Štetni utjecaji eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš

Ružić, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:280819

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-19**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

Štetni utjecaji eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš

Ružić, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:280819

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-10-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Matea Ružić

Štetni utjecaji eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Štetni utjecaji eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš

KANDIDAT:
MATEA RUŽIĆ

MENTOR:
Prof. dr. sc. JOSIP MESEC

VARAŽDIN, 2018.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ŠTETNI UTJECAJI EKSPLOATACIJE MINERALNIH SIROVINA NA OKOLIŠ

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof. dr. sc. Josipa Meseca.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 4.9.2018.

Matea Ružić

(Ime i prezime)

Matea Ružić

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK:

Eksploatacija mineralnih sirovina jedna je od najdugotrajnijih čovjekovih djelatnosti koja pridonosi svekolikom razvoju i napretku čovječanstva. Rude su nacionalno blago i neobnovljivi resurs, a rudarstvo je opsežna i kompleksna grana tehnike, bez koje je nezamisliv opstanak civilizacije. Ipak, kopanje ruda može razorno djelovati na tlo, reljef, biljni i životinjski svijet i posredno mijenjati izvorne cjelovite i prepoznatljive slike krajolika. U nekim slučajevima eksploatacijom se narušavaju i prvobitni ekosustavi, a po završetku eksploatacije tlo je često izmijenjeno i osiromašeno. Proces prirodne obnove otkopanog prostora je spor, a ponekad i nemoguć, zato je koncesionar dužan ubrzati proces obnove tehničkim ili biološkim zahvatima.

Ključne riječi: mineralne sirovine, eksploatacija, tehnički i biološki zahvati

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Mineralne sirovine i okoliš 2
2.1. Okoliš 2
2.2. Mineralne sirovine 4
2.2.1. Energetske mineralne sirovine 6
2.2.2. Mineralne sirovine za industrijsku preradu 11
2.2.3. Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala 13
2.2.4. Arhitektonsko – građevni kamen 15
2.2.5. Mineralne sirovine kovina 17
3. Površinska eksploatacija mineralnih sirovina 19
3.1. Vrste površinskih kopova 20
3.2. Načini eksploatacije 24
3.2.1. Strojno dobivanje 25
3.2.2. Miniranje 35
4. Štetan utjecaj površinske eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš 38
5. Prenamjena (sanacija ili rekultivacija) površinskih kopova 54
5.1. Općenito 54
5.2. Primjer izvedene prenamjene otkopanog prostora 55
6. Zaključak 57
Literatura 58

Popis slika

Slika 1 Okoliš [2] 2
Slika 2 Pregledna karta ležišta i pojava mineralnih sirovina RH [6] 5
Slika 3 Prirodni izvor nafte u Paklenici [8] 7
Slika 4 Deepwater Horizon [10] 8
Slika 5 INA-ino postrojenje za vađenje plina Centralna plinska stanica Molve [11] 9
Slika 6 Napuštena kuća u Černobilskoj zoni - Zoni otuđenosti [12] 10
Slika 7 Grafit [13] 11
Slika 8 Dijamant [16] 12
Slika 9 Safir [17] 12
Slika 10 Akvamarin [18] 12
Slika 11 Opal [19] 12
Slika 12 Malahit [20] 12
Slika 13 Ametist [21] 12
Slika 14 Prikaz ležišta tehničko – građevnog kamena Bijeli vir [22] 13
Slika 15 Kineski zid [23] 14
Slika 16 Kamenolom arhitektonsko - građevnog kamena - Sivac [24] 15
Slika 17 Vrste granita [26] 16
Slika 18 Vrste mramora [27] 17
Slika 19 Lokalitet ležišta kremenog pijeska 'Štefanac' [31] 20
Slika 20 Eksploatacijsko polje kremenog pijeska 'Štefanac' [32] 21
Slika 21 Duboki kop Bingham Canyon [33] 21
Slika 22 Kamenolom Crevoladossola, Italija [34] 22
Slika 23 Arco della Pace, Milan [35] 22
Slika 24 Brdsko - dubinski kop Fimiston [36] 23
Slika 25 Površinski kop Fimiston slikan iz svemira [36] 23
Slika 26 Brdsko - dubinski kamenolom Sivac – Sivac jug [37] 24
Slika 27 Bager sa visinskom lopatom [39] 27
Slika 28 Bager s dubinskom lopatom [39] 28
Slika 29 Bager dreglajn [39] 29
Slika 30 Princip kopanja skreperske posude [39] 30
Slika 31 Bager grabilica [39] 31

Slika 32 Rotorni bager [39] 32
Slika 33 Bager vedričar [39] 34
Slika 34 Zone djelovanja eksplozije u stijeni [4] 36
Slika 35 Minske bušotine prema smjeru u odnosu na horizontalnu ravninu [4] 37
Slika 36 USBM RI8507 i OSM standard [4] 46
Slika 37 DIN 4150 standard [4] 46
Slika 38 Stupanj jačine buke i utjecaj na ljude [43] 51
Slika 39 Zračna snimka jezera Jarun u izgradnji 1982. godine [45] 55
Slika 40 Jarun u današnje vrijeme [47] 56

Popis tablica

Tablica 1 Najveći proizvođači nafte u svijetu [7] 6
Tablica 2 Štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala [4] 43
Tablica 3 Klasifikacija potresa po kriteriju S. V. Medvedeva [4] 45
Tablica 4 Granične oscilacija čestica stijena po DIN standardu 4150 [4] 47

1. Uvod

Mineralne sirovine su sve organske i neorganske sirovine koje se nalaze u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju u prvobitnom ležištu, nanosima, jalovištima, talioničkim troskama ili prirodnim rastopinama koje se dobivaju površinskom, podzemnom, podvodnom ili nekim drugim načinom eksploatacije. Mineralne sirovine, ili rude su nacionalno blago i neobnovljivi resurs, a rudarstvo je opsežna i kompleksna grana tehnike, bez koje je nezamisliv opstanak civilizacije.

Intenzivni industrijski razvoj koji je uvjetovan i eksploatacijom mineralnih sirovina izazvao je generacijske probleme vezane za okoliš. To su: klimatske promjene, oštećenje ozonskog omotača, suše, uništenje šuma, prijetnje održanju bioloških vrsta i ostalo. Rješavanje tih problema nameće sasvim novi pristup u svim djelatnostima, pa tako i u rudarskoj. Taj pristup u osnovi podrazumijeva izravno uključivanje zaštite i očuvanja okoliša u planove razvoja.

S tim u vezi je definiran takozvani koncept održivog razvoja, koji nakon izvješća Svjetske komisije za okoliš i razvoj 1987. godine postao glavnim pojmom i idejom vodiljom novog pristupa zaštiti i očuvanju okoliša. Najčešća definicija održivog razvoja je ona po kojoj takav razvoj zadovoljava potrebe sadašnjice, te omogućuje budućim generacijama da zadovolje svoje potrebe. Kako se ne zna što su potrebe budućih naraštaja, pretpostavlja se da one neće biti manje od današnjih.

U suvremenom rudarstvu površinsko pridobivanje ima prioritet u odnosu na podzemno, jer ima značajne prednosti kao što su praktički potpuno iskorištenje ležišta, mogućnost potpune mehanizacije i automatizacije tehnološkog procesa dobivanja korisne mineralne sirovine. Osim toga, uvjeti rada na površinskom kopu su daleko sigurniji i povoljniji od rada u podzemlju. Pod pojmom površinskog dobivanja podrazumijeva se u osnovi vađenje mineralnih sirovina površinskim kopovima iz plićih (do cca 100 metara – obično manji površinski kopovi), i dubljih slojeva litosfere (do cca 1000 metara – veliki površinski kopovi ugljena, metalnih i drugih ruda).

Utjecaj površinske eksploatacije na prirodnu sredinu u usporedbi sa ostalim vrstama eksploatacije je značajan, te o tome treba voditi računa prilikom projektiranja i izvođenja radova. Kako bi se smanjili štetni učinci na okoliš, doneseni su mnogi zakoni koji bi trebali pomoći pri zaštiti okoliša i štetnog utjecaja na okoliš.

2. Mineralne sirovine i okoliš

2.1. Okoliš

Okoliš (Slika 1 Okoliš ***Slika 1***) je prirodno i svako drugo okruženje organizama i njihovih zajednica uključivo i čovjeka koje omogućuje njihovo postojanje i njihov daljnji razvoj: zrak, more, vode, tlo, Zemljina kamena kora, energija te materijalna dobra i kulturna baština kao dio okruženja koje je stvorio čovjek; svi u svojoj raznolikosti i ukupnosti uzajamnog djelovanja [1].

Slika 1 Okoliš [2]

Temeljni elementi sustava upravljanja okolišem [3] su:

- politika zaštite okoliša organizacije (ciljevi, mjere, norme, kadrovi, kontrola i nadzor),
- analiza utjecaja organizacije utjecaja na okoliš,
- procjena utjecaja organizacije na okoliš,
- nadzor i mjerenje učinaka i napretka u realiziranju definiranih ciljeva,
- okolišna procjena realizacije programa zaštite okoliša.

Republika Hrvatska u zaštiti okoliša sudjeluje na više razina: multilateralno, regionalno, subregionalno i bilateralno. Ta se suradnja temelji na nizu međunarodnih legalnih instrumenata: konvencija, sporazuma, ugovora i slično. 25. siječnja 2002. godine Hrvatski sabor donio je Nacionalnu strategiju zaštite okoliša prema kojoj su prioriteti zaštite okoliša [4]:

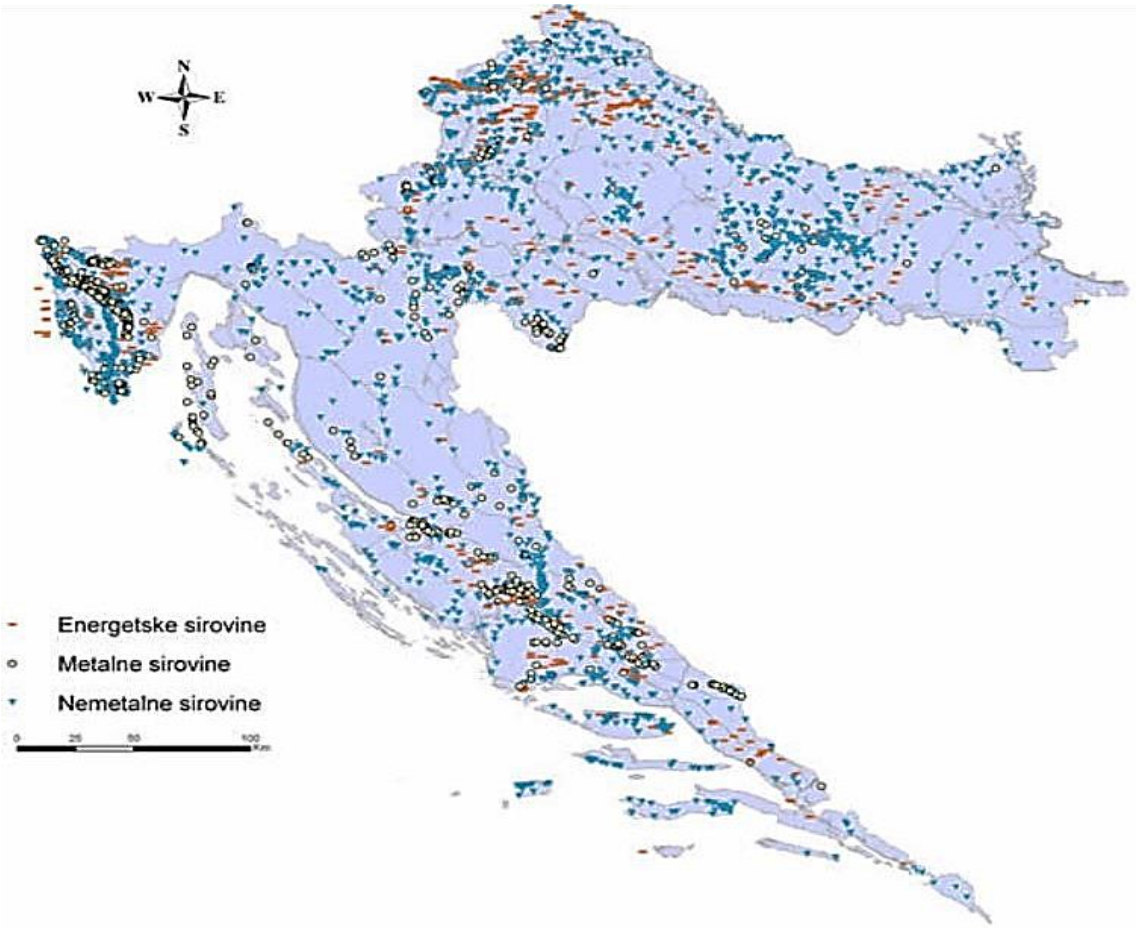
- prihvatiti standarde EU u procesima proizvodnje i produkcije,
- poticanje i uvođenje ekološke djelotvornosti kao novog poduzetničkog koncepta,
- stroga kontrola emisija uz uvažavanje prihvatnog kapaciteta okoliša,
- promicanje ISO14001 standarda i EMS-A,
- razvoj alternativnih postupaka i proizvoda koji se temelji na obnovljivim izvorima,
- promicanje uvođenja projekata čistije proizvodnje,
- unaprijediti informiranje potrošača, usmjeravati ga na nove proizvode koji su prijateljski prema okolišu; razvijati odgovornost za proizvod nakon korištenja,
- uključivati „trošenje“ okoliša u troškove proizvodnje (i onda kada se oni tek planiraju) kako bi se dobila ispravna ocjena profitabilnosti proizvodnje,
- poticati periodička i redovita izvještavanja o utjecaju proizvodnje i produkcije na okoliš.

