

Ivan Vučetić ^{a*}, Dušan Podbelšek ^a

Načrtovanje požarne varnosti na PV sistemih: Med zakonodajnimi vrzelmi in strokovnimi priporočili

^a Zarja Elektronika d.o.o.

Ključne besede:

PV sistemi
požarna varnost in zaznavanje
požarnih tveganj
zakonodaja
SZPV-512
CTI LHD
priporočila za projektiranje

Povzetek

Fotonapetostni (PV) sistemi na strehah objektov prinašajo specifična požarna tveganja, ki jih veljavna zakonodaja in tehnične smernice v Sloveniji še ne obravnavajo celovito. Projektanti in investitorji se lahko opirajo predvsem na Smernico SZPV-512 in na dokument IZS »Pregled zakonodaje, standardov in izrazoslovja s področja fotonapetostnih sistemov«, vendar ti dokumenti niso zavezujoči. Načrti požarne varnosti in sistemska zaščita PV sistemov do velikosti skupne moči 1 MW niso zakonsko zahtevani in obvezujoči, čeprav se v praksi pojavljajo številne nevarnosti – od električnih oblokov na DC-strani do mehanskih poškodb in degradacije modulov.

Članek predstavlja zakonodajne vrzeli, povzema stališča stroke, opisuje rezultate preizkusov, izvedenih avgusta 2025 v Požarnem laboratoriju ZAG, v sodelovanju s Protectowire, in njihovo vključitev v prvi slovenski osnutek priporočil za projektiranje izboljšane požarne varnosti PV sistemov. Ta priporočila delimo s strokovno javnostjo in vabimo k sodelovanju pri nadaljnjih posodobitvah dokumenta.

Designing Fire Detection in PV Systems: Between Legislative Gaps and Professional Guidelines

Keywords:

PV systems
fire safety and risk detection
legislation
SZPV-512
CTI LHD
design recommendations

Abstract

Photovoltaic (PV) rooftop systems pose specific fire risks that are not yet fully addressed by Slovenian legislation and technical standards. Designers and investors currently rely mainly on Guideline SZPV-512 and the Chamber of Engineers of Slovenia's document »Review of Legislation, Standards and Terminology in the Field of PV Systems«, both of which are non-binding. Fire safety studies and system protection for PV systems up to a total capacity of 1 MW are not legally required, even though practical experience shows multiple hazards – from DC arc faults to mechanical damage and module degradation.

This article highlights legislative gaps, summarizes professional positions, and presents the results of tests conducted in August 2025 at ZAG Fire laboratory, in cooperation with Protectowire. These results have been incorporated into the first Slovenian draft recommendations for the design of improved PV fire safety. The recommendations are shared with the professional community, which is invited to contribute expertise and proposals for future updates.

Strokovni članek

* Korespondenčni avtor ✉ ivan.vucetic@zarja.com

1 Uvod

Fotonapetostni (PV) sistemi postajajo ključen del energetskega prehoda. V Sloveniji je bilo do leta 2024 nameščenih že več kot 64.000 elektrarn s skupno močjo preko 1.400 MW, povprečna velikost elektrarne pa je okoli 22 kW. Po prenovljeni **Direktivi EU o energetske učinkovitosti stavb (EPBD, t. i. Solar Standard)** bodo morale od leta 2026 naprej vse nove in večje obstoječe stavbe vključevati sončne elektrarne. Realno lahko pričakujemo, da se bo število PV sistemov v naslednjem desetletju vsaj podvojilo.

