Občina Trbovlje

Dokumentacija: **ELABORAT:**

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

Naročnik: **OBČINA TRBOVLJE**
Mestni trg 4, 1420 Trbovlje

Objekt: **OŠ TRBOVLJE - TELOVADNICA**

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

Direktor: **Jernej JEVŠEVAR**

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

Izdelal: **Jernej JEVŠEVAR, dig.; IZS G-3916**

JERNEJ JEVŠEVAR
dipl.inž.grad.
IZS G-3916

Št. elaborata: **8361/24/4**

Št. izvoda: **1 2 A**

Datum izdelave elaborata: **april 2024**

KAZALO VSEBINE:

1.0 TEKSTUALNI DEL

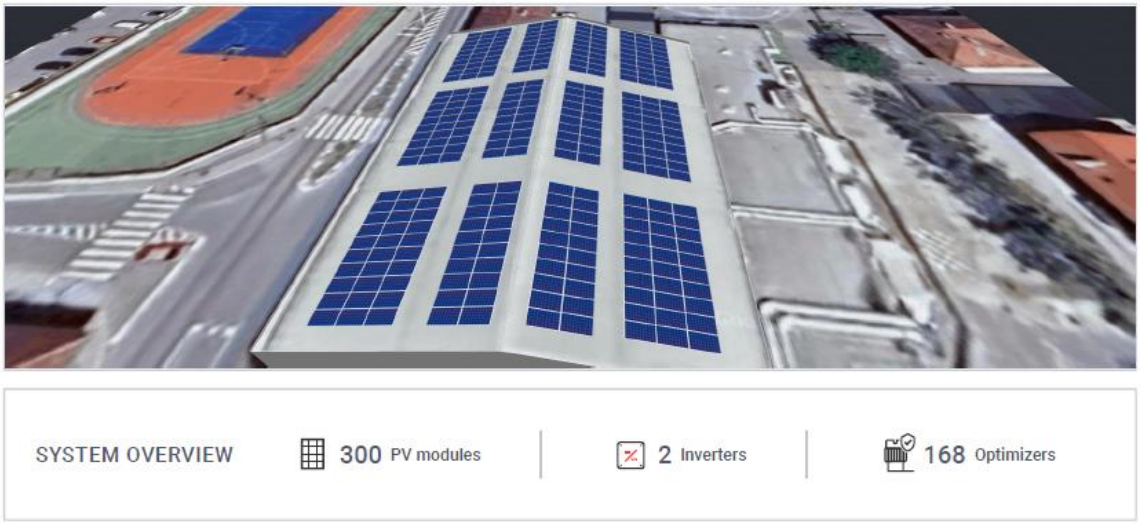
UVOD

Naročnik Občina Trbovlje želi na streho Telovadnice OŠ Trbovlje postaviti fotonapetostno elektrarno, zato je naročil statično presojo predmetne strešne konstrukcije z upoštevanjem vpliva dodatne obtežbe FV panelov s pripadajočo podkonstrukcijo.

Slika 1: Lokacija stavbe Telovadnica OŠ Trbovlje – objekt obkrožen z oranžno barvo (vir: PISO)



Slika 2: Območje FV panelov (vir: DESIGNER REPORT)



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 Telovadnica OŠ Trbovlje. FV elektrarna je predvidena na obeh 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 v začetku sedemdesetih let po tedanjih predpisih, smo se omejili predvsem na cilj ohranitve nivoja zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta, ki bo (kljub predvidenemu posegu) enakovreden tistemu pred posegom, saj je pri predmetni stavbi kakršen koli konstrukcijski poseg z namenom doseganja zahtev danes veljavnih standardov Evrokod zelo zahteven, tako iz vidika izvedbe, kot tudi z vidika stroškov. Kakršnakoli utrditev objekta bi bila, samo zaradi inštalacije razmeroma lahkih FV panelov, v našem primeru pretirana.

Izhajamo torej iz načela, da s predvidenim posegom ne poslabšamo stanja obstoječih konstrukcij stavbe. Pri pregledu dejanskega stanja objekta ugotavljamo, da je-le ta v dobrem stanju in na objektu ni vidnih poškodb. Objekt je bil zgrajen v sedemdesetih letih, v letu 2014 je bila izvedena energetska sanacija celotne OŠ Trbovlje.

