MINISTERUL CERCETĂRII ŞI INOVăRII

Institut Naţional de Cercetare – Dezvoltare în domeniul Geologiei, Geofizicii, Geochimiei şi Teledetecţiei

Fondat: 1906

CUI RO1581793
J40/1777/1997

Institutul Geologic al României
Bucureşti, Sector 1, Str. Caransebeş nr. 1, RO-012271
e-mail: office@igr.ro , www.igr.ro

Tel: +40.31.403.34.00
Fax: 031.403.34.99

CERCETĂRI GEOFIZICE ESTIMATIVE ÎN ZONA TUNELULUI POIANA PENTRU AUTOSTRADA SIBIU-PITEŞTI

DIRECTOR GENERAL,

CSI Dr.Ing. Ştefan MARINCEA

AUTORI,

CSII Ing. Raluca MAFTEI

CSIII Ing. Ovidiu AVRAM

AC Ing. Antonio ULMEANU

AC Ing. Ioan SCUTELNICU

Bucureşti
2017

CUPRINS

1. **INTRODUCERE** 3
2. **DESCRIERE GENERALĂ A OBSERVAȚIILOR** 8
3. **CERCETARI GEOELECTRICE IN ZONA TUNELULUI DE LA POIANA – JUDETUL VALCEA** 18
4. **PRELUCRAREA DATELOR PRIMARE** 24
5. **REZULTATELE CERCETĂRII PRELIMINARE** 24
6. **CONCLUZII ŞI PROPUNERI** 29
7. **RECOMANDĂRI** 30
8. **ANEXE GRAFICE** 32

1. INTRODUCERE

Prezentul studiu face obiectul solicitării prin Nota de Comanda cu nr. 77274/06.10.2017 trimisa de catre CNAIR SA Institutului Geologic al Romaniei și oferă o descriere estimativă a condițiilor geologice (determinate geofizic) a terenului din zona tunelului Poiana.

Studiul de fezabilitate al IPTANA-EGIS (2008) al autostrăzii București-Budapesta (culoarul IV) a divizat traseul dintre Sibiu și Pitești în patru secțiuni: Sibiu – Racovița (I), Racovița – Bârsești (II), Bârsești – Curtea de Argeș (III) și Curtea de Argeș – Pitești (IV). « Primele doua secțiuni corespund traversării zonei de munte și dealuri inalte cu o structură geologică complexă. Ultimele două secțiuni sunt amplasate în zona de dealuri joase și platforma Cotmeana, pe un monoclin cu căderi sudice, la valori mici, a unor depozite recente, plio-cuaternare. » (fig.1)

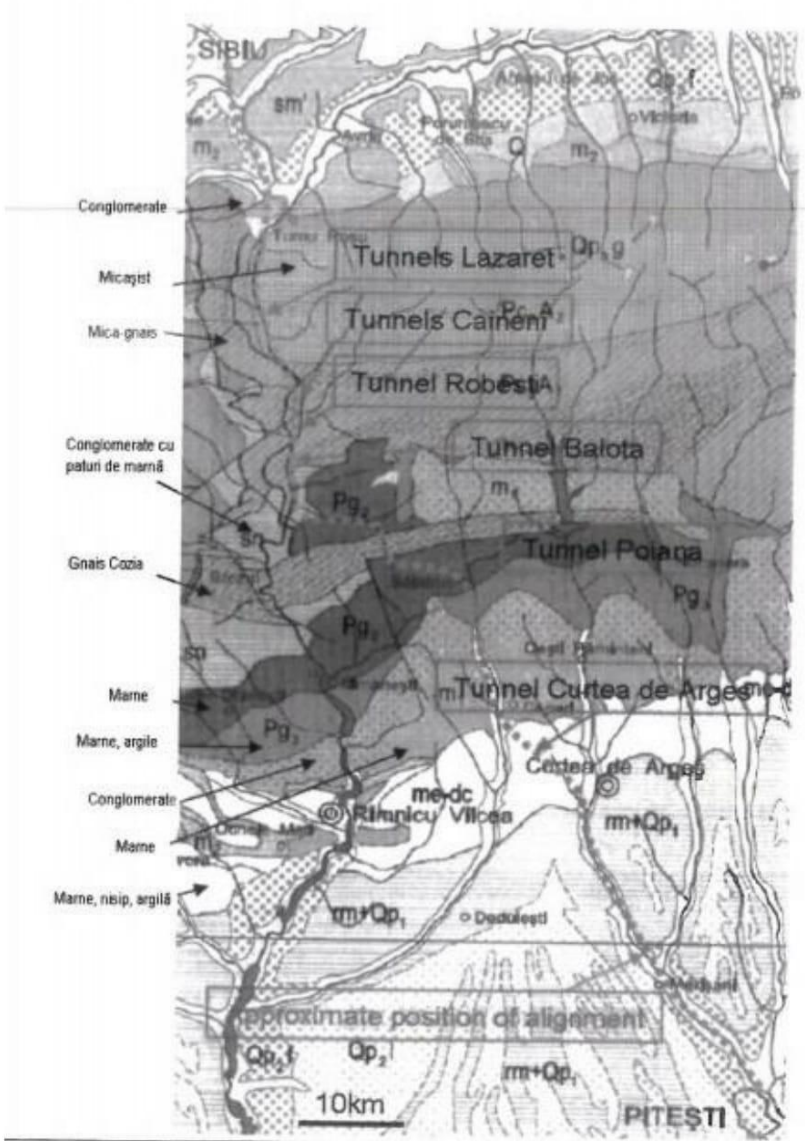


Fig.1- Prezentarea geologică a aliniamentului autostrăzii (după SF Egis, 2008, pag. 7)

« Tunelul Poiana este necesar pentru a limita altitudinea autostrăzii la < 800 m și pentru a ocoli, cel puțin parțial, fisurile adânci din marna instabilă din jurul Trecătorii Poiana. Tunelul, cu o lungime de aproximativ 1,7 km, taie creasta între valea Oltului și valea Topologului. Acest tunel va fi construit, în principal, prin marne și argile nisipoase. » (studiu fezabilitate Egis, 2008, pag. 8).

Spre deosebire de cele prezentate în SF realizat de Egis-IPTANA, 2008, pag.10, Tunelul Poiana este proiectat pe direcția E-V, într-o arie afectată de alunecări vechi (mai vechi de peste 30 de ani, informații obținute de la localnici) pe ambii versanți, stabilizate, cu multe zone cu exces de umiditate (vegetație higrofilă, care se dezvolta în condiții de umiditate sporită, ex. pipirigul, papura), atât pe versant cât și pe lungimea șanțului de pe marginea DN 7D (fig.2, foto 1, 2, 3).

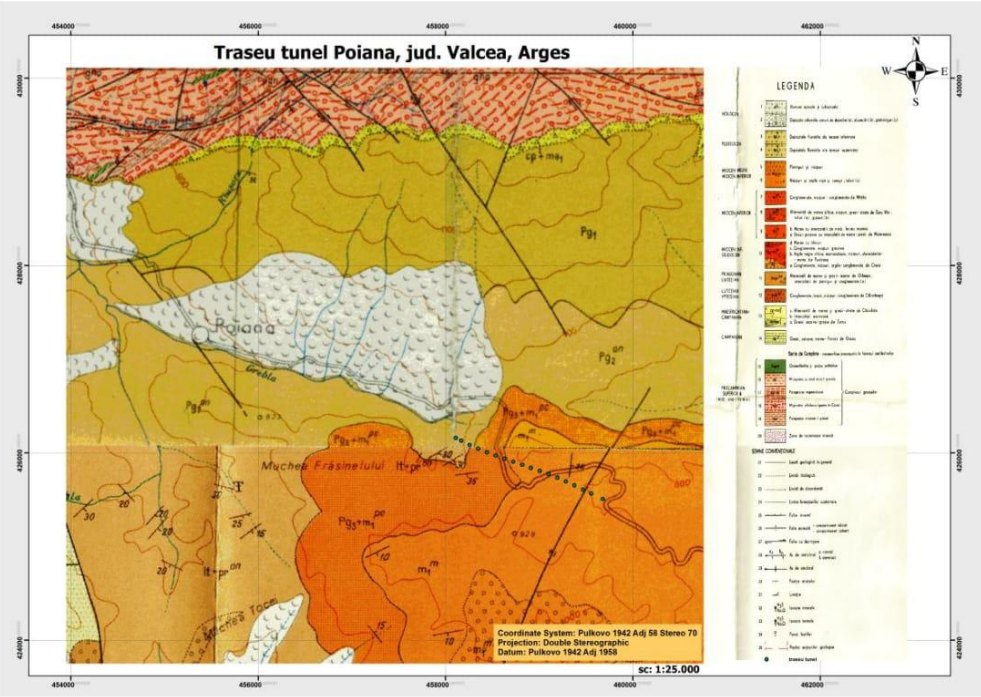


Fig. 2- detaliu harta geologică, foile Călimăneşti şi Titești, sc. 1: 50.000, cu amplasarea tunelului Poiana (arhiva IGR)



Foto 1- zonă cu exces de umiditate pe marginea DN



Foto 2- alunecări vechi, stabilizate



Foto 3- alunecări vechi, stabilizate, cu vegetație higrofilă

Nu s-au observat aflorimente în zona tunelului proiectat, iar informațiile geologice directe sunt obținute numai până la adâncimea de 18 m, adâncime până la care au fost săpate două foraje geotehnice (câte unul la fiecare capăt al tunelului) în anul 2008.

Din descrierea litologică, se poate constata că în forajul 75 a fost interceptat nivelul hidrostatic la adâncimea de 4,5 m, într-un strat de argilă prăfoasă cu

grosimea de peste 12 m. Sub aceasta argilă, până la 18 m, a fost străbătut un strat de pietriș cu bolovăniș cu fragmente de roci metamorfice.

Descrierea litologică a stratelor străbătute de forajul 76 arata o succesiune de argilă prăfoasă (7 m grosime), urmată de praf argilos (2 m grosime) sub care se afla tot o argilă prăfoasă (9 m grosime). În acest foraj un a fost întâlnită apa.

Fișele sintetice ale celor două foraje sunt prezentate in figurile 3 și 4.

