MEMORIU TEHNIC
REZISTENŢĂ

DATE GENERALE

Prezenta documentaţie cuprinde soluţiile constructive pentru execuţia structurii metalice a masei pentru modulele fotovoltaice, în cadrul Proiectului„**CENTRALĂ FOTOVOLTAICA 2160KW COM. GRIVIȚA, JUD. GALAȚI**", Cod SMIS 330765| Contract de Finanțare nr. 1672/08.07.2026. (Fondul pentru Modernizare), beneficiar **SOLID ENERGY VIBE S.R.L.**, propus a se va amplasa pe teritoriul **jud. Galati, UAT Grivita,Tarla 48/1, Parcela 794/53 Lot 2.**

INCADRAREA IN ZONA. CONDITII DE AMPLASAMENT, TEREN SI FUNDARE PENTRU CONSTRUCTIA NOUA (PROIECTATA).

Adancimea de inghet conform STAS 6054/87 este de minim 1,00 m de la suprafata terenului natural, stratul de fundare fiind incadrat conform STAS 1709/3-90 in categoria pamanturilor sensibile la inghet-dezghet.

Din punct de vedere seismic, in conformitate cu STAS 11100/1-93, gradul de intensitate macroseismica al zonei corespunzator unei perioade de revenire de 50 ani, este 7 MSK. In conformitate cu Codul P100-1/2013, zona de hazard seismic este caracterizata prin valoarea de varf a acceleratiei terenului a_g=0,30g si prin perioada de control (colt) T_c=1,0 sec.

Elementele principale şi secundare ale structurii de rezistenţă au fost dimensionate la încărcarea din zăpadă conform CR 1 – 1 – 3 – 2012, $s_{o,k}$ = 2,5 kn/mp cu perioada de revenire de 50 ani şi la acţiunea vântului conform CR 1 – 1 – 4 – 2012, presiunea de referinţă a vântului de 50 kPa mediată pe 10 minute la 10 m înălţime, pentru interval de recurenţă de 50 ani.

- Gradul de rezistenţă la foc II.
- Categoria de importanţă a clădirii este "C" pentru care α = 1,0 (conform P 100-1/2013).

Structura de rezistenta

Ancorarea in sol a structurilor de sustinere a panourilor se va realiza prin bataie pana la adancimea de 1,5m ÷ 1,7 m de la cota terenului natural, cu garda minima la sol de 0,5 m. Se vor respecta recomandarile studiului geotehnic privind adancimea de fundare.

Structura de rezistenta va fi proiectata de firme specializate si vor respecta toate normele tehnice in vigoare.

Structura de sustinere

Structura de sustinere a panourilor fotovoltaice este sistem fix, astfel incat unghiul de inclinare al panoului sa fie de 25°.

Structura metalica este modulara realizata din otel zincat.

Structurile de oțel sunt fabricate din oțel S350GD+Zn275.

Conexiunile de montare sunt proiectate pe șuruburi. Șuruburile, piulițele, șaibele, canelele trebuie să aibă un strat de zinc. La conexiunile cu șuruburi de montare se utilizează șuruburi M8 conform DIN 912, M12 și M16, conform DIN 933, clasa de precizie „B".

La instalarea șuruburilor, se prevăd măsuri împotriva auto-slăbirii prin intermediul șaibelor de strângere (canele) conform DIN 7980.

Fixarea modulelor fotovoltaice (module PV) pe structurile portante se va realiza folosind cleme de aluminiu pe șuruburi M8 conform DIN 912, clasa de precizie „B".

Zincarea la cald conform GOST 9.307, ISO 1461 este utilizată ca strat protector anticoroziv al piloților.

Cuplu de strângere a șuruburilor M16 - 80 Nm. Cuplu de strângere a șuruburilor M12 - 35 Nm. Cuplu de strângere a șuruburilor M8 - 10 Nm.

Greutatea proprie a structurii metalice a fost aplicată prin intermediul unui program de analiză structurală. Profilele folosite corespund normelor in vigoare, având o rezistenta ridicata la factorii externi de coroziune. Structura metalica va fi montata pe pilonii realizati tot din otel zincat.

Sistemul este conceput pentru a evita distrugerea panourilor fotovoltaice datorita fenomenului de dilatare. Structura de sustinere a panourilor fotovoltaice va fi executata de firme specializate si va respecta toate normele tehnice in vigoare.

Sistemul de montaj utilizează profile metalice fabricate din oțel structural de înaltă calitate, cu un strat de zincare pentru protecție împotriva coroziunii. Pentru îmbinarea structurii și fixarea componentelor, sunt utilizate șuruburi zincate de înaltă calitate, cu clasificarea 8.8. Aceste șuruburi oferă rezistență și durabilitate superioare. Sistemul include cleme speciale din aluminiu pentru prinderea panourilor fotovoltaice. Clemele asigură fixarea solidă a panourilor pe structură, menținându-le în poziție și în condiții de vânt puternic.

Se pot ancora cu ajutorul:

- stâlpilor de fundație, înfipți direct în sol sau montați pe fundații de beton
- ancorelor helicoidale, folosite pe terenuri dificile, se înșurubează în pământ
- tălpilor de susținere, montați pe fundații de beton

Panourile fotovoltaice se fixează pe structura metalică folosind cleme de oțel inoxidabil sau aluminiu.

PRECIZARI PRIVIND EXECUTIA LUCRARILOR. RESPECTAREA LEGISLATIEI IN VIGOARE. CONDITII SI MASURI PENTRU EXECUTIA LUCRARILOR.

Executantul lucrarilor va asigura respectarea proiectului si a legislatiei si normelor in vigoare privind: protectia, tehnica securitatii si igiena muncii; protectia la actiunea focului, prevenirea si stingerea incendiilor; protectia mediului; asigurarea accesului din strada pe santier, a restituirii in forma initiala a suprafetelor utilizate pentru executie si organizare de santier, a drumurilor pentru acces cu utilaje si mijloace de transport, etc. Se vor respecta toate normele in vigoare care cuprind masuri specifice de protectie si igiena muncii, in/sau legate de constructii, printre care mentionam :

- CR 0-2012, gruparea acţiunilor;
- P 100-1-2013, seism;
- CR 1-1-3-2012, zăpada;
- CR 1-1-4-2012, vant;
- NP 112/2004, fundaţii;
- NP 019-2003;
- C 150-1999, imbinari sudate;
- EUROCOD (SR EN 1990-2004, SR EN 1990-2004 NA-2006) - Bazele proiectării structurilor;
- EUROCOD 1 (SR EN 1991-1-1-2004, SR EN 1991-1-1-2004 NA-2006, etc.) - Acţiuni asupra structurilor;
- EUROCOD 4 (SR EN 1994-1-1-2004, SR EN 1994-1-1-2004 NB-2008) - Proiectarea structurilor compozite de otel si beton;
- EUROCOD 7 (SR EN 1997-1-2004, SR EN 1997-1-2004 NB-2007) - Proiectarea geotehnica;

- EUROCOD 8 (SR EN 1998-1-2004, SR EN 1998-1-2004 NA-2008) - Proiectarea structurilor pentru rezistenta la cutremur;
- Toate normativele si reglementarile tehnice in vigoare (cu caracter republican si/sau departamental), privind cerintele stabilite prin Legea nr. 10/1995, referitoare la protectia si igiena muncii in constructii, prevenirea si stingerea incendiilor, etc.

Atât în timpul execuţiei cât şi în timpul exploatării se vor respecta cu stricteţe normele de protecţia muncii şi cele de securitate la incendiu.

Întocmit,
Ing. Paraschivoiu Otilia

SOCIETATEA SEDONY CONST S.R.L. VÂNĂTORI-VRANCEA

CĂPĂŢÎNĂ V. DAN ROMÂNIA MLPAT-DAP NR. 123 A1, A2, A3 INGINER VERIFICATOR PROIECTE

AIKO

STELLAR

1N+ Dual-Glass Bifacial Module

635W-660W



Technical Features:

- Partial Shading Optimisation
- Better Temperature Coefficient
- High Temperature Restriction
- Micro-crack Resistance
- Higher Power
- Lower BOS
- More Aesthetic Values

TIER 1 BloombergNEF

reddot winner 2023

15 years Product Warranty

30 years Performance Warranty

IEC 61215 IEC 61730
2014/35/EU
ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 ISO 45001:2018

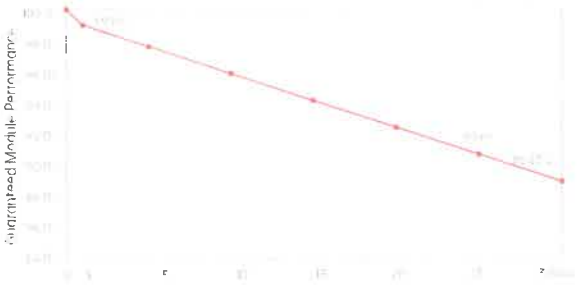
Warranty partner
Munich RE

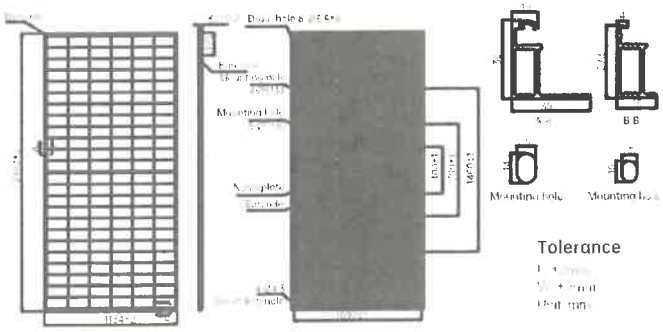
Stellar 1N+

AIKO-G-MCH72Dw

660W Output | **24.4%** Efficiency | **≤1%** First-year Degradation | **≤0.35%** Annual Degradation from Year 2-30

30-year Linear Performance Warranty





Electrical Characteristics (STC: AM1.5 1000W/m² 25℃ NOCT: AM1.5 800W/m² 20℃ 1m/s)

Power Tolerance:0~+3%

Module Type	AIKO-G635-MCH72Dw			AIKO-G640-MCH72Dw			AIKO-G645-MCH72Dw			AIKO-G650-MCH72Dw			AIKO-G655-MCH72Dw			AIKO-G660-MCH72Dw		
Test condition	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI
P [W]	635	471	490	640	475	497	645	479	501	650	483	505	655	486	509	660	490	513
V [V]	53.05	50.05	50.72	53.24	50.24	50.92	53.43	50.42	51.14	53.62	50.61	51.36	53.81	50.79	51.58	54.00	50.97	51.80
V [V]	45.00	42.49	43.06	45.18	42.64	43.24	45.36	42.79	43.42	45.54	42.94	43.60	45.72	43.09	43.78	45.90	43.24	43.96
I [A]	14.11	9.93	10.17	14.17	9.97	10.21	14.23	10.01	10.25	14.28	10.05	10.29	14.33	10.08	10.33	14.38	10.12	10.37
I [A]	14.13	11	10.34	14.2	11.06	10.44	14.27	11.11	10.54	14.33	11.16	10.64	14.39	11.21	10.74	14.45	11.25	10.84
Module Efficiency	23.5%			23.7%			23.9%			24.1%			24.2%			24.4%		

Product Specification

Cell type	N-Type ABC
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm coated semi-tempered glass
Frame	Anodized aluminum
Cable	4mm²(IEC) 12AWG(UL) +400mm, -200mm/±1400mm or Customized Length
No. of Cells	144(6*24)
Junction Box	IP68, 3 bypass diodes
Connector	MC4 Compatible/MC4 EVO2A
Weight	32.3kg±3%
Dimension	2382*1134*30mm
Package Detail	36pcs per pallet / 144pcs per 20'GP / 720pcs per 40'HC

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.05%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.22%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.26%/℃

Installation Guide

Operating Temperature	-40℃~+70℃
Maximum Series Fuse Rating	35A
Protection Class	Class II
Maximum System Voltage	DC1500V
Maximum Static Loading	Front 5400Pa Back 2400Pa
Fire Rating	IEC Class A

