Dokumentacija:

ELABORAT:

STATIČNA PRESOJA KONSTRUKCIJE OBSTOJEČE STAVBE OB POSTAVITVI SONČNE ELEKTRARNE NA STREHO OBJEKTA

Naročnik: **HELIUM PROJEKTI d.o.o.**
Kriška vas 96, 1294 Višnja Gora

Objekt: **VRTEC GUMBEK DOLENJSKE TOPLICE**

Izdelovalec: **IBT SPI d.o.o. TRBOVLJE**
Trg revolucije 14
1420 TRBOVLJE

Direktor: **Jernej JEVŠEVAR**

Svetovanje, projektiranje in inženiring d.o.o. TRBOVLJE

Izdelal: **Jernej JEVŠEVAR, mag. inž. grad.**
IZS PI G-3916

JERNEJ JEVŠEVAR
mag.inž.grad.
IZS PI G-3916

Št. elaborata: **8391/25/1**

Datum izdelave elaborata: **januar 2025**

KAZALO VSEBINE:

1.0 TEKSTUALNI DEL

UVOD

Občina Dolenjske Toplice želi na streho novozgrajenega vrtca Gumbek postaviti fotonapetostno elektrarno, zato je potrebno izdelati statično presojo predmetne strešne konstrukcije z upoštevanjem vpliva dodatne obtežbe FV panelov s pripadajočo podkonstrukcijo.

Ker s posegom postavitve FV elektrarn na strehe objektov dodatno obremenimo strešne konstrukcije, je potrebno v sklopu presoj dokazati, da zaradi omenjene dodatne obremenitve ne bosta ogroženi mehanska odpornost in stabilnost objekta oziroma, da bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti vsaj enak tistemu pred posegom.

V skladu s 4. odstavkom 25. člena gradbenega zakona (GZ-1) mora biti namreč vsak poseg izveden tako, da je mehanska odpornost in stabilnost objekta zagotovljena v skladu z aktualnimi predpisi, t. j. v skladu z določili danes veljavnih standardov Evrokod, pri čemer se preverjanje izpolnjevanja teh zahtev omeji na tiste bistvene in druge zahteve, ki so predmet spreminjanja objekta.

Ta zahteva se ne uporablja, če je to tehnično neizvedljivo ali povezano z nesorazmernimi stroški, pri čemer pa se gradbenotehnične lastnosti objekta, med katere lahko štejemo tudi nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti, ne smejo poslabšati.

Z vidika zagotovitve ustrezne mehanske odpornosti in stabilnosti so problematične predvsem stavbe, grajene v skladu s starejšimi predpisi, ki že pred postavitvijo elektrarne na strehi ne zadostijo danes veljavnim standardom Evrokod, s postavitvijo elektrarne pa se obtežba še nekoliko poveča, nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti pa se posledično še zmanjša.

Strokovno pravilen pristop je, da se za take objekte pred postavitvijo sončne elektrarne predvidi ustrezne konstrukcijske ojačitve na način, da bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti vsaj enak tistemu pred posegom, če to ni povezano z nesorazmernimi stroški pa je torej potrebno nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti uskladiti tudi z danes veljavnimi standardi Evrokod.

Vprašanje, kdaj so stroški nesorazmerni, gradbena zakonodaja zelo slabo ureja, saj to ni nikjer ustrezno pojasnjeno.

Povsem druga zgodba je usklajevanje potresne odpornosti starejših objektov z današnjimi predpisi. Teoretično se sicer zaradi povečanja mase na strehi poveča tudi potresna obtežba, kar pomeni, da se nivo potresne odpornosti objekta zniža, a v praksi je tako znižanje potresne varnosti največkrat zanemarljivo, kar še posebej velja za zidane ali betonske stenaste objekte. (povzeto po IZS - MSG Okrožnica št. 4: Statična presoja konstrukcije obstoječe stavbe ob postavitvi sončne elektrarne na streho objekta).

PREDMET ELABORATA

OBSEG AKTIVNOSTI ZA IZDELAVO ELABORATA:

- Pregled obstoječe projektne dokumentacije.
- Inženirska presoja vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne na obstoječo strešno konstrukcijo stavbe.

