

# REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

**Titlul: „CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA PARAMETRILOR DE ÎMPUȘCARE ÎN CARIERE, ÎN SCOPUL REDUCERII EFECTULUI SEISMIC”**

**Autor: Ing. Edward Gheorghiosu,  
Conducător științific: Prof.univ.dr.ing. Kovacs Iosif**

**Cuvinte cheie: carieră, explozivi de uz civil, tehnici de împușcare, efect seismic, unde seismice, parametrii de împușcare, viteza particulei**

## CUPRINS

	INTRODUCERE .....	6
CAPITOLUL I	EXPLOZIVI DE UZ CIVIL .....	7
	1.1. Noțiuni generale .....	7
	1.2. Compoziția explozivilor .....	8
	1.3. Caracteristicile explozivilor utilizați în cariere .....	9
	1.4. Clasificarea explozivilor .....	12
	1.5. Explozivi utilizați în cariere în exploatările miniere la zi.....	13
	1.6. Mijloace de inițiere a explozivilor .....	20
CAPITOLUL II	NOȚIUNI DE MECANICA ROCILOR ȘI MECANISMUL SFĂRÂMĂRII ROCILOR PRIN EXPLOZIE .....	27
	2.1. Caracteristici fizice ale rocilor .....	27
	2.2. Caracteristici mecanice ale rocilor .....	28
	2.3. Mecanismul sfărâmării rocilor prin explozie .....	30
CAPITOLUL III	TEHNICI DE ÎMPUȘCARE UTILIZATE ÎN EXPLOATĂRILE MINIERE LA ZI .....	35
	3.1. Principii de bază pentru întocmirea schemelor de împușcare...	35
	3.2. Definiția și stabilirea parametrilor de forare-împușcare .....	37
	3.3. Modul de inițiere și intervalul de întârziere .....	42
	3.4. Metode de împușcare folosite în cariere .....	43
CAPITOLUL IV	EFFECTUL SEISMIC GENERAT DE LUCRĂRILE DE ÎMPUȘCARE DIN EXPLOATĂRILE MINIERE LA ZI .....	54
	4.1. Unde seismice produse de împușcările din exploatările miniere la zi .....	54
	4.2. Metode de evaluare a efectului seismic .....	60
	4.3. Echipamente utilizate la monitorizarea parametrilor ce caracterizează undele seismice .....	68
	4.4. Soluții tehnice pentru reducerea efectului seismic asupra obiectivelor din apropierea exploatărilor miniere la zi .....	71
CAPITOLUL V	CERCETĂRI PRIVIND EFECTUL SEISMIC GENERAT DE LUCRĂRI DE ÎMPUȘCARE DIN EXPLOATĂRILE MINIERE LA ZI .....	74
	5.1. Cercetări privind efectul seismic generat de lucrările de împușcare efectuate în Cariera Ilba Corniș – județul Maramureș	74

	5.2. Cercetări privind efectul seismic generat de lucrările de împușcare efectuate în Cariera Măgura Feredeului – județul Hunedoara .....	97
	5.3. Cercetări privind efectul seismic generat de lucrările de împușcare efectuate în Cariera Malu Roșu – județul Dâmbovița ..	123
CAPITOLUL VI	CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE.....	148
	Concluzii generale .....	148
	Contribuții personale .....	155
	Direcții de cercetare.....	156
	BIBLIOGRAFIE .....	157

Utilizarea explozivilor de uz civil la lucrările de împușcare din cariere, generează unde seismice care pot avea un impact negativ asupra mediului înconjurător, obiectivelor civile și industriale din apropiere (clădiri, drumuri, instalații tehnologice etc).

La detonarea unei încărcături de exploziv într-un mediu omogen nelimitat, distingem zone cu efecte diferite ale influenței fenomenului exploziei.

În primele zone propagarea undelor generate de explozie duce la sfârâmarea, ruperea, dislocarea și fisurarea masivului, iar în zona extremă, la apariția unor deformații elastice, respectiv a unor oscilații ale terenului a căror principali parametri se recomandă a fi monitorizați prin măsurători directe.