Ob tem je treba poudariti, da so sončne elektrarne same po sebi trajnostna rešitev, a v primeru požara se zgodba obrne: izpusti kemikalij, sproščanje strupenih plinov, kontaminacija okolja, ponovna gradnja in dodatna poraba materialov. **Le celovita požarna zaščita PV sistemov lahko zagotovi, da ostanejo resnično zelena zgodba trajnostnega prehoda.**

Rezultati preizkusov, izvedenih avgusta 2025 v Požarnem laboratoriju ZAG, so bili vključeni kot dodaten strokovni vir v **prvi slovenski osnutek priporočil za načrtovanje izboljšane požarne varnosti na PV sistemih, ki se nameščajo na strehe**. Priporočila delimo zainteresiranim strokovnjakom, hkrati pa vabimo vse, ki imajo izkušnje in dobre prakse na tem področju, da jih z nami delijo in tako skupaj dvignemo nivo varnosti in trajnostnega delovanja PV sistemov. S tem želimo oblikovati živ dokument, ki se bo z naslednjimi posodobitvami še izboljševal.

Pri tem ne stremimo samo k izboljšani požarni varnosti PV sistemov ampak k celotni energetske učinkovitosti, v katero se v vedno večjem obsegu uvrščajo tudi hranilniki električne energije, ki prinašajo še dodatna požarna tveganja.



Slika 1: Udeleženci dogodka Živega požarnega preskušanja zaščite sončnih elektrarn, v Požarnem laboratoriju ZAG (foto: arhiv Zarja Elektronika)

Slovenski kontekst PV

- ▶ Danes: ~64.536 sončnih elektrarn (1.404 MW)
- ▶ Povprečna elektrarna: ~21,8 kW
- ▶ Evropska direktiva EPBD (2026–2030) zahteva sončne elektrarne na novih in večjih stavbah
- ▶ V 10 letih pričakujemo podvojitev števila naprav
- ▶ Popolna požarna zaščita = edina res zelena zgodba

2 Stanje regulative v Sloveniji

2.1 Smernice in dokumenti

Projektanti PV sistemov se lahko danes opirajo predvsem na:

- ▶ **SZPV-512:2016** – Smernica o požarni varnosti fotonapetostnih elektrarn,
- ▶ **IZS (2022): Pregled zakonodaje, standardov in izrazoslovja s področja fotonapetostnih sistemov,**
- ▶ **TSG-1-001:2019** – Tehnična smernica za graditev.

Ti dokumenti predlagajo usmeritve, smernice in priporočila za vse sistema do moči 1 MW, a niso zakonsko obvezni.

2.2 Zakonodajna vrzel

Za PV sisteme v Sloveniji danes **niso predpisani obvezni načrti požarne varnosti za sistema** z nazivno močjo do vključno 1 MW, ki se uvrščajo med enostavne naprave za proizvodnjo električne energije.

V skladu s predpisi, ki urejajo graditev objektov, šteje njihova montaža za investicijsko vzdrževalna dela, pri tem pa po Uredbi o energetske infrastrukturi ni potrebe po gradbenem dovoljenju in po Zakonu o graditvi objektov ni treba izdelati zasnove požarne varnosti.

Ker za izvedbo sistema z nazivno močjo do 1 MW zadostuje zgolj strokovna presoja in kljub povečanju požarne obremenitve objekta kot celote ni potreben načrt požarne varnosti, tako pri večini gradenj **ni zahtev za vgradnjo sistemov aktivne požarne zaščite**.

Zakonodaja celo omogoča, da se investicije izvajajo v več manjših ločenih sistemih, ki so pod nazivno močjo 1 MW, čeprav na istem objektu in isti strehi skupaj presegajo nazivno moč 1 MW.

Posledica zakonodajne vrzeli je, da zaščita ni sistematično zagotovljena, ampak je prepuščena investitorjem, projektantom ali zahtevam zavarovalnic.

Pri tem je treba poudariti, da **domače zavarovalnice še niso pospešile aktivnosti**, s katerimi bi spodbudile zavedanje, da je požarna tveganja na PV sistemih nujno treba zmanjšati. Kot je že ugotavljal Nik Rus, so v številnih državah prav zavarovalnice tiste, ki pogosto prehitijo zakonodajo in začnejo prve zahtevati dodatne varnostne ukrepe (npr. razmik modulov, naprave za odkrivanje požara ali izklopne naprave). V Sloveniji pa takšne prakse (še) niso sistematično uveljavljene.



