

Cercetări teoretice și experimentale privind stabilitatea structurilor ingineresti de suprafață din Valea Jiului. Exploatarea și reabilitarea acestora

- Rezumat teză de doctorat -

Conducător Științific:
Prof. univ. dr. ing. Victor Arad

Doctorand:
ing. Iancu (Apostu) Susana Ecaterina

Cuvinte cheie: Geomecanică, minerit, rocă, haldă, steril, remodelare, recultivare, recuperare, fracții cărbunoase, combustibil, cenuși, proces tehnologic, proprietăți, stabilitate, analiză, neomogen, granulometric, putere calorică, E.M.Petrila, Valea Jiului.

Generalități

Prin studiul pe care l-am efectuat în teza cu titlul „*Cercetări teoretice și experimentale privind stabilitatea structurilor ingineresti de suprafață din Valea Jiului. Exploatarea și reabilitarea acestora*” am dezbătut problema stabilității haldelor de steril din Valea Jiului, exploatarea și reabilitarea acestora. Planul de reabilitare care este o parte esențială a proiectului de încetare a activității miniere și a acestei lucrări, are ca element principal folosirea finală a terenului. Acest obiectiv trebuie determinat cu consultarea tuturor părților interesate: instituții guvernamentale și locale, ONG-uri, comunitatea locală.

Problematica reintroducerii în circuitul economic a fost abordată în anul 1968 de Universitatea din Craiova, iar apoi de Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie București, Oficiul pentru Studii Pedologice și Agrochimice-Gorj, SCDP Târgu Jiu. Pe halda de la Cicani în 1971 s-au înființat primele plantații de pomi și viță de vie, iar în 1972 se înființează în zonă prima unitate specializată pentru reamenajarea, refertilizarea și recultivarea cu specii agricole anuale și perene, pomiviticole și silvice a terenurilor degradate de activitatea minieră și reintroduse în circuitul economic. Studiile întreprinse începând cu anul 1968 și rezultatele obținute au condus la abordarea cu succes a activităților de refacere a terenurilor disponibilizate.

În prezent, o parte din suprafețele de teren haldate sunt în afara sarcinilor tehnologice, respective se află în conservarea 73,6%, adică 190 ha, iar restul de 26,4%, reprezentând 68 ha sunt în funcțiune.

La nivelul Bazinului minier, în partea de vest a Văii Jiului sunt înregistrate un număr de 20 halde. În total, haldele, înmagazinează un volum de 26.361.091 m³ steril și ocupă din circuitul silvic și agricol suprafața de 8.855 ha. Depozitele de steril au provenit din lucrări miniere subterane în proporție de 43% în suprafață totală de 113 ha, din lucrări de exploatare la zi 22% reprezentând 57 ha, din preparațiile de cărbune 34%, adică 88 ha, fiind amplasate în general în vecinătatea unităților miniere și a zonelor populate. Majoritatea haldelor constituite pe un fundal înclinat sau cele care au parametrii geometrici insuficient fundamentați, constituie un potențial pericol de instabilitate.

Capitolul 1 denumit „**STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PE PLAN NAȚIONAL ȘI INTERNAȚIONAL**”, este un capitol strict teoretic în care am încercat să evidențiez problematica reabilitării suprafețelor afectate de activitatea minieră atât în țară cât și în străinătate. Conștientizarea faptului că daunele sociale și economice, care, fără o corectare

adecvată de atitudine și fără intervenții spre recuperarea și reabilitarea terenurilor degradate, ar face societatea să sufere, reprezintă un alt motiv pentru intensificarea acestor preocupări.

Capitolul 2 intitulat „**CERCETĂRI PRIVIND CARACTERIZAREA GEOMECHANICĂ A ROCILOR DIN VALEA JIULUI**” pune în evidență în baza cercetărilor făcute, că masa sterilă de pe ramurile de haldare este deosebit de complexă din punct de vedere mineralogico-petrografic și granulometric, fiind depuse amestecuri de roci în stare afânată și heterogene. Rocile haldate sunt formate dintr-un material neomogen atât din punct de vedere petrografic cât și granulometric.

