

# STUDIU GEOTEHNIC



**Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor vechi – inactive în zona Comișani – Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița**

Numele și prenumele verificatorului atestat  
Dr. Ing. Ștefănică Nica Maria

15/14.02.2022



## REFERAT

**privind verificarea de calitate la cerinta  
„Rezistența și stabilitatea terenului de fundare și a masivelor de pamant – Af”  
a studiului geotehnic privind condițiile de fundare pe amplasamentul situat în  
Comișani și Bucșani, județul Dâmbovița**

### 1. DATE DE IDENTIFICARE:

Proiectant de specialitate: ATANASIU PROIECT SRL

Proiectant general: Asocierea SNIF PROIECT SA – ATANASIU PROIECT SRL

Beneficiar: CONPET SA

Data prezentării proiectului la verificare: 14.02.2022

### 2. CARACTERISTICILE PRINCIPALE ALE PROIECTULUI ȘI CONSTRUCȚIEI:

Denumire proiect: *“ Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor vechi – inactive în zona Comișani – Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița ”*

- Categoria geotehnică rezultată din corelarea elementelor din normativ, cu risc geotehnic redus.
- Adâncimea minimă de fundare recomandată:  $D_f = 1.20$  m.
- Stratul de fundare recomandat este constituit din:
  - pietriș și nisip cu îndesare medie, cu rar bolovăniș;
  - argilă cenușiu-verzuie, plastic tare;
  - praf argilos și praf nisipos-argilos.
- Întrucât geologia zonei este favorabilă, fiind dominată de o formațiune argiloasă, se recomandă subtraversarea râului Ialomița prin foraj orizontal dirijat. Pe intervalul de adâncime 0-4 m unde se regăsesc formațiunile de pietrișuri se recomandă tubarea găurii de foraj.
- Zona seismică de calcul conform P100-2013,  $a_g = 0,35g$  pentru cutremure având intervalul mediu de recurență 1,0s.

### 3. DOCUMENTE CE SE PREZINTĂ LA VERIFICARE

- studiu geotehnic

### 4. CONCLUZII ASUPRA VERIFICĂRII

În urma verificării se constată studiul geotehnic corespunzător, semnându-se și stampilându-se conform îndrumătorului cu următoarele considerații obligatorii:

- dacă ulterior va fi necesară elaborarea unor detalii suplimentare, acestea se vor verifica și vor fi introduse în documentație;
- modificările ulterioare vor fi aduse la cunoștința verificatorului și vor fi introduse în proiect după însușirea lor de către acesta.



MINISTERUL LUCRARILOR PUBLICE SI AMENAJARII TERITORIULUI

SE, A FESTA DAMANUL / DOAMNA

STEFANICA NICA MARIA  
1940  
FIS. 300, TIMIS  
ING. CONSTRUCTOR

In baza certificatului nr. 04772 din 02.09.1998  
1) Pentru cetate si VERIFICATOR DE PROIECTE  
2) In domeniul - TOATE - AF.



DIRECTOR GENERAL

ION A. STAMESCU

Comisia nr. 22

semnatura inaltului

23.03.1999

4) Pentru urmatoarele activitati: REZISTENTA SI STABILITATEA TERENILOR DE FUNDARE SI A PAVIMENTELOR DE PAVAMENT - AF.

Valabil (scara) 1  
Prezentul certificat a fost eliberat in baza legii nr. 48/1994

04772

SPRILA / NR

Prezentul certificat este vizat din 5 in 5 ani



LEGITIMATIE

# STUDIU GEOTEHNIC

pentru

**Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și  
F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor  
vechi – inactive în zona Comișani – Bucșani, la  
subtraversarea râului Ialomița**

**EXEMPLAR NR. : 1**

**BENEFICIAR : CONPET SA**

## LISTA DE SEMNĂTURI

**PROIECTANT : Dr. Ing. Geolog CEZAR IACOB**



2022





## ***BORDEROU DE PIESE SCRISE ȘI DESENATE***

### ***A. PIESE SCRISE***

Pagina de față

Lista de semnături

Borderou de piese

Studiu geotehnic

Raport de investigații geoelectrice

Raport de investigații seismice

Raport de încercări fizice și de umflare liberă

### ***B. PIESE DESENATE***

Planșa 1 – Plan de încadrare în zonă, scara 1:145 000

Planșa 2 – Încadrarea geologică, scara 1:200 000

Planșa 3 – Plan de situație scara 1:10 000

Planșa 4 – Fișa sintetică a forajului geotehnic F1

Planșa 5 – Fișa sintetică a forajului geotehnic F2

Planșa 6 – Fișa sintetică a forajului geotehnic F3

Planșa 7 – Fișa sintetică a forajului geotehnic F4

Planșa 8 – Profil litologic interpretativ

**Prezentul studiu geotehnic a fost întocmit în conformitate cu prevederile NP – 074/2014: “Normativ privind principiile, exigențele și metodele cercetării geotehnice a terenului de fundare”, cu reglementările tehnice, standardele conexe în vigoare și literatura de specialitate specifică zonei cercetate.**

- Harta geologică, foaia Târgoviște, scara 1:200000 ;
- STAS 6054-77: Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României;
- STAS 3950-81: Geotehnică. Terminologie, simboluri și unități de măsură;
- Mecanica rocilor, Mircea N. FLOREA, Ed. Tehnica, Buc. 1983;
- STAS 1242/4-85: Teren de fundare. Cercetări geotehnice prin foraje executate în pământuri
- STAS 1242/3-87: Teren de fundare. Cercetarea prin sondaje deschise executate în pământuri;
- STAS 1242/5-88: Teren de fundare. Cercetarea terenului prin penetrare dinamică în foraj;
- SR EN 1997-1 : 2004, Eurocod 7 – Proiectarea geotehnică Partea 1: reguli generale;
- SR EN ISO 14688-2: 2018, Investigații și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare
- SR EN 1997 – 1:2004/NB:2007, Eurocod 7 : Proiectarea geotehnică. Partea 1: reguli generale. Anexa națională;
- SR EN 1997 – 1:2004/AC:2009, Eurocod 7 : Proiectarea geotehnică. Partea 1: reguli generale;
- SR EN 1997 – 2:2007, Eurocod 7 : Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului
- SR EN 1997 – 2:2007, NB : 2009, Eurocod 7 : Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului. Anexa națională
- SR EN 1997 – 2/AC: 2010, Eurocod 7 : Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului.
- SR CEN ISO /TS 22475 – 1: 2007, Investigații și încercări geotehnice. Metode de prelevare și măsurări ale apei subterane. Partea 1: Principii tehnice pentru execuție
- SR CEN ISO /TS 22475 – 1: 2009, Investigații și încercări geotehnice. Metode de prelevare și măsurări ale apei subterane. Partea 2: Criterii de calificare pentru firme și personal
- Reglementarii tehnice „Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100 / 1 – 2013.
- GP 129 – 2014, Ghid pentru proiectarea geotehnică.
- NP 112 - 2014, Normativ pentru proiectarea fundațiilor de suprafață;

## 1. DATE GENERALE

### *a) Denumirea și amplasarea lucrării*

Denumirea proiectului este: **Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor vechi – inactive în zona Comișani – Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița.**

#### **Amplasarea lucrării**

Terenul destinat viitoareii lucrări este situat pe teritoriile comunelor Comișani și Bucșani, județul Dâmbovița.

### *b) Investitor /Beneficiar : CONPET SA*

### *c) Proiectant general: Asocierea SNIF PROIECT SA – ATANASIU PROIECT SRL*

### *d) Numele și adresa unităților care au participat la investigarea terenului de fundare:*

- ATANASIU PROIECT SRL, proiectant de specialitate;
- INCĐ URBAN – INCERC, COLABORATOR ANALIZE PROBE, BUCUREȘTI, ȘOSEAUA PANTELIMON, NR. 266, SECTOR 2, CUI RO26752660

### *e) Date tehnice furnizate de proiectantul general:*

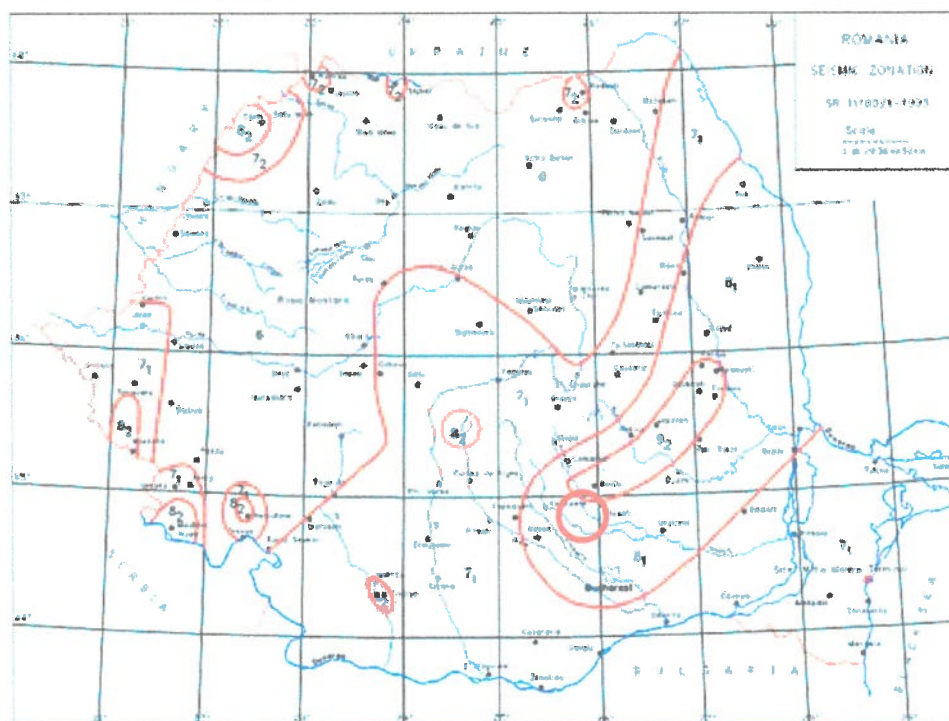
- plan de situație, scara 1:500;

## 2. DATE PRIVIND TERENUL DIN AMPLASAMENT

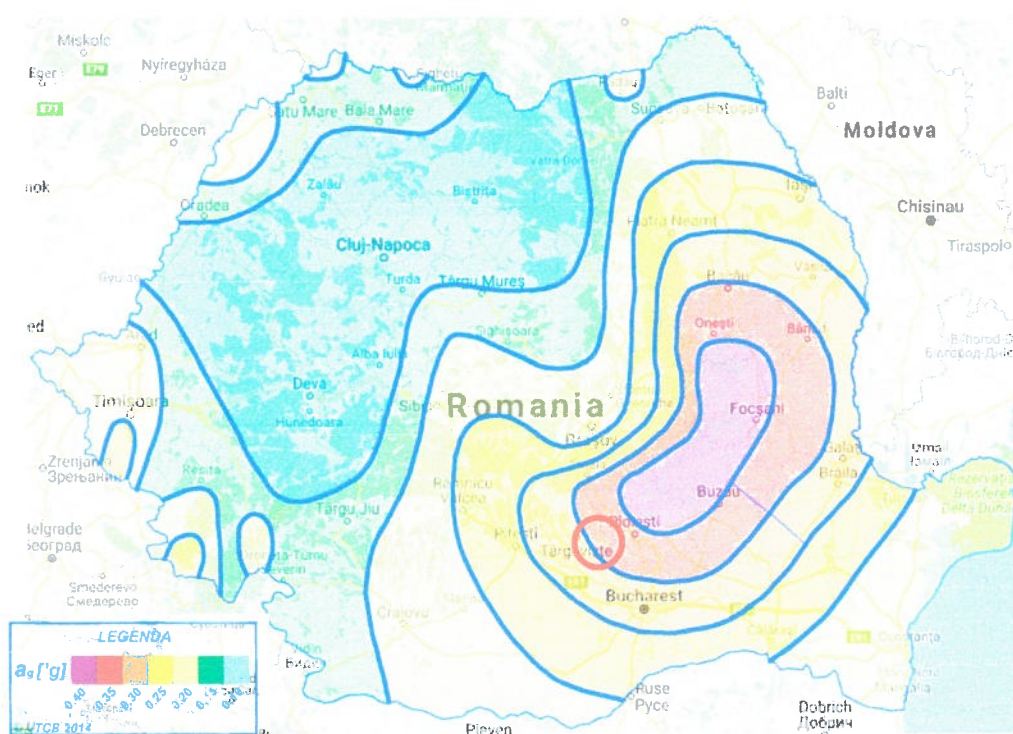
### *a) Date privind zonarea seismică*

Din punct de vedere **seismic** conform SR 11100-1/93, zona studiată se situează în interiorul izoliniei de gradul 8<sub>1</sub>, pe scara MSK, unde indicele 2 corespunde unei perioade de revenire de 100 ani (minimum).

Conform reglementării tehnice „Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100 / 1 – 2013, teritoriul cercetat se situează în zona cu valoarea de vârf a accelerației terenului  $a_g=0.35g$ , pentru cutremure cu intervalul mediu de recurență IMR 225 ani și 20% probabilitate de depășire în 50 ani.



