

# Zaštita od miniranja

Suzana Lutovac, Miloš Gligorić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Zaštita od miniranja | Suzana Lutovac, Miloš Gligorić | | 2024 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008654>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO – GEOLOŠKI FAKULTET



# ZAŠTITA OD MINIRANJA

**Dr Suzana Lutovac**  
**Dr Miloš Gligorić**

Beograd, 2024. god.

UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO – GEOLOŠKI FAKULTET



# **ZAŠTITA OD MINIRANJA**

**Dr Suzana Lutovac**  
**Dr Miloš Gligorić**

Beograd, 2024. god.



dr Suzana Lutovac, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet

dr Miloš Gligorić, docent  
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet

## ZAŠTITA OD MINIRANJA

Recenzenti:

dr Rade Tokalić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet

dr Branko Gluščević, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet

Izdavač:

UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO – GEOLOŠKI FAKULTET  
Đušina 7, 11120 Beograd

Za izdavača:

Dekan Rudarsko – geološkog fakulteta  
dr Biljana Abolmasov, redovni profesor

Glavni i odgovorni urednik:

dr Zoran Gligorić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet

Štampa: Akademska izdanja, Zemun

Tiraž: 150 primeraka

ISBN 978-86-7352-397-2

Odobreno za štampu od strane Nastavno – naučnog veća Rudarsko – geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu odlukom br. 8/11 od 04.03.2024. godine.

Preštampavanje, umnožavanje, fotokopiranje ili reprodukcija cele knjige ili nekih njenih delova nije dozvoljena.



## PREDGOVOR

Udžbenik „Zaštita od miniranja” napisan je u skladu sa nastavnim programom za predmet Zaštita od miniranja, koji se izučava na Rudarsko – geološkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu. Ovaj predmet slušaju studenti IV godine studijskog programa Rudarskog inženjerstva – modula Podzemna gradnja, kao i studenti IV godine studijskog programa Zaštita životne sredine.

Energija eksploziva po svojoj formi ima destruktivan rušilački karakter, ali je danas primena energije hemijskih eksploziva tako usavršena da korisno služi ljudskim potrebama. Razvoj proizvodnih kapaciteta uslovio je da se pri miniranju upotrebljavaju velike količine eksploziva, što dovodi do poboljšanja tehničko – ekonomskih pokazatelja, ali i do povećanja negativnih efekata koji prate radove na miniranju. Pod negativnim efektima miniranja podrazumevamo seizmičko dejstvo miniranja, dejstvo vazdušnog talasa, zvučni efekat, razbacivanje odminirane stenske mase, pojavu štetnih gasova koja nastaje kao posledica miniranja itd. Dobro poznavanje eksploziva i odgovarajući način izvođenja miniranja, omogućava nam da poboljšamo tehničko – ekonomske pokazatelje eksploatacije, a negativne efekte miniranja svedemo u granice dozvoljenih vrednosti.

Udžbenik ima šest poglavlja, koja obuhvataju: eksplozive i sredstva za iniciranje, transport i smeštaj eksploziva, uslove za izvođenje minerskih radova, potrebe koji nastaju kao posledica miniranja, procenu šteta od miniranja i model određivanja jednačine oscilovanja stenske mase, koja nam daje mogućnost efikasne kontrole potresa.

Koristimo ovu priliku da se zahvalimo uredniku prof. dr Zoranu Gligoriću, kao i recenzentima prof. dr Radetu Tokaliću i prof. dr Branku Gluščeviću na savesnom pregledu rukopisa, objektivnoj oceni i sugestijama. Posebnu zahvalnost dugujemo prof. dr Slobodanu Trajkoviću (1949 – 2024) na nesebičnoj pomoći, predlozima i ustupljenoj literaturi.

Udžbenik „Zaštita od miniranja” će prvenstveno služiti studentima Rudarsko – geološkog fakulteta, ali se nadamo da će naći put i do rudarskih inženjera, kao i do inženjera drugih struka u praksi.

