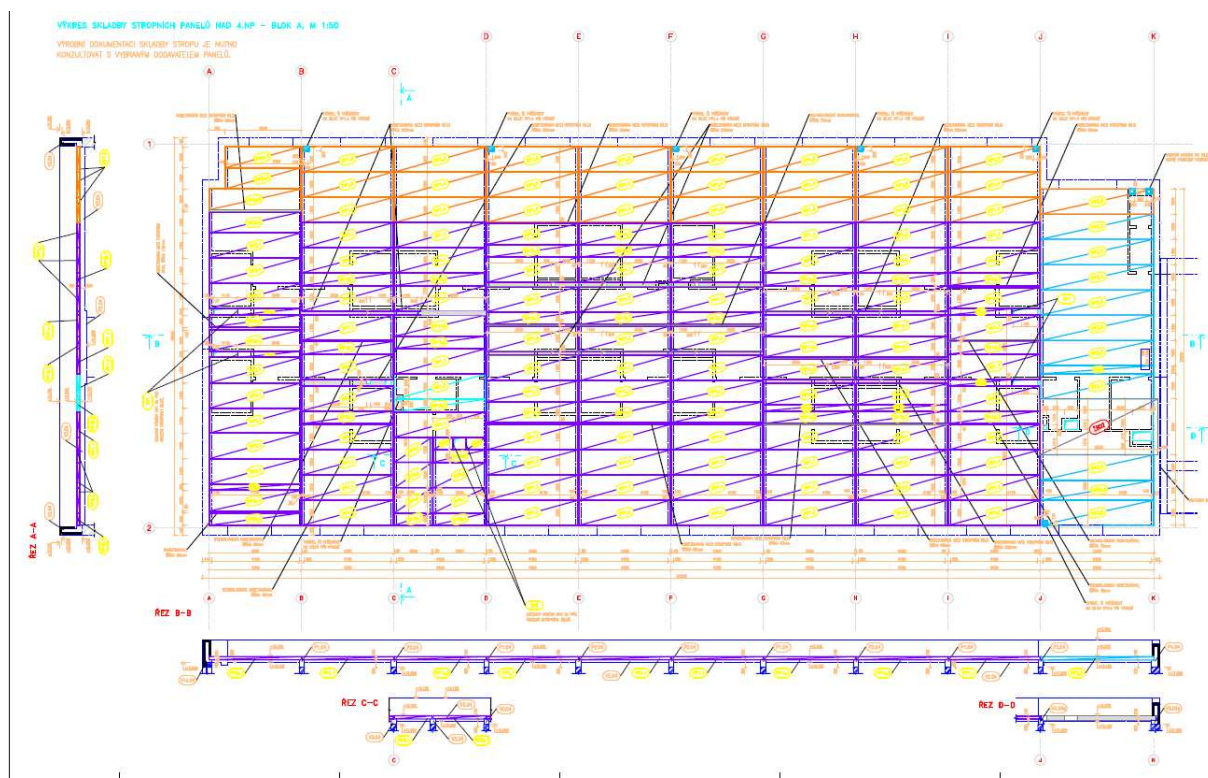
$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) = \underline{1,040} > 1,0 \text{ **nevyhoví**}$$

průřez 50x80 mm, délka 1600 mm na vzpěr **nevyhoví**

Vzpěrná únosnost prvku je překročena.