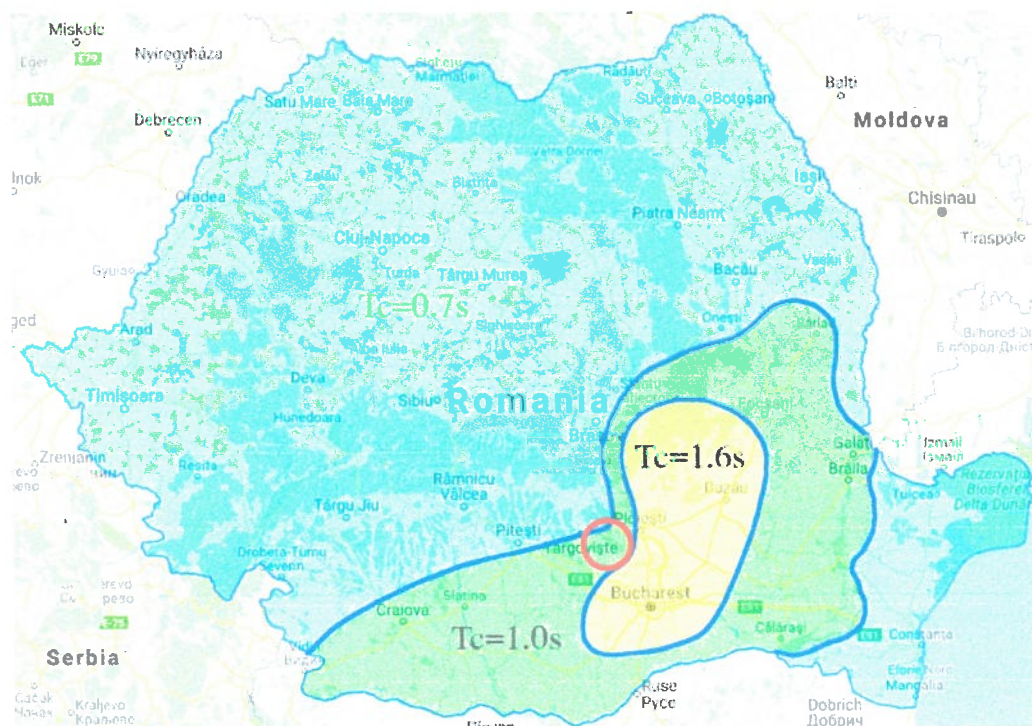
**Fig. 1 – Zonarea macroseismică conform SR 11100-1/ 93**



**Fig. 2** –Zonarea valorilor de vârf ale accelerației terenului pentru proiectare  $a_g=0.35g$  cu  $IMR=225$ ani și 20% probabilitate de depășire în 50 ani



Conform zonării teritoriului României în termeni de perioadă de control (colț)  $T_c$  a timpului de răspuns, perimetrul are coeficientul  $T_c=1.0$  sec.



*Fig. 3 – perioada de colț  $T_c = 1.0$  sec.*

### ***b) Date geologice generale***

Zona de studiu este situată la limita dintre Depresiunea Getică și Pânza subcarpatică în nord, respectiv în sectorul Valah al Platformei Moesice la limita cu flancul extern al Avandfosei Carpatice în sud.

Pânza subcarpatică se caracterizează în adâncime prin formațiuni miopliocene cutate, acoperite cu depozite cuaternare.

Cuaternarul este reprezentat în zonă prin Pleistocen superior și Holocen superior. Pleistocenul superior este reprezentat de aluviunile terasei inferioare fiind constituit din pietrișuri, nisipuri și depozite loessoide. Holocenul superior conține cele mai recente depozite ale Cuaternarului sedimentate în lungul văii Ialomița. Acestea sunt reprezentate prin aluviuni grosiere – pietrișuri și bolovănișuri cu nisip, acoperite în suprafață de depozite prăfoase – argiloase – nisipoase.

### *c) Cadrul geomorfologic, hidrografic și hidrogeologic*

Din punct de vedere **morfologic** zona studiată se încadrează în unitatea majoră de relief Câmpia Română, respectiv în subdiviziunile Câmpia piemontană a Târgoviștei și Câmpia Cricovului.

Din punct de vedere **hidrografic**, zona aparține bazinului hidrografic al râului Ialomița.

Din punct de vedere **hidrogeologic**, au fost evidențiate următoarele sisteme acvifere:

- Sistemul acvifer freatic, cantonat în stratele poros permeabile ale Pleistocenului superior și Holocenului superior, situat la adâncimi de 2-3 m, în zonele adiacente cursurilor de apă și la adâncimi de peste 10 m în restul teritoriului.
- Complexul acvifer sub presiune, cantonat în depozitele Pleistocenului superior, a fost identificat în stratele poros permeabile situate sub adâncimea de 10 m.

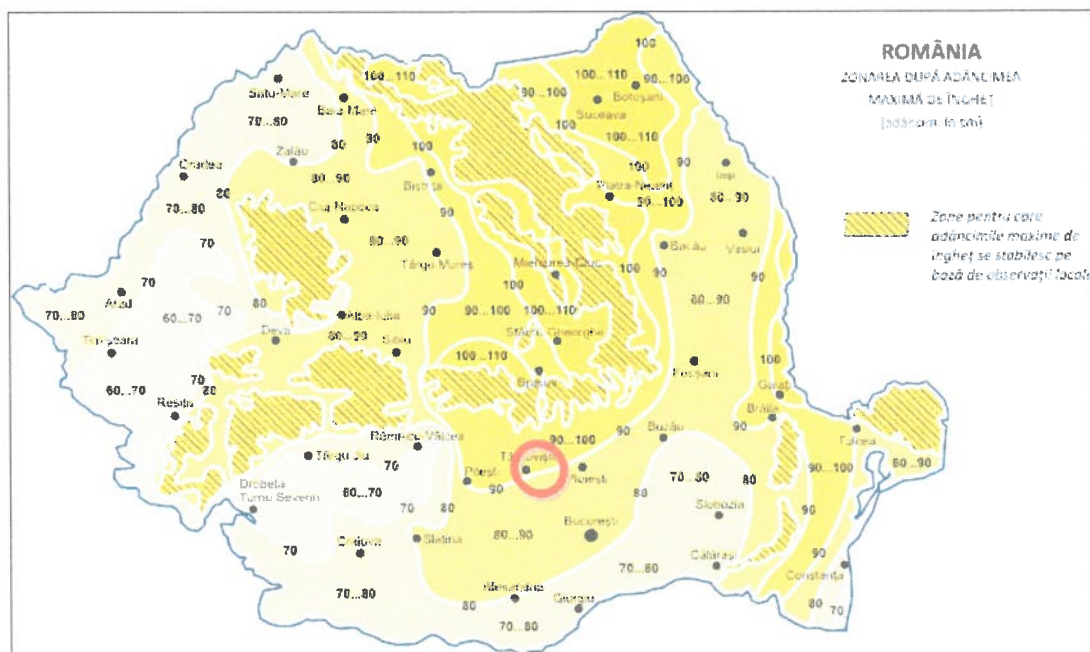
### *d) Clima*

Clima zonei investigate este una temperat-continentală, caracterizată de variații mari de temperatură între vară și iarnă, determinate de dominarea maselor de aer din estul continentului, mase ce aduc gerurile din timpul iernii și căldurile toride din timpul verii.

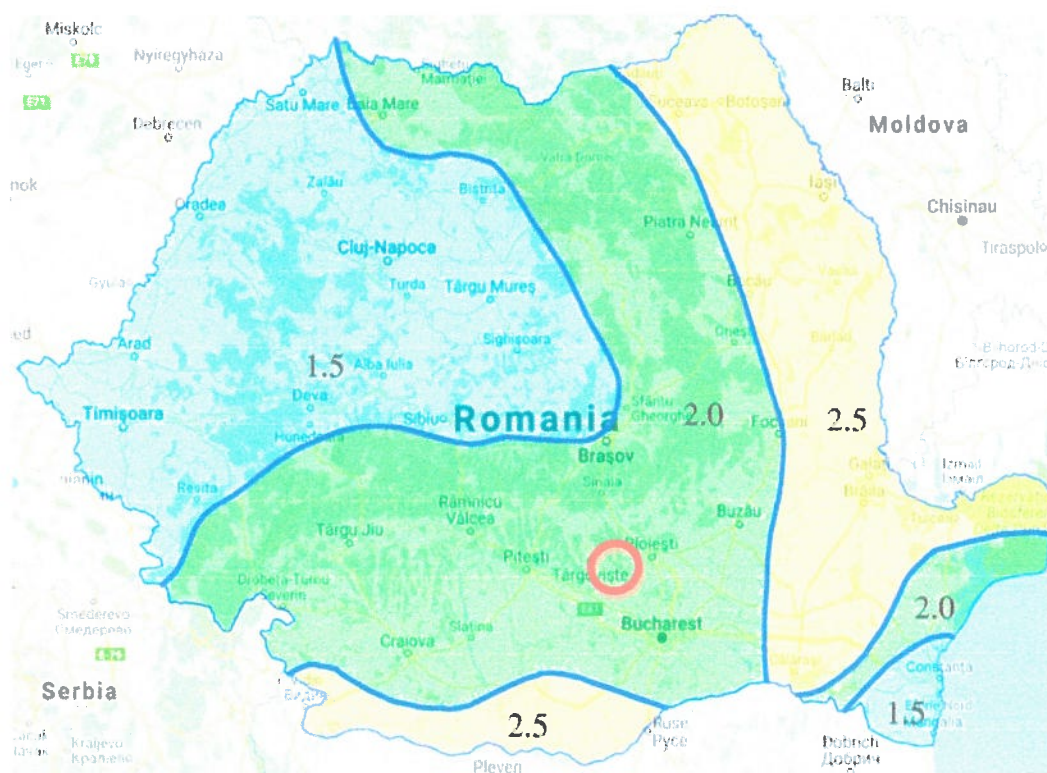
Temperatura medie multianuală este de 10,5°C. Temperatura maximă absolută este de 41,1°C, și temperatura minimă absolută de -30°C.

Cantitatea anuală de precipitații este de 580 mm, cu cele mai mici cantități în luna februarie de 31,5 mm. Maximul de precipitații se înregistrează în lunile mai și iunie cu o medie de 101 mm.

Adâncimea maximă de îngheț este de  $h = 80-90$  cm (STAS 6054/89 ).

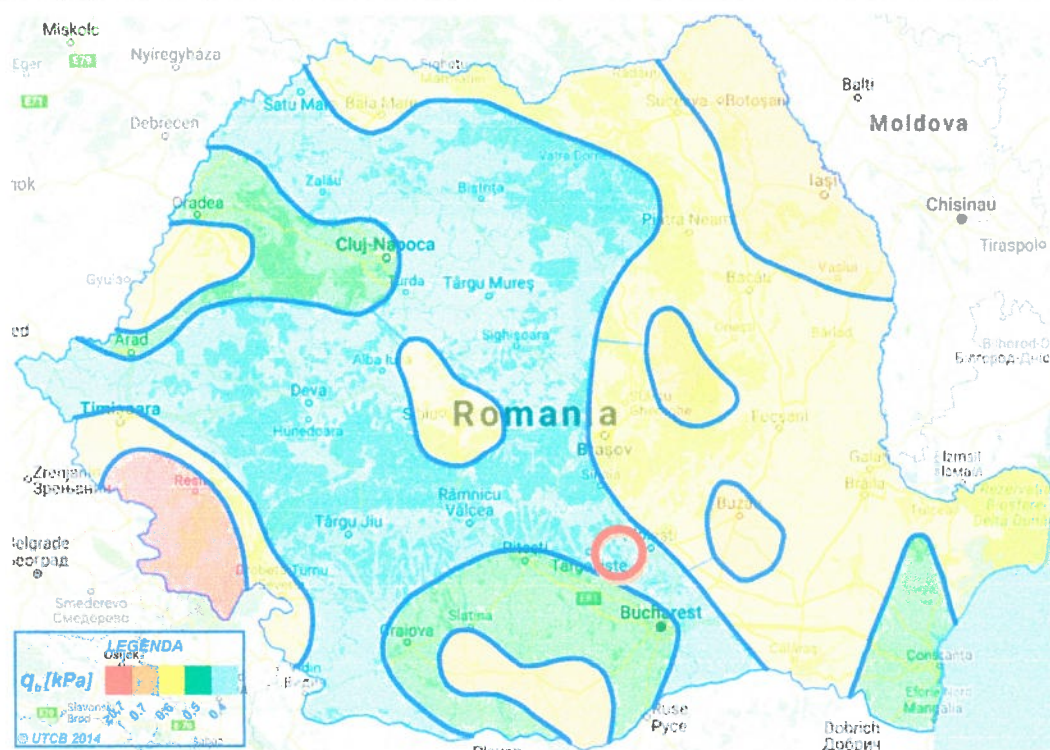


**Fig. 4 – Adâncimea maximă de îngheț (STAS 6054/77)**



**Fig. 5 – Harta de zonare a încărcărilor din zăpadă pe sol conform  
CR – 1 – 1- 3/2012**





**Fig. 6 – Harta de zonare a presiunii dinamice a vântului conform CR – 1 – 1- 3/2012**

Conform Cod de proiectare – Evaluarea acțiunii vântului asupra construcțiilor Indicativ CR-1-1-4/2012, valoarea de referință a presiunii dinamice a vântului este  $q_b = 0.4 \text{ kPa}$  având  $\text{IMR} = 50$  ani. Conform tabel 2.1. pentru categoria de teren III, lungimea de rugozitate este  $z_0 = 0.3$  și  $z_{\min} = 5 \text{ m}$ .

Conform Cod de proiectare – Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor, indicativ CR-1-1-3/2012, valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol este  $s_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$ .

