

## SPECIFIČNOSTI UVJETA VJETRENJA KOD UZGOJA ŠAMPINJONA U RUDARSKIM PODZEMNIM RADOVIMA

Vladimir RENDULIĆ

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, YU-41000 Zagreb*

**Gljučne riječi:** Gljive, Podzemni radovi, Uzgajališta, Vjetrenje.

Pokusni uzgoj šampinjona (*Agaricus bisporus*) u jednom od slijepih hodnika jame »Krš«, RO Dalmatinski rudnici boksita Obrovac, pokazao je da se može postići optimalni prinos s domaćim micelijem. Odlučeno je nastaviti s daljim ulaganjima u opremu za nove lokacije uzgajališta u podzemnim radovima rudnika. U cilju uzgoja kvalitetne gljive, između ostalog, velika pozornost posvećena je vjetrenju uzgajališta. Primjenjeno je tlačno separatno vjetrenje uzgojnih polja uzgajališta uz upotrebu glavnog i povratnog vjetrenog cjevovoda, s regulacijom vjeterne struje prema fazi uzgoja.

### Uvod

Gljive su zdrava dijetalna hrana značajna za ishranu ljudi. Postoji podatak da se već u staroj Grčkoj (300 god.p.n.e.) pokušalo uzgajati gljive, a u Kini i Japanu uzgajaju gljive već više od 2000 godina. Uzgoj s tehnologijom, automatizacijom i kompjuterizacijom proizvodnje komercijalnih vrsta gljiva opisuje danas brojna literatura. U svijetu se u prikladnim prostorijama i specijalno građenim »gljivarnicama« proizvodi oko dva milijuna tona gljiva godišnje, od čega u Jugoslaviji samo oko četiri do pet tisuća (Beađer i dr., 1988).

Upotreba napuštenih rudarskih prostorija za uzgoj gljiva započela je u XVIII stoljeću u Francuskoj i do danas je prihvaćena od skoro cijelog svijeta. U podzemnim prostorijama rudnika postoje pogodni mikroklimatski uvjeti za uzgoj šampinjona, a obično postoje i gotove instalacije za razvođenje energije, vode i zraka. Osnovna sirovina za pripremu podloge (komposta) kod uzgoja može biti slama ili kukurozovina pomiješana s kokošjim ili konjskim gnojivom, zatim vapno, treset i druge komponente. Sjeme za sjetvu predstavlja prorašteno zrno pšenice, ječma, prosa i sl., s vegetabilnim dijelom gljive, micelijem. Pokrovna zemlja za potrebe uzgoja mora biti oslobođena svih bolesti i parazita, mora imati sposobnost zadržavanja vlage, dobru propusnost za zrak i plinove, te kiselost pH od 7,5 do 7,8, koja se postiže dodatkom vapnenca, lapora ili gašenog vapna.

Proces proizvodnje šampinjona sastoji se načelno, iz slijedećih radnih operacija:

- priprema komposta (vlaženje, miješanje, fermentacija i pasterizacija);
- sjetva komposta s micelijem;

**Key-words:** Mushrooms, Underground workings, Growing sites, Ventilation

The trial cultivation of mushrooms (*Agaricus bisporus*) in one of the dead faces of the »Krš« pit of the Dalmatian bauxite mines Obrovac proved, that an optimal yield can be attained with the domestic mycelium. The decision has been brought to go on with investments into equipment for new growing-site locations in underground workings of the mine. In order to cultivate high-quality mushrooms, the ventilation of growing sites has been particularly considered. Compressive separate ventilation of growing fields has been applied using the main and the return ventilating pipeline, with the air current regulation according to the growing stage.

