

# Kamenolomi i okoliš

Božena Tušar

## Ključne riječi

kamenolom,  
lokacija kamenoloma,  
pridobivanje kamenoloma,  
okoliš,  
utjecaj kamena na okoliš,  
mjere zaštite

## Key words

quarry,  
quarry location,  
quarry approval,  
environment,  
influence of stone on  
environment,  
protection measures

## Mots clés

carrière, emplacement de  
la carrière,  
extraction de la pierre,  
effets des carrières sur  
l'environnement,  
mesures de protection

## Ключевые слова

каменный карьер,  
местоположение  
карьера,  
получение камня,  
окружающая среда,  
влияние каменного  
карьера на окружающую  
среду, меры защиты

## Schlüsselworte

Steinbruch,  
Steinbruchstandortauswahl,  
Steingewinnung,  
Umwelt,  
Einfluss der Steinbrüche  
auf die Umwelt,  
Schutzmassnahmen

B. Tušar

## Kamenolomi i okoliš

U radu se polazi od razvrstavanja kamena kao sirovine po skupinama te se razmatraju način odabira lokacija kamenoloma. Navode se i prikazuju propisi kojima se regulira eksploatacija mineralnih sirovina, a također i postupci pridobivanja kamena. Opisani su utjecaji kamenoloma na okoliš u pogledu vizualnog narušavanja prirodnog ambijenta i u pogledu nepovoljnih djelovanja koja nastaju pri radu u kamenolomima. Iznesena su stajališta o mjerama zaštite za razne utjecaje na okoliš.

B. Tušar

## Quarries and environment

The paper starts with classification of stone considered as raw material, and continues with the presentation of methods for selection quarry locations. Regulations about exploitation of mineral raw materials are presented, and stone extraction procedures are depicted. Negative effects of quarry operation on natural environment are presented, especially with respect to physical deterioration of the surrounding terrain and direct harmful effects of quarry operation. Various standpoints about protection measures to be taken with respect to environmental effects are also presented

B. Tušar

## Les carrières et l'environnement

L'article part de la classification des groupes de pierre en tant que matière première et étudie le mode de choix des emplacements des carrières. On présente la réglementation régissant l'exploitation des matières premières minérales, ainsi que les procédés d'extraction de la pierre. On décrit l'impact des carrières sur l'environnement sur le plan de la dégradation esthétique de l'ambiance naturelle et sur le plan des effets défavorables de l'exploitation des carrières. On exprime un avis sur les mesures de protection contre différents impacts sur l'environnement.

Б. Тушар

## Каменный карьер и окружающая среда

В работе исходит из классифицирования камня, как сырья, по группам и рассматривается способ выбора местоположений карьеров. Приводятся и показываются правила, которыми регулируется эксплуатация минерального сырья, а также и способы получения камня. Описаны влияния каменных карьеров на окружающую среду в отношении визуального нарушения окружения и в отношении неблагоприятных действий, возникающих при работе в каменных карьерах. Вынесены точки зрения о мерах защиты против разных влияний на окружающую среду.

B. Tušar

## Steinbrüche und Umwelt

Der Ausgangspunkt des Artikels ist die Einordnung des Steins als Rohstoffs in Gruppen, und es wird die Weise der Standortauswahl der Steinbrüche erwogen. Angeführt und dargestellt sind die Vorschriften nach denen die Ausbeutung von Mineralrohstoffen und Verfahren der Steingewinnung reguliert werden. Beschrieben sind die Einflüsse der Steinbrüche auf die Umwelt im Hinblick auf die Störung des natürlichen Ambientes und im Hinblick auf die ungünstigen Effekte die bei der Arbeit im Steinbruch entstehen. Ausgelegt sind Standpunkte über die Schutzmassnahmen für verschiedene Einflüsse auf die Umwelt.

Stručni rad

Professional paper

Ouvrage professionnel

Отраслевая работа

Fachbericht

Autor: Doc. dr. sc. **Božena Tušar**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26

## 1 Uvod

Kamen je sirovina iz grupe "neruda" koju možemo svrstati u neobnovljiva prirodna bogatstva, a koja je izuzetno važna u graditeljstvu. Graditelji se kamenom koriste za ziđe, za obloge, rabe ga kao tučenac različitih frakcija za pripremu betona. U prošlosti, danas i u budućnosti građevinarima je kamen jedan od osnovnih građevinskih materijala koji se uveliko upotrebljava u niskogradnji i visokogradnji. Tako je, primjerice, udio kamenu u betonu 70-80 %, a u niskogradnji čak više od 90 %.

Građevni kamen je dio Zemljine kore - litosfere, koji se iz nje odvaja na prirodan ili umjetan način. On je mineralni agregat određene teksture, strukture, fizičkih, mehaničkih i geoloških karakteristika. Kamen je sirovina koja se može svrstati u tri skupine:

- arhitektonsko-građevni kamen rabi se za ziđe ili kao dekorativni kamen za obloge pročelja ili unutrašnjih dijelova objekta
- tehnički se kamen najčešće rabi kao tučenac, različitih frakcija za izradu betona, ali i dobro zbijen kao podloga svim građevinskim objektima, posebno cestama i željezničkim prugama
- kamena sitnež ili agregat sa zrnima veličine 0-30 m rabi se za izradu gornjih i donjih nosivih slojeva bituminiziranog materijala za autoceste i ceste svih razreda prometnog opterećenja.

