

IACOB CE ZAR

Investigații geoelectrice, seismice și geomagnetice pe iazuri de decantare din România

- rezumatul tezei de doctorat -

Iazurile de decantare au reprezentat de-a lungul timpului o importantă problemă de mediu, întrucât, după închiderea activității acestora, caracterul lor toxic a crescut imprevizibil în timp, iar impactul asupra comunităților învecinate a ajuns la cote catastrofale de cele mai multe ori. Remedierea acestor obiective a reprezentat o preocupare intensă pentru comunitatea științifică în ultimii 50 de ani. Până în prezent nu a fost identificată o metodologie de bio- sau fito-remediere care să poată fi aplicabilă pe scară largă, fiecare experiment de succes având aplicabilitatea limitată la studiul de caz pe care a fost dezvoltat. Acest fapt se datorează atât diversității paragenezelor minerale ale zăcămintelor ce reprezintă rocile sursă pentru materialul din iazuri, cât și complexității deosebite a proceselor geochimice care guvernează evoluția materialului haldat în timp.

În consecință, unicele metode ce pot fi utilizate ca scut de apărare împotriva acestor factori poluanți sunt reprezentate de încercările de izolare pe cât posibil a corpurilor de material haldat de interacțiunea cu factorii externi prin metode ingineresti. Aceste metode sunt foarte costisitoare și nu sunt nicidecum definitive. Caracterul temporar al eficienței acestor metode este guvernat și de calitatea execuției lucrărilor.

Orice proces de remediere, fie de tipul fito- sau bio-remedierii, fie prin metode ingineresti, necesită, pentru etapa de planificare, cunoașterea cât mai bună a iazului de decantare. Clasic, aceste informații de obțin prin execuția de foraje cu catoraj și execuția de analize de diverse tipuri pe probele prelevate. Această metodologie este deosebit de costisitoare și poate conduce la nefinanțarea unor astfel de lucrări din cauza fondurilor insuficiente destinate problemelor de mediu. Metodele geofizice pot reprezenta o alternativă ieftină, rapidă și eficientă ce poate aduce informațiile dorite în condițiile unui buget considerabil mai mic. Astfel, dezvoltarea unui set de metodologii de investigare geofizică a iazurilor de decantare poate fi privită ca un pas absolut necesar.

Recent, izurile de decantare sunt privite și ca posibile resurse. Materialul haldat provine în urma prelucrării minereului extras din zăcământ. Această prelucrare a fost efectuată în timp prin diverse metodologii, care au suferit îmbunătățiri permanente. Astfel, randamentul scăzut al metodelor utilizate în urmă cu 30-40 de ani, coroborat cu evoluția

considerabilă a tehnologiei actuale, a prețurilor metalelor și eliminarea costurilor de mobilizare și concasare a rocii, recomandă iazurile de decantare ca fiind posibile surse de metale exploatabile cu profit. Studiile de fezabilitate pentru astfel de problematici sunt deosebit de importante, de ele depinzând succesul unei astfel de abordări. Metodele geofizice pot aduce informații foarte importante în ceea ce privește optimizarea metodologiei de probare, extrapolarea riguroasă a informațiilor punctuale sau estimarea volumelor la care se pot raporta rezultatele analizelor chimice.

Această lucrare tratează studiul geoelectric, seismic și geomagnetic al iazurilor de decantare, în vederea testării aplicabilității metodologiilor de investigare și prelucrare a datelor. De asemenea, lucrarea abordează și sistematica iazurilor de decantare bazată pe caracteristici ale răspunsului geoelectric. Sunt urmărite atât aspecte legate de caracteristicile optime ale implementării diferitelor variante ale tehnicilor de achiziție, cât și extragerea unor caracteristici geofizice ale materialului haldat.

Lucrarea este structurată în șapte capitole, abordând atât o fundamentare tehnică, mineralurgică și metalogenetică a materialului din care sunt construite iazurile de decantare, cât și caracteristicile și rezultatele investigațiilor geofizice executate pe aceste amplasamente.

Primul Capitol este intitulat **“Iazurile de decantare”** și prezintă tipurile de halde de steril și geneza materialului din iazurile de decantare. Se prezintă apoi caracteristicile materialului din iazuri, agenții de flotație, apa din iazurile de decantare și fracția minerală sterilă. Se conturează astfel caracteristicile fizico-chimice ale materialului haldat ce ulterior va fi abordat din punctul de vedere al răspunsului geofizic. Se discută pe scurt construcția iazurilor de decantare, în vederea conturării tipurilor de elemente structurale ce pot fi identificate în corpurile de material haldat. Sunt tratate apoi succint, din punct de vedere geochemic, iazurile de decantare cu sulfuri.

Capitolul al II-lea, **“Iazurile de decantare în contextul metalogeniei României”**, prezintă pe scurt contextul tectonic al metalogeniei României cu unitățile metalogenetice și iazurile de decantare asociate. Se trec în revistă unitățile metalogenetice din vorlandul Carpatic și apoi unitățile metalogenetice Carpatice, grupate pe provincii :

- Provincia metalogenetică a Carpaților Meridionali;
- Provincia metalogenetică a Munților Apuseni;
- Provincia metalogenetică de subducție a Carpaților Orientali.

În final se prezintă o inventariere a iazurilor de decantare din România sub forma unui tabel sintetic, împreună cu o hartă a distribuției lor geografice.