Predmet elaborata je inženirska presoja vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne na obstoječo strešno konstrukcijo stavbe. FV elektrarna je predvidena praktično na vseh strešinah. Elaborat obravnava izključno vidik zagotavljanja ustrezne mehanske odpornosti in stabilnosti objekta. Drugi vidiki (npr. požarna varnost, idr.) so zajeti v sklopu ločenih dokumentov.
V sklopu presoje vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne na streho objekta, ki je bil zgrajen leta 2024 po trenutno veljavnih standardih Evrokod smo se omejili predvsem na cilj ohranitve nivoja zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta, ki bo (kljub predvidenemu posegu) enakovreden tistemu pred posegom. Pregledali smo obstoječo projektno dokumentacijo, upoštevane vplive na konstrukcije in račun konstrukcije ter pripadajoče rezultate.

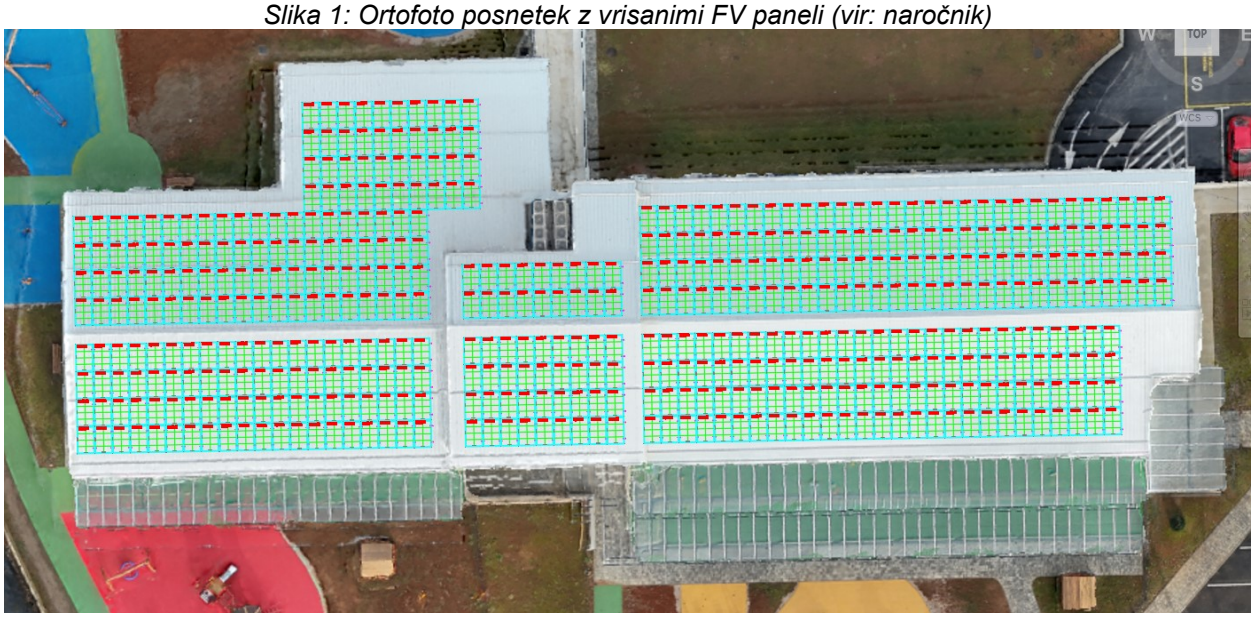
Izhajamo torej iz načela, da s predvidenim posegom ne poslabšamo stanja obstoječih konstrukcij stavbe.