2.2. Mineralne sirovine

Prema Zakonu o rudarstvu Hrvatske, rudnim blagom (mineralnim sirovinama) smatraju se sve organske i neorganske mineralne sirovine koje se nalaze u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju u prvobitnom ležištu, nanosima, jalovištima, talioničkim troskama ili prirodnim rastopinama. Mineralnim sirovinama u smislu ovoga Zakona smatraju se [5]:

- energetske mineralne sirovine:
    - ugljikovodici (nafta, prirodni plin, plinski kondenzat i zemni vosak),
    - fosilne gorive tvari: ugljen (treset, lignit, smeđi ugljen, kameni ugljen), asfalt i uljni škriljavci; radioaktivne rude; geotermalne vode iz kojih se može koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe, osim geotermalnih voda koje se koriste u ljekovite, balneološke ili rekreativne svrhe i druge namjene, na koje se primjenjuju propisi o vodama.
- mineralne sirovine za industrijsku preradu: grafit, sumpor, barit, tinjci, gips, kreda, kremen, kameni pijesak, drago kamenje, bentonitna, porculanska, keramička i vatrostalna glina, feldspati, talk, tuf, mineralne sirovine za proizvodnju cementa, karbonatne mineralne sirovine (vapnenci i dolomiti) za industrijsku preradbu, silikatne mineralne sirovine za industrijsku preradbu, sve vrste soli (morska sol) i solnih voda, mineralne vode iz kojih se mogu pridobivati mineralne sirovine, osim mineralnih voda koje se koriste u ljekovite, balneološke i rekreativne svrhe ili kao voda za ljudsku potrošnju i druge namjene, na koje se primjenjuju propisi o vodama, brom, jod, peloidi,
- mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala: tehničko – građevni kamen (amfibolit, andezit, bazalt, dijabaz, granit, dolomit, vapenenac), građevni pijesak i šljunak iz neobnovljivih ležišta, građevni pijesak i šljunak iz morskog dna, ciglarska glina,
- arhitektonsko – građevni kamen,
- mineralne sirovine kovina.

Slika 2 prikazuje kartu ležišta i pojava mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj podijeljenih na metalne, nemetalne i energetske mineralne sirovine.



Slika 2 Pregledna karta ležišta i pojava mineralnih sirovina RH [6]

Istraživanje mineralnih sirovina mijenjalo se kroz povijest. Današnji istražni radovi obavljaju se najčešće u tri faze:

- proučavanje postojeće dokumentacije,
- geološko – rudarska prospekcija,
- istražni radovi u užem smislu.

Proučavanje postojeće dokumentacije obuhvaća pažljivo proučavanje pisanih tragova u starim dokumentima u kojima je opisana velika većina rudarskih nalazišta.
Rudarsko – geološkom prospekcijom terena utvrđuju se geološke prilike istraživanog područja uz pomoć postojećih geoloških podloga te se izrađuju ako je to potrebno nove geološke karte i posvećuje se posebna pažnja lociranju tražene mineralne sirovine i drugih indirektnih pokazatelja koji mogu pomoći u pronalaženju ležišta mineralnih sirovina. Rudarski istražni radovi u užem smislu obuhvaćaju izradu uskopa i niskopa, raskopa, jaraka, potkopa, podzemnih hodnika, plićih ili dubljih bušotina te primjenu geofizičkih metoda i daljinskih istraživanja.

2.2.1. Energetske mineralne sirovine

Nafta je jedino prirodno tekuće gorivo. Pronalazi se ispod površine Zemlje ili morskog dna, tamna je i viskozna tekućina. Po kemijskom sastavu nafta je smjesa ugljikovodika, od kojih sadrži najviše alkana i cikloalkana, a manje aromatskih ugljikovodika. Sastav nafte mijenja se od nalazišta do nalazišta. Nastala je iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo stotina milijuna godina u vodi. U industriji je postala značajna krajem 19. stoljeća, osobito nakon 1900. godine, kada se počela razvijati automobilska industrija. Danas je nezamisliv razvoj bilo kojeg segmenta društva bez nje pa je i razlog brojnih međunarodnih sporova i ratova. Nove rezerve nafte stalno se istražuju. Cijene nafte i njenih derivata podložne su svakodnevnim promjenama što još više oslikava njenu ulogu u svjetskim događanjima.
Tablica 1. prikazuje najveće proizvođače nafte u svijetu. Saudijska Arabija je ujedno i zemlja sa najvećim udjelom nafte u svijetu (25%) [7].

Tablica 1 Najveći proizvođači nafte u svijetu [7]

ZEMLJA	PROIZVEDENA KOLIČINA (milijuna barela)
Saudijska Arabija	10,37
Rusija	9,27
SAD	8,69
Iran	4,09
Meksiko	3,83

Povijest istraživanja i dobivanja nafte u Republici Hrvatskoj je vrlo duga zahvaljujući njenim prirodnim izvorima u sjevernoj Hrvatskoj. Prvi počeci uporabe nafte nisu zabilježeni. Krajem 18. i početkom 19. stoljeća pojavljuju se prvi pisani dokumenti, najstariji poznati zapis je onaj o analizi nafte 'koja izvire oko rijeke Mure' iz 1778. godine [8]. Nalazišta nafte u Republici Hrvatskoj otkriveni su prirodnim izdancima i naftno – geološkim istraživanjem. Najpoznatiji prirodni izvor nafte je u Paklenici gdje nafta još uvijek istječe (***Slika 3***). Naftno – geološka istraživanja rezultirala su otkrićem naftnih polja Selnice, Paklenice i Murskoga Središća [8].

Slika 3 Prirodni izvor nafte u Paklenici [8]

Do onečišćenja naftom može doći za vrijeme istraživanja ležišta i pri njenoj eksploataciji (kvar na bušotinama, sabirnom sustavu, može doći do eksplozije), prilikom transporta, tijekom prerade ili pri potrošnji. Povijest bilježi veći broj velikih naftnih katastrofa, kao na primjer Deepwater Horizon, Kuwaiti oil fires, Lakeview Gusher i druge.

Izljev nafte u Meksičkom zaljevu 2010. godine, znan kao Deepwater Horizon (***Slika 4***) je bio masovni tromjesečni izljev nafte u Meksičkom zaljevu koji se dogodio 20. travnja 2010. godine te je nakon mjesec dana nezaustavljivog širenja naftne mrlje proglašena najvećom naftnom ekološkom katastrofom američke povijesti. Uzrok je erupcija nafte sa morskog dna koja je nastala nakon puknuća i eksplozije naftne platforme Deepwater Horizon 20. travnja 2010. godine u Atlantskom oceanu u blizini savezne države Louisiana. Za platformu je bio odgovoran British Petroleum. To je bio treći ozbiljan incident u koji je bio umiješan British Petroleum u SAD-u. Erupcija nafte pokrenuta je iz naftnog bazena koji je izbušen oko 1,5 kilometara ispod morske površine. Procjene o količini izbačene nafte u moru sežu od 790 000 do 16 000 000 litara dnevno. Kao posljedica, zagađena je površina mora od oko 6,000 km^2. Najveće žrtve katastrofe su ribarstvo, turizam, morska flora i fauna te razne ptice koje su teško nastradale. Izljev je stekao i loš glas zbog toga što su razne ekipe preko mjesec dana pokušavale bezuspješno zaustaviti erupciju nafte, što je izazvalo čuđenje i ogorčenje diljem Amerike. Prema Nacionalnom oceanografskom institutu, u prvih 40 dana izljeva isteklo je otprilike 120 milijuna litara nafte u more. Sveukupno, površina zagađenog mora procijenjena je na oko 9,900 km^2. Od 20. travnja do 16. srpnja, kada je zaustavljen izljev nafte, procjenjuje se da je u more sveukupno iscurilo između 500,000 i 1,000,000 tona nafte [9].

Slika 4 Deepwater Horizon [10]

Prirodni ili zemni plin obično prati ležišta nafte pa se može reći da se istim istražnim radovima utvrđuju nalazišta obje mineralne sirovine. No ležišta prirodnog plina mogu se javiti i bez postanka nafte jer geneza postanka prirodnog plina nije uvijek vezana za postanak nafte već i za neke duge kemijske procese. Po kemijskom sastavu zemni plin se sastoji najvećim dijelom od metana (oko 85 do 95 %), a preostali udio su složeniji ugljikovodici, dušik i ugljični dioksid. Najveće svjetske zalihe zemnog plina su u Rusiji, a u Republici Hrvatskoj najveći izvor se nalazi u Molvama (***Slika 5***) i tamo se proizvodi 70 % plina za domaće potrebe.

Slika 5 INA-ino postrojenje za vađenje plina Centralna plinska stanica Molve [11]

Uran je sastavni dio Zemljine kore, a zastupljen je u njoj sa oko 0,0003 % [4]. Najčešći uranov mineral je uraninit, crni ili tamnosmeđi mineral visoke gustoće, po kemijskom sastavu uranov oksid (U_3O_8). Dobrom uranovom rudom smatra se svaka sa sadržajem urana većim od 0,1 % [4]. Najpoznatija nalazišta s višim postotkom uranovih ruda su: Shinkolobwe (Afrika, Kongo), Veliko medvjeđe jezero (Kanada) i Joachimsthal – Jachymov (Češka). Prirodni uran (u rudama, u našem okruženju) mješavina je tri izotopa: U-238 (99,285 %), U-235 (0,71 %) i U-234 (0,005 %). Čisti uran je vrlo radioaktivan metal i najviše se upotrebljava kao gorivo u nuklearnim elektranama.

Najveće nuklearne katastrofe su Černobil, Otok tri milje i Fukushima. Černobilska nesreća u Ukrajini dogodila se 26. travnja 1986. godine kada je eksplodirao četvrti nuklearni reaktor. Velike količine radioaktivnih čestica uzdigle su se na visinu od 1500 metara i nošene vjetrom krenule prema Skandinaviji, a zatim prema središnjoj i jugoistočnoj Europi. Sljedećih nekoliko dana vjetrovi su odnijeli preko 70 % radioaktivnih čestica s mjesta nesreće prema Bjelorusiji koja je dodatne posljedice osjetila više nego sama Ukrajina. Peti dan nakon eksplozije, čestice su došle i do teritorija Hrvatske. Bjeloruske i ruske vlasti do danas polovično objavljuju razmjere zdravstvenih posljedica nastalih izazvanom nuklearnom nesrećom. Neslužbeni izvori procjenjuju da je od posljedica radijacije sveukupno preminulo između 200 000 i 400 000 ljudi. U radijusu od 30 kilometara od mjesta nuklearne nesreće, proglašena je Černobilska zona – Zona otuđenosti (***Slika 6***), gdje se unatoč rizicima po zdravlje ljudi, vratilo uglavnom autohtono starije stanovništvo, koje ondje uz svu pomoć države živi na vlastitu odgovornost [12].

Slika 6 Napuštena kuća u Černobilskoj zoni - Zoni otuđenosti [12]

2.2.2. Mineralne sirovine za industrijsku preradu

Grafit (***Slika 7***) (njem. Graphit, od grč. γράφειν: pisati) [13] je jedna od alotropskih modifikacija ugljika. Ime je dobio po sposobnosti ostavljanja vidljiva traga na podlozi. Dolazi u zrnatim, lisnatim i ljuskavim agregatima metalna sjaja, a može biti i zemljasta izgleda, tamnosiv do crn. Grafit ima visoko talište, dobru toplinsku i električnu provodnost. Grafit se rabi kao materijal za izradu lonaca i kalupa za taljenje i lijevanje metala, za izradu elektroda u električnim člancima i elektrokemijskim reaktorima, upotrebljava se i kao termički otporno mazivo, suspendiran u ulju dobro je sredstvo za zaštitu od korozije i podmazivanje satova, brava i malih strojnih dijelova. Služi i za izradu olovaka, lučnih svjetiljki, četkica i kontakata za podmazivanje satova. Najveća svjetska nalazišta grafita su u Kini, Indiji, Brazilu, Sjevernoj Koreji i Kanadi. Najpoznatija ležišta grafita i grafitičnih škriljavaca u Republici Hrvatskoj pronađena su u slavonskim planinama Psunju i Papuku i već krajem 19. stoljeća istraživalo ga se istočno od Rogolja (Psunj), a uoči Drugoga svjetskog rata počela je i eksploatacija manjeg opsega kraj Kaptola (Papuk). U većini naših istraženih nalazišta, grafit je slabe kakvoće i nije bio pogodan za uporabu u elektroindustriji ili za proizvodnju olovaka, već je rabljen u talionicama za mazanje kalupa, u industriji boja i za izradu šupljikavih opeka. Ukupna godišnja proizvodnja svih rudnika iznosila je 1000 – 1500 tona, te je rudarenje prekinuto zbog nestabilnosti 1971. godine [8].

Slika 7 Grafit [13]

Drago kamenje ili dragulji su minerali prirodnog podrijetla koji su izuzetni po svojoj ljepoti i rijetkosti. Odlikuju se jakim lomom i disperzijom svjetlosti, čistom i lijepom bojom, osobitim sjajem, prozirnošću, velikom tvrdoćom i kemijskom otpornošću, zbog čega ih je čovjek još u prošlosti upotrebljavao za izradu ukrasnih i umjetničkih predmeta. Nakon obrade može se istaknuti njihova ljepota i sjaj. Postoji više od 30 popularnih vrsta dragog kamenja i još mnogo manje poznatih i cijenjenih samo od sakupljača [4]. Da bi se neki mineral svrstao u drago kamenje, potrebno je da bude rijedak, da ima lijep i privlačan izgleda i da bude dovoljno otporan [14]. drago kamenje brusi se samo dijamantnim prahom, bor – karbidom ili korundom [15]. Najdragocjenije drago kamenje: dijamant (***Slika 8***), rubin, safir (***Slika 9***), smaragd. Osim ovih najpoznatijih cijenjeni su i akvamarin (***Slika 10***), topaz, opal (***Slika 11***) i drugi. Lijepi minerali, koji nisu rijetki kao drago kamenje, a upotrebljavaju se kao ukras zovu se poludrago kamenje. To su npr. malahit (***Slika 12***), ahat, tirkiz, ametist (***Slika 13***), epidot i drugi.

Slika 8 Dijamant [16]

Slika 9 Safir [17]

Slika 10 Akvamarin [18]

Slika 11 Opal [19]

Slika 12 Malahit [20]

Slika 13 Ametist [21]

2.2.3. Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala

Tehničko – građevni kamen (***Slika 14***) je nemetalna mineralna sirovina koja je široko zastupljena u Republici Hrvatskoj. Tehničko – građevnim kamenom smatra se onaj koji se može primijeniti za neku od tehničkih namjena. Svojstva tehničko – građevnog kamena moraju zadovoljavati tehničke uvjete za primjenu u graditeljstvu, odnosno njegova fizička, kemijska i tehnološko – tehnička svojstva. Koristi se u niskogradnji i visokogradnji, za izgradnju cesta, željeznica, brana, lukobrana kao i u izgradnji niza drugih objekata. U niskogradnji se koristi za izradu nasipa, za izgradnju i održavanje lokalnih i gospodarskih cesta, za izradu asfaltnih mješavina i betona i dr. U visokogradnji se koristi kao lomljeni kamen za zidanje, za izradu betona, žbuka i mortova, za proizvodnju drobljenog agregata i drobljenog pijeska i dr. U hidrogradnji se koristi za izradu kamenog nabačaja, za izradu vodopropusta, drenažnih sustava i dr. Čine ga lomljeni kamen različite obrade i namjene, kameni agregati različitog stupnja prerade i plemenita kamena sitnež.