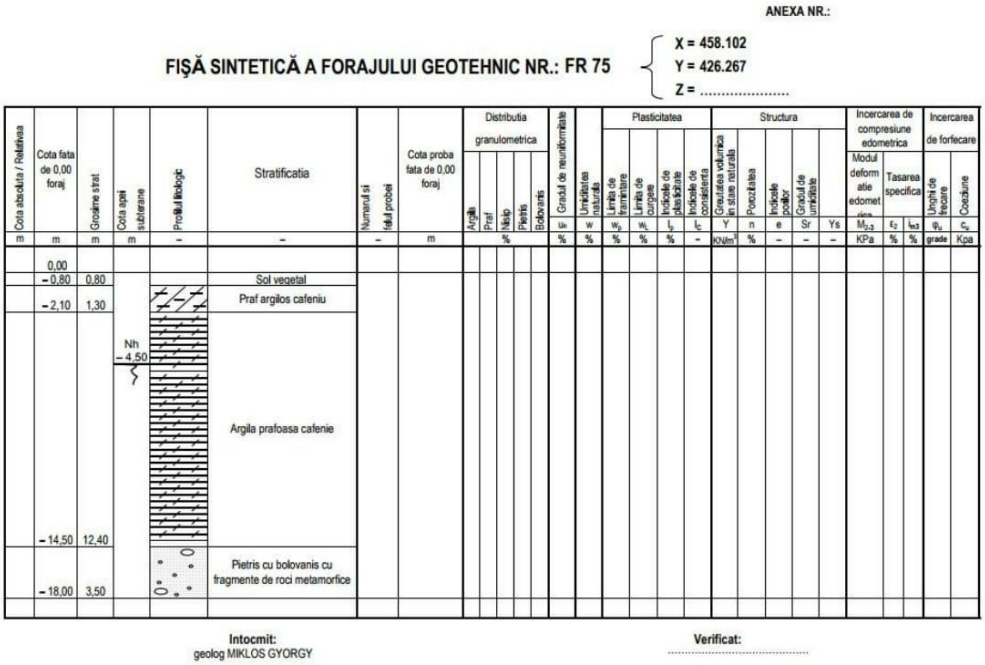


Fig. 3- fișa sintetică a forajului 75

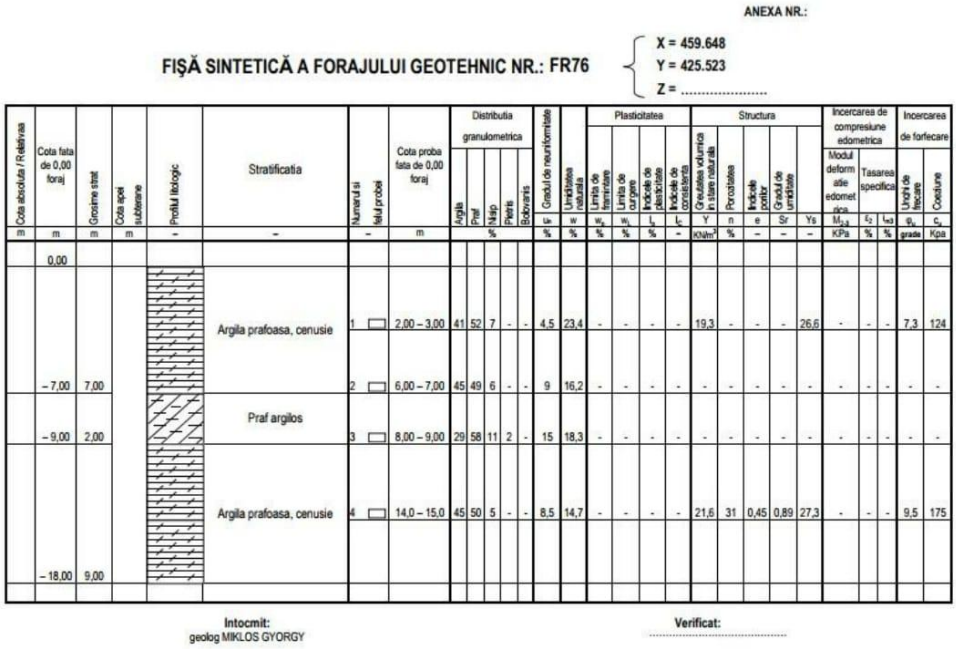


Fig. 4- fișa sintetică a forajului 76

Experiența acumulată de specialiştii colectivului GeoHazard în studierea alunecărilor de teren a confirmat natura argiloasa a substratului situat sub solul vegetal, astfel explicându-se zonele de băltire (foto 4), cu vegetație caracteristică (pipirig) (foto 5).



Foto 4- zonă de băltire



Foto 5- zonă de băltire, cu vegetație caracteristică

2. DESCRIERE GENERALĂ A OBSERVAȚIILOR

Cerințele metodei sondajelor electrice verticale (electrometrie) sunt ca cel puțin un profil transversal să fie executat, tocmai ca informațiile obținute să fie relevante, în absența unor date obținute din măcar un foraj geotehnic săpat în apropiere, la o adâncime suficent de mare. (dupa cum s-a arătat, acest lucru nu a fost posibil, aceasta dând un carácter estimativ interpretării geologice a datelor geofizice).

Măsurătorile geofizice au urmărit axul tunelului, începând din punctul de ieșire (s-au folosit coordonatele din studiul de fezabilitate executat de Egis-IPTANA, în anul 2008). S-au executat 3 profile longitudinale, urmărind direcția axului tunelului, și unul transversal, acolo unde terenul a permis accesul și au putut fi întinse caburile (cu o lungime de 650 m și o greutate de cca. 30 kg fiecare) (fig. 6).

Traseul tronsonului de autostradă proiectat trece prin spatele caselor, urmând sau traversând cursul pârâului Poiana. Versantul din spatele caselor este împădurit și s-a semnalat prezența urșilor și porcilor mistreți în zonă (inclusiv în sate).

Profil 1 (de la stână spre DN 7D)

Alunecarea din dreptul bornei de la kilometrul 31 (sens spre Curtea de Argeș) pornește din zona de creastă a dealului și continuă, traversând DN 7D, prin pădure până la punctul unde este ieșirea din túnel (foto 7), pe proprietatea unui localnic (“boierul”). Alunecarea are (unde intersectează DN) o lățime de aproximativ 200 m (foto 5).

Terenul este vălurit, destul de accidentat, copacii sunt drepți, neindicând urme ale unor reactivări de data recentă. (foto 1)

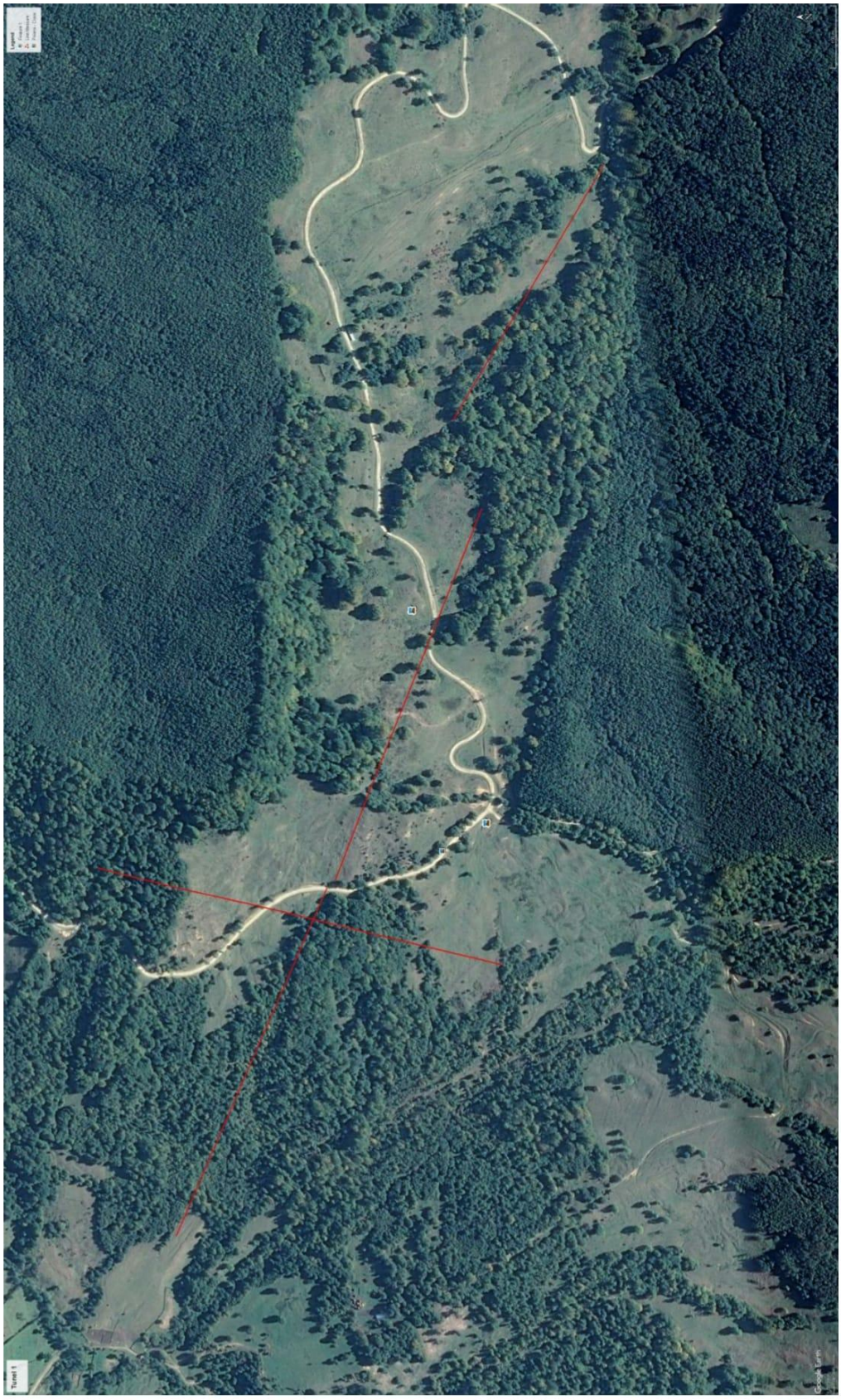


Figura 6- amplasarea profilelor

Tunelul proiectat trebuie să traverseze DN 7D, urmând să aibă ieșirea pe proprietatea sus-menționată.

S-au semnalat zone cu exces de umiditate (vegetație caracteristică), zone de băltire și sufoziune.

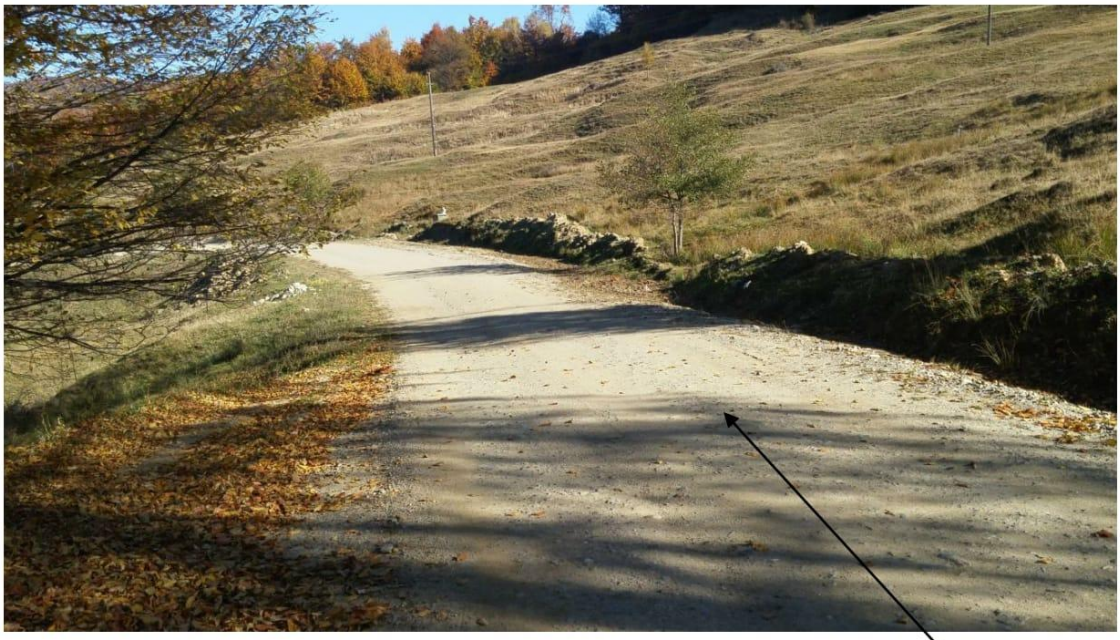


foto 5- alunecarea de teren din zona profilelor 1 și 2 (longitudinale); traversare DN 7D



foto 6- unul din capetele profilului 1, lângă DN 7D



foto7- unul din capetele profilului 1(ieșire túnel), în zona stânei

Profil 2 (de la DN 7D, peste deal, traverseaza limita dintre județele Vâlcea și Argeș- foto 11)

Traseul tunelului traversează dealul, pe partea stângă a DN 7D (sens spre Curtea de Argeș), urmând să treacă, a doua oară, pe sub drumul național și pe sub rețeaua de electricitate (foto 8, foto 9, foto 10).

