

MATIČNA SEKCIJA ELEKTRO INŽENIRJEV

**Priročnik za zaščito
pred delovanjem strele
na lesenih objektih in
gradnjah z lesenimi
konstrukcijami**



MATIČNA SEKCIJA ELEKTRO INŽENIRJEV

Priročnik za zaščito pred delovanjem strele na lesenih objektih in gradnjah z lesenimi konstrukcijami

Pripravil:
mag. Peter Kaube

Pregledala:
mag. Boris Žitnik in Janez Podlipnik, univ. dipl. inž. el.

Potrdil: Upravni odbor Matične sekcije elektro inženirjev

Sodelovanje: Društvo arhitektov Dolenjske in Bele krajine

Oblikovanje: Mirjam Pezdirc

Izdala:
Inženirska zbornica Slovenije
Jarška cesta 10 b, Ljubljana

Oblika izdaje:
elektronska verzija, dostopno na www.izs.si

Ljubljana, april 2023



Namen priročnika

Les kot gradbeni material je v novejšem času v sozvočju s trajnostno gradnjo in kakovostjo bivanja ter je vedno bolj zaželen gradbeni element v številnih in raznovrstnih izvedbah objektov in stavb. Slovenski les je zdrav in prijeten za bivanje ter sodoben dizajnerski element v arhitekturi in gradbeni zasnovi pri oblikovanju doma.

Vsa lepota lesa in gradbena prilagodljivost že stoletja nastavljata svoje naravne oblike tudi vplivom atmosferskih razelektritev, kjer je povečano tveganje za nastanek požara v primeru udara strele. Zato mu morata biti posvečeni posebna skrb in zaščita, pa ne samo glede njegove dekoracije, ampak predvsem glede njegove hitre vnetljivosti ob nevarnostih z neba, kot so atmosferske razelektritve.

V Slovenskem društvu za geoelektriko, statično elektriko in strelovode se strokovnjaki že dolga desetletja ukvarjajo tudi z rešitvami, ki les in lesene stavbe varujejo pred vplivi iz atmosfere zaradi neposrednih in posrednih udarov strele.

Mag. Peter Kaube

V praksi se elektroinženirji srečujemo z različnimi izzivi, kamor spadata tudi implementacija novih materialov in rešitev ter doseganje zelenih ravni kakovosti in varnosti. Elektroinženir kot projektant ali kot nadzornik mora ob tem spoštovati tako naravne zakonitosti kot cilje kakovostnega umeščanja in izgleda objektov v prostoru.

Pogosto je treba usklajevati rešitve na način, da se zadosti ciljem arhitekturne in inženirske stroke. Predmetni priročnik je namenjen prav temu: spoznavanju zahtev, ki jih prinaša zaščita pred strelo in ki jih ne smemo zanemariti pri projektiranju in kasnejši gradnji. Dejansko mora biti sistem zaščite pred strelo usklajen z rešitvami arhitekture stavbe, pri čemer seveda mora izbrana arhitektura omogočiti implementacijo zaščite.

Zato smo se v Matični sekciji elektro inženirjev odločili izdelati ustrezna navodila, ki bi v praksi investitorjem, projektantom in graditeljem stavb iz lesa pomagala zavarovati njihove lesene strukture in stavbe pred delovanjem strele.

Namen priročnika je predvsem opremiti investitorje, projektante in izvajalce s potrebnimi vedenji od projektiranja do gradnje.

Namen priročnika ni predpisati posamezne rešitve, kajti vsaka projektna dokumentacija je dejansko izdelek skupine pooblaščenih arhitektov in inženirjev ter je kot takšna prepuščena znanju, vedenju in osebni presoji izdelovalcev dokumentacije.

Mag. Vinko Volčanjek,
predsednik Matične sekcije elektro inženirjev

Opozorilo:

Priročnik je namenjen zgolj pomoči pri izdelavi projektnih rešitev. Pooblaščen arhitekt/inženir in pooblaščen nadzornik morata upoštevati vse okoliščine, vezane na izdelavo rešitev, saj s podpisom jamčita za ustreznost in varnost rešitev.

Za morebitno neustrezno ali nepravilno uporabo ali tolmačenje priročnika izdajatelj in sodelavci pri pripravi priročnika ne odgovarjajo. Priročnik ni uraden dokument; primarno so veljavni in merodajni zakonski predpisi in standardi.

Kazalo vsebine

Namen priročnika	3
1 UVODNE UGOTOVITVE	6
2 TEHNIČNI PREDPISI IN STANDARDI	9
3 VRSTE LESENIM OBJEKTOV IN STAVB, KI JIH JE TREBA ZAŠČITITI PRED STRELO.....	12
4 KATEGORIZACIJA OSNOVNIH LESENIM ELEMENTOV V OBJEKTIH.....	14
5 NAČRTOVANJE SISTEMA ZAŠČITE PRED STRELO ZA LESENE OBJEKTE	15
6 KONCEPT ZAŠČITE PRED STRELO ZA LESENE OBJEKTE IN STAVBE	21
6.1 Zunanji sistem zaščite za lesene objekte	21
6.1.1 Posebnosti in zahteve lovilnega sistema za lesene objekte.....	21
6.1.2 Princip lovilnega sistema za objekte (stavbe) z mehko in gorljivo streho	30
6.1.3 Posebnosti in zahteve odvodnega sistema za lesene objekte	32
6.2 Izolirani zunanji sistem zaščite pred strelo za objekte (stavbe) z mehko in gorljivo streho ter lesene objekte	38
6.3 Zaščita pred napetostjo koraka in ozemljitveni sistem.....	41
6.4 Zaščita pred napetostjo dotika in izenačitev potencialov	43
7 KONZULTACIJE S POOBlašČENIM ARHITEKTOM GLEDE SKUPNIH REŠITEV LOVILNE MREŽE IN ODVODOV.....	44
8 PREGLED ZAHTEV POŽARNE VARNOSTI IN PRILAGODITEV	46
9 SODELOVANJE Z NADZORNIKOM IN GRADBENIM IZVAJALCEM	49
10 SODELOVANJE PREGLEDNIKA ELEKTRIČNIH IN STRELOVODNIH INŠTALACIJ	53
11 NAVODILA ZA VZDRŽEVANJE IN PREGLEDE SISTEMOV ZAŠČITE PRED STRELO.....	55
12 VIRI IN LITERATURA.....	58

1 UVODNE UGOTOVITVE

Človek je že v zgodovini iskal različne zaščite pred atmosferskimi praznitvami, ki so se zaključevale v izpostavljenih objektih. Posebej pomembna je ugotovitev, da je oblika kovinske kletke (Faradayeve kletke) najprimernejša zaščita pred direktnimi udari strele. Ta zaščita je danes najučinkovitejša in jo poznamo kot zunanjo zaščito pred strelo, nameščeno na objektih in stavbah. Pokazalo pa se je, da samo zunanja strelovodna zaščita ni zadosten zaščitni ukrep za različne vrste stranskih udarov strele, ki so posledično prav tako povzročali nastanke požarov, kar je bilo še posebej izrazito pri objektih, grajenih iz vnetljivih materialov. Prav tako se je pokazalo, da so zaradi spremljajočih udarov nastajali prenapetostni vali, ki so bili nevarni, čeprav so objekti že imeli zgrajeno zunanjo strelovodno zaščito. Prav zato je treba vedno znova iskati nove rešitve in izvajati zaščitne ukrepe, ki zagotovijo čim večjo varnost živih bitij in ustrezno varovanje pred možnostmi nastankov različnih vzrokov požarov. Osnovni zunanji zaščiti pred strelo se je dodala cela vrsta notranjih zaščitnih rešitev, ki so ob udarih strele pomagale umirjati in obvladati močne spremljajoče inducirane napetosti.

Danes uveljavljeni zaščitni ukrepi so v Sloveniji in po svetu popolnoma identični v svojem načinu in izvajanju. Pomembna je le odločitev lastnika, koliko zaščitnih ukrepov bo glede na pomembnost in varnost želel upoštevati pri gradnji novega ali obnovitvi obstoječega objekta. Svojo odločitev bo lastnik seveda moral posredovati strokovni osebi, to je projektantu ali skupini projektantov, ki bodo njegovo odločitev morali uveljaviti v projektni dokumentaciji. Seveda je v strokovnih krogih treba poskrbeti za osnovne varnostne zahteve, ki veljajo v strokovni javnosti in varujejo civilno družbo pred nevarnostmi atmosferskih razelektritev. Zato je v takem primeru treba uporabiti splošno veljavne predpise in zadovoljivo prilagojene mednarodne tehnične predpise in standarde.

Učinkovita in celostna zaščita pred strelo tudi za lesene objekte pomeni določiti vse glavne elemente in ukrepe, ki morajo biti predhodno in pravočasno medsebojno usklajeni tudi z vsemi drugimi strokovnimi predpisi za gradbeni objekt.

Sistem zaščite pred delovanjem strele lesenih objektov ni v osnovi prav nič drugačen od splošnega koncepta pristopa zaščite pred strelo za vse vrste stavb in objektov. Njegova posebnost se izpostavlja v tem, da so lesene konstrukcije in leseni elementi v gradbeni strukturi vnetljivi in lahko gorljivi. Dovolj je že majhna iskra, ki preskoči v indukcijski zanki ob spremljajočem elektromagnetnem udaru atmosferskega energijskega praznjenja. Zato je pomembno že v projektni dokumentaciji lesenega ali tudi delno lesenega objekta predvideti zaščitne ukrepe, ki izhajajo iz možnosti direktnega atmosferskega udara in še posebej posledične možnosti elektromagnetnega impulza, ki lahko prek električno inducirane napetosti v kovinskih zankah po stavbi ob delnih električnih prebojih sprosti dovolj energije za vžig lesene strukture.

Vzpostaviti je treba celotni koncept zunanega sistema strelovodne zaščite in istočasno razmišljati o rešitvi notranjega sistema zaščite za zmanjšanje možnosti nastanka električnih prebojev zaradi induciranih napetosti v notranjih kovinskih zankah lesene stavbne konstrukcije.

Projektirati in izdelati je treba celoten sistem zaščite pred delovanjem strele, ki bo z največjo zanesljivostjo obvaroval ljudi in vgrajene naprave v objektih, kar je mogoče le s polno mero upoštevanja veljavnih gradbenih in v dnevni praksi že potrjenih različnih zaščitnih ukrepov, in sicer v kombinaciji ukrepov zunanje in notranje strelovodne inštalacije. Vsako odstopanje od skupne optimalne zaščite zaradi različnih vzrokov (večfazna gradnja, delna opremljenost, parcialne izvedbe ipd.) predstavlja znižanje v projektantski zasnovi določenega zaščitnega nivoja. Že en sam napačen ukrep zaradi opustitve določenega dela systemske rešitve lahko izniči celoten koncept strelovodne zaščite pred udarom strele in pred posledičnimi prenapetostmi.

Večina grajenih lesenih objektov je istočasno opremljenih z električnim napajanjem, kar vnaša dodatne zahteve, kjer je treba še posebej razmisliti glede medsebojno usklajene in istočasno nameščene električne in strelovodne inštalacije.

V stavbah z električnim napajanjem je treba izvesti skupno ozemljilo, ki mora zagotavljati varno delovanje električne inštalacije in sistema zaščite pred strelo. Načrt električnih inštalacij in električne opreme mora zagotoviti usklajenost vseh uporabljenih ukrepov v zvezi z električno inštalacijo in zaščito pred strelo, predvsem kar zadeva skupne elemente izenačitve potencialov, zunanje lovilne mreže z odvodi in izvedbo notranjega sistema zaščite pred strelo. Prav v tej točki je pomemben sistem električnih inštalacij (TN ali TT) objekta, ki je priključen na električno omrežje. To bo vplivalo na ozemljilni sistem in galvansko povezanost strelovodne inštalacije.

Slovenske zahteve za strelovodne in električne inštalacije v Sloveniji predpisuje gradbeni zakon.

GRADBENI ZAKON (GZ-1)

(objavljen v Ur. l. RS, št. 199/21, dne 22. 12. 2022)

v 29. členu (varnost objektov v uporabi) zahteva:

6. točka:

Objekti morajo biti varni pred električnim udarom, podnapetostmi, prenapetostmi in čezmernimi elektromagnetnimi vplivi, vžigom možne eksplozivne atmosfere, čezmernim segrevanjem inštalacijskih elementov in elektroenergetskih sistemov, električnimi kratkimi stiki in preskoki, nevarnostmi prekinitve napajanja in drugimi nevarnostmi.

7. točka:

Objekti morajo biti opremljeni s sistemom zaščite pred strelo tako, da ta odvede atmosfersko razelektrenje v zemljo, pri čemer ne povzroča nevarnosti za požar, da omeji okvare sistemov in naprav ter zagotavlja dovolj nizke napetosti dotika in koraka z ustrezno izenačitvijo potenciala.

Da bodo te zahteve izvedene, so v Sloveniji objavljeni še drugi zakonski dokumenti ter tehnični predpisi in standardi, ki so zapisani v drugem poglavju teh navodil.

2 TEHNIČNI PREDPISI IN STANDARDI

Gradbeni zakon (GZ-1) ureja pogoje za graditev objektov in druga vprašanja, povezana z graditvijo objektov. Namen tega zakona se uresničuje s projektiranjem, dovoljevanjem, gradnjo, uporabo, vzdrževanjem in inšpekcijskim nadzorom. Objekti morajo biti skladni s prostorskimi izvedbenimi akti in predpisi o urejanju prostora, izpolnjevati morajo bistvene in druge zahteve ter biti evidentirani. Gradnjo je treba izvajati skladno z gradbenim dovoljenjem.

Uredba o razvrščanju objektov določa klasifikacijo vrst objektov CC-SI glede na namen uporabe objektov ter podrobnejša merila za razvrščanje enostavnih, nezahtevnih, manj zahtevnih in zahtevnih objektov, drugih gradbenih posegov in vzdrževalnih del ter njihovo razvrstitev. Uporablja se pri projektiranju, dovoljevanju, evidentiranju podatkov o gradnjah in objektih, označevanju tehničnih smernic in za statistične namene.

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele določa zahteve in načine, s katerimi se zagotovi zaščita stavb pred delovanjem strele ves čas njihove življenjske dobe in katerih cilj je omejiti ogrožanje ljudi, živali in premoženja v stavbah ter njihovi neposredni okolici.

Tehnična smernica TSG-N-003 – Zaščita pred delovanjem strele opisuje karakteristike strele, vzroke in posledice delovanja strele in prenapetosti, stanje tehnike izvedbe sistemov za zaščito pred delovanjem strele, projektiranje, načrtovanje, izvedbo in vzdrževanje sistemov za zaščito pred delovanjem strele.

Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah določa zahteve in načine, s katerimi se zagotavlja varnost nizkonapetostnih električnih inštalacij in trajno vgrajenih naprav v stavbah ves čas njihove življenjske dobe in katerih cilj je omejiti ogrožanje ljudi, živali in premoženja. Opisane so zahteve za električne inštalacije, projektiranje, izvedbo in vzdrževanje električnih inštalacij.

Tehnična smernica TSG-N-002 – Nizkonapetostne električne inštalacije opisuje namen in področje uporabe, vrste sistemov električnih inštalacij, zahteve za projektiranje in izvedbo ter zaščito pred električnim udarom. Opisani so zaščitna in obratovalna ozemljitev, zaščita pred preobremenitvijo vodnikov, zaščita pred toplotnim učinkom in prenapetostjo, energijska učinkovitost električnih inštalacij ter preverjanje nizkonapetostnih električnih inštalacij.

Pravilnika za električne inštalacije in zaščito pred delovanjem strele sta bila leta 2009 izdelana kot povzetek bistvenih zahtev v Sloveniji prevzetih evropskih standardov s področja električnih inštalacij in zaščite pred strelo ter sta bila namenjena za prehodno obdobje, predvsem za izvajalce teh inštalacij v dnevni praksi in za preglednike električnih in strelovodnih inštalacij. Pooblaščen projektniki so bili seveda zavezani upoštevati priporočila standardov oziroma dokazati, da je njihova rešitev najmanj enakovredna tehnološkemu nivoju standardov.

SIST EN 62305-1 opisuje nevarnosti strele glede na karakteristične parametre pojava strele, parametre za simulacijo učinkov strele in o testnih parametrih strelnih vrednosti na komponentah zaščitnih elementov pred delovanjem strele.

SIST EN 62305-2 obravnava analizo tveganja v okviru odvisnosti od potrebe po zaščiti pred delovanjem strele. Tako se lahko izbere tehnično in ekonomsko optimalne zaščitne ukrepe, ki so natančno opisani v zaščitnih standardih.

SIST EN 62305-3 podaja navodila za zaščitne ukrepe, ki zmanjšujejo fizične škode in življenjske nevarnosti zaradi udarov strele v objekte.

SIST EN 62305-4 opisuje zaščitne ukrepe, ki zmanjšujejo okvare električnih in elektronskih naprav v objektih.

Tehnična smernica TSG-1-001 – Požarna varnost v stavbah je namenjena načrtovanju in gradnji novih in rekonstruiranih stavb ter tudi vzdrževanju in spremembi namembnosti obstoječih stavb. Predstavljene so minimalne zahteve požarne varnosti, ki jih je treba zagotavljati v stavbah. V smernici so opisani: širjenje požara na sosednje objekte, evakuacijske poti, sistemi za javljanje požara in alarmiranje, nosilnost konstrukcije in širjenje požara po stavbah, naprave za gašenje in dostop gasilcev.

SIST EN 62561-1 opisuje elemente za zaščito pred strelo (LPC) – 1. del: Zahteve za povezovalne elemente.

SIST EN IEC 62561-2 opisuje elemente za zaščito pred strelo (LPC) – 2. del: Zahteve za vodnike in ozemljila.

SIST EN 62561-3 določa elemente za zaščito pred strelo (LPSC) – 3. del: Zahteve za izolacijska iskrišča.

SIST EN 62561-4 opisuje zahteve za elemente sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 4. del: Zahteve za pritrdilne elemente.

