

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE**

TEZĂ DE DOCTORAT

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
PROF.UNIV.DR.ING. ARAD D. VICTOR**

**DOCTORAND:
ING. CHINDRIȘ LARISA CRISTINA
(căs. SOPORAN)**

**Petroșani
-2019-**

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE**

TEZĂ DE DOCTORAT

**”CERCETĂRI GEOTEHNICE PRIVIND POSIBILITATEA
UTILIZĂRII MATERIALULUI STERIL RĂMAS ÎN URMA
EXPLOATĂRILOR MINIERE – MINA DEVA – ÎN DOMENIUL
CONSTRUCȚIILOR”**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
PROF.UNIV.DR.ING. ARAD D. VICTOR**

**DOCTORAND:
ING. CHINDRIȘ LARISA CRISTINA
(căs. SOPORAN)**

**Petroșani
-2019-**

CUPRINS

INTRODUCERE	4
CAPITOLUL I. EXPLOATAREA RESURSELOR PE PLAN MONDIAL ȘI LOCAL.....	5
1.1. Considerații generale.....	5
1.2. Metode și tehnologii.....	7
1.3. Tendințe în mineritul modern	7
CAPITOLULII. IMPACTUL INDUSTRIEI MINIERE ASUPRA MEDIULUI.....	8
2.1. Generalități privind gestionarea deșeurilor în industria minieră.....	8
2.2. Politica națională de gestionare a deșeurilor din industria miniera	8
2.3. Principiile activităților de gestionare a deșeurilor	9
CAPITOLUL III. METODE DE DEPOZITARE A DEȘEURILOR MINIERE.....	10
3.1. Generalități.....	10
3.2. Modificări antropice.....	11
CAPITOLUL IV. CERCETĂRI PRIVIND POLUAREA PRODUSĂ DE EXPLOATAREA MINIERA DEVA	12
4.1. Mina Deva- Studiu de Caz.....	12
4.2. Amplasarea geografică a minei Deva.....	13
4.3. Impactul închiderii activității miniere asupra mediului.....	13
4.4. Geologia zăcămintului	14
4.5. Halzi de steril și Iazuri de decantare.....	17
4.6. Halde și Iazuri ale SC Cuprumin SA Abrud	17
CAPITOLUL V. CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR MINIERE.....	45
5.1. Tipuri de deșeuri miniere.....	45
5.2. Utilizarea deșeurilor miniere în stabilizarea rocilor argiloase	45
5.3. Stabilizarea rocilor argiloase	47
5.4. Roci cu umflări și contractii mari	47
5.5. Analiza mineralogo-petrografică a argilelor	50
5.6. Metode de îmbunătățire a terenului de fundare	52
CAPITOLUL VI. CERCETĂRI PRIVIND REȚETE DE DEȘEURI STABILIZATE-Studii de Caz	59
6.1. Utilizarea deșeurilor miniere, de la Cupumin, la realizarea betoanelor.....	64
6.2. Utilizarea deșeurilor miniere, de la mina Deva, la realizarea betoanelor.....	70
CAPITOLUL VII CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII.....	70
7.1. CONCLUZII	74
7.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE	74
BIBLIOGRAFIE.....	76

INTRODUCERE

România este o țară care dispune de cantități semnificative și tipuri variate de resurse minerale, cum ar fi minereuri cuprifere, minereuri feroase și polimetalice.

Deșeurile extractive sunt definite în Directiva privind managementul deșeurilor din industria extractivă după cum urmează: “Deșeuri rezultate din prospectare, din extracția, tratarea și depozitarea resurselor minerale și din exploatarea în cariere.”

În urma activității extractive și de procesare, rezultă o cantitate însemnată de deșeuri miniere, sub formă de steril mineral. Pentru o bună perioadă de timp pe plan mondial, depozitele de steril au fost considerate deșeuri fără posibilitate de utilizare ulterioară.

CAPITOLUL I.