Zakon o rudarstvu u čl. 4. određuje arhitektonski građevni kamen, a u čl. 7. tehnički građevni kamen, građevni pijesak i šljunak te opekarsku glinu. [1]

Pri utvrđivanju podobnosti lokacije za eksploataciju kamena nužno je provesti geološke istražne radove koji daju podatke o načinu pojavljivanja kamena, rezervama i građi stijenske mase. Dalje je nužno istražnim bušenjima, zasjecima i rovovima uzeti uzorke stijenske mase te laboratorijskim ispitivanjima utvrditi: petrografska svojstva stijene, veličinu, oblik i način vezivanja zrna u stijeni, porozitet, čvrstoću na tlak, vlak i savijanje, higroskopnost, volumnu masu, habanje itd. [2]. Navedeni istražni radovi bitni su za utvrđivanje podobnosti uporabe kamena, veličini rezervi kamena te troškovima pridobivanja i oplemenjivanja, tj. proizvodnje kamena.

Veliki rudarski radovi, u prvom redu površinski kopovi, često korjenito mijenjaju krajolik i ostavljaju posljedice u prirodnom okolišu. Iz razloga održivog razvitka živog svijeta i iz estetskih razloga, nužno je nakon iskorištavanja kamene sirovine rekultivirati područje zahvata. U radu će se kratko opisati tehnologija eksploatacije kamena, utjecaj ove djelatnosti na okoliš i mjere zaštite okoliša od neželjenih posljedica.

## 2 Kamenolom obavezan sadržaj prostornog plana

Strategija prostornog uređenja obvezuje Republiku Hrvatsku, u djelu Osnove za planiranje i usklađivanje prostornog razvitka, na određivanje prioriteta djelatnosti namjene iskorištavanja prostora i među ostalim utvrđuje:

"Gospodarske djelatnosti koje se zbog tehnološke vezanosti na resurs mogu obavljati samo na određenom prostoru imaju na tom prostoru prioritet, a poblize se određuju prema lokalnim uvjetima, utjecaju na razvoj naselja, zaštiti okoliša i očuvanju prirodnih i kulturnih vrijednosti".[3]

Republika Hrvatska je bogata sirovinama za proizvodnju građevnih materijala. Na slici 1. prikazana su ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj.[4] Arhitektonsko-građevni kamen leži na čitavom krškom području (Istra, Kvarner, Dalmacija i otoci). Na području sjeverozapadne Hrvatske također se nalazi veći broj kamenoloma (Golubovec, Ljubišica, Belski dol, Donje Orešje i dr.) u kojima se eksploatira tehnički građevni kamen koji se upotrebljava za proizvodnju kamenih agregata za izradu betona, asfalta, tamponskih podloga i druge svrhe. Kamen se eksploatira i u Karlovačkoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Virovitičko-podravskoj i Požeško-slavonskoj županiji.



Slika 1. Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj

Svakako da na tim područjima treba rudarske aktivnosti eksploatacije kamena uskladiti s potrebama tržišta, ali i omogućiti brži gospodarski razvitak i stvaranje uvjeta lokalnom stanovništvu za ostanak na tom području.

Podloga za svekolike aktivnosti u prostoru jest usvojeni Prostorni plan, koji na žalost često za pojedina područja ne postoji. Premda u Republici Hrvatskoj na ovom

području postoji dugogodišnji kontinuitet zakonodavnih propisa i također tradicija u izradi prostornih planova, još uvijek za neka područja županija ovi planovi nisu izrađeni, a često je prisutan problem provedbe usvojenih planova.

Prisutan je i problem nove organizacije prostora pa je nužno raditi izmjene i dopune već postojećih i prihvaćenih prostornih dokumenata. Zakonom o prostornom uređenju [5] osigurava se gospodarenje i zaštita prostora Republike Hrvatske kao osobito vrijedno i ograničeno nacionalno dobro. To se obavlja s pomoću prostornih planova u kojima se svaki zahvat u prostoru, pa tako i eksploatacija mineralnih sirovina, mora provoditi u skladu s dokumentima prostornog uređenja.

Za svaki kamenolom, bilo novi ili postojeći, nužno je na temelju odredaba Zakona o zaštiti okoliša [6], Pravilnika o procjeni utjecaja na okoliš [7] i popisa zahvata koji su navedeni u Pravilniku, izraditi Studiju utjecaja na okoliš. Sastavni dio studije prema članku 5. st. 2. Pravilnika o procjeni utjecaja na okoliš jesu podaci iz dokumenata prostornog uređenja.

Ako ne postoji Prostorni plan na lokaciji eksploatacija kamena, ili ako u usvojenom planu nije unesen ovaj sadržaj, potrebno je istodobno s izradom Studije o utjecaju na okoliš zatražiti dopunu Prostornog plana, odnosno Prostorni plan područja posebnih obilježja s prikupljanjem potrebnih podloga i novoizvršenom analizom stanja u prostoru. Među temeljnim je zadacima izrade Prostornog plana osim definiranja uvjeta rada u kamenolomu i uvjeta uređenja prostora još i utvrditi mjere zaštite okoliša i zaštite prirodnih vrijednosti.

Da bi se mogle utvrditi mjere zaštite potrebno je analizirati utjecaje ovih djelatnosti na prirodne resurse, i to tijekom otvaranja kamenoloma, eksploatacije i nakon zatvaranja te predvidjeti eventualnu ekološku nesreću koja zahtijeva dodatne zaštitne mjere.

### 3 Eksploatacija mineralnih sirovina i zakonske odredbe

Eksploatacija mineralnih sirovina pripada području rudarske djelatnosti kojom se bavi niz trgovačkih društava i obrtnika na oko 200 lokacija u Hrvatskoj, od kojih su polovica kamenolomi tehničkog kamena [8]. Premda je ova djelatnost izuzetno važna za društvo u cjelini ne mogu se poreći i negativne posljedice u okolišu koje su rezultat rudarske djelatnosti.