Slika 14 Prikaz ležišta tehničko – građevnog kamena Bijeli vir [22]

Opekarska (ciglarska) glina u svom sastavu u odnosu na bentonitne, keramičke ili vatrostalne gline ima veću količinu željeza i magnezija. Pri žarenju se željezni i magnezijski minerali lakše tale, vežu se s ostalim česticama i daju nakon pečenja čvrstu masu. Proizvodi od pečene gline u različitim oblicima upotrebljavani su za potrebe građevinarstva još prije 50 stoljeća. Pretpostavlja se da je do prvih paljenih zidnih opeka došlo slučajno, kad je u ljudskoj nastambi, izrađenoj od sirove gline ili od sirovih glinenih komada došlo do požara koji je prouzrokovao grom ili neki drugi izvor. Od pečene gline izrađivane su opeke kružnog ili lučnog oblika za stupove, šesterostrane opeke za popločavanje podova, stropne opeke slične crijepu, crjepove, šuplje glinene proizvode za dovod i odvodnju vode i grijanje. U Kineski zid (***Slika 15***) izgrađen u duljini od oko 2500 km, tijekom vremena bilo jek ugrađeno oko 80 milijardi opeka [4].

Slika 15 Kineski zid [23]

2.2.4. Arhitektonsko – građevni kamen

Umjesto naziva arhitektonsko – građevni kamen, u Hrvatskoj se dugo vremena rabio izraz ukrasni kamen. Arhitektonsko – građevni kamen koristi se kao blokovski (***Slika 16***), zatim u pločama za unutarnja i vanjska horizontalna i vertikalna oblaganja, tj. kao dekorativno – zaštitni i dekorativno funkcijski element građevnih objekata svih namjena, zatim za arhitekturu spomen – obilježja, arhitekturu groblja i kiparstvo, te za različite proizvode zanatske djelatnosti. U suvremenom graditeljstvu je klasični način primjene kamena gotovo potpuno istisnut. Kod klasičnog načina građenja kamen je bio nosivi element konstrukcije objekta ili se primjenjivao u veoma debelim pločama za oblaganje. U suvremenom graditeljstvu kao nosiva konstrukcija koristi se uglavnom armirani beton, a kamen se koristi kao ukrasno zaštitna obloga te konstrukcije. Temeljni oblik pri takvom suvremenom korištenju kamena kao arhitektonskog – građevnog elementa su ploče najčešće debljine 2 do 4 cm [24].

Slika 16 Kamenolom arhitektonsko - građevnog kamena - Sivac [24]

Arhitektonsko – građevni kamen podijeljen je na dvije grupe: **granite** (tvrdi kamen) i **mramore** (meki kamen). Ovom je podjelom arhitektonsko – građevni kamen razvrstan u dvije skupine koje se bitno razlikuju prema svojoj petrografskoj građi, fizičko – mehaničkim i kemijskim svojstvima, geološkim značajkama, načinima eksploatacije, tehnologiji prerade i obrade, te prema namjeni obzirom na vremensku trajnost i funkciju u ugrađenim konstrukcijama.

Graniti (***Slika 17***) obuhvaćaju sve stijene silikatnog sastava bez obzira na njihovu genezu, prvenstveno magmatske i metamorfne. Prema petrografskim nazivima u tu skupinu spadaju stijene iz grupe granita, diorita, gabra, labradorita (magmatske), gnajs i kvarciti (metamorfne) itd. Graniti se koriste za oblaganje horizontalnih i vertikalnih površina eksterijera i interijera, za spomen obilježja i arhitekturu groblja [25].

Slika 17 Vrste granita [26]

Mramori (***Slika 18***) obuhvaćaju sve stijene karbonatnog sastava, bez obzira na genezu, kako sedimentne dakle vapnence i dolomite, tako i mramore u petrološkom smislu, dakle metamorfne stijene. Mramor se može lako rezati, obrađivati i polirati te se zbog toga od davnina upotrebljava u kiparstvu i graditeljstvu. Mramor je prvenstveno kamen interijera zbog svoje nepostojanosti na djelovanje atmosferilija posebice u urbanom okolišu [25].

Slika 18 Vrste mramora [27]

2.2.5. Mineralne sirovine kovina

Metali ili kovine su materijali koji se odlikuju nizom svojstava: neprozirnošću i osobitim sjajem, dobrom vodljivošću topline i elektriciteta, mogućnošću obrade lijevanjem ili kovanjem. U tom smislu metali mogu biti kemijski elementi ili njihove legure. Metali se u prirodi rijetko nalaze u elementarnom stanju, samorodni, a redovito se dobivaju iz njihovih ruda odnosno ako su ekonomični za rudarsku eksploataciju iz mineralnih sirovina [28].

Boksit je polimineralni agregat sastavljen od aluminijskih hidroksida hidrargilita, dijaspora i bemita. Ta tri minerala glavni su sastojci boksita koji se često uvrštava u minerale, iako to nije, nego je sedimentna stijena koja sadrži smjesu hidrokida aluminija i u manjoj količini hidroksida željeza te niz drugih minerala (pretežno glina). Neki boksiti sadrže samo jedan ili dva od spomenutih hidroksida, pa se prema

prevladavajućem mineralu zovu hidrargilitni, dijasporni ili bemitni boksiti. Boksiti se javljaju u različitim bojama koje se kreću od svijetlo sive, roze ili žute do tamno smeđe ili tamno crvene boje. Boja je u velikoj mjeri određena vrstom i veličinom čestica minerala željeza.

Boksit se koristi za proizvodnju aluminija, u metalurgiji i drugim industrijama. Zbog male težine (uspoređujući sa željezom), prirodne otpornosti na koroziju i fizikalnih svojstava pogodnih za kalupljenje aluminij ima široke primjene u:

- industriji pakiranja (aluminijska folija, limenke..),
- avioindustriji,
- brodogradnji,
- svemirskoj industriji (udio aluminija u svemirskim letjelicama je preko 80%),
- prijenosu električne struje (dalekovodi),
- automobilskoj industriji ,
- informatičkoj indrustriji (mobiteli, kabeli...),
- građevinarstvu (instalacije, građevinski elementi...).

Ležišta i pojava aluminijeve rude boksita nalazilo se u većem dijelu Hrvatske u tolikom broju da je s pravom nazvan našim "nacionalnim mineralom". Boksitna rudišta nalaze se u Kordunu i okolnim područjima, u Lici, Istri, Bukovici, Promini i Moseću, od Sinja do Imotskog, a u novije vrijeme mineraloški zanimljive pojave otkrivene su i u našim sjevernim krajevima : Ravnoj gori, Papuku i Krndiji. Nije stoga neobično da je boksit istraživan više negoli ijedna druga ruda u Hrvatskoj. [29]

3. Površinska eksploatacija mineralnih sirovina

Površinska eksploatacija mineralnih sirovina podrazumijeva vađenje mineralnih sirovina površinskim kopovima iz plićih i dubljih slojeva litosfere. Površinski kopovi otvaraju se na detaljno istraženim zemljopisnim područjima na kojima količina i kvaliteta rude omogućava pozitivne gospodarske efekte, a primijenjene metode otkopavanja moraju osigurati najdjelotvorniju zaštitu okoliša [4]. Mineralna sirovina kod površinskog kopa prekrivena je otkrivkom (jalovinom) manje ili veće debljine, a stijene koje leže ispod mineralne sirovine su podina nalazišta. Dio površinskog kopa gdje se izvodi otkopavanje naziva se etažom koja je osnovni proizvodni dio površinskog kopa.

Osnovni kriteriji za odabir načina otvaranja površinskog kopa [30]:

- minimalni opseg rudarskih radova,
- minimalna investicijska otkrivka,
- što kraći transportni putevi,
- što kraći rok izgradnje,
- minimalni troškovi otvaranja.

Odabir mjesta otvaranja površinskog kopa ovisi o [30]:

- konfiguraciji terena,
- površini površinskog kopa i mineralne sirovine,
- geotehničkim parametrima otkrivke i mineralne sirovine,
- investicijskoj otkivci,
- prenamjeni,
- lokaciji vanjskih odlagališta, oplemenjivačkog postrojenja, deponija itd..

3.1. Vrste površinskih kopova

Prema položaju ležišta u odnosu na referentnu razinu okolnog terena, razlikuju se sljedeći tipovi površinskih kopova [4]:

- **Plitki**, do cca 100 m dubine
- **Duboki**, do cca 1000 m dubine
- **Brdski**, kada se ležište nalazi iznad referentne razine terena
- **Brdsko – dubinski**, kada se ležište nalazi iznad i ispod referentne razine terena

Plitki površinski kopovi većinom su kopovi pijeska, šljunka, ugljena, brojnih nemetalnih ruda i ruda bogatih metalima željezom i bakrom.
Eksploatacijsko polje 'Štefanac' (***Slika 19***) primjer je plitkog površinskog kopa kremenog pijeska, nalazi se na rubnom području sjeverozapadnog dijela Moslavačke gore, na području grada Čazme u Bjelovarsko – bilogorskoj županiji (***Slika 20***).

Slika 19 Lokalitet ležišta kremenog pijeska 'Štefanac' [31]

Prema utvrđenim eksploatacijskim rezervama može se uvrstiti u velika ležišta kremenog pijeska. Planirana proizvodnja kremenog pijeska je 50 000 tona godišnje te je s obzirom na utvrđene rezerve vijek eksploatacije ležišta oko 40 godina. Obzirom na kvalitetu pijeska moguća je njegova primjena u industriji i građevinarstvu, ali uz odgovarajuće postupke oplemenjivanja. Osim kremenog pijeska u ležištu su istražene i utvrđene keramičke gline koje imaju primjenu u građevinarstvu i proizvodnji keramičkih pločica [31].

Slika 20 Eksploatacijsko polje kremenog pijeska 'Štefanac' [32]

Duboki površinski kop Bingham Canyon (***Slika 21***) spada u najveće i najdublje površinske kopove na svijetu i smatra se da je proizveo više bakra nego bilo koji drugi rudnik u povijesti, više od 19 milijuna tona bakra. Nalazi se na jugozapadno od Salt Lake Citya na planinama Oquirrh. Kop je otvoren 1906. godine, dubine oko 1000 metara, širok oko 4000 metara i pokriva površinu od 7,7 km^2.

Slika 21 Duboki kop Bingham Canyon [33]

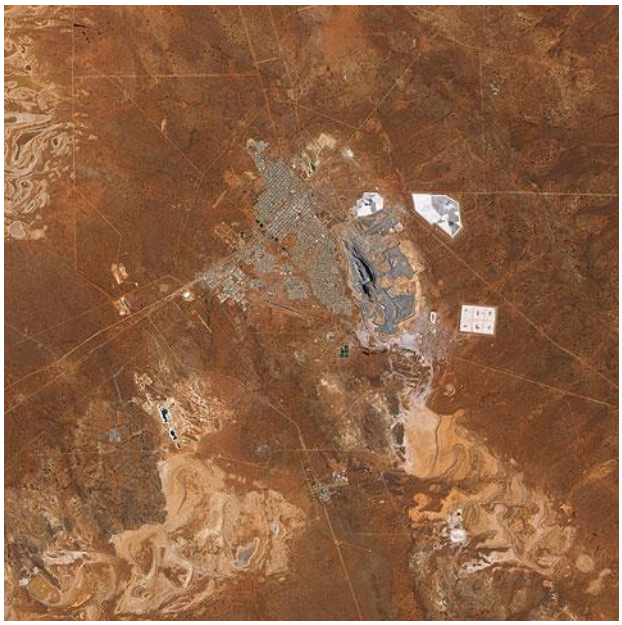
Brdski tip kamenoloma arhitektonskog kamena nalazi se na području Crevoladossola (Piemont, Italija) (***Slika 22***). Prvi dokaz o upotrebi Crevoladossola mramora predstavlja kip Rimskog čovjeka sačuvan u arheološkom muzeju u Milanu. Od 13. i 14. stoljeća ovaj je mramor korišten u lokalnoj arhitekturi. Od Crevoladossola mramora izgrađene su katedrala u Paviji čija je gradnja počela 1488. godine i Arco della Pace (Arch of Peace) u Milanu (***Slika 23***), neoklasični trijumfalni luk iz 19. stoljeća s osam monolitnih mramornih stupova visine 10 metara. Mramor se danas koristi za unutrašnjost, namještaj i vrijedne predmete.

Slika 22 Kamenolom Crevoladossola, Italija [34]

Slika 23 Arco della Pace, Milan [35]

Brdsko – dubinski tip površinskog kopa karakterizira ležište koje se nalazi iznad i ispod referentne razine terena. Površinski kop zlata Femiston (***Slika 24***) najveći je otvoreni površinski kop zlata. Dužina kopa je otprilike 3,5 km, širine 1,5 km i dubine preko 600 m, sa tim dimenzijama je dovoljno velik da se vidi iz svemira (***Slika 25***). Kop proizvodi 28 tona zlata godišnje i zapošljava oko 550 zaposlenika na samom kopu.

Slika 24 Brdsko - dubinski kop Fimiston [36]



Slika 25 Površinski kop Fimiston slikan iz svemira [36]

Brdsko – dubinski tip površinskog kopa u Republici Hrvatskoj je kamenolom Sivac – Sivac Jug (***Slika 26***). [37]

Slika 26 Brdsko - dubinski kamenolom Sivac – Sivac jug [37]

3.2. Načini eksploatacije

Površinsko dobivanje mineralnih sirovina može se izvoditi primjenom jednog ili kombinacijom dvaju načina:

- strojno dobivanje,
- miniranje.

Ovisno o fizičko – mehaničkim osobinama stijenske mase i mineralne sirovine, veličine, dubine, oblika i prostornog smještaja ležišta, investicijskih ulaganja kao i zahtjeva daljnje prerade, odnosno upotrebe mineralne sirovine ovisi i način dobivanja mineralnih sirovina.

3.2.1. Strojno dobivanje

Strojno dobivanje je u osnovi eksploatacija bagerima cikličkog ili kontinuiranog načina rada.