Versanții sunt afectați de alunecări, vechi, stabilizate, cu zone cu exces de umiditate și de băltire; terenul este accidentat (foto 12, foto 13, foto 14).



Foto 8- unul din capetele profilului 2



Foto 9- profil 2, unde traverseaza DN și rețeaua electrică



Foto 10- detaliu profil 2, unde traverseaza DN



Foto 11- zona unde este limita dintre județele Argeș și Vâlcea, DN 7D



foto 12- zonă cu exces de umiditate (profil 2)



Foto 13- teren accidentat (profil 2)



Foto 14- teren accidentat (profil 2)

Profil 3 (în continuare profil 2, zona intrare tunel)

Profilul 3 este in continuarea profilului 2 și merge până în punctul unde a fost proiectată intrarea în túnel, într-o zonă împadurită, lângă un curs de apă. Traseul traversează o zonă împădurită, destul de greu accesibilă, întâlnind și o râpă (foto 15, foto 16, foto 17).



Foto 15- teren profil 3



Foto 16- aparatul amplasat lângă râpă



Foto 17- detaliu râpă (profil longitudinal 3)

Profil 4 (transversal)

Profilul 4, transversal, a fost făcut în scopul de a putea obține informații suplimentare. A fost făcut pe o direcție N-S, în zona profilelor longitudinale 1 și 2 (figura 6, foto 18).



Figura 7- amplasarea profilului transversal



Foto 18- întinderea cablurilor profil transversal

3. CERCETARI GEOELECTRICE IN ZONA TUNELULUI DE LA POIANA – JUDETUL VALCEA

Descrierea metodei de cercetare geofizică:

Metoda clasică a rezistivităţii se bazează pe interdependenţa dintre proprietaţile electrice (rezistivitatea ρ) şi parametrii geotehnici ai terenului, pe contrastele de rezistivitate dintre diferitele roci şi formaţiuni ce participă la alcatuirea geologică a unei zone, deci pe contrastul de rezistivitate dintre obiectul urmărit şi mediul înconjurător.

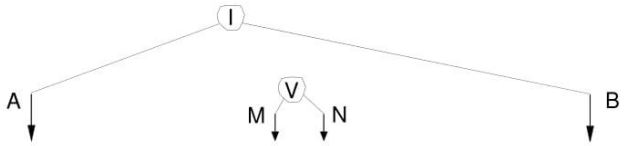
În cazul rocilor sedimentare, care se caracterizeaza prin conductivitate ionică, natura componenţilor mineralogici nu influenţeaza rezistivitatea, mărimea acesteia depinzând exclusiv de valoarea porozitaţii, geometria porilor, natura şi concentraţia fluidelor din porii rocii şi gradul lor de umplere. Rezistivitatea principalelor tipuri de roci întâlnite în zona, măsurata în condiţii de laborator pe eşantioane, variază în urmatoarele limite:

Tipul rocii	**ρ** masurata pe eşantioane în laborator	**ρ** stabilită prin SEV sau carotaj electric pe:	
		roca saturată cu apă nemineralizată	roca saturată cu apă sarată
argila	10^3 - 10^5	10 – 100	1 - 10
gresie poroasă, nisip	10^5 - 10^6	30 – 200	1 - 10
gresie compactă	10^5 - 10^6	100 – 1000	5 - 100
conglomerat,pietris	10^5 - 10^6	100 – 1000	5 - 100
marnă	10^4 - 10^5	100 – 1000	10 - 100
sare	10^{12} - 10^{14}		
petrol	10^9 - 10^{16}		

Măsurate în teren, unde intervin volume mari de roci diferite situate atât în lungul direcţiei dispozitivului de masură cât şi lateral, contrastele de rezistivitate dintre roci se atenuează, păstrându-se însa raportul dintre ele.

Din analiza acestul tabel se contureaza un prim criteriu de interpretare a datelor geoelectrice. Anomaliile de maxim rezistivimetric pot fi generate de prezenţa marnei, a rocilor compacte, uscate sau impregnate cu produse petroliere, precum şi de sare, care produce anomalii caracteristice, de valori extrem de mari. Anomaliile de minim pot reflecta prezenţa argilei sau a apei în porii rocilor, în timp ce apa sarată produce anomaliile de minim cele mai intense.

Determinarea rezistivităţii aparente în teren se face cu un dispozitiv de măsura cuadripolar alcatuit din 2 electrozi de emisie A,B prin care se injecteaza în sol un curent continuu cu intensitatea I şi 2 electrozi de recepţie M,N prin care se măsoara diferenţa de potenţial ΔV produsă de trecerea curentului prin rezistenţa reprezentata de subsol. Adâncimea de pătrundere a curentului în subsol, deci adâncimea de la care vine informaţia geofizică (adâncimea de investigaţie), este direct proporţională cu lungimea dispozitivului de masură AB. Păstrând constanta distanţa MN dintre electrozii de recepţie şi crescând progresiv distanţa AB, liniile de curent vor patrunde mai adânc în subsol, deci informaţia va veni de la o adâncime din ce în ce mai mare, înregistrându-se astfel variaţia rezistivitaţii cu adâncimea pentru acelaşi punct de pe suprafaţa terenului. Acesta este principiul sondajului vertical (SEV). Fineţea investigaţiei se realizeaza pe orizontală prin folosirea unei distanţe MN cât mai mici şi prin micşorarea intervalului dintre locaţiile SEV, iar pe verticală prin mărirea numărului de lungimi AB.



Valoarea rezistivităţii aparente se calculează conform Legii lui Ohm într-un mediu omogen:

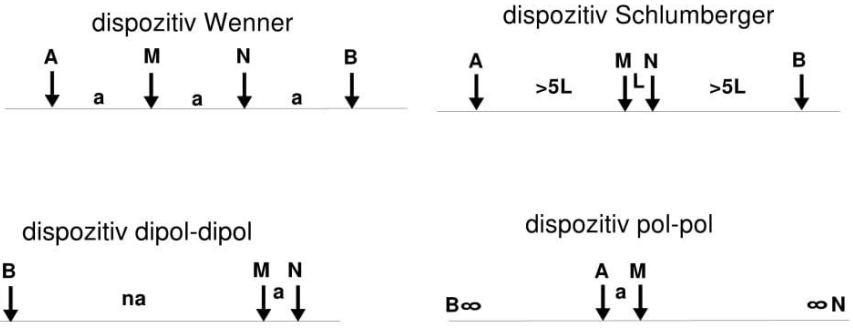
$$\rho_a = K \times \Delta V / I,$$

unde K este un coeficient care depinde de configuraţia geometrică a electrozilor:

$$K = 1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN.$$

În practica investigaţiilor de teren, pentru diferite situaţii geologice se pot utiliza diferite configuraţii de dispunere a electrozilor (dispozitive). Cele mai uzuale dispozitive sunt:

- dispozitiv Wenner (spaţiere egala între electrozi), caracterizat prin semnal puternic, rezoluţie laterală slabă şi adâncime de investigaţie de 30 % din lungimea liniei de emisie AB. Este utilizat în special la măsuratori prin procedeul profilării.
- dispozitiv Schlumberger (AB ≥ 5MN), cu rezoluţie laterală rezonabilă şi adâncimea de investigaţie de 20 % din lungimea AB. Este cel mai utilizat dispozitiv la sondaje electrice verticale (SEV), datorită faptului ca linia de recepţie MN ramâne fixă, deci necesită un personal redus.
- dispozitiv dipol-dipol, cu rezoluţie laterala bună şi adâncimea de investigaţie de 15 % din lungimea liniei de emisie AB. Aplicat în special la instrumentele de înregistrare multicanal, pentru reducerea timpului de lucru.
- dispozitiv pol-pol, cu cea mai mare adâncime de investigaţie, dar generând imagini mai puţin clare. Este aplicat în special la înregistrari 3D.



Noţiunea de **rezistivitate aparentă, ρ_a,** se referă la faptul că valoarea rezistivităţii înregistrate într-un punct la suprafaţa terenului reprezinta o medie ponderată a rezistivitaţilor tuturor rocilor situate în spaţiul strabatut de liniile de curent dintre electrozii de emisie (o emisfera cu diametrul egal cu aceasta distanţă), valoare în care ponderea cea mai mare o are rezistivitatea corespunzatoare lungimii liniei de emisie respective.

Prelucrarea datelor şi reprezentarea rezultatelor cuprinde 2 faze. Mai întâi se calculeaza rezistivităţile aparente ρ_a şi se construiesc pseudosecţiunile de rezistivitate aparentă corespunzatoare fiecarui profil măsurat, numite aşa deoarece reprezentarea rezistivităţii cu adâncimea se face nu în funcţie de unităţi de distanţa (metri), ci în funcţie de lungimea dispozitivului AB. Se obţine astfel o imagine calitativă a distribuţiei spaţiale a rezistivitaţii pornind de la cauza la efect,

imagine care dă indicaţii asupra proprietaţilor electrice ale subsolului. Apoi, fiecare curbă de sondaj este reprezentată în coordonate bilogaritmice şi se procedeaza la interpretarea cantitativă, proces în urma caruia pentru fiecare locaţie SEV se obţine o succesiune de orizonturi electrice, fiecare orizont caracterizându-se printr-o grosime şi o rezistivitate „reală" proprie. Corelarera acestor orizonturi în lungul unui profil se materializeaza în secţiunea de rezistivităţi reale, numită şi „imagine inversată a rezistivităţii", denumire rezultată din faptul ca procesul de prelucrare a datelor are loc în sens invers, de la efect la cauză. Secţiunea de rezistivităţi reale este imaginea geofizică cea mai apropiată de structura geologică reala a subsolului.

Metoda imaginilor de rezistivitate este varianta modernă a metodei rezistivităţilor, dezvoltată ca urmare a îmbunătăţirii tehnicii de achiziţie şi înregistrare a datelor, precum şi a implementării programelor care interpretează automat date de rezistivitate în 1D, 2D sau 3D. Rezistivitatea terenului este înregistrată, conform unui program prestabilit, de o aparatură automată, cu ajutorul unor cabluri speciale, apoi este descarcată pe un computer, unde este prelucrată printr-un program specializat, iar în final este afişata sub forma de secţiuni verticale pentru interpretare şi printare.