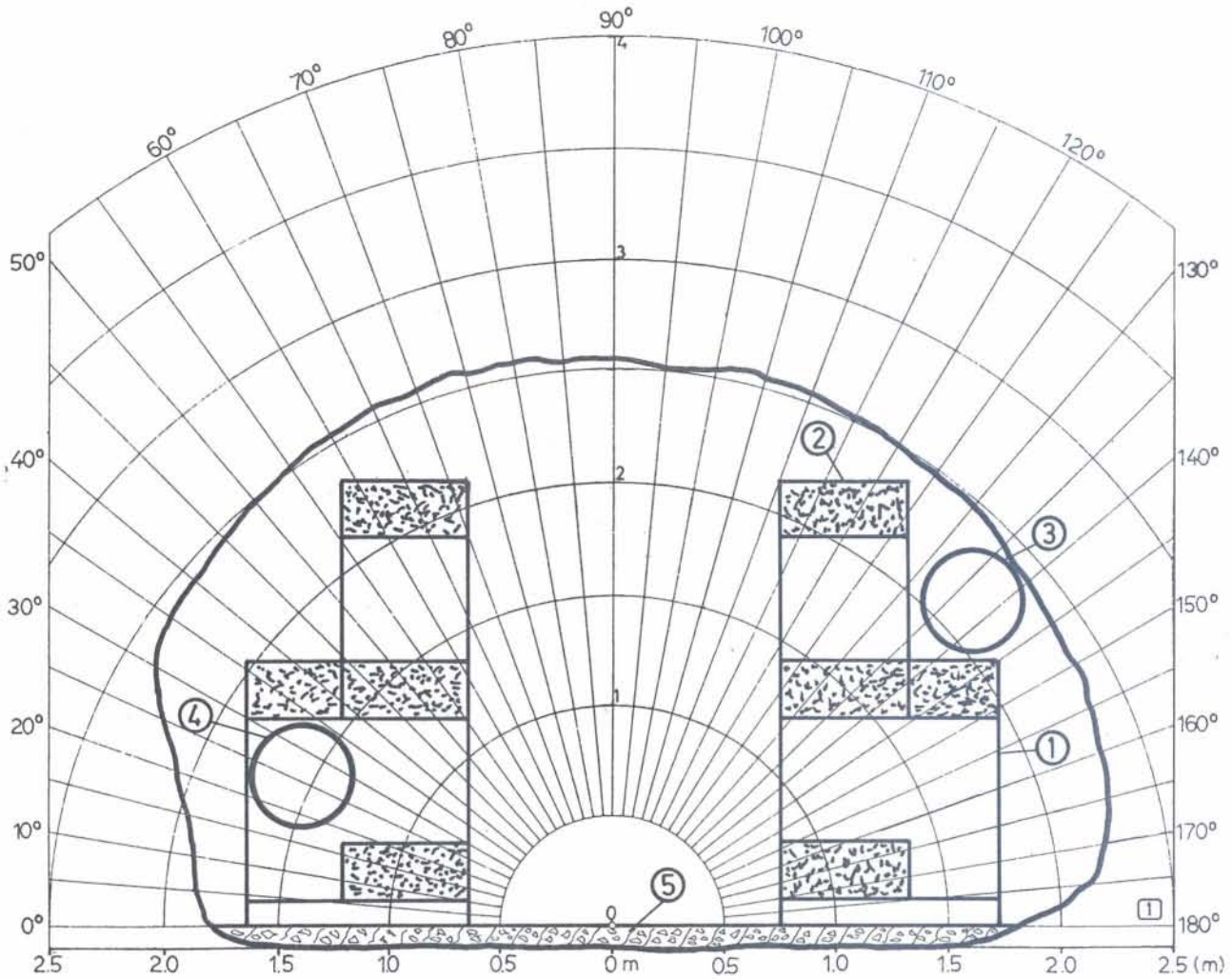
- inkubacija odnosno proraštanje micelija;
- priprema pokrovne zemlje i prekrivanje komposta;
- berba šampinjona u pet valova s ukupnim trajanjem od 13 tjedana;
- transport istrošenog komposta iz uzgajališta.

### Kratki prikaz primjenjene tehnologije uzgoja šampinjona

Uzgoj šampinjona u podzemnim prostorijama jame »Krš« obavlja se prema vlastitoj tehnologiji s već zasijanim kompostom domaće proizvodnje, koji je osiguran dugoročnim poslovnim odnosima s odgovarajućim institucijama i radnim organizacijama.

Zasijani kompost doprema se od proizvođača kamionima, pakiran u polietilenskim vrećama od 25 kg težine. Do pojedinih lokacija uzgajališta u jami, kompost se doprema specijalnim kamionima na električni ili Diesellov pogon. Vreće s kompostom slažu se u uzgajalištu na dvokatne čelične police s nosivom površinom od pocinčane čelične mreže. Smještaj vreća i raspored policama vidljiv je iz poprečnog profila uzgajališta (sl. 1). Police su raspoređene s obje bočne strane slijepog hodnika, dok je srednji dio ostavljen slobodan za transport i manipulaciju oko uzgoja. Vreće s kompostom okruglog su oblika, promjera 0,6 m, tako da svaka vreća zauzima 0,283 m<sup>2</sup> nosive površine police.