Uvjeti primjene i izbor bagera [38]:

- radna sredina – inženjersko – geološke značajke mineralne sirovine i pratećih stijena,
- veličina ležišta – predviđeni kapacitet eksploatacije,
- bageri kontinuiranog načina rada – veliki instalirani kapacitet za ležišta većih potvrđenih rezervi i debljine,
- bageri cikličkog načina rada – široka primjena za ležišta šljunka, pijeska, gline i tehničko – građevnog kamena.

3.2.1.1. Bageri cikličkog (diskontinuiranog) načina rada

Primjena bagera cikličkog (diskontinuiranog) načina rada [38]:

- dobivanje mekih i srednje čvrstih stijena, a poneki i za dobivanje čvrstih stijena,
- na manjim površinskim kopovima lignita koriste se kao osnovni strojevi za dobivanje,
- utovar čvrstih mineralnih sirovina,
- otkopavanje otkrivke iznad dohvatne visine bagera kontinuiranog načina rada,
- za radove na odlagalištima,
- kopanje odvodnih i drugih kanala za infrastrukturu kopa,
- izrada nasipa na trasi magistralnih transportera,
- izrada transportnih putova,
- utovar gotovih proizvoda u jedinice eksternog transporta,
- drugi pomoćni poslovi.

Ukupno vrijeme trajanja radnog ciklusa T_c, sastavljeno je od [4]:

- vremena kopanja, t_1,
- okretanja bagera radi istresanja, t_2,
- istresanja otkopanog materijala u transportno sredstvo ili na deponiju, t_3,
- ponovnog okretanja radi povrata na čelo radilišta, t_4.

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \qquad \text{(s)} \qquad (1)$$

Tehnički kapacitet, Q_{teh} bagera cikličkog načina rada na dobivanju iznosi [4]:

$$Q_{teh} = \frac{3600 * V_l * k_p}{T_c * k_r}, \qquad (m^3/h) \qquad (2)$$

Gdje je:

- V_l – volumen lopate, (m^3),
- k_p – koeficijent punjenja lopate,
- T_c – ukupno vrijeme trajanja radnog ciklusa,
- k_r – koeficijent rastresitosti iskopanog materijala.

Eksploatacijski kapacitet cikličkih bagera računa se prema izrazu [4]:

$$Q_{ekspl.} = Q_{teh.} * k_v * T, \qquad (m^3/smjenu) \qquad (3)$$

Gdje je:

- Q_{teh} – tehnički kapacitet bagera cikličkog načina rada (m^3/h),
- k_v – koeficijent vremenskog iskorištenja smjene,
- T – vrijeme trajanja smjene (h).

Dvije su osnovne vrste bagera cikličkog načina rada [4]:

- bageri sa čvrsto priključenom lopatom:
    - bageri sa visinskom lopatom,
    - bageri sa dubinskom lopatom.

- bageri sa slobodno zavješenom lopatom:
    - skreperski bageri („dreglajni“),
    - bageri grabilice („grajferi“).

Razlikuju se po izgledu, tehničkim značajkama, tehnologiji rada i uvjetima primjene, a jedina sličnost je u tome što posjeduju jedan radni element, lopatu odnosno skrepersku posudu [4].

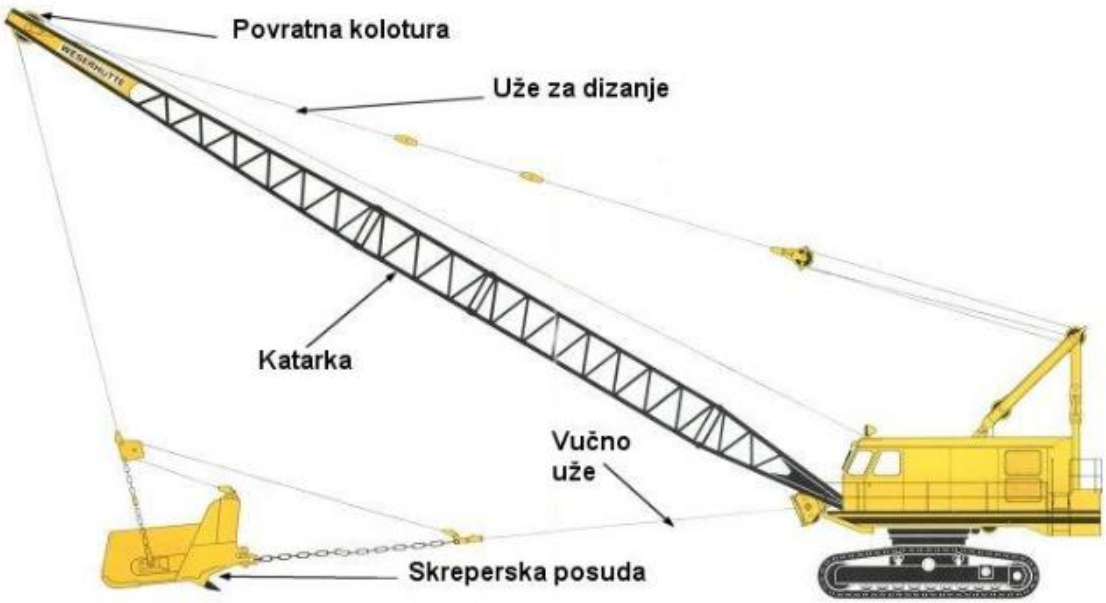
Bageri sa visinskom lopatom (***Slika 27***) sastoje se iz dva dijela – voznog uređaja i gornje vrtive platforme odnosno bagerske kućice. Bagerska je lopata najčešće (otprilike) kockastog oblika, otvorena odozgo, s radnim bridom (za meke materijale) odnosno s izmjenjivim zubima (za tvrđe materijale) na prednjem gornjem rubu, te s dnom koje se otvara prilikom pražnjenja. Donja stranica (dno) spojena je u tu svrhu šarnirno s lopatom. Kad je lopata (držalica) u vertikalnom položaju dno se samo zatvara. Oslobađanje dna u položaju lopate za pražnjenje vrši se izvlačenjem zasuna. Kod manjih se bagera to izvodi ručno posredstvom tankog čeličnog užeta, a kod većih pomoću posebnog malog dodatnog bubnja na produžetku osovine vitla za dizanje spuštanje lopate odnosno uvlačenje – izvlačenje držalice, na koji se namata to uže za otvaranje dna. Daljnja su rješenja otvaranja dna pomoću hidrauličnog cilindra ili zračnog cilindra, ovisno o sustavu upravljanja bagerom, ili pomoću malog posebnog elektromotora i vitla. [39]

Slika 27 Bager sa visinskom lopatom [39]

Bageri sa dubinskom lopatom (***Slika 28***) koriste se isključivo za iskope jaraka ili tranši u mekim materijalima. Pražnjenje materijala kod ovakvog radnog elementa je slaba točka. Dubinska lopata ima stražnju (prema bageru) stranu otvorenu, odnosno kao donja zatvorena ploha djelovati će čelna strana lopate samo u položaju kad je maksimalno privučena bageru na bilo kojoj dubini odnosno visini dohvata. Zahvaćeni će materijal stajati u lopati u takvom položaju samo zahvaljujući unutarnjem trenju u materijalu odnosno prirodnom kutu nasipavanja. Materijal se ne može zadržati dok lopata ne poprimi dovoljan nagib, pa će materijal ispadati prilikom tog naginjanja. Kako se lopata pri tom redovno i udaljuje od bagera i bagerska kućica zakreće, materijal će se prosipati u prilično širokom području oko bagera. Materijal koji je prosut, a ne utovaren u prijevozno sredstvo znači direktno daljnji gubitak kapaciteta. Taj materijal prosut po platou prilaza prijevoznih sredstava predstavlja problem jer otežava manipulaciju tim prijevoznim sredstvima. Uvođenjem hidrauličkih bagera, bageri sa dubinskom lopatom su gotovo u potpunosti zamijenjeni hidrauličnim. Otklanjanjem tih negativnosti uz druge prednosti koje imaju hidraulični bageri, njihovim uvođenjem je proširena namjena bagera s dubinskom lopatom. [39]

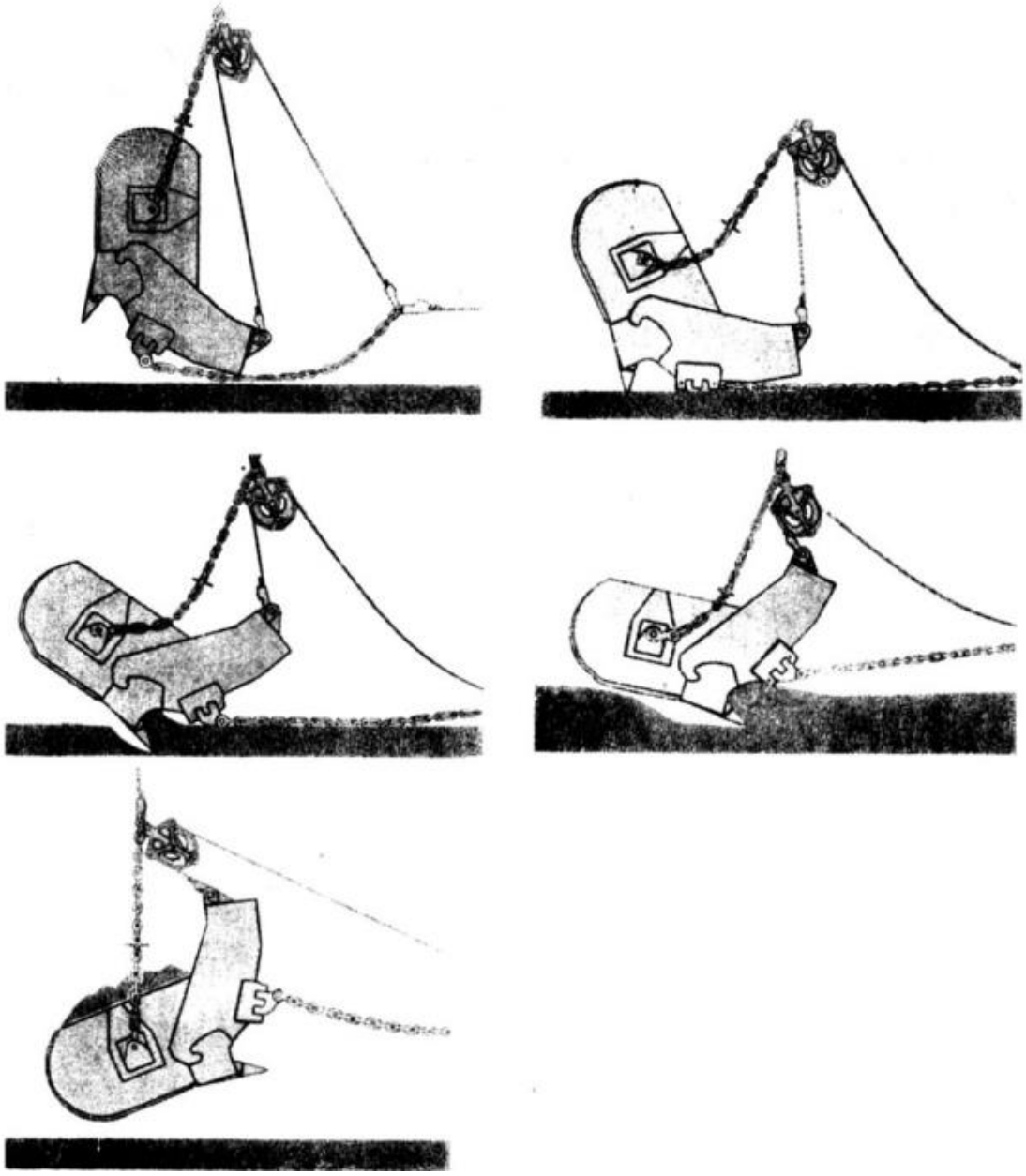
Slika 28 Bager s dubinskom lopatom [39]

Skreperski bageri („dreglajni“) (***Slika 29***) su bageri sa slobodno na užetima zavješenom posudom. Posuda je izduženog sandučastog oblika, otvorena sprijeda radi punjenja – pražnjenja i odozgo. Vučno je uže priključeno za posudu preko koloture zavješene na užetu za dizanje. Povlačenjem vučnog užeta posuda se na taj način ispravlja, odnosno, opuštanjem užeta iskreće za pražnjenje. Kraći komad lanca povezuje vučno uže direktno s prednjim krajem posude. Time je spriječeno iskretanje posude prema gore, što bi se inače dogodilo kao posljedica povlačenja vučnog užeta prebačenog preko koloture. [39]



