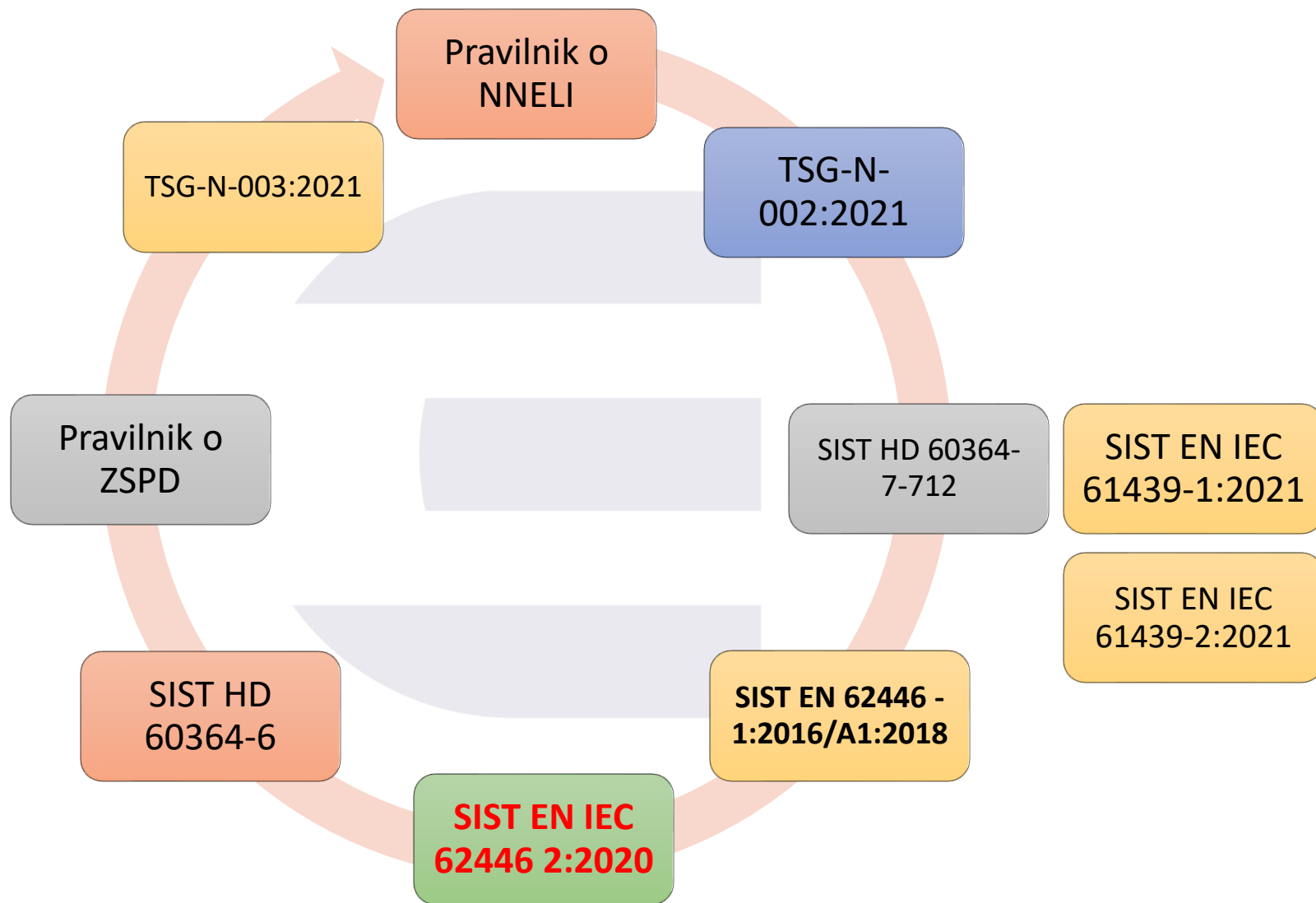




Zahteve za vzdrževanje fotonapetostnih sistemov

Boštjan MEŽA, univ.dipl.inž.el.
ESOTECH, d. d., Preloška cesta 1, 3320 Velenje
17.4.2025

REGULATIVA



Oznake v diagramu in standardi:

1. Pravilnik NNELI - Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. [140/21](#) in [199/21](#) – GZ-1),
2. Pravilnik o ZSPDS - Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. [140/21](#) in [199/21](#) – GZ-1),
3. Tehnična smernica TSG-N-002: 2021 Nizkonapetostne električne inštalacije,
4. Tehnična smernica TSG-N-003: 2021 Zaščita pred delovanjem strele,
5. SIST HD 60364-7-712:2019 Električne inštalacije zgradb -7-712 del: Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – Fotonapetostni (PV) sistemi,
6. SIST EN 62446-1:2016, Fotonapetostni sistemi - Zahteve za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje - 1. del: Sistemi, priključeni na omrežje - Dokumentacija, prevzemni preskusi in nadzor
7. SIST EN 62446-1:2016 /A1:2018, Fotonapetostni sistemi - Zahteve za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje - 1. del: Sistemi, priključeni na omrežje - Dokumentacija, prevzemni preskusi in nadzor - Dopolnilo A1,
8. SIST EN IEC 62446-2:2020, Fotonapetostni sistemi - Zahteve za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje - 2. del: Sistemi, priključeni na omrežje - Vzdrževanje fotonapetostnih sistemov
9. SIST HD 60364-6:2016 /A12:2017/AC:2018 Nizkonapetostne električne inštalacije - 6.del preverjanje
10. SIST EN IEC 61439-1:2021/AC:2022/AC:2024 Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav - 1. del: Splošna pravila
11. SIST EN IEC 61439-1:2021/opRAA: 2024 Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav - 2. del: Sestavi močnostnih stikalnih in krmilnih naprav

UVOD

- V današnjem svetu, kjer se vse bolj zavedamo pomena obnovljivih virov energije, Fotonapetostni (PV) sistemi postajajo nepogrešljiv del energetske infrastrukture. Za zagotovitev varnosti, učinkovitosti in dolgoročnega delovanja teh sistemov so bili razviti standardi skupine 62446. Najpomembnejši med njimi je standard SIST EN 62446-1:2016 njegovo dopolnilo AD1:2018.
- Vzdrževanje fotonapetostnih sistemov podrobno obravnava standard SIST EN 62446-2:2020. Njegova uporaba v praksi bo zagotovo vplivala na dolgotrajno varnost in učinkovito obratovanje in vzdrževanje fotonapetostnih sistemov nameščenih na strehah in na tleh.