SIST EN 62561-5 opisuje elemente za zaščito pred strelo (LPC) – 5. del: Zahteve za merilne omare ozemljil in tesnjenje izolacije pri ozemljilih.

SIST EN IEC 62561-6 opisuje zahteve za elemente sistema za zaščito pred strelo (LPSC) – 6. del: Zahteve za števec udarov strele (LSC).

SIST EN IEC 62561-7 opisuje elemente za zaščito pred strelo (LPSC) – 7. del: Zahteve za spojine, ki izboljšajo ozemljitev.

3 VRSTE LESENIM OBJEKTOV IN STAVB, KI JIH JE TREBA ZAŠČITITI PRED STRELO

Leseni objekti so definirani v slovenski klasifikaciji objektov. Tehnični predpisi, kjer imamo v mislih pravilnik in tehnično smernico s področja zaščite pred strelo, pripadajo in so podrejeni gradbeni zakonodaji. Primerna klasifikacija objektov, v kateri lahko določimo lesene objekte in stavbe za zaščito pred strelo, je opisana v Uredbi o razvrščanju objektov s prilogo 1, ki je prav tako vezana na Gradbeni zakon.

Ta uredba določa klasifikacijo vrst objektov CC-SI glede na namen uporabe objektov in podrobnejša merila za razvrščanje enostavnih, nezahtevnih, manj zahtevnih in zahtevnih objektov, drugih gradbenih posegov in vzdrževalnih del ter njihovo razvrstitev in merila za razvrščanje.

Uredba se uporablja pri projektiranju, dovoljevanju gradnje objektov, evidentiranju podatkov o gradnjah in objektih ter statističnih namenih in velja za vse vrste gradenj, kot so stavbe, gradbeni inženirski objekti in drugi gradbeni posegi.

V Sloveniji je klasifikacija objektov razdeljena na področji 1 – stavbe in 2 – gradbeni inženirski objekti ter je povzeta po mednarodni klasifikaciji vrst objektov »Classification of Types and Construction«, ki je znana pod oznako CC. Za označevanje ali navajanje slovenske klasifikacije se uporablja krtica CC-SI. Klasifikacijsko področje 3 – drugi gradbeni posegi odstopa od CC in je nacionalna razdelitev objektov. Gradbeni zakon je definicijo objektov razširil s to skupino objektov, ki jih ni mogoče uvrstiti med stavbe ali gradbene inženirske objekte in so razvrščeni med druge gradbene posege.

Leseni objekti in stavbe, ki so določeni v klasifikaciji CC-SI in jih v praksi lahko najdemo na področju Slovenije:

- Na področju stavb se gradijo in obstajajo leseni objekti različnih klasifikacij, od katerih velja s posameznimi primeri opozoriti na njihovo raznolikost (tabela 1):
 - enostanovanjske stavbe in različne večstanovanjske stavbe (CC SI 11);
 - gostinske stavbe;
 - poslovne stavbe;
 - stavbe za izobraževanje;
 - sejemske dvorane in razstavišča;
 - garažne stavbe;
 - kozolci;
 - nadstrešnice.

Področje: STAVBE

KLASIFIKACIJA CC-SI Oddelek	Skupina	Podrazred
11 Stanovanjske stavbe	111 Enostanovanjske stavbe	
	112 Večstanovanjske stavbe	
	113 Stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine	
12 Nestanovanjske stavbe	121 Gostinske stavbe	
	122 Poslovne in upravne stavbe	
	123 Trgovske stavbe in stavbe za storitveno dejavnost	12302 sejemske dvorane, razstavišča
	124 Stavbe za promet in stavbe za izvajanje komunikacij	12420 garažne stavbe
	126 Stavbe splošnega družbenega pomena	12630 stavbe za izobraževanje
	127 Druge nestanovanjske stavbe	12713 kozolci 12740 nadstrešnice

Tabela 1: Področje stavb in posamezni leseni objekti

- Na področju gradbenih inženirskih objektov obstajajo na primer naslednji leseni objekti, ki so zapisani v tabeli 2:
 - kampi – objekti;
 - glamping – objekti;
 - razgledne ploščadi in opazovalnice;
 - parki;
 - visoke preže.

Področje: GRADBENI INŽENIRSKI OBJEKTI

KLASIFIKACIJA CC-SI Oddelek	Skupina	Podrazred
24 Drugi gradbeni inženirski objekti	241 Objekti za šport, rekreacijo in prosti čas	24122 kampi, glamping objekti, razgledne ploščadi in opazovalnice, zabaviščni, adrenalinski in plezalni parki
	242 Drugi gradbeni inženirski objekti	24202 drugi kmetijski gradbeni inženirski objekti – visoke preže

Tabela 2: Področje gradbenih inženirskih objektov in posamezni leseni objekti

4 KATEGORIZACIJA OSNOVNIH LESENIH ELEMENTOV V OBJEKTIH

Za določitev zunanjega sistema zaščite pred strelo je treba kategorizirati gradnjo oziroma razdeliti objekt na osnovne elemente, ki zahtevajo konceptualne rešitve in strokovne ukrepe za izgradnjo zunanjega sistema zaščite pred strelo. Gradnja lesenega objekta vsebuje naslednje osnovne elemente in materiale, ki so pomembni za izbiro zunanjega sistema zaščite in so opisani v VDE-navodilu »Blitzschutzsysteme für Schutzhütten«:

- **streha** z lesenim ostrešjem in leseno kritino: osnova sta les in lepljen les. Les je odličen konstrukcijski material. Ima relativno nizko lastno težo, vendar vseeno daje visoko potrebno varnost in zaščito pred neurji. Naravne izolacije iz lesnih kosmičev, lesnih vlaknenih plošč, plute ipd. omogočajo visoko električno izolativnost. Les ne omogoča zaščite pred strelo in ni dovoljena vključitev lesa v zunanji sistem zaščite pred strelo;
- **stene** z lesenimi konstrukcijskimi elementi: so dobro električno izolativne, vendar obstaja nevarnost požara pri velikih tokih strele;
- **tla** iz lesenih konstrukcijskih elementov: takšna tla imajo izolacijsko vlogo v primerih nastanka nevarnih potencialov dotika, koraka oziroma nevarnih potencialnih razlik;
- izvedba **temeljev** in njihova postavitve;
- druge **inštalacije** v lesenem objektu: to so na primer nizkonapetostne električne inštalacije v objektu, IKT-inštalacije in oprema itd. Vodovodno inštalacijo in opremo je treba upoštevati pri zaščiti pred strelo v primerih uporabe kovinskih cevi.

5 NAČRTOVANJE SISTEMA ZAŠČITE PRED STRELO ZA LESENE OBJEKTE

Za vsak objekt, ki vsebuje leseno konstrukcijo in lesene materiale, ki so posledično vnetljivi, je treba izdelati oceno tveganja in na osnovi sprejemljivega tveganja določiti zaščitne ukrepe.

Projektant (s svojim strokovnjakom, praviloma pooblaščenim inženirjem) kot načrtovalec zaščite pred strelo predhodno pridobi osnovne informacije o namenu, načrtu, konstrukciji in lokaciji objekta. Nato izvede postopek za oceno tveganja glede na standard SIST EN 62305-2 in določi, ali je treba objekt zaščititi s sistemom zaščite pred strelo.

Sisteme zaščite pred strelo naj načrtujejo projektanti in nameščajo inštalaterji, ki so strokovno usposobljeni in pooblaščeni za področje elektrotehnike oziroma zaščite pred strelo.

Projektant mora biti sposoben oceniti električne in mehanske učinke atmosferske razelektritve ter mora biti seznanjen s splošnimi načeli elektromagnetne združljivosti. Prav tako mora znati oceniti korozijske učinke in presoditi, kdaj vključiti ustreznega strokovnjaka za področje zaščite pred strelo.

Tehnično in ekonomsko optimalno načrtovanje zunanega sistema zaščite pred strelo je možno takrat, ko so posamezni koraki pri načrtovanju in namestitvi zunanega sistema usklajeni z načrtovanjem in gradnjo samega objekta, ki ga je treba ščititi.

Načrtovanje sistema zaščite pred strelo je opisano v standardu SIST EN 62305-3 in je sestavljeno iz električnega in mehanskega načrtovanja, kjer je treba upoštevati:

- arhitekturo in konstrukcijo objekta in določiti, ali bo uporabljen izoliran ali neizoliran sistem ali pa kombinacija obeh tipov zaščite;
- meritve specifične upornosti zemlje naj se po možnosti opravijo pred zaključkom načrtovanja, pri čemer naj se upošteva sezonsko spreminjanje specifične upornosti zemlje;
- pred določitvijo končnega sistema zaščite pred strelo je treba proučiti možnost uporabe primernih prevodnih delov objekta kot pomožnih sestavnih elementov zunanega sistema zaščite, ki morajo ustrezati minimalnim zahtevam standarda;

- projektant na osnovi električnih parametrov strele preveri, ali so uporabljeni pravilni materiali, predvidi porast temperature strelovodnih vodnikov pri razelektritvi in jih temu primerno dimenzionira;
- če je prevelik porast temperature lovilnih in odvodnih vodnikov problematičen za leseno ali hitro vnetljivo streho, na katero bodo pritrjeni, naj se predvidijo večji prerezi vodnikov ali kakšen drug varnostni ukrep, kot je uporaba daljših nosilcev ali vgrajevanje proti ognju odpornih slojev;
- projektant naj določi primerne pritrditve in spoje vodnikov za lesene in lahko vnetljive strehe.

Izbor zaščitnih ukrepov je določen predvsem s prepoznavanjem tveganja in izpostavljenosti ter nastanka škode na objektu v primeru udara strele. Cilj vodenja tveganja je prepoznati in kvantitativno določiti posamezna tveganja direktnega in indirektnega udara strele v objekt. Področje tveganja in uporaba zaščitnih ukrepov ter optimalne tehnične in ekonomske rešitve so zapisane v standardu SIST EN 62305-2.

Osnova ocene tveganja je določitev celotnega tveganja R, ki ga določimo:

$$R = N * P * L$$

N – število nevarnih dogodkov oziroma pogostost udarov strele za obravnavano področje

Število nevarnih dogodkov se določi s karto največjih vrednosti gostote strel, ki jo za področje Slovenije izdeluje in obnavlja Elektroinštitut Milan Vidmar.

P – verjetnost škode (verjetnost, da udar strele povzroči točno določeno škodo)

Verjetnost za nastanek škode je parameter, ki poda verjetnost točno določene škode v primeru, da udari strela. Razlikujemo osem verjetnosti za nastanek škode in največja vrednost škode je 1.

L – izguba oziroma kvantitativna vrednost škode (kakšni so učinki, velikost in posledica točno določene škode)

Če na zgradbi nastane škoda zaradi udara strele, potem je treba učinek te škode oceniti. Učinek škode se ocenjuje z uporabo faktorja L. Izguba L se spreminja z vrsto upoštevane izgube in vsako vrsto izgube povzroča določena vrsta škode (D1, D2, D3).

Glede na vrsto škode so definirane naslednje tri podvrste izgub:

- L_t : izguba zaradi škod zaradi napetosti dotika in koraka;
- L_f : izguba zaradi fizične škode;
- L_o : izguba zaradi škode na notranjih sistemih.

Korelacija med vzrokom škode, vrsto škode in posledično ustrezno komponento tveganja je tesna. Če strela udari v zgradbo, so pomembne naslednje komponente tveganja:

- R_A : komponenta tveganja, povezana z nastankom telesnih poškodb in morebitno izgub človeškega življenja;
- R_B : komponenta tveganja, povezana s fizičnimi poškodbami, ki jih povzroči nevarno iskre nje znotraj objekta;
- R_C : komponenta tveganja, povezana z izpadom notranjih sistemov, ki ga povzroči elektromagnetni udar strele.

Če strela udari v bližino zgradbe ali v sosednjo zgradbo, upoštevamo naslednjo komponento tveganja:

- R_M : komponenta tveganja, povezana z izpadom notranjih sistemov, ki ga povzroči elektromagnetni udar strele.

Če strela udari v priklopni napajalni vod, upoštevamo naslednje komponente tveganja:

- R_U : komponenta tveganja, povezana z nastankom telesnih poškodb živih bitij, ki jih lahko povzročijo prevelike napetosti dotika znotraj objekta zaradi toka strele, ki pride po priključnem vodu v notranjost objekta;
- R_V : komponenta tveganja povezana s fizičnimi poškodbami, ki jih povzroči nevarno iskre nje med zunanjimi inštalacijami in kovinskimi deli, predvsem na vstopni točki priključnega voda;
- R_W : komponenta tveganja, povezana z izpadom notranjih sistemov, ki ga povzročijo prenapetosti.

Če strela udari v bližino priklopnega napajalnega voda, upoštevamo naslednjo komponento tveganja:

- R_Z : komponenta tveganja, povezana z izpadom notranjih sistemov, ki ga povzročijo inducirane prenapetosti zaradi udarov strele v bližino priključnih napajalnih vodov.

Viri škod	Udar strele glede na mesto udara				Škode
	Direktni	Indirektni			
	S1 Udar strele v objekt	S2 Udar strele v bližino objekta	S3 Udar strele v oskrbovalni vod	S4 Udar strele v bližino oskrbovalnega voda	
D1 Napetostni udar	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot r_a \cdot L_t$		$R_U = (N_L + N_{DA}) \cdot P_U \cdot r_a \cdot L_t$		$R_s = R_A + R_B$
D2 Fizične poškodbe	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_V = (N_L + N_{DA}) \cdot P_V \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_f = R_B + R_V$
D3 Izpad električnih in elektronskih sistemov	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_o$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_o$	$R_W = (N_L + N_{DA}) \cdot P_W \cdot L_o$	$R_Z = (N_I + N_L) \cdot P_Z \cdot L_o$	$R_o = R_C + R_M + R_W + R_Z$
	$R_d = R_A + R_B + R_C$		$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$		

Tabela 3: Komponente tveganja za različne točke udara strele in različne vrste ter vzroke škod

Komponente tveganja se združujejo tako, da pripadajo določeni vrsti škode:

- tveganje za udar električnega toka v človeka ali žival kot posledica napetosti dotika in koraka:

$$R_s = R_A + R_U$$

- tveganje za požar, eksplozijo, mehanske in kemijske učinke udara strele:

$$R_f = R_B + R_V$$

- tveganje za odpoved električnih in elektronskih sistemov zaradi prenapetosti:

$$R_o = R_C + R_M + R_W + R_Z$$

Prav tako je pri izbiri zaščitnih ukrepov za zaščito pred strelo lesenih objektov treba izračunati, ali tveganje R za vsako pomembno škodo presega vrednost sprejemljivega tveganja R_T . Za zgradbo, ki je zadostno zaščitena pred učinki strele, mora veljati, da škodno tveganje R ne presega tolerančnega škodnega tveganja R_T . Velja pogoj:

$$R \leq R_T$$

R predstavlja vsoto vseh komponent tveganja, ki so pomembne za vrsto izgube od L1 do L3.

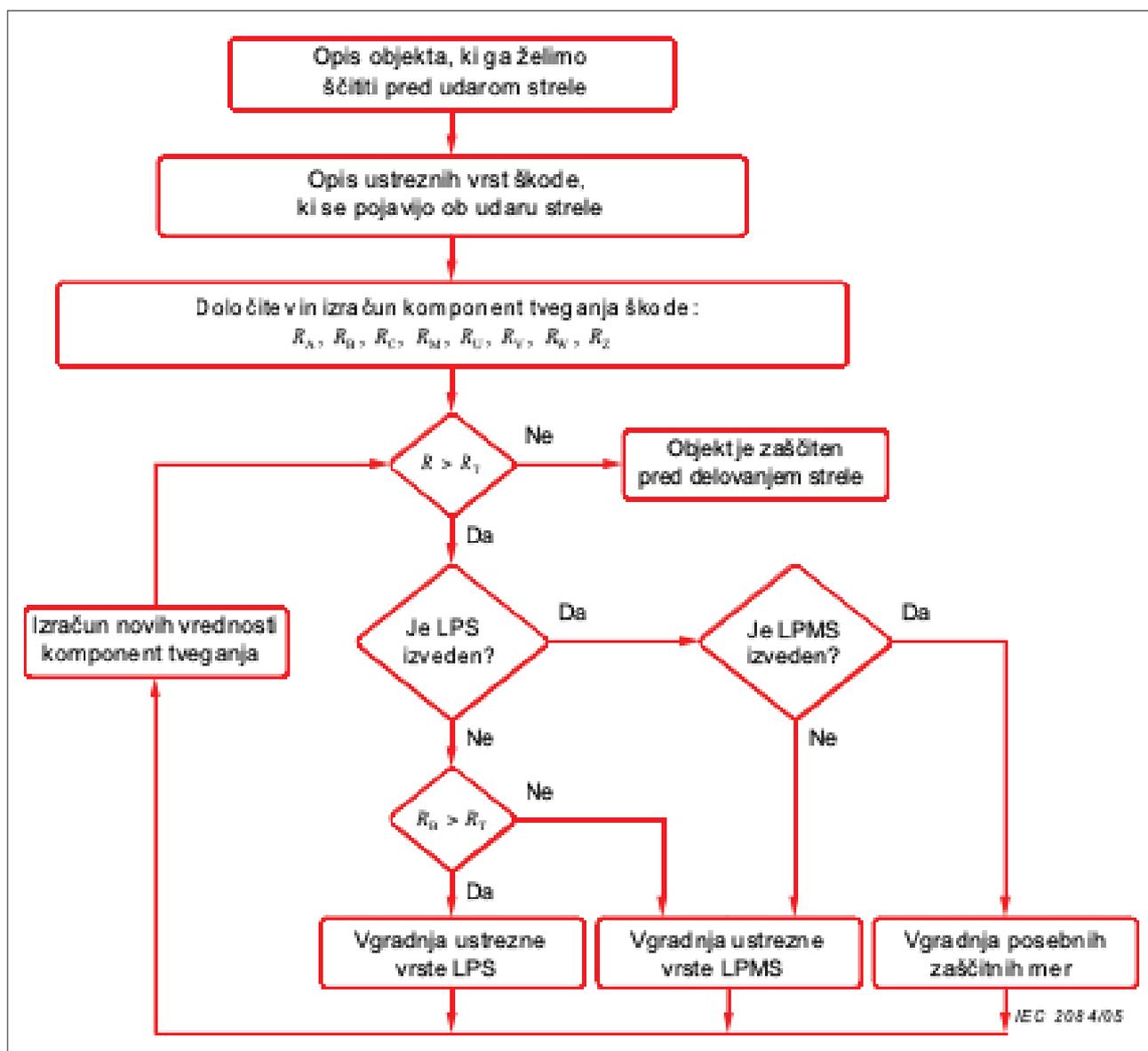
$$R = \sum R_V$$

V primeru večjih vrst škode, ki se lahko pojavijo v objektu ali na priključnih napajalnih vodih, mora biti zahteva $R \leq R_T$ upoštevana za vsako vrsto škode.

