

STATICKÉ POSOUZENÍ

Domov důchodců, Ždírec

Posouzení možnosti umístění FVE panelů na střeche objektu

STAVEBNÍK: Kraj Vysočina,
Žižkova 1882/57
586 01 Jihlava
IČO: 70890749

VYPRACOVAL: Ing. Tomáš FOCKE
Žitná 1474/23
621 00 Brno
autorizovaný inženýr pro obor statika a dynamika staveb
zapsán u ČKAIT pod číslem 1004977
tel: 776 740 780, email: tom.focke@email.cz

OBSAH:

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA	2
1.1. ÚVODNÍ INFORMACE	2
1.2. OBECNÝ POPIS OBJEKTU	2
1.3. TECHNOLOGICKÉ ZADÁNÍ – UVAŽOVANÉ FVE PANELY	2
2. POSOUZENÍ STŘECHY	4
2.1. POPIS KONSTRUKCE	4
2.2. STANOVENÍ ZATÍŽENÍ	4
2.3. VÝSLEDKY VÝPOČTU VNITŘNÍCH SIL	8
2.4. POSOUZENÍ PRVKŮ KROVU	10
3. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	11

Celkový počet stran : 11
Datum : 04/2023



1

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

1.1. Úvodní informace

Předmětem tohoto statické posouzení je zhodnocení možnosti umístění FVE panelů na střechu objektu Domova důchodců ve Ždírci.



Střecha objektu s návrhem umístění FVE panelů

1.2. Obecný popis objektu

Řešený objekt je samostatně stojící budova umístěná na jih od ostatních objektů.

Objekt je navržen ve zděné technologii se skládanými prefamolitickými stropy s doplněním z monolitického železobetonu v potřebném a nejnutnějším rozsahu.

Obvodový plášť je zděný a je součástí nosných svislých konstrukcí. Zastřešení je sedlovou střechou s dřevěným krovem. Založení je plošné na pasech.

Jedná se o tři podlažní monoblok (bez podzemního podlaží) obdélníkového půdorysu sestávající ze tří dilatačních celků obdélníkových půdorysů. Konstruktivní výška podlaží je 3,00 m resp. světlost jednotlivých podlaží je 2,65 m.

Střecha je sedlová s plnou vazbou vždy v místě příčných nosných stěn se stojatou stolicí se dvěma středními vaznicemi. Sloupky jsou ukládány na bačkory, které jsou uloženy v podélné ose příčných nosných stěn. Ztužení v příčném směru je zajištěno vzpěrami provedenými v diagonále mezi sloupky, v podélném směru pásy na obou středních vaznicích.

1.3. Technologické zadání – uvažované FVE panely

Jsou uvažovány panely pro instalaci na šikmé střechy, tj. panely s přímou montáží ke střešní konstrukci bez zátěžových bloků.

Příklad charakteristického fotovoltaického panelu:

Rozměr panelu je **2094x1038x35mm**, váha panelu je **23kg**. K tomu připočet **6,5kg** na konstrukci.