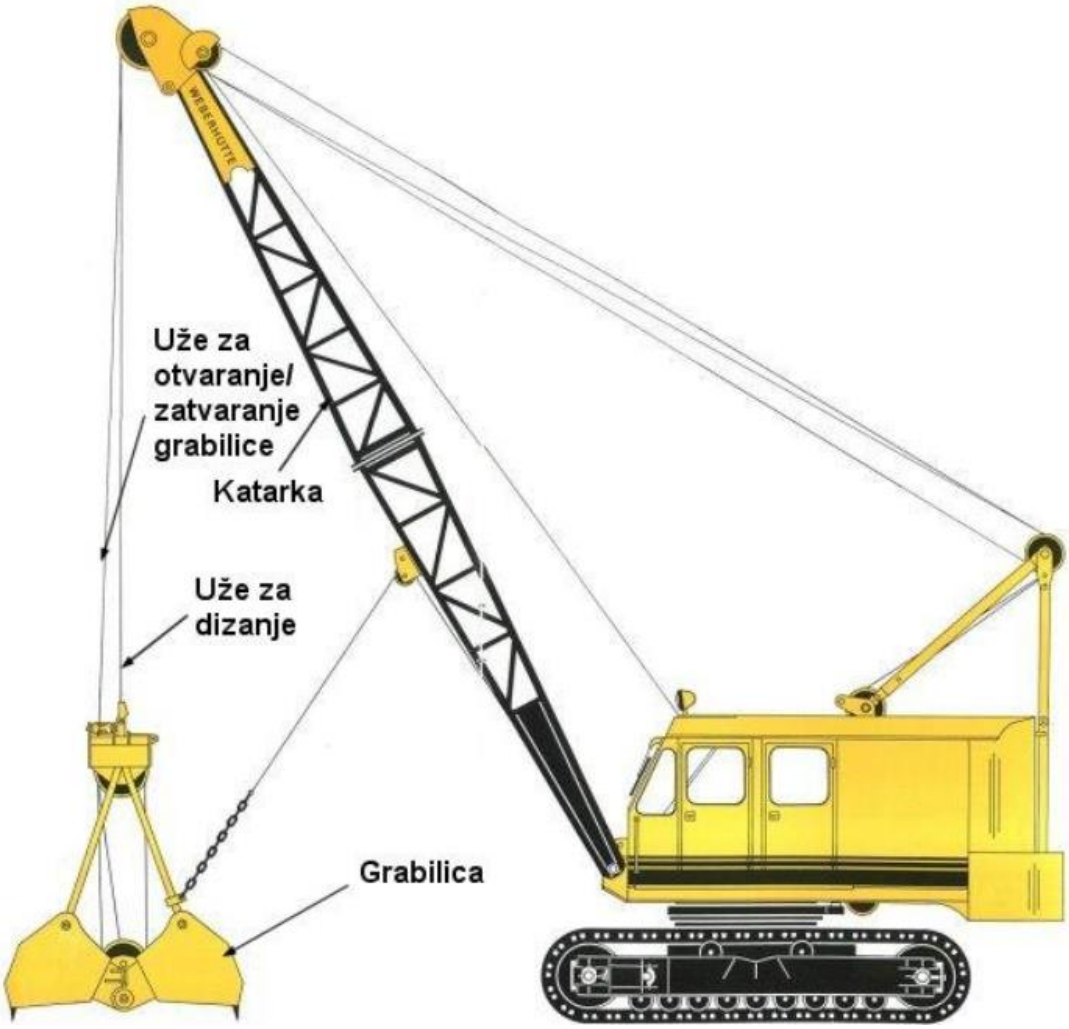
Slika 29 Bager dreglajn [39]

Radni element ovog bagera funkcionira na slijedeći način (***Slika 30***). Prilikom punjenja odnosno kopanja spusti se, opuštanjem dižućeg užeta, posuda na tlo. Zatim se povlačenjem pomoću vučnog užeta posuda zapuni. Zatezanjem dižućeg užeta posuda se podiže, pri čem se istovremeno zateže i vučno uže koje drži posudu u horizontalnom položaju. Nakon što se bagerska kućica s katarkom i zapunjenom posudom zakrenula u određeni pravac za pražnjenje, oslobađa se vučno uže a posuda sama iskreće i prazni. [39]



Slika 30 Princip kopanja skreperske posude [39]

Bageri grabilice („grajferi“) (***Slika 31***) koriste se rjeđe i služe za iskop i utovar. Grabilica ili „grajfer“ je slobodno zavješena na uže prebačeno preko na vrhu katarke. Za upravljanje ovim radnim elementom služe dva užeta s pripadajućim vitlovima. Uže za dizanje, na koje je grabilica zavješena, i uže za otvaranje i zatvaranje grabilice. Trećim užetom i pripadajućim vitlom pridržava se, odnosno regulira nagib katarke. [39]



Slika 31 Bager grabilica [39]

3.2.1.2. Bageri kontinuiranog načina rada

Bageri kontinuiranog načina rada prema vrsti radnog elementa dijele se na:

- rotorne bagere,
- bagere vedričare.

Glavne razlike između rotornih bagera i bagera vedričara [39]:

- bageri vedričari uglavnom rade u fronti za razliku od rotornih bagera koji rade u bloku,
- bageri vedričari podjednako dobro rade i u visinskom i dubinskom zahvatu – s nekim prednostima u korist dubinskog zahvata.

Rotorni bageri (***Slika 32)*** imaju najširu primjenu u površinskoj eksploataciji ugljena. Glavni dijelovi rotornog bagera su: vozni uređaj, bagersko kućište, radni organ i katarka s otpremnim transporterom s beskonačnom trakom. Radni organ rotornih bagera je rotor s lopatama raspoređenim po opsegu. Proces kopanja rotornim bagerom moguć je horizontalnim ili vertikalnim rezovima [39].

Slika 32 Rotorni bager [39]

Na tehnologiju rada rotornog bagera utječe [38]:

- visina otkopavanja,
- kut nagiba kosine radne etaže,
- širina bloka otkopavanja,
- debljina reza,
- promjer rotornog kotača.

Tehnički kapacitet rotornih bagera na dobivanju iznosi [4]:

$$Q_{teh} = \frac{U * V_l * k_p}{k_r}, \qquad (m^3/h) \qquad (4)$$

Gdje je:

- V_l – volumen vedrice, (m^3),
- k_p – koeficijent punjenja vedrice,
- k_r – koeficijent rastresitosti iskopanog materijala,
- U = z * n, broj vedrica koje se isprazne u jedinici vremena,
- z – broj vedrica na rotoru,
- n – broj okretaja rotora.

Bageri vedričari (***Slika 33***) koriste se za uklanjanje otkrivke i dobivanje ugljena manje ili srednje čvrstoće te za otkopavanje sipkih materijala – pijeska, pjeskovite gline i dr. Otkopavanje se vrši u dubinskom ili visinskom zahvatu. Proces kopanja vrši se okretanjem vedrica (lopata) po ljestvi i napredovanjem bagera uzduž otkopne fronte. Radni organ su vedrice postavljene u određenim razmacima duž beskonačnog lanca vođenog vodećim okvirom. Vedrice se istresaju na ovjesni transporter preko kojeg se utovaruju kamioni [38].

Slika 33 Bager vedričar [39]

3.2.2. Miniranje

Eksplozivi su kemijski spojevi ili smjese koje zagrijavanjem, udarcem, trenjem ili inicijalnim paljenjem u veoma kratkom vremenskom razmaku oslobađaju veliku količinu energije. Kod gotovo svih eksploziva kemijska reakcija je trenutna oksidacija: potrebni kisik nalazi se u molekulama samog eksploziva, na primjer sumpor i ugljen u crnom barutu izgaraju na račun kisika kojega u salitri (KNO_3) ima oko 50 %. Stoga sumpor i ugljen izgaraju mnogo brže u barutu nego na zraku. Kod nitroglicerina prilikom eksplozije potreban kisik daju atomske grupe NO_3^-. Eksplozija je egzotermna reakcija, odnosno reakcija pri kojoj se razvija toplina. Ovako razvijena energija izaziva golem učinak zbog trenutačnosti reakcije [4].

Moderni eksplozivi dijele se na [4]:

- potisne (deflagrantne) eksplozive,
- brizantne eksplozive.

U potisne eksplozive spadaju baruti i eksplozivna salitra. Izazivaju eksploziju prvog reda kod koje je brzina detonacije manja od oko 1000 m/sek. Imaju potiskujuće djelovanje. [4]

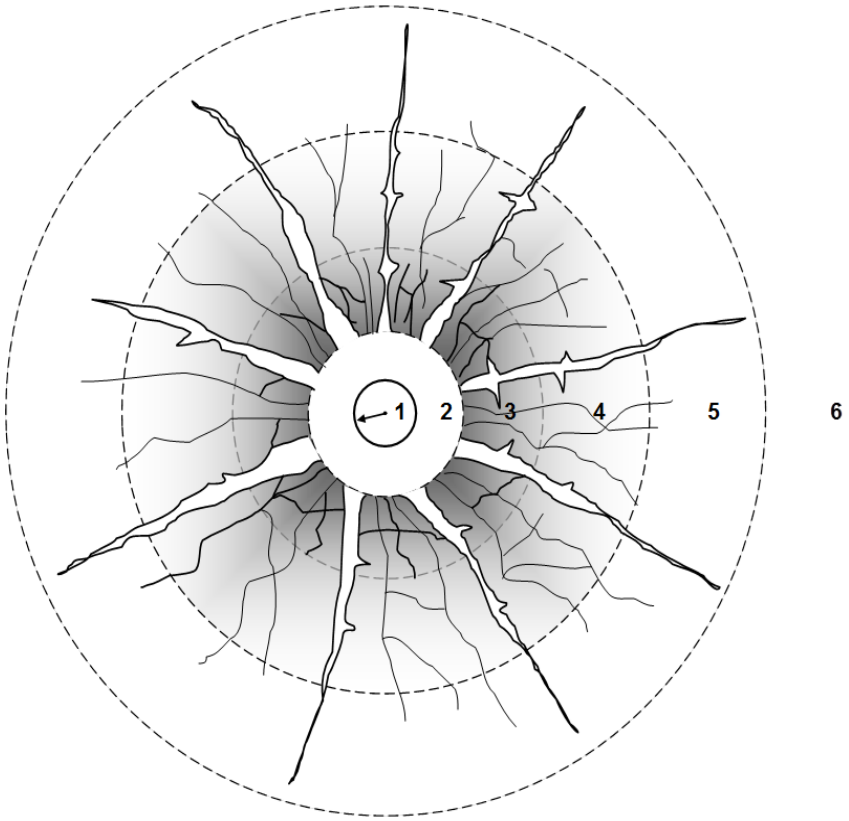
Brizantni eksplozivi izazivaju eksploziju drugog reda čija je brzina detonacije veća od 1000 m/sek. Djeluju razarajuće na okolinu eksplozije. Prema kemijskom sastavu dijele se na proste brizantne eksplozive i složene brizantne eksplozive. Složeni brizantni eksplozivi dijele se na opasne eksplozive i pouzdane gospodarske eksplozive. Gospodarski eksplozivi dijele se prema konzistenciji ili agregatnom stanju na praškaste, granulirane, poluplastične, plastične i vodoplastične – kašaste brizantne eksplozive u koje pripadaju i emulzijski eksplozivi. Minersko – tehničke značajke gospodarskih eksploziva su: brzina detonacije, brizantnost, snaga, prijenos detonacije, energija eksploziva, obujam plinova, specifični tlak, temperatura eksplozije, gustoća eksploziva, bilanca kisika, osjetljivost i otpornost. [4]

Detonacija eksplozivnog naboja je vrlo brzi, trenutni prijelaz eksplozivnog naboja iz čvrstog u plinovito stanje i pri tom prijelazu moraju biti zadovoljena četiri uvjeta koji ovise jedni o drugima [4]:

- egzotermičnost reakcije,
- sposobnost samostalnog širenja,
- određena detonacijska brzina,
- stvaranje plinova.

Od centra eksplozivnog naboja ili zone eksplozije u stijeni kao mediju kružno se oblikuju (***Slika 34***) [4]:

1. minska bušotina,
2. zona drobljenja,
3. značajno fakturirana zona,
4. umjereno fakturirana zona,
5. malo fakturirana zona,
6. neporemećena stijenska masa.



Slika 34 Zone djelovanja eksplozije u stijeni [4]

Za dobivanje mineralnih sirovina miniranjem bitno je dobivanje optimalne zone drobljenja ili usitnjavanja stijene. Što znači da treba odabrati najpovoljniju vrstu rudarskog eksploziva za miniranje određene vrste stijene.

U postupku miniranja potrebno je izbušiti minske bušotine koje se obzirom na promjer dijele na:

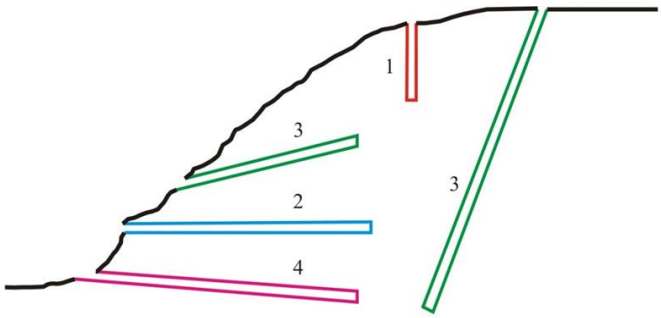
- minske bušotine malog promjera (do 50 mm),
- minske bušotine velikog promjera (od 50 do 200 mm).

S obzirom na duljinu minske buštine su:

- plitke (do 5 m),
- duboke (od 5 do 50 m).

Prema smjeru u odnosu na horizontalnu ravninu minske bušotine su (***Slika 35***):

1. vertikalne,
2. horizontalne,
3. kose prema gore ili prema dolje,
4. blago nagnute prema dolje.



Slika 35 Minske bušotine prema smjeru u odnosu na horizontalnu ravninu [4]

4. Štetan utjecaj površinske eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš

Eksploatacija mineralnih sirovina direktno utječe na stanje ravnoteže u prirodi što dovodi do promjene stanja u okolišu. Eksploatacija mineralnih sirovina datira još u kameno doba kada se koristio kamen kresivac, pored drveta i kostiju za izradu oruđa i oružja. U današnje vrijeme nemoguće je zamisliti život na Zemlji bez mineralnih sirovina ali ne smijemo zanemariti štetni utjecaj eksploatacije na okoliš. Intenzivan razvoj industrije i nagli porast stanovništva utjecali su i na povećanje potrebe za iskorištavanjem prirodnih resursa, a pritom se nije vodila briga o mogućim štetnim utjecajima na okoliš. Zbog nekontrolirane eksploatacije prirodnih resursa bez praćenja stanja pojedinih sastavnica okoliša (zrak, voda, tlo…) u prošlom stoljeću počeli su se donositi određeni propisi i osnivati agencije u svrhu kontrole i zaštite okoliša.

Posljedice otkopavanja mineralnih sirovina na okoliš su [4]:

- zauzimanje prostora,
- promjene krajobraza,
- degradacija i onečišćenje tla,
- štetni utjecaji miniranja,
- onečišćenje zraka,
- onečišćenje voda,
- stvaranje prevelike buke,
- utjecaj na mikroklimu,
- utjecaj na floru,
- utjecaj na faunu,
- utjecaj na promet i prometnu infrastrukturu,
- rizici od ekoloških nesreća.

Mjere za smanjenje utjecaja eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš svrstavaju se u četiri grupe [4]:

- mjere zaštite životne sredine pri postojećim tehnologijama,
- mjere za poboljšanje tehnologija u cilju smanjenja zagađenja,
- sanacija posljedica zagađenja životne sredine,
- edukacija zaposlenih i uprave rudarskih poduzeća za poslove zaštite.

Zauzimanje prostora

Veliki ekološki problem u svrhu eksploatacije i prijevoza mineralne sirovine je zauzimanje prostora. Zbog promjene konfiguracije terena uslijed rudarskih radnji, dolazi do trajne promjene krajolika u estetskom smislu. Otvaranje i razvitak rudarskih radova mijenja izvornu i prepoznatljivu sliku okoliša. Pejzažne promjene započinju tijekom rudarenja i u pretežitom dijelu ostaju stalno prisutne.