Beograd, 2024. godine

*Autori*



## SADRŽAJ

<b>1. EKSPLOZIVI I SREDSTVA ZA INICIRANJE .....</b>	<b>1</b>
1.1 EKSPLOZIVI – OSNOVNE DEFINICIJE.....	1
1.2 PODELA EKSPLOZIVA .....	3
1.3 RUDARSKI EKSPLOZIVI .....	5
<b>1.3.1 Deflagrantni eksplozivi .....</b>	<b>5</b>
1.3.1.1 Crni barut.....	5
<b>1.3.2 Brizantni eksplozivi .....</b>	<b>6</b>
1.3.2.1 Prosti brizantni eksplozivi.....	7
1.3.2.1.1 Nitroglicerina .....	7
1.3.2.1.2 Nitroglikol.....	8
1.3.2.1.3 Nitroceluloza.....	8
1.3.2.1.4 Pentrit (nitropentaeritrit) .....	9
1.3.2.1.5 Heksogen.....	9
1.3.2.1.6 Trotil (trinitrotoluol).....	9
1.3.2.1.7 Tetril (tetranitrometilanilin).....	10
1.3.2.1.8 Amonijum – nitrat .....	10
1.3.2.1.9 Inicijalni eksplozivi.....	11
1.3.2.2 Složeni brizantni eksplozivi.....	12
1.3.2.2.1 Amonijumnitratski eksplozivi opšte namene .....	13
1.3.2.2.2 Emulzioni eksplozivi.....	18
1.3.2.2.3 Amonijumnitratski poluplastični eksplozivi.....	19
1.3.2.2.4 Nitroglicerinski plastični eksplozivi opšte namene.....	20
1.3.2.2.5 Metanski sigurnosni eksplozivi.....	22
1.4 SISTEMI ZA INICIRANJE EKSPLOZIVA .....	23
<b>1.4.1 Sistem za iniciranje eksploziva otvorenim plamenom.....</b>	<b>24</b>
1.4.1.1 Detonatorska (rudarska) kapisla .....	24
1.4.1.2 Sporogoreći štapin.....	26



1.4.1.3 Sredstva za iniciranje sporogorećeg štapina.....	28
<b>1.4.2 Iniciranje detonirajućim štapinom .....</b>	<b>29</b>
<b>1.4.3 Električni sistem iniciranja.....</b>	<b>31</b>
1.4.3.1 Električni detonatori .....	32
1.4.3.1.1 Vrste električnih detonatora .....	34
1.4.3.2 Mašine za električno paljenje, provodnici struje i merno – kontrolni aparati.....	38
<b>1.4.4 Sistem neelektričnog načina iniciranja eksploziva – iniciranje detonacionim cevčicama sa reaktivnom smešom .....</b>	<b>39</b>
<b>1.4.5 Pojačivači impulsa – busteri .....</b>	<b>44</b>
1.4.5.1 Presovani pojačivači.....	45
1.4.5.2 Liveni pentolitski pojačivači .....	46
<b>2. TRANSPORT I SMEŠTAJ EKSPLOZIVA.....</b>	<b>49</b>
2.1 EKSPLOZIVNE MATERIJE – USLOVI SKLADIŠTENJA.....	49
2.2 TRANSPORT OPASNIH MATERIJIA .....	53
2.2.1 Pakovanje opasnih materija.....	54
2.2.2 Utovar, prevoz i istovar opasnih materija.....	54
2.2.3 Posebne mere bezbednosti za prevoz eksplozivnih materija .....	57
2.2.3.1 Posebne mere bezbednosti za prevoz u drumskom saobraćaju.....	59
2.2.3.2 Posebne mere bezbednosti za prevoz u železničkom saobraćaju .....	61
2.2.3.3 Posebne mere bezbednosti za prevoz na unutrašnjim plovnim putevima i u pomorskom saobraćaju.....	61
2.2.3.4 Posebne mere bezbednosti za prevoz u vazdušnom saobraćaju.....	62
2.2.3.5 Posebne mere bezbednosti za prevoz u poštanskom saobraćaju.....	63
2.2.4 Nadzor.....	63
2.3 SMEŠTAJ EKSPLOZIVA I EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA .....	63
2.4 VRSTE SKLADIŠTA ZA SMEŠTAJ EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA .....	66
2.5 USLOVI OPREMANJA MAGACINA I SMEŠTAJ EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA .....	77
2.6 EVIDENCIJA I KONTROLA EKSPLOZIVA .....	79



