

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI



TEZĂ DE ABILITARE

DOMENIUL: MINE, PETROL ȘI GAZE

**CERCETĂRI PRIVIND STABILITATEA ȘI
RECONSTRUCȚIA ECOLOGICĂ A
TERENURILOR AFECTATE DE MINERIT**

Dr.ing. Maria LAZAR

2016

CUPRINS

Mulțumiri	006
Rezumat	007
Summary	010
PARTEA I. SINTEZA REALIZĂRILOR DIDACTICE ȘI ȘTIINȚIFICE	013
1. Activitatea didactică	013
2. Activitatea de cercetare	014
3. Vizibilitatea și impactul activității de cercetare	015
PARTEA A II-A. DESCRIEREA CONTRIBUȚIILOR ȘTIINȚIFICE	018
CAPITOLUL 1. EFECTELE MINERITULUI ASUPRA TERENULUI	018
1.1 Terenul și funcțiunile sale	018
1.2 Impactul mineritului asupra terenului	019
1.3 Impactul industriei miniere din România asupra terenului	023
1.3.1 Ocuparea terenului	023
1.3.2 Alunecarea depozitelor de steril	024
1.3.3 Fenomene de subsidență	024
CAPITOLUL 2. STABILITATEA HALDELOR DE STERIL	025
2.1 Principii de evaluare a stabilității depozitelor de steril	026
2.1.1 Metodologia de analiză	026
2.1.2 Studii premergătoare analizelor de stabilitate	028
2.2 Cercetări privind stabilitatea haldelor de steril utilizând metode clasice	029
2.2.1 Halda Valea Rogoazelor – cariera Roșița	031
2.2.1.1 Caracterizarea materialului haldat	033
2.2.1.2 Caracteristicile geotehnice și hidrogeologice ale rocilor haldate	034
2.2.1.3 Stabilitatea treptelor de haldă individuale	035
2.2.2 Halda Valea Bujorăscu – cariera Roșița	038
2.2.3 Halda interioară a carierei Oltețu	041
2.2.3.1 Stabilitatea taluzurilor individuale	042
2.2.3.2 Stabilitatea haldei în ansamblu	043
2.2.3.3 Redimensionarea elementelor geometrice ale haldei	044
2.2.4 Halda de steril Valea Arsului – EM Vulcan	045
2.2.4.1 Suprafețe de alunecare circulare	046
2.2.4.2 Suprafețe de alunecare poligonale	049
2.2.4.3 Redimensionarea și proiectarea elementelor geometrice ale haldei	049
2.2.5 Halda minei Petrila	050
2.2.5.1 Determinarea proprietăților fizico-mecanice ale rocilor sterile și ale solului vegetal	051
2.2.5.2 Analiza de stabilitate și interpretarea rezultatelor	051
2.2.6 Aplicație Excel pentru analiza de stabilitate după suprafețe de alunecare curbe	054
2.2.7 Cercetări privind stabilitatea terenului de bază a haldelor din Valea Jiului	058
2.2.7.1 Fenomene geominiere negative prezente în perimetrul haldelor analizate	059
2.2.7.2 Caracteristici fizico-mecanice ale materialului haldat și ale terenului de bază	061
2.2.7.3 Determinarea capacității portante a terenului sub halde	061
2.3 Analiza stabilității folosind metoda elementelor finite	063
2.4 Metode probabilistice de analiză a stabilității	068

2.4.1 Metoda Rosemblueth	069
2.4.2 Analiza calitativă a gradului de stabilitate a unui taluz cu metoda fuzzy	070
2.4.3. Estimarea probabilității de alunecare a haldelor de steril ale carierei Roșiuța	071
2.4.3.1 Estimarea gradului de stabilitate prin metoda fuzzy	072
2.4.3.2 Estimarea probabilității de alunecare	073
2.5 Metodologie de estimare a riscului de mediu ca urmare a alunecării haldelor de steril – studiu de caz Valea Jiului	074
2.5.1 Situația haldelor de steril din Valea Jiului	074
2.5.2 Cercetări de teren	075
2.5.3 Elaborarea matricii de vulnerabilitate a mediului în condițiile alunecării haldelor	076
2.5.4 Determinarea factorului de stabilitate prin metode clasice	078
2.5.5 Determinarea probabilității de alunecare - metoda Rosemblueth	079
2.5.6 Estimarea riscului de de mediu pentru haldele active din Valea Jiului	080

CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND REGIMUL HIDROGEOLOGIC ÎN ZONELE AFECTATE DE ACTIVITATEA MINIERĂ

CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND REGIMUL HIDROGEOLOGIC ÎN ZONELE AFECTATE DE ACTIVITATEA MINIERĂ	082
3.1 Factorii care definesc condițiile hidrogeologice	082
3.2 Clasificarea hidrogeologică a zăcămintelor de cărbune	083
3.2.1 Clasificări existente	083
3.2.2 Clasificarea hidrogeologică complexă a zăcămintelor de cărbuni	085
3.3 Influența lucrărilor de asecare asupra mediului și posibilități de limitare a impactului în cariera Roșia de Jiu	089
3.3.1 Condițiile hidrogeologice ale carierei Roșia de Jiu	089
3.3.2 Lucrări hidrotehnice și de asecare în cariera Roșia de Jiu	091
3.3.3 Determinarea zonei de influență a lucrărilor de asecare	092
3.3.3.1 Orizontul acvifer freatic	092
3.3.3.2 Orizontul acvifer din complexul stratelor V-VII cărbune	093
3.3.3.3 Orizontul acvifer artezian din culcușul stratului IV	095
3.3.4 Efectele lucrărilor de asecare în zonele adiacente carierei Roșia de Jiu	096
3.3.4.1 Afectarea alimentării cu apă a localităților limitrofe	096
3.3.4.2 Diminuarea volumului resurselor de apă subterană	097
3.3.4.3 Afectarea florei și faunei	097
3.3.4.4 Tasarea formațiunilor geologice sub efectul asecării	097
3.3.5 Măsuri de reducere a impactului asecării asupra mediului	098
3.3.5.1 Ecranarea formațiunilor acvifere	098
3.3.5.2 Utilizarea apei rezultate din lucrările de asecare	098
3.4 Cercetări privind regimul de infiltrare a apelor din precipitații în corpul haldelor de steril din bazinul minier Motru	100
3.4.1. Regimul hidrometeorologic din zonă	100
3.4.2. Determinarea infiltrației	101
3.4.2.1 Mecanismul Hortonian	101
3.4.2.2 Metoda SINTACS	104
3.5 Studii privind nivelul apelor subterane din haldele de steril ale carierei Roșiuța	107
3.5.1 Regimul hidrogeologic al apei din corpul haldelor	107
3.5.2 Evoluția nivelului hidrostatic din halde	108

CAPITOLUL 4. MODELE ȘI METODOLOGII DE RECONSTRUCȚIE ECOLOGICĂ A TERENURILOR

CAPITOLUL 4. MODELE ȘI METODOLOGII DE RECONSTRUCȚIE ECOLOGICĂ A TERENURILOR	111
4.1. Considerații generale	111
4.2 Abordarea globală a procesului de reabilitare ecologică a terenurilor	113
4.3 Modelarea reconstrucției ecologice a unei zone miniere	114
4.3.1 Elaborarea modelului	114
4.3.2 Aplicarea modelului pentru bazinul minier Rovinari	116
4.4 Umplerea cu apă a golurilor remanente – studiu de caz cariera Urdari	118
4.4.1 Situația actuală a golului remanent al carierei Urdari	119

4.4.2 Proiectarea lucrărilor de amenajare a golului remanent	120
4.4.3 Umplerea cu apă a golului remanent	122
4.5 Stabilirea variantei optime de reconstrucție ecologică a terenurilor degradate	124
4.5.1 Tipuri de reconstrucție ecologică și principii fundamentale de planificare ecologică	124
4.5.2 Metodologia propusă	124
PARTEA A III-A. PLAN DE DEZVOLTARE A CARIEREI ACADEMICE	131
1. Obiective	131
2. Activitatea didactică	131
2.1 Organizarea actului educațional	131
2.2 Relația cu studenții	132
2.3 Promovarea ofertei academice	132
3. Activitatea de cercetare științifică	133
3.1 Organizarea cercetării	133
3.2 Cooperarea la nivel național și internațional	133
3.3 Direcții viitoare de cercetare	133
BIBLIOGRAFIE	135

„Der Bergbau ist nicht alles - aber alles ist nichts ohne den Bergbau”

(Mining is not everything - but everything is nothing without mining)

Prof. Dr. Dr. Gerhardt, Freiberg 2000

MULȚUMIRI

Teza de abilitare pe care o supun atenției Dumneavoastră este rezultatul unui proces continuu de învățare, documentare, perfecționare și cercetare în domeniile ingineriei miniere și ingineriei mediului. Am ales această temă pentru că abordează două domenii care interferează pe spații largi, tehnicile de stabilizare și reconstrucție ecologică conferind mineritului o dimensiune care contribuie la creșterea acceptabilității și sustenabilității. Așa cum spunea profesorul Gerhardt în anul 2000, mineritul nu reprezintă totul, însă totul este nimic fără minerit. Și cu toate că acest sector industrial generează un impact semnificativ asupra mediului, în general, și asupra terenului, în special, lucrarea de față demonstrează că acest impact este unul reversibil, de multe ori zonele afectate de minerit câștigând din punct de vedere ecologic o valoare mai mare decât înainte de exploatarea substanțelor minerale utile.

Elaborarea acestei lucrări nu ar fi fost posibilă fără sprijinul mentorilor mei și al colegilor din Universitate, precum și al colaboratorilor din mediul economic.

Înainte de toate, doresc să mulțumesc domnului profesor Dumitru Fodor, datorită căruia am înțeles încă de pe băncile școlii importanța sectorului minier și care m-a implicat încă de pe atunci în activități de cercetare. Ca și conducător de doctorat, domnul profesor Fodor a reușit să îmi dirijeze cu maximă competență eforturile, astfel încât să parcurg etapele necesare finalizării tezei de doctorat, fiind în același timp un mentor și un prieten. În aceeași măsură le mulțumesc domnilor profesori Mircea Georgescu și Ilie Rotunjanu, împreună cu care am desfășurat activități didactice și de cercetare, învățând în permanență din experiența pe care mi-au împărtășit-o ca adevărați mentori. Un gând de mulțumire se îndreaptă spre domnul profesor Iosif Andraș, care cu generozitate și competență m-a sprijinit și mi-a împărtășit cunoștințe din diferite domenii, pe care altfel poate că nu le-aș fi avut. Mulțumiri speciale doresc să adresez domnului profesor Carsten Drebenstedt, pentru sprijinul acordat atât în perioada stagiului de cercetare desfășurat la Bergakademie Freiberg, dar și pentru oportunitățile de colaborare pe plan didactic și de cercetare pe care mi le-a oferit.

De asemenea, le mulțumesc tuturor colegilor cu care am colaborat și îi asigur că fiecare interacțiune mi-a îmbogățit cunoștințele ca urmare a problemelor pe care le-am rezolvat împreună, precum și viziunea asupra modului de continuare a cercetărilor.

Pentru majoritatea lucrărilor de cercetare am avut nevoie de date primare, de analize în teren și probe pentru încercări de laborator, pe care le-am obținut cu sprijinul conducătorilor unităților miniere din Oltenia și din Valea Jiului. Îi asigur pe toți specialiștii cu care am colaborat și care m-au sprijinit de-a lungul timpului în demersurile de cercetare de profunzimea mea recunoștință.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei și prietenilor, pe care s-a întâmplat de multe ori să-i privesc de prezența mea la diferite evenimente, dar care m-au înțeles și m-au încurajat mereu.

Mai, 2016

REZUMAT

Orice carieră academică presupune un spectru larg de activități, însă cele mai importante componente ale acesteia sunt activitatea didactică și activitatea de cercetare, care trebuie să fie într-o permanentă interacțiune.

Din punct de vedere didactic, am contribuit la formarea profesională a numeroase generații de studenți, atât în domeniul minier, cât și al ingineriei mediului. Prelegerile interactive, dezbaterile de la orele de laborator și seminar au reprezentat instrumente de transmitere a cunoștințelor teoretice și practice care și-au dovedit eficiența, având în vedere că mulți dintre absolvenții cu care am lucrat, inclusiv la elaborarea proiectelor de licență și de dizertație, performează astăzi pe piața muncii, iar feed-back-ul pe care mi-l transmit referitor la modul de desfășurare a cursurilor și seminariilor la disciplinele pe care le predau este unul pozitiv. Am parcurs toate etapele de promovare prin concurs, de la gradul didactic de asistent universitar până la cel de profesor universitar, ultimul fiind obținut în anul 2007 (Ordinul M.Ed.C.T. 1013).

În ceea ce privește cercetarea științifică, încă de la începutul carierei m-am implicat în proiectele comune ale colectivelor de cercetare din universitate. Inițial, am lucrat în domeniul minier, cercetarea fiind orientată spre probleme legate de stabilitatea taluzurilor, tehnici și tehnologii de exploatare a zăcămintelor de substanțe minerale utile și de asecare a formațiunilor acvifere. În această etapă, am optat pentru elaborarea tezei de doctorat cu titlul "**Valorificarea stratelor subțiri din perimetrele de exploatare la zi din zona Olteniei**", pe care am susținut-o în anul 1998, obținând titlul de Doctor în științe tehnice, prin Ordinul M.E.N. 5182. În teza de doctorat am abordat aspecte tehnice legate de optimizarea extragerii rezervelor de cărbune din stratele subțiri, astfel încât să fie reduse la minim pierderile de rezerve și diluția lignitului, tratând însă și problemele de mediu care pot fi îmbunătățite în acest caz. Astfel, am început tranziția spre domeniul ingineriei mediului, domeniu în care am progresat și în urma specializărilor efectuate la universități de prestigiu din Europa. Noile direcții de cercetare, care s-au alăturat celor menționate sunt îndreptate spre identificarea și evaluarea impactului antropic și amenajarea și reabilitarea terenurilor degradate de activități industriale.

Dacă obținerea gradului didactic de profesor a validat activitatea didactică, iar activitatea științifică a fost confirmată de obținerea titlului de doctor în științe tehnice, consider că obținerea calității de conducător de doctorat în urma susținerii tezei de abilitare cu titlul "**Cercetări privind stabilitatea și reconstrucția ecologică a terenurilor afectate de minerit**" reprezintă încununarea carierei mele academice.

Teza de abilitare elaborată reprezintă o sinteză logică a rezultatelor principalelor lucrări de cercetare în domeniile ingineriei miniere și ingineriei mediului, și este structurată în trei părți, care cuprind descrierea activității didactice și de cercetare, cercetări privind identificarea impactului minierului asupra mediului înconjurător, în special asupra terenului; stabilitatea depozitelor de steril și soluții de asigurare a stabilității acestora; afectarea și refacerea regimului apelor subterane ca urmare a lucrărilor de asecare; reconstrucția ecologică a depozitelor de steril și a golurilor remanente, precum și planul de dezvoltare a carierei în viitor. Rezultatele prezentate în lucrare au la bază o serie de cercetări, concretizate în lucrări publicate în reviste de specialitate sau la conferințe internaționale, în calitate de autor sau coautor.

Prima parte a tezei prezintă sinteza rezultatelor didactice și științifice obținute pe parcursul întregii cariere academice, precum și elemente care țin de vizibilitatea națională și internațională. Tot în această parte sunt prezentate preocupările permanente pentru documentare și perfecționare în domeniile activităților didactice și de cercetare.

Partea a II-a a tezei de abilitare reprezintă contribuția științifică rezultată din activitățile de cercetare, și este împărțită în patru capitole, pe parcursul cărora sunt prezentate pe scurt bazele teoretice și dezvoltate elementele de analiză, cercetare și interpretare specifice temei abordate.

Primul capitol este dedicat identificării și analizării efectelor generate de activitățile miniere asupra mediului înconjurător, în special asupra terenului, în toate fazele de dezvoltare a unei exploatare miniere, dar în special a unei cariere. În acest capitol este clarificată noțiunea de "teren", așa cum a fost definit acesta în diferite surse din literatura de specialitate, sunt explicate funcțiunile care conferă valoare terenului și sunt descrise principalele activități miniere care generează impact asupra terenului în diferite etape de funcționare a unui proiect minier. De asemenea, sunt prezentate informații privind suprafețele de teren ocupate și degradate de activitățile din sectorul minier din România, precum și principalele riscuri care decurg de aici. Capitolul este unul mai degrabă introductiv și are rolul de a problematiza și impune cercetări specifice în sensul asigurării stabilității lucrărilor miniere, monitorizării regimului apelor subterane și reconstrucției ecologice a zonelor afectate.

Cel de-al doilea capitol tratează problematica stabilității lucrărilor miniere, cu precădere stabilitatea depozitelor de steril, care înmagazinează volume impresionante de material steril, a căror alunecare poate periclita nu numai mediul natural și/sau antropic, dar și viața locuitorilor din zona lor de influență. Pe parcursul activității de cercetător în cadrul catedrei Tehnică minieră și geologie și, mai apoi, al departamentului Management, Ingineria Mediului și Geologie, problema stabilității taluzurilor a reprezentat una dintre principalele direcții de cercetare pe care le-am abordat. Contribuțiile aduse în acest domeniu se referă la în special la efectuarea analizelor de stabilitate și interpretarea rezultatelor acestora, precum și la stabilirea măsurilor de prevenire a alunecărilor. Pentru a avea mai multe posibilități de evaluare, am lucrat la implementarea unor metode neconvenționale de analiză a stării tehnice a depozitelor de steril (metode probabilistice, logica fuzzy), care oferă informații suplimentare privind probabilitatea de producere a unor fenomene de instabilitate. Pornind de la aceste premize, am elaborat o metodologie specifică pentru estimarea riscului de mediu în cazul producerii unei alunecări, dezvoltând o matrice pe baza căreia sunt stabilite mai multe categorii de vulnerabilitate a mediului, în diferite ipoteze privind starea tehnică a haldelor analizate. De asemenea, am efectuat analize comparative între rezultatele obținute pentru aceleași condiții (geometrie, caracteristici fizice și de rezistență mecanică) utilizând diferite categorii și tipuri de metode de analiză a stabilității (metode clasice, metode bazate pe teoria elementelor și diferențelor finite). O altă contribuție în acest domeniu, este reprezentată de elaborarea unei aplicații Excel (în perioada în care soft-urile specializate existente astăzi erau în faza de pionierat), care permite efectuarea rapidă a analizelor de stabilitate în cazul alunecărilor după suprafețe cilindrico-circulare și poligonale, aplicație care s-a dovedit extrem de utilă, atât pentru lucrările de cercetare, cât și pentru seminariile didactice.

Capitolul al treilea prezintă rezultatele cercetărilor privind modificarea regimului hidrodinamic al apelor subterane, în special în cazul stratului acvifer freatic, dar și în cazul stratelor acvifere captive cu ape cu nivel liber sau sub presiune, ca urmare a efectuării lucrărilor de asecare. Modelul de analiză prezentat se referă la condițiile hidrogeologice ale carierei Roșia de Jiu, care funcționează sub protecția celui mai puternic sistem de asecare din România. De asemenea, cercetările cuprinse în acest capitol sunt orientate și înspre posibilitățile de limitare a efectelor negative ale asecării formațiunilor acvifere asupra mediului (coborârea nivelului hidrostatic, fenomene de aridizare în interiorul pâlniei depresionare, reducerea resurselor de apă subterană, fenomene de tasare a suprafeței terenului) și posibilitățile de utilizare a apei provenită din lucrările de asecare. Principalele contribuții în acest domeniu se referă la elaborarea unei noi clasificări hidrogeologice a zăcămintelor de lignit și încadrarea principalelor cariere din Oltenia din punct de vedere hidrogeologic, la studiul efectelor asecării asupra apelor subterane și al variațiilor nivelului hidrostatic și al mecanismului de infiltrație a apelor din precipitații în corpul haldelor de steril, precum și la soluții de reducere a impactului asecării asupra mediului și la stabilirea modului de refacere a nivelului hidrostatic în corpul haldelor de steril.

Capitolul patru este dedicat cercetărilor privind necesitatea abordării globale a activităților de reconstrucție ecologică a terenurilor afectate de activitățile miniere, fie că este vorba despre haldele de steril, fie despre golurile remanente ale carierelor. Contribuțiile în acest domeniu se referă la elaborarea unui model de abordare globală a reabilitării unui bazin minier în care funcționează mai multe cariere de lignit, realizat cu ajutorul soft-ului MineSight, pe parcursul unui stagiului de cercetare efectuat la Bergakademie Freiberg, model pe baza căruia am construit o aplicație pentru bazinul minier Rovinari. Tot aici este prezentată elaborarea unui model de reabilitare a golurilor remanente ale carierelor de lignit, construit pentru cazul carierei Urdari, model care conduce, pe de o parte, la reconstrucția ecologică a zonelor adiacente carierei, iar pe de altă parte, ca urmare a formării unui lac în golul remanent, la accelerarea refacerii regimului hidrodinamic al apelor subterane. Ca urmare a dificultăților întâmpinate în cadrul mai multor proiecte referitor la alegerea tipului de reutilizare a terenului afectat de exploatarea minieră strict pe baza unor principii, am elaborat o metodologie de alegere a variantei optime de reutilizare a terenurilor degradate, care parcurge mai multe etape și ține seama de o serie întreagă de indicatori.

Partea a III-a a tezei de abilitare prezintă planul de dezvoltare a carierei în viitor și stabilește principalele direcții de cercetare care pot fi abordate în cadrul tezelor de doctorat. În această parte sunt creionate și obiectivele privind activitățile didactice, de mentorat și de diseminare a rezultatelor cercetărilor viitoare.

SUMMARY

Any academic career involves a wide spectrum of activities, but the most important components are teaching and research, which must be in constant interaction

In terms of teaching, I have contributed on training many generations of students, both in mining and environmental engineering. Interactive lectures, debates at laboratory and seminar classes were the tools of transmitting theoretical and practical knowledge. These methods have proved their effectiveness, given that many of the graduates I have worked with are now performing on labor market and their feed-back is a positive one. I went through all promoting stages by competition, from the academic rank of assistant professor to full professor, the latter being obtained in 2007 (M.Ed.C.T. Order no. 1013).

Regarding the scientific research, since the beginning of my career I was involved in joint projects of the university's research teams. Initially, I worked in the mining field, the research being oriented towards slope stability issues, techniques and technologies for the exploitation of useful minerals deposits and dewatering of aquifer formations. During this stage, in 1998, I completed my doctoral thesis entitled "**Recovery and capitalization of thin lignite layers from Oltenia open cast mining perimeters**", obtaining the title of Doctor in Technical Sciences (M.E.N. Order no. 5182). In the thesis I approached technical issues related to the optimization of coal reserves extraction from thin layers in order to minimize reserves losses and lignite dilution, also dealing with the environmental issues. At this point I began the transition towards the field of environmental engineering, a field in which I progressed following postgraduate and postdoctoral courses performed at prestigious universities in Europe. The new research directions, that have joined those mentioned before, are directed towards environmental impact assessment and restoration of land degraded by industrial activities.

If obtaining the didactic degree of professor validated my teaching activity and my scientific activity has been confirmed by obtaining the title of doctor of technical sciences, I believe that obtaining the title of doctoral advisor, after sustaining my habilitation thesis entitled "**Research on stability and ecological reconstruction of lands affected by mining**", can be regarded as the coronation of my academic career.

The habilitation thesis is structured as a logical summary of main results of research in the fields of mining and environmental engineering, and is divided into three parts, including: a short description of the didactic and scientific activity, researches regarding the environmental impact assessment caused by mining (particularly on land); mining waste deposit's stability assessment; solutions to increase and ensure the stability of waste deposits; assessment of the impact generated by dewatering works and solutions on restoring the groundwater regime; ecological reconstruction of mining waste deposits and former quarries, as well as the career development plan in the future. The results presented in this paper are based on a series of research materialized in scientific papers published in international journals or conferences, as author or co-author.

The first part of the thesis presents a synthesis of didactic and scientific results obtained throughout my academic career, as well as elements of national and international visibility. Also, this part highlights my permanent concerns for documentation and training in teaching and research interest areas.

The second part of the habilitation thesis presents the contributions resulting from scientific research, is divided into four chapters, and consist in a brief presentation of theoretical foundations and the elements of analysis, research and interpretation specific for the addressed theme. The first chapter is dedicated to identifying and analyzing the effects of mining activities on the environment, particularly on land, at all stages of a mine development (especially for a quarry).

This chapter clarifies the concept of "land" (as defined by scientific literature), explains the functions that give value to the land and describes the main mining activities generating impact on the land in various operating stages. It also provides information on land areas occupied and degraded by mining activities in Romania and the main associated risks. Chapter one is rather an introductory one that aims at problematizing and imposing specific research in order to ensure the stability of the mining works, monitoring of groundwater regime and ecological reconstruction of the affected areas.

The second chapter deals with the issue of mining works stability, especially stability of mining waste deposits, which store impressive volumes of material and whose sliding can endanger not only the natural and/or anthropic environment, but also the lives of people living in their area of influence. During my work as a researcher at the Technical Mining and Geology Department and, later, at the Management, Environmental Engineering and Geology Department, slope stability problem was one of the main lines of research that I've covered. The main contribution in this area concern, in particular, results of stability analyzes, their interpretation and establishing measures to prevent landslides. To have more evaluation opportunities, I have worked to implement unconventional methods of analyzing the technical condition of mining waste deposits (probabilistic methods and based on fuzzy logic), which provides additional information regarding the likelihood of various forms of instability. Starting from these premises, I have developed a specific methodology for assessing the environmental risk in the event of a landslide, developing a matrix on which there are established several categories of environmental vulnerability for different assumptions on the technical condition of analyzed waste deposits. I also conducted comparative analysis between the results for the same conditions (geometry, physical and mechanical characteristics) using different categories and types of stability analysis methods (classical methods, methods based on the theory of finite elements and differences). Another contribution in this area is the development of an Excel application (when the now existing specialized software were in a pioneering phase), which allows a rapid analysis of stability (for circular and polygonal sliding surfaces), application that has proved to be extremely useful both for research work and for teaching seminars.

The third chapter presents the results of research on the changes in groundwater hydrodynamic regime, for freatic aquifers and captive aquifers (pressurized or unpressurized) as a result of the dewatering work. The analysis presented refers to the hydrogeology of Rosia de Jiu quarry, which operates under the protection of the most advanced dewatering system in Romania. Also, the research described in this chapter are directed towards the possibilities of limiting the negative effects of the dewatering of aquifer formations (lowering hydrostatic level, the occurrence of aridity phenomena inside the depression area, reducing groundwater resources, subsidence phenomena) on environmental and the possibility to use the water (from dewatering work) for different purposes. The main contributions in this area concern the development of a new hydrogeological classification of lignite deposits (used for the classification of the main quarries from Oltenia), studies on the effects of dewatering works on groundwater hydrostatic level variations, the infiltration mechanism of rainfall into mining waste deposits, solutions to reduce the impact on the environment and on restoration of the hydrostatic level in waste deposits.

Chapter four is dedicated to research regarding the necessity of using an integrated approach in ecological restoration activities of the lands affected by mining activities (waste dumps or former quarries). Contributions in this area concern the development of a holistic approach model for the rehabilitation of a mining basin in which several lignite quarries operates, done using MineSight software, during a research internship conducted at Bergakademie Freiberg, model on which I built an app for Rovinari mining basin

Also, in this chapter, is presented a model for the rehabilitation of the remaining hole of lignite quarries, developed for Urdari quarry, model that leads to the ecological reconstruction of adjacent areas, and, following the formation a lake in the remaining hole, accelerates the restoration of the hydrodynamic regime of groundwater. Because of the difficulties encountered in several projects regarding the optimal restoration type of lands affected by mining (determined strictly on the basis of several principles), I developed a methodology for the establishment of the optimal type of

ecological reconstruction of degraded lands, which goes through several stages and take into account a series of indicators.

Part III of the habilitation thesis presents the career development plan and sets out the main directions of research that can be addressed in the future doctoral theses. In this part, there are also highlighted the objectives regarding the teaching and mentoring activities, and future dissemination of the research results.

PARTEA I

SINTEZA REALIZĂRILOR DIDACTICE ȘI ȘTIINȚIFICE

Am susținut teza de doctorat cu titlul "Valorificarea stratelor subțiri din perimetrele de exploatare la zi din zona Olteniei" în anul 1998, într-o perioadă în care exploatarea cărbunelui energetic în România părea că se află în plină ascensiune. Teza de doctorat a urmărit stabilirea unor metode de exploatare a stratelor de lignit cu grosime redusă pentru carierele din Oltenia, precum și optimizarea aplicării acestor metode în funcție de grosimea stratului și de lungimea frontului de lucru. Justificarea acestei teme a fost, pe de o parte, găsirea soluțiilor de exploatare rațională și relativ completă a zăcămintului de lignit din Oltenia, iar pe de altă parte, reducerea fenomenelor de diluție și pierderi, generate de extragerea cu excavatorul cu rotor, care are un grad limitat de selectivitate. Soluțiile de extragere înalt selectivă propuse și dezvoltate în teza de doctorat conduc la încadrarea mineritului într-un concept extins al dezvoltării durabile, prin exploatarea rațională și eficientă a rezervelor, dar și la obținerea unui cărbune mai curat și la evitarea depozitării cărbunelui în haldele de steril, unde, în urma fenomenelor de autoaprindere generează poluare și impact asupra mediului înconjurător.

Încă înainte de susținerea tezei de doctorat și obținerea titlului de Doctor în științe, domeniul Mine, Petrol și Gaze, pe lângă activitățile didactice și științifice din domeniul minier, am început o serie de cursuri de documentare și perfecționare și am efectuat două stagii de cercetare în domeniul Ingineriei mediului.

1. Activitatea didactică

Sunt membru al corpului academic al Universității din Petroșani din anul 1990, unde am început activitatea ca asistent universitar în cadrul Catedrei Tehnică minieră și Geologie. Gradual, pe măsura îndeplinirii condițiilor și standardelor legale în vigoare, în urma unor concursuri am devenit șef lucrări (1996), conferențiar (2001) și profesor (2007). În prezent, fac parte din Departamentul Management, Ingineria Mediului și Geologie.

Din punct de vedere didactic, am început activitatea prin susținerea seminariilor și laboratoarelor la disciplinele Stabilitatea lucrărilor miniere în cariere și Asecarea zăcămintelor, ulterior Exploatarea miniere la zi.

Am participat activ la înființarea specializării Ingineria mediului în minerit, în prezent Ingineria și protecția mediului în industrie. Odată cu înființarea specializării din domeniul Ingineriei mediului, am lucrat la elaborarea unor cursuri noi, specifice acestui domeniu, cum sunt Reamenajarea și reconstrucția terenurilor degradate, Impactul antropic asupra mediului, Hidrologie și hidrogeologie, Stabilitatea taluzurilor și versanților. Pregătirea în acest domeniu a început încă din perioada studenției, după care a continuat prin efectuarea unor stagii de documentare, perfecționare și cercetare, derulate în cadrul unor universități de prestigiu din Europa (BA-TU Freiberg – Stagiul de perfecționare în domeniul exploatarea miniere la zi și al protecției mediului 1994 – 1995; Stagiul de cercetare în domeniul reconstrucției ecologice a terenurilor 2001; Politecnico di Torino – Stagiul de documentare în domeniul hidrologiei mediului 1999; Ecole de Mines Nancy – Stagiul de cercetare în domeniul stabilității lucrărilor miniere 2000).

În afara acestor discipline, pe parcursul carierei didactice am predat cursuri cum ar fi: Bazele ingineriei tehnologice, Riscuri ecologice și de altă natură, Hidrogeologie minieră, atât la ciclul de licență, cât și la master.

Încă de la începutul carierei de dascăl, am avut ca prioritate construirea unei relații profesor – student bazată pe un climat de comunicare și colaborare academică la cele mai înalte standarde, însă, totodată, am încercat, și de cele mai multe ori am reușit, să fiu aproape și să îi sprijin pe toți acei studenți care au întâmpinat probleme din punct de vedere profesional sau personal. De-a lungul timpului, am coordonat numeroase lucrări și proiecte de diplomă și disertație, multe dintre acestea fiind cotate cu nota 10 de către comisiile de susținere. O parte dintre aceste lucrări, au fost publicate împreună cu absolvenții în diferite reviste de specialitate.

Consider că rezultatele activității didactice pe care o desfășor în cadrul Universității din Petroșani se regăsesc atât în ceea ce privește calitatea profesională a absolvenților, cât și în ceea ce privește cărțile și manualele care susțin cursurile pe care le predau. Astfel, am elaborat 10 cărți, în calitate de unic autor sau coautor, după cum urmează:

✓ **Cărți**

1. Dumitru Fodor, Ion Vulpe, **Maria Lazar** - Reabilitarea tehnică și tehnologică a carierelor de lignit. Editura INFOMIN. Deva, 2003. ISBN 973-86131-4-0, 270 pag.
2. Dumitru Fodor, Maria Lazăr, Emilia Dunca - Monografia Catedrei Tehnică minieră și geologie. Editura INFOMIN. Deva, 2004. ISBN 973-86131-5-9, 176 pag.
3. **Maria Lazar**, Ioan Dumitrescu - Impactul antropic asupra mediului. Editura Universitas. Petroșani, 2006. ISBN (10) 973-8260-87-6; ISBN (13) 978-973-8260-87-0, 310 pag.
4. **Maria Lazar** – Reabilitarea terenurilor degradate. Editura Universitas. Petroșani, 2010. ISBN 978-973-741-161-7, 393 pag.
5. Rotunjanu, I., **Maria Lazar** – Hidrologie și hidrogeologie minieră. Ed. Universitas, Petroșani, 2014. ISBN 978-973-741-341-3, 442 pag.

✓ **Manuale, suporturi de curs**

1. **Maria Lazar** - Reabilitare ecologică. Editura Universitas. Petroșani, 2001. ISBN 973 -8035-48-1, 206 pag.
2. **Maria Lazar** - Gospodărirea apelor de suprafață. Editura Universitas. Petroșani, 2001 ISBN 973-8035-49-X, 199 pag.

✓ **Îndrumare de laborator/aplicații**

1. **Maria Lazar**, Faur Florin - Identificarea și evaluarea impactului asupra mediului. Îndrumător de proiect. Editura Universitas. Petroșani, 2011. ISBN 978-973-741-236-2, 96 pag.
2. Dumitru Fodor, Ioan Dumitrescu, **Maria Lazar**, Gabriela Dumbravă – Dicționar explicativ pentru știință și tehnologie – Mine. Ed. Agir, București, 2012. ISBN 978-973-720-360-1, 246 pag.
3. **Maria Lazar**, Florin Faur – Stabilitatea și amenajarea taluzurilor și versanților. Exemple de calcul. Editura Universitas. Petroșani, 2015. ISBN 978-973-741-453-3, 206 pag.

De asemenea, menționez că sunt coordonatorul programului de licență *Ingineria și protecția mediului în industrie* și al programului de master *Evaluarea impactului și reconstrucția ecologică a mediului*, programe care se desfășoară în cadrul Facultății de Mine, la autorizarea și acreditarea cărora am participat în această calitate.

2. Activitatea de cercetare

Activitatea de cercetare științifică se încadrează în domeniul minier și al ingineriei mediului, iar în prezent, principalele direcții abordate se referă la impactul antropic asupra mediului, stabilizarea, recuperarea și reconstrucția ecologică a terenurilor degradate de minerit.

Rezultatul activităților de cercetare derulate pe parcursul întregii cariere academice sunt prezentate detaliat în lista de lucrări și în fișa de verificare a îndeplinirii condițiilor minime de abilitare și pot fi sintetizate după cum urmează:

- 15 lucrări științifice în publicații cotate ISI Thompson – Web of Knowledge, dintre care două în reviste cu factor de impact (factor total de impact 1,70);
- 58 lucrări științifice în reviste din baze de date internaționale (BDI);
- 59 lucrări științifice susținute la congrese și conferințe internaționale sau publicate în reviste care nu erau indexate BDI la data publicării;
- 5 granturi internaționale, la 2 având calitatea de director grant;
- 16 granturi naționale, la 2 având calitatea de director grant;
- 26 proiecte de cercetare/consultanță cu operatori economici, la 3 având calitatea de responsabil proiect.

Cele două granturi internaționale pe care le-am obținut prin competiție (unul dintre acestea aflat în desfășurare), în calitate de director grant partener UP, se încadrează în categoria granturilor finanțate de Uniunea Europeană, iar tematica se referă la modernizarea și ecologizarea sectorului minier carbonifer din România și la funcționarea excavatoarelor cu rotor în condițiile extragerii unor intercalații sterile cu rezistență mare la tăiere.

Granturile naționale pe care le-am condus tot în calitate de director grant partener UP, au fost câștigate în parteneriat în cadrul programului MENER și au abordat teme cum ar fi elaborarea hărților structurale de reabilitare tehnologică a zonelor miniere, utilizând sistemul geografic de informații și modificări structurale privind soluțiile tehnologice și de tehnică minieră pentru realizarea cerințelor de protecția mediului în zone cu mine și cariere active.

Teza de abilitare se sprijină pe o parte din rezultatele obținute în activitatea de cercetare, respectiv cele care au legătură cu tema abordată, rezultate care s-au constituit într-un număr semnificativ de lucrări publicate și prezentate în cadrul congreselor, conferințelor și simpoziunilor internaționale și naționale. Lucrările reprezentative pentru problematica stabilității și reabilitării terenurilor afectate minerit care au stat la baza elaborării tezei sunt următoarele:

- ✓ **Maria Lazar**, Izabela-Maria Nyari, Florin G. Faur - *Methodology For Assessing The Environmental Risk Due To Mining Waste Dumps Sliding - Case Study Of Jiu Valley*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. Volume 10, 2015 - Number 3, 223-234 pp. Factor de impact: 0,63.
- ✓ **Maria Lazar** - *Using Possibilities Of The Groundwater From Dewatering Works Of Jiu Rosia Open Pit*. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-36-0 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book3 Vol. 1, 721-728 pp.
- ✓ **Maria Lazăr**, Iosif Andraș - *Quick assessment method for the slope stability factor of waste deposit dams*. Proceedings of the 29th International Symposium on Computer Applications in the Mineral Industries, 2001, pag. 709-710.
- ✓ **Maria Lazar**, Florin Faur, Emilia Dunca, Daniela Ciolea - *Landslides occurred in Bujorascu Valley dump and stability improvement solutions - Environmental Engineering and Management Journal*, ISSN 1582-9596, Vol. 11, Nr.7/2012, 7, pag. 1361-1366. Factor de impact: 1,117.
- ✓ **Maria Lazăr**, Florin G. Faur, Emilia Dunca, Daniela-Ionela Ciolea - *Establishing The Optimal Type Of Ecological Restoration Of Degraded Lands*. Proceeding of the 7th Symposium SESAM 2015, INSEMEX Publishing House, ISSN 1843 – 6226. Vol. 1, 234-243 pp.
- ✓ Ilie Rotunjanu, **Maria Lazar** – *Hydrological classification and evaluation of coal deposits*. Mining Revue, Vol. 20, No. 2/2014. Published by University of Petrosani. ISSN-L 1220-2053/ISSN 2247-8590, pp. 7 -14.
- ✓ **Maria Lazar** – *Reaserch on geotechnical stability of sterile rocks dump Petrila* - International University of Resources. Scientific Report on Resourse Issues 2012, vol. 1, Part.1. Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, ISSN 2190-555X, pag. 230-240.
- ✓ **Maria Lazar**, Florin Faur – *Cercetări privind posibilitățile de amenajare și umplere cu apă a golului remanent al carierei Urdari* – Revista Minelor, ISSN 1220-2053, Vol. 18, Nr. 2/2012, pag. 18-23.
- ✓ **Maria Lazar**, Florin Faur - *Research on Rainfall Infiltration Regime into the Waste Dumps Body from Mining Basin Motru* - Proceedings of the International Conference on Environment and BioScience (ICEBS 2011). ISSN: 2010-4618, Egipt 2011, pag. 150 -156.
- ✓ **Maria Lazar** - *Stability Estimation For Waste Dumps From Jiu Valley Using Fuzzy Theory*. Proceeding of the 6th International Conference On Manufacturing Science And Education-MSE 2013- Sibiu-Romania, Ed. Universității Lucian Blaga, ISSN 1843-2522, pag. 359-362.

Menționez că datele utilizate în teza de abilitare provin și din rezultatele obținute din cercetările efectuate în cadrul unor contracte de cercetare sau expertize de specialitate, care se regăsesc, de asemenea, în lista de lucrări.

3. Vizibilitate și impactul cercetării

Există o serie întreagă de criterii după care poate fi apreciată activitatea unui cadru didactic și de cercetare, printre care se numără aprecierea acestuia de către studenții la a căror pregătire profesională contribuie, recunoașterea valorii științifice prin citarea rezultatelor cercetării și/sau prin invitarea de a participa în calitate de membru al comitetelor științifice și/sau recenzor al unor

conferințe recunoscute pe plan internațional și național, participarea ca referent științific în comisii de susținere a tezelor de doctorat etc.

Evaluarea de către studenți

Conform legislației în vigoare, activitatea didactică pe care o desfășor a fost supusă cu regularitate evaluării studenților, care m-au apreciat, în funcție de criteriile de evaluare stabilite, ca fiind un cadru didactic foarte bun. Mai mult decât atât, la finalul fiecărui semestru, solicit studenților, sub protecția anonimatului, aprecieri și sugestii privind conținutul cursului și modul de predare, iar răspunsurile primite confirmă rezultatele evaluărilor. Menționez că aplic multe dintre sugestiile pertinente, care vizează o serie de aspecte ce pot fi îmbunătățite, astfel încât procesul de învățare să devină mai eficient.

Vizibilitate internațională și națională

Din punct de vedere al vizibilității ca membru al corpului academic al Universității din Petroșani și ca cercetător, aș dori să menționez, înainte de toate, colaborarea în diferite domenii cu specialiști din mediul universitar internațional (BA-TU Freiberg/ Germania; RWTH Aachen/Germania, Politecnico di Torino/Italia; Ecole de Mines Nancy/Franța; Technical University of Crete/Grecia; National Technical University of Athens/Grecia; University of Miskolc/Ungaria etc.) și național (Universitatea Tehnică Cluj Napoca; Univesitatea 1 Decembrie 1918 Alba Iulia; Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași; Universitatea Constantin Brâncuși Tg. Jiu etc.).

De asemenea, doresc să punctez colaborarea cu institute de cercetare și agenți economici din țară și din străinătate, printre care menționez Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Securitate Minieră și Protecție Antiexplozivă INSEMEX Petroșani; Institutul de Cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Proiectare Mine pe Lignit (ICSITPML) Craiova; Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Metale și Resurse Radioactive București; Poltegor Instytut Instytut Gornictwa/Polonia; Complexul Energetic Oltenia, Complexul Energetic Hunedoara; CupruMin Abrud; Wzkumny Ustav Pro Hnede Uhli AS/Cehia; Public Power Corporation AE/Grecia; Instytut Techniki Gorniczej Komag/Polonia; PGE Gornictwo I Energetyka Konwencjonalna SA/Polonia; MAN TAKRAF Fördertechnik GmbH/Germania; Lausitzer- und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft LMBV mbH/Germania; WEQUA Wirtschaftsentwicklungs- und Qualifizierungsgesellschaft mbH/Germania; Vattenfall Europe AG/ Suedia etc.

Citări

- ✓ Citări în reviste și publicații ISI: 4
- ✓ Citări în reviste și publicații BDI: 28
- ✓ Inclusă în Marquis Who's Who din anul 2010

Membru în colectivele de redacție sau comitete științifice și recenzor al revistelor și manifestărilor științifice ISI

- ✓ Membru în Comitetul de Program al International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen 2014. Proceedings indexed Springer Verlag. Indexed ISI Thompson Reuters.
- ✓ Recenzor International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen 2014. Proceedings indexed Springer Verlag and ISI Thompson Reuters.

Membru în colectivele de redacție sau comitete științifice și recenzor al revistelor și manifestărilor științifice BDI

- ✓ Conference Chairs - 2015 6th International Conference on Agriculture and Animal Science (ICAAS 2015). Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, EBSCO, Engineering & Technology Digital Library, Crossref and Electronic Journals Digital Library.
- ✓ Membru în comitetul de program al BALKANMINE 2015.

- ✓ Recenzor Annals of the University of Petroșani – Mining Engineering- indexed in: Ulrich's Periodicals Directory, ISSN 1454 - 9174 - EBSCO Publishing Inc.; Periodicals.ru; Suweco; Scipio, Recenzor Revista Minelor indexed EBSCO Publishing Inc.

Membru în colectivele de redacție sau comitete științifice al revistelor și manifestărilor științifice Naționale și internaționale neindexate

- ✓ Membru Advisory Board International Symposium Continuous Surface Mining, Freiberg 2010.
- ✓ Membru in comitetul științific al XIII Balkan Mineral Processing Congress - Bucharest, 14-17 June 2009.
- ✓ Președinte comitet de organizare și recenzor International Symposium Continuous Surface Mining, Petroșani, 2008.
- ✓ Recenzor 6th International Multidisciplinary Scientific Symposium Universitaria SIMPRO, 10-11 October, 2014, Universitatea din Petroșani.
- ✓ Membru Comitet de organizare a Simpozionului Național Studentesc „GEOECOLOGIA”.

Experiență managerială de conducere

- ✓ Director departament Ingineria mediului și Geologie, 2011
- ✓ Director adjunct departament Management, Ingineria mediului și Geologie, 2012 – 2016.
- ✓ Membru al Consiliului Facultății de Mine, Universitatea din Petroșani 2008 – 2015.

Membru în asociații profesionale

- ✓ Membru Ring Deutscher Bergingenieure – Germania
- ✓ Asociația Generală a Inginerilor din România – AGIR
- ✓ Societatea de Georesurse și Mediu (SoGeRem) – membru fondator.
- ✓ Platforma științifico-tehnică ECOMINING - membru fondator.
- ✓ Institutul Social Valea Jiului – membru fondator.

Printre alte activități care, deși nu sunt luate în considerare în cadrul procesului de evaluare în scopul susținerii tezei de abilitare, însă care cred că sunt importante în ceea ce privește recunoașterea prestigiului academic și științific, aș dori să menționez următoarele:

- ✓ Membru în comitetul de organizare a Școlii de vară "From Dredging to Deep-Sea Mining", Freiberg, 6 – 10 iulie 2015, la cursurile căreia au participat și trei studenți ai Universității din Petroșani;
- ✓ Membru în peste 70 de comisii de susținere a examenelor și rapoartele științifice din cadrul stagiilor doctorale;
- ✓ Referent științific oficial în comisiile de susținere publică a 12 teze de doctorat.

PARTEA A II-A. DESCRIEREA CONTRIBUȚIILOR ȘTIINȚIFICE

CAPITOLUL 1

EFECTELE MINERITULUI ASUPRA TERENULUI

1.1 Terenul și funcțiunile sale

Terenurile reprezintă o resursă finită, fragilă și neregenerabilă care desemnează, pe de o parte, suprafața disponibilă pentru o anumită utilizare, iar pe de altă parte, o formă concretă de prezentare a suprafeței Pământului.

Conceptul holistic de teren a fost deja recunoscut în Programul Cadru pentru Evaluarea Terenurilor [B.59], repetat implicit în capitolul 10 al United Nations Conference on Environment and Development din 1993, și descris în mod oficial în FAO 1995, după cum urmează: "*Terenul este zona delimitabilă a suprafeței terestre a Pământului, care cuprinde toate atributele biosferei aflate imediat deasupra sau sub această suprafață, inclusiv climatul din apropierea suprafeței, solul și formele de relief, apele de suprafață (inclusiv lacurile puțin adânci, râurile și mlaștinile), stratele de roci sedimentare aflate aproape de suprafață și asociate resurselor de ape subterane, comunitățile vegetale și animale, modelul rezidențial uman și rezultatele fizice trecute și prezente ale activității umane (terasări, rezervoare de apă sau structuri de canalizare, drumuri, clădiri etc.).*"

Potrivit acestei definiții, terenul reprezintă un concept mai larg decât solul sau suprafața scoarței terestre. Variația solurilor și/sau a formelor de relief, este adesea cauza principală a diferențelor între unitățile cartografice dintr-o anumită zonă, deoarece studiile asupra solului reprezintă uneori principala bază pentru definirea unităților cartografice de teren. Cu toate acestea, compatibilitatea solurilor pentru utilizarea terenurilor nu poate fi apreciată în mod izolat de alte aspecte ale mediului.

"Terenul", "funcțiunile terenului", "evaluarea terenului", "calitatea terenului", "durabilitatea", "rezistența" etc., sunt noțiuni care trebuie definite cu atenție, pentru a evita confuzia și pentru a asigura cooperarea eficientă între instituțiile internaționale și naționale de planificare care se ocupă cu evaluarea modificărilor condițiilor de teren. Cele mai importante funcțiuni ale terenului sunt (figura nr. 1.1):

- ✓ funcțiune productivă - terenul este baza pentru numeroase sisteme de susținere a vieții, prin producerea de biomasă, care oferă alimente, furaje, fibre, combustibil, lemn și alte materiale biotice pentru uz uman, fie direct, fie prin intermediul creșterii animalelor, inclusiv acvacultură;
- ✓ funcțiune de legătură în spațiu - terenul oferă spațiu pentru transportul de persoane, precum și pentru circulația faunei între diferite zone ale ecosistemelor naturale;
- ✓ funcțiune hidrologică - terenul reglementează înmagazinarea și fluxul resurselor de apă de suprafață și subterană și influențează calitatea acestora;
- ✓ funcțiune biotică - terenul este baza biodiversității terestre prin oferirea de habitate biologice și rezerve genetice pentru plante, animale și microorganisme, atât în subsol, cât și la suprafață;
- ✓ funcțiune de depozitare - terenul este un depozit de materii prime și de minerale pentru uzul uman.

În afara principalelor funcțiuni, terenul mai îndeplinește și alte funcțiuni, cum ar fi:

- ✓ funcțiune de control al deșeurilor și poluării - respectiv receptare, filtrare, stocare și transformare a unor compuși chimici periculoși;
- ✓ funcțiune de habitat uman - terenul oferă baza fizică pentru așezările umane, instalații industriale și activități sociale, cum ar fi sportul și agrementul;
- ✓ funcțiune de arhivă sau patrimoniu - terenul este un mediu de stocare și protejare a dovezilor istoriei culturale ale omenirii, precum și o sursă de informații cu privire la trecut, la condițiile climatice și a utilizărilor terenului din trecut.



Fig. nr. 1.1 Principalele funcțiuni ale terenului

Toate aceste funcțiuni sunt interdependente, iar orice modificare a uneia dintre ele se resimte și asupra celorlalte.

1.2 Impactul mineritului asupra terenului

Substanțele minerale utile reprezintă baza esențială pentru orice activitate industrială și, prin urmare, premiza pentru creșterea economică a oricărei națiuni. Clădirile, automobilele, vapoarele, avioanele, sticla, computerele, sunt numai câteva exemple de elemente necesare vieții de zi cu zi, a căror realizare este imposibilă fără materiile prime provenite din activitatea minieră. Pe plan mondial, mineritul livrează anual peste 17 miliarde de tone de materii prime, fără a lua în considerare materialele de construcții [B.39], necesare satisfacerii nevoilor societății, iar cererea de materii prime va crește în continuare în următoarele decenii, ca urmare a creșterii populației planetei și a ritmului de creștere economică a țărilor în curs de dezvoltare. Exploatarea substanțelor minerale utile, indiferent dacă se desfășoară în subteran sau la zi, este una dintre activitățile cu rol esențial în dezvoltarea societății moderne, societate în care aproape jumătate din materiile prime sunt substanțele minerale. Specificul activității miniere este acela că reprezintă o formă temporară de utilizare a terenurilor, acestea având alte utilizări în perioadele pre și post minerit.

Activitatea minieră generează un impact care afectează, într-o măsură mai mică sau mai mare, toți factorii de mediu. În funcție de o serie întreagă de variabile, impactul poate fi permanent sau temporar, reversibil sau ireversibil, negativ sau pozitiv. Pe de altă parte, industria minieră are la îndemână tehnica și tehnologiile necesare reabilitării ecologice a terenurilor degradate și eliminării impactului, în cadrul practicării unui minerit responsabil, axat pe cei trei piloni de bază ai dezvoltării durabile: dezvoltare economică, protecția mediului, protecția socială. Adăugând la acești piloni și progresul tehnologic, mineritul poate deveni pe termen mediu și lung o activitate sustenabilă. Activitățile miniere, în ansamblul lor, nu se încadrează în mod nelimitat în contextul dezvoltării durabile, dar succesiunea operațiunilor miniere, respectiv explorarea, pregătirea, exploatarea, închiderea și reabilitarea ecologică pot fi dirijate astfel încât mediul înconjurător, economia și comunitatea locală să atingă standarde de calitate net superioare celor anterioare dezvoltării mineritului.

Faza de organizare a unităților de exploatare minieră impune executarea unor activități specifice (amenajarea căilor de acces și de legătură cu cele existente, realizarea platformelor de lucru, construcția incintelor și uneori modificarea drenajului natural), fiecare dintre acestea constituind elemente de perturbare, modificare și întrerupere a continuității mediului.

Extragerea substanțelor minerale utile produce efecte evidente atunci când se realizează cu ajutorul explozivilor, fie prin poluarea sonoră (zgomote), fie prin emanarea unor cantități mari de pulberi, care provoacă daune majore asupra vegetației prezente în zonele învecinate. Extragerea cu mijloace mecanice produce o poluare sonoră datorită funcționării utilajelor (zgomot permanent). Probleme de altă natură pot fi provocate de extragerea prin dragare a materialelor aluvionare, când pot apărea alterări ireversibile ale habitatului acvatic, sub aspect fizic, chimic, biologic, cu consecințe atât în zonele din amonte, cât și în aval.

Transportul și prelucrarea materialelor extrase provoacă, înainte de toate, poluare sonoră și emanare de pulberi, cu efecte asupra vegetației și faunei din zonă. O altă activitate responsabilă pentru diferite modificări ale caracteristicilor fizico-chimice ale apei și ale habitatului fluvial este deversarea în cursurile de apă a reziduurilor sub formă de șlam provenite din uzinele de preparare.

Descopertarea unui zăcământ, extragerea substanțelor minerale utile, transportul și depozitarea reprezintă acțiuni cu caracter distructiv, cu repercusiuni asupra habitatului și faunei locale (figura nr. 1.2). Aceste efecte sunt extrem de grave în cazul mediilor naturale cu o mare valoare, deoarece pun în pericol ecosisteme care conțin specii de floră și faună rare sau protejate. Alte aspecte majore sunt reprezentate de necesitatea strămutării populației rezidente sau de devierea cursurilor de apă în cazul exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile în carieră.

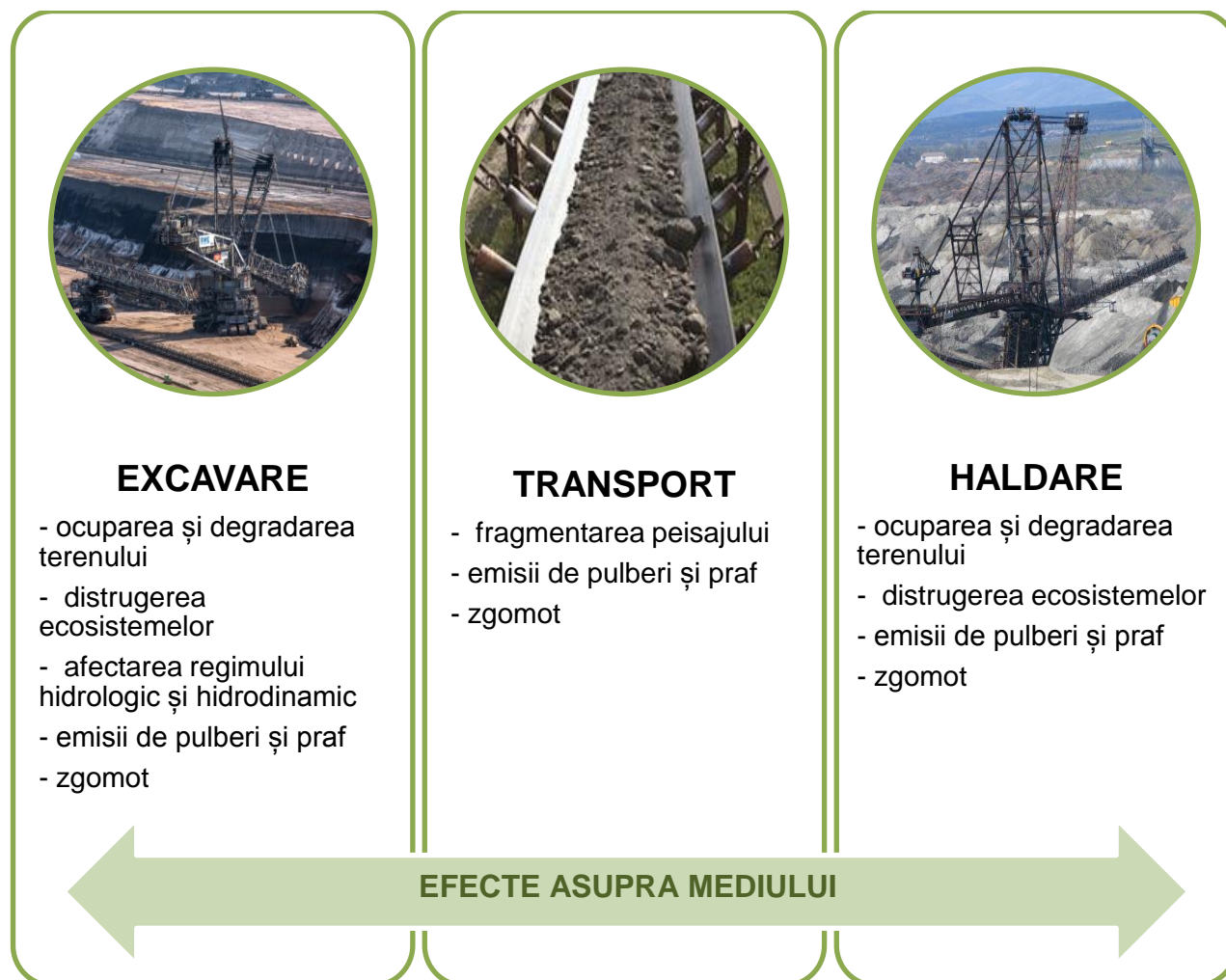


Fig. nr. 1.2 Efectele activităților miniere asupra mediului

Activitatea extractivă, indiferent de modul în care se desfășoară, conduce întotdeauna la efecte negative pe termen lung asupra mediului înconjurător, factorul de mediu care are cel mai mult de suferit ca urmare a exploatării miniere fiind terenul, cu toate componentele sale.

În tabelul nr. 1.1 sunt prezentate principalele forme de impact potențial generat de activitatea minieră (exploatare la zi și expoatare în subteran) asupra terenului și componentelor sale, precum și o serie de măsuri care pot contribui la diminuarea impactului [A.22].

Tab. nr.1.1 Impactul potențial al mineritului asupra mediului

Factor de mediu	Exploatarea la zi	Exploatarea subterană	Măsuri de diminuare
0	1	2	3
Teren, sol și subsol	<ul style="list-style-type: none"> - Modificarea morfologiei ca urmare a dezvoltării în adâncime a carierei și a apariției depozitelor de steril - Modificarea utilizării terenului afectat exploatarea - Afectarea utilizării terenurilor limitrofe, ca urmare a modificării regimului apelor de suprafață și subterane - Acidificarea solului din zonele învecinate, în cazul apariției drenajului acid 	<ul style="list-style-type: none"> - Modificarea utilizării terenurilor prin dezvoltarea construcțiilor și infrastructurilor - Modificarea morfologiei și a regimului hidrodinamic din cauza subsidenței - Afectarea utilizării terenurilor ca urmare a degradării terenurilor, subsolului și apelor - Drenarea apelor reziduale din subteran afectează solul 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificarea suprafețelor de teren din zonele miniere și de optimizare a cerințelor terenului pentru diverse utilizări - Proiectarea reabilitării ecologice a zonelor afectate și a reutilizării post miniere a terenului
Apele de suprafață și subterane	<ul style="list-style-type: none"> - Asecarea și detensionarea orizonturilor acvifere freatic și de adâncime determină coborârea nivelului apelor subterane pe suprafețe extinse, reducerea resurselor de apă subterană, probleme de alimentare cu apă a localităților și a vegetației, tasarea suprafeței terenului - Riscul apariției drenajului acid și a poluării apelor de suprafață și subterane cu metale grele - Creșterea gradului de încărcare cu suspensii solide a apelor de suprafață 	<ul style="list-style-type: none"> - Asecarea și detensionarea orizonturilor acvifere freatic și de adâncime determină coborârea nivelului apelor subterane pe suprafețe extinse, reducerea resurselor de apă subterană, probleme de alimentare cu apă a localităților și a vegetației, tasarea suprafeței terenului - Crearea breșelor care pot favoriza scurgerea în subteran a apelor uzate de la suprafață și contaminarea apelor subterane - Apa uzată pompată din subteran și deversată în receptorii naturali conduce la fenomene de poluare 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificarea corectă a activităților miniere și a schemelor de asecare, cu ajutorul modelelor tridimensionale - Realizarea unui management corespunzător al apelor
Ecosisteme	<ul style="list-style-type: none"> - Îndepărtarea florei și faunei din perimetrele miniere - Afectarea apelor de suprafață și a celor subterane se răsfrânge asupra ecosistemelor acvatice - Depuneri de praf și pulberi pe vegetația din zonele adiacente, încetinind dezvoltarea acestora - Zgomotele și vibrațiile afectează animalele și păsările din pădurile aflate în zona de influență - Reducerea resurselor de apă subterană afectează plantele naturale și pe cele de cultură din vecinătate 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispariția vegetației și faunei de pe suprafețele ocupate de incinte și infrastructuri - Reducerea resurselor de apă subterană afectează plantele naturale și pe cele de cultură din vecinătate - Reducerea capacității fertile a solului din zonele afectate de fenomene de subsidență - Deversarea apelor poluate eliminate din subteran în receptorii naturali poate genera probleme ecosistemului acvatic 	<ul style="list-style-type: none"> - Scoaterea din circuitul silvic, în special, a unor suprafețe cât mai reduse, iar după încetarea activității să se prevadă recuperarea silvică a terenurilor - Plantarea unor păduri compensatorii adecvate - Crearea unei „bănci” de floră, în scopul prezervării speciilor și reutilizării lor ulterioare - Reducerea intensității zgomotelor și vibrațiilor, astfel încât să afecteze într-o măsură cât mai mică fauna din zonele adiacente

Continuare tabelul 1.1

Factorul uman	<ul style="list-style-type: none"> - Strămutările, realizate în scopul pregătirii, deschiderii și exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile, determină modificări ale stilului de viață al populației, pierderi ale unor tradiții etc. - Modificări în dinamica populației: forța de muncă managerială și calificată nu este, de cele mai multe ori, disponibilă în rândul populației locale, ceea ce impune selectarea ei din alte zone. Astfel, dinamica populației din zonă suferă o modificare majoră, rezultând în timp o diluare a acesteia din punct de vedere etnic, cultural și religios. Odată cu închiderea activității miniere, rata de descreștere a populației este foarte rapidă - Costurile vieții : Comunitățile dependente de agricultură și silvicultură au, în general, un nivel de trai mai redus. Dezvoltarea unei activități industriale generează venituri mai mari și conduce la creșterea puterii de cumpărare a populației implicate. Ca urmare, costurile vieții cresc, fapt ce se răsfrânge negativ asupra populației neimplicate în proiectele industriale - Reducerea resurselor de apă: Atât exploatarea la zi, cât și cea subterană presupun asecarea formațiunilor acvifere, având ca rezultat coborârea nivelului apelor subterane, mai ales în orizontul acvifer freatic, generând disfuncționalități în alimentarea cu apă a comunităților locale - Impact asupra sănătății: Sănătatea și bunăstarea populației din zonele miniere pot fi afectate de poluarea aerului și apei, zgomote și vibrații. Populația angajată în minerit poate suferi diferite boli profesionale, cum sunt bolile de piele sau cele pulmonare și respiratorii - Facilități de infrastructură: Mineritul și activitățile asociate favorizează dezvoltarea elementelor de infrastructură (șosele, școli, spitale, coridoare de utilități etc.), care îmbunătățesc calitatea vieții în zonă - Crearea de locuri de muncă: Mineritul și activitățile asociate oferă oportunități de angajare și pentru populația locală, asigurând cursuri de calificare în acest scop
----------------------	---

Transformarea impactului generat de activitățile miniere în degradare depinde de mai mulți factori, printre care:

- ✓ caracteristicile și dimensiunile exploatării miniere;
- ✓ metodele și tehnologiile de exploatare (extragere cu utilaje mecanice sau cu ajutorul explozivilor);
- ✓ caracteristicile naturale ale regiunii (cazurile extreme sunt reprezentate de zone cu valoare ridicată din punct de vedere naturalistic, pe de o parte, sau de zone deja compromise, pe de altă parte).

Pentru stabilirea intervențiilor de reducere a impactului activității miniere asupra terenului este necesar să se execute cercetări geomecanice și geotehnice, care să stea la baza proiectului de exploatare și reabilitare ecologică a carierei și a lucrărilor conexe. Astfel de studii trebuie să conducă, în primul rând, la cunoașterea aprofundată a situației morfologice și hidrogeologice și a caracteristicilor de rezistență a rocilor cu care se lucrează.

În general, este important ca exploatarea și recuperarea să se realizeze după un proiect bine stabilit, bazat pe o cunoaștere reală a situației ambientale a teritoriului în care se desfășoară activitatea extractivă.

Zona de desfășurare a activităților miniere, precum și zonele adiacente trebuie să fie studiate în detaliu în ceea ce privește flora, fauna și ecosistemul, folosind o serie de instrumente de lucru, cum ar fi:

- ✓ recensământul speciilor vegetale și animale, cu evidențierea eventualelor populații care au caracter de raritate sau unicitate, studierea eventualelor "slăbiciuni" ale comunității, a capacității de adaptare a diferitelor specii;
- ✓ caracterizarea ecosistemului prin descrierea principalilor factori climatici (precipitații, temperatură, vânturi, umiditate), a componentelor solului în raport cu morfologia, geologia și ciclul apei;
- ✓ evidențierea raporturilor existente între sol, vegetație și faună, precum și a cauzelor care conduc la degradarea ecosistemului și stabilirea posibilităților de recuperare autonomă în timp.

Cu ajutorul informațiilor obținute în acest fel sunt posibile următoarele măsuri:

- ✓ optimizarea amplasării unităților miniere în funcție de necesitățile de protejare a unor terenuri cu o biocenoză unică sau rară;
- ✓ stabilirea dimensiunilor perimetrului minier nu numai în funcție de extinderea zăcămintului, dar și de capacitatea de suportabilitate a terenului;
- ✓ alegerea metodelor și tehnicilor de exploatare astfel încât să favorizeze operațiile de ameliorare și de reabilitare ecologică a terenurilor degradate (când este posibil, este

- preferabil ca cele două activități să se realizeze simultan);
- ✓ elaborarea unui proiect real de recuperare a terenurilor degradate;
- ✓ stabilirea măsurilor de protecție împotriva poluării apelor de suprafață și a apelor subterane, precum și măsuri de protejare a resurselor de apă subterană;
- ✓ stabilirea măsurilor de protecție împotriva dispersiei prafului și propagării zgomotului și vibrațiilor în zonele adiacente exploatării miniere;
- ✓ reducerea cantității de reziduuri produsă și încercarea de reutilizare a acestora.

Recuperarea și reconstrucția ecologică a terenurilor degradate de activitatea extractivă este o necesitate din ce în ce mai pregnantă, solicitată atât de operatorii din sector, cât și de administrație și de normele legislative, dar înainte de toate de către locuitorii din zonele respective.

1.3 Impactul industriei miniere din România asupra terenului

Sectorul minier din România ocupă și degradează suprafețe întinse de teren, necesare perimetrelor de exploatare, amplasării incintelor miniere, drumurilor de acces, haldelor de steril, iazurilor de decantare etc. În funcție de locul de amplasare a exploatărilor miniere, s-au scos din circuitul agricol, silvic sau destinat altor folosințe și au fost degradate suprafețe de teren semnificative.

1.3.1 Ocuparea terenului

✓ *Extragerea cărbunelui*

Exploatarea cărbunelui în România ocupă suprafețe semnificative de teren, în special atunci când este vorba despre carierele de lignit din Oltenia, teren care a fost scos din circuitul economic, natural și/sau rezidențial. Pe terenurile luate în folosință de operatorii minieri sunt amplasate carierele, haldele de steril, iazurile de decantare, uzinele de procesare, incintele, dar și infrastructurile de transport. În mod sintetic, în sectorul exploatării cărbunelui sunt ocupate aproximativ 23500 ha de teren, din care 9655,7 ha de incinte miniere, 2314,7 ha de construcții, 7829,5 ha de cariere. Ca urmare a activității de exploatare a cărbunilor au fost construite 137 halde și 6 iazuri de decantare, care înmagazinează un volum total de 2000 milioane m³ steril și ocupă o suprafață de peste 3600 ha [A.15], [B.22].