DOKUMENTACIJA PREJETA S STRANI NAROČNIKA

PODATKI O FV SISTEMU

- [1] DESIGNER REPORT; EVJ Energetika d.o.o. Loke pri Zagorju 22, 1412 Kisovec, marec 2024

RAZPOLOŽLJIVA PROJEKTNA DOKUMENTACIJA in VIRI

- [2] 1 ARHITEKTURA; Energetska sanacija zahodnega trakta ter prenova telovadnice Osnovne šole Trbovlje, PZI; št. proj. 29/2009, FIN ARS d.o.o., januar 2008

- [3] Glavni projekt: Osemletka s telovadnico Trbovlje, Zvezek 4.2 Statični račun za jeklene konstrukcije, št. 2530, IBT Trbovlje, februar 1970

LOKACIJA OBJEKTA

Objekt se nahaja na parceli 310/12 k.o. 1871 – TRBOVLJE.

OBSTOJEČA KONSTRUKCIJA (povzeto po [2], [3])

Opis AB konstrukcije telovadnice

V statičnem smislu je objekt AB konstrukcija, ki prenaša vertikalno in horizontalno obtežbo. Streha telovadnice je iz jeklenih paličnih nosilcev, ki so podprti na stebrih v dveh linijah A in C.

Stebri v liniji A so v vzdolžni smeri povezani s prečko in deluje kot okvirna konstrukcija. Ravno tako imamo v prečni smeri med linijami 29 – 38 okvirno konstrukcijo. To so dvojni nosilci, ki imajo nad podporami vertikalne vute (zapolnitev med rebri) za prevzem negativnih momentov in prečnih sil. Stropovi so iz votlakov super 20 + 4 cm tlačne plošče. Le med linijami 29 – 33 je v etaži AB plošča zaradi lažje nastavitve instalacijskih vodov. V linijah D, C, B potekajo v višini etaž sekundarni nosilci, ki povezujejo okvirje v vzdolžni smeri.

Temelji pod okvirno konstrukcijo so točkovni. Med seboj so povezani z vezmi. Tudi stebri v liniji A so povezani z AB steno, v prečni smeri pa z vezmi. Temelj pod bočno steno je pasovni in na posameznih odsekih ojačan z rebrom.

V liniji 30 je objekt dilatiran, zaradi preprečitve morebitnih razpok, kot posledica neenakomernega posedanja objekta. Dilatacija deli objekt športne hale od večnamenskega prostora.

Opis jeklene konstrukcije ostrešja telovadnice

Projektiranje in statični račun jeklenih konstrukcij ostrešja telovadnice in večnamenskega prostora je skladno s tedanjimi predpisi (Ur. List SFRJ 41/64 in 6/65).

Po podatkih iz originalne projektne dokumentacije so za jeklene konstrukcije uporabljeni valjani profili kvalitete ČN 25 – A JUS CBO – 501 in jeklene brezšivne cevi kvalitete Č 1212 JUS CB 5.021, kar sovpada z današnjimi materialnimi karakteristikami jekla kvalitete S 235.

Ostrešje telovadnice sestavljajo posamezni jekleni predalčni nosilci osnovnega razpona 28,60 m. Medsebojna povezava nosilcev je izvedena v ravnini strešine z diagonalnim povezjem in strešnimi legami. V vertikalni ravnini so predalčja med seboj povezana z ročicami, ki izhajajo v vsakem drugem polju iz spodnjega pasu glavnega predalčnega nosilca in so pritrjene na strešne lege. Glede na to, da ostrešje konzolno sega izven gabarita objekta in da je tu obešena fasadna obloga ostrešja, je predalčje med seboj povezano z nosilci fasadne obloge in diagonalnim povezjem.

Zgornji pas predalčne konstrukcije je iz profilov INP 340, na katerega so direktno privarjene diagonale iz po 2 L profila ustreznih dimenzij. Spodnji pas pa je sestavljen iz dveh valjanih profilov NPU 200. Neizmenično tlačene in tegnjene diagonale ter vertikale povezujejo oba pasova v celoto. Strešne lege so privarjene na zgornji pas.