2.7 TRANSPORT I PRENOS EKSPLOZIVA OD MAGACINA DO RADILIŠTA.	80
2.7.1 <i>Transport za radilišta na površini</i> .....	80
2.7.2 <i>Transport za potrebe jame</i> .....	80
2.8 ODREĐIVANJE SIGURNOSNIH RASTOJANJA ZA NADZEMNE OBJEKTE	83
2.8.1 <i>Sigurnosna rastojanja od objekata za smeštaj eksplozivnih sredstava materija I razreda</i> .....	84
2.8.2 <i>Sigurnosna rastojanja od objekata za smeštaj eksplozivnih sredstava materija II razreda</i> .....	87
<b>3. USLOVI ZA IZVOĐENJE MINERSKIH RADOVA</b> .....	<b>91</b>
3.1 AKTIVIRANJE MINA.....	91
3.1.1 <i>Priprema za miniranje</i> .....	91
3.1.2 <i>Aktiviranje mina sporogorećim štapinom sa detonatorskom kapislom</i> .....	92
3.1.3 <i>Aktiviranje mina pomoću detonirajućeg štapina</i> .....	94
3.1.4 <i>Aktiviranje mina pomoću elektrodetonatora</i> .....	94
3.1.5 <i>Aktiviranje mina pomoću sistema sa reaktivnom smešom</i> .....	97
3.1.6 <i>Postupak za vreme aktiviranja i posle aktiviranja mina</i> .....	99
3.2 USLOVI IZVOĐENJA MINIRANJA U PODZEMNOJ EKSPLOATACIJI ....	101
3.2.1 <i>Miniranje pod specijalnim uslovima</i> .....	108
3.2.1.1 <i>Miniranje u sredinama sa pojavom metana ili eksplozivne ugljene prašine</i> .....	109
3.2.1.2 <i>Miniranje u rudnicima soli</i> .....	113
3.2.1.3 <i>Miniranje u jamama sa opasnom sulfidnom prašinom</i> .....	114
3.2.1.4 <i>Miniranje u jamama za eksploataciju uljnih škriljaca</i> .....	114
3.2.1.5 <i>Miniranje pri izradi okna</i> .....	115
3.2.1.6 <i>Miniranje u kesonima i u sredini sa komprimovanim vazduhom</i> .....	116
3.2.1.7 <i>Miniranje u sredinama sa pojavom gorskih udara i prodora gasova</i> .....	117
3.2.1.8 <i>Miniranje za potrebe gašenja i izolaciju jamskih požara</i> .....	120
3.2.1.9 <i>Miniranje pri izradi podzemnih prostorija kroz veštački zamrznutu sredinu</i> .....	121



3.2.1.10	<i>Miniranje pri usitnjavanju krupnih blokova – sekundarno miniranje.</i>	121
3.2.1.11	<i>Miniranje pri eksploataciji nafte i zemnog gasa.....</i>	122
3.3	USLOVI IZVOĐENJA MINIRANJA U POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI .	124
3.3.1	<i>Miniranje minskim bušotinama malog prečnika.....</i>	124
3.3.2	<i>Miniranje minskim bušotinama velikog prečnika .....</i>	125
<b>4.</b>	<b>POTRESI KAO POSLEDICA MINIRANJA .....</b>	<b>129</b>
4.1	DETONACIONI TALAS .....	129
4.1.1	<i>Činioci koji utiču na brzinu detonacije .....</i>	<i>130</i>
4.2	MEHANIZAM RAZARANJA STENA EKSPLOZIVOM .....	131
4.3	DEJSTVO EKSPLOZIJE NA POVRŠINU .....	133
4.4	DEJSTVO EKSPLOZIJE NA STENSKU MASU .....	136
4.5	PRIRODNI SEIZMIČKI UDARI – ZEMLJOTRESI.....	138
4.5.1	<i>Skale za određivanje jačine zemljotresa .....</i>	<i>140</i>
4.6	PRIRODA SEIZMIČKIH TALASA .....	144
4.7	PARAMETRI OSCILOVANJA STENSKE MASE.....	150
4.8	REGISTROVANJE I OBRADA PODATAKA .....	153
4.9	ČINIOCI KOJI UTIČU NA INTENZITET SEIZMIČKIH POTRESA .....	156
4.9.1	<i>Uticaj energije seizmičkih talasa .....</i>	<i>156</i>
4.9.2	<i>Osobine stenskog materijala kroz koji prolazi seizmički talas.....</i>	<i>158</i>
4.9.3	<i>Uticaj rastojanja od centra eksplozije na seizmičke potrese.....</i>	<i>162</i>
4.9.3.1	<i>Promena intenziteta potresa sa dubinom .....</i>	<i>164</i>
4.9.4	<i>Uticaj intervala usporenja iniciranja na intenzitet seizmičkih potresa.....</i>	<i>165</i>
4.10	INSTRUMENTI ZA REGISTROVANJE SEIZMIČKIH EFEKATA MINIRANJA.....	168
4.10.1	<i>Opis seizmografa tipa Sprengmeter .....</i>	<i>168</i>
4.10.2	<i>Opis seizmografa tipa Vibraloc.....</i>	<i>170</i>
4.10.3	<i>Organizacija terenskih merenja.....</i>	<i>172</i>
<b>5.</b>	<b>PROCENA ŠTETA OD MINIRANJA .....</b>	<b>175</b>
5.1	KRITERIJUMI ZA OCENU POTRESA OD MINIRANJA .....	176



