

5. ISTRAŽIVANJE LEŽIŠTA

5.1. OPĆE SMJERNICE

Rijetko je koje ležište mineralne sirovine, pa tako i arhitektonsko-građevnog kamena već unaprijed toliko poznato, da se može bez daljnjega pristupiti otvaranju i otkopavanju. Mogućnost iskorišćivanja nekog ležišta arhitektonsko-građevnog kamena ovisi o: kakvoći (uključujući i dekorativnost) i količini mineralne sirovine, geološko-tektonskim prilikama, zemljopisnom položaju, tehničko-ekonomskim uvjetima, kao i opće društvenim i ekološkim prilikama.

Kakvoća mineralne sirovine mora biti takva, da se njezina uporaba isplati u ekonomskom pogledu. Pri utvrđivanju kakvoće treba uvijek imati na umu, da stijenska masa u ležištu ne mora biti svuda jednake kakvoće. **Količina** korisne supstance u ležište mora biti tolika i u takvim naslagama, da se otvaranje tog ležišta i eksploatacija mineralne sirovine ekonomski isplati. Prema tome, pri istraživanju nekog ležišta potrebno je, uz kakvoću mineralne sirovine, utvrditi također debljinu, položaj, oblik i prostiranje eksploataibilne stijenske mase. Istraživanje u tom pravcu mora se smišljeno provoditi, da se sa što manjim izdacima postignu što realniji podaci. Na ovim se radnjama ne smije nepravilno štedjeti ni vremenski ni novčano. Izdaci za istraživanje su manji od posljedica nepravilnog otvaranja i kasnijeg rada pod teškim uvjetima, a sve zbog slabih, nepouzdanih i manjkavih podataka istraživanja.

Geološko-tektonske prilike mogu imati veći ili manji utjecaj na rentabilnost pri otvaranju ležišta ili pače onemogućiti otvaranje rentabilnog kopa. Kod kopa u pogonu, pogoršanje geološko-tektonskih prilika odmah će se negativno odraziti na ekonomski uspjeh rada. Zato je potrebno temeljito poznavanje sastava i naravi krovnih plasti, naravi eksploatacijskog dijela stijenske mase, te sastava i naravi podinskih plasti u debljini, koliko bi mogle utjecati na rad. Zatim je potrebno poznavati hidrografske prilike, tektoniku i strukturni sklop ležišta. Paralelno s utvrđivanjem kakvoće i količine mineralne sirovine u ležištu, redovno se odmah utvrđuju i oblik i položaj eksploatacijskih naslaga. To su osnovni podaci, temeljem kojih se stvara principijelna odluka, je li to ležište sposobno za iskorišćivanje, kakve se veličine može kop otvoriti i koliki mu je životni vijek. Međutim, prije definitivne odluke o otvaranju ležišta, mora se uzeti u obzir još cijeli niz čimbenika, koji će utjecati na rentabilnost.

Mjesto gdje će se otvoriti neki kop, ne može se po volji odabrati, kao što je to slučaj kod podizanja raznih postrojenja ostalih grana gospodarstva; to je mjesto isključivo vezano uz ležište. Zbog toga je i mogućnost otvaranja nekog kopa, odnosno njegov ekonomski uspješan rad, uveliko ovisan o **zemljopisnom položaju** ležišta, odnosno o: klimatskim prilikama dotičnog kraja, napućenosti i prometnom povezanošću dotičnog područja.

Narav ležišta igra važnu ulogu i u **tehničko-ekonomskom** pogledu. Na današnjem stupnju tehničkog razvitka gotovo svako ležište se može tehnički površinski ili podzemno razraditi i eksploatirati. Međutim, pitanje je može li takvu investiciju kop podnijeti i hoće li se rad pod takvim uvjetima isplatiti. Potrebno je utvrditi kada će se troškovi investicija moći amortizirati i kako će se odraziti u troškovima proizvodnje. U jednom slučaju odlučujući troškovi mogu biti investicije, a u drugom proizvodni troškovi. To mnogo ovisi o planiranoj životnoj dobi ležišta i visini proizvodnje.