Sistemul SuperSting R8/IP+64, produs de firma americană *Advanced Geosciences, Inc, Austin, Texas,* este un sistem generator de imagini de rezistivitate şi polarizaţie indusă automat, cu 8 canale, folosit cu cabluri pasive multielectrod. Foloseşte la emisie un curent continuu pulsat cu durata pulsului egală cu durata pauzei. Compensarea potenţialului natural se face automat, pe toată durata măsurătorii. Rezistivitatea este calculata prin introducerea coordonatelor dispozitivului. Atenuarea zgomotului este de minim 100 dB la frecvenţe mai mari de 20 Hz şi de minim 120 dB la frecvenţele de 16, 20, 50, 60 Hz din linia de emisie, asigurându-se un semnal curat (foto 19).



Foto 19- Sistemul SuperSting R8/IP+ 64

Instrumentul include o **cutie de distribuţie** încorporată (switch box) pentru 64 electrozi, care are rolul de a comanda comutarea electrozilor la achiziţionarea automată de date, conform unui program introdus anterior (fişier de comandă). Comutarea electrozilor se face de catre instrument prin intermediul cablurilor pasive multielectrod, care au la fiecare 5 m câte un contact (take-out) pentru conectarea electrozilor de inox (foto 19).

Tot în componenţa aparatului intră **softul Administrator**, folosit la crearea fişierelor de comandă şi încărcarea lor în memoria aparatului şi pentru descărcarea datelor din SuperSting în computer. Fişierul de comandă este un simplu fişier text care comandă instrumentului cum să măsoare.

Softurile de inversie EarthImager sunt programe care interpretează datele de rezistivitate înregistrate (procesul de inversie) şi produc imagini sub forma de secţiuni care reflecta structura geologică a subsolului.

Inversia datelor de rezistivitate este o combinaţie de simulare directă (forward simulation) şi simulare inversă (inverse simulation) având ca rezultat final producerea modelului structural al subsolului (imaginea subsolului obţinută pe baza datelor de rezistivitate măsurate pe suprafaţa terenului).

Mai întâi se realizează o simulare sau modelare directă (prospecţiune virtuală, o aplicaţie de la model la date, de la cauză la efect), pe un model construit pe baza unor informaţii apriori, cunoscute (distribuţia rezistivităţii aparente în subsol, configuraţia electrozilor) sau prezumate (rezistivitatea medie a unui sector, ipoteza userului sau structura subsolului), obţinându-se un set de date sintetice. Modelarea directă (soluţia directă) este obţinută prin rezolvarea ecuaţiei cu derivate parţiale în domeniul transformatei Fourier:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\sigma\frac{\partial V}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\sigma\frac{\partial V}{\partial z}\right)-k^2\sigma V=-I\cdot\delta(x)\cdot\delta(z),$$

unde V este potenţialul electric scalar în domeniul transformatei Fourier,
I este intensitatea curentului electric al sursei,
σ este conductivitatea electrică, o mărime funcţie de (x,y).

Apoi, setul de date sintetice este supus unei simulări inverse (proces de determinare a parametrilor modelului, o aplicaţie de la date la model, de la efect la cauză), pentru a se reconstrui distribuţia rezistivităţii în subsol pe baza datelor de V şi I masurate la suprafaţă. Este obţinut astfel un model al subsolului care este comparat cu modelul sintetic iniţial şi modificat prin iteraţii succesive până când diferenţa dintre ele scade sub un prag stabilit. Eroarea medie pătratică (RMS Error, Rooth Mean Squared Error) caracterizează concordanţa dintre datele măsurate în teren şi datele calculate ale modelului:

$$\mathrm{RMS}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{d_i^{Pred}-d_i^{Meas}}{d_i^{Meas}}\right)^2}{N}}\times 100\%,$$

unde N este numarul total de măsuratori,
d^{pred} sunt datele predictibile,
d^{meas} sunt datele măsurate.

Inversia datelor de rezistivitate este deci un proces în care modelul este construit plecând de la distribuţia rezistivităţii aparente în subsol (pseudosecţiunea de rezistivitate aparentă masurată), rezistivitate determinată prin măsurarea la

suprafaţa solului a intensitaţii curentului de injecţie şi a tensiunii dintre electrozii de măsură.
Rezultatul final este secţiunea inversată de rezistivitate (Inverted Resistivity Section), care reprezintă distribuţia rezistivităţii în subsol reconstruită prin procesul de inversie a datelor sintetice. Este rezultatul final al investigaţiei electrice, o imagine în legatură directă cu structura geologică a subsolului din punctul de vedere al proprietăţilor electrice ale diferitelor componente ale acestuia. Pe baza acestei imagini şi luând în consideraţie toate datele geologice şi de orice altă natură din perimetrul cercetat, utilizatorul se angajează în procesul dificil şi de mare raspundere al interpretării geologice a rezultatelor geofizice.

Setările de măsură ale aparatului SuperSting utilizate în măsurătorile de rezistivitate executate au fost următoarele:
- Cycles (numărul de cicli consideraţi): 1.
- Max Error (pragul valoric pentru fiecare deviaţie standard): 2 %.
- Max Current (intensitatea maximă a curentului introdus în electrozii de emisie): 2 A.
- Measure Time (lungimea pulsului, egală cu durata pauzei): 1.2 sec, valoarea standard în investigaţia de rezistivitate.

Setarile iniţiale ale inversiei cu softul de inversie EarthImager 2D:
- Minimum Voltage (intensitatea minimă a semnalului la receptor): 0.001 mV.
- Minimum Abs V/I (potenţialul minim, normat la curent): 0.0001 ohm.
- Minimum App Res (cea mai mică valoare a rezistivităţii aparente admisă la inversie): 0.001 ohmmetri.
- Max App Res (cea mai mare valoare a rezistivităţii aparente admisă la inversie): 10000 ohmmetri.
- Inversion Method (metoda de inversie): Smooth Method, stabilă şi robustă, recomandată de producător pentru toate tipurile de date.

Setarile modelării directe:
- Metoda de modelare directă: Metoda elementului finit, care produce o soluţie cu aceeaşi reţea de discretizare şi modelează mai bine relieful topografic.
- Rezolvarea ecuaţiei directe: Cholesky decomposition, mai rapidă pentru seturi de date obţinute cu mai mult de 20 electrozi.
- Condiţii la limită: Mixed BC, care produce o soluţie directă mai exactă.
- Numărul de ochiuri ale reţelei: 2.
- Factorul de creştere a grosimii (raportul dintre grosimea stratului inferior şi a celui de deasupra lui): 1.1.

Setările inversiei rezistivităţii:
- Modelul iniţial de la care porneşte inversia: Pseudosecţiunea de rezistivitate, când nu se cunosc date privind structura subsolului.
- Min Resistivity (valoarea minimă luată în calcul la inversie): 0.001 ohmmetri.
- Max Resistivity (valoarea maximă luată în calcul la inversie): 10000 ohmmetri.
- Roughness Ratio (coeficientul de anizotropie): 1, pentru un mediu fără stratificaţie.

Setările inversiei cu relief:
- Mesh Transform Method (metoda de transformare a reţelei): Damped transform, recomandată pentru terenurile cu un singur versant.
- Boundary Topography (topografia la limitele secţiunii): Constant slope, care extrapolează panta dintre ultimii doi electrozi.

METODA POTENȚIALULUI NATURAL se bazează pe existența în subsol a unor câmpuri electrice naturale, locale, având cauze legate de un singur tip de formațiune geologică sau de un singur tip de fenomen natural sau antropic. Există trei tipuri principale de câmpuri electrice naturale, generate de tot atâtea tipuri de fenomene fizico-chimice ce au loc spontan în sol:

1. Câmpuri electrice de oxido-reducere sau de mineralizație, care iau naștere în urma reacțiilor chimice din interiorul și din vecinătatea unui corp de minereu compus din anumite minerale (grafit, unele sulfuri de fier și cupru) și situat în condiții geologice particulare (corp de minereu masiv, vertical sau înclinat, intersectat de nivelul hidrostatic). Au intensitate foarte mare, generând anomalii de câteva sute de milivolți, dar se limiteaza exclusiv la zăcămintele de minereuri eruptive și în special metamorfice.

2. Câmpuri electrice de electrofiltrație (electrocinetice, de curgere), generate de circulația apelor prin roci poroase. Sunt cele mai răspandite în formațiunile sedimentare, generând anomalii strict locale, de câteva zeci de milivolți.

3. Câmpuri electrice de difuzie-adsorbție, care se produc la contactul soluțiilor cu concentrații diferite în subsol sau la suprafața solului. Generează anomalii de mică intensitate și au o răspândire limitată.

Condițiile naturale geologice și structurale din zona cercetată sunt favorabile apariției câmpurilor de electrofiltrație. Mecanismul aparitiei potențialelor naturale în acest caz este cunoscut. Sub acțiunea în special a gravității, dar și a altor factori care pot determina, de exemplu, circulația fluidelor sub presiune prin formațiunile poroase și permeabile, are loc o separație de sarcini electrice. În circulatia lor prin porii rocilor, fluidele în mișcare dizolvă sărurile de pe pereții porilor și le disociază sub formă de ioni. Cationii, ionii cu sarcină electrică pozitivă, au un diametru mic și deci o mobilitate mare și sunt mai ușor antrenați de fluidele în mișcare, în timp ce anionii, ionii cu sarcină electrică negativă, având diametru mai mare și deci mobilitate mai mică, rămân pe pereții porilor. Se crează astfel la nivelul porilor rocii un strat dublu electric ce determină apariția unei diferențe de potențial care indică atât existența unei circulații a apei prin subsol sau pe la suprafața solului, cât și direcția de curgere. În mod natural, se vor înregistra deci anomalii negative ale potențialului natural pe formele de relief pozitive (deal, anticlinal îngropat) și anomalii pozitive pe zonele cu relief coborât (văi). În cazul unui relief plat (de suprafață sau îngropat), forma și dispoziția anomaliilor de potențial natural poate indica o circulație a fluidelor prin formațiunile poroase din subsol sub presiunea unor factori externi naturali (curgere hidrodinamică pe principiul vaselor comunicante pe structuri mai întinse) sau artificiali (eventuale scurgeri de fluid din forajele în lucru sau în exploatare).

Datele sunt reprezentate sub formă de curbe de variație a valorilor potenţialului natural în lungul fiecărui profil, raportate la stația de bază.

Interpretarea rezultatelor măsurătorilor de potențial natural este calitativă și se face în raport cu structura geologică a subsolului, luând în considerație relieful topografic și ținând seama de mecanismul de apariție a câmpurilor electrice și de corelațiile vizuale cu căile potențiale de flux de apă. Astfel, văile sunt caracterizate prin anomalii pozitive ca urmare a aportului de cationi, iar dealurile apar cu valori negative. Formațiunile poroase şi permeabile (nisipuri, pietrișuri, roci carbonatice fisurate) se remarcă prin valori negative, în timp ce deasupra argilelor se observă anomalii pozitive. Fracturile sau formațiunile poroase circulate se pot evidenția prin anomalii negative în cazul în care fluxul de apă intră din formațiunea acoperitoare

în zona de fractură, sau prin anomalii pozitive când fluxul de apă iese din zona de fractură în formațiunea acoperitoare permeabilă (fig. 8).