#### **d) Date geotehnice**

Terenul destinat viitoarelor lucrări de construcții este situat pe ambele maluri ale văii râului Ialomița. Terenul este în general plat, cu diferențe de nivel foarte reduse. În zona de terasă a malurilor nu au fost identificate indicii cu privire la fenomene de instabilitate. În zona de faleză apar frecvent prăbușiri în albia râului pe fondul unei acțiuni erozionale continue la baza acesteia.

Din punct de vedere geologic, în zonă sunt întâlnite aluviuni actuale ale luncilor reprezentante din nisipuri și pietrișuri, ce aparțin Holocenului superior.

Nivelul hidrostatic NU a fost interceptat în forajele geotehnice executate.



#### ***e) Istoricul amplasamentului și situația actuală***

Actualul amplasament este în mare parte reprezentat de lunca râului Ialomița. Zona este slab antropizată, perimetrele adiacente fiind utilizate în scopuri agricole.

Conductele de transport țiței F1 și F2 Siliște – Ploiești subtraversează râul Ialomița în zona localităților Comișani - Bucșani. Ambele conducte au fost înlocuite în cursul anului 2003, însă fără a fi recuperate conductele rămase inactive.

Datorită unei acțiuni erozionale intense, talvegul râului s-a adâncit mult, ceea ce a condus la dezgroparea celor două conducte de transport țiței, cât și a conductelor rămase inactive.

#### ***f) Condiții referitoare la vecinătățile lucrărilor***

Perimetrul de lucru nu prezintă riscuri din punct de vedere al vecinătăților.

#### ***g) Încadrarea obiectivului în „Zone de risc”***

Conform prevederilor Legii nr. 575/2001- Lege privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național – Secțiunea a V-a, zone de risc natural, publicată în MO nr. 726/2001, pentru amplasamentul situat în zona Comișani - Bucșani, riscul poate fi cauzat de cutremurele de pământ datorită situării în zona cu intensitate seismică de gradul 8.

### **3. PREZENTAREA INFORMAȚIILOR GEOTEHNICE**

#### ***a) Prezentarea lucrărilor de teren efectuate***

Pentru stabilirea caracteristicilor geotehnice și a litologiei terenului de fundare în zonă s-a efectuat o cercetare geologico-geotehnică de mare detaliu, s-au consultat lucrările de specialitate și documentațiile elaborate anterior în zonă, s-au executat patru foraje geotehnice până la adâncimea de maxim 6 m și un set de investigații geofizice: investigații geoelectrice și seismice.

Amplasarea în teren a lucrărilor geotehnice executate este conform planului de situație (planșa 3).

#### ***b) Metodele, utilajele și aparatura folosite***

Pentru realizarea lucrărilor au fost folosite două echipamente de foraj:  
- echipament de foraj portabil motorizat Stihl BT131 cu burghiu de 150 mm.

- echipament de foraj manual cu diametru de 60 mm.

Investigațiile geoelectrice au fost realizate cu un dispozitiv ABEM SAS1000.

Pentru executarea investigațiilor seismice a fost folosit un sistem cu 41 geofoane independente Smart Solo, cu senzori IGU16 de 5 Hz. S-a utilizat o sursă mecanică reprezentată de un ciocan de 12 kg.

***c) Datele calendaristice între care s-au efectuat lucrările de teren***

Perioada de execuție a lucrărilor de cercetare geotehnică (Ianuarie 2022) se poate considera relativ normală din punct de vedere al precipitațiilor față de mediile anuale obișnuite.

***d) Stratificația pusă în evidență***

Stratificația interceptată de forajele geotehnice executate este prezentată în continuare.

Forajul F1 - 375101.74 (N), 548336.81 (E), cota 213,0 m

0.00 – 0.20 m	Sol vegetal
0.20 – 1.00 m	Pietriș și nisip afânat, cu liant argilos
1.00 – 4.00 m	Pietriș și nisip cu îndesare medie, cu rar bolovăniș
4.00 – 5.00 m	Argilă cenușiu-verzuie, plastic vârtoasă

Forajul F2 - 375379.50 (N), 548291.68 (E), cota 211,0 m

0.00 – 1.50 m	Argilă cenușiu-verzuie, plastic tare
1.50 – 1.90 m	Praf argilos cenușiu-gălbui
1.90 – 3.00 m	Argilă cenușiu închis, plastic tare
3.00 – 5.00 m	Praf argilos nisipos
5.00 – 6.00 m	Argilă verzui-negricioasă, plastic vârtoasă

Forajul F3 - 375537.20 (N), 548248.35 (E), cota 212,0 m

0.00 – 0.20 m	Umpluturi și sol vegetal
0.20 – 1.00 m	Pietriș și nisip afânat
1.00 – 3.00 m	Argilă cenușiu-verzuie, plastic tare
3.00 – 5.00 m	Praf argilos cenușiu

Forajul F4 - 375826.23 (N), 548224.87 (E), cota 213,0 m

0.00 – 0.20 m	Sol vegetal
0.20 – 1.00 m	Pietriș și nisip afânat, cu liant argilos
1.00 – 2.60 m	Pietriș și nisip cu îndesare medie, cu rar bolovăniș
2.60 – 4.00 m	Argilă cenușie, plastic tare

*e) Nivelul apei subterane și caracterul stratului acvifer*

În forajele geotehnice executate stratul acvifer NU a fost interceptat.

## 4. EVALUAREA INFORMAȚIILOR GEOTEHNICE

### a) Încadrarea lucrării într-o anumită categorie geotehnică

Încadrarea în *categoriile geotehnice* se face în conformitate cu NP 074/2014: “Normativ privind principiile, exigențele și metodele cercetării geotehnice a terenului de fundare”.

Categoria geotehnică indică riscul geotehnic la realizarea unei construcții. Riscul geotehnic depinde de 2 (două) grupe de factori și anume:

- factorii legați de teren, dintre care cei mai importanți sunt condițiile de teren, apa subterană și zona seismică de calcul;
- factorii legați de importanța construcției și de vecinătățile acestora.

Conform normativului NP 074 /2014, anexa A, tabelul A.1.2 pământurile care formează terenul de fundare se încadrează la terenuri bune de fundare.

#### *Riscul geotehnic*

Evaluarea riscului geotehnic și încadrarea în categoria geotehnică s-a făcut conform elementelor din tabelul următor:

Factori avuți în vedere	Categorii	Punctaj
Condițiile de teren	Terenuri bune	2
Apa subterană	Fără epuizmente	1
Clasificarea construcției după categoria de importanță	Redusă	2
Vecinătăți	Fără riscuri	1
Zona seismică de calcul	$a_g = 0.35 \text{ g}$	3
TOTAL puncte		9

Categoria geotehnică rezultată din corelarea elementelor de mai sus este 1, cu risc geotehnic **redus**.

### b) Analiza și interpretarea datelor lucrărilor de teren și de laborator

Terenul destinat construirii viitoarelor obiective este situat la contactul dintre Câmpia piemontană a Târgoviștei și Câmpia Cricovului, în zona râului Ialomița.

Prin lucrările de teren efectuate au fost identificate în suprafață depozite de pietrișuri și nisipuri, cu liant argilos.



Identificarea și caracterizarea pământurilor s-a făcut prin analizarea probelor tulburate de unde au rezultat următorii parametri:

- compoziția granulometrică;
- limitele de plasticitate (limite Atterberg);
- umiditatea naturală.

Determinările efectuate sunt conform următoarelor standarde:

- STAS 1913-2-76, Determinarea densității scheletului pământurilor;
- STAS 1913-3-77, Determinarea densității pământurilor;
- STAS 1913/1-82, Teren de fundare – Determinarea umidității;
- STAS 1913/3-76, Teren de fundare – Determinarea densității pământurilor;
- STAS 1913/4-86, Teren de fundare – Determinarea limitelor de plasticitate;
- STAS 1913/5-85, Teren de fundare – Determinarea granulozității;

### ***c) Stabilirea parametrilor geotehnici de calcul***

Conform rezultatelor analizelor de laborator pentru proba tulburată P11, valorile parametrilor fizici de identificare și caracterizare ai pietrișului cu nisip au următoarele valori:

- repartitia fracțiilor granulometrice:
  - nisip – 31 %
  - pietriș – 69 %

Analizele de laborator încadrează formațiunea în categoria pământurilor necoezive, cu granulozitate neuniformă.

Conform rezultatelor analizelor de laborator pentru probele tulburate P21 și P23 valorile parametrilor fizici de identificare și caracterizare ai argilelor au următoarele valori:

- repartitia fracțiilor granulometrice:
  - argilă – 45-48 %
  - praf – 46-49 %
  - nisip – 6 %
- umiditate naturală:  $w = 19,35-21,32 \%$
- limita de plasticitate inferioară:  $w_p = 21,41-22,04 \%$

- limita de plasticitate superioară:  $w_L = 49,24-50,14 \%$
- indicele de plasticitate:  $I_p = 27,2-28,73 \%$
- indicele de consistență:  $I_C = 1,026-1,071$
- umflarea liberă:  $UL=112,33 \%$

Analizele de laborator încadrează formațiunea în categoria pământurilor coezive plastic tari, cu plasticitate mare, cu activitate mare din punct de vedere al umflărilor și contracțiilor.

Conform rezultatelor analizelor de laborator pentru proba tulburată P22, valorile parametrilor fizici de identificare și caracterizare ai prafurilor argiloase au următoarele valori:

- repartiția fracțiilor granulometrice:
  - argilă – 12 %
  - praf – 75 %
  - nisip – 13 %

Conform rezultatelor analizelor de laborator pentru proba tulburată P24, valorile parametrilor fizici de identificare și caracterizare ai prafurilor argiloase nisipoase au următoarele valori:

- repartiția fracțiilor granulometrice:
  - argilă – 13 %
  - praf – 58 %
  - nisip – 29 %

***d) Aprecieri privind stabilitatea generală și locală a terenului pe amplasament***

Zona este stabilă, fără indicii care să sugereze un potențial de instabilitate.

***e) Clasificarea pământurilor conform Ts***

Conform indicatorului de norme de deviz pentru terasamente Ts, tabelul nr. 1 pământurile întâlnite în forajul geotehnic executat se încadrează astfel:

Nr. Crt.	Denumirea pământurilor	Poziția	Proprietăți coezive	Afânarea după executarea săpăturii
1	Pietriș cu nisip	17	Slab coeziv	14 – 28 %
2	Argilă	27	Foarte coeziv	24 – 30 %
3	Praf argilos	16	Slab coeziv	8 – 17 %
4	Praf argilos nisipos	6	Slab coeziv	14 – 28 %

#### ***f) Adâncimea și sistemul de fundare recomandat***

*Adâncimea minimă de fundare recomandată:*  $D_f = 1.20$  m.

*Stratul de fundare recomandat* este constituit din:

- pietriș și nisip cu îndesare medie, cu rar bolovăniș;
- argilă cenușiu-verzuie, plastic tare;
- praf argilos și praf nisipos-argilos.

Întrucât geologia zonei este favorabilă, fiind dominată de o formațiune argiloasă, se recomandă subtraversarea râului Ialomița prin foraj orizontal dirijat. Pe intervalul de adâncime 0-4 m unde se regăsesc formațiunile de pietrișuri se recomandă tubarea găurii de foraj. Se recomandă realizarea unei găuri de foraj cu un diametru cu 50% mai mare față de diametrul conductei instalate și utilizarea de inhibitori de umflare, întrucât nivelurile argiloase sunt foarte active din punct de vedere al umflării și contracțiilor și pot conduce la obturarea găurii în timpul forajului sau la contorsionarea conductei la scurt timp după instalarea acesteia.

#### ***g) Evaluarea presiunii convenționale de bază***

Presiunile convenționale de bază pentru straturile de fundare recomandate, lățimi ale fundației  $B = 1.00$  m și adâncimea de 2 m, conform NP 112/2014 anexa D, sunt:

- argilă plastic tare:  $P_{conv}=230$  kPa;
- pietriș și nisip cu îndesare medie:  $P_{conv}=270$  kPa

## 5. CONCLUZII

Din punct de vedere **morfologic** zona studiată se încadrează în unitatea Câmpia piemontană a Târgoviștei și Câmpia Cricovului.

Din punct de vedere geologic, în zonă se regăsesc sedimente neconsolidate ce aparțin holocenului superior reprezentate din pietrișuri și nisipuri, cu liant argilos.

Din punct de vedere *geotehnic*, stratificația interceptată de foraje geotehnice executate este prezentată la **Capitolul 3.d – Stratificația pusă în evidență** și împreună cu rezultatele analizelor de laborator pe fișele sintetice – planșele 4-7.

Nivelul acvifer NU a fost interceptat în foraje geotehnice executate.

*Riscul geotehnic* al execuției acestei lucrări este de **nivel redus**.

Prezentul studiu este valabil numai pentru proiectul “**Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor vechi – inactive în zona Comișani – Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița**”.

Folosirea lui pentru alte locații scutește inginerul geolog de orice responsabilitate.

**Întocmit:**

Dr. Ing. Cezar IACOB





## **Raport de investigații geoelectrice în zona localităților Comișani și Bucșani**

Perimetrul de lucru a fost constituit din areale învecinate râului Ialomița, aflate pe teritoriile comunelor Comișani și Bucșani, jud. Dâmbovița.

