

BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚI DE LEGARE LA PĂMÂNT

PROIECT NR. 116 din 10.10.2025

“CONSTRUIREA PARC FOTOVOLTAIC PENTRU AUTOCONSUM IN COMUNA PRAJESTI, JUDETUL BACAU ”

FAZA: PTh. + D.E

Beneficiar: Primaria Comunei Prajesti , Loc. Prăjești, com. Prăjești, jud. Bacău.
Proiectant de specialitate: S.C. ENINVEST HOLDING REALTO S.R.L

Sef Proiect: ing. Laurențiu MĂGUREANU

Aprobat: ing. Laurențiu MĂGUREANU

Proiectat: ing. Mihai BOUBĂTRÎN

Desenat : ing. Nicoleta – Alina MĂGUREANU

- Bacău 2025 -

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚI DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		1	8	0	1	2	3

BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÂNT

Instalații de legare la pământ

Conform: RE-Ip 30/2004 + I7/2011

La centralele electrice și întreprinderile industriale se va folosi în comun instalația de legare la pământ pentru toate echipamentele, indiferent de tensiunile nominale, respectându-se pct. 3.1.1.1 și tabelul 4 (a se vedea și pct.1.1.9).

1.1.9. În incinta unei întreprinderi industriale sau pe o platformă industrială se va realiza totdeauna o rețea generală de legare la pământ, prin legarea între ele a tuturor instalațiilor de legare la pământ din incintă sau platforma respectivă, inclusiv cele aferente instalațiilor de joasă tensiune și se vor îndeplini condițiile impuse instalațiilor de legare la pământ folosite în comun.

Scopul instalației de legare la pământ

Instalațiile de legare la pământ pentru centralele electrice au rolul de:

- Asigurare a protecției oamenilor împotriva tensiunilor de atingere și pas periculoase în caz de defect;
- Realizarea funcționării corecte a protecțiilor și echipamentelor de joasă și medie tensiune;
- Evacuarea în siguranță a curenților de defect sau trăsnet;
- Asigurarea potențialului de referință pentru echipamentele electrice;
- Limitarea supratensiunilor induse.

Categoriile de prize de pământ

Conform îndreptarului RE-Ip 30/2004, prizele de pământ pot fi:

- **Naturale:** conducte metalice, armături ale fundațiilor etc. (acceptate doar dacă sunt verificate)
- **Artificiale:** electrozi metalici amplasați special – de tip vertical, orizontal sau mixt

Pentru centrale electrice, se impune utilizarea **prizelor de tip compus**, formate din electrozi verticali și rețea orizontală de interconectare (rețea de tip grilă, coroană sau radială).

Tipuri și configurații constructive recomandate

Pentru centralele electrice, RE-Ip 30/2004 recomandă următoarele soluții:

- **Electrozi verticali:** țevă OL-Zn sau electrod profilat, lungime $\geq 1,5$ m
- **Electrozi orizontali:** platbandă OL-Zn 40×4 mm, îngropați la min. 0,6...0,8 m adâncime
- **Rețea de interconectare:** în formă de grilă închisă sau buclă perimetrală

4. Cerințe privind execuția**a) Adâncimea de montaj:**

- Electrozi verticali: complet îngropați, capătul superior la min. 0,5...0,6 m sub sol
- Platbande: minim 0,6...0,8 m adâncime în sol

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		2	8	0	1	2	3

b) Materiale:

- OL-Zn
- Nu se admit îmbinări cu materiale galvanic incompatibile

c) Conexiuni:

- **Sudură electrică sau autogenă** – preferabilă pentru conexiunile structurale
- **Prinderi mecanice certificate** – acceptate pentru conexiuni accesibile, întreținute periodic

d) Protecție anticorozivă:

- Sudurile și zonele expuse se protejează cu **vopsea bituminoasă sau mastic izolator**
- În soluri agresive, se recomandă utilizarea conductoarelor cu manta de protecție

1. DATE DE PROIECT

Obiectiv: “CONSTRUIREA PARC FOTOVOLTAIC PENTRU AUTOCONSUM IN COMUNA PRAJESTI, JUDETUL BACAU ”