Promjena krajobraza

Na prostoru na kojemu se vrši eksploatacija dolazi do promjene reljefa. Eksploatacijom mineralne sirovine stvaraju se velike „rupe“ zbog čega je potrebno izvršiti sanaciju ili prenamjenu prostora eksploatacijom promijenjenog krajobraza. Konačna namjena može biti vraćanje prostora eksploatacije „prirodi“, pa se onda nastoji [4]:

- završnu formu što je više moguće bolje uklopiti u morfološko – krajobrazni kontekst okolnog reljefa,
- pomoći prirodnim procesima kojima će priroda postupno renaturalizirati prostor, pretvarajući ga u stanište sa svim njegovim prijašnjim nastanjujućim vrstama.

Degradacija i onečišćenje tla

Površinskom eksploatacijom mineralnih sirovina dolazi do potpune izmjene pedoloških uvjeta. Zauzete površine pretvaraju se u ogoljelo tlo uklanjanjem biljnog pokrova i humusa. Skidanjem otkrivke slojevi tla se miješaju, te gube izvorna prirodna obilježja. Navedeni štetni utjecaju smanjuju se pravovremenom rekultivacijom otkopanih prostora i jalovišta. [4]

Opasnost onečišćenja kod površinske eksploatacije u kamenolomima predstavlja nafta, ulje i ostala maziva koja se koriste u radu mehanizacije s dizelskim pogonom. Onečišćenje tla uljem, naftom i mastima može izazvati i onečišćenje voda te zbog najčešće propusnih vapnenačkih podloga i onečišćenje podzemnih voda. Veliko onečišćenje na površinskim eksploatacijskim poljima može biti uzrokovano pucanjem hidrauličkih crijeva na bageru, hidrauličkom čekiću, utovaraču i dr. Zbog veliko pritiska tlaka ulja u crijevima prilikom puknuća crijeva dolazi do izbacivanja velikih količina hidrauličnog ulja na velike udaljenosti, te do onečišćenja velikih površina eksploatacijskog polja. Zaštita od ovakvih štetnih utjecaja je pravilno održavanje i redovna kontrola stroja, a oprema za čišćenje i skupljanje ulja mora biti pristupačna i spremna. Glavni zadatak je da se prilikom čišćenja uljnih mrlja samim čišćenjem ne nanese dodatna šteta okolini. Postoje razni načini čišćenja:

- mehanički,
- fizikalno – kemijski,
- kemijski,
- mikrobiološki.

Za primjenu na površinskim kopovima najprihvatljiviji su fizikalno – kemijski načini čišćenja. Uporaba kemijskih sredstava je opravdana samo u slučajevima kada bi šteta nanesena biološkim i ostalim resursima bila veća ako se oni ne uporabe [40]. Primjena fizikalno – kemijskih svojstava za adsorpciju daje izvanredne rezultate, sigurna je, učinkovita i neškodljiva za okolinu. Sredstva za adsorpciju možemo podijeliti na [4]:

- prirodne adsorbense:
    - pileće perje, slama, sijeno, piljevine,
    - adsorbiraju tri do osam puta veću količinu ulja od njihove mase,
    - nisu toksični i razgrađuju se u prirodnoj sredini.

- hidrofozirani mineralni sastavi:
    - kapacitet adsorpcije je četiri do osam puta po jedinici mase adsorbenta,
    - nedostatak je što se praše prilikom istresanja iz vreća i mogu izazvati iritaciju respiratornog trakta zaposlenih ljudi.
- sintetski organski hidrofozirani sastavi:
    - u obliku pjene, spužvi i vlakana te imaju vrlo visoke kapacitete adsorpcije.

U cilju sprječavanja zagađenja tla i voda naftnim derivatima provode se i sljedeće mjere zaštite: parkiranje i pranje rudarske mehanizacije i vozila obavlja se na asfaltiranoj nepropusnoj podlozi, pretakanje goriva iz cisterne u spremnike rudarske mehanizacije obavlja se primjenom sustava za sprječavanje prolijevanja, zamjena ulja u rudarskoj mehanizaciji obavlja se kamionom – cisternom, istrošena ulja za podmazivanje isisavaju se u spremnik kamiona cisterne. Prilikom izlijevanja naftnih derivata i onečišćenja zemljišta u praksi se često primjenjuje i: iskop onečišćenog zemljišta rovokopačem te odvoz na deponij predviđen za takvu vrstu otpada izvan eksploatacijskog polja, prepuštanje onečišćenog zemljišta trgovačkom društvu ovlaštenom za zbrinjavanje otpada. [4]

Štetni utjecaji miniranja

Štetni utjecaji miniranja su:

- razbacivanje komada stijena,
- zračni udar,
- potresni valovi.

Razbacivanje komada minirane stijene opasnost je za ljude i imovinu, te floru i faunu. Intenzitet i daljina razbacivanja ovise o nizu čimbenika kao što su: anomalije tektonskog sklopa stijena, neracionalno projektiranje minerskih radova, neprovođenje mjera zaštite nepokrivanjem minskih polja lociranih u ugroženim zonama. [4]

Aproksimativna formula za daljinu razbacivanja je (Gustaffson, 1973. godina):

$$L_r = 255 * n^{0,75} * \sqrt[3]{w} \qquad \text{(m)} \qquad (5)$$

Gdje su:

- L_r – daljina razbacivanja, (m),
- n = R/w, pokazatelj djelovanja eksplozije,
- R - radijus odloma minske bušotine, (m),
- w - linija najmanjeg otpora, (m).

Zračni udarni val posljedica je naglog povećanja tlaka plinova pri detonaciji eksplozivnog naboja.

Međusobna zavisnost tlaka, brzine širenja zračnog udarnog vala, brzine kretanja zraka u fronti vala i gustoće zraka definirana je izrazom:

$$P = \rho_z * v_{uv}^2 * \left(1 - \frac{\rho_z}{\rho_1}\right) \qquad \text{(mbar)} \qquad (6)$$

Gdje su:

- P – tlak zračnog udarnog vala, (mbar),
- ρ_z - gustoća zraka, (kg/m^3),
- v_{uv} - brzina širenja zračnog udarnog vala, (m/s),
- ρ_l - gustoća zraka u fronti vala, (kg/m^3).

Tablica 2 prikazuje moguće štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala.

Tablica 2 Štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala [4]

TLAK UDARNOG VALA		**OPIS ŠTETE**
(mbar)	(Pa)	
$2*10^{-7}$	$2*10^{-5}$	Prag čujnosti
0,14	14	Staklo i kuhinjsko posuđe vibrira
0,21	21	Uznemirenje ljudi
2,1	210	Nema oštećenja
7	700	Lom slabo učvršćenog stakla
21	2100	Lom dobro učvršćenog prozorskog stakla
210	21000	Oštećenje na građevinama, pucanje bubnjića u uhu
1000	100000	Rušenje zidova od cigle, pukotine u betonu
2000	200000	Velike štete, rušenje betonskih konstrukcija, povrede unutarnjih organa kod ljudi
2500 - 4000	250000 - 400000	Smrtno stradavanje ljudi

Na jačinu zračnog udara najviše utječu [4]:

- količina i vrsta eksploziva,
- udaljenost od središta eksplozije,
- položaj eksplozivnog naboja,
- način iniciranja eksplozivnog punjenja,
- oblik i konfiguracija okolnog terena,
- meteorološki uvjeti u trenutku eksplozije.

U neposrednom i naseljenom okolišu, treba prakticirati [4]:

- iniciranje eksplozivnog naboja s dna minskih bušotina,
- niske etaže,
- manje promjere bušotina,
- odgađati aktiviranje mina pri maglovitom i oblačnom vremenu bez vjetra, jakih zima i dr.

Seizmičko štetno djelovanje miniranja očituje se u vidu oscilacija i elastičnih deformacija stijene, te u biti predstavlja umjetni potres, pri kojem je mjesto eksplozije njegov epicentar. To zapravo znači, da se dio oslobođene energije eksplozivnog punjenja pretvorio u kinetičku energiju elastičnih valova, koji se međusobno razlikuju u brzini širenja, intenzitetu i obliku deformacije. Te oscilacije mogu prouzročiti oštećenja ili rušenje različitih stambenih zgrada ili gospodarskih objekata.
Intenzitet oscilacija, pri miniranjima ovisi o količini i vrsti eksplozivnog punjenja, udaljenosti od mjesta miniranja, te mediju kroz koji se valovi šire, a izražava se:

- maksimalnim pomakom, $s = A$
- maksimalnom brzinom, $v = 2 * \pi * f * A$
- maksimalnim ubrzanjem, $a = 4 * \pi^2 * f^2 * A$

Gdje su:

- A – maksimalna amplituda, (cm)
- f – frekvencija oscilacija, (Hz)
- T – trajanje titraja, (s).

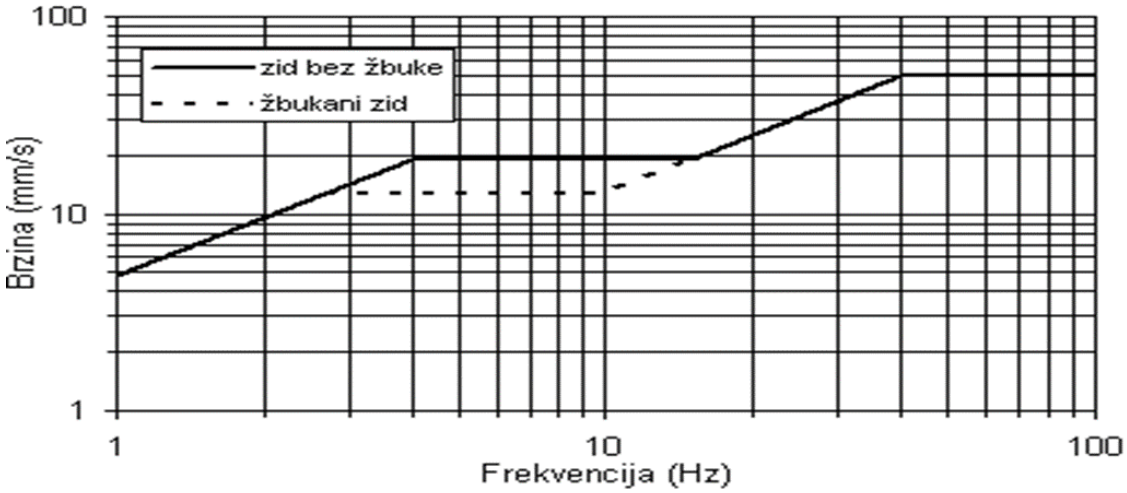
Brzina širenja seizmičkih valova i njihov domet, ovise o vrsti stijena ili tla, te o prigušenju na putu širenja. Zaštitu objekata od oštećenja pokušali su riješiti mnogi autori. Rezultat njihovih istraživanja je niz teorijskih rješenja i empirijskih formula u kojima je određena matematička povezanost između intenziteta oscilacija tla, količine eksplozivnog punjenja i udaljenosti mjesta miniranja. Te formule imaju jedan ili više korekcijskih faktora čije se vrijednosti egzaktno određuju mjerenjem na terenu ili se zasnivaju na statičkim podacima.

Klasifikacija potresa po kriteriju S.V. Medvedeva usvojena 1963. godine u San Francisku, temelji se na količini i vrsti onečišćenja na objektima prema pripadajućim vrijednostima rezultantne brzine oscilacija čestica stijena. Ona se podudara s međunarodnom konvencionalnom skalom za procjenu učinka potresa MCS (Mercali – Cancani Sieberg). [4]

Tablica 3 Klasifikacija potresa po kriteriju S. V. Medvedeva [4]

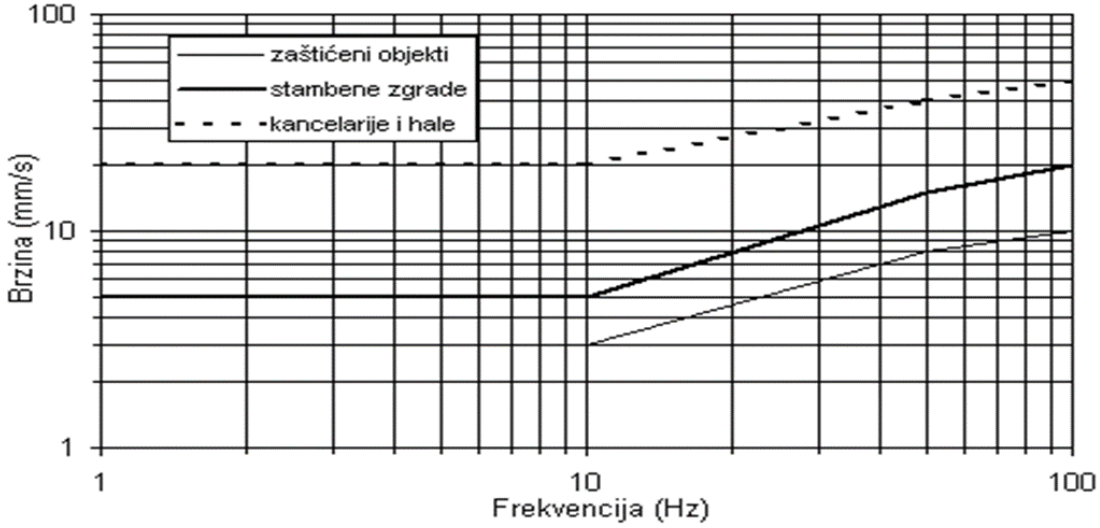
Stupanj potresa	Brzina osciljacija cm/s	**Karakteristika potresa**
1.	< 0,2	Oscilacije mogu registrirati samo instrumenti
2.	0,2 – 0,4	Oscilacije se mogu osjetiti samo u potpunoj tišini
3.	0,4 – 0,8	Oscilacije mogu osjetiti osobe koje su obaviještene o miniranju
4.	0,8 – 1,5	Oscilacije osjećaju mnogi ljudi i pojavljuje se zveckanje
5.	1,5 – 3,0	Počinje osipanje žbuke; nastaju oštećenja na starijim zgradama
6.	3,0 – 6,0	Veće pukotine u žbuci, oštećenja zgrada su lako uočljiva
7.	6,0 – 12,0	Pojavljuju se oštećenja na solidnijim zgradama; otpadaju komadi žbuke; nastaju tanke pukotine u zidovima i dimnjacima; počinje klizanje vodom zasićenog pjeskovitog tla; otpadanje nestabilnih blokova na strmim nagibima
8.	12 – 24	Nastaju znatna oštećenja zgrada; pojavljuju se velike pukotine u zidovima i konstrukcijama; dimnjaci se ruše; odvaljuje se žbuka; počinje obrušavanje kosina uz rub tektonskih pukotina; u slabo vezanim stijenama nastaju trajne deformacije
9.	24 – 48	Zgrade se ruše; pojavljuju se velike pukotine u zidovima i stijenama; odronjavanje čvrstih kosina; obrušavanje rubnih dijelova slabo vezanih stijena i tla sa sistemom pukotina nepovoljno orijentiranih
10.	48 – 96	Nastaju velika razaranja i rušenja zgrada; pukotine u čvrstim stijenama; zarušavanje rubnih dijelova u slabo vezanim srednje čvrstim stijenama; zarušavanje jamskih hodnika
11. – 12.	> 96	Znatna obrušavanja kosina u čvrstim stijenama

U SAD-u je kriterij štete utvrđen preko odnosa brzina i frekvencija oscilacija (Siskind i ostali, USBM RI8507, 1980). Na ***Slika 36***, je dat grafički prikaz graničnih brzina oscilacija tla za građevine koje propisuje United States Bureau of Mines.