Pe amplasamentul cercetat au fost realizate un număr de 5 Sondaje Electrice Verticale (SEV) distribuite în lungul unui profil, cu scopul de a aduce informații legate de variația litologiei locale, prin interpretarea integrată a datelor de rezistivitate cu cele obținute din forajele geotehnice și investigațiile seismice.

Sondajele Electrice Verticale au fost amplasate în teren în lungul unui profil orientat aproximativ pe direcția N-S. Terenul a fost ușor accesibil.



**Fig. 1. Amplasarea sondajelor geoelectrice în teren**

## **1. Prospekțiunea Electrică în Curent Continuu. Metoda Sondajului Electric Vertical. Fundamentare Teoretică**

### **1.1 Introducere. Elemente teoretice de bază**

În cadrul metodelor de prospekțiune electrică în curent continuu se urmărește calcularea distribuției rezistivității electrice aparente în subsol, pe baza unor măsurători efectuate cu ajutorul unor electrozi metalici amplasați într-un aranjament geometric pe suprafața terenului. Pe baza acestor măsurători, în urma unor procesări specifice, este posibilă estimarea distribuției rezistivității reale a mediului investigat. Utilizarea metodelor de prospekțiune electrică în curent continuu a adus contribuții semnificative în cadrul studiilor din diverse domenii, cum ar fi ingineria geotehnică, ingineria de mediu, ingineria petrolului, geologie sau hidrogeologie.

În prospekțiunea electrică trebuie luată în considerare comportarea din punct de vedere electric a unor volume mari de roci ce nu constituie medii omogene (Keller et al., 1966). Astfel, unele formațiuni geologice pot avea proprietăți constante pe sute de metri, în timp ce altele sunt alcătuite din alternanțe de strate de diferite dimensiuni, în acest caz fiind necesară definirea rezistivității medii a unui ansamblu eterogen. Variația rezistivității rocilor depinde de anumiți factori geologici cum ar fi conținutul de fluide și gradul de mineralizare al acestora, porozitate, configurația geometrică a porilor, gradul de saturație în fluide al rocilor, natura și concentrația componentelor mineralogici solizi, temperatura și presiunea.

Legea fizică fundamentală utilizată în prospekțiunea electrică este Legea lui Ohm, lege ce guvernează trecerea curentului electric prin subsol. Sub formă vectorială, aceasta poate fi scrisă în forma:

$$J = \sigma E \text{ (1.1),}$$

unde  $\sigma$  este conductivitatea mediului,  $J$  este densitatea de curent iar  $E$  este intensitatea câmpului electric. În practică se măsoară potențialul câmpului electric. Parametrul cel mai adesea utilizat în cadrul metodelor geoelectrice este rezistivitatea:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \text{ (1.2).}$$

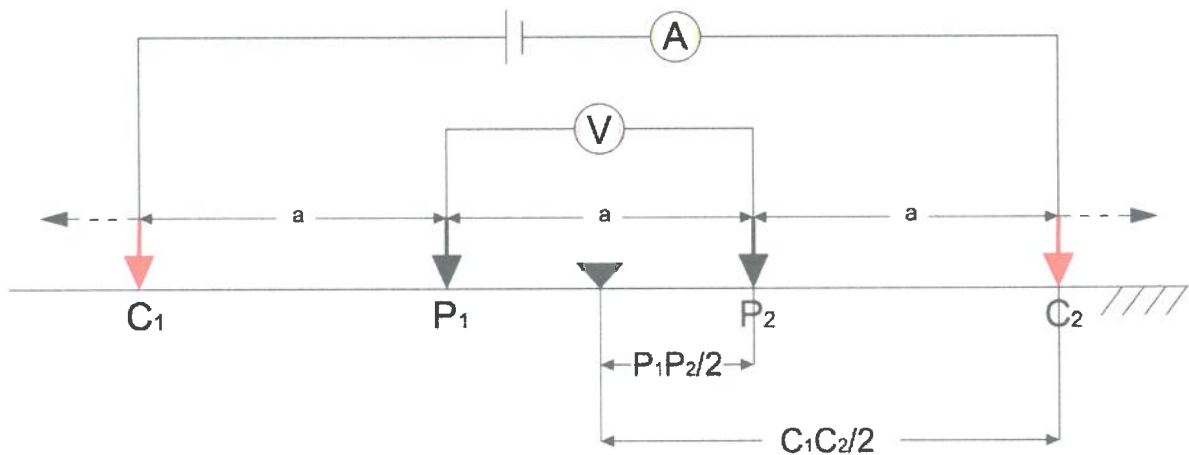
Metodele geoelectrice utilizează cel puțin doi electrozi de injecție  $C_1$  și  $C_2$  (linie de emisie), unul reprezentând sursa de curent pozitiv iar cel de-al doilea sursa de curent negativ și doi electrozi

de măsură  $P_1$  și  $P_2$  (linie de măsură). Liniile echipotențiale au o distribuție simetrică față de verticala locului la jumătatea distanței dintre cei doi electrozi. Conform principiului suprapunerii liniare a stărilor electrice, într-un punct din subsol valoarea potențialului normal al liniei de emisie este dat de relația:

$$\phi = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_{C1}} - \frac{1}{r_{C2}} \right) \quad (1.3),$$

unde  $I$  este intensitatea curentului,  $r_{C1}$  și  $r_{C2}$  sunt distanțele de la punctul din subsol la primul și respectiv la cel de-al doilea electrod de curent.

În teren, măsurătorile presupun injectarea unui curent în sol prin intermediul celor doi electrozi de curent  $C_1$  și  $C_2$  și măsurarea diferenței de potențial care apare între electrozii de măsură  $P_1$  și  $P_2$ . Schematic, aranjamentul celor patru electrozi este prezentat în **Fig. 2**.



**Fig. 2** Dispozitiv cvadripolar de electrozi

Prin utilizarea unui astfel de dispozitiv cvadripolar, ecuația care redă diferența de potențial care ar fi măsurată într-un semispațiu omogen și izotrop, de rezistivitate  $\rho$  va fi:

$$\Delta\phi = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}} - \frac{1}{r_{C1P2}} + \frac{1}{r_{C2P2}} \right) \quad (1.4)$$

În realitate, investigațiile geoelectrice în teren sunt efectuate într-un mediu neomogen, în care rezistivitatea subsolului are o distribuție tridimensională (Loke, 2002). Intensitatea curentului  $I$  și diferența de potențial  $\Delta\phi$  se pot utiliza la calcularea rezistivității aparente  $\rho_a$ :

$$\rho_a = k \frac{\Delta\phi}{I} \quad (1.5),$$

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{C_1P_1}} + \frac{1}{r_{C_2P_1}} + \frac{1}{r_{C_1P_2}} + \frac{1}{r_{C_2P_2}}} \quad (1.6),$$

unde  $k$  este un factor geometric care depinde exclusiv de aranjamentul celor patru electrozi.

Rezistivimetrele redau valoarea rezistenței  $R = \frac{\Delta\phi}{I}$ , prin urmare relația prin care este calculată rezistivitatea aparentă este scrisă în practică prin formula:

$$\rho = kR \quad (1.7).$$

## 1.2 Metoda Sondajului Electric Vertical

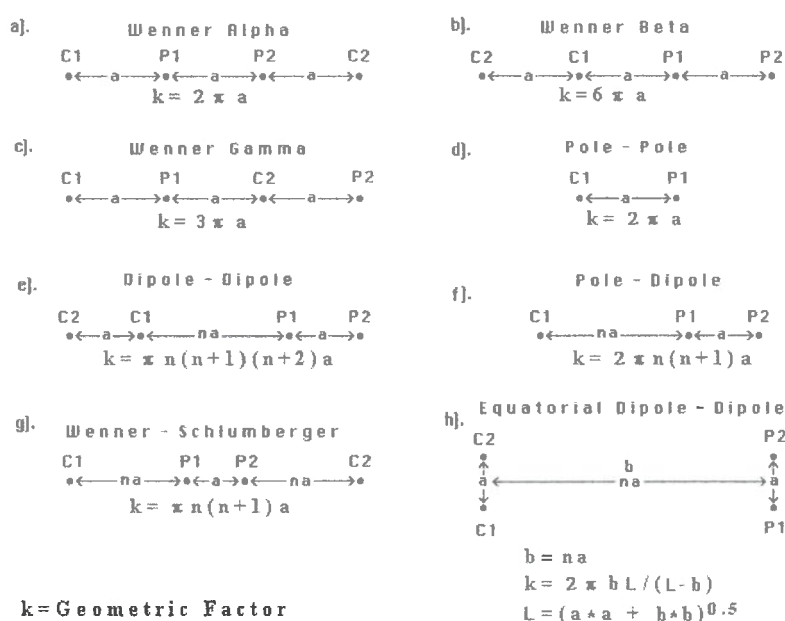
În cazul mediului omogen și izotrop s-a demonstrat că adâncimea de pătrundere a curentului este proporțională cu lungimea liniei de emisie  $C_1C_2$ . Această afirmație este valabilă și în cazul mediilor multistratificate. Pentru lungimi foarte mici ale liniei de emisie  $C_1C_2$ , rezistivitatea aparentă tinde către rezistivitatea primului strat, iar pentru valori foarte mari către rezistivitatea celui de-al doilea strat. Prin urmare, determinând variația rezistivității aparente în funcție de lungimea liniei de emisie  $C_1C_2$  se poate preciza modul de variație în adâncime a rezistivității reale. Această tehnică de prospectare a terenurilor stratificate a primit denumirea de metoda *Sondajului Electric Vertical*.

În principiu, rezultă că, tehnica sondajului electric vertical se rezumă la determinarea rezistivității aparente pentru o succesiune de valori continuu crescătoare ale liniei de emisie  $C_1C_2$ . Trebuie menționat faptul că metoda descrie foarte bine variația unui parametru relevant din punct de vedere geologic. Rezultatul acestor măsurători se reprezintă grafic în scară dublu logaritmică, sub forma unei curbe de variație a rezistivității aparente în funcție de distanța  $C_1C_2/2$ . Interpretarea cantitativă a acestor curbe - denumite *curbe de sondaj electric vertical (SEV)* - poate conduce, în condiții favorabile, la determinarea grosimii și rezistivității stratelor.



### 1.3 Dispozitive de electrozi

Poziția relativă a celor patru electrozi poate fi arbitrar aleasă, întrucât aceasta nu modifică aspectul general al relațiilor dintre parametrii măsurati și rezistivitatea aparentă (Georgescu, 1982). Execuția măsurătorilor geoelectrice presupune de cele mai multe ori o dispunere geometrică simplă a celor patru electrozi, alegerea depinzând de scopul urmărit în cadrul lucrării, dar și de condițiile întâlnite în teren. Se utilizează în mod frecvent cazuri particulare ale dispozitivului cvadripolar, în care diferă poziția relativă a celor patru electrozi  $C_1, C_2, P_1, P_2$ , dar există și situații în care variază numărul electrozilor utilizați. În **Fig. 3** sunt schematizate dispozitivele ce pot fi utilizate, precum și factorul geometric calculat pentru fiecare caz în parte.



**Fig. 3** Dispozitive utilizate în prospecțiunea electrică și factorul geometric calculat pentru fiecare caz în parte. Dispozitivele dipol – dipol, pol – dipol și Wenner – Schlumberger au doi parametri, lungimea dipolului “a” și spațierea dipolului “n”. De remarcat este faptul că factorul “n” nu trebuie să fie întotdeauna număr întreg (Loke, 2005).

**Dispozitivul Schlumberger**, utilizat în cadrul acestui studiu, este indicat pentru prospectarea terenurilor orizontale stratificate și se caracterizează prin faptul că distanța dintre electrozii  $P_1P_2$  este cu mult mai mică decât cea dintre electrozii de emisie  $C_1C_2$  ( $P_1P_2 < C_1C_2/5$ ).

Constanta geometrică în acest caz se calculează cu formula:

$$k = \pi \frac{C_1 P_1 * C_1 P_2}{P_1 P_2} \quad (1.8)$$

Datorită faptului că distanța dintre electrozii  $P_1$  și  $P_2$  este foarte mică, dispozitivul Schlumberger oferă posibilitatea eliminării influenței curenților telurici. Unele dezavantaje ale utilizării acestui dispozitiv sunt legate de necesitatea injectării unor curenți mari în sol, pentru ca diferențele de potențial între electrozii  $P_1 P_2$  să fie ușor măsurabile în limitele erorilor de măsură.

#### 1.4 Rezistivitatea rocilor și a mineralelor

Dintre toate proprietățile rocilor, rezistivitatea electrică prezintă cea mai mare gamă de variație (Georgescu, 1982). Spre deosebire de rezistență, rezistivitatea este independentă de forma și dimensiunile probei de material și are ca unitate de măsură în SI ohmetrul, notat simbolic:  $\Omega m$ . Rezistivitatea mineralelor metalice poate fi mai mică de  $10^{-5} \Omega m$ , în timp ce rezistivitatea rocilor intrusive poate ajunge până la valori de  $10^7 \Omega m$ . În general, cele mai rezistive roci sunt cele metamorfice și cele intrusive iar cele mai conductive sunt cele sedimentare. Trecerea curentului electric prin mediul geologic este guvernată de două mecanisme: conductibilitatea electronică (trecerea curentului se realizează prin intermediul electronilor liberi) și conductivitate electrolytică (trecerea curentului se realizează prin mișcările ionilor din apă). În cadrul studiilor ingineresti sau de mediu, conductivitatea electrolytică este mecanismul cel mai comun întâlnit (Loke, 2005). Prin urmare, factorul determinant al rezistivității rocilor este gradul de umplere cu apă al spațiului poros sau al fracturilor, acest factor determinând limitele de variație destul de largi pentru diferite tipuri de roci.