Kriterij	SIST EN 62446-1	SIST IEC EN 62446-2
1. Obseg in namen	Osredotoča se na zahteve za dokumentacijo in preverjanje delovanja fotonapetostnih sistemov ob priključitvi na električno omrežje; ukvarja se s prvim delom življenjskega cikla.	Širi obseg na celotno življenjsko dobo PV sistemov, vključuje vzdrževanje in dolgotrajno učinkovitost; poudarja pomen rednega vzdrževanja in dokumentacije skozi čas.
2. Dokumentacija	Osredotoča se na dokumentacijo, ki mora biti na voljo ob začetku obratovanja sistema, kot so načrti in specifikacije, poročila o preverjanju, navodila za obratovanje, postopki v izrednih razmerah, garancijska dokumentacija, dokumentacija izvedenih del...	Zahteva obsežnejšo dokumentacijo, ki vključuje zapise o rednih pregledih, preskusih in morebitnih vzdrževalnih delih ter informacije za končno demontažo.
3. Preverjanje in testiranje	Postavlja osnovne zahteve za preverjanje sistema pred predajo v obratovanje, brez podrobnih smernic za daljnosežno spremljanje.	Določa sistematične postopke za redna testiranja in preglede, da zagotovi skladnost z varnostnimi in kakovostnimi standardi skozi celotno obdobje delovanja.

4. Vzdrževanje	Vzdrževanje ni posebej obravnavano; osredotoča se na začetno namestitev in preskuse.	Določa konkretne smernice za redno vzdrževanje, vključno s preprečevalnim in popravilnim vzdrževanjem za podaljšanje življenjske dobe sistema.
5. Varnostne zahteve	Osredotoča se na osnovne varnostne zahteve, kot so zaščita pred električnim udarom.	Razširja varnostne zahteve, vključuje zaščitne ukrepe pred požarom in vremenskimi vplivi ter zahteva redno preverjanje teh ukrepov.
6. Usposabljanje in usposobljenost osebja	Razen za preverjanja, ne vključuje posebnih zahtev po usposabljanju za osebje, predvideva, da morajo biti izvajalci ustrezno usposobljeni.	Poudarja pomen usposobljenosti osebja za izvajanje preskusov, vzdrževanja in dokumentacije ter določa smernice za usposabljanje osebja.

ZAHTEVE IZ STANDARDA SIST EN 62446-2:2020

1 Področje uporabe

- **Osnovne zahteve in priporočila** za vzdrževanje PV sistemov, **priključenih na omrežje**.
- **Postopki vzdrževanja** :
 - osnovno vzdrževanje sestavnih delov in priključkov,
 - ukrepe za popravljalno vzdrževanje in odpravljanje težav,
 - varnost delavcev.
- Vzdrževalne **dejavnosti za maksimiranje učinkovitosti**:
 - čiščenje modulov in vzdrževanje vegetacije.
- **Posebni vidiki**, značilni za strešne ali talne sisteme.
- **Ne zajema otočnih sistemov** ali sistemov, ki vključujejo **baterije**.
- Splošen izraz obratovanje in vzdrževanje (O&M) za vzdrževanje PV sistemov.
- **Ne obravnava poslovnih ali upravljavskih procesov**

ZAHTEVE IZ STANDARDA SIST EN 62446-2:2020

1 Področje uporabe

- Potrjevanje skladnosti sistema s standardi (SIST EN 62446-1).
- **Cilji standarda:**
 - opredeliti:
 - **osnovni nabor zahtev za vzdrževanje**
 - **dodatne korake vzdrževanja,**
 - **dejavnike, za določitev intervalov vzdrževanja,**
 - zagotoviti, da so dovoljene:
 - **metode diagnostike na daljavo** (periodično preverjanje, identifikacijo težav in zgodnje odkrivanje odpovedi) in
 - **alternativna sredstva** (izpolnjevanje zahtev vzdrževanja, prilagajanje inovacijam, metodam proizvajalca, novim zahtevam strank itd.)

10. Postopki vzdrževanja

Postopki vzdrževanja vključujejo:

- *periodično preverjanje (stanje sistema),*
- *priporočeno periodično vzdrževanje (tehnične lastnosti) ,*
- *pogojno ali na stanju temelječe vzdrževanje,*
- *administrativne aktivnosti vzdrževanja (pogodbe, garancije; preprečevalno vzdrževanje),*
- *postopke popravilnega vzdrževanja (odziv na težave),*
- *odpravljanje težav (splošni ukrepi iz standarda ter postopki, ki jih določi proizvajalec opreme).*

Usposobljeno osebje in upoštevati splošne smernice iz Dodatka E .

10.2 Intervali preverjanja in sprožilci preverjanja

Preprečevalno vzdrževanje je treba načrtovati, pred zaznavanjem odpovedi da se:

- ohranja oprema v vrhunskem stanju,
- skrajšajo časi nerazpoložljivosti ter
- preprečijo daljši zastoji zaradi nenačrtovanih popravil.

Zaloga nadomestnih delov (večji PV sistemi).

Aktivnosti lahko vključujejo :

- čiščenje/zamenjavo filtrov razsmernika,
- zamenjavo plastičnih kabelskih vezic,
- ciklično preskušanje stikal,
- zamenjavo varovalk itd.

Zamenjave, je treba izvesti z enakimi ali enakovrednimi deli.

10.2 Intervali in sprožilniki preverjanja

Časovnih razmiki za redno preverjanje in vzdrževanje, se lahko precej razlikujejo glede na:

- vrsto sistema,
- možnosti daljinskega upravljanja,
- pogodbene zahteve ali garancije,
- priporočene prakse proizvajalca za vzdrževanje določenih sestavnih delov,
- posebne pogoje na mestu uporabe,
- analizo stroškov in koristi.