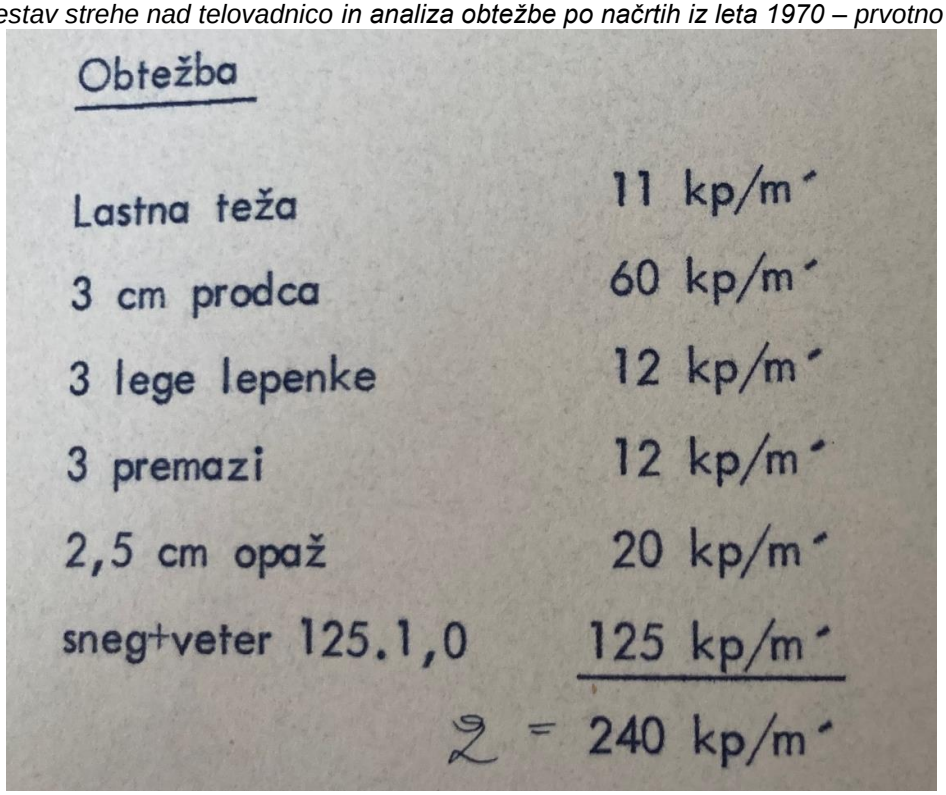
Zaradi obešenega stropa in ventilacijskih naprav so v spodnjem pasu INP nosilci (stropniki), na katere so le-ti obešeni.

Vsi priključki diagonal in montažni spoji so varjeni, razen stropniki so vijačeni. Tangencialna ležišča so fiksirana v betonsko gredo s sidrnimi vijaki.

