

PRIMJENA KOMPRIMIRANOG ZRAKA U JAMAMA "HALJINIĆI", JP EP BIH D.D. - SARAJEVO, ZD RMU "KAKANJ" D.O.O. KAKANJ

APPLICATION OF COMPRESSED AIR IN PIT "HALJINIĆI", JP EP BIH D.D. - SARAJEVO, ZD RMU "KAKANJ" D.O.O. KAKANJ

*Kasim Bajramović*¹
*Husref Bajramović*²

Stručni rad

¹ZD RMU „Kakanj“
d.o.o. Kakanj
²Industry 4B d.o.o
Kakanj

Ključne riječi:
komprimirani zrak,
kompresorsko postrojenje,
metan, pogonska energija

Keywords:
compressed air,
compressed plants,
methane, drive energy

Paper received:
07.01.2019.

Paper accepted:
19.02.2019.

REZIME

Analizirajući osnovnu problematiku jama pogona „Haljinići“, pogonska energija predstavlja jednu od osnovnih faza rada bitnih za funkcionisanje pogona, te se praćenje i rješavanje problematike vezane za ovaj segment rada, nameće kao ključni u cilju realizacije svih planiranih veličina. Proizvodne aktivnosti, način eksploatacije, vrsta opreme koja se koristi pri tome i niz drugih faktora u značajnoj mjeri zahtijevaju visoku pouzdanost sistema pogonske energije. Da bi se postigli navedeni ciljevi, pored pouzdanosti mašina, osnovni uslov predstavlja pogonska energija (električna energija i komprimirani zrak).

Categorization of paper

SUMMARY

During analysis of main problems in the pit "Haljinići", the drive energy represents one of the most important phases of the operation for functioning of the section, so imying and solving problems related to this segment, and automatically set itself as the key factor in realiation of all planned goals. Production activities, exploitation types, differebt types of equipment and much more other factors that are using require a high responsibülüty of the power generation system. In order to achieve these goals, in addition to the reliability of machines, basic requirement is the drive energy (electricity and compressed air).

1. UVOD

Dugogodišnja tradicija eksploatacije uglja jamama Rudnika "Kakanj" nikad nije dozvoljavala da tehnološki proces bude ispod nivoa trenutka u kojem sredstva rada zadovoljavaju najveći stepen sigurnosti i humanizacije rada. Razlika između postojeće i nove tehnologije za transport i dopremu jeste u pogonskoj energiji, komprimirani zrak, koja u pogonu "Haljinići" ima razvijenu infrastrukturnu mrežu. Samo priključivanje na postojeću primarnu-magistralnu mrežu preko zračnih vodova (sekundarni vodovi) postrojenje "ranžirnog voza" postavljeno na gornju šinu dovodi u eksploatacijsku spremnost. Glavni razvod komprimiranog zraka sačinjavaju okiten cijevi odgovarajućeg prečnika (PE 100, 110x10,0 S 5/SDR 11 PN 16, [1]) nazivnog pritiska 16 bara, povezane odgovarajućom prirubničkom vezom, čime je omogućeno prilagođavanje dužine cjevovoda konkretnim potrebama u jami.

1. INTRODUCTION

A long tradition of coal exploitation in Mine „Kakanj“ never allowed that technical process should be below the level in which means of work satisfies the biggest stage of security and humanization of labour.

The difference between existing and new technology for transport and delivery is in drive energy, compressed air, which section “Haljinići“ possess developed infrastructure network. The sole connection on existing primary-main network via air ducts (secondary ducts) plant „marshalling train“ positioned on upper rail leads to exploitation readiness.

Main divorce of compressed air is consisted from rounded pipes with corresponding diameter (PE 100, 110x10,0 S 5/SDR 11 PN 16, [1]) of nominal pressure 16 bars, connected with corresponding flanged connections, where adjustment of pipeline length is allowed according to concrete needs in mines.

