

Aspecte privind predicția coroziunii electrozilor de pământare în solul municipiului Timișoara

Partea I. Măsurători

Aspects regarding the prediction of earth electrode corrosion in the soil of Timișoara municipality. Part I. Measurements

Ștefan PAVEL⁽¹⁾, Ioan-Bogdan PASCU⁽²⁾, Bogdan-Ovidiu ȚĂRANU⁽³⁾, Oana-Alexandra GRAD⁽⁴⁾, Romeo NEGREA⁽⁵⁾

⁽¹⁾Universitatea Politehnica Timișoara- ICER, e-mail: pavelstefanel@gmail.com, România

⁽²⁾ Universitatea Politehnica Timișoara- ICER, România

⁽³⁾National Institute of Research-Development for Electrochemistry and Condensed Matter, România

⁽⁴⁾ Universitatea Politehnica Timișoara- ICER, România

⁽⁵⁾ Universitatea Politehnica Timișoara - Departamentul de Matematică, România

Rezumat: *Predicția coroziunii electrozilor de pământare instalați în solul din orașul Timișoara*

Cuvinte cheie: *sol, electrod de împământare, coroziune, predicție*

Abstract: *Corrosion prediction of galvanized steel ground electrodes in the soil of Timisoara*

Key words: *soil, earth electrode, corrosion, prediction*

1. Introducere

Orașul Timișoara este așezat în Câmpia Banatului din vestul României, și are următoarele coordonate geografice: latitudinea 45° 47' 58" N și longitudinea 21° 17' 38" E [1]. Din punct de vedere istoric, orașul este menționat documentar în anul 1212 sau 1266, dar vatra așezării orașului atestă prezența și activitatea umană cu un caracter permanent încă din perioada neolitică, datorită fertilității ridicate a solului și un rol strategic militar, fiind înconjurat de mlaștină și mai multe canale cu apă. Solul [2] este: *de tip cernoziom degradate, gleice, levigate, brun roșcate și soluri locale: mlaștini și solonețuri cu textură mijlocie-fină, porozitate mică - mijlocie și permeabilitate mică.*

Coroziunea în sol a metalelor, este accentuată de următorii factori:

– rezistivitatea, ρ în [$\Omega \cdot m$];

pH-ul (potențialul de Hidrogen: $0 \leq pH < 7 \Rightarrow pH \text{ acid}$, $pH = 7 \Rightarrow pH \text{ neutru}$,

$7 < pH \leq 14 \Rightarrow pH$ bazic (alcalin));

– temperatura, T în [°C];

– umiditatea, [%];

– compoziția chimică a electroliților și compoziția acestora (tari, medii și slabi).

Definiția *Instalației de Legare la Pământ*: Instalația de legare la pământ constituie ansamblul de conductoare electrice prin care se asigură legătura voită cu solul [3].

Într-o clădire, conectarea tuturor părților metalice ale clădirii și a părților conductoare expuse ale echipamentelor la priza de pământ a clădirii previne apariția accidentală a unor tensiuni periculoase între două piese metalice accesibile simultan[4]. Instalația de legare la pământ asigură protecția instalațiilor și a clădirilor împotriva loviturilor de trăsnet, limitarea perturbațiilor electromagnetice și securitatea oamenilor și animalelor prin limitarea tensiunilor de pas [5]. În Cap.5 din Indicativ I7/2011 [6] subcap.5.5, Sisteme de legare la pământ, pct.5.5.7. Priza de pământ *Priza de pământ este realizată dintr-unul sau mai mulți electrozi(electrozi de pământ). Materialele și dimensiunile electrozilor (electrozilor de pământ) trebuie alese pentru a rezista coroziunii și solicitării mecanice...* Un rol important îl reprezintă materialul din care sunt executați electrozii, precum și elemente de suprafață, formă, diametru în [mm], secțiunea în [m²], grosimea în [mm] și grosimea stratului de acoperire a materialului (Zinc) în [μm].