Până în prezent, ca urmare a deschiderii și extinderii carierelor de lignit, au fost strămutate 2200 gospodării particulare, 40 construcții sociale și culturale, 5 biserici și 6 cimitire. La data epuizării rezervelor de lignit din bazinele carbonifere ale Olteniei, se preconizează că vor fi afectate de exploatarea minieră 56 localități, dintre care 14 în totalitate.

Până în prezent, ca urmare a activității de exploatare a cărbunelui din zona Olteniei, din totalul de 17000 ha teren ocupat, au fost redete în circuitul agricol și silvic circa 2000 ha, iar restul urmează a fi amenajate și redete unităților economice în viitorul mai mult sau mai puțin apropiat.

✓ *Extragerea minereurilor și substanțelor nemetalifere*

Activitățile de exploatare și valorificare a zăcămintelor de minereuri și substanțe nemetalifere din România ocupă o suprafață de peste 8200 ha. O parte din această suprafață (aproximativ 46%) este destinată desfășurării activităților productive, iar restul, însumând 54%, este destinată construirii depozitelor de steril, respectiv halde și iazuri de decantare [B.21], [B.22]. Companiile miniere care se ocupă cu extragerea acestor tipuri de substanțe minerale utile au avut în administrare 577 halde cu un volum de roci înmagazinate de circa 200 milioane m³, ocupând o suprafață totală de 813 ha, iar în urma procesării minereurilor extrase s-au construit 65 de iazuri de decantare, care ocupă o suprafață de aproximativ 1350 ha și înmagazinează peste 360 milioane m³ de roci sterile.

O parte din depozitele de steril eliberate de sarcini tehnologice au fost amenajate și redete în circuitul economic sau natural, însă cea mai mare parte se află în conservare, lucrările de amenajare și reabilitare ecologică presupunând costuri foarte ridicate.

1.3.2 Alunecarea depozitelor de steril

Exploatarea minieră, indiferent de modul în care se desfășoară (la suprafață sau în subteran), conduce la formarea haldelor și iazurilor de steril, care înmagazinează diferite volume de material, de la câteva zeci de mii de metri cubi până la câteva sute de milioane de metri cubi. Problemele de stabilitate care apar în cazul haldelor de steril cuprind fenomene de alunecări superficiale și de profunzime, fenomene de refulare a taluzurilor și a terenului de bază și, uneori, chiar cedări plastice și fenomene de curgere. Astfel de alunecări se pot produce în toate fazele de existență a acestor lucrări ingineresti de mare importanță, respectiv în timpul construcției, imediat după abandonare, dar și după o perioadă relativ îndelungată de la eliberarea lor de sarcini tehnologice.

Deoarece alunecarea unei halde poate implica intrarea în mișcare periculoasă a unor mase importante de material, ceea ce conduce la afectarea atât a mediului natural, cât și a mediului antropoc, este imperios necesară analizarea stării tehnice a acestora periodic și ori de câte ori este necesar, precum și identificarea măsurilor de prevenire a alunecărilor și/sau de combatere a efectelor unor alunecări de mare amploare.

În ceea ce privește stabilitatea haldelor de steril din Oltenia, aceasta a fost periclitată în numeroase cazuri, însă alunecările care au pus în mișcare volume mari de steril, de ordinul milioane de metri cubi, și au afectat mediul natural și antropoc în perioada de după 1990 s-au înregistrat la halda exterioară a carierei Roșia de Jiu (1995), halda exterioară Știucani (1992 și 2001), halda exterioară Valea Mănăstirii (2000), halda exterioară Valea Rogoazelor (2001, 2004 și 2006), halda exterioară Valea Negomir (2001), halda exterioară Bujorăscu Mic (2007).

Majoritatea haldelor din Valea Jiului au suferit deformații, de la eroziune până la alunecări de profunzime, afectând totodată și terenul de bază prin fenomene de refulare, însă efectele asupra zonelor adiacente au avut dimensiuni mult mai reduse decât în cazul haldelor din Oltenia.

Multe dintre haldele exploatărilor de minereuri și substanțe nemetalifere prezintă risc de alunecare, acestea fiind ținute sub observație, iar în ceea ce privește iazurile de decantare, se menționează aici alunecarea produsă la iazul de decantare al exploatării miniere Certej – Săcărâmb (1971), alunecare ce s-a soldat cu aproape o sută de victime, precum și cedarea iazului S.C. Aurul Baia Mare (2000), care a condus la poluarea gravă a rețelei hidrografice, afectând mai multe bazine hidrografice de pe teritoriul României și al Ungariei.

1.3.3 Fenomene de subsidență

O altă influență negativă a activității miniere asupra terenului este reprezentată de tasările, fracturările și scufundările suprafeței terenului pe adâncimi variabile, care pot ajunge la zeci de metri, ca urmare a exploatării în subteran a zăcămintelor cu grosime mare și a dirijării presiunii prin prăbușire totală. Cele mai spectaculoase fenomene de subsidență se înregistrează la E.M. Deva, E.M. Ghelar, E.M. Baia de Arieș, E.M. Moldova Nouă și în Valea Jiului, unde, din cauza metodelor de exploatare aplicate în subteran, la suprafață s-au creat albi și pâlnii de surpare uriașe, cu volume de sute și chiar mii de metri cubi [B.22]. Este interesant de semnalat fenomenul petrecut la salina Ocnele Mari, unde, ca urmare a unirii pe cale hidraulică a 6 sonde, s-a pus format un gol subteran de dimensiuni considerabile, având o suprafață de cca. 10 ha și un volum de peste 4 milioane m³. Din cauza acestui gol subteran, suprafața terenului a început să se surpe, dislocând și deversând în văile și în cursurile de apă din zonă mari cantități de saramură, generând astfel un impact major asupra ecosistemelor terestre și acvatice.

Din cele prezentate, rezultă faptul că mineritul generează un impact semnificativ asupra terenului, prin ocupare și degradare, pe de o parte, și prin riscul major de alunecare a depozitelor de steril. În contextul în care terenurile suferă diferite forme de degradare atât la nivel național, cât și internațional, care le fac inutilizabile pentru alte scopuri, stabilizarea, recuperarea și reconstrucția ecologică a terenurilor miniere eliberate de sarcini tehnologice reprezintă un instrument eficace pentru a conferi mineritului o șansă de a deveni o activitate sustenabilă și un motor real de dezvoltare economică durabilă a zonelor în care se desfășoară.

CAPITOLUL 2

STABILITATEA HALDELOR DE STERIL

Problema stabilității depozitelor de steril este mai dificilă decât aceea a taluzurilor de lucru și a versanților naturali, deoarece instabilitatea apare încă din faza de construcție a lor, ca urmare a depunerii unui amestec de roci în stare afânată, de multe ori cu o umiditate mai mare decât cea a materialului aflat în stare nederanjată. Prin excavare, coeziunea este distrusă și ca urmare, parametrii fizico-mecanici ai amestecului sunt diferiți față de cei ai rocilor "in situ". Exemple de fenomene de instabilitate provocate de o desfășurare incorectă a activității de haldare, pot fi:

- ✓ instabilitatea taluzurilor ca urmare a dimensionării incorecte sau a nerespectării elementelor geometrice (înclinare și înălțime excesive în raport cu proprietățile fizico-mecanice ale rocilor);
- ✓ instabilitatea haldelor ca urmare a configurației geometrice incorecte sau acumulării de material steril în exces, rezultând astfel o înclinare prea mare;
- ✓ instabilitatea terenului pe care este construită halda, din cauza depășirii capacității portante etc.

Chiar din faza de construcție, haldele reprezintă o supraîncărcare a terenului, care contribuie substanțial atât la degradarea din punct de vedere estetic a peisajului, cât și la creșterea gradului de poluare a mediului înconjurător. Mai mult decât atât, haldele de steril pot constitui, atunci când sunt amplasate sau construite necorespunzător, reale pericole pentru zona respectivă, ca urmare a riscurilor de deformare și alunecare pe care le prezintă [B.42].

Dezvoltarea unei exploatare miniere într-o regiune conduce la modificări importante ale aspectului morfologic, generând probleme de stabilitate care pot avea consecințe grave asupra mediului natural și antropic din zona de influență. În cazul funcționării unei cariere, problemele de stabilitate sunt dublate de prezența golurilor remanente, care reprezintă forme de relief negative, apărute în peisaj după epuizarea rezervelor de substanțe minerale utile și încetarea lucrărilor de exploatare (figura nr. 2.1).

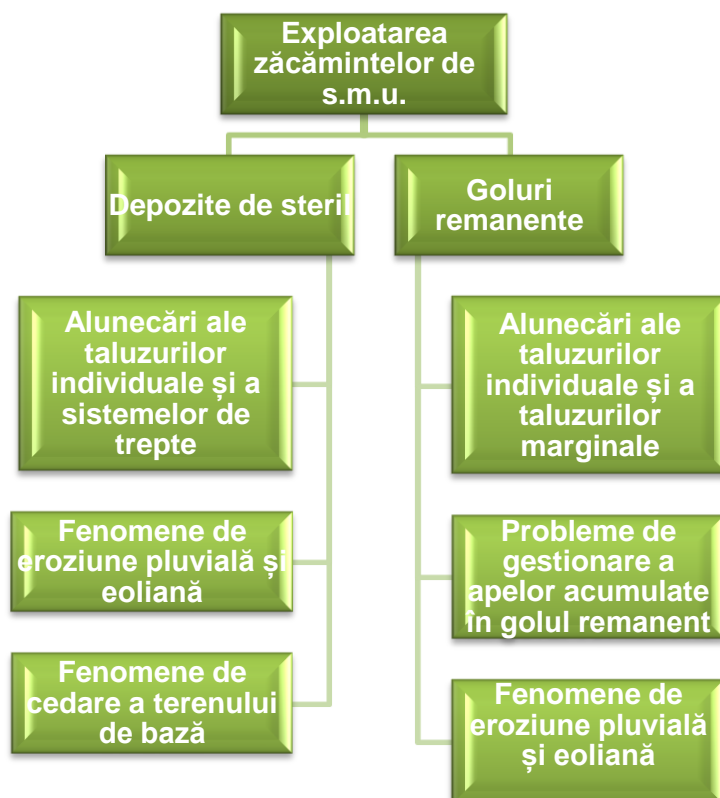


Fig. nr. 2.1 Modificări morfologice și probleme de stabilitate generate de funcționarea unei cariere

Asigurarea stabilității depozitelor de reziduuri miniere (halde și iazuri de decantare) reprezintă una dintre problemele cele mai importante în activitatea minieră, atât din punct de vedere tehnologic, cât și al protecției mediului, întrucât o eventuală alunecare poate avea consecințe deosebit de grave. Problemele de proiectare a haldelor și a iazurilor de decantare diferă în funcție de caracteristicile materialului de depozitat, de caracteristicile amplasamentului și de modul de depunere, de volumul de material steril care trebuie depozitat, respectiv de înălțimea și extinderea acestora. Pentru controlul depozitelor aflate în construcție sau în conservare, încă din faza de proiectare este necesar să se prevadă o serie de măsuri referitoare la controlul periodic a stabilității depozitului și a zonelor înconjurătoare și la efectuarea unor studii geotehnice asupra rocilor din fundament și asupra rocilor și substanțelor din depozit.

Din cauza faptului că foarte multe depozite de steril (halde și iazuri) au fost avariate, conducând la catastrofe de mari proporții care au afectat teritorii extinse, este absolut necesară efectuarea unui număr mare de studii de teren și laborator, care servesc la monitorizarea stării lor tehnice [A.1]. În vederea protecției mediului natural și antropic din zona de influență a haldelor, sunt necesare studii de teren din care să rezulte elementele prezentate în figura nr. 2.2:

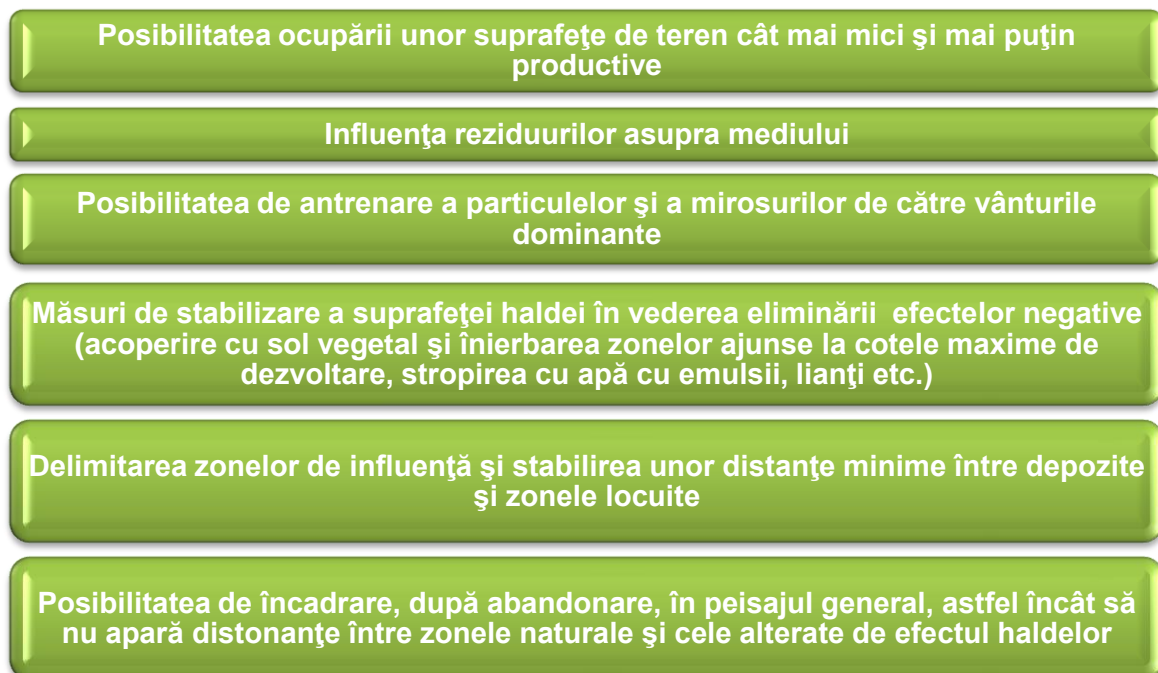


Fig. nr. 2.2 Studii necesare în vederea protecției mediului

2.1 Principii de evaluare a stabilității depozitelor de steril

2.1.1 Metodologia de analiză

Analizele de stabilitate pornesc de la presupunerea că un taluz își pierde condițiile proprii de echilibru atunci când rezistența la forfecare pe oricare dintre posibilele suprafețe de alunecare este depășită de rezultanta forțelor de forfecare exercitate pe acea suprafață de către masele de material aflate deasupra ei.

Suprafața pe care este cel mai probabil să se producă alunecarea se numește suprafață critică sau potențială de alunecare. Evidențierea unei astfel de suprafețe este destul de simplă atunci când condițiile geologice permit definirea deplasării pe baza unor discontinuități naturale evidente de tip stratigrafic sau structural. Când fenomenul de alunecare se produce într-o formațiune omogenă și neafectată de discontinuități, orice suprafață din interiorul taluzului poate satisface condițiile de suprafață critică de alunecare [B.42].

Pentru garantarea condițiilor de stabilitate ale unui taluz, trebuie să existe o forță de rezistență a cărei valoare să contracareze forța activă. Forța de rezistență cuprinde coeziunea totală pe suprafața de alunecare critică, rezultanta presiunii normale pe suprafața de alunecare și frecarea pe care aceasta o poate dezvolta. Este evident că în analiza de stabilitate a unui taluz ar trebui să

se ia în considerare valorile cele mai mici ale rezistenței la forfecare a rocilor, pentru a se putea obține o evaluare cantitativă cât mai acoperitoare a stabilității, dar aceasta este în defavoarea aspectelor economice și, din acest motiv, în analizele de stabilitate trebuie să se țină seama de importanța lucrării, de pericolul social pe care îl reprezintă, de efectele asupra mediului etc.

Principalele obiective ale analizelor de stabilitate sunt prezentate în figura nr. 2.3.

Obiectivele principale ale unei analize de stabilitate

- evaluarea posibilității ca taluzul să fie implicat într-un fenomen de alunecare;
- evaluarea stabilității diferitelor tipuri de taluzuri artificiale în diferite condiții de solicitare sau stadii de construcție;
- analiza stabilității corpului alunecător, pentru a înțelege mecanismele care au determinat cedarea taluzului (retroanaliza);
- evaluarea efectelor lucrărilor de modelare asupra stabilității;
- evaluarea efectelor de solicitare dinamică, cum ar fi acelea exercitate de un seism;
- înțelegerea evoluției formelor naturale evidențiate de analizele morfologice.

Fig. nr. 2.3 Obiectivele analizelor de stabilitate

Metodele de analiză a stabilității taluzurilor și versanților se grupează în două categorii:

- ✓ metode care iau în considerare starea de echilibru limită pe o anumită suprafață netă de desprindere din masiv. În acest caz, masa alunecătoare este considerată rigidă, iar interacțiunea dintre ea și restul masivului este realizată prin intermediul forțelor care se manifestă pe suprafața de alunecare. În majoritatea cazurilor, se consideră că taluzurile alunecă după o suprafață cilindrico-circulară, dar trebuie luate în calcul și cazurile particulare care se referă la existența unor suprafețe preexistente de alunecare, de tipul suprafețelor de minimă rezistență.
- ✓ metode care nu presupun apriori o suprafață de alunecare și care iau în considerare starea de eforturi și deformații din masiv și interacțiunea acestuia cu rezistența rocilor. Astfel de metode pot modela într-o oarecare măsură comportarea masivului și pot pune în evidență, dacă este cazul, zonele periculoase în care pot începe procese de cedare plastică.

Cele mai utilizate metode de analiză a stabilității taluzurilor sunt metodele care iau în considerare starea de echilibru limită pe o suprafață de alunecare și care au o îndelungată perioadă de aplicare și verificare în practică. În funcție de modul în care consideră masa alunecătoare, aceste metode pot fi grupate astfel:

- ✓ metode care consideră masa alunecătoare un întreg (metodele suprafețelor de alunecare plane, metoda cercului de fricțiune, metoda spiralei logaritmice);
- ✓ metode care acceptă împărțirea masei care alunecă în fâșii verticale, ceea ce permite luarea în considerare a unor geometrii variate și condiții complexe de solicitare (metodele lui Fellenius, Maslov-Berer, Janbu, Bishop etc.)

Metodele de analiză bazate pe starea de echilibru limită presupun verificarea condițiilor impuse pentru stabilitatea maselor ce constituie un taluz, în particular pentru echilibrul forțelor sau momentelor. Metodele bazate pe criterii similare prevăd, în linii mari, modelarea versantului analizat, definirea stării de încărcare și adoptarea unui criteriu de rupere. În consecință, aceste analize depind în mod determinant de tipul modelului adoptat și de proprietățile fizico-mecanice atribuite materialelor.

Alunecările se pot produce după diferite mecanisme și pot fi caracterizate de o suprafață de alunecare bine definită (plană, cilindrico-circulară, poligonală sau compusă) pe care se poate realiza o analiză după metoda echilibrului limită.

2.1.2 Studii premergătoare analizelor de stabilitate

După efectuarea studiilor geologice, morfologice și geotehnice și după analizarea situației stratigrafice, structurale și geomorfologice locale, trebuie verificate ipotezele formulate și colectate alte informații indispensabile, care pot fi obținute numai în urma unei serii adecvate de cercetări de tip direct și indirect, cercetări cărora li se poate asocia un sistem de control automat al variațiilor unor parametri esențiali, cum ar fi deplasările relative ale reperelor, oscilațiile eventualelor structuri acvifere sau debitele forajelor sau cursurilor de apă.

Cercetărilor directe asupra terenului (topografia) și în profunzime (sondaje mecanice) și celor indirecte (metode geofizice) li se asociază cercetări "in situ" (penetrometrie, piezometrie, măsurări înclinometrice și extensometrice etc.) și analize geotehnice de laborator ale probelor netulburate prelevate în timpul sondajelor mecanice, pentru a defini caracteristicile fizice și parametrii mecanici ce caracterizează rocile înconjurătoare și materialul alunecat.

Cunoașterea condițiilor de subsol trebuie realizată pe baza rezultatelor finale ale cercetărilor, utilizând în acest scop mijloace adecvate. Cu titlu orientativ, în figura nr. 2.4 se propun principalele mijloace de cercetare pentru cunoașterea generală a subsolului.

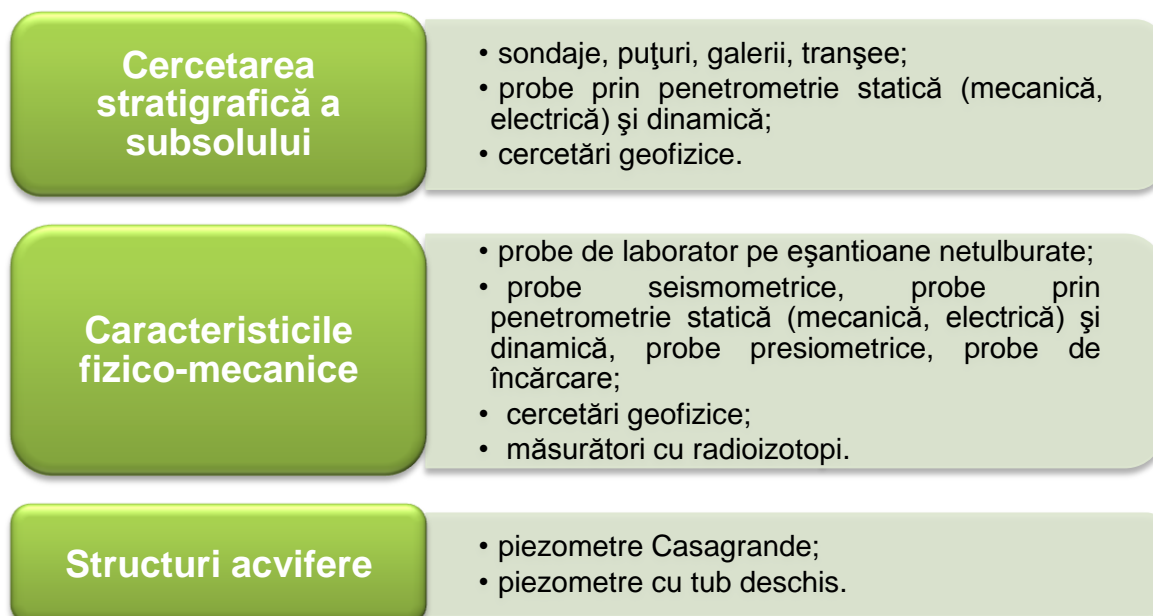


Fig. nr. 2.4 Mijloace de cercetare a subsolului

În cazul alunecării taluzurilor și versanților este necesar să se cunoască geometria masei în mișcare, poziția suprafeței sau suprafețelor de alunecare, precum și condițiile relative ale materialului în mișcare și ale zonei înconjurătoare [A.1].

După stabilirea clară a aspectelor geologice și geomorfologice ale zonei studiate și după definirea geometriei taluzului și a zonei de alunecare, se poate trece la analizarea datelor determinate "in situ" și în laborator, pentru a ajunge la o caracterizare geotehnică a materialelor implicate în fenomenul de alunecare. Aceste analize sunt necesare pentru a determina cinematica, greutatea, coeziunea, unghiul de frecare interioară, efectul apei subterane, presiunile litostatice, deformațiile și suprafața de alunecare ale materialelor alunecate și ale rocilor înconjurătoare.

Aceste elemente, corelate din punct de vedere geologic (de tip calitativ) și al mecanicii rocilor și a pământurilor (de tip cantitativ), permit definirea parametrilor semnificativi și a modului în funcție de care s-a produs deranjarea echilibrului natural, determinând apariția fenomenului de alunecare. Trebuie să se țină seama de faptul că, de obicei, cercetările se realizează după producerea alunecării și că, în aceste condiții, valorile rezistențelor la solicitările din momentul declanșării alunecării nu pot fi determinate direct, ele fiind deduse. În general, se recurge la verificarea ulterioară, considerând

factorul de stabilitate egal cu unitatea și determinând astfel valorile medii ale rezistenței de-a lungul suprafeței de alunecare pentru a putea evalua condițiile de stabilitate prezente și viitoare ale unui taluz sau versant.

Estimarea cantitativă în ceea ce privește fenomenele naturale, extrem de complexe, date fiind cauzele și modalitățile de producere, în care sunt implicate materiale naturale cu un comportament mecanic extrem de variat în spațiu și timp, nu poate fi absolută. De altfel, este general recunoscută dificultatea de reducere a situațiilor naturale complexe la modelele simple pe care le reclamă tratarea analitică.

Pe baza acestor considerații se realizează programul de cercetare "in situ" și în laborator pe probe netulburate, prelevate pe parcursul sondajelor mecanice sau pe probe reconstituite, pentru definirea corectă a condițiilor naturale și caracterizarea cantitativă a parametrilor necesari în evaluarea analitică. În linii mari, probele de laborator urmăresc determinarea unor proprietăți cum ar fi: granulometria, limitele și indicii de consistență, greutatea specifică, greutatea volumetrică, porozitatea, umiditatea naturală și gradul de saturație, în timp ce pentru cunoașterea caracteristicilor mecanice sau a comportamentului hidraulic se pot realiza următoarele probe: compresiune monoaxială, rezistența la forfecare în stare drenată și nedrenată, deformabilitatea, consolidarea, permeabilitatea.

Alegerea tipurilor de probe depinde de caracteristicile materialelor de analizat și de scopul cercetărilor. Probele "in situ" se referă la penetrometrie statică și dinamică, dilatometrie, seismometrie, suprasolicitări, permeabilitate și conduc la definirea rezistenței, a densității relative, a unghiului de frecare interioară, a coeziunii în stare nedrenată, a coeficientului de permeabilitate, a vitezei undelor seismice, a gradului de fracturare și de alterare, a modulului de elasticitate etc.

Pentru analizarea stabilității taluzurilor trebuie luați în considerare următorii factori:

- ✓ condițiile geologice, în special stratigrafia și tectonica;
- ✓ caracteristicile geotehnice ale rocilor;
- ✓ condițiile hidrogeologice;
- ✓ prezența suprasarcinilor în apropierea taluzurilor;
- ✓ parametrii geometrici (înălțimea și înclinarea taluzurilor).

În cazul taluzurilor artificiale, geometria acestora este determinată de rezerva de stabilitate care se impune în funcție de dimensiunile, importanța și durata de rămânere pe loc a acestora. Dacă un taluz este foarte înclinat, este posibilă declanșarea alunecărilor, care se pot produce, în principal, după cum urmează:

- ✓ alunecări după suprafețe impuse (de cele mai multe ori alunecarea se produce prin rotație, iar suprafețele sunt circulare), care pot afecta numai taluzul sau atât taluzul, cât și terenul de bază;
- ✓ alunecări după suprafețe de alunecare preexistente, când alunecarea se produce de cele mai multe ori prin translație.

În primul caz, suprafața de alunecare se formează în zonele în care rezistența rocilor este minimă, iar în cazul al doilea, rezistența redusă a rocilor se datorează structurii geologice (suprafețe de contact între strate, discontinuități de sedimentare, falii, suprafețe de contact între depozitele de steril și terenul de bază etc.).

2.2 Cercetări privind stabilitatea haldelor de steril utilizând metode clasice

Metodele clasice de analiză a stabilității acceptă o suprafață de alunecare circulară, iar prismul de alunecare este împărțit în fâșii verticale. Stabilitatea taluzurilor este analizată în ipoteza echilibrului limită între forțele active și cele pasive (figura nr. 2.5), iar în final se determină poziția suprafeței critice de alunecare, căreia îi corespunde valoarea minimă a factorului de stabilitate.

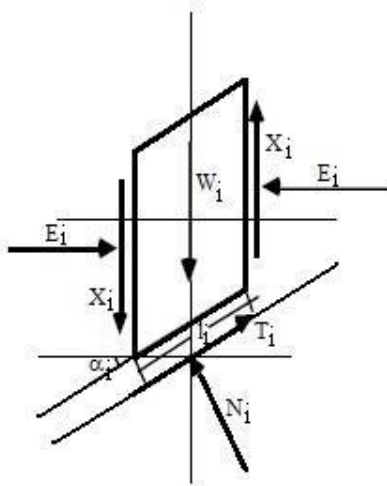


Fig. nr. 2.5 Forțele care acționează asupra unei fâșii

Soluția numerică pentru factorul de stabilitate după Fellenius [B.17] este dată, în ipoteza că forțele care se manifestă la limita dintre două fâșii (E_i și X_i) sunt nule, de expresia:

$$F_s = \frac{\sum_1^n c \cdot l_i + \sum_1^n W_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\sum_1^n W_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (2.1)$$

Metoda lui simplificată a lui Janbu ține seama de forțele de forfecare și prevede utilizarea unui coeficient de corecție, în funcție de tipul rocilor. Factorul de stabilitate este determinat cu relația:

$$F_s = \frac{\sum_1^n c_i \cdot b_i + \left(\frac{N_i}{\cos \alpha_i - u_i \cdot b_i} \right) \operatorname{tg} \varphi_i}{\sum_1^n W_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i} \quad (2.2)$$

în care N_i este dat de expresia:

$$N_i = \frac{\left(W_i - \frac{c_i \cdot l_i \cdot \sin \alpha_i}{F} + \frac{u_i \cdot l_i \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha_i}{F} \right)}{m} \quad (2.3)$$

unde:

$$m = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{F} \quad (2.4)$$

α_i – înclinarea față de orizontală;

W_i – greutatea proprie a fâșiei;

Metoda lui Bishop [B.5, B.6] neglijează forțele de forfecare dintre fâșii și consideră o poziție arbitrară a rezultatelor forțelor normale. Această metodă se recomandă în special pentru suprafețe de alunecare circulare. Factorul de stabilitate se exprimă prin relația:

$$F_s = \frac{\sum_1^n \frac{c_i \cdot b_i + \left(\frac{N_i}{\cos \alpha_i} - u_i \cdot b_i \right) \operatorname{tg} \theta_i}{m}}{\sum_1^n W_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (2.5)$$

unde m se determină cu relația:

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i \quad (2.6)$$

În cazul metodelor Janbu [B.32] și Bishop, ecuațiile se rezolvă prin aproximări succesive, pornind de la o valoare inițială a lui F și efectuarea mai multor iterații, până când valoarea calculată coincide cu cea inițială.

Semnificațiile notațiilor din relațiile de calcul și din figură sunt:

W_i – greutatea proprie a fâșiei;	n – numărul fâșiilor considerate;
N_i – componenta normală a greutateii;	b_i – lățimea fâșiei;
T_i – componenta tangențială a greutateii;	c_i – coeziunea rocilor;
E_i – forțe orizontale transmise de fâșiile vecine;	φ_i – unghiul de frecare interioară;
X_i – forțe verticale între fâșiile vecine;	α_i – înclinarea fâșiei față de orizontală;
u_i – presiunea hidrostatică de-a lungul fâșiei;	l_i – lungimea fâșiei.

Deși metoda lui Fellenius neglijează forțele care se manifestă între fâșii, este cea mai simplă metodă de calcul al factorului de stabilitate. Conduce la valori mai reduse ale factorului de stabilitate decât cele obținute prin celelalte două metode, și nu se recomandă în cazul taluzurilor cu înclinare mică și cu presiuni mari ale apei din pori. Metoda lui Bishop este aplicabilă numai pentru suprafețe de alunecare circulare și satisface condițiile de echilibru vertical și al momentelor în ansamblu. Metoda lui Janbu este bazată pe echilibrul forțelor, este mai flexibilă și conduce la valori mai mici ale factorului de stabilitate decât cele calculate cu metoda lui Bishop [B.1].

2.2.1 Halda Valea Rogoazelor – cariera Roșiuța

Conform proiectului inițial, pentru halda Valea Rogoazelor s-a prevăzut pentru un volum de înmagazinare de 54,5 milioane m^3 , pe o suprafață de 189,25 ha, urmând ca la finalul activității de depozitare, halda să aibă o înălțime de 140 m și unghi general de taluz de 6° . Halda a fost pusă în funcțiune în anul 1985 și ocupă partea superioară a văii cu același nume, care inițial a fost acoperită cu pădure în cea mai mare parte, ceea ce i-a asigurat un grad ridicat de stabilitate (figura nr. 2.6).

Ulterior, prin defrișarea pădurii, s-a redus semnificativ gradul de stabilitate al versanților văii. Din punct de vedere morfologic, Valea Rogoazelor era o vale largă care adună mai multe pâraie, cu regim permanent sau nepermanent de apă. De la începerea lucrărilor până în momentul încetării activității, în haldă s-au produs mai multe fenomene geominiere negative, dintre care se menționează trei alunecări care au pus în mișcare volume de steril importante, produse în anii 2001, 2004 și 2006 (figura nr. 2.7) [A.10], [A.13].

Halda a funcționat până în anul 2006, când a fost afectată de o alunecare majoră și s-a impus întreruperea activității de haldare. În intervalul 1985 – 2006, în această haldă s-au depozitat cca. 51 milioane m^3 , în 6 – 8 trepte, cu o înălțime totală de 120 m și un unghi general de taluz cuprins între $4 - 8^\circ$.

Alunecarea din septembrie 2001 s-a produs de-a lungul văii principale, pe o lungime de cca. 1000 m, afectând 26 ha din suprafața haldei. Cauzele acestei alunecări sunt legate de prezența apei în corpul haldei, fiind identificate ca și căi de pătrundere a apei în haldă zonele de înfrățire a haldei cu versanții naturali, izvoarele din fundamentul haldei și acumulările de apă din zonele denivelate, în urma unor precipitații abundente.

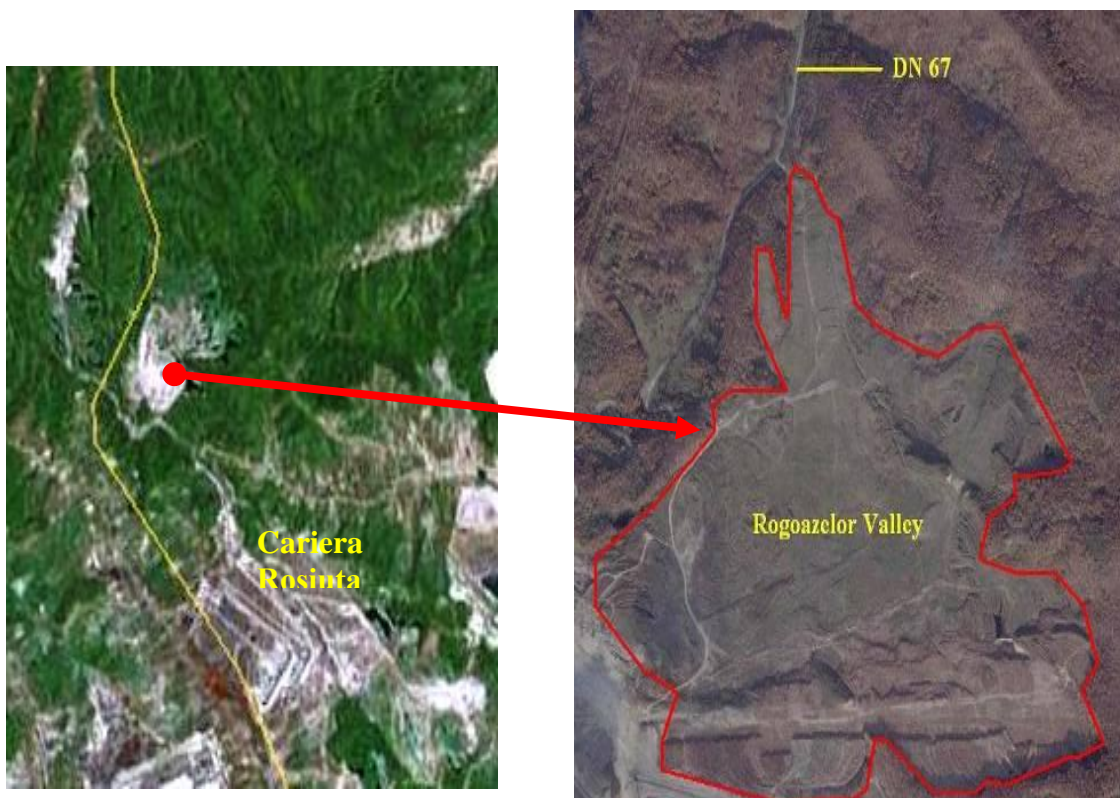


Fig. nr. 2.6 Amplasarea haldei Valea Rogoazelor

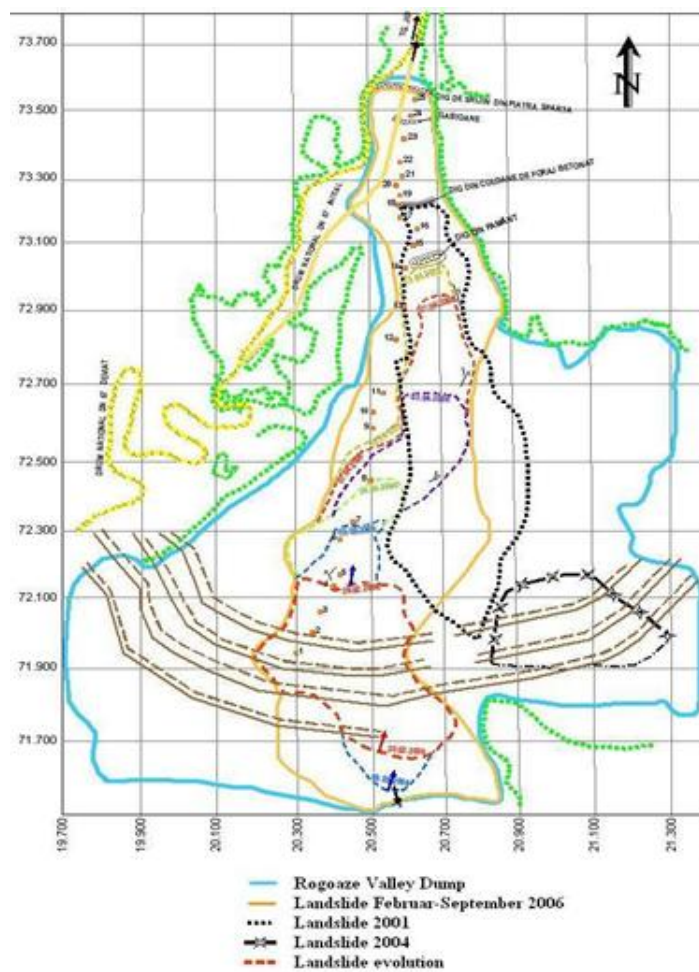


Fig. nr. 2.7 Alunecări în halda Valea Rogoazelor – cariera Roșiua

Ca măsuri adoptate pentru diminuarea influenței apei asupra stabilității, se menționează: executarea unor canale de contur ca lucrări pentru izolarea suprafeței finale a haldei de afluxul de apă de suprafață din exterior; lucrări pentru preluarea și transferul apelor de suprafață din zona din amonte în zona din aval a haldei; lucrări pentru drenarea apei de pe suprafețele provizorii și finale ale haldei, cât și lucrări pentru coborârea nivelului piezometric din corpul haldei (drenuri orizontale și foraje de drenaj); lucrări de scarificare pentru realizarea conlucrării materialului haldat cu terenul de fundament; lucrări de nivelare și compactare a treptelor, taluzurilor și suprafețelor finale.

După alunecarea din anul 2001, în halda Valea Rogoazelor s-a continuat depunerea sterilului, executându-se în paralel următoarele lucrări de îmbunătățire a condițiilor de stabilitate: consolidarea zonei de la piciorul haldei prin executarea unui pinten de pământ și a unui zid de sprijin din coloane tubate cu diametrul de 508 mm și lungimea de 17 m, din care 3 m reprezintă coloana de alungire de la suprafața terenului; executarea a 6 foraje de hidroobservație pentru monitorizarea nivelului apei din corpul haldei și evacuarea acesteia prin pompare; nivelarea sistematică a depunerilor de steril și respectarea elementelor geometrice proiectate.

Alunecarea din mai 2004 (figura nr. 2.7), a avut o amploare mai mică față de cea din 2001, afectând cca. 9,5 ha din suprafața haldei. Efectele acestei alunecări au fost eliminate prin lucrări de regeometrizare și amenajare cu utilaje clasice. Cauzele acestei alunecări au fost legate de înrăutățirea caracteristicilor geotehnice ale rocilor haldate, ca urmare a prezenței apei din pori. Pentru urmărirea nivelului apei din corpul haldei s-au mai executat încă 6 foraje de hidroobservație. Până la producerea următoarei alunecări, nu au fost semnalate deformații care ar fi putut indica alte fenomene de instabilitate (fisuri, crăpături, scufundări sau deplasări ale forajelor).

Alunecarea din februarie 2006 s-a produs în condițiile unor precipitații abundente și de durată (cu valori maxime de 56 mm în 24 h). Ca urmare, s-a produs o alunecare majoră, prin desprinderea bruscă a treptei superioare de la cota +350, afectând o suprafață de 17,6 ha (figura nr. 2.7). Imediat după producerea alunecării, s-a încercat stoparea acesteia prin intervenții de amenajare cu utilaje clasice, însă precipitațiile abundente nu au permis executarea lucrărilor necesare, astfel că apa din precipitații s-a infiltrat în corpul haldei pe traiectul fisurilor și crăpăturilor formate, și s-a accelerat viteza de alunecare la câteva zeci de metri pe zi, pe direcția firului văii. Mișcarea haldei a continuat în luna aprilie, când a fost reactivată și alunecarea din septembrie 2001, iar la începutul lunii mai a fost depășit zidul de sprijin de la baza haldei, astfel că a fost distrus și blocat drumul național DN 67.

Alunecarea s-a extins pe cca. 600 m lățime și 2200 m lungime, iar suprafața afectată de alunecare a ajuns la aproximativ 75 ha. Ținând seama de volumul de material antrenat, de diferența dintre cota de desprindere și cota de extindere, de aspectul și poziția suprafețelor de desprindere, s-a considerat că suprafața de alunecare a afectat și fundamentul haldei. Producerea acestei alunecări de mari dimensiuni a condus la sistarea lucrărilor de haldare.

2.2.1.1 Caracterizarea materialului haldat

Structura rocilor din haldă depinde de structura formațiunilor geologice care constituie coperta și intercalațiile sterile [A.10], [A.13]. Ponderea diferitelor formațiuni geologice în amestecul de material haldat este următoarea:

- roci foarte coezive (lutoase) – 10,4%;
- roci coezive (argiloase) – 69,4%;
- roci slab coezive (argilo-nisipoase și prăfoase) – 20,2%.

În cele mai multe cazuri este vorba despre un amestec neomogen de roci, iar această neomogenitate se poate manifesta atât de-a lungul treptelor de haldă sau pe direcția acestora, cât și în structura fiecărei trepte. În consecință având în vedere heterogenitatea materialului depozitat, la care se adaugă variațiile granulometrice ale materialului excavat sau variațiile de umiditate a rocilor din coperta zăcământului, în special în perioadele cu precipitații abundente, comportarea materialului haldat este total necontrolabilă. Au fost identificate în corpul haldei zone cu grad mare de afânare a rocilor, dar și zone mai compacte cu un coeficient de tasare ridicat.

Primele zone sunt dispuse la tasări neuniforme și la o infiltrare ușoară a apelor din precipitații, ape care contribuie la modificarea stărilor de consistență a rocilor, și mai grav decât

atât, la formarea unor zone acvifere în care este posibilă manifestarea presiunii apei din pori și chiar a unei presiuni hidrodinamice.

În zonele cu o compactare mai bună a materialului haldat, dar mai ales în prezența argilelor s-a constatat prezența apei legată fizic (absorbită sau adsorbită), care nu generează presiuni hidrostatice sau hidrodinamice, dar care modifică caracteristicile de rezistență a rocilor, astfel încât uneori rocile respective nu mai fac față diferitelor stări de solicitare. Zonele menționate sunt zone de cedare plastică, iar cedările plastice reprezintă faze premergătoare alunecărilor.

2.2.1.2 Caracteristicile geotehnice și hidrogeologice ale rocilor haldate

Pentru studierea caracteristicilor geotehnice ale rocilor haldate, s-au executat 3 foraje geotehnice a căror amplasare a vizat în principal direcțiile după care s-au produs alunecările [A.21]. Adâncimea forajelor a fost dependentă de posibilitățile de execuție ale acestora, fiind în general până la 20 m. Aceste adâncimi nu au oferit posibilitatea de prelevare a probelor pe toată înălțimea haldei și nici posibilitatea de a preleva probe din fundament. Probele au fost prelevate în ștuțuri, iar prelevarea acestora a vizat evidențierea diferitelor amestecuri de roci ce intră în structura haldei.

Pentru fiecare foraj s-au prelevat 3 - 5 ștuțuri, la care s-au mai adăugat 1 - 3 probe tulburate. Determinarea caracteristicilor fizico-mecanice s-a efectuat în conformitate cu STAS-urile în vigoare, utilizând în acest scop aparatură adecvată și verificată din punct de vedere metrologic. Astfel, au fost determinate porozitatea, umiditatea, greutatea volumetrică, precum și caracteristicile de rezistență a materialului prelevat în cele trei foraje. Rezultatele cercetărilor geotehnice efectuate în laborator sunt redată în tabelul nr. 2.1.

Tab. nr. 2.1 Proprietățile fizico-mecanice ale materialului din haldă

Adâncimea forajului	Porozitatea n	Umiditatea w	Greutatea volumetrică γ_v	Rezistența la forfecare	
				Coeziunea c	Unghiul de frecare interioară φ
m	%	%	kN/m ³	kN/m ²	grade
<i>Forajul 1</i>					
0-3,0	48,37	34,69	18,15	14	16
4,50-5,30	44,79	31,42	18,32	13	17
7,0-8,0	44,65	27,64	18,93	18	18
8,50-11	44,04	26,09	18,98	21	19
11-15,3	42,33	25,05	18,88	31	16
15,3-20	42,27	23,68	19,37	20	17
<i>Forajul 2</i>					
0-1,30	48,04	26,40	18,85	37	14
1,30-5,3	48,19	32,76	18,06	29	10
5,3-9,0	45,78	29,94	18,83	28	14
9,0-17,7	45,70	27,71	18,55	26	18
17,7-20	44,93	26,14	18,58	20	22
<i>Forajul 3</i>					
0-5,6	43,14	27,40	19,10	30	22
5,6-9,0	42,9	16,50	17,80	39	19
9,0-16,4	45,38	26,92	18,64	41	21
16,4-21	42,51	25,68	19,0	32	18

Din punct de vedere granulometric și chiar litologic, amestecul de roci haldate reflectă structura rocilor din coperta zăcământului exploatat în cariera Roșiua, cu o pondere ridicată a particulelor cu dimensiuni sub 0,05 mm, ceea ce denotă o structură predominant pelitică în care s-a constatat prezența apei legate fizic.

Umiditatea probelor prelevate este ridicată, ceea ce se explică atât prin capacitatea mare de reținere a apei de către rocile argiloase, cât și prin perioada cu precipitații frecvente în care s-au executat forajele (nov. – dec. 2007).

Greutatea specifică are domenii de variație restrânse, ceea ce reflectă o omogenitate destul de mare a materialului din punct de vedere al structurii și chiar din punct de vedere al compactării. Valori mai reduse se constată în cazul probelor nisipoase (nisip prăfos) caracterizate de o umiditate mai redusă. Porozitatea rocilor haldate (n) este cuprinsă între 42 - 48% și indică o capacitate mare de înmagazinare a apei în porii rocilor haldate, iar cifra porilor, $\varepsilon = 0,73 - 0,93$, indică tasări moderate.

Coeficienții de permeabilitate și de filtrare determinați în laborator arată că rocile argiloase sunt slab permeabile și au capacitate mare de reținere a apei. Valorile coeficientului de filtrare pentru rocile argilo-nisipoase sau prăfoase variază între $2,4 \cdot 10^{-5}$ și $1,045 \cdot 10^{-2}$ cm/s pentru halda Valea Rogoazelor. În cazul nisipurilor argiloase sau prăfoase s-au determinat valori ceva mai mari, dar totuși reduse ($k_f = 5,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s), astfel că rocile pot fi încadrate în categoria rocilor slab permeabile, ceea ce conduce la concluzia că eventualele lucrări de drenare a apelor din structura haldelor cu ajutorul forajelor verticale este ineficientă, atât ca debite posibil de realizat cât și ca extindere a zonelor depresionare.

Caracteristicile fizice ale rocilor haldate și natura acestora indică faptul că rocile identificate sunt predispușe la fenomene tixotropice și de lichiefiere.

Rezistențele la forfecare plan pe plan ale probelor prelevate din foraje au valori reduse și depind de natura litologică a probei și de umiditatea materialului. Coeziunea rocilor argiloase variază între 13 - 41 kN/m² iar unghiul de frecare interioară între 10 – 22°. Limitele de variație ale acestor caracteristici reflectă dependența acestora de consistența rocilor, de gradul de consolidare și de prezența apei absorbite sau adsorbite în structura rocilor haldate.

Valorile diferite ale coeziunii și unghiului de frecare interioară în limitele aceluiași foraj geotehnic și mai ales prezența unor valori reduse pentru anumite intervale demonstrează, pe de o parte, neomogenitatea structurală a materialului, iar pe de altă parte, prezența unor zone de minimă rezistență în care se creează stări de tensiune ce pot cauza deformații ireversibile ale rocilor haldate. Aceste zone pot fi definite ca zone de cedare plastică a rocilor argiloase sub influența greutateii materialului haldat. Evitarea formării lor în corpul haldelor poate fi realizată numai printr-o conducere riguroasă a procesului de haldare, care să asigure o omogenitate și o compactare mai bună a materialului haldat în scopul consolidării în timp a acestuia. Actualele determinări ale caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor haldate confirmă și completează determinările efectuate anterior, iar determinarea permeabilității rocilor haldate asigură cunoașterea comportării acestora în condițiile prezenței apei gravifice în masa lor.

2.2.1.3 Stabilitatea treptelor de haldă individuale

Analizele de stabilitate au vizat verificarea condițiilor de stabilitate a treptelor de haldă, pentru geometria proiectată și cea realizată, luând în considerare influența apei din pori asupra stabilității, precum și stabilirea elementelor geometrice care asigură stabilitatea [A.21]. Pentru analizarea stabilității au fost luate în considerare următoarele elemente:

- natura rocilor depozitate în haldele analizate;
- caracteristicile geotehnice ale rocilor;
- condițiile hidrogeologice;
- parametrii geometrici (înălțimea și înclinarea taluzurilor).

Pentru analizele de stabilitate a treptelor individuale, s-a pornit de la elementele geometrice prevăzute de proiectant și de la elementele geometrice realizate în cadrul activității de haldare (tabelul nr. 2.2).

Tab. nr. 2.2 Elemente geometrice ale haldelor carierei Roșița

Specificație	Înălțime treaptă h (m)	Unghi de taluz α (grade)		Înălțime haldă H (m)		Unghi de taluz general α_{gen} (grade)	
		Proiectat	Realizat	Proiectat	Realizat	Proiectat	Realizat
Halda Valea Rogoazelor	15	26	38	140	80	6	4

Una dintre problemele majore ale unei analize de stabilitate, în special în cazul haldelor de steril, este legată de alegerea parametrilor fizici și mecanici ai amestecului de roci. În scopul obținerii unor rezultate cât mai credibile, valorile determinate în laborator pentru coeziune și unghiul de frecare interioară au fost prelucrate statistic (tabelul nr. 2.3), fiind luate în considerare două seturi de valori, respective cele minime și cele corespunzătoare lui $M-\sigma$, astfel încât analiza să pună în evidență problemele de stabilitate care pot să apară în condițiile înrăutățirii caracteristicilor de rezistență mecanică a materialului haldat (ceea ce este foarte probabil, având în vedere prezența apei în corpul haldei).

Tab. nr. 2.3 Rezultatele prelucrării statistice

	c	φ
Media	26,6	17,4
Max.	41	22
Min.	13	10
Modul	20	18
Mediana	28	18
Abaterea medie pătratică	8,76	3,20
$M-\sigma$	17,84	14,20
$M+\sigma$	35,36	20,60

Analizele de stabilitate au fost efectuate cu ajutorul unui soft specializat pe probleme de geotehnică (SLOPE produs de firma GeoStru), iar rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 2.4 și în figurile nr. 2.8 și 2.9 .

Tab. nr. 2.4 Rezultatele analizei de stabilitate pentru treptele individuale

		h (m)	α (grade)	c (kN/m ²)	φ (grade)	Factorul de stabilitate Fs		
						Fellenius	Janbu	Bishop
Geometrie proiectată	Val. minime	15	26	13	10	0,83	0,96	0,89
	Val. pt. $M-\sigma$	15	26	17	14	1,13	1,32	1,21
Geometrie realizată	Val. minime	15	38	13	10	0,66	0,78	0,69
	Val. pt. $M-\sigma$	15	38	17	14	0,89	1,06	0,94
Geometrie stabilă	Val. $M-\sigma$	15	20	17	14	1,14	1,22	1,22

Pentru verificarea posibilității de supraînălțare a haldei, s-au realizat analize de stabilitate pentru geometria actuală a haldei, precum și pentru variantele de supraînălțare cu una, respectiv două trepte. Ținând seama de înălțimea și volumul mare de roci depozitate, s-au luat în considerare valorile minime ale caracteristicilor de rezistență ale rocilor și s-a ținut seama de presiunea apei din pori, rezultatele fiind prezentate în tabelul nr. 2.5, respectiv în figura nr. 2.10.

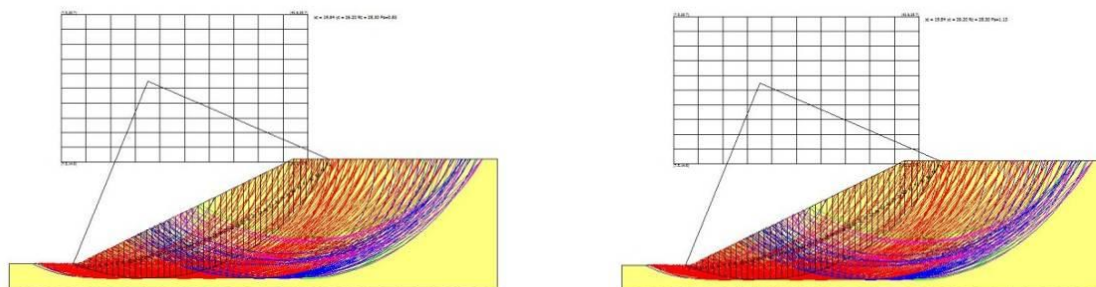


Fig. nr. 2.8 Analize de stabilitate pentru geometria proiectată

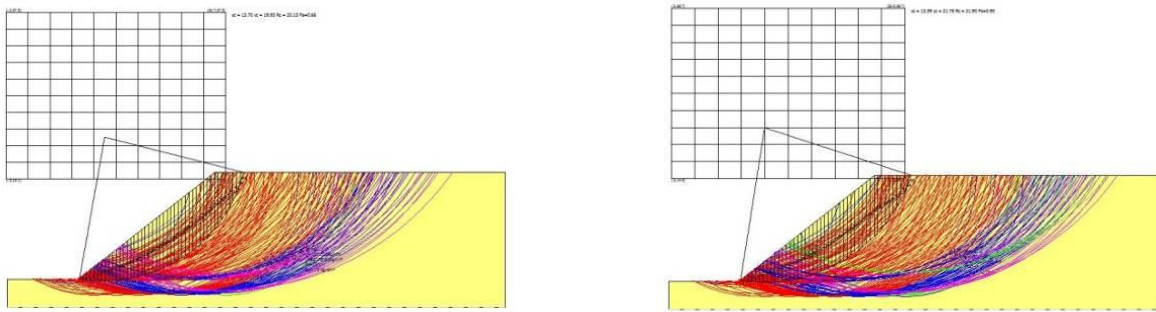
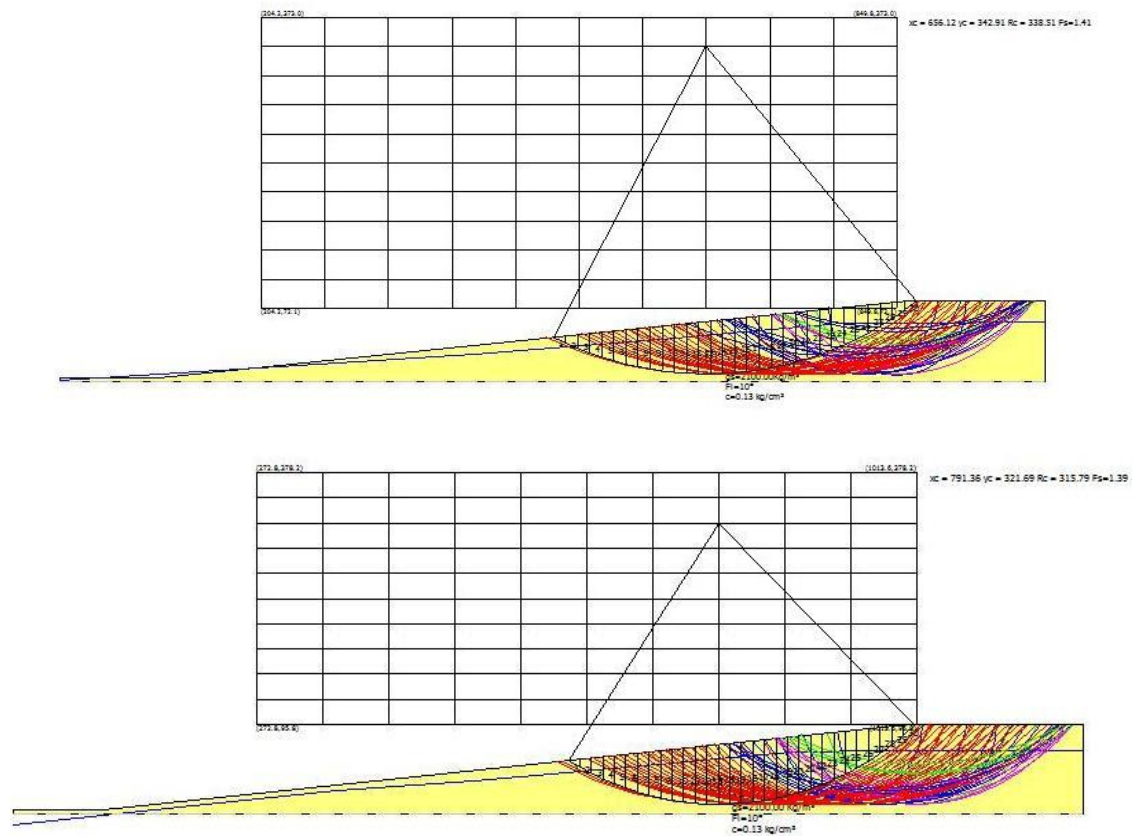


Fig. nr. 2.9 Analize de stabilitate pentru geometria realizată

Tab. nr. 2.5 Rezultatele analizei de stabilitate pentru ansamblul haldei

	h (m)	α (grade)	c (kN/m ²)	ϕ (grade)	Factorul de stabilitate Fs		
					Fellenius	Janbu	Bishop
Geometrie actuală	80	6	13	10	1,41	1,73	1,53
Supraînălțare cu 1 treaptă	95	13	10	1,39	1,73	1,56	
Supraînălțare cu 2 trepte	110	6	13	10	1,33	1,66	1,49



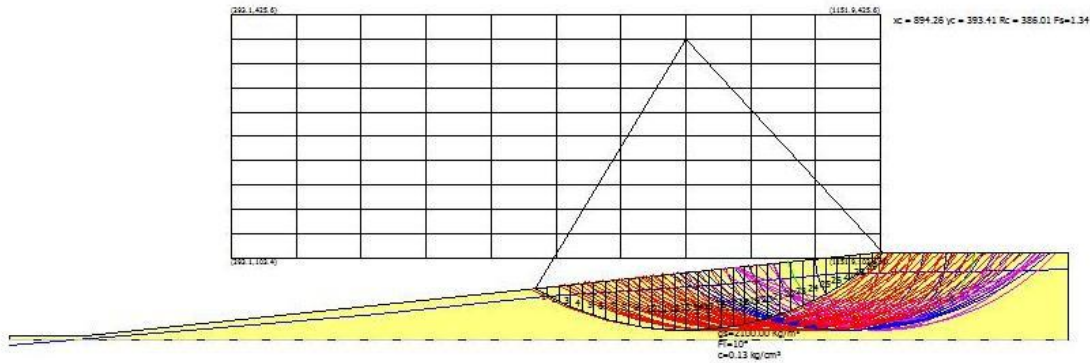


Fig. nr. 2.10 Analize de stabilitate în vederea supraînălțării haldei

Din rezultatele analizelor de stabilitate efectuate se pot desprinde următoarele concluzii:

- ✓ În condițiile atingerii valorilor minime ale caracteristicilor de rezistență mecanică a rocilor haldate (care apar, în general, în perioadele cu precipitații abundente și/sau de durată sau în perioadele de topire a zăpezilor), treptele individuale de haldă cu geometria proiectată devin instabile.
- ✓ Geometria treptelor realizate prin depunere este defavorabilă stabilității la valori minime ale coeziunii și unghiului de frecare interioară, coeficienții de stabilitate având valori în jur de 0,66 – 0,78. Existența unui anumit grad de stabilitate al treptelor se explică prin faptul că astfel de zone au extindere locală, iar proprietățile de rezistență a rocilor se modifică în funcție de prezența apei în haldă.
- ✓ Ținându-se seama de unghiul de taluz natural al rocilor haldate și de tehnologia utilizată pentru depunere, este eficientă menținerea unui unghi de taluz cu valoare mai ridicată. Pentru păstrarea unui unghi de taluz de 35 – 38° și pentru asigurarea unei rezerve de stabilitate de 10 – 15% (suficientă pentru treptele de haldă individuale, care au o durată relativ redusă de rămânere pe loc), se impune menținerea caracteristicilor de rezistență a amestecului de roci haldate la valori mai ridicate, respectiv $c = 20 \text{ kN/m}^2$ și $\varphi = 14^\circ$. Astfel de valori sunt caracteristice rocilor din halda analizată și pot fi păstrate prin măsuri specifice de împiedicare a pătrunderii apei în corpul haldei (compactare, nivelare), coroborate cu măsuri de monitorizare a nivelului apei.
- ✓ Elementele geometrice care asigură stabilitatea necesară treptelor de haldă individuale, chiar la valori reduse ale caracteristicilor fizico-mecanice, sunt $h = 15 \text{ m}$, respectiv $\alpha = 20^\circ$.
- ✓ Suprafața de alunecare critică nu delimitează volume foarte mari de masă alunecătoare, însă alunecările treptelor individuale pot genera solicitări statice și dinamice care pot modifica echilibrul întregului sistem de trepte.
- ✓ După ultima alunecare produsă în 2006 și după lucrările de nivelare executate, halda s-a stabilizat, iar în condițiile supraînălțării își menține stabilitatea. Ceea ce se poate observa din analizele de stabilitate efectuate, este faptul că înrăutățirea caracteristicilor de rezistență a rocilor poate genera o alunecare a haldei în partea superioară, caz în care suprafața de alunecare afectează halda pe aproape toată înălțimea.

2.2.2 Halda Valea Bujorăscu Mic – cariera Roșița

Este a treia haldă exterioară a carierei Roșița, pusă în funcțiune în anul 1992. Se află la vest de halda valea Rogoazelor, respectiv de drumul național DN 67 Tg. Jiu – Drobeta Turnu Severin și ocupă peste 75% din suprafața văii Bujorăscu Mic, în general partea superioară a văii. Distanța medie de transport de la carieră la această haldă este de 6 km, iar sterilul este transportat pe un circuit de benzi. Valea Bujorăscu Mic este o vale caracteristică zonelor de deal, vale cu panta versanților laterali ce depășește 10° , iar panta de-a lungul văii este de 5° . La începerea depunerilor, valea era acoperită cu pădure, arboret și stufăriș, vegetație care a contribuit la asigurarea unei stabilități relativ bune. În faza inițială a construirii haldei s-a utilizat aceeași metodă de depunere sub nivelul de vehiculare a mașinii de haldat și cu extindere spre aval [A.5], [A13].

Halda este construită în zone cu teren accidentat, de-a lungul unor văi cu versanți afectați de alunecări mai vechi sau mai recente, dar cu potențial de alunecare. Materialul depozitat în haldă este neomogen din punct de vedere litologic, fiind un amestec de argile, argile nisipoase sau prăfoase cu nisipuri argiloase sau prăfoase, cu o structură pelito-psamitică. Structura variabilă a materialului haldat nu poate fi explorată detaliat, ca urmare a costurilor ridicate de efectuare a cercetărilor. Existența fracțiunilor granulometrice fine ($\Phi < 0,05$ mm) favorizează prezența apei legate fizic (absorbită și adsorbită) care asigură o umiditate ridicată a rocilor ($S = 0,8 - 0,96$), cu influență defavorabilă asupra caracteristicilor de rezistență a amestecului de roci haldate.

Prezența apei libere care apare în structura materialului haldat în urma precipitațiilor de durată sau primăvara, după topirea zăpezilor, poate conduce la apariția fenomenelor de lichefiere a rocilor sau amestecurilor de roci de tipul nisipurilor argiloase sau prăfoase. Influența apei se manifestă defavorabil prin creșterea greutateii volumetrice a rocilor, modificarea consistenței lor până la un domeniu critic (lichefiere – curgere), creșterea afluxului de apă și a presiunii apei din pori. Presiunea apei din pori reduce efortul unitar normal ce influențează forța de frecare, care are o pondere mai importantă în rezistența la forfecare a pământurilor, fiind mai mare decât forța de coeziune. Având în vedere faptul că rocile sterile provin tot din cariera Roșița, structura și caracteristicile fizice, mecanice și hidrogeologie sunt aproape identice cu cele din halda Valea Rogoazelor (paragrafele 2.2.1.1 și 2.2.1.2)

Analiza de stabilitate pentru halda Valea Bujorăscu Mic se referă la alunecarea ce s-a produs în luna noiembrie a anului 2007, zona analizată fiind strict zona alunecării, respectiv între cotele +305 și +265. S-a realizat, de fapt, o retroanaliză, care a urmărit determinarea variației caracteristicilor de rezistență ale rocilor, precum și a valorilor coeziunii și unghiului de frecare interioară care au favorizat declanșarea alunecării.

Pentru analizarea stabilității s-au luat în considerare elemente și parametri cum sunt: natura rocilor depozitate în haldele analizate; caracteristicile geotehnice ale rocilor; condițiile hidrogeologice; parametrii geometrici (înălțimea și înclinarea taluzurilor).

Deoarece materialul depozitat este afânat, o parte din apa provenită din precipitații se infiltrează în corpul haldei, unde, ca urmare a gradului redus de permeabilitate nu este posibilă circulația apei, aceasta fiind absorbită de argilele ce au o capacitate mare de înmagazinare. Îmbibarea materialului argilos cu apă conduce, pe de o parte, la reducerea drastică a caracteristicilor de rezistență mecanică a acestuia, iar pe de altă parte, la crearea unei presiuni în pori, care conferă apei un caracter ușor ascensional.

Analizele de stabilitate au fost efectuate utilizând soft-ul specializat GeoTecB, pentru diferite combinații ale valorilor coeziunii și unghiului de frecare interioară ale materialului haldat, care pot conduce la o serie de concluzii privind valorile parametrilor de rezistență mecanică a materialului haldat în momentul producerii alunecării (s-a lucrat pentru trei valori ale coeziunii, respectiv 4, 9 și 15 kN/m² și opt valori ale unghiului de frecare interioară, cuprinse între 3 – 10°).

Se menționează că pentru greutatea volumetrică a materialului haldat, valoarea luată în considerare în calculele de stabilitate este valoarea maximă determinată, respectiv $\gamma_v = 18$ kN/m³, reprezentând situația cea mai defavorabilă din punct de vedere al stabilității.

Rezultatele analizelor de stabilitate pentru seturile de valori ale coeziunii și unghiului de frecare interioară sunt prezentate în tabelul nr. 2.6.

Tab. nr. 2.6 Rezultatele analizei de stabilitate

Unghiul de frecare φ [°]	Factorul de stabilitate F_s		
	$c = 4$ [kN/m ²]	$c = 9$ [kN/m ²]	$c = 15$ [kN/m ²]
3	-	-	0,92
4	-	0,82	1,04
5	-	0,95	1,17
6	0,89	1,07	1,29
7	1,02	1,20	1,42
8	1,14	1,32	1,54
9	1,27	1,45	1,67
10	1,40	1,58	1,80

În figurile nr. 2.11 și 2.12 sunt prezentate analizele de stabilitate efectuate pe secțiunea longitudinală pentru două din cazurile luate în considerare, ținând seama de două ipoteze de transmitere a suprafeței de alunecare: progresiv și continuu de-a lungul întregii zone de alunecare, respectiv regresiv dinspre bază spre partea superioară a taluzului.