Slika 2: Seznam organizacij, katerih smernice so bile pregledane v članku Nika Rusa (vir: [4])

Izkušnje **Zarje Elektronike** kažejo, da je sedanja odločitev za dodatno požarno zaščito **v celoti odvisna od investitorja** in njegovega razumevanja tveganj ter želje po resnično “zeleni zgodbi” – varni prihodnosti investicije. Investitorji, ki se zavedajo posledic morebitnega požara, se lažje odločijo za dodatne ukrepe, tudi če ti niso predpisani. Pomembno je vedeti, da znaša investicija v požarno zaščito **približno 2–10 % celotne vrednosti sončne elektrarne**. To je odvisno od njene velikosti in od zahtevnosti in vrste uporabljenih rešitev tako glede postavitve PV sistema kot glede izboljšane požarne varnosti. Ukrep za izboljšanje požarne varnosti PV sistema je na dolgi rok minimalen znesek pri celotni investiciji, saj bi moral imeti tak objekt tudi **nižjo zavarovalnino** kot enak objekt brez zaščite. Ob tem je nujno poudariti, da bodo fotonapetostni sistemi v prihodnjih letih postali še množičnejši, kar

potrjuje statistika nameščenih elektrarn in zahteve nove evropske zakonodaje. Požarno tveganje na PV sistemih je torej realno in ga ni mogoče spregledati. Prav zato bi morale **slovenske zavarovalnice prevzeti vlogo prvih spodbujevalcev** urejanja tega segmenta z oblikovanjem zahtev in spodbud za vgradnjo aktivne požarne zaščite in s prilagoditvijo zavarovalnih premij stopnji zmanjšanja požarnih tveganj. Pri tem mislimo predvsem na zgodnje odkrivanje in javljanje požara, alarmiranje in učinkovito zgodnje gašenje še preden se požar na PV sistemu razvije do te mere, da intervencijske enote aktivirajo očitvidci iz okolice.

Na ta način bi lahko zavarovalnice, kot se že dogaja pri globalnih igralcih v tujini (Zurich, FM Global, Allianz), postavile standarde, ki bi dolgoročno zmanjšali tveganja in zagotovili večjo varnost tako investitorjem kot širši družbi.

3 Stališče stroke

3.1 Kritika sedanjega načina projektiranja

Mag. Nik Rus (ZAG, 2023) je v reviji Požar opozoril, da obstoječi ukrepi pogosto temeljijo na priporočilih, ki ne zajemajo realnih tveganj v PV sistemih. Poudaril je [4]:

- ▶ pomanjkanje eksperimentalnih dokazov za predpisane ukrepe,
- ▶ odsotnost statistične podlage,
- ▶ nujnost novih, znanstveno utemeljenih smernic, ki vključujejo parametrične študije in realne požarne preizkuse.

3.2 Potreba po požarnih presojah in načrtih požarne varnosti

Strokovna skupnost vse bolj poudarja, da bi morali biti **požarna presoja in načrti požarne varnosti za PV sisteme obvezni**. Le tako bi lahko objektivno ocenili tveganja in zahtevali ustrezne ukrepe tudi z ustrezno zaščito.

4 Preskusi v Požarnem laboratoriju ZAG 2025

4.1 Potek

Avgusta 2025 je bil v Požarnem laboratoriju ZAG izveden obsežen požarni preskus PV sistemov v sodelovanju s Protectowire FireSystems.

Tehnična ekipa Zarja Elektronika je pripravila in postavila testne modele PV polj v preskusnem merilu naravne velikosti.



Slika 3: Postavitev modela PV sistema, ki so ga pripravili tehniki Zarja Elektronika (foto: arhiv Zarja Elektronika)

4.2 Rezultati

- ▶ Detektorji CTI LHD so požar zaznali že po približno 20 sekundah.
- ▶ Redundanca senzorjev je omogočila večstopenjsko zanesljivost.
- ▶ Konstrukcija modulov (steklo–steklo vs. backsheet) vpliva na dinamiko požara in hitrost zaznave.