## Stropní panely

Stropní konstrukce je tvořena panely Spiroll tloušťky 150 mm. V ploše nezatížené vazníky jsou použity panely s plochou dolní výztuže  $A_s = 312 \text{ mm}^2$  (panely P1.1, na schématu níže značeny fialově). U zaatíkového žlabu a v místě uložení vazníku jsou panely zesílené,  $A_s = 520 + 104 \text{ mm}^2$  (panely P1.4, značeny oranžově). Výrobce a typ panelu není v dokumentaci stanoven. Z uvedených průřezových ploch výztuže je zřejmé, že se jedná o panely vyztužené 6+0, respektive 10+2 předpínacími lany  $\varnothing 9,3 \text{ mm}$  při dolním+horním povrchu. Na základě rešerše archivních podkladů předpjatých panelů se jedná o dílce Echo vyráběné firmou Topos Tovačov.



skladba stropních panelů posledního podlaží

Stropní panel je zatížen liniově reakcí střešního vazníku, dále zatížením izolací a návějí sněhu v zaatikovém žlabu. Neuvažují s užitným zatížením půdy (obtížně dostupný snížený okraj vazníku).

Rekapitulace zatížení:

- $g_0$  = vlastní tíha panelu =  $2,58 \text{ kN/m}^2$  ;  $\gamma=1,35$
- $g_1$  = tepelná izolace a omítka =  $0,34 \text{ kN/m}^2$  ;  $\gamma=1,35$
- $s$  = sníh s lívem návěje ( $\mu_s = 1,83$ ) =  $1,28 \text{ kN/m}^2$  ;  $\gamma=1,50$
- $q_d$  = reakce vazníku =  $11,63 \text{ kN/m}$  liniové zatížení, přepočet na plošné:  $q_d' = 11,63/1,2 = \underline{\underline{9,692 \text{ kN/m}^2}}$

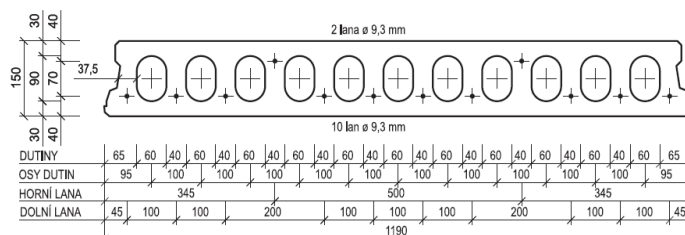
$$\Sigma f_k = 2,58 + 0,34 + 1,25 + 9,692/1,4 \approx \underline{\underline{11,093 \text{ kN/m}^2}}$$

$$\Sigma f_d = 2,58 \cdot 1,35 + 0,34 \cdot 1,35 + 1,25 \cdot 1,50 + 9,692 = \underline{\underline{15,509 \text{ kN/m}^2}}$$

**Posouzení panelu:**

## PPE 150-10x+2x

PŘÍČNÝ REZ:



předpokládaný typ stropního panelu

TABULKA STATICKÝCH HODNOT:				
L	Vu	Mdek	Mcr	Mw02
m	kN/1,2m	kNm/1,2m	kNm/1,2m	kNm/1,2m
do 1,4	61,20	26,01	38,75	45,15
1,5	76,85	34,61	50,39	56,80
2,0	76,85	34,63	50,41	56,81
2,5	76,85	34,65	50,43	56,83
3,0	76,85	34,68	50,46	56,86
3,5	76,85	34,71	50,49	56,89
4,0	76,85	34,75	50,52	56,92
4,5	76,85	34,79	50,56	56,96
5,0	76,85	34,84	50,60	57,01
5,5	76,85	34,89	50,65	57,06
6,0	76,85	34,95	50,71	57,11
6,5	76,85	35,01	50,76	57,17
7,0	76,85	35,08	50,83	57,23
7,5	76,85	35,16	50,89	57,30

pozn: uvedené hodnoty porovnávat s výpočtovými hodnotami včetně vlastní tíhy

statické hodnoty

délka panelu L = 4,40 m, šířka 1,2 m:

$M_d = 1/8 \cdot (1,2 \cdot 15,509) \cdot 4,40^2 = \underline{45,038}$  kNm/panel <  $M_{cr} = 50,56$  kNm/1,2 m, panel vyhoví

$V_d = 1/2 \cdot (1,2 \cdot 15,509) \cdot 4,40 = \underline{40,944}$  kN/panel <  $V_u = 76,85$  kN/1,2m, panel vyhoví

Stropní panely přetížené reakcí vazníku vyhoví.