Kompost se na policama prska vodom u kojoj su rastvorena dezinfekcijska sredstva i ostavlja stajati 24 sata bez vjetrenja, nakon čega se uzgajalište temeljito provjetrava. Uz kontrolu temperature, kompost proraštava s micelijem slijedećih 20 dana, nakon čega se prekriva s posebno pripremljenom



Sl. 1 Poprečni presjek kroz uzgajalište  
(1 – željezna policia; 2 – kompost; 3 – vjetrena cijev  $d = 500$  mm; 4 – vjetrena cijev u povratnom cjevovodu  $d = 500$  mm; 5 – beton)

Fig. 1 Cross-section through the growing site (1 – iron shelf; 2 – compost; 3 – air pipe  $d = 500$  mm; 4 – air pipe  $d = 500$  mm in the return air flow pipeline; 5 – concrete)

»pokrovnom« zemljom. Nakon proraštavanja micelija kroz pokrov slijedi pojava prvog vala gljiva. Primjećeno je kašnjenje berbe u jamskim uvjetima uslijed niže temperature komposta i pokrivača (od 15 do 17°C) u odnosu na uzgoj u staklenicima (od 20 do 21°C). Opasna temperatura kod uzgoja iznosi 28°C pa se temperatura komposta smatra glavnim vodičem intenziteta vjetrenja.

Prilikom proraštavanja micelija kroz pokrovni sloj, naročita pozornost mora se posvetiti vlažnosti pokrivača, a nakon stvaranja prvog pupa gljiva čistići zraka. Gljive u svom razvoju troše kisik, a proizvode ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ) uz izdavanje topline. Koncentracija  $\text{CO}_2$  u zraku veća od 0,1 vol. % je nepoželjna i mora se sniziti vjetrenjem. Optimalna brzina strujanja zraka iznad gljiva (Beader i dr., 1988) iznosi od 0,1 do 0,2 m/s, ili treba osigurati takav protok koji omogućava izmjenu zraka u uzgajalištu od 10 do 20  $\text{m}^3/\text{h m}^2$  uzgojne površine.

### Konceptija vjetrenja uzgajališta

Za vjetrenje uzgajališta predložena je ova načelna konceptija:

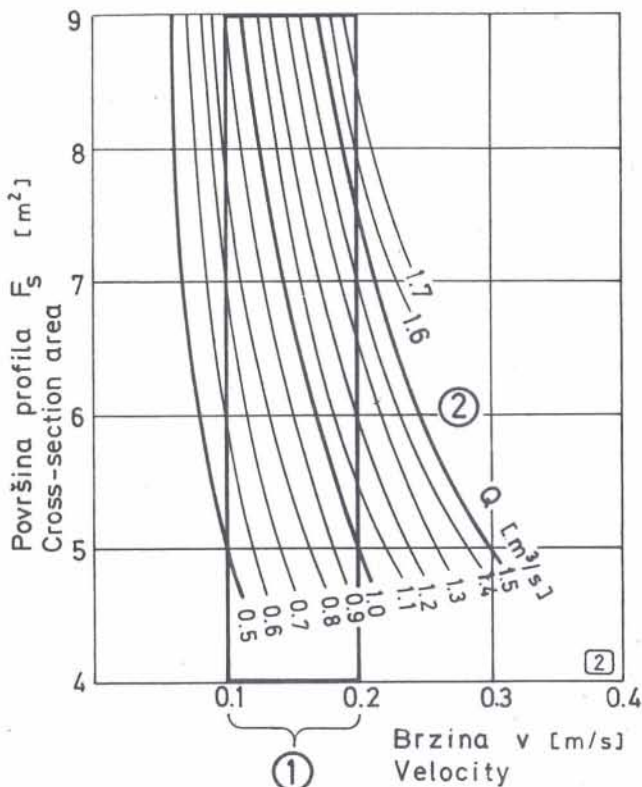
- vjetrenje je predviđeno tlačnim separatnim ventilatorom ugrađenim u vjetreni cjevovod;
- svjež zrak iz glavne vjetrene struje tlači se na čelo slijepce jamske prostorije;
- povratna vjetrena struja kreće se po duljini prostorije zahtjevanom brzinom i oplakuje uzgojne površine.