Slika 36 USBM RI8507 i OSM standard [4]

U Njemačkoj su standardom DIN 4150 klasificirani objekti po kategorijama i za njih pripadajuće dopuštene brzine oscilacija čestica stijena u zavisnosti o frekvenciji oscilacija. Prikaz graničnih vrijednosti dopuštenih brzina oscilacija dat je dijagramski na ***Slika 37***, i ***Tablica 4.***



Slika 37 DIN 4150 standard [4]

Tablica 4 Granične oscilacija čestica stijena po DIN standardu 4150 [4]

Frekvencije oscilacija	**< 10 Hz**	**10 - 50 Hz**	**50 - 100 Hz**
Kategorija objekta	Granične vrijednosti brzina oscilacija cm/s		
1. Kancelarije i tvorničke zgrade	2.0	2.0 - 4.0	4.0 - 5.0
2. Stambene zgrade s žbukanim zidovima	0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 2.0
3. Povijesni i drugi zaštićeni objekti	0.3	0.3 - 0.8	0.8 - 1.0
Za frekvencije > 100 Hz mogu se uzeti veće vrijednosti brzina oscilacija			

Onečišćenje zraka

Zrak se onečišćuje tijekom cijelog procesa eksploatacije mineralnih sirovina. Do onečišćenja zraka dolazi prilikom bušenja, miniranja, utovara, prijevoza i oplemenjivanja. Na intenzitet zaprašenosti najviše utječu karakteristike bušače garniture i oplemenjivačkog postrojenja, a zatim utovarača i kamiona, te njihov način vožnje. Efikasne mjere za smanjenje zaprašenosti su opremljenost bušilice ciklonskim sakupljačem prašine, ugradnja otprašivačkog uređaja na oplemenjivačkom postrojenju, te kvašenje utovarno transportnih površina. Govoreći o površinskoj eksploataciji, eksploatacija arhitektonskog kamena je „čišća“ od eksploatacije tehničkog kamena, no u oba slučaja se radi o onečišćenju kamenom prašinom koja nije ni mehanički ni kemijski agresivna kako na okoliš tako ni na ljude. Ispušni plinovi koji nastaju od strojeva sa dizelskih motora sastoje se od produkata potpunog izgaranja, pretička zraka i ostalih pratećih komponenti – produkata nepotpunog izgaranja, oksidacije primjesa i dodataka gorivu i oksidacija dušika. Štetna svojstva ispušnih plinova uvjetovana su sadržajem tih ostalih pratećih komponenti (mikroprimjesa). Štetnost mikroprimjesa očituje se neprijatnim mirisom i toksičnim svojstvima. Komponente štetnog djelovanja na

organizam čovjeka su ugljični monoksid i oksidi dušika, te ovisno o vrsti goriva i oksidi sumpora. Zaštita zraka od onečišćenja štetnim komponentama ispušnih plinova provodi se smanjivanjem količine štetnih komponenti u ispušnim plinovima i utvrđivanjem potrebne količine zraka za razblaženje štetnih komponenti, odnosno što bržem odstranjivanju onečišćenog zraka iz radne sredine. Smanjenje količina štetnih komponenti ispušnih plinova u zrak postignut je na radnim strojevima konstrukcijom i radnim procesom motora koji neposredno djeluju na proces stvaranja štetnih komponenti u cilindru motora, kao i čišćenjem (filtracijom) ispušnih plinova od štetnih komponenti prije izbacivanja u zrak. [40]

Prema Zakonu o zaštiti zraka, mjere zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama određuju se u cilju: [41]

- izbjegavanja, sprječavanja ili smanjenja štetnih posljedica po ljudsko zdravlje, kvalitetu življenja i okoliš u cjelini,
- uspostave, održavanja i unapređivanja cjelovitog sustava upravljanja kvalitetom zraka na teritoriju Republike Hrvatske,
- očuvanja i kvalitete zraka ako je zrak čist ili neznatno onečišćen, te poboljšavanje kvalitete zraka u slučajevima onečišćenosti,
- procjene kvalitete zraka i pribavljanja odgovarajućih podataka o kvaliteti zraka na temelju standardiziranih metoda i mjerila koja se primjenjuju na području Europske unije,
- sprječavanja i smanjivanja onečišćivanja koja utječu na ozonski sloj i klimatske promjene,
- korištenja učinkovitijih tehnologija s obzirom na potrošnju energije te poticanja i uporabe obnovljivih izvora energije,
- osiguravanja dostupnosti javnosti informacija o kvaliteti zraka, emisijama stakleničkih plinova i potrošnji tvari koje oštećuju ozonski sloj,
- izvršenja obveza preuzetih međunarodnim ugovorima i sporazumima kojih je Republika Hrvatska stranka, te sudjelovanje u međunarodnoj suradnji u području zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena.

Mjere koje se poduzimaju za smanjenje onečišćenja zraka eksploatacijom mineralnih sirovina podrazumijevaju ispravnost lociranja zahvata obzirom na mikroklimatske uvjete, pretežiti smjer i intenzitet strujanja zračnih masa, pravilnim lociranjem i ograđivanjem svih elemenata tehnološkog procesa koji generiraju prašinu. [4]

Onečišćenje voda

Površinska eksploatacija mineralnih sirovina ima negativan utjecaj i na površinske i podzemne vode. U štetne utjecaje površinske vode spadaju: promjena režima voda, zamućivanje voda suspendiranim česticama iz zamuljane otpadne vode od „mokrog" postupka separacije, zamućivanje oborinskim vodama koje površinskim tečenjem ispiru sitnu prašinu s eksploatacijskog polja, zamućivanje od povećane erozije. Negativni utjecaji na podzemne vode uključuju: skidanje pokrova koji pročišćuje oborinske vode, izlijevanje onečišćujućih tvari na propusnu podlogu ili vodonosni horizont, tektonske promjene koje utječu na izvore dotoka podzemnih voda.
Na velikim površinskim kopovima najčešća onečišćenja voda nastaju erozijom nezaštićenih odlagališta jalovine uslijed proboja flotacijskih brana i izlijevanja velikih količina flotacijske jalovine. Pri eksploataciji nafte može doći do velikih onečišćenja morske vode. [4]

Prema Zakonu o vodama [42], zaštita voda ima cilj:

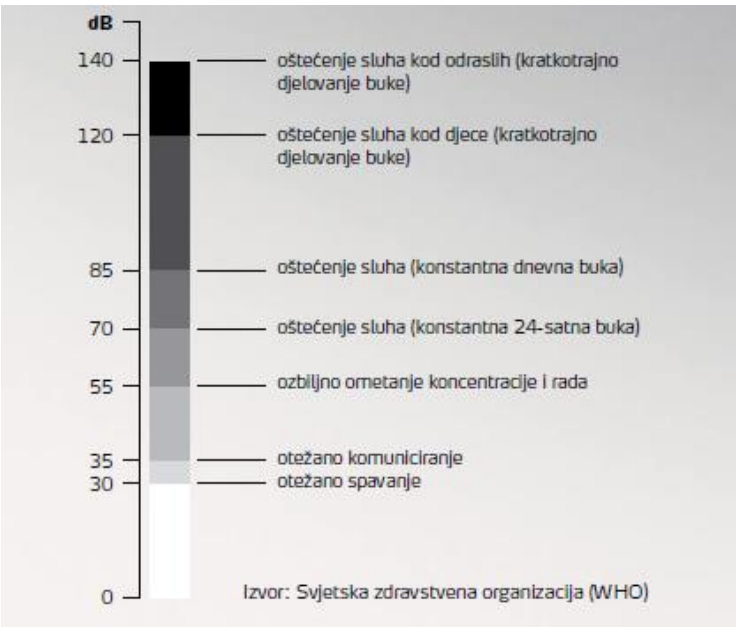
- spriječiti daljnje pogoršanje, zaštititi i poboljšati stanje vodnih ekosustava te, s obzirom na potrebe za vodom kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima
- promicati održivo korištenje voda na osnovi dugoročne zaštite raspoloživih vodnih resursa
- bolje zaštititi i poboljšati stanje vodnog okoliša, među ostalim i putem specifičnih mjera za postupno smanjenje ispuštanja, emisija i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, te prekid ili postupno ukidanje ispuštanja, emisija ili rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste
- osigurati postupno smanjenje onečišćenja podzemnih voda i spriječiti njihovo daljnje onečišćenje
- pridonijeti ublaženju poplava i suša

Mjere kojima se štetni utjecaji eksploatacije mogu najviše smanjiti uključuju: ispravno lociranje zahvata, rješavanje odvodnje oborinskih voda, gradnju taložnica za otpadne i oborinske vode, gradnju vodonepropusnih betonskih podišta s obodnim slivnicima i odvodnjom otpadnih voda u pjeskolov i uljni pročišćivač za sve prostore u kojima se značajnije manipulira potencijalno zagađujućim tekućinama, izradu vodonepropusnih betonskih podloga ispod svih cisterni sa potencijalno onečišćujućom tekućinom, odgovarajuća rješenja fekalnih voda iz infrastrukturnih objekata na eksploatacijskom polju. [4]

Stvaranje prevelike buke

Buka je posredni onečišćivač, posljedica rada strojeva, te rada i gibanja utovarno transportnih sredstava. Na intenzitet i značajke buke utječe puno čimbenika na puno načina. Osnovni izvori buke su pogonski motori, kontakt s podlogom utovarnih i transportnih sredstava, te vrtloženje zraka kao posljedica njihovog gibanja, koji uzrokuju veliku i stalnu buku. Buka se sa rudarskih objekata pojavljuje i detonacija koja je posljedica miniranja, a uzrokuje veliku buku, ali je izuzetno kratkotrajna i rijetka. Zaštita od buke provodi se radi zaštite od buke štetne po zdravlje, a koja predstavlja svaki zvuk koji prekoračuje najviše dopuštene razine utvrđene propisima s obzirom na vrijeme i mjesto nastanka u sredini u kojoj ljudi rade i borave. Utjecaj od buke može se smanjiti lociranjem rudarskih objekata na sigurnu udaljenost od objekata u kojima je neprihvatljiva visoka razina buke, postavljanjem prirodnih barijera, odnosno izgradnjom nasipa ili sadnjom zaštitnog pojasa vegetacije. [4]

Dugotrajna izloženost buci lako može uzrokovati ozbiljna oštećenja sluha, ali i druge zdravstvene tegobe (***Slika 38***). Stupanj jačine zvuka mjeri se u decibelima (dB).



Slika 38 Stupanj jačine buke i utjecaj na ljude [43]

Utjecaj na floru i faunu

Utjecaj eksploatacije na floru i faunu može biti povremen ili trajan. Vrlo bitan čimbenik je odabir lokacije sa što manjim vegetacijskim pokrovom, te odabir lokacije koji neće degradirati neko iznimno rijetko stanište koje nastanjuje neka rijetka populacija. Bitno je početi što je moguće ranije sa vraćanjem okoliša prvotnom prirodnom stanju, što znači da treba što prije početi sa biološkom rekultivacijom.

Utjecaj na promet i prometnu infrastrukturu

Zbog transporta velikih količina materijala sa eksploatacijskog polja, eksploatacija ima štetan utjecaj na promet i prometnu infrastrukturu. Najviše štetnih utjecaja ima na lokalnu cestovnu mrežu koja nije namijenjena za prometovanje velikih i teških transportnih strojeva. Posljedice su onečišćenje kolnika, stvaranje prevelike buke i vibracija, te nezadovoljstvo lokalnog stanovništva. Mjere koje se provode radi smanjenja navedenih šteta su: korištenje manje frekventnih cestovnih pravaca koji ne prolaze kroz sama naselja, izgradnja zaobilaznice u kojem cesta prolazi kroz gusto naseljena područja, strogo poštivanje vremena unutar kojega je dopuštena vožnja,

pranje kamiona prije izlaska na cestu, prekrivanje tereta radi smanjivanja emisije prašine, sporija vožnja i sl. [4]

Rizici od ekoloških nesreća

Najveći rizik od ekoloških nesreća predstavlja onečišćenje naftom. Onečišćenje naftom može se dogoditi prilikom istraživanja ili eksploatacije ležišta, pri transportu tankerima ili cisternama, u tijeku prerade te pri potrošnji. Kvar na bušotinama ili sabirnom sustavu može izazvati eksplozije ili požar. Najveće katastrofe onečišćenja nafte spomenute su u poglavlju 2.2.1. Energetske mineralne sirovine.
Kako bi se spriječili neželjeni incidenti izlijevanja nafte ili njenih derivata potrebno je unaprijed pripremiti odgovarajuće strategije djelovanja. Aktivnosti u sklopu takvih strategija dijele se na:

- preventivne – utvrđivanje mogućih negativnih utjecaja na floru i faunu u koraku istraživanja ležišta. Pri prijevozu nafte morima, tankeri moraju biti horizontalno podijeljeni i imati duplo dno,
- operativne – neposredni postupci čišćenja nastalog zagađenja. Ti postupci se dijele na postupke koji se provode na vodi i na one koji se provode na kopnu.