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

Hmotnost na 1m²: $q = (23+6,5)/(2,094*1,038) = 13,6 \text{ kg/m}^2$

Nadále bude ve výpočtu uvažována obecná hodnota **15,0 kg/m²**

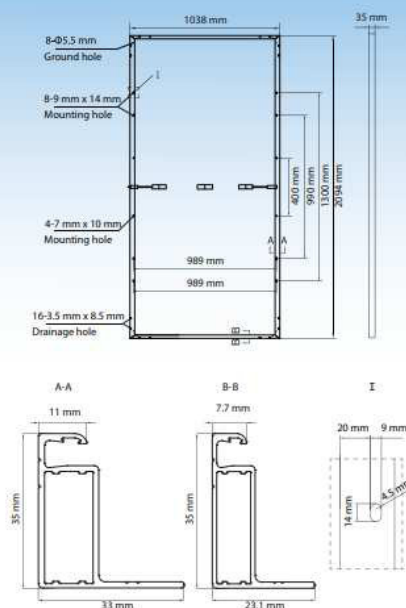
ELECTRICAL SPECIFICATIONS

STC rated output (P _{mpp})	445 Wp	450 Wp	455 Wp
Rated voltage (V _{mpp}) at STC	41.05 V	41.32 V	41.51 V
Rated current (I _{mpp}) at STC	10.84 A	10.89 A	10.96 A
Open circuit voltage (V _{oc}) at STC	48.80 V	49.05 V	49.35 V
Short circuit current (I _{sc}) at STC	11.30 A	11.37 A	11.44 A
Module efficiency	20.5%	20.7%	20.9%
Rated output (P _{mpp}) at NMOT	330.8 Wp	334.5 Wp	338.2 Wp
Rated voltage (V _{mpp}) at NMOT	38.12 V	38.37 V	38.55 V
Rated current (I _{mpp}) at NMOT	8.68 A	8.72 A	8.78 A
Open circuit voltage (V _{oc}) at NMOT	45.70 V	45.94 V	46.22 V
Short circuit current (I _{sc}) at NMOT	9.10 A	9.16 A	9.22 A
Temperature coefficient (P _{mpp})	- 0.35%/°C		
Temperature coefficient (I _{sc})	+ 0.050%/°C		
Temperature coefficient (V _{oc})	- 0.27%/°C		
Nominal module operating temperature (NMOT)	41±2°C		
Maximum system voltage (IEC/UL)	1500V _{DC}		
Number of diodes	3		
Junction box IP rating	IP 68		
Maximum series fuse rating	20 A		

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s

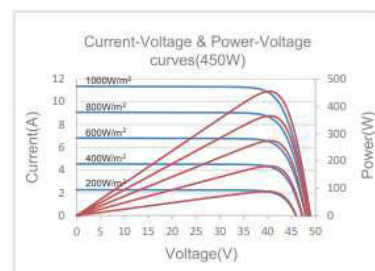
MODULE DIMENSION DETAILS



MECHANICAL SPECIFICATIONS

Outer dimensions (L x W x H)	2094 x 1038 x 35 mm
Frame technology	Aluminum, silver anodized
Front glass thickness	3.2 mm
Cable length (IEC/UL)	Portrait: 300 mm Landscape: 1300 mm
Cable diameter (IEC/UL)	4 mm ² / 12 AWG
Maximum mechanical test load	5400 Pa (front) / 2400 Pa (back)
Fire performance (IEC/UL)	Class C (IEC) or Type 4 (UL)
Connector type (IEC/UL)	HCB40 / MC4-EVO2 (optional)

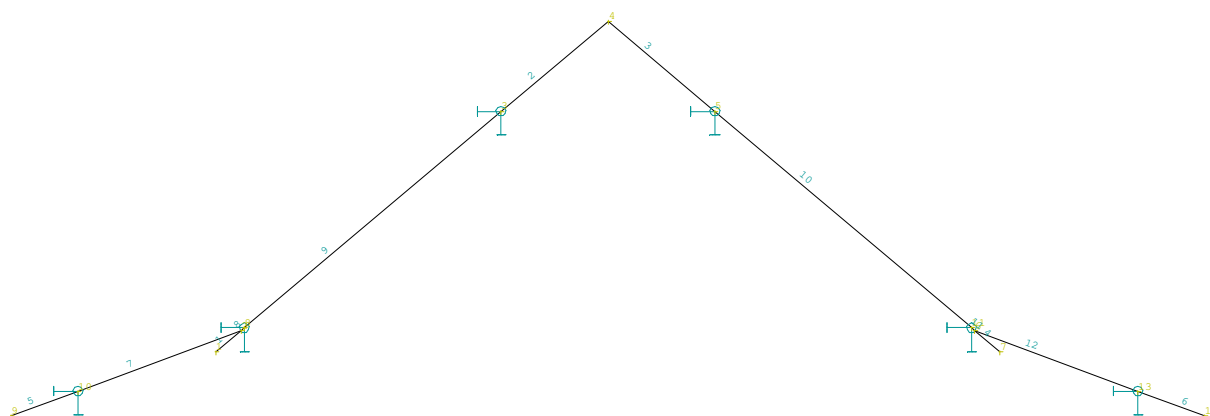
CURVE



2. POSOUZENÍ STŘECHY

2.1. Popis konstrukce

Zastřešení objektu je provedena sedlovou střechou. Konstrukce zastřešení je tvořena dřevěným vaznicovým krovem se středními vaznicemi.