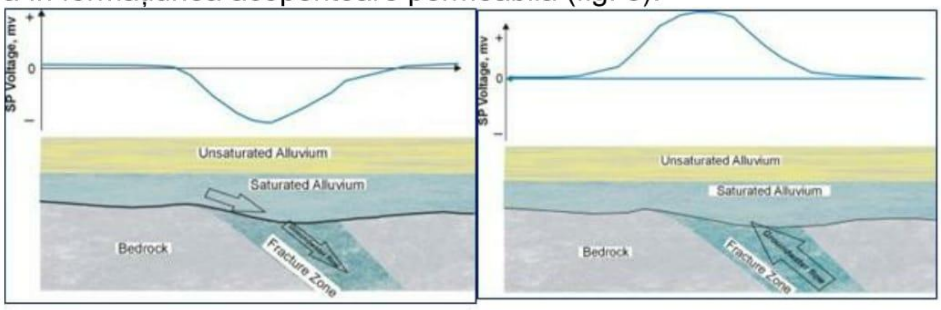


Fig. 8. Potențialul natural deasupra unei fracturi circulate descendent (stânga) sau ascendent

4. PRELUCRAREA DATELOR PRIMARE

Se face cu ajutorul softurilor de inversie EarthImager produse de Advanced Geosciences, Inc.

EarthImager 2D este un program care interpretează date de rezistivitate în 2D şi produce secţiuni de rezistivitate inversate, corelabile cu geologia subsolului şi cu corpurile ascunse. Rezultatele sunt prezentate sub forma imaginii de secţiune inversată de rezistivitate (profilele 1 - 4) (modelul rezistivimetric construit pornind de la datele măsurate); inversia este o aplicaţie de la date la model, de la efect la cauză. În cursul procesului de inversie, este citit un fişier de teren cuprinzând elevaţiile electrozilor aşa cum au fost calculate prin ridicarea topografică, astfel că secţiunea inversată de rezistivitate redă şi relieful suprafeţei terenului.

Pentru dispozitivul de tip Schlumberger utilizat în fişierul de comandă, rezultatele sunt reprezentate în funcţie de 1/5 din lungimea liniei de emisie.

Rezultatele cercetărilor geoelectrice sunt concretizate în secţiunile inversate de rezistivitate (profilele 1 - 4), care reliefează, prin anomalii de maxim sau de minim, neomogenităţile din subsol.

Metodologia de cercetare

Premisele metodei: prin tehnica geoelectrica se presupune un contrast de rezistivitate între depozitele grosiere potenţial acvifere şi cele impermeabile, mai mult sau mai puţin coezive. S-au folosit dispozitive de **630** si **470 m** pe toate profilele măsurate în perimetrul cercetat, funcţie de accesibilitatea zonei, cu echidistanţa dintre electrozi de **10 m,** ceea ce duce la o adancime maximă de investigare de **100-130 m**.

5. REZULTATELE CERCETĂRII PRELIMINARE

Măsuratorile de rezistivitate s-au realizat pe 1 profil transversal P4 şi 3 profile longitudinale (P1, P2, P3), poziţionate ca în fig. 1 şi au arătat că dispozitivul Schlumberger produce cele mai sugestive imagini ale distribuţiei rezistivităţii în secţiune verticală.

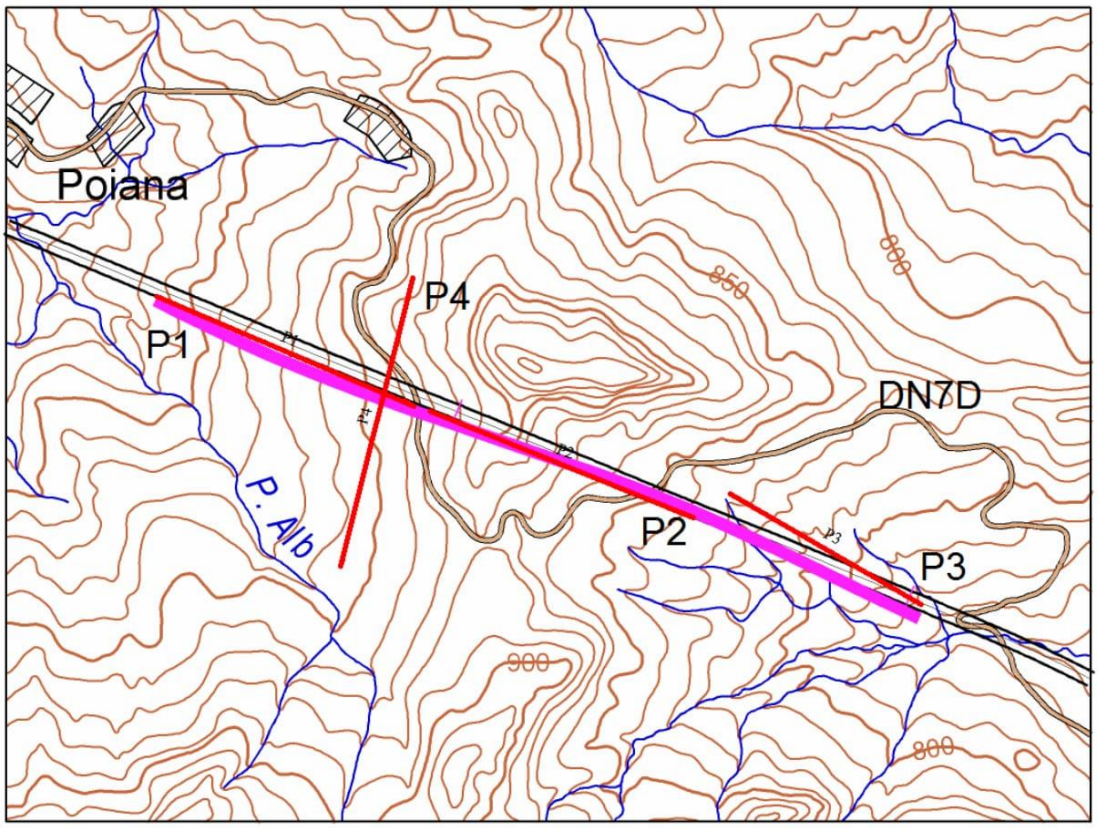
S-au efectuat, în total, 4 profile (aliniamente) geofizice, cu lungimi diferite şi cu metode diferite (Schlumberger, dipol-dipol şi Wenner). Poziția fiecărui punct de măsură (SEV) a fost înregistrată cu GPS și transpusă pe harta Google. Pe unele profile s-au efectuat și înregistrări de potențial natural, dar valorile au fost neconcludente.

Rezultatele obținute sunt prezentate sub formă de secțiuni de rezistivitate inversată.

În figurile 6 şi 9 este reprezentată amplasarea profilelor geoelectrice executate în octombrie 2017.



Fig. 6- Amplasarea profilelor geoelectrice pe harta Google Earth
Fig. 9- Amplasarea profilelor geoelectrice pe harta topografică, sc. 1:5.000, detaliu



În lipsa unor informații structurale noi, criteriile de interpretare geologică a datelor geoelectrice nu s-au modificat. Zonele cu rezistivitate mică (nuanțe de albastru și verde pe secțiunile geoelectrice) au fost interpretate ca fiind generate de prezența unor roci permeabile, cu acumulare de apă în spațiul poros, care conferă terenului un caracter instabil, în timp ce zonele mai rezistive (nuanțe de galben și roșu) ar reflecta prezența unor formațiuni marnoase-argiloase impermeabile, compacte, care conferă terenului o mai mare stabilitate.

Profilul P1 (fig.10), măsurat prin tehnica Wenner, orientat NW-SE, are o adâncime de investigare de cca 102 m şi o lungime de 630 m şi a scos în evidenţă existenţa unui nivel hidrostatic pe aproximativ toata lungimea acestuia, la aprox 20 m adâncime (culoarea albastră) ce se continuă în profunzime. În partea superficială a profilului (primii 20 m) apare un câmp cu anomalii de maxim rezistivimetric, reprezentata de marna argiloasă, imediat sub aceasta evidenţiându-se suprafaţa de alunecare pe toata lungimea profilului, o alunecare veche, stabilizata dealtfel. Deasemenea, apar 3 perimetre discontinue reprezentând zone de infiltraţie şi de circulaţie a apelor subterane.

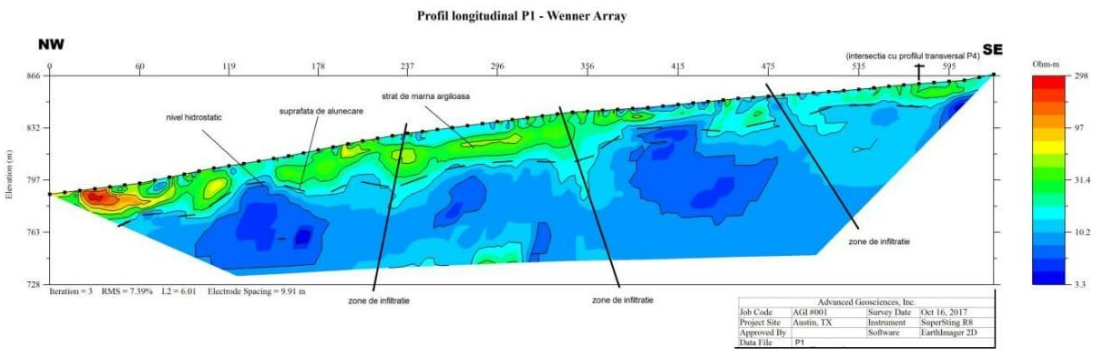


Figura 10- profil longitudinal P1

Profilul P2 (fig.11), construit prin tehnica de măsurare Schlumberger, în continuarea profilului P1, cu aceaşi orientare NW-SE şi o adâncime de investigare de cca. 115 m şi o lungime de 650 m, a scos în evidenţă o suprafaţă de alunecare pe versantul sud estic până în apropierea DN7D, în lungime de 235 m, un maxim rezistivimetric în varful profilului dat de platforma betonata a stâlpului de curent electric şi o zonă de infiltraţii la metrul 297 corespunzand electrozilor 34-35.