Vrsta izgube določa faktor R_T :

- L_1 : izguba človeškega življenja – $R_T = 10^{-5}$;
- L_2 : izguba javne storitve ali servisa – $R_T = 10^{-3}$;
- L_3 : izguba kulturne dediščine – $R_T = 10^{-3}$;
- L_4 : izguba ekonomskih vrednosti – delež lastnika.

V postopku izbire so zaščitni ukrepi pred delovanjem strele namenjeni omejitvi tveganja škode R pod vrednostjo sprejemljivega tveganja R_T s podrobnim izračunom tveganja škode za vrsto škode, pomembno za določen objekt. Z delitvijo na komponente tveganja $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ in R_Z je mogoče zelo natančno izbrati zaščitne ukrepe za posamezno stavbo ali objekt. Diagram poteka v standardu SIST EN 62305-2, ki je na sliki 1, prikazuje postopek izbire zaščitnih ukrepov za izgube od L_1 do L_3 . S predpostavko, da je raven sprejemljivega tveganja R_T presežena, je treba najprej preučiti, ali tveganje fizične škode zaradi direktnega udara strele v zgradbo R_B presega vrednost sprejemljivega tveganja R_T in ali je treba namestiti celotno zaščito, to je z ustrezno zunanjo in notranjo zaščito pred strelo. V nadaljevanju je treba določiti zmanjšanje tveganja z zaščitnimi ukrepi pred elektromagnetnim udarom strele in vpliv na zmanjšanje tveganj z ukrepi z veliko stopnjo učinkovitosti.



Slika 1: Postopek izbire zaščitnih ukrepov za izgube od L_1 do L_3 (vir 3)

Postopek izbire zaščitnih ukrepov za zaščito objekta pred udarom strele izvede projektant s svojimi pooblaščenimi strokovnjaki, kompetentnimi za zaščite pred strelo, ki imajo primerna strokovna znanja in izkušnje. V soglasju in s potrditvijo investitorja izdelava oceno tveganja v obliki ločene projektne dokumentacije.

6 KONCEPT ZAŠČITE PRED STRELO ZA LESENE OBJEKTE IN STAVBE

Izpostavljenost lesenih objektov (stavb) nevarnosti nastanka požara ali druge škode v primeru udara strele zahteva celovit pristop načrtovanja zaščite pred strelo. Koncept zaščite pred strelo tvorijo elementi, ki jih je treba strokovno določiti in kasneje izvesti:

- a. zunanji sistem zaščite pred strelo;
- b. izolirani sistem zaščite pred strelo;
- c. zaščita pred napetostjo koraka in ozemljitveni sistem;
- d. zaščita pred napetostjo dotika za lesene objekte in izenačitev potencialov;
- e. notranji sistem zaščite pred strelo.

6.1 Zunanji sistem zaščite za lesene objekte

Zunanji sistem zaščite je namenjen prestrezanju neposrednih udarov strele v objekt, vključno z udari v bok objekta in za prenos toka strele od točke udara do tal v ozemljilni sistem. Zunanji sistem zaščite je namenjen tudi razpršitvi tega toka v zemljo brez povzročitve termičnih ali mehanskih poškodb oziroma nevarnega iskrenja, ki bi lahko povzročilo požar ali eksplozijo.

Za lesene objekte (stavbe) zunanji sistem zaščite sestavljata:

- lovilni sistem;
- sistem odvodov;
- ozemljilni sistem.

6.1.1 Posebnosti in zahteve lovilnega sistema za lesene objekte

Lovilni sistem je namenjen preprečevanju direktnega udara strele v leseni objekt, ki ga je treba zaščititi. Pri tem sta pomembna pravilno dimenzioniranje lovilnega sistema, da se zmanjšajo učinki strele, in geometrijsko oblikovanje lovilnikov tako, da zagotavljajo zaščito pred nekontroliranimi udari strele v ščiteni objekt. Lovilni sistem lesenih objektov je lahko sestavljen iz lovilnih palic, napetih žic med lovilnimi palicami in mreže vodnikov. Pri oblikovanju lovilnikov in zaščiti arhitekture

objekta je treba posebno pozornost nameniti zaščiti vogalov in robov lesenih objektov. To velja zlasti za strešne površine in zgornje obode objektov ter dele fasad ali fasadnih plošč, kjer je izpostavljenost zunanjim udarom strele največja.

Lovilni vodniki in oddaljenost od strehe

V standardu SIST EN 62305-3 je določen način nameščanja lovilnih vodnikov zunanjega sistema zaščite pred strelo:

- če je streha narejena iz nevnetljivega materiala, so lahko lovilni vodniki nameščeni na površini strehe (SIST EN 62305-3, poglavje 5.2.4);
- če je streha narejena iz lahko vnetljivega materiala, je treba pozornost posvetiti razdalji med lovilnimi vodniki in materialom strehe. Za slamnate strehe, kjer niso uporabljene jeklene palice za kontrolo sloja slame, je primerna razdalja 0,15 m. Za druge vnetljive materiale, kot je les, se smatra za primerno razdaljo med lovilci in streho razdalja, ki ni manjša od 0,10 m;
- pri lesenih strehah in ostrejših je zaradi vnetljivosti materiala treba posvetiti pozornost razdalji med lovilnimi vodniki in strešnim materialom. Kontrola pregrevanja lovilnih vodnikov v primerih udara strele je osnova za določitev varne razdalje in preprečitev nastanka požara, ki jo določi projektant s svojimi pooblaščenimi strokovnjaki.

Ukrepi pred nevarnostjo pregretja lovilnih vodnikov

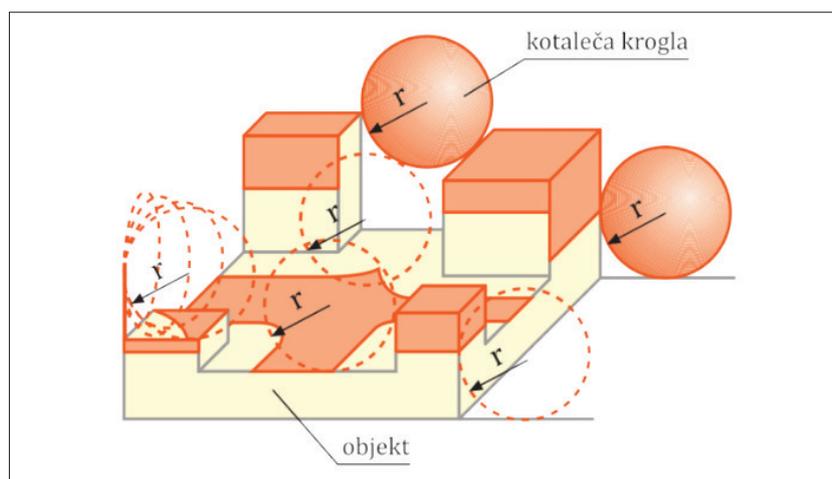
Strehe ali stene iz vnetljivega materiala, kar velja tudi za les, naj bodo zaščitene pred nevarnimi vplivi gretja vodnikov sistema zaščite pred strelo zaradi toka strele z naslednjimi ukrepi, ki so opisani v standardu SIST EN 62305-3:

- z zmanjšanjem temperature vodnikov s povečanjem prereza;
- s povečanjem razdalje med lovilnimi vodniki in strešno kritino;
- s polaganjem zaščitne plasti proti vročini odpornega materiala med vodnike in vnetljive materiale lesene konstrukcije ali strehe.

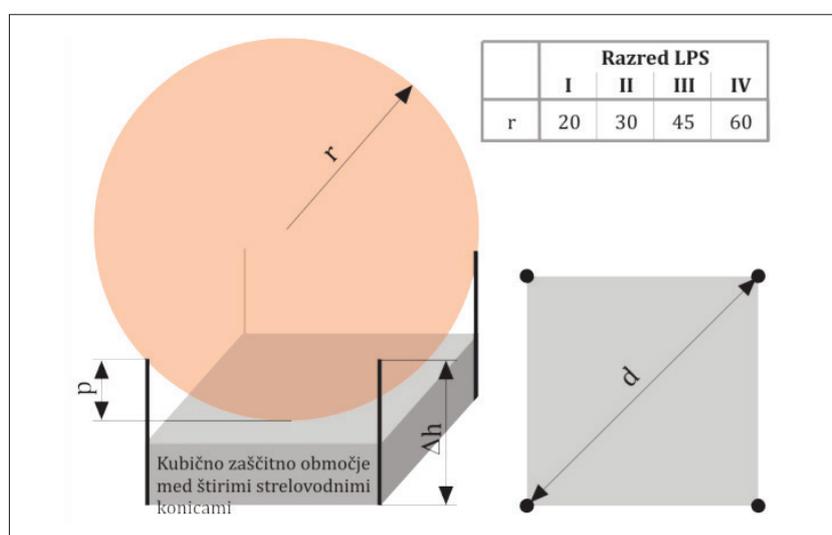
Metode za oblikovanje in postavitve lovilnega sistema zunanje zaščite pred udarom strele lesenih objektov, ki so določene v tehnični smernici TSG-N-003:

- metoda kotaleče se krogle, ki je ustrezna za vse primere;
- metoda mreže je ustrezna oblika zaščite, kadar se ščitijo ravne površine;
- metode zaščitnega kota, ki je primerna za stavbe enostavnih oblik, kjer pogosto naletimo na številne lesene objekte ali stavbe.

Uporaba metode kotaleče se krogle temelji na navideznem kotaljenju krogle prek objekta z namenom določiti vse stične točke, ki so sočasno potencialne točke udara strele. Polmer kotaleče se krogle določa zaščitni razred sistema zaščite pred strelo in uporabo predpisanih ukrepov.



Slika 2: Shematski prikaz uporabe metode kotaleče se krogle (vir 3)



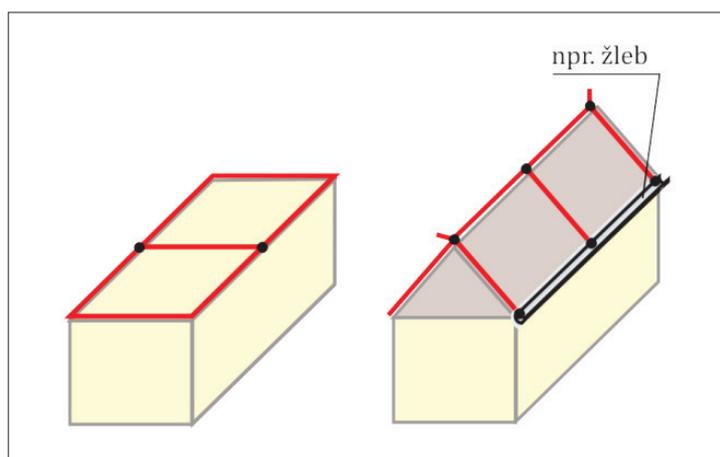
Parameter toka strele	Velikost Zaščitni nivo (LPL)		
Prvi pozitivni udar	I	II	III-IV
Temenska vrednost toka / [kA]	200	150	100
Udarni naboj Q_{strele} [C]	300	225	150
Specifična energija W/R [MJ/Ω]	10	5,6	2,5

Slika 3: Lovilni sistem na strehi s ščiteno površino in razred zunanega sistema zaščite pred strelo ter parametri toka strele za zaščitni nivo I-IV (vir 11)

Uporaba lovilne mreže pomeni določiti zanko. Izredno pomembno je, da je mreža oblikovno in geometrijsko prilagojena višini objekta in obliki strehe. Tabela 3 iz tehnične smernice TSG-N-003 prikazuje dimenzije zanke zaščitne mreže, ki ustreza zaščitnemu nivoju in se namesti na strešno kritino. V osnovi je lovilna mreža oblikovan tako, da je nameščena na slemenu in zunanjih robovih strehe objekta ter na naravnih kovinskih delih.

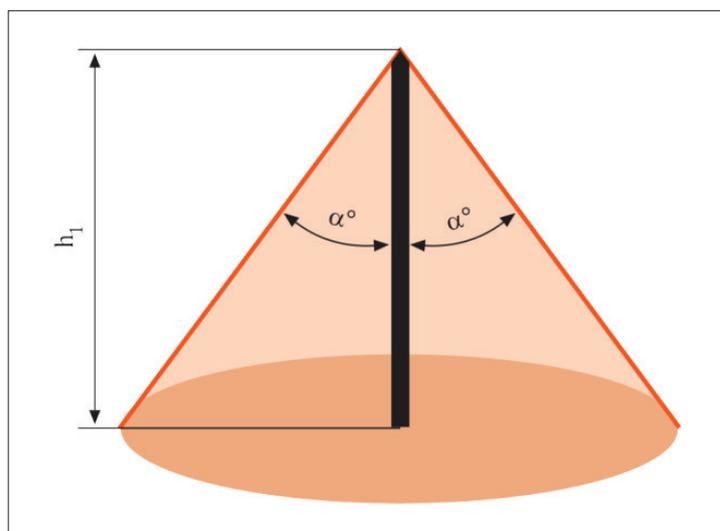
Zaščitni nivo sistema zaščite pred strelo	Velikost mreže
I	5 m x 5 m
II	10 m x 10 m
III	15 m x 15 m
IV	20 m x 20 m

Tabela 3: Velikost zanke lovilne mreže (vir 4)

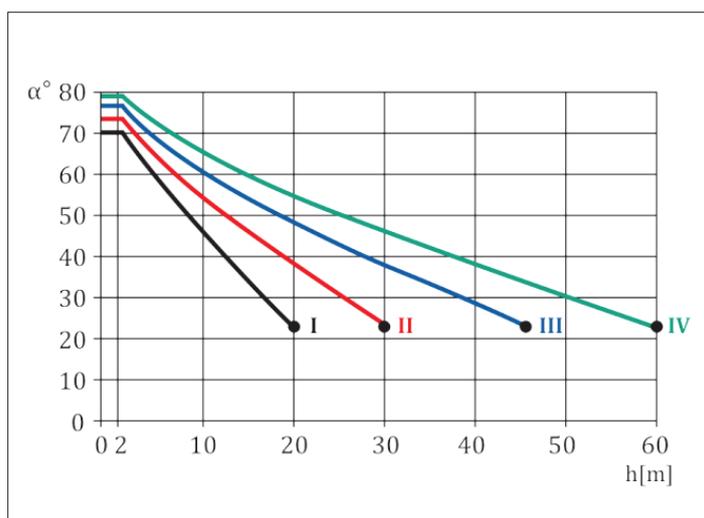


Slika 4: Lovilni sistem iz mreže (vir 3)

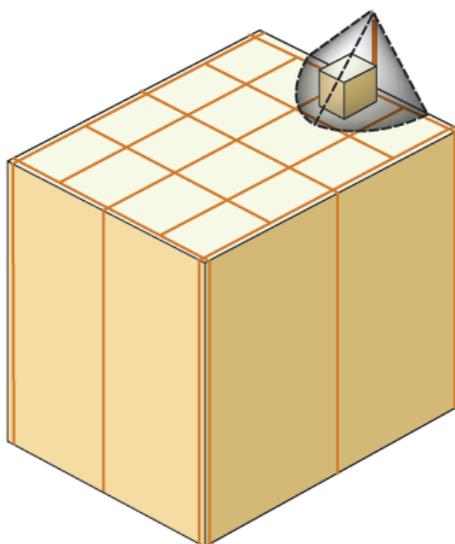
Metoda zaščitnega kota izhaja iz geoelektričnega modela udara strele. Zaščitni kot je določen s polmerom kotaleče se krogle. Ta metoda se uporablja za objekte s simetričnimi dimenzijami (na primer strma streha) ali za naprave, ki so montirane na strehah objektov (na primer antene, prezračevalne in hladilne naprave). Zaščitni kot je odvisen od nivoja zaščite pred strelo in od višine lovilne palice nad referenčno ravnino ščitenja.



Slika 5: Stožčasta oblika zaščitne cone (vir 4)



Slika 6: Zaščitni kot α kot funkcija višine h lovilne palice v odvisnosti od nivoja zaščite pred strelo (vir 4)



Slika 7: Objekt s kombiniranim lovilnim sistemom zunanje zaščite pred strelo (vir 8)

Zaradi arhitekturne, konstrukcijske in gradbene raznolikosti objektov je sistem zaščite pred strelo zasnovan kot kombinacija treh metod, kjer se zagotovijo maksimalno ščitenje objekta, dobra inženirska praksa načrtovanja ter arhitekturna in vizualna sprejemljivost izvedbe zaščite.

Nameščanje lovilnega sistema za lesene objekte (stavbe)

Elementi lovilcev na zgradbi naj bodo nameščeni na kotih, na izpostavljenih točkah in na robovih, kar obravnava tehnična smernica TSG-N-003.

Elementi sistema zaščite pred strelo morajo biti izdelani iz materialov, ki zagotavljajo zahtevane mehanske, električne in kemične kakovostne lastnosti. Oblike, materiali in minimalni prerezi lovilnih palic in odvodov so podani v tabeli 4.