Djelatnost eksploatacija kamena podvrgnuta je Zakonu o rudarstvu. Razvoj rudarstva na našim prostorima prisutan je još od antičkih vremena, što je potvrđeno brojnim arheološkim nalazištima. Rudarstvo se značajnije razvilo za Rimskog Carstva, pa je tako zabilježeno da je

u Solinu 27. g. pr. Kr. bilo sjedište glavarara za rudarstvo, a prema rimskom rudarsko-pravnom sustavu rude su bile vlasništvo države, a prokurator je izdavao dozvole za njihovo iskorištavanje.

Prvi graditelji na našim područjima, koji su eksploatirali kamen-vapnenac iz bogatih ležišta u Segetu kod Trogira, te na otoku Braču između Škripa i Splitske, jesu graditelji Dioklecijanove palače u Splitu (295.-305.). Njihova tehnika vađenja kamena bila je u ručnoj izradi usjeka (pašarine), kojima su pripremali stijensku masu za vađenje velikih kamenih blokova. U kamenolomu u Pučišću sačuvani su i ostaci podsjeka u obliku slova V (kunjere) u koje su se stavljali drveni klinovi koje su polijevali vodom, da bi isti bubrili i na taj način odvajali kameni blok od stijenske mase [9].

U srednjem vijeku sve rude pripadaju državnom suverenu, a on ih raznim privilegijama i darovnicama daje na iskorištavanje zaslužnim feudalcima i crkvenim dostojanstvenicima. Rudarenje se odvija:

- prema rudarskim odredbama Maksimilijana II. iz 1573.
- prema rudarskom zakonu Josipa II. iz 1788. te kasnije
- prema Napoleonovu rudarskom zakonu iz 1810. koji vrijedi za Dalmaciju i Istru.

Darovnice i privilegije koje su i mimo zakona dijelili carevi i kraljevi zaslužnim velikašima, stvorile su nered u rudarsko-pravnoj regulativi.

Tek je opći austrijski rudarski zakon iz 1854. unio više reda i osuvremenio rudarsko-pravnu regulativu. Taj je zakon uz određene izmjene i dopune bio na snazi u Hrvatskoj sve do 1945. Poslije završetka II. svjetskog rata, u Hrvatskoj je stupio na snagu rudarski zakon usuglašen s novonastalim društveno-političkim pitanjima, a to su bile: planska privreda, državna i društvena poduzeća. Raspadom Jugoslavije i osamostaljenjem Republike Hrvatske ukazala se mogućnost, a i potreba, donošenja nove rudarsko-pravne regulative, koja bi bila identična propisima te struke u modernim demografskim zemljama [10].

Ustavom Republike Hrvatske iz 1990. godine, mineralnim sirovinama, kao neobnovljivom prirodnim bogatstvu, daje se posebno značenje i omogućuje da se zakonom utvrdi način gospodarenja i iskorištavanja ovih sirovina. Zakon o rudarstvu usvojen je u svibnju 1991., a pročišćeni tekst objavljen u NN 35/95 [1].

Ovaj zakon obuhvaća deset poglavlja, kojima se propisuju:

#### 3.1 Opće odredbe zakona o rudarstvu

Ovim prvim poglavljem utvrđuje se pripadnost mineralnih sirovina vlasništvu Republike Hrvatske te se one kao neobnovljivo prirodno bogatstvo stavljaju pod zaštitu u smislu njihova racionalnog iskorištavanja. Određena su

tijela državne uprave koja izdaju odobrenje za istraživanje i/ili za eksploataciju mineralnih sirovina, a propisana je i naknada (renta) od 2,5% od vrijednosti sirovine. Također su utvrđeni i uvjeti pod kojima se stječe pravo (koncesija) istraživanja ili eksploatacije mineralnih sirovina.

### 3.2 Istraživanje mineralnih sirovina

Ovaj je dio zakona dopunjen još i podzakonskim aktima, i to:

**3.2.1.** Pravilnik o postupku ishođenja odobrenja za dodjelu eksploatacijskog polja, odobrenja za izvođenje rudarskih radova i građevinske dozvole za građenje rudarskih objekata i postrojenja te dozvole za upotrebu rudarskih objekata i postrojenja [11] i

**3.2.2.** Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi [12].

**3.2.3.** Pravilnik o katastru istražnih prostora i eksploatacijskih polja, te o načinu vođenja evidencije, zbirke isprava i popisa rudarskih poduzeća i samostalnih poduzetnika kojima su izdana odobrenja za istraživanje ili eksploataciju mineralnih sirovina [13].

Zakonom su određeni prostori na kojima se pod određenim uvjetima mogu obavljati istraživanja mineralnih sirovina. Odobrenje se izdaje na osnovu raspisanog natječaja, istraživanje treba obaviti u vremenu od 3 godine, iznimno još jedna dodatna godina.

### 3.3 Eksploatacija mineralnih sirovina

Eksploatacija Mineralne se sirovine se mogu eksploatirati nakon prikupljenih odobrenja, koja izdaju tijela državne uprave ovisno o vrsti mineralne sirovine, a kojim odobrenjem se određuje prostor na kojem se može obavljati ova aktivnost.

Također je propisana vrsta rudarskog projekta kao podloga za eksploataciju mineralnih sirovina i gradnju rudarskih objekata. U smislu zaštite okoliša propisana je obveza izvoditelja radova da tijekom izvođenja i nakon završetka eksploatacije sirovina izvrši sanaciju devastiranog područja. Ovaj uvjet saniranja područja uvjetovan je lokacijskom dozvolom.

### 3.4 Rezerve mineralnih sirovina

Obveza je izvoditelja radova svake godine dostavljati izvještaj o rezervama mineralnih sirovina u kojem se navodi vrsta mineralne sirovine, naziv eksploatacijskog polja i vrsta ležišta, a utvrđuju se ukupne eksploatacijske rezerve. Pravilnikom o rezervama [12], koji je donijelo Ministarstvo gospodarstva, ovi se podaci dostavljaju

ju tijelu državne uprave, a komisija Ministarstva gospodarstva ih potvrđuje u vremenu od 5 godina.