Výpočtový model konstrukce - krokve

2.2. Stanovení zatížení

- 1.ZS – Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce je automaticky generována výpočetním systémem na základě zadaných průřezů a materiálu.

Součinitel zatížení: $\gamma_f = 1,35$

- 2.ZS – Stálé zatížení

Zatížení stálé - vlastní tíha:

skladba střechy - S1

Položka	q_n kN/m ³	t mm	q_n kN/m ²	γ_f	q_d kN/m ²
střešní taška			0,45	1,35	0,61

CELKEM	0,45	1,35	0,61
--------	------	------	------

Zatěžovací šířka: 1,075m

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

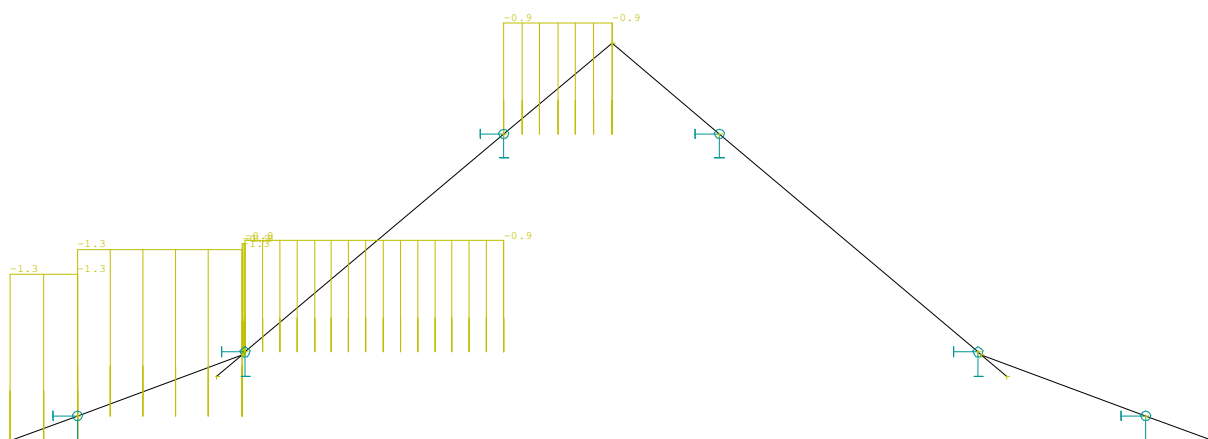
• 3.ZS –Sníh-plný

Lokalita:		Ždírec	
Dle ČSN 73 0035-86+Z1+Z3 je lokalita	III.sněhová oblast	▼	...charakterická hodnota $S_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$
Zatížení sněhem (dle ČSN 73 0035-změna Z3)			
normová hodnota zatížení sněhem:			
$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$			
kde:			
S_k	... je char. hodnota zatížení sněhem na zemi v kN/m^2	$S_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$	
μ_i	... tvarový součinitel podle kap.5.3	$\mu_{i1} = 0,533$	
Schéma:	Sedlová střecha ▼	sklon: 40°	
C_e	... součinitel expozice	normální krajina ▼	$C_e = 1,0$
C_t	... tepelný součinitel		$C_e = 1,0$
normová hodnota statické složky zatížení sněhem - na plochu:			
$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$			