- – Loc. Prăjești, com. Prăjești, jud. Bacău.
- **Categoria de importanță a instalației:** C
- **Teren:** intravilan cu umiditate medie
- **Rezistivitate specifică a solului:**

$\rho = 100 \Omega \cdot m$ (conform RE-Ip 30/2004, tabel 2.1, pentru soluri agricole cu umiditate medie)

- **Tip priză de pământ:** priză compusă (electrozi verticali + electrozi orizontali)

2. OBIECTUL CALCULULUI

Determinarea **rezistenței de dispersie** a instalației de legare la pământ, astfel încât:

$$R_{total} \leq 1 \Omega$$

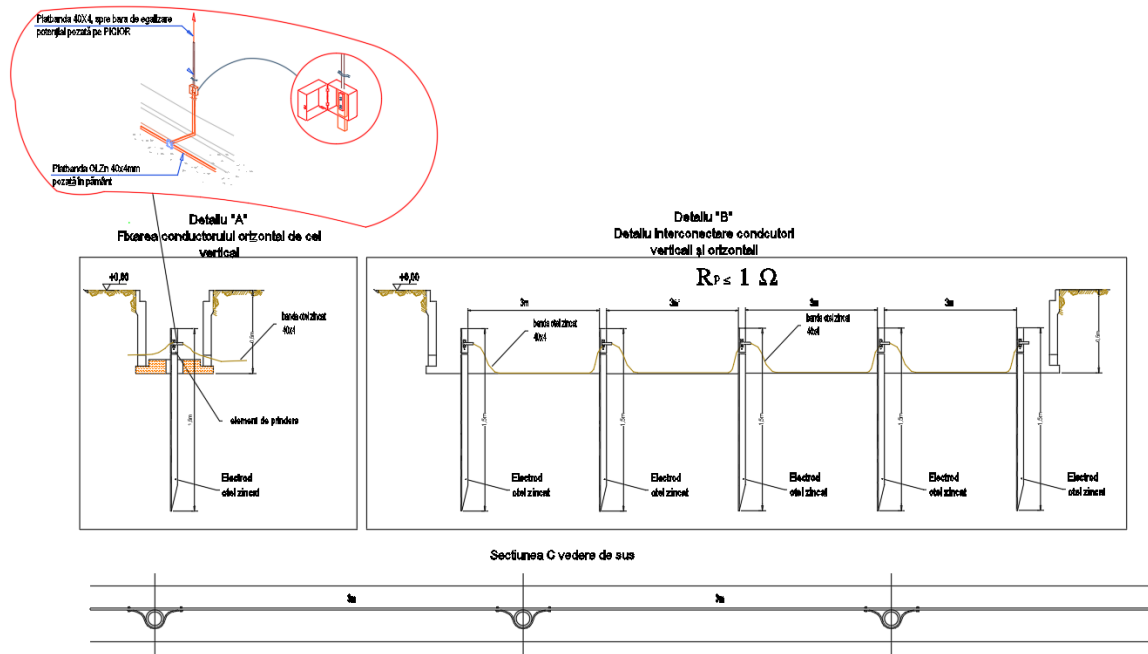
(conform RE-Ip 30/2004 și I7/2011 pentru echipamente de joasă tensiune expuse descărcărilor atmosferice)

3. CONFIGURAȚIA SISTEMULUI

- **Electrozi verticali (teavă OL-Zn):**
 - Lungime: $L = 1,5 \text{ m}$
 - Diametru: $D = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$
 - Număr total: **n = 10 bucăți**
- **Electrozi orizontali (platbandă OL-Zn 40×4 mm):**
 - Lungime totală estimată: **L_{orizontal} = 200 m**

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		3	8	0	1	2	3

4. CALCULUL REZISTENȚEI UNUI ELECTROD VERTICAL



Formula:

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left(\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right)$$

Calcul numeric:

- $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$
- $L = 1.5 \text{ m}$
- $d = 0.076 \text{ m}$

$$R_v = \frac{100}{2\pi \cdot 1.5} \cdot \left(\ln \left(\frac{4 \cdot 1.5}{0.076} \right) - 1 \right)$$

$$R_v \approx \frac{100}{9.42} \cdot (4.37 - 1) = 10.61 \cdot 3.37 \approx \boxed{35.76 \Omega}$$

