



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI

CLUJ-NAPOCA

Facultatea de Știința și Ingineria Mediului



BRAȘOVAN ANDREEA GABRIELA

**Impactul ambiental și reabilitarea haldelor de steril din
sectorul vestic al Bazinului Petroșani (de la Aninoasa până la
Câmpu lui Neag)**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**Conducător de doctorat:
Prof. Univ. Dr. Vlad Codrea**

**Cluj-Napoca
2012**

Cuprins

Introducere	3
Istoric	5
1. Prezentare generală a Bazinului Petroșani	7
2. Geologia Bazinului Petroșani	9
3. Stabilitatea haldelor de steril din vestul Bazinului Petroșani și impactul asupra mediului înconjurător	10
4. Inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinului Petroșani	15
5. Reabilitarea haldelor de steril din Bazinul Petroșani	19
6. Reciclarea cenușii de cărbune de la termocentrala Paroșeni prin separare magnetică	25
Concluzii	26
Bibliografie selectivă	28

Cuvinte cheie: „Bazinul Petroșani”, „halde de steril”, „hulă”, „entantrosol”, „reabilitare ecologică”.

INTRODUCERE

Diamantul vs cărbunele de pământ sau „diamantul negru”: „nu este altceva decât carbon sub formă cristalizată; huila este același lucru, numai că e neagră, pe când diamantul e transparent. Și totuși diamantul e demonul, iar cărbunele de pământ, îngerul”, afirma Mor, deoarece odată cu descoperirea și exploatarea lui, cărbunele a reprezentat resursa energetică cea mai prețuită a secolului al XIX-lea. El a dus la progresul revoluției industriale, exploatarea și valorificarea sa au oferit locuri de muncă, și-a găsit utilitatea în industria metalurgică și energetică, a pornit primele motoare cu combustie în transport, a transformat nopțile orașelor în „zile” artificiale, a încălzit deopotrivă locuințe umile și palate, și nu în ultimul rând a încălzit sufletele oamenilor în zilele geroase de iarnă cu căldura lui.

„Cărbunele este flora pietrificată a lumii de ieri”, pe care l-a adăpostit Pământul odată cu „ierbarul lumii apuse” scria același Mor în „*Diamantele negre*”. Între stratele de cărbune formate din pădurile de ferigi, gimnosperme gigantice și angiosperme sunt intercalate roci sedimentare care păstrează schelete și cochilii calcificate ale unor animale demult dispărute.

Odată cu descoperirea cărbunilor, aceștia au fost clasificați după compoziție, putere calorică și mod de formare. Astfel, în Bazinul Petroșani s-a exploatat huila care revine Oligocenului superior. Presiunea tectonică și temperatura generate de masivele cristaline care mărginesc bazinul au favorizat carbonificarea până la stadiul de huilă, fapt subliniat de Petrescu et al. (1987).

Huila exploatată după mijlocul secolului al XIX-lea în Bazinul Petroșani a fost de mare utilitate pentru industrie, însă rocile sterile aduse la suprafață odată cu roca utilă au generat adevărați munți artificiali, halde care în perimetrele miniere deja închise au fost reabilite și ecologizate. În perimetrele miniere încă active se urmărește în mod continuu stabilitatea haldelor de steril.

Cele mai multe halde de steril au fost reabilite ecologic cu cătină albă, pin, salcâm, poacee (păiuș, trifoi, golomăț), deoarece aceste specii nu sunt pretențioase la substratul pe care sunt plantate și trăiesc în simbioză cu unele bacterii care facilitează acumularea unor microelemente în entiantrosol (Blaga et al., 2005).

În această teză am prezentat câteva date legate de stabilitatea unor halde de steril din partea vestică a Bazinului Petroșani și am investigat stadiul de evoluție al entiantrosolului prin cercetări de difracție cu raze X, microscopie optică și difracții de fluorescență cu raze X pentru a identifica compoziția cantitativă și calitativă a mineralelor și elementelor chimice din solul în curs de formare. De asemenea am colectat câteva probe de fructe de cătină, măceș și păducel pentru a urmări cantitățile de calciu și magneziu concentrate, precum și prezența acidului ascorbic, flavonoidelor și polifenolilor. Rezultatele obținute au fost comparate cu cele din

literatura de specialitate și pot afirma faptul că fructele de această proveniență pot fi folosite atât în alimentație cât și în industria farmaceutică.

Pe baza rezultatelor obținute am propus un algoritm de reabilitare a haldelor de steril și un model de reciclare a microparticulelor de fier din cenușa rezultată în urma arderii cărbunelui la termocentrala Paroșeni prin separare magnetică.

Cu ocazia finalizării prezentei teze de doctorat aduc mulțumiri respectuoase coordonatorului științific, D-lui Prof. Univ. Dr. Vlad Codrea pentru sprijinul acordat pe toată perioada derulării cercetărilor și îndrumarea de înaltă competență pentru publicarea articolelor de specialitate.

De asemenea doresc să mulțumesc D-lui Prof. Univ. Ing. Dr. George Arghir și d-nului Ing. Dr. Ioan Petean de la Universitatea Tehnică din Cluj pentru ajutorul acordat în vederea realizării investigațiilor prin difracție cu raze X și microscopie optică a probelor de steril recoltate de pe halde.

Mulțumesc colegelor mele Vasilica Mândroc și Ramona Câmpean pentru ajutorul acordat în vederea determinării cantitative și calitative a unor minerale și compuși organici esențiali din fructele de cătină, măceș și păducel. O parte din aceste determinări au fost realizate pentru început sub acordul D-nei Neli Olah de la PlantExtrakt Cluj, pentru ca în final să colaborăm în mod direct.

Pentru determinarea elementelor chimice din probele de steril și furnizarea altor informații utile despre haldele de steril doresc să-i mulțumesc D-nei Ing. Dr. Daniela Onofre de la Biroul de Mediu al CNH Petroșani.

Pentru buna finalizare a articolelor publicate am beneficiat de sprijinul colegilor mei Călin Filip, Vlad Măcicășan și Andrei Burtescu.

În final, ultimele mulțumiri le ofer familiei mele, în special tatălui meu care m-a ajutat în recoltarea probelor și prezentarea haldelor; nașilor, colegilor și prietenilor mei, Ioana Dănescu și Andreea Cătălin.

ISTORIC

Bazinul Petroșani localizat în partea de sud-vest a României a început să fie cunoscut ca bazin carbonifer în jurul anului 1780. Cele mai vechi informații geologice despre existența unor plante în Valea Jiului, care au fost găsite, sunt atribuite lui Bielz (1858) și reluate apoi de Quaglio (1861).

Primele referințe geologice asupra cărbunilor din orizontul 2, asupra rocilor sterile din stratele lor ne sunt date de Stur (1863), care descrie 5 specii de plante și 5 de animale fosile găsite pe teren, pe malul stâng al Jiului Unguresc la Petroșani. O parte din ele au fost citate mai târziu de Heer (*Cinnamomum lanceolatum* și *Daphnogene ungeri*), apoi sunt reluate pentru investigare de Hauer și Stache (1864).

Hofmann (1870) este primul autor care, pe baze litofaciale și biofaciale, realizează o organizare reușită a depozitelor din bazin sub denumirile de Orizont Bazal, Orizont Productiv și Orizont Superior, orizontare valabilă și astăzi. Ea nu cuprinde însă și orizonturile 4 și 5 din regiunea Sălătruc.

Prima lucrare despre Valea Jiului a fost scrisă de Staub- „*Die aquitanische Flora des Zsilthales*” (1887), care a fost reluată de Givulescu. Acesta descrie modern această floră în „*Revision einiger Originale aus M.Staub*” (1983) sau „*Étude sur la flore et végétation de la Vallée du Jiu*” (1986).

Bazinul Petroșani a intrat în atenția lui Mrazec în 1897. Cercetări amănunțite au mai fost realizate de Blanckenhorn (1900), Murgoci (1905), Pax (1907), Lingelsheim (1908), Macovei (1908), Filipescu (1927), Popescu- Voitești (1932, 1936), Manolescu (1937), Ilie, Codarcea, Murgoci (1941), Ghica- Budești (1942), Voicu (1950-1954), Mateescu (1951), Pavelescu et Maria Pavelescu (1953-1966), Răileanu (1955), Popescu (1976).

Givulescu (1964-1983) își exprimă părerile despre modul de formare a cărbunilor din bazin. Scrie „*Die fossile Flora der Valea Jiului*” (1964), „*Câteva observații privind modul de formare al cărbunilor din Valea Jiului*” (1974), „*Flora oligocenă superioară din Bazinul Petroșani*” (1996), etc.

Moiescu (1975-1985) se ocupă cu probleme geologice în regiunea Dâlja- Lonea; apoi mai târziu (1978) prezintă o sinteză cu schițe explicative, a locurilor fosilifere cu fauna din orizontul 2 a bazinului, arătând și speciile găsite în fiecare loc; iar împreună cu Maria Chivu (1979) publică fauna de moluște din orizonturile 2 și 3 ale bazinului cu distribuția lor în câmpurile miniere și paleogeografică.

Odată cu exploatarea cărbunilor din Bazinul Petroșani au fost aduse la suprafață cantități imense de steril. Acestea au fost amplasate în halde și au fost alese locurile accidentate. De-a lungul timpului s-au făcut cercetări în ceea ce privește stabilitatea acestora și se încearcă

reabilitarea lor ecologică astfel încât să fie încadrate în etajul montan și din punct de vedere peisagistic. Această etapă (1960-2005) a fost îndelung studiată și multe cercetări au fost făcute de: Fodor, Baican, Lazăr, Dumitrescu, Georgescu, Rotunjeanu, Voin, Rebrișoreanu, Traistă, Ionică, Matei, Temelie, Onica, Pătrașcu, Biro, Dunca, Boyte.

1. Prezentare generală a Bazinului Petroșani

Bazinul Petroșani se află localizat în partea de sud-vest a României, între latitudinile nordice de $45^{\circ}17'$ - $45^{\circ}22'$ și longitudini estice de $20^{\circ}13'$ - $20^{\circ}33'$. Este înconjurat de munții Retezat, Parâng, Vâlcan și Șureanu. Este drenat de cei doi afluenți majori ai Jiului: Jiul de Vest și Jiul de Est. Suprafața de contur triunghiular este orientată pe direcția NNE- SSV, având o lungime de 45 km și o lățime de 2 km, la vest, 9 km la est. Relieful constă din numeroase dealuri înalte (700-950 m), separate de văi adânci, afluate ale celor două Jiuri, precum și din mai multe terase (1-5 nivele), succedate de frecvente șesuri aluviale (de întinderi variabile), răspândite în lungul râurilor mai importante (Fig. 1) (Badea et al., 1987; Pop, 1993).

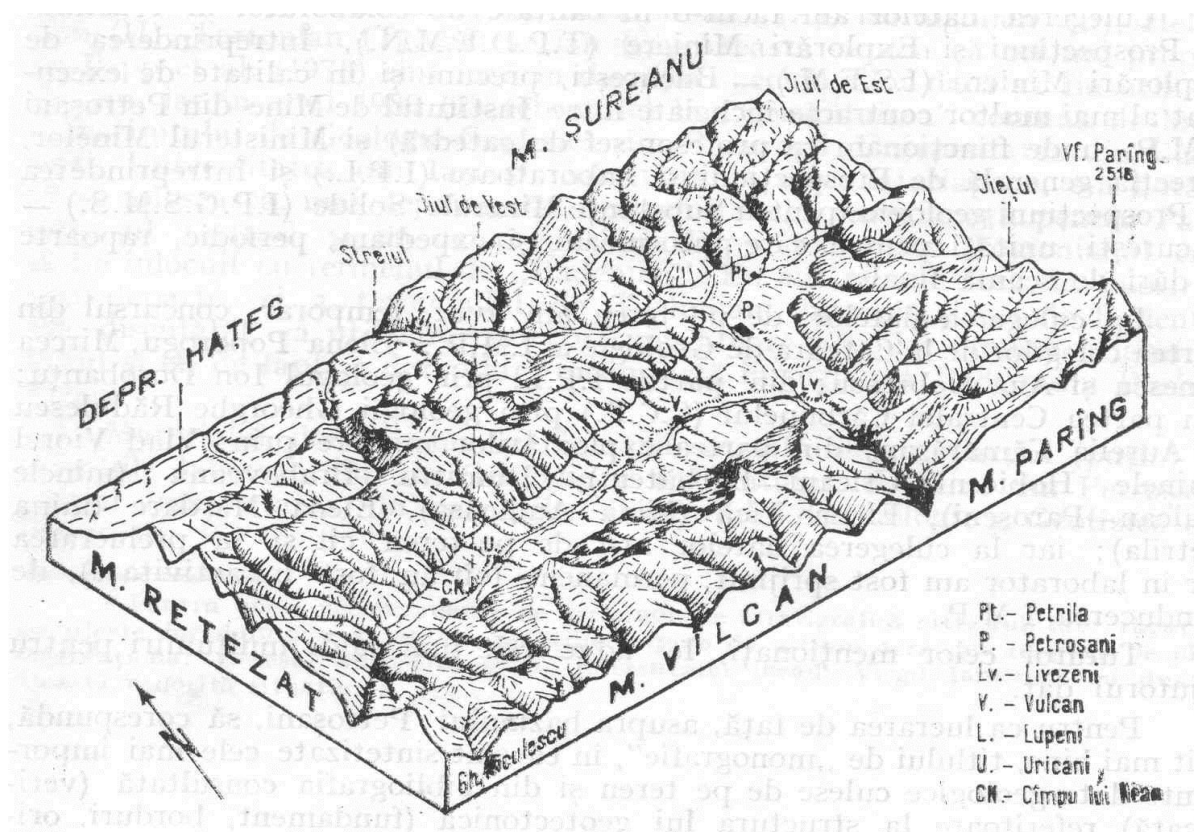


Fig. 1. Blocdiagrama morfologică a Bazinului Petroșani (după Pop, 1993)

Din punct de vedere climatic, Bazinul Petroșani se caracterizează, în primul rând, printr-o mare umiditate relativă a aerului, prin predominarea calmului în timpul anului (64%), ca și prin frecvente inversiuni de temperatură. Din punct de vedere climatic vorbim de patru etaje:

- etajul climatic premontan între 500-800 m altitudine;
- etajul climatic montan inferior între 800-1450 m altitudine;
- etajul climatic montan superior între 1450-1750 m altitudine;
- etajul climatic subalpin între 1750-1900 m altitudine (Lupu, 1970; Preda et Pasere, 1985; Ardeiu, 2004).