Capitolul al III-lea prezintă succint **“Metode geofizice de investigare”** a iazurilor de decantare utilizate în prezentul studiu.

În primă fază se tratează “Prospecțiunea electrică în curent continuu”, prezentând rezistivitatea rocilor și mineralelor și conceptul de rezistivitate aparentă. Se trece apoi la elementele de bază ale măsurătorilor electrometrice – Sondajul Electric Vertical – cu prezentarea principiului metodei, a dispozitivelor de electrozi – dispozitivul Schlumberger –, a echipamentelor de măsură. Din perspectiva interpretării datelor de rezistivitate, sunt abordate metodologia construcției și analizei secțiunilor de rezistivitate aparentă și interpretarea datelor de rezistivitate aparentă prin metoda inversă.

Următoarea metodă abordată este “Prospecțiunea Seismică”, unde este inițial abordată seismica de reflexie, cu elementele de proiectare a unui studiu seismic de reflexie; se prezintă pe scurt geofonul, generarea undelor seismice și tehnicile de prelucrare a înregistrărilor seismice de reflexie. Se trece apoi la prezentarea succintă a seismicii de refracție.

Următoarea metodă prezentată este Prospecțiunea magnetometrică, discutând pe scurt elementele câmpului geomagnetic, metodica prospecțiunilor magnetice, determinarea anomaliei ΔT , magnetizarea corpurilor și interpretarea anomaliilor magnetice cu ajutorul metodei modelării directe.

Capitolul al IV-lea, intitulat **“Investigarea geofizică a haldelor de steril”**, este o trecere în revistă a unor aspecte delicate legate de aplicabilitatea metodelor geofizice în investigarea haldelor de steril. Sunt abordate pe scurt rezultate și concluzii ale studiilor anterioare privind terenurile contaminate din zonele miniere, aplicații geofizice pe corpurile de material haldat și pe baraje ale iazurilor de acumulare și de decantare. Literatura științifică privind aplicațiile geofizice pe materialul haldat din iazurile de decantare este prezentată drept neconsistentă, datorită condițiilor particulare deosebite din punct de vedere geotehnic și al surselor de zgomot. Sunt abordate ulterior în detaliu studii publicate în jurnale de impact internațional, evidențiindu-se puncte tari și puncte slabe ale aplicativității metodelor geoelectrice și seismice. Interpretarea datelor de rezistivitate prin metoda inversă 2D automată este evidențiată ca neperformantă.

Capitolul al V-lea, **“Investigarea geoelectrică a iazurilor de decantare”**, prezintă o amplă abordare a corpurilor de material haldat din punct de vedere al proprietăților electrice. Capitolul se deschide cu o abordare teoretică a proceselor geochimice specifice iazurilor de decantare cu sulfuri, în condițiile tipologiei de construcție a iazurilor și ale caracteristicilor metalogenetice ale materialului deversat. Este evidențiată apariția unei zonări geochimice în

iazurile de decantare cu sulfuri datorită proceselor de oxidare, pentru care se identifică noi caracteristici privind extinderea în adâncime și variația acesteia în timp. Studiul corelează în premieră această zonare cu o zonare geofizică din punct de vedere al proprietăților electrice, construind premisa cercetării din acest capitol.

Se realizează apoi o descriere a metodologiei de achiziție a datelor. Studiul încorporează investigarea geoelectrică a 43 iazuri de decantare din România prin metoda Sondajului Electric Vertical (SEV). Este prezentată metodologia de teren a investigațiilor, cu recomandări privind optimizarea calității datelor achiziționate în condițiile unor surse puternice și imprevizibile de zgomot. Reprezentarea datelor sub forma curbelor SEV în scară bilogaritmă este recomandată pentru eliminarea valorilor eronate.

Studiul propune apoi selectarea de curbe SEV caracteristice (Fig. 1) pentru fiecare iaz de decantare, pentru a servi la caracterizarea globală a proprietăților electrice ale materialului acestora, în vederea unei analize comparative. Se propune de asemenea și o metodologie privind selectarea curbelor SEV caracteristice pentru iazurile de decantare. Doar 33 iazuri de decantare au îndeplinit criteriile propuse, studiul fiind continuat doar pentru aceste obiective selectate.

