

18. UTJECAJ NA OKOLIŠ

Eksploatacija i uporaba kamena kao prirodne sirovine jedna je od najdugotrajnijih čovjekovih gospodarskih djelatnosti. Činjenica je da je ta stoljetna čovjekova aktivnost pridonijela kulturnom i industrijskom napretku čovječanstva, ali je isto tako činjenica da je to jedna od aktivnosti kojom se razorno djeluje na tlo, na reljef, biljni i životinjski svijet i posredno se mijenja izvorna cjelovita i prepoznatljiva slika krajolika. Prvotni stabilni ekosustavi se narušavaju, a na njihovim mjestima se stvaraju prazne jame, strme ogoljele padine, terase, manji ili veći brijegovi formirani od jalovine i slično. Nakon završetka eksploatacije tlo je u kamenolomu najčešće izmijenjeno ili veoma osiromašeno. Ipak, koliko god je tlo u kamenolomu siromašeno, kamenolom će se ozeleniti prirodnom sukcesijom (slika 1.8.). Međutim, taj proces spontanog ozelenjavanja može biti veoma spor, pa prostor kamenoloma ostaje ogoljen desetljećima posebice u krškom području. Zato je čovjek dužan ubrzati prirodni tijek rekultivacije tehničkim i biološkim zahvatima kako bi se okružje kamenoloma obnovilo u smislu uspostave njegovog biološkog potencijala koliko je to realno moguće.

18.1. UTJECAJ POJEDINIH ONEČIŠĆENJA

Rudarstvo arhitektonsko-građevnog kamena je ekološki čisto u usporedbi s npr. rudarstvom teških metala, sulfidnih ruda ili velikih površinskih kopova ugljena. Ono je čistije i od eksploatacije tehničkog kamena, jer je pri eksploataciji arhitektonskog kamena izvađeni proizvod kameni blok, a ne usitnjeni kamen, pa je i tehnologija dobivanja arhitektonskog kamena ekološki prihvatljivija. U eksploataciji arhitektonskog kamena nema masovnih miniranja u onom smislu kao kod tehničkog kamena, pa ni štetnih efekata te radne operacije. Nema ni postrojenja za drobljenje, sijanje i mljevenje, pa ni onečišćenja, koja su pri tim radnjama prilično velika.

Masovna miniranja na kamenolomima tehničkog kamena mogu, osim bukom, ugroziti okolinu uslijed potresnog djelovanja, zračnog udara i razbacivanja minirane mase. Na kamenolomima arhitektonskog kamena primjenjuju se metode dobivanja blokova, bez uporabe eksplozivnih sredstava, tj. uporabi eksploziva samo pri skidanju otkrivke na manjem broju kamenoloma kod kojih je ta otkrivka izrazito debela. Otkrivka se u slučaju primjene eksploziva uklanja metodom prethodnog piljenja ili podrezivanja po granici otkrivke i eksploatacijskog sloja. Prethodno odvajanje horizontalnim piljenjem ili podrezivanjem otkrivke od eksploatacijskog sloja, sprječava prijenos štetnog djelovanja eksploziva do zdrave blokovske mase. Male količine eksploziva koje se pri takvim radnjama koriste ne mogu prouzročiti negativne efekte miniranja koji su realno prisutni na kamenolomima tehničkog kamena.

18.1.1. Zaprašenost

Na kamenolomima tehničkog kamena prašina nastaje i uzvirlava se prilikom bušenja, miniranja, preguravanja, utovara, prijevoza i oplemenjivanja. Na intezitet 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 skupljačem prašine, ugradnja otprašivačkog uređaja na oplemenjivačkom (drobiličnom) postrojenju, te kvašenje utovarno transportnih površina.

Pri eksploataciji arhitektonskog kamena blokovi se iz stijenskog masiva najčešće izdvajaju piljenjem. Pili se dijamantnim žičnim pilama i lančanim sjekačicama za čiji su rad potrebne velike količine vode. Voda služi za hlađenje reznih elemenata i za odstranjivanje produkata razaranja. Uz to struja vode vlaži čestice nastale razaranjem kamena, što sprječava zaprašenost okoliša. Prašina nastane tek kad se tlo osuši. Tehnološka voda za vrijeme rada kvasi i tlo uokrug strojeva tako da u neposrednoj radnoj zoni nema prašine. Prašina se nalazi na tlu na ostalim površinama na kojima se ranije pililo, tj. tamo gdje je tlo suho.

Općenito gledano zaprašenost kamenoloma pri eksploataciji arhitektonskog kamena je daleko manja od zaprašenosti pri eksploataciji tehničkog kamena. Međutim u oba se slučaja radi o onečišćenju kamenom prašinom koja nije ni mehanički ni kemijski agresivna kako na okolinu u širem smislu, tako ni na ljude posebno. Kamena prašina i kad je izložena atmosferilijama nije kemijski onečišćivač. Vapnenjački ostatak na tlu pridružiti će se primarnom tlu i čak popraviti njegova svojstva; štetiti jedva da može.