Bazinul Petroșani a început să fie cunoscut ca bazin carbonifer în jurul anului 1780. Descoperirea zăcămintelor este atribuită păstorilor și vânătorilor care au observat că acest „produs” al solului pus pe foc, arde. În 1782 mineralogul Benkő Janos, arată că a văzut: „cărbunii s-au aprins și au ars mai multă vreme”. Cu timpul, constatându-se prezența a numeroase iviri de cărbuni, au început din anul 1840 primele lucrări în „stolne”. În jurul anului 1835 se efectuează în Bazinul Petroșani primele lucrări de prospecțiuni și exploatare mai detaliate pentru cunoașterea rezervelor de cărbune (Baron, 1998; Fodor, 2005).

Începând din 1858 acest bazin carbonifer a stârnit interesul geologilor care au început să investigheze bordurile bazinului și fundamentul său. Toate cercetările geologice s-au concretizat prin descrieri petrografice, tectonice, paleontologice, palinologice și paleogeografice ale bazinului. Între anii 1858 și 1868 au venit în Bazinul Petroșani mineri din diferite regiuni ale țării și din străinătate care au început să deschidă mine și astfel a început exploatarea huilei în bazin.

Bazinul Petroșani se dezvoltă rapid, odată cu darea în funcțiune (1870) a căii ferate Simeria- Petroșani, minele: Lonea, Petroșani Vest, Dâlja, Aninoasa, Vulcan și Lupeni. În 1882 se pune în funcțiune linia ferată Petroșani- Lupeni. Acest eveniment duce la intensificarea activității de investiții și producție în partea centrală și vestică a bazinului (Baron, 1998; Velica, 1999; 2004; Velica I et Velica D, 2002; Velica et Titel, 2005).

Producția carboniferă din Bazinul Petroșani a fost în continuă creștere și în timp a necesitat la fel ca celelalte mine din Europa uzine de preparare. Prima uzină a apărut la Lupeni (1920-1930), apoi la Coroiști (1961-1965) și ultima la Uricani (1989-1990). În prezent mai funcționează doar uzina de la Coroiști (Munteanu et Ioniță, 1971; Fodor, 2005).

Primele activități de cercetare și proiectare pentru minerit, s-au organizat încă din anul 1949 în fostul Institut de Proiectări Industriale din București, iar în 1974 este înființat Institutul de Cercetare și Proiectare Minieră din Petroșani. Activitatea de cercetare științifică în domeniul mineritului a dat rezultate importante atât pe plan regional, național cât și internațional (Fodor et Baican, 2001; Fodor, 2005).

Un rol important în industria mineritului l-a jucat industria constructoare de mașini care s-a ocupat de construirea locomotivelor de mină, stâlpilor hidraulici simpli, perforatoare, mașini de încărcat pe pneuri cu siloz, excavatoare cu rotor, complexe mecanizate de abataj și combine de înaintare (Fodor, 2005).

În prezent, datoriile foarte mari pe care le are CNH Petroșani le-a acumulat față de stat, au condus la închiderea mai multor mine.

În concluzie, cărbunele din Bazinul Petroșani nu ar trebui abandonat complet, deoarece ar putea constitui pentru viitor o sursă alternativă sigură de producere a energiei și cel puțin 2-3 mine mai rentabile ar putea fi menținute în exploatare (Davidescu, 2006).

2. Geologia Bazinului Petroșani

Bazinul Petroșani face parte din generația bazinelor sedimentare post-laramice din Carpații Meridionali. Formarea bazinului începe în Cenozoicul timpuriu. Este constituit dintr-un fundament metamorfic și din umplutura sedimentară molasică, ce revine Paleogenului și Neogenului.

Fundamentul metamorfic implică roci afectate de grade diferite de metamorfism, aparținătoare atât unităților danubiene cât și Panzei Getice. (Săndulescu, 1984). Metamorfitele getice aflorază în rama de nord-est și parțial în cea de sud și intră în alcătuirea Seriei de Sebeș-Lotru. Metamorfitele danubiene s-au dezvoltat în rama sudică și parțial în cea nordică și sunt reprezentate prin seriile de Lainici Păiuși și Vâlcan (Stan, 1977; Balica et al., 2007, 2009).

Formațiunile sedimentare molasice cenozoice, sunt paralele cu marginile bazinului. Sedimentarea începe în Oligocen. Miosesc (1980) separă următoarele formațiuni litostratigrafice: I- Cimpa-Răscoala (Rupelian-Chattian), cunoscut ca „Orizontul 1” (inferior) sau „bazal”; II-Dâlja-Uricani (Eggerian inferior) denumit ca „orizontul 2” sau „productiv inferior”; III- Lonea (Chattian superior)-„orizontul 3” sau „orizontul mijlociu”; IV- Sălătruc (Aquitanian- Eggenburgian/Burdigalian), orizontul 4 sau „productiv superior”; V- „Formațiunea cu pietrișuri” (? Langhian), orizontul 5 sau „orizontul terminal”.

Evoluția geologică a Bazinului Petroșani a început în urma șariajului pânzei Getice. Primele depozite sedimentare datează din Cretacicul superior (Maastrichtian).

Principala resursă a Bazinului Petroșani o constituie cărbunii, cunoscuți ca huilă energetică și cocsificabilă. Lucrările geologice de prospecțiune, explorare, precum și de exploatare au pus în evidență 20-22 de strate de cărbune superior, numerotate de la 0 la 21, localizate în orizontul 2 productiv.

După Givulescu (1996) acumulările masive de cărbune, de ordinul metrilor se datorează unor păduri de mlăstină de mari proporții, respectiv posibilității acumulării unei cantități respectabile de material carbogenerator în timpul unei faze de încetinire a subsidenței, care poate fi aproximativ calculată. După Schwarzbach (1949) 100 m de cărbune brun s-a format în 250 000-500 000 ani. Există însă posibilitatea ca stratele lenticulare de cărbune să provină din mlaștini eutrofe (Givulescu, 1974, 1997).

Huilele din Bazinului Petroșani s-au format în urma unui metamorfism puternic, fapt datorat presiunii tectonice și temperaturii generate de masivele cristaline care mărginesc bazinul.

Cărbunii cocsificabili se află în perimetrul Lupeni, Uricani, Bărbăteni.

Cărbunii din Bazinul Petroșani sunt folosiți în scopuri energetice la termocentralele Paroșeni și Mintia. 10% din producția de cărbune este livrată pentru uz casnic.

În prezent huila se exploatează la Uricani, Lupeni, Paroșeni Vulcan, Aninoasa, Livezeni, Petrița (Davidescu, 2006).

3. Stabilitatea haldelor de steril din vestul Bazinului Petroșani și impactul asupra mediului înconjurător

Haldele de steril sunt construcții ingineresti în care sunt depuse rocile sterile exploatate din subteran odată cu roca utilă reprezentată de huilă. Acestea sunt amplasate pe terenurile situate în jurul exploatărilor miniere. Pentru amplasarea haldelor se alege terenul care determină un impact minim asupra mediului și necesită cele mai reduse cheltuieli de haldare. Există în prezent 43 de halde de steril din care sunt în funcțiune 25, iar 18 în conservare (Biro, 2005).

Evoluția haldelor de steril a fost marcată de elaborarea unei strategii pe termen lung în ceea ce privește amplasarea haldelor, integrarea în peisaj, minimalizarea impactului asupra mediului, renaturarea și acoperirea cu vegetație. Forma haldei poate fi modificată, de la cea conică cu taluzuri abrupte (generația I), la cele terasate (generația II), mai stabile și apoi la halde care devin adevărate construcții peisagistice (generația III), integrate în mediul ambiental, în care au fost amenajate deseori noi biotopuri secundare, umede sau uscate, care contribuie la asigurarea mediului de viață și protecția multor specii de plante și animale (Fig. 2).

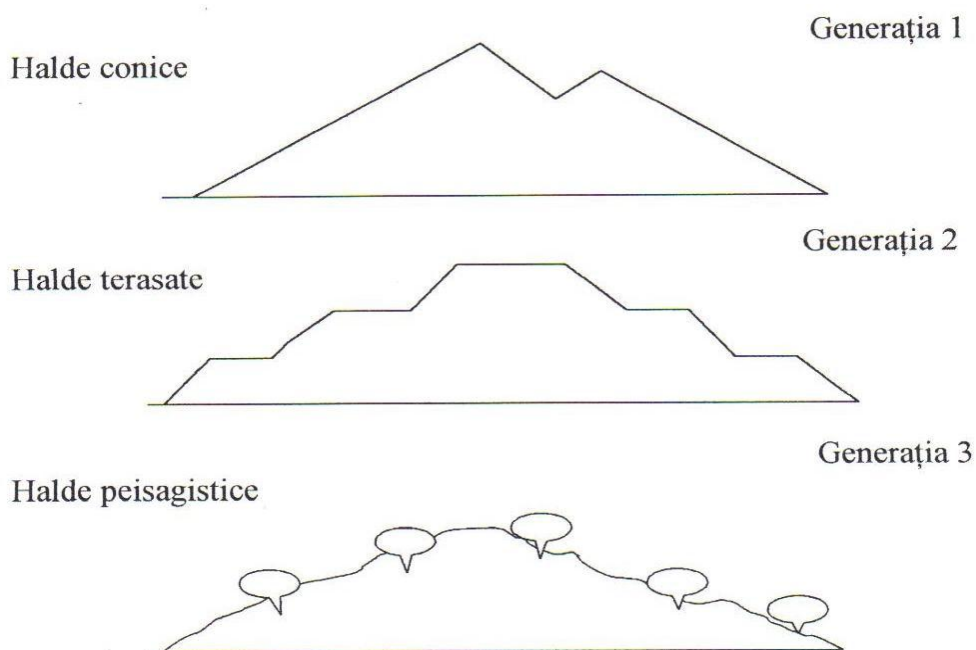


Fig. 2. Evoluția haldelor (Schultz, 1996)

Inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinului Petroșani poate fi observată în tabelele 1 și 2.