Material	Oblika	Prerez [mm ²]
Baker Pokositren baker	Masiven trak	50
	Masiven okrogel ^b	50
	Pleten ^b	50
	Masiven okrogel ^c	176
Aluminij	Masiven trak	70
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
Aluminijeva zlitina	Masiven trak	50
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
	Masiven okrogel ^c	176
Pobakrena aluminijeva zlitina	Masiven okrogel	50
Vroče cinkano jeklo	Masiven trak	50
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
	Masiven okrogel ^c	176
Pobakreno jeklo	Masiven okrogel	50
	Masiven trak	50
Nerjavno jeklo	Masiven trak ^d	50
	Masiven okrogel ^d	50
	Pleten	70
	Masiven okrogel ^c	176

^a Mehanske in električne lastnosti kakor tudi odpornost proti koroziji morajo ustrezati zahtevam iz skupine standardov SIST EN 62561.

^b 50 mm² (premer 8 mm) se lahko zmanjša na 25 mm² (premer 6 mm) v posebnih primerih, kadar mehanska odpornost ni bistvena zahteva. Temu primerno naj se prilagodijo tudi razdalje med nosilci.

^c Primerno za lovilne palice in palične zemljevodne. Če mehanska obremenitev, npr. obtežba vetra, ni kritična se lahko kot lovilne palice uporabijo palice premera 9,5 mm dolžine 1 m.

^d Kadar so toplotne in mehanske lastnosti bistvene, naj se te vrednosti povečajo na 75 mm².

Tabela 4: Oblika, materiali in najmanjši prerez lovilnih palic in odvodov (vir 11)

Lovilci in odvodi morajo biti čvrsto pritrjeni, da zaradi elektrodinamičnih ali slučajnih mehanskih učinkov (npr. vibracije, zdrs snega, toplotno raztezanje itd.) ne bi prišlo do preloma ali zrahljanja povezanosti vodnikov.

IZRAČUN 1:

primer segrevanja lovilnega vodnika zunanjsega sistema zaščite pred strelo v zaščitnem nivoju IV

Podatki:

- zaščitni nivo IV;
- lovilni vodnik: material = aluminij, oblika = masiven okrogel, prerez = 50 mm².

Izračun:

- iz slike 3 določimo, da je temenska vrednost toka strele 100 kA;
- iz slike 3 določimo, da je specifična energija strele $W/R = 2,5$ (MJ/Ω).

Rezultat:

- iz tabele 5 odčitamo dvig temperature lovilnega vodnika za 12 °K.

IZRAČUN 2:

primer omejitve segrevanja lovilnega vodnika zunanjsega sistema zaščite pod 100 °C (373 °K)

Podatki:

- zaščitni nivo I;
- lovilni vodnik: material = železo, oblika = masiven okrogel, prerez = 50 mm².

Izračun:

- iz slike 3 določimo, da je temenska vrednost toka strele 200 kA;
- iz slike 3 določimo, da je specifična energija strele $W/R = 10$ (MJ/Ω);
- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature lovilnega vodnika 211 °K;
- za dosego manjšega porasta temperature izberemo v tabeli 5 (5a) aluminij, preseka 50 mm².

Rezultat:

- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature 52 °K. Absolutno dosežena temperatura je 325 °K in 20 °K temperatura okolice. Skupaj: 345 °K, kar je manj od zahtevane temperature 373 °K.

Če je prevelik porast temperature problematičen za leseno površino, na katero bodo pritrjeni sestavni deli lovilcev, naj se predvidijo večji prerezi vodnikov ali kakšen drug varnostni ukrep, kot je uporaba daljših nosilcev ali vgrajevanje ognjeodpornih slojev. Ognjeodporni sloj lahko določi projektant s pooblaščenim strokovnjakom, specializiranim za zaščito pred strelo in strokovnjakom gradbene stroke.

Prerez [mm ²]		4	10	16	25	50	100	
Material	Aluminij W/R [MJ/Ω]	2,5	–	564	146	52	12	3
		5,6	–	–	454	132	28	7
		10	–	–	–	283	52	12
	Železo W/R [MJ/Ω]	2,5	–	–	1120	211	37	9
		5,6	–	–	–	913	96	20
		10	–	–	–	–	211	37
	Baker W/R [MJ/Ω]	2,5	–	169	56	22	5	1
		5,6	–	542	143	51	12	3
		10	–	–	309	98	22	5
	Nerjavno jeklo W/R [MJ/Ω]	2,5	–	–	–	940	190	45
		5,6	–	–	–	–	460	100
		10	–	–	–	–	940	190

Tabela 5: Porast temperature v °K pri različnih prevodnikih in prerezih v odvisnosti od specifične energije strele W/R [MJ/Ω] (vir 4)

q mm ²	Ø	Vrsta zaščite pred strelo											
		Aluminij			Železo			Baker			Nerjavno železo		
		III + IV	II	I	III + IV	II	I	III + IV	II	I	III + IV	II	I
16		146	454	*		*	*				*	*	*
50	8 mm	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
78	10 mm	4	9	17	15	34	66	3	5	9	78	174	310

* taljenje / uparjanje

Tabela 5a: Največje povišanje temperature ΔT v °K za različne materiale vodnika v odvisnosti od zaščitnega nivoja (vir 4)

Projektant naj določi pritrditve in spoje vodnikov, ki bodo vzdržali elektrodinamične sile toka strele v vodnikih in hkrati dovoljevali raztezanje in krčenje vodnikov pri povišanju temperature (standard SIST EN 62305-3, priloga E, poglavje 4.2.3.2). Lovilni vodniki na strehah in povezave lovilnih palic so lahko pritrjene na streho z uporabo neprevodnih distančnikov in nosilcev, kar je v standardu SIST EN 62305-3 opisano kot neizoliran lovilec.

Odvodni vodniki so lahko nameščeni tudi na površino stene, če je stena izdelana iz nevnetljivega materiala (standard SIST EN 62305-3, priloga E, poglavje 5.2.4.2). Za strehe iz lahko vnetljivega materiala je obvezna uporaba nosilcev in distančnikov za lovilne vodnike in lovilne mreže, ker porast temperature ob udaru strele presega temperaturo vnetljivosti materiala.

Kovinske strehe kot pomožni sestavni deli lovilnega sistema na leseni konstrukciji

Lesene konstrukcije in lesena ostrešja so v praksi pogosto pokriti s kovinsko streho. V tabeli 6 so prikazane najmanjše debeline kovinskih kritin kot pogoj, da so lahko del zunanjega lovilnega sistema. Z upoštevanjem podanih debelin pri udaru strele v kovinsko streho praviloma ne pride do preluknjanja pločevine zaradi učinka taljenja kovine.

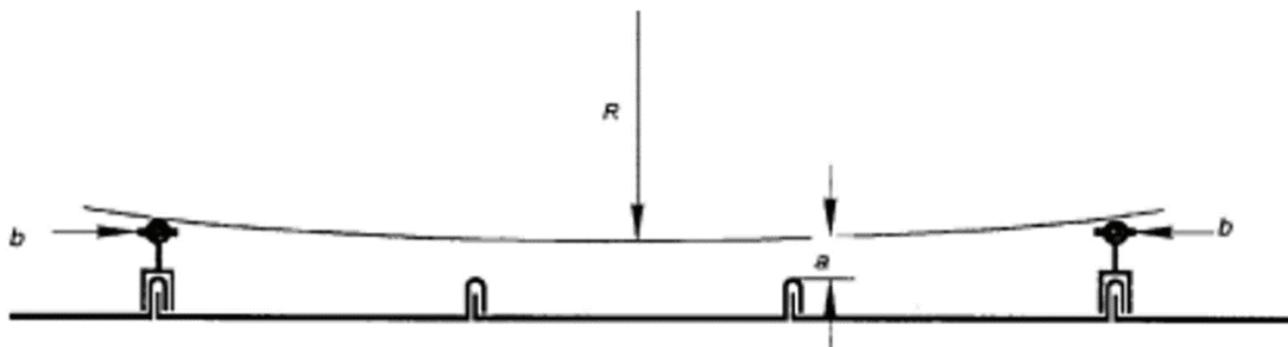
Razred LPS	Material	Debelina t [mm]	Debelina t' [mm]
I do IV	svinec	–	2,0
	jeklo/cinkano, nerjavno	4	0,5
	titan	4	0,5
	baker	5	0,5
	aluminij	7	0,65
	cink	–	0,7

t – prepreči preluknjanje

t' – samo za kovinske plošče, kjer ni pomembno, da se preprečijo preluknjanje, vroča mesta ali vžig

Tabela 6: Najmanjše debeline kovinskih kritin ali kovinskih cevi zunanjega sistema zaščite pred strelo (vir 11)

Zaradi taljenja tankih pločevin je treba pri dimenzioniranju pločevinastih streh, ki jih želimo uporabiti za del strelovodne lovilne mreže, vendar imajo pod seboj vnetljive materiale, ustrezno povečati debelino pločevine. Če tega ni mogoče upoštevati, je treba tanko pločevinasto streho opremiti z dodatno lovilno mrežo oziroma z dovolj visokim lovilnim sistemom, kot je na sliki 8. Kotaleča se krogla se ne sme dotakniti nobenega dela kovinske strehe.



R – polmer kotaleče se krogla

b – lovilni vodniki

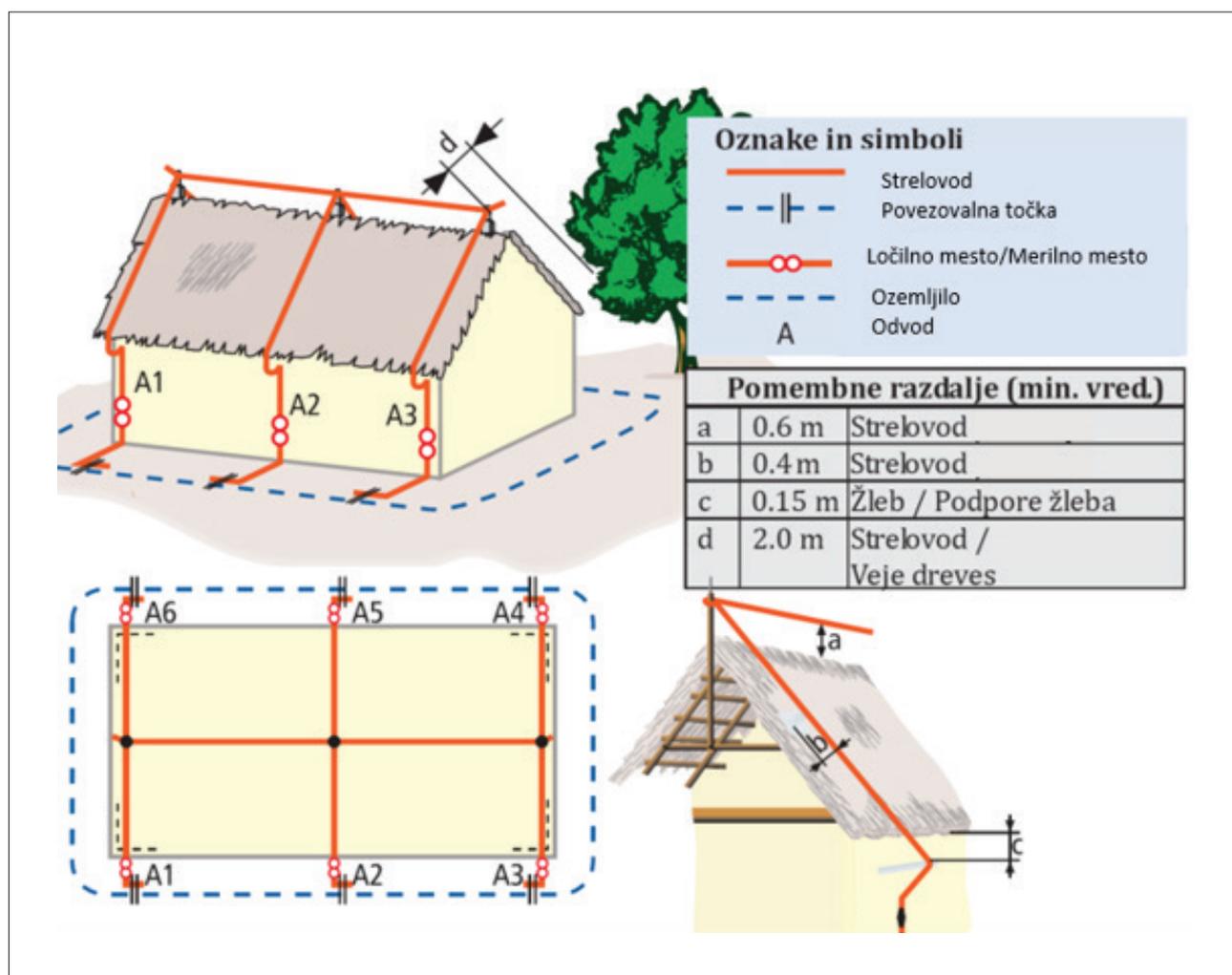
Slika 8: Konstrukcija lovilca na strehi s prevodnim kovinskim pokritjem, kjer ni dovoljeno preluknjanje pokritja (vir 6)

6.1.2 Princip lovilnega sistema za objekte (stavbe) z mehko in gorljivo streho

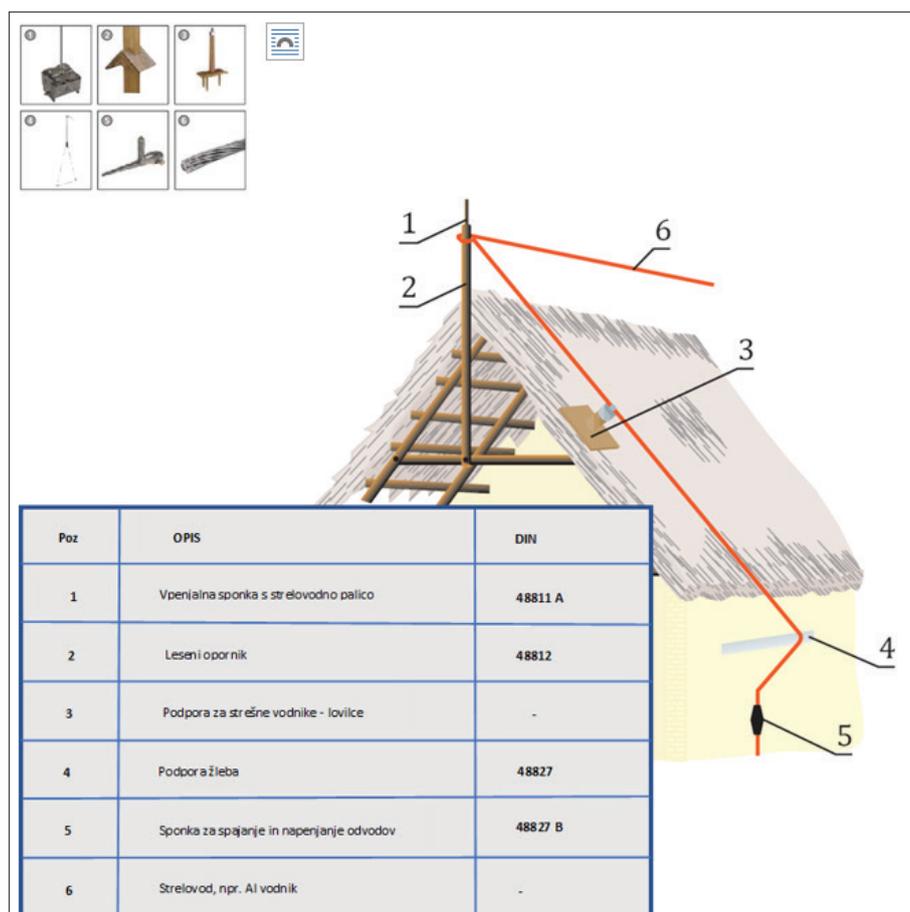
Lovilni sistem za objekte z mehko in gorljivo streho mora izpolnjevati zahteve zaščitnega nivoja III. Prav tako je treba opraviti analizo tveganja, ki temelji na standardu SIST EN 62305-2.

Lovilni vodniki na strehi iz slame ali mehkih materialov morajo biti gibljivo pritrjeni na izolacijske podpornike ali nosilce. Pri tem je treba zagotoviti ločilno razdaljo do žlebov, kovinskih robov ali drugih kovinskih elementov strehe. Za zaščitni nivo III zaščite pred strelo je določena razdalja med strelovodnimi odvodi 15 m.

Točna razdalja med odvodi se izračuna na osnovi ločilne razdalje s po SIST EN 62305-3. V idealnem primeru so vodniki brez dodatnih podpornikov na slemenu dolgi 15 m in odvodni vodniki do 10 m. Pritrdilni nosilci morajo biti v primeru mehke strehe trdno povezani s strešno konstrukcijo, kot je prikazano na slikah 9 in 10.