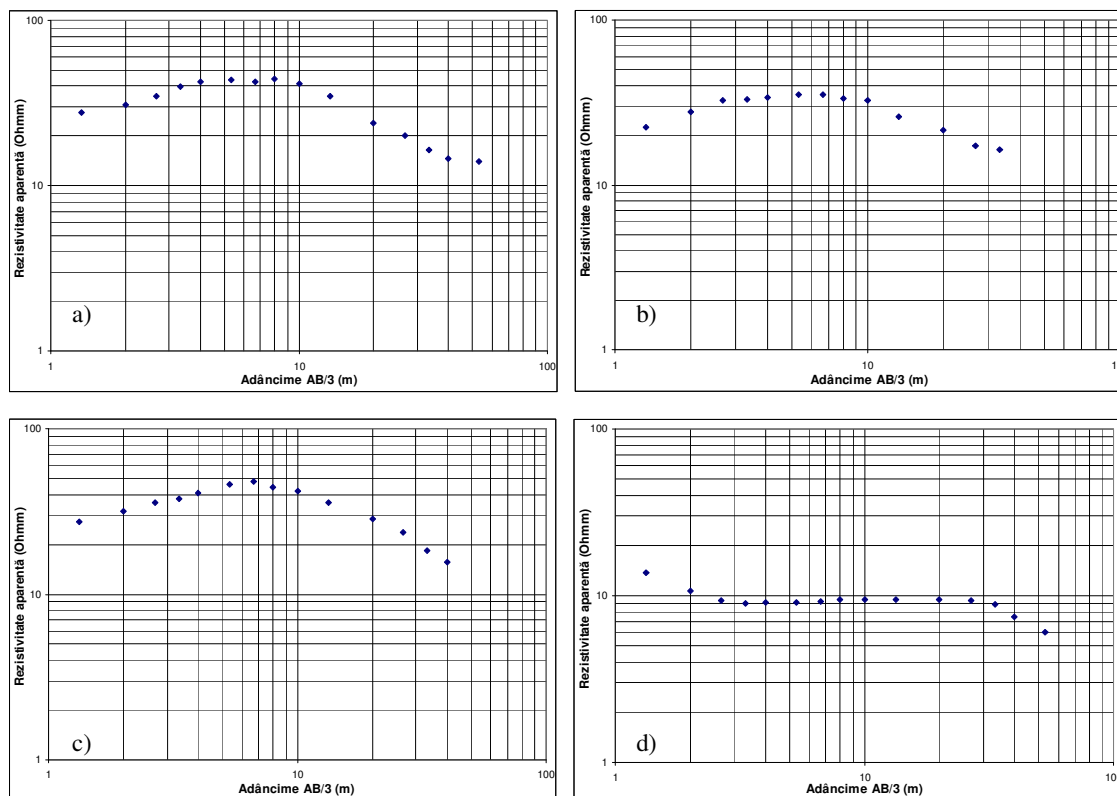


Fig. 1 – Iazul de decantare Zlatna nr. 2 Valea Mică – din cele 32 SEV-uri realizate pe suprafața iazului, 24 au curbe cu forme similare SEV-urilor N80V20 (a), N100V20 (b), N60V20 (c), reprezentând 75% din curbele SEV obținute. Celelalte curbe fie au prea multe valori afectate de erori fie au forme diverse, precum N220V20 (d).

Capitolul continuă cu o analiză a eficienței metodelor de interpretare a datelor de rezistivitate aparentă cu ajutorul modelării inverse. Sunt abordate comparativ modelarea inversă 2D automată și 1D interactivă. Prin exemple practice, în lucrare se demonstrează ineficiența modelării inverse 2D automate în interpretarea datelor de rezistivitate în cazul iazurilor de decantare. Modelarea 1D interactivă, constrânsă cu date din surse directe (foraje, analize de pH pe probe colectate din foraje) este recomandată ca metodă eficientă în identificarea limitei dintre materialul haldat și mediul natural și a limitei geochimice generată de procesele de oxidare a sulfurilor.

Sunt descrise rezultatele modelării inverse 1D efectuate pentru curbele SEV caracteristice ale celor 33 iazuri de decantare selectate și se abordează o sistematizare a acestor obiective pe baza rezultatelor obținute. În Fig. 2, 3, 4 și 5 se regăsesc exemple de rezultate ale modelării inverse. Se abordează apoi înțelegerea cauzei rezultatelor obținute în urma interpretării.

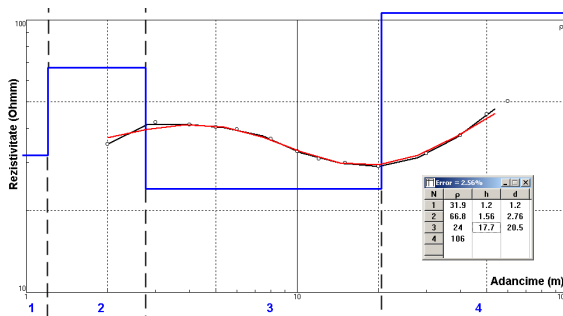


Fig. 2 – Iazul de decantare Colbu I,II (CO02)

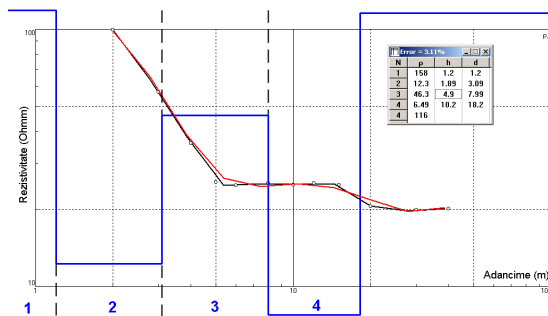


Fig. 3 – Iazul de decantare Bloaja-Băiuț (CO04)

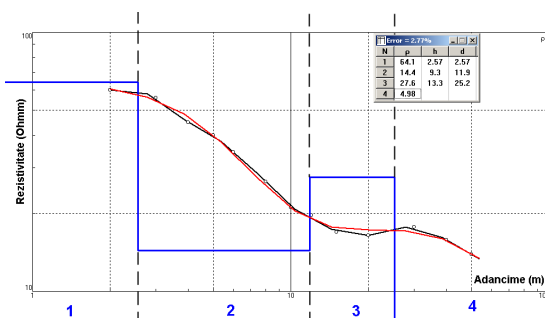


Fig. 4 – Iazul de decantare Bozânta (CO07)