Tabelul 1. Starea tehnică a haldelor de steril de la exploatările miniere din partea vestică a Bazinului Petroșani (Biroul de mediu-CNH, 2010)

Nr. crt.	Unitatea economică	Denumirea haldei	Activă/inactivă
1	Aninoasa	Tricoane Pisu	Inactivă
2		Funicular Sud	Inactivă
3	Vulcan	Puț 7 Vest (halda veche)	Inactivă
4		Puț 7 Vest (tricoane)	Inactivă
5		Valea Arsului	Activă
6	Paroșeni	Halda funicular	Inactivă
7		Valea Lupului	Inactivă
8		Tericon cota 630	Inactivă
9	Lupeni	Halda ramură I	Inactivă
10		Halda ramură II	Inactivă
11		Halda ramură III	Activă
12		Halda veche Ileana	Inactivă
13		Halda nouă Ileana	Inactivă
14		Halda nouă Victoria	Inactivă
15	Bărbăteni	Mierlașu	Inactivă
16		Galeria de Coastă	Inactivă
17	Uricani	Funicular vechi	Inactivă
18		Funicular nou	Activă
19	Valea de Brazi	Funicular	Inactivă
20		Puț nr 8	Inactivă
21	Câmpu lui Neag		Inactivă

Tabelul 2. Clasificarea haldelor de steril din zona vestică a Bazinului Petroșani (Biroul de mediu-CNH, 2010)

Nr. crt.	Unitate economică	Suprafața (ha)	Volum haldă (mii m ³)
Halde de steril rezultate din sterilul extras din subteran și de la suprafață			
1	E.M.Aninoasa	5,23	1619
2	E.M.Vulcan	34,25	3782
3	E.M.Paroșeni	5,34	773
4	E.M.Lupeni	28,04	10001
5	E.M.Bărbăteni	4,9	223
6	E.M.Uricani	18,3	1516
7	E.M.Valea de Brazi	28,3	4161
8	E.M.Câmpu lui Neag	207,84	31470
Halde de steril rezultate din preparațiile de cărbune			
9	I.P.C.V.J.Uricani	0,10	100
10	I.P.C.V.J.Lupeni	22,10	3700
11	I.P.C.V.J.Coroești	16,50	3300
Depozite de zgură de termocentrală			
12	C.T.E.Paroșeni	20	1450

Principalele daune provocate de halde asupra mediului înconjurător sunt următoarele: impactul vizual neplăcut (Fig. 3.a și b); distrugerea suprafețelor de teren acoperit cu sol vegetal și vegetație (Fig. 4.a și b); poluarea apelor de la suprafață și din subteran cu elemente chimice dizolvate sau suspensii de particule solide antrenate din halde de către apele de ploaie sau de infiltrație; poluarea aerului cu praf rezultat în urma deversărilor sterile în halde (Fig. 5.a și b) și gaze rezultate din mine; distrugerea materialelor și a vieților omenești, situate în vecinătatea acestora, datorită pierderii stabilității haldelor.



a



b

Fig. 3. Impact vizual neplăcut: a) Lacul verde format între haldele de steril la Lupeni, b) Halda minei Bărbăteni



a



b

Fig. 4. Distrugerea suprafețelor de teren acoperit cu sol vegetal și vegetație: a) Vulcan, b) Lupeni



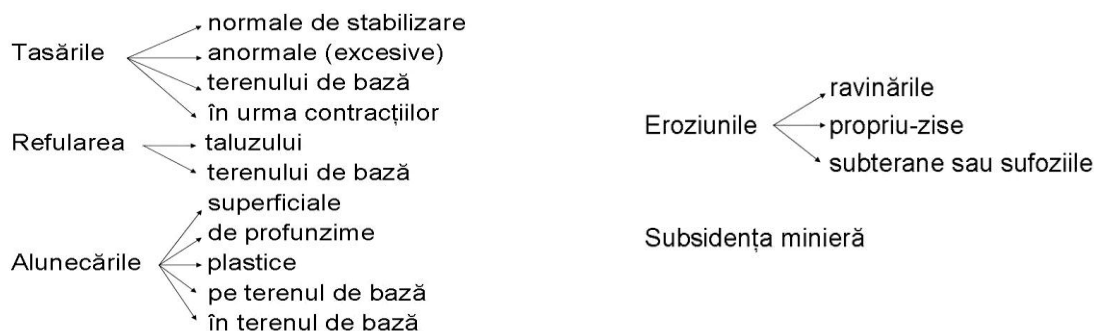
a



b

Fig. 5.a și b. Praful rezultat în urma deversării sterilului depozitat pe haldă cu funicularul (Lupeni)

Fenomenele geo-miniere negative care pot afecta stabilitatea haldelor de steril sunt reprezentate de:



Măsurile pentru reducerea sau eliminarea efectelor negative ale fenomenelor geo-miniere:

- drenarea corespunzătoare a vetrei haldei, a iazurilor și a stratului acvifer;
- compactarea rocilor din haldă;
- asigurarea scurgerii apelor de precipitații;
- eliminarea apelor stagnante;
- îmbunătățirea granulometriei rocilor deversate;
- vehicularea utilajelor de haldare cât mai departe de bordura treptei;
- dimensionarea corespunzătoare a treptei înaintașe pe haldă și iazurilor de decantare;
- evitarea acumulării de ape superficiale prin construirea unor canale de scurgere;
- micșorarea unghiului de taluz;
- îndepărtarea apei din amonte și de la baza haldei;
- construirea haldei într-un timp cât mai lung pentru a permite evacuarea apei din stratele terenului de bază;
- amenajarea terenului de bază (Biro, 2005).

Metodele de analiză a stabilității taluzurilor și fundațiilor haldelor sunt: metoda Jambu, metoda Fellenius și metoda Bishop. Se poate utiliza un soft specializat în geotehnică GeoTecB, care analizează stabilitatea taluzurilor naturale și artificiale cu orice geometrie, atât în condiții statice, cât și seismice, precum și în cazul prezenței apei în porii materialului haldat sau pe taluzul haldei (Rotunjanu, 2005; Rotunjanu et al., 2001, 2005).

Pentru calcularea stabilității trebuie determinați:

- indicii mecanici;
- indicii determinați în laborator;
- indicii calculați.

Studiul de stabilitate pentru haldele de steril a fost realizat pentru 12 taluzuri care aparțin la 4 halde active. S-a cercetat stabilitatea suprafețelor de alunecare cilindrico-circulare și a suprafețelor de alunecare poligonale la umiditate normală și la umiditate de saturație (Rotunjanu et al., 2001; 2005).

Coeficientul de stabilitate (F) poate înregistra următoarele valori:

- $F < 1$ → taluzul haldei își pierde stabilitatea;
- $1 < F < 1,3$ → taluzul haldei este relativ stabil, trebuie monitorizat;
- $F > 1,3$ → taluzul haldei este stabil;

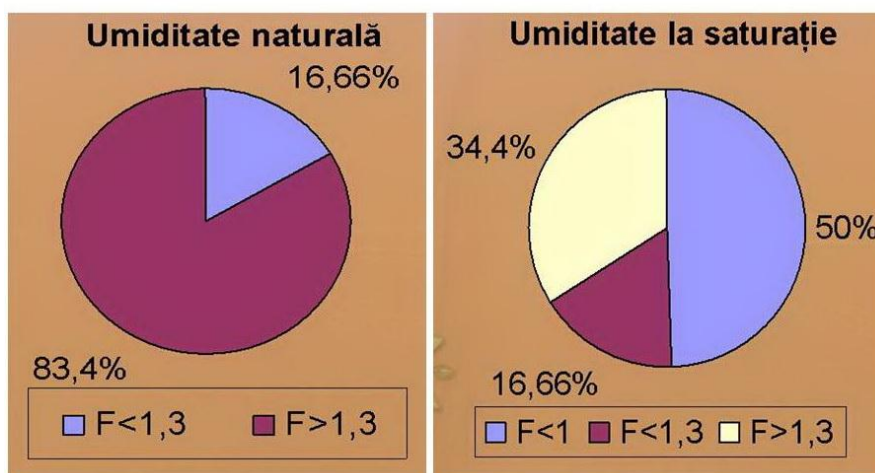


Fig. 6. Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețele de alunecare cilindrico-circulare

Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețele de alunecare cilindrico-circulare sunt redate în fig. 6 și se poate observa că 16,66% din taluzuri sunt instabile și 83,4% sunt stabile la umiditate naturală, în timp ce la umiditate la saturație 50% din taluzuri sunt instabile și trebuie monitorizate, 16,66% sunt parțial stabile și doar 34,4% sunt stabile.

Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețele de alunecare poligonale la umiditate naturală sunt prezentate în fig. 7, iar pentru umiditate la saturație în fig.8.

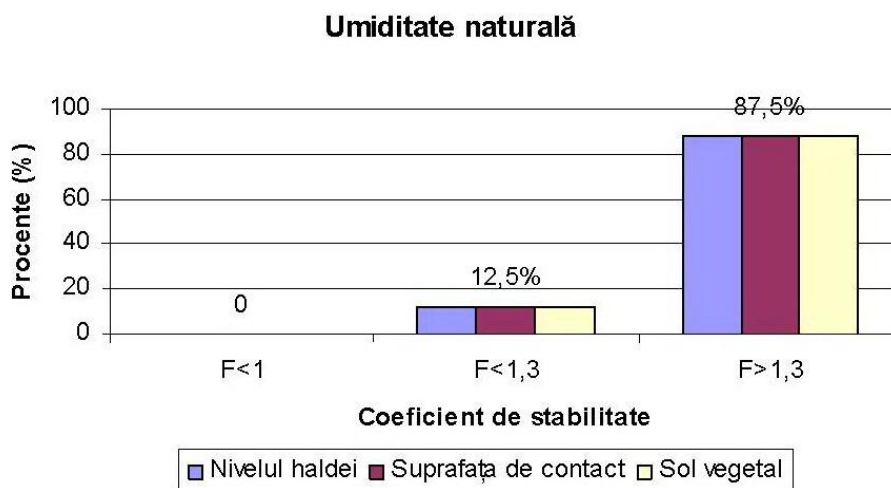


Fig. 8. Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețele de alunecare poligonale la umiditate naturală

În fig. 8 se poate observa că 87,5% din taluzuri sunt stabile la nivelul haldei, suprafeței de contact și la nivelul solului vegetal, în timp ce doar 12,5% din taluzuri sunt relativ stabile la nivelul celor trei puncte de cercetare.

În fig. 9 putem observa faptul că 12,5% din taluzuri sunt instabile la nivelul suprafeței de contact, 25% sunt parțial stabile și 75% sunt stabile la nivelul celor trei puncte de cercetare.

Datele pe baza cărora au fost realizate aceste histogramme sunt redate detaliat în tablele din capitolul 3 al tezei.

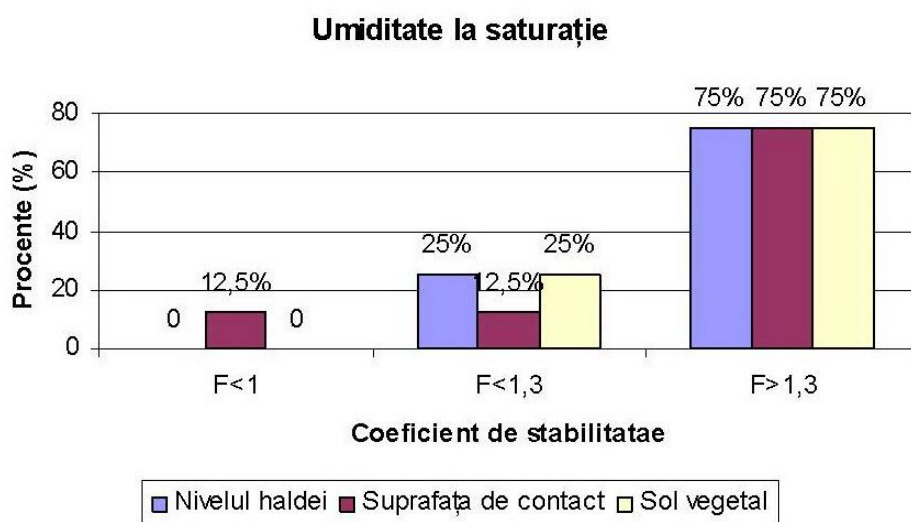


Fig. 9. Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețele de alunecare poligonale pentru umiditate la saturație

4. Inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinului Petroșani

Investigarea mineralogică a haldelor de steril prin metoda difracției cu raze X s-a făcut cu difractometru tip DRON 3 cu montaj Bragg-Brentano dotat cu modul de achiziție de date și softul de înregistrare Matmec VI.0. A fost folosit anticatod de Cu. Probele au fost etalate într-un film subțire pe o suprafață de vaselină neutră. Maximele de difracție au fost identificate pe baza comparației distanței interplanare rezultate pentru fiecare peak cu informațiile din baza de date Match 1.0 de la Crystal Impact Company.

Investigația mineralelor prin difracție cu raze X poate detecta faze cristaline și urme de până la 1% masă.

Investigarea mineralogică a haldelor de steril prin metoda difracției cu raze X a demonstrat că materialul haldat provenit de la haldele de steril este alcătuit din cuarț în proporție de 50%, feldspat potasic, biotit și calcit, care împreună reprezintă cealaltă jumătate de minerale. Rezultatele sunt prezentate în fig. 10, 11, 12, 13, 14.