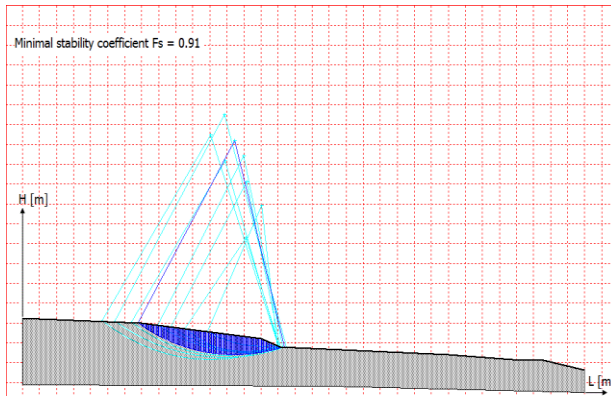


Fig. nr. 2.11 Suprafața de alunecare progresivă

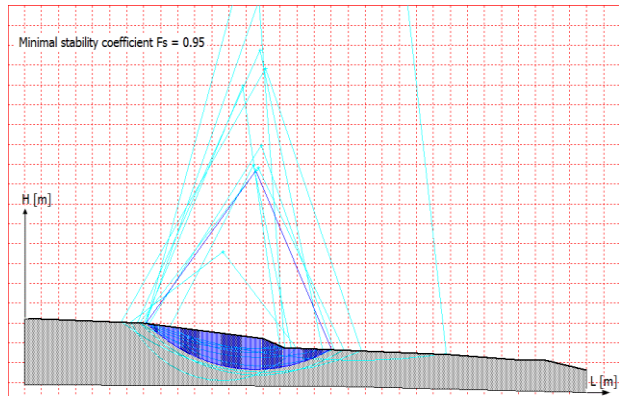


Fig. nr. 2.12 Suprafața de alunecare regresivă

Din analizele de stabilitate se desprinde concluzia că ipotezele de producere a alunecării după cele două tipuri de transmitere a alunecării sunt posibile în următoarele condiții:

- ✓ În ambele ipoteze, alunecarea a fost posibilă în condițiile înrăutățirii caracteristicilor de rezistență ale amestecului de material haldat ca urmare a infiltrării apelor din precipitații în corpul haldei.
- ✓ Alunecarea după suprafața extinsă pe întreaga zonă de alunecare se putea produce în condițiile unei coeziuni $c = 9 \text{ kN/m}^2$ și ale unui unghi de frecare interioară ϕ sub valoarea de 4° , caz în care factorul de stabilitate are o valoare subunitară, iar halda putea intra într-un proces de alunecare.
- ✓ Alunecarea după suprafața transmisă regresiv înspre amonte se putea produce în condițiile unei coeziuni $c = 9 \text{ kN/m}^2$ și ale unui unghi de frecare interioară ϕ sub valoarea de $5,5^\circ$, caz în care factorul de stabilitate are o valoare subunitară, iar halda putea intra în alunecare într-un proces de alunecare.

Deoarece este puțin probabilă reducerea unghiului de frecare interioară sub valoarea de 4° , ipoteza transmiterii suprafeței de alunecare regresiv, dinspre baza spre partea superioară a taluzului este mai plauzibilă.

Pentru acest caz, au fost prelucrate statistic datele obținute din analizele de stabilitate efectuate, trasându-se dependențele dintre unghiul de frecare interioară și factorul de stabilitate pentru diferite valori ale coeziunii, precum și ecuațiile de regresie care descriu aceste dependențe.

În urma prelucrării statistice s-au stabilit valorile unghiului de frecare interioară pentru care halda este stabilă, în condițiile variației coeziunii între $4 - 15 \text{ kN/m}^2$ (figura nr. 2.13) [A.5].

Din graficul prezentat, se observă că pentru ca halda să fie la limita de echilibru, pentru cele trei valori ale coeziunii luate în calcul, unghiul de frecare interioară trebuie să aibă următoarele valori minime:

- pentru $c = 4 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \phi = 6,86^\circ$;
- pentru $c = 9 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \phi = 5,42^\circ$;
- pentru $c = 15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \phi = 3,66^\circ$;

La fel ca în cazul treptelor de haldă individuale, se impun măsuri de evitare a pătrunderii apelor în corpul haldelor (compactare și nivelare), în scopul menținerii caracteristicilor de rezistență mecanică la valori suficiente pentru asigurarea stabilității.

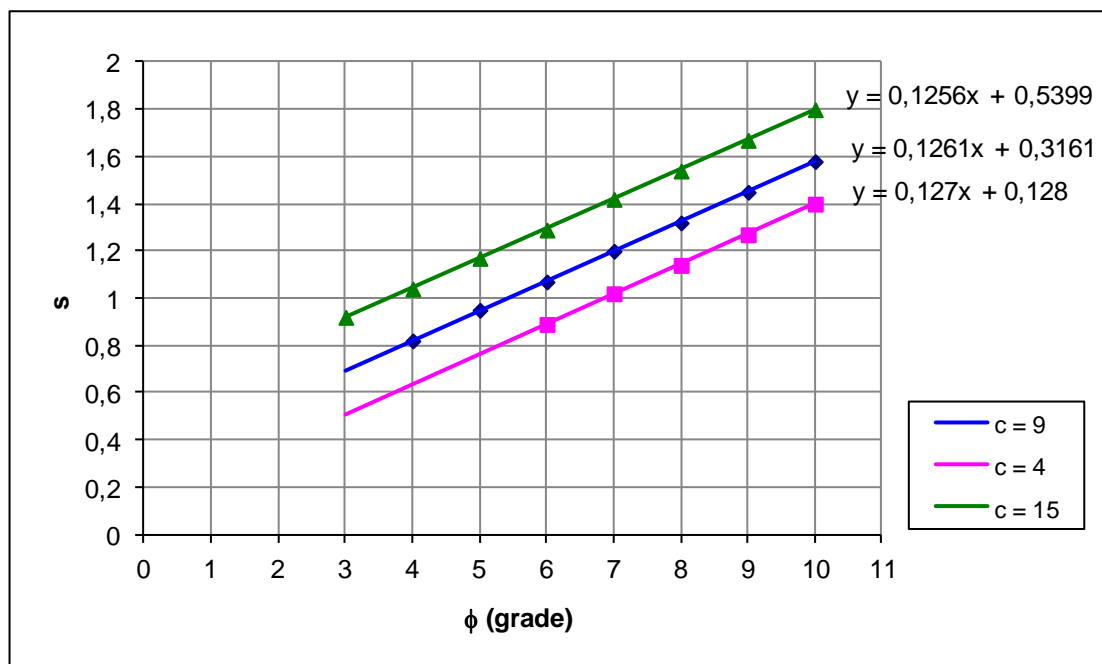


Fig. nr. 2.13 Dependența între unghiul de frecare interioară și factorul de stabilitate

Presiunea apei din porii rocilor influențează considerabil condițiile de stabilitate a taluzurilor, prin înrăutățirea caracteristicilor de rezistență mecanică a rocilor haldate. Mărima presiunii apei din porii rocilor este dependentă de poziția nivelului hidrostatic în haldă.

Reducerea prezenței apei în porii rocilor haldate se poate asigura numai prin măsuri preventive, respectiv compactarea și nivelarea rocilor haldate. Compactarea conduce la o reducere a volumului porilor și la o creștere a densității rocilor, ceea ce determină o creștere a rezistenței terenurilor prin creșterea frecării și a rezistenței la forfecare.

2.2.3 Halda interioară a carierei Oltețu

Halda interioară a carierei Oltețu înmagazinează un volum de steril de cca. 45 milioane m^3 și este construită în două trepte cu înălțimea de câte 15 m și unghiuri de taluz cuprinse între 30 – 40°, la o înclinare generală de 5 – 6°. Avansarea haldei se realizează pe înclinare, de la nord la sud, pe vatra carierei. Este construită cu tehnologie în flux continuu, folosindu-se în acest scop o instalație de haldare cu braț în consolă de tip A2RsB4400x95.

În timp, s-au produs alunecări parțiale de-a lungul frontului de haldare și o alunecare de mare amploare în anul 2005, care a cuprins aproape întreaga haldă. Pe baza observațiilor și cercetărilor geotehnice de teren, alunecarea haldei interioare a carierei Oltețu a fost încadrată ca alunecare de tip progresiv, extinsă din treapta superioară în treapta inferioară, continuată pe planul de contact cu vatra carierei.

La partea inferioară s-a manifestat ca o curgere plastică, care a afectat frontul de extragere a cărbunelui. Prezența a mai multor zone de cedare în masa alunecătoare atestă faptul că s-au produs alunecări complexe, care au afectat inițial corpul haldei, iar apoi s-au transmis după suprafața de contact [A.10].

Analiza de stabilitate a fost efectuată luând în considerare un profilul longitudinal, trasat pe direcția alunecării haldei de steril (figura nr. 2.14).

Întrucât au lipsit datele referitoare la elementele de rezistență manifestate pe suprafața de contact dintre haldă și terenul de bază, a fost necesară o retroanaliză în scopul determinării valorilor coeziunii și unghiului de frecare interioară în ipoteza producerii alunecării după suprafața de contact.

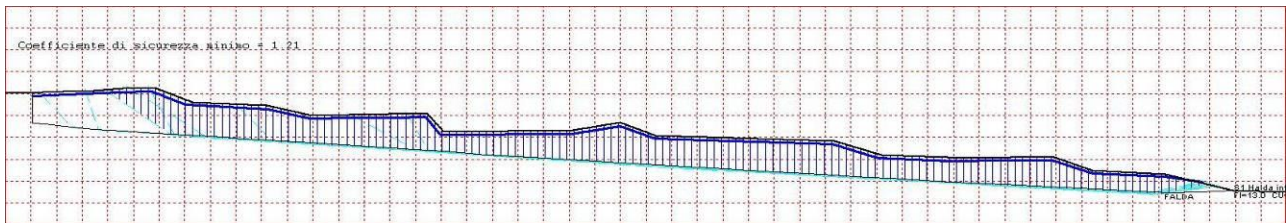


Fig. nr. 2.14 Profil longitudinal prin halda interioară a carierei Oltețu (după producerea alunecării)

Pentru studierea comportamentului taluzurilor de haldă în condițiile prezenței apei în pori, pe baza datelor furnizate de către operatorul minier, s-a acceptat că nivelul apei în corpul haldei se poate ridica astfel încât să se afle la o adâncime de 2,5 - 3 m față de suprafața acesteia.

2.2.3.1 Stabilitatea taluzurilor individuale

Pentru analiza stabilității după suprafețe cilindrico-circulare, taluzurile supuse analizei de stabilitate au fost generate și analizate cu ajutorul soft-ului specializat GeoTecB [A.37].

Pentru efectuarea calculului de stabilitate, valorile proprietăților fizico-mecanice au fost preluate de la ICSITPML Craiova și au fost analizate, iar după eliminarea valorilor extreme s-au determinat valorile medii ale acestora. Astfel, au fost luate în considerare următoarele valori:

- greutatea volumetrică a materialului haldat: $\gamma_v = 18,7 \text{ kN/m}^3$;
- coeziunea $c = 22 \text{ kN/m}^2$;
- unghiul de frecare interioară $\phi = 13^\circ$;
- porozitatea $n = 43,4\%$.

Analiza de stabilitate s-a efectuat pentru două cazuri privind condițiile naturale ale materialului din haldă: în condiții de drenare totală a materialului și în condițiile în care, în urma producerii precipitațiilor, nivelul apei în haldă se află la o adâncime de 2,5 – 3 m față de suprafața acesteia.

În urma rulării datelor de intrare pentru toate taluzurile analizate, s-au obținut pentru factorul de stabilitate valorile prezentate în tabelul nr. 2.7.

Tab. nr. 2.7 Rezultatele analizei de stabilitate după suprafețe de alunecare cilindrico-circulare

Taluz	Înălțime (m)	Înclinare (grade)	Factorul de stabilitate F_s					
			Taluz drenat			Taluz nedrenat ($H_{NH} = 2,5 \text{ m}$)		
			Fellenius	Janbu	Bishop	Fellenius	Janbu	Bishop
1	12,57	24,17	1,41	1,47	1,48	1,04	1,11	1,12
2	17,16	52,85	0,89	0,98	0,94	0,61	0,69	0,68
3	12,75	19,01	1,57	1,64	1,66	1,16	1,24	1,25
4	12,76	22,37	1,43	1,49	1,56	1,04	1,13	1,17
I	21,75	8,9	2,94	3,07	3,07	1,99	2,15	2,16

În urma analizei de stabilitate efectuată pentru taluzurile individuale, pe baza rezultatelor obținute, pot fi evidențiate următoarele concluzii:

- în condițiile unei halde bine drenate, factorul de stabilitate este, în general, supraunitar, depășind chiar valoarea impusă de prescripțiile tehnice (1,3). Se consideră că aceasta se datorează valorilor relativ mici ale înălțimilor (în jur de 12 m) și ale unghiurilor de taluz ($19 - 25^\circ$);
- în cazul taluzului 2, se constată un factor de stabilitate subunitar, chiar în absența apei din corpul haldei, fapt cauzat de valoarea mare a înclinării taluzului ($52,85^\circ$) la o înălțime de 17,16 m;
- pentru sistemul de două trepte analizat (I), se constată valori foarte mari ale factorului de stabilitate, ca urmare a unei subdimensionări a elementelor geometrice (un unghi de taluz general de aproximativ 9° , în condițiile unei înălțimi de 21,75 m);
- în condițiile prezenței apei în corpul haldei, în special ca urmare a unor precipitații abundente și de lungă durată, rezerva de stabilitate se reduce cu circa 27%, ceea ce indică în unele cazuri o apropiere de limita de stabilitate.

Având în vedere concluziile de mai sus, se impune o redimensionare a geometriei treptelor, astfel încât să fie asigurată stabilitatea taluzurilor individuale atât în condiții normale, cât și în eventualitatea saturării materialului de haldă cu apă.

2.2.3.2. Stabilitatea haldei în ansamblu

Pentru determinarea cauzelor care au generat alunecarea haldei interioare a carierei Oltețu s-a luat în considerare geometria inițială a haldei. Pentru această situație, au fost analizate două ipoteze posibile de alunecare, și anume alunecare prin corpul haldei și alunecare pe suprafața de contact între haldă și terenul de bază [A.37].

Analiza de stabilitate a fost efectuată utilizând soft-ul specializat GeoTecB, iar proprietățile fizico-mecanice ale materialului din haldă luate în considerare sunt cele prezentate mai sus. Din datele disponibile în studiile anterioare pentru condiții asemănătoare, pentru suprafața de contact dintre haldă și terenul de bază, au fost luate în considerare următoarele valori:

- coeziunea $c_c = 6 \text{ kN/m}^2$;
- unghiul de frecare interioară $\varphi_c = 9^\circ$;
- porozitatea $n_c = 43,4\%$.

Ca urmare a prelucrării datelor, au fost obținute următoarele valori ale factorului de stabilitate (tabelul nr. 2.8).

Tab. nr. 2.8 Rezultatele analizei de stabilitate pentru ansamblul haldei

Suprafața de alunecare	Factorul de stabilitate F_s					
	Haldă drenată			Haldă nedrenată		
	Fellenius	Janbu	Bishop	Fellenius	Janbu	Bishop
Prin corpul haldei	2,94	2,89	2,97	1,90	1,88	1,94
Pe suprafața de contact	1,89	1,87	1,94	1,17	1,17	1,21

Așa cum se observă din tabelul nr. 2.7, rezultatele analizei de stabilitate par să excludă atât varianta alunecării haldei după o suprafață care urmărește planul de contact dintre materialul haldat și terenul de bază, cât și după o suprafață paralelă cu planul de contact ce se transmite prin corpul haldei.

Ținând însă seama de constatările făcute în teren și de experiența în domeniu, este de presupus că alunecarea completă a haldei a fost determinată de producerea alunecării taluzurilor din partea superioară a haldei, alunecări ce au generat forțe active suplimentare, având drept rezultat alunecarea haldei pe suprafața de contact. Aceste fenomene s-au declanșat ca urmare a saturării cu apă a materialului de haldă. De asemenea, apa infiltrată prin material până la suprafața de contact a constituit un factor favorizant pentru alunecare, conducând la înrăutățirea caracteristicilor de rezistență mecanică pe această suprafață.

Ca urmare, s-a considerat necesară efectuarea unei retroanalize, cu scopul determinării valorilor coeziunii și unghiului de frecare interioară în momentul producerii alunecării. La aceasta a contribuit și faptul că, așa cum deja s-a menționat, în analiza de stabilitate s-a lucrat cu valori aproximative ale acestor caracteristici. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 2.9.

Tab. nr. 2.9 Rezultatele retroanalizei pe suprafața de contact

Coeziunea, c , (kN/m^2)	Unghiul de frecare interioară, φ (grade)	Factorul de stabilitate F_s					
		Haldă drenată			Haldă nedrenată		
		Fellenius	Janbu	Bishop	Fellenius	Janbu	Bishop
4	8	1,66	1,65	1,69	1,01	1,02	1,04
2	8	1,62	1,61	1,65	0,98	0,99	1,01
0	8	1,58	1,58	1,61	0,94	0,96	0,98

Din rezultatele obținute în urma efectuării retroanalizei, se poate constata că infiltrarea apei pe suprafața de contact între haldă și terenul de bază conduce la reducerea frecării și coeziunii, care coeziunea având valori cuprinse între 0 și 4 kN/m^2 , iar unghiul de frecare interioară ajunge până la 8° . Din acest motiv, se impun măsuri de drenare corespunzătoare a haldei, iar în cazul extinderii

ei, executarea unor lucrări tehnice care să asigure o mai bună înfrățire între materialul de haldă și terenul de bază.

2.2.3.3 Redimensionarea elementelor geometrice ale haldei

Având în vedere fenomenele geominiere negative produse în halda interioară a carierei Oltețu, precum și faptul că la producerea lor au contribuit atât geometria treptelor individuale, cât și prezența apei în materialul haldat și pe suprafața de contact dintre haldă și terenul de bază, apare necesitatea de determinare a elementelor geometrice ale treptelor care să asigure stabilitatea acestora în orice condiții.

Ținând seama de faptul că valorile elementelor geometrice ale treptelor de haldă sunt diferite în majoritatea secțiunilor, se impune determinarea acestor elemente pentru asigurarea condițiilor de stabilitate, folosind în acest scop procedeul lui E. Hoek [B.28], care și-a dovedit viabilitatea în numeroase cazuri de analiză a stabilității. Ipoteza pe care se bazează acest procedeu este aceea că alunecarea taluzurilor de haldă se produce după o suprafață cilindrico-circulară. Pornind de la factorii de influență asupra factorului de stabilitate, Hoek construiește un grafic în coordonate X, Y (figura nr. 2.15), pe baza relațiilor 2.7.

$$X = \alpha - 1,2 \varphi; \quad Y = \gamma H / c \quad (2.7)$$

Pentru cazul în care se ia în considerare influența apei asupra rezervei de stabilitate a taluzului, funcția X din graficul lui Hoek se determină cu ajutorul relației:

$$X = \alpha - \varphi (1,2 - 0,5 H_{NH}/H) \quad (2.8)$$

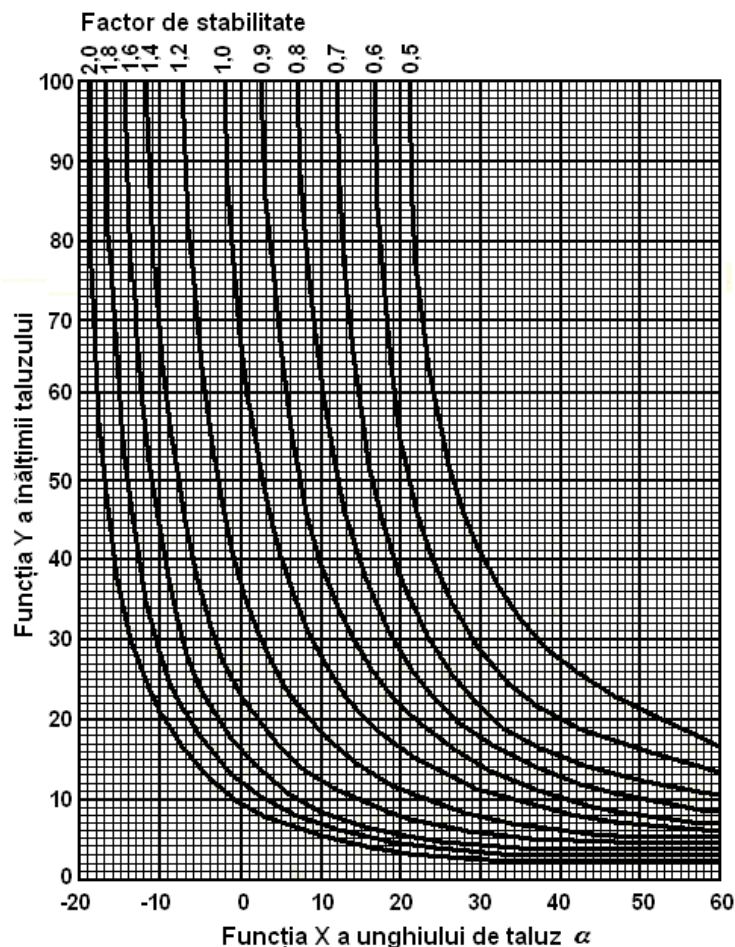


Fig. nr. 2.15 Graficul de determinare a elementelor geometrice în funcție de factorul de stabilitate (după E. Hoek)

Pornind de la valoarea impusă pentru factorul de stabilitate al taluzurilor de haldă ($s = 1,3$), redimensionarea a avut în vedere determinarea valorii unghiului de taluz pentru acest factor de stabilitate în condițiile unei înălțimi a treptelor de 15 m. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 2.10.

Tab. nr. 2.10 Rezultatele calculului de redimensionare

H (m)	Unghiul de taluz α , grade	
	Haldă drenată	Haldă nedrenată
15	25	15

Rezultatele calculului de dimensionare a elementelor geometrice a treptelor de haldă a fost verificat cu ajutorul soft-ului GeoTecB, valorile obținute fiind prezentate în tabelul nr. 2.11.

Tab. nr. 2.11 Verificarea calculului de dimensionare

Factorul de stabilitate F_s					
Haldă drenată			Haldă nedrenată		
Fellenius	Janbu	Bishop	Fellenius	Janbu	Bishop
1,27	1,32	1,34	1,15	1,28	1,30

Printre cauzele alunecării haldei de steril a carierei Oltețu se menționează: avansarea pe înclinare a haldei fără executarea treptelor de înfrățire și a drenurilor de colectare și dirijare a apelor pe fundamentul haldei, modificarea caracteristicilor de rezistență și lichefierea materialului haldat în zona de contact, infiltrarea apelor din precipitații în corpul haldei și altele. Ca măsuri întreprinse pentru stabilizarea haldei se menționează: regeometrizarea haldei și executarea treptelor de înfrățire la nivelul fiecărui intrând de extragere (fâșie de haldare), executarea de drenuri umplute cu balast în fundamentul haldei pe direcția frontului, nivelarea și compactarea parțială a haldei.

2.2.4 Halda de steril Valea Arsului – EM Vulcan

Halda de steril Valea Arsului a fost construită în scopul depozitării rocilor sterile rezultate din lucrările de deschidere și pregătire de la mina Vulcan. Halda este amplasată în Valea Arsului și este formată prin transportul auto al materialului steril și nivelarea acestuia cu buldozere. Înclinarea versanților estic și vestic ai văii în secțiune transversală este cuprinsă între 7 și 18°. Înclinarea firului văii, în zona de formare a haldei este de cca. 5°. În perioadele cu precipitații abundente, sunt prezente fenomene de eroziune și acumulări de apă în partea sudică a haldei (figura nr. 2.16).



Fig. nr. 2.16 Halda Valea Arsului

Prezența lacului format în zona din aval a haldei reprezintă un factor nefavorabil din punct de vedere al stabilității, deoarece apa saturează rocile de la baza haldei, iar caracteristicile de rezistență mecanică ale acestora se înrăutățesc. De asemenea, apa acumulată în pori generează presiune hidrostatică, reducând astfel forțele de frecare. Rocile din haldă sunt reprezentate de argile, marne, gresii, șisturi argiloase și carbunoase cu diferite grade de alterare și cu granulometrie diversă (de la câțiva milimetri până la câteva zeci de centimetri) [A.7].

Halda are o geometrie neuniformă și este formată din trei trepte, numerotate în cadrul acestei analize de la 1 la 3 dinspre amonte înspre aval. Berma dintre treapta 1 și 2 are o lungime de 180 m și o înclinare de 2,9°, berma dintre treptele 2 și 3 are o lungime de 57 m și o înclinare de 3° înspre treapta 2, iar ultima bermă are o lungime

de 65 m și este aproape orizontală. Înălțimea treptelor este variabilă, cuprinsă între 5 și 10 m, iar înclinarea taluzurilor este cuprinsă între 11° - 37° , cea mai mare valoare fiind întâlnită în cazul taluzurilor estic și vestic. Lungimea totală a haldei este de circa 420 m, iar lățimea este de 210 m în partea superioară și 80 m în partea inferioară.

Materialul haldat este heterogen din punct de vedere al granulometriei și litologiei, predominând pietrișul ($\Phi = 2-20$ mm) și nisipul ($\Phi = 0,05-2$ mm). Greutatea volumetrică este, de asemenea, variabilă, în funcție de caracteristicile mineralogice și petrografice și a diferitelor grade de umiditate a rocilor.

2.2.4.1 Suprafețe de alunecare circulare

Analizele de stabilitate au vizat patru secțiuni trasate în zonele cu geometrie defavorabilă a haldei: secțiunea longitudinală (L_{1-1}) și trei secțiuni transversale (T_{1-1} , T_{2-2} și T_{3-3}). Geometria taluzurilor în secțiunile analizate este prezentată în tabelul nr. 2.12 [A.7].

Tab. nr. 2.12 Geometria taluzurilor

Secțiunea	Taluzul	Înălțimea H, m	Unghiul de taluz φ , grade
L_{1-1}	1	5	15
	2	6,4	13,2
	3	7,8	10
T_{1-1}	Est	9,1	13
T_{2-2}	Vest	5,6	23
	Est	10	30
T_{3-3}	Vest	6,8	37
	Est	9,2	35

Pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului depozitat au fost prelevate probe din haldă și din terenul de bază (reprezentat de solul vegetal), precum și din stratul de argilă peste care este depus solul vegetal. Valorile determinate în laborator au fost adăgate bazei de date existente pentru halda Valea Arsului.

Valorile caracteristicilor de rezistență ale rocilor sterile și ale solului vegetal luate în considerare în analiza de stabilitate sunt rezultatul prelucrării statistice a valorilor determinate în laborator de-a lungul timpului (tabelul nr. 2.13). Astfel, s-au determinat valorile medii (M), abaterea medie pătratică (σ), valorile $M \pm \sigma$ și au fost stabilite patru seturi de valori pentru calculul factorului de stabilitate.

Tab. nr. 2.13 Valorile caracteristicilor de rezistență mecanică

Material	Varianta I		Varianta II		Varianta III		Varianta IV	
	c, kN/m ²	φ grade	c, kN/m ²	φ grade	c, kN/m ²	φ grade	c, kN/m ²	φ grade
Sol vegetal	32	23,1	32	17,2	11	23,1	11	17,2
Roci sterile	38	25,8	38	12,7	12	25,8	12	12,7

Pentru greutatea volumetrică au fost luate în considerare valorile maxime, respectiv $\gamma_v = 18,05$ kN/m³ pentru materialul haldat și $\gamma_v = 17,88$ kN/m³ pentru solul vegetal. Caracteristicile geomecanice ale argilei peste care este depus solul vegetal sunt: greutatea volumetrică $\gamma_v = 18,06$ kN/m³, coeziunea $c = 58$ kN/m², unghiul de frecare interioară $\varphi = 16,49^\circ$.

Analiza de stabilitate s-a efectuat pentru trei ipoteze privind posibilitățile de alunecare ale haldei:

- ✓ alunecare după suprafețe cilindrico-circulare, transmise atât prin corpul haldei, cât și prin terenul de bază;
- ✓ alunecare după suprafețe poligonale, transmise pe planul de contact dintre solul vegetal și argilă;
- ✓ alunecare după suprafețe cilindrico-circulare pentru sistemul de trepte.

Calcululele de stabilitate s-au efectuat pentru condiții de umiditate naturală, luând considerare presiunea apei din pori și coeficientul accelerației seismice corespunzător zonei în care este amplasată halda ($a = 0,1g$, conform Codul de proiectare seismică P100 [B.57]).

În urma rulării datelor de intrare pentru fiecare situație considerată, s-au obținut valorile factorilor de stabilitate prezentate în tabelele nr. 2.14 – 2.17 pentru suprafețe de alunecare circulare, iar în figurile 2.17 – 2.19 suprafețele critice de alunecare pentru secțiunile reprezentative.

Tab. nr. 2.14 Secțiunea transversală T₁₋₁

Taluz	Varianta	Factorul de stabilitate, Fs		
		Fellenius	Janbu	Bishop
Estic H = 9,1 m $\alpha = 13^\circ$	I	2,74	2,92	2,79
	II	2,42	2,55	2,50
	III	2,11	2,28	2,25
	IV	1,49	1,58	1,50

Tab. nr. 2.15 Secțiunea transversală T₂₋₂

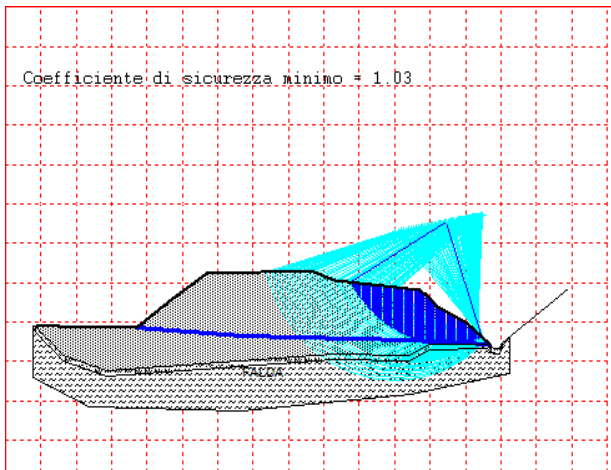
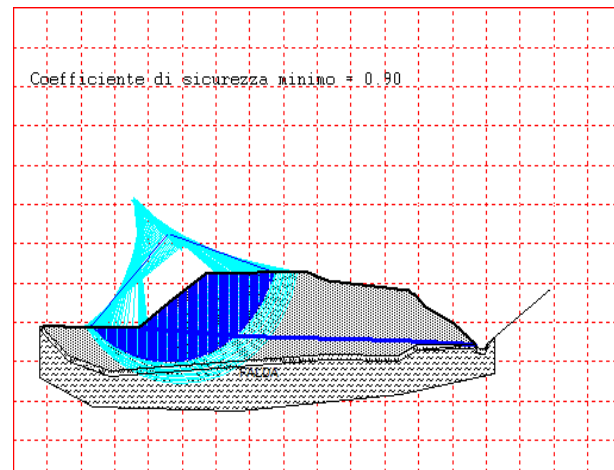
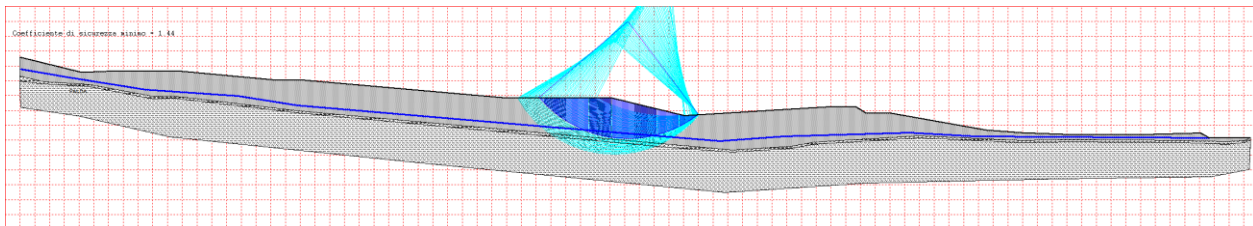
Taluz	Varianta	Factorul de stabilitate, Fs		
		Fellenius	Janbu	Bishop
Vestic H = 5,6 m $\alpha = 23^\circ$	I	3,66	4,15	3,94
	II	3,00	3,20	3,03
	III	2,32	2,58	2,52
	IV	1,46	1,60	1,54
Estic H = 10 m $\alpha = 30^\circ$	I	2,25	2,60	2,47
	II	1,85	2,04	1,91
	III	1,75	1,88	1,81
	IV	1,06	1,19	1,15

Tab. nr. 2.16 Secțiunea transversală T₃₋₃

Taluz	Varianta	Factorul de stabilitate, Fs		
		Fellenius	Janbu	Bishop
Vestic H = 6,8 m $\alpha = 37^\circ$	I	2,23	2,61	2,42
	II	1,77	1,99	1,82
	III	1,40	1,48	1,41
	IV	0,90	1,01	0,97
Estic H = 9,2 m $\alpha = 35^\circ$	I	2,45	2,71	2,60
	II	2,07	2,22	2,07
	III	1,55	1,63	1,56
	IV	1,03	1,10	1,04

Tab. nr. 2.17 Secțiunea longitudinală L₁₋₁

Taluz	Varianta	Factorul de stabilitate, Fs		
		Fellenius	Janbu	Bishop
1 H = 5 m $\alpha = 15^\circ$	I	3,24	3,92	3,51
	II	2,93	3,31	2,98
	III	1,93	2,32	2,23
	IV	1,43	1,61	1,53
2 H = 6,4 m $\alpha = 13,2^\circ$	I	2,84	3,38	3,09
	II	2,36	2,59	2,41
	III	2,44	2,62	2,52
	IV	1,44	1,59	1,51
3 H = 7,8 m $\alpha = 10^\circ$	I	2,73	3,00	2,82
	II	2,57	2,77	2,62
	III	2,46	2,70	2,56
	IV	1,58	1,69	1,61

Fig. 2.17 Secțiunea T₃₋₃, taluzul vestic – var. IVFig. 2.18 Secțiunea T₃₋₃, taluzul estic – var. IVFig. nr. 2.19 Secțiunea L₁₋₁, treapta 2 – varianta IV

Analizând rezultatele analizelor de stabilitate după suprafețe de alunecare cilindrico-circulare, se pot constata următoarele:

- ✓ în secțiunile longitudinală L₁₋₁ (H cuprins între 5 – 7,8 m și α cuprins între 10 – 15°) și transversală T₁₋₁ (H = 9,1 m și $\alpha = 13^\circ$), pentru toate seturile de valori ale caracteristicilor geomecanice ale rocilor, valorile factorului de stabilitate sunt acoperitoare din punct de vedere al stabilității, fiind mai mari de 1,3 cât recomandă literatura de specialitate [B.56], [B.62];
- ✓ în secțiunea transversală T₂₋₂ a fost analizată stabilitatea pentru taluzurile vestic și estic, obținându-se următoarele rezultate:
 - taluzul vestic (H = 5,6 m și $\alpha = 23^\circ$) este stabil în toate variantele analizate, obținându-se valori ale factorului de stabilitate mai mari de 1,3 prin toate metodele de analiză folosite;
 - taluzul estic (H = 10 m și $\alpha = 30^\circ$) este stabil pentru seturile de valori corespunzătoare variantelor I, II și III, și se află la limita de stabilitate pentru valorile corespunzătoare variantei IV (Fs = 1,06 după Fellenius, Fs = 1,19 după Janbu și Fs = 1,15 după Bishop);
- ✓ în secțiunea transversală T₃₋₃ a fost analizată stabilitatea pentru taluzurile vestic și estic, obținându-se următoarele rezultate:
 - taluzul vestic (H = 6,8 m și $\alpha = 37^\circ$) este stabil pentru seturile de valori corespunzătoare variantelor I, II și III, instabil pentru valorile corespunzătoare variantei IV după Fellenius (Fs = 0,90) și după Bishop (Fs = 0,97) și la limita de stabilitate după Janbu (Fs = 1,01);
 - taluzul estic (H = 9,2 m și $\alpha = 35^\circ$) este stabil pentru seturile de valori corespunzătoare variantelor I, II și III, și se află la limita de stabilitate pentru valorile corespunzătoare variantei IV (Fs = 1,03 după Fellenius, Fs = 1,10 după Janbu și Fs = 1,04 după Bishop);
- ✓ sistemul de trepte analizat în secțiunea longitudinală este stabil pentru toate variantele luate în considerare;
- ✓ suprafața de alunecare critică se transmite prin terenul de bază în cazul unor valori mari ale coeziunii și unghiului de frecare interioară ale rocilor sterile și ale solului vegetal, și prin corpul haldei în cazul unor valori reduse ale acestor parametri. Majoritatea suprafețelor

posibile de alunecare se află la adâncimi mari, astfel încât o eventuală alunecare va implica volume mari de material.

Se menționează că taluzurile instabile sau cele care se află la limita de stabilitate au înclinări mai mari de 30°. O posibilă alunecare a taluzului estic va conduce la blocarea albiei pârâului, cauzând probleme majore legate de regimul și gestionarea apei. O alunecare a taluzului vestic conduce la blocarea drumului de acces și, în anumite condiții, poate afecta rețeaua stâlpilor de electricitate.

Pe baza literaturii de specialitate, a studiilor efectuate pe teren și, nu în ultimul rând, pe baza experienței de cercetare, se recomandă următoarele măsuri pentru asigurarea și menținerii stabilității haldei.

- ✓ Reducerea influenței negative a apei asupra caracteristicilor de rezistență mecanică a rocilor. Sunt necesare lucrări care să blocheze infiltrarea apei din diferite surse, cum ar fi precipitațiile, dezghețul, cursurile și acumulările de apă. Astfel, se recomandă o nivelare permanentă a bermelor, asigurând terenului înclinarea necesară pentru drenarea apei din corpul haldei și eliminarea lacului din avalul haldei prin umplerea lui cu de roci sterile.
- ✓ Respectarea geometriei proiectate și a tehnologiei de haldare. Este necesară construirea unor trepte cu o înălțime de 10 m și o înclinare de 30°, iar unghiul de general de taluz nu trebuie să depășească valoarea de 22°.
- ✓ Nivelarea și compactarea permanentă a zonelor de depunere prin extinderea laterală a haldei. Se recomandă extinderea haldei spre sud și est, în scopul drenării lacului.
- ✓ Monitorizarea deformațiilor terenului de bază și ale haldei.
- ✓ Asigurarea geometriei finale pentru taluzurile definitive în scopul împăduririi și înierbării, fiind cunoscut faptul că vegetația are un efect de stabilizare atât prin armarea terenurilor de către rădăcini și prin împiedicarea formării și dezvoltării fisurilor, cât și prin diminuarea infiltrației apelor pluviale și prin consumul de apă [B.42].

2.2.4.2 Suprafețe de alunecare poligonale

Pentru analiza de stabilitate după suprafețe de alunecare poligonale au fost luate în considerare secțiunile L₁₋₁, T₁₋₁ și T₂₋₂, secțiuni în care înclinarea terenului de bază reprezintă un factor de risc privind declanșarea unor alunecări.

Au fost analizate trei variante de transmitere a suprafeței de alunecare: prin corpul haldei, prin solul vegetal și pe suprafața de contact între solul vegetal și stratul de argilă de sub acesta.

Rezultatele obținute pentru cele mai defavorabile valori ale proprietăților fizico-mecanice ale rocilor (varianta IV) sunt prezentate în tabelul nr. 2.18 și se poate observa că și în aceste condiții valorile factorului de stabilitate depășesc valoarea impusă de normele în vigoare, respective 1,3. Pentru toate secțiunile analizate, valorile cele mai reduse ale factorului de stabilitate s-au obținut pentru ipoteza de transmitere a suprafeței de alunecare prin corpul haldei.

Tab. nr. 2.18 Rezultatele analizei de stabilitate pentru suprafețe de alunecare poligonale

Secțiunea	Înclinarea terenului de bază, β_{\max} (grade)	Factorul de stabilitate, F _s		
		Fellenius	Janbu	Bishop
L ₁₋₁	5,53	1,52	1,78	1,56
T ₁₋₁	15	1,71	1,79	1,73
T ₂₋₂	24,9	1,76	1,85	1,82

Din analizele de stabilitate efectuate după suprafețe de alunecare cu contur poligonal se poate observa că probabilitatea de alunecare a haldei pe terenul de bază este nulă, deoarece factorul de stabilitate are valori peste 1,3.

2.2.4.3 Redimensionarea și proiectarea elementelor geometrice ale haldei

Pornind de la rezultatele analizei de stabilitate și de la consecințele unei posibile alunecări, se impune redimensionarea elementelor geometrice ale treptelor de haldă și a sistemului de trepte, astfel încât să fie asigurată o rezervă de stabilitate de minim 30%, chiar și în cele mai defavorabile condiții geotehnice. Pentru stabilirea elementelor geometrice ale taluzurilor de haldă în condiții de

stabilitate, se poate apela la diferite procedee grafo-analitice și întrucât procedeul lui E. Hoek [B.28] și-a dovedit viabilitatea în numeroase cazuri de analiză a stabilității, inclusiv pentru mai multe halde din Valea Jiului, se va apela la acest procedeu (figura nr. 2.15). Rezultatele obținute în urma calculelor de dimensionare sunt prezentate în tabelul nr. 2.19.

Tab. nr. 2.19 Redimensionarea elementelor geometrice

H, [m]	ϕ , [grade] pentru $F_s =$	
	1,3	1,5
5	56	47
10	41,5	35
15	34	29
20	30,5	26
25	28	24
30	26,5	22

Calcululele de dimensionare conduc la concluzia că, pentru a asigura o rezervă de stabilitate suficientă, atât în prezența apei în pori și/sau în cazul producerii unor șocuri seismice, înălțimea treptelor trebuie menținută la maxim 10 m, în condițiile unui unghi de taluz de maxim 30°. Pentru o înălțime totală a haldei de 30 m, se recomandă menținerea unui unghi de taluz general de 22°. Ca urmare, se propune construirea haldei în trei trepte, cu o bermă de protecție de 5 m în zona pârâului Valea Arsului [A.7].

Studiile de stabilitate arată că halda de steril Arsului Valea este în general stabilă, iar pentru seturile de valori ale caracteristicilor geomecanice I, II și III rezerva de stabilitate este corespunzătoare normativelor în vigoare, depășind valoarea de referință de 30%. Există probabilitatea de alunecare numai pentru setul de valori corespunzătoare variantei IV, pentru taluzurile estic și vestic, în zonele descrise de secțiunile T_{2-2} și T_{3-3} , unde taluzurile haldei sunt mai abrupte.

2.2.5 Halda minei Petrila

Halda de steril Petrila a fost construită pentru depozitarea rocilor rezultate în urma proceselor de exploatare subterană a huilei în cadrul minei Petrila și de spălare a huilei în uzina de procesare Petrila. Începând cu anul 2002, preparația Petrila a fost închisă, iar în haldă s-au depozitat doar roci sterile provenite din lucrări miniere subterane. Halda este situată pe un platou cu o suprafață de aproximativ 86 ha (figura nr. 2.20).

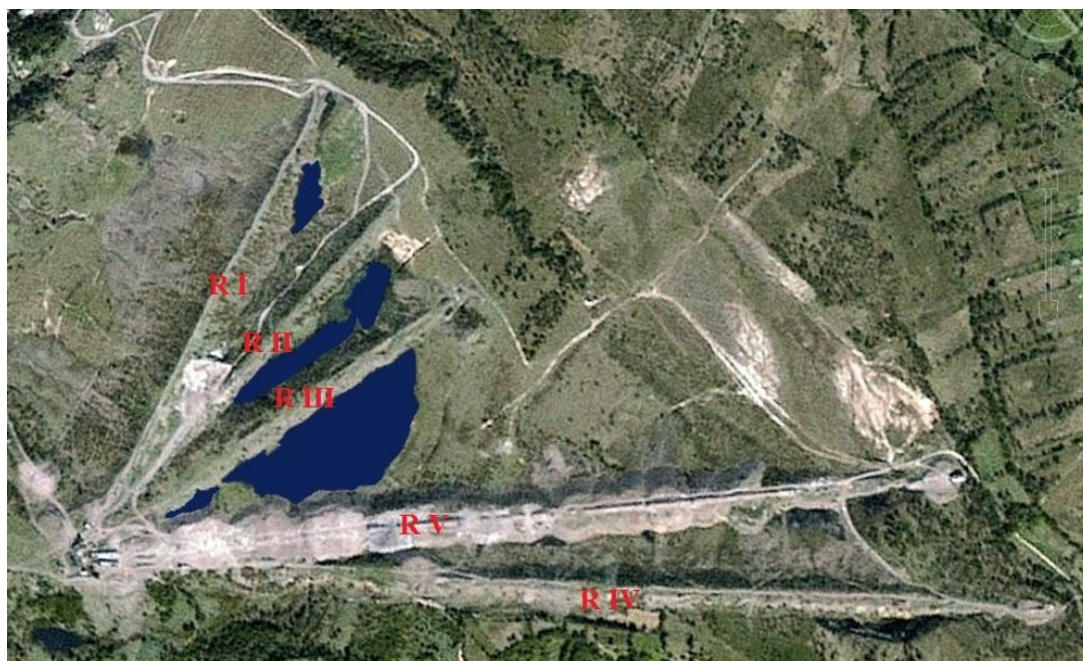


Fig. nr. 2.20 Amplasarea haldei

În ceea ce privește hidrografia, zona este străbătută de mai multe pârâuri și este afectată de unele acumulări de apă în perioada primăverii, cu fluxuri relativ mici. Se remarcă prezența a patru lacuri, a căror suprafață depinde de sezon și prezența și intensitatea precipitațiilor în zonă. Este posibil ca prezența celor două lacuri din partea de nord a ramurii RV să aibă o influență negativă asupra stabilității, deoarece acestea sunt formate chiar la baza haldei, iar orice infiltrare a apei în corpul acesteia poate provoca o înrăutățire a caracteristicilor fizice și mecanice ale materialului depozitat.

Halda este formată prin utilizarea funicularului la transportarea și depozitarea rocilor sterile din lucrările miniere subterane. Înălțimea taluzurilor variază între 16,5 și 19,4 m, cu unghiuri între 20 și 50°, cele mai frecvente valori fiind cuprinse între 30 - 33°.

Pe baza observațiilor de teren, pot fi evidențiate următoarele aspecte [A.28], [B.46]:

- ✓ nu au fost observate fenomene geotehnice negative majore, cum ar fi alunecări active ale taluzurilor haldei sau refulări ale taluzurilor și terenului de bază;
- ✓ s-a constatat prezența unor rigole de diferite dimensiuni, pe taluzurile sudic și nordic, formate ca urmare a acțiunii apei de scurgere;
- ✓ la baza haldei, există zone umede, în special pe latura sudică, a căror prezență în zonă poate avea efecte negative asupra stabilității din cauza infiltrării apei și înrăutățirea caracteristicilor de rezistență ale materialului haldat.

2.2.5.1 Determinarea proprietăților fizico-mecanice ale rocilor sterile și ale solului vegetal

O bună cunoaștere și o determinare corectă a proprietăților geotehnice ale rocilor facilitează interpretarea proceselor de deformare care pot fi întâlnite în practică și motivează opțiunea pentru soluții de proiectare specifice, în scopul asigurării stabilității haldelor și a practicilor eficiente de management. În cadrul cercetării de teren au fost prelevate mai multe probe de material haldat și de sol vegetal, care au fost analizate în laborator în diferite condiții de umiditate, obținându-se rezultatele prezentate în tabelul nr. 2.20 [B.46].

Tab. nr. 2.20 Proprietățile fizico-mecanice ale materialului de haldă și ale solului vegetal

Denumire probă	Umiditate W (%)	Gradul de saturație	Rezistența la forfecare τ_f			Coeziune c (kN/m ²)	Unghi de frecare interioară φ (°)
			$\sigma_1=100$ kN/m ²	$\sigma_2=200$ kN/m ²	$\sigma_3=300$ kN/m ²		
Material de haldă	13,95	0,58	0,72	0,97	1,27	40	16
	19,564	0,83	0,55	0,88	1,36	14	20
	23,98	1,02	0,41	0,66	0,97	18	15
Sol vegetal	21,89	0,75	0,72	1,05	1,58	30	23
	25,87	0,90	0,55	1,05	1,52	12	20
	27,72	0,96	0,50	0,72	0,98	21	18
Material haldă/Sol vegetal	13,95/ 21,89	0,58/0,75	0,41	0,97	1,44	5	24
	19,56/ 25,87	0,83/0,9	0,69	0,98	1,27	31	16
	23,98/ 27,72	1,02/0,96	0,50	0,69	1,25	29	12

Starea tehnică a haldei și limitele de variație ale caracteristicilor mecanice ale rocilor sterile au condus la concluzia că pentru analiza de stabilitate pot fi adoptate valorile medii pentru coeziune și unghiul de frecare interioară.

2.2.5.2 Analiza de stabilitate și interpretarea rezultatelor

Deoarece terenul de bază al haldei are forma unui platou cu înclinarea sub 10°, iar exploatarea subterană a favorizat formarea unor zone de subsidență orientate V - E, se estimează că fenomenele de instabilitate pot apărea numai în zona taluzurilor.

Analiza stabilității haldei aparținând EM Petrila a fost realizată folosind un software specializat (GeoTec B), pentru o secțiune longitudinală (L₁ - L₁) și patru secțiuni transversale (T₁ - T₁, T₂ - T₂,

$T_3 - T_3$ and $T_4 - T_4$), alese astfel încât să se definească zonele sensibile din punct de vedere al stabilității, respectiv zonele în care piciorul taluzului vine în contact cu cele două lacuri din nord și zonele cu valori maxime ale înălțimii și unghiului de taluz.

Pentru a elimina variația mare a proprietăților geotehnice, pentru analiza de stabilitate au fost selectate valorile medii ale proprietăților fizico-mecanice și a indicilor geotehnici. Valorile proprietăților geotehnice utilizate în analiza de stabilitate pentru cele două cazuri, în condiții de umiditate naturală și la saturație a rocilor sterile din haldă sunt prezentate în tabelul nr. 2.21.

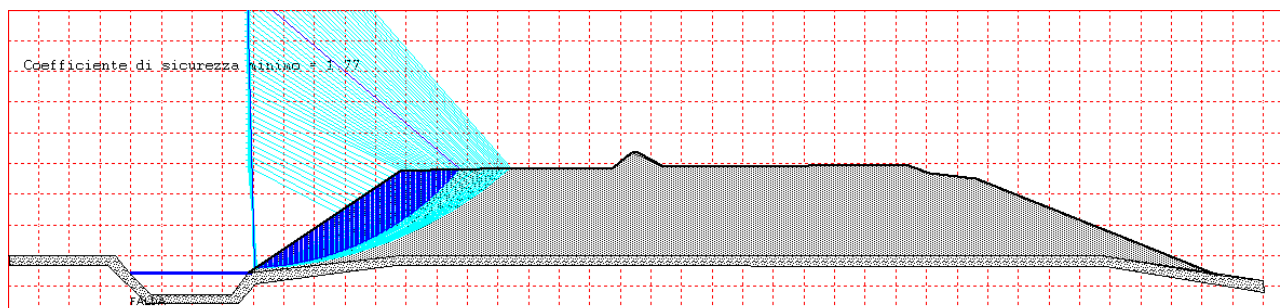
Tab. nr. 2.21 Proprietățile geotehnice utilizate în analiza de stabilitate

Tipul rocii	Umiditate naturală			Umiditate la saturație		
	Greutatea volumetrică γ_{nat} , (kN/m ³)	Coeziunea c , (kN/m ²)	Unghiul de frecare interioară φ (°)	Greutatea volumetrică γ_{sat} , (kN/m ³)	Coeziunea c , (kN/m ²)	Unghiul de frecare interioară φ (°)
Material de haldă	17,80	40	16	19,30	18	15
Sol vegetal	18,10	30	23	19,30	21	18
Material haldă/Sol vegetal	-	29	24	-	5	24

Luând în considerare configurația geometrică a haldei, natura materialului haldat și forma terenului de bază, analiza de stabilitate a fost realizată considerând suprafețele alunecare cilindrico-circulare. În scopul determinării rezervei de stabilitate a taluzurilor, geometria haldei a fost reprodusă utilizând software-ul menționat, factorul de stabilitate fiind determinat pentru fiecare taluz. În fiecare caz, au fost trasate 52 de suprafețe de alunecare care se pot transmite prin corpul haldei, determinând suprafața de alunecare cea mai probabilă și factorul corespunzător de stabilitate. Rezultatele analizei de stabilitate sunt prezentate în tabelul nr. 2.22, iar modul de lucru este exemplificat în figura nr. 2.21, pentru secțiunea transversală $T_1 - T_1$. Se menționează că analiza de stabilitate nu a ținut seama de presiunea apei din pori, deoarece materialul haldat are o permeabilitate ridicată, existând posibilitatea unui drenaj gravitațional rapid al apei din corpul haldei. În scopul analizării comportamentului haldei în cazul producerii unor precipitații intense, s-au determinat parametrii fizico-mecanici ai rocilor sterile din haldă pentru diferite condiții de umiditate [A.28].

Tab. nr. 2.22 Factorul de stabilitate pentru suprafețe de alunecare circulare

Secțiunea	Taluzul	H (m)	α (°)	Umiditate naturală			Umiditate la saurație		
				Fellenius	Janbu	Bishop	Fellenius	Janbu	Bishop
$T_1 - T_1$	nordic	16,50	33,46	1,77	1,83	1,79	1,02	1,06	1,05
$T_2 - T_2$	nordic	16,41	30,33	2,28	2,39	2,30	1,38	1,42	1,40
$T_3 - T_3$	nordic	19,40	25,15	1,69	1,75	1,81	1,10	1,15	1,20
$T_3 - T_3$	sudic	15,10	50,05	1,36	1,55	1,38	0,78	0,85	0,82
$T_4 - T_4$	nordic	25,08	33,1	1,29	1,34	1,33	0,82	0,86	0,86
$T_4 - T_4$	sudic	16,94	30,72	1,61	1,69	1,69	1,00	1,05	1,08



(a)

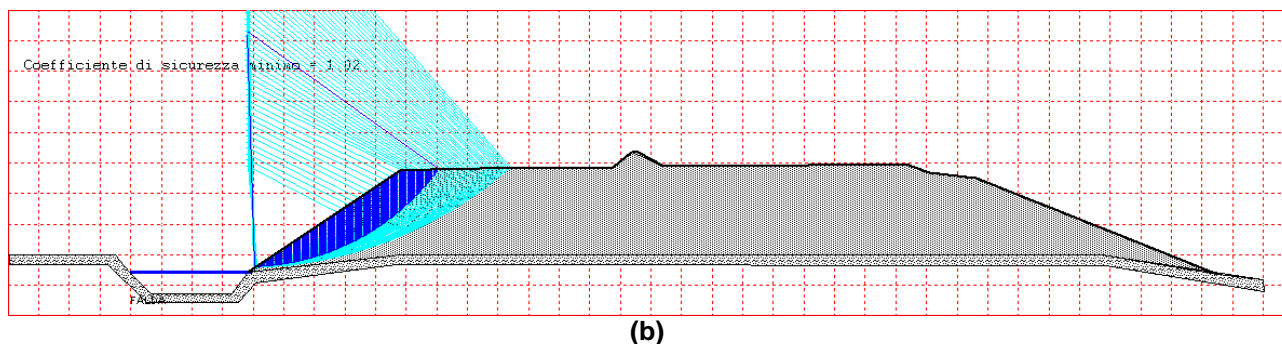


Fig. nr. 2.21 Secțiunea transversală $T_1 - T_1$, taluzul nordic, umiditate naturală (a) și la saturație (b)

Rezultatele analizei de stabilitate conduc la următoarele concluzii:

- ✓ analizele de stabilitate au fost efectuate pentru taluzuri cu înălțimea cuprinsă între 15,1 m și 25,08 m și înclinări cuprinse între 25,15 și 50,05°;
- ✓ secțiunile transversale au fost trasate după cum urmează:
 - secțiunea transversală $T_1 - T_1$ la contactul cu primul lac;
 - secțiunea transversală $T_2 - T_2$, la contactul cu al doilea lac;
 - secțiunea transversală $T_3 - T_3$ într-o zonă cu o înclinare mare a taluzului sudic (aproximativ 50°);
 - secțiunea transversală $T_4 - T_4$ într-o zonă cu înălțime maximă (25,08 m), și un unghi de taluz de 33,1°.
- ✓ în cazul rocilor sterile cu umiditate naturală, valoarea obținută pentru factorul de stabilitate este supraunitară și se încadrează în normativele în vigoare;
- ✓ în cazul rocilor sterile cu umiditate la saturație, numai taluzul nordic din secțiunea transversală $T_2 - T_2$ are un factor de stabilitate de peste 1,3; pentru celelalte taluzuri factorul de stabilitate indicând o limită de echilibru sau instabilitate;
- ✓ limita de stabilitate apare în cazul taluzului nordic în zona secțiunilor $T_1 - T_1$ ($F_s = 1,02$ după Fellenius) și $T_3 - T_3$ ($F_s = 1,10$ după Fellenius) și în cazul taluzului sudic în zona secțiunii $T_4 - T_4$ ($F_s = 1,00$ după Fellenius);
- ✓ taluzurile devin instabile în cazul rocilor cu umiditate la saturație în zona secțiunilor $T_3 - T_3$ – taluzul sudic ($F_s = 0,78$ după Fellenius – alunecarea este cauzată de înclinarea mare a taluzului) și $T_4 - T_4$ – taluzul nordic ($F_s = 0,82$ după Fellenius – taluzul are cea mai mare înălțime, respectiv 25 m, la o înclinare de 33°);
- ✓ analizând forma și poziția suprafețelor critice de alunecare (figura nr. 2.21), se observă că în cazul rocilor saturate, suprafața de alunecare este mai aproape de taluz, are o lungime mai mică și generează un corp de alunecare cu dimensiuni mai reduse.

Pentru asigurarea stabilității haldei se recomandă următoarele măsuri:

- ✓ Reducerea influenței negative a apei asupra caracteristicilor de rezistență a rocilor prin lucrări de nivelare și prin asigurarea unui drenaj corespunzător. De asemenea, se impun lucrări de colectare și dirijare a apei provenite din precipitații în afara perimetrului haldei.
- ✓ Drenarea zonelor umede de la baza taluzului sudic, evitându-se astfel infiltrarea apei în corpul haldei, asigurând totodată condiții de extindere laterală a haldei.
- ✓ Eliminarea ravenelor existente pe taluzurile nordic și sudic prin umplerea acestora cu material de haldă.
- ✓ Respectarea geometriei proiectate și a tehnologiei de construcție. În cazul rocilor drenate este necesară asigurarea unui unghi de taluz maxim de 35° (unghiul natural de taluz al rocilor care alcătuiesc halda fiind $\alpha_0 = 35 - 38^\circ$), iar în cazul rocilor nedrenate unghiul de taluz trebuie redus la cel mult 20° pentru taluzuri cu înălțimea de 25 m.
- ✓ Pentru eliminarea dificultăților de funcționare a funicularului (ca urmare a absenței lucrărilor de nivelare, corfele sunt uneori blocate de materialul deversat) se recomandă extinderea laterală a haldei. Această soluție poate conduce la evitarea acumulării apei în valea dintre ramurile RV și RIV, acumulare care influențează negativ stabilitatea haldei. Acest lucru asigură

crearea unei platforme superioare, cu lățimea necesară pentru depozitarea și nivelarea materialului de haldă.

- ✓ Nivelarea și compactarea în mod continuu a zonelor de depunere a materialului.
- ✓ Amenajarea corectă a platformelor de la stațiile unghiulare și de întoarcere, prin nivelarea materialului depeș în aceste zone.
- ✓ Asigurarea unei pante uniforme pentru drenarea apei din zonele de depozitare și din zonele adiacente.

Având în vedere starea tehnică actuală a haldei și rezultatele analizei de stabilitate, se estimează că halda de steril este în prezent stabilă, fără probleme majore, însă pot să apară fenomene de instabilitate ca urmare a nerespectării geometriei proiectate a haldei sau prin amplificarea factorilor care favorizează apariția fenomenelor de alunecare. Prin adoptarea măsurilor propuse și respectarea geometriei proiectate, se consideră că activitatea poate continua în condiții de siguranță.

2.2.6 Aplicație Excel pentru analiza de stabilitate după suprafețe de alunecare circulare

În perioada 1995-1996, când software-ul specializat pe probleme de geotehnică era în faza de pionierat la nivel mondial și greu accesibil pe piața românească, am lucrat la elaborarea unei aplicații Excel, care a permis realizarea analizelor de stabilitate mult mai rapid și cu rezultate cu grad de încredere ridicat, confirmat de verificarea lor în practică.

Aplicația a fost construită utilizând facilitățile utilitarului Excel privind crearea modelelor geometrice pe baza unor algoritmi matematici. Într-o primă etapă, este generată forma taluzului, pe baza elementelor geometrice ale acestuia (figura nr. 2.22).

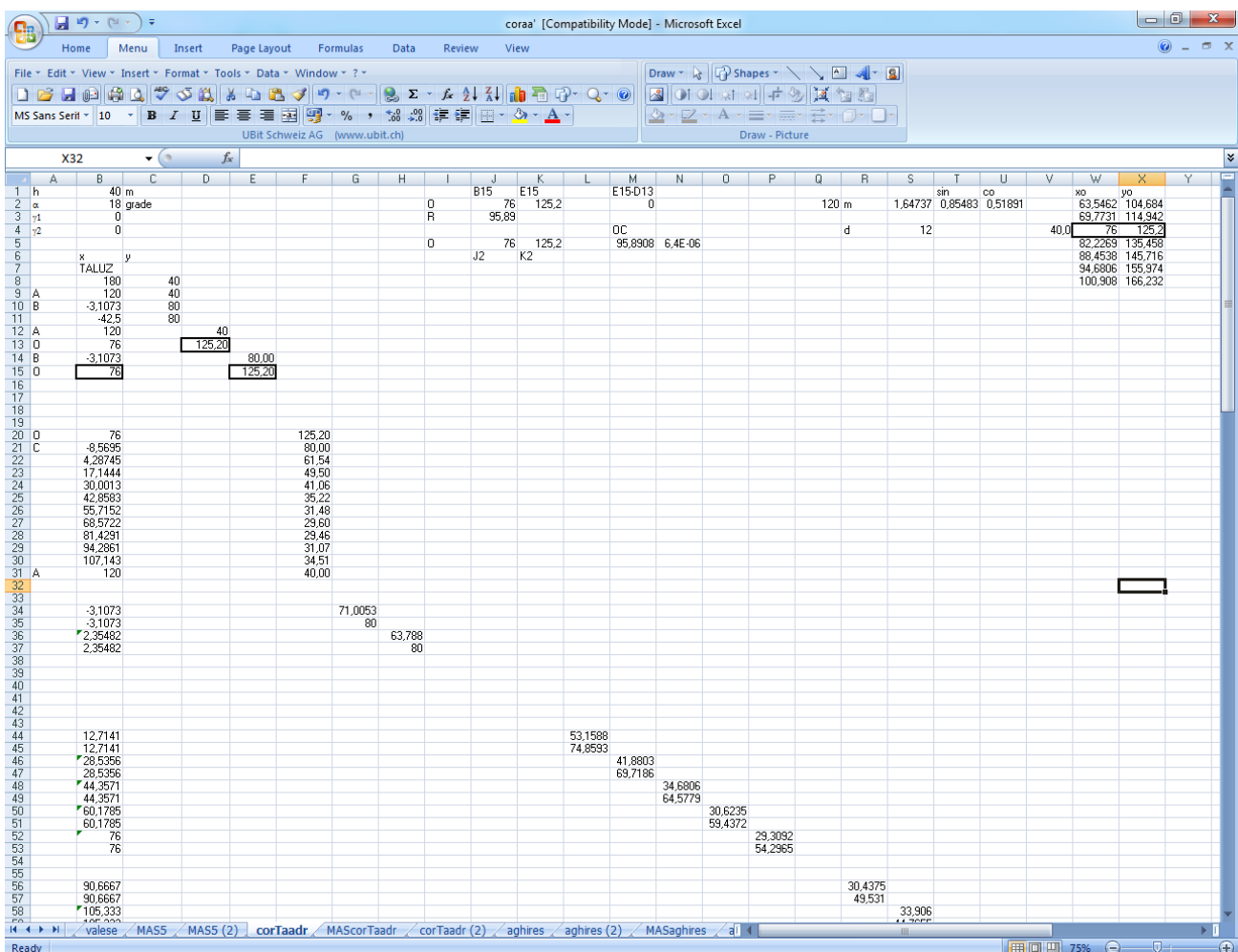


Fig. nr. 2.22 Introducerea datelor și generarea modelului

Determinarea suprafeței critice de alunecare și a centrului acesteia, precum și a razei suprafeței de alunecare s-a realizat utilizând procedeul lui Janbu, prin introducerea în foaia de calcul a relațiilor matematice corespunzătoare. După trasarea suprafeței de alunecare, s-a programat împărțirea prismului de alunecare în fâșii verticale, ținându-se seama de punctele în care taluzul își schimbă panta și de prismul în care se află fâșiile (pasiv sau activ).

Elementele geometrice ale taluzului, poziția suprafeței critice de alunecare și elementele geometrice ale fâșii sunt preluate direct din foaia de calcul, iar pe baza lor este generat un tabel care cuprinde aceste date, precum și reprezentarea grafică a secțiunii prin taluz (figura nr. 2.23).

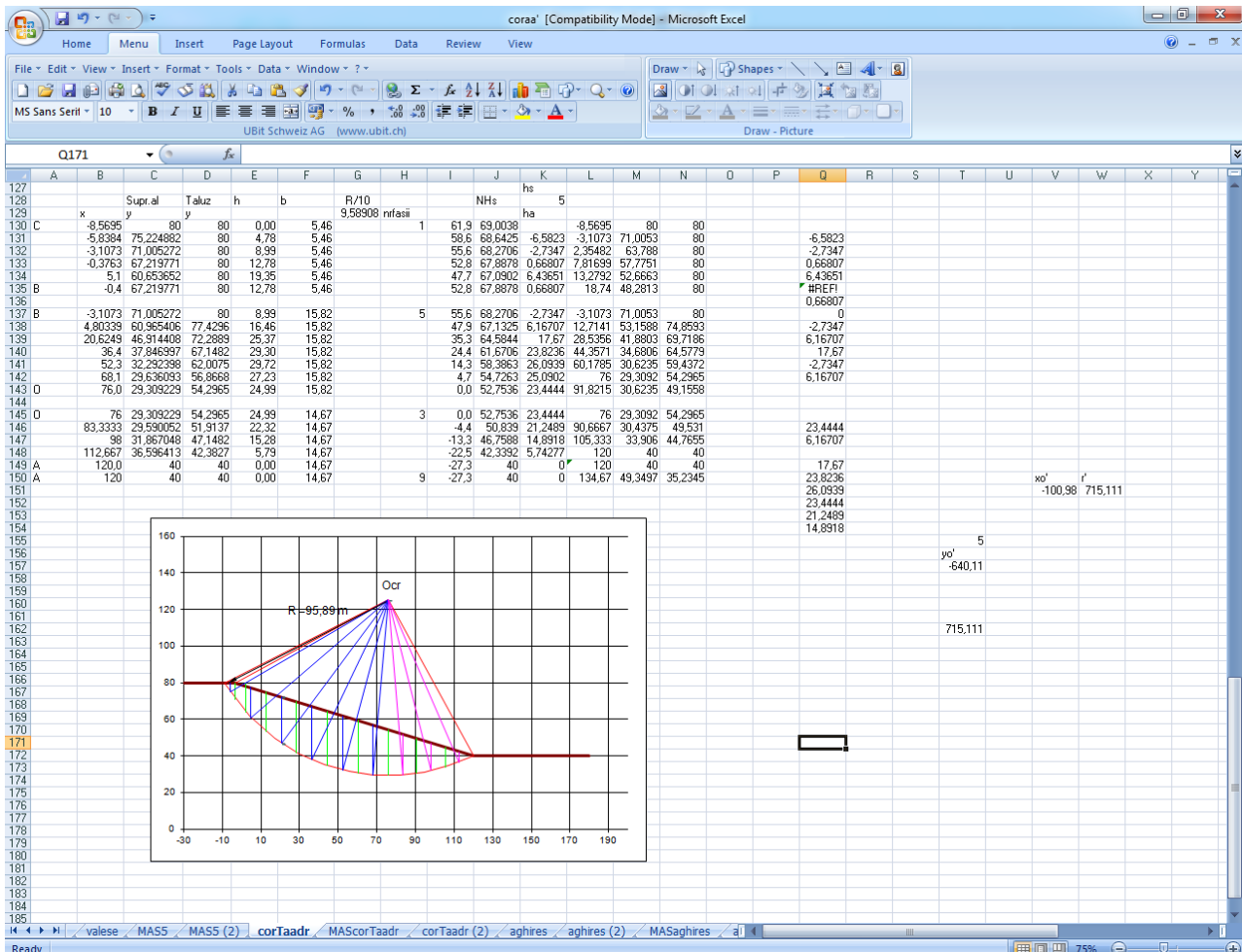


Fig. nr. 2.23 Determinarea suprafeței de alunecare critice și împărțirea în fâșii

Utilizând referințele circulare, datele necesare sunt importate într-o altă foaie de calcul, în care sunt introduse valorile caracteristicilor fizice și mecanice ale rocilor care constituie taluzul, iar analiza de stabilitate este efectuată utilizând metoda lui Fellenius (metoda suedeză) și metoda Maslov-Berer (metoda forțelor orizontale).