Standard zato ne določa intervalov preverjanja.

V preglednici 3 za PV sistem in sestavne dele definira naloge, sprožilnike ter navodila za določanje intervalov preverjanja in vzdrževanja.

10.2 Intervali in sprožilniki preverjanja

Preglednica 3 - Naloge preverjanja in vzdrževanja ter osnova za določitev intervalov med nalogami
(Opomba: Prikazan je samo del besedila iz preglednice 3 v standardu)

Sestavni del/Naloga		Ustrezno poglavje/ Točka	TL	D	Osnova za določitev intervalov					
Moduli										
Pregled razpok in razslojenosti, zlomov, sledi ožganin		11.3.3	X	X	Območja z veliko aktivnostjo strel ali vetra, gradbena dejavnost v bližini, staranje sistemov (v primeru razslojenosti).	Termovizija priključne omarice, sprememb celic notranjih povezav, ob delnem obratovanju	11.3.3	X	X	To je lahko privzeta metoda za velike elektrarne (npr. z uporabo letalskih posnetkov). Lokacije, ki so dovzetne za strele, npr. za diagnostiko obvodnih diod. Sezonska naravnost za testiranje, da se zagotovi visoka obsevanost, npr. poleti.
Pregled za mikrorazpok ali "polžjih sledi"					Moduli z mikrorazpokami v preteklosti. Lokacije z s snegom in sunki vetra na module itd.	Preverjanje priključkov - vizualne poškodbe, tesnost vzorca	11.3.4	X	X	Kjer so priključki starejši ali izpostavljeni močnim vetrovom ali drugim virom premikanja ali obremenitve. Kjer se uporabljajo priključki različnih proizvajalcev. Na lokacijah z netipično veliko uporabo priključkov, sestavljenih na terenu, ali s težavami, ki so se pojavljale v preteklosti s priključki, sestavljenimi na terenu
Pregled, ali se je na površini prekomerno nabrala umazanija ali iztrebki				X	Če je mesto izpostavljeno visoki stopnji umazanije, ptičjim iztrebkom itd.					

10.3 Drugi vidiki za določanje posebnih intervalov preverjanja

Pri načrtovanju intervalov še druge dejavnike:

- Nekatera preverjanja lahko izvaja nekvalificirano osebje.
- Intervale nalog je mogoče uskladiti ali prilagoditi, da sovpadajo z drugimi aktivnostmi.
- Prisotnost ali stopnja zaščitnih naprav lahko **vpliva na intervale** preverjanja (sistemi z detektorji obloka, RCM in IMD napravami).

11. Naloge preverjanja

- Uporaba kontrolnih seznamov.
- Preverjanja na reprezentativnih vzorcih (zelo veliki sistemi).
- Preverjanja na podvzorcih z različnih lokacij (različni pogoji).
- Za NN električne inštalacije, mora **preverjanje vključevati preskuse** skladne z **SIST HD 60364-6**.

11.2 Splošni vizualni pregled - vsi sistemi

1. Potrdi oz. preveri se, da so:

- a) električna ohišja dostopna samo pooblaščenemu osebju, zavarovana pred odpiranjem in imajo oznake za omejen dostop,
- b) na okrovi in podpornih konstrukcijah ni korozije,
- c) čistoča na celotnem območju,
- d) pod polji ni pretirane vegetacije ter aktivnosti živali ali škodljivcev,
- e) ukrepe za zaščito električnih vodov na kritičnih mestih,
- f) obstoj opozorilnih tabel.

Posebej so podane zahteve za:

2. Fotonapetostne sisteme na strehah.

3. Fotonapetostne sisteme na tleh.

11.2 Splošni vizualni pregled

- **11.2.2 Strešni fotonapetostni sistemi**

- a) prisotnost vegetacije ali novih senčnih predmetov na strehi,
- b) znake vdora vode v strešne reže,
- c) zagotoviti ustrezno odvodnjavanje in preveriti, da odtoki niso zamašeni,
- d) potrditi pravilno delovanje dilatacijskih spojev v cevni sestavi.

- **11.2.3 Talni fotonapetostni sistemi**

- a) preveriti erozijo tal ali korozijo konstrukcije pri temeljih,
- b) zagotoviti, da pod talnimi PV sistemi ni vegetacije, ki ovira delovanje,
- c) preveriti pravilno usmeritev sledilnih naprav pri sistemih s sledilci.

11.3. Pregled in varnostno preverjanje sestavnih delov

Podrobno so opisane naloge preverjanja za naslednjo opremo:

1. Razmernik in podstavek razsmernika in glavne električne opreme.
2. Zbirne omarice, ločilna mesta in ločilniki.
3. Moduli.
4. Fotonapetostni priključki .
5. Ožičenje.
6. Montažni sistem.
7. Elektroinstalacijske cevi in kabelske police.
8. Vremenska postaja.

11.4 Vzdrževanje za zagotavljanje tehničnih lastnosti

Vključuje posebne postopke preskušanja ali vzdrževanja, za zagotovitev, da sistem proizvaja največjo možno energijo.

Zajema naslednja preverjanja:

1. Omska upornost spojev.
2. Ovrednotenje osenčenja (v skladu s SIST EN 62446-1:2016).
3. Preverjanje niza in ožičenja kabelskih sklopov.
4. Nadzor vegetacije.
5. Čiščenje umazanije fotonapetostnih polj.

11.4 Vzdrževanje za zagotavljanje tehničnih lastnosti

Čiščenje umazanije fotonapetostnih polj

○ **Vpliv umazanije:**

- Zmanjšuje energijsko učinkovitost.
- Povzroča vroče točke in potencialne okvare.

○ **Pristopi k čiščenju:**

- a) Analiza stroškov in koristi.
- b) Preprečevanje neenakomernosti umazanije.
- c) Uporaba analitičnih laboratorijev za določanje virov umazanije.