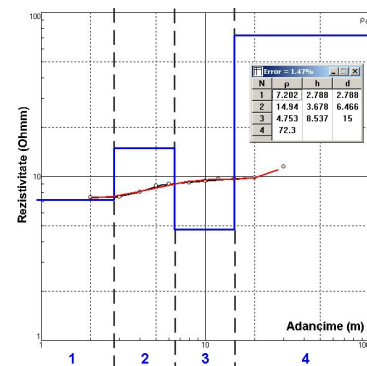


Fig. 5 – Iazul de decantare Tăuții de Sus (CO09)

În finalul capitolului, se prezintă o metodologie de investigare geoelectrică detaliată pentru iazul de decantare Pârâul Cailor în vederea caracterizării atât structurale (limite, calcul

volum) cât și geochimică (decelarea zonelor de oxidare și de reducere). Este utilizată modelarea inversă 1D a datelor de rezistivitate aparentă pentru obținerea de secțiuni geofizice interpretative (Fig. 6).

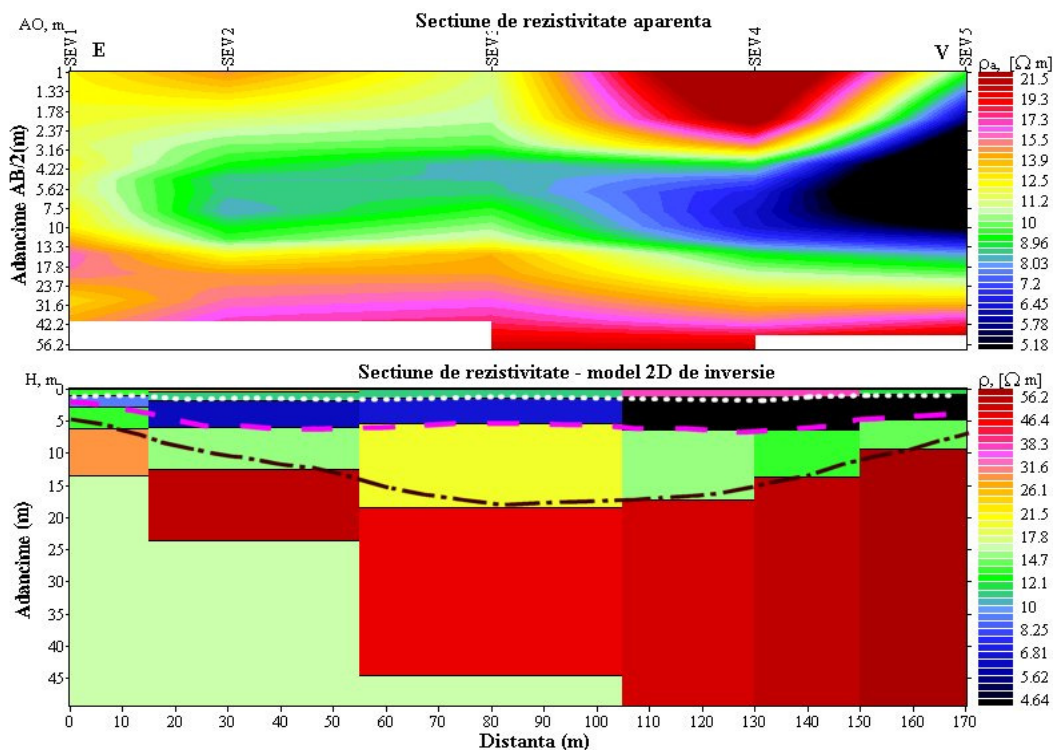


Fig. 6 – Iazul Pârâul Cailor, Profilul 1 – Secțiune 2D de rezistivitate obținută prin modelare inversă 1D cu ajutorul softului IPI2Win. Contur alb punctat – limita inferioară a zonei de alterare; contur violet – limita dintre zona de oxidare și cea de reducere; contur maro – contactul dintre formațiunile geologice naturale și materialul haldat. Eroare de calcul: 4, 42%

Capitolul al VI-lea abordează “**Investigarea geofizică integrată a iazului de decantare Zlatna nr. 1**”. Se prezintă localizarea iazului, principalele caracteristici geologice ale districtului Zlatna-Stănița cu unele considerații metalogenetice legate de câmpul filonian Haneș. Investigarea geofizică și mineralogică a iazului Zlatna nr. 1 a caracterizat obiectivul din punct de vedere al structurii interne și al proceselor geochimice specifice. Prin integrarea investigațiilor seismice de reflexie și geoelectrice, corpul de material haldat a fost caracterizat ca având o structură de trei strate. Primul strat are o grosime variind între 1-3 m, constituit din material neconsolidat și foarte oxidat, susceptibil pentru mobilizare eoliană către terenurile agricole sau zonele locuite din vecinătate. Al doilea strat, având o grosime de 4-6 m și fiind consolidat, este un strat unde procesele de oxidare sunt încă prezente, fiind caracterizat de rezistivități foarte scăzute. Cel de-al treilea strat, având o grosime de 10-12 m și fiind probabil

tot consolidat, reprezintă zona de reducere a iazului și este în mare parte inactiv geochimic. Acesta are rezistivități mai mari față de cel de-al doilea strat. Investigațiile magnetometrice au evidențiat o anomalie particulară, pentru interpretarea căreia s-a recurs la tehnica modelării directe interactive (Fig. 7). Integrarea acestei tehnologii cu rezultatele celorlalte investigații au evidențiat ca cea mai probabilă sursă o acumulare mare de Goethit provenită din oxidarea sulfurilor deversate în iazul de decantare ca minerale de gangă. Atribuirea unei acumulări de Goethit ca sursă pentru o anomalie geomagnetică reprezintă o premieră în literatura de specialitate.

