

---

**Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele – 2. del: Oklopljanje objektov,  
povezovanje znotraj objektov in ozemljevanje  
(enakovreden IEC TS 61312-2:1999)**

Protection against lightning electromagnetic impulse (LEMP) –  
Part 2: Shielding of structures, bonding inside structures and earthing

Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre (IEMF) –  
Partie 2: Blindage des structures, équipotentialité dans les structures et mise à la  
terre

[SIST IEC TS 61312-2:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000>

---

ICS      29.020; 91.120.40

Referenčna oznaka  
SIST IEC TS 61312-2:2000 (sl)

Nadaljevanje na straneh od 2 do 35

## NACIONALNI UVOD

Tehnična specifikacija SIST IEC TS 61312-2 (sl), Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele – 2. del: Oklopljanje objektov, povezovanje znotraj objektov in ozemljevanje, 2000, ima status slovenske tehnične specifikacije in je enakovredna mednarodni tehnični specifikaciji IEC TS 61312-2 (en), Protection against lightning electromagnetic impulse (LEMP) – Part 2: Shielding of structures, bonding inside structures and earthing, 1999.

## NACIONALNI PREDGOVOR

Mednarodno tehnično specifikacijo IEC TS 61312-2:1999 je pripravil tehnični odbor Mednarodne elektrotehniške komisije IEC/TC 81 Zaščita pred delovanjem strele.

Slovenska tehnična specifikacija SIST IEC TS 61312-2:2000 je prevod mednarodne tehnične specifikacije IEC TS 61312-2:1999. V primeru spora glede besedila slovenskega prevoda v tem standardu je odločilna izvirna tehnična specifikacija v angleškem jeziku. Slovensko izdajo standarda je pripravil tehnični odbor SIST/TC STZ Strelovodna zaščita.

Odločitev za privzem tega standarda je 3. februarja 2000 sprejel tehnični odbor USM/TC STZ, Strelovodna zaščita.

## OSNOVA ZA IZDAJO STANDARDA

- Privzem tehnične specifikacije IEC TS 61312-2:1999

## OPOMBI

## iTeh STANDARD PREVIEW

- Nacionalni uvod in nacionalni (predgovor nista sestavni del standarda).  
*SIST IEC TS 61312-2:2000*  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aa1b-9dd9-4bef-9ed6-0791e00a0000>
- V točki 1.2 tega standarda sta navedena dokumenta, ki sta bila v času izdaje IEC TS 61312-2:1999 še v pripravi, v času nastanka prevoda pa sta že izdana. To sta:  
IEC 61312-3:2000: Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 3. del: Zahteve za zaščitne naprave  
IEC 61312-4:2000: Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 4. del: Zaščita opreme v obstoječih objektih

<b>VSEBINA</b>	<b>Stran</b>
Predgovor .....	4
1 Splošno .....	6
1.1 Namen in predmet standarda .....	6
1.2 Zveza s standardi.....	6
1.3 Izrazi in definicije.....	7
1.4 Simboli .....	7
2 Elektromagnetni vir in žrtev motenja.....	8
3 Mrežasti oklopi prostora.....	9
3.1 Mrežasti oklopi v primeru bližnjih udarov strele .....	9
3.2 Mrežasti oklopi prostora v primeru direktnih udarov strele .....	10
3.3 Mrežasti oklopi prostora okolice $LPZ \geq 2$ .....	11
3.4 Eksperimentalni izračun magnetnega polja znotraj mrežastih oklopov prostora .....	11
3.5 Pravila pri nameščanju .....	11
4 Ozemljilni sistem .....	12
4.1 Sistem ozemljil.....	12
4.2 Povezovalna mreža .....	12
4.3 Kombinacija ozemljilnega sistema in povezovalne mreže .....	13
4.4 Primer za ureditev okopljanja, povezovanja in ozemljevanja .....	13
Dodatek A: Definicije za ozemljevanje in povezovanje .....	26
Dodatek B: Izračun induciranih napetosti in tokov v zankah, ki jih tvorijo inštalacije .....	29
B.1 Razmere znotraj LPZ 1 v primeru bližnjih udarov strele 418aa/fb.9/d9.4bef.9ed6.....	29
B.2 Razmere znotraj LPZ 1 v primerih direktnih udarov strele .....	30
B.3 Razmere znotraj LPZ $\geq 2$ .....	31
Dodatek C: Izračun magnetnega polja znotraj mrežastih magnetnih oklopov .....	32
Bibliografija .....	35

## Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 2. del: Oklopljanje objektov, povezovanje znotraj objektov in ozemljevanje

### PREDGOVOR

- IEC (Mednarodna elektrotehniška komisija) je svetovna organizacija za standardizacijo, ki združuje vse nacionalne elektrotehnične komiteje (nacionalni komiteji IEC). Cilj IEC je pospeševati mednarodno sodelovanje v vseh vprašanjih standardizacije s področja elektrotehnike in elektronike. V ta namen poleg drugih aktivnosti izdaja tudi mednarodne standarde IEC. Za njihovo pripravo so odgovorni tehnični odbori (TC). Vsak nacionalni komite IEC, ki ga zanima obravnavana tema, lahko sodeluje v tem pripravljalnem delu. Prav tako lahko v pripravi sodelujejo mednarodne organizacije ter vladne in nevladne ustanove, ki so povezane z IEC. IEC deluje v tesni povezavi z mednarodno organizacijo za standardizacijo ISO skladno s pogoji, določenimi v soglasju med obema organizacijama.
- Uradne odločitve ali sporazumi IEC o tehničnih vprašanjih, pripravljeni v tehničnih odborih, kjer so prisotni vsi nacionalni komiteji, ki jih tema zanima, izražajo, kolikor je mogoče, mednarodno soglasje o obravnavani temi.
- Izdelani dokumenti imajo obliko priporočil in so za mednarodno uporabo objavljeni v obliki standardov, tehničnih specifikacij, tehničnih poročil ali vodil ter jih kot takšne sprejmejo nacionalni komiteji.
- Da bi se pospeševalo mednarodno poenotenje, so nacionalni komiteji IEC v svojih nacionalnih in regionalnih standardih dolžni, čim pregledneje uporabljati mednarodne standarde. Vsako odstopanje med standardom IEC in ustreznim nacionalnim ali regionalnim standardom je treba v slednjem jasno označiti.
- IEC ne predpisuje nobenega postopka označevanja, ki bi kazal na njegovo potrditev, in ne more biti odgovoren za katerokoli opremo, ki bi bila deklarirana kot skladna z enim od njegovih standardov. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000>
- Opozoriti je treba na možnost, da so lahko nekateri elementi tega mednarodnega standarda predmet patentnih pravic. IEC ne prevzema odgovornosti za prepoznavanje katerekoli ali več takih avtorskih pravic.

Glavna naloga tehničnih odborov IEC je priprava mednarodnih standardov. V izjemnih okoliščinah lahko tehnični odbor predlaga izdajo tehnične specifikacije, kadar:

- kljub večkratnim poskusom ni mogoče pridobiti zahtevane podpore za izdajo mednarodnega standarda,
- je tema še predmet tehničnega razvoja ali je zaradi drugih razlogov verjetno, da bo soglasje za mednarodni standard mogoče pridobiti v prihodnosti, ne pa sedaj.

Tehnična specifikacija se revidira v treh letih od izdaje, da se odloči, ali se lahko preoblikuje v mednarodni standard.

IEC 61312-2, ki je tehnična specifikacija, je pripravil tehnični odbor IEC/TC 81 Zaščita pred delovanjem strele.

Besedilo te tehnične specifikacije temelji na naslednjih dokumentih:

Osnutek odbora	Poročilo o glasovanju
81/105A/CDV	81/127/RVC

Popolna informacija o glasovanju za potrditev te tehnične specifikacije se lahko dobi iz poročila o

glasovanju, navedenega v gornji tabeli.

Ta publikacija je zasnovana skladno z dokumentom Direktive ISO/IEC – 3. del.

IEC 61312-2 je del skupine publikacij s skupnim naslovom: Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP).

Ta 2. del dopolnjuje obstoječi 1. del (v katerem so navedena splošna načela) tako, da se osredotoči na ozemljevanje (3.2), okopljanje (3.3) in na zahteve za povezovanje (3.3) v zvezi s točko 3 standarda IEC 61312-1.