Zatěžovací šířka: 1,075m

Součinitel zatížení: $\gamma_f = 1,50$

• 4.ZS –Sníh-jednostranný 1



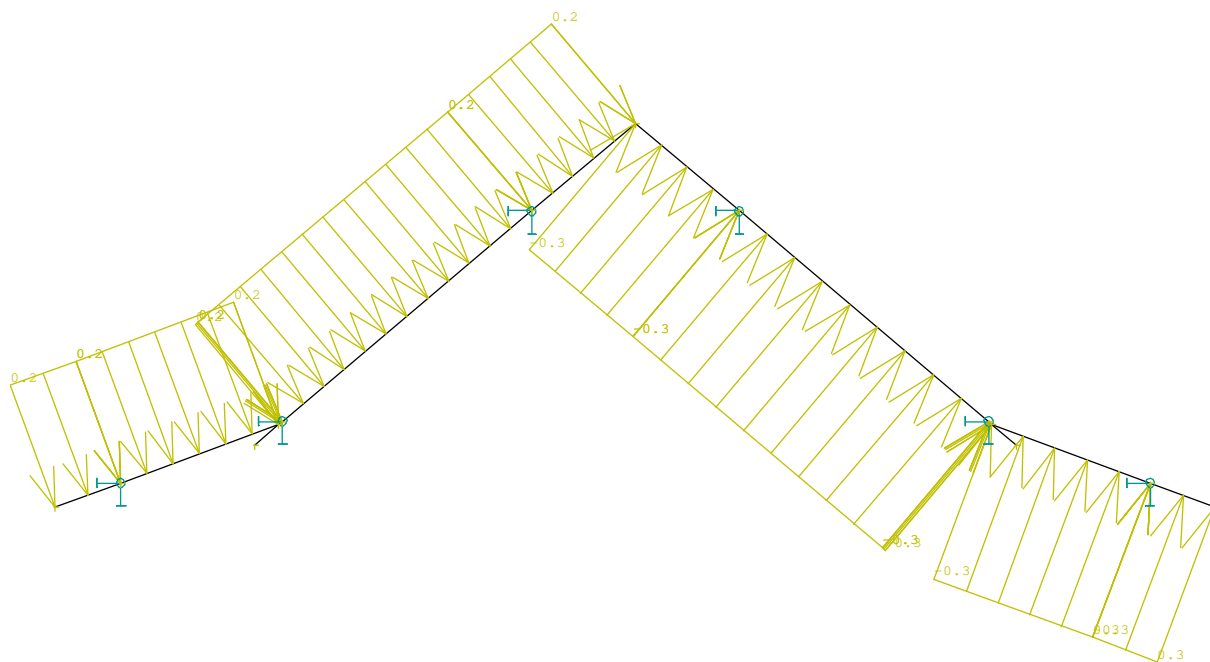
Součinitel zatížení: $\gamma_f = 1,5$

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

- 5.ZS –Vítr

Lokalita:		Ždírec
Dle ČSN 73 0035-86 je lokalita zařazena jako	IV.větrová oblast	...základní tlak větru $w_0 = 0,55 \text{ kN/m}^2$
Statické zatížení větrem (dle čl.165 - 177 ČSN 73 0035-86)		
normová hodnota s t a t i c k é složky zatížení větrem:		
$w_n = w_0 \cdot K_w \cdot C_w$		
kde:		
w_0	... je základní tlak větru v kN/m^2 podle čl. 166 až 168	$w_0 = 0,55 \text{ kN/m}^2$
K_w	... součinitel výšky podle čl. 169 až 172	
dle čl.169 se jedná o terén typu: A		
uvažovaná výška nad terénem h 10 m		
$K_w = 1,00$		
C_w	... tvarový součinitel podle čl. 173 až 177	
	$C_{w1} = 0,40$	návětrná strana (tlak)
	$C_{w2} = 0,50$	závětrná strana (sání)
normová hodnota statické složky zatížení větrem - na plochu:		
$w_n = w_0 \cdot K_w \cdot C_{wx} = 0,22 \text{ kN/m}^2$ $0,28 \text{ kN/m}^2$		