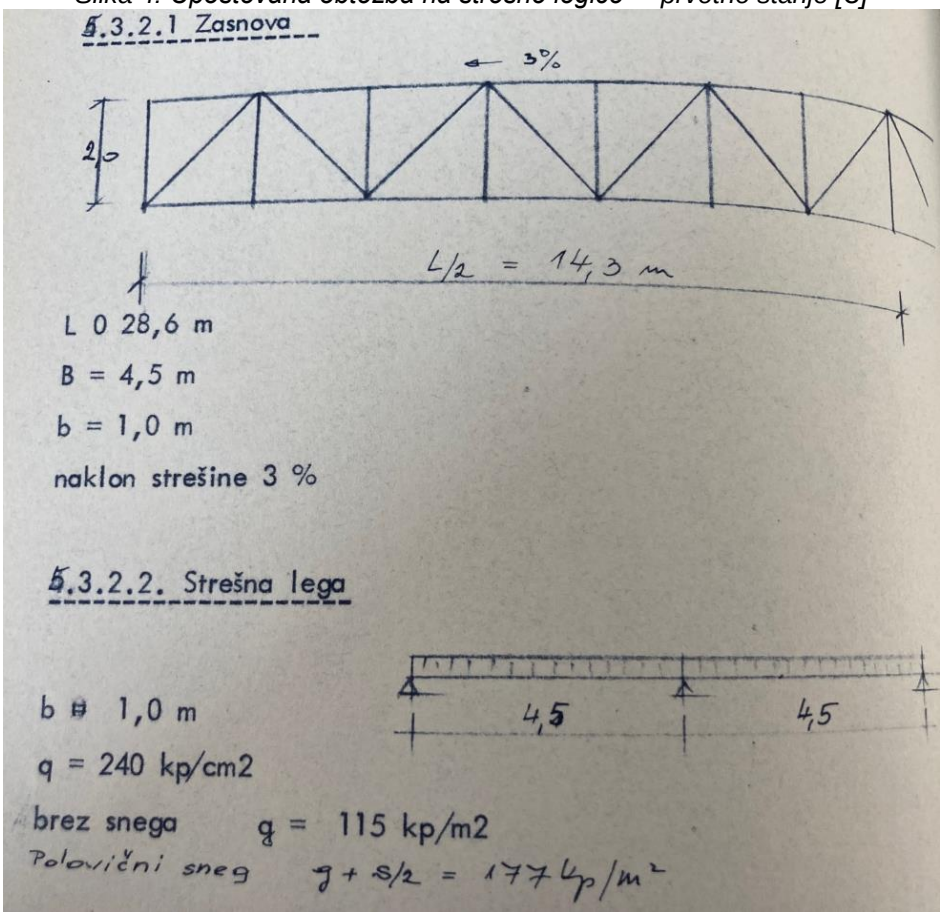
Iz obstoječe originalne projektne dokumentacije [3] so razvidni vplivi – obtežbe (in posamezni konstrukcijski sestavi slojev strehe), na podlagi katerih je projektirana originalna konstrukcija (glej slike 3, 4 in 5).

Iz projektne dokumentacije ES [2] pa so razvidni sloji strehe, ki so bili v letu 2014 izvedeni na objektu in predstavljajo trenutno stanje (glej sliko 6).

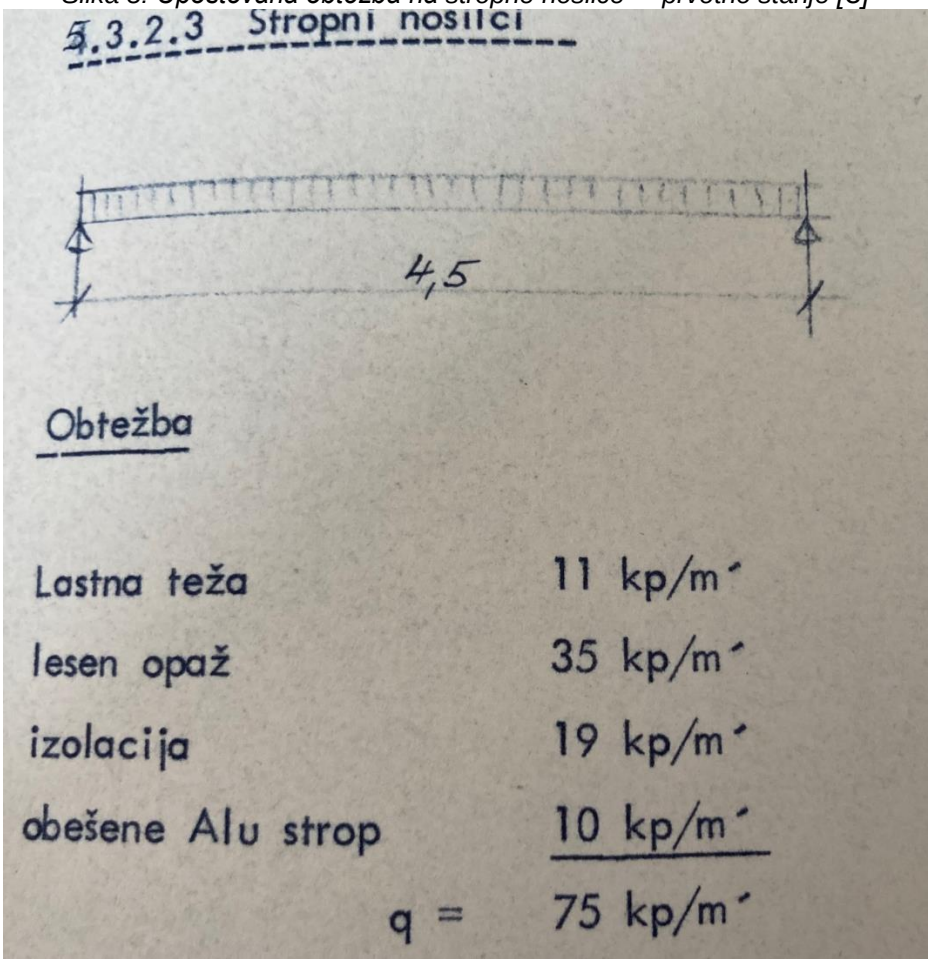
Slika 3: Sestav strehe nad telovadnico in analiza obtežbe po načrtih iz leta 1970 – prvotno stanje [3]