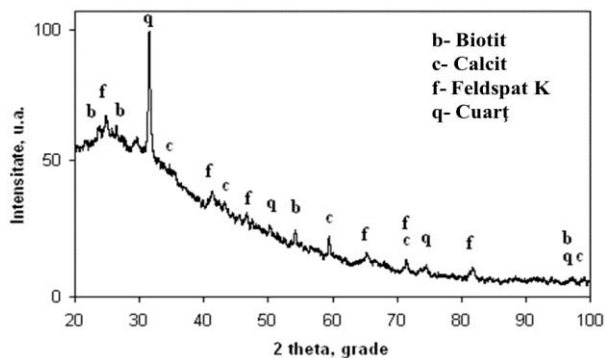


Fig. 10. Difractograma pentru proba de steril din halda Vulcan, zona Vest

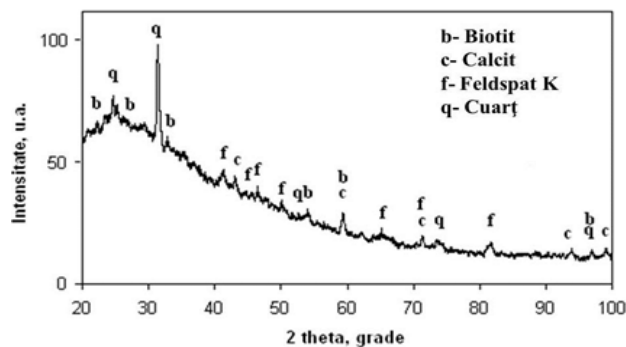


Fig. 11. Difractograma pentru proba de la halda de steril Ileana Veche, Lupeni

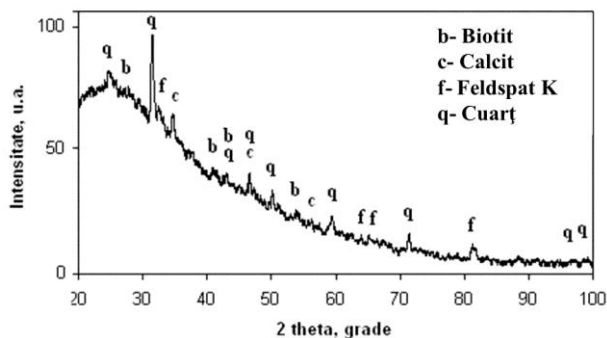


Fig. 12. Difractograma pentru proba de la halda de steril Câmpu lui Neag

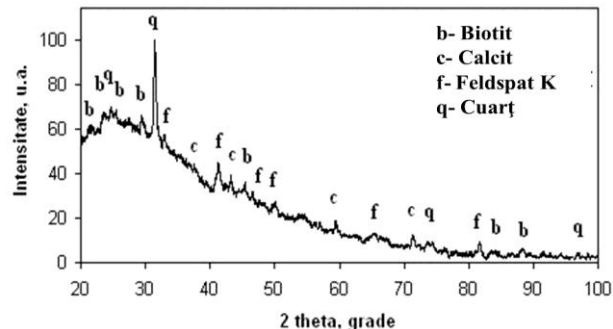


Fig. 13. Difractograma pentru proba din halda Coroiești

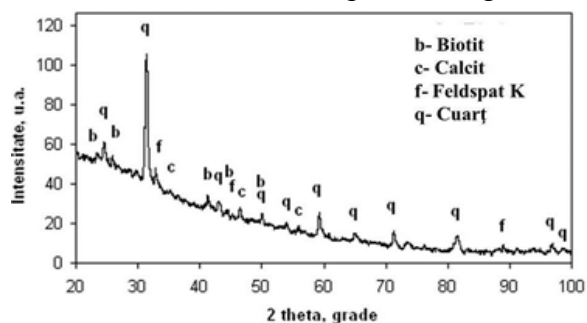


Fig. 14. Difractograma pentru proba de la halda de steril Uricani

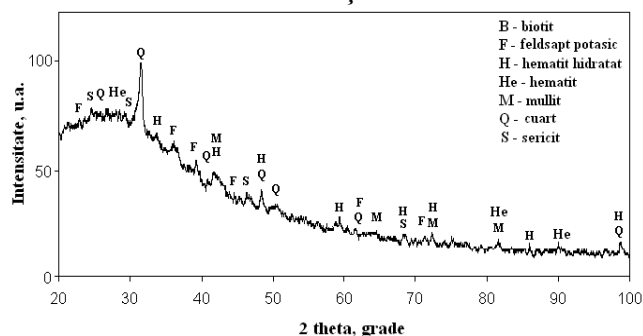


Fig. 15. Difractograma pentru proba de cenușă de la termocentrala Paroșeni

În fig. 15 se poate observa că în cenușa de la Paroșeni comparativ cu probele recoltate din haldele de steril mai apare hematitul hidratat, hematitul, mullitul și sericitul.

Investigarea mineralogică a probelor de steril s-a realizat prin microscopie optică în lumină transmisă și în câmp întunecat.

Investigațiile microscopice în lumina transmisă și lumina polarizată cu nicoli încrucișați au fost efectuate cu ajutorul unui microscop optic mineralogic Laboval 2 produs de firma Karl Zeiss Jena echipat cu o captură digitală Samsung 8 MP.

Investigațiile microscopice în câmp întunecat au fost efectuate cu ajutorul unui microscop optic metalografic de tip IOR 8, folosind același tip de captură digitală.

Rezultatele obținute dovedesc faptul că mineralele sunt identice cu cele obținute prin metoda difracției cu raze X. Rezultatele sunt redată în fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21.

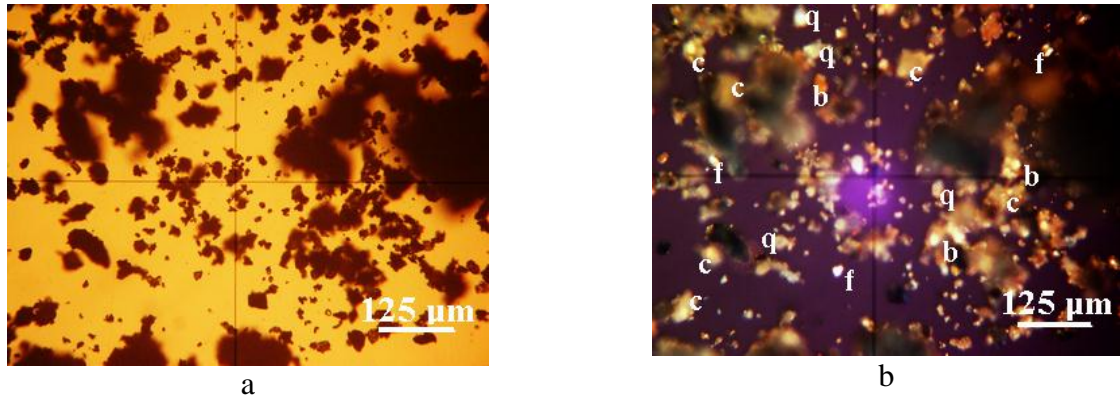


Fig. 16. Imagini microscopie optică Vulcan
a) în transmisie și b) în lumină polarizată cu nicolii încrucișați

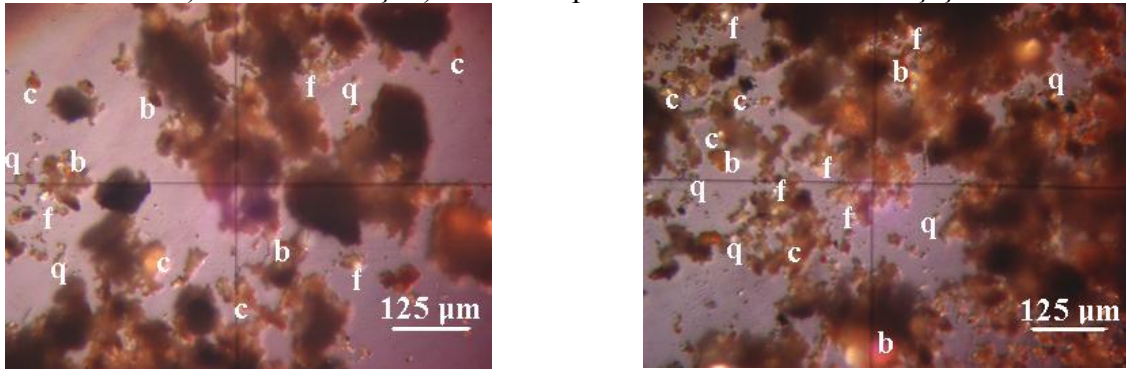


Fig. 17. Imagini microscopie optică în lumină polarizată cu nicolii încrucișați în proba de la Lupeni

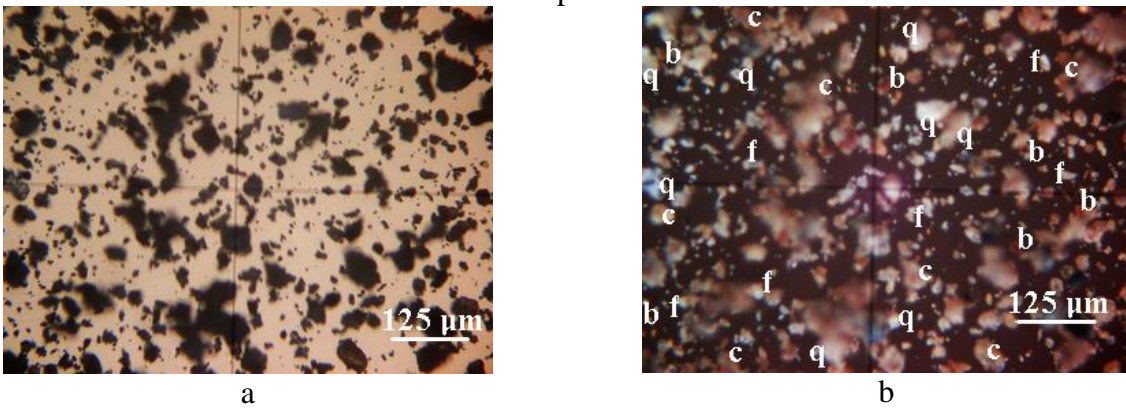


Fig. 18. Imagini microscopie optică
a) în lumină transmisă și b) în lumină polarizată cu nicolii încrucișați de la Câmpu lui Neag

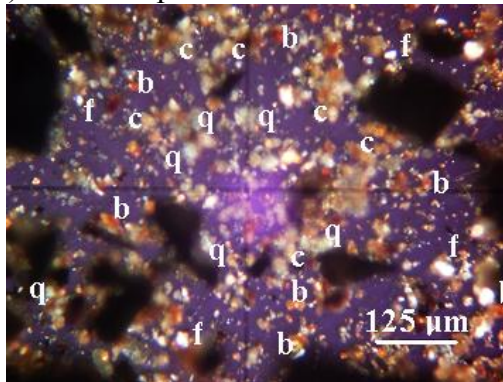


Fig. 19. Imagini microscopie optică în lumină polarizată cu nicolii încrucișați pentru proba de la Coroiesti

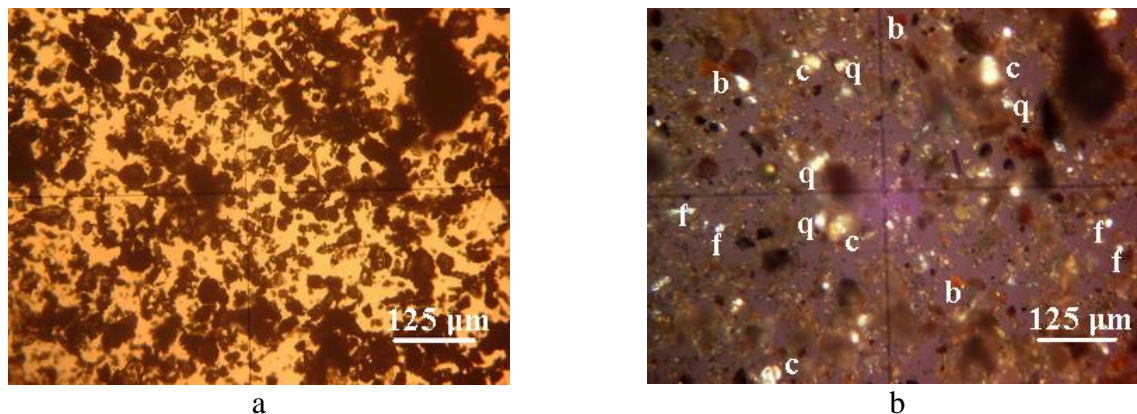


Fig. 20. Imagini microscopie optică a) în lumină transmisă și b) în lumină polarizată cu nicolii încrucișați pentru proba de la Uricani

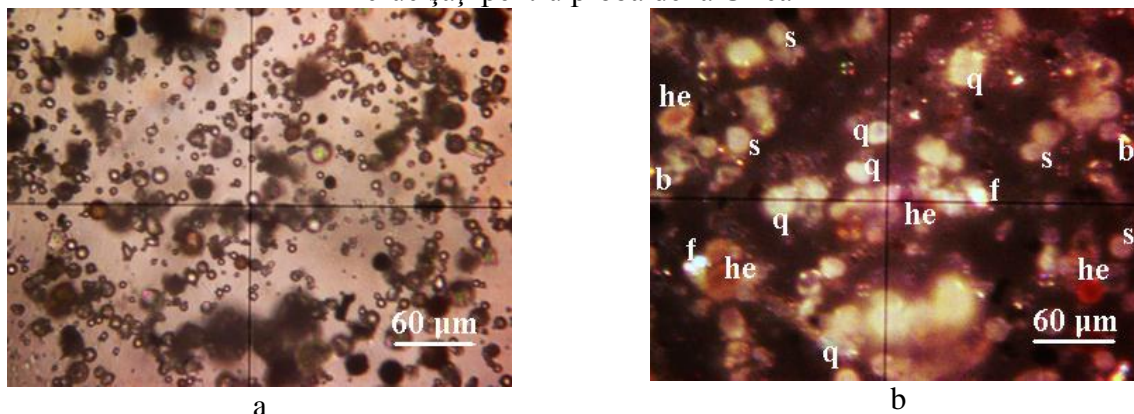


Fig. 21. Imagini microscopie optică pentru proba de cenușă de la Paroșeni: a) în lumină transmisă și b) în lumină polarizată cu nicolii încrucișați

Investigarea chimică a haldelor de steril prin spectrometrie de fluorescență cu raze X (XRF) s-a realizat cu un Spectometru S4 Pioneer cu dispersia lungimii de undă WDXRF produs de firma Bruker AXS. Acesta poate cuantifica toate elementele de la beriliu până la uraniu în concentrații de la ppb la 100% din apă, aer, sol. Rezultatele au fost citite cu softul Spectra Plus. Determinarea elementelor se face cu ajutorul bazei de date internaționale Dyna Match. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 22.