Onečišćenje prašinom izvan kamenoloma pri prijevozu tehničkog kamena, može biti dvojako: onim što ispada iz kamiona u redovnom radu odnosno gibanju, i onim što će "pobjeći" iz kamiona pri eventualnom akcidentu. Ostala vozila što se kreću istom cestom dodatno usitnjavaju taj proizvod i uzvitlavaju prašinu. Pri prijevozu najsitnijih frakcija uslijed djelovanja vjetra (kako onog nastalog zbog brzine vozila, tako i zbog pravog, atmosferskog) po količini rasutog tereta i prašini ovo može biti prilično ozbiljno onečišćenje. Onečišćenja rasutim kamenom na transportnim trasama pri prijevozu arhitektonskog kamena ne može biti jer kamioni prevoze velike kamene blokove. Pri tehnološkim akcidentima (sudari, iskliznuća, prevrnuća) opet zbog vrste materijala (ispadanje bloka iz kamiona) može se "onečišćenje" brzo ukloniti.

18.1.2. Buka i vibracije

Buka i vibracije su posredni onečišćivači, posljedica rada strojeva, te rada i gibanja utovarno transportnih sredstava. Na intezitet i značajke buke i vibracija 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. Kod strojeva koji se koriste u kamenolomima, pogonski motori su električni, dizelski i zračni. Elektromotori su veoma mali izvori buke i vibracija, te osim toga fiksno locirani, što znači da su dovoljno dobro izolirani tako da ne predstavljaju nikakav ekološki problem. Dizelski su motori u pravilu veoma intenzivni izvori buke. Kod mobilnih utovarno transportnih sredstava teško ih je zvučno izolirati. Kontakt utovarno transportnih sredstava i podloge znači kotrljanje kotača po "cesti" što prouzrokuje buku. Jedinična i ukupna masa sredstva te brzina utječu na njen intezitet. Vrtloženje zraka kao posljedica gibanja javlja se dakako samo kod ovih sredstava koja se zaista gibaju u odnosu na zrak (utovarači, kamioni). Intezitet buke iz ovog izvora ovisi prije svega o brzini, i zatim o veličini i obliku sredstva. Ova se gibaju presporo da bi se taj efekt uopće zapazio ili se gibaju još uvijek sporije od brzine pri kojima bi buka iz tog razloga predstavljala neko zamjetnije opterećenje. Oblik i veličina nemaju s obzirom na rečeno također utjecaja.

Prema jakosti buke mogu se onečišćivači na ležištima tehničkog kamena svrstati ovako: najveća buka nastaje pri miniranju, zatim pri radu hidrauličnog čekića, nešto manje bušača garnitura (kompresor i bušilica), potom drobilno postrojenje, buldozer, utovarači i kamioni. Prema štetnosti od buke redosljed je

najčešće obrnut. Najmanji su onečišćivači miniranje (velika buka, ali izuzetno kratkotrajna i rijetka), hidraulični čekići i bušača garnitura (veća buka, ali rjeđe pojavljivanje) i najveća drobilno postrojenje, utovarači i kamioni (manja buka, neprekidni rad). Na ležištima arhitektonskog kamena situacija je, obzirom da u pravilu nema miniranja i drobilnog postrojenja, općenito povoljnija, ali u principu slična. Najjača buka nastaje pri radu bušačkih čekića, a najmanja pri radu strojeva s elektromotornim pogonom (dijamantna žična pila, lančana sjekačica, hidraulična bušilica). Po trajanju onečišćenja bukom redosljed je također obrnut.

Obzirom na vrstu opreme koja se koristi na kamenolomima tehničkog i arhitektonskog kamena može se općenito uzeti da je buka manja na kamenolomima arhitektonskog kamena što naravno ovisi o veličini kamenoloma odnosno broju pojedinih vrsta opreme.