### 3.5 Rudarski planovi i rudarska mjerenja

U ovom poglavlju Zakona o rudarstvu propisuje se obveza redovitoga geodetskog snimanja rudarskih poslova i izrada odgovarajućih karata prikaza stanja rudarskih radova.

### 3.6 Ostale odredbe Zakona o rudarstvu

Ostale odredbe odnose se na obvezu vođenja katastra istražnih prostora i/ili eksploatacijskih polja. Dalje se propisuje stručna sprema radnika za obavljanje poslova u rudarstvu, npr. izrada rudarskog projekta, rukovođenje pri izvođenju radova, obavljanje nadzora i dr. te način polaganja stručnih ispita. [14] Propisuju se zaštitne mjere na radu, obavljaju upravnog i inspekcijskog nadzora, novčane kazne za prekršitelje određaba Zakona o rudarstvu te eventualno oduzimanje imovinske koristi ostvarene prekršajem.

## 4 Eksploatacija i oplemenjivanje kamena

Tehnološki postupci ovise o kakvoći kamene sirovine, a postupci koji se uglavnom provode su:

- Eksploatacija kamena površinskim kopom masovnim miniranjem.
- Nakon miniranja kamen je moguće drobiti tzv. jednostrukim drobljenjem, kojim postupkom se uglavnom proizvodi mješavina podobna za izradu donjih nosivih slojeva u cestogradnji ili za izradu privremenih cesta.
- Najveći broj kamenoloma kamen višestruko drobi i rasijava u osnovne frakcije, koje se rabe kao agregat za izradu betona i asfaltnih zastora. Tu se još proizvode i mješavine zrna 0/30 ili 0/60 mm za izradu donjih nosivih slojeva, a osnovne frakcije jesu 0/4, 4/8, 8/16 i 16/31,5 mm.
- Daljnji postupak jest oplemenjivanje frakcija, kojim postupkom se otprašivanjem (rjeđe pranjem) smanjuje udio muljevito-prašinstih čestica (koje su manje od 0,09 mm)
- Na kamenolomima se još može proizvoditi kameno brašno mljevenjem od većih frakcija koje u ukupnim potrebama sudjeluju u manjim količinama, ili se kameno brašno može proizvoditi kao osnovni proizvod, za čiju kakvoću je propisana norma HRN B. B3. 045.

Ovaj veoma kratak opis radova i pojedinih faza pomoći će lakšoj procjeni utjecaja rada u kamenolomu na okoliš.

## 5 Pregled mogućih utjecaja kamenoloma na okoliš

Djelatnosti eksploatacije i oplemenjivanja, tj. proizvodnja tehničkog kamena jest površinski zahvat u litosferu. Svaki površinski zahvat na tlu i u tlo ostavlja otvorene "rane" u prirodnom okolišu. Utjecaji na okoliš na mjestu lokacije kamenoloma jesu opterećenje okolnog područja bukom i prašinom te gradnjom pristupnih i radnih cesta te drugom pratećom infrastrukturom.

Racionalno prilaženje problemu odnosa čovjek-okoliš uvjetovano je solidnim poznavanjem zakonitosti tih odnosa, temeljnih načela iskorištavanja prirodnih izvorišta sirovina i kompleksne ekološke interakcije između žive i nežive prirode te promjena izazvanih ljudskom djelatnošću.



Slika 2. Pogled na uređeni kamenolom s osnovnog platoa

Promišljeno gospodarenje prirodnim bogatstvima u skladu s ljudskim potrebama, uz održavanje osnovnih prirodnih odnosa na mjestu provođenja aktivnosti, jest i gospodarsko pitanje uz uvažavanje socio-političkih odnosa. Proizvodnja kamenog agregata podrazumijeva odstranjivanje tla s lokacije, što će istodobno značiti i stvaranje jalovine koja može biti iskorištena na više načina, ali i neodgovarajuće odložena u okoliš.

Odstranjivanjem tla unutar otvaranja novih proizvodnih cjelina stvaraju se osnovni uvjeti za vađenje i proizvodnju kamena. Proizvodnja svakako ima svoje pozitivne strane, tu se očekuju koristi na području gospodarstva i zapošljavanje lokalnog stanovništva.

No uz pozitivne učinke mogući su i neželjeni utjecaji na okoliš, koji mogu nastati:

- otvaranjem eksploatacijskih polja;
- tijekom eksploatacije kamena;
- zbog mogućih ekoloških nezgoda i
- nakon prestanka iskorištavanja.

### 5.1 Utjecaji otvaranja eksploatacijskih polja

Prvi utjecaji pojavljuju se zbog odstranjivanja i siječe biljnog pokrova, što dalje neposredno ili posredno utječe na promjene u ekosustavu. Mijenjaju se uvjeti staništa i uništavaju se postojeće biljne i životinjske zajednice na lokaciji na kojoj se obavlja ova djelatnost. Otvaranjem površinskog kopa u prvoj fazi uklanja se jalovina, koju je nužno odložiti, najčešće u neposrednoj blizini jer su tada i troškovi rada manji. Utjecaj odlaganja jalovine uvjetuje promjenu reljefa bliže okolice kamenoloma, što dalje može poremetiti odvodnju površinskih voda. Kod strmih padina, bujice mogu odnositi odloženu jalovinu i zatrpavati prirodne vodotoke.

Utjecaji objekata za boravak radnika, sanitarni čvorovi i restauracija proizvest će otpadne vode koje treba odgovarajuće odstraniti. Ostali utjecaji su identični utjecajima tijekom rada kamenoloma.