#### 1.5 Modelarea inversă în electrometrie

Valoarea de rezistivitate măsurată nu reprezintă rezistivitatea reală a subsolului, ci o valoare aparentă. Relația dintre rezistivitatea aparentă și rezistivitatea reală este o relație complexă iar determinarea acesteia din urmă se realizează prin modelare inversă.

Inversia datelor electrometrice presupune crearea unui model al subsolului, al cărui răspuns geofizic este similar cu răspunsul obținut pe baza valorilor măsurate. Modelul conține un set de parametri fizici cantitativi, pe care ne propunem să-i estimăm din datele observate. Prin

utilizarea parametrilor modelului se poate calcula – pe baza unor relații matematice – un model sintetic care reprezintă modelul de răspuns. Buna corelare între datele măsurate și parametrii necunoscuți ai modelului (rezistivitatea și grosimea) este în relație cu o funcție de erori, în general o funcție neliniară, a parametrilor. Problemele ce apar folosind metoda inversă se referă la faptul că aceasta este non-liniară, nu are o soluție unică, trebuie aplicate diverse constrângeri pentru a ajunge la un rezultat plauzibil, existând și riscul supra-interpretării rezultatelor.

Fundamentarea teoretică a așa-numitei probleme inverse în geofizică a fost realizată de Backus și Gilbert (1967, 1968, 1970), aceasta fiind definită ca procesul de obținere a unor modele ale structurii geologice a subsolului care să descrie în mod adecvat un set de date de observație. Modelarea inversă ("inverse modeling"), sau inversiunea, este strâns legată de modelarea directă ("forward modeling"). Aceasta din urmă utilizează anumite relații fizico-matematice pentru a determina răspunsul teoretic al unui model geofizic ce aproximează realitatea geologică.

Rezultatele modelării inverse depind de alegerea modelului funcțional de simulare directă ("forward model") cât și de selectarea unui criteriu adecvat de minimizare a erorilor. Tehnicile convenționale de inversiune se bazează pe principiul metodei celor mai mici pătrate (**LSE**-*"least squared error"*) sau al metodei deviațiilor absolute minime (**LAD**-*"least absolute deviation"*). Pe lângă criteriile legate de minimizarea erorilor sunt folosite, de asemenea, și criterii referitoare la "netezimea" soluțiilor obținute (*"smoothness"*). Problemele inverse, în general neliniare, sunt rezolvate printr-o aplicare iterativă a algoritmilor de optimizare, iar convergența soluției către modelul "corect" al structurii geologice a subsolului are loc numai dacă parametrii modelului de interpretare inițial, specificați de către utilizator, sunt suficient de apropiați de parametrii reali ai modelului.

Datele geoelectrice au fost prelucrate și interpretate cu ajutorul soft-ului IPI2Win. S-au efectuat modelări 1D, pentru constângerea modelului fiind utilizate datele geologice obținute din forajele geotehnice.

## **2. Tehnici de achiziție a datelor în teren**

### **2.1 Introducere**

Achiziția datelor în teren a constat în executarea a patru SEV-uri distribuite în lungul unui profil, cu scopul de a aduce informații legate de variația laterală a proprietăților electrice ale formațiunilor. Ipoteza de cercetare a fost investigarea anizotropiei geoelectrice laterale ca și indicator al fenomenelor de instabilitate care au afectat formațiunile din perimetrul de interes.

Poziționarea sondajelor electrice verticale a fost în conformitate cu cerințele proiectantului, acestea fiind amplasate în zonele în care au fost executate foraje geotehnice, astfel încât a fost posibilă corelarea datelor geoelectrice cu acestea. În cadrul etapei de achiziție nu au fost întâmpinate dificultăți legate de acces, însă, pe alocuri, au existat probleme de prizare.

### **2.2 Aparatura utilizată. Procedura de achiziție**

Pentru realizarea investigațiilor geoelectrice a fost utilizat un rezistivimetru ABEM *Terrameter SAS1000*, produs de firma ABEM Instrument, Suedia (**Fig. 4**). Acest aparat permite achiziția datelor de Potențial Spontan, Rezistivitate și de Polarizație Indusă în domeniul timp. Rezistivimetrul nu necesită nicio calibrare prealabilă, aceasta fiind efectuată și garantată de către producător.

În cazul lucrării de față, instrumentul a fost utilizat pentru înregistrarea datelor de rezistivitate.



**Fig. 4** Instrumentul ABEM *Terrameter SAS1000*

Procedura de achiziție a datelor în teren a constat în amplasarea fiecărui electrod metalic, asigurând un contact adecvat al acestora cu solul și conectarea corespunzătoare a fiecărui electrod la conectorul dedicat al rezistivimetrului. A fost determinată rezistivitatea aparentă pentru o succesiune de valori continuu crescătoare ale liniei de emisie  $C_1C_2$ , poziționarea acestora respectând aliniamentele stabilite (**Fig. 5**). După conectarea cablurilor la instrument a fost efectuată setarea parametrilor de achiziție necesari pentru suprimarea diferitelor tipuri de zgomote ce pot afecta calitatea datelor, scopul fiind îmbunătățirea raportului semnal/zgomot. Dintre sursele de zgomot posibile menționăm: polarizarea electrozilor, curenții telurici sau rețelele de tensiune. În cazul receptorului, după alegerea rezistivității ca mod de măsură, a fost stabilită limita de eroare ca fiind 0.2%. Această limită de eroare reprezintă deviația standard dintre măsurătorile repetate, raportată la valoarea medie. Având în vedere distanța dintre electrozi, pentru fiecare măsurătoare a fost stabilit un număr de repetări între minim 1 și maxim 4, repetările efectuându-se numai în cazul în care limita de eroare nu a fost atinsă. Timpul de întârziere, reprezentând intervalul de timp dintre comutarea pe transmiterea curentului până la integrarea semnalului pentru începerea măsurătorii rezistivității, a fost ales ca fiind 300ms, pentru a asigura o bună încărcare a solului. Timpul de achiziție, reprezentând timpul necesar integrării semnalului pentru fiecare ciclu de măsurare, a fost ales ca fiind 500ms. A fost posibilă de asemenea setarea frecvenței liniilor de înaltă tensiune – 50Hz – pentru a fi asigurată ajustarea parametrilor în vederea filtrării zgomotului provenit de la liniile de înaltă tensiune. În cazul transmițătorului, curentul minim a fost ales ca fiind 0.1mA, iar cel maxim 500mA.



**Fig. 5.** Achiziția datelor în teren – aspecte generale



Atât alegerea dispozitivului, cât și distanța dintre electrozi au fost stabilite pentru asigurarea unei bune acoperiri verticale, precum și pentru obținerea adâncimii de investigare proiectate de aproximativ 15m. Este cunoscut faptul că utilizarea acestui dispozitiv oferă o adâncime maximă de penetrare cu aproximativ 15% mai mare față de dispozitivul Wenner (Loke, 2005).

Tensiunile și curenții transmiși în timpul măsurătorilor implică operarea instrumentului numai de către operatori instruiți special pentru astfel de proceduri, aceștia având sub supraveghere în permanență întregul dispozitiv desfășurat în teren pentru prevenirea eventualelor accidente.

### **3. Procesarea datelor**

#### **3.1 Introducere**

În cadrul etapei de procesare a datelor geoelectrice se urmărește utilizarea datelor înregistrate în etapa de teren, pe baza acestora creându-se modelul de rezistivitate reală, prin utilizarea unor algoritmi matematici preciși.

#### **3.2 Metodologia de procesare**

Curbele de sondaj electric vertical obținute în urma măsurătorilor efectuate au fost reprezentate în prealabil în Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Washington, USA), unde, pe lângă vizualizarea preliminară a acestora, a fost efectuată și filtrarea lor. Pentru interpretare s-a folosit softul de modelare inversă IPI2Win (Bobachev et al. 2000), avantajul utilizării acestuia constând în posibilitatea de interpretare interactivă pe care o oferă, existând posibilitatea modificării celor doi parametri obținuți prin inversie -  $\rho_i$  și  $h_i$ ,  $i=1,n$  - unde  $n$  reprezintă numărul de strate. Astfel, inversiile 1D au fost constrânse prin utilizarea informațiilor directe din forajele geotehnice.

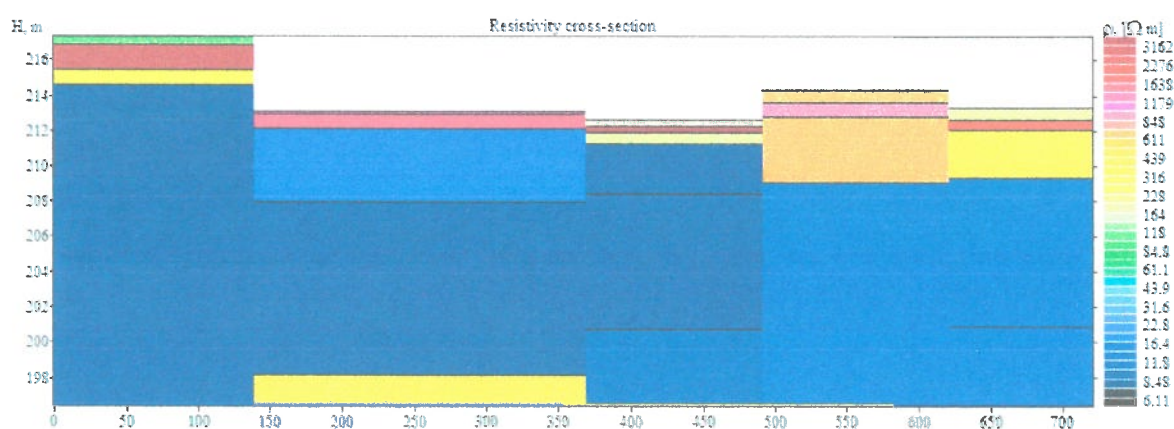
Scopul investigațiilor geoelectrice a fost reprezentat de cercetarea zonei pentru evidențierea variației litologice în zona cercetată.

Utilizarea softului menționat mai sus oferă avantajul că interpretatorul are posibilitatea de a alege dintr-un set de soluții echivalente pe cea al cărei răspuns este cel mai apropiat de curba măsurată, bazându-se pe informațiile directe la care are acces în teren.

#### 4. Prezentarea rezultatelor

Măsurătorile au fost efectuate în lungul unui aliniament pe direcția N-S, totalizând 5 SEV-uri cu distanțe variabile între punctele de măsură. În urma calculului rezistivităților aparente și al filtrării datelor, s-a obținut pseudosecțiunea de rezistivitate aparentă.

Datele de rezistivitate aparentă au fost angrenate în procese de modelare inversă 1D, în urma cărora s-a obținut secțiunea de rezistivitate reală. Pe baza acesteia a fost efectuată interpretarea litologică.



**Fig. 6.** Profilul 1 – secțiune de rezistivitate reală (SEV5 se regăsește în extremitatea stângă a secțiunii și SEV 1 în extremitatea dreaptă a acesteia)

Distribuția rezistivităților formațiunilor indică prezența unor formațiuni necoezive (pietrișuri și nisipuri) în intervalul de adâncime 2-5 m pe zona de terasă a râului Ialomița. Aceste formațiuni se reduc la maxim 1 m pe zona de albie a râului. Investigațiile evidențiază ca formațiune dominantă un complex argilos cu grosimi de cel puțin 10 m ca strat din baza pietrișurilor. SEV4 a evidențiat la adâncimi de 12 m un posibil nivel nisipos-grezos, ce reprezintă, cel mai probabil, stratul din baza formațiunii argiloase.

## 5. Bibliografie

Bobachev A., Igor N., Vladimir A., 2000, *IPI2Win User Manual*, Moscow State University

Georgescu, P., 1982, *Prospectiuni electrice*, Editura Universitatii Bucuresti.

Keller G.V., Frischknecht F.C., 1966, *Electrical methods in geophysical prospecting*, Pergamon Press Inc., Oxford.

Loke, M.H., Dahlin, T., 2002, *A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion*, Journal of Applied Geophysics, 49, 149-162.

Loke, M.H., 2005, *2D and 3D electrical imaging survey*, Course notes, [www.geotomosoft.com](http://www.geotomosoft.com).

Autor,

**Dr. Ing. geofizician Cezar IACOB**



## **Raport de investigații seismice MASW pe amplasamentul din Comuna Comișani, Jud. Dâmbovița**

Pe amplasamentul cercetat au fost realizate 2 profile de seismică de tip MASW pentru calculul vitezelor de propagare ale undelor seismice S. Investigațiile au fost necesare pentru proiectul „Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște – Ploiești și dezafectarea conductelor vechi-inactive în zona Comișani-Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița”

Profilele au fost amplasate în teren pentru a descrie optim proprietățile acestuia prin care este prevăzută traversarea unei conducte de transport țiței. Terenul a fost în general accesibil.



**Fig. 1.** Amplasarea forajelor lângă care au fost executate profilele seismice

## **Studiile seismice de mică adâncime –**

### **Metoda de investigație pentru calculul vitezelor seismice Vs**

Undele seismice se împart în două categorii în funcție de tipologia lor de propagare:

- unde seismice P, cunoscute ca și unde longitudinale sau unde de volum. Acestea se propagă longitudinal, prin compresii și relaxări succesive ale maselor de roci
- unde seismice S, cunoscute ca și unde transversale sau de forfecare. Acestea se propagă prin oscilații transversale față de direcția de deplasare.