18.1.3. Opasne komponente ispušnih plinova

Ispušni se plinovi dizelskih motora sastoje od produkata potpunog izgaranja, pretička zraka i ostalih pratećih komponenti - produkata nepotpunog izgaranja, oksidacije primjesa i dodataka gorivu i oksida dušika. Štetna svojstva ispušnih plinova uvjetovana su sadržajem tih ostalih pratećih komponenti (mikroprimjesa). Štetnost mikroprimjesa (štetnih komponenti) očituje se neprijatnim mirisom i toksičnim svojstvima. Temeljne komponente štetnog djelovanja na organizam čovjeka jesu ugljični monoksid i oksidi dušika, te ovisno o vrsti goriva i oksidi sumpora. Štetni utjecaj na biljni pokrov izdvojenih ispušnih plinova odnosno iz njih u atmosferu nastale sumporaste i sumporne odnosno sulfatne kiseline, je poznat. Zaštita atmosferskog 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 atmosferski zrak postignut je na radnim strojevima u kamenoloma 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. Budući da strojevi u kamenolomima rade u otvorenim prostorima ne postoji opasnost nakupljanja štetnih komponenti ispušnih plinova. Bitan utjecaj na izdvajanje štetnih komponenti zauzima opterećenje dizelskog stroja. Samohodni dizelski strojevi obično rade u uvjetima promjenjivog opterećenja. Karakterističan primjer su baš utovarači kod kojih radna operacija utovara i prijenosa materijala zahtijeva dodavanje (potrošnju) goriva do maksimalnih veličina. Posljedica je povećanje ugljičnog monoksida, čađe i drugih štetnih produkata nepotpunog izgaranja goriva. Zaštita je pravilno korištenje odnosno održavanje motora stroja pri kojem će postojati najmanje izbacivanje štetnih komponenti ispušnih plinova. Učestalost kontrole treba prilagoditi lokalnim atmosferskim prilikama (mikroklimatskim uvjetima) i tehnološkim uvjetima kamenoloma i tu gotovo nema razlike između ležišta tehničkog i arhitektonskog kamena. Razlika je što je broj dizelske opreme na kamenolomima arhitektonskog kamena u pravilu manji, pa je cijeli taj mehanizam onečišćenja manjeg domašaja, jer je količina tih štetnih činilaca manja, a površina djelovanja približno ista (u oba slučaja velika), ili drugim riječima specifično onečišćenje je niže.

Onečišćenje od buke vibracija i ispušnih plinova duž prijevoznih trasa, pridružuje se takvom već postojećem onečišćenju i pridonosi njegovom pogoršanju

ovisno, u oba slučaja, o broju prijevoznih jedinica, koji je u pravilu daleko veći pri prijevozu tehničkog kamena.

18.1.4. Onečišćenje naftnim derivatima

Opasnost od onečišćenja u kamenolomima predstavlja također 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 vapnenjačkih podloga i onečišćenje podzemnih voda. Obzirom na općenito relativno manji broj mehanizacije s dizelskim pogonom na kamenolomima arhitektonskog u odnosu na kamenolome tehničkog kamena, količine naftnih derivata su manje, što smanjuje i mogućnost onečišćenja od njih.

Najefikasniji način zbrinjavanja otpadnih količina ulja i maziva na kamenolomima je povjeravanje vođenja njihovog prikupljanja i zbrinjavanja trgovačkom društvu ovlaštenom i stručno osposobljenom za takve poslove. Skupljanje i kontrolirano spaljivanje zamaščenih i zauljenih krpi, pamučnjaka, uljnih i zračnih filtera, te drugih sličnih materija korištenih prilikom pranja i čišćenja strojeva i opreme predstavlja također određeni oblik onečišćenja okoliša. Specijalizirane tvrtke za zbrinjavanje takvih tvari imaju opremu i mogućnosti efikasnijeg i prihvatljivijeg zbrinjavanja uz neprekidno praćenje i primjenu novih dostignuća na tom području. Povjeravanje prikupljanja i zbrinjavanja ukupnog otpada jednom od brojnih trgovačkih društava specijaliziranih za tu namjenu, rješava se također najsvrhovitije zbrinjavanje i ostalog tehnološkog otpada kao što su: gume za vozila, stari akumulatori, kovinski otpad strojeva, alata itd.

Nepotpuno i nepravilno zbrinjavanje otpadnog ulja, maziva, curenje nafte u redovnom radu i poglavito u ekscenim situacijama uzrokuje onečišćenje tla i vode. Kao posebno neugodan kvar je pucanje hidrauličnih crijeva na teškoj mehanizaciji (bager, hidraulični čekić, utovarač). Budući da ovi strojevi imaju hidrostatički način prijenosa snage, koji im omogućava ostvarenje velikih sila s dovoljno sporim djelovanjem (hidraulični cilindri) kakvo zahtijavaju njihovi radni ciklusi, tlak ulja u crijevima je iznimno velik. Pri oštećenju odnosno pucanju crijeva dolazi, zbog toga, do izbacivanja velikih količina hidrauličnog ulja na velike udaljenosti, odnosno do onečišćenja velikih površina kamenoloma. Svrhovita zaštita je pravilno održavanje i redovna kontrola stroja, a oprema za čišćenje i skupljanje ulja mora biti pristupačna i spremna za brzu intervenciju. Temeljna načela kojima se treba rukovoditi prilikom čišćenja uljnih mrlja jest da se samim čišćenjem ne nanese dodatna šteta okolini. Postoje razni načini čišćenja: mehanički, fizikalno-kemijski, kemijski i mikrobiološki. Najprihvatljivije su za primjenu na radilištu kamenoloma fizikalno-kemijski načini. Uporaba kemijskih sredstava je opravdana samo u slučajevima kada bi šteta nanesena biološkim i ostalim resursima bila veća ako se oni ne uporabe.