Opće društvene i ekološke značajke područja za koje je vezano ležište također će utjecati na mogućnost otvaranja i uspješan rad kopa. Regionalna politika

razvoja dotičnog kraja, prostorno planske i ekološke značajke, odnosno zahtjevi za očuvanjem okoliša, vlasništvo i cijena zemljišta, trgovački običaji, mogućnost opskrbe vodom i energijom, postojeća infrastruktura, položaj mogućih konzumenata i sl. su momenti prema kojima se treba ravnati prilikom otvaranja kopa.

Sve su to momenti koji se, uz istražne radnje u samom ležištu, moraju upoznati i proučiti, te izraziti u brojkama koštanja, prije nego se donese definitivna odluka o otvaranju i razradi ležišta.

5.1.1. Rudarski riziko

U sklopu istraživanja ležišta treba računati s pojavom većeg ili manjeg rizika. Prema prilikama koje vladaju u ležištu, mora se računati i s mogućnošću npr. povećanja pritisaka, većih prijeloma, povećane tektonske poremećenosti, provala vode i sl.

Pod rizikom se razumjevaju svi oni slučajevi koji se mogu dogoditi, a čija pojava nije toliko utvrđena da bi se mogla s apsolutnom sigurnošću egzaktno iskazati. Pojava tih događaja mora se uzeti prema prilikama u ležištu, u granicama između vjerojatnosti i mogućnosti. To govori, da je nemoguće odrediti točnu granicu između slučajeva rizika i normalnog, nesmetanog rada. Zato je potrebno što temeljitije proučiti prilike u ležište, da bi se moglo što više približiti stvarnosti.

Kod kamenoloma u pogonu uvijek postoji riziko pri radu, koji se može nazvati tehničkim rizikom. Što nepravilnije leži eksploabilna masa, što su naslage tektonski više poremećene i sl. veća je mogućnost da će se razvitkom kopa i te poteškoće pojaviti ili povećati. Tehnički riziko je veći kod kopova, koji su u pogonu, nego pri otvaranju ležišta. Riziko pri otvaranju ležišta postoji uvijek u velikoj mjeri tako dugo, dok ono nije dovoljno istraženo. Tehničke poteškoće posebice pri površinskom dubinskom ili podzemnom otvaranju kamenoloma, ne mogu se upotpunosti predvidjeti, odnosno, mogu se veoma teško točno predvidjeti, a pogotovo je to otežano, ako je ležište ispresijecano tektonskim poremećajima.

Sve navedene i slične slučajeve treba promatrati prigodom ocjene uvjeta mogućnosti otvaranja kamenoloma, a i u troškovima ih po mogućnosti na prikladan način procijeniti.

5.2. REDOSLIJED ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA

Pronalaženje i istraživanje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena sastoji se od slijedećih faza: prognoziranje, prospekcija i istraživačke radnje.

5.2.1. Prognoziranje

U ovoj se fazi istraživanja izdvajaju i ocjenjuju perspektivne (potencijalne) lokacije na kojima se mogu naći ležišta arhitektonsko-građevnog kamena. Temeljem rezultata prognozirajućeg istraživanja izabiru se tereni koji su u rudarsko-geološkom, tehničkom i ekonomskom pogledu najpovoljniji za provođenje narednih faza istraživanja. U Hrvatskoj je prostorni raspored različitih vrsta stijena relativno poznat u okviru područnih geoloških karata, temeljem kojih se može provesti prognoziranje, odnosno izdvojiti i odabrati potencijalne lokacije na kojima će se nastaviti istraživanja.

5.2.2. Prospekcija

O rezultatima prognoziranja ovisi izbor terena za izvođenje prospekcije. Prospekcija ili pregled terena se radi sa svrhom pronalaženja, registriranja i odabiranja pojava i dijelova stijenskih masa koje tvore temelj za organiziranje i izvođenje daljnjih istraživačkih radnji. Prema tome, prospekcija predstavlja geološke predradnje kojima je zadatak ustanoviti ima li na dotičnom terenu obzirom na geološku formaciju i tektoniku, uopće izgleda, da bi se tamo moglo nalaziti ležište kvalitetnog kamena, potom gdje bi se po prilici imalo podrobnije tražiti. Ove predradnje spadaju u djelokrug rudara, geologa i njihovih pomoćnika prospektora. Kod svakog rada prospektor se koristi iskustvima pri ustanovljavanju glavnih i karakterističnih terenskih vanjskih znakova o postojanju ležišta, kao što su npr. morfološki oblici terena.