2. Proprietățile solurilor de la locurile de prelevare

Au fost prelevate un număr de 12 probe de sol din Timișoara, din următoarele zone:

Tabel nr.1

Eșantion de sol nr.	Zona de prelevare
1	Fosta Fabrica de zahăr (a)
2	Fosta Fabrica de zahăr (b)
3	Penitenciar-strada Popa Șapcă (a)
4	Penitenciar-strada Popa Șapcă (b)
5	Calea Buziașului
6	P-ța Victoriei
7	Calea Torontalului
8	Calea Torontalului-Zona Aeroport Utilitar
9	Strada Lt.Ovidiu Balea
10	Calea Aradului-U.S.A.M.V.B.T
11	Calea Aradului (a)
12	Calea Aradului (b)

Probele de sol au fost prelevate la temperatura exterioară de 10⁰C, folosind următoarele instrumente:

- Sondă tip *Stelzner* din oțel inoxidabil și sondă tubulară de oțel lung de 1,5-2,0m gradat din 10 în 10 cm. și canalul interior al tubului de formă tronconică;
- Trusă pedologică conținând: sticlă conținând HCl 1/3 concentrație, clorulă de Ba n/10 pentru identificarea sulfiților, fenoltaneină, fericianură 1%, salicilat de Na 5%, Ph-metru de teren, diverse eprubete, pâlnie, filtru de hârtie, șpaclu, pungi, cilindre, bidoane și etichete și ruletă;
- Lopată, ciocan geologic;
- Lădițe, cutii de carton și plastic;
- Altimetru și clinometru.



Fig.1 Sondă tip *Stelzner* din oțel inoxidabil

Fiecare probă de sol a fost prelevată de la cota 0 până la adâncimea de 2 metri. Au fost analizate în laborator următoarele caracteristici de sol, respectiv: textura în [%], densitatea specifică [gr./cm^3], densitatea aparentă [gr./cm^3], porozitatea totală [%], porozitatea de aerăție [%], grad de tasare [%], coeficient de higroscopicitate [%], coeficient de ofilire [%], capacitatea de câmp [%], capacitatea totală, capacitatea de apă utilă [%], capacitatea de cedare maximă [%], capacitatea hidraulică [mm/h], pH în H_2O , carbonați [$\text{CaCO}_3\%$], humus [%], rezerva de humus [t/ha], hidrogen schimbabil (acizi organici-sursa directă de SH) [SH·me], cap de schimb cationic [T.me/100gr.], grad de saturație în baze [V,·%], baze de schimb [SB. me / 100g sol]. Din cele menționate anterior au fost selectate în această primă etapă de studiu, *porozitatea totală [%]* (*porozitatea capilară și porozitatea necapilară (de aerăție)*) și *coeficientul de higroscopicitate [%]*, ca elemente care conduc la coroziunea electrozilor de pământare și a legăturilor acestora.

Elementul care determină rezistența electrică a unei prize de pământ, (pe lângă lungimea electrozilor) este rezistivitatea ρ solului. Solul nu este omogen iar straturile care sunt mai adânci au o rezistivitate mai stabilă și mai mică. Caracteristicile de rezistivitate ρ a solului sunt prezentate în:

Tabelul nr.2 [7]

Natura solului	Valori recomandate pentru calcul ρ [Ωm]	Conductivitate solului λ [mS_xm^{-1}]
Pământ, humă, turbă (foarte umedă)	20,00	50
Cernoziom	50,00	20
Humă vânăță cu conținut de sulfură de fier	10,00	100
Pământ arabil	50,00	20
Pământ argilos, argilă	80,00	125
Pământ cu pietriș	200,00	5
Loess, pământ de pădure	250,00	4
Pământ nisipos	300,00	3,3
Nisip foarte umed	400,00	2,5
Balast cu pământ	1000,00	1
Nisip și nisip cu pietriș	1000,00	1

Tabelul nr.3 [8]

Natura solului	Valori recomandate pentru calcul ρ [Ωm]
Teren mlăștinos, mocirlos	1-30
Mal aluvionar	20-100
Humus, pământ vegetal	10-150
Turbărie, turf	5-100
Argilă ușoară	50
Marnă, argilă compactă	100-200
Marnă jurasică	30-40
Argilă nisipoasă	50-500
Nisip silicios	200-300
Sol stâncos	1.500-3.000
Sol stâncos acoperit cu iarbă	300-500
Sol calcaros	100-300
Piatră calcaroasă	1000-5000
Pietriș fin calcaros	500-1000
Marnă, sist argilos	50-300
Mică, sisturi	800
Granit și gresie	1500-10000
Granit modificat și gresie	100-600

Aspecte privind predicția coroziunii electrozilor de pământare în solul municipiului Timișoara
Partea I. Măsurători

Tabel nr. 4.[10]

Caracteristicile eșantionului de sol nr.1 (a)