Modelarea directă a mai evidențiat de asemenea forme caracteristice de anomalii pentru țevile metalice verticale utilizate ca sonde inverse în infrastructura iazurilor de decantare. Identificarea locației acestor conducte prezintă o importanță sporită pentru planificarea acțiunilor de remediere sau de exploatare ale iazurilor de decantare, iar acest studiu dovedește că metoda magnetometrică își regăsește o aplicabilitate și în această direcție.

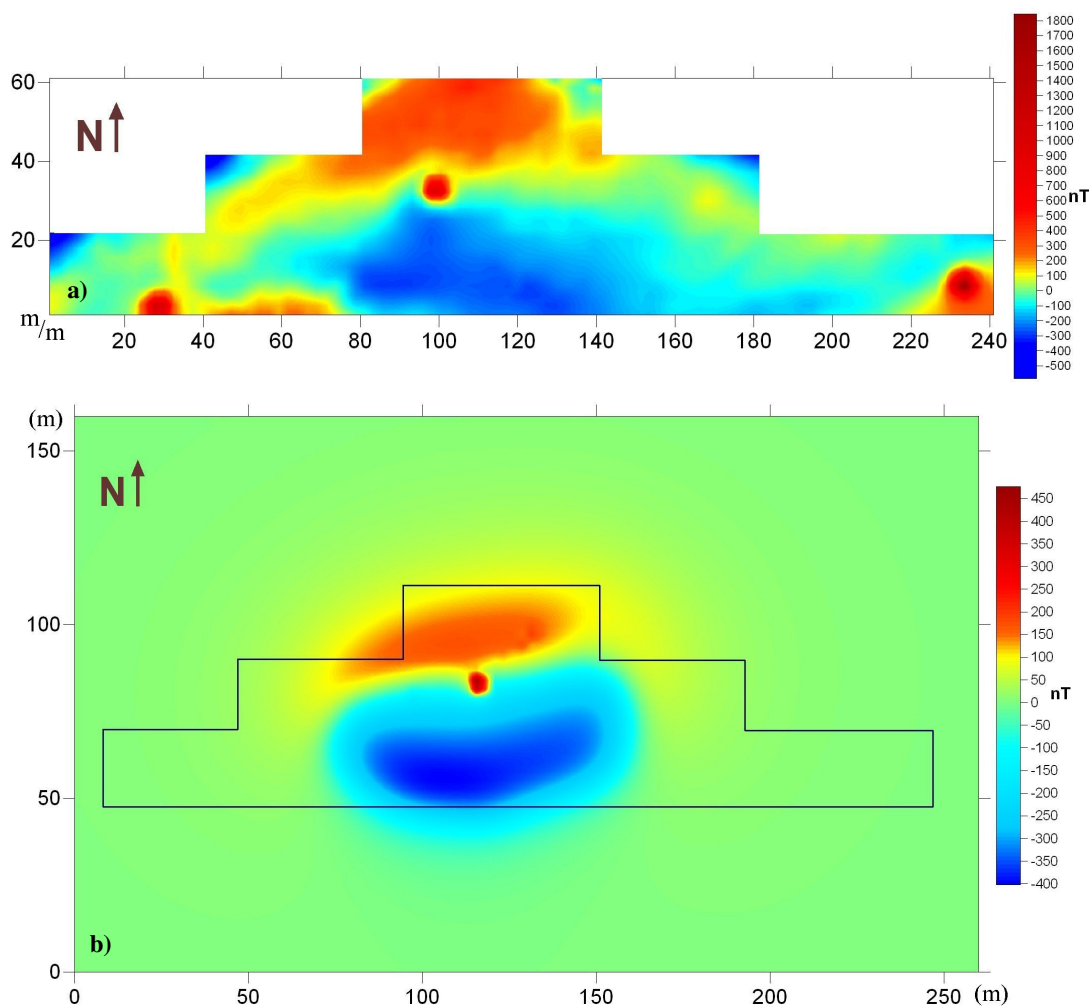


Fig. 7 – Anomalia obținută prin însumarea efectului magnetic calculat pentru corpul modelat cu efectul magnetic calculat pentru țeava metalică (b) este similar Anomaliei 4 măsurate în etapa de achiziție (a)

Capitolul al VII-lea prezintă “Investigarea integrată seismică și geoelectrică a iazului de decantare Valea Mică”. Sunt descrise pe larg investigațiile seismice efectuate (studii seismice de reflexie și de refracție) și investigațiile geoelectrice. În final se prezintă interpretarea integrată a rezultatelor. Măsurătorile seismice de reflexie au evidențiat importante caracteristici ale aplicativității acestei metode pe iazurile de decantare și au contribuit la trasarea contactului dintre materialul haldat și formațiunile geologice naturale (Fig. 8). Adâncimile identificate pentru acest contact în punctele de intersecție ale profilelor au contribuit la calibrarea pe adâncime a rezultatelor investigațiilor geoelectrice, rezultând în construirea modelului numeric de elevație al bazei iazului de decantare, ce a permis ulterior calculul volumului de material haldat.