Klasične metode čišćenja nafte uključuju ograđivanje plutajućim ogradama nakon čega se nafta uklanja s površine vode raznim grabilima, mrežama i ostalim. Ostaci se uklanjaju pomoću apsorbirajućih sredstava kao što su biljna ili sintetička vlakna koja imaju sposobnost upijanja i zadržavanja količine nafte čak 150 puta veće od njihove vlastite težine. Upotreba kemijskih disperznih sredstava je nepoželjna zbog visoke toksičnosti. In – situ paljenje je tehnika paljenja većih količina nafte s površine vode, a ovisi o mnogim čimbenicima: potencijalna toksičnost, udaljenost od zagađenog područja, rezultata oblaka dima, sastavu nafte, sudbini nespaljenih ostataka. Za ovu je tehniku potrebno da debljina izljeva bude 2 – 3 mm zbog efekta hlađenja vjetrom i vodom. Zbog dima koji se producira mogu doprijeti kiše sa istim sastojcima i do 80 km udaljenosti, a poznat je slučaj masovne evakuacije ljudi zbog istih razloga. Veliku opasnost paljenja predstavljaju ostaci paljenja koji truju autohtone vrste i ribe. Najučinkovitija metoda koja se koristi je metoda biorazgradnje. Metoda se provodi tako da se posebno modificirani sojevi bakterija nacjepljuju na neočišćene površine, te u

relativno kratkom vremenskom roku gotovo u potpunosti razgrade naftu, a nakon toga ugibaju zbog pomanjkanja supstrata.

Velike količine eksploziva za miniranje također mogu prouzročiti velike ekološke rizike. Mjere kojima se smanjuje rizik od ekoloških nesreća prouzročenih eksplozivom su: prijevoz, skladištenje i rukovanje eksplozivima i eksplozivnim sredstvima u skladu s važećom legislativom; postojanje planova intervencija za slučaj ekološke nesreće, opremljenost lokaliteta posebnom infrastrukturom i opremom za slučaj ekološke nesreće, edukacija i uvježbanost odgovornih i dobro obučenih djelatnika.

Pojave klizišta velikih dimenzija prouzročenih eksploatacijom mineralnih sirovina mogu prouzročiti velike štete za okoliš i ljude. Razlozi za nastajanje klizišta su nedovoljan broj prethodnih istraživanja ili elementarne nepogode kao što su poplave ili potresi. Pokrenuta masa klizi velikom brzinom. Štete klizišta mogu biti zatrpavanje gospodarskih objekata, poplavljivanja područja izlijevanjem vode iz vodotoka, zagađenje tla, zraka i sl. Za smanjenje pojave klizišta potrebna su detaljna inženjersko – geološka i ostala istraživanja šireg područja. U slučaju nastanka klizišta poduzimaju se geotehnički sanacijski radovi. [4]

5. Prenamjena (sanacija ili rekultivacija) površinskih kopova

5.1. Općenito

Površinskom eksploatacijom mineralnih sirovina izvode se opsežni radovi u prirodi. Oblikovanje i prenamjena otkopanih prostora postaju redoviti pratitelji rudarskih radova. Prema Zakonu o rudarstvu, Zakonu o zaštiti okoliša, Zakonu o prostornom planiranju te ostaloj dokumentaciji koja dotiče rudarsku djelatnost (preko 30 zakonskih i podzakonskih dokumenata), eksploatacija mineralnih sirovina mora se izvoditi temeljem projektnih rješenja koja uvažavaju tri osnovna načela: racionalnost, sigurnost i zaštitu okoliša. Završni oblik kao i namjena prostora mora se znati prije, to jest u fazi eksploatacije kako bi se rudarski radovi vodili i prilagodili željenom cilju bez većih naknadnih investicijskih ulaganja [44]. Prenamjena površinskih kopova podrazumijeva izvođenje određenih tehničkih zahvata kojima se otkopani prostori i odlagališta jalovine preuređuju za sadržaje koji su predviđeni prostorno – planskom dokumentacijom. U skladu sa prostorno – planskom dokumentacijom, prenamjena može biti prema posebnim zahtjevima buduće namjene kao što su gospodarske, turističke, športsko – rekreacijske i drugo. Kako bi se provela prenamjena eksploatacijskih polja potrebno je provesti tehničku i biološku sanaciju.

Tehnička sanacija provodi se tijekom životnog vijeka površinskog kopa. To znači da su završne kosine izvedene prema glavnom rudarskom projektu uz kriterij trajne stabilnosti sa faktorom sigurnosti u rasponu od 1,3 do 1,5 [4].

Biološka sanacija provodi se na samom kraju ili nakon završenih rudarskih radova. U biološkoj sanaciji sudjeluju stručnjaci iz raznih struka kao na primjer: građevinari, geolozi, biolozi, agronomi, meteorolozi, šumari, arhitekti i drugi.

5.2. Primjer izvedene prenamjene otkopanog prostora

Jarun je bio savski rukavac, oko kojeg je bilo malo naselje i kukuruzna polja. Poplava 1964. godine potiče izgradnju nasipa uz Savu, čime je Jarun fizički odvojen od same rijeke te je postao močvara. U to vrijeme su se iz Jaruna vadilo šljunak koji se koristio za izgradnju nasipa, pa se s vremenom produbio i postao jezero. Sedamdesetih godina dolazi do ideje da se izgradi športsko rekreacijski centar u zapadnom dijelu grada. U isto vrijeme Zagreb je izabran za domaćina Univerzijade 1987. godine. Jezero Jarun je odabrano kao pogodna lokacija za izgradnju takvog objekta. Početkom izgradnje SRC-a Jarun uređeno je jezero površine 70 hektara sa veslačkom stazom napravljenom prema najvišim standardima. ***Slika 39*** pokazuje početak radova 1982. godine.

Slika 39 Zračna snimka jezera Jarun u izgradnji 1982. godine [45]

U sklopu SRC-a izgrađeni su i mnogi sportski objekti (veslački hangari, jedriličarski i kajakaški klubovi te zgrada Uprave Jaruna sa velikim tribinama). Na istočnom kraju SRC Jarun izgrađeni su i Športski park Mladost, Studentsko naselje Stjepan Radić te Kineziološki fakultet. [46]

Jarun danas (***Slika 40***) obuhvaća površinu od 235 hektara od čega su 75 hektara vodene površine. Regatna staza je duga 2250 m, a osim nje su tu još Veliko i Malo jezero. Jarun ima šest otoka: Otok Univerzijade, Otok Trešnjevke, Otok veslača, Otok hrvatske

mladeži, Otok divljine i Otok ljubavi. Uz obale Jaruna se proteže 2500 m šljunčanih plaža. Na području Jaruna su športski tereni za športaše i rekreativce, klubovi veslača, kajakaša i kanuista, jedriličari, daskaši i – ribiči. Postoji i skate park, tereni za odbojku u pijesku, park skulptura.

Slika 40 Jarun u današnje vrijeme [47]

6. Zaključak

Kopanje ruda ostavlja trajne posljedice na okoliš. To su ujedno i osnovni razlozi zbog kojih se u svijetu donose nacionalne strategije gospodarenja mineralnim sirovinama. Republika Hrvatska je donijela strategiju. Općenito, strategija je vještina utvrđivanja dugoročnih ciljeva i načina njihovog ostvarivanja, ili način postizanja ciljeva, odnosno dugoročna zamisao. Ona definira: opis stanja od kojeg se polazi, listu ciljeva koju se želi ostvariti i prijedlog osnovnih mjera koje su potrebne da se s obzirom na polazište odabrani ciljevi ostvare. U konkretnom slučaju strategija mora uskladiti načelo prema kojemu bez porasta potrošnje energije nema niti razvitka sa zahtjevom očuvanja prirodne sredine i ljudskog okoliša.

Intenzivni industrijski razvoj uzrokuje povećanu potrebu za eksploatacijom mineralnih sirovina, a svaka vrsta industrije predstavlja prijetnju za očuvanje kakvoće okoliša. Stoga se eksploatacija i transport mineralnih sirovina moraju odvijati u kontroliranim uvjetima. Štetom u okolišu smatra se svaka šteta koja je nanesena zaštićenim biljnim ili životinjskim vrstama i njihovim staništima te krajobraznim strukturama prema posebnom propisu, a koja ima bitan nepovoljan utjecaj na postizanje ili održavanje povoljnog stanja vrste ili stanišnog tipa i kakvoće krajobraza.

Karakter i intenzitet nepovoljnog utjecaja procjenjuje se u odnosu na izvorno stanje, uzimajući u obzir mjerila propisana posebnom propisom. Svaka šteta nanesena vodama, a koja ima bitan negativan utjecaj na stanje voda: ekološko, kemijsko i/ili količinsko, u skladu s posebnim propisima, moru, a koja ima bitan negativan utjecaj na očuvanje i postizanje dobrog ekološkog stanja mora sukladno posebnim propisima. Svaka šteta nanesena tlu, čije onečišćenje, odnosno oštećenje je dovelo do rizika za njegove ekološke funkcije i zdravlje ljudi, u skladu s posebnim propisima, te zemljinoj kamenoj kori čije onečišćenje, odnosno oštećenje je dovelo do rizika za njene ekološke funkcije i zdravlje ljudi, u skladu s posebnim propisima.

Primjenom postojećih pravilnika, uredbi i zakona vezanih uz očuvanje kakvoće okoliša i sastavnica okoliša, očuvat će postojeće stanje u okolišu i smanjiti će se štetan utjecaj eksploatacije mineralnih sirovina.

Literatura

[1] »https://www.zakon.hr/z/194/Zakon-o-za%C5%A1titi-okoli%C5%A1a,«

[2] »http://nase-usluge.hr/poslovni-vodic/komunalne-prijevoznicke-usluge-vl-mirjana-solin/,«

[3] N. Herceg, Okoliš i održivi razvoj: sustavi upravljanja okolišem, Zagreb: Synopsis, 2013.

[4] Mesec, J., Mineralne sirovine, vrste i načini dobivanja, Varaždin, 2009.

[5] »https://www.zakon.hr/z/390/Zakon-o-rudarstvu,«

[6] »https://www.hgi-cgs.hr/karta-mineralnih-sirovina-RH.htm,«

[7] »https://hr.wikipedia.org/wiki/Nafta#Nalazi%C5%A1ta_i_va%C4%91enje_nafte,«

[8] Marković, S., Hrvatske mineralne sirovine, Zagreb: Institut za geološka istraživanja, Zavod za geologiju, 2002.

[9] »https://hr.wikipedia.org/wiki/Izljev_nafte_u_Meksi%C4%8Dkom_zaljevu_2010.,«

[10] »http://variety.com/2014/film/news/mark-wahlberg-deepwater-horizon-release-1201322973/,«

[11] »https://adriaticmedianethr.files.wordpress.com/2015/10/pxl_121114_2034.jpg?quality=100&strip=all,«

[12] »https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cernobilska_katastrofa#/media/File:Deadzone.jpg,«

[13] »https://hr.wikipedia.org/wiki/Grafit,«

[14] »https://hr.wikipedia.org/wiki/Drago_kamenje,«

[15] »http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16131,«

[16] »http://www.topratediamonds.com/wp-content/uploads/2016/01/xAtlanta-Diamond-Buyers-e1459430513977.jpg.pagespeed.ic.AkLImlXVHt.jpg,«

[17] »https://bs.wikipedia.org/wiki/Safir#/media/File:Geschliffener_blauer_Saphir.jpg,«

[18] »https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-cd3bed1c2467a18fb2cc4c022f6c36c7-c,«

[19] »https://www.pinterest.co.uk/pin/784681935047812607/,«

[20] »http://www.svetkristalovinmineralov.com/index.php/minerali/79-kristali,«

[21] »https://jahonts.com/blog/amethyst/en,«

[22] »https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn:502/preview,«

[23] »https://punkufer.dnevnik.hr/galerija/kako-se-gradio-kineski-zid---431513.html/61370110/431513#gallery,«

[24] »http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam01.pdf,«

[25] »http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam03.pdf,«

[26] »http://www.klesarstvo-roksandic.hr/granit.html,«

[27] »https://www.archivosweb.com/types-of-marble-flooring/,«

[28] Nuić, J., Živković, S., Galić, I., Uvod u rudarstvo, Zagreb, 2003.

[29] »http://rgn.hr/~sborosos/PMiP/BOKSIT.pdf,«

[30] »http://rudar.rgn.hr/~mklanfar/nids_mklanfar/POVRSINSKA%20EKSPLOATCIJA/POVRSINSKA_Otvaranje%20kopova%202.pdf,«

[31] »https://rudar.rgn.hr/~mklanfar/nids_mklanfar/TEHNOLOGIJA%20NEMETALA/KREMENI%20PIJESCI.pdf,«

[32] »https://www.google.com/search?q=%C5%A1tefanac+kremeni+pijesci&client=firefox-b&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiro4Sm4JbbAhXQalAKHQOxA-kQ_AUICigB&biw=1536&bih=760#imgrc=qlkRysM_uATBqM:,«

[33] »http://www.dequalized.com/post/27573863730/a-photo-by-michael-lynch-of-the-kennecott-coppers,«

[34] »https://www.mindat.org/photo-236091.html,«

[35] »https://structurae.net/photos/184348-arco-della-pace,«

[36] »https://www.mining-technology.com/projects/superpitgoldmineaust/,«

[37] »http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam07.pdf,«

[38] »http://rudar.rgn.hr/~mklanfar/nids_mklanfar/POVRSINSKA%20EKSPLOATCI

JA/POVRSINSKA_Bageri.pdf,«

[39] »https://rudar.rgn.hr/~tkujun/nids_tkujun/Strojevi/Predavanja/Rudarski_i_geotehnicki_strojevi.pdf,«

[40] »https://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam18.pdf,«

[41] »https://www.zakon.hr/z/269/Zakon-o-za%C5%A1titi-zraka,«

[42] »https://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama,«

[43] »https://www.webgradnja.hr/specifikacije/1017/zastita-od-buke-kod-ravnih-krovova/,«

[44] »http://www.sumfak.unizg.hr/upload/sec_001/ins_001/Sanacija%20degradiranih%20terena/SDT%201%20SANACIJA%20POVR%C5%A0INSKIH%20KOPOVA%202017.pdf,«

[45] »http://mapiranjetresnjevke.com/kvartovi/jarun/jarunsko-jezero/,«

[46] »https://hr.wikipedia.org/wiki/Jarun,«

[47] »http://www.apartmani-altis.com/jezero-jarun-mjesto-za-odmor-zabavu-i-sportske-aktivnosti.html,«