18.2. ZAUZIMANJE PROSTORA

Specijalni, tek uvjetno, ali u oba slučaja najveći ekološki problem je zauzimanje prostora u svrhu eksploatacije i prijevoza kamena. Zbog promjene konfiguracije terena uslijed rudarskih radnji, dolazi do trajne promjene krajolika u estetskom smislu. Otvaranje i razvitak kamenoloma mijenja njegovu izvornu i prepoznatljivu sliku. Pejzažne promjene započimlju tijekom rudarenja i u pretežitom dijelu ostaju stalno prisutne. Utjecaj na vizuelnu i estetsku dimenziju kakvoće krajolika tijekom eksploatacije ima u oba slučaja negativne efekte. Ti su efekti manje

izraženi pri eksploataciji arhitektonskog kamena. Dobivanje arhitektonskog kamena uvjetuje tehnologiju piljenja i odlamanja stijenskih masa bez razaranja, pa su i oblikovne konture površinskih kamenoloma podređene tim utjecajima. Izgled ležišta arhitektonskog kamena (slike 1.2, 1.4., 1.6., 1.9.), za razliku od ležišta tehničkog kamena (slike 1.1., 1.3., 1.5., 1.7.), ne predstavlja izrazito nagrđivanje okoliša, jer pravilno ispiljene površine, ostavljaju dojam sredenosti i čistoće okoliša.

Nedostatak ležišta arhitektonskog kamena (u odnosu na ležišta tehničkog kamena) u pogledu zauzimanja prostora je što se u njima, javljaju valike količine kamenog otpada ("jalovine"), pa su potrebna i veća odlagališta. Mogućnost dobivanja blokova arhitektonskog kamena ovisi prije svega o raspucalosti stijenske mase (blokovitost ležišta). Pukotinski sustavi pri eksploataciji arhitektonskog, za razliku od tehničkog kamena, imaju općenito negativan značaj, jer razbijaju stijensku masu na manje nepravilne komade što smanjuje mogućnost dobivanja većih blokova, odnosno povećava količinu otkopnih gubitaka. Zbog toga, eksploataciju arhitektonskog kamena karakterizira nastanak velikih količina kamenog otpada koji se odlaže na jalovišta, a jalovišta zauzimaju i predstavljaju prostore koji svojim izgledom odudaraju od okoliša i nagrđuju ga poglavito u područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti, gdje se i nalazi najveći broj naših ležišta.

Otprema kamena iz kamenoloma kamionima ne traži praktički nikakav novi prostor. Međutim, ta je prednost "plaćena" nedostatkom, tj. da ovaj oblik prijevoza nema svoju isključivu trasu, već ju mora dijeliti s drugim sudionicima u prometu. Ti su drugi sudionici brojni kako prema broju, tako i prema vrstama i prioritetima. Uvođenjem dodatnog sudionika, kamiona za prijevoz kamena iz kamenoloma, mogu se izmijeniti postojeći odnosi, naročito kvaliteta cestovnog prometa koju pojedine kategorije sudionika očekuju. Obzirom na daleko manji kapacitet kopa tj. prijevoza izvan kamenoloma pri eksploataciji arhitektonskog kamena u odnosu na tehnički kamen (za istu "veličinu" kamenoloma) ovaj će prijevoz znatno manje utjecati na postojeće prijevozne odnose u slučaju eksploatacije arhitektonskog kamena.

18.3. OPLEMENJIVANJE IZMIJENJENOG IZGLEDA OKOLIŠA

Obzirom na raspucalost i razmrvljenost materijala, te oblik etaža lakše je ozeleniti ležišta tehničkog kamena. Kose (miniranjem raspucale) etažne ravnine pri eksploataciji tehničkog kamena omogućavaju jednostavnije ozelenjavanje svim načinima biološke obnove (klasična kordonska sadnja, metoda sadnje "živih četki", hidrosjetva, bioinženjerska obnova pokosa, itd.), nego što je to slučaj kod vertikalnih piljenih ploha u kamenolomima arhitektonskog kamena. Oplemenjivanje izmijenjenog izgleda okoliša na kamenolomima arhitektonsko-građevnog kamena ovisi uvelike i o načinu otvaranja i razrade kopa. Ne postoji jedinstvena metoda sanacije i rekultivacije ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, već svaki kamenolom zahtijeva zasebno rješenje ovisno o području u kojem se nalazi, tipu otvaranja i razradi ležišta (površinski brdski ili dubinski kop, podzemni kop), te načinu eksploatacije.

18.3.1. Površinski brdski kamenolomi

Svaki kamenolom ima, glede zaštite okoliša, svoje specifičnosti koje se rješavaju prije otvaranja kopa. Tehnička rekultivacija terena prethodi biološkoj i zakonska je obveza korisnika sirovine bez obzira na buduću namjenu nakon završetka eksploatacije. Tehnička sanacija prostora kamenoloma obuhvaća uglavnom

radove na oblikovanju završnih padina i rješavanju odvođenja oborinskih voda. Za vrijeme eksploatacije platoi etaža nisu potpuno horizontalni, već im je nagib oko 2 % u smjeru od čela prema rubu etaže. Ovakav pad radne etaže imaju zbog slijevanja oborinske i tehnološke vode, odnosno zbog njihovog lakšeg prikupljanja i odvodnjavanja. Po iscrpljenju pojedine etaže, završnom platou etaže daje se vrlo blagi pad (do 2 %) prema čelu, to jest obrnuto nego što je bio za vrijeme eksploatacije. Zadržavanje nagiba od čela prema rubu etaže uzrokovalo bi erodiranje zemljišnog materijala, koji će se eventualno nanijeti na etažu.