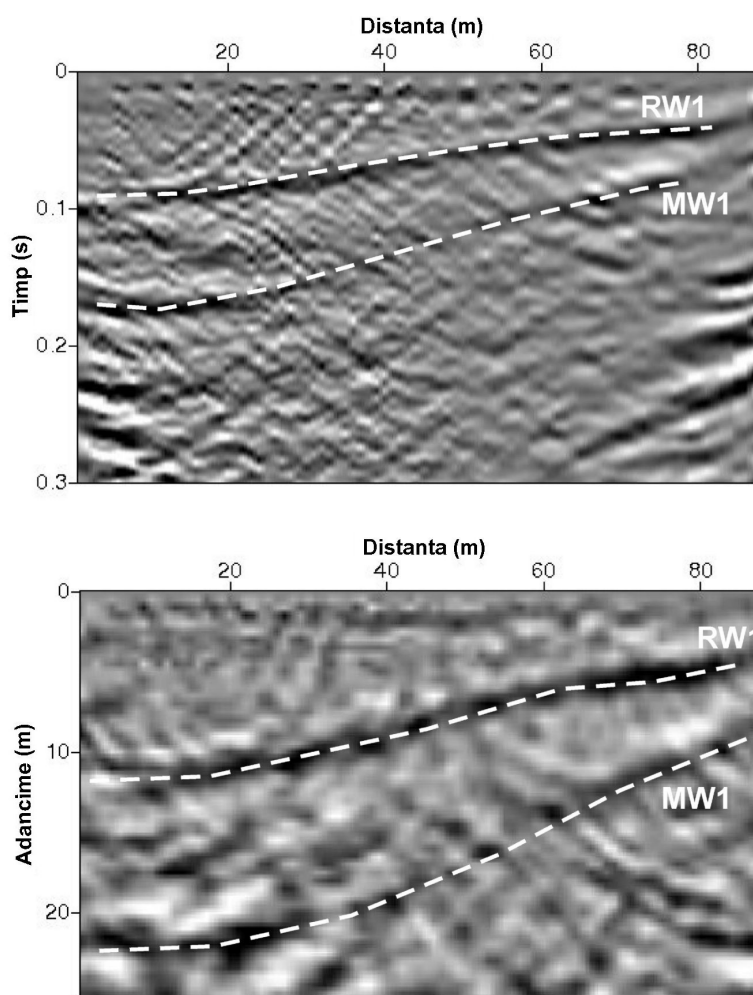


Fig. 8 – Secțiuni seismice de timp ne-migrată (sus) și după migrarea în adâncime (jos); RW1 – unda simplu reflectată și MW1 – unde multiplu reflectate; parametri de vizualizare sunt identici pentru a permite o comparare bună a secțiunilor

Concluzii

Iazurile de decantare se prezintă ca o veritabilă problemă de mediu. În România, aceste obiective sunt moșteniri istorice, statul având responsabilitatea de a le aborda pentru a proteja comunitățile și mediul înconjurător de efectele lor. Fiind vorba de inițiative și bani publici, eficiența abordării și a acțiunilor devine un element deosebit de important. Această lucrare tratează aplicabilitatea celor mai comune metode geofizice pe iazurile de decantare din România, în vederea caracterizării structurii și geochimiei interne a acestora prin metode eficiente, atât din punct de vedere al costurilor cât și al timpului de execuție.

În România se regăsesc astăzi 73 iazuri de decantare ce provin în urma activității industriei miniere. Au fost investigate geofizic 43 dintre acestea utilizându-se metoda geoelectrică de injecție în curent continuu.

A fost abordată selectarea metodologiei de investigare geoelectrică a iazurilor de decantare. Datorită condițiilor speciale de zgomot și a accesibilității dificile, lucrarea de față recomandă ca variantă optimă de investigare metoda sondajului electric vertical neautomată, cu dispozitiv Schlumberger, utilizând un echipament cu un singur canal.

Interpretarea datelor s-a bazat pe modelarea inversă. Lucrarea tratează un studiu al eficienței metodelor de modelare inversă 1D și 2D pe iazuri de decantare pentru datele de rezistivitate. Analizând atât studii din literatură, cât și aplicând metoda de prelucrare pe datele iazului de decantare Zlatna nr. 1, lucrarea demonstrează că modelarea inversă 2D automată este inefficientă în cazul iazurilor de decantare datorită variațiilor mari de rezistivitate pe areale spațiale foarte mici. Acest studiu demonstrează ulterior eficiența modelării inverse 1D constrânse, coroborată cu o corelare 2D cu ajutorul softului IPI2Win.

Lucrarea prezintă o metodologie de caracterizare a variației verticale a rezistivității în iazurile de decantare prin selectarea de curbe SEV caracteristice. S-a construit de asemenea și o metodologie riguroasă în privința acestei selecții, în vederea analizei comparative a acestor informații provenite de pe iazuri de decantare diferite.

Au fost selectate curbe SEV caracteristice pe baza cărora au fost realizate modelări inverse 1D pentru 33 dintre iazurile investigate. Modelările au fost constrânse de o serie de alte informații disponibile: informații directe din foraje de mică adâncime, analize geochimice (pH), planuri topografice, corelarea în valori de rezistivitate cu modelele învecinate etc. Au fost observate similitudini în alura curbelor SEV și în structura modelelor de rezistivitate obținute.

Modelele geofizice ale tuturor celor 33 iazuri de decantare s-au grupat în trei categorii: cu un singur strat geofizic, cu două strate geofizice – primul strat mai rezistiv, cu două strate geofizice – primul strat mai conductiv.