EXPLOATAREA RESURSELOR PE PLAN MONDIAL ȘI LOCAL

1.1. Considerații generale

În urma activităților miniere și procesare, rezultă o cantitate mare de steril - deșeuri miniere.

Analizarea și procesarea deșeurilor miniere și obținerea de subproduse ce pot fi utilizate în diferite domenii are o importanță mare, atât din punct de vedere economic cât și din punct de vedere al protecției mediului.

Prin utilizarea deșeurilor miniere în producerea materialelor de construcție se pot atenua problemele sociale și economice produse de închiderea minelor.

Deșeuri miniere trebuie privite ca o resursă și pot fi utilizate ca înlocuitori pentru rocile și agregate obținute din cariere, și utilizate pentru infrastructura căilor de comunicații terestre.

1.2. Metode și tehnologii,

În prezent, capacitățile de producție deținute de România în domeniul minier sau diminuat mult față de cele de dinainte de 1990, iar nivelul de utilizare al acestora variază între 60 și 90 %, fiind diferit, în funcție de tipul substanțelor minerale utile extrase.

1.3. Tendințe în mineritul modern,

Metalele dintr-un minereuri, reprezintă în majoritatea cazurilor procente foarte scăzute față de masa totală a rocii extrase dintr-un zăcământ. În viitor se vor extrage metale din zăcăminte tot mai sărace. Creșterea cantității de minerale extrase și prelucrate, va conduce la creșterea cantităților de deșeuri rezultate în urma prelucrării.

CAPITOLUL II. IMPACTUL INDUSTRIEI MINIERE ASUPRA MEDIULUI

2.1 Generalități privind gestionarea deșeurilor în industria minieră.

Activitățile din industria miniera au avut un impact deosebit asupra mediului prin schimbarea peisajului natural, prin lucrările de deschidere a minelor, carierelor, și nu în ultimul rând depozitarea deșeurilor miniereparalel.

2.2 Politica națională de gestionare a deșeurilor din industria miniera.

Gestionarea deșeurilor din industria minieră se va efectua în paralel cu sporirea condițiilor de sănătate, securitate și de protecție a mediului și cu respectarea prevederilor actualei legislații din domeniu. Începând cu anul 2004 România are un cadru legislativ de gestiune a deșeurilor modern și adaptat acquis-ului comunitar.

2.3. Principiile activităților de gestionare a deșeurilor.

În România există 5 principii de gestionare a deșeurilor, printre care amintesc: principiul dezvoltării durabile și a protecției resurselor primare, principiul măsurilor preliminare, principiul proximității corelat cu principiul autonomiei.

CAPITOLUL III – METODE DE DEPOZITARE A DEȘEURILOR MINIERE.

3.1 GENERALITĂȚI

Deșeurile provenite din industria minieră se depozitează în halde. Exploatarea de suprafață, precum și haldele de depozitare a sterilului, afectează sute de mii de hectare de teren care nu mai pot fi reutilizate în scopul cu destinația anterioară.

Tipuri de halde

Criterii de clasificare a haldelor se poate face, după:

- a. Perioada de funcționare
 - Halde provizorii
 - Halde definitive
- b. Amplasament și mod de realizare
 - Halde de șes
 - Halde de albie
 - Halde de carieră

3.2. Poluarea factorilor de mediu

Poluarea solului, poluarea apelor subterane și poluarea aerului

CAPITOLUL IV.

CERCETĂRI PRIVIND POLUAREA PRODUSĂ DE EXPLOATAREA MINIERA DEVA

4.1 Mina Deva- Studiu de caz

Perimetrul de exploatare Deva se situează pe teritoriul municipiului Deva la 2,5 km de aceasta, în județul Hunedoara. Sterilul rezultat din extragerea și prepararea minereului de cupru a fost depus în iazurile de decantare Valea Herepeia și Valea Mureșului.

Iazul de decantare Valea Herepeia, a intrat în funcțiune în anul 1981 și a fost oprit în anul 1991.

În iazul Valea Herepeia a fost depozitat sterilul de la Uzina de Preparare a minereului de la Mina Deva.