Otvaranjem i razvojem površinskog brdskog kamenoloma od “vrha prema dnu”, umjesto često primjenjivanog načina “odozdo prema gore”, omogućena je tzv. tekuća sanacija, po kojoj se pretežiti dio radova na tehničkoj i biološkoj sanaciji završi tijekom eksploatacije. Troškovi rekultivacije terete direktno eksploataciju, raspoređuju se u niz godina, a apsolutni troškovi su manji, jer većinu poslova izvodi rudarska tvrtka u vlastitoj režiji. Rekultivacija praktički započinje istovremeno s otvaranjem ležišta, a nakon završetka eksploatacije ostaju za sanaciju samo manji dijelovi ležišta. To je važno i zato što rudarska tvrtka može doći u stečaj i biti likvidirana, pa u tom slučaju obvezu i troškove sanacije mora preuzeti netko drugi.

Priroda tehnološkog procesa eksploatacije arhitektonskog kamena je takva da se tehnička sanacija relativno jednostavno rješava, pa u većini slučajeva glavni problem ostaje biološka rekultivacija. Biološka rekultivacija ogoljelih i devastiranih površina svakog pojedinog kamenoloma zahtijeva detaljnu raščlambu temeljnih prirodnih elemenata područja, klime, tla i vegetacije uz procjenu i vrednovanje prirodnih i kulturnih značajki i vrijednosti krajolika. Najčešći slučaj je da se vertikalne piljene završne plohe površinskog brdskog kamenoloma veoma teško ozelenjavaju. Zato je za vrijeme eksploatacije potrebno ozeleniti okoliš kopa koliko se to realno može, a ne inzistirati na ozelenjavanju etaža. Površinski brdski kamenolomi arhitektonsko-građevnog kamena sa svojim horizontalnim i okomitim zdravim etažnim ravninama omogućuju bolju prenamjenu novonastalih prostora. Oblik i izgled tih kamenoloma u kojima se ističu geometrijski pravilni lokalni oblici i općenito prikladnije šire vizure, pružaju arhitektima neslućene mogućnosti kreiranja i uklapanja tih prostora u okolne prirodne sadržaje, odnosno dodatno vizualno i estetsko obogaćivanje krajolika. Zato u ovim kamenolomima ne treba inzistirati na pošumljavanju prostora, već koristiti druge mogućnosti njihove prenamjene: sport, rekreacija, industrijski ili trgovački objekti, parkirališta, turistički ili kao npr. na slici 1.10. kulturni sadržaji.

Tijekom planskog pristupa biološkoj rekultivaciji brdskih ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, ukoliko se ona prihvati, poželjno je ponekad ostavljati nereaktivirane, tj. nezaklonjene okomite zdrave stijenske plohe, jer su to prirodni sadržaji koji često obogaćuju krajolik. Ponekad je moguće cjelokupni prostor kamenoloma urediti u smislu parkovno-pejzažne arhitekture, gdje se pejzažnim oblikovanjem uz uporabu vrtno-arhitektonskih elemenata može ostvariti estetski i funkcionalni parkovno-pejzažni prostor.

Zbog karakteristika jalovišnog materijala, biološka obnova odlagališnih prostora na kamenolomima tehničkog kamena također je brža i jednostavnija. Na odlagalištima arhitektonskog kamena, zbog prisutnosti velikog broja krupnih komada, ozelenjavanje je otežano poglavito klasičnom kordonskom sadnjom. Potrebne su dodatne veće količine razdrobljenog siporišnog materijala i što je često najveći problem velike količine kvalitetnog plodnog tla. Srećom, u posljednje se vrijeme, sve više otvaraju mogućnosti iskorištenja kamenog otpada s jalovišta arhitektonskog kamena. Taj je kameni otpad samo uvjetno jalovina, jer se najveći dio