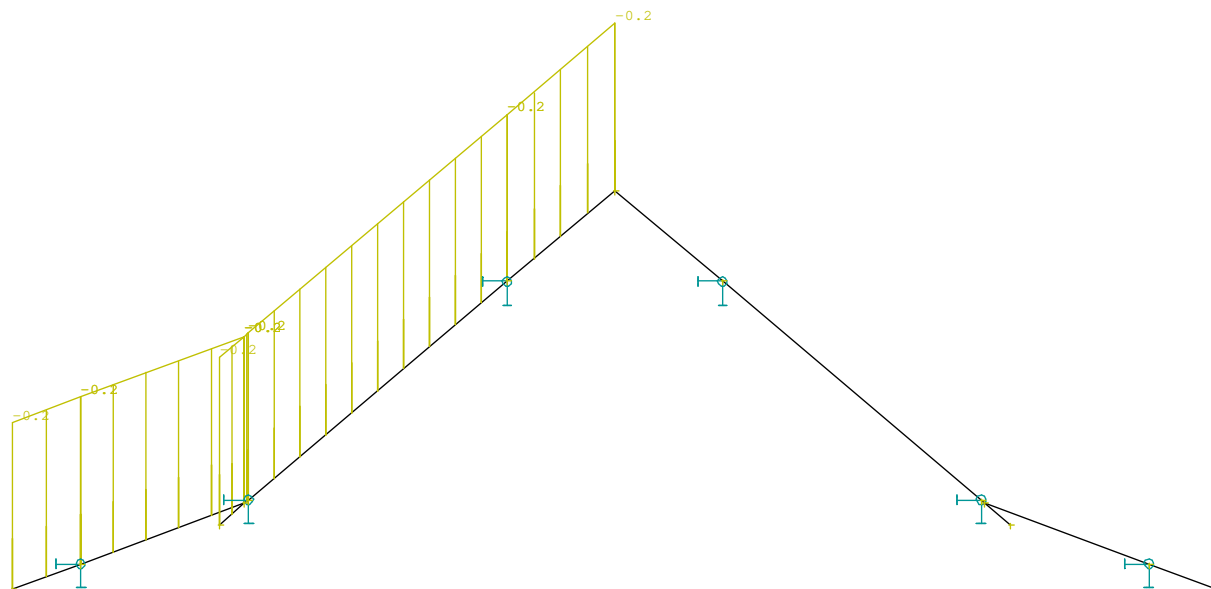
Součinitel zatížení: $\gamma_f = 1,5$

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

- 6.ZS – FVE

FVE panely ... $g = 0,150 \text{ kN/m}^2$



Součinitel zatížení: $\gamma_f = 1,35$

- Kombinace zatížení

Základní pravidla pro generování kombinací na únosnost.

- 1 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS3 / 1.35 \cdot ZS6$
- 2 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS4 / 1.35 \cdot ZS6$
- 3 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS5 / 1.35 \cdot ZS6$
- 4 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS3 / 1.50 \cdot ZS5 / 1.35 \cdot ZS6$
- 5 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS4 / 1.50 \cdot ZS5 / 1.35 \cdot ZS6$

Základní pravidla pro generování kombinací na použitelnost.

- 1 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS3 / 1.00 \cdot ZS6$
- 2 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS4 / 1.00 \cdot ZS6$
- 3 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS5 / 1.00 \cdot ZS6$
- 4 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS3 / 1.00 \cdot ZS5 / 1.00 \cdot ZS6$
- 5 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS4 / 1.00 \cdot ZS5 / 1.00 \cdot ZS6$

Výpis nebezpečných kombinací na únosnost

- 1/ 1 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS6$
- 2/ 2 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS4 + 1.35 \cdot ZS6$
- 3/ 3 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS5 + 1.35 \cdot ZS6$
- 4/ 4 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS3 + 1.50 \cdot ZS5 + 1.35 \cdot ZS6$
- 5/ 5 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS4 + 1.50 \cdot ZS5 + 1.35 \cdot ZS6$