CĂTĂLINA V. DAN
ROMANIA
MLPEET-DCEP
123
A1, A2, A3
INGINER
VERIFICATOR PROIECTE

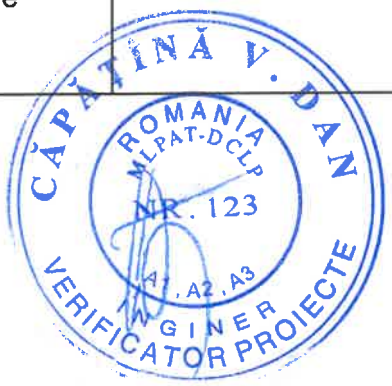
AIKO

www.aikosolar.com
marketing@aikosolar.com

...V3.1.EN

Chestionar pentru elaborarea unui tabel pentru fixarea panourilor solare

Nr	Nume	Răspunsul clientului	Note
1	Denumirea proiectului	**ÎNFIINȚARE PARC FOTOVOLTAIC Grivita**	2160 kw
2	Coordonatele terenului	**Jud. Galati, Grivita**	
3	Gradul de denivelare si/sau inclinare		
4	Tipul panoului solar (fisa tehnică)	AIKO 645w	3349 pcs
5	Înclinarea dorită a panoului? - poate fi determinată de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	25	
6	Numărul de panouri pe 1 (masa) sau determinat de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	2x12-13 pcs 2x25-61 pcs	
7	Specificați tipul dorit de piloni (prin bătaie, geo - șurub) sau determinat de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	Piloni 1,5/1.7m	
8	Studii geologice		
9	Este necesar să se prevadă profile pentru montarea invertorului? (dacă da, atunci indicați tipul de invertor și numărul acestora)	6 invertoare	



Determinarea sarcinilor calculate pe masa modulelor fotoelectrice (PEM) pentru proiectul Grivita 2.1MW 2x12_25-25 PC

1. Sarcina vântului

Încărcarea din vânt asupra structurii este determinată conform specificațiilor din MSZ EN 1991-1-4:2007. Încărcarea din vânt pentru proiectare.

Viteza principală a vântului $V_{b,0}$ (https://www.dlubal.com).

Viteza de bază a vântului:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot C_0 = 32{,}27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}96 \cdot 1 = 30{,}98 m/s$$

$V_{b,0}$ = 32,27 m/s – valoarea principală a vitezei de bază a vântului;
C_{dir} = 1,0 – coeficient de direcție;
C_{season} = 1,0 – coeficient sezonier;
C_{prob} = 0,96 (30 de ani) – raportul de probabilitate;

C_0 = 1,0 – factor de relief.

Presiunea de viteză de bază este egală cu:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 30.98^2 = 600 \frac{N}{m^2} = 0{,}600 \frac{kN}{m^2}$$

unde:
ρ = 1,25 kg/m^3 – densitatea aerului;

$$q_p(z) = q_b \cdot C_e(z) = 0{,}600 \cdot 2{,}0 = 1{,}200\ kN/m^2$$

Ce (z) = 2,0 (Fig. 4.2, p. 21 MSZ EN 1991-1-4:2007).

Forța vântului pe suprafața unui panou solar este egală:

$$F_в = q_p(z) \cdot S_p = 1200 \cdot 2{,}7 = 3240\ N$$

unde:
S_p = 2,7 m^2 – suprafața panoului solar.



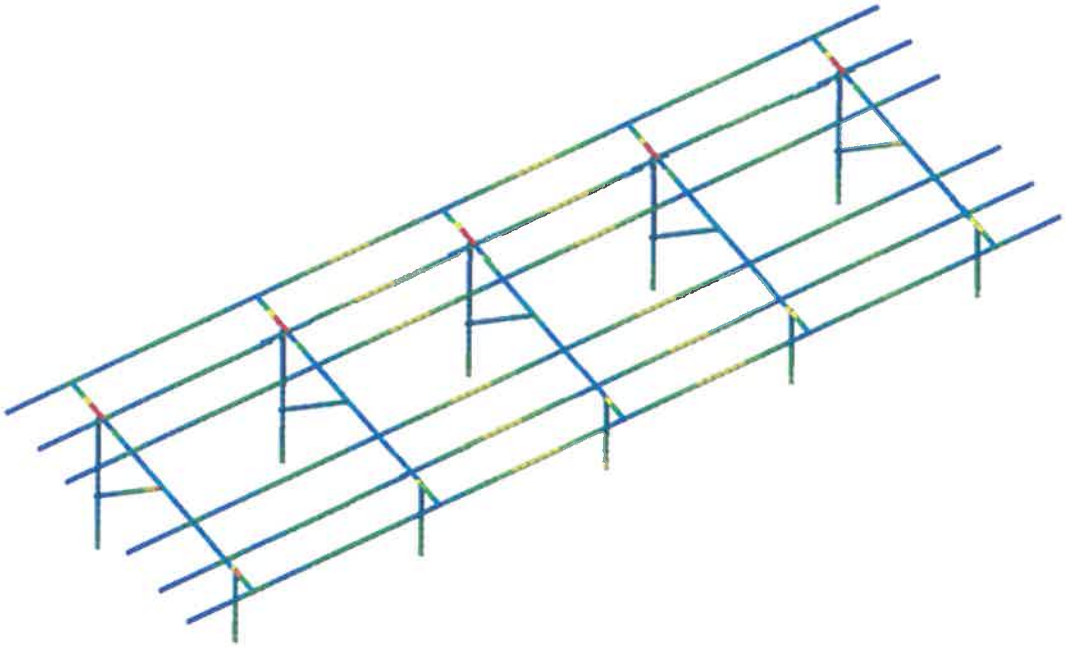


Figura 1 este starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcina vântului

2. Încărcarea cu zăpadă

Conform EN 1991-1-3. (Formula 5.2):

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_n = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 2.2 = 1{,}408\ kN/m^2$$

$\mu = 0{,}8$ – factor de formă al încărcării din zăpadă;
$C_e = 0{,}8$ – coeficient de mediu;
$C_t = 1{,}0$ – coeficient de temperatură;

$$s_n = s_k \cdot c_{season} = 2{,}5 \cdot 0{,}88 = 2.2\ kN/m^2$$

$s_k = 2{,}5\ kN/m^2$ – valoarea încărcăturii de zăpadă pe sol (conform site-ului https://www.dlubal.com).
$C_{season} = 0{,}88$.

Forța exercitată de zăpadă pe suprafața unui panou solar este egală cu:

$$F_c = S \cdot S_{c.п.} = 1408 \cdot 2{,}7 = 3802\ N$$

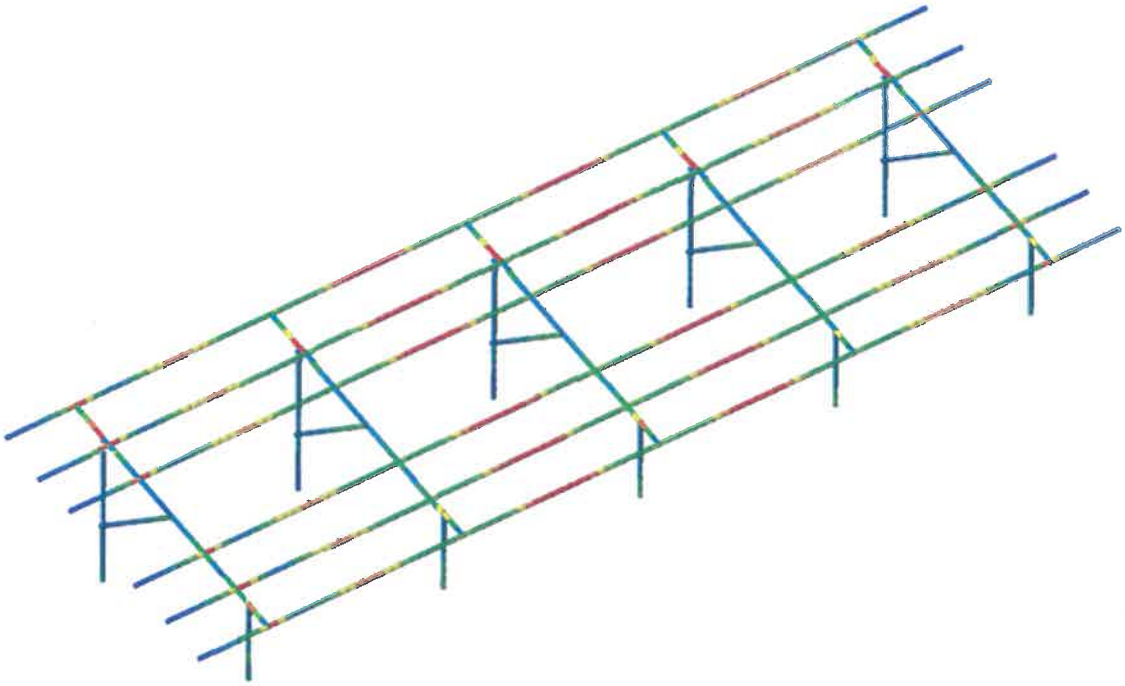


Figura 2 – starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcină de zăpadă

3. <u>Greutatea proprie a structurii metalice.</u>

Greutatea proprie a unei structuri metalice este calculată folosind un software.

4. <u>Greutatea modulului fotovoltaic.</u>

Greutatea moartă este acceptată m_{PV} = 32,3 kg.

5. Model de calcul

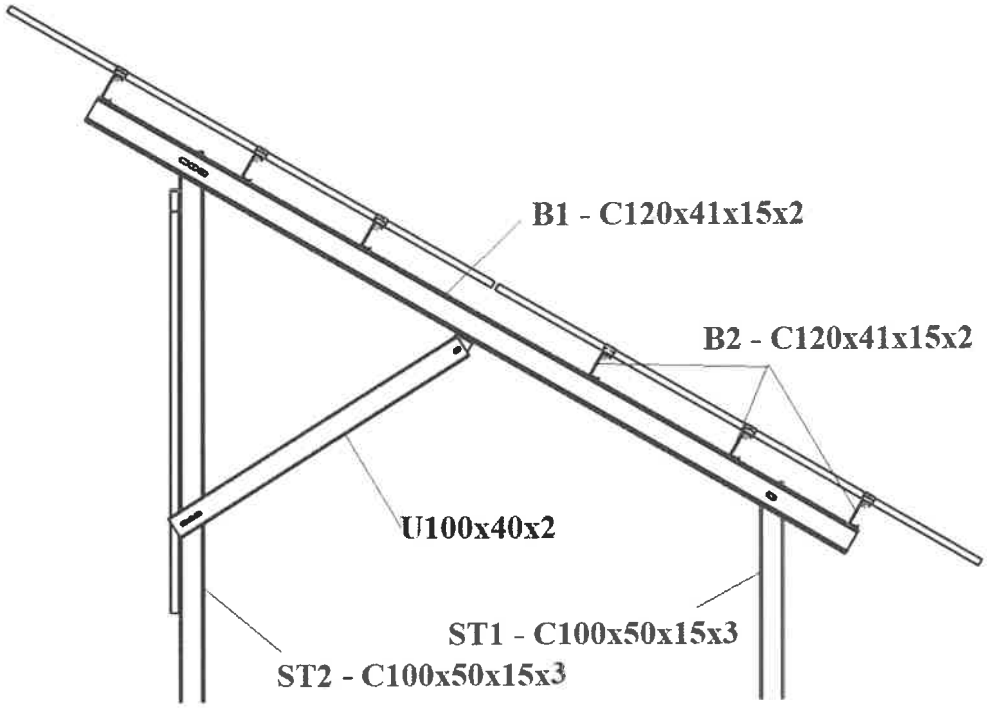


Figura 3 – Dimensiuni standard ale elementelor structurii metalice din tabelul FEM