Ova relativno jednostavna konceptija vjetrenja primjenjiva je kod kraćih jamskih prostorija, kada se cijelo uzgajalište sastoji od jednog uzgojnog polja. U slučaju duljih prostorija, zbog jednostavnije manipulacije s kompostom, uzgajalište se dijeli na dva uzgojna polja koja se moraju samostalno vjetriti zavisno od faze uzgoja. Medusobno se uzgojna polja odvajaju čeličnom pregradom s vratima, a cijelo uzgajalište od starog rada zidanom pregradom. Ulaz u uzgajalište je zatvoren čeličnom pregradom s vratima.

Za vrijeme inkubacije u jednom polju ne treba vjetrenje, dok će u isto vrijeme u drugom polju biti razvoj gljiva kada je potrebno dobro vjetrenje. Instalacije za vjetrenje tada su nešto složenije i kod primjene konceptije tlačnog separatnog vjetrenja dolazi još u obzir i povratni cjevovod.

### Potrebna količina zraka, cjevovod i ventilator

Profil hodnika na lokaciji uzgajališta snimljen još ranije (sl. 1), ima površinu izbijanja  $9,21 \text{ m}^2$  i opseg  $11,7 \text{ m}$ . Svijetla površina profila iznosi oko  $7,0 \text{ m}^2$  računajući zauzetost s policama, vjetrenim cijevima i vrećama komposta, te s  $0,1 \text{ m}$  debljine betona na podu. Veličina profila varira po duljini prostorije pa se svijetli profil kreće u granicama od  $6,0$  do  $7,5 \text{ m}^2$ . Za ove vrijednosti svijetlog profila može se iz konstruiranog dijagrama na sl. 2, u intervalu optimalne brzine, očitati potrebna količina zraka za vjetrenje veličine od  $0,6$  do  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Sl. 2 Količina zraka za vjetrenje uzgajališta  
(1 – interval optimalne brzine; 2 – količina zraka  $Q, \text{ m}^3/\text{s}$ )

Fig. 2 Air quantity for the growing-site ventilation  
(1 – optimal velocity interval; 2 – air quantity,  $\text{m}^3/\text{s}$ )

Direktnim brojanjem je utvrđeno da se u primjerno uzgojno polje A može smjestiti oko 850 vreća, a u polje B 950 vreća s kompostom. Računajući s normativom izmjene zraka od  $10$  do  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  po  $\text{m}^2$  uzgojne površine, dobivaju se slične vrijednosti. Za polje A u granicama

$$\text{od } 850 \cdot 0,283 (10/3600) \approx 0,67 \text{ do}$$

$$850 \cdot 0,283 (20/3600) \approx 1,34 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Za polje B potrebna količina zraka analogno iznosi od  $0,75$  do  $1,49 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Može se zaključiti da bi količina zraka od oko  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , u konkretnom slučaju zadovoljavala za vjetrenje pojedinih uzgojnih polja, jer osigurava brzine strujanja u granicama od  $0,1$  do  $0,2 \text{ m/s}$ , za sve svijetle profile od  $5$  do  $9 \text{ m}^2$ . Kako se u ovim granicama kreću svijetli profili svih hodnika predvi-

denih za uzgajališta u jami »Krš«, količina zraka od  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  usvaja se za pogonsko vjetrenje pojedinih uzgojnih polja.

Da bi se omogućilo istovremeno vjetrenje uzgojnih polja, izabrani ventilator mora imati takav kapacitet da može na čelo slijepe prostorije uzgojnog polja A dostaviti oko  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  zraka, posredstvom cjevovoda iz lima promjera  $d=500 \text{ mm}$ . Proračunom je dokazano da ovom zahtjevu može udovoljiti aksijalni ventilator tip JV-5, proizvod tvornice »Ventilator« – Zagreb, za ugradnju u cjevovod. Položita karakteristika ventilatora, vidljiva na dijagramu iz perspektiva tvornice, znači da mala promjena depresije uzrokuje znatnu promjenu dobavne količine. Ventilator priključen na predmetni cjevovod proizvoditi će nešto veću količinu zraka od tražene, ali s obzirom na otpore povratnoj vjetrenoj struji, količina zraka u polju A kretati će se oko zahtijevanih  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Vjetrenje uzgajališta

Separatno vjetreno postrojenje s ugrađenim zasunima, regulacijskim otvorom i regulatorom protoka prikazano je, za granične režime vjetrenja pojedinih uzgojnih polja, shematski na sl. od 3 do 6.