Viteza de propagare a undelor seismice în subsol este puternic influențată de proprietățile mecanice ale formațiunilor geologice. Viteza undelor P ( $V_p$ ) este întotdeauna mai mare ca viteza undelor S ( $V_s$ ). Studiul vitezelor de propagare  $V_p$  și  $V_s$  poate conduce la interpretări calitative și cantitative cu privire la proprietățile mecanice ale formațiunilor geologice în zona de mică adâncime, având o utilitate în special în cadrul investigațiilor geotehnice complexe.

Investigațiile seismice pentru viteza undelor P se realizează prin metoda seismicii de refracție, iar cele pentru viteza undelor S prin metoda MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

### **Echipamente utilizate**

Pentru colectarea datelor în teren aferentă investigațiilor seismice sunt necesare surse seismice și receptori seismici - geofone.

*Sursa seismică:* ciocan de 10-12 kg

*Receptori seismici:* senzori seismici independenți Smart Solo – IGU16 (frecvența naturală de 5Hz, rezistență de 1850  $\Omega$ , sensibilitate 80 V/m/s). Acești senzori sunt formați dintr-un geofon, o baterie, un GPS încorporat, un suport de cuplare la teren, o memorie internă și un sistem electronic de testare și înregistrare a principalelor elemente cu privire la controlul calității înregistrărilor.



## Înregistrarea datelor

Datele pentru investigațiile prin metoda MASW se înregistrează prin proceduri similare, în felul următor:

- se alege poziționarea și orientarea profilului seismic, în lungul căruia se întinde o ruletă la sol, pentru un control cât mai bun al coliniarității liniei și al interdistanței dintre geofone;
- în lungul profilului se instalează geofonele. Acestea se înfig în pământ lângă ruletă, cu o distanță de 1 m între ele. Dacă prin tema de investigații nu se specifică altfel, de regulă se instalează un număr de 40 de geofone.
- Cu ajutorul unui magnet se pornesc geofonele. Acestea sunt încărcate cu un script ce a fost realizat înaintea efectuării deplasării în teren. Astfel, geofonele sunt programate să măsoare în perioada executării măsurătorilor de teren. După momentul punerii în funcțiune, geofonele își fac un test de conformitate în vederea calității înregistrării și se conectează la semnalul GPS pentru a prelua în primul rând informațiile legate de ora exactă furnizată de acest sistem. Utilizând ora sistemului GPS, acești senzori independenți se sincronizează perfect în procesul de înregistrare a datelor. După ce geofonele s-au conectat la sistemul GPS, ele încep să măsoare continuu
- În dreptul geofonelor 1, 11, 21, 31 și 40 se așază pe rând o plăcuță metalică ce este lovită cu putere cu un ciocan de 10-12 Kg acționat manual. Generarea de unde seismice se face succesiv, de la geofonul 1 la geofonul 40. După fiecare lovitură, timp de o secundă se evită orice mișcare din partea operatorilor, evitând astfel introducerea de zgomot în date.
- După finalizarea generărilor, pozițiile fiecărui geofon sunt ridicate cu ajutorul unui dispozitiv GPS RTK de mare precizie (Hemisphere S321, SN: D1846-03555-01-042).
- Echipamentul se colectează din teren și se transportă la următorul punct de investigație sau la baza.
- La finalul zilei sau al campaniei de efectuare a măsurătorilor, datele se descarcă din receptori. Bateria se decuplează de corpul receptorului ce conține geofonul, GPS-ul și memoria acestuia. Datele se descarcă în calculator cu ajutorul unui dispozitiv ce dispune de un singur port de descărcare a datelor. Se descarcă fiecare receptor în parte.
- După ce toți receptorii au fost descărcați, cu ajutorul softului Solo Lite se "decupează" din date înregistrările seismice aferente fiecărei generări și se exportă în format SEG Y.



**Fig. 2.** Întinderea receptorilor în teren



**Fig. 3.** Generarea undelor seismice

## Prelucrarea datelor

Prospecțiunea seismică de mică adâncime este folosită în studiile geotehnice și de mediu. Prelucrarea undelor reflectate, a undelor refractate și a celor de suprafață are drept rezultat secțiuni seismice de timp și de adâncime, modele de viteze 1D, 2D și/sau 3D ale undelor longitudinale (P) și transversale (S). Cunoscând densitățile determinate pe probe de roci extrase din zona investigată din punct de vedere seismic se pot determina valorile modulilor elastici (coeficientul lui Poisson,  $\nu$ , modulul lui Young, E, modulul de forfecare, G, și cel de compresibilitate, K, primul parametru Lamé,  $\lambda$ ).

### 1. Construirea modelelor de viteze ale undelor longitudinale

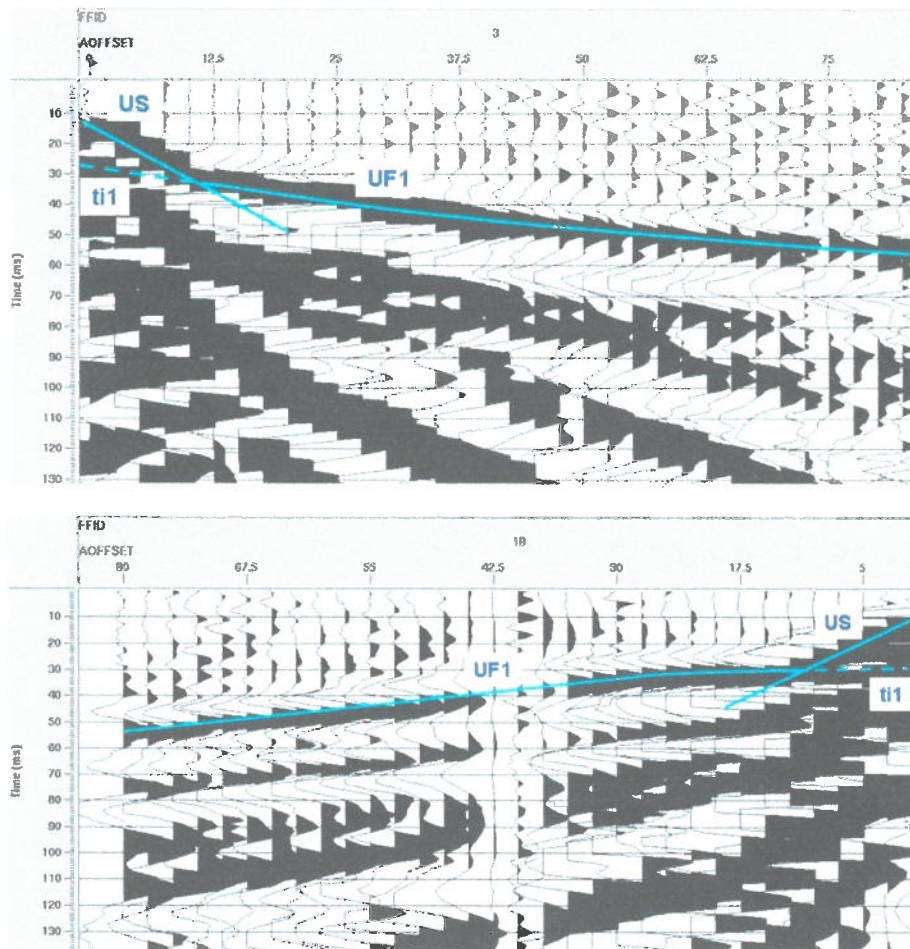
Vitezele undelor P se determină prin prelucrarea undelor frontale înregistrate folosind măsurători seismice de refracție.

Seismica de refracție este o metodă relativ ieftină de cercetare a subsolului, comparativ cu alte măsurători geofizice. Ea constă în analiza și prelucrarea undelor refractate (frontale) generate în cel puțin două puncte pe profilul seismic. În cazul în care se dorește obținerea unor detalii privind distribuția vitezelor de propagare ale undelor P în subsol, generarea se face în mai mult de două puncte de pe profil. Numărul maxim de puncte de generare poate fi egal cu numărul de geofoane de pe profil. Înregistrarea se efectuează cu geofoane verticale plasate în lungul profilului la distanțe constante.

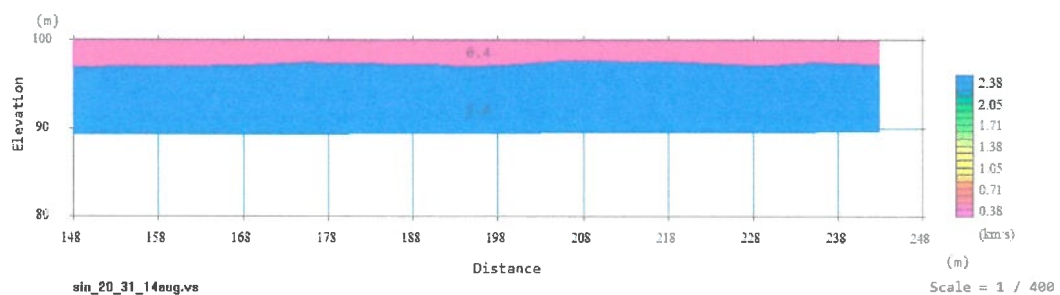
Exemple de înregistrări seismice obținute prin generarea energiei la capetele întinderii de geofoane sunt prezentate în Figura 4. Analiza timpilor primelor sosiri (linia albastră) arată prezența unei singure unde frontale (UF1). Prelucrarea acestor timpi va conduce la obținerea unui model de viteză cu două strate (Figura 5). Pașii efectuați în prelucrarea timpilor primelor sosiri sunt:

- încărcarea seismogramelor,
- definirea și încărcarea geometriei,
- citirea automată a timpilor primelor sosiri urmată de corectarea lor manuală,
- construirea modelului inițial de viteză necesar în procesul de inversie,
- inversia timpilor primelor sosiri care are drept rezultat obținerea modelului final de viteză.





**Fig. 4.** Exemple de seismograme pentru care generarea energiei s-a efectuat la capetele întinderii de geofoane; primele sosiri – linia albastră, US – undă de suprafață, UF1 – undă frontală



**Fig. 5.** Modelul 2D de viteză obținut din prelucrarea timpilor primelor sosiri



## 2. Construirea modelelor de viteze ale undelor transversale

Vitezele undelor transversale se determină prin prelucrarea undelor de suprafață (Rayleigh). Aceste unde sunt dispersive, vitezele lor fiind funcție de frecvență, ceea ce permite prelucrarea lor pentru a se obține vitezele undelor S.

Metoda de înregistrare și prelucrare a acestor unde este cunoscută sub numele de Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Geofoanele verticale sunt plasate pe profile liniare la distanțe egale unele față de altele. Generarea undelor de suprafață se face folosind un ciocan de 10-16 kg în diferite puncte la ambele capete ale întinderii de geofoane și în interiorul acestora pentru a se obține unde de suprafață caracterizate de un spectru cât mai larg de frecvențe.

Prelucrarea undelor de suprafață constă în calculul și reprezentarea vitezelor de fază în funcție de frecvență folosind metode ca swept frequency sau phase shift. Curbele de dispersie se determină automat din reprezentările vitezelor de fază în funcție de frecvență și se editează înainte de inversia lor pentru eliminarea valorilor eronate ale vitezelor de fază.

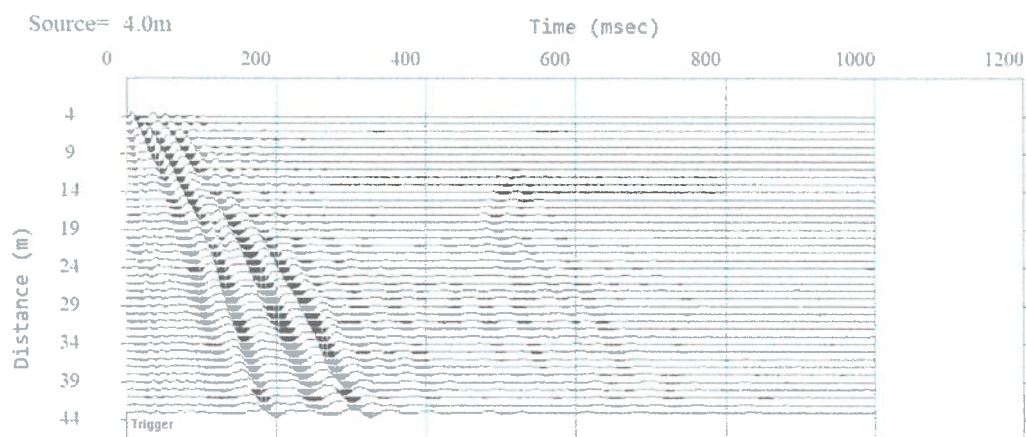
Pașii urmăți în prelucrarea undelor de suprafață sunt:

- încărcarea seismogramelor,
- definirea și încărcarea geometriei,
- calculul și reprezentarea vitezelor de fază în funcție de frecvență,
- citirea curbelor de dispersie,
- construirea modelului inițial de viteză folosit în inversia curbelor de dispersie,
- inversia curbelor de dispersie și obținerea modelului final de viteză.