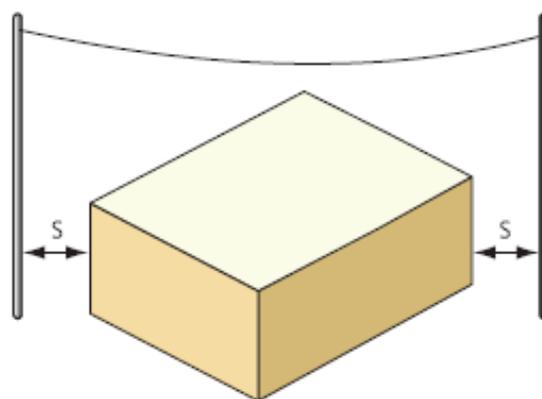
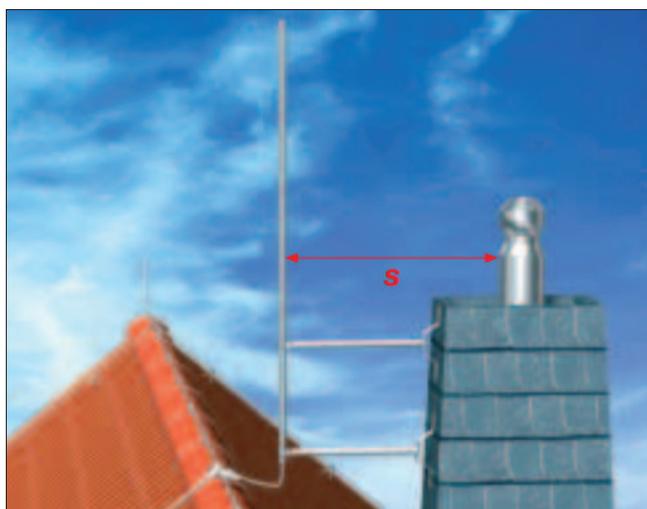


Slika 9: Lovilni in odvodni sistem za objekte z mehko streho (vir 3)



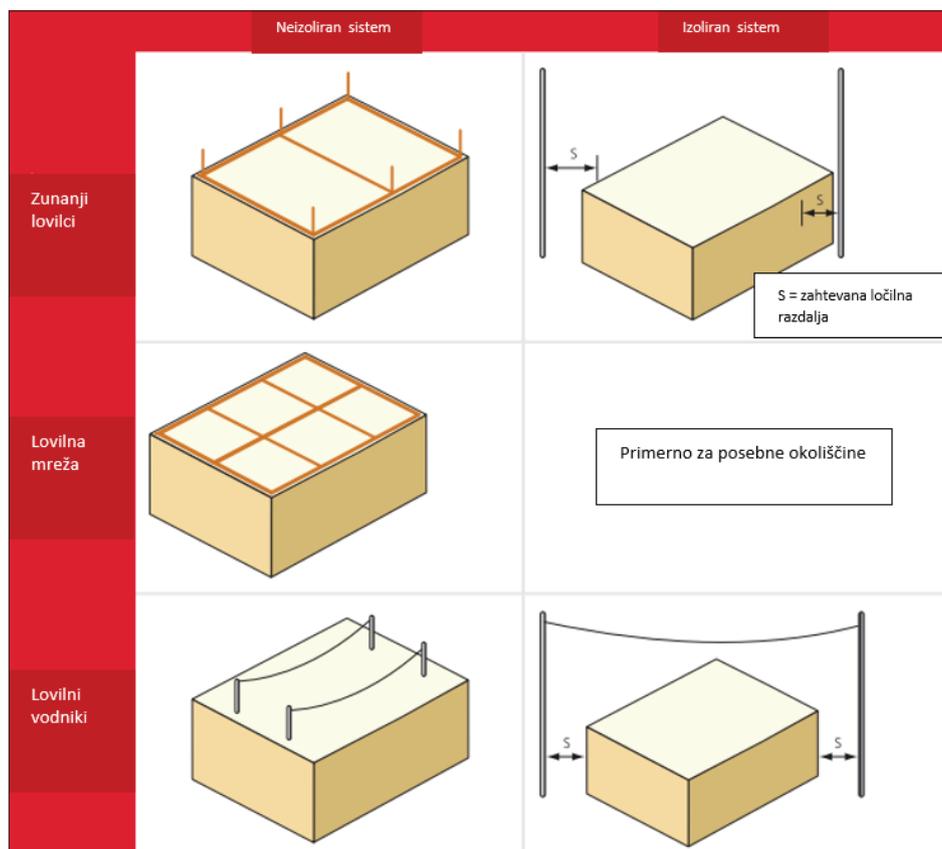
Slika 10: Elementi lovilnega sistema za objekte z mehko streho (vir 4)

Kovinski deli, ki so na površini strehe, morajo biti v celoti zaščiteni pred udarom strele. V takšnih primerih je učinkovita le izolirana zunanja zaščita pred strelo, ki jo izvedemo z lovilnimi vodniki in med seboj povezanimi drogovi ob objektu (slika 11).



Slika 11: Izolirani zaščitni sistem pred strelo (vir 7)

Na sliki 12 je predstavljena primerjava med izoliranim in neizoliranim zaščitnim sistemom glede na metodo izbire zaščitnega sistema pred strelo.



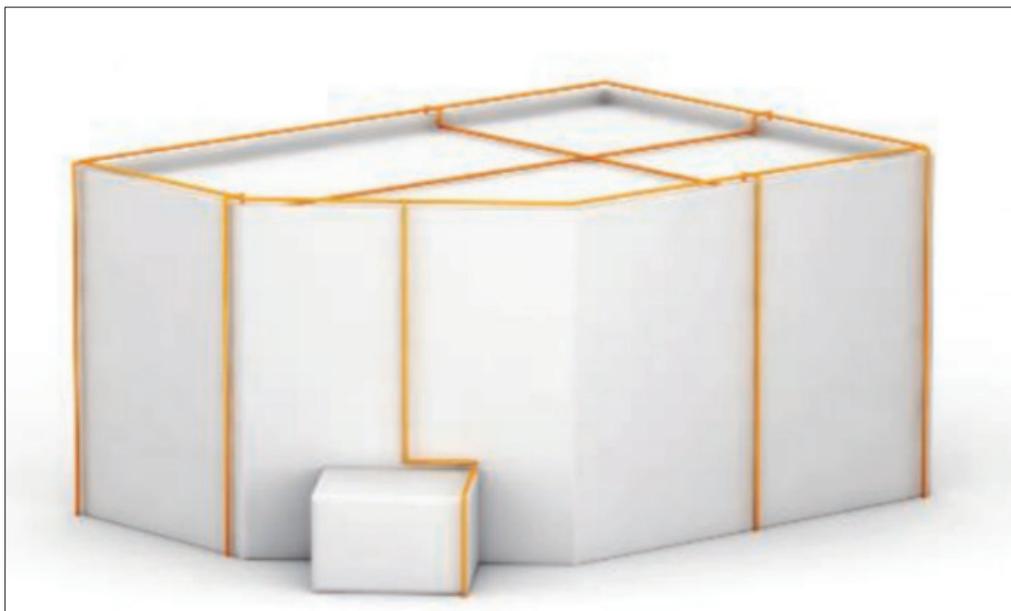
Slika 12: Primerjava – izoliran in neizoliran zaščitni sistem pred strelo (vir 8)

6.1.3 Posebnosti in zahteve odvodnega sistema za lesene objekte

Odvodi za lesene objekte zagotavljajo najkrajšo električno prevodno povezavo med lovilnim in ozemljilnim sistemom. Naloga odvoda je prenos prejetih tokov udara strele v ozemljilni sistem, pri čemer dvig temperature ostane v dovoljenih mejah in ne povzroči škode na ščitenem lesenem objektu.

Naloga in namen odvodov sta zapisana v tehnični smernici TSG-N-003. Da bi se zmanjšala verjetnost škode na lesenem objektu zaradi toka strele, ki teče skozi zunanji sistem zaščite pred strelo, morajo biti odvodi izvedeni na naslednji način:

- obstajati mora več vzporednih tokovnih poti;
- dolžina poti toka naj bo minimalna;
- izvesti izenačitev potencialov do prevodnih delov objekta.



Slika 13: Oblikovanje odvodov glede na arhitekturo objekta in zaščitni nivo (vir 7)

Sistem odvodov se v osnovi namešča na objekte z uporabo distančnih nosilcev. Merilo za neposredno namestitvev na objekt je dvig temperature ob udaru strele v zunanji sistem zaščite. Če je stena objekta izdelana iz negorljivega materiala ali materiala z običajno stopnjo vnetljivosti, je sistem odvodov lahko nameščen neposredno na steno objekta.

Razdalja odvodov do nosilne površine ali stene

Lahko vnetljivi deli ščitene zgradbe, kot so izolacijski ovoj, stenske plošče in obloge ter streha, naj ne bodo v neposrednem stiku z elementi zunanjega sistema zaščite pred strelo in naj ne bodo neposredno pod kovinsko streho, kjer bi udar strele povzročil preluknjanje strehe in posledično nevarnost požara vnetljivih delov zgradbe. Ob uporabi lesenih elementov v konstrukciji zgradbe načrtovalec zaščite na osnovi električnih parametrov strele, ki ustrezajo izbrani vrsti zaščitnega sistema, predvidi porast temperature na odvodnih vodnikih in jih temu primerno dimenzionira ter določi odmične razdalje med streho, steno in odvodnimi vodniki.

Neposredno pritrjevanje odvodov – leseni elementi

Neposredno pritrjevanje odvodov na lesene elemente konstrukcije objekta ali stavbe je dovoljeno le ob predhodnem izračunu porasta temperature odvoda (in vzdržnih mehanskih obremenitev), ki mora biti nižja od temperature vnetljivosti lesene konstrukcije ali lesenih oblog, na katere se pritrjujejo odvodi (SIST EN 62305-3, poglavje 5.3.4).

IZRAČUN 3:

primer neposrednega pritrjevanja odvodov na zunanjo leseno konstrukcijo objekta ali na steno iz lesenega materiala

Podatki:

- temperatura vžiga lesa je 200 °C oziroma 473 °K;
- zaščitni nivo II;
- odvodni vodnik: material = baker, oblika = masiven okrogel, prerez = 50 mm².

Izračun:

- iz slike 3 določimo, da je temenska vrednost toka strele 150 kA;
- iz slike 3 določimo, da je specifična energija strele $W/R = 5,6$ (MJ/ Ω);
- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature 12 °K.

Rezultat:

- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature 12 °K. Absolutna temperatura odvoda doseže 305 °K, ob upoštevanju 20 °K okolja. To je nižje od vžigne temperature lesa 473 °K. Odvod se lahko neposredno namesti na zunanjo leseno konstrukcijo.

Odводи skozi izolacijski ovoj

Odvodni vodniki se lahko nameščajo pod izolacijski ovoj, če so nameščeni v zaščitnih gibljivih (plastičnih) ceveh, ki imajo takšno stopnjo gorljivosti in delovno temperaturno območje, da ga maksimalna porast temperature odvodov ob udaru strele ne presega. Pritrjevanje cevi mora biti izvedeno na način, da zdrži mehanske sile in raztezanja odvoda v času udara strele.

Gradbeni izolacijski ovoji so:

- steklena in kamena volna sta negorljiva materiala, kjer je tališče vlaken nad 500 °C in sta uvrščena v razred negorljivosti A1;
- stiropor je kemično nevtralen material, brez vonja, prenaša temperature do 75 °C. Fasadni stiropor se uvrščanja v razred gorljivosti E.

IZRAČUN 4:

strelovodni odvod v izolacijski cevi in nameščen v izolacijskem ovoju iz stiropora

Podatki:

- temperatura obstojnosti stiropora je 75 °C oziroma 348 °K – podatek iz tehničnega lista gradbenega izdelka, EC-certifikat o skladnosti, Izjava o lastnostih v skladu z evropsko uredbo o gradbenih proizvodih CPR;
- zaščitni nivo II;
- odvodni vodnik: material = aluminij, oblika = masiven okrogel, prerez = 50 mm²;
- plastična cev, obstojna v temperaturnem območju –40 °C do +120 °C oziroma 393 °K;
- stiropor: delovno obstojna temperatura 75 °C oziroma 358 °K.

Izračun:

- iz slike 3 določimo, da je temenska vrednost toka strele 150 kA;
- iz slike 3 določimo, da je specifična energija strele $W/R = 5,6$ (MJ/ Ω);
- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature 28 °K.

Rezultat:

- iz tabele 5 odčitamo, da je porast temperature 28 °K. Absolutna temperatura odvoda doseže 321 °K, ob upoštevanju 20 °K okolja. Povišana temperatura odvoda ne presega delovne temperature cevi (393 °K) oziroma stiropora (348 °K). Odvodi se lahko namestijo v plastične cevi in v izolacijski ovoj iz stiropora.

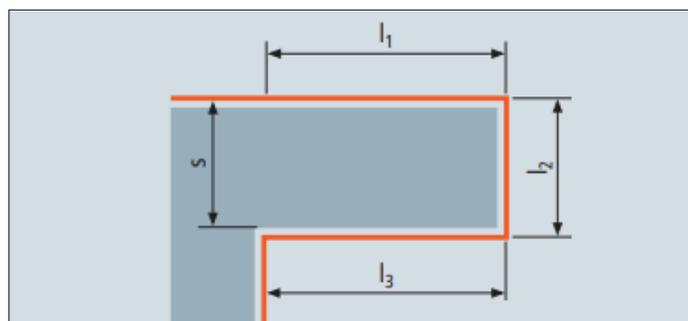
Oblikovanje odvodov – leseni objekti

Odvodi naj bodo nameščeni na vsakem izpostavljenem vogalu in naj se neposredno nadaljujejo iz lovilcev. Oblikovanje odvodov je opisano v tehnični smernici TSG-N-003. Potekati morajo ravno in navpično po površju objekta ali stavbe. Izogniti se je treba zankam. Če to ni mogoče, morata biti razdalja s , merjena med dvema točkama na vodniku, in dolžina l vodnika med dvema točkama (slika 14) skladni, da zagotavljata električno izolacijo po formuli:

$$S = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Pri tem so:

- s : električna izolacija – ločilna razdalja;
- k_i : odvisen od izbrane vrste zunanje sistema zaščite pred strelo;
- k_c : odvisen od toka strele, ki teče po odvodih;
- k_m : odvisen od električnega izolacijskega materiala;
- l : dolžina v metrih vzdolž lovilca ali odvoda, od mesta, kjer se določa ločilna razdalja, do najbližje točke izenačitve potenciala.



Slika 14: Zanka pri oblikovanju odvoda (vir 4)

Določanje števila odvodov

Število odvodov tudi za lesene objekte in stavbe ne sme biti manjše kot dva in porazdeljeni naj bodo okoli oboda zaščitenega objekta glede na arhitekturne in praktične omejitve. Značilne razdalje med odvodi so podane v tabeli 7.

Zaščitni nivo LPS	Razdalja odvodov
I	10 m
II	10 m
III	15 m
IV	20 m

Tabela 7: Razdalja med odvodi v skladu s standardom SIST EN 62305-3 (vir 3)

Nameščanje odvodov – leseni objekti

V skladu s standardom SIST EN 62305-3 se odvodi za lesene objekte nameščajo na naslednji način:

- število odvodov mora ustrezati najmanj zahtevanemu nivoju zaščite pred udarom strele (tabela 7);
- odvodi se začnejo nameščati v kotih stavbe in so enakomerno razdeljeni po obodu;
- natančno število odvodov določi projektant z izračunom ločilne razdalje s ;
- če ločilne razdalje ni mogoče doseči s predvidenim številom odvodov, je treba povečati njihovo število;
- vzporedne poti odvodov, skozi katere teče tok strele, temu primerno izboljšuje faktor k_c delitve toka;
- kot odvode je mogoče uporabiti naravne elemente objekta (npr. armiranobetonska mreža, kovinske konstrukcije), če je zagotovljena neprekinjena električna prevodnost;
- če opisani ukrepi ne zagotavljajo ločilne razdalje, je rešitev v uporabi vodnikov z visokonapetostno izolacijo HVI (»High Voltage Insulation«) za odvode.

Standard SIST EN 62305-3 (poglavje 5.3.4) opisuje nameščanje odvodov glede na vnetljivost površinskega materiala objekta v neizoliranem zaščitnem sistemu:

- če je zunanja stena izdelana iz nevnetljivega materiala, so lahko odvodi nameščeni na površini stene;
- če je zunanja stena izdelana iz težko vnetljivega materiala, so lahko odvodi nameščeni na površini stene, pod pogojem, da njihov dvig temperature zaradi toka strele ni nevaren za vnetljivost materiala stene (kontrolni izračun), v drugačnem primeru je treba uporabiti montažne nosilce za ohranjanje razdalje;
- če je zunanja stena izdelana iz vnetljivega materiala in je dvig temperature odvodov nevaren za nastanek požara, naj bodo odvodi nameščeni na način, da je razdalja med njimi in steno večja od 0,1 m. Montažni nosilci so lahko v stiku s steno. Če razdalja odvoda do vnetljivega materiala ne more biti zagotovljena, presek vodnika ne sme biti manjši od 100 mm².

Tehnična smernica TSG-N-003 podrobneje opisuje nameščanje odvodov na stene in strehe iz lahko vnetljivega materiala:

- oddaljenost odvodov od stene najmanj 0,1 m in na zidnih podporah ali nosilcih;
- zidne podpore naj bodo med seboj oddaljene največ 2 m, strešne podpore 1,5 m in slemenske podpore največ 1 m.

Pri nameščanju odvodov v gradbeno izolacijo ali pod njo povišanje temperature na površini odvoda ustrezno omejimo z uporabo dodatnega PVC-plašča, obloge ali cevi. Uporabimo lahko zaščitne plastične cevi, ki so ognjevarne. Pri tem je treba gradbeno obdelati in zatesniti uvode ter prehode odvodov skozi gradbeno izolacijo.

Če so odvodi iz aluminija, ne smejo biti nameščeni neposredno (brez razdalje) na omet, malto ali beton, vanje ali podnje, niti ne smejo biti položeni v tla. V malto, omet ali beton so lahko nameščeni le aluminijски odvodi, ki so obdani s PVC-plaščem, a pri tem ne smejo nastati mehanske poškodbe ali prelomi izolacije zaradi nizkih temperatur. Priporočljivo je, da so odvodi nameščeni tako, da ohranjajo zahtevano ločilno razdaljo s do vseh vrat in oken ali drugih arhitekturnih elementov.