Iazul de decantare Valea Mureșului a intrat în funcțiune în anul 1959 și la care s-a oprit activitatea în anul 1973, fiind trecut în rezervă.

În iaz a fost depozitat sterilul rezultat de la Uzina de Preparare a minereului provenit de la Mina Deva.

Activitatea minieră din perimetrului minier Deva a avut efecte negative asupra apelor, aerului, solului, subsolului, și a așezărilor umane.

Activitatea desfășurată în perimetrul minier Deva a avut un impact deosebit asupra mediului contribuit la degradarea solurilor prin depozitarea sterilului de mină în halde și iazuri.

4.5 Halzi de steril și Iazuri de decantare

Halzile de steril aparținând de mina Deva ocupă o suprafață de 1,6 hectare, după cum urmează

- halda de la cota ± 0 m Deva $S = 0,4$ ha
- halda tunel Căprioara $S = 0,7$ ha
- halda deal galeria 7 Noiembrie $S = 0,5$ ha

Iazuri de decantare ocupă o suprafață totală de 30,7 hectare, după cum urmează

- iaz Herepeia $S = 9,0$ ha
- iaz Valea Mureșului $S = 21,7$ ha

4.6. Halde și Iazuri ale SC Cuprumin SA Abrud

Halda Valea Cuibarului.

Volumul de steril rezultat din carieră și depozitat este de $45.876.260 \text{ m}^3$ și ocupă o suprafață de 67 ha. Suprafața finală disponibilă este de 82 ha. Suprafața proiectată a haldei este de 149 ha corespunzătoare unei capacități de stocare de $85.600.000 \text{ m}^3$.

Halda Geamăna.

Suprafața totală proiectată a haldei este de 99 ha din care s-au ocupat până în prezent cca. 26 ha, cu un volum de $6.317.174 \text{ m}^3$ deșeu rezultat din carieră. Suprafața disponibilă este de 73 ha. Capacitatea totală proiectată de depozitare este de $21.250.000 \text{ m}^3$.

Halda Obârșia Muntari

Suprafața totală proiectată a haldei este de 46 ha. S-au depozitat până în prezent $5.300.000 \text{ m}^3$ deșeu de carieră care ocupă o suprafață de 27 ha. Suprafața disponibilă – 19 ha. Capacitatea totală de stocare proiectată este de $10.500.000 \text{ m}^3$.

Iazuri de decantare

Sterilul rezultat în urma procesului de preparare prin flotație a minereului cuprififer este depozitat în iazurile de decantare Valea Șesei și iazul Valea Ștefancei 2 ca și iaz de rezervă.

Iazul Valea Șesei este principalul iaz aflat în funcțiune.

Cota finală a iazului este de 710 m. La această cotă suprafața iazului va fi de 221 hectare. Capacitatea finală de depozitare va fi de 66.000.000 m³.

Volumul depunerilor de steril în iaz de la punerea în funcțiune până în prezent este de 36.033.616 m³ respectiv 55.881.570 t, iar suprafața ocupată la cota actuală este de 167 ha.

Din punct de vedere granulometric sunt reprezentate în majoritate de nisipuri fine, 90%, și nisipuri prăfoase, cu următoarea alcătuire: nisip 30-82%, praf 29-42%, argilă 6-16%, cu treceri spre prafuri nisipoase sau argiloase în proporție de 5-10%;

- greutatea volumetrică variază între 1,55 t/m³ la suprafață și 1,8 t/m³ în adâncime;
- porozitatea variază de la 54,2% la suprafață la 48-50% în adâncime;
- umiditatea se încadrează între 0,76-1% la suprafață scăzând în profunzime la 0,31-0,51%

unde sterilul este uscat și tasat;

- unghiul de taluz natural variază între 35-37° în stare uscată și 28-29° în stare umedă;
- umiditatea la saturație variază între 25,4 și 44,5%.

Toate aceste caracteristici corespund unui material bine consolidat uscat, ușor umed la suprafață și tasat în profunzime.