Slika 4: Upoštevana obtežba na strešne legice – prvotno stanje [3]

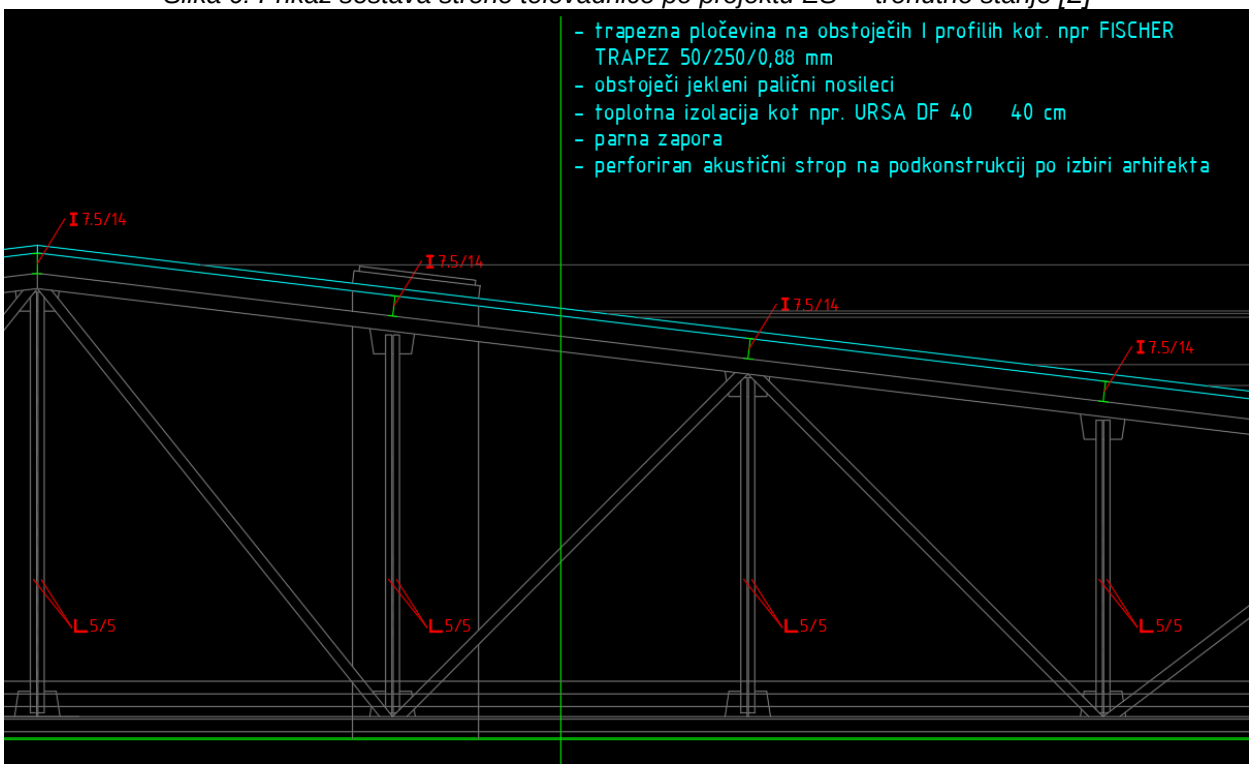


Slika 5: Upoštevana obtežba na stropne nosilce – prvotno stanje [3]



V sklopu projekta energetske sanacije se je po podatkih iz PZI načrta arhitekture [2] v letu 2014 streha telovadnice sanirala na način, ki je prikazan na sliki 6.