### 5.2 Utjecaji tijekom rada kamenoloma

Radi lakšeg spoznavanja utjecaja rada kamenoloma, prilaže se tablica s pregledom radnih mjesta ili postupaka i mogućih neželjenih utjecaja u okolišu.

Tablica 1. Mogući utjecaji radova u kamenolomu na okoliš

Radno mjesto ili postupak	Mogućí utjecaj na okoliš
Bušenje minskih bušotina	prašina, buka
Miniranje stijenske mase	seizmički efekti, prašina, zvučni udarni val
Sekundarno miniranje	zvučni udarni val, prašina
Utovar u primarni oplemenjivački uređaj	prašina
Mobilno oplemenjivačko postrojenje	prašina
Utovar i transport do stacionarnog oplemenjivačkog postrojenja	prašina, buka
Proces oplemenjivanja kamena, drobljenje i klasiranje	prašina, buka
Oplemenjivanje, presipna mjesta	prašina
Izlaz iz uređaja za otprašivanje	prašina
Deponije i utovar gotovih proizvoda	prašina
Linija za proizvodnju griza i filera, sušenje, mljevenje, transport trakama, presipna mjesta, izlaz iz vrečastog filtra i pretovara proizvoda	prašina, buka
Radionice za održavanje vozila	u slučaju havarije (razlijevanje masti i ulja i požar)
Rezervoari goriva	u slučaju havarije (izlijevanje ili požar)
Prilazni putovi i interne prometnice	prašina
Navoz za pranje vozila	eventualno izlijevanje masti i ulja

Za rekultiviranje napuštenih kamenoloma ili njihovih dijelova u prošlosti nije se izdvajalo poseban novac, već se stvar prepuštala prirodnoj rekultivaciji, a taj proces teče izuzetno sporo; mjeri se desetljećima, a nije ni moguć na svakoj lokaciji i uz nepovoljne klimatske prilike.

### 5.2.1 Seizmički efekt uslijed miniranja

Radi utvrđivanja utjecaja seizmičkog efekta zbog minija u kamenolomu, provode se probna miniranja pri kojima se mjeri intenzitet oscilacija na najbližim stambenim objektima. U pojedinim zemljama uvedeni su kriteriji graničnih brzina za pojedine kategorije objekata tipiziranih po načinu gradnje, načinu temeljenja, starosti objekta i drugim osobinama. Kriteriji graničnih brzina oscilacija primjenjuju se prema IFZ (Institut Fizikii Zemlii) ruskoj skali koja je u najvećoj mjeri usklađena s MSC skalom djelovanja prirodnih potresa (tablica 2.) [15].

Tablica 2. IFZ skala djelovanja potresa pri miniranju

Stupanj potresa	Brzina Oscilacija [cm/s]	Opis djelovanja
I.	< 0,2	potrese mogu registrirati samo instrumenti
II.	0,2 – 0,4	potresi se mogu osjetiti samo u potpunoj tišini
III.	0,4 – 0,8	potres osjeća vrlo mali broj ljudi ili samo oni koji ga očekuju
IV.	0,8 – 1,5	potres osjećaju mnogi ljudi, čuje se zveket prozorskih stakala
V.	1,5 – 3,0	osipanje žbuke i oštećenja na pojedinim loše građenim objektima
VI.	3,0 – 6,0	fine prsline u žbuki, oštećenja na zgradama koje već imaju trajne deformacije
VII.	6,0 – 12,0	oštećenja na zgradama u dobrom stanju, dijelovi žbuke opadaju, fine prsline u zidovima, pukotine u zidanim pećima, rušenje dimnjaka
VIII.	12,0 – 24,0	znatna oštećenja građevina, pukotine u nosećoj konstrukciji i zidovima, veće pukotine u pregradnim zidovima, padaju tvornički dimnjaci, stropoštaivanje stropova
IX.	24,0 – 48,0	rušenje građevina, velike pukotine u zidovima, raslojavanje zidova
X.	>48,0	veća razaranja, stropoštaivanje čitavih građevina

Ispitivanjem intenziteta udarnog vala utvrđuju se dozvoljene količine eksploziva, koje se smiju aktivirati.

### 5.2.2 Razvoj buke i utjecaji u okolišu

Buka je nepoželjan oblik zvuka koji ometa rad i odmor. Kod ljudi izaziva neugodne a nekada i za zdravlje opasne pojave. Utjecaji buke na čovjeka ovise o jačini buke.

Jačina buke ovisi o upotrijebljenoj energiji, odnosno s obzirom na energiju postoje različiti intenziteti buke koji se izražavaju mjernom jedinicom decibel (od deci = 10, baza dekadskog logaritma i bel prema fizičaru Aleksandru Grahamu Bellu). Decibel zapravo određuje odnos buke i zvuka.

Prema međunarodnim normama buka u stambenim prostorijama ne bi smjela prelaziti 45 dB. Zvuk se mjeri instrumentima, koji su prilagođeni frekvencijskoj karakteristici i osjetljivosti ljudskog uha. Ti instrumenti, među ostalim, mjere i filtrom A vrednovanu razinu zvuka u jedinicama dB (A). Pri mjerenju buke na radnome mjestu uzimaju se u obzir sve razine koje na tom mjestu djeluju, tj. buka pojedinih izvora (npr. strojeva) i osnovna buka okoliša [16].

Prema sadašnjim normama najveća dopuštena razina buke u okolišu smije biti danju 60 dB(A), a noću 50 dB(A)[20].

Ako su ljudi izloženi dugotrajnom djelovanju buke dolazi do zamaranja slušnog živca i bez odmora u tihom prostoru oštećenje postaje trajno, pojavljuju se neuroze, bolesti srca i krvotoka te povišeni tlak, nemogućnost koncentracije i smanjenje imuniteta organizma prema zaraznim bolestima.