Din analiza caracteristicilor geotehnice am remarcat: caracteristicile de rezistență sunt reduse pentru solul vegetal, ceea ce conduce la deformări și tasări moderate ale terenului de bază; deformările plastice ale fundamentului direct pot afecta stabilitatea haldei prin producerea alunecărilor la nivelul solului vegetal; valorile rezistențelor mecanice sunt dependente de umiditate și scad odată cu creșterea umidității, lucru justificat de prezența particulelor fine în alcătuirea solului vegetal.

Din punct de vedere hidrogeologic pentru structura formațiunilor din fundament nu se semnalează prezența apelor subterane care să conducă la formarea unor resurse statice.

Rezolvarea problemelor privind stabilitatea rocilor care se haldează este posibilă numai pe baza cunoașterii caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor haldate, care caracterizează rocile în starea lor naturală și comportarea lor la solicitări mecanice.

În **capitolul 3** cu titlul „**EVALUAREA STABILITĂȚII STRUCTURILOR INGINEREȘTI DE SUPRAFAȚĂ**” am dezbătut pe larg metodele de analiză a stabilității versanților, am realizat o clasificare a acestor metode, formulând diferite concluzii.

Metodele de analiză a stabilității se clasifică în două mari categorii în funcție de procedeele folosite de autori:

- metode bazate pe ecuațiile fundamentale ale mecanicii pământului;
- metode bazate pe ipoteze care privesc forma suprafețelor de rupere.

Metodele de calcul, de evaluare, de analiză a stabilității versanților, a taluzurilor se clasifică în:

- Grupa metodelor echilibrului limită sau metodele statice;
- Grupa metodelor hiperstatice;
- Grupa metodelor mixte.

Din punct de vedere teoretic ele sunt foarte bine fundamentate, dar sunt folosite numai în cazuri particulare, pentru că generalizarea lor necesită emiterea anumitor ipoteze care conduc la rezultate ce nu mai pot fi considerate absolut exacte.

Pornind de la forma suprafeței de alunecare, în cadrul metodelor care iau în considerare starea de echilibru limită, deosebim:

- Metode de calcul bazate pe suprafețe plane de alunecare;
- Metode de calcul bazate pe suprafețe curbe de alunecare și,
- Metode de calcul bazate pe suprafețe de alunecare de formă poligonală.

Trebuie menționat faptul că, indiferent de forma admisă, forma suprafeței de alunecare este ipotetică. Meritul acestor ipoteze este că simplifică foarte mult calculele, iar principiile de bază sunt simple și permit o familiarizare rapidă cu metodologia de lucru.

Folosirea acestor metode este indicată pentru majoritatea situațiilor, chiar și în cazurile cele mai complicate, pentru a obține o evaluare aproximativă a stabilității.

În **capitolul 4** numit „**POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE A HALDELOR DE STERIL DIN VALEA JIULUI**” am urmărit stabilirea ramurii de haldare care are conținutul cel mai mare de masă combustibilă precum și cantitatea de cărbune care poate fi recuperată, urmând un flux de procesare care să conducă la un produs valorificabil cu o putere calorică de 3600 kca/kg, efectuând un studiu de caz pentru trei halde.

La colectarea probelor folosite în scopul determinării masei combustibile am avut în vedere și considerente de accesibilitate pentru o posibilă valorificare a haldei, colectându-se probe astfel :

- Halda de pe ramura V a funicularului de steril Petrila ;
- Halda de pe ramura II a funicularului de steril Coroești ;
- Halda de pe ramura II a funicularului de steril Lupeni.

Analizele fizico-chimice și de preparabilitate. au fost efectuate la laboratoarele ce aparțin Universității Petroșani.

Am făcut analiza pe fracții densimetrice a probelor colectate, pentru aprecierea modului de comportare la preparare a materialului din componența haldelor luate în studiu, din punct de vedere al extracțiilor și al conținutului de cenușă.

Din probele prelevate de la Petrila am făcut analiza granulometrică care a ajutat la determinarea conținutului de cenușă pe clase granulometrice. Din datele obținute am constatat o relativă omogenitate a probelor din cele trei secțiuni și pe clase granulometrice. Clasa + 40 mm are cenuși ale căror conținut este peste 80%, și nu este recomandabilă procesarea pentru recuperare de masă combustibilă.