Calculul se realizează automat, atât pentru determinarea forțelor de rezistență și a forțelor de alunecare, cât și pentru determinarea factorului de stabilitate corespunzător celor două metode utilizate (figura nr. 2.24).

Odată construit modelul, acesta poate fi utilizat pentru orice configurație a taluzurilor sau versanților și pentru roci de orice natură, prin simpla modificare a elementelor geometrice (înălțime și unghi de taluz) în prima foaie de calcul și a parametrilor geotehnici ai rocilor în cea de-a doua foaie de calcul.

Aplicația a fost adaptată și pentru analiza de stabilitate în condițiile acțiunii presiunii hidrostatice a apei din pori sau pentru cazul taluzurilor submersate.

De asemenea, cu ajutorul acestei aplicații au fost stabilite dependențe funcționale între parametrii care influențează stabilitatea unui taluz, extrem de utile pentru aprecierea stabilității și pentru proiectarea sau re-proiectarea geometriei taluzului.

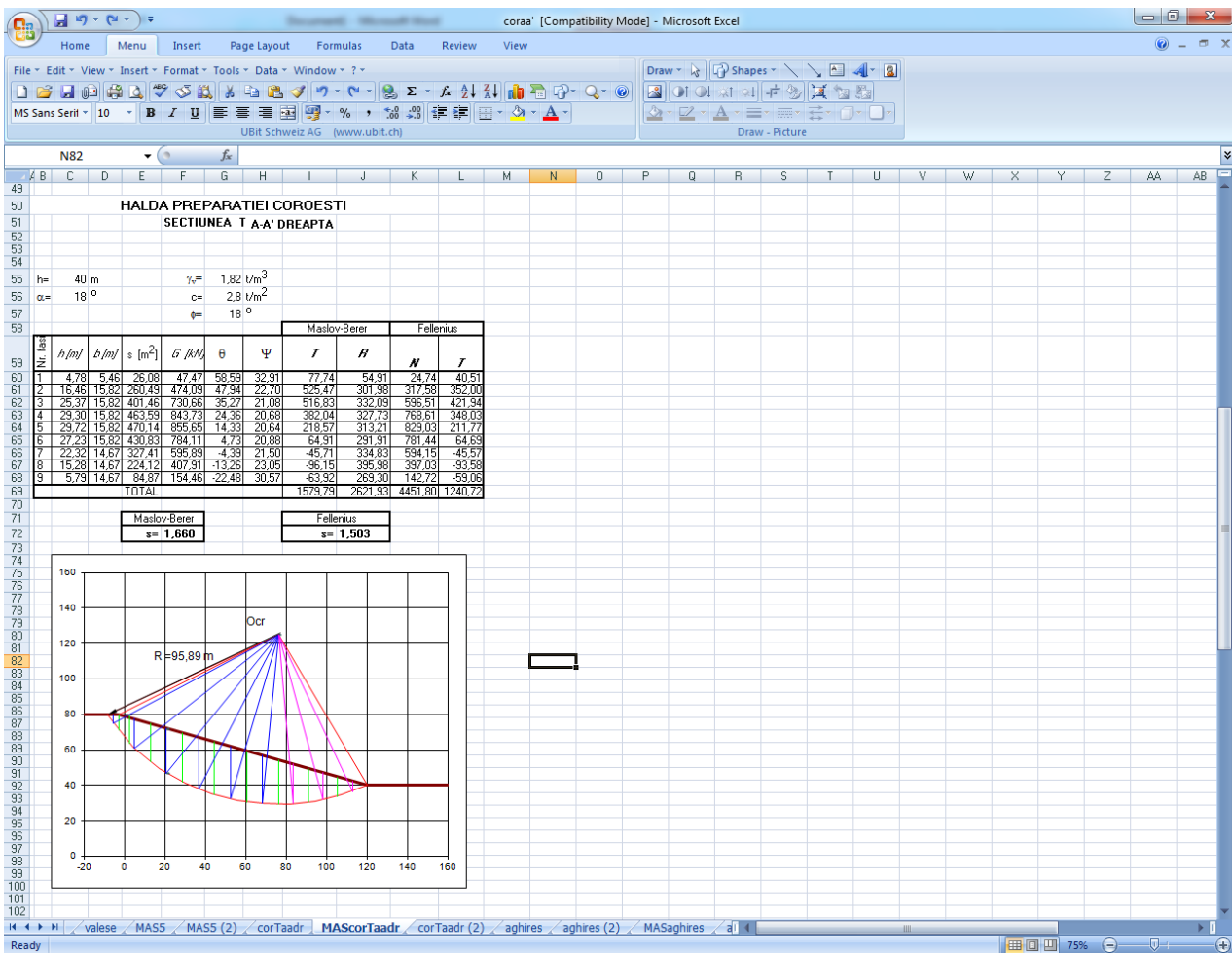


Fig. nr. 2.24 Calculul factorului de stabilitate

Aplicația a fost folosită multă vreme atât pentru rezolvarea problemelor de stabilitate ridicate în activitatea de cercetare (în special pentru analiza stabilității haldelor din Valea Jiului și din Oltenia), cât și pentru instruirea studenților în cadrul activităților de seminar.

Având la dispoziție un instrument rapid de evaluare a stabilității taluzurilor și un număr mare de date referitoare la elementele geometrice și la caracteristicile rocilor din halde, am lucrat apoi la conceperea unei nomograme cu ajutorul căreia poate fi determinat la fel de rapid factorul de stabilitate în timpul construcției haldelor [A.4]. Această metodă de evaluare se bazează pe analiza statistică a datelor obținute în urma analizelor de laborator ale rocilor și pe rezultate obținute dintr-un număr mare de analize de efectuate pentru haldele din Valea Jiului utilizând aplicația prezentată anterior.

În procesul de evaluare a stabilității unui taluz, elementele geometrice ale acestuia și caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor sunt puternic interconectate. În consecință, metodele și procedurile de evaluare a stabilității utilizate în proiectarea, construirea și monitorizarea haldelor se bazează pe impunerea unui element geometric (înălțimea sau unghiul de taluz) în condițiile unei anumite rezerve de stabilitate, iar valoarea celeuilalt element geometric derivă ca o funcție a variabilei impuse. În acest caz, este necesară corelarea valorii factorului de stabilitate cu modificările înălțimii și ale unghiului de taluz.

Pe baza graficelor din figura nr. 2.25, s-a demonstrat că această dependență are forma:

$$F_s = s_0 \cdot h^{a_h} \cdot \alpha^{a_\alpha} \cdot c^{a_c} \cdot \phi^{a_\phi} \quad (2.9)$$

unde: F_s – factorul de stabilitate;
 h – înălțimea taluzului, m;
 α – unghiul de taluz, grade;

c – coeziunea, kN/m^2 ;
 ϕ – unghiul de frecare interioară, grade;
 $s_0, a_h, a_\alpha, a_c, a_\phi$ – coeficienți determinați statistic.

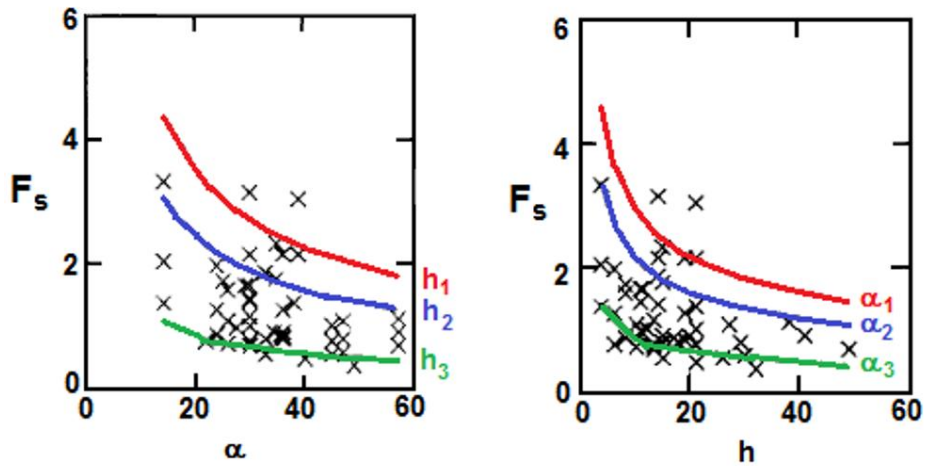


Fig. nr. 2.25 Factorul de stabilitate în funcție de modificarea înălțimii și unghiului de taluz

Valoarea factorului de stabilitate F_s se poate calcula folosind relația 2.9, în care se introduc valorile elementelor geometrice ale taluzului, caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor și valorile parametrilor determinați prin metode statistice, sau poate fi estimată utilizând nomograma din figura nr. 2.26.

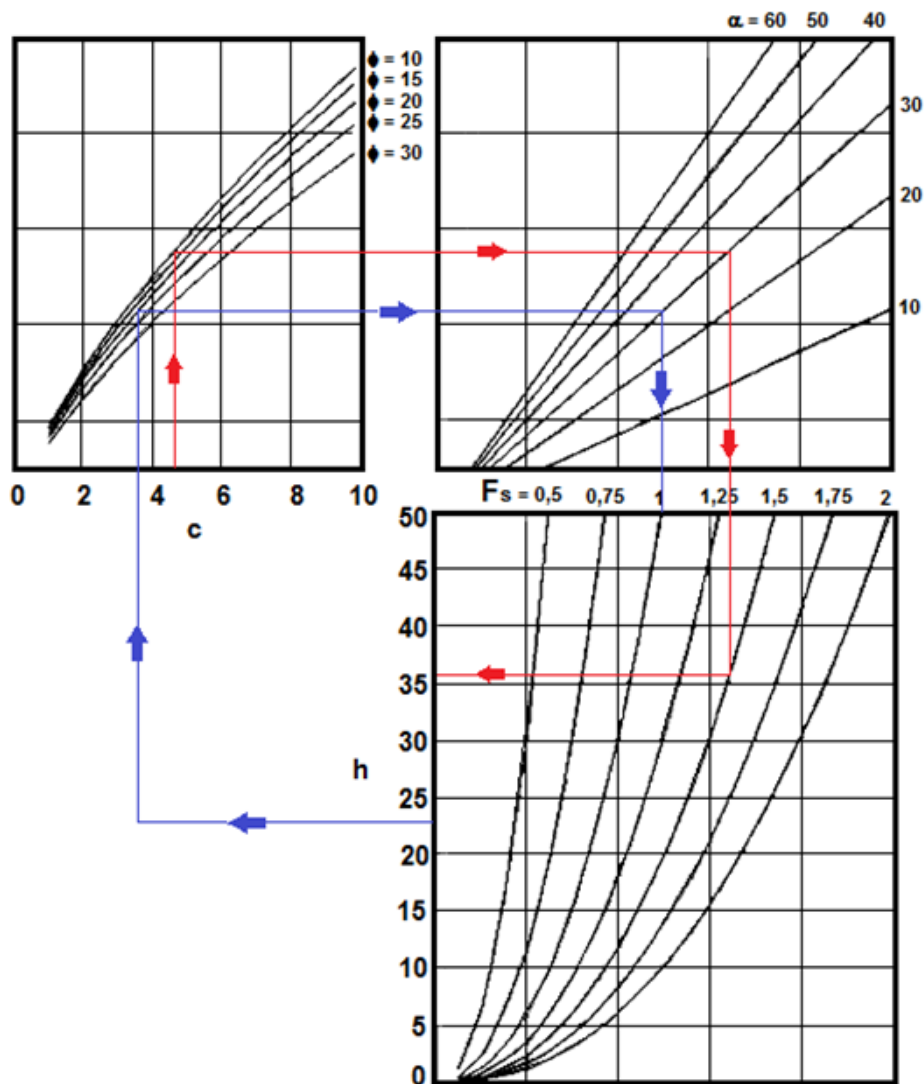


Fig. nr. 2.26 Nomogramă pentru determinarea elementelor de stabilitate

Nomograma poate fi utilizată și pentru determinarea rapidă a înălțimii și/sau a unghiului de taluz pentru o valoare impusă a factorului de stabilitate, în condițiile cunoașterii caracteristicilor de rezistență a rocilor și a impunerii pe criterii tehnice a unuia dintre elementele geometrice.

În figură sunt prezentate modalitățile de determinare a înălțimii taluzului și a factorului de stabilitate. Astfel, pentru o valoare a coeziunii de $4,3 \text{ tf/m}^2$ (43 kN/m^2), un unghi de frecare interioară de 9° și un unghi de taluz de 30° , în condițiile unui factor de stabilitate impus $F_s = 1,5$, se determină o înălțime de 36 m (traseul roșu). Pentru determinarea factorului de stabilitate, pentru un taluz cu o înălțime de 23 m, un unghi de taluz de 30° , coeziunea de tf/m^2 (38 kN/m^2) și unghiul de frecare interioară de 15° , se obține o valoare a factorului de stabilitate $F_s = 1$ (traseul albastru).

Pentru fiecare set de caracteristici fizico-mecanice, se poate construi un grafic din care se pot determina elementele geometrice ale taluzului pentru o valoare impusă a factorului de stabilitate sau factorul de stabilitate în condiții de geometrie concretă a taluzului (figura nr. 2.27).

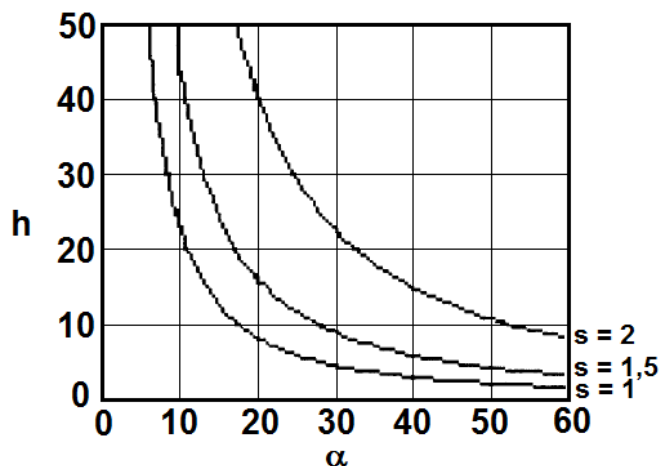


Fig. nr. 2.27 Determinarea factorului de stabilitate pentru un set de valori

Astfel, utilizând corelația statistică dintre factorul de stabilitate și elementele geometrice ale taluzului, respectiv caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor, este posibilă estimarea rapidă a stabilității haldei chiar în timpul construirii sale. Diagramele prezentate pot fi trasate pentru valorile medii ale caracteristicilor fizico-mecanice și pot fi utilizate și pentru estimarea factorului de stabilitate a taluzurilor de haldă construite din roci cu proprietăți asemănătoare.

2.2.7 Cercetări privind stabilitatea terenului de bază a haldelor din Valea Jiului

Ca urmare a exploatării huilei în minele din Valea Jiului rezultă cantități semnificative de steril, provenit din lucrările miniere de deschidere și pregătire, dar și din procesele de preparare a cărbunelui. Sterilul este depozitat în halde cu diferite dimensiuni, amplasate pe teren orizontal sau pe versanți. Deși proiectele de construire a haldelor de steril prevedeau îndepărtarea stratului de sol vegetal (din motive legate de asigurarea stabilității, creșterea capacității portante a terenului de bază, dar și din rațiuni de protecție a mediului înconjurător), majoritatea haldelor s-au format fără îndeplinirea acestei cerințe, fundamentul direct al haldelor fiind reprezentat de solul vegetal.

Observațiile efectuate în teren au arătat că, în afara unor fenomene de alunecare superficiale sau de profunzime ale taluzurilor, terenul de bază este afectat de fenomene de refulare, fapt care indică depășirea capacității portante a acestuia, în special în perioadele cu precipitații. Scopul cercetărilor este determinarea capacității portante a terenului de bază a haldelor active care înmagazinează volume importante de roci sterile și de a stabili eventualele măsuri care se impun pentru evitarea fenomenelor de refulare și afectarea stabilității haldelor, a zonelor adiacente sau a lucrărilor miniere subterane.

În prezent, în Valea Jiului există 49 halde de steril, care înmagazinează un volum de aproximativ 37 milioane m^3 , ocupând o suprafață de peste 250 ha [B.21]. Pe seama reducerii activității de exploatare în subteran a huilei, o mare parte din aceste halde s-au închis, aflându-se în diferite faze de reabilitare și/sau conservare. Printre haldele active, cele care înmagazinează

volume mari de steril sunt haldele aparținând exploatărilor miniere Lupeni, Uricani și Lonea, precum și halda aferentă Preparației Coroești (tabelul nr. 2.23).

Tab. nr. 2.23 Caracteristicile haldelor cu volume peste 400000 m³

Denumirea haldei	Unitatea minieră	Suprafața, m ²	Volumul actual, m ³
Ramura 3	E.M. Lupeni	62700	1360108
Funicular Nou	E.M. Uricani	27000	547329
Ramura 2	E.P.C.V.J.	112000	2573889
Lonea 1	E.M. Lonea	23000	426119

Pentru atingerea scopului propus, s-a pornit de la studierea documentațiilor existente și efectuarea observațiilor directe în teren, s-au analizat în laborator noi probe prelevate de la fața locului, iar rezultatele au fost comparate cu cele din studiile de stabilitate existente și prelucrate statistic. Capacitatea portantă a terenului de bază a fost determinată pe baza normativelor în vigoare [B.58] și analizată în funcție de presiunea exercitată de fiecare haldă în parte, atât în condiții de umiditate naturală, cât și la saturație.

2.2.7.1 Fenomene geominiere negative prezente în perimetrul haldelor analizate

Majoritatea haldelor din Valea Jiului au suferit deformații, de la eroziune până la alunecări de profunzime, afectând totodată și terenul de bază prin fenomene de refulare.

➤ Ramura 3 – EM Lupeni

Halda aferentă Ramurii 3 este situată între dealurile Renghii și Boncii, fiind o haldă amplasată pe versanți. Este una dintre haldele la care nu au fost efectuate lucrările geotehnice necesare pentru amenajarea fundamentului, respectiv îndepărtarea solului vegetal, scarificarea terenului de bază sau executarea treptelor de înfrățire. Neexecutarea acestor lucrări, la care se adaugă și absența aproape totală a lucrărilor de captare și dirijare a apelor de suprafață și chiar subterane (izvoare), face posibilă producerea unor fenomene de instabilitate de tipul alunecărilor, refulărilor și eroziunii. Principalele tipuri de deformații prezente în cazul haldei de pe Ramura 3 sunt reprezentate de tasări, eroziuni, alunecări și refulări ale terenului de bază [B.46].

Tasările sunt tasări normale de stabilizare ca urmare a compactării materialului haldat sub greutatea proprie și a vehiculării utilajelor, și se produc și ca urmare a tehnologiei de haldare care nu asigură un grad foarte ridicat de compactare a amestecului de roci haldate. Au o acțiune în general favorabilă asupra rezervei de stabilitate a haldei prin reducerea unghiului de taluz și a înălțimii acestuia, dar și prin creșterea gradului de compactare și cimentare a materialului haldat, cu efecte pozitive asupra rezistenței la forfecare a rocilor.

Pe lângă tasările normale din corpul haldei, există și unele fenomene de tasare cu ruperi în trepte ale terenului de bază. Prezența acestor fenomene se datorează activității de exploatare în subteran, respectiv abatajelor minei Bărbăteni, și se semnalează în aval de taluzul sud-vestic al haldei [B.46].

Fenomenele de eroziune au apărut ca urmare a acțiunii mecanice a apelor de suprafață provenite din precipitații și a lipsei lucrărilor de captare și dirijare a acestora, ceea ce a condus la formarea unor ravene cu diferite dimensiuni, în funcție de intensitatea apelor de șiroire și de starea de compactare a materialului haldat.

Halda este afectată destul de frecvent de fenomene de alunecare a taluzurilor, care se produc atât prin haldă, cât și pe și prin terenul de bază, ca urmare a înclinării suprafeței de contact, a prezenței solului vegetal în fundament și infiltrării apelor care umezesc rocile și le reduc caracteristicile de rezistență. Suprafețele de alunecare sunt, de regulă, de tip progresiv și au formă cilindro-circulară.

În afara acestor alunecări ale haldei, sunt de menționat unele ruperi și alunecări ale versanților din zonele înconjurătoare. Se apreciază că aceste fenomene au fost cauzate de activitățile de exploatare din subteran.

Refulările au apărut în terenul de bază, la limita zonei de alunecare a taluzului sud-vestic al haldei, iar fenomenele de refulare s-au produs ca urmare a transmiterii alunecării prin fundamentul direct (solul vegetal), prin împingerea rocilor de la baza haldei [B.46].

Lucrările pentru combaterea fenomenelor geominiere negative au fost minimale, rezumându-se la lucrări de nivelare și de terasare, executate pentru restabilirea echilibrului dinamic al forțelor active și pasive din zona afectată de alunecare.

În zona stației unghiulare nu s-au semnalat fenomene de instabilitate semnificative, în afara alunecărilor de așezare a materialului în condițiile depășirii înălțimii limită a conului de formare și a unghiului de taluz. Nici în această zonă nu s-au executat lucrări de amenajare a fundamentului iar extinderea corpului de haldă spre lacul din zona galeriei hidrotehnice determină o interacțiune extrem de slabă între rocile haldate și fundamentul direct. Din acest motiv, există riscul apariției unor fenomene de curgeri plastice pe terenul de bază [B.4], [B.20], de formare a unor șocuri dinamice prin alunecarea unei cantități mai mari de material în lac, ce pot afecta stabilitatea galeriei hidrotehnice și o deversare necontrolată a apelor din lac.

➤ *Funicular Nou – EM Uricani*

Halda de steril este formată din trei corpuri principale de haldă. În urma observațiilor de teren și a cartării zonei s-a constatat că cele trei corpuri de haldă, deși nu au o geometrie uniformă, sunt stabile și nu prezintă fenomene deosebite de deformare.

Se pot observa, totuși, unele fenomene geominiere specifice haldelor de steril cum ar fi tasări ale materialului haldat, eroziuni și refulări ale taluzurilor și terenului de bază [B.46].

Fenomenele de eroziune se produc ca urmare a antrenării materialului de haldă de către apele de șiroire, halda fiind afectată de astfel de fenomene în zona taluzurilor laterale.

Refulările taluzurilor și/sau ale terenului de bază sunt rezultatul trecerii rocilor haldate în starea de cedare plastică, în urma cărora are loc o deplasare a rocilor argiloase din haldă și din terenul de bază sub influența greutateii rocilor haldate. Astfel de fenomene au fost observate mai rar în cazul haldei de la E.M. Uricani.

➤ *Halda Preparației Coroești*

Halda are o geometrie relativ uniformă, determinată de lucrările tehnologice de haldare și de geomorfologia zonei în care este amplasată, fiind caracterizată de valori mari ale înălțimii și ale unghiului de taluz (înălțimea depășește deseori 30 m, iar unghiurile de taluz sunt cuprinse între 30 - 43°).

Ca urmare a valorilor mari ale elementelor geometrice, a morfologiei terenului și a înrăutățirii caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor haldate și din fundamentul direct (reprezentat de sol vegetal), a precipitațiilor și a existenței lacurilor din care apa se infiltrează pe sub haldă, taluzul estic a fost afectat în timp de o serie de alunecări, care s-au extins și au acoperit drumul industrial din zonă [B.46].

Precipitațiile reprezintă sursa principală de alimentare a pânzei freatice și a pâraielor existente pe cele două ramuri de haldare. Ca urmare a infiltrațiilor lente ale apei, se produce umectarea rocilor din baza haldei și a sterilului depus în partea ei inferioară și implicit diminuarea caracteristicilor de rezistență ale acestora. În cazul în care precipitațiile sunt sub formă de ploi torențiale, ele au o acțiune negativă, ca urmare a fenomenelor de eroziune pe care le provoacă [B.4], [B.20]. Aceste fenomene sunt localizate în special în zonele superficiale de formare ale haldei [B.46].

➤ *Lonea 1 – EM Lonea*

Halda veche a minei Lonea este afectată de fenomene de rupere, ondulări, împingeri și alunecări plastice ale taluzurilor, dar și de fenomene de cedare plastică a terenului de bază, în special în partea nord-estică [B.46]. La baza haldei noi s-a identificat o serie de acumulări de apă, care sunt localizate de-a lungul traseului benzii de transport abandonate, pe direcția NV - SE, pe o distanță de 30 – 50 m. Starea zonală de tensiuni se explică prin absența unei geometrii adecvate, prin parametrii geometrici necorespunzători ai taluzurilor (înălțimi de 19 - 20 m și înclinări de 30° - 50°) și prezența unor infiltrații de apă la contactul haldă - teren de bază.

În cazul topirii lente a zăpezilor, apa se infiltrează spre baza haldei, iar o parte se scurge la suprafață și antrenează o parte din materialul haldat.

2.2.7.2 Caracteristici fizico-mecanice ale materialului haldat și ale terenului de bază

Caracteristicile fizice și mecanice (greutatea volumetrică, coeziunea și unghiul de frecare interioară) ale pământurilor sunt indici calitativi care răspund solicitărilor sau stărilor de tensiune ce apar în haldele de steril și în terenul de bază. Pe baza valorilor acestora se determină mărimea elementelor geometrice ale haldei și treptelor de haldă.

Caracteristicile de rezistență sunt utilizate atât în proiectare și analizele de stabilitate, cât și în calculele capacității portante a terenului de bază. Din acest motiv, se impune determinarea riguroasă a lor, deoarece gradul de incertitudine asupra valorilor lor se transferă asupra calculelor. Caracteristicile de rezistență ale materialului din halde și din terenul de bază au fost determinate în Laboratorul de mecanica pământurilor al Universității din Petroșani [B.46].

Intrucât valorile acestor caracteristici variază în limite foarte largi, pentru efectuarea calculelor s-au luat în considerare rezultatele prelucrărilor statistice (tabelul nr. 2.24).

Tab. nr. 2.24 Valorile de calcul ale caracteristicilor fizico-mecanice

Tip rocă	Umiditate naturală			Umiditate la saturație		
	Greutate volumetrică γ_{nat} , (kN/m ³)	Coeziune c, (kPa)	Unghi de frecare interioară ϕ (grade)	Greutate volumetrică γ_{sat} , (kN/m ³)	Coeziune c, (kPa)	Unghi de frecare interioară ϕ (grade)
Ramura 3 – EM Lupeni						
Material de haldă	18,7	31,38	27	19,4	25,49	23
Sol vegetal (fundament haldă)	18,0	33,34	26	19,2	24,51	21
Funicular Nou - EM Uricani						
Material de haldă	18,1	35,30	32	19,2	28,43	24
Sol vegetal (fundament haldă)	16,3	29,42	19	17,2	27,45	9
Preparația Coroești						
Material de haldă	17,2	27,45	26	19,1	14,71	12
Sol vegetal (fundament haldă)	18,2	34,32	20	18,2	19,61	14
Lonea 1 - EM Lonea						
Material de haldă	18,1	17,65	20	19,2	13,72	15
Sol vegetal (fundament haldă)	18,9	19,61	21	19,1	14,71	16

Se menționează că determinările în laborator au fost efectuate atât pe probe cu umiditate naturală, cât și pe probe cu umiditate la saturație.

2.2.7.3 Determinarea capacității portante a terenului sub halde

Conform Normativului proiectarea structurilor de fundare directă NP 112-04, 2005 [B.58], în cadrul calculului capacității portante a terenului de bază trebuie satisfăcută următoarea condiție:

$$P_{ef} \leq P_{cr} \quad (2.10)$$

unde: P_{ef} - valoarea de calcul a acțiunii verticale sau componenta verticală a unei acțiuni totale aplicată la baza fundației;

P_{cr} - valoarea de calcul a capacității portante.

Presiunea critică ce poate fi suportată de terenul de bază a fost determinată pe baza standardelor naționale [B.58], utilizând ecuația:

$$P_{cr} = \gamma^* \cdot B' \cdot N_y \cdot \lambda_\gamma + q \cdot N_q \cdot \lambda_q + c^* \cdot N_c \cdot \lambda_c \quad \text{kPa} \quad (2.11)$$

unde: γ^* - greutatea volumetrică a rocilor din terenul de bază, kN/m³;

B' – lățimea redusă a bazei haldei, m;

q – valoarea calculată a suprasarcinii laterale care acționează la nivelul bazei haldei, kPa;

c^* - coeziunea rocilor din terenul de bază, kPa;

N_y, N_q, N_c – coeficienți adimensionali ai capacității portante, a căror valoare depinde de unghiul de frecare interioară φ^* a rocilor de sub haldă;

$\lambda_y, \lambda_q, \lambda_c$ – coeficienți de formă a bazei haldei, a căror valoare depinde de lungimea și lățimea reduse ale bazei haldei.

Pe baza caracteristicilor geometrice și geotehnice și luând în considerare faptul că suprasarcina q este nulă (deoarece halda este formată direct pe teren), calculele au fost efectuate pentru două cazuri: umiditate naturală a rocilor (tabelul nr. 2.25) și roci saturate cu apă (tabelul nr. 2.26) [A.31]. Trebuie menționat faptul că în calcule s-au luat în considerare dimensiunile medii ale haldelor de steril, iar presiunea efectivă a acestora s-a acceptat ca fiind o sarcină uniform distribuită.

Tab. nr. 2.25 Calculul elementelor și rezultate – umiditate naturală

Halda	γ^* kN/m ³	B' m	N_y	λ_y	c^* kPa	N_c	λ_c	P_{cr} kPa	P_{ef} kPa
Ramura 3 – EM Lupeni	18,0	95	4,5	1,07	24,51	22	0,93	7589,94	622,62
Funicular Nou - EM Uricani	16,3	50	1,8	1,13	27,45	14	0,88	1654,84	1651,11
Preparația Coroești	18,2	150	1,9	1,11	19,61	14,2	0,89	4754,30	702,71
Lonea 1 - EM Lonea	18,9	48	2,0	1,16	14,71	16	0,84	1700,35	1785,36

Tab. nr. 2.26 Calculul elementelor și rezultate – roci saturate

Halda	γ^* kN/m ³	B' m	N_y	λ_y	c^* kPa	N_c	λ_c	P_{cr} kPa	P_{ef} kPa
Ramura 3 – EM Lupeni	19,2	95	2,1	1,07	24,51	15,5	0,93	3910,05	645,93
Funicular Nou - EM Uricani	17,2	50	0,2	1,13	27,45	7,8	0,88	390,38	1751,45
Preparația Coroești	18,2	150	0,7	1,11	19,61	10,2	0,89	1855,11	780,34
Lonea 1 - EM Lonea	19,1	48	0,9	1,16	14,71	11,9	0,84	848,74	1893,86

Analizând cele două tabele, se pot observa următoarele:

- ✓ În condiții de umiditate naturală a rocilor din haldă și din terenul de bază
 - presiunea efectivă specifică a haldelor de steril Ramura 3 - EM Lupeni și Preparația Coroești nu depășește presiunea critică, existând un factor de siguranță acoperitor;
 - presiunea efectivă specifică generată de halda Funicular Nou – EM Uricani este aproape egală cu presiunea critică;
 - presiunea efectivă specifică a haldei Lonea 1 depășește ușor presiunea critică.
- ✓ În condiții de umiditate la saturație a rocilor din haldă și din terenul de bază
 - presiunea efectivă specifică dezvoltată de haldele Ramura 3 - EM Lupeni și Preparația Coroești rămâne sub valoarea presiunii critice;
 - presiunea efectivă specifică dezvoltată de haldele Funicular Nou – EM Uricani și Lonea 1 depășesc cu mult valoarea presiunii critice.

Rezultatele obținute sunt confirmate de realitatea din teren, cazul cel mai grav fiind reprezentat de halda Lonea 1, unde se manifestă frecvent fenomene de deformare a terenului de bază; în special în perioadele cu exces de umiditate. Principala cauză a acestor fenomene este legată de faptul că haldele au fost construite fără a se îndepărta stratul de sol vegetal, iar raportul dintre volumul depozitat și suprafața ocupată este unul nefavorabil.

2.3 Analiza stabilității folosind metoda elementelor finite

Analiza problemelor de stabilitate a taluzurilor și versanților folosind metoda elementelor finite este încă limitată, ca urmare a complexității sale și a datelor insuficiente referitoare la proprietățile terenului studiat. Dacă o astfel de analiză este abordată și realizată în mod corect, rezultatele obținute sunt apropiate de realitate, oferind un grad de încredere ridicată. Metoda elementelor finite se bazează pe următoarele principii:

- ✓ Echilibru – între forțele exterioare și eforturile interioare;
- ✓ Cinematice – deformații și deplasări;
- ✓ Relații constitutive – comportamentul materialului.

Multe dintre programele de calcul bazate pe analize numerice folosesc această tehnică de reducere a rezistenței la forfecare pentru a determina factorul de stabilitate. Metoda are o serie de avantaje, printre care se numără posibilitatea de estimare a tensiunilor și deformațiilor din masiv sau care se manifestă asupra elementelor de susținere.

Tehnica de reducere a rezistenței la forfecare este utilizată în mod sistematic pentru a determina un factor de reducere a efortului (factor de siguranță) care determină cedarea taluzului sau versantului. Cel mai des utilizată este abordarea folosind modelul de cedare Mohr – Coulomb. Rezistența la forfecare redusă, considerând un material cu o comportare de tip Mohr – Coulomb, este descrisă de ecuația:

$$\frac{\tau}{F} = \frac{c'}{F} + \frac{\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi'}{F} \quad (2.12)$$

unde F este factorul de reducere. Ecuația se poate rescrie astfel:

$$\frac{\tau}{F} = c^* + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi^* \quad (2.13)$$

unde,

$$c^* = \frac{c'}{F} \quad \text{iar} \quad \varphi^* = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi'}{F} \right) \quad (2.14)$$

sunt considerați parametri rezistenței la forfecare pentru modelul Mohr – Coulomb.

Este cunoscut faptul că cedarea masivelor de pământ (versanți și taluzuri) este similară unui proces de forfecare la scară naturală, în care cunoașterea și evaluarea rezistenței și a eforturilor de forfecare au rol determinant. Prin utilizarea programelor de calcul, se reduce considerabil durata de efectuare a analizelor, iar rezultatele obținute prezintă un grad mai ridicat de încredere.

În majoritatea cazurilor, haldele carierelor din Oltenia sunt constituite din mai multe trepte, astfel încât se impune verificarea stabilității atât pentru taluzurile individuale, cât și pentru întregul sistem de trepte. În acest scop, până la apariția soft-urilor specializate, se utilizau metodele clasice de analiză a stabilității, ce necesitau efectuarea unui volum mare de calcul și care uneori puteau conduce la erori cauzate de măsurătorile efectuate pe profilele de calcul. Prin utilizarea programelor de calcul, se reduce considerabil durata de efectuare a analizelor, iar rezultatele obținute prezintă un grad mai ridicat de încredere [A.25], [A.33].

În acest scop s-a realizat analiza de stabilitate utilizând trei soft-uri specializate de geotehnică, și anume: PLAXIS, DC - Boschung și FIDES - Gleitkreis, cu ajutorul cărora s-a determinat factorul de stabilitate pentru treptele individuale și sisteme de trepte ale haldelor din Oltenia.

Programul PLAXIS, versiunea 7.2, un produs al firmei PLAXIS B.V. din Olanda, realizează un calcul numeric folosind metoda elementului finit. După introducerea modelului geometric al taluzului, cu ajutorul generatorului automat de rețele, are loc discretizarea acestuia. PLAXIS utilizează elemente triunghiulare și se poate lucra cu elemente cu 6, respectiv 15 noduri. Pentru obținerea unor rezultate cât mai precise, se recomandă elementele cu 15 noduri. La baza analizei stabilității taluzurilor executate în roci moi stă teoria Mohr – Coulomb descrisă anterior. După introducerea proprietăților fizico-mecanice se calculează greutatea proprie și apoi are loc analiza de stabilitate, folosind opțiunea Phi/C Reduction, care se bazează pe metoda lui Fellenius.

Rezultatele calculelor (deplasări, deformarea rețelei, eforturi și tensiuni, valorile factorului de stabilitate) pot fi vizualizate sub formă de reprezentări grafice (figurile nr 2.28 și 2.29) [A.33].

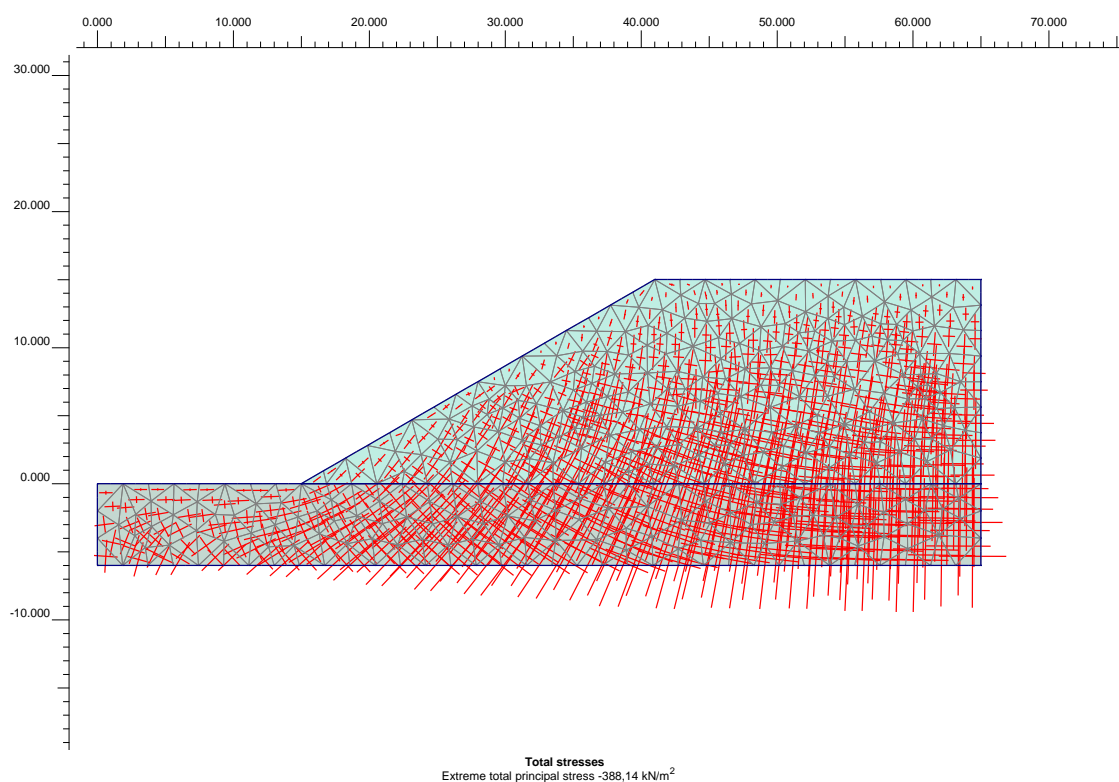
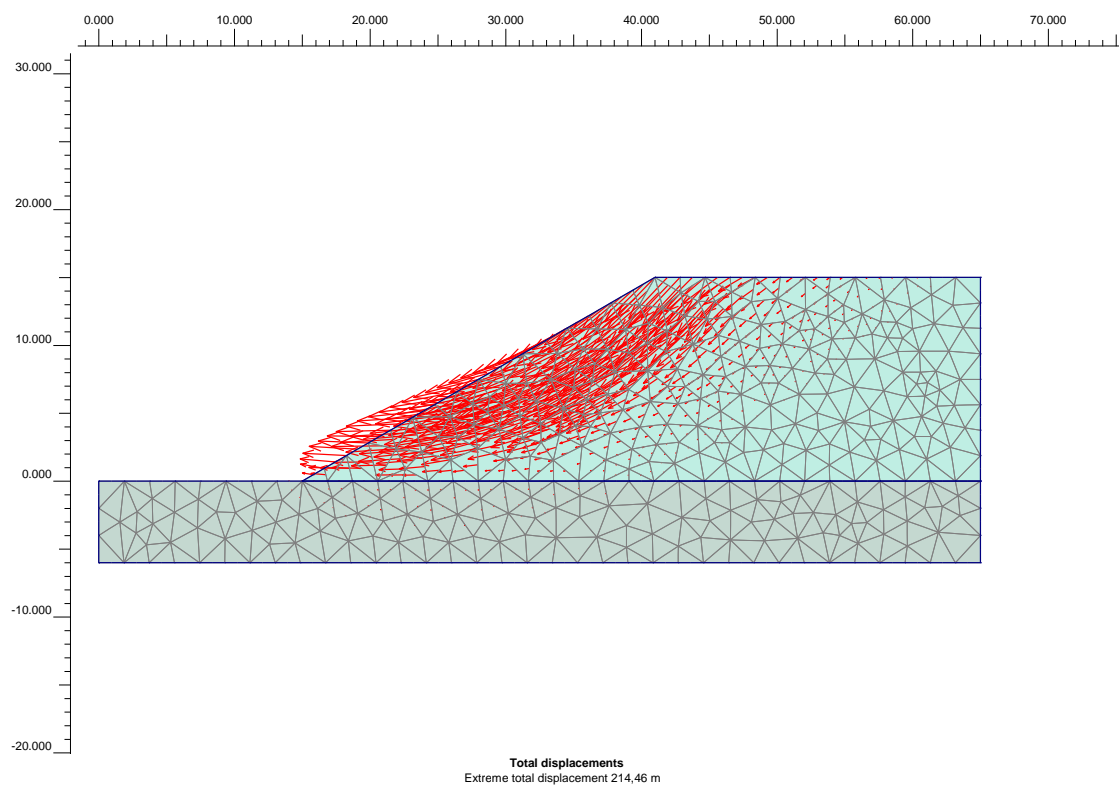


Fig. nr. 2.28 Deplasări și eforturi în taluz

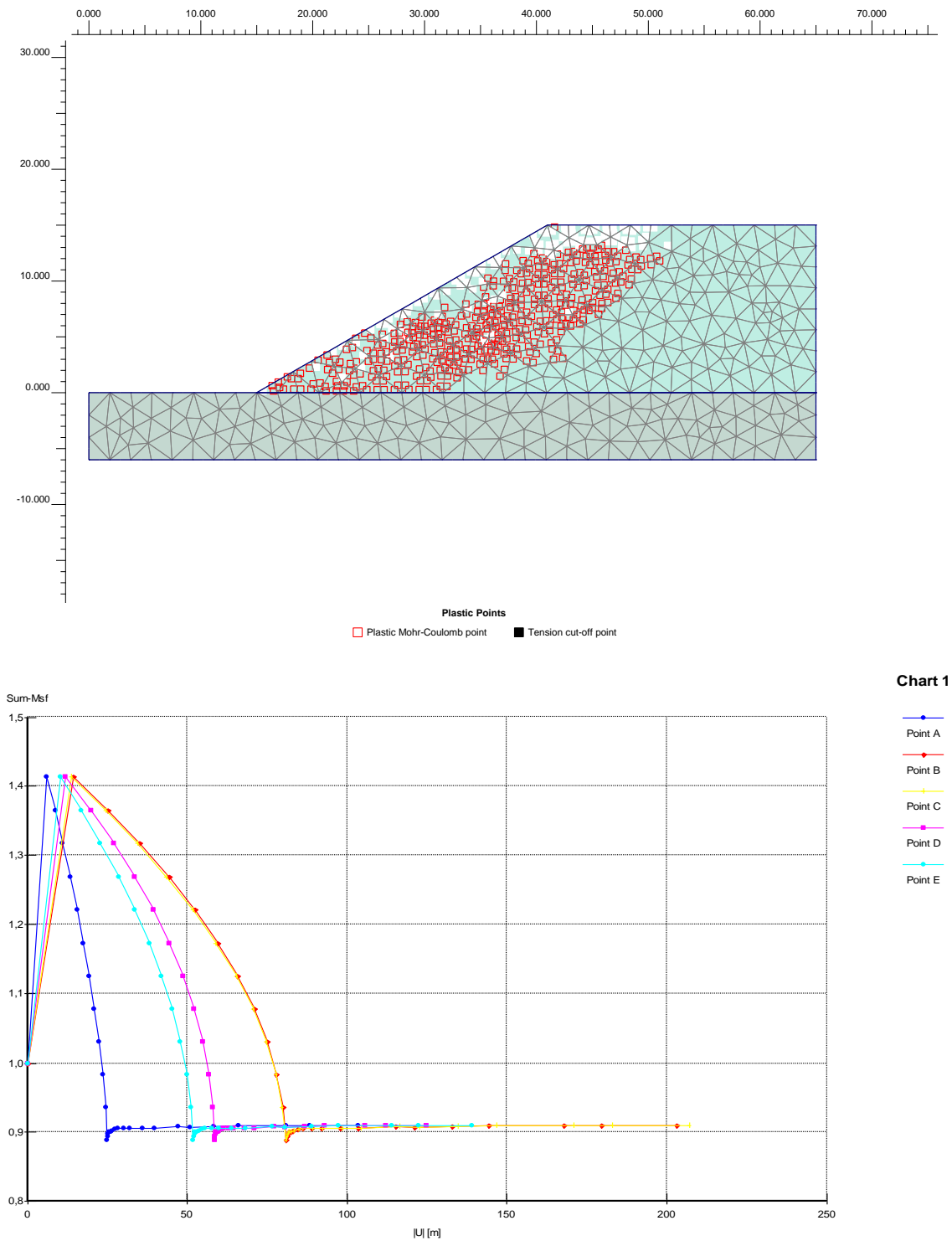


Fig. nr. 2.29 Condiții de plasticitate și factorul de stabilitate

Programele DC–Boschung și FIDES–Gleitkreis sunt produse ale firmei FIDES DV–PARTNER din Munchen și se bazează pe teoria Krey – Bishop. Pentru analiza de stabilitate se acceptă o suprafață de alunecare de formă cilindrico-circulară. Secțiunea transversală a corpului de alunecare se împarte în fâșii, iar factorul de stabilitate se determină pe baza calculului momentelor de forțe în raport cu centrul suprafeței de alunecare. Ambele programe realizează mai multe iterații, până la determinarea valorii minime a factorului de stabilitate. Principiul de lucru este prezentat în figura nr. 2.30.

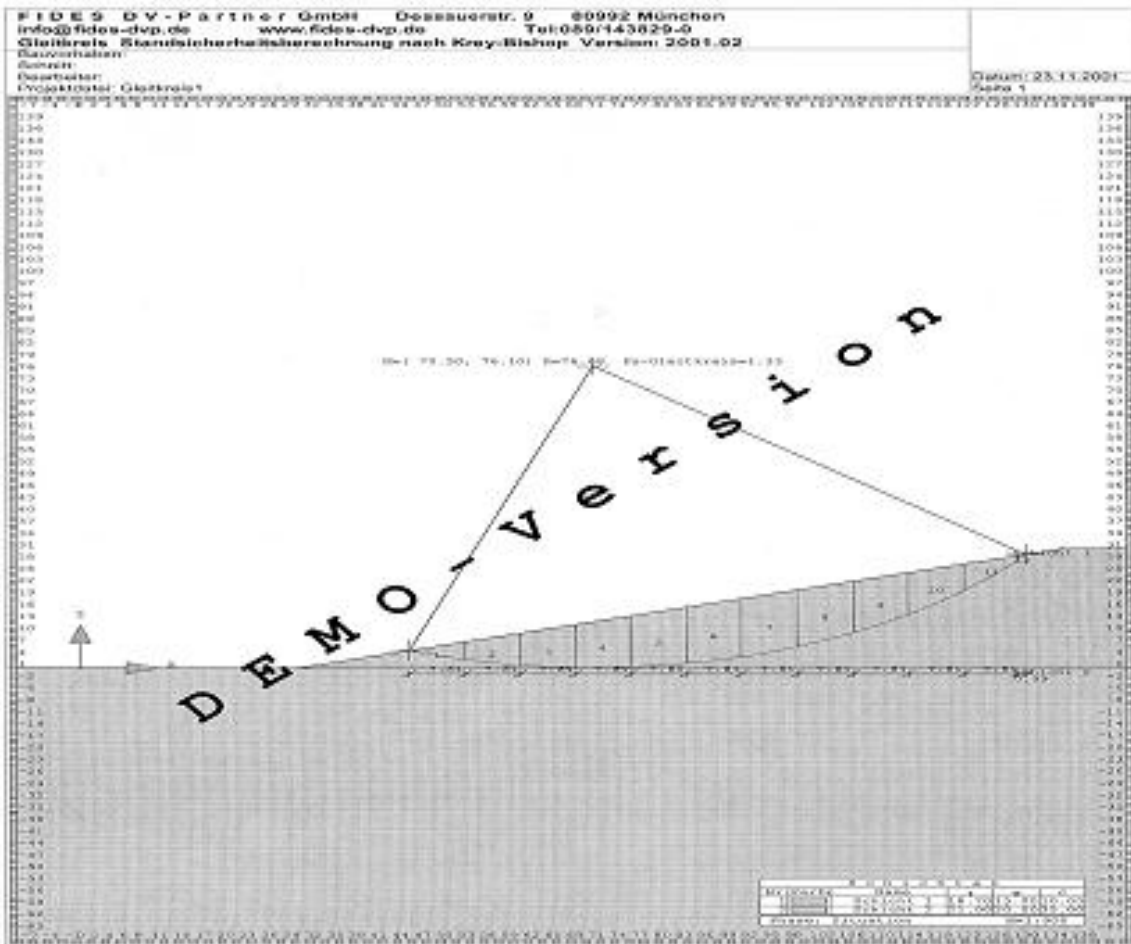
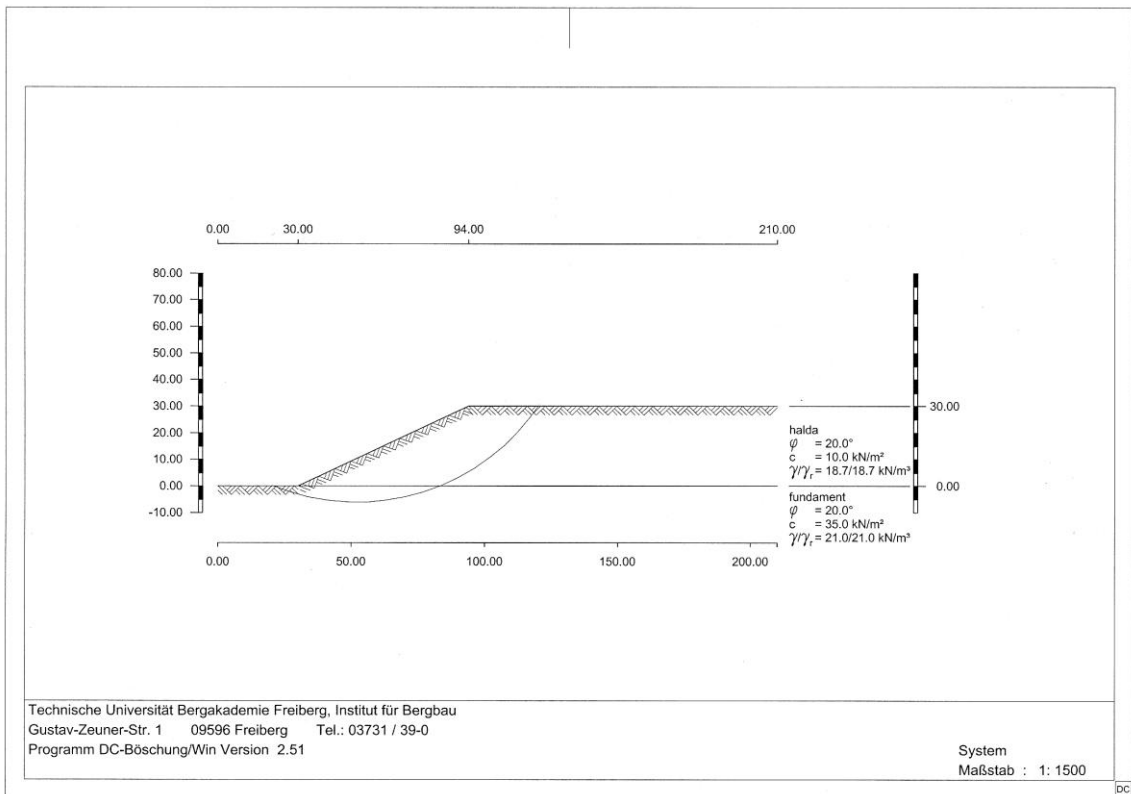


Fig. nr. 2.30 Analiza de stabilitate cu DC – Boschung și FIDES Gleitkreis

Ținând seama de caracteristicile geometrice ale haldelor de steril construite în Oltenia, la efectuarea analizei de stabilitate au fost luate în considerare mai multe valori pentru înălțimea treptelor individuale și ale unghiurilor de taluz ale acestora. În ceea ce privește ansamblul haldei, s-a lucrat pentru o înălțime totală de 102 m, prezentă în cazul haldei Pinoasa, în condițiile unui unghi de taluz general variabil, cuprins între 8 – 14°. Caracteristicile fizice și mecanice ale materialului de haldă sunt prezentate în tabelul nr. 2.27, iar în calculele de stabilitate s-au folosit valorile medii ale acestora.

Tab. nr. 2.27 Caracteristicile fizico-mecanice ale sterilului

Tipul rocilor din haldă	Greutatea specifică aparentă [kN/m ³]	Coeziunea [kN/m ²]	Unghiul de frecare interioară [grade]
Argilă	18,0-20,5	40-70	23-27
Amestec argilă, marnă, praf	19,3-21,4	30-49	22
Amestec argilă, nisip, praf	18,8-20,5	37	26
Amestec nisip, argilă	16,3-19,4	2-6	26-29

În urma efectuării analizelor de stabilitate cu programele descrise mai sus, s-au obținut pentru cazurile luate în considerare rezultatele prezentate în tabelul nr. 2.28.

Tab. nr. 2.28 Valorile factorului de stabilitate

Înălțimea, H (m)	Unghiul de taluz, φ (grade)	Factorul de stabilitate, s		
		PLAXIS	FIDES-Gleitkreis	DC-Böschung
102	8	2,093	2,17	2,42
	10	1,646	1,77	1,90
	12	1,423	1,50	1,56
	14	1,390	1,29	1,34
30	16	1,450	1,33	1,66
	18	1,171	1,18	1,49
	20	1,066	1,08	1,36
	25	0,877	0,87	1,09
20	18	1,293	1,25	1,52
	20	1,196	1,17	1,25
	25	0,994	0,98	1,21
15	20	1,279	1,26	1,53
	25	1,059	1,02	1,29
	30	0,888	0,91	1,23

Ca o primă remarcă, este interesant de constatat că, deși ultimele două programe utilizate se bazează pe principii asemănătoare, rezultatele la care conduc diferă destul de mult. În schimb, este evident faptul că rezultatele obținute cu programul care folosește metoda elementelor finite PLAXIS sunt foarte apropiate de cel obținute cu programul FIDES – Gleitkreis, ceea ce conduce la un grad de încredere mai ridicat.

Se poate observa din tabelul nr. 2.28 că valorile unghiurilor de taluz pentru care este asigurată o rezervă de stabilitate a treptelor de haldă de cca. 1,3 sunt relativ mici (16° pentru o înălțime de 30 m, 18° pentru o înălțime de 20 m, respectiv 20° pentru o înălțime de 15 m), ceea ce conduce la o înclinare a taluzului general a unei halde cu înălțimea totală de 102 m de 8,5°. Această configurație asigură o rezervă de stabilitate pentru taluzul general destul de mare ($s = 2$), valoare justificată ținând seama de faptul că durata de rămânere pe loc a acestuia este foarte mare. În aceste condiții, pentru o haldă de steril formată din 5 trepte cu înălțimea de 20 m se recomandă o lățime a bermelor intermediare de 93 m (figura nr. 2.31) [A.33].

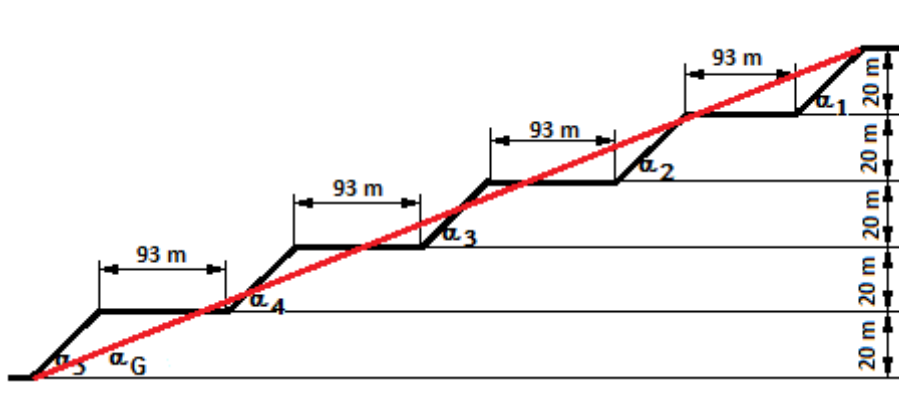


Fig. nr. 2.31 Geometria sistemului de trepte

Geometria necesară a sistemului de trepte și a taluzurilor individuale poate fi obținută prin executarea lucrărilor de nivelare și de retaluzare. Realizarea acestei geometrii asigură și condițiile necesare redării haldelor în circuitul agricol și silvic, fără alte lucrări suplimentare de amenajare.

2.4 Metode probabilistice de analiză a stabilității

La verificarea stabilității unui taluz, acesta este în echilibru, atunci când raportul dintre forțele de rezistență (R) și cele de alunecare (S) este egal cu 1 ($R/S = 1$). Raportul R/S este numit factor de stabilitate (F_s). Pentru a ține seama de posibilele erori introduse în calcule, pentru gradul de încredere și respectarea legii, se impune un factor de stabilitate de referință supraunitar, de regulă egal cu 1,3 [B.56].

În analizele de stabilitate de tip determinist, există, în principal, patru surse de erori:

- ✓ naturale, referitoare la neomogenitatea terenului: cercetările geotehnice sunt punctuale și nu permit sau permit doar parțial cunoașterea variațiilor laterale ale caracteristicilor mecanice ale terenului;
- ✓ imprecizia în executarea cercetărilor geotehnice realizate in situ sau în laborator;
- ✓ aproximarea corelațiilor empirice disponibile în literatură pentru obținerea indirectă a parametrilor terenului;
- ✓ simplificările introduse de modelul terenului.

Într-o abordare de tip determinist, erorile introduse în calcul sunt acoperite prin impunerea valorii factorului de stabilitate mai mare de 1.

O analiză de tip probabilistic, în cadrul căreia erorile pot fi examinate cu instrumente ale teoriei probabilităților, permite abordarea problemei surselor de incertitudine într-o manieră mai riguroasă și rațională.

Analiza probabilistică abandonează conceptul de factor de stabilitate, preferându-l pe acela de limită de stabilitate (LS), definit ca diferența dintre forțele pasive și cele active ($LS = R - S$).

Deoarece aplicarea riguroasă a acestei definiții nu permite utilizarea unor metode de analiză, cum sunt cele clasice, limita de stabilitate se redefinește prin relația:

$$LS = \frac{R}{S} - 1 = F_s - 1 \quad (2.15)$$

La echilibru, limita de stabilitate LS este egală cu zero ($S = R$); iar valorile mai mari de zero indică taluzuri stabile și valorile mai mici de zero taluzuri instabile.

Sursele de incertitudine conduc la generarea unui interval de valori ale limitei de stabilitate LS posibil distribuite după o lege de densitate a probabilității (de exemplu, distribuție Gauss). Se definește ca probabilitate de rupere (p_r) probabilitatea ca valoarea lui LS să fie mai mică de 0 (condiție de echilibru).

Indicele de încredere este legat de probabilitatea de rupere prin relația:

$$I = 1 - p_r \quad (2.16)$$

2.4.1 Metoda Rosemblueth

Metoda Rosemblueth [B.40], [B.41] aplicată la verificarea stabilității unui taluz în roci moi, permite obținerea valorii cele mai probabile a limitei de stabilitate LS (valoarea medie LS_m) și a unei indicații privind dispersia sa (abaterea medie pătratică S_{LS}). Utilizarea acestei metode poate conduce la un grad mai mare de încredere a rezultatelor obținute privind probabilitatea de producere a alunecării, în condițiile adoptării unei distribuții asumate în mod corect, ceea ce o recomandă ca pe o metodă foarte practică [B.35].

Se pot utiliza și în acest caz ca variabile cauzale parametrii c și φ , presupunând că acestea au o distribuție gaussiană simetrică.

Procedeul care trebuie urmat este descris în cele ce urmează.

- ✓ cu datele măsurate in situ sau în laborator, se calculează valoarea medie a lui c și φ (c_m și φ_m) și abaterile pătratice medii respective (s_c și s_φ);
- ✓ utilizând una din metodele echilibrului limită, se calculează limita de stabilitate corespunzătoare următoarelor combinații de parametri:

$$\begin{aligned} (c &= c_m + s_c; \varphi = \varphi_m + s_\varphi) \rightarrow LS1 \\ (c &= c_m + s_c; \varphi = \varphi_m - s_\varphi) \rightarrow LS2 \\ (c &= c_m - s_c; \varphi = \varphi_m + s_\varphi) \rightarrow LS3 \\ (c &= c_m - s_c; \varphi = \varphi_m - s_\varphi) \rightarrow LS4 \end{aligned} \quad (2.17)$$

- ✓ se calculează apoi valoarea medie a LS_m cu relația:

$$LS_m = (LS_1 + LS_2 + LS_3 + LS_4) / 4 \quad (2.18)$$

și abaterea medie pătratică cu formula:

$$S_{LS} = 0,5 \cdot \sqrt{(LS_1^2 + LS_2^2 + LS_3^2 + LS_4^2)} \quad (2.19)$$

Scopul unei analize realizată pe criterii probabilistice este acela de identificare a probabilității de rupere (p_r) a taluzului examinat. Metodele Montecarlo și Rosenblueth permit obținerea unor evaluări corecte a valorii medii LS_m și a abaterii medii pătratice S_{LS} ale limitei de stabilitate [B.40], [B.41]. Aceste mărimi permit obținerea directă a valorii limitei de stabilitate LS asociată unei anumite probabilități de depășire (valoarea caracteristică a lui LS) cu ajutorul relației:

$$LS_k = LS_m \cdot (1 + \chi \cdot K_{LS}) \quad (2.20)$$

unde: LS_k = valoarea caracteristică a limitei de stabilitate;

LS_m = valoarea medie a limitei de stabilitate;

K_{LS} = coeficient de variație a LS , definit ca raportul dintre abaterea medie pătratică și media valorilor lui LS ;

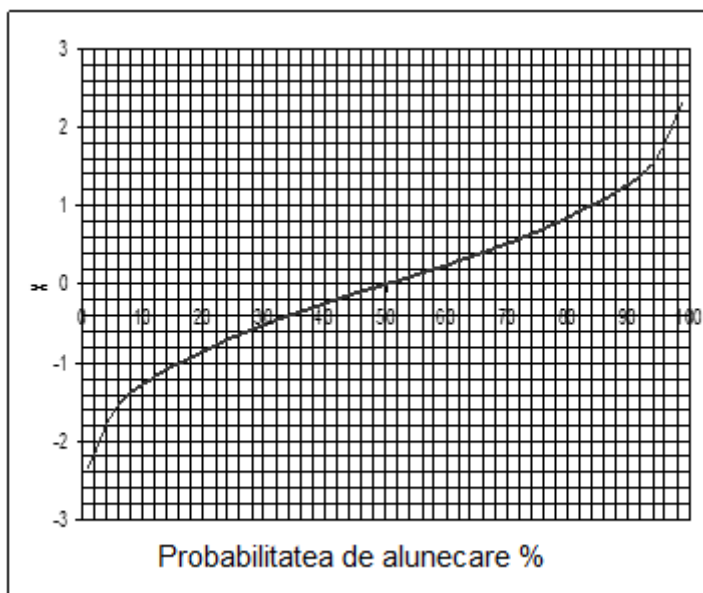
χ = parametru dependent de legea de distribuție a probabilității și de probabilitatea de rupere adoptată.

Prin probabilitatea de rupere se înțelege probabilitatea ca valoarea „reală” a lui LS să fie mai mică decât o valoare dată. De exemplu, afirmația că o valoare a lui LS are o probabilitate de depășire de 10% înseamnă că există o probabilitate de 10% ca valoarea ‘reală’ a limitei de stabilitate să fie mai mică.

Parametrul χ depinde exclusiv de legea de densitate a probabilității aleasă [B.40], [B.41]. În cazul unei distribuții gaussiene, valorile lui χ se pot obține din tabelul nr. 2.29 [B.7] sau direct din graficul prezentat în figura nr. 2.32.

Tab. nr. 2.29 Determinarea parametrului χ

Probabilitatea de rupere (%)	X	Probabilitatea de rupere (%)	X
1	-2,326	60	0,253
5	-1,645	70	0,524
10	-1,282	80	0,842
20	-0,842	90	1,282
30	-0,524	95	1,645
40	-0,253	99	2,326
50	0	-	-

Fig. nr. 2.32 Reprezentarea grafică a probabilității de alunecare în funcție de parametrul χ

Rămâne de definit ce probabilitate de rupere se poate considera acceptabilă, adică pentru ce valoare a lui p_r taluzul poate fi definit ca stabil. În principiu, această valoare trebuie legată de importanța cazului și de gradul de cunoaștere a caracteristicilor terenului. După Priest și Brown [B.38], se poate considera într-o primă aproximare ca reper o probabilitate de rupere de 1% în situații în care producerea unei alunecări nu presupune pagube materiale și umane grave și de 0,3% în cazurile contrare. Deci, dacă probabilitatea de rupere rezultată este mai mică decât aceste valori, taluzul poate fi considerat stabil, și instabil în caz contrar.

2.4.2 Analiza calitativă a gradului de stabilitate a unui taluz cu metoda fuzzy

Instrumentele logicii fuzzy permit tratarea riguroasă a problemelor pentru care se impune o evaluare de tip calitativ, pornind de la o serie de date cu un grad mare de aproximare. Printre numeroasele aplicații posibile este cea referitoare la evaluarea gradului de stabilitate a unui taluz. Teoria fuzzy a fost introdusă de Zadeh [B.52], pornind de la conceptul de neclaritate și exprimarea sa sub formă de seturi fuzzy.

Teoria seturilor fuzzy poate fi folosită pentru a rezolva diferite probleme în multe domenii [B.53], inclusiv în domeniul geotehnic. Sakurai și Shimizu [B.47] au propus utilizarea teoriei fuzzy pentru evaluarea calitativă a stabilității taluzurilor pe baza factorului incert de siguranță (F_s), definit ca o funcție de apartenență trapezoidală. Instrumentele logicii fuzzy permit tratarea riguroasă a problemelor de evaluare calitativă, având la dispoziție o serie de date cu un grad ridicat de aproximare. Metoda parcurge trei etape importante:

- ✓ Definirea funcțiilor de apartenență a celor doi parametri de rezistență ai rocilor, respectiv coeziunea și unghiul de frecare interioară. Funcția de apartenență este instrumentul de bază al logicii fuzzy și indică gradul de apartenență al unei serii de date la un anumit ansamblu. În cazul de față, reprezintă gradul de apartenență a parametrilor de rezistență la forfecare c , φ la terenul luat în considerare. Acele valori ale lui c , φ care aparțin sigur

Tab. nr. 2.30 Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului prelevat din foraje

Interval probat	Greutatea volumetrică γ_v	Rezistență la forfecare		Interval probat	Greutatea volumetrică γ_v	Rezistență la forfecare	
		Coeziunea c	Unghi de frecare interioară φ			Coeziunea c	Unghi de frecare interioară φ
m	kN/m ³	kN/m ²	grade	m	kN/m ³	kN/m ²	grade
0	1	2	3	4	5	6	7
Forajul 1				Forajul 4			
0-3	18,15	14	16	0-1,8	19,23	31	12
4,5-5,3	18,32	13	17	1,8-4,7	18,28	23	16
7-8	18,93	18	18	4,7-6	18,70	9	6
8,5-11	18,98	21	19	6-9,3	18,12	14	22
11-15,3	18,88	31	16	9,3-17,2	17,36	48	13
15,3-20	19,37	20	17	17,2-20	18,99	21	20
Forajul 2				Forajul 5			
0-1,3	18,85	37	14	0-3,3	17,46	19	14
1,3-5,3	18,06	29	10	3,3-4,4	18,80	10	12
0	1	2	3	4	5	6	7
5,3-9	18,83	28	14	4,4-8,3	19,04	20	23
9-17,7	18,55	26	18	8,3-9,3	18,51	31	19
17,7-20	18,58	20	22	9,3-15	17,70	36	16
Forajul 3				Forajul 6			
0-5,6	19,10	30	22	0-2,5	19,51	19	17
5,6-9	17,80	39	19	2,5-4,5	17,93	19	4
9-16,4	18,64	41	21	7,3-9,1	18,48	52	25
16,4-21	19,0	32	18	9,1-11,2	19,30	51	12
				11,2-14	18,56	09	11

2.4.3.1 Estimarea gradului de stabilitate prin metoda fuzzy

Modelarea geometriei și analizele de stabilitate ale treptelor de haldă s-au realizat cu ajutorul softului specializat în probleme de geotehnică GeoTecB, metoda utilizată pentru calculul factorului de stabilitate fiind metoda lui Fellenius, care conduce la cele mai reduse valori ale factorului de stabilitate, rezultatele fiind considerate acoperitoare.