DOKUMENTACIJA PREJETA S STRANI NAROČNIKA

PODATKI O FV SISTEMU

- [1] Skica postavitve FV panelov in podatki o modulih - e-pošta z dne 13.1.2025:
  - Modul dim. 1,762m x 1,134m (A=2 m2; M=21 kg) … g(fv) = 0,11 kN/m2

Slika 1: Ortofoto posnetek z vrisanimi FV paneli (vir: naročnik)

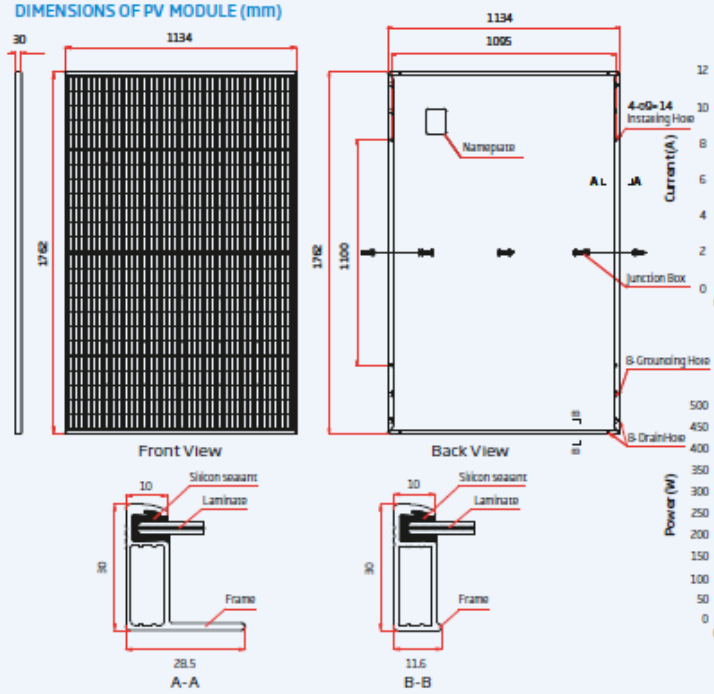


Slika 2: Podatki o modulih (vir: naročnik)

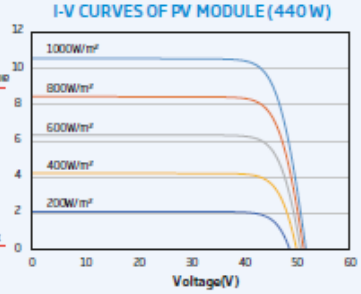
Vertex S+

DUAL GLASS N type i-TOPCon MODULE

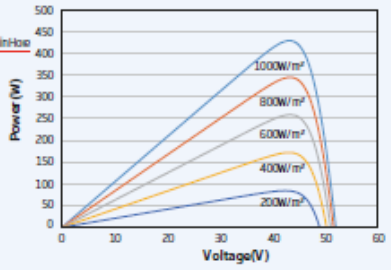
DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)



I-V CURVES OF PV MODULE (440 W)



P-V CURVES OF PV MODULE (440 W)



ELECTRICAL DATA (STC)	TSM-425 NEG9R.28	TSM-430 NEG9R.28	TSM-435 NEG9R.28	TSM-440 NEG9R.28	TSM-445 NEG9R.28	TSM-450 NEG9R.28
Peak Power Watts-PMAX (Wp)*	425	430	435	440	445	450
Power Tolerance-PMAX (W)	0/+5					
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	42.0	43.2	43.6	44.0	44.3	44.6
Maximum Power Current-IMPP (A)	9.92	9.96	9.99	10.01	10.05	10.09
Open Circuit Voltage-VOC (V)	50.9	51.4	51.8	52.2	52.6	52.9
Short Circuit Current-ISC (A)	10.56	10.59	10.64	10.67	10.71	10.74
Module Efficiency η m (%)	21.3	21.5	21.8	22.0	22.3	22.5

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)	TSM-425 NEG9R.28	TSM-430 NEG9R.28	TSM-435 NEG9R.28	TSM-440 NEG9R.28	TSM-445 NEG9R.28	TSM-450 NEG9R.28
Maximum Power-PMAX (Wp)	325	328	332	336	339	343
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	40.1	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7
Maximum Power Current-IMPP (A)	8.09	8.11	8.15	8.17	8.20	8.24
Open Circuit Voltage-VOC (V)	48.3	48.8	49.2	49.5	49.9	50.2
Short Circuit Current-ISC (A)	8.51	8.53	8.57	8.60	8.63	8.65