U procesima eksploatacije kamena, drobljenja, meljavi pri prijevozu rabe se mnogi strojevi i vozila koji proizvode buku.

### 5.2.3 Utjecaji na kakvoću zraka

Rad u kamenolomu uzrokuje emisije prašine koje se pojavljuju:

- pri bušenju minskih bušotina
- pri sekundarnom miniranju
- pri utovaru i prijevozu
- na drobilani i klasirnici
- pri presipavanju
- s linije za proizvodnju filera
- s odlagališta gotovih proizvoda.

Udaljenost do koje se prašina može taložiti ovisi o brzini vjetra i o postojanju prepreka poput vegetacije. Količina čestica pada eksponencijalno s porastom udaljenosti. Tako je za aerosolne čestice koje su mnogo sitnije od čestica kamene prašine te su sposobne prevaliti veće udaljenosti utvrđeno da daleko najveći dio biva istaložen unutar 100 m od izvora bez postojanja fizičkih prepreka.

### 5.2.4 Utjecaj na živi svijet (floru i faunu okoliša)

Rad u kamenolomu oslobađat će određenu količinu kamene prašine. Ta će se prašina taložiti na svim nadzemnim organima biljaka. Najveći utjecaj na vegetaciju prašina ima na listovima, na kojima stvara sloj koji smanjuje fotosintezu, a isto se tako može očekivati da će i određeni broj puči na listovima biti začepljen. Time biva sma-



njena i izmjena plinova između listova i okolne atmosfere. Sve to zajedno rezultira, svakako, u nekoj mjeri smanjenjem količine sintetizirane organske tvari i smanjenim prirastom biomase i drveća i prizemnog rašća.

Postojanje šumskog pojasa oko kamenoloma svakako je povoljno jer smanjuje područje na koje se prašina iz kamenoloma može taložiti. Vegetacija, naročito ako se sastoji od drveća i grmlja gušćeg sklopa, smanjuje brzinu vjetrova. Osim toga, predstavlja fizičku prepreku pa na oba ova načina smanjuje područje na kojem se može taložiti prašina. U konačnici, ta prašina će uglavnom završiti na tlu i to tako što jedan dio te prašine odmah dospije na tlo, a drugi se dio zadrži u vegetaciji. Kada se radi o prašini koja potječe od vapnenca (najveći broj kamenoloma) ona redovito djeluje tako da povećava pH tla.

#### 5.2.5 Utjecaj na površinske i podzemne vode

Eksploatacijom kamena, odnosno otvaranjem ležišta dolazi do propusnosti stijenske mase zbog raspucalosti, ali utjecaj vađenja kamena na kakvoću podzemne vode nije velik. Područje zahvaćeno eksploatacijom zbog svoje ograničenosti ne utječe bitno na režim površinskih i podzemnih voda.

Utjecaj na površinsku vodu mogao bi se utvrditi donošenjem sitnih čestica vapnenca i gline za intenzivnih oborina.

Moguć utjecaj na kakvoću podzemne vode može nastati uslijed ispusta otpadnih voda iz mehaničarske radionice, sanitarnog čvora i poslovnih prostora. Oborinske vode koje ispiru radne i prometne površine također mogu nepovoljno utjecati na postojeće prirodne vodne sustave, na bujicu koja će morati prihvatiti veće količine oborinske vode s područja kamenoloma. Oborinske vode mogu u prijamnik donijeti i veće količine nanosa, što bi također imalo neželjene posljedice u vodotoku.

#### 5.2.6 Utjecaj odlagališta jalovine

Jalovina koja se odlaže pri otvaranju novih eksploatacijskih polja jest rastresit materijal, koji osim kamena sadrži i određene količine zemlje koja može biti isprana oborinama i donijeti određene količine mulja u bujice i kanale, a može smanjiti njihovu protočnost i izazvati plavljenje okolnoga nizinskog područja [18].

#### 5.2.7 Utjecaj promjene iskorištavanja zemljišta

Najznačajnije su promjene u topografiji, nestanku sitnozrnog i humusnog tla i vegetacije. Kamenolomi mogu između ostalih učinaka utjecati na oblikovnu kakvoću prostora, koja proizlazi iz vizualnog doživljavanja i raspoznavanja prostora.

Iz vizualne degradacije područja proizlaze i ostale negativne pojave na estetiku prostora, što se očituje u sljedećem:



Slika 3. Odlagalište jalovine

- izmijenjena je cjelovita slika užeg područja i izgled prirodnog okoliša (skladnost s entitetom prirode)
- smanjena je reprezentativnost područja i istovjetnost s identitetom šire pokrajine
- promijenjen je kontinuitet razvoja u odnosu prema postojećoj strukturi prostora
- smanjena je privlačnost, atraktivnost i simbolična vrijednost prostora: kamenolom poistovjećuje se s negativnim.

#### 5.2.8 Utjecaji na infrastrukturu

Na objekte infrastrukture u bližoj okolini kamenoloma utjecaji su uglavnom pozitivni jer se postojeće prometnice poradi povećanog prometa moraju odgovarajuće održavati, često i rekonstruirati. Ostale komunalne instalacije zbog organizacije rada u kamenolomu dovode se u bolje stanje i usklađuju s važećim zakonskim propisima.

### 5.3 Utjecaj mogućih ekoloških nezgoda

#### 5.3.1 Slučajne nezgode

Tijekom rada kamenoloma moguće su povremene, nepredvidive ili slučajne nezgode. Uzroci mogu biti "viša sila" odnosno razorni potresi jačine veće od proračunskih, zatim ratna razaranja.