#### Polje A – maksimalna količina zraka

U polju A zrak izlazi iz tlačnog cjevovoda kao mlaz slobodne struje, odbija se od pregradnog zida i odlazi u suprotnom smjeru kroz prostoriju uzgajališta. Uslijed naglog povećanja poprečnog presjeka brzina zraka se smanjuje, a tlak u prostoriji raste. Posljedica toga je gubitak dijela zraka kroz zidanu pregradu u stari rad, te dijela zraka kroz čelična vrata i spojeve povratnog cjevovoda u prostoriju uzgojnog polja B, koje je u većini slučajeva nepoželjno. Ulazak zraka u polje B može se spriječiti odgovarajućom izolacijom kritičnih mjesta.

Vjetrenje maksimalnom količinom zraka primjenjuje se u slučaju:

- generalnog vjetrenja uzgajališta, tako da se istovremeno vjetri polje A i B. Prema zahtijevanom intenzitetu vjetrenja polja B zatvarati će se, više ili manje, zasun  $Z_2$  (sl. 3) ili vjetrena vrata u čeličnoj pregradi;
- intenzivnog vjetrenja polja A, kada je s obzirom na fazu uzgoja potrebno vjetrenje ili cirkulacija u uzgojnom polju B.

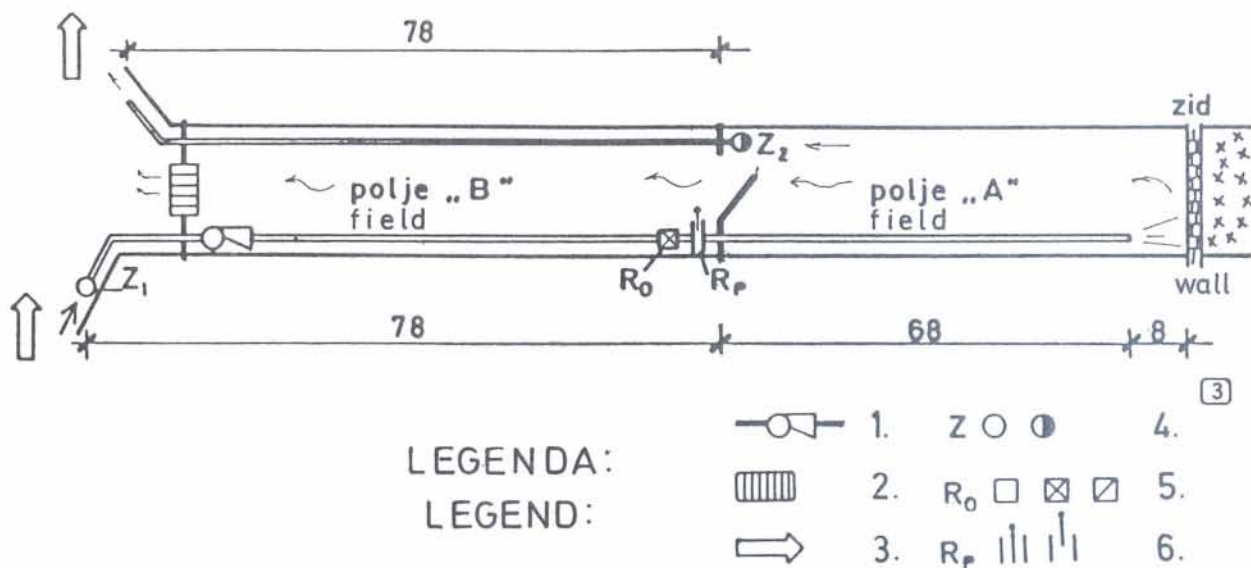
#### Polje A – regulirana količina zraka

Već je ranije spomenuto da za vjetrenje pojedinog uzgojnog polja treba oko  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zraka. Tražena količina zraka za vjetrenje, uz koeficijent gubitaka  $kg=1,17$  na predmetnom tlačnom cjevovodu, može se dobiti ugradnjom dodatnog otpora u cjevovod. Depresija cjevovoda s novim otporom iznosi oko  $910 \text{ Pa}$ .

Ugradnja dodatnog otpora izvest će se zasunom  $Z_1$ , kojim se može umanjiti površina poprečnog presjeka usisnog dijela cjevovoda na  $0,04 \text{ m}^2$ , što iznosi oko  $20 \%$  (sl. 4).