Sterilul depozitat este alcătuit mineralogic din fragmente de cuarț (30-35%), feldspați potasici (25-30%), clorit (7-8%), illit, sericit (20-25%), biotit (2-3%), și minerale opace 1-4% (pirită, calcopirită, magnetit).

CAPITOLUL V

CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR MINIERE

5.1 Tipuri de deșeuri miniere.

Deșeurile din industria minieră pot fi utilizate ca materiale de construcții și pentru infrastructura căilor de comunicații terestre: drumuri, autostrăzi, Cererea de materiale de construcții provenite din roci naturale a crescut mult în ultimii ani.

Materialele de construcții tradiționale, precum materialele refractare, cimentul, betonul, blocurile de rocă sunt produse din resursele naturale existente.

Utilizarea deșeurilor din cariere ar putea rezolva problemele de mediu cauzate de exploatarea resurselor naturale și a agregatelor de balastieră. Utilizarea deșeurilor miniere poate fi o alternativă cu puternic impact economic asupra costului materialelor de construcție.

5.4. Roci cu umflări și contracții mari.

Rocile cu umflări și contracții mari, reprezintă o mare provocare pentru inginerii minieri, constructori și geotehnicienii din întreaga lume. Costurile asociate daunelor provocate de fenomenele de umflare-contracție a argilelor active asupra construcțiilor se ridică la miliarde de euro anual.

Fenomene repetitive de contracție-umflare a argilelor active pot duce la costuri mari de întreținere a construcțiilor executate pe aceste tipuri de rocă. În unele cazuri poate să existe necesitatea demolării clădirii, atunci când costul reparației depășește valoarea construcției.

5.6 Metode de îmbunătățire a terenului de fundare

Pentru amplasarea construcțiilor și a infrastructurii căilor de comunicații terestre pe roci argiloase propun câteva metode de tratare mecanică, sau chimică a acestor roci.

Aceste metode de tratare mecanică sau stabilizare chimică pot reduce sau elimina complet potențialul de variație de volum a pământurilor cu umflări și contracții mari.

Dintre metodele de tratare îmbunătățire a terenului de fundare amintesc: premezirea rocilor argiloase, controlul umidității, stabilizarea chimică, controlul compactării in situ și utilizarea elementelor de armare.

Rocile argiloase stabilizate cu var în proporție de 3-6%, se utilizează la executarea infrastructurii căilor de comunicații terestre. a terasamentelor pentru drumuri cu trafic redus. Această metodă poate fi întâlnită și în cadrul terasamentelor pentru autostrăzi, platforme industriale, aeroporturi și căi ferate.

Am determinat în laboratorul geotehnic al Universității din Petroșani natura și calitatea rocilor argiloase pe care am propus să le stabilizez.

Am determinat analiza granulometrică, limitele de plasticitate Atterberg, umiditatea, coeficientul de umflare liberă, ponderea de materii organice

În funcție de proprietățile geotehnice pentru rocile analizate se alege tipul de liant.

Fiecare tip de liant este recomandat pentru stabilizarea unei anumite categorii de argilă după cum urmează:

- lianți pe baza de var: pentru roci cu plasticitate mare și foarte mare, cum ar fi argile grase, argile și argile prăfoase.
- lianți pe baza de ciment: pentru roci coezive și slab coezive, cu umflare liberă medie și plasticitate mijlocie sau redusă: prafuri argiloase, prafuri nisipoase argiloase, nisipuri prăfoase, și nisipuri argiloase.

Am ales varianta optimă de liant – procentul minim, pentru care sunt îndeplinite toate cerințele de capacitate portantă și durabilitate.

În România există pericolul de epuizare a resurselor de materii prime, extrase din balastiere și cariere, de aceea a fost necesar să elaborez tehnici și tehnologii care să permită utilizarea pe scară

largă a deșeurilor miniere în construcții. Este necesară utilizarea cât mai completa a resurselor secundare, a deșeurilor miniere și creșterea gradului de revalorificare succesivă a resurselor minerale secundare.