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	144 cells
Module Dimensions	1762×1134×30 mm
Weight	21.0 kg
Front Glass	1.6 mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	1.6 mm, Heat Strengthened Glass
Frame	30 mm Anodized Aluminium Alloy, Black
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm² Landscape: 1100/1100 mm Portrait: 280/350 mm*
Connector	TS4 / MC4 EVO2*

*Special order only

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of PMAX	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of VOC	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of ISC	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	25A

WARRANTY

25 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4 % Annual Power Attenuation
(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	36 pieces
Modules per 40' container:	936 pieces

Trinasolar

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2023 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
Version number: TSM_EN_2023_D
www.trinasolar.com

RAZPOLOŽLJIVA PROJEKTNA DOKUMENTACIJA in VIRI

- [2] 1 NAČRT S PODROČJA ARHITEKTURE (PID): Otroški vrtec Dolenjske Toplice, št. proj. A – 032/1; Misel d.o.o. Postojna; julij 2024
- [3] 2 NAČRT GRADBENIŠTVA (PZI): Otroški vrtec Dolenjske Toplice, št. načrta 847/2022; Staticon IB d.o.o. Ajdovščina; september 2022
- [4] 2 NAČRT S PODROČJA GRADBENIŠTVA (PID): Otroški vrtec Dolenjske Toplice, št. načrta 847/2022; Staticon IB d.o.o. Ajdovščina; julij 2024

LOKACIJA OBJEKTA (povzeto po [2])

Gradbena parcela zajema zemljišča in dele zemljišč parc. št. 318/2-del (685,7 m2 – 28,6%), 328/1 (3634,0 m2), 328/16-del (124,8 m2 – 27,5%), 328/17-del (1.528,0 m2 – 14,1%), 328/20 (1372,0 m2), 377/1-del (155,5 m2 - 17,6%) in 328/22 (1200,0 m2), k.o. 1495 – Toplice, v skupni izmeri 8.700 m2.

OBSTOJEČA KONSTRUKCIJA (povzeto po [3] in [4])

Opis konstrukcije

Objekt je zasnovan kot armiranobetonska stenasta konstrukcija, temeljena na temeljni plošči. Etažne plošče so monolitne armiranobetonske, ostrešje objekta je lesene izvedbe.

Strešna konstrukcija
Ostrešje objekta je lesene izvedbe, dvokapne oblike, naklona 15 stopinj, kritina sestoji iz strešnih sendvič panelov, debeline 20cm.

Strešno konstrukcijo sestavljajo:
- med osmi 1 in 7, ter 10 in 19 (nižja streha) vmesne lege dimenzij 20/24cm, masivni les kvalitete C24. Lege potekajo na osnem rastru 220cm in se naslanjajo na AB steno, ter vmesne sohe/stebre dimenzij 20/20cm, razpon leg je 425cm.

Ostrešje med opisanimi osmi, je vzdolžno in prečno stabilizirano. V vzdolžni smeri so soham in legam, dodane ročice (opore) dimenzij 16/20cm, za stabilnost v preči smeri pa zavetrovanje v ravnini strehe, v dveh vzdolžnih poljih, s pomočjo vmesnih razpor 16/20cm in jeklenega križnega zavetrovanja fi16 (v osi 4 in 14 je izvedeno tudi vertikalno zavetrovanje med stebri).

- med osmi 7 in 10 (višja streha), so vmesne lege dimenzij 20/24cm, masivni les kvalitete C24, ter 22/48cm, lepljen les kvalitete GL24h (lege potekajo na osnem rastru 220cm in se naslanjajo na AB steno, ter vmesni steber dimenzij 30/40cm, razpon leg je 330cm, oz. 840cm)

- med osmi 4a in 8a (nad večnamensko igralnico) so vmesne lege dimenzij 18/32cm, lepljen les kvalitete GL24h in glavni strešni nosilci dimenzij 20/110cm, lepljen les kvalitete GL28h (lege, razpona 535cm potekajo na osnem rastru 220cm in se naslanjajo na AB steno, ter glavni strešni nosilec, preko kovinskih čevljev; glavni strešni nosilec, razpona 13,0m, na osnem rastru 560cm, se naslanja na AB steno, preko kovinskih čevljev). Glavni strešni nosilci so zavetrovani, v srednjem polju, preko križnih jeklenih palic premera fi20 in vmesnih tlačnih leg.