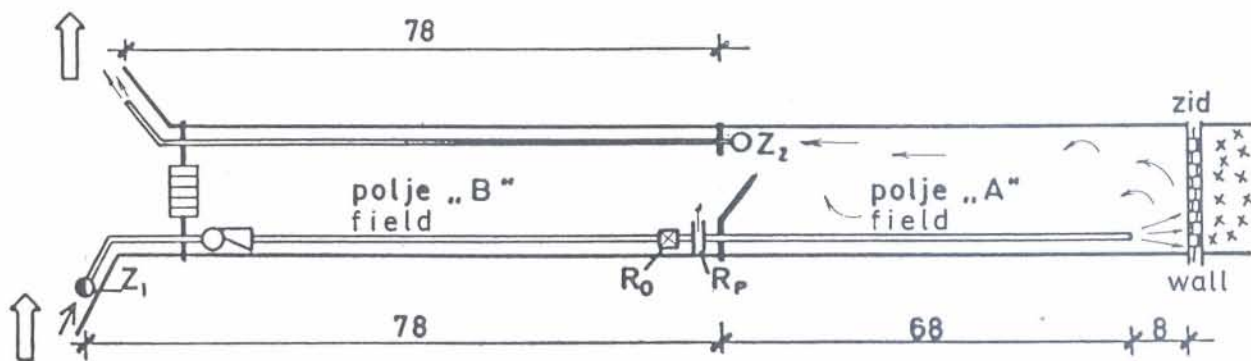
#### Polje B – regulirana količina zraka

Kod vjetrenja polja B potrebno je potpuno zatvoriti regulator protoka  $R_p$  i otvoriti regulator na bočnom otvoru  $R_o$  (sl. 5).



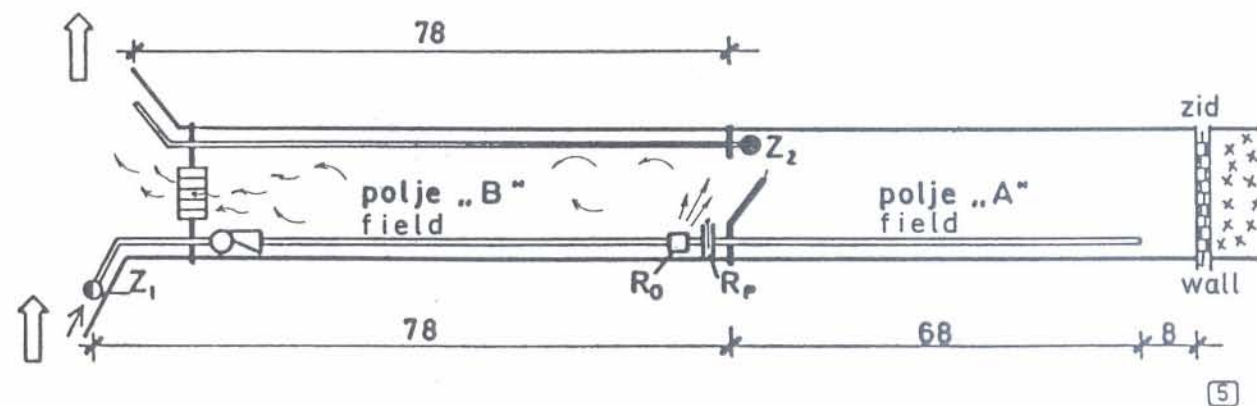
Sl. 3 Shema vjetrenja polja A ili cijelog uzgajališta maksimalnom količinom zraka  
(1 – aksijalni ventilator; 2 – rešetka; 3 – smjer glavne vjetrene struje; 4 – zasun: otvoren, djelomično otvoren; 5 – regulatori smjera otvora: otvoren, zatvoren, djelomično otvoren; 6 – regulator protoka: zatvoren, otvoren)

Fig. 3 Ventilation scheme of the A field or entire growing-site with maximal air quantity  
(1 – individual axial fan; 2 – grate; 3 – direction of the main air current; 4 – bolt: open, partly open; 5 – regulator containing an opening: open, close, partly open; 6 – regulator of air flow quantity)



Sl. 4 Shematski prikaz vjetrenja polja A (Legenda: vidi sl.3)

Fig. 4 Illustration of the A field ventilation (Legend: see Fig. 3)