În acest scop, caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor au fost supuse unei prelucrări statistice, prin care s-au determinat valorile minime și maxime, media și abaterea medie pătratică. S-a acordat gradul de apartenență la ansamblul haldei 1 pentru valorile cuprinse între $M - \sigma$ și $M + \sigma$, respectiv gradul de apartenență zero valorilor minime și maxime, obținându-se astfel patru perechi de valori de lucru [A.34].

Rezultatele obținute în urma analizelor efectuate pentru taluzuri cu înălțimea de 15 m și înclinarea de 30° (acestea fiind cele mai frecvente elemente geometrice ale taluzurilor celor trei halde) sunt prezentate în tabelul nr. 2.31, iar interpretarea acestora se poate urmări în figura 2.34.

Tab. nr. 2.31 Rezultatele prelucrării statistice a datelor obținute

Valoarea	Coeziunea c , kN/m ²	Unghiul de frecare interioară φ , grade	Factorul de stabilitate F_s
Min.	9	4	0,48
$M - \sigma$	14	11,4	0,97
$M + \sigma$	38	21	2,25
Max.	52	25	2,93

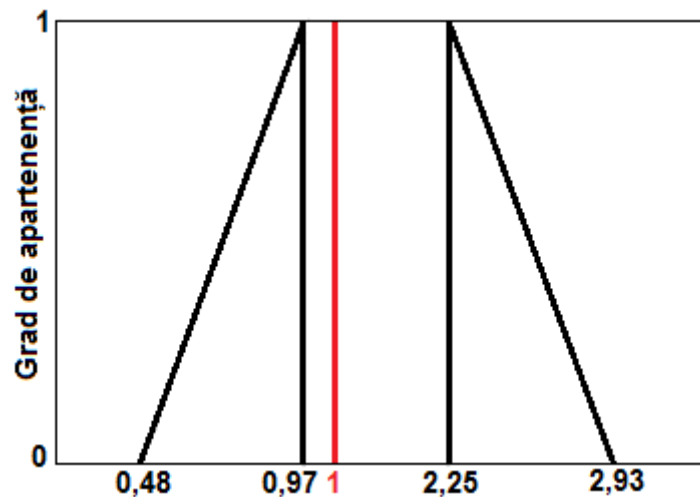


Fig. nr. 2.34 Analiza calitativă a stabilității

Potrivit acestor rezultate, treptele de haldă cu geometria luată în considerare, alcătuite din rocile sterile provenite din cariera Roșiuța au un grad redus de stabilitate și pot intra în mișcare în condițiile acțiunii unor factori exteriori, cum sunt, de exemplu, precipitațiile.

2.4.3.2 Estimarea probabilității de alunecare

În acest scop s-a utilizat metoda Rosemblueth, cu ajutorul căreia s-a determinat probabilitatea de rupere a taluzurilor, luând în considerare pentru caracteristicile mecanice ale rocilor aceleași perechi de valori utilizate anterior și determinând mai întâi limita de stabilitate (tabelul nr. 2.32).

Tab. nr. 2.32 Evaluarea probabilității de alunecare

Valoarea	Coeziunea c , kN/m^2	Unghiul de frecare interioară φ , grade	Factorul de stabilitate F_s	Limita de stabilitate LS
Min.	9	4	0,48	-0,52
M - σ	14	11,4	0,97	-0,03
M + σ	38	21	2,25	1,25
Max.	52	25	2,93	1,93
LSm	0,6575			
SmS	1,178845			
VLs	1,79292			
χ	-0,55775			

Pe baza relațiilor prezentate anterior, au fost calculate elementele necesare determinării probabilității de alunecare a taluzurilor haldelor exterioare ale carierei Roșiuța. Din tabelul nr. 2.32, pentru valoarea calculată a lui $\chi = -0,557$, rezultă o probabilitate de alunecare de 30%, ceea ce indică un risc major de alunecare a haldelor, având în vedere dimesiunile și volumele mari de material steril depozitat.

Metodele probabilistice de estimare a stabilității taluzurilor nu le înlocuiesc pe cele de tip determinist, dar pot oferi o primă evaluare a gradului de stabilitate, în funcție de geometrie și de proprietățile fizice și mecanice caracteristice amestecului de roci din halde. Indiferent de metodele utilizate pentru analiza de stabilitate, pentru haldele exterioare ale carierei Roșiuța este evident că sunt posibile fenomene de alunecare, ceea ce impune măsuri de reproiectare a geometriei treptelor de haldă [A.34].

2.5 Metodologie de estimare a riscului de mediu ca urmare a alunecării haldelor de steril – studiu de caz Valea Jiului

Problemele de stabilitate ale haldelor de steril sunt deosebit de importante, deoarece fenomenele de alunecare pot pune în pericol componentele naturale și antropice ale mediului situate în zona de influență. De asemenea, alunecarea haldelor implică lucrări și costuri suplimentare pentru a restabili geometria și/sau pot avea ca rezultat deteriorarea echipamentelor sau chiar pot pune în pericol personalul care lucrează cu aceste echipamente. În cazul particular al zonelor miniere în care numărul de halde este mare, iar acestea sunt localizate fie în zone cu valoare naturalistică ridicată, fie în apropierea unor infrastructuri, clădiri industriale, gospodării etc., este important să se cunoască starea tehnică a haldele de steril și riscurile cu care se confruntă zonele adiacente în cazul unei producerii unor fenomene de alunecare.

Directiva 2006/21/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 martie 2006 privind gestionarea deșeurilor din industria extractivă și modificarea Directivei 2004/35/CE impune *"asigurarea stabilității geotehnice pe termen lung a oricărui diguri sau a haldelor construite deasupra nivelului terenului, precum și stabilitatea fizică pentru a preveni poluarea sau contaminarea solului, a aerului, a apelor de suprafață sau subterane, pe termen scurt și lung, și reducerea la minim, cât mai mult posibil, a daunelor asupra peisajului"* [B.64].

Având în vedere aceste aspecte, se pune problema stabilirii unei metodologii de evaluare a riscurilor la care este supus mediul (atât componentele naturale, cât și cele și antropice) în condițiile producerii unor fenomene de alunecare a haldelor de steril.

Pornind de la evaluarea condițiilor tehnice ale haldelor de active din Valea Jiului, a fost elaborată o matrice care definește vulnerabilitatea componentelor naturale și antropice ale mediului în zonele adiacente, în cazul producerii fenomenelor de alunecare. Elaborarea matricei a pornit de la clasificarea depozitelor de steril în funcție de gradul de pericol în caz de alunecare [B.56], [B.62]. Cu ajutorul mai multor seturi de valori rezultate din prelucrarea statistică a caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului steril depozitat în halde, s-au efectuat studii de stabilitate, în scopul determinării probabilității de alunecare a haldelor. În final, s-a determinat o scara de risc de mediu, care depinde de probabilitatea de alunecare a haldelor și de valoarea componentelor naturale și antropice ale mediului care pot fi afectate de alunecare. Pe baza rezultatelor obținute, pot fi luate măsuri pentru stabilizarea, reabilitarea și recuperarea haldelor de steril, în scopul asigurării stabilității fizice, atât în timpul construcției, cât și după finalizarea lucrărilor de depozitare pentru reintegrarea imediată a acestora în ciclurile naturale.

2.5.1 Situația haldelor de steril din Valea Jiului

În bazinul minier Valea Jiului există în prezent un număr 9 halde încă active, iar celelalte se află în diferite stadii de reabilitare ecologică sau au fost abandonate. Cele 9 halde de steril active ocupă o suprafață de aproximativ 50,75 ha și înmagazinează o cantitate de 6,46 milioane m³ de material steril (tabelul nr. 2.33) [A.29].

Tab. nr. 2.33 Haldele active din Valea Jiului

Halda	Unitatea minieră	Suprafața haldei [m ²]	Capacitatea proiectată [m ³]	Capacitatea utilizată [m ³]
Lonea 1	EM Lonea	23.000	4.000.000	426.119
Jieț	EM Lonea	10.400	90.500	65.122
Ramura R-V Petrița	EM Petrița	195.900	3.755.454	336.231
Puțul auxiliar 2-3 Maleia	EM Livezeni	23.000	380.000	318.758
Preparația Livezeni	EM Livezeni	36.000	144.000	468.115
Valea Arsului	EM Vulcan	17.500	1.200.000	367.918
Ramura 2 E.C.P.V.J.	E.C.P.V.J.	112.000	2.000.000	2.573.889
Ramura 3 Lupeni	EM Lupeni	62.700	2.000.000	1.360.108
Funicularul Nou	EM Uricani	27.000	700.000	547.329

Componentele naturale și antropice ale mediului situate în apropierea haldelor de steril active sunt numeroase, astfel încât, în caz de pierdere a stabilității riscul de mediu poate fi major. Cu toate acestea, gradul de severitate al riscului depinde de natura impactului asupra receptorului și probabilitatea ca impactul să se producă.

2.5.2 Cercetări de teren

Pentru evaluarea condițiilor tehnice și a comportamentului haldelor au fost întreprinse observații vizuale în teren și cartări geotehnice. Haldele de steril active din Valea Jiului sunt amplasate în văi sau pe versanți, iar în zonele adiacente există componente naturale și antropice ale mediului care pot fi afectate de o eventuală alunecare a acestora. În urma cercetărilor de teren, au fost identificate componentele naturale și antropice ale mediului situate în zonele adiacente haldelor de steril (tabelul nr. 2.34) [A.8].

Tab. nr. 2.34 Obiective din zona de influență a haldelor și condițiile tehnice ale haldelor

Halda	Componente naturale și antropice/condiții tehnice
Lonea 1	Gospodării și Școala nr. 3 la aprox. 200 m, circulația restrânsă a persoanelor, râul Jiul de Est, teren cu vegetație săracă/afectată de alunecări de teren, deversări de materiale și de eroziune.
Jieț	Gospodării, căi de comunicație cu trafic limitat și circulație limitată de persoane, lac situat în zone de SV a haldei, râul Jieț, păduri de foioase, terenuri agricole/relativ stabilă, unele fenomene de eroziune.
Ramura Petrița R-V	Gospodării și drumul național DN7A la cca. 500 m, căi de comunicație cu trafic limitat și circulație limitată de persoane, lacul din partea de nord aparținând Asociației ProPescari, lacul Știurț din partea de sud, terenuri cu vegetație săracă (pășuni), arbuști și arbori, în special mesteacăn, salcie și salcâm/alunecări superficiale și eroziune.
Puțul auxiliar 2-3 Maleia	Gospodării, drumul național DN7A, hala de prelucrare a lemnului aparținând SC ALPINE SRL, căi de comunicație cu trafic intens și circulația intensă a persoanelor, pârâul Maleia, păduri de foioase/alunecări superficiale și eroziune.
Preparația Livezeni	Gospodării, căi de comunicație cu trafic limitat și circulație limitată de persoane, râul Jiul de Est, teren cu vegetație săracă (foioase)/relativ stabilă, unele fenomene de eroziune.
Valea Arsului	Galeria de coastă, gospodării individuale, căi de comunicație cu trafic limitat și circulație restrânsă de persoane, pârâul Valea Arsului, lac format ca urmare a scufundării terenului, cu vegetație bogată, păduri de foioase/relativ stabilă, unele fenomene de eroziune.
Ramura E.C.P.V.J. 2	Circulație limitată a persoanelor, incinte miniere la cca. 1 km de haldă, zona rezidențială Vulcan la cca. 1,5 km, câteva gospodării individuale, râul Jiul de Vest, pârâul Priboi, două rezervoare de apă, terenuri cu vegetație bogată, păduri de foioase/afectată de alunecări de teren și eroziune.
Ramura Lupeni 3	Circulație limitată de persoane, zona rezidențială Lupeni și incinte miniere la aprox. 1,5 km, râul Jiul de Vest, pârâurile Ferejele și Boncii, rezervoare de apă (lacuri și iazuri), terenuri cu vegetație bogată, păduri mixte în care predomină specii de foioase și unele specii de conifere/afectată de alunecări de teren, deversare de materiale și de eroziune.
Funicular Nou Uricani	Circulație limitată de persoane, râul Jiul de Vest la cca. 100 m, rezervor de apă (lac), izvoare, terenuri cu vegetație bogată, păduri mixte (foioase și specii de conifere)/afectată de compactarea materialului, fenomene de eroziune și deversări de material.

De asemenea, s-au observat geometria și condițiile tehnice ale haldelor de steril, comportamentul acestora sub influența factorilor externi și prezența semnelor care indică o reducere a rezistenței rocilor depozitate (eroziune, rezervoare de apă etc.), rezultatele investigațiilor fiind prezentate în figura nr. 2.35 [A.8].

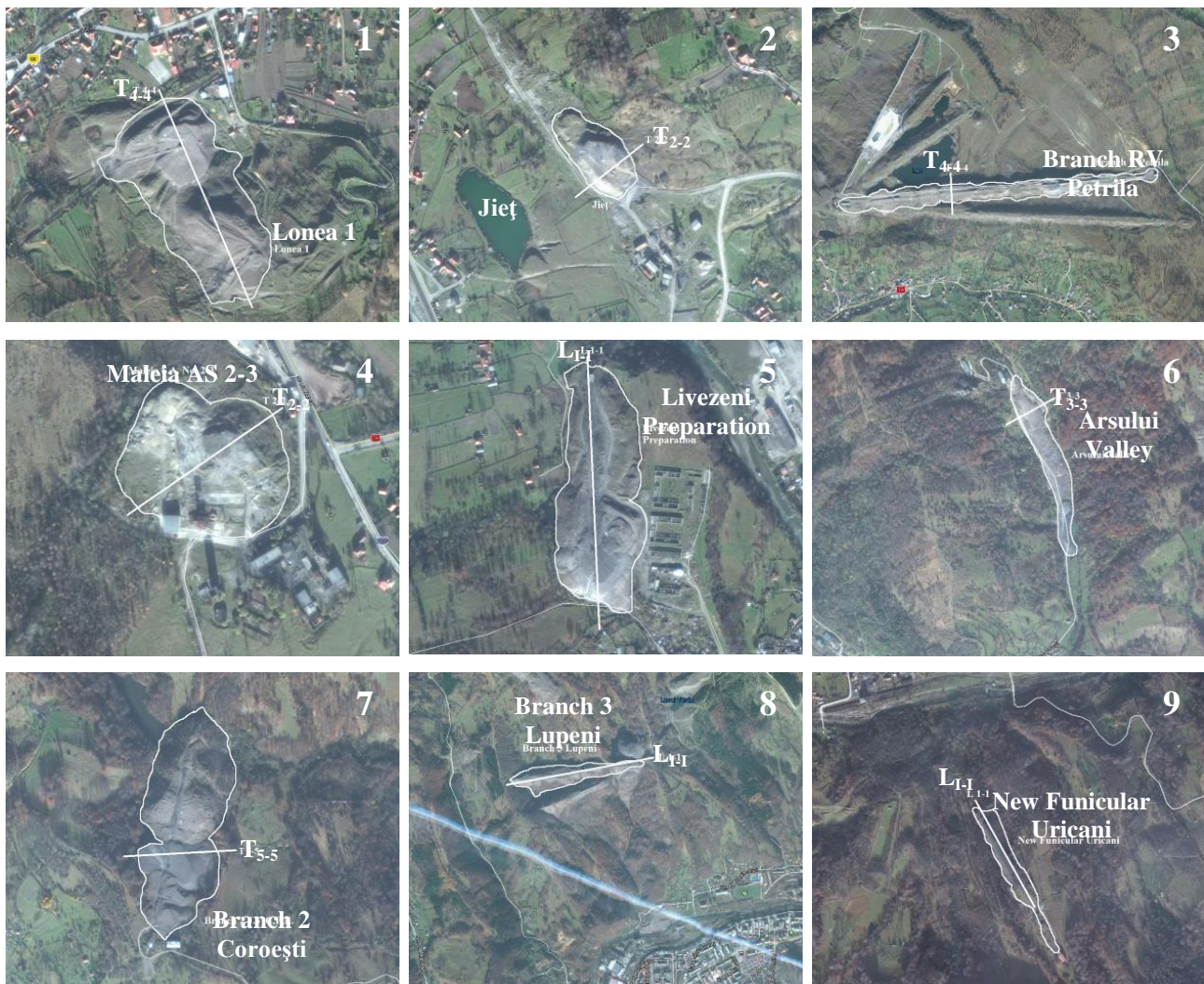


Fig. nr. 2.35 Haldele active și componentele naturale și antropice din zona lor de influență

Se poate observa că în zona de influență a haldelor active există numeroase componente ale mediului natural și antropic, unele dintre acestea fiind foarte importante (ecosisteme naturale, infrastructuri și clădiri industriale, clădiri administrative, gospodării etc.). Acest lucru subliniază necesitatea de asigurare a stabilității haldelor de steril, în scopul evitării producerii unor fenomene de alunecare, care ar putea duce la deteriorarea sau distrugerea acestora.

2.5.3 Elaborarea matricii de vulnerabilitate a mediului în condițiile alunecării haldelor

Nivelul de vulnerabilitate este determinat, în cele mai multe cazuri, de expunerea fizică a componentelor mediului natural și antropic, având în vedere amplasarea lor în zone în care există probabilitatea de apariție a unor fenomene distructive [B.26] inclusiv alunecări de teren sau alunecări ale haldelor de steril.

În literatura de specialitate există o clasificare a haldelor de steril după gradul de pericolozitate, în funcție de tipul clădirilor și infrastructurilor situate în zona de lor de influență și de gradul lor de stabilitate [B.62].

Adăugând la această clasificare tipul și valoarea ecosistemelor prezente în zona de influență a haldelor de steril, s-a construit matricea de evaluare a vulnerabilității. Această matrice stabilește nivelul de vulnerabilitate a componentelor mediului natural și antropic, în corelație cu gradul de stabilitate a haldelor de steril (tabelul nr. 2.35).

Tab. nr. 2.35 Matricea de evaluare a vulnerabilității mediului (adaptată după normele MLSP, 1997)

Condiții tehnice ale haldelor de steril	Halde cu deplasări periculoase, alunecări active, care implică volume mari de material	Halde cu alunecări superficiale active, care pot intra în mișcare periculoasă	Halde stabile, fără deplasări active, care pot aluneca ca urmare a acțiunii unor factori declanșatori	Halde stabilizate, pentru care nu sunt probabile fenomene de alunecare
<i>Componente antropice</i> Zone rezidențiale, gospodării și construcții sociale <i>Componente naturale</i> Zone împădurite, cursuri de apă și/sau zone umede, terenuri cu valoare ridicată	V = 5	V = 4	V = 4	V = 3
<i>Componente antropice</i> Construcții și instalații industriale, căi de comunicație cu trafic intens <i>Componente naturale</i> Terenuri arabile, zone împădurite, terenuri productive, cursuri de apă	V = 4	V = 4	V = 3	V = 3
<i>Componente antropice</i> Căi de comunicație cu trafic limitat și circulație restrânsă de persoane <i>Componente naturale</i> Pășuni împădurite cu diferite grade de consistență, resurse limitate de apă, terenuri cu valoare redusă	V = 3	V = 3	V = 3	V = 2
<i>Componente antropice</i> Zone fără construcții sau căi de comunicație, acces sporadic de persoane <i>Componente naturale</i> Terenuri virane neproductive, pășuni cu arbuști	V = 3	V = 3	V = 2	V = 1

Matricea din tabelul nr. 2.35 propune 5 categorii de vulnerabilitate a mediului [A.8], după cum urmează:

- V = 1 – vulnerabilitate foarte redusă (halde stabile, componente naturale cu valoare redusă, absența componentelor antropice);
- V = 2 – vulnerabilitate redusă (halde stabile sau afectate de deplasări care pot fi controlate, componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare relativ reduse);
- V = 3 – vulnerabilitate medie (halde stabile sau afectate de deplasări care pot fi controlate, componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare mare sau foarte mare; halde cu alunecări active sau cu deplasări necontrolate, componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare relativ reduse);
- V = 4 – vulnerabilitate ridicată (halde cu alunecări active sau cu deplasări necontrolate - componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare foarte mare; halde afectate de deplasări care pot fi controlate, componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare foarte mare);
- V = 5 – vulnerabilitate foarte ridicată (halde cu alunecări active - componente naturale sau antropice cu importanță și/sau valoare foarte mare).

Pe baza obiectivelor identificate în zonele adiacente haldelor de steril (tabelul nr. 2.34) și a categoriilor de vulnerabilitate definite cu ajutorul matricii prezentate în tabelul nr. 2.35, s-a stabilit vulnerabilitatea mediului natural și antropic pentru fiecare haldă din zona studiată (tabelul nr. 2.36).

Tab. nr. 2.36 Stabilirea vulnerabilității în caz de alunecare a haldelor

Halda	Mediul antropic	Mediul natural	V
Lonea 1	3	3	3
Jieț	2	3	3
Ramura R-V Petrila	3	4	4
Puț auxiliar 2-3 Maleia	3	3	3
Preparația Livezeni	2	2	2
Valea Arsului	2	3	3
Ramura 2 E.C.P.V.J.	3	4	4
Ramura 3 Lupeni	3	4	4
Funicular Nou Uricani	3	4	4

Considerând că există variații privind componentele naturale și antropice care caracterizează zonele adiacente ale haldelor de steril, a fost luată în considerare categoria de vulnerabilitate cu valoarea cea mai mare.

Ca urmare, având în vedere componentele naturale și antropice existente în zona de influență a haldelor de steril, în cele mai multe cazuri, acestea se încadrează în categoria de vulnerabilitate medie (Lonea 1, Jieț, Puțul auxiliar 2-3 Maleia, Valea Arsului) și în categoria de vulnerabilitate ridicată (Ramura RV Petrila, Ramura 2 Coroești, Ramura 3 Lupeni, Funicular Nou Uricani).

2.5.4 Determinarea factorului de stabilitate prin metode clasice

Geometria taluzurilor a fost preluată din studiile de stabilitate anterioare, fiind luate în considerare cele mai recente ridicări topografice executate pe halde [A.29].

Pentru analiza de stabilitate au fost luate în calcul secțiuni transversale și longitudinale (câte una pentru fiecare haldă de steril), trasate în zonele mai puțin avantajoase, respectiv în zonele cu geometria cea mai defavorabilă din punct de vedere al stabilității sau în zonele în care există o convergență între direcția de extindere a haldei și direcția de înclinare a taluzului (figura nr. 2.35).

Aceste secțiuni au fost stabilite având în vedere înălțimile și/sau unghiurile de taluz cu cele mai mari valori. Între anii 1993 și 2010, colectivul Centrului de Cercetare în Inginerie Miniere al Facultății de Mine Petroșani a efectuat 11 studii de stabilitate asupra haldelor de steril din Valea Jiului [A.29]. Probele recoltate din haldele de steril în această perioadă (216 probe) au fost analizate în Laboratorul de Mecanica Pământurilor, pentru a determina caracteristicile fizice și geotehnice ale acestora. Aceste date au fost completate cu date recente determinate în 2014, pe 27 de probe (câte trei pentru fiecare haldă de steril activă).

Valorile parametrilor geotehnici utilizați în analiza de stabilitate au rezultat din prelucrarea statistică a tuturor datelor preluate din studiile anterioare și din 2014. Astfel, s-a obținut o bază de date relevantă (în total au fost prelucrate 243 de valori pentru fiecare dintre caracteristicile fizico-mecanice), conținând valori ale proprietăților geotehnice ale materialului steril care caracterizează haldelor de steril pe întreaga lor înălțime (tabelul nr. 2.37).

Tab. nr. 2.37 Rezultatele prelucrării statistice (n = 243)

Specificație	γ_v [kN/m ³]	n [%]	c [kN/m ²]	ϕ [°]
Minim	13,60	23,90	4,00	6,00
Maxim	21,00	53,00	90,00	33,00
Media	17,68	35,08	27,81	19,75
σ	0,16	5,36	0,15	6,69
Media- σ	17,52	29,72	27,66	13,06
Media+ σ	17,84	40,44	27,96	26,44

Calculul de stabilitate au fost realizate pentru condiții normale de umiditate naturală, fără a lua în considerare presiunea apei din pori, având în vedere că morfologia terenului de bază, geometria haldelor, natura și granulometria materialului depus facilitează drenarea rapidă a apelor subterane.

Ca rezultat al rulării datelor de intrare pentru fiecare dintre secțiunile transversale sau longitudinale luate în considerare, s-au obținut valorile factorului de stabilitate pentru cazul alunecărilor care afectează corpul haldei, pentru suprafețe de alunecare circulare, utilizând metoda lui Fellenius.

Pentru primele 2 seturi de valori, în majoritatea cazurilor factorul de stabilitate este subunitar, ceea ce înseamnă că echilibrul natural este afectat, iar taluzul analizat este supus riscului de alunecare. Factorul de stabilitate este supraunitar pentru celelalte două seturi de valori, depășind în aproape toate cazurile valoarea factorului de siguranță impus de normele în vigoare pentru haldele de steril ($F_s = 1,3$), așa cum se observă în tabelul nr. 2.38.

Tab. nr. 2.38 Rezultatele obținute pentru suprafețe de alunecare cilindrico-circulare

Halda de steril	Secțiuni transversale (T) și longitudinale (L)	H, [m]	α , [°]	Factorul de stabilitate - Fellenius			
				Min	Media - σ	Media + σ	Max
Lonea 1	T ₄₋₄	21,00	15,89	0,43	1,13	2,56	4,15
Jieț	T ₂₋₂ taluzul vestic	11,22	36,41	0,42	1,06	2,65	4,51
Ramura R-V Petrila	T ₄₋₄ taluzul nordic	25,08	33,1	0,32	0,76	1,82	2,65
Puț auxiliar 2-3 Maleia	T ₂₋₂ taluzul vestic	8,40	29,78	0,42	0,98	2,22	3,26
Preparația Livezeni	L ₁₋₁ taluzul sudic	20,10	26,58	0,38	0,93	2,21	3,29
Valea Arsului	T ₃₋₃ taluzul vestic	6,80	37,00	0,61	1,52	3,67	4,61
Ramura 2 E.C.P.V.J.	T ₅₋₅ taluzul vestic	39,32	33,55	0,27	0,64	1,27	1,77
Ramura 3 Lupeni	L ₁₋₁	53,62	36,35	0,22	0,52	1,21	1,86
Funicular Nou Uricani	L ₁₋₁	54,15	47,73	0,22	0,52	1,22	1,74

2.5.5 Determinarea probabilității de alunecare - metoda Rosemblueth

Rezultatele obținute prin metode deterministe oferă o valoare la un moment dat pentru factorul de stabilitate, în funcție de setul de valori folosite pentru caracteristicile geotehnice ale materialului depozitat în haldele de steril [A.8].

Metoda Rosemblueth a fost utilizată pentru a determina probabilitatea de alunecare a taluzurilor pentru diferite condiții de geometrie și de tensiuni. Astfel, valorile χ au fost determinate conform metodologiei prezentate în paragraful 2.4.1. Rezultatele obținute pot fi urmărite în tabelul nr. 2.39.

Tab. nr. 2.39 Determinarea probabilității de alunecare a taluzurilor

Halda de steril	LS ₁	LS ₂	LS ₃	LS ₄	LS _m	S _{LS}	K _{LS}	χ	Pr, %
Lonea 1	-0,57	0,13	1,57	3,15	1,068	1,782	1,669	-0,599	28
Jieț	-0,58	0,06	1,65	3,51	1,160	1,961	1,691	-0,592	28
Ramura R-V Petrila	-0,68	-0,24	0,82	1,65	0,388	0,989	2,553	-0,392	35
Puț auxiliar 2-3 Maleia	-0,58	-0,02	1,22	2,26	0,72	1,535	2,132	-0,469	31
Preparația Livezeni	-0,62	-0,07	1,21	2,29	0,703	1,332	1,896	-0,527	30
Valea Arsului	-0,39	0,52	2,67	3,61	1,603	2,268	1,416	-0,706	24
Ramura 2 E.C.P.V.J.	-0,73	-0,36	0,27	0,77	-0,013	0,576	-46,101	0,022	50
Ramura 3 Lupeni	-0,78	-0,48	0,21	0,86	-0,048	0,637	-13,408	0,075	51
Funicular Nou Uricani	-0,78	-0,48	0,22	0,74	-0,075	0,599	-7,986	0,125	53

Corelația dintre probabilitatea de alunecare și factorul de stabilitate a fost stabilită pe baza datelor obținute, iar reprezentarea grafică a acesteia este prezentată în figura nr. 2.36.

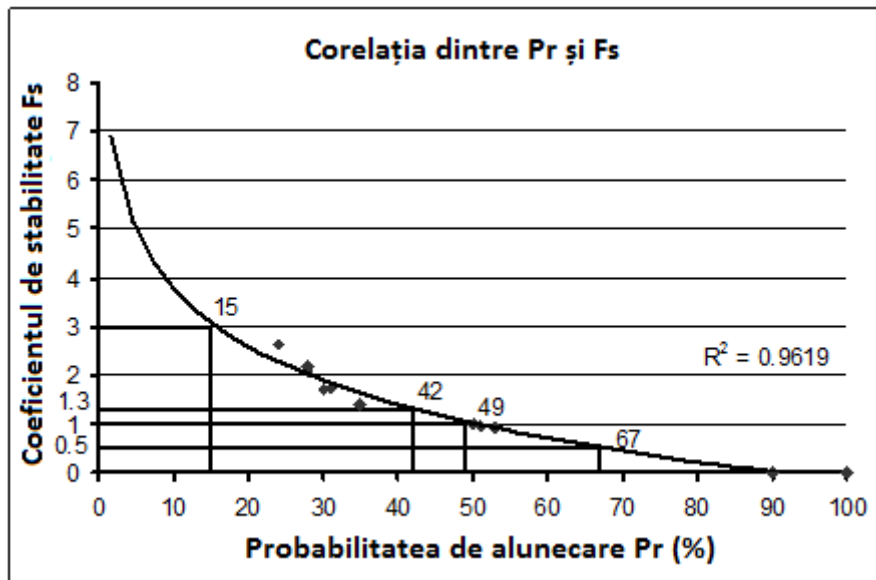


Fig. nr. 2.36 Corelația dintre probabilitatea de alunecare (P_r) și factorul de stabilitate (F_s)

Pe baza acestui grafic, luând în considerare recomandările privind adoptarea diferitelor valori pentru factorul de stabilitate [B.42] și recomandările prezentate în diferite studii privind modul de delimitare a intervalelor pentru probabilitatea de alunecare [B.25], [B.63], [B.33], a fost stabilită următoarea scală:

- ✓ $P = 1$ ($P_r = 0 - 15\%$ pentru $F_s > 3$) → probabilitate de alunecare foarte redusă;
- ✓ $P = 2$ ($P_r = 16 - 42\%$ pentru $F_s = 1,3 - 3$) → probabilitate de alunecare redusă (Lonea 1, Jieț, Ramura R-V Petrița, Puț auxiliar 2-3 Maleia, Preparația Livezeni, Valea Arsului);
- ✓ $P = 3$ ($P_r = 43 - 49\%$ pentru $F_s = 1 - 1,3$) → probabilitate de alunecare medie;
- ✓ $P = 4$ ($P_r = 50 - 67\%$ pentru $F_s = 0,5 - 1$) → probabilitate de alunecare ridicată (Ramura 2 - Coroești, Ramura 3 - Lupeni, Funicular Nou Uricani);
- ✓ $P = 5$ ($P_r = 68 - 100\%$ pentru $F_s < 0,5$) → probabilitate de alunecare foarte ridicată.

Este de subliniat faptul că potrivit studiilor menționate anterior, intervalele probabilității de alunecare pot fi variabile, în funcție de condițiile specifice fiecărui caz în parte.

2.5.6 Estimarea riscului de mediu pentru haldele active din Valea Jiului

Riscul poate fi definit ca produsul dintre probabilitatea de apariție a unui pericol potențial (în acest caz, riscul de alunecare a haldelor de steril) și vulnerabilitatea mediului natural și antropic care poate fi afectat. Conform ecuației simplificate a riscului, în cazul alunecării taluzurilor, se poate aplica pentru determinarea acestuia următoarea relație [B.49]:

$$R = P \cdot V \quad (2.21)$$

unde:

R – riscul de mediu cauzat de alunecare;

P – probabilitatea de alunecare;

V – vulnerabilitatea mediului natural și antropic în condițiile producerii unei alunecări;

Pe baza studiilor existente în literatura de specialitate în domeniu [B.14], [B.16] a fost stabilită următoarea scală de risc asociată alunecărilor haldelor de steril [A.8]:

- $R=1$ → risc minim – deteriorări nesemnificative ale mediului natural și antropic, efecte reversibile în termen foarte scurt;
- $R = 2 - 7$ → risc redus – deteriorări minore ale mediului natural și antropic, cu efecte reversibile în termen relative scurt;

- $R = 8 - 13 \rightarrow$ risc mediu – distrugerea parțială a habitatelor și a biocenozei asociate, punerea în pericol a mediului antropic, consecințe pe termen mediu;
- $R = 14 - 19 \rightarrow$ risc ridicat – distrugerea habitatelor și a biocenozei asociate de pe suprafețe semnificative, consecințe reversibile în termen lung;
- $R = 19 - 25 \rightarrow$ risc extrem – distrugerea totală a mediului natural și antropic, consecințe ireversibile.

Cunoscând vulnerabilitatea mediului și probabilitatea de alunecare, utilizând formula 2.21 s-a determinat riscul de mediu în condițiile producerii alunecărilor haldelor de steril din Valea Jiului, rezultatele fiind prezentate în tabelul nr. 2.40.

Tab. nr. 2.40 Stabilirea riscului de mediu în cazul alunecării haldelor de steril

Halda de steril	Vulnerabilitatea mediului V	Probabilitatea de alunecare P	Riscul de mediu R
Lonea 1	3	2	6
Jieț	3	2	6
Ramura R-V Petrila	4	2	8
Puț auxiliar 2-3 Maleia	3	2	6
Preparația Livezeni	2	2	4
Valea Arsului	3	2	6
Ramura 2 E.C.P.V.J.	4	4	16
Ramura 3 Lupeni	4	4	16
Funicular Nou Uricani	4	4	16

Concluziile care se desprind din analiza tabelului nr. 2.42 sunt următoarele:

- ✓ trei din cele nouă halde active intră în categoria cu risc de mediu ridicat (Ramura 2 E.C.P.V.J., Ramura 3 Lupeni, Funicular Nou Uricani);
- ✓ una din cele nouă halde active intră în categoria cu risc mediu (Ramura RV - Petrila);
- ✓ celelalte cinci halde intră în categoria cu risc redus (Lonea 1, Jieț, Puț auxiliar 2-3 Maleia, Preparația Livezeni și Valea Arsului).

Dat fiind faptul că aceste halde sunt în construcție, se recomandă monitorizarea lor continuă din punct de vedere al stabilității și al modificărilor elementelor geometrice (creșterea înălțimii și/sau a unghiului de taluz) și menținerea unei geometrii care asigură o rezervă suficientă de stabilitate. În ceea ce privește cele trei halde cu risc de mediu ridicat, se recomandă efectuarea studiilor de stabilitate conform prevederilor legale [B.56], [B.62], din care să rezulte măsurile care se impun pentru prevenirea fenomenelor de alunecare.

CAPITOLUL 3

CERCETĂRI PRIVIND REGIMUL HIDROGEOLOGIC ÎN ZONELE AFECTATE DE ACTIVITATEA MINIERĂ

Prezența formațiunilor acvifere în structura geologică a zăcămintelor de cărbuni creează probleme în exploatarea acestora, atât în cazul exploatărilor miniere subterane, dar mai ales a celor la zi, prin pericolul de inundare a lucrărilor miniere și a fronturilor de extragere, prin probabilitatea producerii erupțiilor de borchiș, prin înrăutățirea condițiilor de exploatare ca urmare a riscului de instabilitate a lucrărilor miniere sau prin reducerea randamentului instalațiilor și utilajelor tehnologice [A.2].

Pentru înlăturarea acestor probleme sunt necesare lucrările de asecare în scopul drenării și evacuării apelor din zonele cu lucrări miniere.

Dacă în cazul exploatării subterane asecarea se rezumă la drenarea și evacuarea apelor din zonele de influență a abatajelor sau lucrărilor de deschidere și pregătire, în cazul exploatărilor miniere la zi problema este mult mai complexă, întrucât apa subterană trebuie drenată și evacuată atât din întregul complex de roci care sunt localizate în coperta carierei, cât și din zonele adiacente acesteia, unde, datorită diferențelor mari de nivel care se formează prin exploatare, se creează un aflux mare de apă, ce poate fi înlăturat fie prin lucrări de asecare amplasate pe contur care interceptează curenții hidrodinamici, fie prin ecranarea (impermeabilizarea) formațiunilor acvifere din zona adiacentă carierelor.

Dacă afluxul de apă este redus (cazul perimetrelor miniere cu condiții hidrogeologice simple sau medii), combaterea apelor subterane se poate face printr-un drenaj pasiv, adică prin măsuri de gospodărire și evacuare a apelor. În cazul afluxurilor mari de apă se impune drenajul activ, realizat prin lucrări de asecare, completate cu lucrări de gospodărire a apelor.

Alegerea metodelor, tehnologiilor și lucrărilor de asecare are la bază cunoașterea condițiilor hidrogeologice, a domeniului de aplicare a diferitelor metode și tehnologii de asecare și a bazelor de proiectare a asecării, în vederea stabilirii volumului lucrărilor de asecare și a schemelor de amplasare a acestora.

3.1 Factorii care definesc condițiile hidrogeologice

Condițiile hidrogeologice caracteristice unui zăcământ pot fi definite printr-o serie de factori și parametri care influențează comportarea rocilor în prezența apei. Pe baza datelor hidrogeologice, care trebuie cunoscute încă din faza de explorare a zăcământului, se proiectează întregul proces de exploatare și se apreciază oportunitatea exploatării, având în vedere că existența unor condiții hidrogeologice grele și foarte grele poate conduce la imposibilitatea exploatării unor zăcăminte.

Printre factorii care definesc condițiile hidrogeologice ale unui zăcământ se numără: structura geologică și hidrogeologică a zăcământului, caracteristicile acviferelor și ale rocilor acvifere, caracterul apelor subterane, regimul de curgere, posibilitățile de alimentare și cedare a apei din structurile acvifere, acviferitatea rocilor, prezența formațiunilor impermeabile în culcușul și acoperișul zăcământului, gradul și intensitatea tectonizării zăcământului, la care se adaugă sistemul de exploatare și posibilitățile tehnice de aplicare a diferitelor tehnici și tehnologii de asecare [A.2].

De exemplu, dacă zăcământul este orizontal sau cu înclinare mică, pentru asecarea acestuia este necesară închiderea zonei de asecat printr-un contur de drenare sau printr-un contur antifiltrant la nivelul formațiunilor acvifere, realizat prin impermeabilizarea rocilor. În cazul zăcămintelor înclinate, asecarea este favorizată prin amplasarea lucrărilor de asecare pe linii succesive, în funcție de avansarea pe înclinare a exploatării.

Numărul formațiunilor acvifere, posibilitățile de alimentare și acviferitatea rocilor influențează în mod deosebit activitatea de asecare. Astfel, un zăcământ cu mai multe orizonturi acvifere, chiar cu o dezvoltare limitată, este mai greu de asecat decât un zăcământ cu un singur orizont acvifer, dar cu dimensiuni mari.

Prezența unor resurse dinamice importante reclamă un volum suplimentar de lucrări de asecare, ce trebuie să cumuleze un debit superior debitului resurselor dinamice.

Pentru orizonturile acvifere cu permeabilitate redusă, timpul de asecare este mult mai îndelungat decât în cazul unor orizonturi cu acviferitate mare, iar durata și cheltuielile de asecare cresc, chiar dacă afluxul de apă drenat și evacuat este mai redus. Prezența și grosimea formațiunilor impermeabile cu rol de ecrane protectoare în acoperișul și culcușul zăcământului sau stratelor de cărbune pot diminua volumul lucrărilor de asecare, iar în cazul exploatărilor subterane, unde deschiderea la vatră a lucrărilor miniere este redusă, chiar elimină necesitatea asecării, ceea ce în cazul carierelor nu este posibil, întrucât, indiferent de grosimea acestora, pentru formațiunile din acoperiș asecarea trebuie să fie completă (ele reprezentând coperta zăcământului), iar pentru formațiunile din culcuș se impune reducerea presiunii piezometrice până la valori care nu pun în pericol ecranul protector din vatră. În cazul carierelor cu o deschidere mare la vatră, se impune detensionarea accentuată a formațiunilor acvifere din culcuș. De exemplu, în vatra carierelor Roșia de Jiu și Peșteana Nord din bazinul Rovinari există un orizont artezian cu nivelul piezometric la cota 145 - 170 m, care prin lucrările de asecare trebuie redus la o cotă de 45 - 50 m col.H₂O, corespunzătoare cotei de culcuș a ultimului strat exploatabil în carieră (stratul V).

Deoarece toți acești factori influențează volumul și eficacitatea tehnică a lucrărilor de asecare, care, la rândul lor, influențează exploatabilitatea unui zăcământ, pentru aprecierea condițiilor în care urmează să se desfășoare exploatarea, se impune cuantificarea lor pentru aprecierea condițiilor hidrogeologice și pentru încadrarea zăcămintelor într-o clasificare care să reflecte dificultățile de exploatare din punct de vedere hidrogeologic.

În literatura de specialitate există mai multe clasificări care au la bază unul sau mai multe criterii, însă fără a se lua în considerare acțiunea simultană a mai multor factori și caracteristici hidrogeologice.

3.2 Clasificarea hidrogeologică a zăcămintelor de cărbune

3.2.1 Clasificări existente

Dintre clasificările existente se menționează cele care iau în considerare gradul de inundare a zăcămintelor, definit de poziția zăcământului față de baza locală de eroziune, prezența sau absența în apropierea zăcământului a surselor acvifere superficiale, compoziția litologică a rocilor din limitele zăcământului, acviferitatea rocilor, gradul și intensitatea tectonizării zăcământului. Din acest punct de vedere, majoritatea clasificărilor grupează zăcămintele după gradul de complexitate hidrogeologică astfel [A.30]:

- zăcăminte cu condiții hidrogeologice simple, care nu necesită lucrări de asecare, ci numai lucrări de gospodărire a apelor;
- zăcăminte cu condiții hidrogeologice moderate, care necesită unele lucrări de asecare ce se execută în paralel cu activitățile de deschidere, pregătire și exploatare;
- zăcăminte cu condiții hidrogeologice complicate sau grele (presupunând existența legăturilor hidrodinamice între orizonturile acvifere sau între acestea și sursele superficiale de apă), care necesită lucrări de asecare preliminară pentru a crea condiții sigure de executare a lucrărilor de deschidere, pregătire și exploatare;
- zăcăminte cu condiții hidrogeologice foarte complicate sau foarte grele (presupunând o alimentare intensă a orizonturilor acvifere datorită structurii geologice și tectonicii zăcământului și existența apelor sub presiune care pot genera afluxuri importante și chiar erupții în lucrările miniere), care necesită o asecare intensă atât premergătoare exploatării, cât și în timpul acesteia, urmărindu-se asecarea orizonturilor din acoperișul zăcământului și detensionarea celor din culcuș prin măsuri sistematice de asecare.

Având în vedere că mărimea afluxului de apă într-o mină sau carieră nu constituie un indice de comparație, întrucât el depinde de extinderea lucrărilor miniere, se recomandă utilizarea coeficientului afluxului de apă (k_a), care reprezintă raportul dintre cantitatea de apă evacuată ($V_{ap\grave{a}}$) și producția extrasă (P) în aceeași perioadă, adică volumul de apă pompată pe tona de util.

În funcție de coeficientul afluxului de apă, zăcămintele de cărbuni sunt clasificate în:

- slab inundate, unde $k_a < 3 \text{ m}^3/\text{t}$;
- cu inundare medie, unde $k_a = 3 - 8 \text{ m}^3/\text{t}$;
- cu inundare mare, unde $k_a = 8 - 20 \text{ m}^3/\text{t}$;

➤ cu inundare foarte mare sau puternic inundate, unde $k_a > 20 \text{ m}^3/\text{t}$.

În cadrul acestei clasificări, în afara coeficientului afluxului de apă k_a trebuie să se mai țină seama și de importanța economică a zăcămintelor. Pe baza mărimii coeficientului afluxului de apă, a caracterului rocilor înconjurătoare și a manifestării unor fenomene geo-miniere negative, a fost elaborată o clasificare valabilă pentru zăcămintele de lignit din România, prezentată în tabelul nr. 3.1.

Tab. nr. 3.1 Clasificarea zăcămintelor după coeficientul afluxului de apă și tipul rocilor înconjurătoare

Clasa	Condiții hidrogeologice	Poziția zăcămintului față de baza locală de eroziune	Coeficientul afluxului de apă k_a (m^3/t)	Caracterizarea rocilor înconjurătoare și a manifestării fenomenelor geo-miniere
I	Simple	Deasupra și sub baza locală de eroziune	< 3	Roci argiloase hidrofile și argilo-nisipoase stabile și fără afluență de apă datorită drenării libere. Condițiile hidrogeologice nu generează probleme de stabilitate a taluzurilor și a lucrărilor miniere.
II	Medii	Deasupra și sub baza locală de eroziune	3 - 8	Deasupra bazei locale de eroziune apar lentile acvifere de nisip, cantonate în roci impermeabile și fără posibilitatea alimentării cu apă. În culcuș apar orizonturi acvifere captive cu nivel liber, ce pot provoca umflarea rocilor argiloase. Sunt necesare unele măsuri de asecare a formațiunilor acvifere.
III	Grele	Sub baza locală de eroziune	8 - 20	În acoperiș se găsesc nisipuri acvifere cu grosimi de 10 – 15 m sau complexe de roci cu structură complicată și afluențe de apă. În culcuș se găsesc orizonturi captive cu ape ascensionale, ce provoacă presiuni hidrostatice. Pentru asigurarea stabilității lucrărilor miniere și pentru prevenirea infiltrațiilor mari de apă sunt necesare lucrări de asecare.
IV	Foarte grele	Sub baza locală de eroziune	> 20	În acoperiș și culcuș apar complexe acvifere cu ape sub presiune, care provoacă presiuni hidrostatice mari, cantonate în roci argiloase cu tendințe de umflare în conturul lucrărilor sau de alunecare în conturul treptelor de extragere. Sunt necesare măsuri pentru reducerea presiunii și măsuri sistematice de asecare pentru asigurarea stabilității taluzurilor, precum și instalații cu debite adecvate de evacuare a apelor în toate fazele de lucrări.

Având în vedere că în exploatarea zăcămintelor de cărbuni din România, cele mai mari probleme din punct de vedere hidrogeologic și de asecare se regăsesc la exploatarea zăcămintelor de lignit din Oltenia, pe baza rezultatelor practice și a experienței acumulate în domeniu, s-a propus o clasificare a zăcămintelor în funcție de condițiile de exploatare, redată în tabelul nr. 3.2.

Dezavantajele celor două clasificări sunt multiple, și anume [A.30]:

- ✓ la prima clasificare se ia în considerare numai coeficientul afluxului de apă, caracteristicile rocilor înconjurătoare și manifestarea fenomenelor geo-miniere, ceea ce este puțin în raport cu factorii ce definesc condițiile hidrogeologice și de asecare. Pot exista condiții hidrogeologice grele și foarte grele în cazul unor afluxuri mici, ca urmare a acviferității reduse a rocilor sau instabilității acestora în prezența unor presiuni piezometrice mari sau în lipsa ecranelor protectoare etc.;
- ✓ la a doua clasificare, pe baza condițiilor de exploatare, factorii de influență luați în considerare sunt numeroși, dar greu de cuantificat în etapele de explorare și proiectare a exploatarei, ceea ce conduce la subiectivism și uneori la neconformități cu situația din teren.

Tab. nr. 3.2 Clasificarea zăcămintelor în funcție de condițiile de exploatare

Tip expl.	Factori de influență		UM	Condiții de exploatare			
				Ușoare	Medii	Grele	Foarte grele
EXPLOATARE SUBTERANĂ	Stratigrafici	Înclinarea stratului	grade	0 - 3	3 - 5	5 - 10	> 10
		Ponderea intercalațiilor	%	0	10 - 20	20 - 30	> 30
		Grad de fisurare	fisuri/m ²	0	3	3	> 3
		Grosimea ecranului la acoperiș	m	> 6	6 - 4	4 - 1	< 1
		Grosimea ecranului la culcuș	m	> 10	10 - 5	5 - 2	< 2
	Tectonici	Presiunea minieră	tf/m ²	10 - 20	20 - 25	25 - 35	> 35
		Adâncimea de exploatare	m	20 - 40	40 - 60	60 - 90	> 90
		Rezistența lignitului	daN/cm ²	> 70	40 - 70	25 - 40	< 20
EXPLOATARE SUBTERANĂ	Tectonici	Rezistența rocilor înconjurătoare	daN/cm ²	> 70	30 - 70	10 - 30	< 10
		Rezistența intercalațiilor	daN/cm ²	> 20	20 - 10	10 - 6	< 6
		Gradul de tectonizare	accidente/ha				> 3
	Hidrogeologici	Afluxul de apă	m ³ /t	< 1	1 - 2,5	2,5 - 4	4
		Presiunea piezometrică	m H ₂ O	0 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
	Tehnologici	Înălțimea abatajului	m	2 - 3	1 - 2,5 3 - 3,5	1,2 - 1,5 3,5 - 4	< 1,3 > 4
		Lungimea abatajului	m	< 50	50 - 80	65 - 80	> 80
		Depărtarea de zona exploatare	m	> 50	50 - 20	20 - 10	< 10
		Depărtarea de zona acviferă	m	> 30	30 - 10	10 - 2	< 2
	EXPLOATARE LA ZI	Stratigrafici	Înclinarea stratelor	grade	0 - 3	3 - 5	5 - 7
Ponderea stratelor exploatabile			%	0	0 - 10	10 - 20	> 20
Ponderea stratelor neexploatabile			%	0	0 - 5	5 - 7	> 7
Indicele de consistență a rocilor sterile				< 0,7	0,7 - 0,9	0,9 - 1	> 1
Tectonici		Morfologia terenului (față de cota medie a perimetrului)	m	20	20 - 35	35 - 60	> 60
		Adâncimea de exploatare	m	20 - 40	40 - 70	70 - 100	> 100
		Grad de tectonizare	accidente/ha	2	2 - 4	4 - 7	> 7
		Ponderea rocilor argiloase în copertă	%	20	20 - 50	50 - 70	> 70
Hidrogeologici		Afluxul de apă	m ³ /t	< 3	3 - 5	5 - 7	> 7
		Numărul orizonturilor acvifere		2	2 - 4	4 - 6	> 6
Tehnologici		Raportul de descoperță	m ³ /t	< 3	3 - 5	5 - 7	> 7
		Distanța medie de transport al sterilului la haldă	km	< 1	1 - 2	2 - 4	> 4
		Suprafața carierei	ha	30	30 - 100	100-190	>190

În consecință, este necesară elaborarea unei clasificări care să cuantifice, pe de o parte, factorii hidrogeologici, iar pe de altă parte, condițiile de exploatare în prezența apelor subterane.

3.2.2 Clasificarea hidrogeologică complexă a zăcămintelor de cărbuni

Pornind de la această necesitate, pe baza experienței în domeniu, a informațiilor existente, a rezultatelor activității de asecare în condițiile zăcămintului de lignit din Oltenia și a experienței de cercetare, s-a prelucrat și sintetizat o serie de date disponibile, ceea ce a condus la întocmirea clasificării prezentate în tabelul nr. 3.3 [A.30].

Conform acestei clasificări, zăcămintele de lignit pot fi clasificate din punct de vedere hidrogeologic în patru clase, și anume:

- clasa I – condiții hidrogeologice simple, care nu necesită lucrări de asecare, ci numai lucrări de gospodărire a apelor;
- clasa a II-a – condiții hidrogeologice medii, care necesită lucrări de asecare și de gospodărire a apelor;
- clasa a III-a – condiții hidrogeologice grele, ca urmare a prezenței formațiunilor acvifere în acoperișul și culcușul zăcămintului, care necesită lucrări de asecare pentru formațiunile acvifere din acoperiș și de detensionare pentru formațiunile acvifere din culcuș în prezența unor ecrane protectoare cu grosimi reduse;
- clasa a IV-a – condiții hidrogeologice foarte grele, unde formațiunile acvifere conțin ape sub presiune, acviferitatea rocilor este redusă, iar condițiile geo-miniere sunt defavorabile prin absența sau existența unor ecrane protectoare cu grosime redusă și prin prezența dislocațiilor tectonice și a ferestrelor hidrogeologice.

Tab. nr. 3.3 Clasificarea hidrogeologică complexă a zăcămintelor

Clasa	I	II	III	IV	
Condiții hidrogeologice	Simple	Medii	Grele	Foarte grele	
Poziția zăcămintului față de baza locală de eroziune	Deasupra și sub baza locală de eroziune	Deasupra și sub baza locală de eroziune	Sub baza locală de eroziune	Sub baza locală de eroziune	
Număr orizonturi acvifere	1– 2	2– 4	4– 6	> 6	
Grosimea straterelor (orizonturilor) acvifere M (m)	0 – 10 (< 20)	10 – 20 (20 – 40)	15 – 25 (40 – 60)	> 25 (> 60)	
Presiunea piezometrică H (m)	0 – 10	10 – 30	30 – 80	> 80	
Permeabilitatea rocilor k_f (m/zi)	> 10	1,0 – 10	0,5 – 2,0	0,1 – 1,0	
Coeficientul afluxului de apă k_a (m ³ /t)	< 3	3 – 5	5 – 10	> 10	
Caracterul apelor subterane	Cu nivel liber	Ușor ascensional	Ascensional	Ascensional și artezian	
Grosimea ecranului protector (m)	Acoperiș	> 6	4 – 6	2 – 4	< 2
	Culcuș	> 10	5 – 10	3 – 5	< 3
Tip orizont acvifer	Freatic sau captiv cu nivel liber	Cu nivel liber și captiv	Captiv	Captiv	
Caracteristicile rocilor acvifere	Nisipuri și pietrișuri sau nisipuri grosiere	Nisipuri medii	Nisipuri fine sau prăfoase	Nisipuri prăfoase sau argiloase	

Valorile parametrilor hidrogeologici alese pentru definirea condițiilor corespunzătoare fiecărei clase reflectă parțial gradul de dificultate al lucrărilor de asecare, întrucât, în realitate, caracteristicile hidrogeologice ale formațiunilor acvifere pot avea valori diferite în cadrul aceluiași orizont acvifer sau de la un bloc de exploatare la altul. Rezultă de aici că sub aspectul valorilor unor parametri, același zăcămint poate fi încadrat în mai multe clase, potrivit clasificării prezentate.

Pentru utilizarea practică a acestei clasificări trebuie făcută o apreciere calitativă și cantitativă a ponderii cu care parametrii analizați influențează procesul de asecare a zăcămintelor de lignit. Experiența practică a dovedit că probleme deosebite în ceea ce privește asecarea zăcămintelor apar atunci când în perimetrul de exploatare există orizonturi acvifere cu apă sub presiune, în condițiile unui aflux mare de apă subterană și în absența ecranelor protectoare în acoperișul și

culcușul direct al stratelor exploatabile. Din acest punct de vedere, un zăcământ de lignit trebuie încadrat în clasa corespunzătoare celei mai defavorabile valori a acestor parametri.

Un al doilea criteriu de încadrare a zăcămintelor de lignit conform clasificării prezentate este cel potrivit căruia un zăcământ aparține clasei pe care o indică valorile majorității parametrilor hidrogeologici luați în considerare.

Raportat la situația zăcămintelor de lignit din Oltenia, exploatabilitatea unor strate este strâns legată de condițiile hidrogeologice. Zona în care este cantonat zăcământul alcătuiește un bazin hidrogeologic de mari dimensiuni, în care există o serie de orizonturi și complexe acvifere ale căror caracteristici hidrogeologice sunt dependente de poziția lor verticală, de caracteristicile litologice ale orizonturilor acvifere, de variațiile granulometrice ale rocilor și de grosimea stratelor de nisip. Datorită structurii geologice a regiunii, condițiile hidrogeologice variază de la un perimetru minier la altul, având grade de dificultate de la ușoare la foarte grele.

Dintre orizonturile acvifere probate se remarcă orizontul din culcușul stratului IV de lignit, caracterizat prin extindere regională, grosimi și debite mari și presiuni piezometrice ce depășesc uneori 100 m col. H₂O, care îi imprimă un caracter artezian în zonele de exploatare a stratelor V și VI. Celelalte orizonturi acvifere situate la cote superioare acestuia au, în general, o extindere limitată, debite și presiuni mai mici și coeficienți de filtrare mai mari.

Orizonturile acvifere se grupează în două categorii: orizonturi acvifere cu extindere regională, localizate în Dacian, sub stratul VII de cărbune, cu alimentare în zonele marginale ale regiunii, fără posibilități de drenare și orizonturi acvifere din Romanian și Pleistocen inferior, care au zonele de alimentare și drenare atât în zonele marginale ale bazinului hidrogeologic, cât și în zona internă, pe văile care traversează regiunea.

Orizonturile acvifere cele mai puternice sunt cele din prima categorie și în special orizontul acvifer din culcușul stratului IV de cărbune, considerat orizont artezian principal.

Din punct de vedere al constituției litologice, orizonturile acvifere sunt foarte diferite, iar variații ale rocilor se constată în mod frecvent și în cazul aceluiași orizont, de la un perimetru de exploatare la altul sau chiar în cadrul aceluiași perimetru.

Dacă în orizontul acvifer freatic se întâlnesc nisipuri grosiere sau amestec de nisipuri cu prundișuri specifice teraselor aluvionare, în celelalte se întâlnesc nisipuri care variază de la cele medii la nisipuri fine, prăfoase sau argiloase, care cedează greu apă și sunt caracterizate de valori ale coeficientului de filtrare foarte reduse. Existența apei sub presiune le face în schimb foarte periculoase din punct de vedere al posibilităților de erupție sau de rupere a ecranelor protectoare.

Coeficienții de filtrare variază în limite foarte largi, între 2,5 – 53,7 m/zi pentru depozitele aluvionare și 0,2 – 0,3 m/zi în complexul stratului V de lignit.

Sinteza parametrilor hidrogeologici pentru perimetrele în exploatare din Oltenia care prezintă probleme hidrogeologice este prezentată în tabelul nr. 3.4. Din acest tabel se observă că în cazul perimetrelor Roșia de Jiu și Peșteana Nord se întâlnesc cele mai defavorabile condiții de exploatare din punct de vedere hidrogeologic.

Pentru caracterizarea hidrogeologică de ansamblu a celor două perimetre și încadrarea lor în clasificarea propusă, au fost analizați parametri hidrogeologici care definesc formațiunile acvifere și s-au luat în considerare cei mai defavorabili din punct de vedere al activității de asecare și al condițiilor de exploatare. Rezultatele analizei sunt prezentate în tabelele nr. 3.5 și 3.6 [A.30].

Conform criteriilor de încadrare a zăcămintelor de lignit în clasificarea propusă, cele două perimetre miniere se încadrează în clasa a IV-a, cu condiții hidrogeologice foarte grele, deși unele orizonturi acvifere superioare s-ar putea încadra în clasa a II-a sau a III-a, cu condiții medii sau grele. Condițiile grele sau foarte grele ale orizonturilor inferioare, și mai ales afluxurile mari de apă în treptele inferioare de exploatare, se explică și prin denivelările mari care se creează în timpul exploatării și asecării zăcământului și extinderii zonelor depresionare create prin asecare, care pot cuprinde noi zone cu legături hidrodinamice, ca urmare a structurii geologice și a tectonicii zăcămintelor.

Întrucât exploatabilitatea unor zăcăminte este influențată de condițiile hidrogeologice, se impune cunoașterea acestora, precum și a factorilor care le influențează.

Determinarea condițiilor hidrogeologice de zăcământ se realizează pe baza lucrărilor de explorare, continuate cu lucrări de cercetare hidrogeologică, care urmăresc stabilirea extinderii formațiunilor și orizonturilor acvifere, posibilitățile de alimentare și drenare a acestora, poziția lor în

complexul productiv, determinarea caracteristicilor hidrogeologice ale formațiunilor acvifere, influența asupra condițiilor de exploatare și altele.

Tab. nr. 3.4 Parametri hidrogeologici ai perimetrelor de exploatare a lignitului din Oltenia

Cariera	Orizonturi acvifere	PARAMETRI HIDROGEOLOGICI							
		Caracterul apelor subterane	Coeficient de filtrare k_f (m/zi)	Coeficientul capacității de cedare k_c (%)	Pres. piez. H (m col. H ₂ O)	Coef. afluxului de apă k_a (m ³ /t)	Debitul specific q (m ³ /zi)	Grosimea ecranului h (m)	Gradul de tectonizare (accidente/ha)
ROȘIA DE JIU	Orizontul freatic	nivel liber	10 - 15	0,2 - 0,3	-	12,63 - 16,32	30 - 150	-	absent
	Complex VI	ascensional	0,1 - 1,0	0,05 - 0,1	10 - 30		10 - 80	0 - 4,0	absent
	Complex V - VI	ascensional	0,3 - 2,3	0,1 - 0,15	70 - 100		8 - 60	1,0 - 5,0	absent
	Culcuș V și artezian	artezian	0,356 - 3,0	0,05 - 0,13	70 - 200		20 - 100	5,0 - 20,0	absent
PINOASA	Orizontul freatic	nivel liber	1,0 - 5,0	0,2 - 0,3	-	3,7	1 - 5	-	reduc
	Complex VI - X	ascensional	0,1 - 1,0	0,05 - 0,1	-		1 - 15	5,0 - 7,0	reduc
	Complex V - VI	ascensional	0,009 - 3,17	0,1	3,7 - 28,6		5 - 15	2,0 - 8,0	reduc
	Culcuș V și artezian	artezian	0,172 - 18,86	0,15	14,7 - 170,8		5 - 20	5,0 - 20,0	reduc
ROVINARI EST	Orizontul freatic	nivel liber	3,0 - 8,0	0,2 - 0,3	-	4,9 - 5,41	5 - 15	-	moderat
	Complex V - VIII	nivel liber	0,3 - 1,0	0,05 - 0,1	-		5 - 10	1,0 - 4,0	moderat
	Culcuș V și artezian	artezian	1,0 - 3,0	0,15	50 - 150		10 - 50	10,0 - 20,0	moderat
PEȘTEANA NORD	Orizontul freatic	nivel liber	15,0 - 20,0	0,2 - 0,3	-	12,87	30 - 200	-	reduc
	Complex V - VI	ascensional	0,3 - 1,0	0,05 - 0,1	50 - 80		5 - 50	0 - 10,0	reduc
	Culcuș V și artezian	artezian	1,0 - 3,0	0,15	70 - 150		10 - 70	5,0 - 15,0	reduc
JILȚ SUD	Orizontul freatic	nivel liber lentiliform	3,0 - 8,0	0,2 - 0,25	-	1,7	5 - 15	-	reduc
	Complex VI - XII	captiv	0,1 - 0,8	0,05 - 0,1	5 - 15		3 - 5	0 - 5,0	reduc
	Culcuș VI	sub presiune	0,2 - 1,0	0,05 - 0,1	20 - 40		5 - 10	0 - 10,0	reduc
LUPOAIA	Orizontul freatic	nivel liber	4,0 - 6,0	0,2 - 0,23	-	0,7	-	-	absent
	Complex V - VIII	nivel liber lentiliform	0,1 - 0,5	0,05 - 0,1	-		3 - 5	0 - 5,0	absent
	Culcuș V	ascensional lentiliform	0,2 - 1,0	0,05 - 0,1	0 - 5		2 - 5	0 - 10,0	absent
OLTEȚ	Acoperiș str. II	nivel liber lentiliform	0,02 - 0,7	0,1 - 0,11	0 - 20	0,8	0,54 - 2,10	2,0 - 15,0	absent
	Culcuș str. I	nivel liber	0,1 - 1,42	0,1 - 0,11	20 - 100		2,29 - 7,58	0 - 10,0	absent

Tab. nr. 3.5 Caracterizarea și încadrarea hidrogeologică a perimetrului minier Roșia de Jiu

Parametri hidrogeologici	Valorile limită în perimetru	Clasa	Caracterizarea condițiilor hidrogeologice
Coeficientul de filtrare, k_f (m/zi)	0,3	IV	Foarte grele
Presiunea piezometrică, H (m)	200	IV	Foarte grele
Coeficientul afluxului de apă, k_a (m ³ /t)	16,32	IV	Foarte grele
Grosimea ecranului protector, h (m)	5	III	Grele
Caracterul apelor subterane	Ascensional și artezian	IV	Foarte grele

Tab. nr. 3.6 Caracterizarea și încadrarea hidrogeologică a perimetrului minier Peșteana

Parametri hidrogeologici	Valorile limită în perimetru	Clasa	Caracterizarea condițiilor hidrogeologice
Coeficientul de filtrare, k_f (m/zi)	0,3	IV	Foarte grele
Presiunea piezometrică, H (m)	150	IV	Foarte grele
Coeficientul afluxului de apă, k_a (m ³ /t)	12,87	IV	Foarte grele
Grosimea ecranului protector, h (m)	5	III	Grele
Caracterul apelor subterane	Ascensional și artezian	IV	Foarte grele

Întrucât evaluarea hidrogeologică a zăcămintelor și a tehnicilor și tehnologiilor de asecare, precum și a cheltuielilor de asecare sunt dependente de condițiile hidrogeologice de zăcământ, o încadrare corectă din punct de vedere hidrogeologic pe baza unor criterii obiective într-o clasificare este o necesitate.

Se apreciază că pe baza clasificării complexe propuse se poate face o încadrare mai bună a zăcămintelor de cărbune din punct de vedere al condițiilor hidrogeologice, și, ca urmare, evaluarea condițiilor de exploatare și a costurilor de extragere va fi una mult mai riguroasă.

3.3 Influența lucrărilor de asecare asupra mediului și posibilități de limitare a impactului în cariera Roșia de Jiu

Din punct de vedere al condițiilor de asecare, zăcământul de lignit din Oltenia se încadrează în grupa zăcămintelor cu condiții hidrogeologice dificile, datorită următoarelor caracteristici:

- stratele de lignit sunt cantonate în formațiuni sedimentare, între care nisipurile și pietrișurile acvifere dețin o pondere însemnată;
- în perimetrele de exploatare există uneori chiar 3 - 4 orizonturi acvifere;
- caracteristicile hidrogeologice ale rocilor acvifere au variații însemnate, chiar în limitele aceluiași perimetru de exploatare;
- grosimea orizonturilor acvifere este variabilă (între 5 și 25 m);
- presiuni piezometrice ale apelor subterane cuprinse între 10 și 60 m col H₂O.

Obiectivele principale ale lucrărilor de asecare din carierele de lignit sunt următoarele:

- asecarea orizonturilor acvifere situate în acoperișul stratelor V cărbune;
- preluarea afluxului de apă subterană din perimetrul exterior al carierelor;
- detensionarea orizontului artezian situat în culcușul stratului IV cărbune;
- mărirea stabilității taluzurilor tranșeelor de deschidere, ale treptelor de lucru și haldelor de steril, precum și a marginilor carierelor;
- prevenirea fenomenelor de sufoziune și de alunecare a taluzurilor;
- prevenirea inundării carierei prin erupția apelor arteziene din culcușul stratului IV.

3.3.1 Condițiile hidrogeologice ale carierei Roșia de Jiu

Cariera Roșia de Jiu este una dintre cele mai importante cariere din Oltenia, atât în ceea ce privește rezervele mari de lignit, cât și capacitatea de producție. Este amplasată în apropierea orașului Rovinari, în zona de luncă a râului Jiu. În apropierea carierei există mai multe localități: Fărcășești, Roșia de Jiu, Moi și Vladulești (figura nr. 3.1) [A.30].



Fig. nr. 3.1 Amplasarea carierei Roșia de Jiu

Fluxul tehnologic și dotarea tehnică din cariera Roșia de Jiu la începerea programului de reabilitare sunt prezentate în figura nr. 3.2.