Výpis nebezpečných kombinací na použitelnost

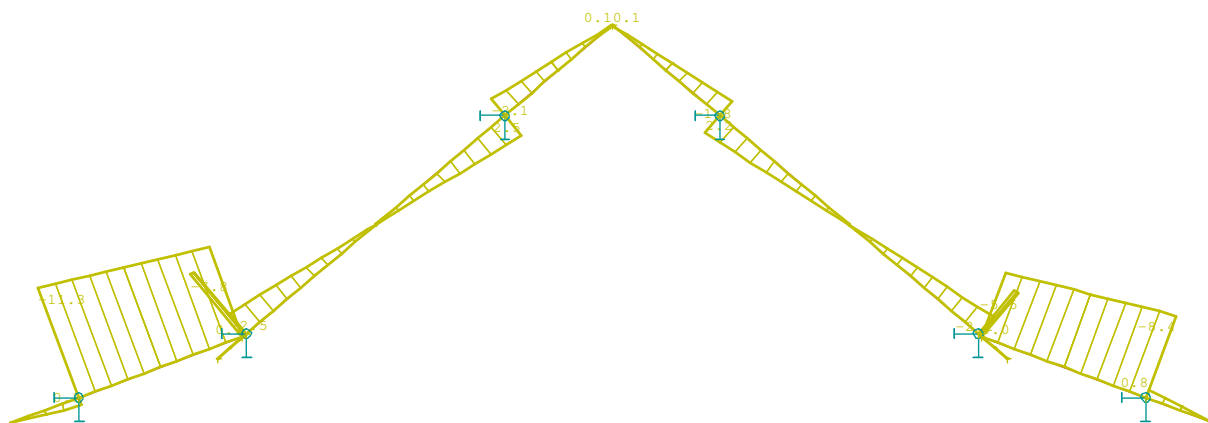
- 1/ 1 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS3 + 1.00 \cdot ZS6$
- 2/ 2 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS4 + 1.00 \cdot ZS6$
- 3/ 3 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS5 + 1.00 \cdot ZS6$
- 4/ 4 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS3 + 1.00 \cdot ZS5 + 1.00 \cdot ZS6$
- 5/ 5 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS4 + 1.00 \cdot ZS5 + 1.00 \cdot ZS6$
- 5/ 5 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS4 + 1.00 \cdot ZS5$

STATICKÉ POSOUZENÍ

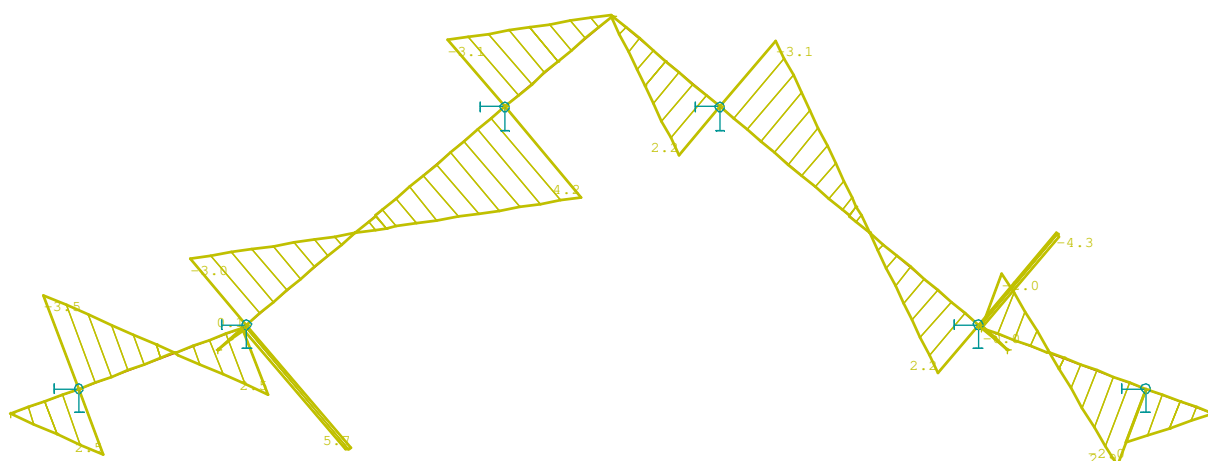
AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