Sl. 5 Shematski prikaz vjetrenja polja B (Legenda: vidi sl.3)

Fig. 5 Illustration of the B field ventilation (Legend: see Fig. 3)

Duljina aktivnog cjevovoda smanjuje se na 78 m, dodatni otpor ( $\Delta R$ ) koji treba ugraditi iznosi 816,9  $\text{kg m}^{-7}$ , a depresija ( $h$ ) s novim otporom iznosi oko 927 Pa. Ugradnja dodatnog otpora izvodi se zasunom  $Z_1$  na usisnom dijelu cjevovoda, ili kombinirano s djelomičnim otvaranjem regulatora ( $R_0$ ) na bočnom otvoru cjevovoda.

Polja A i B – istovremena nezavisna količina zraka

Maksimalnu količinu zraka od 2  $\text{m}^3/\text{s}$  moguće je podijeliti za istovremeno vjetrenje polja A i B (sl. 6). Cjevovod se može tada smatrati vjetrenom mrežom s tri grane, od kojih jedna ima otpor nula. Veličinu dodatnog otpora koji treba ugraditi regulacijom bočnog otvora, definiraju slijedeće jednadžbe strujanja:

$$\text{I} \quad R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + \Delta R_2 Q_2^2 = h$$

$$\text{II} \quad R_1 Q_1^2 + \Delta R_3 Q_3^2 = h$$

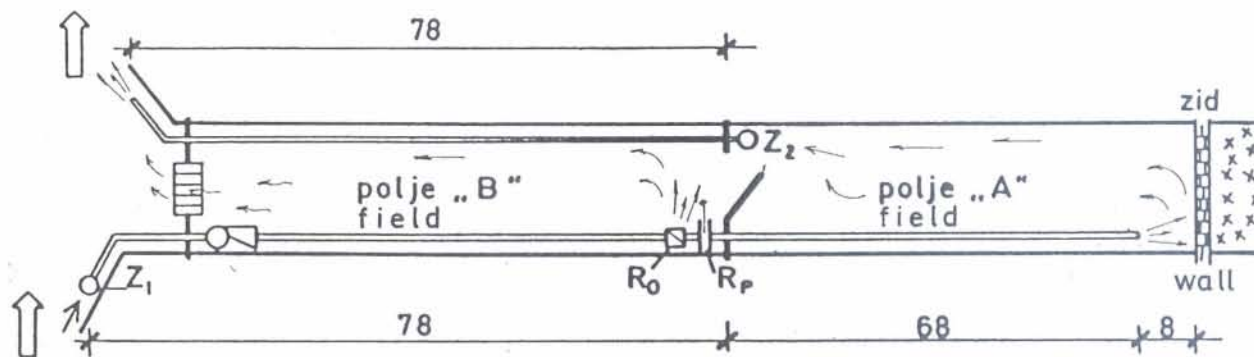
Rješenjem ovih jednadžbi dobije se dodatni otpor veličine  $\Delta R_3 = 79,17 \text{ kg m}^{-7}$ , s tim da se magistralni cjevovod ne regulira. Ugradnja dodatnog otpora  $\Delta R_3$  na bočnom otvoru cjevovoda, izvodi se namještanjem površine od 0,093  $\text{m}^2$  regulacijskim otvorom  $R_0$ .

- redovito treba pregledavati i »okucavati« strop uzgajališta, jer se u osnovi radi o nepodgrađenoj rudarskoj prostoriji;
- povremeno treba kontrolirati stanje zidova prema starom radu i uzimati uzorke zraka iza zidova za analizu;
- svi zaposleni na uzgoju gljiva, moraju biti upoznati s mogućim potencijalnim opasnostima kod kretanja u jamskim prostorijama.

### Zaključak

Pokusni uzgoj u improviziranom uzgajalištu jame »Krš« pokazao je, pri upotrebi rudarske radne snage, skoro optimalni prinos u uvjetima prirodnog vjetrenja. Poznato je da koncentracija  $\text{CO}_2$  iznad gljiva veća od 0,1 % može nastati uslijed slabog strujanja zraka i da je nepoželjna naročito u doba rasta. Mjestimična pojava nekvalitetnih, izduženih šampinjona tamnije boje ukazala je na potrebu da se veća pozornost posveti vjetrenju i regulaciji vlažnosti zraka u objektu.