Pentru a putea desfășura o activitate cu impact cât mai redus asupra mediului înconjurător, operatorul economic care efectuează lucrări de împușcare în carieră, trebuie să aplice măsuri tehnice care să asigure protecția obiectivelor civile/industriale din arealul apropiat efectuării acestor lucrări.

Stabilirea măsurilor care să conducă la menținerea stabilității și integrității obiectivelor, precum și la protecția mediului înconjurător are la bază un proces de evaluare a seismului, care evidențiază efectele posibile produse asupra arealului limitrof.

Evaluarea efectului seismic se poate realiza prin monitorizarea unor parametri care caracterizează undele seismice produse de exploziile din cariere cum sunt: frecvența oscilațiilor, amplitudinea deplasării, viteza oscilațiilor particulelor solului, accelerația oscilațiilor, durata de manifestare a acestora. Valorile parametrilor monitorizați sunt corelate cu grade de influență / grade de intensitate seismică / grade de deteriorare și efectele seimice asupra obiectivelor, oamenilor, mediului înconjurător, corespunzătoare fiecărui nivel.

Lucrarea descrie rezultatele cercetărilor efectuate pentru menținerea intensității undelor seismice generate de lucrările de împușcare din cariere, la un nivel nepericulos din punct de vedere seismic, în scopul asigurării seismoprotecției obiectivelor civile / industriale din arealul limitrof.

În capitolul I, se prezintă categoriile de produse folosite la ora actuală în cariere, care intră sub denumirea generică de explozivi de uz civil, respectiv explozivi propriu-ziși cum sunt explozivii de tip dinamică, de tip gel/hidrogel, de tip ANFO și emulsii, mijloace de inițiere cum sunt capsele detonante pirotehnice, electrice, electronice și neelectrice, fitile detonante și încărcături unitare de tip buster.

Analiza caracteristicilor tehnice a tipurilor de explozivi de uz civil care sunt descrise în acest capitol, sunt prezentate la nivel de detaliu, ceea ce a permis identificarea proprietăților explozivilor de uz civil care pot avea influență în dezvoltarea efectului seismic, dintre care sunt menționate viteza de detonație a explozivilor, forța explozivului (energia specifică), căldura de explozie, puterea explozivilor în echivalent TNT.

În cazul mijloacelor de inițiere, se subliniază faptul că dintre capsele detonante utilizate ca mijloace de inițiere a explozivilor, capsele detonante electronice sunt produsele care asigură cel mai bine efectuarea unei împușcări secvențiale conform celei proiectată, însă costul ridicat face ca utilizarea acestora să fie redusă.

În general, cele mai întâlnite mijloace de inițiere folosite la realizarea schemelor de împușcare sunt componentele sistemului de inițiere neelectric, care oferă posibilitatea realizării unor scheme de împușcare care să fie aplicate funcție de cerințele tehnice.

În capitolul II sunt descrise caracteristicile fizice ale rocilor în care se efectuează lucrări de împușcare precum și caracteristicile mecanice ale rocilor, proprietăți fundamentale pentru determinarea parametrilor tehnicii de împușcare.

De asemenea este prezentat mecanismului de sfărâmare al rocii prin evidențierea zonelor de influență e exploziilor, inclusiv momentul în care apar undele seismice, care sunt determinate de cantitatea de exploziv care se împușcă instantaneu / treaptă de întârziere. Sunt precizate efectele detonării explozivului în găurile de împușcare, accentuând faptul că energia dezvoltată produce o varietate de efecte dintre care unele reprezintă lucru mecanic util, altele sunt consecințe nedorite.

Dintre efectele dorite au fost identificate deplasarea unui volum predeterminat de rocă, fragmentarea rocii la granulometria avută în vedere și derocarea rocilor la o anumită distanță față de poziția inițială.

Dintre consecințele nedorite sunt amintite vibrațiile mediului, suprapresiune în frontul undei de șoc, spargerea excesivă a rocii, împrăștierea (aruncarea) excesivă a rocilor, fracturi și deformări ireversibile în rocă.

În capitolul III cuprinde principiile care stau la baza întocmirii schemelor de împușcare principiale, definirea și modul de stabilire a parametrilor tehnicilor de împușcare precum și tehnici de împușcare aplicate în cariere.