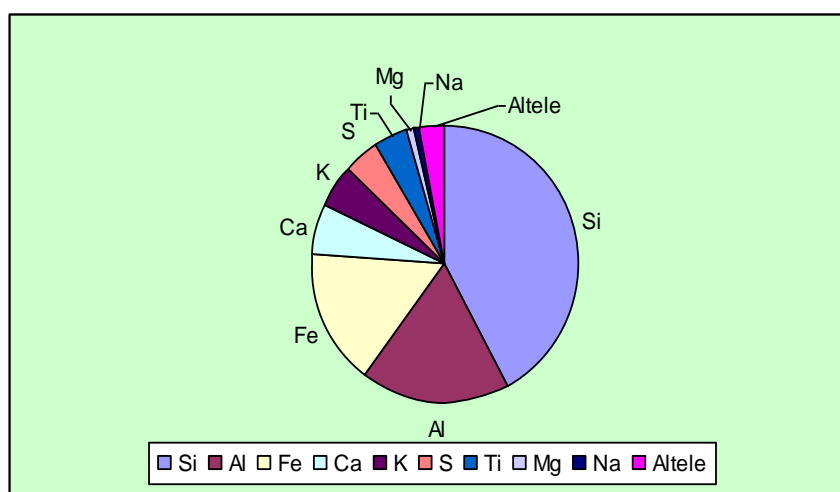


Fig. 22. Elementele chimice din probele de steril investigate prin XRF

Investigațiile chimice au demonstrat prezența elementelor care apar în mineralele identificate prin microscopie optică și difracție cu raze X. Probele indică prezența abundentă a siliciului, urmată de aluminiu și fier, iar apoi în cantități mai mici apare calciu, potasiu, titan, magneziu, sodiu. Elementele prezente într-o concentrație mai mică de 1%, nu pot fi detectate prin difracții cu raze X, motiv pentru care sunt acceptate ca atare în material.

5. Reabilitarea haldelor de steril din Bazinul Petroșani

Modele privind reabilitatea arealelor miniere degradate se găsesc în lucrările lui: Marshall (1982), Chaudhury (1992), Hester et Harrison (1994), Norman et al. (1997), Georgescu (1989), Fodor (1995, 1996), Dumitru et al. (1999), Rotunjanu (2005), Biro (2005), Anghel (2009) etc.

Reabilitarea ecologică a haldelor de steril se realizează în urma unor investigații ecologice (tipuri de ecosistem corespunzătoare zonei bioclimatice); pedologice (tipul genetic, textura și structura, coeziunea, permeabilitatea, conținutul de humus, natura humusului, litiera, volumul edafic, gradul de saturație în baze, raportul C/N (carbon/azot); pH; capacitatea de reținere a apei, prezența, natura și abundența sărurilor solubile; micro și macrofauna solului, troficitatea globală.

Plantele utilizate pentru reabilitarea haldelor de steril din Bazinul Petroșani sunt reprezentate de cătina albă (*Hippöphae rhamnoides*), salcâm (*Robinia pseudacacia*), pin (*Pinus sylvestris*), păiuș (*Festuca pratensis*), trifoi (*Trifolium pratensis*) și golomăț (*Dadylis glomerata*). Spontan au apărut arbuști de măceș (*Rosa canina*) și mur (*Rubus fruticosus*), iar dintre plantele ierboase cea mai mare suprafață o ocupă frăguța (*Fragaria vesca*).

Pentru a vedea dacă fructele plantelor prezente pe haldele de steril pot fi utilizate în alimentație și farmacie am realizat câteva determinări de calciu și magneziu pentru cătină, măceș și păducel. Rezultatele obținute sunt prezentate în histogramele din figurile 23, 24, 25. Toate aceste rezultate au fost comparate cu cele prezente în literatură de specialitate și se poate observa faptul că conținutul mineralelor investigate se încadrează în limitele normale sau sunt mai mari în ceea ce privește conținutul de calciu din fructe. Doar în cazul fructelor de cătină se observă un nivel ușor mai scăzut de magneziu. Investigațiile au fost realizate folosind analiza prin spectrometrie de absorbție atomică (AAS), iar interpretarea rezultatelor este prezentată detaliat în teză în capitolul 5.

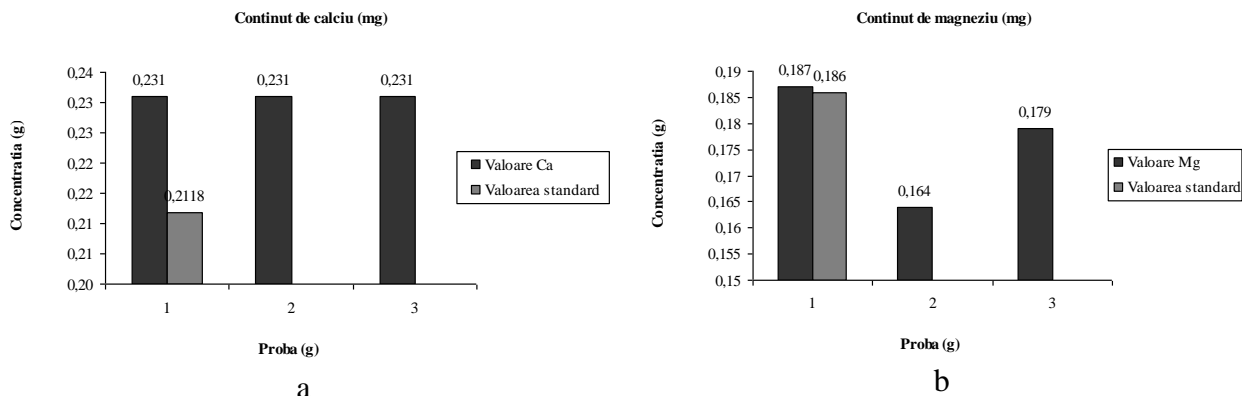


Fig. 23. Determinarea conținutului de a) Ca și b) Mg în fructele de cătină

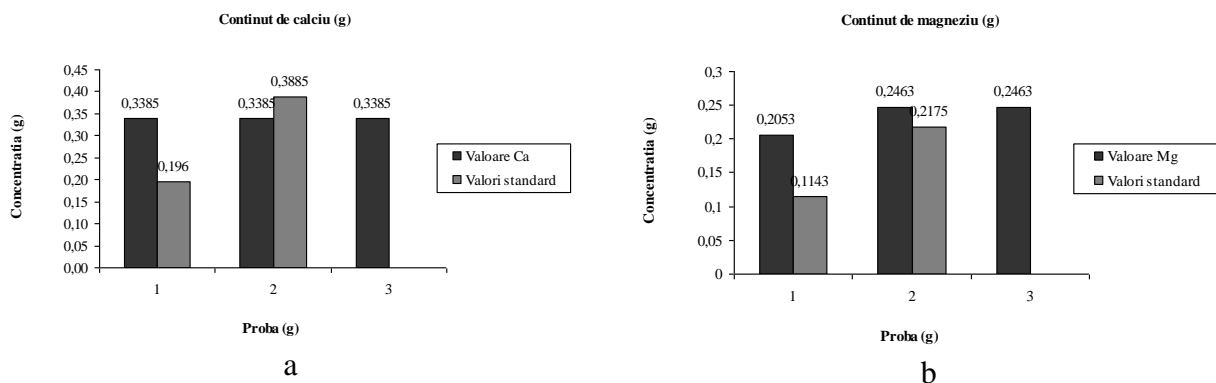


Fig. 24. Determinarea conținutului de a) Ca și b) Mg în fructele de măceș

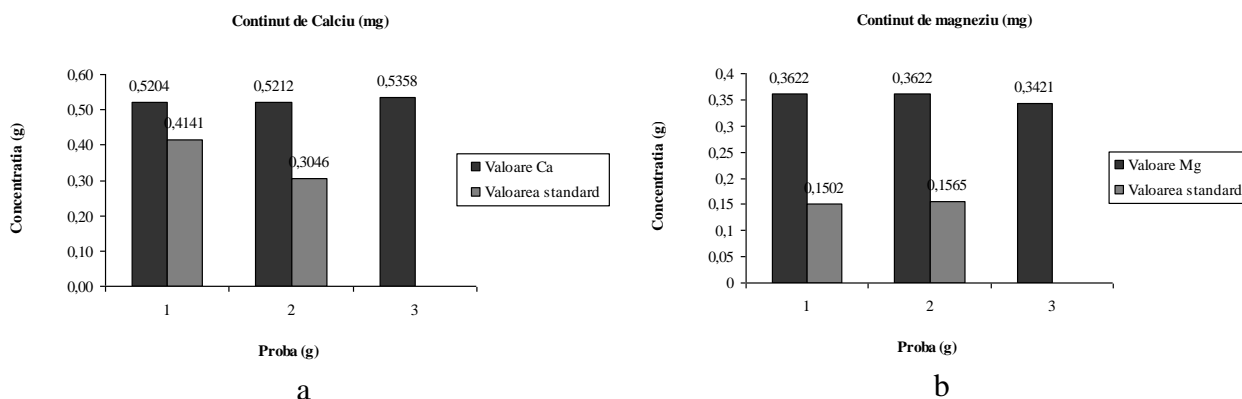


Fig. 25. Determinarea conținutului de a) Ca și b) Mg în fructele de păducel

Determinarea acidului ascorbic din fructele de cătină s-a făcut prin cromatografie pe strat subțire (CSS) (fig. 26). Cromatograma etalonului de acid ascorbic, prezintă un spot gri-galben în treimea inferioară pentru acidul ascorbic. Cromatograma probei prezintă 1-2 benzi galben-gri după start sub acidul ascorbic, o bandă gri-galbenă în dreptul acidului ascorbic, iar în treimea superioară apare o bandă galbenă urmată de alte benzi violete care reprezintă, posibil, uleiuri volatile. Conform cromatogramei din fig. 26 rezultă că fructele de cătină albă de pe haldă conțin acid ascorbic, motiv pentru care pot fi utilizate în industria alimentară și farmaceutică.

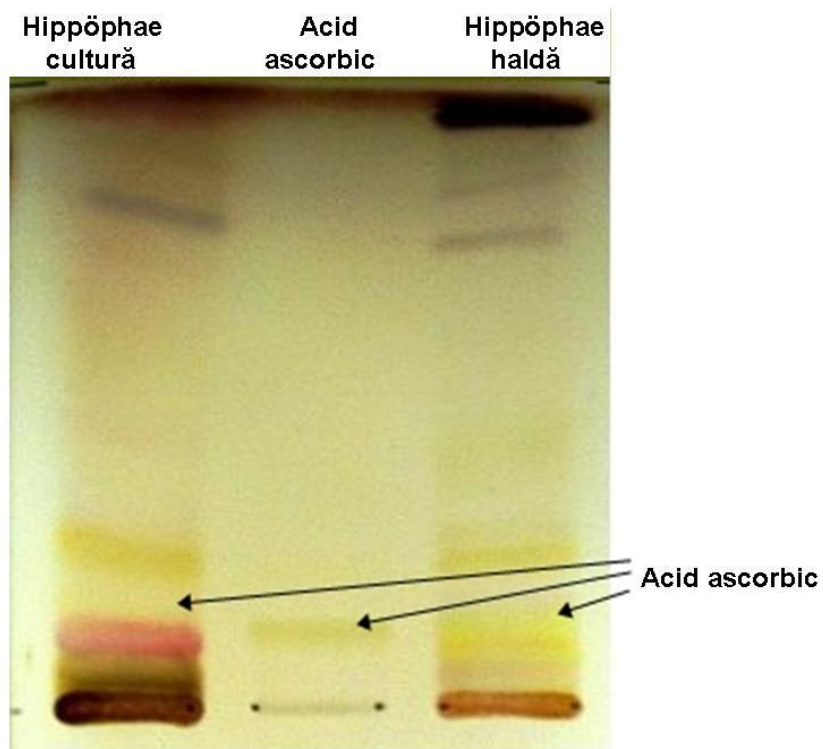


Fig. 26. Determinarea acidului ascorbic din fructele de cătină albă (*H. rhamnoides*) prin CCS

Determinarea flavonoidelor din fructele de păducel s-a realizat prin cromatografie pe strat subțire (CSS). Cromatograma obținută este prezentată în figura 27.