Textura									
Adâncimea [cm]	0-5	-25	-42	-54	-74	-88	-110	-145	-200
Nisip grosier (2-0.2 mm) %	4,8	4,2	6,4	3,1	2,0	2,0	1,7	1,7	9
Nisip fin (0.2-0.02 mm) %	47,7	48,7	44,0	45,3	44,3	46,2	50,8	56,7	65,8
Praf (0.02-0.002 mm) %	24,3	21,7	22,8	21,9	20,2	21,9	21,7	19,7	10,4
Argilă 2 (sub 0.002 mm) %	23,2	25,4	26,8	29,7	33,5	29,9	25,8	21,9	14,8
Argilă fizică (sub 0.01 mm) %	36,6	37,6	39,1	41,2	44,1	42,0	37,0	31,9	20,0
Proprietăți de sol									
Porozitate totală %	55,0	50,6	42,1	45,3	47,3	-	-	-	-
Coeficient de higroscopicitate %	4,86	5,15	5,46	6,30	7,06	-	-	-	-

Tabel nr. 5.[10]

Caracteristicile eșantionului de sol nr.1 (b)

Textura									
Adâncimea [cm]	0-5	-25	-42	-54	-74	-88	-110	-145	-200
Nisip grosier (2-0.2 mm) %	2,4	2,8	3,0	1,4	2,6	1,8	0,5	0,2	1,6
Nisip fin (0.2-0.02 mm) %	46,6	43,8	44,0	36,1	45,6	49,3	41,1	50,7	57,5
Praf (0.02-0.002 mm) %	22,8	22,7	22,3	19,9	19,6	21,7	30,6	26,6	21,8
Argilă 2 (sub 0.002 mm) %	28,2	30,7	30,7	42,6	32,2	27,2	27,9	22,5	-
Argilă fizică (sub 0.01 mm) %	40,9	42,9	42,1	53,7	42,9	38,1	43,0	35,3	-
Proprietăți de sol									
Porozitate totală %	50,4	49,5	45,7	43,6	45,7	-	-	-	-
Coeficient de higroscopicitate %	5,93	6,53	6,83	9,47	6,8	-	-	-	-

Rezultă că *Nisipul* și *Argila* predomină în compoziția solului din eșantionul nr.1 (a) și (b).

Nisipul este format din fragmente de roca, care rezista puternic la dezagregare (cuart sau alte minerale ca piroxenii, mica alba, magnetitul, etc.) este foarte permeabil, nu prezinta aderenta, gonflare, contractie, plasticitate, coeziune, are o capacitate mica de retinere pentru apa si elementele nutritive. Dimensiunile particulelor elementare sunt comparativ mai mari, numarul de particule pe unitatea de volum a solului este mic, aria superficiala specifica mica. Argila este fractiunea granulometrica cu rolul cel mai importanta in determinarea insusirilor fizice si chimice ale solului. Ea are coeziune, plasticitate si aderenta ridicata, capacitate sporita de retinere a apei si a substantelor nutritive, suprafata specifica extrem de mare care favorizeaza o multitudine de procese fizico-chimice, biologice si regleaza insasi fertilitatea solurilor. [9]

3. Materiale-specimene de oțel pentru electrozii de împământare

Un rol important al prizei de pământ îl reprezintă rezistența R_L , respectiv rezistența părții metalice a prizei de pământ: electrozii de pământare poziționați vertical și platbanda (banda) poziționată orizontal atât în pământ cât și suprateran. Ca materiale folosite pentru execuția electrozilor de pământare, menționăm:

- oțel profilat cornier, T, I și platbanda (banda) neprotejate;
- oțel profilat cornier, T, I și platbanda (banda) protejat prin zincare;
- oțel profilat cornier, T, I și platbanda (banda) protejate cu *bentonită* (argilă cu mare putere de absorbție a apei);
- țevi din oțel neprotejat;
- țevi din oțel zincat;
- oțel rotund neprotejat și zincat;
- oțel rotund protejat cu *bentonită*;
- oțel rotund neprotejat și înglobat în beton;
- cupru (țevi, plăci, bandă);
- oțel inoxidabil.

Pentru efectuarea măsurătorilor aferente coroziunii electrozilor de împământare, s-a folosit următoarele materiale:

Tabel nr. 6.

	Material	Profil	Strat de protecție		Dimensiuni
			protejat	neprotejat	
1	Oțel	cruce	zincat ^{*(1)}	-	50x50x3mm, L=1,5m
2	Oțel	cruce	-	neprotejat	50x50x3mm, L=1,5m
3	Oțel	bandă (platbandă)	zincat ^{*(3)}	-	40x4mm, L=1m
4	Oțel	rotund	zincat ^{*(4)}	-	D=8mm, L=1m
5	Oțel	rotund	-	neprotejat	D=8mm, L=1m
6	Cupru	țeavă	-	neprotejat	18x0.7mm, L=0.23m
7	Cupru	placă	-	neprotejat	200x52x0.5mm

Obs:

– ^{*(1)}; ^{*(3)}; ^{*(4)}: grosimea stratului de zinc a fost stabilită prin metoda magnetică (ISO 2178); *Durata de viață a produselor zincate termic este în funcție de grosimea acoperirii și coroziunea atmosferei* [11]

– probele 1 și 2 sunt conform cu:

- EN 10056-1 Dimensiuni de fabricație;
- DIN 17100/EN 10025 Calitate material;
- EN 10056-1 Toleranțe de fabricație;
- EN 10163-1 Aspect de suprafață;
- EN 10204 Certificat de calitate.