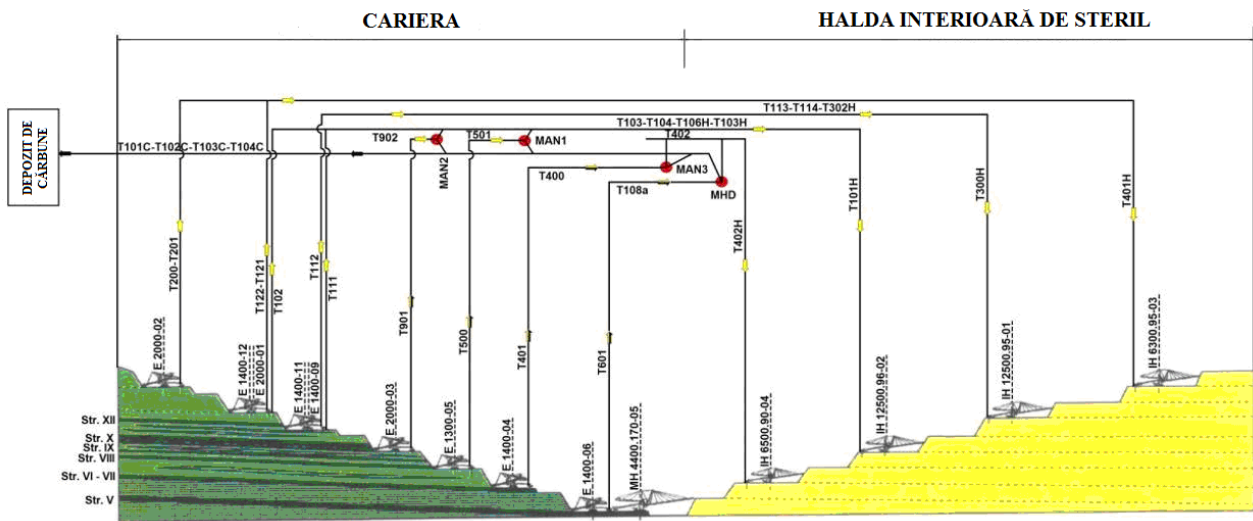


Fig. nr. 3.2 Fluxul tehnologic al carierei Roșia de Jiu

Lignitul și rocile sterile sunt extrase direct cu diferite tipuri de excavatoare cu rotor, iar materialul excavat este transportat pe benzi transportoare spre depozitul de cărbune sau spre halda de steril.

În perimetrul carierei Roșia de Jiu, zăcământul este format din mai multe strate de lignit,

separate de formațiuni de roci din Pontian, Dacian Romanian and Cuaternar, reprezentate de argilă, nisip și pietriș. Stratele de lignit exploatabile sunt cantonate în Romanian și Dacian, iar stratul acvifer cel mai important, alcătuit din nisipuri este cantonat în Dacian și Romanian (figura nr 3.3). Cariera Roșia de Jiu este una dintre carierele din România caracterizată de condiții hidrogeologice foarte dificile (tabelul nr. 3.5). În carieră se exploatează opt strate de lignit, separate de intercalații sterile, care cantonează mai multe orizonturi acvifere:

- orizontul acvifer freatic, dezvoltat în depozitele aluvionare din lunca Jiului;
- orizontul acvifer din complexul cărbunos, cu formă neregulată;
- orizontul acvifer dintre stratele de lignit IX și X, cu o extindere aproape continuă în întreaga zonă;
- orizontul acvifer dintre stratele de lignit VIII și IX, cu o grosime cuprinsă între 4,95 – 12,25 m;
- orizontul acvifer dintre stratele VI, VII și VIII, cu o grosime totală cuprinsă între 1,95 – 11,5 m și nivel ascensional al apei;
- orizontul acvifer dintre stratele V și VI, cu o grosime medie de 19 m și caracter ascensional sau artezian al apei;
- orizontul acvifer dintre stratele IV și V,

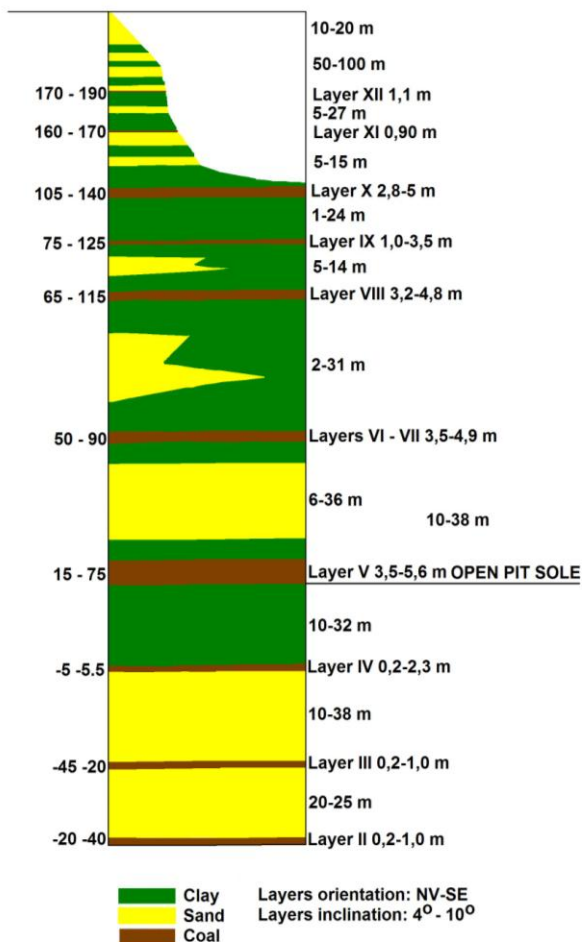


Fig. nr.3.3 Coloana stratigrafică Roșia de Jiu

cu o grosime cuprinsă între 1,0 – 18,1 m;

- orizontul acvifer artezian principal, amplasat în culcușul stratului IV de lignit.

Prezența acestor orizonturi acvifere impun lucrări de investigare hidrogeologică, în scopul stabilirii parametrilor hidrogeologici, al proiectării soluțiilor tehnice de asecare și a complexului de lucrări hidrotehnice și hidrologice necesare pentru exploatarea stratelor de lignit în condiții de maximă securitate.

În urma lucrărilor de asecare executate în carieră, se extrag anual volume importante de apă subterană, care este dirijată în afara perimetrului carierei și deversată în râul Jiu. În funcție de suspensiunile conținute în apa deversată, unitatea minieră achită lunar penalități, uneori semnificative, Companiei Apele Române. De asemenea, asecarea formațiunilor acvifere generează o serie de efecte negative asupra mediului, în principal prin diminuarea resurselor de apă subterană, coborârea nivelului hidrostatic și modificarea regimului apelor subterane [A.36].

3.3.2 Lucrări hidrotehnice și de asecare în cariera Roșia de Jiu

Înainte de începerea deschiderii câmpurilor miniere, au fost executate lucrări de cercetare asupra orizonturilor acvifere, stabilindu-se parametri hidrogeologici ai perimetrelor de exploatare, soluțiile tehnice de asecare și complexul de lucrări hidrotehnice și hidrologice care să permită exploatarea stratelor de lignit în condiții de maximă securitate [A.36].

Ca lucrări hidrotehnice de protecție a carierei Roșia de Jiu, s-au executat următoarele:

- ✓ corectarea albiei râului Jiu în zona carierei și haldei de steril pe o lungime de 5800 m, printr-un canal având traseul în prelungirea canalului existent în aval de acumularea Rovinari;
- ✓ regularizarea pâ râului Roșia pe o lungime de 1770 m în amonte de confluența cu râul Jiu;
- ✓ canalul Valea Pârâului cu o lungime de 4400 m;
- ✓ canale colectoare în zona Furduiești - Fărcășești, cu debușare în Valea Pârâului și respectiv în pâ râul Roșia;
- ✓ ecran protector din bentonită și ciment pentru oprirea infiltrațiilor din pâ nza freatică cu o lungime totală de 7600 m și adâncime cuprinsă între 12 și 20 m.

La nivelul anului 2014, în cariera Roșia de Jiu funcționau 8 foraje deservite de 16 pompe submersibile (câte două pentru fiecare foraj), schema de amplasare a stațiilor de pompe și punctele de deversare a apei fiind prezentată în figura nr. 3.4 [A.8].

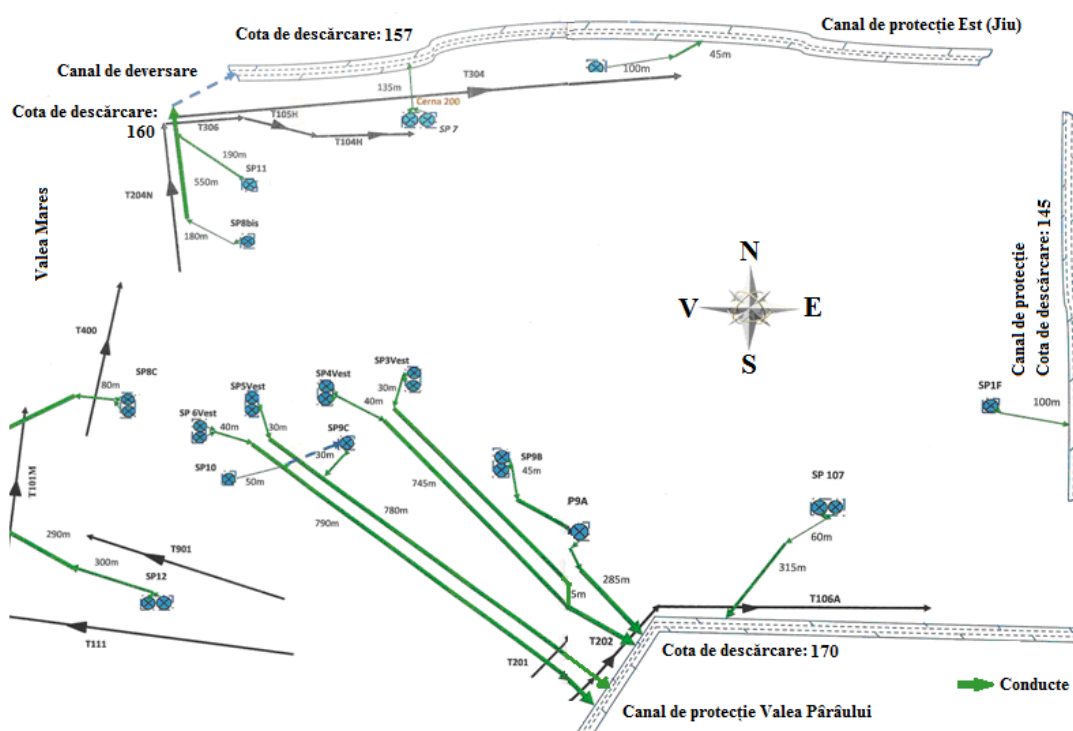


Fig. nr. 3.4 Schema stațiilor de pompe și punctele de deversare a apei subterane

Ca urmare a asecării și reducerii presiunii orizontului acvifer artezian cu ajutorul forajelor cu erupție liberă, în anul 2014 s-a drenat prin intermediul celor 8 foraje active un volum de apă de 14,5 milioane m³, astfel că pentru fiecare tonă de cărbune exploatat a fost drenat și evacuate un volum de apă subterană de 4,89 m³.

3.3.3 Determinarea zonei de influență a lucrărilor de asecare

Ca urmare a drenării și evacuării apelor din formațiunile acvifere, nivelul hidrostatic sau piezometric se reduce, denivelarea produsă fiind maximă în imediata apropiere a lucrărilor de asecare. Efectul coborârii nivelului apelor subterane se resimte nu numai în perimetrul câmpului minier, ci și în zonele adiacente acestuia. Distanța pe care se extinde fenomenul de reducere a nivelului apelor subterane se numește rază de influență a asecării și are valori diferite în funcție de caracteristicile hidrogeologice ale rocilor acvifere și de tipul lucrării de asecare utilizată.

3.3.3.1 Orizontul acvifer freatic

Orizontul freatic din întreaga zonă a bazinului Rovinari este alcătuit din alternanțe de nisipuri și pietrișuri, având o dezvoltare continuă pe toată suprafața. Nivelul apelor este liber și pe alocuri este captiv. Grosimea acestui orizont acvifer este cuprinsă între 6,5 - 21 m, valoarea medie fiind de 13,25 m. Cota inițială medie a nivelului hidrostatic a fost +147,53 m [A.36]. Principalele proprietăți hidrogeologice ale rocilor acvifere din acest orizont au următoarele valori:

- coeficientul de filtrare $k_f = 17,02$ m/zi;
- coeficientul capacității de cedare $k_c = 22\%$;
- debitul specific $q_{sp} = 2,7$ m³/h și m.

În scopul estimării extinderii zonei de influență a lucrărilor de asecare executate în orizontul acvifer freatic se iau în considerare două ipoteze de lucru [A.2]:

- cariera funcționează ca o tranșee de asecare și se va aplica relația de calcul specifică acestui tip de lucrare;
- cariera funcționează ca un puț mare și se vor aplica relațiile lui Forchheimer.

În cazul primei ipoteze, relația de calcul utilizată are următoarea formă:

$$R_t = \sqrt{\frac{3 \cdot H \cdot k_f \cdot T}{k_c}}, \text{ m} \quad (3.1)$$

unde: H - înălțimea nivelului hidrostatic, m;

k_f - coeficientul de filtrare, m/zi;

T - durata asecării, zile;

k_c - coeficientul capacității de cedare.

Ținând seama de valorile caracteristicilor hidrogeologice ale orizontului acvifer freatic prezentate anterior și luând în calcul procesul de drenare raportat la o perioadă de 2, respectiv 3 ani, raza de influență a asecării va fi de cca. 1500, respectiv 1835 m.

În cazul celei de-a doua ipoteze, trebuie să se țină seama, pe lângă valorile caracteristicilor hidrogeologice ale rocilor și de dimensiunile carierei. În funcție de dimensiunile carierei și de raportul care există între acestea, se determină mai întâi raza redusă a puțului mare cu relația:

$$r_o = \eta \cdot \frac{L+l}{4}, \text{ m} \quad (3.2)$$

în care: η - coeficient care depinde de raportul l/L;

L - lungimea carierei, m;

l - lățimea carierei, m.

Raza de influență a puțului mare se poate calcula cu ajutorul relației lui Sichardt, și anume:

$$R = 10 \cdot S \sqrt{k_f}, \text{ m} \quad (3.3)$$

în care S reprezintă denivelarea realizată, denivelare care pe conturul carierei este egală cu grosimea orizontului acvifer. În final, se calculează extinderea zonei de influență prin însumarea celor două raze calculate:

$$R_o = r_o + R, \text{ m} \quad (3.4)$$

Ținând seama de dimensiunile carierei Roșia de Jiu, L = 2500 m și l = 1250 m, s-a determinat valoarea lui $\eta = 1,174$ și s-a calculat raza de influență în cea de-a doua ipoteză de calcul $R_o = 1100 + 825 = 1925$ m. Pe baza celor două ipoteze de calcul, rezultă că zona de influență a asecării orizontului freatic se extinde pe cca. 1835 - 1925 m. Deoarece relațiile de calcul utilizate nu reflectă toți factorii de influență asupra extinderii zonei depresionare create în jurul carierei, iar observațiile efectuate în teren au condus la concluzia că efectele asecării se resimt pe o distanță mult mai mare, s-a determinat raza de influență și pe baza denivelării obținute în zona taluzurilor $S = H - h_o$ (m) și a gradientului hidraulic mediu, care în condițiile curgerii naturale și pentru roci foarte permeabile de tipul celor care alcătuiesc orizontul freatic este $I_{med} = 0,003 - 0,006$ [B.15].

$$R_t = \frac{H - h_o}{I_{med}}, \text{ m} \quad (3.5)$$

Considerând înălțimea nivelului dinamic în zona carierei $h_o = 0$, rezultă că raza de influență a drenării orizontului acvifer freatic este R_t este cuprinsă între 2210 - 4420 m, ceea ce corespunde situației reale din teren, unde se constată reduceri ale nivelului hidrostatic pe distanțe de 3 - 4 km. Coborârea nivelului hidrostatic s-a materializat prin scăderea nivelului apei în fântâni sau chiar prin secarea completă a acestora (cazul localităților Moi, Fărcășești, Rovinari).

Efectele asecării orizontului freatic în zonele adiacente se manifestă și prin diminuarea resurselor statice, diminuare care se poate evalua cu o relație de tipul:

$$W_{st} = 0,33 \cdot P \cdot R \cdot \sum M_{imed} \cdot K_{cmed}, \quad m^3 \quad (3.6)$$

în care: P - lungimea perimetrului carierei, cca. 7500 m;
R - raza de influență a asecării, R = 825 m;
 $\sum M_{imed}$ - grosimea medie însumată a orizonturilor din acoperișul stratului VII cărbune, egală cu 47,8 m;
 K_{cmed} - valoarea coeficientului de cedare a apei de către orizonturile menționate, egală cu 0,12.

Aplicând relația 3.6, se obține valoarea cu care se diminuează resursele statice din orizontul acvifer freatic, respectiv $W_{st}^{freatic} = 11,712$ mil. m^3 .

3.3.3.2 Orizontul acvifer din complexul stratelor V-VII cărbune

Orizontul acvifer din complexul stratelor V-VII este alcătuit dintr-un amestec nisipuri, pietrișuri și praf, grosimea sa medie fiind de cca. 20 m. Cota medie inițială a nivelului piezometric era situată la 158,2 m. Valoarea medie a coeficientului de filtrare este de 1,17 m/zi, debitul mediu al scurgerii subterane $q = 0,201$ l/s și m, iar coeficientul capacității de cedare $k_c = 9,75\%$.

Având în vedere faptul că forajele de drenare au fost amplasate liniar, iar orizontul acvifer este nelimitat în plan și cu mișcare uniformă a apelor subterane, pentru determinarea presiunii H_x a apelor remanente la diferite distanțe față de liniile de foraje se poate apela la relațiile de calcul ale lui S.F. Averianov [B.1], după care, prin interpolare, se poate stabili raza de influență a asecării.

Pentru calculul presiunii remanente se folosește următoarea relație:

$$H_x = H_0 - [S(1 - \frac{x}{R})\alpha\beta], \quad m \quad (3.7)$$

unde: H_0 - grosimea orizontului acvifer, m;

S - denivelarea maximă, m;
 x - distanța de calcul a presiunii remanente, m;
 R - raza de influență a unui foraj individual, m;
 α - parametru care se calculează cu relația:

$$\alpha = \frac{I}{I + \frac{2\sigma}{R} A} \quad (3.8)$$

A - parametru care se determină grafic, conform figurii nr. 3.5, în funcție de raportul σ/R ;
 $2\sigma = 100$ m - distanța dintre foraje;
 r = 0,4 m - raza forajelor;
 β - parametru egal cu 1 pentru forajele perfecte.

Raza de influență a forajelor de drenare se determină cu relația 3.3, ținând seama de faptul că denivelarea maximă se calculează ca diferență între cota inițială a nivelului piezometric (158,2 m) și cota acoperișului stratului V cărbune (45 m), obținându-se astfel o denivelare S = 113,2 m și o valoare pentru raza de influență a forajelor R = 1224.44 m. Din graficul prezentat în figura nr. 3.5 se determină A = 1,2 și se calculează $\alpha = 0,91$ [A.36].

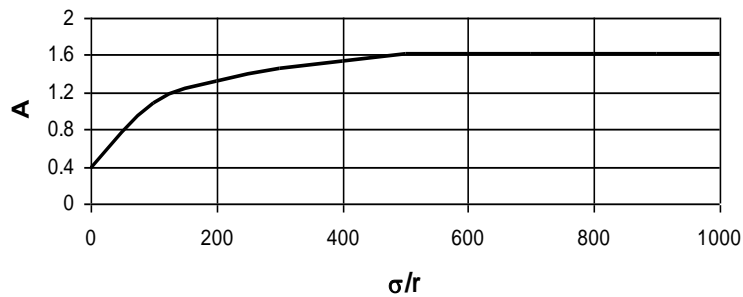


Fig. nr. 3.5 Grafic pentru determinarea lui A

Utilizând relația 3.7 s-a determinat presiunea remanentă H_x la diferite distanțe față de linia de foraje și se trasează curbele depresionare, stabilindu-se astfel raza de influență a asecării orizontului acvifer din complexul stratelor V - VII. În graficul din figura nr. 3.6 este prezentată dependența dintre presiunea piezometrică remanentă și raza de influență a liniei de foraje executate în acviferul din complexul stratelor V - VII, pe baza căreia se poate determina distanța până la care se mai resimte efectul asecării. Astfel, pentru o presiune piezometrică egală cu cea inițială (158,2 m col H_2O), se va obține valoarea maximă a razei de influență a liniei de foraje.

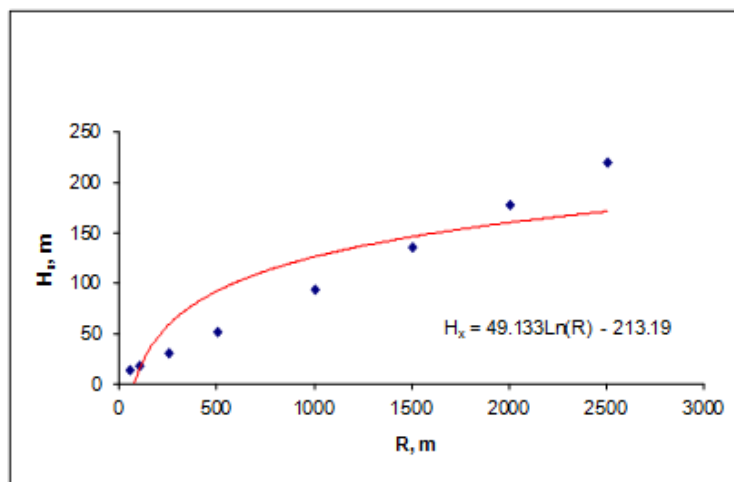


Fig. nr. 3.6 Determinarea razei de influență pentru orizontul acvifer din complexul stratelor V-VII

Din graficul de mai sus, rezultă că expresia razei de influență a asecării orizontului acvifer din complexul stratelor V – VII are următoarea formă:

$$R = e^{\frac{H_x + 213,9}{49,133}}, \quad m \quad (3.9)$$

Cu ajutorul relației 3.9 se determină extinderea zonei de influență a asecării formațiunilor acvifere din complexul stratelor de cărbune, $R_t = 1945,59$ m.

Trebuie menționat că, datorită faptului că relația lui Averianov nu ia în considerare panta medie a curbei depresionare, dependența dintre presiunea piezometrică remanentă și raza de influență a asecării este una mai degrabă liniară. Din această cauză, pentru a se obține forma caracteristică curbilor depresionare, punctele determinate prin calcul au fost aproximare printr-o regresie de tip logaritmic.

Rezultatele obținute arată că și în cazul acestui orizont acvifer efectul lucrărilor de asecare se extinde pe o distanță relativ mare. Deși reducerea nivelului apelor subterane din acest orizont acvifer nu afectează în mod direct factori de mediu cum ar fi apele de suprafață, flora sau fauna, există posibilitatea producerii tasărilor în interiorul conului de depresiune din jurul carierei, tasări care sunt deja puse în evidență, în special în zona termocentralei Rogojelu.

De asemenea, extinderea zonei depresionare în perimetrele adiacente carierei pe o distanță de cca. 1950 m, conduce la reducerea resurselor de apă subterană. Evaluând aceste resurse cu ajutorul relației 3.6, pentru $P = 7500$ m, $M_{med} = 19,1$ m și $K_{cmed} = 9,75\%$, se obține $W_{st}^{complex} = 8,987$ mil. m^3 .

Acest volum de apă drenată din orizontul acvifer din complexul stratelor V -VII cărbune și din zona adiacentă carierei este sporit și de resursele dinamice care alimentează orizontul respectiv, pierderea de resurse de apă subterană fiind, deci, mult mai mare.

3.3.3.3 Orizontul acvifer artezian din culcușul stratului IV

Acest orizont acvifer este alcătuit preponderent din nisipuri și are o grosime medie de 77 m. Cota medie inițială a nivelului piezometric se situa la 159,66 m, în prezent această cotă fiind coborâtă în zona de deschidere a stratului V la valoarea de 65 m. Aceasta înseamnă că, de la începerea detensionării orizontului acvifer artezian s-a realizat o denivelare $S = 94,66$ m. Orizontul acvifer artezian este caracterizat de coeficienți de filtrare a căror valoare medie este $k_f = 3,47$ m/zi, coeficienți ai capacității de cedare $k_c = 9\%$ și debite specifice $q = 0,449$ l/s și m [A.36].

Utilizând metoda puțului mare în cazul sistemului de foraje care lucrează în artezian și luând în calcul dimensiunile conturului închis de foraje (1300 - 675), prin aplicarea relațiilor 3.2, 3.3 și 3.4, s-a calculat raza de influență a asecării $R_t = 582 + 2345 = 2927$ m.

Trebuie menționat faptul că detensionarea acestui orizont acvifer, care dispune de resurse de apă practic inepuizabile, nu afectează factorii de mediu înconjurător decât sub aspectul deversării apei provenite din lucrările de detensionare în receptori, ceea ce are o influență favorabilă asupra calității apelor.

Problema care se pune este legată de diminuarea resurselor de ape subterane. Pe baza aceluiași raționament ca și în cazurile anterioare, se poate obține volumul de apă drenat din zona adiacentă carierei, luând în considerare o grosime a zonei active a forajelor de 20 m. Astfel, rezultă $W_{st}^{artezian} = 5,502$ mil. m^3 apă.

Din cele prezentate și ca urmare a analizei efectuate pentru cele trei orizonturi acvifere, rezultă că extinderea zonei de influență a lucrărilor de asecare variază de la un orizont acvifer la altul, în funcție de caracteristicile hidrogeologice ale rocilor care îl alcătuiesc, de caracteristicile geometrice și parametrii hidrodinamici ai orizontului considerat.

Absența forajelor de hidroobservație în zona adiacentă carierei Roșia de Jiu nu a permis ca estimările teoretice să fie verificate sau corectate prin date practice.

3.3.4 Efectele lucrărilor de asecare în zonele adiacente carierei Roșia de Jiu

Majoritatea activităților presupuse de exploatarea în carieră a lignitului influențează mai mult sau mai puțin regimul apelor subterane. Astfel, se produc două tipuri de impact asupra apelor subterane, respectiv cantitativ și calitativ.

Printre modurile de manifestare ale impactului cantitativ se menționează:

- asecarea acviferelor freatice atât în perimetrul carierelor, cât și în afara acestora;
- distrugerea formațiunilor acvifere în perimetrele excavate;
- diminuarea sau chiar dispariția unor resurse de apă subterane, ceea ce are drept efect secarea fântânilor și reducerea debitelor captărilor de apă;
- modificarea regimului de curgere subterană, prin creșterea locală a vitezelor de filtrare și reducerea debitelor în zonele de extindere a pâniilor depresionare apărute ca urmare a funcționării sistemelor de drenaj;
- modificarea drenajului natural din regiune;
- modificarea dinamicii proceselor de eroziune cu implicații în bilanțul hidric global pe bazin (tip de sol, vegetație, gradienti hidraulici).

Impactul calitativ asupra apelor de suprafață se manifestă în special prin:

- creșterea vulnerabilității la poluare a tuturor acviferelor, în special a celor freatice;
- modificarea compoziției chimice a apelor subterane datorită infiltrării diferitelor substanțe și șlamuri.

Întrucât activitatea de extragere a cărbunelui în zonă prin lucrări miniere la zi va continua și în viitor, iar aceasta este condiționată de executarea lucrărilor de asecare, efectele acestei asecări se vor amplifica și din acest motiv trebuie luate măsuri de limitare a zonei de influență a lucrărilor de asecare. Astfel de măsuri vor conduce și la diminuarea problemelor legate de alimentarea cu apă a localităților din zonă.

Influența asecării asupra resurselor de apă subterană din zonele adiacente carierei Roșia de Jiu poate fi urmărită în tabelul nr. 3.7 [A.36].

Tab. nr. 3.7 Impactul asecării asupra regimului și calității apelor

Activitate	Tip impact					
	Reducerea nivelului piezometric	Modificarea regimului hidraulic	Subsidență, dispariția formațiunilor acvifere	Creșterea vulnerabilității la poluare	Modificarea chimismului apelor subterane	Modificarea chimismului apelor de suprafață
Lucrări hidrotehnice	L1	-	L1	L2	L2	L2
Asecarea preliminară	R3	R2	L2	L3	L2	L1
Asecarea combinată	R3	R2	L1	R2	R2	L2

L – caracter local; R – caracter regional; 1 – impact redus; 2 – impact mediu; 3 – impact major

Din analiza tabelului nr. 3.7 se poate constata că impactul lucrărilor efective de asecare se resimte în special asupra regimului hidrodinamic al apelor subterane și de suprafață, are un caracter regional și o intensitate de la moderată la gravă. Printre formele de impact major generate de asecarea formațiunilor acvifere se menționează reducerea înălțimii nivelului hidrostatic și a nivelului piezometric precum și creșterea vulnerabilității la poluare a apelor subterane, în speial în perioada executării lucrărilor de asecare preliminară.

3.3.4.1 Afectarea alimentării cu apă a localităților limitrofe

Ca urmare a coborârii nivelului stratului acvifer freatic, s-au înregistrat reduceri drastice ale nivelului apei în puțurile de alimentare cu apă a localităților învecinate, uneori chiar secarea completă a acestora. Situația cea mai gravă a fost semnalată în orașul Rovinari și în localitățile Moi, Timișeni, Fărcășești, Bâlteni, Vlădueni, platforma Rovinari.

Pentru asigurarea alimentării cu apă a localităților amintite, unitatea minieră a executat, din fonduri proprii, puțuri de apă care se alimentează din orizontul artezian și rețele de conducte, însă funcționarea acestora nu a dat întotdeauna rezultatele scontate, iar calitatea apei s-a modificat datorită schimbării chimismului apelor subterane. În ceea ce privește orașul Rovinari, din cauza funcționării sistemului de asecare din cariera Roșia de Jiu, nivelul apei în puțurile de alimentare a scăzut cu cca. 60 m, ceea ce a condus la o reducere cu 20 - 30% a debitului captat. În consecință, a apărut necesitatea de executare a unor noi captări de apă.

3.3.4.2 Diminuarea volumului resurselor de apă subterană

Activitatea de asecare a formațiunilor acvifere conduce la reducerea resurselor de apă subterană prin drenarea și evacuarea acesteia. Evacuarea anuală a zeci de milioane de metri cubi de apă, conform măsurătorilor de debite din stațiile de pompe ale carierei Roșia de Jiu, constituie o certitudine în acest sens.

Întrucât efectele asecării se extind și în zonele adiacente carierelor, prin zonele depresionare pe care le crează, este evidentă amplificarea fenomenului de reducere a volumului resurselor apelor subterane (paragraful 3.3). Refacerea acestor resurse este practic imposibilă în majoritatea cazurilor, deoarece structura formațiunilor geologice este distrusă.

Din acest motiv, se impune ca cel puțin în activitatea de asecare să nu fie antrenate și resurse dinamice din zonele adiacente. Se impune folosirea unor metode principial noi, bazate pe ecranarea formațiunilor acvifere, prin baraje antifiltrante amplasate pe conturul carierelor.

Literatura de specialitate [A.2], [B.44], [B.45] atestă că în condițiile ecranării formațiunilor acvifere, volumul de apă drenabilă din interiorul unei cariere se poate reduce cu până la 10 - 20%.

3.3.4.3 Afectarea florei și faunei

Ca urmare a reducerii nivelului hidrostatic al orizontului acvifer freatic, atât flora, cât și fauna din zonă au fost destul de puternic afectate [A.36].

Chiar dacă vegetația ierboasă nu a fost distrusă în totalitate, productivitatea și echilibrul ecosistemelor caracteristice zonei s-a diminuat semnificativ. În perimetrele adiacente carierei Roșia de Jiu, vegetația acvatică și cea palustră înregistrează cele mai grave forme de impact. Acest tip de vegetație se mai păstrează numai în imediata apropiere a cursurilor de apă sau de-a lungul canalelor de gardă, unde încă există speciile de plante caracteristice, dar într-un număr foarte redus.

Pajiștile au fost afectate mai puțin decât vegetația ierboasă, dar și în acest caz sunt necesare măsuri de protejare, prin măsuri de reducere a zonei de influență a lucrărilor de asecare din carieră, respectiv de evitare a coborârii nivelului hidrostatic al stratului freatic.

Ca urmare a degradării vegetației, lanțurile trofice au fost fragmentate, ceea ce a determinat reducerea randamentului în ceea ce privește transferul de energie și nutrienți. Fauna de nevertebrate a suferit modificări, constatându-se o pondere foarte mare a arachnidelor în zonă și o biodiversitate extrem de redusă a faunei de microartropode, ceea ce arată că s-au produs dezechilibre ecologice importante, deoarece au dispărut alte specii faunistice cheie din ecosistem.

În cazul ihtiofaunei din râul Jiu, se pare că nu au fost semnalate probleme majore cauzate de deversarea apelor din cariera Roșia, existând chiar unele specii valoroase. Cel mai mult au avut de suferit populațiile de reptile și amfibieni, care în urma dispariției vegetației s-au refugiat în zone mai îndepărtate, fiind afectate de dispariția bălților în care se reproduc.

Numărul de mamifere s-a redus în zonele limitrofe ale carierei, în special din cauza nivelului crescut al zgomotului și vibrațiilor. Însă nu este cazul dispariției unor specii, datorită capacității lor de migrare spre alte zone aflate în apropiere, care au aceeași caracteristică a nișei trofice.

3.3.4.4 Tasarea formațiunilor geologice sub efectul asecării

Există posibilitatea ca în anumite zone ale conului de depresiune format în jurul carierei să apară tasări ale formațiunilor geologice superioare, prin drenarea apei libere din porii rocilor acvifere. În consecință, toată sarcina geologică este preluată de scheletul mineral al rocii, ceea ce conduce la suferi tasări importante, ca urmare a reducerii porozității. În funcție de natura rocilor, de valoarea coeficienților de permeabilitate și de grosimea formațiunilor acvifere și a stratelor

acoperitoare, tasările care afectează suprafața terenului pot avea valori cuprinse între 2 - 3 m [A.2], [A.36].

Astfel de tasări s-au semnalat în partea nord-vestică a carierei Roșia de Jiu, tasări care au afectat calea ferată din zonă, fiind însă asociate și cu o alunecare a taluzului nord-estic pe un plan de falie. Alte tasări au fost semnalate în zona termocentralei Rogojelu. Ca urmare a reducerii nivelului piezometric, terenul de fundație al termocentralei este afectat de o tasare suplimentară față de tasările normale date de sarcina transmisă de fundație. Deoarece termocentrala este amplasată în epicentrul bazinului minier Rovinari, acest efect poate fi cauzat de lucrările de asecare ce se execută în toate carierele din bazin, însă ponderea cea mai mare o are cariera Roșia de Jiu, carieră din care se evacuează anual câteva zeci de milioane m³ de apă.

Fenomenele de tasare ale formațiunilor geologice trebuie urmărite prin intermediul reperelor topografice de suprafață, lucru care de altfel se și realizează în paralel cu urmărirea deformațiilor pentru estimarea stabilității taluzurilor sau a obiectivelor industriale din zonă.

3.3.5 Măsurile de reducere a impactului asecării asupra mediului

3.3.5.1 Ecranarea formațiunilor acvifere

Pentru împiedicarea transmiterii efectelor asecării la distanțe mari în zonele adiacente carierei, se propune utilizarea ecranelor impermeabile, care reprezintă o soluție verificată, utilizată cu rezultate bune pe plan internațional și național. Astfel, se propune executarea unui ecran de protecție, în prelungirea celui deja existent, al cărui scop este acela de a proteja orașul Rovinari și termocentrala Rogojelu (figura nr. 3.7) [A.36]. Adâncimea și lățimea ecranului propus sunt identice cu cele ale ecranului existent, iar materialele antifiltrante utilizate sunt bentonita și cimentul.

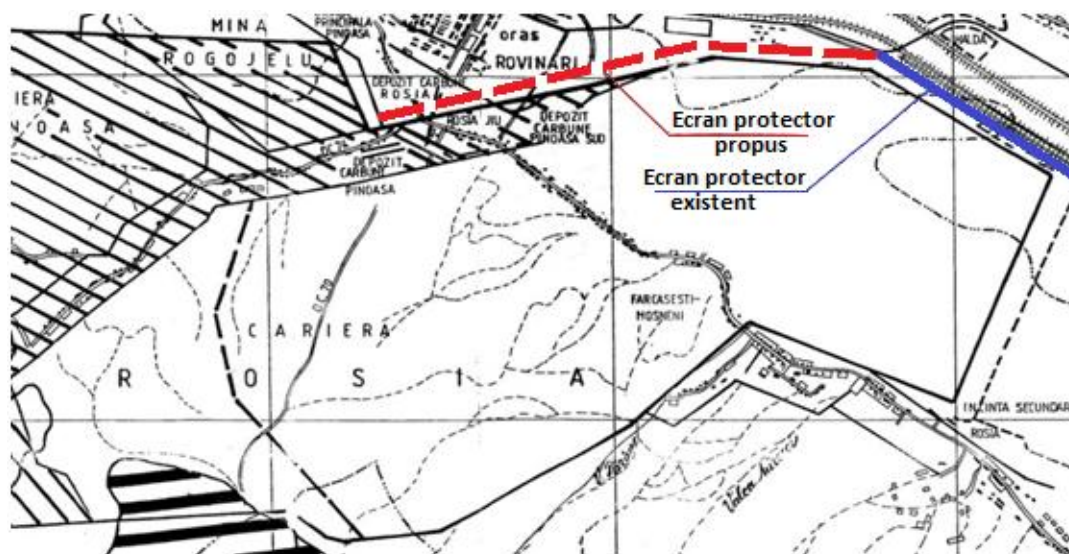


Fig. nr. 3.7 Amplasarea ecranului de protecție propus

Totodată, se impune monitorizarea nivelului apelor subterane, în special în cazul orizontului acvifer freatic, prin executarea unor foraje de hidroobservație în zonele adiacente, precum și îmbunătățirea sistemului de urmărire a deformațiilor suprafeței terenului, utilizând o rețea de reperi topografice.

3.3.5.2 Utilizarea apei rezultate din lucrările de asecare

Așa cum s-a arătat, apa subterană rezultată din lucrările de asecare din cariera Roșia de Jiu este deversată în râul Jiu, iar operatorul minier plătește penalități lunare Companiei Apele Române, în funcție de volumul de apă deversat. Conform analizelor, această apă poate reprezenta o resursă foarte importantă pentru nevoile populației locale.

Având în vedere costurile ridicate ale lucrărilor de asecare, la care se adaugă sume semnificative plătite ca penalități pentru încărcarea cu suspensii a râului Jiu, este de preferat utilizarea apei provenită din lucrările de asecare în diferite scopuri, impuse de cererea de apă din zonele aflate în apropiere. Pe baza caracteristicilor de calitate a apei și a exigențelor populației locale, au fost identificate trei direcții principale pentru utilizarea apei provenită din forajele de asecare:

- ✓ alimentarea cu apă potabilă;
- ✓ utilizarea apei pentru irigarea culturilor agricole din zonă;
- ✓ umplerea cu apă a golurilor remanente ale unor cariere care se închid ca urmare a epuizării rezervelor.

Utilizarea apei subterane rezultată din lucrările de asecare implică realizarea unui proiect relativ simplu. Astfel, este necesară construirea unui bazin de colectare și sedimentare, a unei stații de pompe și a unui sistem de conducte pentru transportul apei spre locurile de utilizare (figura nr. 3.8). Pentru utilizarea ca apă potabilă, se impune trecerea apei provenite din foraje printr-o stație de tratare [A.8].

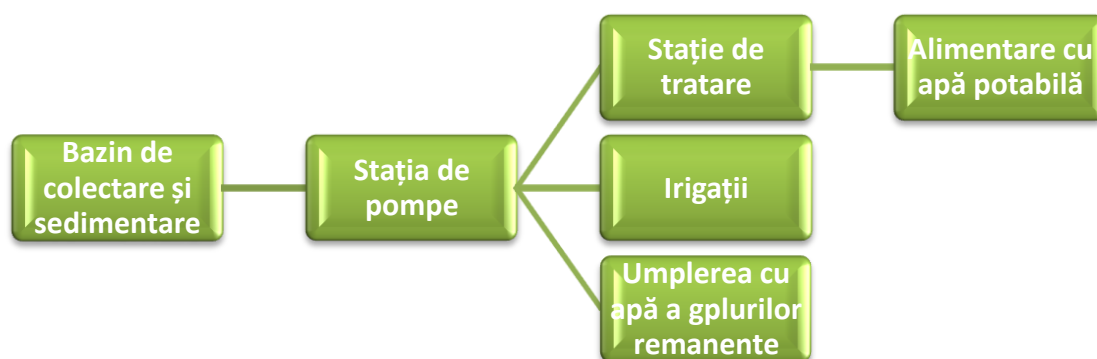


Fig. nr. 3.8 Sistem de utilizare a apei subterane provenită din lucrările de asecare

În apropierea carierei Roșia de Jiu este situat orașul Rovinari, care numără aproximativ 15.000 de locuitori. Orașul are trei zone principale: zona rezidențială, zona industrială și suprafața agricolă. Zona suburbană, reprezentată de cartierul Vârț, nu are nici o rețea de alimentare cu apă potabilă și trebuie urgentată realizarea acesteia. În cele două colonii ale acestui cartier, alimentarea cu apă a populației se realizează încă din fântâni, dintre care o mare parte au secăt ca urmare a coborârii nivelului hidrostatic al orizontului acvifer freatic (ca urmare a lucrărilor de asecare). Orașul Rovinari dispune de terenuri agricole cu o suprafață de 840 ha, plantate cu livezi și pepiniere pomicole, viță de vie pepiniere, pășuni, cereale etc. [A.8]. Atât pentru alimentarea cu apă potabilă, cât și pentru irigarea culturilor, calitatea apei trebuie să se încadreze în standardele prevăzute de reglementările legale. În tabelul nr. 3.8 se prezintă principalii indicatori de calitate a apei evacuată din cariera Roșia de Jiu în comparație cu standardele legale.

Tab. nr. 3.8. Calitatea apei evacuată din cariera Roșia de Jiu

Nr. crt.	Indicator de calitate	UM	CMA cf. NTPA 001/2005	Valori determinate
1	Ph	mg/l	6,5 – 8,5	7,12
2	CBO5	mg/l	25	11,55
3	CCOCr	mg/l	125	25
4	Reziduu fix	mg/l	2000	172
5	Cloruri	mg/l	500	10,6
6	Sulfați	mg/l	600	46
7	Calciu	mg/l	300	38
8	Magneziu	mg/l	100	12
9	Fenoli	mg/l	0,3	0,12
10	Fier	mg/l	5	0,1
12	Suspensii	mg/l	35	34

Se observă că din punct de vedere calitativ, deși a fost luată în considerare ca apă uzată industrială, apa provenită din lucrările de asecare corespunde standardelor în vigoare, fiind necesare lucrări minime de tratare, în special decantare și limpezire.

Odată cu încetarea funcționării sistemului de asecare, începe refacerea nivelului hidrostatic, dar acest proces poate dura o perioadă foarte lungă de timp. În bazinul minier Rovinari operează mai multe cariere de lignit; dintre care unele vor fi închise din cauza epuizării rezervelor în perioada următoare. O parte din apa provenită din lucrările de asecare din cariera Roșia de Jiu poate fi folosită pentru umplerea golurilor remanente ale acestora. Se creează astfel o serie de lacuri, care pot prelua diferite utilizări, în funcție de strategia de dezvoltare a zonei. De asemenea, lacurile create în golurile remanente contribuie semnificativ la refacerea mai rapidă a nivelului apelor subterane [A.1].

3.4 Cercetări privind regimul de infiltrare a apelor din precipitații în corpul haldelor de steril din bazinul minier Motru

3.4.1. Regimul hidrometeorologic din zonă

Situată în sud-vestul teritoriului, în zona dealurilor piemontane getice și protejată din punct de vedere orografic în nord și vest de lanțul muntos al Carpaților, se poate aprecia că zona Motru beneficiază de un climat temperat continental mai moderat.

Precipitațiile atmosferice sunt relativ bogate, cu cantități medii anuale cuprinse între 746 - 906 mm, dar cu ani în care acestea pot depăși 1180 - 1330 mm, sau pot scădea până la 430 - 580 mm. Cantitățile maxime de precipitații căzute în 24 de ore pot depăși uneori apreciabil cantitățile medii lunare. Astfel, la Tg. Jiu în septembrie 1968 s-au înregistrat 93,6 mm precipitații căzute în 24 de ore, cantitate ce a depășit cu 43,8 mm media lunii respective. La Apa Neagră în iulie 1969 s-au totalizat 154,2 mm în 24 de ore, cantitatea medie a lunii fiind de 83,2 mm și, în sfârșit, la Mătășari în iulie 1991, în 24 de ore, au căzut 80,0 mm, cu 25,8 mm mai mult decât media lunii iulie. Stratul de zăpadă durează în medie 46 - 57 de zile anual, iar grosimile medii ale acestuia pot atinge 14 - 72 cm. În figura nr. 3.9 sunt prezentate cantitățile de precipitații și temperaturi medii lunare și anuale, măsurate la stația meteo Tg. Jiu, pentru perioada 1983 - 2006, comparativ cu mediile multianuale corespunzătoare măsurătorilor hidrologice din perioada 1901 - 2000 și se poate observa variația mediilor anuale pentru intervalul menționat [A.24].

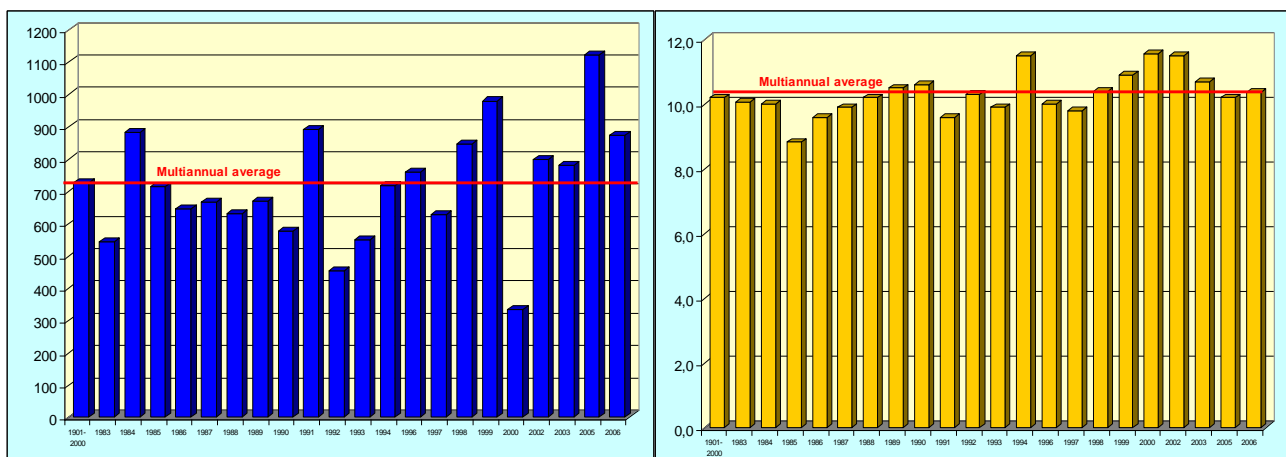


Fig. nr. 3.9 Mediile anuale ale precipitațiilor și temperaturilor

Din datele prezentate se desprinde ca o primă concluzie faptul că în ultimii 10 ani de observații, depășirea sau atingerea valorilor medii multianuale ale precipitației și temperaturii sunt relativ frecvente, respectiv în 8 ani pentru precipitații și în 7 ani pentru temperaturi. Valori ridicate ale precipitației medii anuale au fost înregistrate îndeosebi în anii 2004 și 2005 (1073, respectiv 1121,9 mm față de media multianuală de 726,3 mm), ceea ce a determinat acumularea prin infiltrare a unei cantități mai mari de apă în corpul haldelor de steril, fiind create astfel premise favorabile pentru declanșarea alunecărilor. Se menționează că în anul 2004, în lunile iulie și

noiembrie s-au înregistrat depășiri ale valorilor medii lunare ale precipitațiilor de peste două ori, iar în luna iulie a anului 2005 s-a depășit valoarea medie lunară de 3,9 ori.

3.4.2. Determinarea infiltrației

Din analizele de teren efectuate s-a desprins concluzia că sursa principală de proveniență a apei din corpul haldelor de steril o reprezintă precipitațiile, fără a fi exclusă ipoteza că sunt posibile infiltrații de pe și din versanți.

Pentru stabilirea cantității de apă infiltrată în corpul haldei din precipitații, în funcție de tipul de teren, pot fi utilizate modele bazate pe mecanisme simplificate ale infiltrației [B.30], [B.31];

- ✓ modele bazate pe *mecanismul Hortonian*, care fac apel la ecuații simplificate ale infiltrației potențiale, derivate din ecuația lui Richards, pornind de la ipoteza unei infiltrații potențiale variabilă în timp și obținând ploaia netă prin compararea intensității ploii cu infiltrația potențială;
- ✓ modele bazate pe *principiul bazinului*, care pornesc de la ipoteza infiltrației totale a ploii până la saturare, după care infiltrația devine nulă.

Alte modele de determinare a infiltrației sunt de natură complet empirică, cele mai utilizate în practică fiind:

- ✓ modelul Soil Conservation Service (SCS);
- ✓ metoda coeficientului de aflux.

3.4.2.1 Mecanismul Hortonian

Dacă intensitatea ploii este mai mică decât infiltrația potențială, toată apa din precipitații se infiltrează, iar infiltrația este egală cu intensitatea ploii; dacă, în schimb, intensitatea ploii este mai mare decât infiltrația potențială, infiltrația efectivă este egală cu cea potențială [B.9], [B.30], [B.31]:

$$f(t) = \begin{cases} i(t) & \text{pentru } i(t) < f^*(t) \\ f^*(t) & \text{pentru } i(t) \geq f^*(t) \end{cases} \quad (3.10)$$

Refuzul solului, egal cu diferența dintre intensitatea ploii și infiltrație, este:

$$p(t) = \begin{cases} 0 & \text{pentru } i(t) < f^*(t) \\ i(t) - f^*(t) & \text{pentru } i(t) \geq f^*(t) \end{cases} \quad (3.11)$$

În timpul precipitației, intensitatea infiltrației potențiale scade odată cu creșterea umidității terenului. Dacă intensitatea ploii se menține mai mare decât infiltrația potențială, infiltrația se produce după funcția $f^*(t)$ până la terminarea ploii. Este cazul în care precipitația este foarte intensă sau terenul are o umiditate inițială ridicată. Dacă intensitatea ploii este de la început mai mică decât infiltrația potențială, infiltrația inițială, care este egală cu intensitatea ploii, pătrunde în teren până la momentul t_r când infiltrația potențială este egală cu intensitatea ploii și începe apoi scurgerea superficială. În acest moment t_r , infiltrația cumulată $F(t_r)$ este egală cu înălțimea precipitației $h(t_r)$. După momentul t_r până în momentul în care intensitatea ploii nu devine iarăși mai mică decât infiltrația potențială, intensitatea ploii nete este egală cu diferența dintre intensitatea ploii și infiltrația potențială.

Legile lui Horton [B.31] ale infiltrației potențiale și ale celei relative cumulate sunt:

$$f^*(t) = f_\infty^* + (f_i^* - f_\infty^*)e^{-kt} \quad (3.12)$$

$$F^*(t) = f_\infty^*t + \frac{f_i^* - f_\infty^*}{k}(1 - e^{-kt}) \quad (3.13)$$

unde:

f_i^* - infiltrația potențială inițială,

- f_{∞}^* - infiltrația limită a solului saturat,
 k - parametru care definește viteza de reducere a infiltrației potențiale.

Parametrii legii lui Horton depind de caracteristicile solului. Valorile propuse de manualul ASCE (American Society of Civil Engineers) [B.65] sunt indicate în tabelul nr 3.9 și cele recomandate de modelul ILLUDAS (The Illinois Urban Drainage Area Simulator) [B.66] sunt indicate în tabelul nr. 3.10. În tabelul 3.11 este prezentată clasificarea terenurilor după Soil Conservation Service [B.67].

Tab. nr. 3.9 Parametri formulei Horton (ASCE)

Tip de funcție	f_i^*	f_{∞}^*	k
	(mm/h)	(mm/h)	(h ⁻¹)
majorată (soluri foarte permeabile)	117	17	5,34
standard (soluri mediu permeabile)	76	13	4,14
redușă (soluri cu permeabilitate redusă)	76	6	4,14

Tab. nr. 3.10 Parametri formulei Horton (ILLUDAS)

Grupa de sol	f_i^* (mm/h)	f_{∞}^* (mm/h)	k (h ⁻¹)
A	250	25	2
B	200	12,5	2
C	125	6,5	2
D	75	2,5	2

Tab. nr. 3.11 Metoda SCS-CN: clasificarea solurilor Soil Conservation Service (SCS, 1968)

Grupa	Descriere
A	<i>Potențial de deflux foarte redus:</i> nisipuri grosiere cu un conținut foarte redus de praf și argilă, pietrișuri, foarte permeabile
B	<i>Potențial de deflux moderat redus:</i> cea mai mare parte a solurilor nisipoase mai puțin grosiere, dar care mențin capacitate ridicată de infiltrare și saturare
C	<i>Potențial de deflux moderat ridicat:</i> soluri fine cu un conținut ridicat de argilă și coloizi, dar mai redus decât cele din grupa D. Au o capacitate de infiltrație și saturație reduse.
D	<i>Potențial de deflux foarte ridicat:</i> cea mai mare parte a argilelor cu o capacitate mare de umflare, dar și solurile fine care formează orizonturi aproape impermeabile în apropiere de suprafața terenului.

Conform descrierii din tabelul 3.11, amestecul de material din haldele de steril ale carierei Roșița se încadrează în grupele C și D.

Curbele exprimate de legea lui Horton pentru cele două grupe de parametri, ilustrate în figura nr. 3.10, sunt diferite, deoarece valorile ILLUDAS sunt aproape întotdeauna mult mai mari decât cele ASCE. Diferența dintre aceste valori poate fi explicată prin faptul că valorile propuse de ASCE sunt acoperitoare pentru orice condiții posibile, în timp ce acelea recomandate pentru un model de simulare, ca ILLUDAS, se referă la condiții medii.

În condițiile de teren caracteristice haldelor de steril de la EMC Motru, respectiv terenuri cu permeabilitate redusă (grupele C și D după clasificarea Soil Conservation Service), în urma calculelor efectuate după metodologia prezentată (tabelul nr. 3.12) au fost obținute două tipuri de curbe pentru infiltrația potențială și infiltrația relativă cumulată (figurile nr. 3.11 și 3.12), în condițiile producerii unei precipitații cu durata de 8 h și o intensitate mai mare decât infiltrația potențială [A.24].

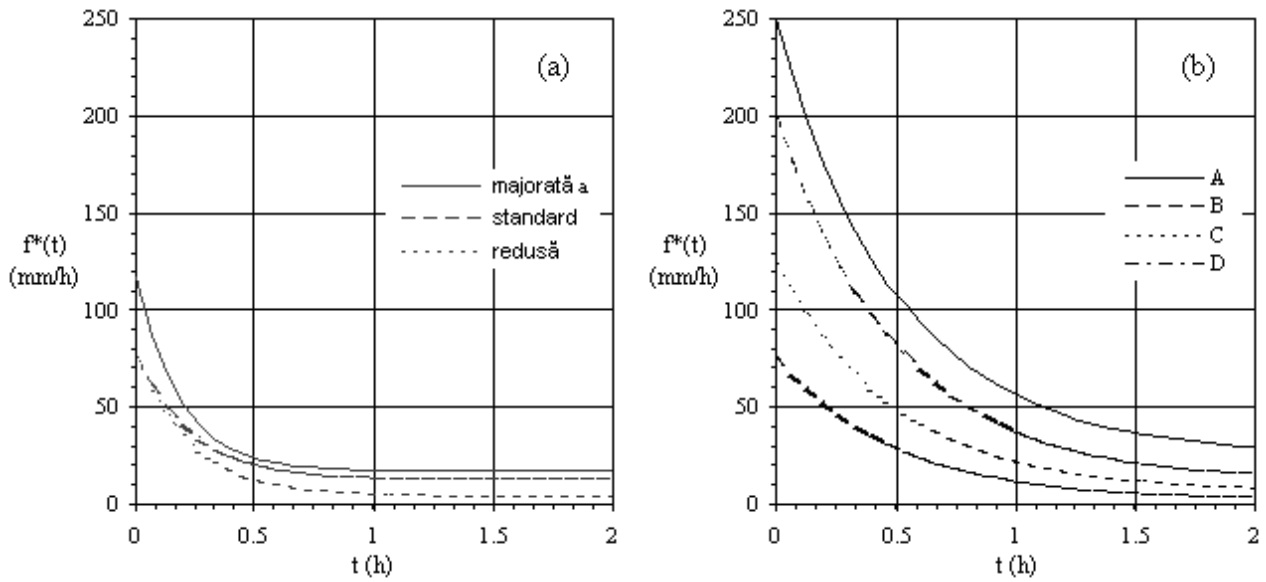


Fig. nr. 3.10 Capacitatea de infiltrație după legea lui Horton: a) ASCE și b) ILLUDAS

Tab. nr 3.12 Calculul infiltrației potențiale și ale celei relative cumulate

t (h)	f*(t) (mm/h)		F*(t) (mm)	
	ASCE	ILLUDAS	ASCE	ILLUDAS
0	76,00	125,00	0,00	0,00
0,5	14,83	50,09	17,77	40,70
1	7,11	22,54	22,64	57,73
1,5	6,14	12,40	25,87	66,05
2	6,02	8,67	28,90	71,16
3	6,00	6,79	34,91	78,60
4	6,00	6,54	40,91	85,23
6	6,00	6,50	52,91	98,25
8	6,00	6,50	64,91	111,25

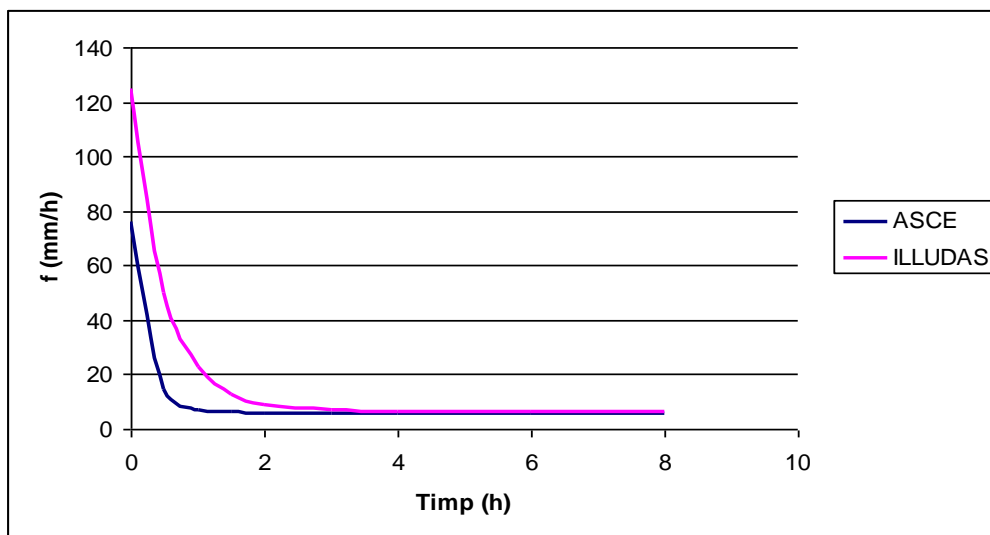


Fig. nr. 3.11 Infiltrația potențială a terenurilor de pe halde

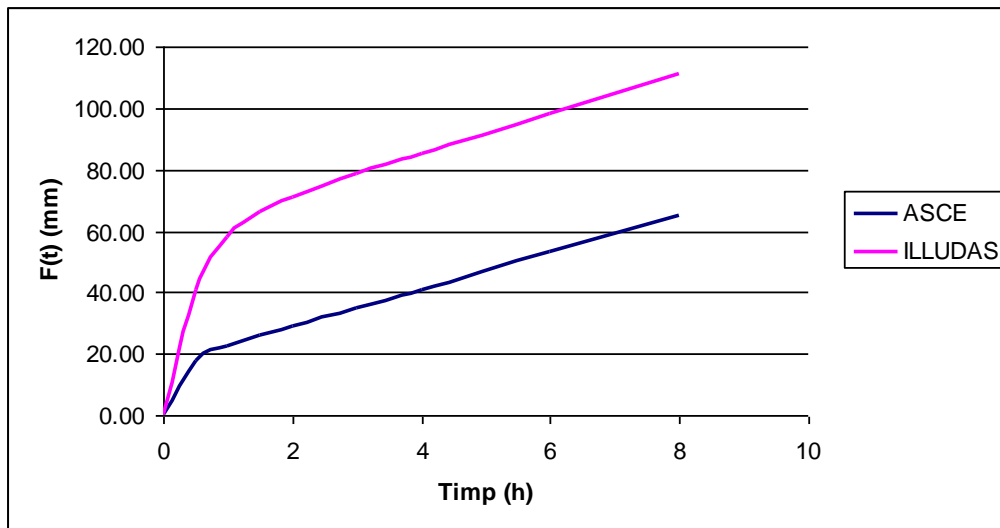


Fig. nr. 3.12 Infiltrația relativă cumulată în terenurile de pe halde

Analizând curba infiltrației potențiale se observă că aceasta este o curbă redusă conform metodei ASCE și corespunde terenurilor din grupele C și D conform metodei ILLUDAS. Infiltrarea apei este maximă în prima oră după începerea precipitației, după care scade tinzând asimptotic spre zero și corespunde cazului în care, în condiții de precipitații de lungă durată, se formează acumulări de apă pe suprafața haldelor. În ceea ce privește infiltrația relativă cumulată, aceasta crește brusc în prima oră după începerea fenomenului de precipitație și relativ lent în orele următoare. Procesul de infiltrare poate continua atâta vreme cât umiditatea superficială scade pe seama producerii fenomenului de evapotranspirație și a drenajului intern.

3.4.2.2 Metoda SINTACS

Potrivit acestei metode, pentru determinarea infiltrației eficace trebuie parcurse următoarele etape [B.9]:

- ✓ identificarea stațiilor meteorologice și hidrologice existente în zonă și în imediata apropiere;
- ✓ omogenizarea seriilor istorice de date termice și pluviometrice pentru perioade de cel puțin 20 de ani;
- ✓ calculul mediilor lunare și anuale ale datelor pluviometrice și termice pentru fiecare stație de măsurare;
- ✓ calculul temperaturilor medii multianuale corecte T_c în funcție de precipitații;
- ✓ calculul funcțiilor precipitației – cotă, respectiv temperatura corectată - cotă;
- ✓ calculul cotei medii q ;
- ✓ calculul precipitației medii P ;
- ✓ calculul evapotranspirației reale ER ;
- ✓ calculul precipitației eficace specifice Q ;
- ✓ identificarea coeficientului de infiltrare potențială χ , pe baza litologiei superficiale;
- ✓ calculul infiltrației eficace specifice.

Informațiile de bază necesare pentru evaluarea infiltrației eficace sunt reprezentate de seriile istorice hidrometrice și termice, pentru o perioadă de observație de cel puțin 20 de ani, referitoare la valorile medii lunare înregistrate în toate stațiile amplasate în interiorul și în apropierea zonei de studiu. Valorile medii lunare ale temperaturii se corectează în funcție de precipitații, întrucât rata de evapotranspirație, în aceleași condiții pedologice și climatice, depinde de rata de umiditate a solului și deci, în ultimă analiză, de precipitații. Ca urmare, în formula lui Turc (1954) temperatura medie a aerului se corectează în funcție de precipitații, pentru a ține seama de diferitele condiții higrometrice.

Formula propusă pentru corecția temperaturii este:

$$T_c = \frac{\sum P_i \cdot T_i}{\sum P_i} \quad (3.14)$$

unde T_c - temperatura corectată medie anuală;
 P_i - precipitația medie lunară înregistrată;
 T_i - temperatura medie lunară înregistrată.

În etapa următoare se evaluează valoarea precipitației medii anuale și a temperaturii corectate medii anuale, prin aplicarea corelațiilor determinate.

Aceste valori sunt utilizate pentru calculul precipitației eficace, adică acea fracțiune a precipitației care atinge efectiv solul. Pentru calcularea acestei mărimi trebuie determinată mai întâi evapotranspirația reală ER folosind formula lui Turc.

$$ER = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}} \quad (3.15)$$

unde: ER - evapotranspirația reală (mm/an);
P - precipitația totală medie anuală (mm/an);
L – capacitatea evaporantă a atmosferei.

$$L = 300 + 25 \cdot T_c + 0,05 \cdot T_c^2 \quad (3.16)$$

Cunoscând valoarea lui ER, precipitația eficace Q, se obține simplu:

$$Q = P - ER \text{ (mm/an)} \quad (3.17)$$

Pentru calculul infiltrației, metodologia SINTACS propune două căi de abordare diferite, pentru cazul unui sol impermeabil sau cu permeabilitate redusă și pentru terenuri permeabile.

În primul caz infiltrația se obține înmulțind precipitația eficace cu valoarea adecvată a coeficientului de infiltrație χ , pentru tipul de rocă existent:

$$I = Q \cdot \chi \text{ (mm/an)} \quad (3.18)$$

În cazul unui teren foarte permeabil, se utilizează valoarea totală a lui P (fără să se scadă evapotranspirația), care se înmulțește cu un coeficient de infiltrație χ (tabelul nr. 3.13) ales în funcție de textură:

$$I = P \cdot \chi \text{ (mm/an)} \quad (3.19)$$

Tab. nr. 3.13 Tipuri de terenuri și valorile coeficientului de infiltrație

Tip de sol (IPLA)	Coeficient de infiltrație χ
Argilos	0,03
Amestec	0,10
Predominant argilos	0,05
Predominant prăfos	0,10
Predominant prăfos argilos	0,07
Predominant nisipos	0,30
Predominant nisipos argilos	0,25
Nisipos	0,40

Utilizând metoda SINTACS pentru evaluarea infiltrației efective în corpul haldelor de la EMC Motru, ținând seama de seria de date pluviometrice pentru 21 de ani și de caracteristicile

materialelor depozitate (în special de ponderea diferitelor tipuri de roci), au fost obținute datele prezentate în tabelul nr. 3.14.

Se menționează că pentru coeficientul de infiltrație s-a luat în calcul valoarea de 0,4 deoarece, deși materialul din haldă este predominant nisipos argilos, gradul ridicat de afânare din partea superioară a haldei (unde se află material proaspăt depozitat) reprezintă o condiție favorabilă pentru producerea infiltrării apei provenite din precipitații [A.24].

Tab. nr. 3.14 Infiltrația efectivă a precipitațiilor în halde

	Anul					
	2000	2002	2003	2004	2005	2006
P	333,40	798,10	780,50	1007,30	1121,90	871,90
T _c	12,04	15,10	10,99	13,32	12,66	12,76
L	688,27	849,56	640,99	751,26	717,88	722,76
ER	312,99	597,78	505,64	613,28	613,66	568,13
Q	20,41	200,32	274,86	394,02	508,24	303,77
I	8,16	80,13	109,94	157,61	203,30	121,51

Din datele prezentate în tabel se desprind următoarele concluzii:

- ✓ spre deosebire de mecanismul hortonian, care se referă la infiltrația potențială, prin metoda SINTACS se urmărește determinarea infiltrației efective, raportată la perioada unui an de observație;
- ✓ capacitatea evaporantă a atmosferei în regiunea de amplasare a haldelor de steril ale carierei Roșița este relativ ridicată, ceea ce înseamnă că o mare parte din apa provenită din precipitații se evaporă (în cazul anilor luați în studiu, precipitația eficace specifică, adică acea parte din precipitație care atinge efectiv terenul, reprezintă mai puțin de jumătate din precipitația totală);
- ✓ valoarea medie a infiltrației efective este foarte redusă în anii secetoși (cum este cazul anului 2000) și poate atinge a 5-a parte din precipitația medie anuală în cazul anilor foarte ploioși (cazul anului 2005).

Referitor la regimul hidrometeorologic sunt de făcut următoarele aprecieri:

- ✓ cantitățile maxime de precipitații căzute în 24 de ore pot depăși uneori apreciabil cantitățile medii lunare. Din analizele statistice rezultă că în zona studiată, cel puțin odată la 10 ani precipitațiile căzute în 24 de ore pot atinge 76 - 105 mm; o dată la 20 de ani, cantitățile maxime de precipitații căzute în 24 de ore pot fi cuprinse între 87 - 124 mm; o dată la 50 de ani între 102 - 160 mm, iar odată la 100 de ani acestea pot însuma 115 - 190 mm;
- ✓ având în vedere permeabilitatea redusă a materialului depozitat în haldele de steril aparținând E.M. Roșița, în majoritatea cazurilor de precipitații intense se produce o infiltrație cu acumulare, iar depunerea sterilului peste apa acumulată la suprafața treptelor conduce la creșterea presiunii apei în corpul haldelor;
- ✓ infiltrația potențială s-a determinat pe baza mecanismului hortonian, utilizându-se în acest scop metodele ASCE și ILLUDAS. Metoda ASCE pune în evidență faptul că infiltrația potențială în terenurile haldelor de steril are loc după o curbă redusă, ca urmare a permeabilității reduse a materialului depozitat, iar pentru cazul unei precipitații de 8 ore, infiltrația potențială scade de la 76 mm/h la începutul precipitației la cca. 6 mm după o oră și jumătate, menținându-se apoi la această valoare. Metoda ILLUDAS conduce la valori mai mari ale infiltrației potențiale în terenurile de pe halde, respectiv 125 mm/h la începutul precipitației și 6,5 mm/h la finalul acesteia;
- ✓ infiltrația relativă cumulată determinată cu aceleași metode crește în intervalul de 8 ore de la 0 la 64,91 mm (ASCE), respectiv 0 - 111,25 mm (ILLUDAS). Fenomenul de infiltrare a apei în halde continuă și după încetarea precipitațiilor, datorită drenajului intern care are loc ca urmare a gradului ridicat de afânare a materialului.