Dodatki A, B in C so le informativni.

Tehnični odbor je določil, da ta publikacija ostane veljavna do leta 2005. Po tem datumu bo ta publikacija skladno z odločitvijo odbora:

- ponovno potrjena;
- umaknjena;
- nadomeščena s popravljenou izdajo ali
- dopolnjena.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[SIST IEC TS 61312-2:2000](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000>

## Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 2. del: Okopljanje objektov, povezovanje znotraj objektov in ozemljevanje

### 1 Splošno

#### 1.1 Namen in predmet standarda

Ta tehnična specifikacija določa postopke za ovrednotenje učinkovitosti ukrepov okopljanja proti elektromagnetnim udarom strele (LEMP) v primeru direktnih in bližnjih udarov strele v objektih z informacijsko opremo, kot so elektronski sistemi. Podana so tudi pravila za povezovanje znotraj objektov in za ozemljevanje skladno z zahtevami zaščite pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP).

#### 1.2 Zveza s standardi

Naslednji dokumenti vsebujejo določila, ki s sklicevanjem v tem besedilu sestavljajo določila tega dela IEC 61312. Pri datiranem sklicevanju se poznejša dopolnila ali revizije dokumenta ne uporabljajo. Ob objavi je bila veljavna navedena izdaja. Vendar se strankam, ki sklenejo pogodbo, zasnovano na tem delu IEC 61312, priporoča, naj proučijo možnost uporabe najnovejše izdaje spodaj navedenega normativnega dokumenta. Pri nedatiranem sklicevanju se uporablja zadnja izdaja normativnega dokumenta. Člani v IEC in ISO vzdržujejo register veljavnih mednarodnih standardov.

IEC 61000-4-5:1995	Elektromagnetna združljivost (EMC) – 4. del: Preskušanje in meritne tehnike – 5. oddelek: Preskus odpornosti proti prenapetosti
IEC 61000-4-9:1993	Elektromagnetna združljivost (EMC) – 4. del: Preskušanje in meritne tehnike – 9. oddelek: Preskus odpornosti proti impulznemu magnetnemu polju – Temeljna izdaja o EMC
IEC 61000-4-10:1993	Elektromagnetna združljivost (EMC) – 4. del: Preskušanje in meritne tehnike – 10. oddelek: Preskus odpornosti proti dušenemu nihanju magnetnega polja
IEC 61000-5-2:1997	Elektromagnetna združljivost (EMC) – 5. del: Navodila za namestitev in zaščito – 2. oddelek: Ozemljevanje in pokabiljenje
IEC 61024-1:1990	Zaščita objektov pred strelo – 1. del: Splošna načela
IEC 61312-1:1995	Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 1. del: Splošna načela
IEC 61312-3	Zaščita pred elektromagnetnim udarom strele (LEMP) – 3. del: Zahteve za zaščitne naprave*
IEC 61312-4	Zaščita pred elektromagnetnim udarom (LEMP) – 4. del: Zaščita opreme v obstoječih objektih

---

\* V pripravi.

### 1.3 Izrazi in definicije

V tej tehnični specifikaciji so uporabljeni naslednji izrazi in definicije ter tudi tisti, ki so že določeni v IEC 61312-1 in IEC 61024-1.

**1.3.1 EMC:** Elektromagnetna združljivost.

**1.3.2 Mrežasti oklop prostora:** Magnetni oklop zgradbe ali prostor, po možnosti zgrajen s prekrižanimi policami naravnih komponent objektov (npr. police armature v betonu, kovinski okvirji in kovinski podporniki). Značilnosti te vrste oklopa so odvisne od odprtin v zankah mrež.