Vse računske analize so izdelane ob upoštevanju standardov družine Evrokod. Kontrola nosilne konstrukcije je izdelana na prostorskem računskem modelu, ob uporabi linijskih in ploskovnih

končnih elementov. Analiza konstrukcije je bila v celoti izvedena s programom Tower – 3D Model Builder 7.0 (Radimpex Srbija).

V statičnih izračunih je bila obtežba upoštevana po slovenskih standardih SIST EN 1991-1-X:2004/2005 (EC1) in SIST EN 1998-1:2005 (EC8). Dimenzioniranje AB elementov je izvedeno skladno s slovensko evropskimi standardi: SIST EN 1992-1-1:2005 (EC2) in SIST EN 1998-1:2005 (EC8) za armiranobetonske elemente. V statičnem izračunu so bili upoštevani naslednji vplivi: vpliv lastne in stalne teže, spremenljivi vplivi (koristna obtežba), zemeljski pritiski, vpliv snega (cona: A2, nadmorska višina: 200 m – Dolenjske Toplice), vplivi vetra, potresni vplivi. Za potresno analizo (modalna analiza s projektnim spektrom odziva) je bil uporabljen projektni spekter tipa 1 po EC8, kvaliteta tem. tal C, projektnim pospeškom temeljnih tal 0.175 g in faktorjem obnašanja q = 2.0 (stenasta konstrukcija, DCM). Za statično analizo z obtežbo vetra so bile upoštevane naslednje karakteristike po SIST EN 1991-1-4: temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra vb,0 = 20 m/s (cona 2) in II. kategorija terena.

<u>Upoštevana obtežba na strešno konstrukcijo (povzeto iz [3]):</u>

Pri pregledu priloženih izpiskov iz računa konstrukcije iz programa Tower je pri dimenzioniranju elementov strešnih konstrukcij upoštevana sledeča osnovna merodajna obtežba in pripadajoče obtežne kombinacije:

1. Lastno težo konstrukcijskih elementov upošteva program Tower avtomatsko
2. Stalna teža … g = 1,25 kN/m2
3. Obtežba snega … s = 1,20 kN/m2
4. Obtežba vetra (maksimalni tlak) w = 0,20 kN/m2

<u>Komentar:</u>

Pri obtežbi snega je rezerva v iznosu 9 kg/m2 in pri obtežbi vetra 8 kg/m2 glede na veljavne standarde Evrokod, kar skupaj znaša 17 kg/m2. Dodatna obtežba FV panelov po podatkih naročnika znaša 11 kg/m2, kar pomeni da je le-ta že zajeta v rezervi in upoštevana v okviru računa konstrukcije.

Obtežba snega po EC za obravnavan objekt (Cona A2; A = 200 metrov n.m.; naklon strehe 15 stopinj) na predmetni lokaciji namreč znaša:

sk = 1,293[1 + (A/728)^2] = 1,293[1 + (200/728)^2] = 1,39 kN/m2

s = 0,8 x 1,39 kN/m2 = <u>1,11 kN/m2</u>

Maksimalni tlaki pri obtežbi vetra na streho obravnavanega objekta pa znašajo w = <u>0,12 kN/m2</u>

INŽENIRSKA PRESOJA

Pri pregledu računa konstrukcije in upoštevanih obtežnih primerov ter upoštevanih pripadajočih varnostnih faktorjev ugotavljamo, da je konstrukcija dimenzionirana na takšen način, da je sposobna prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo (v iznosu q = 0,11 kN/m2), katera je, v smislu rezerve pri določitvi vplivov, v osnovnem računu konstrukcije že zajeta.

Obstoječa konstrukcija je sposobna prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo.

ZAKLJUČEK:

S postavitvijo predvidene FV elektrarne na streho objekta bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta ohranjen oziroma bo enakovreden tistemu pred posegom.

Trbovlje, januar 2025

Sestavil:

Jernej JEVŠEVAR, mag. inž. grad.

JERNEJ JEVŠEVAR
mag.inž.grad.
IZS PI G-3916