○ **Viri umazanije in ukrepi:**

- a) Kmetijski in gradbeni odpadki – čiščenje po sezonskih aktivnostih.
- b) Cvetni prah, organska snov (lišaji, alge) – načrtovana sezonska čiščenja.
- c) Ptičji iztrebki – dodatni ukrepi za zmanjšanje vpliva.
- d) Dizelske saje in industrijski odpadki – pogosto čiščenje.

11.4 Vzdrževanje za zagotavljanje tehničnih lastnosti

Čiščenje umazanije fotonapetostnih polj

- **Smernice za čiščenje:**

- h) Uporaba navadne vode ali okolju prijaznih detergentov.
- i) Nizka poraba vode in preprečevanje odtekanja kemikalij.
- j) Nizkotlačni razpršilniki (< 1 MPa).
- k) Dokumentacija čistilnih sredstev.
- l) Preprečevanje uporabe kislih sredstev in trde vode.
- m) Uporaba mehkih materialov za čiščenje (npr. mikrovlakna).
- n) Čiščenje ob nizki osončenosti za zaščito modulov.

Posebni primeri:

- **Sneg:** Zasnova sistema naj omogoča zdrs snega; odstranjevanje le v izjemnih primerih (teža, ledene gmote).

12 Odpravljanje težav in popravilo napak

Odpovedi v PV sistemu običajno nakazujejo vzrok ali izvor težave.

Postopki odpravljanja težav :

- prepoznavna osnovnega vzroka.
- popravljalno vzdrževanje (za ublažitev težave in preprečitev ponovitev):
 - načrtovano: ob rednih vzdrževalnih pregledih.
 - nenačrtovano: ob pomembnih ali kritičnih težavah.

Odpovedi povezane z varnostjo:

- trajne ali kritične nevarnosti zahtevajo takojšen odziv.
- čas popravila za nekritične težave* določa analiza stroškov in koristi.

Popravljalno vzdrževanje zajema naslednje ukrepe:

- 1. Izklop opreme kot odziv na nevarne odpovedi.**
- 2. Odpravljanje težav pri nenevarnih odpovedih.**
- 3. Odpravljanje težav, ki so posledica incidentov ali sproženih dogodkov.**
- 4. Odkrivanje težav za doseganjem tehničnih lastnosti.**

12.2 Izklop opreme kot odziv na nevarne odpovedi.

Ukrepanje ob nevarnostih:

- upoštevati postopke za izklop opreme v nuji.
- razviti za projekt specifične postopke izklopa in jih hraniti na lokaciji (13.11)

Po odpravi nevarnosti:

- izvesti postopke LOTO – zakleni in označi.
- preveriti preostale nevarnosti n opremi.

12.3 Odpravljanje težav pri nenevarnih odpovedih

Delo pri odpovedih:

- lahko vključuje pregled, preskušanje in popravilo delov pod napetostjo.
- Potrebni varnostni postopki:
 - uporaba postopkov ločitve (13.3.2).
 - izvajanje LOTO postopkov (13.2.1, Dodatek E).

12.4 Odpravljanje težav pri incidentu ali težavi, ki jo sproži dogodek

Diagnostika razsmernika:

- upoštevanje korakov iz t.č. 13.6.2. in
- postopkov ločitve in varnostnih ukrepov (LOTO).

Možni vzroki izklopa razsmernika:

- težave z razsmernikom, odziv na odpovedi v polju, povezane težave (zemeljski stiki...):

Postopki za dodatno diagnostiko in vzdrževanje:

- a) Preskus zemeljskega stika (13.5.1),
- b) Preskus niza (11.4.4).
- c) Preskus varovalk (13.5.2).
- d) Preskus izolacijske upornosti PV (IEC 62446-1:2016, 6.7).
- e) Preskus neprekinjenosti ozemljitvenega sistema (IEC 62446- 1:2016, 6.1).
- f) Diagnostični preskusi DAS (12.5).
- g) IR-preskus (IEC 62446-1:2016, postopki proizvajalcev, ali IEC TS 62446-3).

12.5 Težave pri diagnosticiranju tehničnih lastnosti

Nezadostno delovanje se ugotavlja na enega ali več načinov:

- a) DAS opozorila,
- b) ročni pregled DAS podatkov (nepravilnosti v zmogljivosti),
- c) primerjava s preteklimi rezultati (analiza delovanja iz prejšnjih let),
- d) poročila strank ali zunanjih subjektov (npr. višji računi za elektriko),
- e) pregled sprememb v delovanju podsistema,
- f) zračni posnetki za prepoznavanje težav pri velikih sistemih ali če slikanje z zraka ni praktično, ali primerno se opravi:
 - g) terenski pregled s preverjanjem:
 - 1. tokov v nizu, podpolju in zbirnih omaricah.
 - 2. merilnih instrumentov (vrednosti, umerjanja,...)
 - 3. napetosti največje točke moči z merilnikom I-V krivulje.

12.5 Težave pri diagnosticiranju tehničnih lastnosti

4. prepoznavanjem zunanjih vzrokov (npr. zasenčenje, rast vegetacije).
5. pregledom znakov poškodb, ki jih povzročijo živali ali druga okoljska škoda.

Po potrebi se opravijo splošni pregledi sistema, da se ugotovijo težave:

h) **Diagnostični postopki**

1. Diagnostika sistema DAS (točka 13.6.1).
2. Preverjanje in zamenjava varovalk (točka 13.5.2).
3. Analiza I-V krivulje niza (točka 7.2, IEC 62446-1:2016).
4. Preverjanje vremenskih senzorjev.
5. Identifikacija umazanih in testiranje niza pred in po čiščenju.
6. Infrardeče (IR) slikanje PV celic (točka 7.3, IEC 62446-1:2016).

13 Dodatni postopki

1. **Varnostni postopki (dodatek E)**
2. **Varno delovanje ločilnih stikal**
3. **Postopki električnega ločevanja**
 - nujni izklop.
 - nenujni izklop.
4. **Pregled in preprečevalno vzdrževanje**
 - posebni postopki: *proizvajalcev: razsmernika, sledilnika; za sistem zajemanja podatkov.*
5. **Postopki električnega preskušanja**
 - preskušanja: *zemeljskih stikov, varovalk, obvodnih diod.*
6. **Diagnostični postopki**
 - preverjanje sistemov za zajem podatkov (DAS)
 - diagnostika razsmernikov.