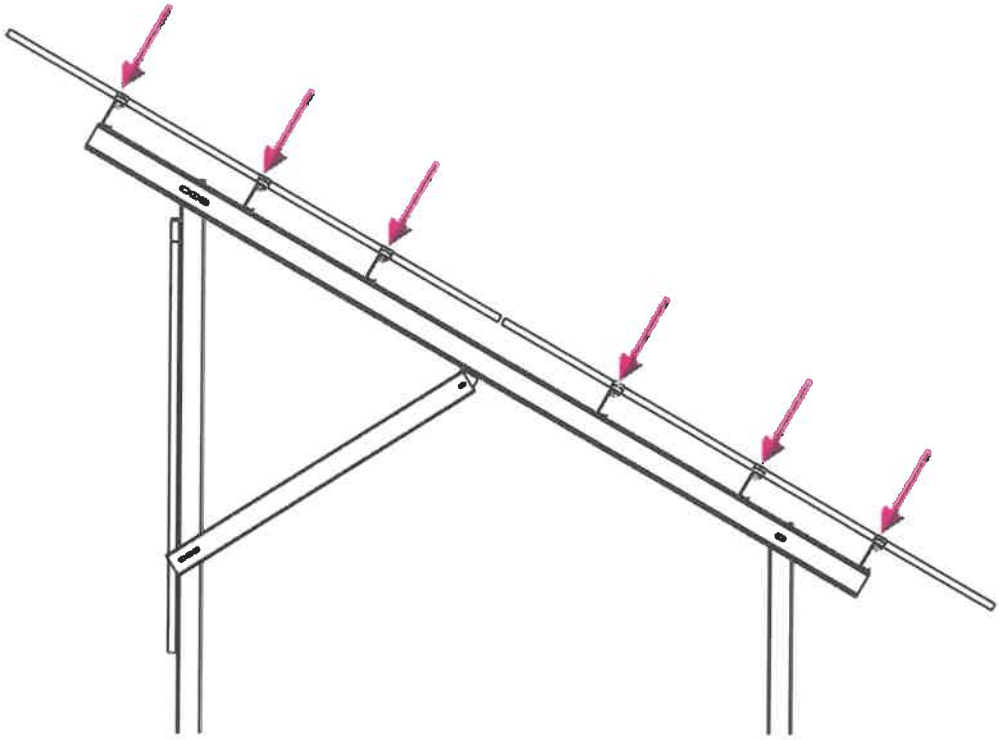


Figura 4 – Sarcina vântului

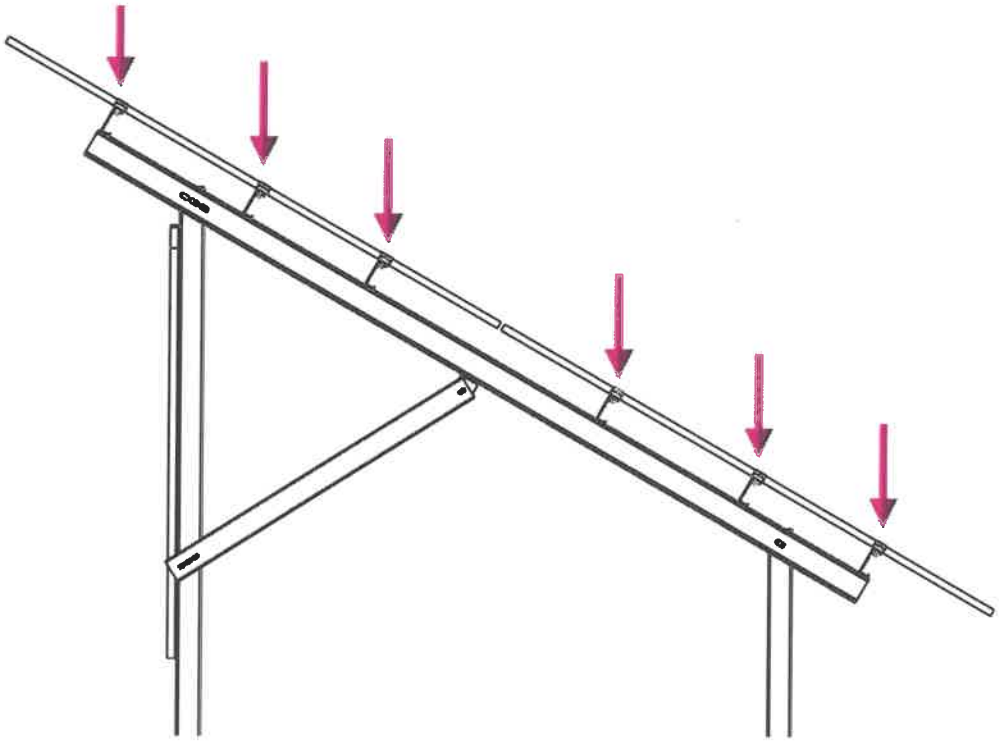


Figura 5 – Încărcarea din zăpadă

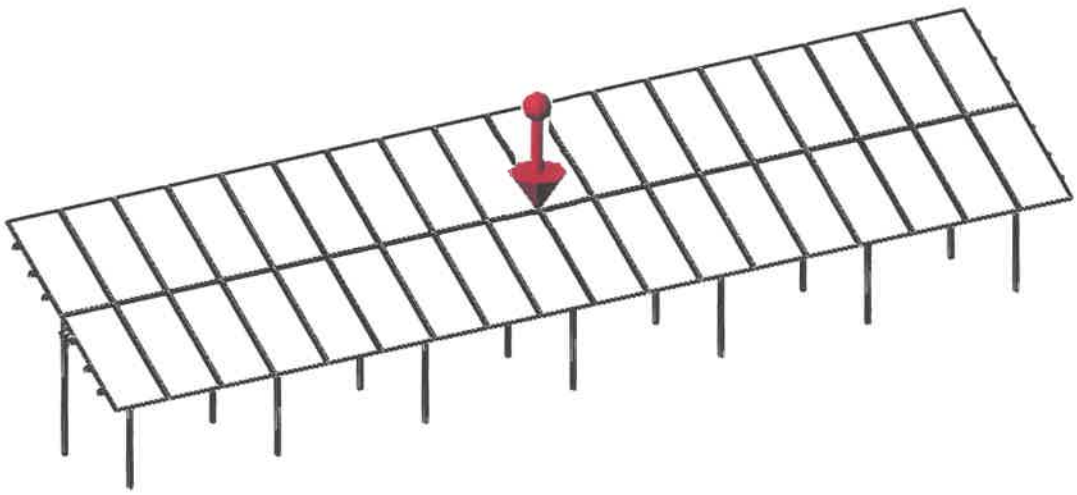


Figura 6 – Greutatea proprie a structurii metalice a mesei și panourilor FEM

Elementele structurii metalice din tabelul FEM (profilelor B1, B2 și ST) sunt conectate între ele prin software (conexiuni nodale) în punctele corespunzătoare cu anumite grade de libertate.

6. Rezultatele calculului

Calculul a fost efectuat folosind metoda elementelor finite, utilizând elemente de tip tijă și coajă. Profilelor B1, B2, ST și V2 sunt definite prin tije.

Rezultatele calculului sunt prezentate mai jos ca câmpuri de culoare cu valori de solicitare similare (starea stres-deformare (SSS)).

Rezistența structurii metalice este estimată folosind un factor de siguranță egal cu raportul dintre rezistența la curgere a materialului și solicitările de proiectare sub încărcări separate de vânt și zăpadă:

$$n_{w/s} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w/s}} \geq [n] = 1{,}50$$

Pentru efectul combinat al încărcărilor din vânt și zăpadă, factorul de siguranță necesar este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} \geq [n] = 1{,}00$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost constatate în profilului B2 și se ridică la ~230 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_w = \frac{\sigma_T}{\sigma_w} = \frac{350}{230} = 1{,}52 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_s = \frac{\sigma_T}{\sigma_s} = \frac{350}{205} = 1.71 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a încărcărilor din vânt și zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~311 MPa. Coeficientul de siguranță de proiectare este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} = \frac{350}{311} = 1{,}12 > [n] = 1{,}00$$

Calculul stabilității elementelor structurii metalice din tabelul FEM

Analiza de stabilitate este efectuată pentru elementele structurii metalice din tabelul FEM care suportă sarcina de compresiune.

Conform analizei de rezistență, sarcina de compresiune este suportată de profilelor ST1, ST2, V1 și V2. Sarcina axială maximă pe profilului ST2 este de 19.800 N, iar pe profilului V2, de 5.500 N..

Stabilitatea ST2

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 185}{1{,}798} = 102{,}9$$

Unde $\mu = 1{,}0$ – coeficientul de lungime redusă;

$l = 185$ см – lungime de lucru ST2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{20{,}23}{6{,}26}} = 1{,}798$ – raza minimă de giratie a unei secțiuni de profil ST2;

$I_{min} = 20{,}23$ sm^4 – momentul minim de inerție ST2 - C100x50x15x3;

$S = 6{,}26$ см^2 – aria secțiunii transversale a fasciculului ST2 - C100x50x15x3.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_T}{E}} = 102{,}9 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^5}} = 4{,}20$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\sigma_т$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{кр} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_т \cdot \gamma_c = 0{,}4035 \cdot 6{,}26 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 66305\ N$$

Unde $\varphi = 0{,}4035$ – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

$\gamma_c = 0{,}75$ – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o grindă ST2:

$$[F_{IE2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{66305}{1{,}8} = 36836\ N$$

Unde $n_{ust} = 1{,}8$ – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe profilului ST2, conform calculului de rezistență, este $F_{ST2} = 19800$ N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

Stabilitate V2.

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 145}{1{,}23} = 117{,}8$$

Unde $\mu = 1{,}0$ – coeficientul de lungime redusă;

$l = 145$ см – lungimea profilului V2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{5{,}25}{3{,}47}} = 1{,}23$ – raza minimă de girație a secțiunii profilului V2;

$I_{min} = 5{,}25$ sm^4 – momentul minim de inerție al profilului V2 U100x40x2,0;

$S = 3{,}47$ sm^2 – aria secțiunii transversale V2 U100x40x2,0.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_т}{E}} = 117{,}8 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^5}} = 7{,}37$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\sigma_т$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{kr} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_T \cdot \gamma_c = 0{,}1402 \cdot 3{,}47 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 12770\ N$$

Unde $\varphi = 0{,}1402$ – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

$\gamma_c = 0{,}75$ – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o V2:

$$[F_{V2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{12770}{1{,}8} = 7094\ N$$

Unde $n_{ust} = 1{,}8$ – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe V2, conform calculului de rezistență, este $F_{V2} = 5500$ N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

7. Concluzie

O analiză de rezistență a structurii metalice tip tabel FEM a fost efectuată pentru proiectarea centralei Grivita 2.1MW.

Analiza a fost efectuată utilizând metoda elementelor finite într-un pachet software specializat. S-a utilizat un model de tip carcasă și tijă.

Au fost luate în considerare trei condiții de încărcare conform EN 1991: vânt, zăpadă și combinație între zăpadă și vânt. Datele privind viteza vântului și încărcarea din zăpadă au fost preluate de pe https://www.dlubal.com.

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost găsite în profilul B2 și au fost de ~230 MPa. Coeficientul de siguranță calculat a fost determinat. n=1,52 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B2 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilul B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare n=1,71 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B1 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a sarcinilor vântului și zăpezii sunt identificate în profilul B1 și se ridică la ~311 MPa. Factorul de siguranță al proiectării n=1,12 > [n]=1,00.

Rezistența profilelor ST, B1, B2 și V2 este asigurată.

Stabilitatea elementelor care suportă sarcina de compresiune este asigurată.



ROMÂNIA

MINISTERUL LUCRĂRILOR PUBLICE ȘI AMENAJĂRII TERITORIULUI
DEPARTAMENTUL CONSTRUCȚIILOR ȘI LUCRĂRILOR PUBLICE

CERTIFICAT DE ATESTARE TEHNICO-PROFESIONALĂ

NR. 123 DIN 07.05.1992

în baza Hotărîrii Guvernului României nr. 751 din 14.10.1991 privind aprobarea Regulamentului de atestare tehnico-profesională a specialiștilor care verifică sau expertizează proiectarea și execuția construcțiilor în urma cererii nr. 604 din 12.05.1992 și a verificărilor efectuate și consemnate în procesul verbal nr. 3/14 din 12.05.1992 se eliberează prezentul certificat

SE ATESTĂ DOMNUL (~~DOAMNA~~)

..CĂPĂȚÎNĂ...V..DAN..GEORGE.....