**1.3.3 Odpornost proti poškodbam:** Zdržna sposobnost proti prevodnim in sevalnim učinkom strele.

**1.3.4 LEMP:** Elektromagnetni udar strele.

**1.3.5 LPS:** Sistem zaščite pred delovanjem strele, kot je opredeljen v IEC 61024-1.

**1.3.6 LPZ:** Zaščitna cona pred delovanjem strele.

**1.3.7 SPD:** Prenapetostna zaščitna naprava.

### 1.4 Simboli

**1.4.1  $b$**  širina (dolžina stranice)

**1.4.2  $d_r$**  najkrajša razdalja med izbrano točko in streho oklopa v zaščitni coni pred delovanjem strele 1 (LPZ1)

**1.4.3  $d_w$**  najkrajša razdalja med izbrano točko in steno oklopa v zaščitni coni pred delovanjem strele 1 (LPZ 1)

**1.4.4  $d_{lw}$**  razdalja zanke od stene

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000>

**1.4.5  $d_{lr}$**  povprečna razdalja zanke od strehe

**1.4.6  $d_s$**  varnostna razdalja od oklopa (zaradi nesprejemljivo visokih magnetnih polj)

**1.4.7  $d_{s1}$**  varnostna razdalja v primeru bližnjega udara strele

**1.4.8  $d_{s2}$**  varnostna razdalja v primeru direktnega udara strele

**1.4.9  $H_f$**  magnetno polje prvega udara

**1.4.10  $H_n$**  magnetno polje v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ<sub>n</sub>

**1.4.11  $H_0$**  magnetno polje v zaščitnih conah pred delovanjem strele LPZ 0<sub>A</sub> in LPZ 0<sub>B</sub>

**1.4.12  $H_s$**  magnetno polje sledilnih udarov

**1.4.13  $i_f$**  tok strele prvega udara v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ 0<sub>A</sub>

**1.4.14  $i_i$**  delni tok strele

**1.4.15  $i_n$**  vsiljeni tok strele v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ<sub>n</sub>

**1.4.16  $i_0$**  tok strele v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ 0<sub>A</sub>

**1.4.17  $i_s$**  tok strele sledilnih udarov v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ 0<sub>B</sub>

**1.4.18  $i_{sc}$**  kratkostični tok

**1.4.19  $k_H$**  korekcijski faktor

<b>1.4.20</b>	<i>I</i>	dolžina
<b>1.4.21</b>	<i>L</i>	lastna induktivnost zanke
<b>1.4.22</b>	<i>M</i>	medsebojna induktivnost (indukcijske) zanke
<b>1.4.23</b>	<b>max</b>	indeks za največjo vrednost
<b>1.4.24</b>	<i>r</i>	polmer
<b>1.4.25</b>	<i>s<sub>a</sub></i>	povprečna razdalja med točko udara in oklopom
<b>1.4.26</b>	<b>SF</b>	faktor oklopa (oslabljena vrednost zaradi oklopa)
<b>1.4.27</b>	<i>T<sub>1</sub></i>	čas čela impulza, kot je opredeljen v IEC 61312-1
<b>1.4.28</b>	<i>T<sub>p/f</sub></i>	čas za največjo vrednost prvega udara
<b>1.4.29</b>	<i>T<sub>p/s</sub></i>	čas za največjo vrednost sledilnih udarov
<b>1.4.30</b>	<i>u<sub>n</sub></i>	prenesena napetost v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ <sub>n</sub>
<b>1.4.31</b>	<i>u<sub>oc</sub></i>	napetost odprtrega vezja
<b>1.4.32</b>	<i>w</i>	odprtina zanke mrežastega oklopa
<b>1.4.33</b>	<i>V<sub>s</sub></i>	varnostna prostornina znotraj mrežastega oklopa

## 2 Elektromagnetni vir in žrtev motenja

### iTeh STANDARD PREVIEW

Na sliki 1 je prikazan primer dejanskega stanja elektromagnetne združljivosti (EMC) na zgradbi z zaščitnimi conami pred delovanjem strele LPZ 0, LPZ 1 in LPZ 2. Informacijska (elektronska) oprema je nameščena znotraj druge zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 2.

Primarni vir elektromagnetnega motenja informacijske opreme sta tok strele  $i_0$  in polje z magnetno poljsko jakostjo  $H_0$ . Vzdolž napajalnih vodov teče del streljnega toka  $i_i$ . Tokova  $i_0$  in  $i_i$  ter tudi magnetno polje  $H_0$  imajo enako valovno obliko. Skladno z IEC 61312-1, točka 2, proučevani tok strele sestoji iz prvega udarnega toka  $i_f$  (10/350  $\mu\text{s}$ ) in sledilnih udarnih tokov  $i_s$  (0,25/100  $\mu\text{s}$ ). Tok prvega udara  $i_f$  povzroči magnetno polje  $H_f$  in tok sledilnih udarov  $i_s$  povzroči magnetno polje  $H_s$ .