Slika 4: Požarni preskus v Požarnem laboratoriju ZAG, Logatec 2025 (foto: arhiv Zarja Elektronika)

4.3 Strokovni dogodek

Ob preskušanju je Zarja Elektronika **organizirala strokovni dogodek za približno 50 udeležencev**, kjer so se zbrali strokovnjaki s področja požarne varnosti, projektanti, gasilci, raziskovalci, predstavniki industrije in zavarovalnic. Dogodek je združil **teoretični in praktični del**, kar se je izkazalo za ključno dodano vrednost.

Rezultati ankete, ki so jo izpolnili udeleženci, potrjujejo, da je bil dogodek izjemno uspešen. Še posebej so pohvalili, da so dobili **konkretne tehnične informacije**, ki jih pri vsakodnevem delu pogosto pogrešajo. Večina je menila, da je bilo informacij dovolj, čeprav bi si nekateri želeli še globljih tehničnih podrobnosti, kar nakazuje interes za nadaljnje strokovne razprave in izobraževanja na tem področju.

Ker velika večina udeležencev še nima lastnih izkušenj s požarno varnostjo na PV sistemih, je bil dogodek še toliko pomembnejši kot **osnovni referenčni okvir** in priložnost za prvo sistematično srečanje s to problematiko. Praktični preizkusi požarov v laboratoriju so bili označeni kot glavni vrhunec dogodka, saj so udeležencem omogočili, da v živo vidijo razvoj požara pod PV moduli in učinkovitost odkrivanja požara z detektorji CTI LHD oziroma s primerljivimi XCR-detektorji.

Med posameznimi prispevki je bilo zelo pozitivno ocenjeno predavanje **prof. Grunde Jomaasa**, ki je ponudil širši znanstveni in mednarodni pogled na tematiko. Poleg strokovnega dela je bil dogodek cenjen tudi zaradi družabnega dela in možnosti povezovanja, kar potrjuje, da so tovrstna srečanja pomembna tako za **prenos znanja kot za mreženje stroke**.

Enako visoko oceno so udeleženci izrazili tudi na strokovnem dogodku, ki je bil kasneje organiziran v Beogradu, kar dodatno potrjuje regionalni pomen tovrstnih pobud.



Slika 5: Udeleženci med predavanji ter ogledom postavitve vzorca za požarni preskus (foto: arhiv Zarja Elektronika)

5 Priporočila za izboljšanje požarne varnosti

5.1 Prvi slovenski priročnik

Na osnovi dolgoletnih izkušenj in novih preskusov je Zarja Elektronika pripravila **prvi slovenski osnutek priporočil za projektiranje sistemov za odkrivanje in javljanje požara v PV sistemih na strehah**. Seveda se tovrstna priporočila lahko upoštevajo tudi na prostostojećih PV sistemih, ki sicer predstavljajo manjša tveganja za razvoj požara.