13.2 Varno delovanje ločilnih stikal

- Nevarnosti:
 - Vkllop/izkllop ločilnika ali kontaktorja lahko predstavlja tveganje.
- Varnostni ukrepi:
 - osebna zaščitna oprema,
 - uporaba pravilnih tehnik.
- Izklopa sistema:
 - izkllop razsmernika,
 - odprtje bremenskega ločilnega stikala,
 - sprožitev krmiljenja za izkllop.
- Opozorilo:
 - Ločilniki, ki niso neprimerni za prekinitev pod obremenitvijo:
 - ustrezno označeni,
 - ne smejo se razkleniti med delovanjem sistema.
- Dodatno: Podrobnosti v Prilogi E.

13.3 Postopki električnega ločevanja - NUJNI izklop

Podstavek za opremo razsmernika:

- pritisnite gumbe za nujni izklop.
- stikalo za vklop/izklop v položaj za izklop.
- ročno izklopite vse razsmernike.

Ločilna stikala:

- izklop sistema z ločilnimi stikali (razsmerniki brez stikal: vklop/izklop, nujni izklop),
- ne odpirajte stikal z oznako "Ne odklapljaj pod obremenitvijo".
- najprej odklopite gorvodno bremensko AC ločilno stikalo.
- odpiranje preostalih ločilnikov na DC strani po izklopu sistema.

Zbirne omarice:

- preverite odsotnost napetosti in pregrevanja na kovinskih omaricah in ročajih.
- izvedite odpiranje ločilnih stikal (13.2.1)
- odprite zbirno omarico in odstranite varovalke niza, če je potrebno ($I=0$ A!).

Ožičenje modulov in nizov:

- električno ločitev izvedite po izklopu napajanja z razsmerniki in ločilnimi stikali.
- preverite tok pred odpiranjem PV konektorjev.
- odprite konektorje šele ko ni toka ($I=0$ A).

13.3 Postopki električnega ločevanja - NENUJNI izklop

Sestavni deli podstavka opreme razsmernika:

- a) preverite stanje izolacije ali zemeljskega stika v PV polju (glej. 13.5.1).
- b) izklopite stikalo za vklop/izklop razsmernika
- c) izklopite AC in DC ločilna stikala za izklop razsmernika.
- d) izklopite preostala zunanja ločilna stikala.
- e) na ločilna stikala namestite blokirne naprave in jih zaklenite v odprtem položaju.
- f) ponovite za vse razsmernike in stikala (popolnoma ločitev od omrežja).

Ločitev transformatorja:

- a) izklopite stikalo za vklop/izklop razsmernikov, priključenih na transformator.
- b) izklopite AC ločilna stikala razsmernikov.
- c) izklopite DC ločilna stikala in/ali sprožite krmiljenje izklopa.
- d) namestite blokirne naprave na stikala.
- e) izklopite omrežno stikalo transformatorja.
- f) blokirajte omrežno stikalo transformatorja.
- g) ponovite za vse transformatorje, da jih ločite od stikalne naprave.

13.3 Postopki električnega ločevanja - NENUJNI izklop

Ločitev zbirne omarice:

- a) izklopite razsmernike.
- b) odklopite ločilno stikalo zbirne omarice (pred izklopom preverite izhodni DC tok).
- c) preverite odsotnost toka v vodnikih nizov z DC tokovnimi kleščami in nato izklopite varovalke.
- d) če je potrebno locirajte končne konektorje nizov iz načrtov nizov.
- e) preverite odsotnost toka v nizu (DC klešče), izklopite konektorje in na njih namestite pokrovčke.
- f) potrdite izključitev vsakega niza z detektorjem napetosti v zbirni omarici.

Ločitev ožičenja modulov in niza:

- a) pred odklopom nizov preverite odsotnost toka s tokovnimi kleščami.
- b) odprite konektorje modula z ustreznim orodjem.
- c) isto ponovite za vsak modul.
- d) zagotovite nedotaknjenost ozemljitve sistema na neostranjenih moduli.
- e) zavedajte se nevarnosti da moduli ob izpostavljenosti sočni svetlobi proizvajajo naznačeno napetost.

13.4 Postopki pregledovanja in preprečevalnega vzdrževanja

13.4.1 Postopki, značilni za proizvajalca razsmernika:

Tipične zahteve pregledov razsmernikov vključujejo:

- a) Beleženje napetosti in proizvodnje.
- b) Zapis zadnje systemske napake.
- c) Čiščenje/zamenjava filtrov,
- d) notranjosti omarice.
- e) Preskus ventilatorjev.
- f) Preveritev varovalk,
- g) navora na priključkih.
- h) Pregled tesnil,
- i) opozorilnih nalepk.
- j) Iskanje razbarvanj zaradi pregrevanja.
- k) Preveritev prenapetostnih odvodnikov,
- l) ozemljitvenega sistema,
- m) mehanske pritrditve.
- n) delovanja internega odklopa,
- o) programske opreme (posodobitve).
- p) Pogovor o težavah z monterjem/proizvajalcem.
- q) Dokumentacija izvedenih del.

13.4 Postopki pregledovanja in preprečevalnega vzdrževanja

13.4.2 Posebni postopki proizvajalca sledilnika:

Tipične zahteve pregledov razsmernikov vključujejo:

- a) Mazanje sledilnika po navodilih proizvajalca.
- b) Preveritev napetosti v krmilni omarici.
- c) Pregled notranjih komponent elektronike sledilnika.
- d) Preveritev vlage v krmilnikih.
- e) Umerjanje merilnikov naklona z digitalno niveleto.
- f) Pregled znakov udarjanja ali drgnjenja delov.
- g) Pregled zrahljanih spojev ali deformacij.
- h) Odstranjevanje vegetacije okoli gibljivih delov.
- i) Preveritev delovanja poravnave po vetru.
- j) Preveritev komunikacije z vremensko postajo.
- k) Preveritev delovanja in položaja senzorjev naklona.