Na terenu se često opažaju već na prvi pogled izrazite i napadne razlike u obliku površine, jer je geomorfologija dotičnog terena odraz njegove strukturne građe. Ako su npr. brojne vrtače geomorfološko obilježje nekog terena, znači da je to područje tektonski jače oštećeno, jer su vrtače predisponirane jačim trošenjem tih područja. To ne znači i da na tom području nema vrijednog arhitektonsko-građevnog kamena, jer se između tektonski jače poremećenih dijelova ležišta karakteriziranih vrtačama, mogu nalaziti zone očuvane od tektonskih poremećaja u kojima se može otvoriti kamenolom ili u kojima će se odvijati eksploatacije, a susjedne vrtače služiti kao odlagališni prostori.

Nadalje, pod utjecajem atmosferilija površina terena karstificira, tako da površine slojeva poprimaju različite oblike ovisno o intezitetu karstifikacije odnosno fizičkim značajkama stijene. Kod npr. slojeva ujednačene homogene građe površine su redovito glatke s glatkim ovalnim ispupčenjima. Ti slojevi u pravilu predstavljaju, s rudarsko-geološkog gledišta, kamen povoljnih značajki. Takvi se slojevi mogu uočiti i na eventualnim stijenskim pukotinama prirodnih izdanaka, ili na nekom ranije otvorenom raskopu. Na nekim dijelovima terena površina slojeva može biti npr. karstificirana mrežasto ili izbrazdano, a na nekima rupičasto. Mrežasti tip karstifikacije s međusobno isprepletenim brazdama ukazuje na djelovanje karstifikacije duž mrežastog spleta pukotina i prslina. Ako su pukotine i prslina međusobno paralelne, tada je površina sloja karstifikacijom izbrazdana. Rupičasta karstifikacija površine kamena ukazuje na jače korozijsko djelovanje duž poroziteta i šupljikavosti, koje je za vrijeme karstifikacije izazvalo sekundarno proširenje pornih prostora. Rupičasta karstifikacija može nastati i u kamenu s ravnomijerno raspoređenim i raspršenim defektima, koji predstavljaju oslabljena mjesta u vapnenjačkoj masi.

Donošenje zaključaka o npr. veličini i učestalosti blokova u ležištu na temelju prospekcijskih radnji, bez daljeg istraživanja, najčešće je neopravdano. Uočene glatke površine gornjih slojnih ploha, zatim tektonska poremećenost na prirodnim izdancima kod koje pukotine prostorno ograničavaju plohe znatnih površina, ili čak ako je ova značajka uočljiva na otvorenim slobodnim stijenskim plohamu u eventualno nekom kamenolomu koji se nalazi u neposrednoj blizini, nisu garancija da će blokovi izdvojeni po tim prirodnim diskontinuitetima imati veće dimenzije i oblike više manje pravilnih prizmi. Iskustva stečena na brojnim našim kamenolomima svjedoče da se zaključci o veličinama i oblicima blokova ne mogu donositi samo temeljem vidljivih površinskih diskontinuiteta, već je neophodan i uvid duž vertikalnog presjeka u većoj dubini.

Prospekcija se sastoji od dva stadija: stadija rekognoscirajuće prospekcije i stadija detaljne prospekcije.

U stadiju rekognoscirajuće prospekcije pronalaze se i registriraju pojave arhitektonsko-građevnog kamena. Utvrđuje se položaj stijenskog masiva, eventualne serije slojeva, koji mogu biti značajni za detaljnija istraživanja, zatim opći uvjeti njihovog zalijeganja, te se izdvajaju oni dijelovi stijena koji su pogodni za površinsko otkopavanje.