Za odvode lahko uporabimo naravne elemente lesenega objekta, kar je opisano v standardu SIST EN 62305-3. To so naslednji deli objektov ali stavb, ki imajo posamezne elemente iz kovinskih materialov. Prav tako je treba kontrolirati, da ne pride do prevelikega porasta temperature odvodov, ker bi to pomenilo nastanek požara:

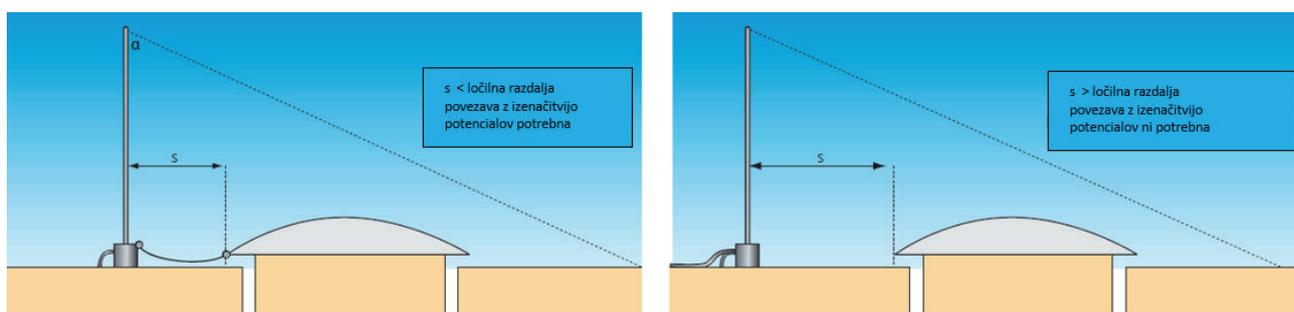
- kovinske inštalacije, kot so na police, se uporabijo pod pogojem, da so povezave med različnimi deli stalne in trdne ter njihove dimenzije v skladu z minimalnimi zahtevami za odvod;
- kovinsko konstrukcijo objekta uporabimo, če kovinski okvir objekta tvori jekleni skelet, ki se uporablja kot sistem odvodov;
- montažni deli morajo zagotavljati trdne povezave in morajo imeti električno prevodno povezavo med vsemi elementi lovilnega in odvodnega sistema;
- kovinske cevi so lahko naravni odvodni element, če so varno in trdno povezane ter izpolnjujejo zahtevo minimalne debeline cevi 0,5 mm.

6.2 Izolirani zunanji sistem zaščite pred strelo za objekte (stavbe) z mehko in gorljivo streho ter lesene objekte

V izoliranem zunanjem sistemu zaščite pred strelo je celoten objekt zaščiten pred neposrednim udarom strele z namestitvijo lovilnih palic, stebrov ali stebrov, povezanih z lovilnimi vodniki. Pri nameščanju lovilnega sistema je nujno zagotoviti ločilno razdaljo objekta, kot je prikazano na sliki 15.

Izolirani zunanji lovilni sistem se pogosto uporablja, kadar je streha prekrita z vnetljivimi materiali, kot so slama, lesene konstrukcijske plošče ali vnetljivi elementi strehe. Izolirani zunanji sistem zaščite se uporabi, kadar lahko toplotni učinki v točki udara na vodnikih, ki vodijo tok strele, povzročijo škodo na objektu (stavbi) z leseno ali lahko gorljivo streho. Obstaja izvedba z lovilnimi palicami ali stebri (slika 16), ki se namestijo v bližini ščitenega objekta. Pri tem se ohrani ločilna razdalja do ščitenega objekta.

Vgrajeni prevodni strešni elementi niso povezani na izenačitev potencialov, če je razdalja do lovilnega sistema večja od ločilne razdalje s . Če pa je razdalja manjša od ločilne razdalje, je potrebna povezava strešnih elementov na izenačitev potencialov, kar je prikazano na sliki 15.

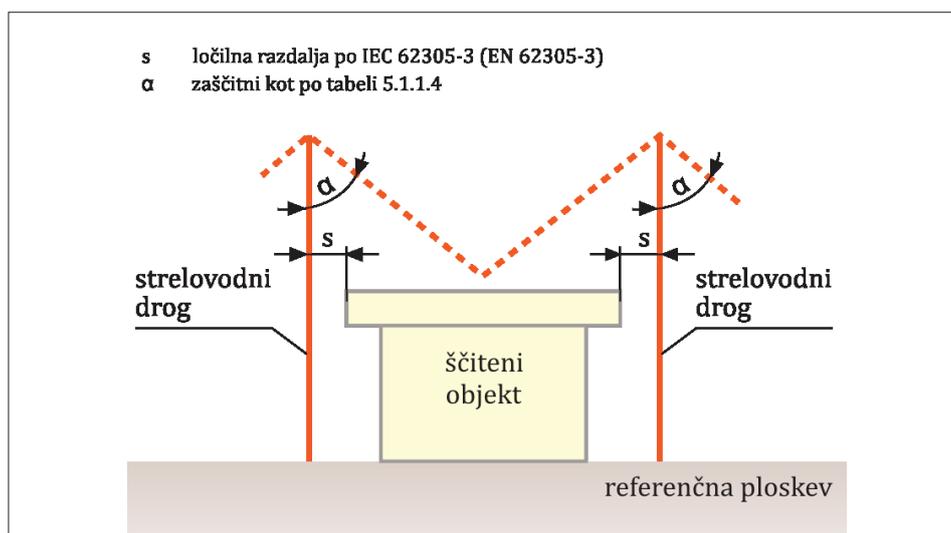


Slika 15: Izolirani zaščitni sistem in povezave strešnih prevodnih elementov z izenačitvijo potencialov in brez nje (vir 8)

Če je lovilce sestavljen iz palic na ločenih drogovi (ali na enem drogu), ki niso kovinski ali niso iz povezanih jeklenih konstrukcij, je treba izvesti vsaj en odvod za vsak drog. Za droge, ki so kovinski ali iz povezanih jeklenih konstrukcij, dodatni odvodi niso potrebni.

Če je lovilce sestavljen iz napetih žic (ali ene žice), je potreben vsaj en odvod na vsaki podporni konstrukciji ali podpornem drogu.

Če je lovilce sestavljen iz mreže vodnikov, je potreben en odvod najmanj na vsakem koncu podporne žice.

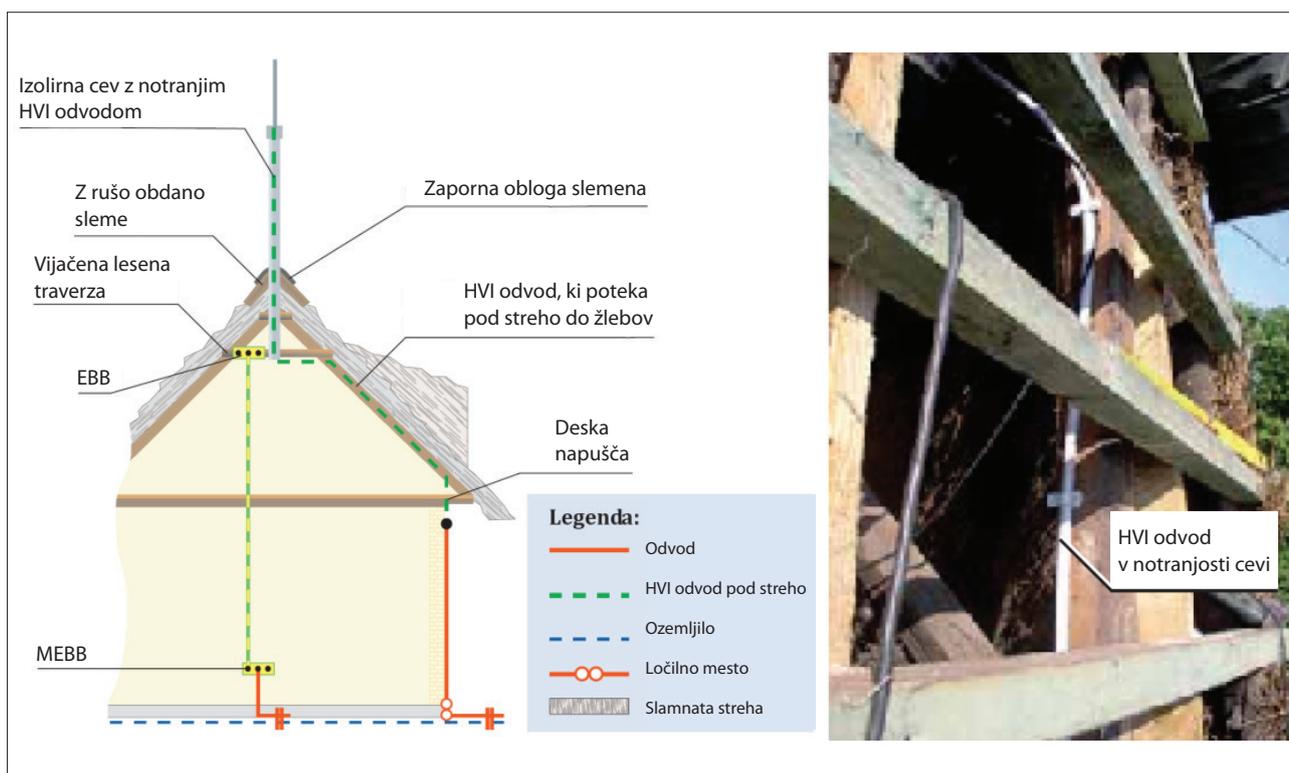


Slika 16: Izolirani zunanji sistem zaščite in izvedba z lovilnimi palicami (vir 4)

Zunanji sistem zaščite pred strelo je mogoče izdelati tudi z lovilnim sistemom, ki vključuje električno izolirane materiale. Zelo pogosto takšne izvedbe uporabimo za posamezne lokalne rešitve, kot je strelovodna zaščita anten ali telekomunikacijskih naprav. Prav tako z izoliranimi vodniki izvedemo celotno strelovodno inštalacijo zunanjega sistema, kot za primer lesenega ali vnetljivega objekta. Pri tem zagotavljamo ločilno razdaljo do kovinskih delov na leseni strehi in preprečujemo vdore napetosti (indukcija) in povišanja potencialov v samem objektu. V praksi so znani primeri odvodov z visokonapetostno izolacijo HVI.

Pred dimenzioniranjem in določitvijo takšnega lovilnega sistema moramo določiti ščiteni prostor z metodo kotaleče se krogle. Pri tem polmer kotaleče se krogle z dolžino 45 m določa zaščitni nivo III.

Osnova je podporna izolacijska cev, ojačana s steklenimi vlakni, in je nosilec izoliranih odvodov. Spodnji del izolacijske cevi je iz aluminija za mehansko stabilnost. V praksi se uporabljajo tudi cevi, ki so po celotni dolžini narejene iz umetne mase in ojačane s steklenimi vlakni. Pri udaru strele lahko v bližnjih zankah in napravah v objektu nastanejo inducirane napetosti. Zato v oddaljenosti 1 m od lovilnega sistema ni ozemljenih delov. Tako je z ločilno razdaljo s med prevodnimi deli dosežena električna izolacija odvodov in lovilnega sistema na eni strani, na drugi strani pa zaščita kovinskih inštalacij, sistemov za oskrbo z električno energijo, kot so odjemno merilno mesto in informacijske tehnologije. Izvedba mora biti skladna s standardom SIST EN 62305-3. Slika 17 prikazuje izvedbo odvoda z visokonapetostno izolacijo HVI, ki je nameščen v izolirani cevi. Izoliran odvod s HVI je določen z ločilno razdaljo $s = 0,75$ m v zraku in $s = 1,50$ m za trdne gradbene materiale. Odvod z visokonapetostno izolacijo HVI je povezan z glavno zbiralko za izenačevanje potencialov. Izolirana cev je pritrjena na leseno strešno konstrukcijo. Odvodi potekajo vzdolž strešnih špirovcev, nameščenih pod strešnimi letvami. Na spodnjem robu strehe odvod z visokonapetostno izolacijo HVI poteka skozi desko strešnega venca in je povezan z navpičnim odvodom do merilnega mesta.



Slika 17: Potek odvoda HVI na objektu s slamnato streho (vir 3)



Slika 18: Odvod HVI in prehod skozi desko strešnega venca (vir 3)

6.3 Zaščita pred napetostjo koraka in ozemljitveni sistem

V lesenih objektih so tla narejena iz lesenih konstrukcijskih elementov in imajo izolacijsko vlogo v primerih nastanka nevarnih potencialov koraka, dotika oziroma nevarnih potencialnih razlik. Za lesene objekte velja, da oblika in dimenzije ozemljitvenega sistema odločilno vplivajo na razpršitev toka strele v zemlji in na zmanjšanje potencialno nevarnih prenapetosti. Naloge ozemljitvenega sistema so doseči:

- prevodnost toka strele do zemlje;
- izenačitev potenciala med odvodi;
- potencialni nadzor v bližini prevodnih sten stavbe.

Za lesene objekte je priporočljiva ozemljitvena upornost manjša od 10Ω . Z vidika zaščite pred strelo je priporočena izvedba skupnega ozemljitvenega sistema objekta ali stavbe, ki je primerna za vse zaščitne namene, in sicer za zaščito pred delovanjem strele, napajalni sistem nizkonapetostne inštalacije in telekomunikacijski sistem.

V standardu SIST EN 62305-3 sta opisana dva osnovna tipa razporeditev ozemljil, ki tvorijo ozemljitveni sistem:

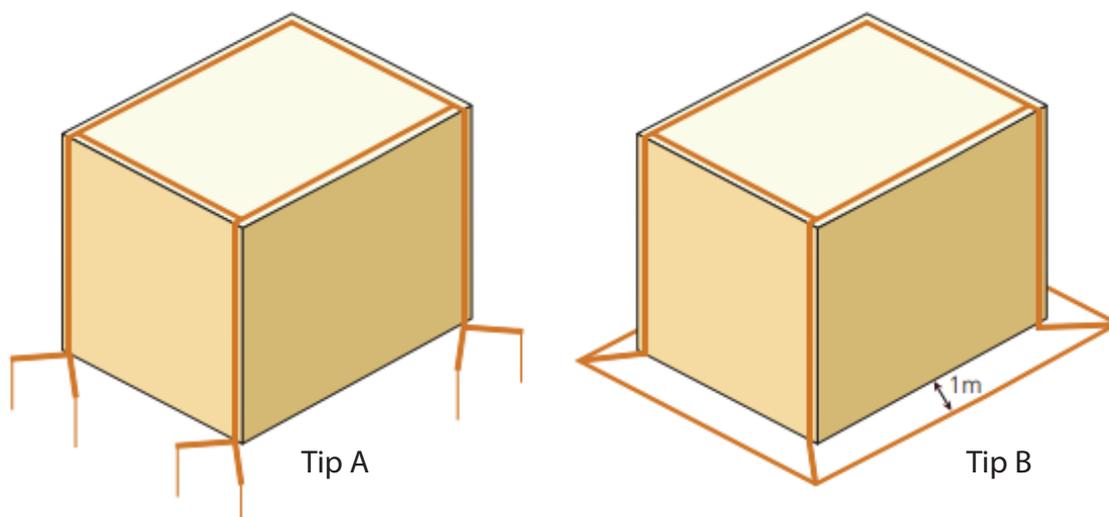
- ozemljilo tipa A, ki ga sestavljajo zvezdasta (horizontalna) površinska ozemljila in palična (vertikalna) globinska ozemljila, nameščena zunaj ščitene stavbe in povezana z vsakim odvodom. Pri tem število ozemljil ne sme biti manjše od dva;
- ozemljilo tipa B, ki je krožno ali obročasto in je nameščeno v okolici objekta. Obročasto ozemljilo zunaj ščitene objekta je treba namestiti na razdalji 1 m od stene objekta, s čimer dosežemo potencialno oblikovanje glede na nevarno napetost dotika. Če zunanjskega potencialnega obroča ni mogoče položiti ob objektu, potem se obroč namesti znotraj stavbe ali objekta. Obvezno je povezati vse kovinske dele in temeljno ozemljilo z armaturo.

Za objekte ali stavbe, narejene iz izolacijskega materiala, kot je opeka ali les, ki nima armiranih temeljev, naj se namesti ozemljilo tipa B.

Za zmanjšanje ozemljitvene upornosti ozemljila tipa B se dodajajo vertikalna ali radialna ozemljila. Prav tako se ustrezno oblikuje napetost potenciala ob udaru strele za preprečitev nevarnosti napetosti koraka ali napetosti dotika.

Ozemljila tipa B pri lesenih objektih opravljajo tudi nalogo izenačitve potencialov med odvodi na nivoju zemlje, saj imajo različni odvodi različne potenciale, kar je rezultat neenakomerne porazdelitve tokov strele po njih, na primer zaradi različnih upornosti zemlje.

Pri lesenih objektih, kjer se zbira večje število ljudi, je treba predvideti dodatno oblikovanje potenciala. Na takšnih površinah naj se namestijo dodatna obročasta ozemljila, in sicer na razdalji približno 3 m. Bolj kot so obročasta ozemljila oddaljena od objekta, globlje naj bodo zakopana, in sicer pri oddaljenosti 4 m od objekta v globino 1 m, pri 7 m od objekta v globino 1,5 m in tista pri oddaljenosti 10 m v globino 2 m. Ti obroči naj bodo z radialnimi vodniki v zemlji povezani med seboj in s prvim obročastim ozemljilom.



Slika 19: Tipi ozemljil v skladu s standardom SIST EN 62305 – 3 (vir 8)

Pri izvedbi ozemljil za lesene objekte je treba upoštevati:

- v skladu s standardom SIST EN 62305-3 je priporočena upornost ozemljitvenega sistema manjša od 10Ω ;
- obročasta ozemljila tipa B morajo biti nameščena na globini najmanj 0,5 m in v razdalji 1 m okoli zunanjih zidov objekta;
- za ozemljila tipa A morajo biti povezave do paličastih ozemljil položene na globini najmanj 0,5 m;
- z ozemljitveno mrežo zunaj objekta je v primeru velikih specifičnih upornosti tal treba oblikovati napetostni potencial zaradi napetosti koraka. Izvesti je treba sistem mrežnega ozemljila;
- jeklena armatura v betonskih temeljih naj bo uporabljena kot ozemljilo in naj bo ustrezno povezana z ozemljilnim sistemom;
- temeljno ozemljilo se povezuje v ozemljilo tipa B, s čimer se dosežeta nizka ozemljitvena upornost in lažja vzpostavitev ločilnih razdalj v stavbi, ter je osnova za izolirani sistem zaščite pred strelo in tvorjenje ekvipotencialne referenčne ploskve;
- temeljno ozemljilo pomeni zaščito pred korozijo;
- temelj objekta ali jeklena armatura temeljnega betona se mora uporabiti kot temeljna zemeljska elektroda. S tem se dosežeta nizka ozemljitvena upornost in dobra ekvipotencialna referenčna ploskev z izhodiščnim potencialom.