## POSOUZENÍ VLIVU NA OSTATNÍ KONSTRUKCE

Celkové navýšení zatížení od fotovoltaiky na navazující konstrukce (zdivo, základy) je zanedbatelné, konstrukce vyhoví.

## POUŽITÉ PODKLADY A NORMY

[1] Domov pro seniory Újezd u Brna - výstavba, prováděcí dokumentace stavby, vypracoval MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s., hlavní inženýr projektu Ing. Patrik Pluskal, datum duben 2014

[2] místní prohlídka a zaměření, Ing. Radek Janka, 18.1.2023

[3] *letecké snímkování dronem*, PKV BUILD, Jan Martínek, 18.1.2023

[4] *Mapa zatížení sněhem na zemi*, Ing. Vít Křivý, Ph.D, VŠB-TU Ostrava, RNDr. Luboš Němec, ČHMÚ Praha, dostupné on-line [www.clima-maps.info/snehovamapa](http://www.clima-maps.info/snehovamapa)

[5] *Stropy z předpjatých panelů*, uživatelská příručka, TOPOS PREFA Tovačov, a.s., vydáno 2009

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

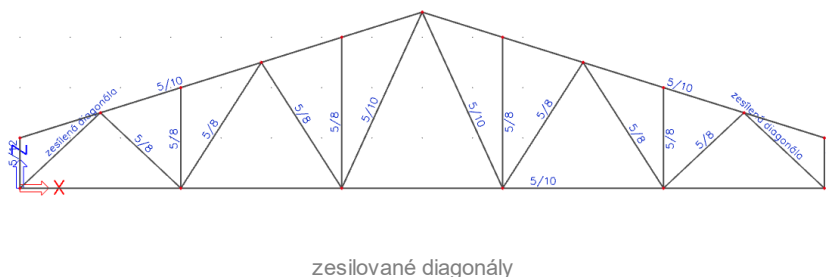
ČSN EN 1995 Navrhování dřevěných konstrukcí

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení stávajících konstrukcí

ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení

## ZÁVĚR

Pro možnost instalace FVE je rozhodující únosnost dřevěných sbíjených vazníků. Statickým výpočtem bylo zjištěno překročení vzpěrné únosnosti první tlačené diagonály při přitížení střechy fotovoltaickými panely. Instalace je tak možná pouze za předpokladu zesílení nevyhovujících prvků přibitými oboustrannými příločkami z prken 100x25 mm. **Po provedeném zesílení** střešní konstrukce i navazující strop vyhoví na přitížení od FVE v uvažované výši 15 kg/m<sup>2</sup>. Bez popsané úpravy nelze FVE instalovat.



V Bystrovaněch dne 23.3.2023

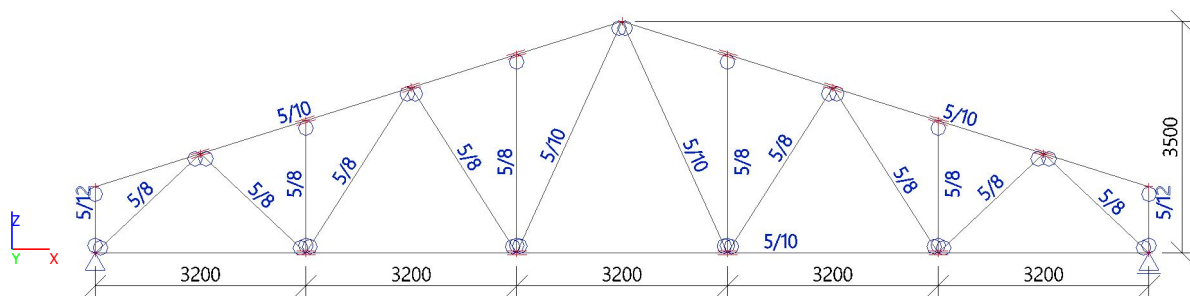
Ing. Radek Janka  
IČ 699 95 591 / ČKAIT 120 13 35  
Budovcova 3, 779 00 Bystrovany  
+420 721 048 805  
radek.janka@probeton.cz  
<http://www.probeton.cz>