Am ajuns la concluzia potrivit căruia cărbunele preparat cu o cenușă de 40 %, având o putere calorică de 3600 kcal/kg, rezultă o recuperare teoretică de 17,5%, sub valoarea obținută în studiul preliminar de 22,8, ca urmare a cenușii brutului mai mare cu 4 puncte procentuale.

Ca urmare a analizei rezultatelor determinărilor efectuate am conturat două variante tehnologice de procesare care presupune raționalizarea fluxului tehnologic actual.

Aplicabilitatea oricărei variante tehnologice propuse implică modificări ale instalației, o eventuală înlocuire a utilajelor uzate fizic și moral, ceea ce presupune o investiție financiară corespunzătoare.

Trecerea la exploatare a masei cărbunoase este legată de veniturile posibil de obținut din valorificarea acesteia, putem afirma că acestea se vor plasa sub nivelul valorilor estimate și nu văd necesitatea concretizării în unități valorice.

În **capitolul 5** cu titlul „**DETERMINAREA ELEMENTELOR GEOMECANICE A HALDEI DE LA E.M.PETRILA ÎN CARE SE VOR DEPOZITA ROCILE STERILE**” am făcut o analiză amplă privind caracteristicile geomecanice ale rocilor din fundamentul haldei cât și din materialul haldat de la E.M.Petrila, precum și o analiză a stabilității acesteia.

Rocile sterile din componența ramurii R-V reprezintă un material heterogen din punct de vedere granulometric și mineralogo-petrografic. Litologic, materialul haldat este constituit dintr-un amestec de roci reprezentate de argile, marne, micro-gresii, gresii argiloase, șisturi cărbunoase și a fragmentelor de cărbune și arcoze rezultate din arderea materialului haldat, iar prezența șisturilor cărbunoase și a fragmentelor de cărbune poate provoca autoaprinderea în haldă a acestora. Caracteristicile de rezistență la forfecare sunt influențate de compoziția mineralogo-petrografică a rocilor și de umiditatea lor. S-a constatat o oarecare variație a coeziunii și unghiului de frecare interioară de la o probă la alta, ceea ce reflectă neomogenitatea probelor și o reducere cu 35-40% a valorilor, din cauza creșterii umidității ca urmare a capacității de reținere a apei de către rocile haldate.

Analiza de stabilitate a avut drept obiect taluzuri cu înălțime cuprinse între 15,1 m și 25,08 m și unghiuri de taluz cuprinse între 25,15° și 50,05°, situate atât pe flancul nordic, cât și pe cel sudic al ramurii R-V, iar secțiunile transversale care au stat la baza analizei de stabilitate au fost executate astfel încât să cuprindă: zona de contact cu primul lac; zona de contact cu al doilea lac; o zonă cu o pantă mare a taluzului sudic; zona unde pe flancul nordic s-a identificat o valoare maximă a înălțimii haldei, 25,08 m, la o valoare a unghiului de taluz de 33,1°.

Pentru toate secțiunile analizate, în condițiile utilizării caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului la umiditate naturală, am obținut valori supraunitare ale coeficientului de stabilitate,

valori care se situează chiar peste valoarea de 1,3, recomandată de Prescripțiile tehnice privind proiectarea, realizarea și conservarea haldelor.

Taluzurile care devin instabile în condițiile unui material cu umiditate la limita de saturație sunt taluzul sudic din secțiunea în care au fost identificate unghiuri de taluz mai mari; $S=0,78$ după Fellenius, eventuala alunecare fiind determinată de panta mare a acestui taluz și taluzul nordic din zona în care taluzul are cea mai mare înălțime, 25 m la o înclinare de 33° ; $S=0,82$ după Fellenius.

Fundamentul direct al haldei aparținând E.M.Petrila este format din solul vegetal, care nu a fost îndepărtat înainte de depunerea materialului steril. Grosimea stratului de sol vegetal este variabilă în perimetrul de haldare, atingând valori de până la 2-5 m.

Solul este reprezentat de un praf argilo-nisipos, ponderea fracțiunilor fine, cu un diametru de sub 0,05 mm, fiind de 54,1%, ceea ce determină o sensibilitate mare la apă, iar capacitatea de reținere a apei poate conduce la înrăutățirea semnificativă a caracteristicilor de rezistență mecanică și de portanță.