V tehnični smernici TSG-N-003 so opisani ukrepi za zmanjšanje previsoke napetosti koraka, če ta presega dovoljeno vrednost:

- oblikovanje mreže ozemljilnega sistema;
- izvedba potencialne izenačitve z oblikovanjem gostote mreže ozemljilnega sistema;
- uporaba plasti izolacijskega materiala, kot je asfalt;
- namestitev fizične ovire in opozorila za zmanjšanje možnosti dotika do odvodov znotraj 3-metrskega območja.

6.4 Zaščita pred napetostjo dotika in izenačitev potencialov

V tehnični smernici TSG-N-003 je določena izvedba izenačitve potencialov, s čimer se preprečijo nevarna iskrenja in preboji med kovinskimi konstrukcijami, med povezavami različnih inštalacij in zunanjimi prevodnimi deli ter povezavami stavbe z okolico.

Pri lesenih stavbah se izenačitev potencialov izvede na naslednjih elementih:

- izenačitev potencialov kovinskih inštalacij, kjer so povezave izdelane direktno in po najkrajši poti – pri neizoliranem sistemu zaščite se izenačitev izvede v pritličju na nivoju priključkov, pri izoliranem sistemu pa se izenačitev izvede na nivoju ozemljilnega sistema in povezanega potencialnega obroča;
- izenačitev potencialov zunanjih prevodnih delov se izvede ob vstopu v stavbo, kjer mora povezovalni vodnik imeti zadosten presek in biti sposoben prevajati predvideni del toka strele;
- izenačitev potencialov v notranjem delu sistema zaščite pred strelo se izvede z oklopljanjem, ozemljevanjem ter povezovanjem naprav in opreme v okviru istega ozemljitvenega sistema;
- izenačitev potencialov v sistemih oskrbovalnih vodov, kjer naj bodo vsi vodniki oskrbovalnega voda povezani direktno ali prek iskrišč oziroma prenapetostnih zaščitnih naprav na ozemljitveni sistem stavbe, v katero se vključujejo.

Zaščita pred nevarnostmi napetosti dotika se v lesenih stavbah zagotavlja z naravnim sistemom kovinskih mas, sestavljenih iz številnih paralelnih poti in povezav ter z zagotovljeno dobro električno prevodnostjo. Prehodna upornost površinske plasti tal znotraj 3 m od odvoda ni manjša od 100 k Ω .

7 KONZULTACIJE S POOBLAŠČENIM S POOBLAŠČENIM ARHITEKTOM GLEDE SKUPNIH REŠITEV LOVILNE MREŽE IN ODVODOV

V skladu z Zakonom o arhitekturni in inženirski dejavnosti je treba zagotoviti sodelovanje na osnovi opravljanja poklicnih nalog in neodvisnosti pooblaščenih arhitektov in inženirjev ter strokovnega sodelovanja v skladu z gradbeno zakonodajo in zadnjega stanja stroke.

Poklicne naloge pooblaščenega arhitekta so arhitekturno projektiranje objektov, zlasti stavb in odprtega prostora.

Poklicne naloge pooblaščenega inženirja s področja elektrotehnike se nanašajo na strokovno področje elektrotehniške stroke, zlasti na sisteme, stroje, opremo, naprave in inštalacije, proizvodnjo, prenos, distribucijo, transformacijo in akumuliranje električne energije, uporabo električne energije, zaščito pred delovanjem strele in drugih prenapetosti, zaščito pred negativnimi učinki delovanja električne energije, razsvetljavo, upravljanje, regulacijo, avtomatizacijo, meritve, krmiljenje, signalizacijo in nadzore, protieksplozijsko, požarno in tehnično varovanje, medijske tehnologije, telekomunikacije in informacijske tehnologije.

Pri arhitekturno razgibanih objektih in specifičnih primerih zunanje zaščite pred strelo je primerno vzpostaviti sodelovanje pooblaščenega arhitekta in pooblaščenega inženirja elektrotehnike za projektiranje, in sicer že v fazi arhitekturnih zasnov objekta ter projektnih rešitev zunanje zaščite pred strelo.

Za sistem zaščite pred strelo morajo pooblaščeni arhitekti in pooblaščeni inženirji poklicne naloge po tem zakonu opravljati neodvisno. Pooblaščeni arhitekti in pooblaščeni inženirji morajo poklicne naloge, kot je projektiranje, po tem zakonu dejansko opravljati in biti osebno prisotni pri vseh poklicnih nalogah, ki jih izvajajo. V procesu sodelovanja pooblaščenih arhitektov in pooblaščenih inženirjev v fazi projektiranja in po potrebi dodatnih strokovnjakov, specializiranih za področje zaščite pred strelo, ki so lahko vključeni v projektne rešitve in pripravo projektne dokumentacije, je treba urediti naslednja področja:

- ugotoviti posebnosti lokacije objekta v prostoru in skladnost dokumentacije s prostorskimi in izvedbenimi akti;

- spoznati arhitekturo objekta in izdelati oceno tveganja ob nevarnosti udara strele, ugotoviti ukrepe za izvedbo zaščite pred strelo in določiti zaščitni nivo;
- izvesti modeliranje zunanjega sistema zaščite pred strelo in preveriti skladnost z arhitekturo objekta ali stavbe oziroma preveriti izpostavljenost elementov arhitekture na zunanji strani objekta;
- izvesti izbor zunanjega sistema zaščite pred strelo (izolirani, neizolirani), ugotoviti vpliv na izgled in obliko arhitekture objekta ter pripraviti najoptimalnejše možnosti zunanjega sistema zaščite pred strelo, ki je sprejemljiv z oblikovnega, tehničnega in finančnega vidika.

Že v času projektiranja morajo udeleženi strokovnjaki uskladiti projektne rešitve in celovitost projektne dokumentacije tudi za zunanji sistem zaščite pred strelo obravnavanega objekta, ki mora obsegati:

- zaščitni nivo stavbe ali objekta;
- varnostne in ločilne razdalje kovinskih mas;
- tloris strehe in videz stavbe z mrežami lovilcev in odvodov;
- dogovor glede vpetja, nosilnosti in tesnjenja zunanjega sistema zaščite pred strelo, kot so lovilna mreža na strehi objekta, odvodi in ozemljila;
- zemljišče in zemljino na lokaciji objekta ter vrsto ozemljil;
- ugotovitev skladnosti uporabljenih materialov in elementov za izvedbo zunanjega sistema zaščite ter skladnosti z gradbenim ovojem in zunanjo arhitekturo objekta ali stavbe;
- dogovor glede oblikovanja odvodov in lovilcev na zunanjih robovih in izpostavljenih delih stavbe ali objekta;
- potrditev lovilnega sistema na strehi in izpostavljenih delih ter skladnost z arhitekturno obliko objekta;
- obravnavo spomeniško zaščitenih delih stavbe in izvedbo zunanjega sistema zaščite pred strelo;
- steklene dele zunanjih površin objekta ter namestitev lovilcev in odvodov;
- predstavitev zunanjega sistema zaščite pred strelo investitorju kot rezultat sodelovanja pooblaščenega arhitekta in pooblaščenega inženirja elektrotehnike kot strokovnjaka za zaščito pred strelo ter pridobitev investitorjevega soglasja.

8 REGLED ZAHTEV POŽARNE VARNOSTI IN PRILAGODITEV

Gradbeni zakon določa, da morajo objekti izpolnjevati bistvene zahteve glede na namen, vrsto, velikost, zmogljivost, predvidene vplive in druge značilnosti objekta. Pri lesenih objektih je treba še posebej poudariti bistveno zahtevo glede varnosti pred požarom. Za požarno varnost lesenih objektov velja:

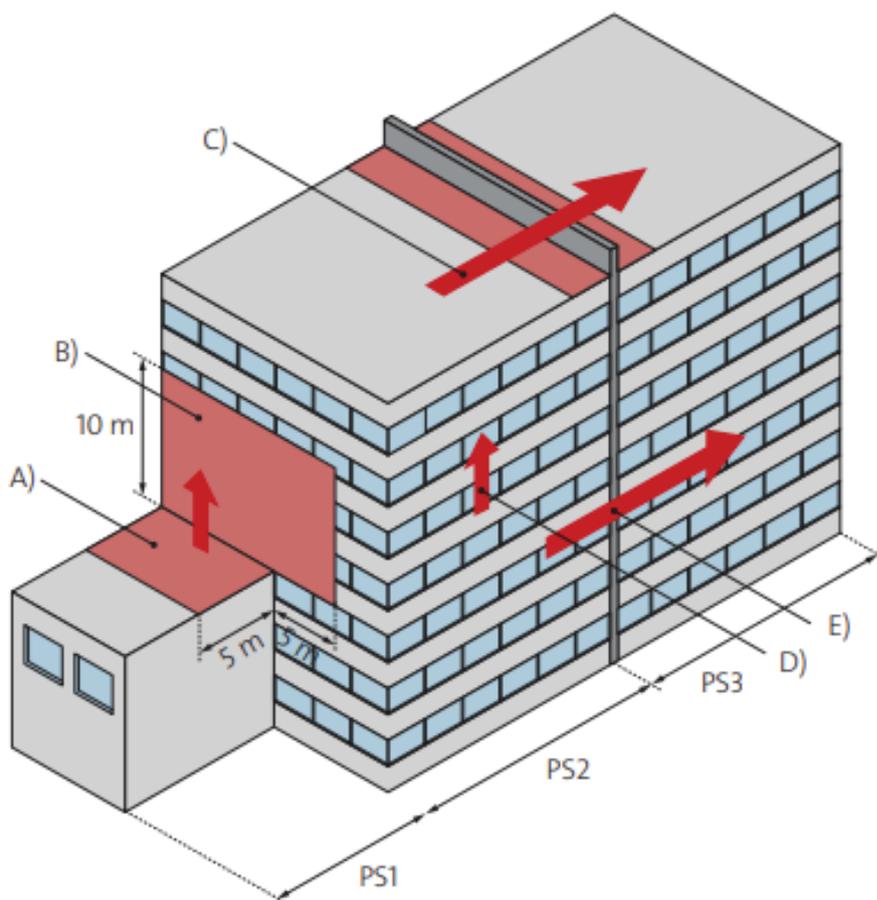
- leseni objekti morajo zagotavljati varno ukrepanje gasilcev in reševalcev;
- nosilna konstrukcija objekta mora ob požaru določen čas ohraniti potrebno nosilnost;
- za omejitev hitrega širjenja požara po objektu morajo biti uporabljeni gradbeni elementi, ki se težko vnetljivi;
- za omejitev širjenja požara je treba objekt razdeliti v požarne sektorje in objekt mora zagotavljati zadostno število ustreznih evakuacijskih poti;
- v objektih morajo biti nameščeni oziroma vgrajeni ustrezni sistemi in naprave ter oprema za gašenje požara;
- zunanje stene, strehe objektov in ločilne stene morajo zmanjšati nevarnost širjenja požara na sosednje objekte.

Omenjene zahteve in izbor materialov je treba uskladiti s strokovnjakom s področja požarne varnosti.

Zato je bistvenega pomena tudi pravilno izbran in izveden zunanji sistem zaščite pred strelo, da ne prihaja do nevarnosti nastanka požara ob udaru strele. Pri tem je treba zagotoviti ustrezne odmike in pravilno vpetje strelvodnih vodnikov, ustrezno dimenzioniranje sistema dovodov in lovilcev ter izbor materiala, oblike lovilcev in odvodov, da se tok ustrezno porazdeli, ter kakovost spojev, da ne prihaja do pregrevanja in nevarnosti požara sten, ostrešij in streh.

V primeru udara strele v objekt brez sistema zaščite pred strelo obstaja nevarnost nastanka požara in širjenja po zunanjih stenah in strehi stavbe. Zunanje stene in streha stavbe morajo biti projektirani in grajeni tako, da toplotno sevanje za določen čas ne more povzročiti vertikalnega prenosa požara po zunanjih stenah in nižje ležečih strehah, niti horizontalnega prenosa požara po zunanjih stenah na strehi.

Na sliki 20 iz tehnične smernice TSG-1-001 – Požarna varnost v stavbah so prikazani primeri ukrepov za preprečevanje prenosa požara po zunanjih stenah in strehi med požarno ločenimi deli stavb. Nepravilno izbrana zaščita pred strelo lahko povzroči nastanek požara na zunanjih stenah in predvsem na strehi, če je ta iz lesa ali lesenih gradbenih materialov ter oblog.



- A) Če je zunanja stena nad streho nižjega dela stavbe požarno nezaščitenjena, mora imeti ta del strehe zadostno požarno odpornost RE, ali pa mora biti v prizitku sprinklerski sistem gašenja
- B) Ta del zidu ne sme imeti požarno nezaščitenjenih površin, če streha nižjega dela stavbe nima zadostne požarne odpornosti RE
- C) Horizontalni prenos požara preko strehe se prepreči s požarnim zidom, ki sega najmanj 30 cm nad streho ali s požarno odporno streho v širini najmanj 1 m na obeh straneh požarnega sektorja
- D) Vertikalni prenos požara preko fasade se prepreči z zadostnimi razmiki med okni ali vgradnjo sprinklerskega sistema gašenja
- E) Horizontalni prenos požara preko fasade se prepreči z zadostnimi razmiki med okni in vgradnjo negorljivih materialov

Slika 20: Primeri ukrepov za preprečevanje prenosa požara po zunanjih stenah in strehi med požarno ločenimi deli stavb (vir 9)

Ravne strehe z gorljivim materialom morajo imeti zahtevani razred odziva na ogenj za posamezne gorljive vrhnje sloje. Torej morajo posamezni elementi lesene strehe zagotavljati določeno ognjeodpornost, ki ne sme biti prekoračena v času udara strele. Strešne konstrukcije oziroma proizvodi, iz katerih je streha narejena, ne smejo pospešiti širjenja požara po stavbi ali ob požaru v stavbi ogrožati sosednjih objektov.

V standardu SIST EN 62305-3 je z vidika požarne varnosti na objektu treba določiti:

- mesto namestitve alarmnega in gasilnega sistema;
- polaganje vodnikov, konstrukcijski material objekta in tesnitev kanalov;
- zaščitne ukrepe za objekte z gorljivo streho.

Pri stavbah z leseno podkonstrukcijo fasade je ne glede na zaključni sloj ali izolacijsko oblogo treba upoštevati zahteve, ki veljajo za fasade z leseno oblogo. To so:

- pri vseh lesenih fasadah je nujno, da se izvede fasada brez praznih prostorov, skozi katere bi se požar lahko širil. To pomeni, da morajo biti odvodi tesno prekriti z izolacijskim materialom;
- zunanji zaključni sloj iz negorljivega materiala mora biti debeline najmanj 0,5 mm;
- če se pri fasadi uporabi les kot zunanja obloga ali kot podkonstrukcija fasade, je treba za toplotno izolacijo uporabiti negorljiv material razreda A1 ali A2.

Razred A1 – v nobeni fazi požara, tudi pri polno razvitem požaru, proizvodi ne prispevajo k širitvi požara in požarni obremenitvi. Primeri: kamen, opeka, kovine, anorganski materiali z manj kot 1 % organskih snovi in izolacijski proizvodi iz mineralnih vlaken.

Razred A2 – proizvodi izpolnjujejo enaka merila kot razred B in manj stroga merila kot razred A1. Pri polno razvitem požaru ne povečajo požarne obremenitve in ne pospešujejo širitve požara. Primeri: sendvič plošče iz kamene mineralne volne in mavčne plošče.

9 SODELOVANJE Z NADZORNIKOM IN GRADBENIM IZVAJALCEM

Sodelovanje z nadzornikom

Sodelovanje nadzornika in gradbenega izvajalca, kamor prištevamo tudi izvajalca gradbeno-obrtniških del za zunanji sistem zaščite pred strelo, je treba vzpostaviti že v času pripravljanih del gradnje in priprave gradbišča. Glede na gradbeno zahtevnost objekta in specifičnost lokacije nadzornik v sodelovanje pri nadzoru vključi pooblaščenega inženirja elektrotehnike kot strokovnjaka, specializiranega za zaščite pred strelo. Poudarki skupnega dela omenjenih strokovnjakov so zaključki posameznih gradbenih faz, ki vključujejo zunanji sistem zaščite pred strelo. Predhodno je treba določiti kontrolne točke zunanjega sistema zaščite v posameznih gradbenih fazah objekta. Na začetku sodelovanja je treba ugotoviti vse dejavnike, ki bodo v času gradnje vplivali tudi na sistem zaščite pred strelo novega objekta.

Nadzor v fazi priprave na gradnjo:

- nadzornik, če sam nima potrebnih znanj, za izvajanje nadzora nad gradnjo določi pooblaščenega strokovnjaka za področje elektrotehnike za sistem zaščite pred strelo za strokovni del nadzora. Po potrebi lahko v fazi priprave in tudi kasneje med izvedbo angažira dodatne strokovnjake s specialnimi znanji za posvetovanje;
- nadzornik in pooblaščen strokovnjak (za področje zaščite pred strelo), ki je vključen v nadzor nad gradnjo, se dogovorita za skupno izvajanje nadzora nad ključnimi točkami in fazami izvedbe zaščite pred strelo ter redno spremljanje gradnje. Dogovorita se za odpravljanje napak in nepravilnosti na zaščiti pred strelo, ki morebiti nastanejo med gradnjo objekta;
- nadzornik v sodelovanju s pooblaščenim strokovnjakom za zaščito pred strelo in gradbenim izvajalcem ugotovi osnovne značilnosti gradnje objekta ali stavbe kot primer dobre prakse:
 - teren in lokacija objekta;
 - stanje in vrsta zemljine;
 - potek in razporeditev drugih komunalnih infrastruktur na lokaciji objekta;
 - osnovne značilnosti arhitekture objekta z izpostavljenimi elementi na strehi in zunanjem obodu stavbe;
- nadzornik zagotovi koordinacijo vseh strokovnjakov za kakovostno izvajanje nadzora, preventivno delovanje in preprečevanje napak v času gradnje tudi za področje zaščite pred strelo.