Sunt menționate toate aspectele tehnice care pot influența rezultatul unei lucrări de împușcare efectuate într-o carieră și se reliefează necesitatea realizării proiectării împușcării, în cadrul căreia se analizează toate informațiile necesare, acțiune care conduce la atingerea obiectivelor anterior stabilite efectuării lucrărilor de derocare cu ajutorul explozivilor de uz civil.

La proiectarea împușcării sunt determinați toți parametrii geometrici și de amplasare ai găurilor de împușcare, tipul explozivului ce va fi utilizat și modul de încărcare a acestuia în găurile de împușcare, schema de întârziere, durata seismului, etc.

Parametrii necesari de determinat la proiectarea unei împușcării sunt: înălțimea și înclinarea taluzului treptei, diametrul și înclinarea găurii, linia de rezistență la vatră (anticipantă), lungimea și subadâncirea găurii forate, distanța dintre găurile aceluiasi rând și dintre rândurile de găuri, construcția explozivă / distribuția explozivului în gaură, lungimea burajului și secvențele împușcării încărcăturilor. La proiectarea și stabilirea acestor parametrii trebuie acordată atenția cuvenită pericolelor care pot să apară la împușcare și anume: undelor seismice induse în terenul înconjurător undele aeriene de soc și aruncarea rocilor.

Capitolul IV este alocat studierii efectului seismic produs de lucrările de împușcare din exploatarea miniere la zi, caracterizat prin două tipuri principale de unde seismice: unde de volum și unde de suprafață. Undele de volum se propagă prin interiorul pământului și pot fi de două tipuri: P și S iar undele de suprafață se propagă doar în apropierea suprafeței terenului și pot fi de tip Rayleigh și Love. Undele de suprafață rezultă din interacțiunea undelor de volum cu suprafața terenului.

Totodată sunt descrise și caracteristicile tipurilor de undelor seismice, viteza cu care se propagă în masiv și mișcările ce le imprimă particulelor mediului pe care acestea le traversează.

Este evidențiat și modul de transmitere a energiei în masiv unde se remarcă faptul că 40 % din energia distribuită sub formă de vibrații ale mediului și doar aproximativ 20 % pentru lucru mecanic efectuat la derocare.

Parametrii care caracterizează unda seismică care sunt: amplitudinea deplasării; viteza oscilațiilor particulelor solului; accelerația oscilațiilor; frecvența oscilațiilor; durata oscilațiilor.

Capitolul cuprinde metodele de evaluarea efectului seismic și cuprinde o descriere a echipamentului specific, utilizat la măsurătorile seismice.

Soluțiile tehnice de reducere a efectului seismic sunt enumerate în ultimul subcapitol și constă din stabilirea unei distanțe corecte de siguranță dintre fronturile de împușcare din cariere și obiectivele de protejat, limitarea încărcăturii explozive; orientarea frontului de împușcare perpendicular față de obiectiv, efectuarea de împușcări secvențiale cu intervale de întârziere și cantități de exploziv corect stabilite; crearea de suprafețe de discontinuitate, împușcare în mediu comprimat, reducerea duratei de generare a undelor seismice; utilizarea unui număr de maxim 5 intervale consecutive cu întârziere constantă;

Algoritmul de calcul care este utilizat în prelucrarea informațiilor obținute la împușcările monitorizate, care are la bază evaluarea efectului seismic prin monitorizarea parametrului viteza de oscilație a particulei, se regăsește desfășurat în acest capitol.

În capitolul V sunt prezentate cercetările efectuate concretizate prin evaluarea efectului seismic generat de lucrările de împușcare efectuate în trei cariere și soluțiile adoptate pentru menținerea intensității undelor seismice la un nivel de risc, care nu prezintă pericol pentru integritatea și stabilitatea clădirilor civile/industriale din apropierea exploatărilor miniere la zi.