– proba nr. 3 este conform cu:

- EN 10058 Dimensiuni de fabricație;
- EN 10204 Calitate material;
- EN 10058 Toleranțe de fabricație;
- EN 10163-3 Aspect de suprafață;
- EN 10204 Certificat de calitate.

– probele nr. 4 și 5 sunt conform cu:

- EN 10060 Dimensiuni de fabricație;
- EN 10025-2 Calitate material;
- EN 10060 Toleranțe de fabricație;
- EN 10221 Aspect de suprafață;
- EN 10204 Certificat de calitate;

- proba nr. 6 și 7 este conform cu:
- SR EN 12449:2012 Cupru și aliaje de cupru. Țevi rotunde fără sudură pentru aplicații generale.

Acoperirea cu strat de zinc și testarea pieselor acoperite prin zincare termică, sunt menționate în SR EN ISO 1461 prin următoarea definiție: *Formarea unei acoperiri de zinc și/sau aliaje de zinc-fier pe produse de fontă și oțel prin imersarea pieselor din fontă sau din oțel într-o baie de zinc topit. Stratul format este definit ca: "acoperire anticorozivă obținută prin zincare termică"*[11]. Pentru identificarea coroziunii la stratul de zinc al electrozudului de pământare cât și la elementele de legătură cu șurub și piuliță aferente acestuia, probele nr.1, 3 și 4 au fost expuse timp de 60 de zile în "Camera climatică" *Dry Corrosion Test Cabinet (DCTC)600 fabricat de Angeloantoni Industrie*. Scopul testului de ceață în săruri în "Camera climatică" este de a verifica viteza de coroziune a stratului de zinc a electrozudului de pământare și agresiunea agenților oxidanți. În *Tabel nr. 8* menționăm grosimea stratului de zinc [μm] al probelor nr.1, 3 și 4, înainte și după expunerea probelor în "Camera climatică".

În literatura de specialitate, din punct de vedere al vitezei de coroziune în atmosferă, coroziunea este împărțită în 5 clase astfel [11]:

Tabel nr.7

Clase de corozivitate în atmosferă	Viteza medie anuală de coroziune a zincului [$\mu\text{m}/\text{an}$]
C1 (interior: uscat)	<0,1
C2 (interior:condensare ocazională; exterior: rural);	0,1÷0,7
C3 (interior:umiditate ridicată, ușoară poluare a aerului; exterior: mediu urban de uscat sau în apropierea coastei marine;	0,7÷2
C4 interior: bazine cu apă, uzine chimice; exterior:zone industriale de uscat sau pe coaste marine	2÷4
C5 exterior: zone industriale, cu umiditate crescută sau coaste marine cu salinitate ridicată	4÷8

Tabel nr. 8

Proba	Grosimea stratului de zinc [μm] înainte de expunere în camera climatică	Grosimea stratului de zinc [μm]	
		La 30 de zile după expunere în camera climatică	La 60 de zile după expunere în camera climatică
1	84÷108	54÷90	60÷86
3	50÷54	29÷31	3÷24
4	58÷68	34÷54	24÷32
Șurub cu piuliță M8 (cu zincare electrolitică)	27÷43	20÷38	17÷18
Piesă flanșă bornă prindere (cu zincare electrolitică)	23÷49	20÷36	15÷17

De menționat că Șurub cu piuliță M8 (cu zincare electrolitică) și Piesă flanșă bornă prindere (cu zincare electrolitică) din Tabel nr. 7, sunt părți componente ale electrozilor de pământare poziționați vertical al *Instalației de Legare la Pământ*.