**Příloha 1:** Posouzení vazníku blok A, SCIA Engineer, celkem 3 strany A4

# **PŘÍLOHA 1**

## 1. Konstrukce

### 1.1. Výpočtový model



## 2. Zatížení

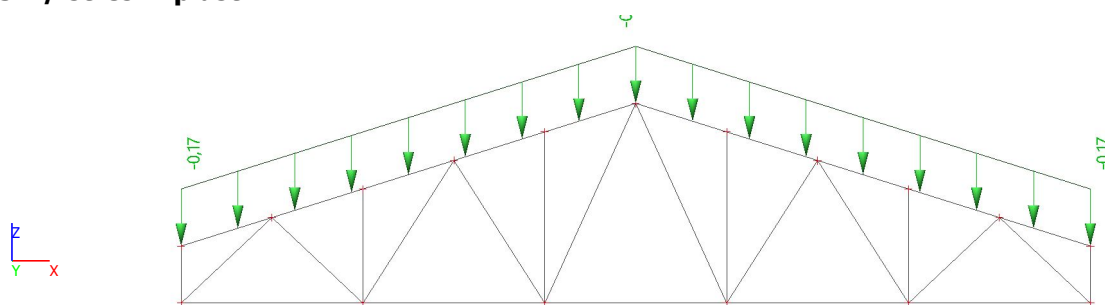
### 2.1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	-Z		
		Vlastní tíha				
ZS2	plášť	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS3	FVE	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS4	sníh	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS5	vítr	Proměnné	SZ3		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				

### 2.2. Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Standard	Sníh
SZ3	Proměnné	Standard	Vítr

### 2.3. ZS2 / střešní plášť







## Projekt Domov u Františka

Hodnoty: **N**

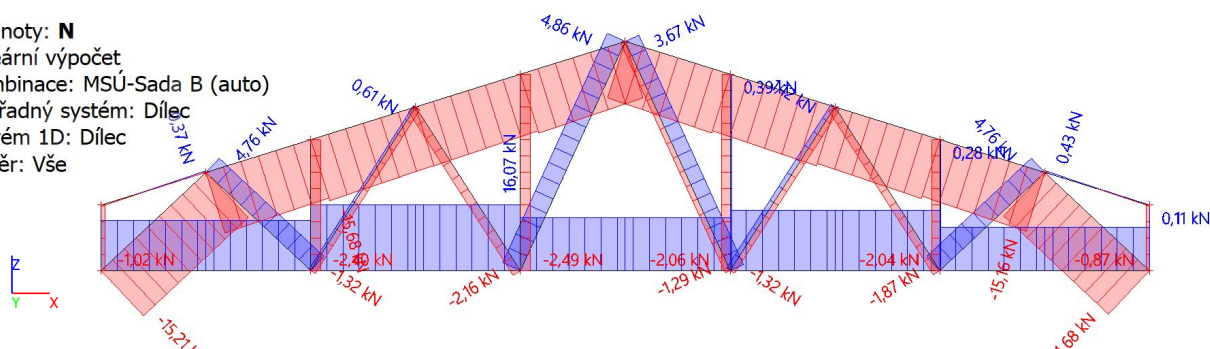
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