Učinki elektromagnetne indukcije so najpogosteje določeni s porastom magnetnega polja do največje vrednosti. Kot je razvidno iz slike 2, je udarno obliko  $H_f$  mogoče določiti z dušenjem nihanja polja pri 25 kHz z največjo vrednostjo  $H_{f\max}$  in časom porasta do največje vrednosti  $T_{p/f}$  10  $\mu\text{s}$ . Na enak način je določena perioda porasta  $H_s$  z dušenim nihanjem polja 1 MHz z največjo vrednostjo  $H_{s/\max}$  in časom do največje vrednosti  $T_{p/s}$  0,25  $\mu\text{s}$ .

Iz tega sledi, da je glede na učinke elektromagnetne indukcije za magnetno polje prvega udara značilna frekvenca 25 kHz, za magnetno polje sledilnih udarov pa je značilna frekvenca 1 MHz. Dušena nihanja magnetnih polj pri teh frekvencah so določena za potrebe preverjanja v IEC 61000-4-9 in IEC 61000-4-10.

Motnje, ki jih povzročijo tokovi strele ali njihovi elektromagnetni učinki v prostoru, vplivajo na informacijsko opremo, ki ima svojo odpornost proti poškodbam.

Z vzpostavljivo zaščitnimi con pred delovanjem strele (LPZ) z elektromagnetnimi oklopi in prepnetostnimi zaščitnimi napravami (SPD) na mejah vmesnih zaščitnih con pred delovanjem strele (LPZ) se prvotni učinki strele, ki so določeni s  $H_0$ ,  $i_0$  in  $i_i$ , znižajo na raven odpornosti opreme v zaščitnih conah. Kot je razvidno iz slike 1, mora oprema vzdržati vplivajoče magnetno polje  $H_2$  in učinke strele preko vodnikov  $u_2$ ,  $i_2$ .

Znižanje  $i_i$  na  $i_z$  in rezultirajočega  $u_2$  je predmet IEC 61312-3. Znižanje  $H_0$  na dovolj majhno vrednost  $H_2$  pa je predmet te tehnične specifikacije.

Pri mrežastih oklopih, obravnavanih v tem dokumentu, je mogoče predpostaviti, da ima magnetno polje znotraj zaščitnih con pred delovanjem strele LPZ<sub>s</sub> ( $H_1, H_2$ ) enako obliko kot zunanje magnetno polje s poljsko jakostjo  $H_o$ .

Zaradi zaščite informacijske opreme pred elektromagnetnimi udari strele (LEMP) je zaželeno, da se odpornost naprave proti poškodbam potrdi s primernimi preskusi skladno z IEC 61000-4-5 (prevodne prenapetosti in tokovi), IEC 61000-4-9 (vplivajoče magnetno polje zaradi prvega udara) in IEC 61000-4-10 (vplivajoče magnetno polje zaradi sledilnih udarov).

Na sliki 2 je prikazano, da preskusi, določeni v IEC 61000-4-9 in IEC 61000-4-10, v zadostni meri posnemajo porast magnetnega polja prvega udara  $H_f$  in sledilnih udarov  $H_s$ .

**OPOMBA 1:** Preskusi, določeni v IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-9 in IEC 61000-4-10, se uporabljajo za potrditev odpornosti opreme. Izmed štirih vrst ravni odpornosti je v tej tehnični specifikaciji obravnavana le raven odpornosti proti poškodbam.

**OPOMBA 2:** Če so zgradbe ali prostori, v katerih je informacijska oprema, z oklopom z obsežno prostornino zadosti oklopljeni pred magnetnim poljem, se navadno s tem ukrepom tudi zniža tranzientno električno polje na zadosti nizko vrednost.

### 3 Mrežasti oklopi prostora

V praksi tvorijo oklope objektov ali prostorov naravne sestavine, kot so kovinski podporniki, kovinski okvirji ali kovinske palice armature. Te sestavine tvorijo mrežast oklop z veliko površino. Prevodne elemente, ki prehajajo skozi oklop, je treba povezati z oklopom z najkrajšimi možnimi povezavami. Na sliki 3 je prikazano, kako je kovinsko armaturo v betonu in kovinske okvirje (kovinskih vrat in še posebej okopljenih oken) mogoče vključiti v oklop zgradbe ali sobe.