13.4 Postopki pregledovanja in preprečevalnega vzdrževanja

13.4.3 Posebni postopki za sistem zajemanja podatkov (DAS)

Vzdrževanje:

- Odčitavanje napetosti napajalnikov.
- Potrditev tokovnih odčitkov in senzorjev s kalibrirano opremo.
- Preverjanje:
 - Vrednosti meritev DAS z umerjenimi napravami (osončenost, temperatura, moč).
 - Sinhronizacije podatkov in povezljivosti DAS s strežnikom.
 - Dokumentacija pravičnih nastavitev DAS.
- Umerjanje senzorjev in nadzornih naprav skladno s priporočili proizvajalca.
- Identifikacija nepravilnosti med moduli, nizi ali podpolji.
- Obvladovanje pomanjkljivosti v dokumentaciji DAS.
- Pozornost na vpliv IT omrežja stavbe na DAS.

13.5 Postopki električnega preskušanja

13.5.1 Preskušanje zemeljskega stika

- Zemeljski stike včasih težko odpraviti glede na resnost in mesto okvare.
- Nekaterе okvare vidimo šele pod določenimi pogoji (mokri deli, visoka osončenost).
- Včasih je potrebno ponoviti te pogoje, da se okvare odpravijo.
- V IT sistemih z IMD (IEC 61557-8), lahko uporabljajo sisteme za ugotavljanje mesta okvare izolacije „IFLS“ (IEC 61557-9).

V standardu so podrobno podani preskusni postopki za:

Razmernike nizov, centralne razsmernike, varovalke in obvodne diode.

13.5 Postopki električnega preskušanja

13.5.3 Preskusi obvodnih diod (uporabno v praksi)

- Nizka napetost niza lahko kaže na K.S. diod.
- Odprte diode je težje zaznati.
- Priporočljiv je posvetovat s proizvajalcem (zasenčeni moduli!).

Odprte diode:

- Preskusimo neprekinjenost v prevodni smeri
- Če dostop ni mogoč, senčimo module:
 - a) nastavimo neprekinjeno merjenje toka v nizu.
 - b) senčimo območja modula zaščitena z obvodno diodo.
 - c) zmanjšanje toka, kar kaže na odprto diodo.

Diode v kratkem stiku:

- Izmerimo napetost modula ali posnamemo termovizijsko sliko (glej 7.2 v IEC 62446-1:.
 - a) ločimo module in izmerimo napetost na nivoju modula.
 - b) ugotovimo, kateri del niza ima nizko napetost, preden odklopimo vsak modul.
 - c) za natančnejšo diagnozo se lahko uporabi MLM (Merilnik Lokacije Napake).

13.6 Diagnostični postopki

13.6.1 Potrjevanje sistemov za zajem podatkov (DAS)

- Preverjanja DAS se uporabljajo za potrjevanje obstoječih sistemov.
- Uporaba politike zamenjave opreme kot stroškovno učinkovita rešitev.
- Preverjanje merilne točnosti vseh instrumentov.
- Preskuša se merilno opremo nameščeno po celotnem sistemu.

13.6.1.2 DAS splošno

- DAS je samostojen sistem ali vgrajen v razsmernik (manjši sistemi).
- Preverjanje ali sistem redno beleži rezultate:
 - prijava v program DAS,
 - pregled zgodovine podatkov (da podatki niso prekinjeni).
 - preverjanje komunikacijskih kablov (oklep, oddaljenost od vodnikov pod napetostjo, ozemljitev ekrana - na enem mestu. npr. okrovu DAS).

13.6.1.3 Globalni senzor vodoravne osončenosti

- Namestitev in nezasenčenost.
- Libela za preverjanje vodoravnosti.
- Čiščenje in primerjava odčitkov z ročnim senzorjem.
- Zabeležijo se rezultati, zamenjava, če so odčitki nesprejemljivi.

13.6.1 Potrjevanje sistemov za zajem podatkov

13.6.1.4 Površina senzorja osončenosti polja

- Pravilna namestitev in nezasenčenosti senzorja.
- Enaka usmerjenosti in naklon senzorja in PV polja (inklinometer, kompas)
- Čiščenje po potrebi.
- Prijava v sistem DAS,
- Primerjava in zabeleženje rezultatov in morebitna zamenjava.

13.6.1.5 Senzor temperature okolice

- Prijava v program DAS.
- Primerjava temperature z ročnim senzorjem.
- Zabeleženje rezultatov in morebitna zamenjava.

13.6.1.6 Temperaturni senzor na zadnji strani modula

- Pravilna namestitev na sredino celice.
- Prijava v program DAS.
- Primerjava temperature z ročnim senzorjem.
- Zamenjava ali dodajanje novega senzorja, če ne ustreza.

13.6.1 Potrjevanje sistemov za zajem podatkov

13.6.1.7 Anemometer (vetromer)

- Preverjanje delovanja (npr. z vrtenjem skodelic).
- Primerjava z ročnim anemometrom.
- Zamenjava, če je potrebno.

13.6.1.8 Pretvornik toka

- Primerjava toka na merilniku z odčitki na zaslonu razsmernika.
- Zamenjava pri odstopanjih.

13.6.1.9 Napetostni pretvornik

- Preverjanje varovalk (ohmmeter) in preskus tokokrogov (umerjen voltmeter).
- V primeru odstopanj: preveriti merilnik, oznako referenčne faze

13.6.1.10 Merilnik „prihodkov“ („Power meter“)

- Primerja se programirana prestava TT s prestavo ki je navedena na TT.
- Preverjanje faktorja moči v vseh 3. fazah,
- Potrditev pravilnega faznega premika pri delujočem sistemu.
- Primerjava podatkov o ravni prinosa s podatki v razsmerniku.

13.6.1 Potrjevanje sistemov za zajem podatkov

13.6.1.11 Notranji senzorji v razsmerniku

- Preverjanje točnosti s potrjevanjem odčitkov in
- pravilne inštalacije zaključkov (npr. pri kom. RS485).