U stadiju detaljne prospekcije detaljnije se izučavaju i ocjenjuju otkrivene pojave i dijelovi stijenskih masa na kojima će se nastaviti istraživanja. Uz korištenje prirodnih izdanaka, u ovom se stadiju mogu provesti i jednostavniji rudarski istraživački zahvati koji će omogućiti dobivanje opće slike o uvjetima zalijeganja svake pojave korisne stijene, a zatim i orijentacijske kvalitativne značajke kamena, postojanost njegovih svojstava, kao i orijentacijska veličina ležišta. Prospekcijske radnje se izvode po profilima ili po mreži, što ovisi o konkretnim geološkim prilikama na terenu, a po dubini do otkrivanja zdrave, neraspadnute mase. Tijekom prospekcije nastoji se dobiti orijentacijski podaci o: genetskom i ekonomskom tipu ležišta; uvjetima zalijeganja, sastavu i građi stijenske mase; stupnju oštećenosti i ispucalosti; fizičko-mehaničkim značajkama kamena; stupnju dekorativnosti; rudarsko-tehničkim uvjetima otkopavanja.

5.2.3. Istraživačke radnje

Temeljni cilj treće faze istraživanja je otkrivanje ekonomski interesantnih ležišta arhitektonsko-građevnog kamena i dobivanje podataka neophodnih za projektiranje i izvođenje eksploatacijskih radnji. Tri su stadija ovih istraživanja: prethodna, detaljna i eksploatacijska.

Prethodna istraživanja

Prethodne istraživačke radnje se provode na dijelovima koji su pozitivno ocijenjeni tijekom detaljne prospekcije. Rezultat ovih istraživanja treba biti približna, ali i dovoljno pouzdana, ocjena istraživog ležišta, koja određuje njegovu dalju perspektivu u pogledu eksploatacije. Ona mogu omogućiti određivanje C₁ i djelomično B kategorija zaliha.

Obuhvaćaju izučavanje površinskog dijela ležišta, određivanje njegove moćnosti, specifičnosti građe i sastava, izdvajaju se litološki tipovi stijena, utvrđuju se temeljni sustavi pukotina i prslina, dubina rastrošnih zona i stupanj rastrošnosti na različitim dubinama, procjenjuje se mogući postotak iskorištenja stijenske mase, utvrđuje se kakvoća kamena i proučavaju hidrogeološki uvjeti ležišta.

Za vrijeme prethodnih istraživanja potrebno je provoditi sukcesivno instrumentalno litološko-strukturno kartiranje u mjerilu 1:10.000, i 1:5.000, i ako se može 1:1.000. Mjerilo ovisi o površini ležišta, značajkama reljefa i složenosti geološke građe stijenskog masiva.

Nakon izučavanja ležišta na površini, te utvrđivanja elemenata zalijeganja slojeva i kontura izdanaka stijenske mase, istražuju se dublji dijelovi ležišta istraživačkim bušenjem. Gustoća i raspored mreže istraživačkih radnji, kao i njihov karakter i dubina, ovise o geološkim značajkama ležišta. Presudan utjecaj pri tom imaju oblik i dimenzije ležišta, postojanost moćnosti i kakvoća sirovine. U slučajevima kada su dimenzije ležišta veće i kvalitativni pokazatelji kamena

postojaniji, istraživati se može po rjeđoj mreži, ali u okvirima zakonski utvrđenih veličina.

Složeniji uvjeti zalijeganja ležišta, velike razlike u oblicima, dimenzijama i građi stijena, različitih promjena kvalitativnih pokazatelja, zahtijevaju stručno-stvaralački prilaz istraživanju svakog novog ležišta i veliku inventivnost geologa pri izboru vrste istražnih radnji gustoće i razmještaja istraživačke mreže, te pri određivanju načina i količine laboratorijskih i in situ ispitivanja.

Uzorci kamena iz istraživačkih radova i jezgara istraživačkih bušotina moraju biti takvi da se temeljem njih mogu dobiti dovoljno pouzdane fizičko-mehaničke značajke temeljnih litoloških inačica kamena, izdvojenih u ležištu, te utvrditi približne granice rastrošenih zona stijenske mase. Pri tom najveći broj proba služi za djelomična ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava kamena, a manji dio za kompletnu raščlambu tih svojstava. Tom se prilikom određuje i dekorativnost kamena, kao i karakter promjene dekorativnosti u istraživanom dijelu stijenskog masiva.

Postotak iskorištenja, mora se orijentacijski odrediti, na temelju proučavanja strukturnog sklopa, stanja jezgri iz istraživačkih bušotina, a i temeljem analogije s eventualnim aktivnim susjednim kamenolomima, čija se sličnost može dokazati s velikom sigurnošću.