Slika 6: Prikaz sestava strehe telovadnice po projektu ES – trenutno stanje [2]



INŽENIRSKA PRESOJA IN ANALIZA OBTEŽB (stalna obtežba)

Glede na razpoložljive podatke smo analizirali stalne obtežbe na streho, ki je predmet posega postavitve FV elektrarne. Analiza stalne obtežbe je izdelana za vsak primer posebej, glede na kronologijo posegov sprememb konstrukcijskih sestavov, in sicer:

0./ SESTAV STREHE PO ORIGINALNIH NAČRTIH IZ LETA 1970 – prvotno stanje

1./ SESTAV STREHE PO ENERGETSKI SANACIJI (2014) - trenutno stanje

2./ POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA TRENUTNI SESTAV (1./) - predvideno stanje

0./ SESTAV STREHE PO ORIGINALNIH NAČRTIH IZ LETA 1970 – prvotno stanje

0. SESTAV STREHE PO NAČRTIH IZ LETA 1970 - obtežba legic - prvotno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Jeklene legice (lastna teža)			0,110
2	3 cm prodca			0,600
3	3 lege lepenke			0,120
4	3 premazi			0,120
5	2,5 cm opaž			0,200
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**1,15**

0. SESTAV STROPA PO NAČRTIH IZ LETA 1970 - obtežba stropnih nosilcev - prvotno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Stropni nosilci (lastna teža)			0,110
2	lesen opaž			0,350
3	izolacija			0,190
4	obešen Alu strop			0,100
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**0,750**

1./ SESTAV STREHE PO ENERGETSKI SANACIJI (2014) - trenutno stanje

1. SESTAV RAVNE STREHE PO ES (2014) - obtežba legic - trenutno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Pl. kritina (Fischer trapez 50/250/0,88)			0,086
2	Jeklene legice (lastna teža)			0,110
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**0,196**

1. SESTAV STROPA PO ES (2014) - obtežba stropnih nosilcev - trenutno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Stropni nosilci (lastna teža)			0,110
2	TI Ursa DF 40 … 40 cm			0,320
3	parna zapora			0,030
4	Perforiran akust. strop na podkonstr.			0,250
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**0,710**

2./ POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA TRENUTNI SESTAV (1./) - predvideno stanje

2. POSTAVITEV FV EL. NA TRENUTNI SESTAV - obtežba legic -predvideno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Pl. kritina (Fischer trapez 50/250/0,88)			0,086
2	Jeklene legice (lastna teža)			0,110
3	*FV Paneli s podkonstrukcijo*			0,200
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**0,396**

2. POSTAVITEV FV EL. NA TRENUTNI SESTAV - obtežba stropnih nosilcev -predvideno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Stropni nosilci (lastna teža)			0,110
2	TI Ursa DF 40 … 40 cm			0,320
3	parna zapora			0,030
4	Perforiran akust. strop na podkonstr.			0,250
Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**			**0,710**

Komentar: Po energetski sanaciji (2014) se je stalna obtežba (legice + stropniki) na strešno konstrukcijo zmanjšala za cca. 1 kN/m2 glede na prvotno stanje.

S postavitvijo FV elektrarne (0,2 kN/m2) na trenutno stanje (1) pa se stalna obtežba na nosilno konstrukcijo malenkost poveča, vendar je še vedno manjša od prvotnega stanja (0)

g2=1,106 kN/m2 < g0=1,900 kN/m2

ZAKLJUČEK:

Pri predvideni varianti postavitve FV elektrarne na streho telovadnice je razvidno, da je stalna obtežba manjša od prvotne (originalni sestav iz sedemdesetih let). S postavitvijo predvidene FV elektrarne na streho telovadnice bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta ohranjen oziroma bo enakovreden tistemu pred posegom.

Trbovlje, APRIL 2024

Sestavil:

Jernej JEVŠEVAR, dig.

JERNEJ JEVŠEVAR
dipl.inž.grad.
IZS G-3916