Referitor la modul de acumulare a apelor în halde sunt de făcut următoarele precizări:

- ✓ acumularea apelor se face în baza infiltrațiilor din precipitații și din izvoare;
- ✓ infiltrarea apelor este favorizată de starea de afânare a rocilor haldate și de intensitatea și durata precipitațiilor;

- ✓ fenomenele de umflare a rocilor argiloase reduc într-o oarecare măsură coeficientul de infiltrație, dar în aceeași măsură conduc la schimbarea caracteristicilor de consistență și rezistență ale rocilor;
- ✓ capacitatea de cedare a apei de către rocile haldate saturate este redusă, iar absența exfiltrațiilor pe taluzuri, chiar în condițiile unui nivel superior al apelor indică slaba permeabilitate a rocilor și lipsa posibilităților de formare a curenților acviferi.

Continuarea cercetărilor prin unele experimentări „in situ” poate contribui la o mai bună cunoaștere a modului de acumulare a apelor în halde și a regimului hidrodinamic al acestora.

3.5 Studii privind nivelul apelor subterane din haldele de steril ale carierei Roșiua

De-a lungul timpului, haldele de steril ale carierei Roșiua au fost afectate de numeroase fenomene de instabilitate, iar printre cauzele acestora se numără condițiile geotehnice, forma și natura terenului de bază, natura și caracteristicile rocilor din fundamentul direct și din haldă, tehnologia de haldare, executarea parțială a lucrărilor cu caracter hidrotehnic și de drenare a apelor de pe versanții dealurilor și de pe firul văilor și, nu în ultimul rând, prezența apei în structura materialului haldat.

Din cercetările efectuate pe teren, a rezultat concluzia că sursa principală de proveniență a apei în corpul haldelor de steril o reprezintă în special precipitațiile, dar și infiltrațiile de pe și din versanți văilor în care sunt construite haldele (paragraful 3.4).

3.5.1 Regimul hidrogeologic al apei din corpul haldelor

Infiltrarea apelor în halde a fost și este favorizată de structura granulometrică, gradul mare de afânare și slaba consolidare a rocilor haldate, de existența zonelor de stagnare a apelor și de absența lucrărilor de asigurare a unor pante uniforme de scurgerea acestora.

Acviferitatea rocilor din halde se apreciază prin intermediul coeficientului de infiltrație și prin coeficientul de filtrare, numit și coeficientul de permeabilitate Darcy. Coeficientul de infiltrație se referă la circulația descendentă a apei ca urmare a infiltrărilor de suprafață. Infiltrarea apei se realizează prin spațiile intergranulare ale rocilor haldate în măsura satisfacerii capacității de reținere a apei de către rocile din zona nesaturată, până la întâlnirea nivelului hidrostatic, după care apa infiltrată contribuie la creșterea nivelului hidrostatic.

Infiltrația este influențată de gravitație, porozitatea rocilor, temperatură, vâscozitatea și conținutul de săruri dizolvate, valoarea ei fiind dependentă de existența sau absența legăturii hidraulice cu eventualele zone acvifere care îi pot modifica caracterul.

Datorită infiltrării apei, ca urmare a precipitațiilor sau eventual a unor curenți acviferi subterani datorăți prezenței infiltrațiilor din versanți, în toate haldele exterioare ale carierei Roșiua se constată prezența apelor subterane care saturează rocile uneori până la adâncimi reduse, de aproximativ 1 - 8 m, și chiar mai mici. Au fost constatate fluctuații accentuate ale nivelului hidrostatic în corpul haldelor, în funcție de aportul de apă provenit din precipitații și/sau din infiltrații sau în funcție de posibilitățile de drenare a acesteia.

Coeficientul de filtrare, care definește circulația apelor subterane sub acțiunea unui gradient hidraulic unitar, printr-un mediu poros saturat cu apă, depinde atât de caracteristicile scheletului mineral al rocii cât și de caracteristicile apei care circulă prin porii lui. Principalii factori care influențează mărimea coeficientului de filtrare sunt: porozitatea și caracteristicile geometrice ale porilor, natura mineralogică a pământurilor, greutatea specifică a apei, mărimea gradientului hidraulic, vâscozitatea dinamică a apei și eventuala stratificație a rocilor.

Pentru caracterizarea permeabilității rocilor, coeficientul de filtrare se determină pe baza unor relații de calcul sau prin cercetări de laborator și în teren.

Determinarea coeficientului de filtrare, în laborator s-a făcut cu ajutorul permeometrului cu gradient variabil, având în vedere natura argilooasă a rocilor haldate. Valorile obținute, în urma determinărilor de laborator, s-au situat între $2,4 \cdot 10^{-5}$ și $1,045 \cdot 10^{-2}$ cm/s pentru rocile din halda Valea Rogoazelor și $4,18 \cdot 10^{-6}$ și $3,25 \cdot 10^{-4}$ cm/s pentru cele din halda Știucani [A.20].

Întrucât prezența apelor subterane în halde este influențată și de capacitățile de înmagazinare și cedare a apei de către rocile haldate, s-au studiat și aceste caracteristici, iar rezultatele determinărilor de laborator sunt redate în tabelul nr.3.15.

Tab. nr.3.15 Caracteristici hidrice ale rocilor haldate

Tipul rocii haldate	Halda	Porozitate totală n [%]	Indicele porilor ϵ	Umiditatea naturală W [%]	Cantitatea de apă	
					absorbită k_w [%]	cedată k_c [%]
Argilă prăfoasă	Rogoaze	43,14-45,70	0,75-0,84	26,4-27,7	62,65-76,70	17,6-18,75
Praf argilos	Rogoaze	42-44,65	0,68-0,80	25,8-27,64	70,2-78,30	18,60-21,35
Argilă prăfoasă	Știucani	44,8-47,38	0,72-0,89	28,5-32,8	55,5-63,20	17,80-20,05
Argilă nisipoasă	Știucani	48,20-50,23	0,8-0,94	32,3-38,9	54,34-57,20	22,4-26,00
Nisip argilos	Știucani	44,80-53,25	0,81-0,96	30,16-41,28	53,90-69,32	24,28-32,30

Pentru rocile nisipoase s-a înregistrat un coeficient al capacității de înmagazinare de cca. 53 - 69%, iar pentru rocile argiloase de 55 - 78%. Ponderea apei cedate pentru rocile nisipoase este de cca. 24 - 32%, iar pentru rocile argiloase de cca. 17 - 20% din volumul total de apă înmagazinată. Asupra valorilor menționate, există unele incertitudini legate de nereflectarea în cazul determinărilor de laborator a gradului de compactare al rocilor din halde.

Valorile obținute confirmă faptul că amestecul de roci din haldele exterioare ale carierei Roșița cedează greu apă și într-o cantitate redusă. În consecință se apreciază că drenarea gravitațională a apei înmagazinate în haldă prin intermediul forajelor de asecare va fi ineficientă, ca urmare a timpului îndelungat de asecare, razelor mici de influență și debitelor foarte reduse. Debitul redus a fost confirmat și prin pompările experimentale efectuate după executarea unor foraje (0,7 - 1,4 m³/zi și foraj).

3.5.2 Evoluția nivelului hidrostatic din halde

Pentru urmărirea nivelului hidrostatic al apelor subterane din halde, între anii 2002 - 2007 în haldele exterioare ale carierei Roșița s-au executat foraje de hidroobservație tubate cu coloane filtrante și anume: 16 foraje în Valea Rogoazelor, 10 foraje în halda Știucani și 14 foraje în halda Bujorăscu Mic. În timp, o parte dintre acestea au fost distruse ca urmare a alunecărilor sau au fost acoperite prin haldare ca urmare a neprelungirii coloanelor filtrante ale acestora. În tabelul nr. 3.16 este prezentată situația nivelului hidrostatic determinată în unele foraje executate în cele trei halde [A.20].

Tab. nr.3.16 Situația nivelului piezometric în forajele de hidroobservație

Locație(haldă)	Rogoaze			Bujorăscu Mic				Știucani				
Nr. foraj	HO.9	HO.13	HO.15*	HO.3	HO.5	HO.7	HO.13	HO.3*	HO.4**	HO.6**	HO.7**	
Adâncime foraj (m)	69,5		56,0	45,0	68,0	67,0	61,0	60,50	58,80	58,00	64,00	
Cotă foraj (teren)	311,28	348,85	3312,26	297,00	320,00	337,00	335,3	321,0	322,00	310,00	319,00	
Lungime coloană aeriană (m)	1,0	1,0	0,80	0,70	0,80	0,70	1,30	0,80	1,20	0,90	0,90	
Adâncimea nivelului hidrostatic/Cota nivelului piezometric	28.06.2007	7,60/ 304,68	20,20/ 329,65	0,40/ 331,66	18,50/ 279,20	-	-	-	0,0/ 321,80	2,00/ 321,20	2,16/ 308,75	3,00/ 316,90
	23.07.2007	7,90/ 304,38	20,60/ 329,25	0,45/ 331,71	17,80/ 279,90	11,75/ 309,05	5,60/ 332,10	1,95/ 334,65	0,0/ 321,80	1,85/ 321,35	2,30/ 308,60	3,70/ 316,20
	22.08.2007	7,70/ 304,58	20,50/ 329,35	0,30/ 331,56	17,65/ 280,05	11,60/ 309,20	5,50/ 332,20	1,85/ 334,75	0,0/ 321,80	1,60/ 321,60	2,20/ 308,70	3,50/ 316,40
	07.11.2007	2,90/ 309,38	-	-	7,40/ 290,30	11,61/ 309,19	5,70/ 332,0	-	-	-	-	-
	03.03.2008	2,50/ 309,78	15,20/ 334,65	0,65/ 331,91	12,10/ 285,60	12,34/ 308,46	-	14,08/ 321,92	0,16/ 321,64	1,20/ 322,00**	1,15/ 309,75	0,90/ 318,97
	03.04.2008	2,69/ 309,59	16,05/ 333,80	0,68/ 331,38	12,25/ 285,45	9,10/ 311,70	2,07/ 335,63	-	0,14/ 321,66	1,20/ 322,00**	1,41/ 309,49	1,20/ 318,70

* foraje cu nivelul apei deasupra cotei terenului.

** foraje cu nivelul apei la cota terenului

Din analiza datelor rezultate în urma măsurărilor, se desprind următoarele aspecte:

- ✓ Nivelul apelor subterane este variabil în cele trei halde, cel mai ridicat fiind în halda Știucani și cel mai scăzut în halda Bujorăscu Mic, apreciindu-se că rocile haldate în Știucani au un caracter argilos mai pronunțat și o capacitate mai mare de reținere a apei. Această apreciere se corelează și cu rezultatele cercetărilor geotehnice asupra rocilor haldate.
- ✓ Pentru aceeași haldă se constată variații ale nivelului hidrostatic nu numai între foraje amplasate la cote diferite ci și pentru foraje amplasate la aceeași cotă, ceea ce reflectă permeabilități și capacități diferite de reținere a apei de către rocile haldate. Ele sunt dependente de neomogenitatea rocilor haldate, neomogenitate care se manifestă atât în plan vertical cât și pe suprafața treptelor de haldă, dar și de eventuala prezență a apelor acumulate în perioada de depunere a rocilor haldate. Neomogenitatea rocilor haldate a fost evidențiată în timpul execuției unor foraje geotehnice și a forajelor de hidroobservație. Se constată variații ale nivelului hidrostatic în funcție de prezența precipitațiilor. În perioadele cu precipitații (lunile noiembrie 2007 și începutul lunii martie 2008) se constată creșteri ale nivelului hidrostatic de până la cca. 5 m – forajele HO.9 și HO.10 – halda Valea Rogoazelor și chiar până la 10 m – forajul HO.3 – halda Bujorăscu Mic, în funcție de condițiile locale, ceea ce are influență defavorabilă asupra stabilității prin creșterea presiunii apei din porii rocilor haldate, înrăutățirea caracteristicilor de rezistență ale rocilor, modificarea stării de consistență și reducerea capacității portante a rocilor.
- ✓ Prezența apei în unele foraje la nivelul cotei terenului sau în apropierea acesteia – forajele HO.4; HO.6 și HO.7 din Știucani, HO.12 – Bujorăscu Mic și chiar deasupra terenului forajele HO.1; HO.3 Știucani și HO.14; HO.15 din Valea Rogoazelor, indică prezența unor zone cu ape ascensionale, rezultat al unor condiții hidrogeologice și morfologice locale și în nici un caz al existenței unor curenți acviferi în halde. Un caz particular îl prezintă forajele HO.5 și HO.7 din halda Bujorăscu Mic, în care creșterea nivelului piezometric în perioada 03 - 10 aprilie 2008 s-a produs sub influența suprasarcinilor create prin haldarea rocilor în treapta 340 - 355 m. Creșterea presiunii exterioare conduce la apariția unei presiuni suplimentare în apa din pori, care pe de o parte condiționează fenomenele de circulație a apei din roci, iar pe de altă parte influențează efectiv eforturile care acționează asupra structurii rocilor și deci asupra deformațiilor acestora. Manifestarea acestui fenomen induce ipoteza că și în cazul altor foraje cu nivel ascensional este posibil ca sarcinile litologice să fie cauza ridicării nivelului apei în foraje.
- ✓ Existența unor zone mlăștinoase pe halda Știucani și Valea Rogoazelor este legată de existența unor zone denivelate în care se acumulează apa în timpul precipitațiilor, de prezența unui nivel piezometric ridicat și de slaba permeabilitate a rocilor care nu permit drenarea/circulația apelor subterane.
- ✓ Permeabilitatea redusă a rocilor și lipsa curenților subterani este reflectată și de diferențele de nivel ale apei subterane între foraje învecinate. Se menționează forajele HO.14 și HO.15 și respectiv HO.9 din halda Valea Rogoazelor, între care se înregistrează cote ale N.H. de cca. 21 - 22 m pentru distanțe de 350 - 400 m ($I = 0,055 - 0,06$) forajele HO.7 și HO.5, respectiv HO.13 și HO.5, din halda Bujorăscu Mic, cu diferențe de N.H. de 24 și respectiv 25 m pentru distanțe de 165 m și 150 m și gradienti hidraulici $I = 0,145 - 0,166$ sau forajele din Știucani HO.4 sau HO.3 și forajul HO.6 unde sunt diferențe de nivel de 12 - 12,5 m pentru intervale de 365 și respectiv 225 m, cu gradienti hidraulici de 0,03 și 0,053, fără ca apa să apară la suprafața terenului sub formă de exfiltrații.
- ✓ Toate constatările evidențiate conduc la concluzia că, nu se poate vorbi despre un anumit regim al apelor subterane din haldă, iar pentru aprecierea cât mai corectă a regimului hidrogeologic al apei din corpul haldelor se impune continuarea cercetărilor prin intermediul unor noi foraje de hidroobservație a căror amplasare să respecte o anumită geometrie, în funcție de rezultatele și concluziile obținute în baza acestora.
- ✓ Necesitatea forajelor de hidroobservație este impusă și de cunoașterea evoluției N.H. în haldă, în scopul orientării lucrărilor de haldare în zonele cu nivel redus, pentru că odată cu reducerea N.H. se reduce presiunea apei din pori, iar presiunea exterioară exercitată de materialul haldat este preluată de scheletul mineral prin ariile de contact ale particulelor minerale sau ale fragmentelor de roci. În acest mod microstructura sistemului se modifică în timp, apa din pori se va disipa treptat, iar între granule se vor stabili forțe de legături

suficiente pentru a echilibra componentele de forfecare datorate sarcinilor exterioare, ceea ce corespunde consolidării rocilor.

Pe baza observațiilor asupra forajelor de hidroobservație și a cercetărilor efectuate sunt de consemnat următoarele:

- ✓ Prezența apelor subterane se semnalează în toate haldele de steril ale carierei Roșiuța, cu un plus pentru halda Știucani unde cotele N.H. sunt mai mari;
- ✓ Repartizarea apelor în halde este neuniformă, constatându-se zone cu N.H. mai ridicat și zone cu nivel mai scăzut. Existența acestor zone este legată de structura și natura materialului haldat și de condițiile de haldare (precipitații, acumulări de ape în zone denivelate).
- ✓ Variația N.H. este dependentă de regimul precipitațiilor, constatându-se reduceri în perioadele cu regim redus de precipitații și creșteri de nivel în perioadele cu precipitații intense, ceea ce este normal și indubitabil.
- ✓ Creșterea N.H. se datorează și suprasarcinilor cauzate de depuneri. Sub influența acestora are loc creșterea presiunii apei din pori și tasarea rocilor, ceea ce conduce la creșterea N.H. și la migrarea apei spre zonele mai favorabile filtrării.
- ✓ Cunoașterea N.H. din halde este absolut necesară pentru stăpânirea fenomenelor miniere negative și orientarea lucrărilor de haldare. În acest sens, se impune executarea de foraje de hidroobservație pe treptele de haldă care să fie prelungite odată cu înălțarea acestora. Referitor la amplasarea forajelor se apreciază că o rețea de 200 m x 100 m este adecvată în condițiile stadiului actual de cunoaștere a regimului apelor subterane.

Combaterea infiltrării apelor în halde este posibilă numai prin lucrări de nivelare și compactare a rocilor și printr-o gospodărire bună a apelor de suprafață (drenuri de colectare și dirijare). În acest sens, se propune dotarea liniilor tehnologice cu utilaje de nivelare și compactare a rocilor. Prin lucrările de nivelare și compactare a rocilor se va reduce atât infiltrația apei în halde cât mai ales prezența apei libere, care conduce la formarea de structuri hidrogeologice zonale și la manifestarea presiunii apei din pori.

CAPITOLUL 4

MODELE ȘI METODOLOGII DE RECONSTRUCȚIE ECOLOGICĂ A TERENURILOR

Intervenția principală de eliminare a impactului generat de industria minieră este cea de reabilitare a suprafețelor afectate la sfârșitul exploatării, și constă în stabilirea ansamblului de măsuri necesare amenajării zonei, pentru o destinație de reutilizare compatibilă cu mediul înconjurător.

4.1. Considerații generale

În prezent, atât în carierele abandonate, cât și în cele active, se înregistrează intervenții de accelerare a procesului natural de recuperare a terenurilor degradate, care pot începe în mod spontan în momentul încetării activității, dar care durează un timp îndelungat, iar rezultatele sunt, de regulă, incerte. Tehnicile de intervenție în aceste zone puternic antropizate, cu rol de accelerare a recuperării și reutilizării terenului, variază substanțial, în funcție de diferiți factori, figura nr. 4.1 [A.1].



Fig. nr. 4.1 Factori de influență a tehnicilor de recuperare a terenurilor degradate

Criteriul de bază în orice intervenție de reabilitare ecologică, deci și în cea ce privește activitatea minieră, este acela legat de obținerea unei diversități biologice și morfologice maxime, iar în final, de încadrare optimă în contextul teritorial. În acest scop, este oportună proiectarea restaurării peisajului astfel încât să se obțină o morfologie a teritoriului cât mai apropiată de cea naturală, eliminând formele geometrice, care se identifică fără echivoc cu o acțiune antropică.

Tehnicile de intervenție sunt multiple și se diferențiază în funcție de tipologia și zona pe care se efectuează lucrările de reabilitare, dar adesea se recomandă încercări experimentale pe suprafețe mici, în scopul evidențierii eventualelor factori care influențează succesul recuperării.

Referitor la alegerea speciilor vegetale, aceasta se bazează, pe de o parte, pe studiul vegetației prezente în zonă, iar pe de altă parte, trebuie să se țină cont de caracteristicile fizice, chimice și biologice ale substratului fertil și de speciile mai precoce, robuste și rezistente, adecvate dezvoltării în condiții extreme. Este posibil să se prevadă o succesiune gradată de substituție, naturală sau artificială, începând de la speciile pionier, spre a reconstitui, în final, asociațiile vegetale prezente în zonă înainte de începerea activității extractive.

O reabilitare corectă a zonelor afectate de activitatea extractivă în carieră trebuie să răspundă unei finalități clare (zonă naturalistică, zonă recreativă, zonă industrială etc.) și, în cazul în care obiectivele nu sunt compatibile între ele, este necesar să se aleagă altele clare și bine motivate.

În ultimul timp, se vorbește din ce în ce mai mult despre reutilizarea multiplă a zonelor afectate de industria minieră, ceea ce se datorează, în special, creșterii densității populației și a activităților economice. Utilizarea multiplă presupune suprapunerea diferitelor utilizări și funcțiuni ale terenului, atâta vreme cât acestea, nu numai că nu se incomodează reciproc, ci chiar se completează. Mai ales atunci când în zonă există goluri remanente, care pot fi umplute cu apă, apar mai multe posibilități de combinare a utilizărilor.

Golurile remanente ale fostelor cariere se pot umple cu apă, preluând astfel diferite funcțiuni, de la cele industriale până la cele de agrement, sau pot fi utilizate în scopul depozitării reziduale industriale sau a deșeurilor menajere. Astfel pot fi identificate mai multe direcții de reamenajare a golurilor remanente, conform figurii nr. 4.2 [A.1], [A.26].



Fig. nr. 4.2 Direcții de reutilizare a golurilor remanente

Alegerea combinațiilor posibile a diferitelor tipuri de reutilizări se poate realiza rapid cu ajutorul matricii din tabelul 4.1 [A.33].

Tab. nr. 4.1 Combinații posibile ale tipurilor de reutilizări

Suprafețe de teren Suprafețe de apă	Rezervații naturale	Recultivare agricolă	Recultivare silvică	Înierbare	Agrement și sport	Construcții
Lacuri de peisaj	3	2	3	2	1	0
Pescuit	2	3	3	3	1	1
Gospodărirea apelor	2	2	3	2	1	1
Sport nautic și agrement	1	2	2	2	3	1
Piscicultură	0	2	2	1	0	0

3 foarte bine
2 bine

1 limitat
0 exclus

4.2 Abordarea globală a procesului de reabilitare ecologică a terenurilor

Procesul decizional privind dezvoltarea unei regiuni miniere după încetarea activității de exploatare, reprezintă o provocare pentru toți factorii decizionali implicați, sub aspectul planificării și utilizării suprafețelor, planificării peisajului sau planificării ecologice, ceea ce înseamnă, totodată, și o deosebită responsabilitate. O astfel de decizie trebuie să țină seama de o serie întreagă de exigențe, care se referă, pe de o parte, la caracteristicile ecologice care definesc regiunea, iar pe de altă parte, la structura și exigențele sociale și culturale ale populației respective.

Printre numeroasele motive care susțin necesitatea de reabilitare a terenurilor afectate de activitățile miniere se numără [A.1], [A.9]:

- ✓ eliminarea riscului de alunecare a formelor de relief pozitive, apărute într-un teritoriu prin depozitarea diferitelor tipuri de reziduuri rezultate în urma activităților industriale (cum sunt, spre exemplu, haldele de steril, haldele de zgură, depozitele de deșeuri industriale sau menajere);
- ✓ eliminarea impactului vizual negativ al zonelor cu aspect selenar (de tipul celor caracteristice exploatărilor miniere în carieră);
- ✓ necesitatea reintegrării suprafețelor degradate în circuitul productiv și/sau ecologic al regiunilor în care acestea se găsesc, fapt care conduce la regenerarea potențialului economic al acestora și la crearea premizelor de dezvoltare durabilă;
- ✓ îmbunătățirea calității mediului înconjurător;
- ✓ reducerea pantelor și, odată cu aceasta, diminuarea intensității fenomenelor de eroziune și accelerarea procesului de instalare a vegetației.

În toate cazurile de remodelare a terenurilor degradate de orice fel de activitate antropică, trebuie pornit de la tipul de utilizare care a determinat degradarea și avută în vedere noua utilizare a acestora. Există o relație fundamentală între forma și morfologia terenului și tipul de reutilizare, care poate fi decisivă la alegerea noii utilizări. În cazul în care nu se decide de la început funcțiunea finală pe care o va primi suprafața de teren în cauză, atunci remodelarea trebuie executată în așa fel încât să lase loc posibilităților multiple de reutilizare. Ideal ar fi, însă, ca remodelarea terenului să se realizeze în funcție de tipul de reutilizare, pentru a se putea proiecta cu rigurozitate exact acele măsuri care se impun pentru o anumită situație.

Principalele obiective ale lucrărilor de remodelare a unui peisaj industrial sunt:

- ✓ stabilirea posibilităților de reutilizare a materialelor și instalațiilor;
- ✓ remodelarea terenurilor prin nivelare cu sau fără materiale aduse din altă parte;
- ✓ umplerea golurilor remanente cu material steril sau cu apă;
- ✓ decontaminarea terenurilor;
- ✓ crearea de depozite de deșeuri provenite din alte zone.

Abordarea globală a reabilitării ecologice pentru o zonă extinsă este necesară deoarece, potrivit principiului de globalitate și intercauzalitate, teritoriul este un organism viu, mare și complex, ale cărui caractere biologice și forme perceptibile sunt rezultatul suprapunerii dinamice a multiple componente naturale și culturale, ale căror raporturi sunt ajustate și calibrate în timp, trăind cadența unei vieți autonome și capabil să se autosustină [B.11].

Orice peisaj este, de asemenea, unic și ireproductibil, fiind rezultatul fizic și cultural al suprapunerii în timp a nenumărate componente de origine diferită (naturală sau culturală), ale căror acțiuni produc întotdeauna situații originale.

Pentru astfel de regiuni, planificarea și gestionarea trebuie să se raporteze la un design unic, capabil să ia în considerare interiorul peisajului, fără să excludă nici una din componentele sau din porțiunile sale. Una dintre cauzele planificării eronate a peisajului se referă la considerarea terenului pe subdiviziuni ale sale sau la lăsarea unor porțiuni de teritoriu în afara planificării.

Pentru a crea condițiile necesare reabilitării ecologice, atât haldele de steril, cât și golurile remanente rezultate în urma exploatării în carieră a substanțelor minerale utile, trebuie supuse unor lucrări de amenajare, care se referă, în principal la nivelare, ameliorare și acoperire cu sol vegetal. Scopul principal al lucrărilor de amenajare este acela de a elimina pericolul producerii unor accidente tehnice (de tipul alunecărilor), de a modela terenul astfel încât acesta să corespundă tipului de reutilizare ales și de a restabili echilibrul hidrogeologic în regiune.

În figura nr. 4.3 sunt prezentate sintetic măsurile necesare în condițiile câtorva tipuri de reutilizare a terenurilor (recultivare silvică, agricolă, înierbare, umplerea cu apă a golurilor remanente ale carierelor) [A.1].

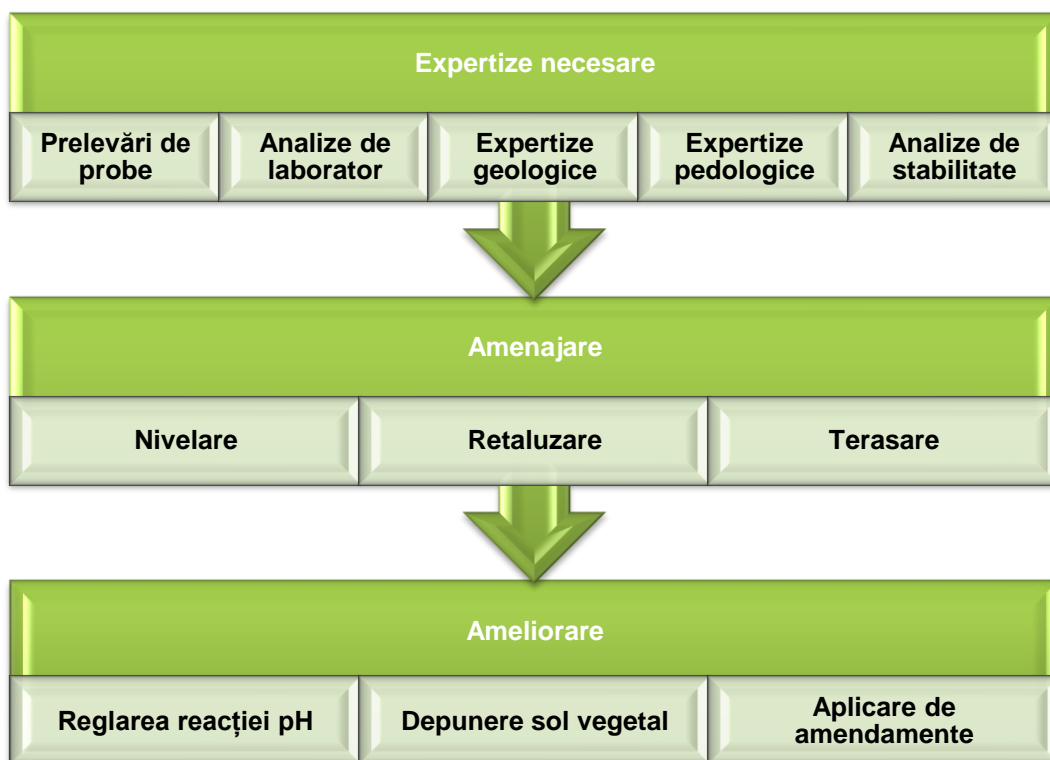


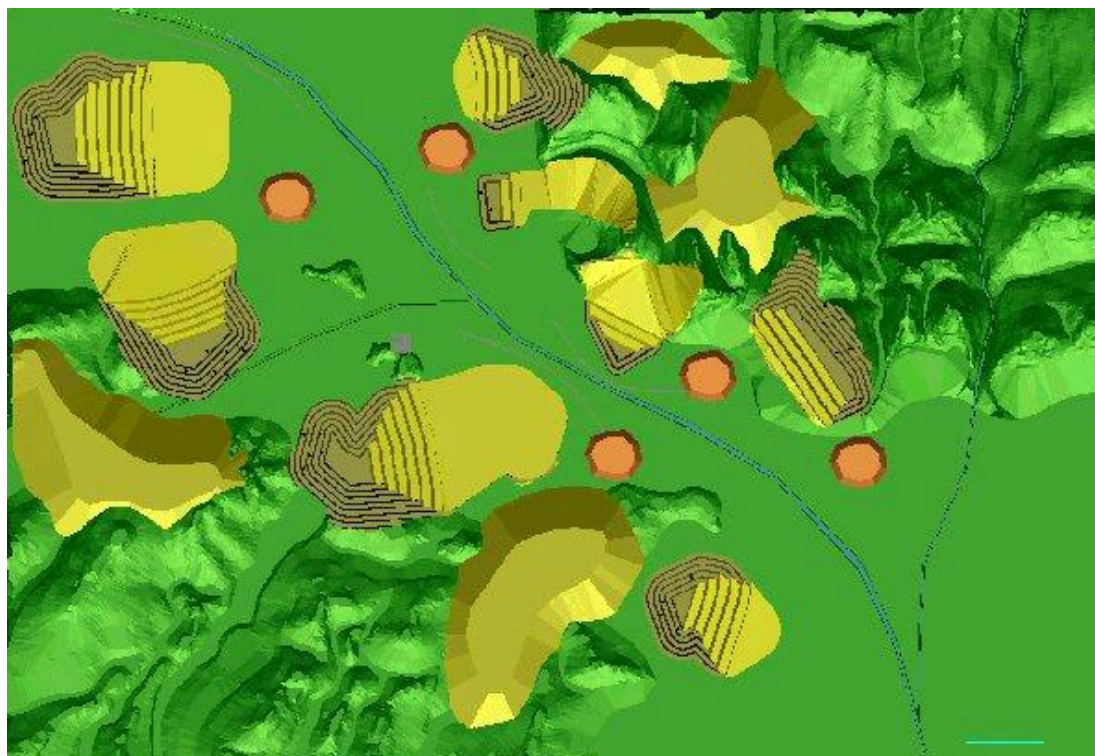
Fig. nr. 4.3 Măsurile de amenajare a terenurilor

4.3 Modelarea reconstrucției ecologice a unei zone miniere

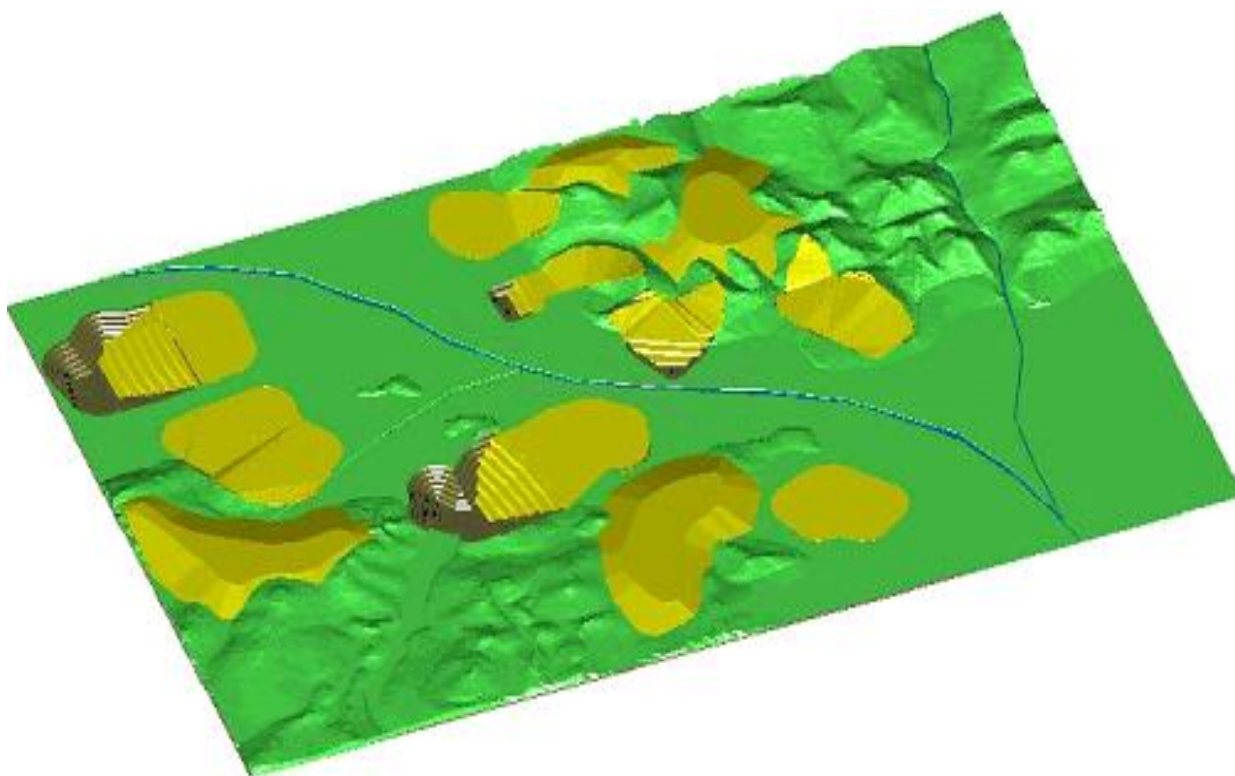
Pentru recuperarea și reutilizarea terenurilor degradate de activitatea minieră, există o serie întreagă de variante, iar alegerea uneia sau alteia dintre reutilizările posibile depinde atât de condițiile geologice și tehnico-economice, cât și de interesele publice.

4.3.1 Elaborarea modelului

În studiul de caz elaborat, situația la un anumit moment de timp se prezintă după cum urmează: într-un bazin minier în care se exploatează cărbune, funcționează 8 cariere, amplasate fie numai în zona de luncă a unui râu, fie parțial în zonă de luncă și parțial în zonă colinară. Cele 8 cariere sunt deservite de 4 halde de steril exterioare, iar 7 cariere au atins cota finală a vetrei și au început construirea haldelor interioare. Solul vegetal care a fost extras selectiv înaintea începerii activității de exploatare, respectiv de haldare, a fost depus în 5 depozite, amplasate în imediata apropiere a carierelor și a haldelor, în vederea utilizării în procesul de amenajare și revegetare a terenurilor (figura nr. 4.4) [A.33].

**Fig. nr. 4.4 Faza I**

Două dintre cele 8 cariere își epuizează rezervele peste 3 ani, iar alte două vor fi închise peste 8 ani. Celelalte 4 cariere rămân în activitate încă 18, respectiv 30 ani. Golurile remanente ale primelor 4 cariere închise vor fi utilizate pentru depunerea sterilului rezultat din celelalte 4 cariere active, măsură prin care se evită, pe de o parte, ocuparea unor suprafețe suplimentare de teren pentru construirea altor halde exterioare și, pe de altă parte, se elimină apariția în zonă a unor forme de relief negative, care ar conduce la fragmentarea peisajului (figura nr. 4.5).

**Fig. nr. 4.5 Faza a II-a**

Haldele exterioare, construite în majoritate în zona colinară, vor fi recultivate silvic, în scopul integrării lor armonioase în peisajul înconjurător, prevăzându-se și suprafețe de rezervații naturale. Suprafețele haldelor interioare se vor amenaja conform necesităților impuse de recultivarea agricolă, utilizare impusă atât de condițiile naturale propice, dar și de necesitățile locuitorilor din zonă.

Golurile remanente ale ultimelor 4 cariere care vor ieși din funcțiune vor fi umplute cu apă. Umplerea se va realiza artificial, cu apă preluată din râurile care străbat zona și dirijată înspre golurile remanente prin sisteme de conducte și canale, la care se va adăuga și apa provenită din precipitații și apa infiltrată din formațiunile acvifere. Conform matricii de combinare a utilizărilor prezentată anterior, lacurile astfel formate vor putea fi utilizate eficient pentru pescuit și gospodărirea apelor (asigurarea necesarului de apă pentru irigarea noilor culturi în perioadele secetoase) sau, dacă este necesar, unele dintre ele pot fi amenajate pentru agrement sau sporturi nautice (figura nr. 4.6).

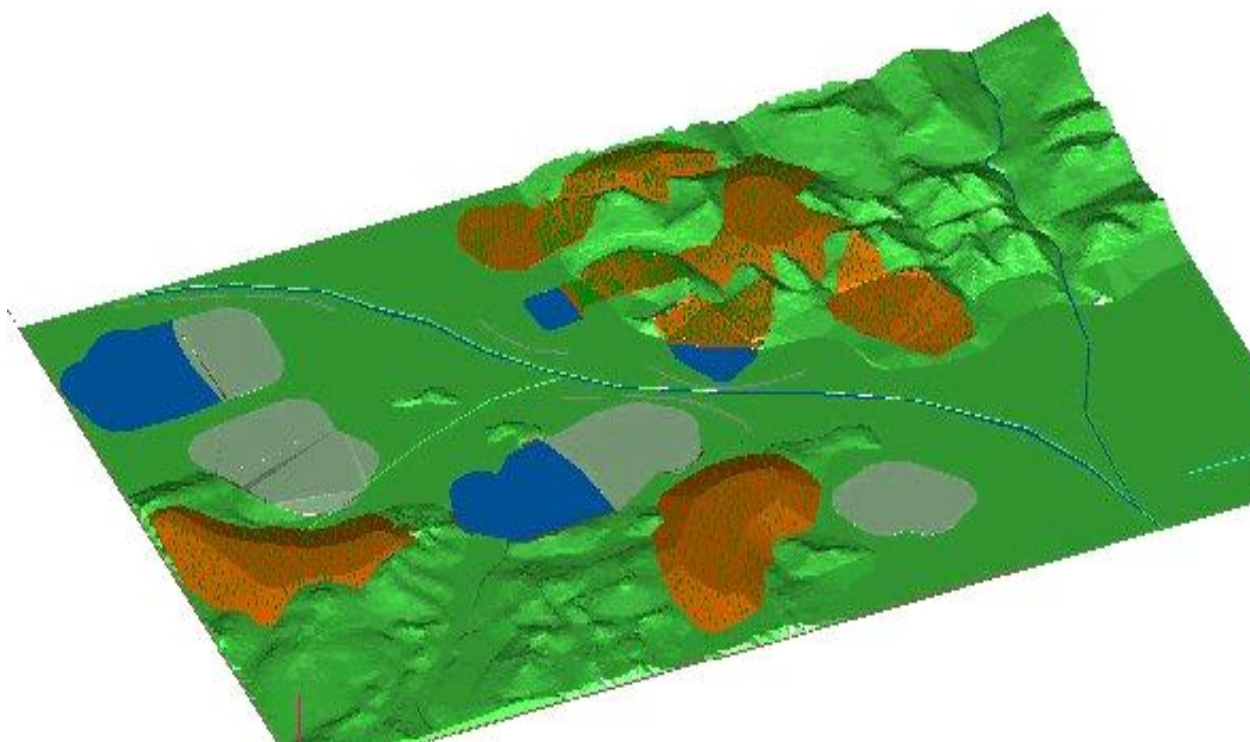


Fig. nr. 4.6 Faza a III-a

Prelucrarea datelor inițiale și reprezentările grafice pentru procesul de reabilitare ecologică au fost realizate cu ajutorul unui modul al programului MineSight, program care a fost conceput de către firma Mintec Inc. Tucson, Arizona pentru proiectare minieră.

4.3.2 Aplicarea modelului pentru bazinul minier Rovinari

Bazinul minier Rovinari conține zăcămintele de lignit situate în lungul văii râului Jiu. Zăcămintele din acest sector, sunt situate predominant în zona de luncă a râului Jiu și a râului Tismana, fiind exploatează în cea mai mare parte în cariere. Aproape jumătate din rezervele de lignit exploatabile ale bazinului carbonifer din nord vestul Olteniei aparțin bazinului minier Rovinari.

Pornind de la modelul virtual prezentat anterior, s-a ales pentru studiul de caz bazinul minier Rovinari, deoarece este regiunea cea mai afectată de activitatea de exploatare a lignitului în carieră. În bazinul minier Rovinari au funcționat de-a lungul timpului 11 cariere, din care, în momentul efectuării studiului erau active 6 [A.16]. În decursul anului 2015, pe fondul procesului de restructurare a activității miniere din Oltenia, a fost luată decizia închiderii carierei Peșteana Sud, rămânând în funcțiune carierele Roșia de Jiu, Pinoasa, Tismana I + II, Rovinari (cu perimetrele Rovinari Est și Gârla) și Peșteana Sud (figura nr. 4.7).



Fig. nr. 4.7 Amplasarea carierelor de lignit din bazinul minier Rovinari

Ca urmare a activității miniere, au fost scoase din circuitul agricol, silvic sau natural suprafețe mari de teren (1.3.1), care au fost parțial sau total degradate. Conform legislației din România, unitățile miniere au obligația de a suporta costurile reabilitării din punct de vedere ecologic a terenurilor luate în folosință, astfel încât, de-a lungul timpului, o parte din aceste suprafețe au fost recultivate. Activitatea de recultivare a fost realizată secvențial, pe măsură ce suprafețele de teren erau eliberate de sarcini tehnologice, fără să existe planuri sau proiecte de reabilitare, care să țină seama de structura terenului și peisajul rămas la încetarea totală a activității miniere din zonă.

În urma analizării condițiilor naturale caracteristice, a factorilor climatici și microclimatici ce caracterizează zona, precum și a ordinii de încetare a activității carierelor, au fost stabilite trei variante posibile de reutilizare a suprafețelor afectate de activitatea minieră, care sunt prezentate în tabelul nr. 4.2 [A.35].

Tabel nr. 4.2 Variante de reabilitare ecologică a bazinului minier Rovinari

Cariera	Rovinari Est (încetare activitate în 2024)	Tismana I+II (încetare activitate în 2023-2024)	Pinoasa (încetare activitate în 2027)	Roșia de Jiu (încetare activitate în 2026)	Peșteana Nord (încetare activitate în 2024)	Peșteana Sud (încetare activitate în 2015)
Tip reutilizare						
Varianta 1	Amenajarea unui parc dendrologic	Recultivare agricolă	Umplerea golului remanent cu apă	Recultivare agricolă	Umplerea golului remanent cu apă	Recultivare silvică și agricolă
Varianta 2	Amenajarea ca zonă de agrement	Amenajare pentru practicarea sporturilor cu motor	Depozit de deșeuri menajere	Recultivare silvică	Recultivare silvică	Depozit de sol fertil, recuperat din Peșteana Nord și Roșia
Varianta 3	Amenajarea unui muzeu al mineritului	Recultivare silvică și amenajare piscicolă	Recultivare silvică	Umplerea golului remanent cu apă	Haldă exterioară pentru cariera Roșia	Recultivare pomicolă și viticolă

La stabilirea destinației finale a suprafețelor de teren după reabilitare, respectiv varianta 3, au fost luate în considerare următoarele argumente:

- ✓ necesitatea integrării noilor suprafețe în peisajul înconjurător;
- ✓ exigențele fizice ale populației rezidente privind reîmproprietărirea;
- ✓ morfologia terenurilor și expoziția taluzurilor carierelor și haldelor de steril;
- ✓ caracteristicile pedologice ale solurilor;
- ✓ resursele de apă disponibile și necesitatea refacerii nivelului apelor subterane;
- ✓ costurile intervențiilor necesare;
- ✓ exigențele culturale ale populației din zonă.

Conceptul de reconstrucție ecologică a zonelor afectate de activitatea minieră din bazinul Rovinari vine în întâmpinarea următoarelor obiective ale strategiei naționale de reconstrucție a zonelor miniere, prin prisma conceptului de durabilitate:

- ✓ redarea în circuitul economic a unor suprafețe cât mai mari de terenuri ocupate;
- ✓ reconstrucția morfologică și peisagistică a suprafețelor de teren;
- ✓ amenajarea de lacuri în golurile remanente;
- ✓ dezvoltarea de activități comunitare care să utilizeze activele devenite disponibile la unitățile miniere care se închid;
- ✓ angajarea membrilor comunității în activitățile de refacere și reconstrucție a mediului;
- ✓ plata tuturor despăgubirilor în legătură cu folosința terenurilor.

Ca urmare, se poate considera că aceste propuneri conduc atât la diminuarea pericolelor de poluare a factorilor de mediu din zona analizată cât și la refacerea factorilor de mediu la un nivel cât mai apropiat celui anterior desfășurării activităților miniere, în contextul dezvoltării durabile.

4.4 Umplerea cu apă a golurilor remanente – studiu de caz cariera Urdari

Perimetrul de exploatare al carierei Urdari este situat în zona sudică a bazinului carbonifer Rovinari, pe teritoriul comunei Urdari, județul Gorj, la 40 km sud de municipiul Tg. Jiu, respectiv la 15 km vest de orașul Țicleni, în zona colinară din vestul râului Jiu.

Pentru evidențierea condițiilor climatice ale zonei au fost analizate și interpretate valorile parametrilor meteorologici, prelevate de la stațiile meteorologice cele mai apropiate, respectiv Tg. Jiu și Apa Neagră. Din mediile lunare ale temperaturii aerului la cele două stații meteorologice din arealul studiat se constată că cea mai rece lună a anului este ianuarie (temperaturile medii fiind de $-2,5^{\circ}\text{C}$ la ambele stații meteorologice). Cea mai caldă lună este iulie (valori medii cuprinse între $20,6^{\circ}\text{C}$ - $21,4^{\circ}\text{C}$). De remarcat este faptul că temperaturile medii ale lunii decembrie sunt pozitive, iar temperaturile medii anuale oscilează între $9,7^{\circ}\text{C}$ și $10,6^{\circ}\text{C}$. În general cele mai mari cantități lunare de precipitații se consemnează în lunile de la sfârșitul primăverii ori începutul verii (mai și iunie) sau toamna, în octombrie, iar media multianuală de precipitații este de $762,81 \text{ l/m}^2$.

Vegetația predominantă din zona carierei Urdari este cea specifică zonei colinare a Olteniei și cuprinde păduri de foioase, speciile caracteristice fiind fagul (*Fagus silvatica*), gorunul (*Quercus petraea*, *Quercus dalechampii*, *Quercus polycarpa*), stejarul penduculat (*Quercus robur*), cerul (*Quercus cerris*) și gârniță (*Quercus frainetto*).

Zonele de pădure alternează cu pajiști și terenuri agricole. Culturile reprezentative din zonă sunt cele de porumb, graminee, cartofi etc. Pe suprafețe restrânse se întâlnesc livezi de pomi fructiferi și plantații de viță de vie.

Dintre variantele de reutilizare posibile ale golurilor remanente se optează pentru varianta reabilitării naturalistice, care presupune formarea unui lac natural care să se încadreze în peisajul zonei. Pentru realizarea acestui scop, este necesară îndeplinirea următoarelor obiective: ridicarea nivelului apei de la cota $+157,3 \text{ m}$ la $+162 \text{ m}$, remodelarea carierei prin stabilizarea taluzurilor, acoperirea cu sol vegetal a bermelor de exploatare și plantarea de vegetație specifică ecosistemului.

Deoarece cariera este înconjurată de pădure s-a optat pentru recultivarea silvică a malurilor viitorului lac, care este mai puțin costisitoare și cu rezultate benefice. Specia care a fost aleasă pentru revegetare este salcâmul, întrucât este o specie caracteristică zonei în care este amplasat golul remanent.

4.4.1 Situația actuală a golului remanent al carierei Urdari

Golul remanent este amplasat în perimetrul de exploatare al carierei Urdari (figurile nr. 4.8 și 4.9) în zona sudică a bazinului carbonifer Rovinari. Golul remanent ocupă circa 14 ha și este amplasat între cotele de vatră +145 - +152 m. Acesta are o lungime de 950 m, o lățime de 220 m, iar adâncimea este cuprinsă între 13 – 16 m [A.26].



Fig. nr. 4.8 Cariera Urdari
(imagine satelitară)

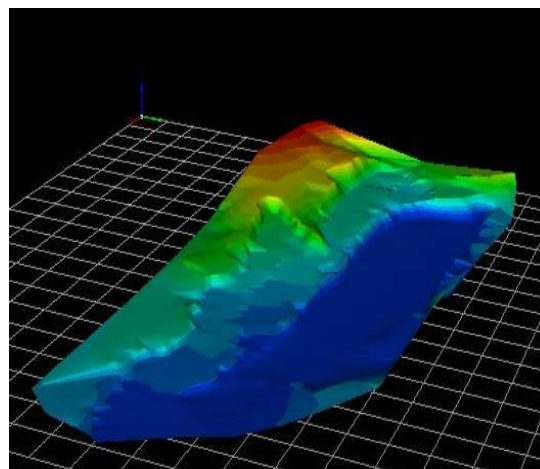


Fig. nr. 4.9 Cariera Urdari
(vedere dinspre partea estică)

Din analiza situației existente în teren, principalele categorii de deformații sunt reprezentate de eroziuni și alunecări superficiale și/sau de profunzime pe taluzurile finale ale carierei.

Eroziunile sunt prezente sub forma ravinărilor și eroziunilor propriu-zise. Ravinările apar pe taluzurile din partea vestică și sud vestică fiind cauzate de lipsa lucrărilor de captare și dirijare a apelor de șiroire. Alunecările superficiale sunt prezente pe taluzul inferior din partea sudică, iar cele de profunzime au fost constatate în cazul treptei a II-a a cărei înălțime este de 40 m și unghiul de taluz depășește 50°.

Asigurarea stabilității taluzurilor marginale reprezintă una dintre problemele majore pentru reabilitarea golului remanent. Analiza de stabilitate a taluzurilor golului remanent aparținând carierei Urdari a fost efectuată folosind soft-ul specializat de geotehnică Slope. Valorile folosite în analiza de stabilitate pentru greutatea volumetrică, coeziune și unghiul de frecare interioară sunt prezentate în tabelul nr. 4.3.

Tab. nr. 4.3 Caracteristici fizico-mecanice utilizate în analiza de stabilitate

Tip rocă	Greutate volumetrică γ_{nat} (kN/m ³)	Coeziune c, (kN/m ²)	Unghi de frecare interioară ϕ (grade)
Amestec de roci din taluzurile carierei	18,98	19,80	17,00

Ținând seama de configurația geometrică a taluzurilor carierei și de natura rocilor, s-a efectuat analiza de stabilitate considerând că alunecarea se produce cel mai probabil după suprafețe cu contur cilindrico-circular. În scopul determinării rezervei de stabilitate a taluzurilor, s-a reprodus geometria taluzurilor cu ajutorul soft-ului menționat, fiind calculat factorul de stabilitate pentru fiecare taluz luat în considerare. Se menționează că analizele de stabilitate nu au ținut seama de presiunea apei din pori, deoarece rocile din taluzurile definitive au o permeabilitate relativ ridicată, iar apa se drenează gravitațional suficient de rapid. După umplerea cu apă a golului remanent până la cota proiectată, presiunea generată de lac pe taluzuri conduce la creșterea efortului unitar normal și, implicit, la creșterea forței de frecare pe suprafața de alunecare.

Analiza de stabilitate a fost efectuată utilizând 3 dintre cele mai cunoscute metode de calcul, și anume metodele lui Fellenius, Bishop respectiv Janbu, și a avut drept obiect taluzuri cu înălțimi cuprinse între 20,21 m și 40 m și unghiuri de taluz cuprinse între 43° și 53°, situate pe laturile sudice și vestice.

Au fost analizate trei secțiuni (două transversale și una longitudinală), realizate pe planul inițial de situație, respectiv taluzurile superioare și inferioare.

Rezultatele acestor analize de stabilitate au pus în evidență faptul că pentru una din secțiunile transversale, valorile factorului de stabilitate sunt subunitare (0,66 respectiv 0,86 după Fellenius), adică atât taluzul superior cât și cel inferior sunt instabile [A.26].

Pentru celelalte secțiuni analizate, factorul de stabilitate prezintă valori supraunitare, valori care se situează chiar peste valoarea de 1,3 (după Janbu), recomandată de Prescripțiile tehnice privind proiectarea, realizarea și conservarea taluzurilor definitive ale carierelor [B.56].

În figurile nr. 4.10 și 4.11 sunt prezentate profilele analizate și suprafețele critice de alunecare (pentru care s-au obținut valori subunitare ale factorului de stabilitate după Fellenius), pentru taluzurile inferioare și superioare, pentru una din secțiunile transversale.

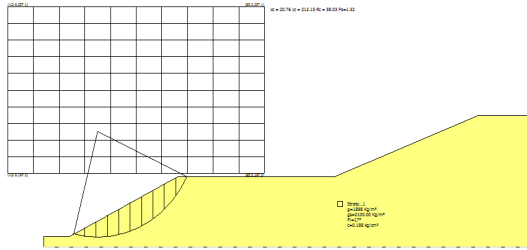


Fig. nr. 4.10. Secțiune transversală, taluz inferior

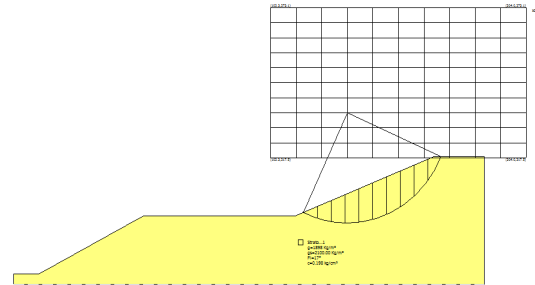


Fig. 4.11 Secțiune transversală, taluz superior

În scopul evitării alunecării taluzurilor generale ale golului remanent în timpul și după umplerea cu apă, se impune executarea unor lucrări de remodelare ale acestora, al căror rol este acela de asigurare a unei rezerve de stabilitate corespunzătoare.

4.4.2 Proiectarea lucrărilor de amenajare a golului remanent

Retaluzarea treptelor (figura nr. 4.12) în vederea creșterii rezervei de stabilitate și asigurării condițiilor necesare pentru tipul de reamenajare ales, respectiv recuperare naturalistică, va fi efectuată prin ambele metode cunoscute, respectiv de sus în jos și de jos în sus [A.1].

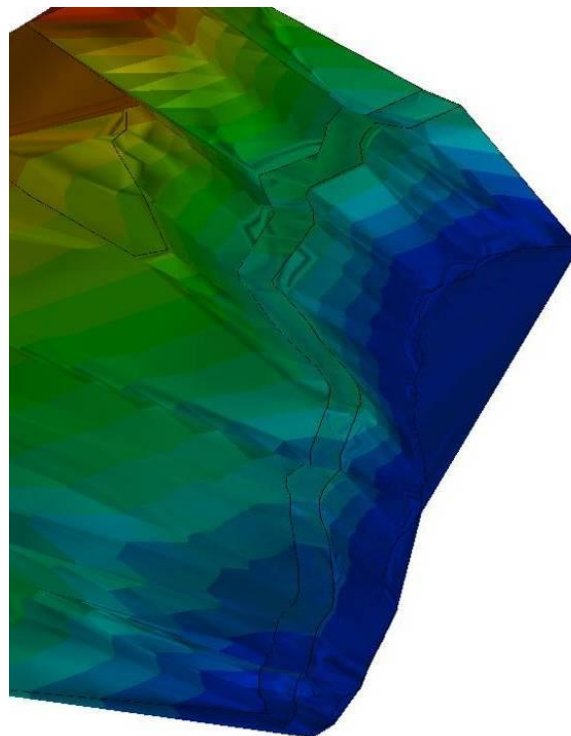


Fig. nr. 4.12. Retaluzarea și terasarea laturii sudice (vedere dinspre latura estică)

În cazul carierei Urdari se va folosi retaluzarea de sus în jos pentru regeometrizarea taluzului superior și retaluzarea de jos în sus pentru cel inferior aflat la contactul cu luciul de apă existent, deoarece presupune excavarea și deplasarea materialului din partea inferioară a taluzului spre partea superioară.

Retaluzarea se impune cu precădere pentru taluzurile sudice din secțiunea transversală pentru care valorile factorului de stabilitate sunt subunitare. După realizarea lucrărilor de retaluzare a fost efectuată o nouă analiză de stabilitate (figura nr. 4.13) pentru taluzul general astfel format.

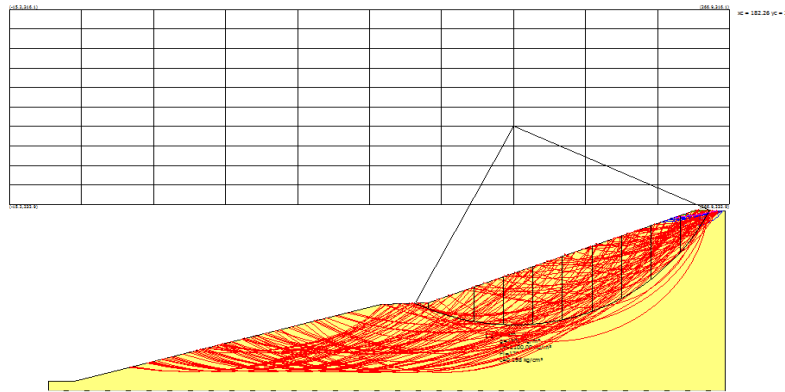


Fig. nr. 4.13 Secțiune transversală taluz general după retaluzare

Valorile factorului de stabilitate obținute după realizarea lucrărilor de retaluzare indică o creștere considerabilă a valorii acestuia, de la valori subunitare la o valoare de 1,37 (după Janbu). Această valoare se situează peste cea de 1,3 recomandată de normativele în vigoare, ceea ce înseamnă asigurarea unei rezerve suficiente de stabilitate care să permită continuarea în siguranță a lucrărilor de reamenajare.

Lucrările de retaluzare presupun vehicularea unor volume importante de material pentru realizarea geometriei proiectate a taluzurilor (volum de material rezultat din lucrări de rambleiere și debleiere).

Volumul total de material ce urmează a fi vehiculat pentru realizarea lucrărilor proiectate de retaluzare este de 417.593,47 m³ (figurile nr. 4.14 și 4.15) din care 40.281,42 m³ de rambleu în jumătatea dreaptă a părții sudice a carierei. Din totalul 417.593,47 m³, pentru retaluzarea taluzului din partea superioară, adică a unui volum (V₁) de 278.396 m³, se vor folosi buldozere, iar pentru restul de 139.197,47 m³ (V₂) se vor folosi excavatoare. Retaluzarea cu ajutorul buldozerelor se va face de sus în jos iar excavatoarele vor fi folosite pentru remodelarea taluzului aflat la contactul cu apa, retaluzarea realizându-se de jos în sus [A.26].

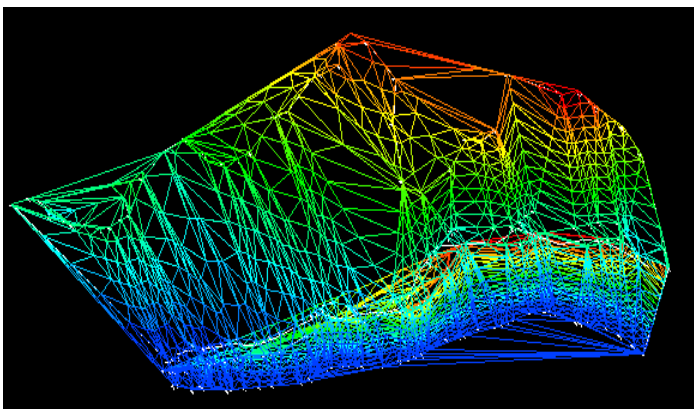


Fig. nr. 4.14 Prisme generate pentru calculul volumului de retaluzare

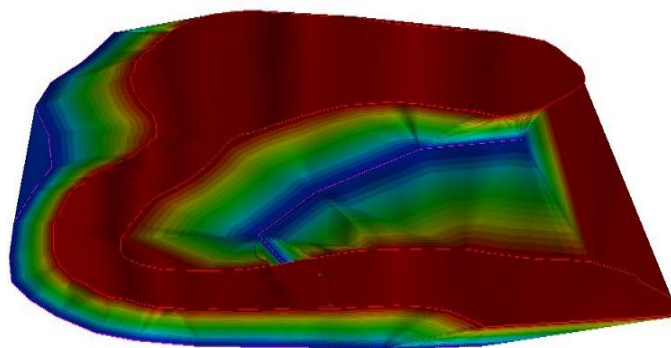
Raport calcul volum

Nr. total prisme: 3571

Volum	(+)	=	+417593.47mc
S. plană	(+)	=	102647.76mp
S. inclin.	(+)	=	103431.32mp
Volum	(-)	=	-40281.42mc
S. plană	(-)	=	1426.13mp
S. inclin.	(-)	=	1678.14mp

Fig. nr. 4.15 Volumul total de retaluzare

Deoarece varianta de reutilizare aleasă presupune creșterea nivelului apei din lacul format în golul remanent de la cota actuală +157,3 m la cota +162 m este necesară supraînălțarea malului de pe latura estică. Ca urmare, a fost efectuat calculul volumului necesar pentru construirea digului de supraînălțare a malului estic de la cota actuală +164 m la cota +170 m. Din aceste calcule a rezultat un volum necesar de material de 381.453,27 m³ (figura nr. 4.16).



Raport calcul volum

Nr. total prisme: 4402	
Volum (+)	= +381453.27mc
S. plană (+)	= 83903.04mp
S. înclin. (+)	= 85264.32mp
Volum (-)	= -0.00mc
S. plană (-)	= 814.98mp
S. înclin. (-)	= 814.98mp

Fig. nr. 4.16 Calculul volumului de material din digul de supraînălțare

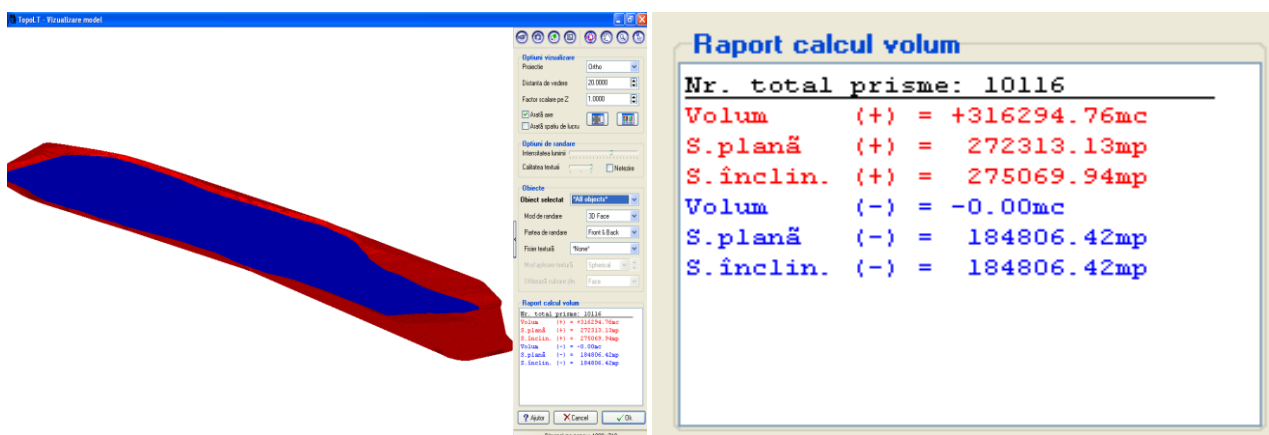
Corelând cele două volume, cel de retaluzare și cel necesar construcției digului de supraînălțare, se poate observa că scăzând din volumul total de retaluzare volumul de rambleu, volumul de material ce rămâne ca debleu este sensibil egal cu cel necesar construcției digului. Restul de material, adică 4.141,22 m³ va fi adus de pe treapta superioară a haldei interioare (latura nordică).

Acest aspect poate fi privit ca un avantaj în lucrările de proiectare a reamenajării terenurilor degradate prin prisma faptului că nu este necesar transportul de material pe distanțe lungi, fie pentru a construi anumite elemente proiectate fie pentru a fi depozitat (în cazul în care rezultă un surplus de material) eliminând astfel și problema ocupării unor noi suprafețe de teren.

4.4.3 Umplerea cu apă a golului remanent

Umplerea cu apă a golului remanent vizează creșterea nivelului lacului existent în carieră de la cota actuală +157,3 m la o cotă proiectată de +162 m. Pentru a asigura condițiile necesare de realizare a acestui lac s-a propus și construirea digului de supraînălțare în zona estică, care conduce la ridicarea cotei terenului de la +164 la +170 m.

Deoarece în vecinătatea carierei nu există nici un curs de apă permanent, iar costurile pentru realizarea unei aducțiuni sunt foarte ridicate, pentru asigurarea volumului de apă necesar pentru creșterea nivelului apei până la cota +162 m, respectiv 316.294,76 m³ (figura nr. 4.17), s-a ales varianta de umplere pe cale naturală (prin aportul de apă din precipitații și din infiltrații) [A.26].



Raport calcul volum

Nr. total prisme: 10116	
Volum (+)	= +316294.76mc
S. plană (+)	= 272313.13mp
S. înclin. (+)	= 275069.94mp
Volum (-)	= -0.00mc
S. plană (-)	= 184806.42mp
S. înclin. (-)	= 184806.42mp

Fig. nr. 4.17 Volumul de apă necesar pentru creșterea nivelului lacului la cota proiectată (+162 m)

În acest scop a fost considerată ca suprafață de retenție doar suprafața noului lac format (cota +162 m) fără a fi luat în considerare aportul de apă din scurgerile superficiale de pe taluzurile înconjurătoare. De asemenea în calcule a fost luată în considerare evapotranspirația și infiltrarea.

Suprafața totală de retenție calculată este de aproximativ 140.000 m², ceea ce înseamnă că pentru o cantitate medie anuală de precipitații eficace de 377 mm este nevoie de circa 6 ani pentru atingerea nivelului proiectat al apei, prin umplere pe cale naturală.

Conform analizelor, privind calitatea apei, aceasta se încadrează în categoria a II-a de calitate, fiind propice pentru instalarea florei și faunei caracteristice etajului bioclimatic.

Pentru calculul volumelor de retaluzare, al volumului digului în partea estică și al volumului de apă necesar creșterii nivelului apei din lac până la cota proiectată a fost folosit softul specializat TopoLT. Lucrările proiectate și configurația zonei studiate pot fi observate pe planul de situație din figura nr. 4.18 [A.26].