Tijekom rada može nepažnjom doći do pojave požara na elektroinstalacijama ili elektrostrojevima. Požari koji mogu nastati su manjih razmjera s obzirom na okolnosti koje su prisutne u kamenolomu. Potom, tijekom prijevoza kamenog materijala ili jalovine može doći do prevrtanja vozila.

Pri pretakanju i prijevozu dizelskoga goriva može nepažnjom doći do izlijevanja sadržaja i onečišćenja tla ili vode.

### 5.3.2 Procjena rizika

Na temelju navedenog u prethodnim točkama može se zaključiti da rad u kamenolomu ne predstavlja rizik za okoliš zbog nepoželjnog događaja ili nezgode. Od mogućih nesreća koje mogu nastati jesu nezgode na radu, ili nesreće poradi "više sile" (požar, potres, poplava), a pri kojim nezgodama je moguće postupiti sukladno mjerama zaštite na radu i važećim zakonskim propisima.

### 5.4 Utjecaj nakon prestanka iskorištavanja

Nakon prestanka iskorištavanja kamenoloma, prestaju nepoželjni utjecaji buke, prašine, onečišćenja flore i faune. Da bi se područje ponovno vratilo u prihvatljiv estetski i ekološki okoliš nužno se provodi biološka sanacija i područje privodi prvotnoj namjeni (šuma, livada i sl.) ili se predviđa druga namjena iskorištavanja za što se izrađuje odgovarajuća projektna dokumentacija.

## 6 Prijedlog mjera zaštite okoliša

### 6.1 Zaštita tijekom otvaranja eksploatacijskih polja i iskorištavanja kamenoloma

- Nužno je izraditi projekt zaštite od buke odnosno osigurati razinu buke u dopuštenim granicama. [19, 20]
- Nužno je poduzimati zaštitne mjere u kamenolomu koje će spriječiti onečišćenje atmosfere u okolini. [21, 22]
- Osigurati prijevoz kamenog materijala pod nadzorom, odnosno spriječiti prekomjerno punjenje vozila.
- Po potrebi vlažiti unutarnje ceste radi sprječavanja širenja prašine.
- Nadzorom i održavanjem strojeva i vozila izvoditelj je dužan osigurati koncentracije ispušnih plinova u dopuštenim vrijednostima.
- Za zaštitu podzemnih voda od procjeđivanja, moraju se asfaltirati radni prostori oko radionica, spremnika i pretakališta goriva. Asfaltirani prostor valja omeđiti rubnjacima, a oborinske vode s tih prostora usmjeriti prema mastolovu. [23, 24, 25]
- Oborinske vode kontroliranim sustavom kanalizacije prije ispusta provesti kroz taložnik. [26]

- Otpadne vode iz sanitarnih prostorija te radionica sistemom zatvorene kanalske mreže prikupiti u sabirnu jamu, koja će se prema potrebi prazniti cisternom nadležnog komunalnog poduzeća.
- Otpadne tvari moraju se prema vrstama prikupljati u zatvorene posude te svaki dan ili svaki tjedan ovisno o količini odvoziti na najbliže odlagalište otpada. [27, 29]
- Ulja i masti prikupljeni u mastolovu te zauljene krpe iz radionica također treba skupljati u zatvorene spremnike i odvoziti na spaljivanje u skladu s Pravilnikom o vrstama otpada. [28]
- Odlagališta jalovine urediti i zatraviti, radi zaštite od ispiranja oborinskim vodama.
- Zaštita flore i faune postići će se vodeći računa o emisijama buke i prašine. Potrebno je oko radnog prostora osigurati ogradu kako bi se spriječio ulazak divljači. [30]

### 6.2 Zaštitne mjere u slučaju mogućih nezgoda

- U slučaju pojave požara na elektroinstalacijama ili elektrostrojevima moraju se na odgovarajućim mjestima predvidjeti protupožarni aparati za gašenje požara na elektroinstalacijama. [30]
- Osim protupožarnih mjera navedenih u prethodnoj točki na području kamenoloma mora se izgraditi vanjska hidrantska mreža u skladu s Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara. [32]
- Miniranje provoditi prema propisanim uvjetima.

### 6.3 Zaštitne mjere nakon prestanka korištenja

- Prema posebnom projektu sanacije područja napuštenih dijelova kamenoloma provoditi mjere vraćanja prostora prvotnoj autohtonoj namjeni.

## 7 Program praćenja stanja okoliša

Tijekom rada u kamenolomu potrebno je motriti i opaziti stanje okoliša, kako bi se mogli utvrditi možebitni nepovoljni ili neželjeni utjecaji.

Ishodi mjerenja koristit će se za moguće dodatne mjere zaštite okoliša u slučaju povećanih zahtjeva za razinu kakvoće dijelova okoliša ili neučinkovitosti predviđenih mjera zaštite.

### 7.1 Program motrenja zraka

Utjecaji rada kamenoloma na kakvoću okolnog zraka prati se na barem dvjema postajama smještenim uz granice prostora kamenoloma.

Program praćenja utjecaja rada kamenoloma na kakvoću zraka predviđa opažanje sljedećih pokazatelja:

- smjer i brzinu vjetra (m/s)
- temperaturu zraka (°C)



- vlagu u zraku (%)
- oborine (mm/min)
- prašinu.

Ispitivanje će se obavljati standardnim metodama, određenim od Državnog zavoda za normizaciju. Predviđa se 2 puta na godinu uzimati uzorke.

Praćenje treba započeti barem ustanovio utvrdilo utjecaj drugih onečišćivača zraka u okolišu kamenoloma.

### 7.2 Motrenje razine buke

Primjenom odgovarajućih zaštitnih mjera ne očekuje se povišenje razine buke oko prostora kamenoloma iznad dopuštenih prema čl. 6. Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave [20].