NĂSCUT (Ă) ÎN ANUL ... 1938 ... LUNA . AUGUST
ZIUA .....19..... ÎN LOCALITATEA . BUCUREȘTI
DE PROFESIUNE . . ÎNG. CONSTRUCTOR .
DIN LOCALITATEA . . BUCUREȘTI . STRADA AUREL VLAICU
NR. 148 . . BLOC . - . . SC. - . ET. 2 AP. 3 . . JUDEȚUL SECT. 2
• PENTRU CALITATEA DE VERIFICATOR DE PROIECTE
• ÎN DOMENIILE . CONSTR. CIVILE, INDUSTR., AGROZOO. . . .
.....
.....
• PENTRU URMĂTOARELE EXIGENȚE Rezist. și stabilitate ptr. constr. din beton, beton armat, zidărie, metal și lemn (A1 ; A2 ; A3) .....
.....
.....

Semnătura titularului

SECRETAR DE STAT

Secretar comisie

SERIA V nr. 123

MINISTERUL DEZVOLTĂRII, LUCRĂRILOR PUBLICE ȘI ADMINISTRAȚIEI

Dl. **CĂPĂTÎNĂ V. DAN-GEORGE**

Cod numeric personal: **1380819400047**

Profesia: INGINER CONSTRUCTOR



ATESTAT
VERIFICATOR DE PROIECTE

În domeniile: **Construcții Civile, Industriale, Agrozootehnice**

Pentru cerința: **Rezistență și stabilitate pentru construcții din beton, beton armat, zidărie, metal și lemn (A1; A2; A3)**

Data emiterii: **07.05.1992**

Director:
Anca [illegible]NAVĂR

Șef birou:
Andreea [illegible]NCROP

Valabilă de la:
25.02.2022

Până la:
25.02.2027

Semnătura titularului .....

Prezenta legitimație este valabilă însoțită de certificatul de atestare expert tehnic/verificator de proiecte

MDLPA

Seria CA_V Nr. V 123/07.05.1992

MEMORIU TEHNIC
REZISTENŢĂ

DATE GENERALE

Prezenta documentaţie cuprinde soluţiile constructive pentru execuţia structurii metalice a masei pentru modulele fotovoltaice, în cadrul Proiectului„**CENTRALĂ FOTOVOLTAICA 2160KW COM. GRIVIȚA, JUD. GALAȚI**", Cod SMIS 330765| Contract de Finanțare nr. 1672/08.07.2026. (Fondul pentru Modernizare), beneficiar **SOLID ENERGY VIBE S.R.L.**, propus a se va amplasa pe teritoriul **jud. Galati, UAT Grivita,Tarla 48/1, Parcela 794/53 Lot 2.**

INCADRAREA IN ZONA. CONDITII DE AMPLASAMENT, TEREN SI FUNDARE PENTRU CONSTRUCTIA NOUA (PROIECTATA).

Adancimea de inghet conform STAS 6054/87 este de minim 1,00 m de la suprafata terenului natural, stratul de fundare fiind incadrat conform STAS 1709/3-90 in categoria pamanturilor sensibile la inghet-dezghet.

Din punct de vedere seismic, in conformitate cu STAS 11100/1-93, gradul de intensitate macroseismica al zonei corespunzator unei perioade de revenire de 50 ani, este 7 MSK. In conformitate cu Codul P100-1/2013, zona de hazard seismic este caracterizata prin valoarea de varf a acceleratiei terenului a_g=0,30g si prin perioada de control (colt) T_c=1,0 sec.

Elementele principale şi secundare ale structurii de rezistenţă au fost dimensionate la încărcarea din zăpadă conform CR 1 – 1 – 3 – 2012, $s_{o,k}$ = 2,5 kn/mp cu perioada de revenire de 50 ani şi la acţiunea vântului conform CR 1 – 1 – 4 – 2012, presiunea de referinţă a vântului de 50 kPa mediată pe 10 minute la 10 m înălţime, pentru interval de recurenţă de 50 ani.

- Gradul de rezistenţă la foc II.
- Categoria de importanţă a clădirii este "C" pentru care α = 1,0 (conform P 100-1/2013).

Structura de rezistenta

Ancorarea in sol a structurilor de sustinere a panourilor se va realiza prin bataie pana la adancimea de 1,5m ÷ 1,7 m de la cota terenului natural, cu garda minima la sol de 0,5 m. Se vor respecta recomandarile studiului geotehnic privind adancimea de fundare.

Structura de rezistenta va fi proiectata de firme specializate si vor respecta toate normele tehnice in vigoare.

Structura de sustinere

Structura de sustinere a panourilor fotovoltaice este sistem fix, astfel incat unghiul de inclinare al panoului sa fie de 25°.

Structura metalica este modulara realizata din otel zincat.

Structurile de oțel sunt fabricate din oțel S350GD+Zn275.

Conexiunile de montare sunt proiectate pe șuruburi. Șuruburile, piulițele, șaibele, canelele trebuie să aibă un strat de zinc. La conexiunile cu șuruburi de montare se utilizează șuruburi M8 conform DIN 912, M12 și M16, conform DIN 933, clasa de precizie „B".

La instalarea șuruburilor, se prevăd măsuri împotriva auto-slăbirii prin intermediul șaibelor de strângere (canele) conform DIN 7980.

Fixarea modulelor fotovoltaice (module PV) pe structurile portante se va realiza folosind cleme de aluminiu pe șuruburi M8 conform DIN 912, clasa de precizie „B".

Zincarea la cald conform GOST 9.307, ISO 1461 este utilizată ca strat protector anticoroziv al piloților.

Cuplu de strângere a șuruburilor M16 - 80 Nm. Cuplu de strângere a șuruburilor M12 - 35 Nm. Cuplu de strângere a șuruburilor M8 - 10 Nm.

Greutatea proprie a structurii metalice a fost aplicată prin intermediul unui program de analiză structurală. Profilele folosite corespund normelor in vigoare, având o rezistenta ridicata la factorii externi de coroziune. Structura metalica va fi montata pe pilonii realizati tot din otel zincat.

Sistemul este conceput pentru a evita distrugerea panourilor fotovoltaice datorita fenomenului de dilatare. Structura de sustinere a panourilor fotovoltaice va fi executata de firme specializate si va respecta toate normele tehnice in vigoare.

Sistemul de montaj utilizează profile metalice fabricate din oțel structural de înaltă calitate, cu un strat de zincare pentru protecție împotriva coroziunii. Pentru îmbinarea structurii și fixarea componentelor, sunt utilizate șuruburi zincate de înaltă calitate, cu clasificarea 8.8. Aceste șuruburi oferă rezistență și durabilitate superioare. Sistemul include cleme speciale din aluminiu pentru prinderea panourilor fotovoltaice. Clemele asigură fixarea solidă a panourilor pe structură, menținându-le în poziție și în condiții de vânt puternic.

Se pot ancora cu ajutorul:

- stâlpilor de fundație, înfipți direct în sol sau montați pe fundații de beton
- ancorelor helicoidale, folosite pe terenuri dificile, se înșurubează în pământ
- tălpilor de susținere, montați pe fundații de beton

Panourile fotovoltaice se fixează pe structura metalică folosind cleme de oțel inoxidabil sau aluminiu.

PRECIZARI PRIVIND EXECUTIA LUCRARILOR. RESPECTAREA LEGISLATIEI IN VIGOARE. CONDITII SI MASURI PENTRU EXECUTIA LUCRARILOR.

Executantul lucrarilor va asigura respectarea proiectului si a legislatiei si normelor in vigoare privind: protectia, tehnica securitatii si igiena muncii; protectia la actiunea focului, prevenirea si stingerea incendiilor; protectia mediului; asigurarea accesului din strada pe santier, a restituirii in forma initiala a suprafetelor utilizate pentru executie si organizare de santier, a drumurilor pentru acces cu utilaje si mijloace de transport, etc. Se vor respecta toate normele in vigoare care cuprind masuri specifice de protectie si igiena muncii, in/sau legate de constructii, printre care mentionam :

- CR 0-2012, gruparea acţiunilor;
- P 100-1-2013, seism;
- CR 1-1-3-2012, zăpada;
- CR 1-1-4-2012, vant;
- NP 112/2004, fundaţii;
- NP 019-2003;
- C 150-1999, imbinari sudate;
- EUROCOD (SR EN 1990-2004, SR EN 1990-2004 NA-2006) - Bazele proiectării structurilor;
- EUROCOD 1 (SR EN 1991-1-1-2004, SR EN 1991-1-1-2004 NA-2006, etc.) - Acţiuni asupra structurilor;
- EUROCOD 4 (SR EN 1994-1-1-2004, SR EN 1994-1-1-2004 NB-2008) - Proiectarea structurilor compozite de otel si beton;
- EUROCOD 7 (SR EN 1997-1-2004, SR EN 1997-1-2004 NB-2007) - Proiectarea geotehnica;

- EUROCOD 8 (SR EN 1998-1-2004, SR EN 1998-1-2004 NA-2008) - Proiectarea structurilor pentru rezistenta la cutremur;
- Toate normativele si reglementarile tehnice in vigoare (cu caracter republican si/sau departamental), privind cerintele stabilite prin Legea nr. 10/1995, referitoare la protectia si igiena muncii in constructii, prevenirea si stingerea incendiilor, etc.

Atât în timpul execuţiei cât şi în timpul exploatării se vor respecta cu stricteţe normele de protecţia muncii şi cele de securitate la incendiu.

Întocmit,
Ing. Paraschivoiu Otilia

SOCIETATEA SEDONY CONST S.R.L. VÂNĂTORI-VRANCEA

CĂPĂŢÎNĂ V. DAN ROMÂNIA MLPAT-DAP NR. 123 A1, A2, A3 INGINER VERIFICATOR PROIECTE

AIKO

STELLAR

1N+ Dual-Glass Bifacial Module

635W-660W



Technical Features:

- Partial Shading Optimisation
- Better Temperature Coefficient
- High Temperature Restriction
- Micro-crack Resistance
- Higher Power
- Lower BOS
- More Aesthetic Values

TIER 1 BloombergNEF

reddot winner 2023

15 years Product Warranty

30 years Performance Warranty

IEC 61215 IEC 61730
2014/35/EU
ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 ISO 45001:2018

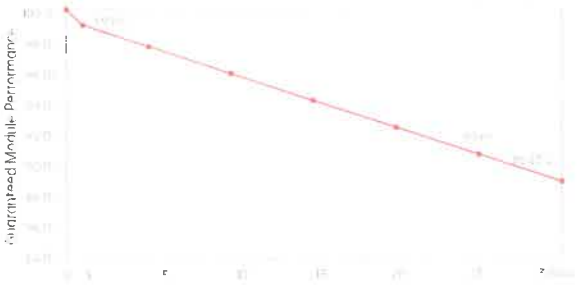
Warranty partner
Munich RE

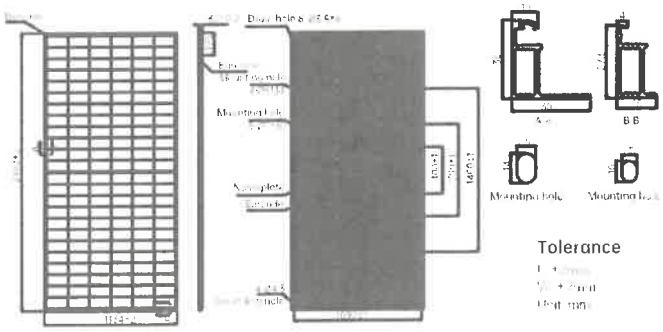
Stellar 1N+

AIKO-G-MCH72Dw

660W Output | **24.4%** Efficiency | **≤1%** First-year Degradation | **≤0.35%** Annual Degradation from Year 2-30

30-year Linear Performance Warranty





Electrical Characteristics (STC: AM1.5 1000W/m² 25℃ NOCT: AM1.5 800W/m² 20℃ 1m/s)