5. CALCULUL REZISTENȚEI PLATBANDEI ORIZONTALE

Formula:

$$R_h \approx \frac{\rho}{L_h}$$

$$R_h = \frac{100}{200} = \boxed{0.5 \Omega}$$

6. CALCULUL REZISTENȚEI TOTALE A PRIZEI COMPUSE

Formula generală, pentru o priză de pământ:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_h} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{v_i}} = \frac{1}{R_h} + \frac{n}{R_v}$$

Calcul numeric:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{0.5} + \frac{10}{35.76} = 2 + 0.2796 = 2.2796 \Rightarrow R_{total} = \frac{1}{2.2796} \approx \boxed{0.438 \Omega}$$

Pentru a calcula rezistența de dispersie compusă pentru un sistem de 25 prize de pământ (pentru fiecare echipament în parte), fiecare formată din 10 electrozi verticali interconectați prin platbandă OL-Zn 40×4 mm, vom aplica teoria rețelelor de prize din RE-İp 30/2004 și metode de echivalare cuprinse în EN 50522 și EN 62305-3.

Număr de prize compuse: 25

- Fiecare priză are:
 - 10 electrozi verticali din țevă OL-Zn, L = 1,5 m, D = 76 mm
 - Rezistența unei prize (calculate anterior):

$$R_{priză\ unitară} = 0.44 \Omega$$

- **Lungimea totală de interconectare prin platbandă OL-Zn 40×4 mm:**
L_{total} = 200 m
- **Rezistivitatea solului:** ρ=100 Ω·m

Metodologia de calcul:

Etapa I – Rezistența unei prize individuale

Deja calculată:

$$R_{unitară} = 0.44 \Omega$$

Aceasta include efectul celor 8 electrozi verticali și rețea locală orizontală de 35 m (pentru o priză).

Etapa II – Rezistența totală a 25 de prize conectate în rețea

Prizele conectate între ele formează o rețea echivalentă. **Efectul de paralelism** nu este pur ideal din cauza distanțelor și a rezistențelor proprii ale conductoarelor de legătură, dar în primă aproximație se poate folosi o formulă adaptată:

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		5	8	0	1	2	3

Formula generală (adaptată din RE-Ip 30/2004 și IEC 61024):

$$R_{\text{echivalent}} = \frac{R_{\text{unitară}}}{n} \cdot k_f$$

unde:

- $n=25$ – număr de prize
- k_f – **factor de corecție** (efect de interferență electromagnetică între prize)

Determinarea factorului de corecție k_f

Valoarea k_f variază între **0.6 și 1**, în funcție de distanța între prize și lungimea totală a rețelei. Pentru 25 prize distribuite pe 200 m \Rightarrow ~8...10 m între prize apropiate.

Conform RE-Ip 30/2004, **pentru prize la 8–10 m distanță**, se poate adopta:

$$k_f \approx 0.6$$

Rezultă valoarea finală a rezistenței compuse a prizelor de pământ conectate împreună.

$$R_{\text{total}} = \frac{0.44}{25} \cdot 0.6 = 0.0176 \cdot 0.6 = \boxed{0.0106 \Omega}$$

Rezistența de dispersie a sistemului compus format din 25 de prize (10 electrozi/priză), conectate prin 200 m de platbandă OL-Zn 40x4 mm este:

$$\boxed{R_{\text{total}} \approx 0.011 \Omega}$$

7. CONCLUZIE

Rezistența totală a prizei de pământ este:

$$\boxed{R_{\text{total}} \approx 0.011 \Omega}$$

- Sistemul de legare la pământ este **corespunzător** cerințelor normativelor RE-Ip 30/2004 și I7/2011.
- Nu este necesară suplimentarea cu electrozi, dar se va **verifica în teren** prin măsurători PRAM după execuție.
- Valoarea este **excepțional de mică**, ceea ce oferă **o conductivitate excelentă către sol** și o protecție eficientă împotriva potențialelor de pas și atingere.
- Se recomandă **verificare PRAM după execuție**, întrucât compoziția reală a solului și contactul efectiv pot influența valoarea măsurată.