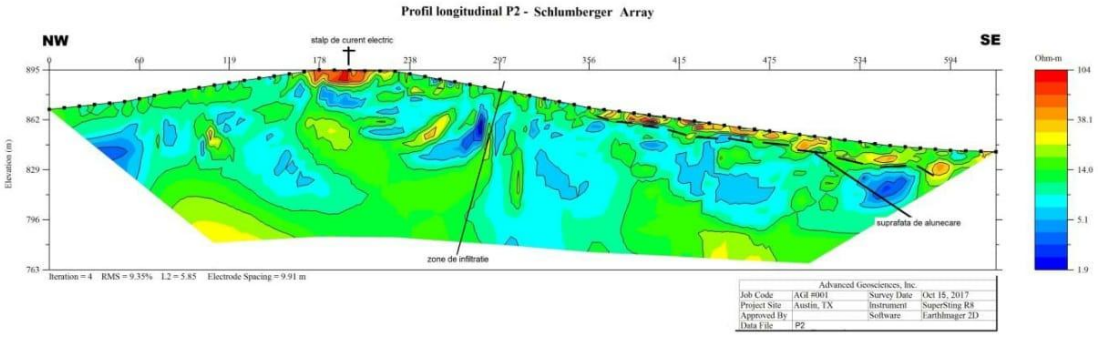


Figura 11- profil longitudinal P2; dispozitiv Schlumberger

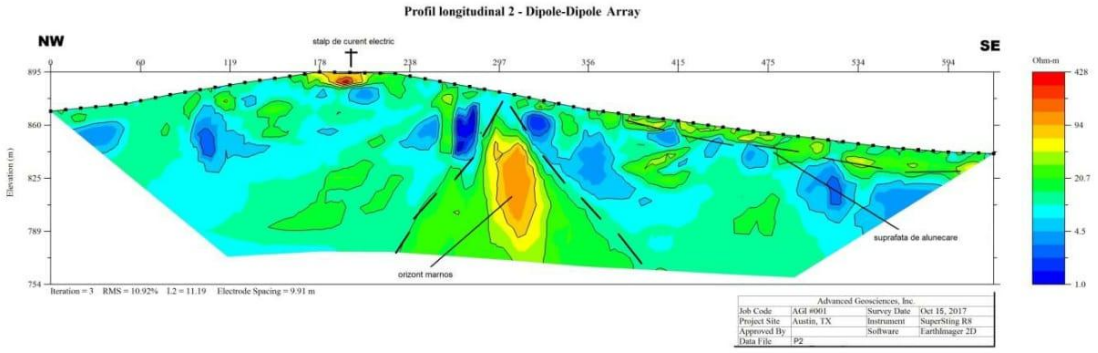


Figura 12- profil longitudinal P2; dispozitiv dipol- dipol

Pentru o profunzime mai accentuată am folosit pentru acest profil metoda dipol-dipol (fig. 12), prin care adâncimea de investigare creşte cu aproximativ 10 m, ajungând să avem informaţii de la 125 m adâncime în partea mediană a profilului, şi anume între metrii 180 si 200. Cu toate acestea, acurateţea informaţiilor geofizice din subsol sunt evidenţiate cel mai bine prin metoda Schlumberger. Interesantă este apariţia anomaliei rezistivimetrice in dreptul metrului 297, în formă de con, reprezentând un corp masiv şi omogen marnos.

Profilul P3 (fig. 13 şi 14), masurat prin ambele metode (Schlumberger, Dipol-Dipol), efectuat în continuarea profilelor P1 şi P2 cu aceeaşi orientare NW-SE şi o adâncime de investigare de cca 110 m şi o lungime de 470 m, a scos în evidenţă 2 zone de circulaţie a apelor subterane, o anomalie de maxim rezistivimetric în

partea superioară a profilului, la o adâncime de 40 de m, intrând în zona de conglomérate, şi 2 anomalii de minim rezistivimetric desparţite de o falie. La metrul 230 se înregistrează o imagine tipică unei falii circulate, aproape verticală, pe care fluidele din adâncime urcă până în apropierea suprafeţei. Imediat în aval de acest punct, în foarte probabilă legatură cu falia amintită, se observă la suprafaţă - copaci uscaţi, vegetaţie de baltă, mici zone îmbibate cu apa (foto 3 si 4) chiar şi în condiţiile de relativă secetă în care s-au executat măsuratorile geofizice. Această zona umedă, este evidenţiată prin valori foarte mici de rezistivitate (sub 3 ohmmetri). Din analiza imaginii rezistivimetrice se impune ipoteza că presiunea exercitată de circulaţia ascendentă a fluidelor pe zona de falie a produs străpungerea orizontului marnos impermeabil.

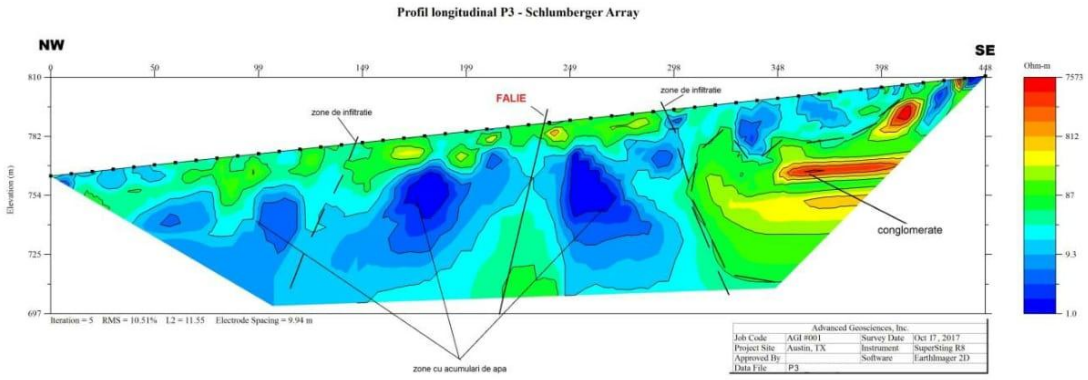


Figura 13- profil longitudinal P3; dispozitiv Schlumberger

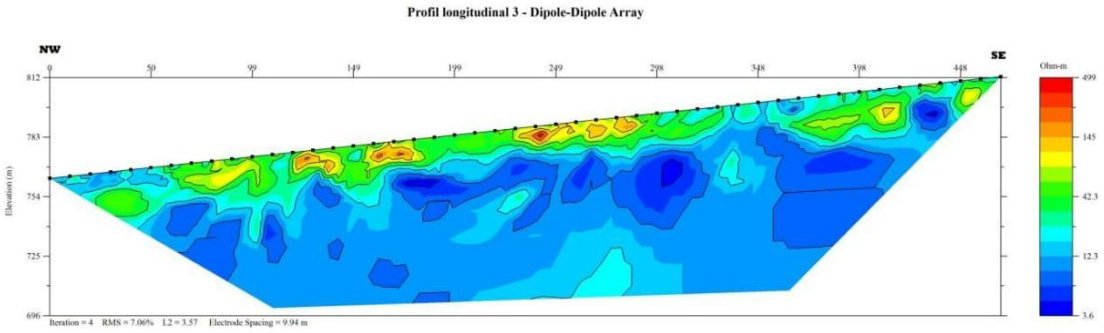


Figura 14- profil longitudinal P3; dispozitiv dipol-dipol

Profilul P4 (fig. 15 şi 16), măsurat prin ambele metode (Schlumberger, Dipol-Dipol), cu orientarea N-S avand o adâncime de investigare de cca 95 m şi o lungime de 630 m, a scos în evidenţă o structură complicată, plină de anomalii de minim şi maxim rezistivimetric fără continuitate, o zona cu adevarat frământată.

Mijlocul profilului transversal (electrozii 32-33, metrul 325) s-a intersectat cu profilul longitudinal P1 la electrodul 59, corespunzând cu metrul 590 de pe profilul P1. Deasemenea, a traversat drumul national DN7D la metrul 390 (borna kilometrica 31 Câinenii Mari). În dreptul metrului 420 există o zona de băltire evidenţiată în profil printr-o anomalie de minim rezistivimetric (culoare albastra). De la metrul 500 se intră în pădure, zona caracterizată prin conglomerate.

Aplicand metoda Dipol-Dipol am câştigat 27 m în profunzime faţă de profilul măsurat cu dispozitivul Schlumberger, ajungând la 121 m adâncime.

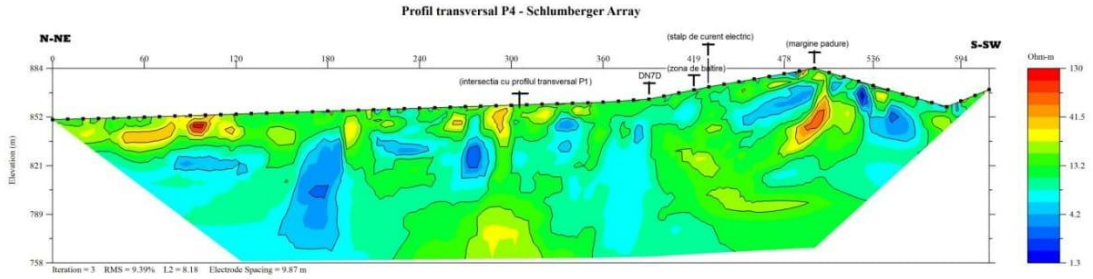


Figura 15- profil transversal P4; dispozitiv Schlumberger

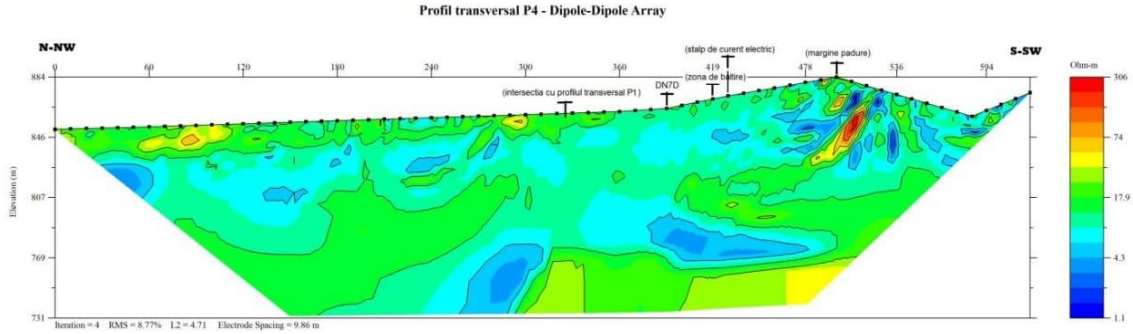


Figura 16- profil transversal P4; dispozitiv dipol-dipol

Considerăm că se impune investigarea în continuare a zonei pentru completarea observaţiilor geoelectrice, cu o spaţiere de 5 m între sondaje, astfel încât adâncimea de investigaţie să fie cuprinsă între 45-50 m (pentru o detaliere cât mai precisă a stratelor până la această adancime) şi o reţea de profile transversale din 200 in 200 m, cu electrode spacing de 5 şi 10 m pe toată lungimea amplasamentului tunelului de la Poiana.

6. CONCLUZII ŞI PROPUNERI

CONCLUZII

Spre deosebire de cele prezentate în SF realizat de Egis-IPTANA, 2008, pag.10, Tunelul Poiana este proiectat pe direcția SE-NV, într-o arie afectată de alunecări vechi (mai vechi de peste 30 de ani, informații obținute de la localnici) pe ambii versanți, stabilizate, cu multe zone cu exces de umiditate (vegetație higrofilă, care se dezvolta în condiții de umiditate sporită, ex. pipirigul, papura), atât pe versant cât și pe lungimea șanțului de pe marginea DN 70 (fig.2, foto 1, 2, 3).

Nu s-au observat aflorimente în zona tunelului proiectat, iar informațiile geologice directe sunt obținute numai până la adâncimea de 18 m, adâncime până la care au fost săpate două foraje geotehnice (câte unul la fiecare capăt al tunelului) în anul 2008.