CAPITOLUL VI

CERCETĂRI PRIVIND REȚETE DE DEȘEURI STABILIZATE, STUDII DE CAZ.

În Laboratorul de Analize și Încercări în Construcții al Universității din Petroșani am realizat încercări privind utilizarea deșeurilor miniere ca matriale de construcție.

Tabel 5.7, Caracteristicile mecanice ale probelor de deșeu minier stabilizat cu liant.

Nr. Proba	Varianta de amestec %	Dozaj LIANT la 1m ³ (kg)	Densitate max. uscata g/cm ³	Umiditate optima %	Rezistența la compresiune N/mm ²			
					Rc 3 zile	Rc 7 zile	Rc 14 zile	Rc 28 zile
P1	3,5	66	1,944	14,5	0,45	0,60	0,70	0,87
P2	3	55	1,880	12,0	0,31	0,47	0,60	0,85
P3	3,5	56	1,670	20,5	0,37	0,86	1,10	1,33
P4	3,5	64	1,900	17,2	0,84	1,24	1,55	1,83

6.1 Utilizarea deșeurilor miniere, de la Cupumin, la realizarea betoanelor.

Pentru utilizarea deșeurilor miniere pentru oținerea betoanelor am determinat rezistența la compresiune ale cuburilor de beton realizate din deșeuri miniere și ciment. Încercările au fost realizate în Laboatorul de Analize și Încercări în Construcții. Caracteristicile geomecanice ale betoanelor sunt prezentate în tabelul 5.10.

Tabel 5.10 Caracteristicile geomecanice ale betoanelor realizate.

Nr. crt..	Loc de punere în operă	Nr. Raport de incercare	Nr. probei	Rezistența de rupere la compresiune pe cuburi [MPa][N/mm ²]		Clasa/ Marca beton
				Pe probă	Media [N/mm ²]	
1.	Material iaz	Nr. 106/ 12.09.2017	1	21,5	21,66	C16/20 B250
			2	20,5		
			3	23,0		
2.	Agregate	Nr. 107/ 12.09.2017	1	21,5	21,66	C16/20 B250
			2	20,5		

			3	23,0		
3.	Material iaz	Nr. 108/ 12.09.2017	1	21,5	21,66	C16/20 B250
			2	20,5		
			3	23,0		
4.	Material iaz	Nr. 109/ 12.09.2017	1	21,5	20,0	C16/20 B250
			2	19,5		
			3	20,0		
5.	Agregate	Nr. 110/ 12.09.2017	1	22,5	21,66	C16/20 B250
			2	20,5		
			3	22,0		
6.	Agregate	Nr. 111/ 12.09.2017	1	21,5	22,33	C16/20 B250
			2	22,5		
			3	23,0		
6.	Material halda	Nr. 112/ 12.09.2017	1	21,5	20,33	C16/20 B250
			2	19,5		
			3	20,0		
7.	Material halda	Nr. 113/ 12.09.2017	1	20,5	20,33	C16/20 B250
			2	20,3		
			3	20,1		
8.	Material halda	Nr. 114/ 12.09.2017	1	20,5	20,00	C16/20 B250
			2	19,5		
			3	20,0		
9.	Material halda	Nr. 115/ 12.09.2017	1	20,5	20,4	C16/20 B250
			2	20,5		
			3	20,2		
10.	Material halda	Nr. 116/ 12.09.2017	1	20,5	20,00	C16/20 B250
			2	19,5		
			3	20,0		
11.	Agregate	Nr. 117/	1	20,3	20,30	C16/20

		12.09.2017	2	20,5		B250
			3	20,1		

Tabel 5.12. Caracteristicile mecanice ale betoanelor funcție de densitate, umiditate și dozajul de liant

Nr. Proba	Varianta de amestec %	Dozaj Liant la 1m ³ (kg)	Densitate max. uscata g/cm ³	Umiditate optima %	Rezistența la compresiune N/mm ²			
					Rc 3 zile	Rc 7 zile	Rc 14 zile	Rc 28 zile
P5	3	55	1,850	12,0	0,31	0,47	0,60	0,85
P6	3,5	64	1,920	17,2	0,84	1,24	1,55	1,83

Tabel 5.13 Rezistența de rupere la compresiune monoaxiala pe cuburi.