Realizacijom ideje o uzgoju šampinjona u slijepim hodnicima rudnika uz primjenu separatnog vjetrenja uzgajališta, dobio se kvalitetniji proizvod značajan za gospodarstvo, kao i veći broj novih lokacija u



Sl. 6 Shematski prikaz vjetrenja polja A i B (Legenda: vidi sl. 3)

Fig. 6 Illustration of the A and B fields ventilation (Legend: see Fig. 3)

### Specifične mjere zaštite

Kod uzgoja gljiva u jamskim pogonima s uvedenom dizelskom opremom za utovar i transport mineralne sirovine potrebno je, osim redovitog indiciranja plinova u skladu sa zahtjevima rudarskih propisa, obratiti pozornost i na specifične mjere zaštite:

- za vrijeme prolaza transportnih sredstava na Dieslov pogon treba ugasiti separantni ventilator za vjetrenje uzgajališta;
- dok postoji rudarska aktivnost u ostalim jamskim revirima, lokacije uzgajališta treba birati u području ulazne vjetrove struje jame;
- ulaz u jamu dozvoljen je samo ispitanoj transportnoj mehanizaciji na Dieslov ili električni pogon;
- separantno postrojenje za vjetrenje uzgajališta odgovoriti će svojoj namjeni samo ako radi glavni jamski ventilator;
- nakon dezinfekcije i inkubacije ulaz u uzgajalište dozvoljen je samo poslije intenzivnog vjetrenja;

podzemnim prostorijama pogodnih za privođenje korisnoj namjeni.

Predloženi način vjetrenja uzgajališta predstavlja rješenje za specifični slučaj uzgoja u slijepim prostorijama boksitne jame, s povoljnom mikroklimom i bez specijalnog kondicioniranja jamskog zraka. Odluka o uzgoju gljiva u podzemnim prostorijama napuštenim nakon završene eksploatacije druge mineralne sirovine s potencijalnim opasnostima druge vrste, zahtijeva investicijski program izrađen od tima stručnjaka različitog profila od kojih jedan mora biti rudarski inženjer.

Primljeno: 21. XII. 1990.

Prihvaćeno: 25. VI. 1991.

### LITERATURA

- Beader, J., Božac, R., Vukanac, D., Mataković, D. i Šimić, I. (1988): Investicijski projekt realizacije proizvodnje šampinjona u RO »Dalmatinski rudnici boksita« – Obrovac. Regionalni poslovno-razvojni centar – Karlovac, 22–66 str., Karlovac.

- Rendulić, V. (1986): Separatno vjetrenje kod otvaranja jame »Krš« II, RO »Dalmatinski rudnici boksita« – Obrovac. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, 72 str., Zagreb.
- Rendulić, V. (1989): Rješenje sistema ventilacije gljivarnika u jami »Krš« III, RO »Dalmatinski rudnici boksita« – Obrovac. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, 39 str., Zagreb.
- Ušakov, K. Z. i Kirin, B. F. (1983): Rudničnaja i promišlenaja aerologija. Moskva »Nedra«, 112–126 str., Moskva.

## Features of Ventilation Conditions by Mushroom Cultivation in Mining Underground Workings

V. Rendulić

There is a number of underground workings in our country, which have been abandoned after the exploitation in a pit or in some shafts were completed. Due to favourable microclimate conditions and existing energy and ventilation objects, these workings are suitable for the cultivation of commercial types of mushrooms.

The realisation of the idea of mushroom cultivation (*Agaricus bisporus*) among other activities of the Dalmatian bauxite mines Obrovac, started with a trial growing, which resulted in an almost optimal yield with domestic mycelium and the mine manpower. It has also been proved, that for the high-quality mushroom cultivation, modern pit growing sites should be constructed, where ventilation should be particularly considered.

In order to make the manipulation with the compost simpler,

the growing site is divided into two growing fields which have to be ventilated independently with the intensity according to the stage of growing. The necessary amount of air for the growing-site ventilation is determined according to the desired velocity of air current in interval from 0.1 to 0.2 m/s and to the net area of airway, by a specially designed diagram (Fig. 2).

A separately ventilating plant is dimensioned for a maximal air amount and it enables an independent regulation of air current in individual growing fields. The air for separate ventilation is taken by a axial-flow fan from the main entrance air current of the pit, it is compressed through the air pipes to the end of the growing site and to drain the part of consumed air a return-pipeline is applied, as illustrated on figures 3–6.