Power Tolerance:0~+3%

Module Type	AIKO-G635-MCH72Dw			AIKO-G640-MCH72Dw			AIKO-G645-MCH72Dw			AIKO-G650-MCH72Dw			AIKO-G655-MCH72Dw			AIKO-G660-MCH72Dw		
Test condition	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI	STC	NOCT	BNPI
P [W]	635	471	490	640	475	497	645	479	501	650	483	505	655	486	509	660	490	513
V [V]	53.05	50.05	50.72	53.24	50.24	50.92	53.43	50.42	51.14	53.62	50.61	51.36	53.81	50.79	51.58	54.00	50.97	51.80
V [V]	45.00	42.49	43.06	45.18	42.64	43.24	45.36	42.79	43.42	45.54	42.94	43.60	45.72	43.09	43.78	45.90	43.24	43.96
I [A]	14.11	9.93	10.17	14.17	9.97	10.21	14.23	10.01	10.25	14.28	10.05	10.29	14.33	10.08	10.33	14.38	10.12	10.37
I [A]	14.13	11	10.34	14.2	11.06	10.44	14.27	11.11	10.54	14.33	11.16	10.64	14.39	11.21	10.74	14.45	11.25	10.84
Module Efficiency	23.5%			23.7%			23.9%			24.1%			24.2%			24.4%		

Product Specification

Cell type	N-Type ABC
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm coated semi-tempered glass
Frame	Anodized aluminum
Cable	4mm²(IEC) 12AWG(UL) +400mm, -200mm/±1400mm or Customized Length
No. of Cells	144(6*24)
Junction Box	IP68, 3 bypass diodes
Connector	MC4 Compatible/MC4 EVO2A
Weight	32.3kg±3%
Dimension	2382*1134*30mm
Package Detail	36pcs per pallet / 144pcs per 20'GP / 720pcs per 40'HC

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.05%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.22%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.26%/℃

Installation Guide

Operating Temperature	-40℃~+70℃
Maximum Series Fuse Rating	35A
Protection Class	Class II
Maximum System Voltage	DC1500V
Maximum Static Loading	Front 5400Pa Back 2400Pa
Fire Rating	IEC Class A

CĂTĂLINA V. DAN
ROMANIA
MLPEET-DCEP
123
A1, A2, A3
INGINER
VERIFICATOR PROIECTE

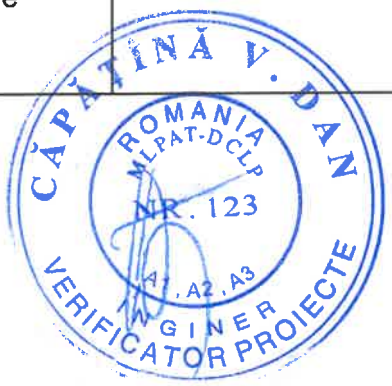
AIKO

www.aikosolar.com
marketing@aikosolar.com

...V3.1.EN

Chestionar pentru elaborarea unui tabel pentru fixarea panourilor solare

Nr	Nume	Răspunsul clientului	Note
1	Denumirea proiectului	**ÎNFIINȚARE PARC FOTOVOLTAIC Grivita**	2160 kw
2	Coordonatele terenului	**Jud. Galati, Grivita**	
3	Gradul de denivelare si/sau inclinare		
4	Tipul panoului solar (fisa tehnică)	AIKO 645w	3349 pcs
5	Înclinarea dorită a panoului? - poate fi determinată de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	25	
6	Numărul de panouri pe 1 (masa) sau determinat de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	2x12-13 pcs 2x25-61 pcs	
7	Specificați tipul dorit de piloni (prin bătaie, geo - șurub) sau determinat de specialiștii Grupului Variant Agro SRL (specificații)	Piloni 1,5/1.7m	
8	Studii geologice		
9	Este necesar să se prevadă profile pentru montarea invertorului? (dacă da, atunci indicați tipul de invertor și numărul acestora)	6 invertoare	



Determinarea sarcinilor calculate pe masa modulelor fotoelectrice (PEM) pentru proiectul Grivita 2.1MW 2x12_25-25 PC

1. Sarcina vântului

Încărcarea din vânt asupra structurii este determinată conform specificațiilor din MSZ EN 1991-1-4:2007. Încărcarea din vânt pentru proiectare.

Viteza principală a vântului $V_{b,0}$ (https://www.dlubal.com).

Viteza de bază a vântului:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot C_0 = 32{,}27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}96 \cdot 1 = 30{,}98 m/s$$

$V_{b,0}$ = 32,27 m/s – valoarea principală a vitezei de bază a vântului;
C_{dir} = 1,0 – coeficient de direcție;
C_{season} = 1,0 – coeficient sezonier;
C_{prob} = 0,96 (30 de ani) – raportul de probabilitate;

C_0 = 1,0 – factor de relief.

Presiunea de viteză de bază este egală cu:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 30.98^2 = 600 \frac{N}{m^2} = 0{,}600 \frac{kN}{m^2}$$

unde:
ρ = 1,25 kg/m^3 – densitatea aerului;

$$q_p(z) = q_b \cdot C_e(z) = 0{,}600 \cdot 2{,}0 = 1{,}200\ kN/m^2$$

Ce (z) = 2,0 (Fig. 4.2, p. 21 MSZ EN 1991-1-4:2007).

Forța vântului pe suprafața unui panou solar este egală:

$$F_в = q_p(z) \cdot S_p = 1200 \cdot 2{,}7 = 3240\ N$$

unde:
S_p = 2,7 m^2 – suprafața panoului solar.



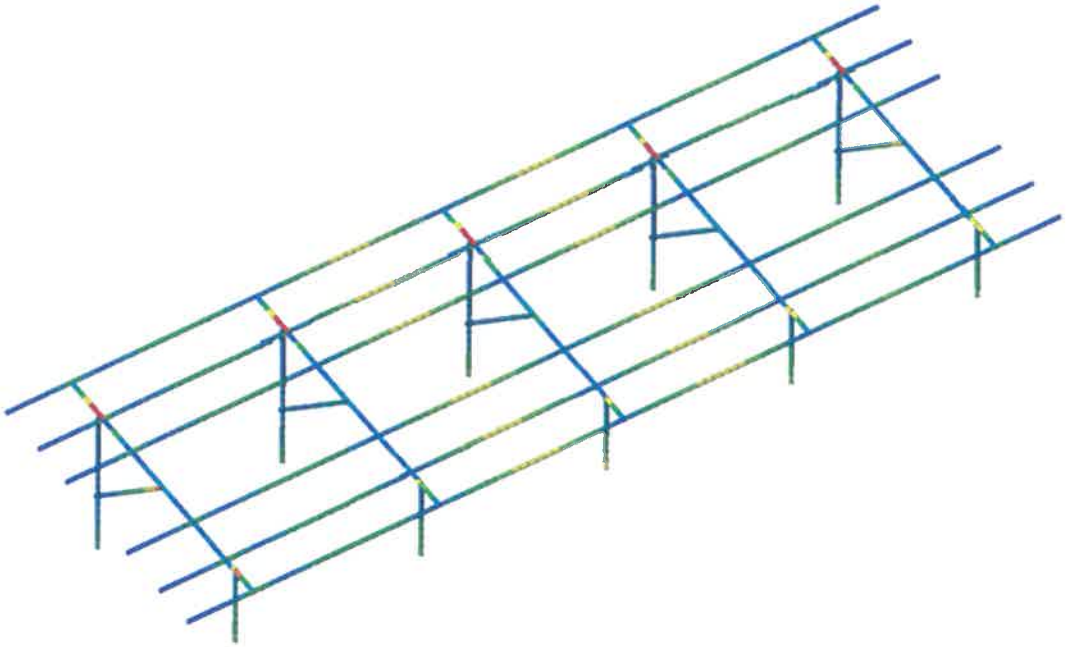


Figura 1 este starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcina vântului

2. Încărcarea cu zăpadă

Conform EN 1991-1-3. (Formula 5.2):

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_n = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 2.2 = 1{,}408\ kN/m^2$$

$\mu = 0{,}8$ – factor de formă al încărcării din zăpadă;
$C_e = 0{,}8$ – coeficient de mediu;
$C_t = 1{,}0$ – coeficient de temperatură;

$$s_n = s_k \cdot c_{season} = 2{,}5 \cdot 0{,}88 = 2.2\ kN/m^2$$

$s_k = 2{,}5\ kN/m^2$ – valoarea încărcăturii de zăpadă pe sol (conform site-ului https://www.dlubal.com).
$C_{season} = 0{,}88$.

Forța exercitată de zăpadă pe suprafața unui panou solar este egală cu:

$$F_c = S \cdot S_{c.п.} = 1408 \cdot 2{,}7 = 3802\ N$$

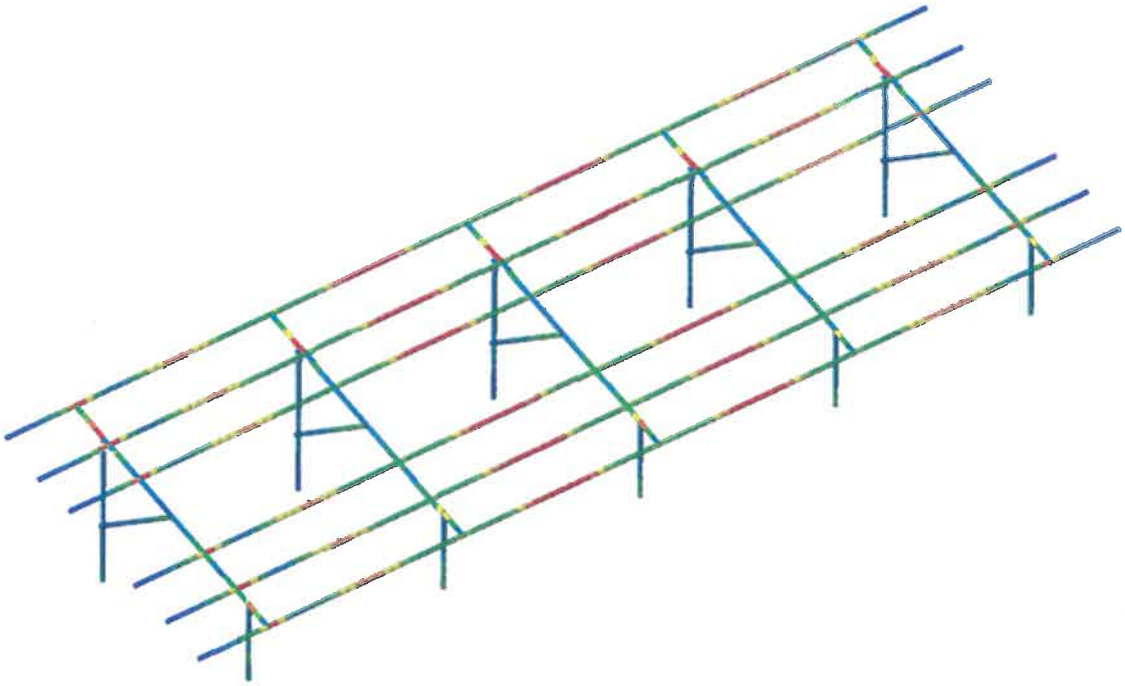


Figura 2 – starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcină de zăpadă

3. <u>Greutatea proprie a structurii metalice.</u>

Greutatea proprie a unei structuri metalice este calculată folosind un software.

4. <u>Greutatea modulului fotovoltaic.</u>

Greutatea moartă este acceptată m_{PV} = 32,3 kg.