Referitor la **coroziunea oțelului în sol** cu și fără stratul de zinc, autorii materialului [14] au folosit următoarele metode:

– Ecuația Tafel cu umiditate ridicată și scăzută (**Ecuația Tafel** este o ecuație în cinetica electrochimică legată de viteza unei reacții electrochimice la suprapotențial.^[1] Ecuația Tafel a fost dedusă experimental prima dată și ulterior sa dovedit a avea o justificare teoretică. Ecuația este numită după chimistul elvețian Julius Tafel) [15];

– Metoda gravimetrică cu umiditate ridicată și scăzută (**Analiza gravimetrică**, mai scurt denumită și **gravimetrie**^[1], reunește totalitatea metodelor analitice folosite în chimia analitică pentru determinarea cantitativă a unui **analit** (compusul de interes care se analizează dintr-o probă) pe baza masei acestuia.^[2] Principiul pe care se bazează analiza gravimetrică este determinarea masei unui compus derivat de la analitul din probă (prin **cântărire**), iar pe baza reacțiilor chimice la care s-a ajuns la acesta se poate determina masa analitului respectiv. Din această cauză, este necesar să se cunoască în detaliu procesele chimice care au loc, iar acestea trebuie să fie totale (cantitative)) [16].

Ștefan Pavel, Ioan-Bogdan Pascu, Bogdan-Ovidiu Țăranu, Oana-Alexandra Grad, Romeo Negrea

– Proba de sol care a fost folosită pentru experiment este *Argilă* (Conform literaturii de specialitate cu rezistivitatea $\rho=40\Omega m$, considerată un mediu slab agresiv și $\rho=20\Omega m$, considerată mediu moderat coroziv).

Rezultatele analizelor efectuate prin cele două metode fiind prezentate în *Tabel nr. 9 și 10*:

Tabel nr. 9:

Material	Umiditate	Potențial de corozieune ($mVCu / CuSO4$)	Densitatea curentului de corozieune ($\mu A / cm^2$)
Oțel galvanizat	scăzută	-840,8	0,00477
	ridicată	-1047.0	0.05270
Oțel carbon	scăzută	-305,7	0,00029
	ridicată	-705.8	0,00346

Tabel nr. 10:

Material	15 zile	30 zile	45 zile	60 zile
Oțel galvanizat-umiditate scăzută	0.0095±0.0009	0.0051±0.0008	0.0119±0.0013	0.0034±0.0003
Oțel galvanizat-umiditate ridicată	0.0487±0.0011	0.0434±0.0017	0.0441±0.0020	0.0393±0.0008
Oțel carbon-umiditate scăzută	0.2182±0.0021	0.1911±0.0017	0.1626±0.0012	0.1205±0.0015
Oțel carbon-umiditate ridicată	0.0863±0.0013	0.0602±0.0006	0.0533±0.0006	0.0419±0.0007

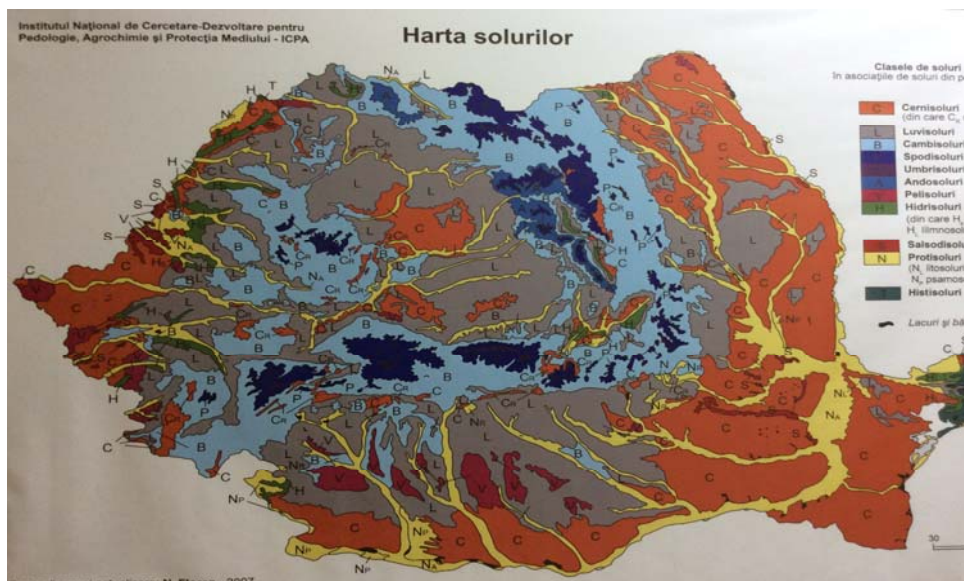


Foto nr. 1 Harta claselor de soluri din România [12]

Aspecte privind predicția coroziunii electrozilor de pământare în solul municipiului Timișoara
Partea I. Măsurători



Foto nr. 2 Săpătură în sol destinată montajului unui stâlp de iluminat public



Foto nr.3. Instalație de legare la pământ cu electrozi verticali și bandă(platbandă) din O1 Zn



Foto nr.4. Instalație de legare la pământ-măsurarea rezistenței de dispersie în [Ω]