Modelul geofizic cu un strat de rezistivitate a fost caracteristic pentru 6 iazuri de decantare. Acestea au prezentat caracteristici variate ale genezei sau mineralogiei materialului haldat. Toate cele 6 iazuri au avut însă dimensiuni reduse, variațiile geochimice interne regăsindu-se probabil sub rezoluția metodei. Datorită acestei caracteristici însă, forajele de mică adâncime pot descrie cu un grad mare de încredere caracteristicile materialului, compensând limitarea metodei geoelectrice. Acest model a descris în general iazuri de decantare cu impact puternic asupra mediului înconjurător, semnalând existența proceselor de oxidare în întreaga masă de material haldat.

Modelul geofizic cu 2 strate – primul strat mai rezistiv ($2 > 3$) a caracterizat un număr de 10 iazuri. Zonarea geochimică identificată este evidentă, fiind caracteristică majorității curbelor SEV de pe fiecare iaz. În lipsa unor foraje mai adânci, care ar putea permite probări pe verticală până în baza iazurilor, și în lipsa unui studiu geochimic detaliat pe aceste probe, nu s-a putut propune o interpretare riguroasă. O categorie particulară din grupul iazurilor caracterizate de acest model a fost constituită de iazurile de decantare ale căror minerale de gangă au fost dominate cantitativ de carbonați. Aceste iazuri apar ca medii cu rezistivitate ce scade constant cu adâncimea, fiind caracterizate și de curbe SEV foarte similare ce pot fi utilizate în prospecțiune ca elemente de identificare. Întrucât carbonații tamponază aciditatea, aceste iazuri sunt predominant bazice.

Modelul aplicabil pentru 17 iazuri de decantare, adică majoritatea acestor obiective, este cel ce caracterizează corpurile de material haldat ca fiind compuse din două strate de rezistivitate – primul strat mai puțin rezistiv ($2 < 3$). Acest model evidențiază o clară zonare geochimică internă a acestor obiective. A fost identificată din literatură această zonare ca fiind un rezultat al proceselor de oxidare ale sulfurilor, procese ce constituie principala cauză a impactului deosebit de grav asupra mediului pe care aceste obiective îl manifestă.

A fost abordată în detaliu această problemă din punctul de vedere al decelării structurii geochimice interne a iazurilor de decantare prin identificarea limitei dintre zonele de oxidare și de reducere cu ajutorul măsurătorilor de rezistivitate. Cu ajutorul acestei metode geofizice s-a reușit cartarea limitei dintre cele două zone geochimice și a limitei dintre materialul haldat și mediul geologic natural. S-a construit de asemenea o metodologie de calcul a volumelor iazului de decantare și ale celor două zone geochimice. Metodologia de investigare a fost descrisă detaliat pentru studiul de caz al iazului de decantare Pârâul Cailor,

pentru care au fost calculate volumele: $V = 945\,343\text{ m}^3$, $V_o = 519\,498\text{ m}^3$ și $V_r = 4258\,45\text{ m}^3$. Acest studiu de caz evidențiază procesele de oxidare ca afectând un volum majoritar a iazului, demonstrând utilitatea investigațiilor.

Au fost realizate două studii de caz complexe de investigare a iazurilor de decantare prin integrarea mai multor metode geofizice.

Investigarea geofizică și mineralogică a iazului Zlatna nr. 1 a caracterizat obiectivul din punct de vedere al structurii interne și al proceselor geochimice specifice. Prin integrarea investigațiilor seismice de reflexie și geoelectrice, corpul de material haldat a fost caracterizat ca având o structură de trei strate. Primul strat are o grosime variind între 1-3 m, constituit din material neconsolidat și foarte oxidat, susceptibil pentru mobilizare eoliană către terenurile agricole sau zonele locuite din vecinătate. Al doilea strat, având o grosime de 4-6 m și fiind consolidat, este un strat unde procesele de oxidare sunt încă prezente, fiind caracterizat de rezistivități foarte scăzute. Cel de-al treilea strat, având o grosime de 10-12 m și fiind probabil tot consolidat, reprezintă zona de reducere a iazului și este în mare parte inactiv geochimic. Acesta are rezistivități mai mari față de cel de-al doilea strat. Investigațiile magnetometrice au evidențiat o anomalie particulară, pentru interpretarea căreia s-a recurs la tehnica modelării directe interactive. Integrarea acestei tehnologii cu rezultatele celorlalte investigații au evidențiat ca cea mai probabilă sursă o acumulare mare de Goethit provenită din oxidarea sulfurilor deversate în iazul de decantare ca minerale de gangă. Atribuirea unei acumulări de Goethit ca sursă pentru o anomalie geomagnetică reprezintă o premieră în literatura de specialitate.

Modelarea directă a mai evidențiat de asemenea forme caracteristice de anomalii pentru țevile metalice verticale utilizate ca sonde inverse în infrastructura iazurilor de decantare. Identificarea locației acestor conducte prezintă o importanță sporită pentru planificarea acțiunilor de remediere sau de exploatare ale iazurilor de decantare, iar acest studiu dovedește că metoda magnetometrică își regăsește o aplicabilitate deosebită în această direcție.