5. Model de calcul

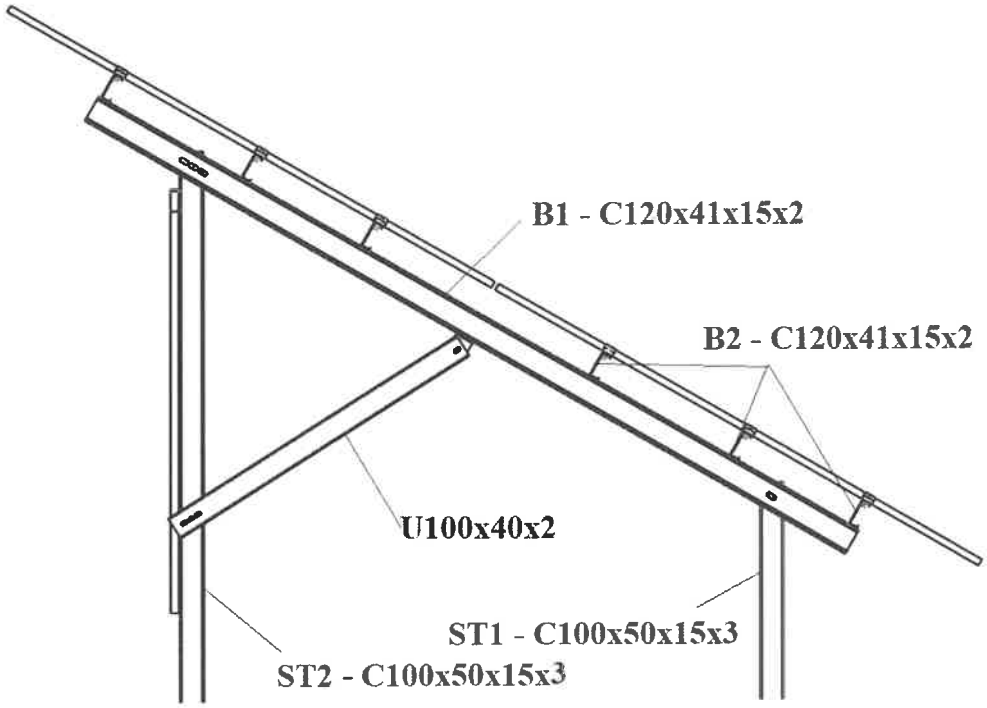


Figura 3 – Dimensiuni standard ale elementelor structurii metalice din tabelul FEM

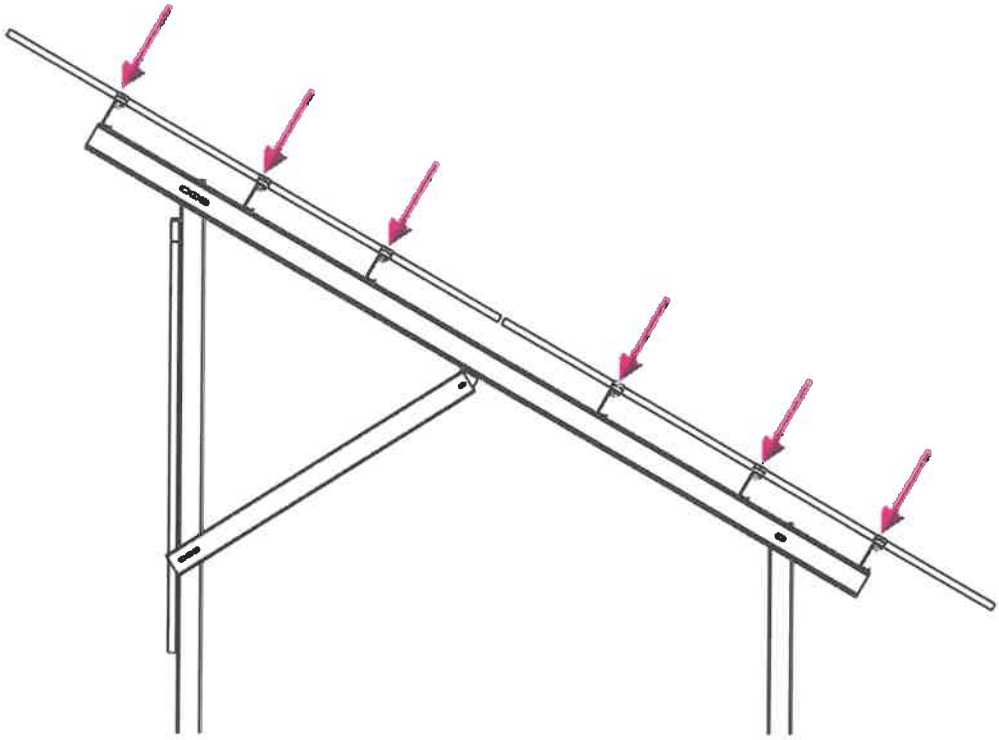


Figura 4 – Sarcina vântului

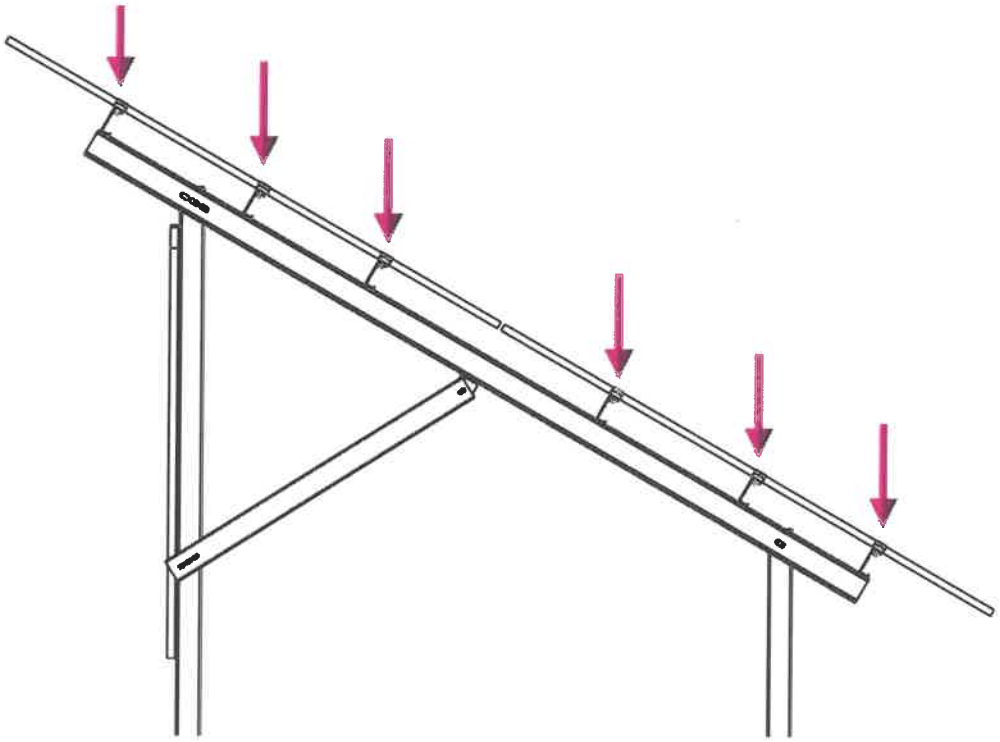


Figura 5 – Încărcarea din zăpadă

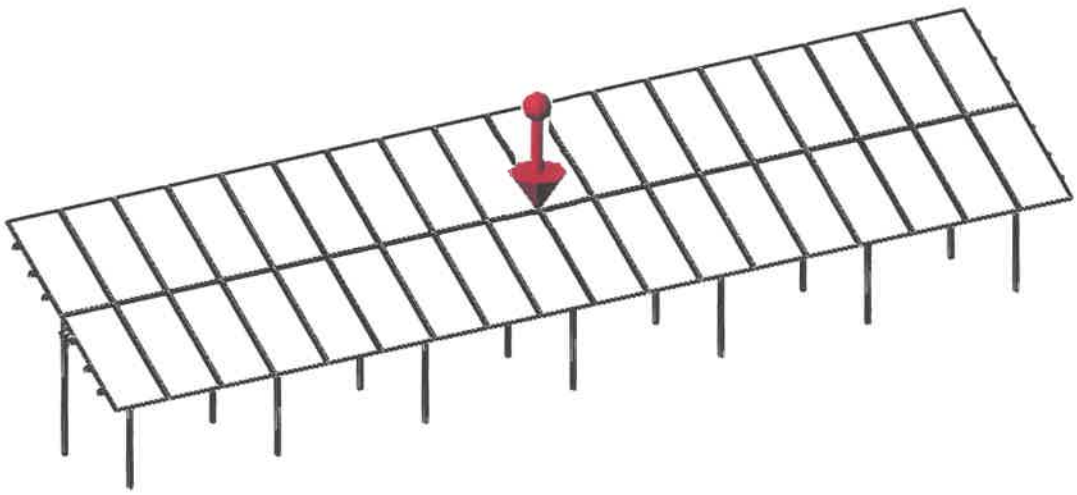


Figura 6 – Greutatea proprie a structurii metalice a mesei și panourilor FEM

Elementele structurii metalice din tabelul FEM (profilelor B1, B2 și ST) sunt conectate între ele prin software (conexiuni nodale) în punctele corespunzătoare cu anumite grade de libertate.

6. Rezultatele calculului

Calculul a fost efectuat folosind metoda elementelor finite, utilizând elemente de tip tijă și coajă. Profilelor B1, B2, ST și V2 sunt definite prin tije.

Rezultatele calculului sunt prezentate mai jos ca câmpuri de culoare cu valori de solicitare similare (starea stres-deformare (SSS)).

Rezistența structurii metalice este estimată folosind un factor de siguranță egal cu raportul dintre rezistența la curgere a materialului și solicitările de proiectare sub încărcări separate de vânt și zăpadă:

$$n_{w/s} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w/s}} \geq [n] = 1{,}50$$

Pentru efectul combinat al încărcărilor din vânt și zăpadă, factorul de siguranță necesar este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} \geq [n] = 1{,}00$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost constatate în profilului B2 și se ridică la ~230 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_w = \frac{\sigma_T}{\sigma_w} = \frac{350}{230} = 1{,}52 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_s = \frac{\sigma_T}{\sigma_s} = \frac{350}{205} = 1.71 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a încărcărilor din vânt și zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~311 MPa. Coeficientul de siguranță de proiectare este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} = \frac{350}{311} = 1{,}12 > [n] = 1{,}00$$

Calculul stabilității elementelor structurii metalice din tabelul FEM

Analiza de stabilitate este efectuată pentru elementele structurii metalice din tabelul FEM care suportă sarcina de compresiune.

Conform analizei de rezistență, sarcina de compresiune este suportată de profilelor ST1, ST2, V1 și V2. Sarcina axială maximă pe profilului ST2 este de 19.800 N, iar pe profilului V2, de 5.500 N..

Stabilitatea ST2

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 185}{1{,}798} = 102{,}9$$

Unde $\mu = 1{,}0$ – coeficientul de lungime redusă;

$l = 185$ см – lungime de lucru ST2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{20{,}23}{6{,}26}} = 1{,}798$ – raza minimă de giratie a unei secțiuni de profil ST2;

$I_{min} = 20{,}23$ sm^4 – momentul minim de inerție ST2 - C100x50x15x3;

$S = 6{,}26$ см^2 – aria secțiunii transversale a fasciculului ST2 - C100x50x15x3.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_T}{E}} = 102{,}9 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^5}} = 4{,}20$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\sigma_т$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{кр} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_т \cdot \gamma_c = 0{,}4035 \cdot 6{,}26 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 66305\ N$$

Unde $\varphi = 0{,}4035$ – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

$\gamma_c = 0{,}75$ – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o grindă ST2:

$$[F_{IE2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{66305}{1{,}8} = 36836\ N$$

Unde $n_{ust} = 1{,}8$ – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe profilului ST2, conform calculului de rezistență, este $F_{ST2} = 19800$ N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

Stabilitate V2.

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 145}{1{,}23} = 117{,}8$$

Unde $\mu = 1{,}0$ – coeficientul de lungime redusă;

$l = 145$ см – lungimea profilului V2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{5{,}25}{3{,}47}} = 1{,}23$ – raza minimă de girație a secțiunii profilului V2;

$I_{min} = 5{,}25$ sm^4 – momentul minim de inerție al profilului V2 U100x40x2,0;

$S = 3{,}47$ sm^2 – aria secțiunii transversale V2 U100x40x2,0.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_т}{E}} = 117{,}8 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^5}} = 7{,}37$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\sigma_т$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{kr} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_T \cdot \gamma_c = 0{,}1402 \cdot 3{,}47 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 12770\ N$$

Unde $\varphi = 0{,}1402$ – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

$\gamma_c = 0{,}75$ – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o V2:

$$[F_{V2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{12770}{1{,}8} = 7094\ N$$

Unde $n_{ust} = 1{,}8$ – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe V2, conform calculului de rezistență, este $F_{V2} = 5500$ N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

7. Concluzie

O analiză de rezistență a structurii metalice tip tabel FEM a fost efectuată pentru proiectarea centralei Grivita 2.1MW.