Fundamentul direct, respectiv solul vegetal, are caracteristici de rezistență relativ reduse, ceea ce poate determina deformări plastice și tasări moderate ale terenului de bază, în timp ce fundamentul de bază este alcătuit din roci care au caracteristici de rezistență superioare, oferind condiții bune de stabilitate în cazul solicitărilor statice.

În scopul aprecierii comportării rocilor haldate și din terenul de bază cu ocazia deplasărilor în teren, am prelevat probe de rocă care le-am analizat și supus încercărilor în Laboratorul de Geotehnică al Facultății de Mine și în Laboratorul de Analize și Încercări – gradul I, al Universității din Petroșani, conform standardelor în vigoare.

Compoziția granulometrică și indicii de plasticitate ai probelor de rocă colectate ne arată că avem de a face cu următoarele tipuri de rocă: argile prăfoase și argilă nisipoasă.

În funcție de fracțiunile granulometrice fine putem constata că ponderea cea mai mare revine argilelor prăfoase și coloidale, ce au între 19,7 – 38,82% particule coloidale cu dimensiuni mai mici de 2μ . În special probele de rocă colectate au în compoziție între 25,36 – 38,82% particule coloidale cu dimensiuni mai mici de 2μ . Cu cât gradul de finețe al particulei este mai mic cu atât roca respectivă este mai tixotropică, și se poate lichefia în condiții de umiditate accentuată.

Toate determinările de laborator conduc la concluzia că rocile din zonă sunt roci preponderent argiloase cu un grad mare de sensivitate, iar în prezența apei sunt capabile de a genera fenomene de instabilitate când factorii geomorfologici și hidrometeorologici sunt defavorabili.

Capitolul 6 denumit „**REABILITAREA ECOLOGICĂ A TERENURILOR AFECTATE DE EXPLOATAREA CĂRBUNILOR. STUDIU DE CAZ MINA PETRILA**” cuprinde o vastă relatare despre modul de amenajare a terenului de pe haldă, precum și două posibilități de recultivare a acestui teren.

Reabilitarea zonelor ocupate de depozite de reziduuri miniere solide impune realizarea, într-o primă etapă, a unei reamenajări miniere, care trebuie să creeze condițiile necesare regenerării fertilității solului și cultivării plantelor, sau condiții pentru scopuri constructive, iar într-o altă etapă a unei reamenajări biologice, care constă în recuperarea sub aspect ambiental a suprafețelor depozitelor.

Reabilitarea suprafețelor necesită o serie de lucrări care să asigure stabilitatea pe termen lung. Stabilitatea suprafețelor reabilite va fi dată de o serie de factori geometrici și geotehnici. Acești factori sunt: unghiul de taluz al suprafețelor modelate să fie de maxim 15° ; înălțimea treptelor în zonele în care suprafețele se remodelează în trepte, să fie de maxim 10 m; lățimea bermelor trebuie să fie de minim 20 m; unghiul taluzului general trebuie să fie de 8° . Pentru scurgerea apei trebuie să se asigure pante de 2 - 3 % (maxim 5 %) spre drenurile marginale ale haldei și unghiuri de taluz de la 1 : 1,25 până la 1 : 4 la o haldă cu înălțimea până la 40 m. Dacă halda va fi recultivată agricol, înălțimea treptelor de haldă trebuie să fie mai mică de 20 m, ceea ce se poate realiza prin lucrări de terasare.

Tehnologia ameliorării terenurilor este specifică fiecărei halde, fiind stabilită pe baza expertizelor geologice, prin care se evidențiază calitatea solurilor, felul de recultivare, conținuturile precise ale substanțelor ameliorative și culturile care se pretează pentru fiecare teren în parte.

Am efectuat un studiu de necesitate publică de interes local, privind plantarea haldelor de steril cu *Miscanthus* și cu salcie energetică.

Rezultatele deosebit de favorabile înregistrate ne îndreptățesc să afirmăm că situația terenurilor afectate de halda de steril poate fi îmbunătățită radical prin plantarea lor atât cu *Miscanthus* cât și cu salcie energetică. Aceste plante, pe lângă faptul că stabilizează extrem de rapid și bine astfel de terenuri, vor putea fi utilizate și la ardere, datorită calităților energetice deosebite pe care le posedă.