tog otpada može preraditi u koristan tehničko građevni kamen. Otpad tvore mali nepravilni blokovi i komadi istih fizičko-mehaničkih značajki kao što ih imaju komercijalni blokovi. S gledišta primjene arhitektonskog kamena to je otpad, jer se zbog svojih dimenzija, raspucalosti i mikropukotina ne može ekonomično preraditi i upotrijebiti kao arhitektonski kamen. Međutim, s gledišta kakvoće kamena, odnosno povoljnih fizičko-mehaničkih značajki to je kvalitetni tehnički kamen, tj. sirovina pogodna za druge namjene. Nedostatak jalovine arhitektonskog kamena kao sirovine za tehnički kamen u odnosu na istovrsnu sirovinu dobivenu miniranjem, predstavljaju dimenzije jalovih "blokova". Te su dimenzije za arhitektonski kamen premale, a za tehnički prevelike. Zato je taj kamen potrebno, prije dopreme do postrojenja za sitnjenje, svesti na prikladne dimenzije, što poskupljuje cijeli postupak. Obzirom na to, zatim na veličinu tržišta i položaj kamenoloma arhitektonskog kamena, taj se kamen nije iskorištavao. Međutim, zbog ekološki pooštrenih uvjeta pri otvaranju kamenoloma tehničkog kamena u susjednim nam državama, taj se kamen sve više plasira na tržišta, koja su dostupna jeftinijem pomorskom prijevozu. Uklanjanjem postojećih odlagališta arhitektonskog kamena otvoriti će se mogućnosti kvalitetnijeg oplemenjivanja i uklapanja tih novonastalih prostora u izvorni prirodni krajolik.

18.3.2. Površinski dubinski kamenolomi

Otvaranje i razvoj površinskog dubinskog kamenoloma razlikuje se bitno od otvaranja i razvoja kamenoloma brdskog tipa. Kod dubinskog kamenoloma zalihe kamena se nalaze ispod osnovnog radnog platoa.

Dok su površinski kamenolomi brdskog tipa svojim oblikom uočljivi, jer dominiraju u prostoru, kamenolomi dubinskog tipa su kamuflirani i od lokalnog utjecaja. Rješenja sanacije teže prilagodbi prvotnom prirodnom obliku pa se najsvrhovitiji način sanacije površinskog dubinskog kamenoloma odvija u pravilu po principu unutarnjeg odlagališta, tako da se otkopani prostor popuni jalovinom. Zatrpavanjem vlastitom jalovinom i jalovinom s drugih kamenoloma novonastala zaravnjena površina dubinskog kopa poprima izgled prvotnog stanja. Poteškoće se javljaju u formiranju vanjskog odlagališta do početka zatrpavanja, zbog količine jalovih radova koje je teško financijski pratiti.

Ovakvu zaravnjenu površinu neusporedivo je lakše ozeleniti nego višestruko razvijeni brdski kop. Novonastalu zaravan zatrpanog dubinskog kamenoloma potrebno je najprije nivelirati, tako da se osigura blagi pad prema uzvišenom dijelu terena što naravno ovisi o konfiguraciji dotičnog zemljišta. Pad mora iznositi oko 0,5 %, a potreban je da bi se akumulirali viškovi površinskih voda, koji se u određenim momentima mogu pojaviti. Ukoliko se teren ne bi nivelirao moglo bi doći do erodiranja unešenog melioracijskog zemljišnog materijala a time i do negativnog djelovanja na mogućnost razvoja vegetacije. Tek na tako pripremljenoj površini mogu se kopati kanali koje prije sadnje stablašica, grmova i poligrmova, treba ispuniti mješavinom plodnog tla i siporišnog materijala.

U svrhu hidromeliorativne zaštite novonastalog platoa bivšeg dubinskog kamenoloma mogu se izraditi i otvoreni odvodni kanali za prihvat i odvod oborinskih bujičnih tijekova, ukoliko postoji mogućnost njihovih pojava za većih i naglih pljuskova.

U procesu biološke sanacije naših ležišta arhitektonsko-građevnog kamena najteže je, budući da se uglavnom radi o krškom mediteranskom području, osigurati dovoljnu količinu kvalitetnog i plodnog tla. Najpovoljnije je u neposrednoj blizini

kamenoloma napraviti deponij zemljišta na kojeg se potom doprema zemljište sa zemljišnih iskopa na drugim gradilištima. Posebice su povoljni iskopi, gdje su ranije bili vinogradi ili obradivo zemljište. Osim te zemlje može se koristiti i razni siporišni i usitnjeni materijal na kamenolomu. Znatno se smanjuju troškovi ozelenjavanja, ako se već u početku otvaranja i razrade ležišta vodi računa o deponiranju plodnog tla i namjeni prostora kamenoloma. To znači da poduzeće koje eksploatira kamen sudjeluje u pripremi terena za biološku rekultivaciju i buduće korištenje, te da već u početku izvođenja rudarskih radova izdvaja sredstva za uzgoj sadnica u najbližem šumskom rasadniku i prikuplja sjeme trava i prizemnog rašća, koje će se koristiti u biološkoj rekultivaciji kamenoloma.

Odabir sadnog materijala ovisi o: zemljopisnom položaju kamenoloma, klimatskim prilikama, fizikalno-kemijskim značajkama tla, biološko-ekološkim svojstvima vrsta i mogućnostima osiguranja proizvodnje ili nabave sadnog materijala. Sade se autohtone ili alohtone vrste koje su se pokazale dobre u pošumljavanju takvih ekstremnih terena. To su u pravilu pionirske vrste, dakle one koje za svoj razvoj trebaju minimalne količine vlage i hranjiva, te podnose najlošije ekološke, klimatske, geološke i pedološke prilike. U početku pionirske vrste tvore tzv. slučajne ili trenutačne biljne zajednice koje su uvjetovane novostvorenim staništem, a tijekom vremena one se razvijaju u stabilne biljne zajednice.