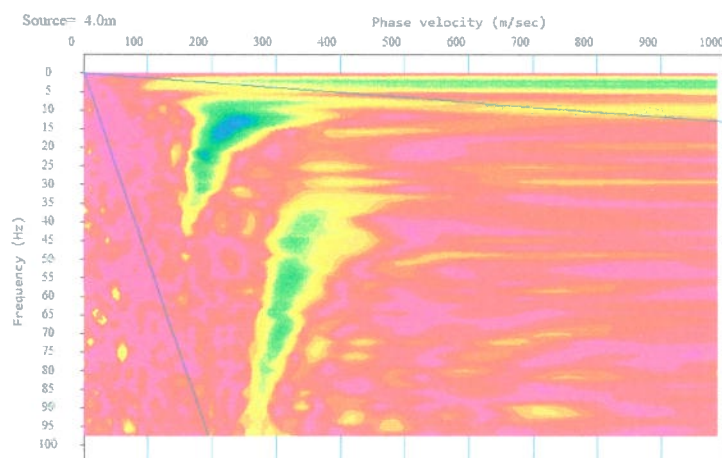
În funcție de caracteristicile undelor seismice prezente pe înregistrări, acestea necesită sau nu o prelucrare înainte de calculul vitezelor de fază. Astfel, undele reflectate și cele frontale trebuie eliminate înainte de prelucrarea undelor de suprafață atunci când acestea sunt caracterizate de valori de frecvențe și viteze aparente asemănătoare cu cele ale undelor de suprafață.

Modelele 1D de viteze se obțin prin prelucrarea unei singure înregistrări seismice, iar cele 2D se obțin prin prelucrarea mai multor seismograme obținute generând în mai multe puncte de pe profilul seismic.

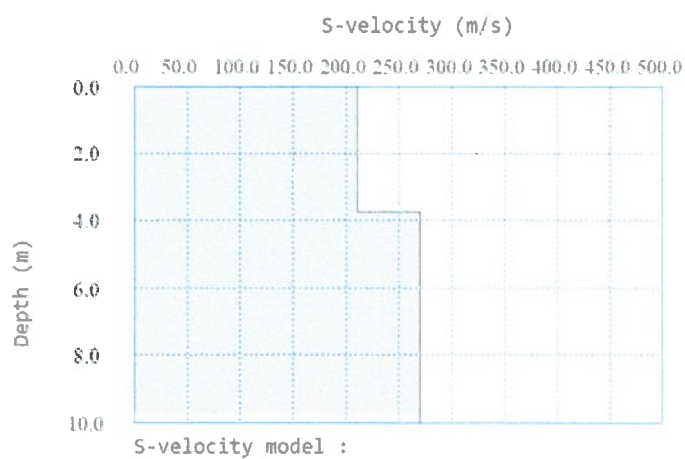
Un exemplu de înregistrare seismică folosit pentru prelucrarea undelor de suprafață este prezentat în Figura 6. Vitezele de fază reprezentate în funcție de frecvență sunt prezentate în Figura 7. Modelul de viteză 1D al undelor S se obține prin inversia curbei de dispersie definită de perechile viteză de fază-frecvență (Figura 8).



**Fig. 6.** Exemplu de înregistrare seismică folosită pentru prelucrarea undelor de suprafață



**Fig. 7.** Reprezentarea vitezelor de fază în funcție de frecvență



**Fig. 8.** Model de viteză 1D al undelor S

### 3. Calculul valorilor modurilor elastici

Știind valorile vitezelor undelor longitudinale, vitezelor undelor transversale și ale densităților determinate pe probe de roci extrase din forajele efectuate în zona studiată putem calcula valorile modului de forfecare (G), coeficientului Poisson ( $\nu$ ), modului de incompresibilitate (K), modului Young (E) și al primului parametru Lamé ( $\lambda$ ) folosind relațiile:

$$G = V_s^2 \cdot \rho \quad \nu = \frac{V_P^2 - 2V_S^2}{2(V_P^2 - V_S^2)} \quad K = \frac{2G(1 + \nu)}{3(1 - 2\nu)}$$

$$E = 2G(1 + \nu) \quad \lambda = \frac{2G\nu}{1 - 2\nu} \quad E_{oed} = \frac{E}{1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}}$$

### Prezentarea și interpretarea rezultatelor

Datele au fost înregistrate în luna Ianuarie 2022. Amplasamentele au fost ușor accesibile, iar condițiile de înregistrare ale datelor au fost foarte bune. Profilul 1 este amplasat într-o zonă deschisă, pe o pășune înconjurată de terenuri utilizate în scop agricol. Profilul 2 este amplasat pe marginea unui drum forestier. În cazul tuturor punctelor de investigație s-a reușit întinderea completă de 40 m a dispozitivului, cuprinzând 41 geofoane spațiate la 1 m. Au fost efectuate generări de unde elastice lângă geofoanele 1, 11, 21, 31 și 41.

Datele înregistrate în teren au fost filtrate, prelucrate, iar prin procedeele de modelare inversă pentru metoda MASW au fost obținute modelele de variație a vitezelor  $V_s$ .

Vitezele seismice au construit pentru toate profilurile modele de două sau trei strate geofizice, corelându-se bine cu informațiile obținute din forajele geotehnice, a sondajelor electronice verticale (SEV) și din observațiile geologice din teren.

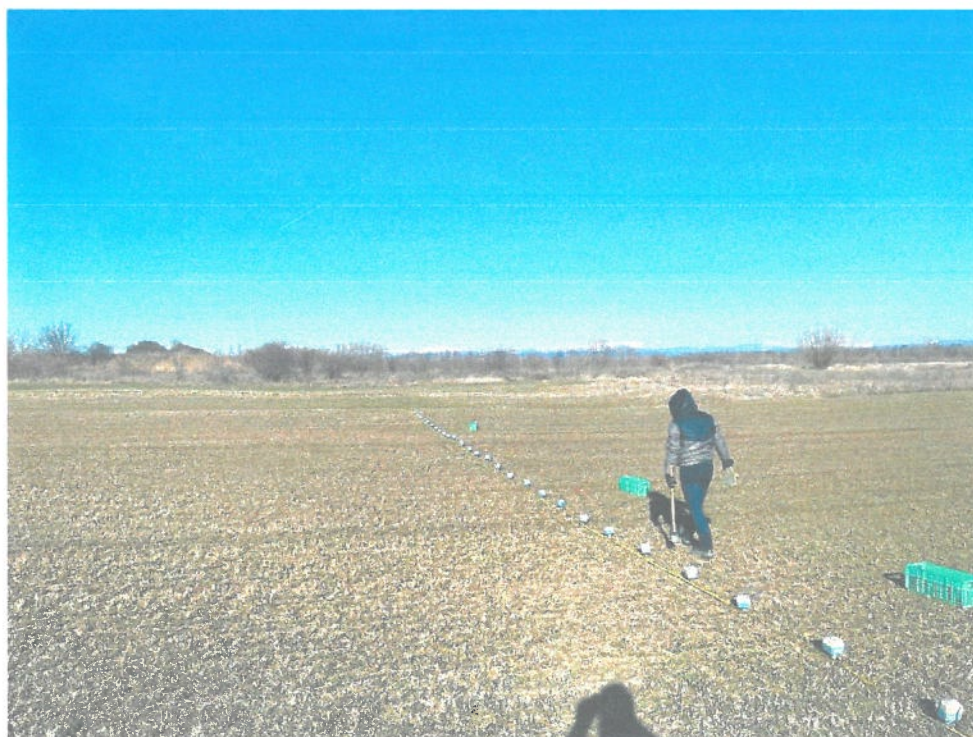
Prin integrarea cu rezultatele analizelor de laborator pe probe și cu informațiile litologice din foraje, pentru stratificația geofizică întâlnită au fost calculat modulul elastic de forfecare G.



**Profilul seismic S1**

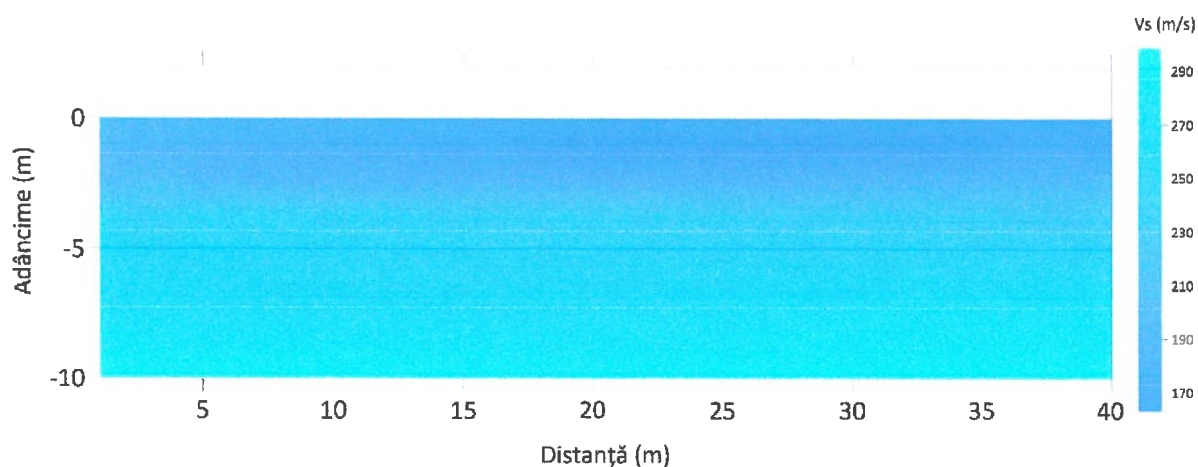


**Fig. 9.** Materializarea în teren a profilului seismic S1

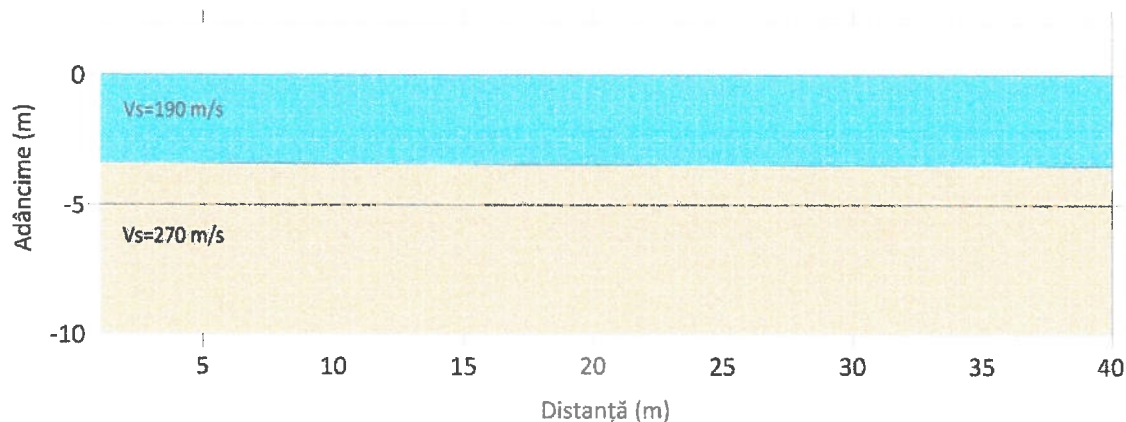


**Fig. 10.** Materializarea în teren a profilului seismic S1





**Fig. 11.** Profilul S1 – Model de variație a vitezei seismice Vs



**Fig. 12.** Profilul S1 – Model de viteze seismice Vs

Datele relevă un grad mediu de compactare naturală pentru formațiunile prezente până la adâncimea de 4 m. Începând cu 4,00 m valorile modului de forfecare  $G$  cresc semnificativ, acestea ajungând în cadrul formațiunilor cu un grad ridicat de compactare naturală, acestea prezintă un comportament similar formațiunilor necoezive îndesate.