Nadzor v fazi izvedbe:

- nadzornik in pooblaščen strokovnjak za zaščito pred strelo izvajata nadzor gradnje objekta in tudi zunanjsega sistema zaščite pred strelo v skladu s projektno dokumentacijo objekta;
- nadzornik redno spremlja gradnjo objekta in izvedbo zunanjsega sistema zaščite pred strelo in potrjuje svoje ugotovitve v gradbenem dnevniku. Ključne faze in kontrolne točke nadzora so:
 - lovilna mreža in pravilnost vpetja ter tesnjenja;
 - odvodi in povezave med lovilno mrežo in ozemljili;
 - pregled presekov in materialov lovilne in odvodne mreže;
 - kontrola odmikov v primeru izoliranega sistema;
 - pregled in potrditev ločilnih mest in merilnih točk na odvodih;
 - povezava z armaturo in naravnimi elementi objekta, ki so vključeni v zunanji sistem zaščite pred strelo;
 - v času gradnje sta priporočena fotografiranje ključnih elementov in postopkov pri izvedbi lovilnega in odvodnega sistema ter povezanost z ozemljilnim sistemom;
- če tehnične rešitve iz projektne dokumentacije niso ustrezne zaradi novih okoliščin v času gradnje objekta, je treba o odstopanju obvestiti pooblaščenega inženirja za projektiranje in investitorja. Pooblaščen inženir za projektiranje izdelava novo tehnično rešitev, ki jo vključi v projektno dokumentacijo objekta;
- nadzornik ustno in pisno opozori udeležence pri graditvi objektov o morebitnih kršitvah in dejanjih, ki so v nasprotju z določbami gradbene zakonodaje. Nepravilnosti je treba odpraviti. Če nadzornik ugotovi nepravilnosti, težje kršitve in odstopanja v izvedbi sistema zaščite pred strelo, gradnjo ustavi in o tem obvesti investitorja;
- nadzornik vsebinsko preverja in s podpisom potrdi skladnost izvedenih del in projektne dokumentacije izvedenih del ter pripravi dokazila, izjave in priloge o zanesljivosti objekta tudi za področje zaščite pred strelo.

Sodelovanje z gradbenim izvajalcem in izvajalcem gradbeno-obrtniških del

Sodelovanje nadzornika, gradbenega izvajalca in po potrebi pooblaščenega inženirja za projektiranje je treba zagotavljati v času gradnje. Poudarki skupnega dela strokovnjakov so na pripravi in izvedbi vsakega posameznega elementa zunanje zaščite pred strelo. Gradbeni izvajalec se posvetuje in pridobi informacije o:

- nosilcih in odmikih;
- odmikih glede na vrsto zunanjsega sistema zaščite pred strelo;
- oblikovanju lovilcev;
- vpetju odvodov;
- tesnosti lovilnega sistema in pritrditvi na streho;
- požarni varnosti izvedbe zunanjsega sistema zaščite pred strelo.

Vse izvedene elemente zaščite je treba pregledati in zapisati v gradbeni dnevnik.

Gradbeni izvajalec v fazi priprave na gradnjo:

- izbere pravilne materiale iz popisa tehnične dokumentacije;
- uporabi predpisano orodje za montažo;
- spozna vse potrebne tehnologije in postopke;
- upošteva navodila in redno sodeluje z izbranim strokovnjakom za zaščito pred strelo glede namestitve lovilne mreže in odvodov ter povezave z ozemljili;
- po potrebi angažira dodatne strokovnjake s specialnimi znanji za posvetovanje o detajlih načina izvedbe.

Gradbeni izvajalec v fazi gradnje:**Lovilna mreža in odvodi**

- Gradbeni izvajalec od pooblaščenega inženirja za projektiranje in po potrebi tudi od strokovnjaka s specialnimi znanji za zaščito pred strelo pridobi navodilo in usmeritve glede specifik in izvedbe sistema zaščite pred strelo na objektu ali stavbi.
- Dogovoriti je treba izvedbo vodnikov zunanjega sistema zaščite pred strelo (lovilci, odvodi), če ti potekajo pod površino ovoja ali strehe. Pri tem je pomembno pravilno izvesti odvode v izolacijskih ceveh in prehode skozi ovoje, strehe in stene.
- Gradbeni izvajalec upošteva in zagotovi odmike lovilnega in odvodnega sistema, ki so določeni v projektu.
- Lovilna mreža se namesti po robovih in slemenu strehe. Prav tako je treba število lovilcev izvesti v skladu s projektom.
- Pritrditev odvodov na stene mora biti mehansko trdno izvedena. Odvodi, ki potekajo pod streho, morajo zagotavljati tesnost prehodov. Posebej se določi način pritrdjevanja.
- Gradbeni izvajalec se posvetuje glede povezave kovinskih kritin, če so primerne kot sestavni del zunanjega sistema zaščite pred strelo.
- Gradbeni izvajalec izvede povezavo ozemljil objekta z energetskimi in telekomunikacijskimi vodi in napravami, da se zagotovi ustrezna zaščita na osnovi skupnega ozemljilnega sistema.
- Za lesene konstrukcije, stene in zidove se določi in izvede primerna metoda pritrditev vodnikov zunanjega sistema zaščite pred strelo, da se zagotovijo odmiki, trdnost nosilcev in tesnost prehodov.

- Gradbeni izvajalec zagotovi varno izvedbo tudi glede požarne varnosti za prehode vodnikov zunanega sistema zaščite pred strelo skozi površine in stene stavbe.
- Gradbeni izvajalec kontrolira povezavo vodnikov zunanega sistema zaščite pred strelo in ozemljil z jeklenimi armaturami, ki bodo obdane z betonom, in to ustrezno dokumentira s fotografiranjem.
- Gradbeni izvajalec omogoči dostopnost preizkusnih spojev na višini, kjer je mogoče izvajati meritve v skladu z navodili stroke in nalogami preglednikov.
- Gradbeni izvajalec pripravi načrte, skice in opise izvedenih elementov zunanega sistema zaščite pred strelo glede na lokacijo in arhitekturo objekta.
- Gradbeni izvajalec zagotovi pravilno povezavo med lovilnim in odvodnim sistemom ter ozemljili glede na vrsto materiala: baker, aluminij, pocinkano jeklo.

Ozemljilni sistem

- Gradbeni izvajalec s pooblaščenim inženirjem za projektiranje in po potrebi z dodatnim strokovnjakom, specializiranim za zaščito pred strelo, izbere ustrezne ozemljilne elektrode in ozemljilne trakove ter se dogovori za izvedbo ozemljilne mreže za zaščito pred nevarnostjo napelosti dotika in koraka.
- Gradbeni izvajalec posveti posebno pozornost povezavi kovinske armature temelja s pravilno namestitvijo kontaktnih sponk.
- Gradbeni izvajalec izbere ustrezne materiale za ozemljila v skladu standardom glede vrste materiala, preseka, debeline in dolžine palic armature ali povezave z ozemljilnimi trakovi, kar je določeno v projektu.
- Armatura v temelju naj bo oblikovana v mrežo z velikostjo mrežnega kvadrata, ki ne presega 10 m. Ta naj bo nameščena v čisto betonsko plast na dnu jame temeljev.
- Pravilna namestitev navpičnih paličnih ozemljil, da se zagotovi prevodna povezava vzdolž celotne elektrode.
- Pravilna izvedba ozemljil, da se zagotovi predpisana oddaljenost do obstoječih kablov, kovinskih cevi in drugih infrastrukturnih mrež na lokaciji objekta.
- Vpisi v gradbeni dnevnik vseh ključnih faz, del in postopov izgradnje zunanega sistema zaščite pred strelo. Kot oblika dokumentiranja se fotografira vse ključne elemente.

10 SODELOVANJE PREGLEDNIKA ELEKTRIČNIH IN STRELOVODNIH INŠTALACIJ

Preglednik strelovodnih inštalacij sodeluje z gradbenim izvajalcem in nadzornikom glede prvih meritev, periodike in postopkov preverjanja, kot so pregled, meritve, funkcionalni preizkusi in odprava ugotovljenih pomanjkljivosti, ter glede posebnosti izvedbe zaščite pred strelo na objektu ali stavbi.

Na lesenih objektih naloge, povezane s preverjanjem sistemov zaščite pred strelo, po Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele smejo opravljati le posamezniki s pridobljeno nacionalno poklicno kvalifikacijo za pregledovanje električnih inštalacij v skladu z zakonom o nacionalnih poklicnih kvalifikacijah.

Pristojnosti preglednika električnih in strelovodnih inštalacij za lesene objekte so zapisane v tehnični smernici TSG-N-003:

- sodelovanje z gradbenim izvajalcem in nadzornikom (po potrebi tudi z drugim strokovnjakom) z znanji s področja zaščite pred strelo;
- prisotnost pri vseh gradbenih fazah, ki bi lahko vplivale na preverljivost izvedbe zaščite pred strelo;
- v času pregledov mora poleg varnosti, zanesljivosti in funkcionalnosti sistema zaščite pred strelo preveriti tudi uporabo predpisanih gradbenih proizvodov;
- mora se seznaniti in upoštevati rezultate in priporočila predhodnih preverjanj;
- istočasno izvede preverjanje nizkonapetostne električne inštalacije in sistema zaščite pred delovanjem strele;
- po opravljenem preverjanju lahko na vidnem mestu strelovodne inštalacije namesti svojo številko potrdila o usposabljanju in datum opravljenega pregleda.

Preglednik mora za na novo izvedene sisteme zaščite pred strelo na lesenih objektih po končanih delih opraviti funkcije preverjanja, kot so: pregled, preskus in meritve vgrajenega sistema zaščite pred strelo. Pravilnost in varnost izvedbe sistema zaščite pred strelo ter skladnost s pravilnikom dokazuje zapisnik. Zapisnik je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta, kot je določen v predpisih, ki urejajo graditev objektov, in mora biti izdelan v obsegu in na način, kot je to določeno v tehnični smernici.

Vzdrževalci in pregledniki morajo pri pregledih upoštevati, da za posamezen objekt veljajo tisti obvezni predpisi, ki jih je projektant navedel v projektni dokumentaciji.

Preverjanje – osnova naloga preglednika

Osnovna naloga in aktivnost preglednika v tehnični smernici TSG-N-003 je izvajanje preverjanja in drugih del za doseganje projektnih parametrov ščitenja in varnosti objektov v primerih udarov strel. Med dela prištevamo: vizualne preglede, preskuse in meritve vgrajenega sistema, vključno s tistimi deli električnih inštalacij, ki so s tem sistemom neločljivo povezani. Periodika rednih pregledov je določena v Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele glede na vrsto stavb, zaščitni nivo, izpostavljenost ekstremnim vplivom in obremenitve objektov. Izredni pregledi se opravijo po vsakem direktnem udaru strele v zaščitni sistem, po poškodbah oziroma posegih, vključno z rekonstrukcijo sistema zaščite pred strelo.

Pri pregledih lesenih objektov se preveri varnost vgrajenega sistema in sestavi zapisnik, kot je to določeno v tehnični smernici. Če preglednik ugotovi nepravilnosti na sistemu zaščite pred strelo, ki predstavljajo ali bi lahko predstavljale nevarnost, v zapisnik vnese predlog potrebnih ukrepov za sanacijo stanja.

Pregledi, preizkusi, meritve in njihova periodika morajo biti vključeni v sistem vzdrževanja objekta kot osnova za varno in zanesljivo delovanje v življenjski dobi uporabe objekta.

11 NAVODILA ZA VZDRŽEVANJE IN PREGLEDE SISTEMOV ZAŠČITE PRED STRELO

Lastnik stavbe mora v skladu z določbami Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele zagotavljati pravočasno in pravilno vzdrževanje sistema zaščite pred strelo. V načrt vzdrževanja mora v skladu s predpisi, ki urejajo vzdrževanje stavb, vnesti tudi pravila za uporabo in vzdrževanje sistema zaščite pred strelo.

Po prvem preverjanju zaščite pred strelo v času novogradnje in kasneje ob prehodu stavbe v obratovanje se pregled, meritve, preskusi in odprava pomanjkljivosti uvrstijo v sistem vzdrževanja stavbe s predpisano periodiko, postopki in opisi vzdrževalnih del.

Vzdrževanje sestavljata »preventivno (preprečevalno) vzdrževanje«, ki se opravi pred nastankom okvare z namenom, da se ohranja življenjska doba naprav in inštalacij, ter »kurativno (popravljalno) vzdrževanje«, ki se opravi po nastali okvari z namenom, da se stavba ali objekt naprave in inštalacije povrnejo v stanje, ko so sposobne opravljati funkcije, zaradi katerih so vgrajene.

Vzdrževalna dela za lesene objekte in stavbe so:

- pregled;
- odprava pomanjkljivosti;
- preizkusi, meritve, diagnostika;
- obnova.

Pregled

Pri lesenem objektu ali stavbi je treba pregledati in kontrolirati:

- stanje zunanjega lovilnega sistema in odvodov;
- zrahljanost spojev ali poškodbe vodnikov in povezav;
- korozijo ali oslABLJENE dele strelovoda, zlasti v stikih s tlemi;
- poškodbe ozemljilnih priključkov;
- da so prehodi vodnika iz temelja v zemljo in iz zemlje v nadzemni del zaščiteni z ustrezno izolacijo (npr. bitumenski trak, izoliran vodnik itd.);
- da so vsi vidni vodniki in sestavni deli strelovodnega sistema pritrjeni,

- da na ščiteni stavbi ni prišlo do dodatnih konstrukcijskih ali gradbenih sprememb, ki bi zahtevale dodatne zaščitne ukrepe;
- da ni znakov poškodb strelovodnega sistema;
- da so povezovalni vodniki in spoji v stavbi primerno nameščeni;
- da je izenačitev potencialov izvedena in nepoškodovana;
- da so galvanske povezave s sosednjimi stavbami ustrezno izvedene in nepoškodovane;
- da so ločilne razdalje, povezovalni vodniki, spoji in naprave za zaslanjanje primerno izbrani in ohranjeni;
- da so kabli in prenapetostne zaščitne naprave pravilno nameščeni ter pravilno povezani z ozemljilnim sistemom;
- da je izveden pregled zaščitnih ukrepov pred nevarnostmi zaradi previsokih napetosti dotika in koraka na mestih, kjer se gibljejo ljudje.

Odprava pomanjkljivosti

Pomanjkljivosti, ki jih je treba odpraviti:

- manjša popravila strelovodov in zaščite pred strelo;
- zamenjava in čiščenje elementov in naprav zaščite pred strelo;
- čiščenje in popravilo merilnih stikov, spojev in galvanskih povezav ter izenačitev potencialov;
- antikorozijska zaščita posameznih elementov sistema zaščite pred strelo;
- zamenjava posameznih elementov zaščite pred strelo;
- antikorozijska zaščita elementov pri prehodu v zemljo;
- namestitev manjkajočih oziroma poškodovanih oznak, shem.

Preizkusi, meritve, diagnostika

Treba je izvesti naslednje:

- ugotoviti, ali medsebojne razdalje v lovilni mreži in med posameznimi odvodi ustrezajo projektiranemu zaščitnemu nivoju strelovodnega sistema;
- ugotoviti, ali medsebojne razdalje med različnimi kovinskimi deli ali deli drugih inštalacij ustrezajo v projektu izračunani ločilni razdalji;
- opraviti poskusni izkop ozemljila v primeru opažanja znatnejših korozijskih vplivov ali nenavadnega povečanja ozemljilne upornosti;
- opraviti meritev neprekinjenosti oziroma povezanosti kovinskih delov v enoten ozemljitveni sistem;
- opraviti meritev ozemljitvene upornosti združenega sistema ozemljil;
- opraviti meritev ozemljitvene upornosti posameznega ozemljila;
- opraviti meritev neprekinjenosti galvanskih povezav in spojev, s čimer se dokaže njihova majhna električna upornost med točkama povezave;
- opraviti meritev napetosti dotika in koraka na posebej izpostavljenih mestih, kjer se pričakujejo nevarne potencialne razlike.

Obnova – večji posegi

Treba je opraviti naslednje:

- večja popravila in obnova sistema zaščite pred strelo;
- zamenjava celotne opreme, elementov, naprav;
- antikorozijska zaščita vseh delov zaščite pred strelo;
- popravila lovilne mreže, napeljav, odvodov, ozemljil;
- dopolnitev in izvedba kombinirane zaščite pred strelo: izoliran in neizoliran sistem.

12 VIRI IN LITERATURA

1. VDE Verlag gmbh: "Blitzschutz von Schutzhütten", VDE-navodilo, VDE Verband der Elektrotechnik, Berlin, 2020
2. Uredba o razvrščanju objektov in Priloga 1: Klasifikacija objektov, Uradni list RS, št. 96/22
3. DEHN und sohne: "Blitzplaner – Überspannungsschutz Blitzschutz / Erdung / Arbeitsschutz", DEHN 3. aktualisierte Auflage, Neumarkt, 2013
4. Žitnik B., Babuder M., Vidmar M., Ogrizek D., Kaube P.: Sistemi zaščite pred strelo in pred prenapetostmi, Kočevski tisk, 2022
5. Standard SIST EN 62305-2: 2012 Obvladovanje tveganja – analiza rizika v okviru odvisnosti od potrebe po zaščiti pred delovanjem strele
6. Standard SIST EN 62305-3:2011 Zaščitni ukrepi, ki zmanjšujejo fizične škode in življenjske nevarnosti vsled udarov strele v objekte
7. Vodnik za zaščito OBO: "Blitzschutzleifdaten zur Unterstützung bei der Planung von Blitz und Überspannungsschutzsystemen", OBO GmbH &Co., Iserlohn, Nemčija, 2019
8. Technical Handbook: nVent ERICO "Lightning Protection Handbook Designing to the IEC 62305 Series of Lightning Protection Standards", Minnesota, St. Louis, 2018
9. Tehnična smernica TSG-1-001:2019 Požarna varnost v stavbah, julij 2019
10. Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele, Uradni list RS, št. 140/21
11. Tehnična smernica TSG-N-003:2021 Zaščita pred delovanjem strele, september 2021



Inženirska zbornica Slovenije

Jarška cesta 10/b, 1000 Ljubljana, Slovenija

T: +386 (0)1 547 33 40

E: izs@izs.si / **I:** www.izs.si