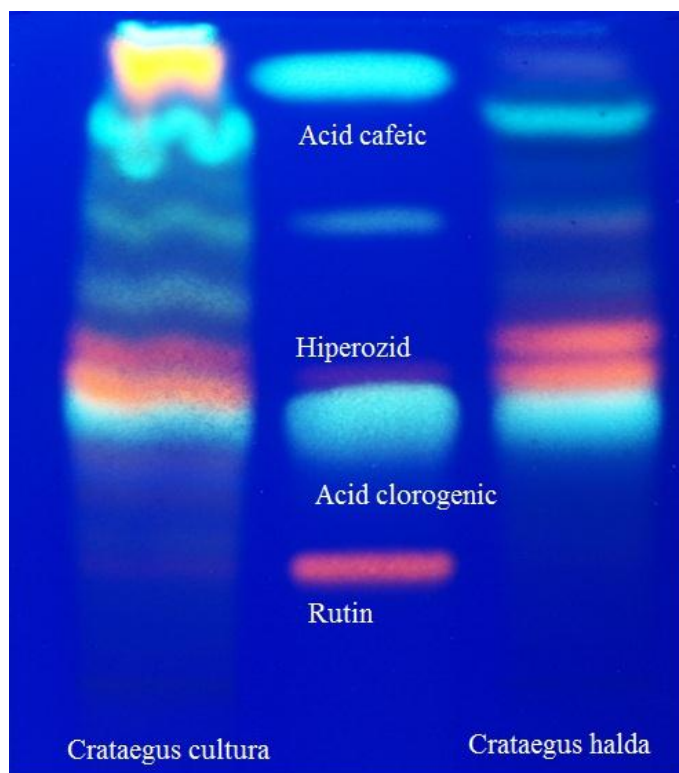


Fig. 27. Determinarea flavonoidelor din fructele de păducel (*C. monogyna*) prin CCS

Cromatograma etaloanelor prezintă: în treimea inferioară o bandă portocalie pentru rutin, în partea inferioară a treimii mediane o bandă albastru deschis pentru acidul clorogenic, deasupra banda portocalie pentru hiperozid, iar în treimea superioară o banda albastru-verzui pentru acid cafeic.

Cromatograma probei prezintă: chiar deasupra rutozidei poate fi o bandă gălbuie, în dreptul acidului clorogenic o bandă albastru – verzui, între acid clorogenic și hiperozid o bandă albastru – verzui, în dreptul hiperozidei o bandă portocalie, chiar deasupra hiperozidei o bandă portocalie până la albastru-verzuie, iar deasupra o bandă albastru-verzuie, sub acidul cafeic poate fi o bandă albăstruie, slabă, iar deasupra o bandă albastru – verzuie, deasupra acidului cafeic pot fi: o bandă portocalie și una albastru-verzuie.

Pentru determinarea cantitativă a procianidinei se calculează conținutul de procianidină exprimat în cloruri de cianidină și trebuie să fie minim 1% conform farmacopeei europene (2012), însă proba de pe haldă are un conținut de 0,89%. În concluzie cantitatea de procianidină este exact la limită, chiar mai mică decât 1%.

Determinarea flavonoidelor și hiperozidei din fructele de păducel s-a realizat prin cromatografie de lichide de înaltă performanță (HPLC). Cromatogramele sunt prezentate în fig. 28 și 29.

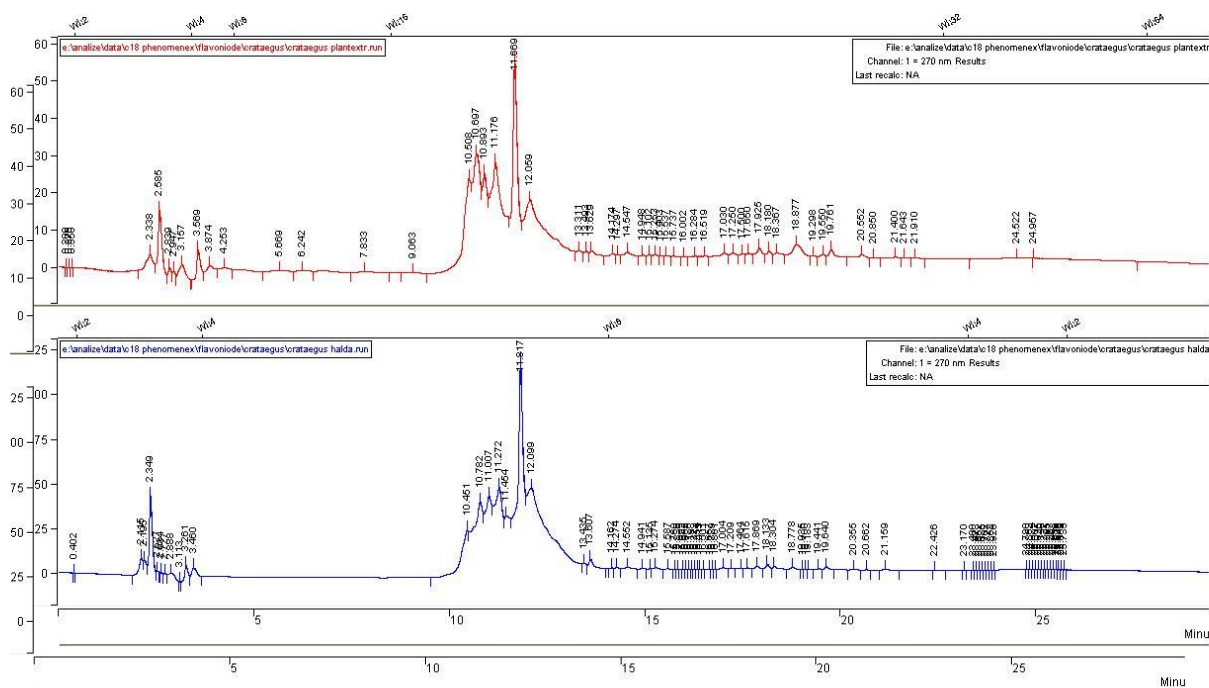


Fig. 28. Cromatograma HPLC pentru flavonoide în probele de păducelul din haldă și proba de cultură

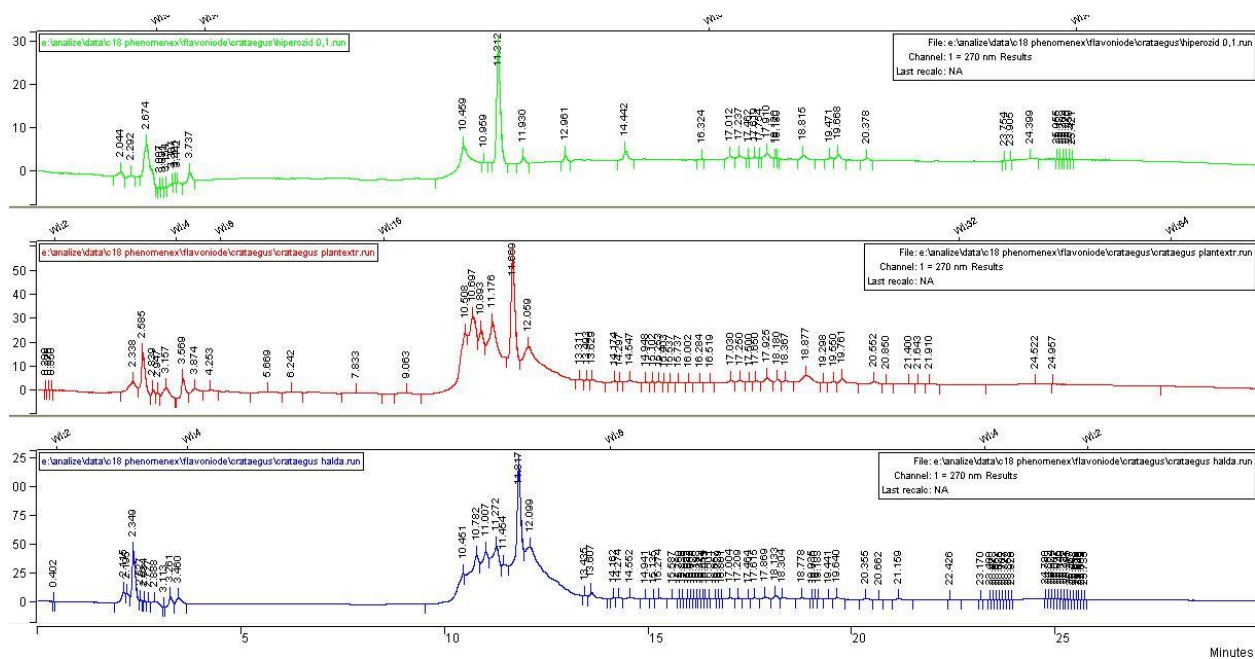


Fig. 29. Cromatograma HPLC pentru hiperozidă în probele de păducel standard, proba de pe haldă și proba de cultură

Din spectrul HPLC obținut în figurile 30, 31 și 32 putem identifica hiperozida care are aceleași maxime și aspect în toate cele 3 figuri. Micile diferențe care apar în ceea ce privește aspectul se datorează concentrațiilor diferite dintre proba standard și probele investigate.

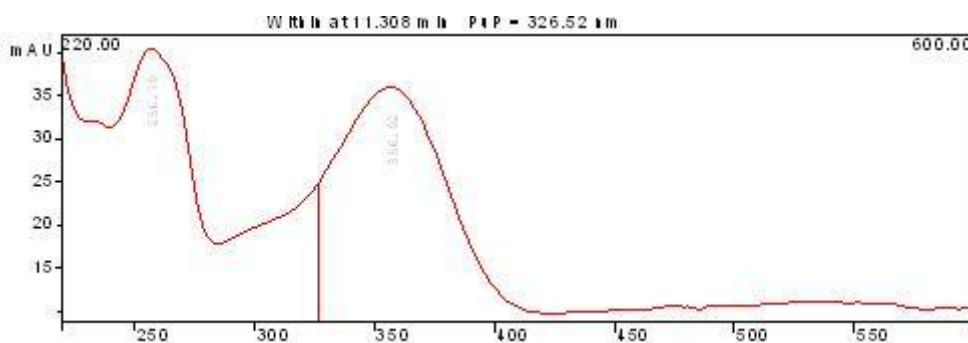


Fig. 30. Spectrul hiperozidei pentru păducel în proba standard

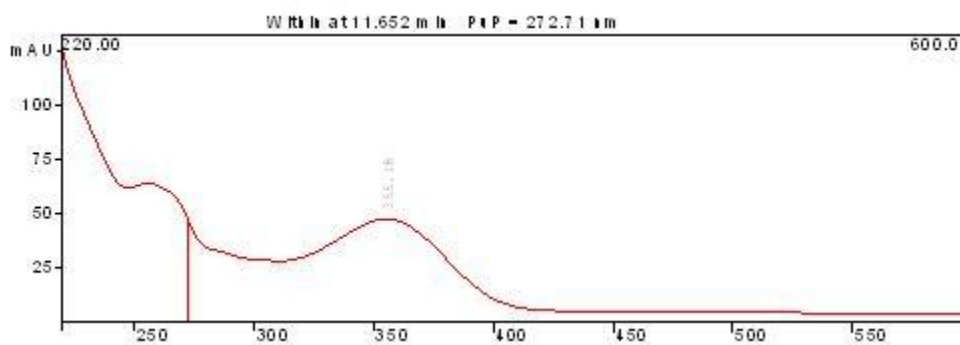


Fig. 31. Spectrul hiperozidei pentru păducel în proba de cultură

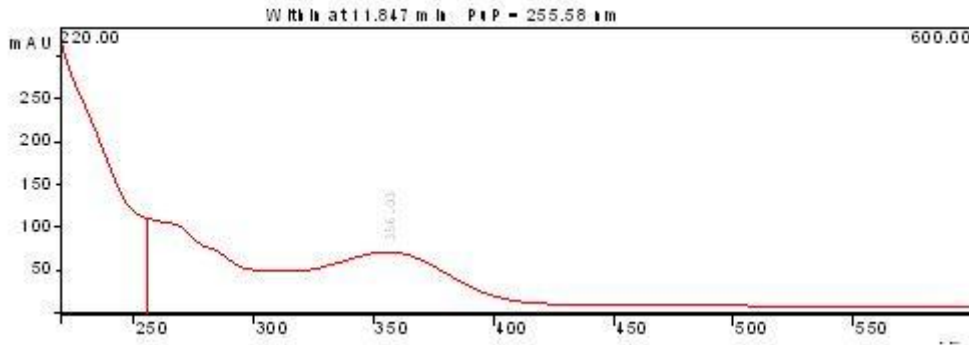


Fig. 32. Spectrul hiperozidei pentru păducel în proba de pe haldă

Pe baza rezultatelor obținute din toate investigațiile am propus un algoritm de calcul în vederea reabilitării haldelor de steril (fig.33). Acest algoritm este prezentat detaliat în teză în capitolul 5.