Analiza a fost efectuată utilizând metoda elementelor finite într-un pachet software specializat. S-a utilizat un model de tip carcasă și tijă.

Au fost luate în considerare trei condiții de încărcare conform EN 1991: vânt, zăpadă și combinație între zăpadă și vânt. Datele privind viteza vântului și încărcarea din zăpadă au fost preluate de pe https://www.dlubal.com.

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost găsite în profilul B2 și au fost de ~230 MPa. Coeficientul de siguranță calculat a fost determinat. n=1,52 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B2 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilul B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare n=1,71 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B1 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a sarcinilor vântului și zăpezii sunt identificate în profilul B1 și se ridică la ~311 MPa. Factorul de siguranță al proiectării n=1,12 > [n]=1,00.

Rezistența profilelor ST, B1, B2 și V2 este asigurată.

Stabilitatea elementelor care suportă sarcina de compresiune este asigurată.

Determinarea sarcinilor calculate pe masa modulelor fotoelectrice (PEM) pentru proiectul Grivita 2.1MW 2x18-30 PC

1. Sarcina vântului

Încărcarea din vânt asupra structurii este determinată conform specificațiilor din MSZ EN 1991-1-4:2007. Încărcarea din vânt pentru proiectare.

Viteza principală a vântului $V_{b,0}$ (https://www.dlubal.com).

Viteza de bază a vântului:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot C_0 = 32{,}27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}96 \cdot 1 = 30{,}98 m/s$$

$V_{b,0}$ = 32,27 m/c – valoarea principală a vitezei de bază a vântului;
C_{dir} = 1,0 – coeficient de direcție;
C_{season} = 1,0 – coeficient sezonier;
C_{prob} = 0,96 (30 de ani) – raportul de probabilitate;

C_0 = 1,0 – factor de relief.

Presiunea de viteză de bază este egală cu:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 30.98^2 = 600 \frac{N}{m^2} = 0{,}600 \frac{kN}{m^2}$$

unde:
ρ = 1,25 kg/m^3 – densitatea aerului;

$$q_p(z) = q_b \cdot C_e(z) = 0{,}600 \cdot 2{,}0 = 1{,}200\ kN/m^2$$

Ce (z) = 2,0 (Fig. 4.2, p. 21 MSZ EN 1991-1-4:2007).

Forța vântului pe suprafața unui panou solar este egală:

$$F_в = q_p(z) \cdot S_p = 1200 \cdot 2{,}7 = 3240\ N$$

unde:
S_p = 2,7 m^2 – suprafața panoului solar.

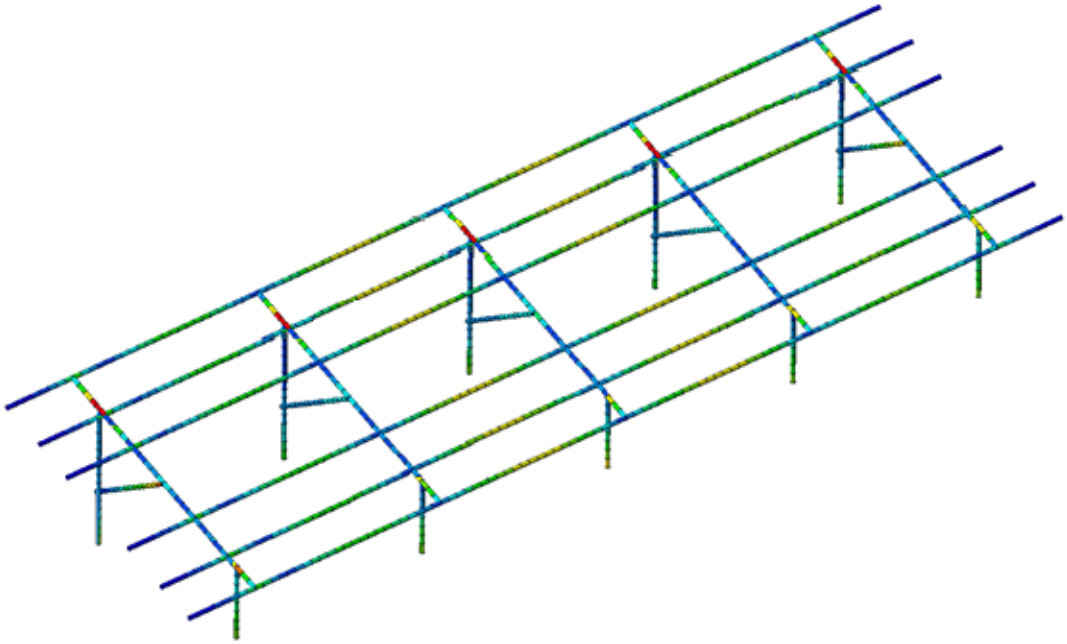


Figura 1 este starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcina vântului

2. Încărcarea cu zăpadă

Conform EN 1991-1-3. (Formula 5.2):

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_n = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 2.2 = 1{,}408\ kN/m^2$$

μ = 0,8 – factor de formă al încărcării din zăpadă;
C_e = 0,8 – coeficient de mediu;
C_t = 1,0 – coeficient de temperatură;

$$s_n = s_k \cdot c_{season} = 2{,}5 \cdot 0{,}88 = 2.2\ kN/m^2$$

s_k =2,5 kN/m^2 – valoarea încărcăturii de zăpadă pe sol (conform site-ului https://www.dlubal.com).
C_{season} = 0,88.

Forța exercitată de zăpadă pe suprafața unui panou solar este egală cu:

$$F_c = S \cdot S_{с.п.} = 1408 \cdot 2{,}7 = 3802\ N$$

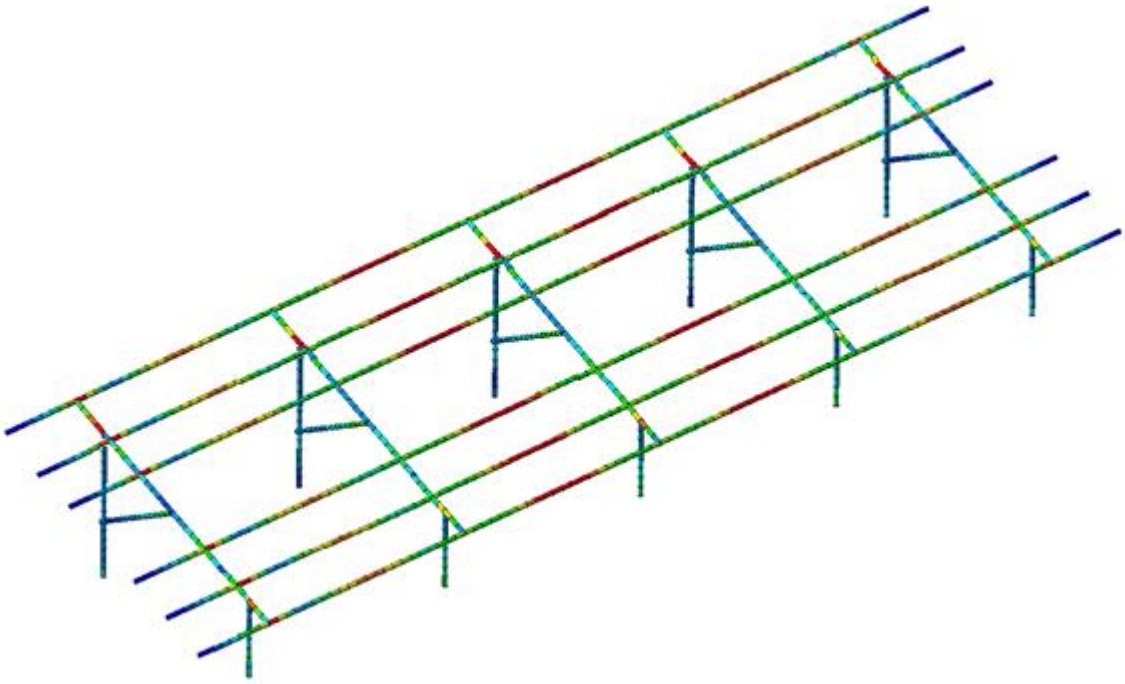


Figura 2 – starea de tensiune-deformare a tabelului FEM sub sarcină de zăpadă

3. <u>Greutatea proprie a structurii metalice.</u>

Greutatea proprie a unei structuri metalice este calculată folosind un software.

4. <u>Greutatea modulului fotovoltaic.</u>

Greutatea moartă este acceptată m_{PV} = 32,3 kg.

5. Model de calcul

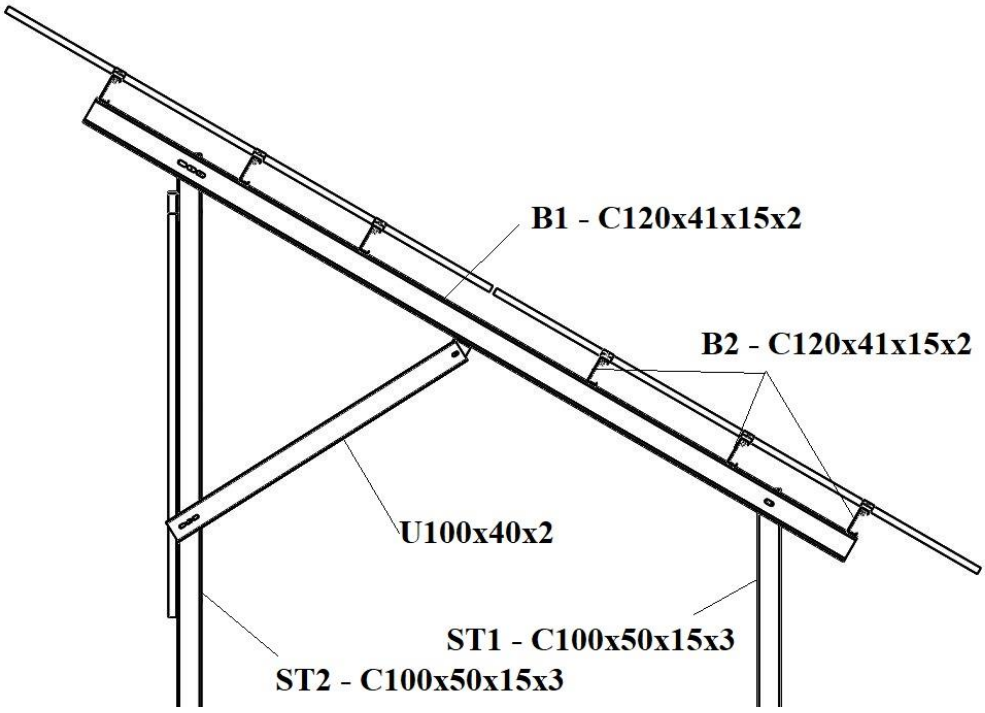


Figura 3 – Dimensiuni standard ale elementelor structurii metalice din tabelul FEM