## iTeh STANDARD PREVIEW

Kadar ni podana posamična eksperimentalna ali teoretična raziskava učinkovitosti oklopa, se dušenje izračuna, kot sledi v nadaljevanju. **(standards.iteh.ai)**

#### 3.1 Mrežasti oklopi v primeru bližnjih udarov strele

[SIST IEC TS 61312-2:2000](#)

Stanje v primeru bližnjega udara strele je prikazano na sliki 4. Za vpadajoče magnetno polje na okopljen prostor je mogoče poenostavljeno vzeti, da je ravno valovanje.

Vpadajoče magnetno polje  $H_o$  zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 0 se izračuna po enačbi:

$$H_o = i_o / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)}$$

kjer sta:

$i_o$  tok strele (A)

$s_a$  povprečna razdalja v metrih med točko udara in obravnavanim ščitenim prostorom (glej sliko 4).

Iz tega sledi

- za največjo vrednost magnetnega polja, ki ga povzroči prvi udar

$$H_{o/f/\max} = i_{f/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)}$$

- in za največjo vrednost magnetnega polja pri sledilnih udarjih

$$H_{o/s/\max} = i_{s/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)}$$

kjer sta:

$i_{f/\max}$  največja vrednost toka prvega udara strele za izbrani razred zaščite v amperih

$i_{s/\max}$  največja vrednost toka sledilnih udarov za izbrani razred zaščite v amperih

Znižanje  $H_o$  na  $H_1$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1 je mogoče izpeljati iz enačb za vrednosti faktorja oklopa, navedenih v tabeli 1, pri čemer tabela 1 velja le za ravno razširjanje polja.

Vrednosti, dobljene po enačbah v tabeli 1, veljajo za varnostno prostornino  $V_s$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1 z varnostno razdaljo  $d_{s/1}$  od oklopa (glej sliko 5):

$$d_{s/1} = w \cdot SF/10 \text{ (m)}$$

kjer sta:

$SF$  faktor oklopa, izračunan po enačbi iz tabele 1, v decibelih

$w$  odprtina zanke mrežastega oklopa v metrih

Iz vrednosti faktorja oklopa ( $SF$ ) je mogoče izračunati magnetno polje  $H_1$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1:

$$H_1 = H_0/10^{SF/20} \text{ (A/m)}$$

kjer sta:

$SF$  faktor oklopa, izračunan po enačbi po tabeli 1, v decibelih

$H_0$  magnetno polje zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 0 v amperih na meter in glede na obravnavo ustreza  $H_{0/f/max}$ ,  $H_{0/s/max}$

### 3.2 Mrežasti oklopi prostora v primeru direktnih udarov strele

Zaradi zaščite pred strelo je oklop zgradbe (oklop, ki obdaja zaščitno cono pred delovanjem strele LPZ 1) lahko del sistema zaščite pred delovanjem strele (LPS), zato smejo preko njega teči tokovi strele. Za take vrste oklopov še niso določene karakteristike za notranje magnetno polje.

Mrežaste oklope prostora v praksi sestavljajo npr. jekleni okvirji, kovinski oporniki in kovinske armature. Ti oklopi lahko obdajajo zaščitno cono pred delovanjem strele LPZ 1.

Udar strele lahko zadene objekt v poljubni točki strehe.

Za magnetno poljsko jakost  $H_1$  v poljubni točki znotraj prostornine  $V_s$  zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1, ki jo povzroči prvi udar, se uporabi naslednja enačba:  
<https://standards.iec.ch/catalog/standards/sist/418aa1b-9dc9-4be1-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000>

$$H_1 = k_H \cdot i_0 \cdot w/(d_w \cdot \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)}$$

Iz tega sledi, da je magnetna poljska jakost v poljubni točki znotraj prostornine  $V_s$  zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1, ki jo povzroči prvi udar:

$$H_{1/f/max} = k_H \cdot i_{f/max} \cdot w/(d_w \cdot \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)}$$

in magnetno polje v poljubni točki znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1, ki ga povzročijo sledilni udari:

$$H_{1/s/max} = k_H \cdot i_{s/max} \cdot w/(d_w \cdot \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)}$$

kjer so:

$d_r$  najkrajša razdalja v metrih med opazovano točko in streho oklopa v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ 1

$d_w$  najkrajša razdalja v metrih med opazovano točko in steno ali stropom oklopa v zaščitni coni pred delovanjem strele LPZ 1

$i_{f/max}$  največja vrednost toka prvega udara v amperih, izbrana glede na zaščitni nivo

$i_{s/max}$  največja vrednost toka strele sledilnih udarov v amperih, izbrana glede na zaščitni nivo

$k_H$  faktor konfiguracije ( $1/\sqrt{m}$ )  $k_H = 0,01 (1/\sqrt{m})$

$w$  odprtina zanke v metrih za mrežasti oklop zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1

Vrednosti magnetnega polja veljajo za prostornine  $V_s$  znotraj mrežastih oklopov, določenih z varnostno razdaljo  $d_{s/2}$  (glej sliko 5):

$$d_{s/2} = w \text{ (m)}$$

Informacijsko (elektronsko) opremo je treba nameščati le znotraj prostornine  $V_s$ . Tako ekstremno visokih vrednosti polja v neposredni bližini mrež ni treba upoštevati kot vira motenja informacijske opreme.

Za nadaljnje informacije za izračun magnetne poljske jakosti glej dodatek C.

### 3.3 Mrežasti oklopi prostora okolice LPZ $\geq 2$

Mrežasti oklopi prostora okolice LPZ 2 in nadalnjih zaščitnih con pred delovanjem strele LPZ ne prevajajo bistvenega dela toka strele. Zato je mogoče s prvim približkom določiti znižanje  $H_n$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ  $n$  na  $H_{n+1}$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ  $n+1$  po enačbah za vrednosti faktorja oklopa ( $SF$ ), navedenih v tabeli 1, čeprav velja tabela 1 za ravno valovanje polja ( $n \geq 1$ ).

Vrednosti, določene po enačbah tabele, veljajo za prostornino znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ  $n+1$  z varnostno razdaljo  $d_{s/1}$  od oklopa:

$$d_{s/1} = w \cdot SF/10 \text{ (m)}$$

kjer sta:

$SF$  faktor oklopa, izračunan po enačbi iz tabele 1, v decibelih

$w$  odprtina zanke mrežastega oklopa v metrih

Za izračun vrednosti dušenja magnetnega polja  $H_{n+1}$  znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ  $n+1$  se uporabijo vrednosti iz tabele 1:

$$H_{n+1} = H_n / 10^{\frac{SF/20}{(A/m)}} \quad \text{https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7418aafb-9dd9-4bef-9ed6-07571c9808ba/sist-iec-ts-61312-2-2000}$$

kjer sta:

$SF$  faktor oklopa, izračunan po enačbi iz tabele 1, v decibelih

$H_n$  magnetno polje znotraj zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ  $n$  v amperih

### 3.4 Eksperimentalni izračun magnetnega polja znotraj mrežastih oklopov prostora

Poleg teoretičnih izračunov magnetnih polj znotraj oklopljenih objektov je mogoče uporabiti tudi meritve. Na sliki 6 je prikazan načrt za simulacijo direktnega udara strele v poljubno točko oklopljenega objekta ob uporabi generatorja toka strele. Tako izvedeni preskusi so ponavadi nizkonivojski preskusi, kjer je valovna oblika simuliranega toka strele enaka kot izvirni tok strele.

### 3.5 Pravila pri nameščanju

Prevodne elemente, ki prehajajo skozi mrežaste oklope, je treba povezati z oklopom po najkrajši možni poti.

Povezovalna mreža (glej 4.2) je zankan sistem (po definiciji 3.4.2.1 v IEC 61312-1), ki vključuje vse večje notranje prevodne dele in še dodatno zniža magnetno polje znotraj oklopa z veliko prostornino. Z zankanim sistemom se tvori množica redukcijskih zank z odprtino zanke z merami v območju nekaj metrov. Na podoben način deluje povezovalna mreža tipa M (po definiciji 3.4.2.2 v IEC 61312-1).