5.1.1 Kriterijumi u Ruskoj Federaciji – IFZ Akademije nauka Rusije.....	176
5.1.2 Kriterijumi u Nemačkoj .....	179
5.1.3 Kriterijumi u Sjedinjenim Američkim Državama .....	181
5.1.4 Kriterijumi u Švedskoj.....	181
5.1.5 Kriterijumi u Poljskoj.....	182
5.1.6 Kriterijumi u Francuskoj.....	183
5.1.7 Kriterijumi u Japanu.....	184
5.1.8 Kriterijumi u Kanadi .....	184
5.1.9 Kriterijumi u Austriji.....	184
5.1.10 Kriterijumi u Češkoj.....	185
5.1.11 Kriterijumi po Zelleru .....	185
5.1.12 Kriterijumi po H.W. Kochu.....	186
5.2 ZAŠTITA RUDARSKIH OBJEKATA OD SEIZMIČKOG DEJSTVA.....	187
5.3 BEZBEDONOSNA RASTOJANJA PRI MINIRANJU.....	190
5.3.1 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja usled potresa.....</i>	<i>191</i>
5.3.1.1 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja usled potresa uz primenu empirijskih formula .....</i>	<i>191</i>
5.3.1.2 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja uz primenu merenja .....</i>	<i>197</i>
5.3.1.2.1 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja uz primenu merenja na PK „Kovilovača“ .....</i>	<i>198</i>
5.3.2 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja usled razletanja komada .....</i>	<i>204</i>
5.3.3 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja usled vazdušnih udara.....</i>	<i>211</i>
5.3.3.1 <i>Mere za smanjenje vazdušnih udara .....</i>	<i>217</i>
5.3.3.2 <i>Prikaz rezultata merenja vazdušnog udara .....</i>	<i>219</i>
5.3.4 <i>Određivanje bezbedonosnih rastojanja usled dejstva gasova pri miniranju .....</i>	<i>223</i>
<b>6. JEDNAČINA OSCILOVANJA STENSKE MASE.....</b>	<b>227</b>
6.1 IZVOĐENJE JEDNAČINE OSCILOVANJA STENSKE MASE .....	227
6.1.1 <i>Izvođenje jednačine oscilovanja stenske mase – I način .....</i>	<i>227</i>
6.1.2 <i>Izvođenje jednačine zakona oscilovanja stenske mase – II način.....</i>	<i>228</i>



6.1.3 Svojstvo jednačine oscilovanja stenske mase .....	231
6.2 MODELI ODREĐIVANJA PARAMETARA JEDNAČINE OSCILOVANJA STENSKE MASE .....	232
6.2.1 Model 1 – Određivanje parametara uz primenu metode najmanjih kvadrata .....	232
6.2.2 Model 2 – Određivanje parametara uz primenu količnika proizvoda jednakog broja eksperimentalnih podataka brzine oscilovanja i odgovarajućih redukovanih rastojanja .....	233
6.2.3 Model 3 – Određivanje parametara uz primenu Lagranžove teoreme.....	234
6.2.4 Model 4 – Određivanje parametara uz primenu količnika relativnih priraštaja brzina oscilovanja i redukovanih rastojanja .....	237
6.2.5 Model 5 – Pojednostavljen model određivanja parametara uz usvajanje vrednosti parametra $n$ .....	239
6.3 DEFINISANJE STATISTIČKIH KRITERIJUMA .....	240
6.3.1 Kriterijumi za proveru matematičkog oblika aproksimativne krive .....	240
6.4 PRIKAZ MASOVNIH MINIRANJA NA PK “DRENOVAC” .....	242
6.4.1 Opšte karakteristike radne sredine PK “Drenovac” .....	242
6.4.2 Način izvođenja miniranja na PK “Drenovac”.....	243
6.4.3 Proračun parametara jednačine oscilovanja stenske mase na PK “Drenovac” .....	244
<b>LITERATURA .....</b>	<b>259</b>