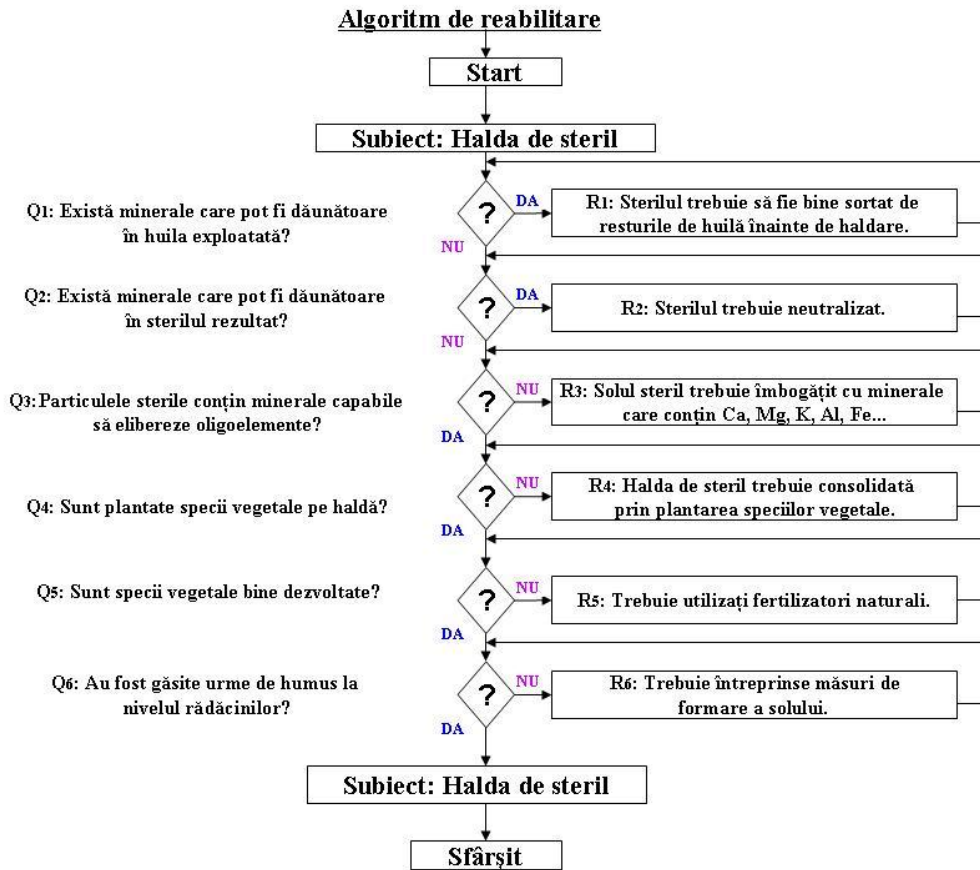


Fig. 33. Algoritm de reabilitare a haldelor de steril

6. Reciclarea cenușii de cărbune de la termocentrala Paroșeni prin separare magnetică

Producerea energiei electrice prin arderea cărbunelui se dovedește a fi dăunătoare pentru mediu, datorită emisiilor de NO_2 și SO_2 și a cenușii rezultate. În eșantioanele de cărbune am găsit următoarele minerale: cuarț, biotit, feldspat, hematit, sericit. Prin arderea cărbunelui, aceste minerale sunt transformate în cenușă, care este depozitată în haldă pe cale umedă. Investigând cenușa din haldă noi am găsit: cuarț, feldspat, hematit hidratat, sericit și mulit. Datorită temperaturilor ridicate din timpul arderii cărbunilor biotitul se transformă în mulit. Din același motiv am presupus că particulele de hematit sunt reduce la sfere microscopice de fier topit datorită suprafeței de activitate. În urma investigațiilor realizate prin microscopie optică am găsit niște sfere în cenușa de cărbune, fapt care a fost confirmat de cercetările prin difracție de raze X, care au dovedit existența hematitului hidratat. Prin separare magnetică au rezultat 10% particule sferice de hematit hidratat evidențiate prin difracție de raze X și microscopie optică. Explicația este dată de formarea de sfere de fier topit în timpul arderii cărbunelui care este transformat în continuare în hematit hidratat datorită procesului de re-oxidare care are loc în haldă ca urmare a transportului pe cale umedă și intemperiiilor. Micro-sferele de hematit hidratat observate se dovedesc a fi materia primă pentru metalurgia pulberilor. Noi propunem un flux tehnologic pentru producerea pulberilor sferice de fier. Conținutul de 10% hematit în câteva mii de tone de cenușă de cărbune reprezintă un indicator favorabil pentru punerea în aplicare industrială a fluxului tehnologic propus pe o instalație de reciclare.

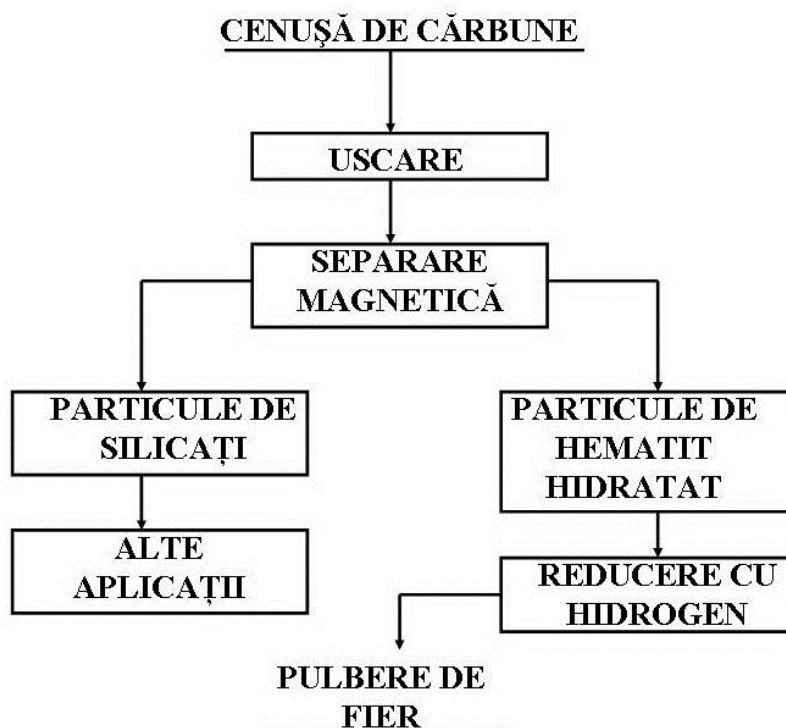


Fig. 34. Fluxul tehnologic de reciclare a hematitului hidratat

Concluzii

1. Bazinul Petroșani este o depresiune tectonică intramontană postlaramică, caracterizată printr-o subsidență intensă sugerată de grosimea mare a stivei de sedimente și a numărului ridicat de strate de cărbuni.

2. Sterilul depus în haldele active este format dintr-un amestec heterogen care din punct de vedere petrografic conține argile, gresii, marne, șisturi bituminoase, iar din punct de vedere granulometric dimensiunea particulelor corespunde nisipului, pietrișului și bolovănișului. Din punct de vedere mineralogic este format din cuarț, feldspat potasic, biotit, calcit.

3. Stabilitatea haldelor sau gradul de rezistență se exprimă numeric prin coeficientul de siguranță care se calculează cu metoda Jambu, Fellenius și Bishop sau cu un soft specializat în geotehnică GeoTecB.

4. În halda de cenușă de la termocentrală au fost găsite trei minerale diferite care lipsesc în haldele de steril: mullit, sericit și hematit. Hematitul este un însoțitor al huilei care în urma arderii la temperaturi ridicate este redus la fier metalic. Astfel în cenușa de la termocentrală apar particule sferice microscopice de fier. Sterilul/cenușa de la termocentrală este transportată și deversată în haldă pe cale umedă sub formă de șlam pentru ca particulele fine să nu polueze aerul. Prin urmare, aceste particule sunt oxidate formând un strat subțire pe suprafața particulelor de fier, astfel încât apar sub formă de hematite în analizele de difracție cu raze X. Feldspatul potasic prin alterare trece în sericit. Particulele de hematit hidratat pot fi sortate din cenușa de la termocentrală prin separare magnetică conform unui flux tehnologic pentru reciclarea magnetitului și de conversie pentru pulberea de fier așa cum este propus în prezenta lucrare.

5. Investigațiile realizate prin microscopie optică au arătat atât dimensiunea particulelor care variază de la 5-10 μm până la 150-300 μm și a confirmat compoziția mineralogică a sterilului haldat care a fost investigat prin difracție cu raze X.

6. Pentru reabilitarea ecologică a haldelor de steril din bazinul Petroșani s-au folosit specii de salcâm (*Robinia pseudacacia*), pin silvestru (*Pinus sylvestris*), și o specie arbustivă de cătină albă (*Hippöphae rhamnoides*), care au fost plantate direct pe steril.

7. Pentru reabilitarea peisagistică a haldelor de steril se folosesc specii de plante cu creștere viguroasă, înrădăcinare puternică, coroane bine dezvoltate cu frunziș bogat, care să fie reintegrate în circuitul ecologic. Temperatura, lumina și precipitațiile sunt factori determinanți pentru înmulțirea și răspândirea plantelor pe suprafața haldelor.

8. În urma determinărilor cantitative de calciu și magneziu în condiții de laborator pentru fructele de cătină, măceș și păducel colectate de pe halde am observat un conținut crescut de calciu pentru toate cele 3 fructe și mai scăzut de magneziu doar în cazul fructelor de cătină. În aceste condiții se recomandă consumul alimentar și farmaceutic de cătină, măceș și păducel.

9. Determinarea calitativă a acidului ascorbic din fructele de cătină s-a realizat în condiții de laborator prin cromatografie pe strat subțire. Rezultatele obținute au fost comparate cu proba de cultură. Conform cromatogramei rezultate fructele de cătină albă de pe haldă conțin acid ascorbic, motiv pentru care pot fi utilizate în industria alimentară și farmaceutică.

10. Determinarea flavonoidelor din fructele de păducel s-a realizat tot în condiții de laborator prin cromatografie pe strat subțire. Și pentru această determinare s-a folosit comparativ o probă de cultură. Rezultatele au evidențiat prezența rutinului, acidului clorogenic, hiperozidului și acidului cafeic.

11. Pentru determinarea cantitativă a procianidinei s-a calculat conținutul de procianidină exprimat în cloruri de cianidină și trebuie să fie minim 1%, însă proba de pe haldă are un conținut de 0,89%. Deci conținutul de procianidină este exact la limită.

12. Determinarea flavonoidelor din fructele de păducel s-a mai efectuat și prin cromatografie de lichide de înaltă performanță pe strat subțire (HPLC). Rezultatele au evidențiat faptul că maximele pentru hiperozidă sunt aproximativ aceleași în ambele probe de păducel (cultură și haldă), deci nu prezintă diferențe semnificative. Micile diferențe care apar în ceea ce privește aspectul maximelor se datorează concentrațiilor diferite dintre proba standard și probele investigate.

13. Reabilitarea haldelor se poate realiza și pe baza unor algoritmi de calcul. Se poate proiecta un algoritm adecvat pentru reabilitarea oricărei halde de steril însă trebuie avute în vedere întrebările critice și instrucțiunile ciclice. Schema logică este potrivită pentru orice mediu de programare, cum ar fi: Fortran, C⁺⁺, Turbo Pascal.

14. Algoritmul proiectat ar putea fi dezvoltat într-un mediu corespunzător de programare cu bază de date suplimentară în ceea ce privește parametrii standard și ar putea fi programat într-un mediu interactiv de a evalua starea de reabilitare a haldelor de steril, precum și pentru a anticipa măsurile necesare pentru a atinge un bun nivel de reabilitare.