*Tabel 1 – Profilul seismic S1: Vitezele undelor seismice*

Adâncimea m	Densitatea Kg/m <sup>3</sup>	Vs m/s	G MPa
0,00 – 4,00	1950	190	70
4,00 – 10,00	2100	270	153

Coordonatele capetelor A și B ale profilului seismin S1:

- A: X (N): 375540; Y(E): 548267
- B: X (N): 375529; Y(E): 548226

**Profilul seismic S2**

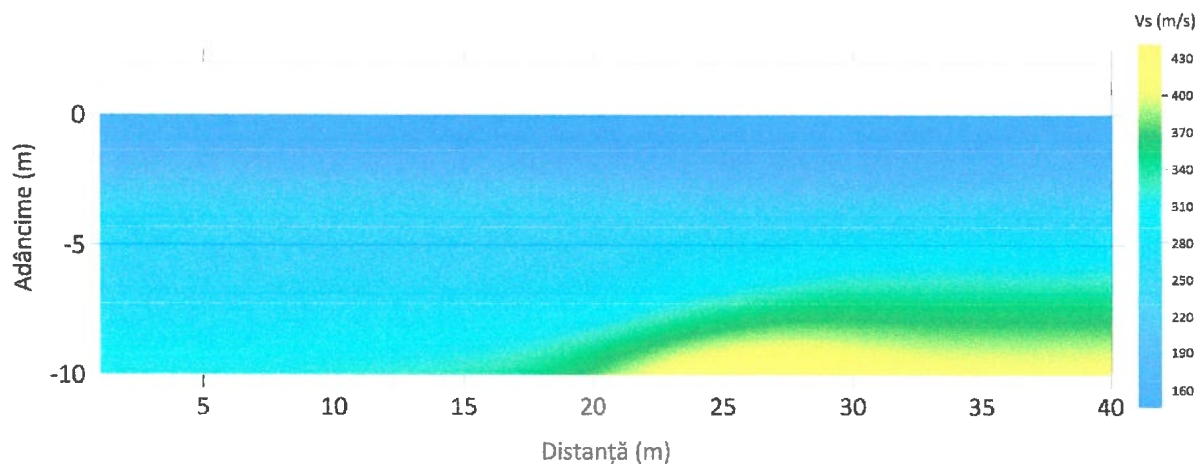


**Fig. 13.** Materializarea în teren a profilului seismic S2

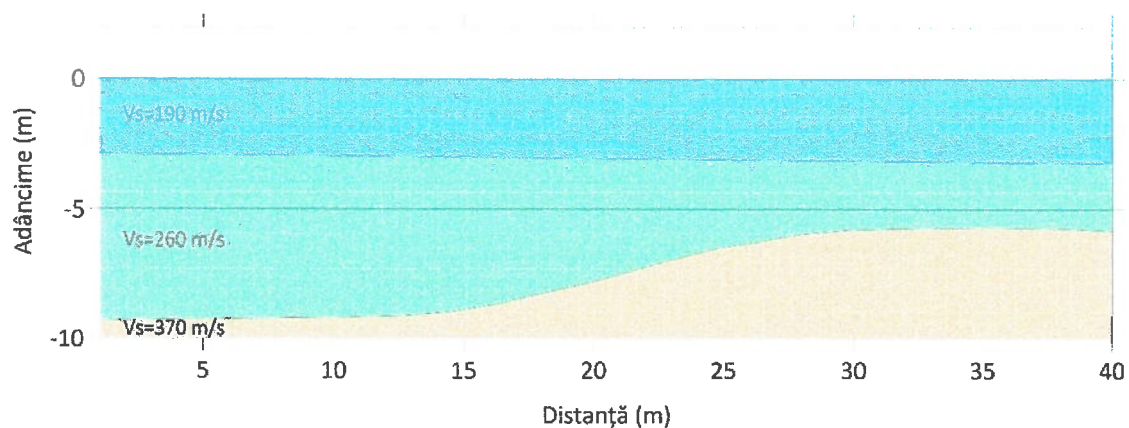


**Fig. 14.** Materializarea în teren a profilului seismic S2





**Fig. 15.** Profilul S2 – Model de variație a vitezei seismice  $V_s$



**Fig. 16.** Profilul S2 – Model de viteze seismice  $V_s$

Datele relevă un grad mediu de compactare naturală pentru formațiunile întâlnite până la adâncimea de 3,00 m. În cadrul intervalului 3,00 – 7,00 m valorile modulului de forfecare  $G$  cresc, evidențiind un grad ridicat de compactare naturală, acestea prezintă un comportament similar formațiunilor necoezive îndesate. Începând cu 7,00 m valorile modulului de forfecare  $G$  continuă să crească, acestea ajungând în cadrul formațiunilor cu un grad foarte ridicat de compactare naturală, prezentând un comportament similar formațiunilor parțial consolidate.

*Tabel 2 – Profilul seismic S2: Vitezele undelor seismice*

<b>Adâncimea m</b>	<b>Densitatea Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Vs m/s</b>	<b>G MPa</b>
0,00 – 3,00	1950	190	70
3,00 – 7,00	2100	260	153
7,00 – 10,00	2150	370	294

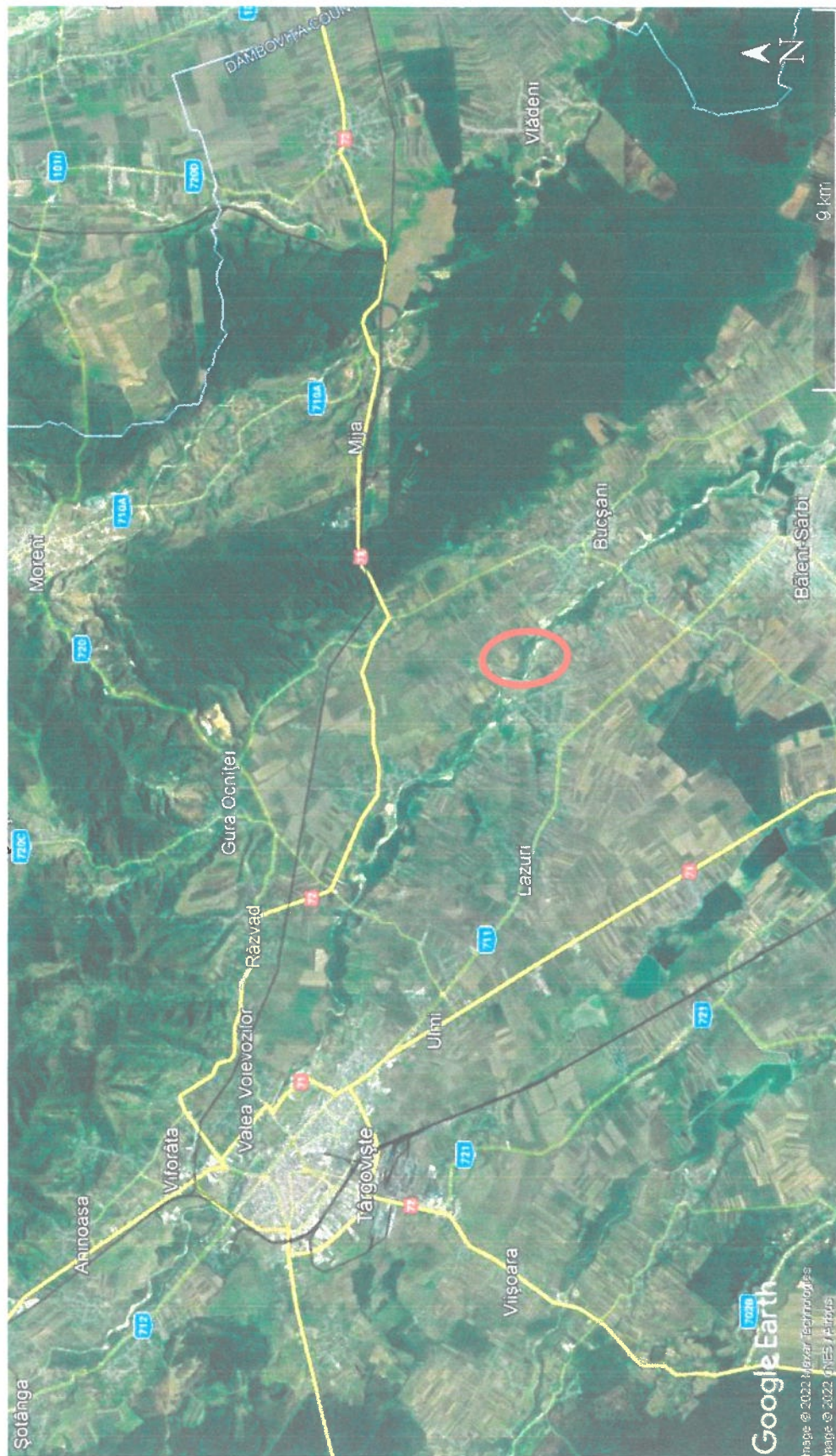
Coordonatele capetelor A și B ale profilului seismic S2:

- A: X (N): 375540; Y(E): 548267
- B: X (N): 375529; Y(E): 548226


**Autor**

**Dr. Ing. Iacob Cezar**

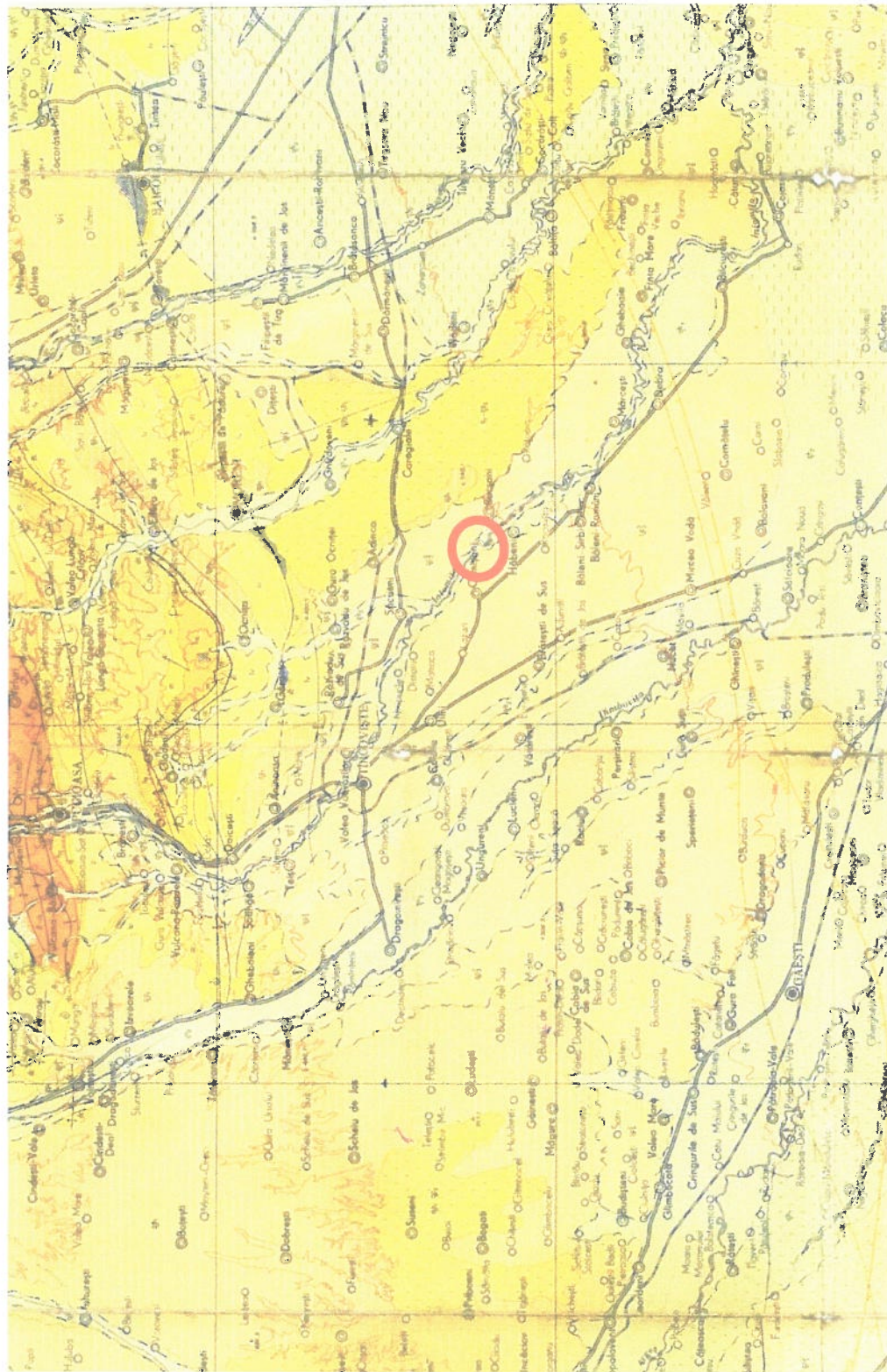




 Zona investigată

<b>PROIECTANT – STUDIU GEOTEHNIC</b> <b>ATNP</b> ATANASIU PROIECT SRL, CUI: RO41380195 Studii hidrologice și geotehnice				Titlu proiect: Punere în siguranță a conductelor de transport țitei F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște-Ploiești și dezafectarea conductelor vechi-inactive în zona Comișani-Buceșani, la subtraversarea râului Ialomita		Pr. Nr.
PROIECTANT	Dr. Ing. Cezar IACOB			PLAN DE AMPLASAMENT		Faza AVIZE
DESENAT	Sursa: Google Earth			Scara 1: 145.000		PLANȘA 1
				Ianuarie, 2022		





**Zona Cercetată**


PROIECTANT – STUDIU GEOTEHNIC ATANASTIU PROIECT SRL, CUI: RO41380195 Studii hidrologice și geotehnice		Titlu proiect: Punere în siguranță a conductelor de transport ștei F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște-Ploiești și dezafectarea conductelor vechi-inactive în zona Comișani-Bucșani, la subtraversarea râului Ialomița		Pr. Nr.
SEF PROIECT	Dr. Ing. Iacob Cezar	Extras din: Harta geologică a Institutului Geologic Român		Faza AVIZE
PROIECTANT	Copie	Scara 1:200 000	Ianuarie, 2022	
DESENAT				







— Profilul litologic

PROIECTANT – STUDIU GEOTEHNIC ATANASTU PROIECT SRL, CUI: RO41380195 Studii hidrologice și geotehnice <b>ATNP</b>				Titlu proiect: Punere în siguranță a conductelor de transport țiței F1 și F2 Ø10 ¾ Siliște-Ploiești și dezafectarea conductelor vechi-inactive în zona Comișani-Bucșani, la subtraversarea râului Ialomia	Pr. Nr.
PROIECTANT	Dr. Ing. Cezar IACOB			Scara 1: 10.000	PLAN DE SITUAȚIE
DESENAT	Sursa: Google Earth			Ianuarie, 2022	
				Faza AVIZE	PLANȘA 3



Data terminării forajului: 20.01.2022

[illegible]



Operatori: Răgălie Mihai, Ștefan Alexandru, Păun Marius  
Localizarea (Stereo 70): X(N)=375537.20 Y(E)=548248.35

Data începerii forajului: 20.01.2022  
Data terminării forajului: 20.01.2022

[illegible]

Dr. Ing. Geol. IACOB CEZAR

## Plansa 6