Se pot realiza astfel 2 deziderate, mai ales de către întreprinderile energetice care trebuie să gestioneze astfel de terenuri: stabilizarea ecologică a haldelor; obținerea de resurse alternative de energie.

Capitolul 7 “CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI PROPUNERI PERSONALE”

Am stabilit prin încercări efectuate în laborator că masa minieră din halda este formată dintr-un amestec heterogen de roci moi de natură argiloasă, marmuroasă și roci tari grezoase, cu o accentuată neuniformitate a granulanometriei și a proprietăților fizico-mecanice. Halda formată cu material provenit de la preparațiile de cărbune conțin șlamuri sterile rezultate din procesul de preparare al cărbunelui, îmbibate mai mult sau mai puțin cu reactivi de flotație, uleiuri ușoare, cu sau fără fenoli, uleiuri naftenice, gudroane, petrol, motorină.

Am demonstrat că proprietățile morfologice și fizico-chimice sunt determinate de natura depozitelor, grosimea acestora și stadiul de transformare. Materialele depozitate în halda analizată se caracterizează prin textură mijlociu-grosieră, conținut ridicat de schelet și conținut scăzut de elemente fertilizante. Cantitățile mai mari de humus și de azot semnalate la unele probe sunt determinate de fragmentele de cărbune întâlnite în depozit.

Am efectuat un studiu macroscopic, de unde rezultă că amestecul de roci depuse în halda se prezintă ca un amestec de pietriș și bolovăniș prins într-o masă argilo-nisipoasă de culoare cenușie și uneori după ardere, cenușie roșcată. Sterilul rezultat de la preparație este reprezentat printr-un amestec de argile, argile șistoase, argile grezoase, șisturi cărbunoase, fragmente de cărbune. Arderea masei haldate este inițiată de prezența granulelor de cărbune ajuns în steril din procesele de separație și de concentrare, sub formă de pierderi de masă combustibilă.

Am făcut analiza pe fracții densimetrice a probelor colectate, pentru aprecierea modului de comportare la preparare a materialului din componența haldelor luate în studiu, din punct de vedere al extracțiilor și al conținutului de cenușă.

Am ajuns la concluzia potrivit căruia cărbunele preparat cu o cenușă de 40 %, având o putere calorică de 3600 kcal/kg, rezultă o recuperare teoretică de 17,5%, sub valoarea obținută în studiul preliminar de 22,8, ca urmare a cenușii brutului mai mare cu 4 puncte procentuale.

Referitor la compoziția granulometrică și indicii de plasticitate ai probelor de rocă colectate din halda de la Petrila, ne arată că avem de a face cu următoarele tipuri de rocă: argile prăfoase și argilă nisipoasă.

Am constatat că, în funcție de fracțiunile granulometrice fine ponderea cea mai mare revine argilelor prăfoase și coloidale, ce au între 19,7 – 38,82% particule coloidale cu dimensiuni mai mici de 2 μ. În special probele de rocă colectate au în compoziție între 25,36 – 38,82% particule coloidale cu dimensiuni mai mici de 2 μ. Cu cât gradul de finețe al particulei este mai mic cu atât roca respectivă este mai tixotropică, și se poate lichefia în condiții de umiditate accentuată.

Toate determinările de laborator pe care le-am făcut conduc la concluzia că, rocile din zonă sunt roci preponderent argiloase cu un grad mare de sensivitate, iar în prezența apei sunt capabile de a genera fenomene de instabilitate când factorii geomorfologici și hidrometeorologici sunt defavorabili.

✚ Pentru analiza de stabilitate am luat ca obiectiv taluzuri cu înălțime cuprinse între 15,1 m și 25,08 m și unghiuri de taluz cuprinse între 25,15° și 50,05°, situate atât pe flancul nordic, cât și pe cel sudic al ramurii R-V, iar secțiunile transversale care au stat la baza analizei de stabilitate au fost executate astfel încât să cuprindă: zona de contact cu primul lac; zona de contact cu al doilea lac; o zonă cu o pantă mare a taluzului sudic; zona unde pe flancul nordic s-a identificat o valoare maximă a înălțimii haldei, 25,08 m, la o valoare a unghiului de taluz de 33,1°.