2.3. Výsledky výpočtu vnitřních sil

- *Normálové síly*



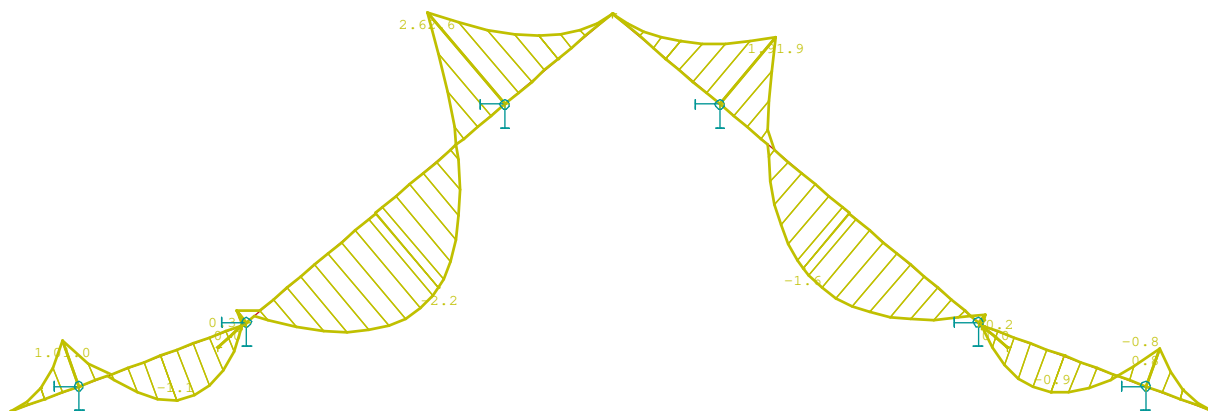
- *Posouvající síly*



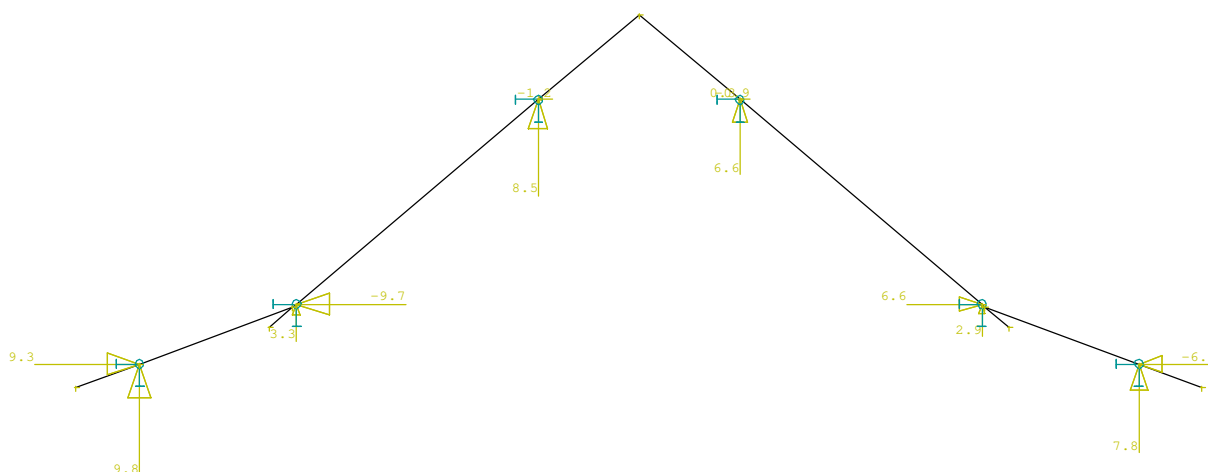
STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