A fost investigat iazul de decantare Valea Mică prin metode seismice și geoelectrice. Măsurătorile seismice de reflexie au evidențiat importante caracteristici ale aplicativității acestei metode pe iazurile de decantare și au contribuit la trasarea contactului dintre materialul haldat și formațiunile geologice naturale. Adâncimile identificate pentru acest contact în punctele de intersecție ale profilelor au contribuit la calibrarea pe adâncime a rezultatelor investigațiilor geoelectrice, rezultând în construirea modelului numeric de elevație al bazei

iazului de decantare. Utilizând aceeași metodă dezvoltată în lucrarea de față, s-a calculat pentru iazul de decantare Valea Mică un volum de 588 500 m².

Investigațiile geoelectrice au evidențiat pentru materialul haldat valori foarte variate de rezistivitate, încadrându-se între 3-4 și 700-800 Ohmm. Valorile foarte scăzute de rezistivitate sunt cauzate de prezența proceselor de oxidare ale sulfurilor. Valorile foarte ridicate sunt asociate proceselor de cimentare ale oxihidroxizilor de Fe sau sulfatilor de Fe sau Ca, manifestându-se cu precădere în cazul iazurilor de decantare vechi. Majoritatea iazurilor de decantare însă, prezintă rezistivități între 10 – 100 Ohmm.

Studiile de caz din literatura de specialitate au raportat ca principal element în investigarea geoelectrică a iazurilor de decantare contrastul puternic de valori de rezistivitate dintre materialul haldat și formațiunile geologice naturale, primul fiind mult mai conductiv. Această lucrare demonstrează că această afirmație nu trebuie generalizată, fiind valabilă doar pentru cazuri particulare. Au fost identificate diverse tipuri de relații din punct de vedere geoelectric între materialul haldat și formațiunile geologice din bază. Astfel, iazurile de decantare construite pe formațiuni sedimentare consolidate, cu un conținut important de argile, s-au identificat drept corpuri rezistive depuse pe un mediu mai conductiv (Bloaja-Băiuț, Valea Straja, Valea Glodului, Herepeia, Valea Cărbunelui, Valea Mică etc.). Iazurile de decantare construite pe formațiuni sedimentare aluviale, neconsolidate, ori pe terenuri metamorfice, s-au evidențiat drept corpuri conductive depuse pe un mediu natural mai rezistiv (Luncșoara-Brusturi, Zlatna nr. 1, Brăzești, Valea Ștefancăi II etc.). Au fost de asemenea identificate relații greu de deosebit între materialul haldat și formațiunile naturale, identificarea acestei limite fiind posibilă doar prin constrângerea modelării inverse 1D cu informații de foraje de mică adâncime sau topografice (Valea Luponii, Valea Mealu, Sasca Montană, Valea Devei).

În cazul tuturor iazurilor de decantare a fost identificată o zonă de alterare, ce cuprinde formațiunile de la suprafața iazului până la adâncimi de 2,5 m. Distribuția caracteristicilor geochimice în această zonă este în mare măsură controlată de agenții externi (climat, precipitații, ape de suprafață, activitate antropică, activitate biotică). Această zonă se manifestă printr-o variație laterală mare a rezistivității.

Studiul iazului de decantare Valea Mică a evidențiat o variație a rezistivității corelată cu variația granulometriei materialului haldat, valorile de rezistivitate crescând cu scăderea distanței față de gura de deversare.

Studiile seismice de reflexie și-au regăsit o bună aplicativitate în identificarea bazei iazurilor de decantare, dar și a unor elemente de structură internă, cum este cazul iazului

Zlatna nr. 1. S-a identificat distanța de 1 m ca spațiere optimă a geofoanelor pe iazurile de decantare, în vederea evitării pe cât posibil a fenomenului de aliasing spațial.

Studiile seismice de refracție au identificat viteze de 300 – 550 m/s pentru materialul din iazurile de decantare.

Prezenta lucrare aduce numeroase elemente de originalitate pentru literatura de specialitate națională și internațională. Într-o versiune schematizată ele se regăsesc în continuare:

- Studiul eficienței metodelor de inversie 1D și 2D pentru datele de rezistivitate pe iazurile de decantare
- Realizarea de modelări inverse interactive 1D, constrânse cu o serie de alte informații disponibile pentru datele de rezistivitate măsurate pe iazuri de decantare
- Construcția unei sistematice a iazurilor de decantare pe criterii ale răspunsului geoelectric
- Identificarea unei stratificații geofizice, asimilarea acesteia unei zonări geochimice a iazurilor de decantare și identificarea fenomenului responsabil pentru această zonare
- Identificarea structurii geochimice interne a iazului de decantare Pârâul Cailor prin identificarea cu ajutorul investigațiilor electrometrice și modelării inverse 1D a limitei dintre zona de oxidare și zona de reducere.
- Construcția unei metodologii pentru calculul volumelor iazurilor de decantare și al zonelor de oxidare și de reducere
- Caracterizarea structurii și a unor procese geochimice interne a iazului Zlatna nr. 1 prin aplicarea integrată a 3 metode geofizice non-invazive.
- Atribuirea în premieră cu ajutorul modelării directe a unei acumulări de Goethit drept sursă pentru o anomalie geomagnetică identificată pe suprafața iazului de decantare Zlatna nr. 1
- Realizarea modelelor de răspuns magnetic pentru țevile metalice verticale folosite ca sonde inverse în infrastructura iazurilor de decantare
- Aplicarea cu succes în premieră a investigațiilor seismice de reflexie pe un iaz de decantare