15. Conform acestui algoritm de calcul propus, prezența humusului și adsorbția de fosfor mobil și azot la nivelul solului confirmă faptul că populația de pin determină trecerea de la entiantrosol la unul fertil.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- * Anghel T., 2009: Strategii de reabilitare a reliefului antropoc generat de exploatările miniere. Studiu de caz: Bazinul Motru, Teză de doctorat, Facultatea de Geografie, Universitatea Babeş-Bolyai, 299 p., Cluj-Napoca.
- * Ardeiu M., 2004: Studiu geografic al Depresiunii Petroşani, Teză de doctorat, Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Geografie, 316 p., Bucureşti.
- * Badea L., Gâştescu P., Velcea V., Bogdan O., Donisă I., Dragomirescu S., Florea N., Niculescu G., 1987: Geografia României, Vol III, Ed. Academiei Române, 656 p., Bucureşti.
- * Balica, C, Hann, H P, Chen, F, Balintoni, I C, Zaharia, L, 2007, The Age of the intra-Danubian Suture (Southern Carpathians, Romania). Eos Trans. AGU, 88(52), Fall Meeting Suppl., T31B-0476.
- * Balica, C., Balintoni, I., Ducea, M. N., Berza, T. & Stremtan, C., 2009. About the age of the Neoproterozoic Lainici-Paius terrane (South Carpathians, Romania). EosTrans AGU T21A-1788.
- * Baron M., 1998: Cărbune şi societate în Valea Jiului, Ed. Universitas, 431 p., Petroşani.
- * Belkin, H.E., Tewalt, S.J., Hower, J.C., Stucker, J.D., O'Keefe J.M.K., Tatu C.A., Buia G., 2010. Petrography and geochemistry of Oligocene bituminous coal from the Jiu Valley, Petroşani basin (southern Carpathian Mountains), Romania. International Journal of Coal Geology, 82 (1 – 2), 60-80.
- * Biro C., 2005: Reabilitarea terenurilor degradate de activităţile antropice din Bazinul minier Petroşani, Teza de doctorat.
- * Boudraa S., Hambaba L., Zidani S., Boudraa H., 2010: Composition minerale et vitaminique des fruits de cinq especes sous exploitees en Algerie: Celtis australis L., Crataegus azarolus L., Crategus monogyna Jacq., Elaegnus angustifolia L. et Zizyphus lotus L. Fruits Journal, Vol. 65, Nr. 2, 75-84p., Ed. Science, France.
- * Brad I. L. , Radu F., 2002: Catina albă- o farmacie într-o plantă, Ed. Tehnică, 178 p., Bucureşti.
- * **Braşovan A.**, Codrea V, 2008: Some data concerning the closure and ecological rehabilitation of Uricani coal aftertreatment station- Studii şi cercetări, Geology, Geography 13, 41-45 p., Bistriţa.
- * **Braşovan A.**, Codrea V, 2008: Some data on the retrieving of coal dumps from Petroşani Basin using Sea buckthorn (*Hippöphae rhamnoides*), Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Biologie, Tom XV, 17-21 p., Oradea.
- * **Braşovan A.**, Codrea V, 2009: Cel mai bun cărbune. Valea Jiului şi moştenirea sa, Nr. 2/feb. 2009, Ed. CD Press, Bucureşti.

- * **Brașovan A.**, Codrea V., 2009: Managementul haldelor de steril și regenerarea vegetației-spontanee și în culturi experimentale- în Bazinul Petroșani- Acta Musei Tutovenssis, IV, 133-137 p., Bârlad.
- * **Brașovan A.**, Codrea V., 2009: Fenomene geo-miniere care au afectat morfologia haldelor de steril ale exploatărilor de huiă de la Lupeni (Hunedoara), Geomorfologie, XXV, Rezumat.
- * **Brașovan A.**, Codrea V., Mândroc V., Câmpean R., Olah N., 2009: The content determination of calcium, magnesium and ascorbic acid in sea buckthorn fruits at Vulcan coal dump, Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie, Tom XVI, No. 2, 40-42 p, Oradea.
- * **Brașovan A.**, Câmpean R., Codrea V., Ristoiu D., 2009: Les voies collectrice de l'eau des canaux pour la collecte de la preparation Uricani, Studii și cercetări, Geology, Geography 14, 105-114 p., Bistrița.
- * **Brașovan A.**, Câmpean R., Arghir G., Codrea V., 2010: Recycling of power station coal ash via magnetic separation provides raw material for powder metallurgy, Metalurgia International, Ed. Științifică F.M.R., vol. XV, no. 7, 40-43 p., București.
- * **Brașovan A.**, Codrea V., Arghir G., Câmpean R., Petean I., 2011: Early processes in soil formation on the old dump from western Vulcan coalfield, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, vol. 6, no. 1, 221-228 p., Baia Mare.
- * **Brașovan A.**, Mândroc V., Câmpean R., Petean I., Codrea V., Arghir G., 2011: Calcium and magnesium content in brier (*Rosa canina* L.) fruits at the „Câmpul lui Neag” steril coal dump (Hunedoara Country, Romania), Analele Universității din Oradea- Fascicula Biologie, Tom XVIII, No. 1, 5-9 p., Oradea.
- * **Brașovan A.**, Câmpean R., Codrea V., 2011: Phenomenes geominiers de controle morphologique des decharges des exploitation a charbon de Lupeni (Hunedoara), Studii și cercetări, Geology-Geography 16, 81-91 p., Bistrița.
- * **Brașovan A.**, Petean I., Arghir G., Codrea V., 2012: Date privind mineralogia sterilului rezultat în urma spălării huilei la preparațiile din vestul Bazinului Petroșani, Știință și inginerie, XII, vol. 21, 523-532, Sebeș.
- * **Brașovan A.**, Câmpean R., Mândroc V., Codrea V., Olah N., 2012: Determination of calcium, magnesium and polyphenols in hawthorn fruits from Vulcan coal dump, Studia UBB Chemia, LVII, 2, 71-81 p., Cluj-Napoca.
- * Căprar M., 2007: Cercetări privind utilizarea speciei *Hippöphae rhamnoides* (Cătina albă) în ameliorarea terenurilor degradate din Podișul Someșan, Environment & Progress, 10, 107-114 p., Cluj- Napoca.
- * Chaudhury A. B., 1992: Mine Environment and Management, Ashish Publishing House, 251 p., New Delhi.

- * Chira C., 1989: Oligocene macrofloras from the Transylvanian and Petroșani Basins. The Oligocene from the Transylvanian Basin, 577- 589 p, Cluj- Napoca.
- * Codrea V., Șuraru N., 1989: Über einen amynodontiden: *Cadurcodon zimborensis* n. sp. in den Zimborer-Schichten von Zimbor, kreis Sălaj im Nord-Western des Transsylvanischen Beckens. The oligocene from the Transylvanian Basin Romania, 319-338, Cluj-Napoca.
- * Codrea V., Dica E. P., 2005: Upper Cretaceous-lowermost Miocene lithostratigraphic units exposed in Alba Iulia-Sebeș-Vințu de Jos area (SW Transylvanian basin). *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geologia*, 50 (1-2): 19-26, Cluj-Napoca.
- * Davidescu G., 2006: Valea Jiului și șocul viitorului, Ed. Focus, 326 p., Petroșani.
- * Ercisli, S., 2007: Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* ssp.) spe species. *Food Chemistri*, 104: 1379-1384, Ed. Elsevier, Erzurum, Turkey.
- * Farmacopeea Europeană, Ed. VII (Ph.Eur. VII), Medpharm Scientific Publisher, Stuttgart, 2011.
- * Fodor D., Baican G., 2001: Impactul industriei miniere asupra mediului, Ed. Infomin, 392p, Deva.
- * Fodor D., 2005: Pagini din istoria mineritului, Ed. Infomin, 465 p., Deva.
- * Georgescu M., 1989: Sistematizarea și reutilizarea terenurilor, Litografia Institutului de mine, 175 p., Petroșani.
- * Givulescu R., 1964: Die fossile Flora der „Valea Jiului” („Schiltal) (Baz. Hunedoara, Rumänien). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 4, 198-204, Stuttgart.
- * Givulescu R., 1974: Câteva observații privind modul de formare a cărbunilor din Valea Jiului. *Studii și cercetări de Geologie, Geofizică, Geologie*, 19: 145-153, București.
- * Givulescu R., 1996: Flora oligocenă superioară din Bazinul Petroșani. Casa Cărții de Știință, 177 p., Cluj-Napoca.
- * Givulescu R., 1996: Turbăriile fosile din Terțiarul României. Ed. Carpatica, 171 p., Cluj-Napoca.
- * Hanawalt, J.D., Rinn, H.W., Fervel, L.K., 1938: Silicon, Oxide-Quarz, SiO₂. *Analytical Chemistry Journal*, 10: 475, Match Database, PDF # 01-0649
- * Hanawalt, J.D., Rinn, H.W., Fervel, L.K., 1938: Calcite, CaCO₃. *Analytical Chemistry*. 10: 475 Match Database, PDF # 01-0837.
- * Hanawalt, et.al., 1938: Iron Oxide - Hematite, Fe₂O₃, *Anal. Chem.* **10**, 475, Match Database, PDF # 01-1053.
- * Hester R. F., Harrison R. M., 1994: Mining and its Environmental Impact, Royal Society of Chemistry, 17-29 p., Cambridge.
- * Kodama., 1957: Potassium Aluminum Silicate Hydroxide – Sericite, KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂, *Mineral. Journal*. **2**, 151, Match Database, PDF # 03-0197.

- * Lupu S., 1970: Depresiunea Petroșani-Studiu de geografie fizică cu privire specială asupra reliefului, Teză de doctorat, Facultatea de Geografie, Universitatea Babeș-Bolyai, 287 p., Cluj-Napoca.
- * Magdefrau E., Hofmann U., 1937: Biotite, $H_4K_2Mg_6Al_2Si_6O_{24}$, Z. Kristallogr. 98: 38 Match Database, PDF # 02-0057.
- * Moisescu V., 1980: Considerații asupra unităților litostratigrafice ale Terțiarului din Bazinul Petroșani. Studii și cercetări de Geologie, Geofizică, Geologie, 25: 109-117, București.
- * Munteanu N. G., Ioniță Gh. I., 1971: Un veac de istorie a minerilor de pe Jiu, Ed. Politică, 208 p., București.
- * Nahmias., et. al., 1933: Aluminum Silicon Oxide – Mullite, $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, Z. Kristallogr. **85**, 365, Match Database, PDF # 02-0452.
- * Panaitescu C., 1991: Petrologia cărbunilor, cocsurilor și produselor carbonice, Ed. Enciclopedica, 324 p., București.
- * Petean I., Arghir G., **Brașovan A.**, Codrea V., Câmpean R. F., Hosu-Prack A. G., 2011: Distribuția mineralelor în cenușa de huiă de la termocentrala Paroșeni. Știință și inginerie, XI, vol. 19, 539-548, Sebeș.
- * Petrescu I, Bițoiianu C, Nicorici M, Mărgărit Gh., Nicorici E, Pătruțoiu I, Todros C, Popescu D, Ionescu M, Dușa A, Munteanu A, Buda A., 1987: Geologia zăcămintelor de cărbuni, vol. 1, 315 p., vol. 2, 387 p., Ed. Tehnică, București.
- * Pop E., 1993: Monografia geologică a Bazinului Petroșani, Ed. Academiei Române, 303 p., București.
- * Preda I., Pasere D., 1985: Valea Jiului-de la izvoare până la vărsare, Ed. Sport-Turism, 218 p., București. București.
- * Rațiu I. V., Rațiu L., 2003: Cătina albă în exploatații agricole, Ed. TCM PRINT, Fundația Națională „Satul românesc”, 127 p., București.
- * Răileanu Gr., Patruțoiu D., Mărgărit E., Chivu M., Dragu V., 1960: Corrélation des molasses à grands Anthracotherium de Transylvanie et du Bassin de Petroșani-Corelarea molaselor cu antracoterii mari din Transilvania și Bazinul Petroșani. Șt. cerc. geol., Acad. R.P.R., V, 2, 265-272, București.
- * Rădulescu G., 1971: Considerații generale asupra bazinului Petroșani, Raport geologic, Arh Centrala Cărbunelui Petroșani.
- * Rebrîșoreanu M., Traistă E., Matei A., Barbu O., Codrea V., 2002: The impact of the bituminous coal combustion from the thermoelectric power plant from Paroșeni on the environment of Jiu Valley. Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geologia, XLVII, 1: 117-126, Cluj-Napoca.
- * Rotunjanu I., 2005: Stabilitatea versanților și taluzurilor, Ed. Infomin, 351 p., Deva.

- * Rotunjanu I., Rebrîșoreanu M., Lazăr M., Fodor D., Boyte A., Dumitrescu I., Florea A., Duca E., 2001: Studiul stabilității haldei de pe ramura R-3 de la E.M.Lupeni, Universitatea din Petroșani și Compania Națională a Huilei Petroșani.
- * Rotunjanu I., Voin V, Lazăr M., Fodor D., Boyte A., Dumitrescu I., Florea A., Duca E., 2005: Studiul stabilității haldei active de la E.M.Paroșeni, Universitatea din Petroșani și Compania Națională a Huilei Petroșani.
- * Săndulescu M., 1984: Geotectonica României. Ed. Tehnică, 336 p., București.
- * Schultz D., 1996: Recultivation of mining waste dumps in the Ruhr area, Germany. *Water, Air and Soil Pollution* 91: 89-98, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- * Stan N., 1977: Feldspathiation Processes in the Crystalline Lainici-Păiuș Series (Vâlcan Mountains-Romania). *An. Inst. Geol. Geof., L II*, 5-98 p., București.
- * Staub M., 1887: Die aquitanische Flora des Zilthales im Komitate Hunyad, *Mitt. a.d. Jahrb. ung. geol. Anst. VII*, Budapest.
- * Velica I., 2004- Exploatarea minieră Lupeni 1884- 2004, Ed. Edyro Press, 91 p., Deva.
- * Velica I., Titel I. A., 2005- Din amintirile unui oraș minier, Ed. Măiastră, 71 p., Târgu Jiu.