Cerințele metodei sondajelor electrice verticale (electrometrie) sunt ca cel puțin un profil transversal să fie executat, tocmai ca informațiile obținute să fie relevante, în absența unor date obținute din măcar un foraj geotehnic săpat în apropiere, la o adâncime suficent de mare. (dupa cum s-a arătat, acest lucru nu a fost posibil, aceasta dând un carácter estimativ interpretării geologice a datelor geofizice).

Măsurătorile geofizice au urmărit axul tunelului, începând din punctul de ieșire (s-au folosit coordonatele din studiul de fezabilitate executat de Egis-IPTANA, în anul 2008). S-au executat 3 profile longitudinale, urmărind direcția axului tunelului, și unul transversal, acolo unde terenul a permis accesul și au putut fi întinse caburile (cu o lungime de 650 m și o greutate de cca. 30 kg fiecare) (fig. 6).

Traseul tronsonului de autostradă proiectat trece prin spatele caselor, urmând sau traversând cursul pârâului Poiana. Versantul din spatele caselor este împădurit și s-a semnalat prezența urșilor și porcilor mistreți în zonă (inclusiv în sate).

S-au folosit dispozitive de **630** si **470 m** pe toate profilele măsurate în perimetrul cercetat, funcţie de accesibilitatea zonei, cu echidistanţa dintre electrozi de **10 m,** ceea ce duce la o adancime maximă de investigare de **100-130 m**.

Măsuratorile de rezistivitate s-au realizat pe 1 profil transversal P4 şi 3 profile longitudinale (P1, P2, P3), poziţionate ca în fig. 1, şi au arătat că dispozitivul Schlumberger produce cele mai sugestive imagini ale distribuţiei rezistivităţii în secţiune verticală.

S-au efectuat în total 4 profile (aliniamente) geofizice cu lungimi diferite şi cu metode diferite (Schlumberger, dipol-dipol şi Wenner). Poziția fiecărui punct de măsură (SEV) a fost înregistrată cu GPS și transpusă pe harta Google. Pe unele profile s-au efectuat și înregistrări de potențial natural, dar valorile au fost neconcludente.

Rezultatele obținute sunt prezentate sub formă de secțiuni de rezistivitate inversată.

7. RECOMANDĂRI

În opinia noastră, se impune investigarea în continuare a zonei pentru completarea observaţiilor geoelectrice, cu o spaţiere de 5 m între sondaje, astfel încât adâncimea de investigaţie să fie cuprinsă între 45-50 m (pentru o detaliere cât mai precisă a stratelor până la această adancime) şi o reţea de profile transversale din 200 in 200 m, cu electrode spacing de 5 şi 10 m pe toată lungimea amplasamentului tunelului de la Poiana.

Deasemenea, metoda geoelectrică reprezintă o metodă geofizică noninvazivă dar şi indirectă, iar pentru acurateţea 100% a datelor geofizice transpuse în informaţii geologice trebuiesc obligatoriu corelate cu date obţinute din foraje geotehnice, în cazul acesta cu adâncimi de 130 m, în zona profilului longitudinal P3.

Pe viitor, înainte de alegerea unor trasee de posibile autostrăzi, cercetarea zonei ar trebui făcută utilizându-se tehnologie de observare aeriana (UAV-unmanned aerial vehicle) a condiţiilor **reale** din teren (zone împădurite, posibile fenomene de instabilitate a terenului etc.).

Studiile geologice ar trebui făcute cu un grad mai mare de detaliere în zone ce prezintă un potenţial risc de existenţă a unor fenomene de instabilitate a terenului (alunecări de teren, prăbuşiri, sufoziune etc.).

Utilizarea metodelor geofizice nu ar trebui să lipsească, tocmai pentru că au mai multe avantaje: nu sunt invazive, costă mult mai puţin decăt săparea a dese şi multe foraje geotehnice, timpul de lucru este mai mic, iar rezultatele, coroborate cu cele obţinute dintr-un minim de foraje geotehnice (săpate astfel încât datele să fie relevante şi care să redea situaţia litologică exacta a subsolului) dau informaţia foarte apropiată de cea reală.

Tocmai importanţă deosebită a creerii unei infrastructuri rutiere care să nu necesite interveţii (înainte de punerea în funcţiune sau la scurt timp după aceasta) de urgenţă, necesită o bună cunoaştere a structurii litologice, tectonice, hidrogeologice a zonelor vizate, iar aceasta presupune realizarea de studii geologice şi geofizice chiar în faza de studiu de fezabilitate, urmând ca detalierea să se facă ulterior. Datele obţinute din aceste studii ar urma să fie utilizate de inginerii constructori şi de proiectanţi în alegerea celei mai bune opţiuni (din punct de vedere al terenului) de construire a unei asemenea investiţii de interes naţional.