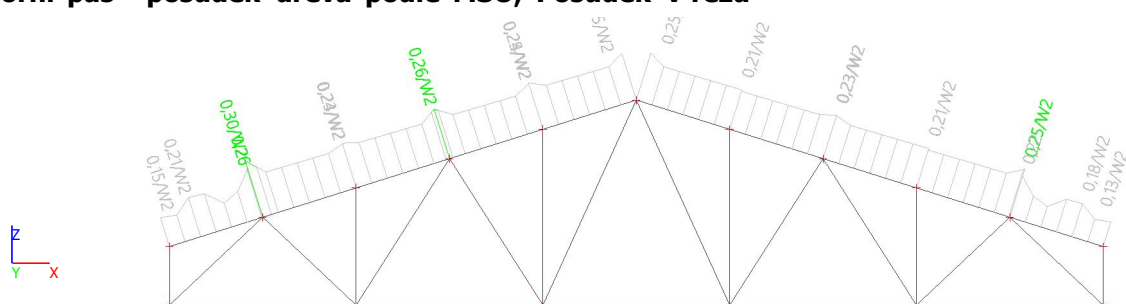
Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše

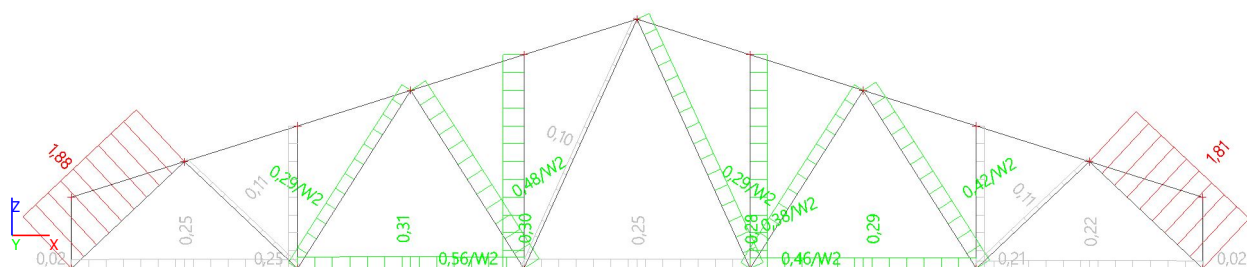


## 4. Posouzení vazníků

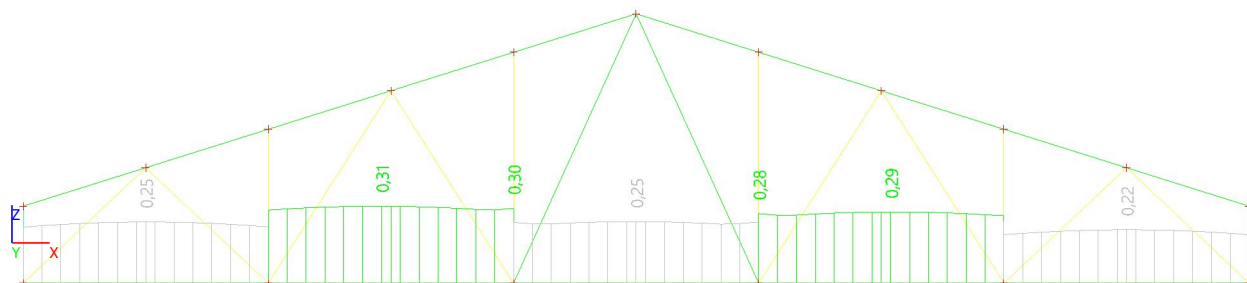
### 4.1. Horní pas - posudek dřeva podle MSÚ; Posudek v řezu



### 4.2. Diagonály a svislice - posudek dřeva podle MSÚ; Jedn. posudek



### 4.3. Dolní pas - posudek dřeva podle MSÚ; Jedn. posudek



## 5. Závěr

Tento statický výpočet je nedílnou přílohou posouzení přetížení střechy objektu fotovoltaickou elektrárnou. Rozbor zatížení, výchozí předpoklady a interpretace výsledků jsou uvedeny v hlavní části dokumentu. Výpočet nelze použít samostatně a k jinému než uvedenému účelu.

V Bystrovaně, 23.3.2023

vypracoval: Ing. Radek Janka