U biljnom svijetu, zahvaljujući evoluciji, prirodnom odabiru i odgovarajućim prilagodabama, postoji bogatstvo anatomskih, morfoloških i fizioloških značajki, pa su granice opstanka raslinstva i biljaka razmjerno široke s obzirom na uvjete podneblja, staništa i na ostale abiotske i biotske ekološke čimbenike, što je i temeljni preduvjet pravilnog planskog pristupa ozelenjavanja devastiranih područja.

Spoznalo se da je svrhovito ovakve ogoljele terene s izmijenjenim izvornim stanišnim prilikama, ozelenjavati autohtonim vrstama drveća i grmlja. Međutim, ni sve vrste autohtonog drveća, grmlja, prizemnog raslinja, trava i zeljanica, nemaju istu sposobnost obrašćivanja tako izmijenjenog staništa, te zato treba izabirati najotpornije, koje posjeduju visoki stupanj građevne djelatnosti u obrašćivanju ogoljelih površina. Izbor drveća spada u najodgovornije poslove šumarskih stručnjaka. Ne izaberu li se prave vrste drveća i grmlja za određenu stojbinu, one će ili uginuti ili čitav život slabo uspijevati, te često biti napadane štetnim kukcima, gljivama i bakterijama. Najosnovnije pionirske vrste, koje osim svojih skromnih zahtijeva tlo, štite još tlo od erozije, a imaju dekorativnu i estetsku vrijednost mediteranskog obilježja gdje se nalazi većina naših ležišta arhitektonskog kamena su od stablašica: pinijska (*Pinus pinea* L.), morski bor (*Pinus maritima* Ait.), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), obični čempres (*Cupressus sempervirens* L.), arizonski čempres (*Cupressus arizonica* Greene.). Od grmova i manjih stabala u ovu grupu spadaju: drača (*Paliurus aculeatus* Lam.), šmrika (*Juniperus oxycedrus* L.), grmasti dubačac (*Teucrium fruticans* L.), puzava mušmulica (*Cotoneaster horizontalis* Decne.), tršlja (*Pistacia lentiscus* L.), vapnojedna tršlja (*Pistacia calcivora* Radić), širokolisna zelenika (*Phillyrea latifolia* L.), srednja zelenika (*Phillyrea media* L.), ružmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), brnistra (*Spartium junceum* L.). Od polugrmova mogu se koristiti: primorski dragušac (*maritima* L.), kadulja, žalfija (*Salvia officinalis* L.), biokovska runjika, vunasta runjika (*Hieracium waldensteini* Tausch ssp. *biokovoense*), bilušina, bijeli oman (*Inula candida* ssp. *verbascifolia* Willd.), smilje, cmilj (*Helichrysum italicum* Roth.), crnjuša, vrijes (*Erica verticillata* Forsk.), primorski mekinjak (*Drypis jacquiniana* Murb. et Wettst.). Najpovoljnije pionirske vrste penjačica, povijuša i padačica mediteranskog okružja su: bršljan,

bršćan (*Hedera helix* L.), crvena tekoma (*Tecoma radicans* Juss.), lozica bijela (*Polygonum baldschuanicum* Reg.)

Pri rekultivaciji zaravni biljke se sade u pravilnom ili nepravilnom rasporedu s tim da se pravilni raspored primijeni kad god to teren omogućuje. Pravilni prostorni raspored može biti: trokutast, četverotrokutast, petrotrokutast ili šestertrokutast s točnim razmacima između biljaka i redova. Takva sadnja omogućuje jednostavnije njegovanje i gospodarenje. Samo tamo gdje se, zbog uvjeta koji vladaju na terenu, ne može primijeniti pravilni primjenjuje se nepravilni raspored. Broj biljaka po jedinici površine određuje međusobni razmak biljaka i redova. Ta gustoća sadnje ovisi o šumsko-uzgojnim značajkama svake vrste drveća.

Nakon sadnje podignutu vegetaciju ne smije se prepustiti samoj sebi, već ju se mora i dalje njegovati, a to znači utjecati na njen razvoj, zdravstveno stanje, strukturu, uređenje estetsko pejzažnih obilježja i slično.

18.3.3. Podzemno otkopavanje

Pri podzemnom otkopavanju karbonatnih stijena najrasprostranjeniji je galerijski način otkopavanja, izradom prostranih galerija (prostorija), s ostavljanjem ili gradnjom potpornih stupova. Kamenolom se otvara u masi zdrave korisne stijene, piljenjem i vađenjem kvalitetno oblikovanih blokova. Nakon otvaranja ulazne galerije, ležište se razrađuje po površini i visini zahvaćanjem novih okolnih prostorija.