Pentru fiecare echipament se va realiza o priză de pământ, care se va racorda în comun între ele conform prevederilor din normativul „ÎNDREPTAR DE PROIECTARE ȘI EXECUȚIE A INSTALAȚIILOR DE LEGARE LA PĂMÂNT - INDICATIV 1 RE-Ip 30/2004”.

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		6	8	0	1	2	3

8. EXECUȚIA EFECTIVĂ

a) Electrozi verticali:

- Lungime uzuală: $\geq 1,5$ m
- Material: **OL-Zn**, OL galvanizat sau cupru electrolitic
- Se îngroapă complet în sol, cu capătul superior la $\geq 0,5$ m adâncime
- Se pot instala prin batere mecanică sau săpare

b) Platbande orizontale:

- Secțiune minimă: **OL-Zn 40×4 mm**
- Se montează la **adâncimea de cel puțin 0,6 m**
- Se amplasează în rețea închisă (buclă) sau radială

c) Conexiuni între electrozi:

- Se preferă **sudura autogenă sau electrică**
- Alternativ: **cleme și conectori specializați**, cu agrement tehnic
- Se aplică **protecție anticorozivă** pe îmbinări (vopsea bituminoasă, mastic etc.)

8.1. MĂSURI DE ECHIPOTENȚIALIZARE

- Se vor instala **bare de echipotențializare** în apropierea invertoarelor, tablourilor TECC/TEI și a echipamentelor de conversie.
- Conectarea se face cu conductori de cupru de ≥ 16 mm².
- Se vor interconecta toate elementele metalice de structură, inclusiv mesele de panouri.

8.2. INTERCONNECTAREA PRIZELOR

- Prizele de pământ locale se vor **lega între ele cu platbandă OL-Zn**, formând o **rețea perimetrală** și transversală.
- Se va forma un sistem de legare la pământ unitar (rețea de tip grilă) cu o dispersie uniformă a curentului.
- Se vor racorda inclusiv părțile metalice ale structuri metalice.

8.3. MĂSURI DE PROTECȚIE ANTICOROZIVĂ

- Toate conexiunile sudate sau mecanice vor fi curățate și protejate:
 - Strat bituminos aplicat pe îmbinări
 - Mastic izolator în soluri agresive
- Se vor evita îmbinările între materiale galvanic incompatibile (ex: cupru direct cu oțel)

8.4. VERIFICĂRI ȘI MĂSURĂTORI

- Se vor executa **măsurători PRAM** înainte de punerea în funcțiune:
 - **Rezistența de dispersie (metoda cu 3 țărushi)**

Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚI DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		7	8	0	1	2	3

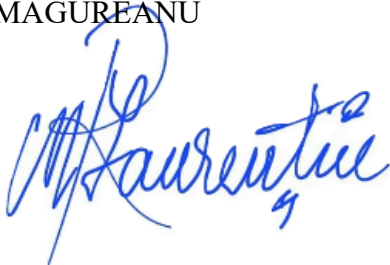
- **Continuitatea conductoarelor de legare**
- Se vor emite buletine de verificare
- Se recomandă **verificări semestriale**, după lucrări de săpătură/inlocuire de echipamente sau activități care au potențial de a afecta integritatea prizei de pământ și/sau a elementelor de echipotentializare.

8.5. DOCUMENTARE ȘI ÎNREGISTRARE

- Se va interpreta și citi împreună cu planul IE05/PV „Detaliu de execuție priză de pământ artificială” și orice document relevant pentru activitatea desfășurată:
 - traseul platbandei
 - pozițiile electrozilor
 - punctele de legare la echipamente
- Toate lucrările vor fi executate de **personal autorizat ANRE**, conform proiectului

Întocmit:

Ing. Laurențiu MĂGUREANU



Data: 10.10.2025	BREVIAR DE CALCUL INSTALAȚI DE LEGARE LA PĂMÂNT	pag.	din	revizia			
Formular : cod BC/ENV-X-01		8	8	0	1	2	3