13.6.1.12 Nadzor na nivoju zbirne omarice

- Potrditev komunikacije z vsemi z napravami in
- Primerjava toka nizov z rezultati z ročnim merilnikom ali vzorcem.

13.6.1.13 Nadzor na nivoju niza:

- Primerjava med nizi in ročnimi meritvami.

13.6.1.14 Nadzor na nivoju modula:

- Potrditev komunikacije z vsemi napravami in testiranje z osenčenjem modulov.

13.6.2 Diagnostika razsmernika

- Preverjanje napak na daljavo ali lokalno.
- Ukrepi po navodilih proizvajalca.
- Preglednica 4 (najpogostejše napake razsmernika) z nadaljnjimi ukrepi.

13.6.2 Diagnostika razsmernika

- Preverjanje napak na daljavo ali lokalno.
- Ukrepi po navodilih proizvajalca.
- Preglednica 4 (najpogostejše napake razsmernika) z nadaljnjimi ukrepi.
- Odprava okvar: samodejno, ali z ročno ponastavitvijo (zahtevnejše).
- Servisnih posegi (nekateri) zahtevajo popoln izklop sistema (varnost).
- Redna vizualna in tehnična diagnostika (dolga življenjska doba).

13.6.2 Diagnostika razsmernika– Preglednica 4

Napaka razsmernika	Ukrep
Enosmerna podnapetost	Koraki za diagnosticiranje slabo delujočih sistemov
Enosmerna prenapetost	Preskus napetosti niza VDC
Zemeljski stik zaradi enosmernega toka	Postopek odkrivanja zemeljskega stika
Okvara krmiljenja	Preveritev povezav Pogovor s proizvajalcem
Izmenična podnapetost	Potrditi je treba, da so vsi odklopniki vklopljeni (zaprti/sklenjeni). Preveri se z voltmetrom, ali je izmenična napetost znotraj območja. Če je zunaj območja, se izvede ročni ponovni zagon in pogovori z dobaviteljem električne energije
Izmenična prenapetost	Preveri se izmenična napetost z voltmetrom. Če je v območju, se izvede ročni ponovni zagon, če pa je zunaj območja, se je treba pogovoriti z dobaviteljem električne energije
Nizka moč	Sistem se verjetno izklaplja zaradi pomanjkanja sonca; če je sončno, se izvedejo koraki za diagnosticiranje slabo delujočih sistemov
Previsoka temperatura – ventilator ne deluje	Preveri se napajanje ventilatorja – če je dobro, se zamenja ventilator; če je slabo, se zamenja napajalnik
Previsoka temperatura – ventilator deluje	Preveri se za potrditev odčitke senzorjev – če so napačni, se zamenja senzor; če je senzor dober, je treba preveriti sesalne in izpušne filtre, da niso čezmerno zaprašeni in jih po potrebi očistiti ali zamenjati.

13.6.2 Diagnostika razsmernika – kontrolni seznam za servisiranje

- a) Preveritev razbarvanosti naprave in plošče.
- b) Pregled kondenzatorjev za poškodbe.
- c) Zabeleženje odčitkov napetosti/toka.
- d) Preverjanje čistoče omarice in prezračevanja.
- e) Pregled korozije/pregrevanja kablov in sponk.
- f) Zategovanje konektorjev in vijakov.
- g) Beleženje vremenskih razmer.
- h) Pregled prenapetostnih odvodnikov.
- i) Test varnostnih naprav.
- j) Čiščenje/zamenjava zračnih filtrov.
- k) Odprava ugotovljenih pomanjkljivosti.
- l) Izpolnitev vzdrževalnega kartona.
- m) Pisno poročilo o pregledu.
- n) Izvedba tehničnih sprememb in nadgradenj.

Varnostni vidiki vzdrževanja - Dodatek E

Opisuje varnostne vidike vzdrževanja:

E.1 Strokovne osebe.

E.2 Splošni varnostni vidiki.

E.3 Osebna zaščitna oprema.

E.4 Postopki električnega ločevanja.

E.5 Izključitev/označitev (postopki zakleni/označi (LOTO) ali podobni).

E.6 Posebni znaki in označevanje v PV sistemih (skladni z IEC 60364 in IEC 62548).

Varnostni vidiki vdrževanja - Dodatek E

E.1 Strokovne osebe

- ustrezno usposobljene,
- uporabljati osebno zaščitno opremo,
- upošteva varnostne postopke,
- biti izšolane za:
 - prepoznavanje izpostavljenih delov pod napetostjo,
 - določiti nazivno napetost izpostavljenih delov pod napetostjo,
 - varne delovne razdalje glede na napetost, ki ji bo oseba izpostavljena.
 - poznati poti za dostop in varen izhod , v primeru nesreče.
 - ustrezne dele lokalnih električnih in požarnih predpisov in standardov.
 - značilnosti PV virov in opreme.
 - karakteristike opreme,
 - preverjanje, ali je oprema za preskušanje ustrezno dimenzionirana za pogoje preskusov,
 - upravljati opremo za preskušanje in pregledovanje.
 - poznati druge nevarnosti, ki so značilne za lokacijo.

Varnostni vidiki vzdrževanja - Dodatek E

E.2 Splošni varnostni vidiki

- Strokovne osebe morajo uporabljati kategorizirano opremo,
- biti izšolane za vzdrževanje sistemov,
- poznati običajne pričakovane pogoje, napetosti in toke konkretnega sistema,
- Opozorila "NE IZKLJUČUJTE POD BREMENOM,": na priključkih modulov, zbirnih omaricah in nekaterih DC ločilnikih.
- Koraki za varne pogoje delovanja:
 - nujno prebrati sistemsko dokumentacijo in navodila,
 - preveriti prisotnost okvare v izolaciji ali zemeljskega stika (DAS in/ali razsmerniku),
 - za sestavne dele se domneva, da je na njih najvišja DC napetost (do 1500 V ali več), dokler osebje ne preveri, ali je odstranjena,
 - za tokokroge z izmen. napetostjo se z voltmetrom preveri, da je tokokrog brez napetosti.
 - vratca okrova morajo biti zaprta z zapahi, razen za vzdrževanje ali preskušanja.