OPOMBA: Če je povezovalna mreža nameščena skladno s 4.2 (in če so upoštevana pravila pri nameščanju, ki so tu navedena), se magnetna polja znotraj zaščitnih con pred delovanjem strele (LPZ), izračunana skladno s 3.1 do 3.3 znižajo še dodatno, povprečno za faktor 2 (kar ustreza 6 dB).

Vodniki in kabli za električno napajanje in informacijski sistem bi morali biti položeni kolikor je mogoče blizu kovinskih komponent povezovalne mreže. Koristno jih je položiti v kovinske oklope povezovalne mreže, kot so npr. U-korita ali cevi (glej IEC 61000-5-2).

Posebno skrb je treba posvetiti razmestitvi vodnikov in kablov na mejah zaščitnih con pred delovanjem strele zaradi znatne vrednosti magnetnega polja (glej IEC 61312-4, točka 4).

Informacijsko opremo je treba namestiti na varnostnih razdaljah  $d_{s/1}$  in  $d_{s/2}$  od oklopa zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ (znotraj prostora  $V_s$  za informacijsko opremo, glej sliko 5).

Za izračun magnetno induciranih napetosti in tokov z zankah, ki jih tvorijo postavitve, glej dodatek B. Inducirane napetosti in tokovi tvorijo prevodne motnje (prečne napetosti) za informacijsko opremo (glej sliko 7).

## 4 Ozemljitveni sistem

Ozemljitveni sistem sestavlja:

- ozemljilni sistem (v stiku z zemljo) in
- povezovalna mreža (ni v stiku z zemljo).

### 4.1 Ozemljilni sistem

Glavna naloga ozemljilnega sistema je v največji možni meri odvajati tok strele v zemljo (50 % ali več), ne da bi se pri tem v ozemljilnem sistemu tvorile nevarne potencialne razlike.

To se doseže z zankano mrežo pod objektom in okrog njega.

Ozemljila morajo tvoriti zankani ozemljilni sistem, ki vključuje armaturo v betonu tal v nivoju temeljev. To je tudi tipičen način zaključitve elektromagnetnega oklopa zaščitne cone pred delovanjem strele LPZ 1 na dnu objekta.

[SIST IEC TS 61312-2:2000](#)

Obročasto ozemljilo <https://standards.itech.ai/codes/standards/iec/7418a/b-91d9-4be6-9a16-0757c9809ba/guides/61312-2-005> okrog objekta in/ali obročasto ozemljilo v betonu na obrobju temeljev mora biti z ozemljilnimi vodniki povezano z ozemljitvenim sistemom na vsakih 5 m (za podrobnosti o ozemljilih glej IEC 61024-1, točka 2.3.2). Nadaljnja zunanjna ozemljila so lahko povezana s temi obročastimi ozemljili.

Armatura v betonu tal v nivoju temeljev mora biti povezana z ozemljitvenim sistemom. Palice armature morajo tvoriti dobro spojeno mrežo, povezano na ozemljitveni sistem vsakih 5 m.

Dodatno se lahko položi mreža iz pocinkanega jekla, ponavadi z odprtino zanke 5 m, ki je zvarjena ali spojena s palicami armature približno na vsak meter. Konci dodatno položenih palic mreže lahko služijo kot ozemljilni vodniki zbiralk.

Primer zankanega ozemljilnega sistema je prikazan na sliki 8.

Izrazi in definicije za ozemljevanje in povezovanje so navedeni v dodatku A.

### 4.2 Povezovalna mreža

Glavna naloga povezovalne mreže je odpraviti nevarne potencialne razlike med vso opremo v objektu in na njem ter znižati magnetno polje v objektu.

To se doseže z večkratno medsebojno povezavo kovinskih sestavnih delov v objektu in na njem, kar tvori tridimenzionalno zankano povezovalno mrežo.

Vsi kovinski sestavni deli v objektu in na njem morajo biti med seboj povezani s povezovalnimi vodniki, pri čemer je odprtina zanke ponavadi 5 m. Takšni sestavni deli so npr. kovinske inštalacije, ohišja naprav, kabelske police, cevovodi, armatura v betonskih tleh, stene in stropi, dvojni pod in drugi sestavni deli objekta. Medsebojno povezani kovinski sestavni deli tvorijo povezovalno mrežo.