Cercetările întreprinse au fost desfășurate în etape distincte structurate după cum urmează:

- Monitorizarea seismică a lucrărilor de împușcare realizată prin măsurarea vitezei particulelor solului;
- Evaluarea rezultatelor și procesarea informațiilor;
- Stabilirea și aplicarea unor măsuri tehnice adecvate;

Soluțiile adoptate care au constat din cercetarea efectului seismic prin prisma parametrului viteza particulei în condițiile utilizării unor explozivi / construcții explozive cu caracteristici și potențiale energetice diferite, de reducere a cantității de exploziv detonată, (în echivalent TNT )/ treaptă de întârziere, împreună cu reducerea duratei de generare a undelor seismice, au condus la reducerea intensității undelor seismice.

Cercetările întreprinse au permis fundamentarea unor modele cadru pentru realizarea schemelor de împușcare, care respectă restricțiile seismice și care asigură seismoprotecția obiectivelor din vecinătatea carierelor.

În capitolul VI se prezintă detaliat concluziile generale, contribuțiile personale și direcțiile de cercetare după cum urmează:

- contribuții personale:

1. Efectuarea unei vaste documentări a literaturii de specialitate referitoare la : tipuri de explozivi de uz civil utilizați la derocări în exploatările miniere la zi și caracteristicile acestora; metode și criterii aplicate în țară și străinătate pentru evaluarea efectului seismic generat de lucrările de împușcare din cariere; mecanismul sfărâmării rocilor prin explozie, modul de transmitere a energiei în rocă ca urmare detonării unei încărcături de exploziv amplasată într-un masiv care se dorește dislocat; parametrii ce caracterizează undele seismice; echipamente care să monitorizeze și să înregistreze valorile parametrilor pe baza cărora să fie apreciat efectul seismic.

2. Identificarea pe planul de situație al carierei a locațiilor de împușcare (fronturile de împușcare), și stabilirea locațiilor de măsurare, care au fost amplasate în punctele de maxim interes, la obiectivele aflate în arealul limitrof.

3. Efectuarea măsurătorilor privind viteza de oscilație a particulelor solului și evaluarea rezultatelor obținute, acțiune care a conturat o imagine a impactului lucrărilor de împușcare asupra obiectivelor și mediului.

4. Identificarea de soluții tehnice aplicabile care au constat din: reducerea/creșterea cantităților de exploziv care se împușcă instantaneu / treaptă de întârziere, stabilite la diferite distanțe dintre fronturile de împușcare și obiectivele ce trebuie seismoprotejate; limitarea numărului treptelor de întârziere la maxim 6 (5 intervale de întârziere), în cazul utilizării unui interval de întârziere constant între grupurile de găuri detonate succesiv; reducerea duratei împușcării fronturilor de lucru; reducerea numărului de găuri de împușcare; creșterea numărului de găuri de împușcare detonate/treaptă de întârziere;

5. Determinarea cantităților de exploziv care se împușcă instantaneu / treaptă de întârziere, la diferite distanțe dintre fronturile de împușcare și obiectivele ce trebuie seismoprotejate, realizată

prin prelucrare statistică a perechilor de valori ale distanței reduse și vitezei oscilațiilor particulelor solului, măsurate la împușcările anterioare, luând în calcul cantitățile de exploziv utilizate.

6. Elaborarea modelelor de stabilire a încărcăturii explozive maxime a se împușca pe treaptă de întârziere, funcție de ordinea treptelor de întârziere, durata împușcării, distanțele dintre fronturile care se împușcă și obiectivele de protejat, astfel încât să fie respectate restricțiile privind cantitățile de explozivi, pentru asigurarea protecției seismice a obiectivelor civile/industriale.

7. Reevaluarea efectului seismic ca urmare a implementării soluțiilor tehnice stabilite și constatarea importanței aplicării acestora.

Lucrarea este desfășurată se întinde pe 160 de pagini conține 86 de figuri, 39 de tabele, respectiv 70 de relații de calcul și este structurată în șase capitole, are introducere, concluzii finale, prezintă contribuțiile personale și direcții de cercetare.

Bibliografia cuprinde 80 de titluri, din care la 14 reprezintă referințe în care doctorandul este menționat în prima poziție, dintre acestea 7 reprezentând articole publicate ca prim autor, respectiv 5 reprezentând lucrări publicate fiind coautor.

Lucrarea este redactată în conformitate cu cerințele unei lucrări de doctorat, prezentând elemente de originalitate.