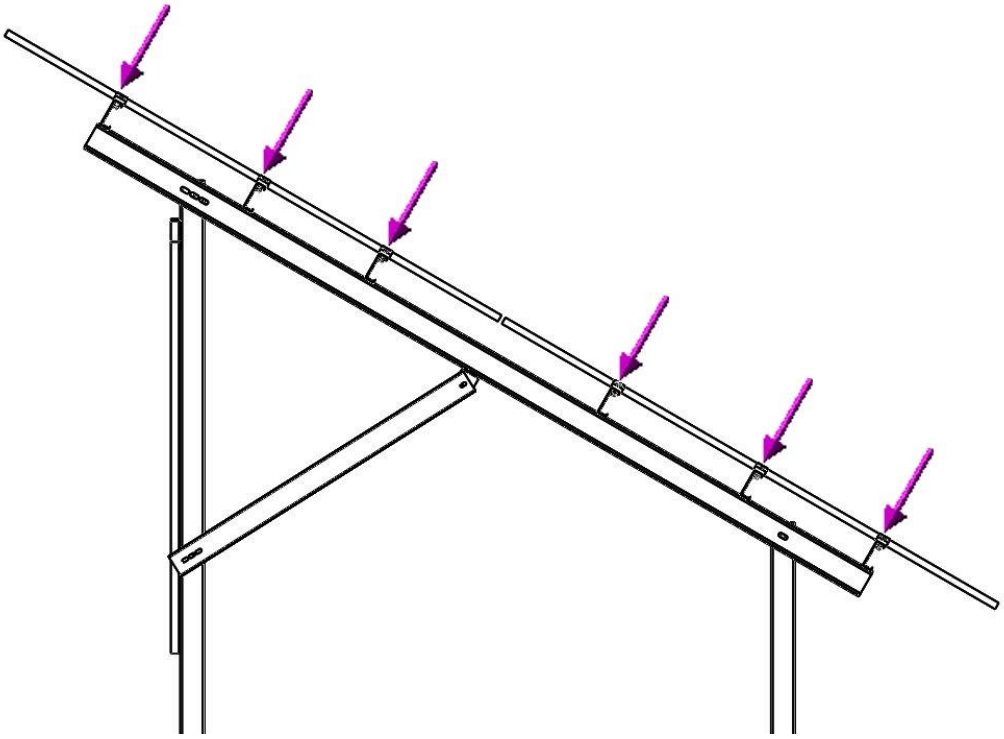


Figura 4 – Sarcina vântului

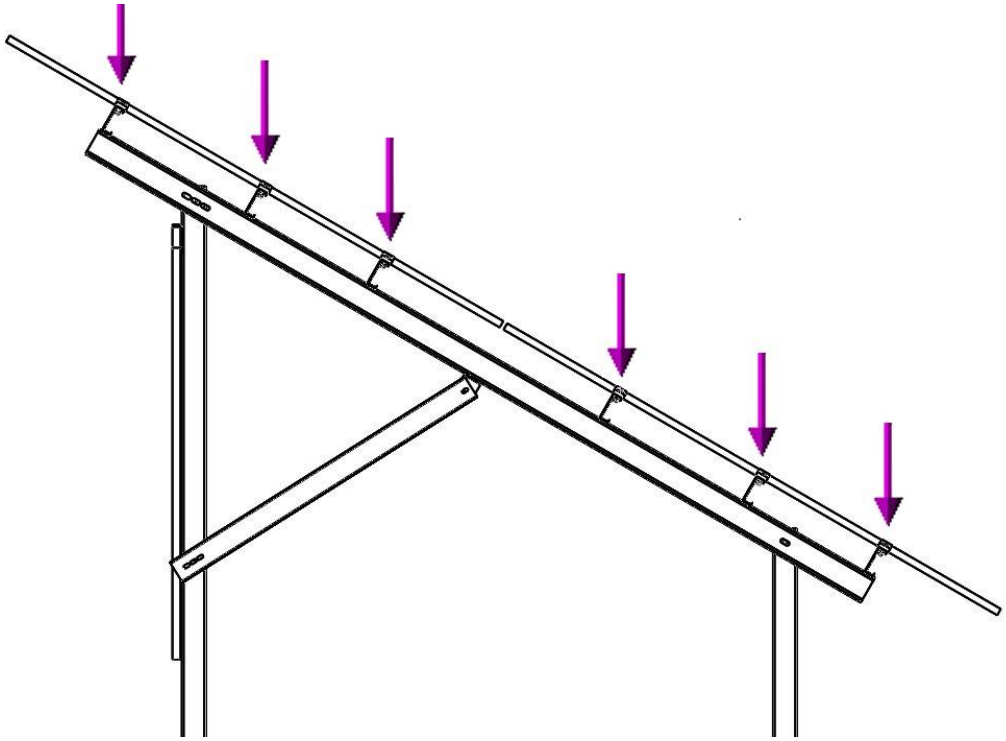


Figura 5 – Încărcarea din zăpadă

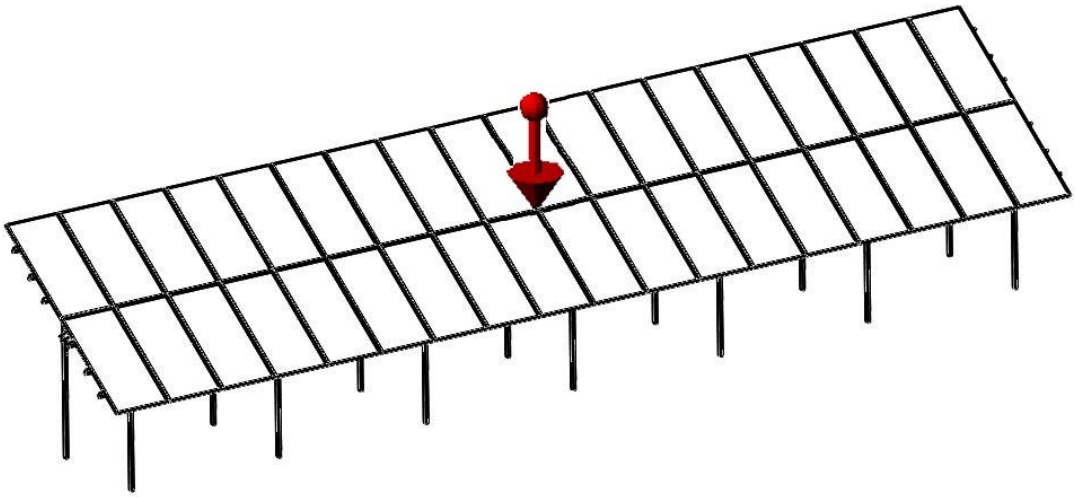


Figura 6 – Greutatea proprie a structurii metalice a mesei și panourilor FEM

Elementele structurii metalice din tabelul FEM (profilelor B1, B2 și ST) sunt conectate între ele prin software (conexiuni nodale) în punctele corespunzătoare cu anumite grade de libertate.

6. Rezultatele calculului

Calculul a fost efectuat folosind metoda elementelor finite, utilizând elemente de tip tijă și coajă. Profilelor B1, B2, ST și V2 sunt definite prin tije.

Rezultatele calculului sunt prezentate mai jos ca câmpuri de culoare cu valori de solicitare similare (starea stres-deformare (SSS)).

Rezistența structurii metalice este estimată folosind un factor de siguranță egal cu raportul dintre rezistența la curgere a materialului și solicitările de proiectare sub încărcări separate de vânt și zăpadă:

$$n_{w/s} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w/s}} \geq [n] = 1{,}50$$

Pentru efectul combinat al încărcărilor din vânt și zăpadă, factorul de siguranță necesar este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} \geq [n] = 1{,}00$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost constatate în profilului B2 și se ridică la ~230 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_w = \frac{\sigma_T}{\sigma_w} = \frac{350}{230} = 1{,}52 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare este:

$$n_s = \frac{\sigma_T}{\sigma_s} = \frac{350}{205} = 1.71 > [n] = 1{,}50$$

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a încărcărilor din vânt și zăpadă au fost constatate în profilului B1 și se ridică la ~311 MPa. Coeficientul de siguranță de proiectare este:

$$n_{w.s.} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{w.s.}} = \frac{350}{311} = 1{,}12 > [n] = 1{,}00$$

Calculul stabilității elementelor structurii metalice din tabelul FEM

Analiza de stabilitate este efectuată pentru elementele structurii metalice din tabelul FEM care suportă sarcina de compresiune.

Conform analizei de rezistență, sarcina de compresiune este suportată de profilelor ST1, ST2, V1 și V2. Sarcina axială maximă pe profilului ST2 este de 19.800 N, iar pe profilului V2, de 5.500 N**.**

Stabilitatea ST2

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 185}{1{,}798} = 102{,}9$$

Unde μ = 1,0 – coeficientul de lungime redusă;

l = 185 см – lungime de lucru ST2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{20{,}23}{6{,}26}} = 1{,}798$ – raza minimă de girație a unei secțiuni de profil ST2;

I_{min} = 20,23 sm^4 – momentul minim de inerție ST2 - C100x50x15x3;

S =6,26 см^2 – aria secțiunii transversale a fasciculului ST2 - C100x50x15x3.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_T}{E}} = 102{,}9 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^5}} = 4{,}20$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\int_{т}$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{кр} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_{т} \cdot \gamma_{с} = 0{,}4035 \cdot 6{,}26 \cdot 10^{2} \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 66305\ N$$

Unde φ = 0,4035 – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

$\gamma_{с}$ = 0,75 – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o grindă ST2:

$$[F_{IE2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{66305}{1{,}8} = 36836\ N$$

Unde n_{ust} = 1,8 – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe profilului ST2, conform calculului de rezistență, este F_{ST2} = 19800 N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

<u>Stabilitate V2.</u>

Flexibilitate:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1{,}0 \cdot 145}{1{,}23} = 117{,}8$$

Unde $\int$ = 1,0 – coeficientul de lungime redusă;

l = 145 см – lungimea profilului V2;

$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{5{,}25}{3{,}47}} = 1{,}23$ – raza minimă de giratie a secțiunii profilului V2;

I_{min} = 5,25 sm^4 – momentul minim de inerție al profilului V2 U100x40x2,0;

S =3,47 sm^2 – aria secțiunii transversale V2 U100x40x2,0.

Flexibilitate condiționată:

$$\underline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{т}}{E}} = 117{,}8 \cdot \sqrt{\frac{350}{2{,}1 \cdot 10^{5}}} = 7{,}37$$

Unde E – modulul de elasticitate al materialului;

$\int_{т}$ – rezistența la curgere a unui material, MPa.

Forța critică de compresie:

$$F_{kr} = \varphi \cdot S \cdot \sigma_{\text{т}} \cdot \gamma_{\text{c}} = 0{,}1402 \cdot 3{,}47 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 0{,}75 = 12770\ N$$

Unde φ = 0,1402 – coeficientul de încovoiere longitudinală a profilului;

γ_{c} = 0,75 – coeficientul condițiilor de muncă.

Forța de compresiune admisibilă pe o V2:

$$[F_{V2}] = \frac{F_{kr}}{n_{ust}} = \frac{12770}{1{,}8} = 7094\ N$$

Unde n_{ust} = 1,8 – marja de stabilitate a profilului.

Încărcarea pe V2, conform calculului de rezistență, este F_{V2} = 5500 N. $[F_{ST2}] > F_{ST2}$. Stabilitatea profilului este asigurată.

7. Concluzie

O analiză de rezistență a structurii metalice tip tabel FEM a fost efectuată pentru proiectarea centralei Grivita 2.1MW.

Analiza a fost efectuată utilizând metoda elementelor finite într-un pachet software specializat. S-a utilizat un model de tip carcasă și tijă.

Au fost luate în considerare trei condiții de încărcare conform EN 1991: vânt, zăpadă și combinație între zăpadă și vânt. Datele privind viteza vântului și încărcarea din zăpadă au fost preluate de pe https://www.dlubal.com.

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina vântului au fost găsite în profilul B2 și au fost de ~230 MPa. Coeficientul de siguranță calculat a fost determinat. n=1,52 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B2 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub sarcina din zăpadă au fost constatate în profilul B1 și se ridică la ~205 MPa. Factorul de siguranță de proiectare n=1,71 > [n]=1,50. **Rezistența profilului B1 este asigurată de C120x41x15x2.0.**

Tensiunile maxime de proiectare sub acțiunea combinată a sarcinilor vântului și zăpezii sunt identificate în profilul B1 și se ridică la ~311 MPa. Factorul de siguranță al proiectării n=1,12 > [n]=1,00.

Rezistența profilelor ST, B1, B2 și V2 este asigurată.

Stabilitatea elementelor care suportă sarcina de compresiune este asigurată.