Nr. crt..	Loc de punere în operă	Nr. Raport de incercare	Nr. probei	Rezistența de rupere la compresiune pe cuburi [MPa][N/mm ²]		Clasa/ Marca beton
				Pe probă	Media [N/mm ²]	
1.	Material iaz	10.06.2017	1	19,5	20,33	C16/20 B250
			2	21,5		
			3	20,0		
2.	Agregate	10.06.2017	1	20,5	20,33	C16/20 B250
			2	19,5		
			3	21,0		
3.	Material Halda	10.06.2015	1	20,5	21,67	C16/20 B250
			2	21,5		
			3	23,0		

CAPITOLUL VII

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII

7.1. CONCLUZII

1. Activitățile miniere sunt de o complexitate deosebită și au impact negativ asupra factorilor de mediu, dar și asupra confortului comunității locale.

2. Activitățile miniere se desfășoară pe perioade îndelungate și afectează arii extinse, iar impactul produs asupra mediului este atât local cât și zonal.

3. Depozitele de steril au fost considerate deșeuri fără posibilitate de utilizare ulterioară.

4. În teză am demonstrat că se poate utiliza sterilul minier pentru obținere materialelor de construcții, iar terenurile ocupate de halde și iazuri pot fi redată ulterior în circuitul natural.

5. Am găsit metode moderne de valorificare a deșeurilor miniere care au un efect pozitiv asupra mediului și asupra climatului economic.

6. Am ales două zone pentru valorificarea deșeurilor miniere.

10. Am realizat cercetări cu privire la mineralogia și compoziția chimică a deșeurilor miniere.

7. Am realizat un studiu de caz pentru Mina Deva

8. Am realizat al doilea studiu de caz pentru SC Cuprumin SA.

8. Am făcut cercetări geotehnice pentru rocile din halde, iazuri și terenurile de fundare pentru cele două locații.

9. Am determinat caracteristicile geomecanice pentru betoanele realizate din agregate de balastieră și de carieră.

10. Am determinat caracteristicile geomecanice pentru betoanele realizate din deșeurile miniere recoltate din halde și iazuri.

11. Am constatat din rezultatele cercetărilor că materialele de construcție obținute din deșeurile miniere au caracteristici geomecanice identice cu cele obținute din agregate naturale.

7.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE

1. Am realizat o analiză a stadiului actual privind depozitele de deșeuri provenite din industria minieră.

2. Am realizat o clasificarea deșeurilor miniere din punct de vedere geotehnic și geomecanic.

3. Am caracterizat din punct de vedere geotehnic deșeurile miniere de la mina Deva și Cuprumin.

4. Am realizat încercări pe probele rocă și matriale de construcție din deșeuri miniere.

5. Am cercetat posibilitatea valorificării deșeurilor în funcție de caracteristicile geotehnice ale acestora.

6. Am realizat două Studii de Caz pentru rocile sterile prelevate din iazuri și hălzi

7. Am identificat posibilitățile de utilizare a fiecărui tip de rocă și deșeu minier, în funcție de caracteristicile geomecanice și condițiile de admisibilitate, privind utilizarea rocilor în construcții;
8. Am cercetat posibilitatea utilizării rocilor din iazuri și hălzi la fabricarea betoanelor.
9. Am cercetat impactul stabilizării cu lianți pe bază de var asupra caracteristicilor geotehnice ale rocilor utilizate la infrastructura căilor de comunicații terestre.
10. Am realizat încercări privind condițiile de admisibilitate, pentru terenurile de fundare stabilizate.
11. Am realizat probe de beton la care materialul de bază a fost sterilul din iazuri și halde.