✚ Am constatat că, taluzurile care devin instabile în condițiile unui material cu umiditate la limita de saturație sunt taluzul sudic din secțiunea în care au fost identificate unghiuri de taluz mai mari; $S=0,78$ după Fellenius, eventuala alunecare fiind determinată de panta mare a acestui taluz și taluzul nordic din zona în care taluzul are cea mai mare înălțime, 25 m la o înclinare de 33°; $S=0,82$ după Fellenius.

✚ Pentru toate secțiunile care le-am analizat, în condițiile utilizării caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului la umiditate naturală, am obținut valori supraunitare ale coeficientului de stabilitate, valori care se situează chiar peste valoarea de 1,3, recomandată de Prescripțiile tehnice privind proiectarea, realizarea și conservarea haldelor.

✚ Reamenajarea haldei de steril de la E.M.Petrila-Ramura V are ca obiectiv accelerarea procesului de recuperare a suprafețelor degradate și obținerea unui echilibru natural cât mai stabil, într-un timp relativ scurt și cu costuri reduse.

✚ Am efectuat un studiu de necesitate publică de interes local, privind plantarea haldelor de steril cu *Miscanthus* și cu salcie energetică.

✚ Rezultatele deosebit de favorabile înregistrate ne îndreptățesc să afirmăm că situația terenurilor afectate de halda de steril poate fi îmbunătățită radical prin plantarea lor atât cu *Miscanthus* cât și cu salcie energetică. Aceste plante, pe lângă faptul că stabilizează extrem de rapid și bine astfel de terenuri, vor putea fi utilizate și la ardere, datorită calităților energetice deosebite pe care le posedă.

CONTRIBUȚII ORIGINALE

Contribuții proprii aduse la rezolvarea temei:

- Am făcut o analiză a stadiului actual privind stabilitatea haldelor de steril din Valea Jiului.
- Am realizat o clasificare a metodelor de analiză și de calcul a stabilității versanților.
- Am făcut analiza pe fracții densimetrice a probelor colectate din haldele de la: Coroiști, Petrila și Lupeni.
- Am realizat un Studiu de caz la haldele de la: Coroiști, Petrila și Lupeni privind posibilitatea de recuperare a masei combustibile.
- Am conturat două variante tehnologice de procesare care presupune raționalizarea fluxului tehnologic actual la preparații.
- Am participat la realizarea studiului geomecanic pentru rocile din halda de la E.M.Petrila și din fundamentul acesteia.
- Am analizat factorii care influențează stabilitatea haldei și metodele analitice de calcul oferite de literatura de specialitate.
- Am determinat factorul de stabilitate pentru halda de steril de la Petrila, printr-un Studiu de caz.
- Am făcut un studiu privind particularitățile geotehnice și hidrogeologice ale rocilor din fundamentul haldei de steril de la Petrila.
- Am făcut un studiu privind regimul apelor de suprafață și subteran din zona amplasamentului haldei.
- Am analizat condițiile de stabilitate ale terenului din fundament și eventuale lucrări inginerești necesare pentru mărirea gradului său de stabilitate.
- Am efectuat un Studiu de caz privind reabilitarea haldei de steril de la Petrila.
- Am efectuat un studiu de necesitate publică de interes local, privind plantarea haldelor de steril cu *Miscanthus* și cu salcie energetică.

- Am realizat un plan de monitorizare a lucrărilor.

PROPUNERI

1. Stabilirea caracteristicilor geomecanice ale rocilor din halde și fundamentul direct pentru toate haldele din Valea Jiului.
2. Realizarea unor corelații între caracteristicile geomecanice și factorul de stabilitate, pentru toate haldele de steril din Valea Jiului.
3. Realizarea unor tehnologii moderne și cu cheltuieli minime pentru extragerea masei carbunoase din haldele de steril din Valea Jiului.
4. Identificarea posibilităților de valorificare a fiecărui tip de rocă din halde, în funcție de caracteristicile geomecanice comparate cu condițiile de administrabilitate.