Varnostni vidiki vdrževanja - Dodatek E

- Koraki za varne pogoje delovanja - nadaljevanje:
 - odklopiti napetost na enosmernem in izmeničnem viru.
 - upoštevati varnostne postopke za električno ločevanje (npr. LOTO).
 - vzdrževanja PV opreme ne sme izvajati samo ena oseba.
 - varovalk se ne sme odstraniti, preden se ne prepriča, da v tokokrogu ne teče tok.

E.3 Osebna varovalna (zaščitna) oprema

- Vzdrževalno osebje mora biti seznanjeno s posebno osebno varovalno opremo, ki vključuje:
 - opremo za zaščito pred padci.
 - oblačila za zaščito pred oblokom in ognjem.
 - gumijaste (vroče) rokavice s ščitniki.
 - škornje in zaščitna očala.
- Delovno mesto: ustrezni gasilni aparati in sredstva za prvo pomoč; osebje: ustrezno izšolano za njihovo uporabo.

Varnostni vidiki vzdrževanja - Dodatek E

E.4 Postopki električnega ločevanja

- Vzdrževalno osebje mora poznati postopke ločevanja, značilne za glavne sestavne dele PV sistema. Električno ločevanje je pomembno za zagotavljanje varnosti, zlasti pri preskušanju in vzdrževanju, ko sistem ostaja pod napetostjo.

E.5 Zakleni in označi

Postopki zakleni/označi (LOTO) zagotavljajo varne delovne prakse.

- **obvestilo drugim o izklopu opreme.**
- **izvedba nadzorovane zaustavitve.**
- **zaklenitev in označitev naprav za električno ločevanje.**
- **poraba ali omejitev shranjene energije.**
- **preveritev prisotnosti napetosti z voltmetrom.**

E.6 Posebni znaki in označevanje v fotonapetostnih sistemih

- Vsi tokokrogi, zaščitne naprave in odklopniki morajo biti označeni skladno s standardi (IEC 60364, IEC 62548). Oznake je treba vzdrževati ali zamenjati, če postanejo neberljive, in jih nikoli ne prekriti ali prebarvati.

Dodatek F: Primer načrta preprečevalnega vzdrževanja

Preglednica F.1 - Načrt preventivnega vzdrževanja za obrat XYZ (Prikazan je samo del besedila iz preglednice)

Sestavni del/Naloga		Interval vzdrževalneg a postopka	Osnova za določitev intervala		Termovizija priključne omarice, sprememb celic notranjih povezav, ob delnem obratovanju	Priporočljivo po nevihtah s strelo če obstajajo dokazi o okvarah diod. Diagnostika na podlagi drugih dogodkov. Zahteve po periodičnosti ni.	To je lahko privzeta metoda za velike elektrarne (npr. z uporabo letalskih posnetkov). Lokacije, ki so dovzetne za strele, npr. za diagnostiko obvodnih diod, Sezonska naravnost za testiranje, da se zagotovi visoka obsevanost, npr. poleti.
Moduli							
	Pregled razpok in razslojenosti, zlomov, sledi ožganin	Nevihтни udar strele, petletni pregled vzorčnih delov elektrarne.	Območja z veliko aktivnostjo strel ali vetra, gradbena dejavnost v bližini, staranje sistemov (v primeru razslojenosti).				
	Pregled za mikrorazpok ali "polžjih sledi"	Po enem letu se preverijo vzorčni deli. Nato petletni pregledi ali prilagoditev po potrebi.	Moduli z mikrorazpokami v preteklosti. Lokacije s snegom in sunki vetra na module itd.		Preverjanje priključkov - vizualne poškodbe, tesnost vzorca	Petletni pregledi na vzorčnih tokokrogih fotonapetostnih polj	Kjer so priključki starejši ali izpostavljeni močnim vetrovom ali drugim virom premikanja ali obremenitve. Kjer se uporabljajo priključki različnih proizvajalcev. Na lokacijah z netipično veliko uporabo priključkov, sestavljenih na terenu, ali s težavami, ki so se pojavljale v preteklosti s priključki, sestavljenimi na terenu
	Pregled, ali se je na površini prekomerno nabrala Mayanja ali iztrebki	V letih od 1 do 5 se preverja umazanija zaradi opravil na bližnji kmetiji. Ugotovite, ali je dežja dovolj	Če je mesto izpostavljeno visoki stopnji umazanije, ptičjim iztrebkom itd.		Snemanje priključkov modulov zaradi povečane uponosti, razpokanih ali poškodovanih priključkov.	Sprožijo ga težave z delovanjem ali drugi zunanji dokazi okvar.	Samo pogojno, razen če ima sistem zgodovino težav s priključki, in ni vključeno zaznavanje obloka in/ali občutljivo zaznavanje zemeljskih stikov.

Dodatek G : Obratovanje Fotonapetostnega sistema

Funkcije obratovanja fotonapetostnega sistema:

- a) Administracija.
- b) Izvedba aktivnosti, določbe in navodila za izvajanje.
- c) Ocenjevanje in stalno zagotavljanje zadostnega nadzora nad stanjem opreme.
- d) Načrtovanje in vzdrževanje znanja.
- e) Storitve, ki se nanašajo na napovedovanje, omejevanje, in obratovalne dejavnike zunaj sistema.
- f) Storitve, ki niso povezane z dobavo energije.
- g) Sistem nadzora dela.
- h) Razvoj politike.
- i) Načrtovanje sistema ali posodobitve delovanja.



Hvala za pozornost

ESOTECH

- ESOTECH, družba za razvoj in izvajanje ekoloških in energetskih projektov, d.d.
- Preloška cesta 1
- 3320 Velenje
- Telefon: +386 3 8994 500
- Telefaks: +386 3 8994 503
- E-mail: info@esotech.si

Boštjan Meža, univ. dipl. inž. el.
bostjan.meza@esotech.si
+386 41 611 032