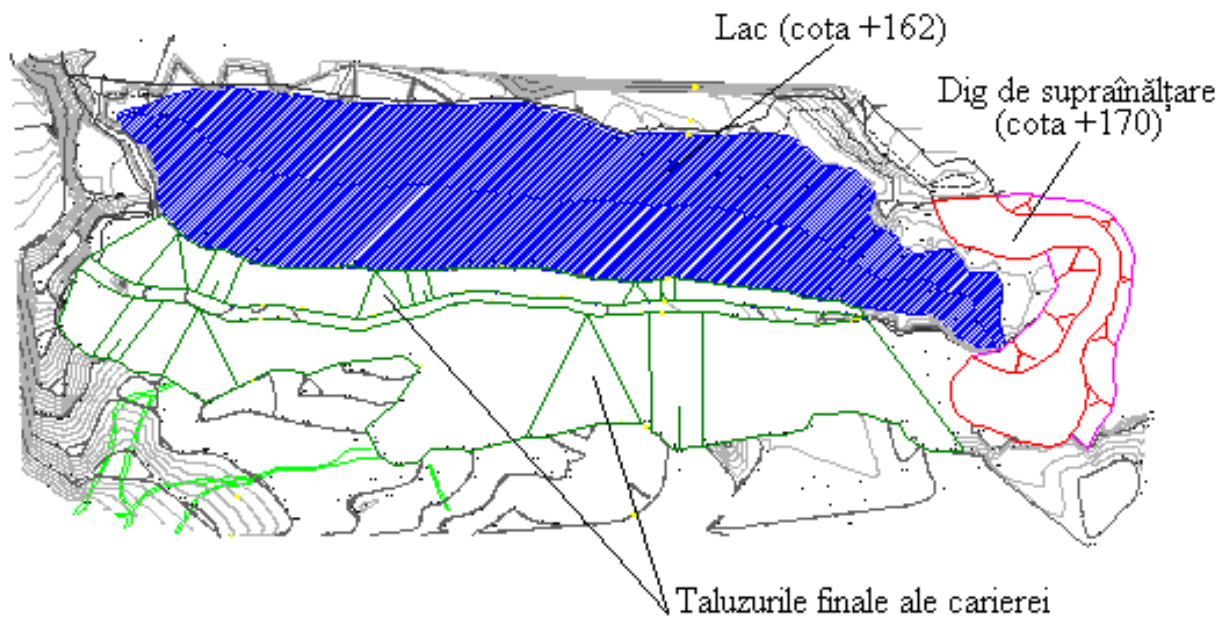


Fig. nr. 4.18 Plan de situație al carierei Urdari după reamenajare

Reconstrucția ecologică a zonelor afectate de minerit din Oltenia, dincolo de a fi o obligație ce rezidă din legislația actuală, este o necesitate, date fiind suprafețele mari de teren afectate în această zonă. Studiul de caz prezentat a luat în considerare o variantă avantajoasă de reamenajare și reabilitare a golului remanent al carierei Urdari din punct de vedere ecologic și economic, respectiv reintegrarea acesteia în cadrul natural înconjurător.

Astfel, prin remodelarea taluzurilor definitive ale carierei se asigură o rezervă de stabilitate conformă cu normativele în vigoare, iar prin construcția digului de supraînălțare se asigură condițiile necesare creșterii nivelului apei lacului format în golul remanent până la cota +162 m proiectată.

Proiectarea lucrărilor s-a făcut astfel încât surplusul de material (debleul) rezultat din retaluzare să fie utilizat integral pentru construcția digului de supraînălțare, evitându-se astfel ocuparea unor noi suprafețe de teren necesare depozitării acestui material, avându-se în vedere ca volumul suplimentar de material necesar construcției digului să fie minim, acest volum de material urmând să fie adus din halda interioară aflată în vecinătate (deci cu cheltuieli minime de transport).

Prin crearea unui lac cu funcțiune naturalistică în golul remanent, pe de o parte, este eliminat aproape în totalitate impactul generat de apariția unei forme de relief negative în zonă, iar pe de altă parte, se creează un habitat acvatic ce contribuie la îmbunătățirea biodiversității.

Popularea acestui lac cu specii locale de pește, caracteristice etajului bioclimatic, este în măsură să atragă specii de păsări acvatice, ceea ce contribuie la dezvoltarea unui nou ecosistem în zonă, superior calitativ celui existent la ora actuală. De asemenea, împădurirea zonelor adiacente va contribui la repopularea zonei cu specii faunistice caracteristice, asigurând în și mai mare măsură îmbunătățirea biodiversității.

Nu în ultimul rând, transformarea unei zone puternic afectată de minerit, caracterizată de forme antropice de relief (geometrizarea excesivă a taluzurilor carierei și haldei interioare), într-o zonă ce se integrează cu ușurință în cadrul natural înconjurător este în măsură să crească valoarea terenului, oferind multiple posibilități viitoare de utilizare a acestuia.

4.5 Stabilirea variantei optime de reconstrucție ecologică a terenurilor degradate

Reconstrucția și reabilitarea ecologică a terenurilor degradate de activități antropice trebuie realizată în concordanță cu obiectivele politice și economice ale unei țări și reprezintă procesul de îmbunătățire a terenurilor degradate pentru a reveni la capacitatea inițială sau pentru asigurarea utilizării ulterioare, precum și de îndepărtare, reducere sau neutralizare a substanțelor contaminante, care afectează sănătatea umană și/sau productivitatea și integritatea ecosistemelor. Întrucât alegerea tipului de reutilizare strict pe baza unor principii de planificare ecologică este în multe cazuri insuficientă, s-a considerat necesară elaborarea unei metodologii care să țină seama de mai mulți indicatori și parametri de care depinde succesul reabilitării [A.1].

4.5.1 Tipuri de reconstrucție ecologică și principii fundamentale de planificare ecologică

Este cunoscută o gamă extrem de largă de reutilizări ipotetice ale terenurilor degradate pentru a face față oricărei situații sau necesități, cel mai des aplicate fiind: *recuperarea naturalistică*, care urmărește refacerea cadenței naturale a peisajului degradat, incluzând și măsuri specifice de protecție a naturii; *recuperarea recreativă și pentru agrement*, asemănătoare recuperării naturalistice, care prevede în plus față de aceasta realizarea unor structuri specifice; *recuperarea productivă*, indicată pentru suprafețele care fac parte dintr-un teritoriu cu productivitate agricolă ridicată, în care se inserează suprafețele afectate, obținându-se astfel o soluție de continuitate, iar suprafețele afectate pot fi reamenajate și destinate culturilor agricole, plantațiilor silvice, viței de vie sau livezilor de pomi fructiferi; *alte tipuri de reutilizare* cum sunt construcția de clădiri rezidențiale, comerciale, hoteluri, construcției de instalații militare, piste de aterizare și cimitire, recuperate cultural sau recuperate pentru instalații productive și tehnologice .

Atunci când se are în vedere alegerea unei variante de reconstrucție ecologică a unui teren degradat trebuie avute în vedere cele șapte principii fundamentale de planificare ecologică care derivă, în esență, din studiile ce aparțin lui McHarg [B.37], motiv pentru care se utilizează mulți dintre termenii și definițiile care sunt derivate din experimentele americane și din verificarea lor succesivă în condițiile peisagistice europene: 1. *Principiul de globalitate sau intercauzalitate*; 2. *Principiul autonomiei ambientale*; 3. *Principiul dimensionării minime și reversibilității*; 4. *Principiul de economicitate*; 5. *Principiul de respectare a tradiției*; 6. *Principiul de transparență și democrație*; 7. *Principiul de respectare a exigențelor populației*. Adesea, ele se suprapun parțial și nu pot fi net delimitate, motiv pentru care unele definiții pot apărea ca fiind imperfecte și repetabile.

4.5.2 Metodologia propusă

Având în vedere cele prezentate anterior, a fost elaborată o metodologie de stabilire a variantei optime de reconstrucție ecologică a unui teren degradat, ce cuprinde în principiu patru etape (etapa a III-a este necesară doar pentru proiecte de reconstrucție ecologică de tipul naturalistic, recreațional sau productiv) [A.32].

➤ Etapa I

Prima etapă presupune o consultare inițială a populației din zonă și a factorilor de decizie privind modul de reutilizare terenului (proprietarul actual al terenului, administrație publică locală, județeană sau regională etc.). În fapt, această primă etapă are în vedere principiile de planificare ecologică 5, 6 și 7 și poate fi materializată sub forma unor dezbateri publice, în cadrul cărora pot fi analizate diverse tipuri (sau chiar diferite variante ale unui tip anume) de reconstrucție ecologică a terenului degradat în cauză.

În cadrul acestei etape, rolul principal trebuie să aparțină populației rezidente din zona de interes, factorii de decizie având mai degrabă rolul de a furniza informații cu privire la terenul în

cauză (strategiile și planurile de amenajare a teritoriului, cine este proprietarul, obligațiile acestuia, utilizarea inițială a terenului, suprafața ocupată etc.). Este necesară prezența unei persoane cu experiență în domeniul reconstrucției ecologice a terenurilor degradate, care să acționeze ca un moderator al discuțiilor, dar care să poată interveni în sensul eliminării propunerilor de reconstrucție nerealiste.

➤ Etapa a II-a

Atunci când sunt luate în calcul variantele posibile de reconstrucție ecologică a unui teren degradat trebuie pornit de la situația actuală din teren (din punct de vedere al climatului regiunii, al morfologiei terenului, al peisajului înconjurător etc.) și având în vedere finalitatea procesului, atât sub aspect ecologic, cât și economic. În cadrul acestei etape se urmărește transpunerea în procesul decizional al principiilor de planificare ecologică 1, 2, 3 și 4. În tabelul nr. 4.4 este prezentată o matrice A de selectare a opțiunilor pe baza primelor trei principii de planificare ecologică.

Tab. nr. 4.4 Matricea A de selectare a opțiunilor de reconstrucție ecologică

Indicador	Clima			C4 - Înclinarea terenului	C5 - Condiții de stabilitate	C6 - Accesibilitate	C7 - Prezența surselor permanente de apă	Alte riscuri			Punctaj total
	C1 - Temperatură	C2 - Precipitații	C3 - Regim eolian					C8 - Inundații	C9 - Incendii de vegetație	C10 - Seismicitate	
Tip de reconstrucție ecologică											
T1 - Naturalistic											
T2 - Recreatie și agrement											
T3 - Productiv agricol*											
T4 - Productiv silvic*											
T5 - Productiv pomicol*											
T6 - Productiv viticol*											
T7 - Alta**											
Importanța relativă a indicatorilor față de proiect											
	Importanță majoră – punctaj minim acceptat 2										
	Importanță medie – punctaj minim acceptat 1										
	Importanță mică (relativ neimportant) - se acceptă 0 puncte										

* se va preciza specia (speciile) propusă(e) (pot exista spre exemplu variantele T4 a, T4 b etc.);

** se va preciza tipul de reconstrucție

C1 - Temperatura este un indicator de importanță majoră pentru T3, T5 respectiv T6, deoarece neîncadrarea acesteia în condițiile de optim poate conduce la subdezvoltare, nerodire (nefructificare) sau nematurizarea recoltelor sau fructelor, acest indicator neputând fi compensat. Pentru T2 și T4 importanța este considerată ca fiind medie deoarece gradul de toleranță în ceea ce privește abaterile de la optim sunt considerabil mai mari.

C2 - Precipitațiile sunt considerate ca având importanță medie deoarece pentru T2 se consideră a fi un factor limitativ (pretabil pentru recreație și agrement în anumite perioade calendaristice), iar pentru T3, T5 și T6 se consideră că un deficit moderat de precipitații poate fi compensat prin lucrări de irigare. Pentru T4 importanța este considerată ca fiind medie deoarece gradul de toleranță în ceea ce privește abaterile de la optim precum și limitele de variație ale acestuia sunt considerabil mai mari.

C3 - Regimul eolian are importanță medie pentru T2 (factor de disconfort) și se consideră a fi un factor limitativ (pretabil pentru recreație și agrement în anumite perioade calendaristice).

C4 - Înclinarea terenului are importanță medie pentru T2 (deoarece presupune construcția unor structuri specifice). Pentru T4 și T6 importanța este dată de cerințele culturilor pomicole și viticole (terenuri cu pantă medie, preferabil terasate). Importanța majoră pentru T3 pe care o are înclinarea terenului rezidă din necesitatea asigurării cerințelor agriculturii mecanizate. Clasele de înclinare a terenului au fost stabilite pe baza literaturii de specialitate [A.1].

C5 - Stabilitatea fizică a haldelor este un indicator de maximă importanță pentru aproape toate tipurile de reamenajare (având în vedere că acestea presupun prezența omului și a unor utilaje și echipamente ce pot fi puse în pericol în cazul producerii unor alunecări de teren). El poate fi considerat de importanță medie în cazul T1 deoarece recuperarea naturalistică nu presupune prezența omului decât în faza propriu-zisă de execuție a lucrărilor, în cazul T4 deoarece reconstrucția silvică presupune și o îmbunătățire a condițiilor de stabilitate prin efectul de armare al rădăcinilor. Aprecierea stabilității terenurilor se face prin adaptarea normativelor în vigoare [B.62].

C6 - Accesibilitatea este un indicator de importanță maximă pentru T2 deoarece zonele de recreere și agrement sunt destinate populației, iar pentru T3, T5 și T6 deoarece vorbim despre reconstrucții de tip productiv ce presupun accesul lucrătorilor și utilajelor. Pentru T1 accesibilitatea prezintă importanță în faza de execuție a lucrărilor (limitată în timp), iar pentru T4 cu toate că este un tip de reconstrucție productivă aceasta este una pe termen mediu sau lung, și deci nu necesită acces permanent.

C7 - Prezența surselor permanente de apă este considerată de importanță maximă pentru T3, T5 și T6, și trebuie privită ca fiind în strânsă legătură cu precipitațiile. Adică, în cazul în care precipitațiile sunt în deficit față de nivelul optim (sau în perioade de secetă) pentru o anumită specie, este necesară o sursă permanentă de apă pentru a compensa deficitul prin irigații. Acest indicator poate fi privit ca important și pentru T4, însă doar în perioada de instalare a culturii.

C8 - Inundațiile sunt un indicator ce poate fi eliminatoriu pentru T2, iar pentru T3, T4, T5 și T6 ca indicator de importanță medie, putând fi compensat prin amenajare sistemelor de drenaj.

C9 - Incendiile de vegetație sunt un indicator ce poate fi considerat eliminatoriu pentru T2, iar pentru T3, T4, T5 și T6 ca indicator de importanță medie, putând fi compensat într-o anumită măsură (strâns legat de prezența surselor permanente de apă).

C10 - Seismicitatea poate fi considerată ca având importanță medie pentru T2 din cauza riscurilor pe care le implică pentru populație, iar valorile accelerației terenului sunt în concordanță cu ultimele prescripții tehnice în domeniu [B.55].

În cazul T1 indicatorii considerați a fi de importanță medie (pe perioada de execuție a lucrărilor de reconstrucție) sunt stabilitatea și accesibilitatea. Ceilalți indicatori nu pot fi considerați ca fiind limitativi sau eliminatorii, deoarece recuperarea naturalistică implică, în general, folosirea speciilor caracteristice zonelor învecinate, acestea fiind adaptate la condițiile locale.

În cazul T7, cu excepția celulelor marcate, importanța indicatorilor trebuie stabilită pentru fiecare caz în parte (spre exemplu: regimul eolian este factor eliminatoriu în cazul construcției unei piste aviatice sau poate fi neimportant în cazul amenajării unui spațiu de producție; în același fel seismicitatea poate avea importanță maximă în cazul construcțiilor rezidențiale sau poate fi lipsită de importanță în cazul amenajării unui parc dendrologic).

În afară de indicatorii considerați, în special în cazul T7 (alte tipuri de utilizări), pot fi introduse condiții limitative sau eliminatorii suplimentare în funcție de particularitățile fiecărei situații în parte.

Punctajele acordate fiecăruia dintre indicatorii explicați mai sus (tabelul nr. 4.5) derivă din mai multe clasificări disponibile în literatura de specialitate, dar și de experiența în domeniul reconstrucției ecologice a terenurilor degradate [B.12], [B.19], [B.34], [B.65], .

Tab. nr. 4.5 Punctajele acordate indicatorilor caracteristici ai terenului și haldelor

Punctaj Indicator	0	1	2	3
C1	Deficit/exces major (>5°C față de limitele optime)	Deficit/exces moderat anual (3-5°C față de optim)	Deficit/exces scăzut anual (1-2°C față de optim)	Optim pentru varianta propusă
C2	Deficit/exces major (>20% față de limitele optime)	Deficit/exces moderat anual (10-20% față de optim)	Deficit/exces scăzut anual (<10% față de optim)	Optim pentru varianta propusă
C3	Grad de tărie 11-12 pe scara Beaufort	Grad de tărie 8-10 pe scara Beaufort	Grad de tărie 5-7 pe scara Beaufort	Grad de tărie 1-4 pe scara Beaufort
C4	Trenuri foarte înclinate (>45°)	Terenuri cu înclinare mare (21-45°)	Terenuri înclinate (6-20°)	Terenuri practic orizontale (<5°)
C5	Terenuri cu deplasări active ce implică volume mari de material	Terenuri ce pot intra în mișcare periculoasă datorită unor factori	Terenuri cu alunecări stabilizate sau ce pot fi limitate prin amenajări	Terenuri stabile, fără fenomene probabile de alunecare

Continuare tab. nr. 4.5

	0	1	2	3
C6	Practic inaccesibil (versanți abrupti)	Acces auto limitat și dificil pietonal	Acces dificil auto și relativ facil pietonal	Acces facil auto și pietonal
C7	Pe o rază mai mare de 500 m	Pe o rază de 300-500 m	Pe o rază de 100-300 m	Pe o rază de până la 100 m
C8	Zone înmlăștinate	Inundații în condiții de precipitații abundente	Periodic* (în condițiile topirii bruște a zăpezii + precipitații abundente)	Fără risc de inundare
C9	Anual în timpul verii	Periodic* (în ani cu secetă prelungită)	Există înregistrări istorice (mai vechi de 20 ani)	Nu au fost consemnate în zonă
C10	a_g cuprins între 0,35-0,40	a_g cuprins între 0,25-0,35	a_g cuprins între 0,15-0,25	a_g cuprins între 0,10-0,15

* la distanță de câțiva ani; a_g - valori de vârf ale accelerației terenului.

Pe baza matricii prezentate în tabelul 4.4, acordând punctajele care rezultă din tabelul 4.5 și ținând cont de importanța relativă a indicatorilor (care se pot constitui ca și condiții eliminatorii), prin însumare se pot calcula punctajele obținute pentru fiecare tip de reconstrucție propusă.

Această însumare nu este suficientă pentru a ierarhiza tipurile de reconstrucție propuse. Motivul acestui neajuns ține de modul în care este distribuită importanța indicatorilor. Astfel este foarte probabil ca recuperarea naturalistică să obțină cel mai mare punctaj (datorită numărului mic de condiții limitative sau eliminatorii și al faptului că, așa cum am precizat anterior acest tip de reconstrucție se pliază cel mai bine pe condițiile locale de mediu). Din aceste motive se impune introducerea unui coeficient economic, K_e , care în această etapă să țină cont de beneficiile economice ce se preconizează a fi obținute în situația aplicării uneia din variantele de reconstrucție ecologică propusă, fără a necesita o fundamentare printr-un studiu de fezabilitate. Acest coeficient se înmulțește cu punctajul obținut prin însumare rezultând un punctaj echivalent. Valorile atribuite coeficientului K_e sunt următoarele [A.32]:

- ✓ $K_e = 1$ – pentru T1 (în acest caz eventualele beneficii de ordin economic legate de refacerea peisajului, îmbunătățirea calității aerului, efectele asupra sănătății umane, refacerea biodiversității locale, eventuala valorificare a fructelor sălbatice etc., nu pot fi cuantificate în mod obiectiv);
- ✓ $K_e = 1,25$ – pentru T4 (plantațiile silvice urmăresc în principal valorificarea masei lemnoase, însă intervalul de timp necesar ca plantația să atingă vârsta de recoltare în condiții de eficiență economică maximă poate varia, în funcție de specie de la 30 la 100 ani, adică beneficiile economice previzionate sunt pe termen mediu sau lung);
- ✓ $K_e = 1,5$ – pentru T3, T5 și T6 (recuperarea productivă asigură beneficii economice imediate sau pe termen scurt, prin valorificarea culturilor agricole sau a fructelor);
- ✓ $K_e = 1 - 1,5$ – pentru T2 respectiv T7 (în cazul acestor tipuri de reconstrucție ecologică valoarea coeficientului trebuie stabilită pentru fiecare caz în parte. Astfel, o zonă destinată recreației și agrementului poate să aducă beneficii economice prin perceperea unei taxe de acces sau dimpotrivă, dacă accesul este liber, poate să nu aducă beneficii cuantificabile, ceea ce este valabil și în cazul unui parc dendrologic. Pe de altă parte, o facilitate de producție poate aduce beneficii economice imediate, iar în funcție de valoarea produselor poate fi considerat un coeficient K_e mai mare de 1,5).

Aplicând pașii descriși anterior, proiectele de reconstrucție propuse pot fi grupate în 4 categorii, în funcție de punctajele obținute în etapa a II-a:

- ✓ 12 puncte – proiecte inoportune;
- ✓ 13 - 23 puncte – proiecte cu oportunitate redusă;
- ✓ 24 - 34 puncte – proiecte cu oportunitate medie;
- ✓ 35 – 45 (și peste în cazul în care $K_{e1} > 1,5$) puncte – proiecte cu oportunitate ridicată.

Așa cum s-a precizat, în practică, cele mai des întâlnite tipuri de reconstrucție ecologică a haldelor de steril sunt cele naturalistică, recreativă și de agrement, respectiv productivă (agricol, silvic, pomicol sau viticol), iar dacă se ia în considerare existența mai multor variante în cadrul aceluiași tip de reconstrucție, apare posibilitatea ca mai multe proiecte să se încadreze în aceeași categorie de oportunitate, prin obținerea unor punctaje apropiate sau chiar egale. În această situație se impune parcurgerea unei noi etape de departajare a proiectelor propuse.

➤ *Etapa a III-a*

În cadrul acestei etape, pentru a evalua și departaja proiectele de reconstrucție ecologică ce au trecut de etapa a doua, au fost considerați mai mulți indicatori de fertilitate a solului, precum și eventuala prezență a unor elemente indezirabile (care nu sunt compatibile în primul rând cu reutilizarea productivă, dar trebuie avute în vedere și pentru reutilizarea în scop recreativ sau de agrement). Cu ajutorul acestor elemente a fost construită o nouă matrice B, tabelul nr. 4.6, semnificația culorilor (importanța relativă) fiind aceeași ca și în cazul matricei din tabelul 4.4.

Tab. nr. 4.6 Matricea B de selectare a opțiunilor de reconstrucție ecologică

Indicator Tip de reconstrucție ecologică	Indicator										Punctaj total
	11 Structura solului	12 pH	13 Macronutrienți primari	14 Macronutrienți secundarii	15 Micronutrienți	16 Conținut de humus	17 C/N	18 SAR	19 Conductivitate	10 Metale grele	
T1 - Naturalistic											
T2 - Recreatie și agrement											
T3 - Productiv agricol*											
T4 - Productiv silvic*											
T5 - Productiv pomicol*											
T6 - Productiv viticol*											

* se va preciza specia (speciile) propusă(e) (pot exista spre exemplu variantele T4 a, T4 b etc.)

Așa cum se poate observa, în majoritatea situațiilor se poate considera că indicatorii de fertilitate a solului au o importanță medie. Acest fapt se datorează posibilităților de compensare a eventualelor neajunsuri legate de elementele de fertilitate prin aplicarea de amendamente și/sau îngrășăminte. În cazul metalelor grele, pentru tipurile de reconstrucție ecologică productivă, importanța este considerată ca fiind majoră, deoarece acestea pot migra din sol în corpul plantelor și mai apoi în fruct. Prin efectul de bioacumulare acestea devin impropriei consumului sau cu alte cuvinte, recolta poate fi considerată compromisă.

În mod asemănător cu etapa a II-a, în tabelul nr. 4.7 sunt prezentate punctajele acordate indicatorilor de fertilitate, valori stabilite pe baza literaturii de specialitate [B.12], [B.34], [B.54].

Tab. nr. 4.7 Punctajele acordate indicatorilor de fertilitate ai terenului

Punctaj Indicator	0	1	2	3
11	Structură masivă sau distrusă	Structură lamelară sau columnară	Structură bloc sau prismatică	Structură granulară
12	<4,31 respectiv >9,01	4,31-5,00 respectiv 8,41-9,00	5,01-5,80 respectiv 8,01-8,40	5,81- 8,00
13	ADZ sau ATZ	MZ-LDZ sau MZ-LTZ	LCZ	OCZ
14	ADZ sau ATZ	MZ-LDZ sau MZ-LTZ	LCZ	OCZ
15	ADZ sau ATZ	MZ-LDZ sau MZ-LTZ	LCZ	OCZ
16	<2 % (fertilitate scăzută)	2,1-4 % (fertilitate mijlocie)	4,1-6 % (fertilitate ridicată)	>6 % (fertilitate ft. ridicată)
17	>15 (fertilitate scăzută)	12-14 (fertilitate mijlocie/normală)	9-11 (fertilitate ridicată)	<8 (fertilitate ft. ridicată)
18	>20 mmol/l	16-20 mmol/l	11-15 mmol/l	<10 mmol/l
19	>16 mS/cm (extrem salin)	8,1-16 mS/cm (puternic salin)	4,1-8 mS/cm (moderat salin)	<4 mS/cm (ușor salin/non salin)
C10	>prag intervenție folosințe mai puțin sensibile	prag intervenție folosințe sensibile (prag alertă folosințe mai puțin sensibile)-prag intervenție folosințe mai puțin sensibile	prag alertă folosințe sensibile–prag intervenție folosințe sensibile	<prag alertă folosințe sensibile

I1 - Structura solului este determinată de modul în care sunt prinse și agregate împreună granulele individuale și de modul în care sunt formați porii. Structura solului are o influență majoră asupra circulației apei și aerului, activității biologice, creșterii rădăcinilor și apariției răsadurilor. Depinde condițiile de mediu în care s-a format solul, de prezența argilelor și a materiilor organice, precum și de practicile recente de management [A.1].

I2 – Reacția solului reprezintă proprietatea solului de a se comporta ca un donor sau ca un acceptor de protoni, iar scăderea sa provoacă scăderea capacității de schimb cationic și creșterea capacității de schimb anionic prin adăugarea de particule încărcate cu sarcini pozitive [B.12]. În general, dezvoltarea plantelor (mai ales a celor de cultură) se desfășoară cel mai bine pe terenuri cu un pH cuprins între slab acid – neutru - slab bazic, existând și specii (în special arbori) care preferă soluri moderat acide.

I3, I4, I5 - În funcție de ponderea lor în plantă, nutrienții se împart în macronutrienții primari (N, P, K); secundari (S, Ca, Mg) și micronutrienții (Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Co).

Evoluția plantelor în funcție de conținutul de nutrienți din sol este redată de curba prezentată în figura nr. 4.19 care arată dependența creșterii plantelor, în sens de recoltă, biomasă obținută și concentrația în elemente nutritive.

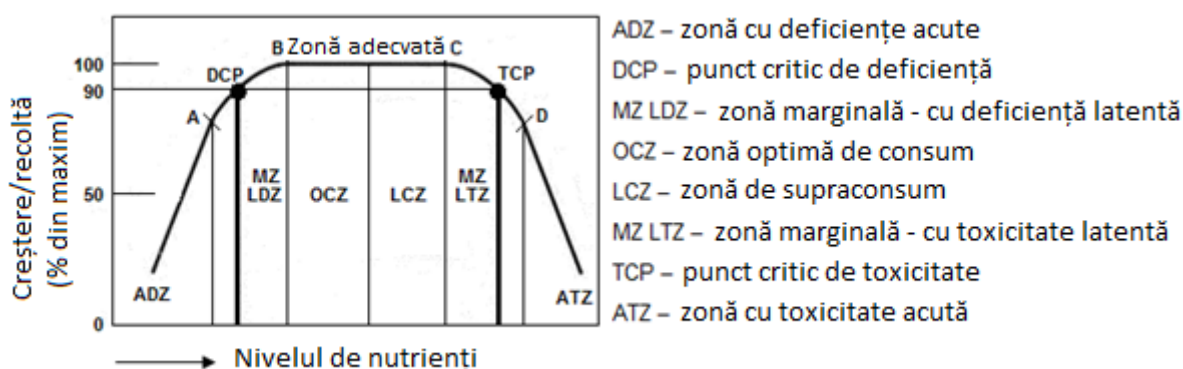


Fig. nr. 4.19 Dependența între dezvoltarea plantelor/recoltelor și disponibilul de nutrienți (Modified after Finck, 1992 [B.19])

Evident această curbă are un caracter general, iar concentrațiile ce definesc pragul de trecere de la o zonă la alta trebuie stabilite pentru fiecare specie de plante avută în vedere în procesul de reconstrucție ecologică a terenului degradat.

I6 - Conținutul în humus al solurilor influențează capacitatea de reținere și schimb cationic. Aceasta variază în general între 2 - 6%, determină fertilitatea și depinde de: factorii climatici (temperatura, umiditate), factorii de vegetație, tehnologia culturii (irigată, neirigată), folosirea îngrășămintelor organice, procesul de solificare [B.12].

I7 - Gradul de fertilitate al unui sol se apreciază și după raportul C/N (substanțe celulozice/substanțe proteice). C/N arată viteza de descompunere în sol a acestor două grupe de substanțe. Fertilitatea este cu atât mai mare cu cât raportul C/N este mai mic [B.12].

I8 - Excesul de sodiu schimbabil are efecte negative asupra proprietăților fizice și nutriționale ale solului, determinând reducerea randamentului culturilor. Pentru a evidenția excesul de sodiu se poate utiliza rata de adsorbție a sodiului (SAR), definită de ecuația 4.1 [A.1]:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca + Mg)^{++} / 2}} \quad (4.1)$$

I9 - Excesul de săruri din sol determină apariția unor zone sterile, dezvoltarea unei vegetații pipernicite și reducerea randamentului culturilor, iar extinderea acestor efecte depinde de gradul de salinitate. Efectul primar al excesului de salinitate constă în reducerea disponibilului de apă în zona de înrădăcinare a plantelor, datorită presiunii osmotice. Concentrația excesivă și absorbția ionilor individuali pot deveni toxice pentru plante și/sau pot întârzia absorbția altor elemente nutritive esențiale de către plante.

I10 – Limitele concentrației de metale grele în sol și corespondența acestora cu punctajul acordat sunt în concordanță cu prevederile legislative în vigoare [B.54].

Pentru a stabili o ierarhie a proiectelor în funcție de oportunitatea de realizare se procedează la însumarea punctajelor atribuite, ținând cont de importanță (realizarea punctajului minim pentru fiecare indicator). În funcție de punctajele totale obținute de fiecare proiect acestea pot fi grupate după cum urmează:

- ✓ 0 – 10 – proiecte cu oportunitate redusă;
- ✓ 11 – 20 – proiecte cu oportunitate medie;
- ✓ 21 – 30 – proiecte cu oportunitate ridicată.

După această încadrare din punct de vedere al oportunității, proiectele din cadrul aceleiași grupe pot fi ordonate în funcție de resursele financiare disponibile.

Pentru parcurgerea acestei subetape sunt necesare calcule tehnico-economice prin intermediul cărora să fie estimate costurile de implementare a fiecărei variante care ajunge în această etapă de selecție. Astfel, sunt necesare evaluări ale costurilor legate de amenajarea fizică a terenului, ameliorarea și amendarea solului, amenajări suplimentare (sisteme de irigații, de drenaj etc.), achiziționarea materialului biotic necesar, costuri cu forța de muncă etc. În acest fel, proiectele de reconstrucție ecologică luate în considerare pot fi grupate într-o ultimă matrice de evaluare, C, prezentată în tabelul nr. 4.8.

Tab. nr. 4.8 Matricea C, de evaluare finală a proiectelor

Denumire proiect*	Suma disponibilă alocată lucrărilor de reconstrucție ecologică	Se încadrează în bugetul alocat**	Necesită fonduri suplimentare - pot fi asigurate din fonduri locale***	Necesită fonduri suplimentare - din fonduri speciale de mediu sau fonduri europene***

* denumirea proiectului rămâne aceeași pe tot parcursul procedurii (stabilită în matricea A);

** se precizează excedentul;

*** se precizează suma suplimentară estimată a fi necesară

➤ Etapa a IV-a

În cadrul acestei etape participă din nou publicul interesat, factorii de decizie și specialiștii care au evaluat proiectele în etapele II și III, etapa fiind necesară pentru informarea celor interesați asupra procesului decizional, asigurându-se astfel transparența privind alegerea variantei optime de reutilizare a terenului supus analizei.

Scopul acestui studiu a fost acela de a elabora o metodologie pentru stabilirea tipului optim de reabilitare ecologică a terenurilor degradate, care poate fi pusă la dispoziția celor care lucrează în acest domeniu, ca un instrument practic de lucru. Metodologia implică patru faze succesive de selecție, ordonate în mod logic, are un caracter general și poate fi utilizată pentru a rezolva diferite situații întâlnite (terenuri erodate, terenuri degradate prin procese industriale sau practici agricole neviabile etc.).

PARTEA A III-A

PLAN DE DEZVOLTARE A CARIEREI ACADEMICE

1. Obiective

Cu toate că deținerea gradului didactic de profesor universitar și, sper, de conducător de doctorat ar putea fi privite ca un apogeu al carierei, deontologia profesiei ne spune că activitatea de formare și pregătire a cadrelor didactice este una continuă, iar în ceea ce privește cercetarea, volumul și nivelul științific al acesteia depinde doar de obiectivele pe care cercetătorul și le autoimpune. Din aceste motive, consider că obținerea calității de conducător de doctorat mă obligă să îmi autoimpun standarde și mai înalte în ceea ce privește atât latura didactică, dar mai cu seamă cea de cercetare, pe care urmează să se dezvolte cariera mea academică.

Planul de dezvoltare a carierei urmărește cele două componente specifice mediului academic, și anume pregătirea viitoarelor generații de specialiști, competitivi pe piața muncii (componenta didactică), respectiv continuarea și diversificarea activității de cercetare științifică.

Desigur, pentru realizarea acestor deziderate, planul de dezvoltare a propriei cariere trebuie să fie în acord cu planurile strategice și operaționale de cercetare ale Facultății de Mine și Universității din Petroșani. Din acest punct de vedere, faptul că fac parte din Consiliul Facultății de Mine și din Senatul Universității poate fi privit ca un aspect favorabil în perspectiva dezvoltării carierei academice.

Abilitățile și competențele dobândite și confirmate pe latura de coordonare a activităților de cercetare și predare la un înalt nivel academic și capacitatea de a iniția colaborări naționale și internaționale de succes în domeniul ingineriei miniere și cel al protecției mediului stau la baza planului de dezvoltare a carierei academice și totodată îmi dau un anumit grad de încredere cu privire la materializarea acestuia.

2. Activitatea didactică

2.1 Organizarea actului educațional

Obiectiv strategic: asigurarea unui act educațional de calitate, care să conducă la formarea competențelor prevăzute de programele de studiu în Fișa specializării, iar pregătirea profesională a absolvenților să răspundă exigențelor pieței muncii, obiectiv care poate fi îndeplinit prin:

- ✓ înnoirea permanentă a conținutului disciplinelor pe care le predau, în concordanță cu standardele europene și cerințele pieței muncii din România și Uniunea Europeană;
- ✓ motivarea și stimularea studenților, în special în primii doi ani de studiu, prin organizarea unor întâlniri periodice cu un caracter informal, în scopul menținerii interesului acestora pentru specializarea aleasă și prevenirea abandonului școlar;
- ✓ accentuarea caracterului aplicativ al seminariilor și laboratoarelor și modernizarea mijloacelor de verificare a cunoștințelor dobândite la aceste activități didactice;
- ✓ stimularea studiului și a pregătirii individuale a studenților prin proiecte și eseuri și diversificarea prin organizarea de dezbateri pe teme (de actualitate) anunțate;
- ✓ abordarea elaborării proiectelor de an din perspectiva lucrului în echipă, stimulând astfel capacitatea de comunicare și colaborare a studenților;
- ✓ intensificarea elaborării de materiale didactice (cărți și manuale de specialitate, îndrumătoare de seminar și laborator, culegeri de teste și probleme etc.) care să vină în ajutorul actului de predare-învățare pentru programele de studiu la care particip;
- ✓ utilizarea în procesul didactic (în special la orele de laborator) a aparaturii moderne aflate în dotarea universității și a softurilor de specialitate, astfel încât absolvenții să treacă de la o formă de pregătire bazată preponderent pe teorie la una care să combine într-un mod util pentru cariera viitoare teoria cu elementele practice;

- ✓ organizarea unor vizite la obiective economice relevante pentru profesia în care se pregătesc studenții de la programele de studiu în care sunt implicată (din cele trei cicluri de pregătire universitară: licență, master și doctorat), în scopul cunoașterii și al orientării profesionale;
- ✓ îmbunătățirea modalității de efectuare a practicii studentești, astfel încât, în funcție de specializare, studenții să beneficieze de condiții de implicare activă în activități legate de domeniul în care se pregătesc;
- ✓ stabilirea tematicii lucrărilor de licență, de dizertație și mai ales de doctorat în concordanță cu direcțiile de cercetare ale departamentului și orientarea, pe cât posibil, spre teme care să fie furnizate de agenți economici, finalizate prin contracte și puse în aplicare;
- ✓ coordonarea studenților în cadrul activităților de cercetare științifică studentească, alegerea temelor de cercetare fiind făcută în funcție de interesele specifice ale studenților, astfel încât tema să poată fi dezvoltată gradual la nivelul proiectelor de licență și dizertație și rezolvată complet la nivelul studiilor doctorale;
- ✓ organizarea unor mese rotunde pe teme de actualitate pentru programele de studiu, cu participarea studenților, cadrelor didactice și a unor specialiști reputați din diferite unități economice;
- ✓ sprijinirea absolvenților în eforturile de angajare în domeniul și la nivelul studiilor și menținerea comunicării pentru a beneficia de un feed-back extrem de util pentru perfecționarea planurilor de învățământ și a modalităților de desfășurare a procesului didactic.

2.2 Relația cu studenții

Obiectiv strategic: sprijinirea și responsabilizarea studenților în ceea ce privește activitățile academice, precum și crearea condițiilor în care studenții își pot manifesta potențialul de învățare și creativ, prin:

- ✓ realizarea unui parteneriat real cu studenții, masteranzii și doctoranzii;
- ✓ încurajarea studenților, masteranzilor și doctoranzilor în a face aprecieri asupra calității actului didactic și a veni cu propuneri de îmbunătățire a acestuia, prin încurajarea dialogului, completarea unor chestionare de evaluare nepersonalizate a cadrelor didactice și a calității materialelor didactice prezentate etc.;
- ✓ sprijinirea organizării unor întâlniri periodice cu studenții programelor de studiu din cadrul departamentului, la care să participe tutorii și coordonatorii programelor de studiu, în cadrul cărora să se discute problemele profesionale și chiar cele personale (în măsura în care acestea afectează procesul educațional) ale studenților;
- ✓ sprijinirea și îndrumarea studenților pentru obținerea mobilităților de studiu și practică prin programul ERASMUS+;
- ✓ asigurarea comunicării între absolvenții și studenții specializărilor de ingineria mediului (și nu numai), în scopul sprijinirii studenților pentru găsirea oportunităților de angajare;
- ✓ sprijinirea activităților culturale ale organizațiilor studentești.

2.3 Promovarea ofertei academice

Obiectiv strategic: promovarea ofertei didactice este extrem de importantă și conduce, pe lângă creșterea vizibilității Universității din Petroșani, la atragerea unui număr mai mare de studenți, masteranzi și doctoranzi, realizabil prin:

- ✓ promovarea permanentă și creșterea vizibilității universității și a rezultatelor obținute în domeniile didactic, de cercetare și cultural prin mijloace mass media și materiale promoționale;
- ✓ promovarea programelor de studiu în licee, prin prezentarea detaliată și atractivă a ofertei academice, dar și a principalelor debușee profesionale;
- ✓ organizarea zilelor „porților deschise” pentru elevii din licee, cu prezentarea ofertei educaționale și a laboratoarelor din cadrul departamentului, întâlnirea elevilor cu studenți și cadre didactice de la diferite specializări.

3. Activitatea de cercetare științifică

3.1 Organizarea cercetării

Obiectiv strategic: adoptarea unei strategii de cercetare coerente, prin identificarea și sprijinirea unor direcții de cercetare pe termen mediu și lung, care să implice studenți (în special masteranzi și doctoranzi) în colective interdisciplinare, obiectiv realizabil prin:

- ✓ organizarea grupurilor de cercetare pe direcțiile asociate grupurilor de discipline didactice înrudite și/sau complementare;
- ✓ stimularea activității de cercetare în colective interdisciplinare;
- ✓ modernizarea continuă, acreditarea și menținerea acreditării laboratoarelor aflate în subordinea departamentului precum și diversificarea ofertei de servicii (încercări de laborator, elaborare de proiecte pe bază de contract cu beneficiari economici etc.);
- ✓ realizarea unui set de materiale de promovare a ofertei de cercetare, consultanță și expertiză și mediatizarea acestora prin postarea pe site-ul departamentului și prezentarea directă operatorilor economici interesați;
- ✓ accesarea fondurilor destinate achiziției de aparatură de laborator și softurilor de specialitate, precum și modernizarea dotărilor existente;
- ✓ diseminarea activității de cercetare prin publicarea de lucrări științifice cu precădere în reviste ISI cu factor de impact, proceedings-uri ISI, reviste indexate BDI, participarea la conferințe internaționale de prestigiu și în mediul online;
- ✓ intensificare schimburilor de experiență și informație cu alte instituții din domeniu, ceea ce va conduce nu doar la dezvoltarea mea ca cercetător în domeniul de competență, dar și la creșterea prestigiului departamentului, al facultății și al universității;
- ✓ identificarea și mediatizarea apelurilor pentru granturi de cercetare naționale și internaționale, stimularea participării cu propuneri, precum și înscrierea departamentului și/sau colectivelor de cercetare pe portalele programelor de cercetare de tip parteneriat cu finanțare europeană (cu eventuala identificare a surselor de cofinanțare și atragerea partenerilor economici în acest tip de cercetare);
- ✓ implicarea studenților în activități de cercetare și cooptarea lor (în special a masteranzilor și doctoranzilor) în proiecte de cercetare derulate în cadrul departamentului și încurajarea lor în a participa la manifestări științifice naționale și internaționale.

3.2 Cooperarea la nivel național și internațional

Obiectiv strategic: implicarea în proiecte de cercetare comune cu structuri academice, institute de cercetare și operatori economici, realizabil prin:

- ✓ menținerea și îmbunătățirea relațiilor cu specialiști din alte universități, din țară și din străinătate, cu preocupări similare în domeniul cercetării;
- ✓ identificarea și realizarea a unor proiecte de cercetare comune (atât de tip grant cât și cercetare pe bază de contract sau cercetare fundamentală în diverse domenii de activitate);
- ✓ intensificarea cooperării cu principalele institute naționale de cercetare;
- ✓ lansarea unor teme de doctorat care să permită coordonarea în cotutelă, implicând astfel cadre didactice de prestigiu din alte universități din țară și străinătate

3.3 Direcții viitoare de cercetare

Tematica abordată în partea a doua a tezei de abilitare este una extrem de generoasă, fiind totodată de interes major pentru comunitățile științifice și tehnologice la nivel mondial, se bazează pe expertiză științifică acumulată de-a lungul anilor și din acest motiv, consider că în viitor activitatea de cercetare va trebui să fie direcționată tot spre aceste domenii.

Astfel, am identificat o serie de direcții de cercetare atât la nivel conceptual și metodologic, cât și la nivel de cercetare aplicativă, pentru care am punctat principalele rezultate care pot fi obținute și implementate în activitatea didactică și în practică.

Cercetarea științifică conceptuală și metodologică

Direcții de cercetare	Rezultate vizate
Elaborarea de instrumente de identificare, analiză și evaluare a impactului și/sau riscului de mediului în industrie (în special industria extractivă)	Dezvoltarea unor metode integrate de identificare, analiză și evaluare a impactului și/sau riscului asupra mediului în industrie
Mineritul în contextul dezvoltării durabile	Integrarea conceptului de dezvoltare durabilă a comunităților în strategiile industriei miniere
Strategia națională în sectorul minier	Îmbunătățirea și completarea planurilor și programelor naționale în sectorul minier
Reconstrucția ecologică a zonelor afectate de minerit	Elaborarea de ghiduri practice de identificare a posibilităților de reconstrucție ecologică și a modalității de abordare integrată a acestora
Stabilitatea versanților și taluzurilor	Îmbunătățirea tehnicilor de investigare a masivelor și taluzurilor predispuse alunecărilor și creșterea gradului de precizie a studiilor de stabilitate prin considerarea unor noi variabile în modelele de analiză

Cercetarea științifică aplicativă

Direcții de cercetare	Rezultate vizate
Studii și cercetări aplicative în domeniul identificării, analizei și evaluării impactului și/sau riscului de mediu	Realizarea de proiecte concrete de identificare, analiză și evaluare a impactului și/sau riscului de mediu pentru diverse obiective care să se constituie ca ghiduri de bune practici în domeniu
Exploatarea și valorificarea substanțelor minerale utile	Optimizarea activităților curente de exploatare și identificarea, respectiv aplicarea soluțiilor moderne în activitatea minieră, cu accent pe tehnologiile mai puțin agresive față de mediu
Studii hidrogeologice	Cunoașterea regimului apelor subterane și refacerea acviferelor în zone afectate de activități miniere
Reconstrucția ecologică a zonelor afectate de minerit	Abordarea globală problematicii reconstrucției ecologice a terenurilor afectate de minerit și alegerea variantelor optime
Stabilitatea versanților și taluzurilor	Studii ale unor situații concrete menite să identifice zonele cu risc potențial de producere a alunecărilor de teren, identificarea cauzelor și factorilor care au declanșat alunecări și proiectarea soluțiilor de stabilizare sau menținere a acestora

BIBLIOGRAFIE**A. Lucrări proprii**

- A.1 Maria Lazar** – *Reabilitarea terenurilor degradate*. Editura Universitas. Petroșani, 2010. ISBN 978-973-741-161-7, 393 pag.
- A.2 Rotunjanu, I., Maria Lazar** – *Hidrologie și hidrogeologie minieră*. Ed. Universitas, Petroșani, 2014. ISBN 978-973-741-341-3, 442 pag.
- A.3 Dumitru Fodor, Maria Lazar, Gavril Baican** - *Some aspects regarding the Romanian open pit lignite mining impact on soil*. Proceedings of the ninth international symposium on Mine Planning and Equipment Selection. Athena, Grecia, A.A. Balkema, Rotterdam, ISBN 90-5809-178-3, 2000, pag. 899-904. ISI Web of Sciens.
- A.4 Maria Lazar, Iosif Andraș** - *Quick assessment method for the slope stability factor of waste deposit dams*. Proceedings of the 29th International Symposium on Computer Applications in the Mineral Industries, 2001, pag. 709-710. ISI Web of Knowledge
- A.5 Maria Lazăr, Florin Faur, Emilia Dunca, Daniela Ciolea** - *Landslides occurred in Bujorascu Valley dump and stability improvement solutions* - Environmental Engineering and Management Journal, FI: 1,117, ISSN 1582-9596, Vol. 11, Nr.7/2012, 7, pag. 1361-1366. http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol11/no7/24_148_Lazar_12.pdf
- A.6 A. Florea; Maria Lazar; C. Lorint** - *Subsidence modeling at Valea Arsului - Vulcan colliery*. 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, www.sgem.org, SGEM2014 GeoConference Proceedings, ISBN 978-619-7105-09-4 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 3, 583-590 pp. DOI: 10.5593/SGEM2014/B13/S3.076. <http://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article3940>
- A.7 Maria Lazar; A. Florea; C. Lorint** - *Research on stability of the sterile rock dump Arsului Valley*. 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, www.sgem.org, SGEM2014 GeoConference Proceedings, ISBN 978-619-7105-09-4 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 3, 505-512 pp. DOI: 10.5593/SGEM2014/B13/S3.066. <http://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article3930>
- A.8 Maria Lazar** - *Using Possibilities Of The Groundwater From Dewatering Works Of Jiu Rosia Open Pit*. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-36-0 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book3 Vol. 1, 721-728 pp. DOI: 10.5593/SGEM2015/B31/S12.093. http://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?rubrique256#pagination_articles_rubrique
- A.8 Maria Lazar, Izabela-Maria Nyari, Florin G. Faur** - *Methodology For Assessing The Environmental Risk Due To Mining Waste Dumps Sliding - Case Study Of Jiu Valley*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. Volume 10, 2015 - Number 3, 223-234 pp. FI: 0,63. <http://www.ubm.ro/sites/CJEES/viewTopic.php?topicId=565>
- A.9 Maria Lazar** - *Modelarea reconstrucției ecologice a unei zone miniere*. Revista Minelor, nr. 7 – 8/2003, ISSN 1220-2053, pp. 48 – 50. . EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/>
- A.10 Dumitru Fodor, Maria Lazar, Ilie Rotunjanu** - *Considerații privind stabilitatea haldelor din Oltenia*. Buletinul AGIR, nr. 1/2003, ISSN 1224-7928, pag. 28 – 35. BDI: INDEX COPERNICUS INT., ACADEMIC KEYS, getCITED. Online: ISSN 2247-3548. http://www.buletinulaqir.agir.ro/numar_revista.php?id=18.
- A.11 Maria Lazar** - *Considerații privind reamenajarea minieră și reabilitarea ecologică a haldei de steril a carierei Peșteana Nord*. Revista Minelor, nr. 9/2001, ISSN 1220-2053, pp. 35-40. EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/>
- A.12 Dumitru Fodor, Maria Lazar** - *Urmările pe termen lung ale industriei miniere din România și gestionarea acestora*. Revista Minelor nr. 11/2004, ISSN 1220-2053, pp. 7 – 13. . EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/>
- A.13 Dumitru Fodor, Maria Lazar, Ilie Rotunjanu** - *Probleme de stabilitate a haldelor de steril și a iazurilor de decantare*. Revista Minelor nr. 5/2004, ISSN 1220-2053, pag. 23 - 29. . EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/>

- A.14** Dumitru Fodor, **Maria Lazar**, Vasile Pop - *Influence of the Romanian lignite deposit exploitation on the environment*. Proceedings 20th World Mining Congress, Teheran, Iran, 2005, pp. 185 - 191. Web Site of the Geological Survey of Iran. <http://gsi.ir/?Lang=en&p=25&ItemId=2488&Action=BodyView>
- A.15** Dumitru Fodor, **Maria Lazar** - *Ocuparea și reabilitarea ecologică a terenurilor în zona Olteniei*. Buletinul AGIR, nr. 3/2006, ISSN 1224-7928, pag. 15-19BDI: INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, ACADEMIC KEYS, getCITED. Online: ISSN 2247-3548. http://www.buletinulagir.agir.ro/numar_revista.php?id=18
- A.16** **Maria Lazar**, Daniel Hojda - *Reabilitarea ecologică și modelarea configurației finale pentru bazinul minier Rovinari, în contextul dezvoltării durabile*. Revista Minelor nr. 2/2006, ISSN 1220-2053, pag. 24 - 28. C.N.C.S.I.S. B+; EBSCO. http://www.upet.ro/revistaminelor/arhiva/rm2006/2006_rezumat_2.html
- A.17** **Maria Lazar** - *Necessity approach of global ecological rehabilitation in the zone of Oltenia*. Journal of Mines, Metals and Fuels. Volume 54, Issue 12, December 2006, Pages 489-493. Indexed SCOPUS. <http://www.scopus.com.ux4ll8xu6v.useaccesscontrol.com/record/display.url?eid=2-s2.0-34249847080&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Lazar&st2=Maria&nlo=1&nlr=20&nls=count-f&sid=4B0BFA2498D839CB16D552E45BDBB4F0.WeLimyRvBMk2ky9SFKc8Q%3a123&so=anl&sdt=aut&sl=33&s=AU-ID%28%22Laz%27%8Er%2c+Maria%22+55501946700%29&relpos=6&relpos=6&citeCnt=0&searchTerm=AU-ID%28%5C%26quot%3BLaz%27%8Er%2C+Maria%5C%26quot%3B+55501946700%29>
- A.18** **Maria Lazar**, Sebastian Popa – *Soluții de reabilitare ecologică a zonei Valea Arsului, aparținând minei E. M. Vulcan*. Revista Minelor, nr. 3/2008, ISSN 1220-2053, pag. 24 - 28. C.N.C.S.I.S. B+; EBSCO. http://www.upet.ro/revistaminelor/arhiva/rm2008/2008_rezumat_3.html
- A.19** **Maria Lazar** - *Ingineria naturalistică - instrument de reabilitare ecologică a haldelor de steril din Valea Jiului* - Revista Minelor, nr. 11-12/2008, ISSN 1220-2053. C.N.C.S.I.S. B+; EBSCO. http://www.upet.ro/revistaminelor/arhiva/rm2008/2008_rezumat_11-12.html
- A.20** Ilie Rotunjanu, **Maria Lazar** – *Observations and considerations on the hydrostatic level of groundwater in the sterile dumps of the Rosiuta open pit – EMC Motru* - Annals of the University of Petroșani. Mining Engineering. Vol. 10 (XXXVII). Petroșani, ISSN 1454-9174, 2009, pag. 107 - 113. EBSCO Publishing Inc.; Periodicals.ru; Suweco; Scipio. <http://www.upet.ro/annals/mining/>
- A.21** **Maria Lazar**, Ilie Rotunjanu, Ioan Dumitrescu – *Consideration on resizing the rock dump Rogoazelor Valley* - Freiburger Forschungshefte. Reihe C 530 – Geingenieurwesen, ISBN 3978-3-86012-396-6, Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2009, pag. 147 - 155.
- A.22** **Maria Lazar**, Ioan Dumitrescu – *Mining In The Context Of Sustainable Development* - Revista Minelor, nr. 10/2009, ISSN 1220-2053, pp. 14-20. C.N.C.S.I.S. B+; EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/arhiva/rm2009/rm10.html>
- A.23** **Maria Lazăr**, Florin Faur – *Some aspects of ecological restoration of sterile rock dumps from mining basin Jiu's Valley* - Freiburger Forschungshefte. Reihe C. Rekultivierung im Bergbau., ISBN 3978-3-86012-396-6, Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2010, pag. 220 - 227. Deutsche Nationalbibliothek. <https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&cqlMode=true&query=idn%3D1007314303>
- A.24** **Maria Lazar**, Florin Faur - *Research on Rainfall Infiltration Regime into the Waste Dumps Body from Mining Basin Motru* - Proceedings of the International Conference on Environment and BioScience (ICEBS 2011). ISSN: 2010-4618, Egipt 2011, pag. 150 -156. <http://www.etlibrary.org/?m=fbook&a=details&aid=4083>
- A.25** **Maria Lazar**, Ilie Rotunjanu - *Geotechnical risks in sterile dumps construction at the lignite open pits from Romania*. Annals of the University of Petrosani, vol. 12 (XXXIX), ISSN 1454-9174, 2011, pag. 46-53. Ulrich's Periodicals Directory, ISSN 1454 - 9174; EBSCO Publishing Inc.; Periodicals.ru; Suweco; Scipio. <http://www.upet.ro/annals/mining/>
- A.26** **Maria Lazar**, Florin Faur – *Cercetări privind posibilitățile de amenajare și umplere cu apă a golului remanent al carierei Urdari* – Revista Minelor, ISSN 1220-2053, Vol. 18, Nr. 2/2012, pag. 18-23. Indexat EBSCO. <http://www.upet.ro/revistaminelor/arhiva/rmpdf2012/nr2ro.html>
- A.27** Faur Florin, **Maria Lazar** – *Identification of ecological rehabilitation possibilities of Petrila mine waste dump* – Annals of the University of Petroșani. Mining Engineering. Vol. 13 (XXXX).

- Petroșani, ISSN 1454-9174, 2012, pag. 275-283. Ulrich's Periodicals Directory, ISSN 1454 – 9174; EBSCO Publishing Inc.; Periodicals.ru; Suweco; Scipio.
<http://www.upet.ro/annals/mining/pdf/annals%20mining%202012.pdf>
- A.28 Maria Lazăr** – *Reaserch on geotechnical stability of sterile rocks dump Petrila* - International University of Resources. Scientific Report on Resourse Issues 2012, vol. 1, Part.1. Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, ISSN 2190-555X, pag. 230-240. <http://www.iur-online.org/>
- A.29 Maria Lazar** - *Stability Estimation For Waste Dumps From Jiu Valley Using Fuzzy Theory*. Proceeding of the 6th International Conference On Manufacturing Science And Education- MSE 2013- Sibiu-Romania, Ed. Universității Lucian Blaga, ISSN 1843-2522, pp. 359-362. <http://conferences.ulbsibiu.ro/mse/materiale/Conference%20Program%20MSE%202011.pdf>
- A.30 Ilie Rotunjanu, Maria Lazar** – *Hydrological classification and evaluation of coal deposits*. Mining Revue, Vol. 20, No. 2/2014. Published by University of Petrosani. ISSN-L 1220-2053/ISSN 2247-8590, pp. 7 -14. EBSCO Publishing Inc. <http://www.upet.ro/revistamineilor/arhiva/rmpdf2014/nr2ro.html>
- A.31 Maria Lazăr**, Adrian Florea, Florin Faur – *Cercetări privind capacitatea portantă a terenurilor pe care sunt amplasate haldele de steril din Valea Jiului*. Revista Minelor, Vol. 20, Nr. 4/2014. Publicat de Unicersitatea Petroșani. ISSN-L 1220-2053/ISSN 2247-8590, pp. 26-31. EBSCO Publishing Inc. <http://www.upet.ro/revistamineilor/arhiva/rmpdf2014/nr4ro.html>
- A.32 Maria Lazăr**, Florin G. Faur, Emilia Dunca, Daniela-Ionela Ciolea - *Establishing The Optimal Type Of Ecological Restoration Of Degraded Lands*. Proceeding of the 7th Symposium SESAM 2015, INSEMEX Publishing House, ISSN 1843 – 6226. Vol. 1, 234-243 pp. <http://sesam2015.insemex.ro/images/SESAM%202015%20AGENDA.pdf>
- A.33 Maria Lazar** - *Braunkohlentagebauen und Bergbaufolgelandschaften*. Forschungsprojekt. Technische Universität – Bergakademie Freiberg. Institut für Bergbau. Freiberg, 2001
- A.34 Maria Lazar**, Rotunjanu, I., Fodor, D. - *Geotechnical issues regarding the external waste rock dumps of Rosiuta Open Pit*. Proceedings of the 9th International Symposium Continuous Surface Mining, p. 139 – 144. 2008.
- A.35 Maria Lazar**, Daniel Hojda - *Reabilitarea ecologică și modelarea configurației finale pentru bazinul minier Rovinari, în contextul dezvoltării durabile*. Revista Minelor nr. 2/2006, ISSN 1220-2053, pag. 24 – 28. C.N.C.S.I.S. B+; EBSCO. http://www.upet.ro/revistamineilor/arhiva/rm2006/2006_rezumat_2.html
- A.36 Maria Lazar**, Dumitru Fodor, Ilie Rotunjanu - *Effects of dewatering on environmental and ecological measures in surface mine Rosia de Jiu*. Proceedings of the 8th International Symposium Continuous Surface Mining. Aachen, Germania, ISBN 3-86130-908-4, 2006, pag. 163 - 170.
- A.37 Rotunjanu I., Maria Lazar** - *Analiza stabilității haldei interioare a carierei Oltețu*. Contract cercetare științifică nr. 9/2005, cu S.C. ICSITPML S.A. Craiova. 2005.

B. Referințe bibliografice generale

- B.1 Abramov, C.K.** - *Zascita carierov ot vodī*. Ed. Nedra. Moscova, 1976.
- B.2 Abramson L.W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G.M.** - *Slope stability and stabilization method*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 2002.
- B.3 Awad A. Al-Karni, Mosleh A. Al-Shamrani** - *Study of the effect of soil anisotropy on slope stability using method of slices*. Computers and Geotechnics 26, pp. 83-103. 2000.
- B.4 Băncilă, I.** - *Geologie inginerească*, vol. I și II, Ed. Tehnică, București, 1981.
- B.5 Bishop A.W.** - *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*. Geotechnique, Vol. 5, p. 7-17. 1955.
- B.6 Bishop AW, Morgenstern NR.** - *Stability coefficients for earth slopes*. Geotechnique 10(4). 1960.
- B.7 Bond, A., Harris, A.** - *Decoding Eurocode 7*. Taylor and Francis, London, 598 p. 2008.
- B.8 Bond, A., Schuppener, B., Scarpelli, G. & Orr, T.** - *Eurocode 7. Geotechnical Design Worked - Examples*. Report EUR 26227. 2013.
- B.9 Cancelliere, A.** - *Corso di Idrologia Applicata*. AA 2006.

- B.10** Ciortuz I., Pacurar V.D. - *Forest Improvements*. (in Romanian), Lux Libris Publishing House, Braşov, Romania. 2004.
- B.11** Dale V.H., Brown S., Haeuber R.A.N., Hobbs T., Huntly N.J., Naiman R.J., Riebsame W.E., Turner M.G., Valone T.J. - *The Ecological Society of America Committee on Land Use), Ecological principles for managing land use*. Ecological Applications, Vol. 10 (No. 3), 639-670. 2000
- B.12** Davidescu V., Davidescu D. - *Agrochemical Compendium* (in Romanian), Romanian Academy Publishing House, Bucharest, Romania, 867 p. 1999.
- B.13** Dodoacă, M.A. - *Environmental restoration of the remaining hole of Urdari open pit*. License Project, Petroşani 2010.
- B.14** Dumitran, C., Onutu, I. - *Environmental risk analysis for crude oil soil pollution*. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 5, No. 1, p. 83 - 92. 2010.
- B.15** Enache, C. - *Ore deposits drainage* (in Romanian), Scrisul Românesc Publishing House, Craiova. 1985.
- B.16** Fell, R., Ho, K.K.S., Lacasse, S., Leroi, E. - *A framework for landslide risk assessment and management*. In *Landslide Risk Management* - Hungr, Fell, Couture & Eberhardt (eds), Taylor and Francis Group, London, p. 3 - 26. 2005.
- B.17** Fellenius, W. - *Calculation of the stability of earth dam*. Proceedings of the Second Congress of Large Dams, Vol. 4, p. 445-463. 1936.
- B.18** Fernando J., Nag D. - *A study of internal overburden dump design and stability analysis for Hazelwood Power Mine, Latrobe Valley, Victoria, Australia*. Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries, South African Institute of Mining and Metallurgy, pp. 267-273. 2003.
- B.19** Finck A. - *Dünger und Düngung* - Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Zweite, Neubearbeitete Auflage, XIV, VCH Weinheim-New York-Basel-Cambridge, 488 p. 1992.
- B.20** Florea, M. N. - *Alunecări de teren*. Ed. Tehnică Bucureşti, 1979.
- B.21** Fodor D., Baican G. - *Impactul industriei miniere asupra mediului*. Ed. Infomin, Deva. 2001.
- B.22** Fodor D. - *Minerit și mediu*. Ed. Corvin Deva. 2015.
- B.24** Gavrilescu M. - *Risk Management: Land-Use Planning Under European Approach*. Environmental Engineering and Management Journal, Vol.1 (No. 2), 231-241. 2002
- B.24** Gheorghe, Al., Bomboe, P. - *Mining hydrogeology* (in Romanian), Technical Publishing House, Bucharest. 1963.
- B.25** Gibson, W. - *Probabilistic methods for slope analysis and design*. Australian Geomechanics Vol 46, No 3 September. 2011.
- B.26** Grozavu, A., Pleşcan, S., Mărgărint, M. C. - *Indicators for the assessment of exposure to geomorphologic and hydrologic processes*. Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 12, No. 11, p. 2203-2210. 2013.
- B.27** Hersperger A.M., Ioja C., Steiner F., Tudor C.A. - *Comprehensive Consideration Of Conflicts In The Land-Use Planning Process: A Conceptual Contribution*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 10 (No. 4), 5-13. 2015.
- B.28** Hoek E., Bray J- *Rock slope engineering (Civil and mining)*. 4th Edition, Taylor & Francis e-Library. 2005.
- B.29** Horton, Robert E. - *The role of infiltration in the hydrologic cycle*. Trans. Am. Geophys. Union. 14th Ann. Mtg: 446–460. 1933.
- B. 30** Horton, R. E. - *Determination of infiltration capacity for large drainage-basins*. Trans. Amer. Geophys. Un., Part II, July. 1937.
- B.31** Horton, R. E. - *An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity*. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 5, 399-417. 1940.
- B.32** Janbu N. - *Stability analysis of slopes with dimensionless parameters*. Harvard Soil Mechanics Series 46. 1954.
- B.33** Kirsten, H. - *Significance of the probability of failure in slope engineering*. The Civil Engineer in South Africa 25, p. 17-23. 1983.
- B.34** Leeper G.W., Uren N.C. - *Soil science, an introduction*. Melbourne University Press, Melbourne, 236 p. 1993.
- B.35** Luo, W. - *Application of Rosenblueth moment estimation method into probability analysis of slope stability*. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 22, p. 232235. 2003.

- B.36** Marshall T.J., Holmes J.W. - *Soil physics*. Cambridge University Press, Cambridge, 278 p. 1979.
- B.37** McHarg I. - *Design with Nature*. Garden City, New York: Natural History Press, 208 p. 1969.
- B.38** Priest, S. D. & Brown, E. T. - *Probabilistic stability analysis of variable rock slopes*. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Section A: Mining Industry), 92, p. A1-A12. 1983.
- B.39** Reichl C., Schatz M., Zsak G. - *WORLD-MINING-DATA*. Volume 31 Minerals Production Vienna 2016
- B.40** Rosenblueth E. - *Two Point Estimates in Probabilities* [J]. Applied Mathematical Modeling, 5(5): p. 329-335. 1981.
- B.41** Rosenblueth E. - *Point estimates for probability moments* [C]. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 72: p. 3812-3814. 1975.
- B.42** Rotunjanu I.- *Stabilitatea versanților și taluzurilor*. Ed. Infomin Deva. 2005
- B.43** Rotunjanu, I. - *Asecarea și stabilitatea lucrărilor miniere în cariere*. Litografia I.M.P. 1984.
- B.44** Rotunjanu, I. - *Current drainage problems of coal deposits from Oltenia* (in Romanian), Mining Revue, no. 3 - 4/2001.
- B.45** Rotunjanu, I., Trandafir, D., Popescu, S. - *Optimization of drainage schemes for the lignite quarries from the Northern Oltenia basin* (in Romanian), Mining Revue, no. 8/1996.
- B.46** Rotunjanu. I., Lazar, M. s.a - *Stability analyzes for the waste dumps belonging to CNH (National Hard Coal Company) Petrosani* (in Romanian). Research contract, 2006.
- B.47** Sakurai S., Shimizu N. - *Assessment of rock slope stability by fuzzy set theory*. Proceedings of the 6th Congress of the International Society for Rock Mechanics, Montreal, Canada, pp. 503-506. 1987
- B.48** Singh A. P., Singh T.N. - *Assesing instability of Coal Mine waste dump*. The Indian mineral industry journal, pp. 113-118. 2006
- B.49** Smith, K. - *Environmental hazards*. Routedledge Publishing House, London, p 389. 1996.
- B.50** Stocking M., Murnaghan N. - *Land Degradation - Guidelines for Field Assessment*. Overseas Development Group, University of East Anglia Norwich, UK, 120 p. 2000.
- B.51** Tulipano, L., Sappa, G. - *Idrologia Applicata*.
- B.52** Zadeh L.A. - *Fuzzy sets*. Inf Control 8, pp. 338-353. 1965
- B.53** Zadeh L.A. - *Is there a need for fuzzy logic?* Inf Sci 178, pp. 2008
- B.54** *** MO (1997), (Ministry of Waters, Forests and Environmental Protection), Ministerial Order no. 756 for approving the regulation on the "Assessment of Environmental Pollution (in Romanian), Official Monitor, no. 303 bis from 6th of November 1997.
- B.55** *** MO (2013), (Ministry of Regional Development and Public Administration), (2013), Ministerial Order no. 2465 for approving the technical regulation "P100-1 – Seismic Design Code – Part I, (in Romanian), Elaborated and edited by Technical University of Civil Engineering, Bucharest, 925 p., Official Monitor, no. 558/2013 from 8th of August 2013.
- B.56** *** *Norme specifice de protecție a muncii pentru extragerea substanțelor minerale utile în cariere. Prescripții tehnice privind proiectarea, realizarea și conservarea haldelor*. Ministerul Muncii și Solidarității Sociale. București, 2000.
- B.57** *** *Cod de proiectare seismică P 100*. Universitatea Tehnică de Construcții București, 2013.
- B.58** *** *Normativ pentru proiectarea structurilor de fundare directă NP 112-04*, 2005.
- B.59** *** Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. *Planning for sustainable use of land resources*. Land and Water Bulletin 2.
- B.60** *** Corso di Laurea Ingegneria Civile - *Costruzioni Idrauliche*.
- B.61** *** *Technological plan for ceasing the activities at Urdari open pit, Gorj county – Ecological restoration and environmental degaradation prevention plan*, S.N.L.O. – Târgu Jiu, Symbol 825-203/2005.
- B.62** *** - Ministry of Labor and Social Protection (MLSP) - *Technical prescriptions for "Specific rules for labor protection for coal, oil shale and tar sands mines. Technical requirements for the design, development and conservation of waste dumps*. 784 p. Elaborated and edited by INSEMEX Petroșani, (in Romanian). 1997.
- B.63** *** US Army Corps of Engineers (US ACE) - *Introduction to probability and reliability methods for use in geotechnical engineering*. No. 1110-2-547. 1997.

B.64 *** *Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 regarding the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC.*

B.65 *** *American Society of Civil Engineers - Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).*

B.66 *** *Manual for the Illinois Urban Drainage Area Simulator: ILLUDAS. 1979.*

B.67 *** *Soil Conservation Service - Curve Number (SCS-CN) Methodology . 1968.*