8. ANEXE GRAFICE

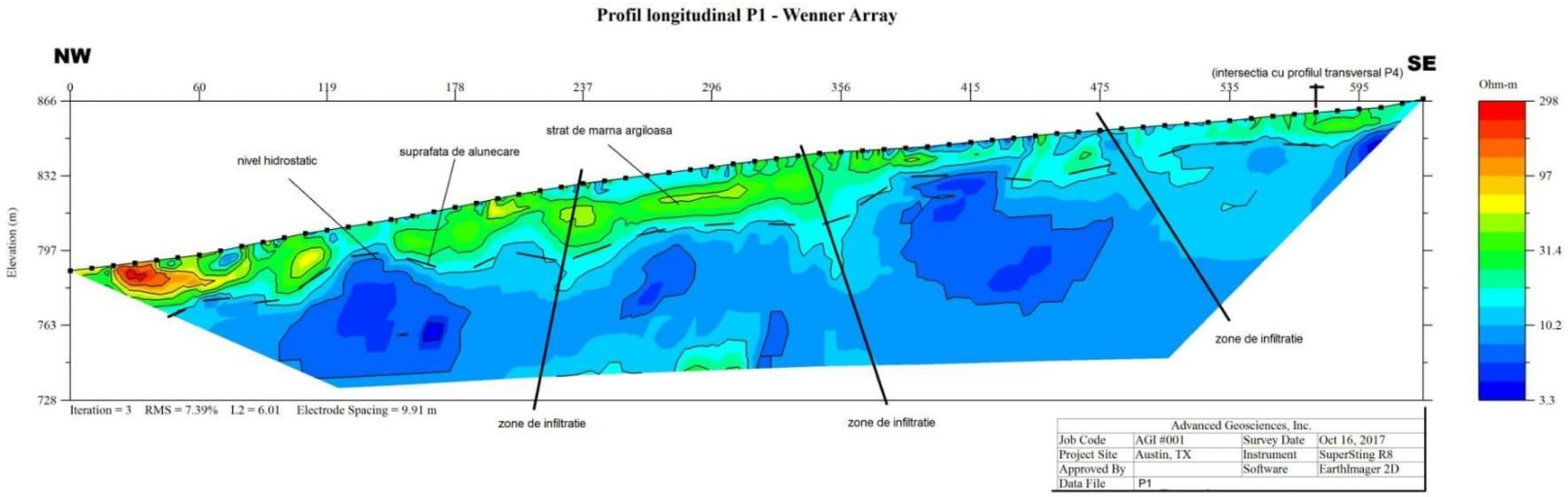


Figura 10- profil longitudinal P1

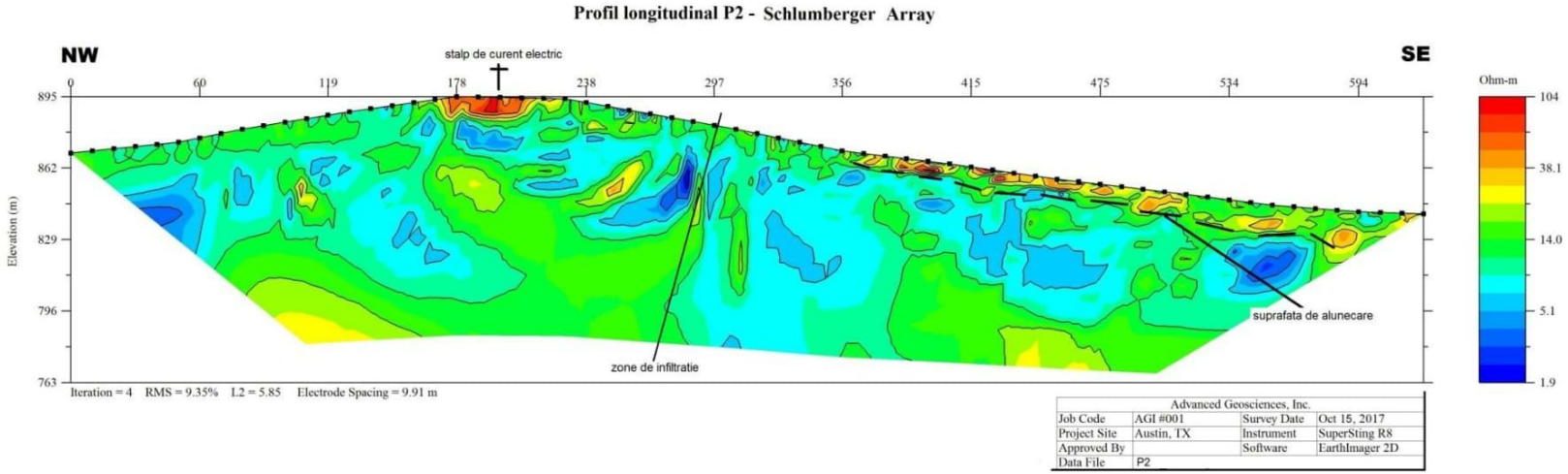


Figura 11- profil longitudinal P2; dispozitiv Schlumberger

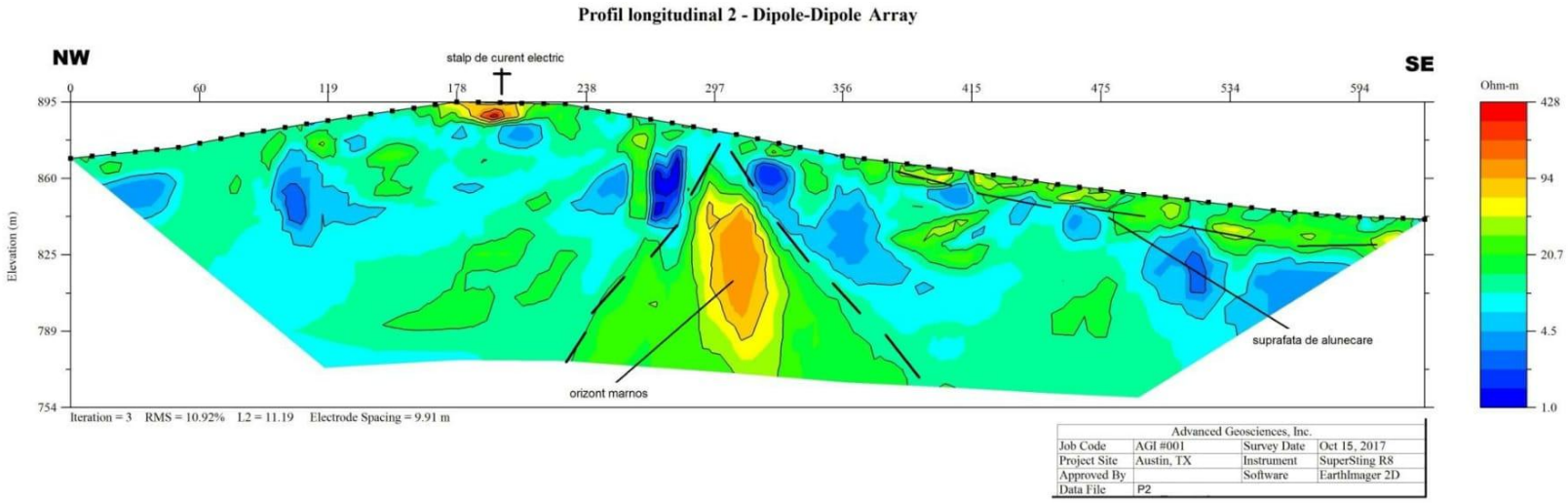


Figura 12- profil longitudinal P2; dispozitiv dipol- dipol

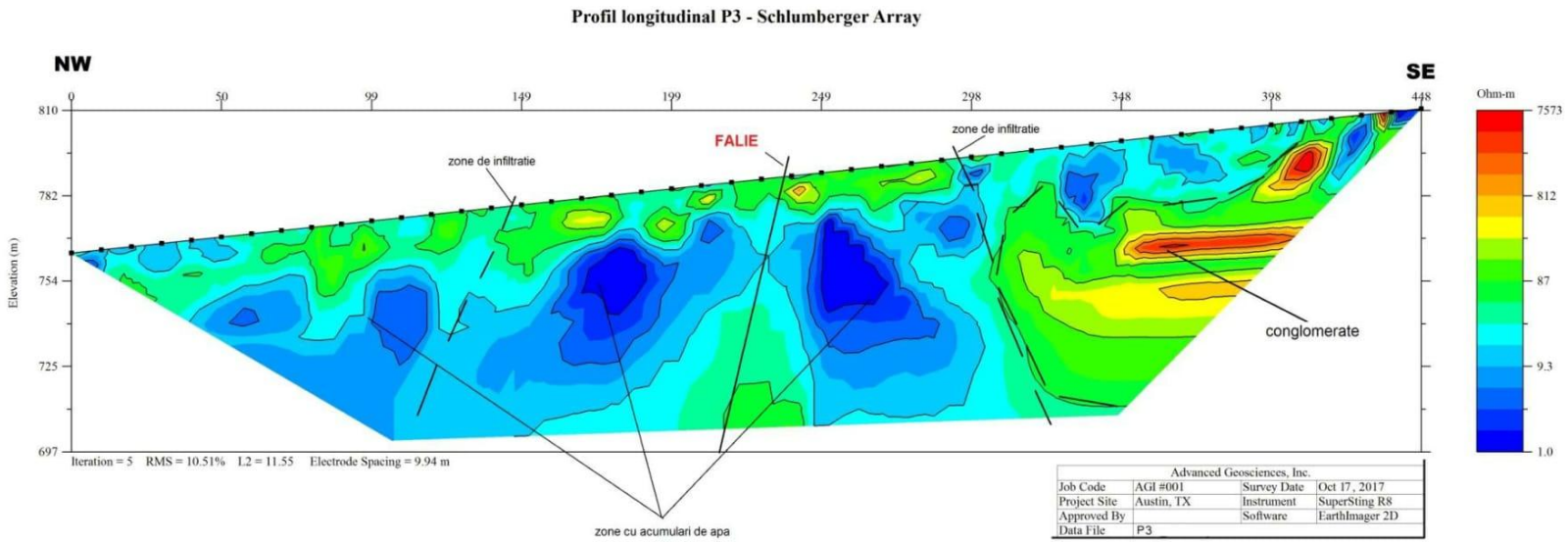


Figura 13- profil longitudinal P3; dispozitiv Schlumberger

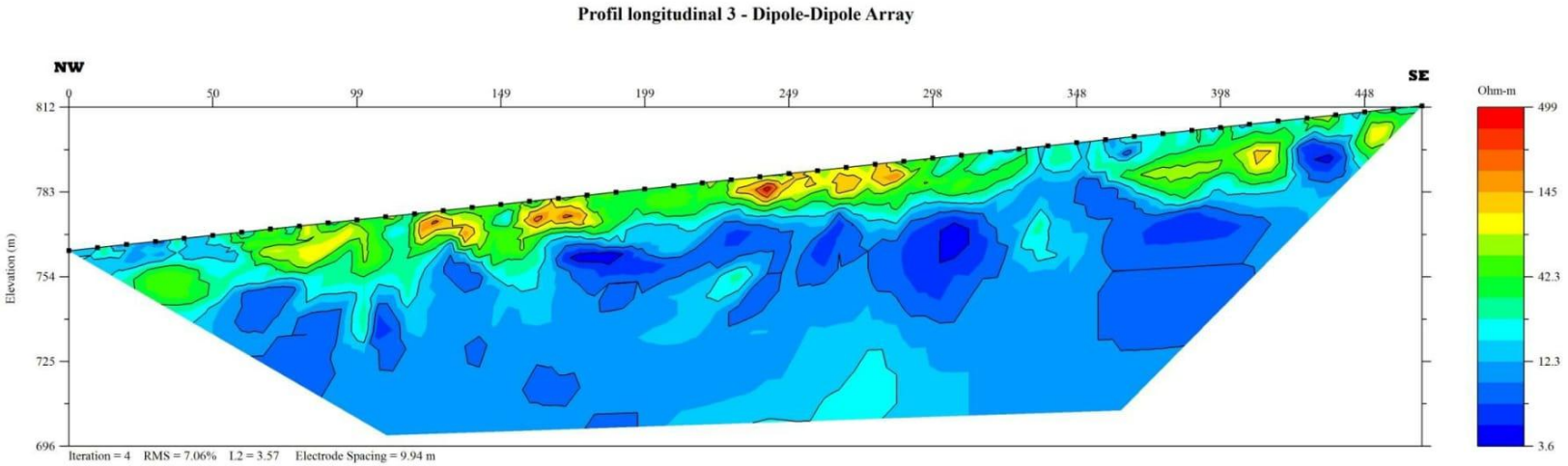


Figura 14- profil longitudinal P3; dispozitiv dipol-dipol

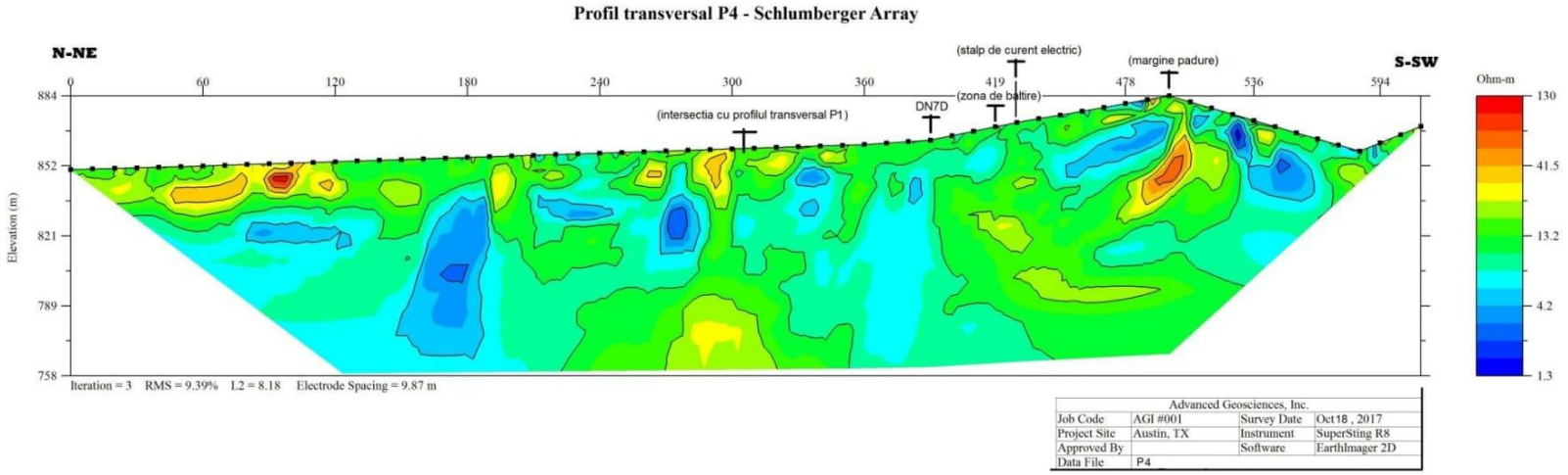


Figura 15- profil transversal P4; dispozitiv Schlumberger

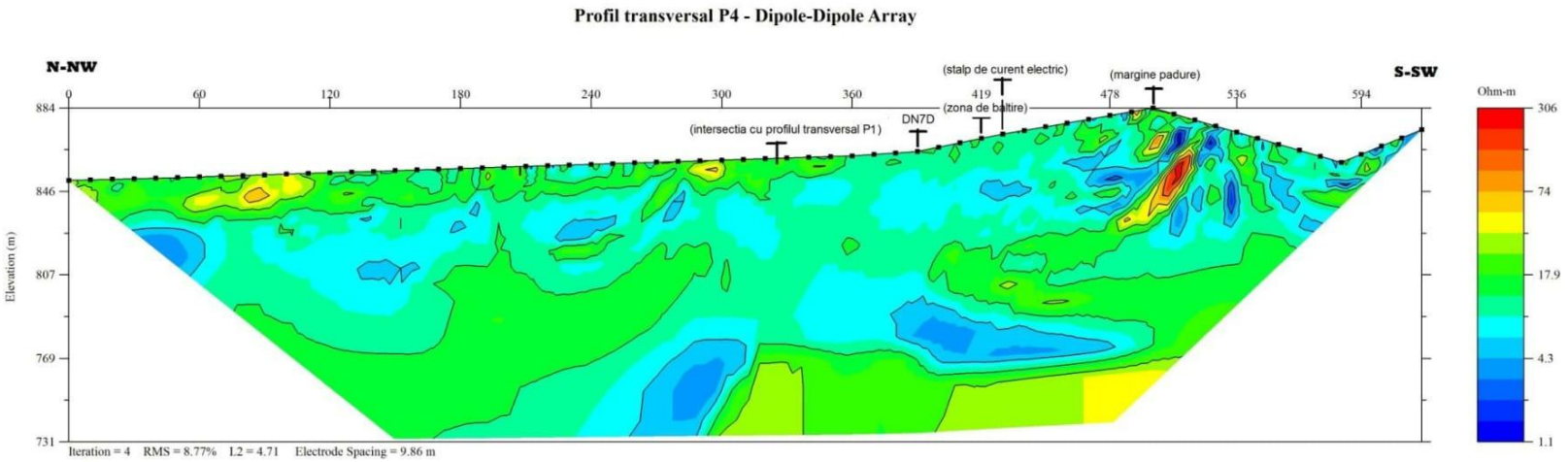


Figura 16- profil transversal P4; dispozitiv dipol-dipol