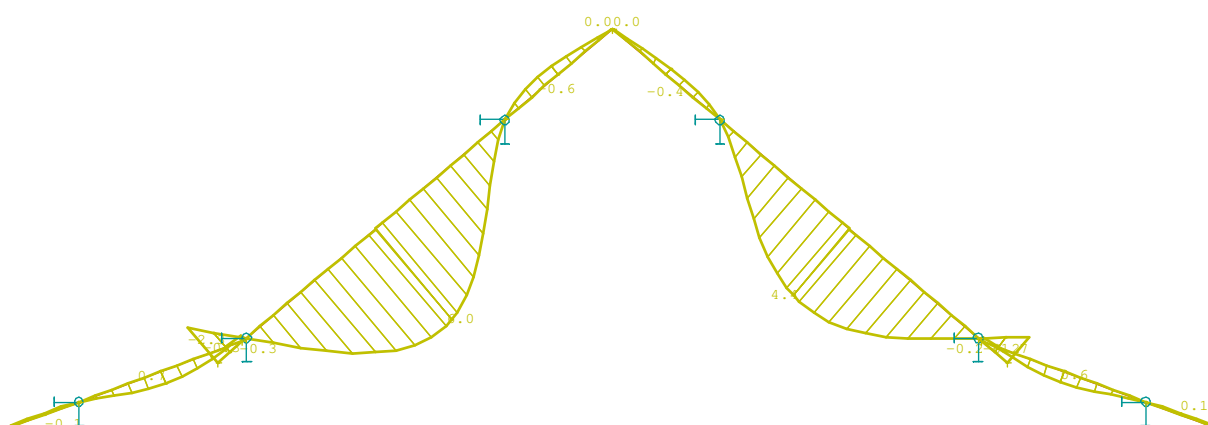
- *Ohybové momenty*



- *Reakce*



- *Lineární deformace*



STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

2.4. Posouzení prvků krovu

EUROCODE 5 - NÁVRH DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ, ENV 1995-1-1.

Standardní výpis, globální extrémy.

Makro :2 Prut :2 L=1.635m Pr. : 1 - KROKEV (100,160)

Materiál : jehličnate-S1

Třída vlhkosti : 1

gamma m =1.30 k m =0.70 (obdélník)

řez=0.000m kombi únos.=5k mod = 0.60

Posudek únosnosti

	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
Návrhová síla	-2.1[kN]	0.0[kN]	-3.1[kN]	-0.0[kNm]	2.6[kNm]	-0.0[kNm]
Návrhové napětí	-0.1[MPa]	0.0[MPa]	-0.3[MPa]	0.0[MPa]	6.0[MPa]	0.0[MPa]
Limitní napětí	9.2[MPa]	1.1[MPa]	1.1[MPa]	1.1[MPa]	10.2[MPa]	10.2[MPa]
Jedn. posudek	0.01	0.00	0.26	0.00	0.59	0.00

Ohyb : 0.59 (5.1.6a)

Smyk : 0.26 (5.1.7.1)

Tlak + ohyb : 0.59 (5.1.10a)

Posudek stability

Tlak (5.2.1) : 0.63 (5.2.1f)

kcy=0.36 kcz=0.74

Ohyb (5.2.2) : 0.59

k crit=1.00

Maximální jednotkový posudek = **0.63** - průřez vyhovuje.

Ostatní prvky krovu vzhledem k minimální hodnotě přetížení vyhovují.

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE: Domov důchodců, Ždírec – posouzení možnosti umístění FVE panelů

3. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Na základě výsledků statického posouzení lze konstatovat, že umístění FVE panelů na střechu objektu domova důchodců ve Ždírci (jižní budova) **lze provést** při dodržení následujících podmínek:

- Budou použity FVE panely pro přímou montáž bez zátěžových bloků, hmotnost instalace FVE panelů nepřekročí 15 kg/m^2
- FVE panely budou umístovány dle přiloženého schématu



- Pro realizaci FV elektrárny bude zpracována dodavatelská dokumentace

V Brně 04/2023

Ing. Tomáš. Focke