Mjerenje razine buke dB (A) obavljat će se tijekom radnog dana. Predlaže se četiri mjerenja na godinu i to godinu dana prije početka rada kamenoloma.

### 7.3 Kontrola kakvoće površinskih voda

Ne predviđaju se posebna mjerenja, već su ona u nadležnosti vodopravne inspekcije.

### 7.4 Motrenje flore i faune

Kako bi se izbjegle naknadne rasprave o "opasnostima" za okolni živi svijet zbog rada kamenoloma, predlaže se

priprema posebnih programa motrenja, koje bi započelo nakon početka eksploatacije, jer će se promijeniti fizički uvjeti staništa, a isto tako doći će i do promjene životnih zajednica. Stvorit će se novi uvjeti staništa te nove životne zajednice, ili će postojeće nestati.

Program motrenja bi obuhvaćao ispitivanje rasta i razvoja biljaka oko prostora kamenoloma

## 8 Zaključak

Rad u kamenolomu, ovisno o njegovoj tehničko-tehnološkoj opremljenosti, izazvat će određene utjecaje u okolišu za koje je nužno unaprijed predvidjeti zaštitne mjere. Svaki kamenolom nakon zatvaranja, bez obzira na tehnologiju rada i proizvodni program, predstavljat će određenu "ranu" u prirodnom okolišu. Jednako tako, i ne samo u estetskom smislu, djeluju i jalovišta, prostori na kojima se odlaze kameni otpad nastao pri površinskom otvaranju kamenoloma, odnosno u većim količinama pri proizvodnji arhitektonsko-građevnog kamena.

Za rekultiviranje napuštenih kamenoloma ili njihovih dijelova u prošlosti se nije izdvajalo poseban novac, već se područje kamenoloma prepustalo prirodnoj rekultivaciji, a taj proces teče izuzetno sporo; mjeri se desetljećima, a nije ni moguć na svakoj lokaciji uz vladajuće klimatske prilike.

## LITERATURA

- [1] *Zakon o rudarstvu* NN 35/1995.
- [2] Šestanović, S.: *Osnove geologije i petrografije*, Primjena u građevinarstvu, Školska knjiga, Zagreb, 1986., 140.-141.
- [3] *Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske*, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstvo i stanovanje, Zavod za prostorno planiranje, Zagreb, srpanj 1997., 36.
- [4] Crnković, B.: *Arhitektonsko-građevni kamen*, Zbornik radova III. Savjetovanje o nemetalničkim mineralnim sirovinama, Komitet za ležišta mineralnih sirovina, Bled 1983., 671.-700.
- [5] *Zakon o prostornom uređenju* NN 30/94.
- [6] *Zakon o zaštiti okoliša*, NN 82/94.
- [7] *Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš*, NN 59/00.
- [8] Vujec, S.: *Rudarstvo i zaštita okoliša u Hrvatskoj*, Zbornik radova, Znanstveno-stručni skup, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina, Varaždin 18.-21. rujna 1996., 19.
- [9] Dunda, S.: *Tehnološki proces površinske eksploatacije arhitektonskog kamena karbonatnog porijekla*, Cleautech d.o.o., Zagreb, 1995.
- [10] Mraz, J.: *Eksploatacija mineralnih sirovina u Zakonu o rudarstvu, 90-95*, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina, Varaždin 18-21. rujna 1996., 19.
- [11] *Pravilnik o postupku ishođenja odobrenja za dodjelu eksploatacijskog polja, odobrenja za izvođenje rudarskih radova i građevinske dozvole za građenje rudarskih objekata i postrojenja, kao i dozvole za upotrebu rudarskih objekata i postrojenja* (NN 53/A/91).
- [12] *Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi* (NN 48/92).

- [13] *Pravilnik o katastru istražnih prostora i eksploatacionog polja, te o načinu vođenja evidencije, zbirke isprava i popisa rudarskih poduzeća i samostalnih poduzetnika kojima su izdana odobrenja za istraživanje ili eksploataciju mineralnih sirovina* (NN 44/91).
- [14] *Pravilnik o stručnoj spremi i radnom iskustvu, načinu polaganja stručnog ispita i provjere stručne osposobljenosti za obavljanje određenih poslova u rudarstvu* (NN 21/92).
- [15] *Izješće o rezultatima mjerenja intenziteta oscilacija kod probnih miniranja, kamenolom Šumber, Kupro, 1999.*, 3.
- [16] Matonickim, I.; Pavletić, Z.; Cvitković, M.: *Čovjek i njegova okolica, Centar za industrijsko oblikovanje Zagreb, Zagreb, 1979.*, 97.
- [17] *Buka, Zaštita od buke – načelo i primjena, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb, Ulica grada Vukovara 68, Zagreb, 1995*, 13-14.
- [18] Tušar, B.: *Studija utjecaja na okoliš kamenoloma "Šumber"*, Građevinski fakultet Zagreb, 2000.
- [19] *Zakon o zaštiti od buke*, NN 17/90.
- [20] *Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave*, NN 37/90.
- [21] *Zakon o zaštiti zraka*, NN 48/95.
- [22] *Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka*, NN 101/96.
- [23] *Zakon o vodama*, NN 107/95.
- [24] *Uredba o klasifikaciji voda*, NN 77/1998.
- [25] *Državni plan za zaštitu voda*, NN 8/99.
- [26] *Zakon o komunalnom gospodarstvu*, NN 36/95.
- [27] *Zakon o otpadu*, NN 34/95.
- [28] *Pravilnik o vrstama otpada*, NN 27/1996.
- [29] *Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom*, NN 123/1997.
- [30] *Zakon o zaštiti prirode* NN 30/94, i 72/94.
- [31] *Zakon o zaštiti od požara* NN 58/93.