S ekološkog motrišta zaštite prirode i očuvanja okoliša najprihvatljivija je podzemna eksploatacija, poglavito u područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti. Podzemnom eksploatacijom se u najmanjoj mjeri djeluje na tlo, biljni i životinjski svijet, čuva se reljef i gotovo ne mijenja cjelovita prepoznatljiva slika krajolika. Prilikom podzemne eksploatacije, ne dolazi do stvaranja velikih količina jalovog materijala što smanjuje potrebu za velikim odlagalištima, koja nagrđuju okoliš. Završene galerije koje karakterizira valiki slobodni čvrsti prostor pruža velike mogućnosti njegove prenamjene. Završeni prostori se mogu prenamjeniti (iznajmiti) dok u drugim traje eksploatacija. To omogućava sam način otvaranja i rarada podzemnog ležišta. Veliki broj neovisnih ulaza i spojnih prostorija omogućava neovisno korištenje pojedinih prostora unutar kopa. Temperaturne prilike u tim prostorima također pogoduju njihovoj prenamjeni (skladišta i sl.).

18.3.4. Napušteni kamenolomi

Osim aktivnih kamenoloma i brojni napušteni kamenolomi nagrđuju okoliš, pa je i njihovom oblikovanju potrebno posvetiti dužnu pozornost, tj. pozabaviti se rješavanjem oblikovanja područja starih iscrpljenih ili napuštenih kamenoloma. U Hrvatskoj postoji veliki broj napuštenih kamenoloma od kojih je samo manji dio zatvoren zbog iscrpljenosti mineralne sirovine, dok su uzroci zatvaranja većine bili sasvim druge prirode i različiti su za pojedina ležišta. Potencijali obnove tih prostora su veliki o čemu svjedoče brojni primjeri u drugim državama. Tako npr. slika 18.1. prikazuje prolaz kroz antički kamenolom Dionyssos u Grčkoj, koji se obnavlja prema projektu uklapanja u okoliš područja Dionyssos Marmi S.A. u Chalandri. Slika 18.2. prikazuje napušteni kamenolom S'Hostal u Minorci (Španjolska) sada adaptiran u turističku destinaciju preko projekta udruženja Litmica.

Nedjeljivi dio kulturnog, povijesnog i graditeljskog nasljeđa Hrvatske je naš kamen, kamenarstvo i kamenolomi. Tu spadaju i brojni napušteni kamenolomi iz

doba Rimljana, koji danas predstavljaju svojevrsne spomenike tehničke kulture neprocjenjive vrijednosti. Slike 2.5. i 2.6. prikazuju stari sačuvani rimski državni kamenolom Rasohe na Braču u kojem se vadio kamen za gradnju Dioklecijanove palače. U njemu su rimski robovi i kažnjenici uklesali u živoj stijeni primitivni lik antičkog junaka Herakla. Iz slika se nazire da “prirodno rekultivirani” rimski kamenolom svojim izgledom ne narušava cjelovitu sliku okoliša. Vremenom je spontano ozelenjavanje prekrilo vegetacijom kose i zaravnjene dijelove kamenoloma, dok su strme i okomite plohe vremenom poprimile prirodnu patinu okoliša. Manjim zahvatima u okoliš ovakvi bi se prostori dodatno obogatili. Slike 18.3., 18.4., i 18.5. prikazuju novije napušteni kamenolom sv. Nikola (kraj Selca na Braču), koji također svojim izgledom ne narušava bitno okoliš, već donekle privlači svojom romantičnom napuštenošću. Na samom rubu klisure nad kamenolomom nalazi se crkvice sv. Nikole najznačajniji spomenik ranosrednjovjekovnog graditeljstva u okolici Selca. Položaj crkvice s kojeg se pruža pogled na istočni dio Brača, more i stari duboki kamenolom zaslužuje bolju turističku valorizaciju. U kamenolomu se nalaze i ostaci stare tehnike vađenja blokova izradom dubokih usjeka - pašarina. Pašarin u kamenolomu Sv. Nikola je specifičan po svom zaobljenom obliku. Primjerenijem turističko kulturnom vrednovanju pridonijelo bi zasigurno dodatno (osjetljivo) uređenje i obnova šireg prostora kamenoloma.



Slika 18.1. - Prolaz kroz antički kamenolom Dionyssos u Grčkoj obnovljen prema projektu uklapanja u okoliš područja Dionyssos Marmi S.A. u Chalandri



Slika 18.2. - Napušteni kamenolom S'Hostal u Minorci (Španjolska) adaptiran za turističku namjenu kroz projekt udruženja Litmica



Slika 18.3. - Napušteni kamenolom Sv. Nikola kraj Selca na Braču



Slika 18.4. - Crkvice Sv. Nikole uz napušteni kamenolom Sv. Nikola



Slika 18.5. - Ostaci stare tehnike vađenja blokova (pašarin) u kamenolomu Sv. Nikola