Tijekom ovih istraživanja utvrđuju se podaci koji su se orijentacijski odredili u stadiju detaljne prospekcije, te dodatni podaci kao što su npr. debljina otkrivke pri površinskom otkopavanju, približni postotak dobivanja komercijalnih blokova, te ostali rudarski, prometni i ekonomski uvjeti.

Detaljna istraživanja

Detaljna istraživanja se provode na ležištima koja su pozitivno ocijenjena prethodnim istraživanjima. Ona omogućavaju proračun zaliha A i B kategorije. Kao i prethodna, detaljna istraživanja se provode postupno; u početku do zaliha B kategorije, a zatim do A kategorije. Detaljno treba istražiti onaj dio ležišta koji će se prvi eksploatirati. Prema tome, površina s utvrđenim zalihama A kategorije treba imati položaj na terenu koji omogućava otvaranje kamenoloma.

Temeljna razlika između prethodnih i detaljnih istraživanja je u tome što prethodna omogućavaju opću ocjenu ležišta kao cjeline, a detaljna diferencijalnu ocjenu pojedinih njegovih dijelova. Prilikom određivanja gustoće mreže istraživačkih radnji za prevođenje zaliha u višu kategoriju, treba se osim zakonskih ograničenja, rukovoditi i podacima o postojanosti moćnosti, uvjetima zalijeganja i kvalitativnim značajkama kamena. Suviše gusta mreža istraživačkih radnji dovodi do nepotrebnog utroška sredstava, a suviše rijetka ne omogućava upoznavanje specifičnosti građe ležišta ili promjene kakvoće kamena, što može utjecati na buduću eksploataciju.

5.3. PROBNA EKSPLOATACIJA

U sklopu detaljnih istraživanja poželjno je uklopiti i probnu eksploataciju, kojom se najbolje može utvrditi koeficijent iskorištenja ležišta, tehnološki parametri prerade blokova i postotak dobivanja ploča iz jedinice volumena bloka. Pored određivanja postotka dobivanja blokova standardnih dimenzija, potrebno je odrediti i postotak blokova čije dimenzije odstupaju od standardnih, te postotak otpadnog materijala. Obujam probne eksploatacije ovisi o građi ležišta.

U pojedinim, sumnjivim slučajevima, probna se eksploatacija radi u stadiju prethodnih i u stadiju detaljnih istraživanja. U prvom se slučaju dobivaju samo orijentacijski podaci koji omogućavaju donošenje ocjene o svrhovitosti provođenja detaljnih istraživanja. U stadiju detaljnih istraživanja minimalna količina izvađene stijenske mase treba biti oko 100 m^3 . Pri složenijoj građi ležišta i prisutnosti različitih inačica arhitektonsko-građevnog kamena, kao i dijelova ležišta s različitim stupnjem raspucalosti, količinu izvađene stijenske mase treba znatnije povećati na 200 do 300 m^3 pa i više.

Osim određivanja postotka dobivanja blokova iz cjelokupnog stijenskog masiva, probna eksploatacija omogućava upoznavanja svojstava obradivosti kamena i stupnja iskorištenja pri obradi. Za to je potrebno jedan dio izvađenih blokova ispiliti u sirove ploče različitih standardnih debljina, kako bi se utvrdio postotak iskorištenja bloka. Izabiru se tipični blokovi u količini od oko 10 m^3 , pri čemu se osim utvrđivanja postotka dobivanja sirovih ploča, određuje: sposobnost piljenja, brušenja i poliranja kamena, zatim postotak iskorištenja sirovih ploča, tj. količina gotovih proizvoda, odnosno gubici nastali razrezivanjem sirovih ploča na ploče standardnih dimenzija, njihovim brušenjem, obrublivanjem i poliranjem.

Važan pokazatelj prilikom određivanja postotka iskorištenja bloka, je odnos stvarnog i teorijskog postotka dobivenih ploča u m^2 iz 1 m^3 bloka, pri čemu se uzima u obzir debljina ploča, ali i gubitak zbog širine reza.

S obzirom na velike količine kamenog otpada koji se javlja pri eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena, važno je ustanoviti i mogućnosti korištenja tog otpada kao tehničkog kamena ili u druge svrhe.