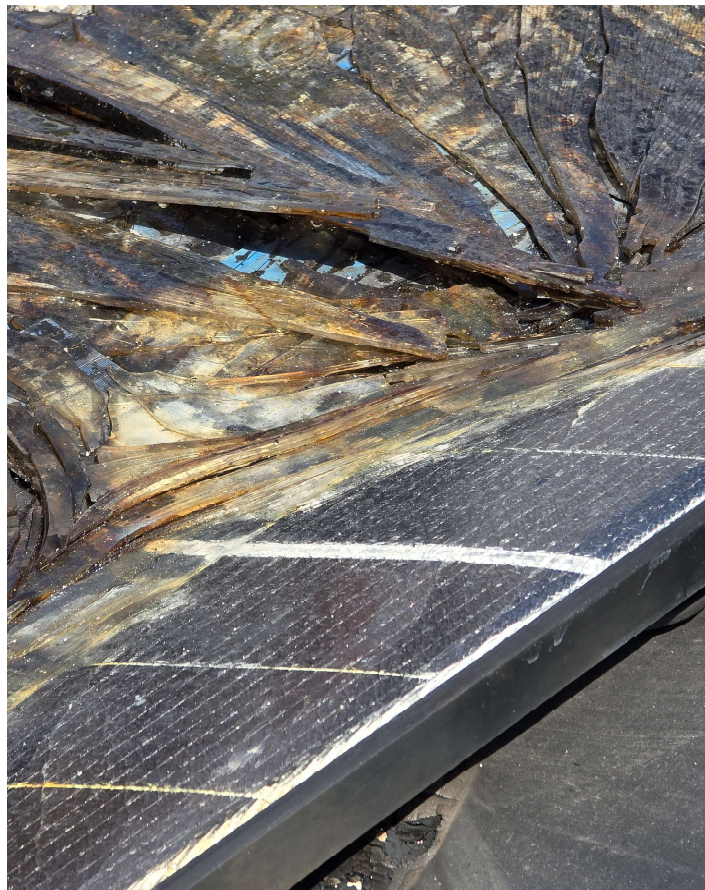
Pri pripravi smo uporabili tudi ugotovitve iz preskušanj v Logatcu. Dokument še ni povsem dokončen, temveč predstavlja **živo strokovno podlago**, ki se bo še dopolnjevala, tudi s prilagoditvijo razvoja PV sistemov in s tem povezane zakonodaje.

5.2 Sodelovanje stroke pri posodobitvah

Priporočila sedaj delimo zainteresiranim projektantom, investitorjem in strokovnjakom, hkrati pa vse vabimo, da z nami delijo svoje **primere iz prakse, izlive in predloge**. Te bomo upoštevali pri naslednjih posodobitvah, saj želimo oblikovati dokument, ki bo resnično **odraz potreb stroke** in bo podpiral razvoj enotnih rešitev za fotovoltaično požarno varnost.

Cilj je v kar največji meri izboljšati požarno varnost PV sistemov in s tem povezanih investicij in hkrati prispevati, da bo **zelena zgodba trajnostnega prehoda resnično lahko zelena**.

Povsem zmotno je mnenje, da so fotovoltaični paneli negorljivi.



Slika 6: Primer ožganega PV modula po požarnem preskusu (foto: arhiv Zarja Elektronika)

6 Zaključek

Načrtovanje požarne zaščite PV sistemov v Sloveniji danes ni dosledno urejeno z zakonodajo. To predstavlja resno vrzel, saj tveganja dokazano obstajajo, rešitve pa so na voljo. Strokovna priporočila in preizkusi ponujajo most med raziskavami in prakso, dokler zakonodaja ne bo sovpadla z realnostjo.

Izkušnje iz Požarnega laboratorija ZAG potrjujejo učinkovitost zgodnjega odkrivanja požara in pomen strokovnega povezovanja. **Zarja Elektronika** z osnutkom priporočil, organizacijo strokovnih dogodkov in vlogo **podjetja, ki temelji na znanju** (angl. knowledge-based company) potrjuje, da lahko industrija aktivno prispeva k zapolnjevanju zakonodajne vrzeli.

Zakonodaja ne zahteva načrtov požarne varnosti za PV sisteme z nazivno močjo do 1 MW, a tveganja so očitna.

Preskusi v Požarnem laboratoriju ZAG so potrdili učinkovitost sistemov za odkrivanje javljanja požara.

Prvi slovenski osnutek priporočil je odprt za prispevke stroke in posodobitve.

Literatura

- [1] SZPV-512:2016 Smernica o požarni varnosti fotonapetostnih elektram
- [2] IZS (2022): Pregled zakonodaje, standardov in izrazoslovja področja fotonapetostnih sistemov
- [3] TSG-1-001:2019 Tehnična smernica za graditev
- [4] Nik Rus (2023): Pregled smernic za požarno varnost sončnih elektram, Požar, 29(4)
- [5] ZAG (2025): PV Fire Testing at ZAG – Logatec
- [6] Protectowire FireSystems (2025): Solar Panel Fire Test Documentation