Energiju komprimiranog zraka za potrebe pogona "Haljinići" se dobiva preko instaliranih postrojenja za komprimirani zrak koji svojim karakteristikama zadovoljavaju postojeće potrebe kao i za nova postrojenja.

The compressed air energy for the needs of section „Haljinići“ is receiving through mounted installations for compressed air which together with its characteristics are satisfying existing needs and new plants.

2. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KOMPRESORSKIH POSTROJENJA I PRATEĆIH SKLOPOVA POGONA

- a. Lokalitet pogon "Haljinići"
Kompresorsko postrojenje

2. TECHNICAL CHARACTERISTICS OF COMPRESSED PLANTS AND FOLLOWING CIRCUITS

- a. Location pit "Haljinići"
Compressed plant

Tabela 1. Tehničke karakteristike kompresorskog postrojenja [4]

Table 1. Technical characteristics compressed plant [4]

Tip Type	EKO 45s-10	EKO 45s-10
Proizvođač-Manufacturer	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY
Serijski broj-Serial number	45992/2012	45993/2012
Kapacitet-Capacity	7,8 [m ³ /min]	7,8 [m ³ /min]
Radni pritisak: Working pressure:		
Maksimalno	10 [bar]	10 [bar]
Maximum	10 [bar]	10 [bar]
Minimalno	5 [bar]	5 [bar]
Minimal	5 [bar]	5 [bar]

Tabela 2. Tehničke karakteristike sušača zraka [4]

Table 2. Technical characteristics air dryer [4]

Tip-Type	ERD-450
Proizvođač Manufacturer	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY
Kapacitet Capacity	7,5 [m ³ /min]
Nominalni ulazni pritisak zraka Nominal input air pressure	7 [bar]

Tabela 3. Tehničke karakteristike filtera za prečišćavanje zraka [4]

Table 3. Technical characteristics filter for air purification [4]

Tip Type	Grade H 150
Proizvođač Manufacturer	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY
Filtracija čestica Particle filtration	do 0,01 [mikron]
Filtracija ostataka ulja Filtration of residual oil	do 0,01 [mg/m ³]
Masa Mass	5,6 [kg]

b. Lokalitet jama "Begići-Bištrani"

b. Location pit "Begići-Bištrani"

Tabela 4. Tehničke karakteristike kompresorskog postrojenja [4]**Table 4.** Technical characteristics compressed plant [4]

Tip-Type	EKO 45s-10	EKO 45s-10
Proizvođač-Manufacturer	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY	"EKO MAK" TURSKA "EKO MAK" TURKEY
Serijski broj-Serial number	45990/2012	45991/2012
Kapacitet-Capacity	7,8 [m ³ /min]	7,8 [m ³ /min]
Radni pritisak-Working pressure:		
Max.	10 [bar]	10 [bar]
Min.	5 [bar]	5 [bar]


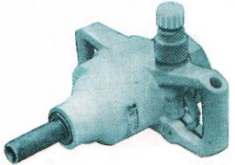
U jamama pogona "Haljinići" trenutno se koriste pneumatske jamske bušilice, rotaciono udarni uvrtači i pneumatske lančane pile za drvo.

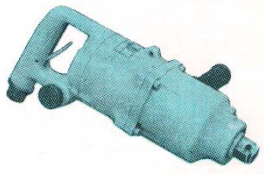




Pogon ima mogućnost korištenja pneumatskog čekića, čekića za bušenje, pneumatske centrifugalne (muljne) pumpe, mašina za izolaciju jamskih prostorija (torketiranje) i drugih pneumatskih alata i pomagala koji posjeduju certifikat za rad u jamama ugroženim metanom i opasnom ugljenom prašinom.

In pits "Haljinići" currently in sage are pneumatic cavity drills, rotary impact screwdrivers and pneumatic chainsaws for wood.

It can be used also pneumatic hammers, hammers for drilling, pneumatic centrifugal (sludge) pumps, machine for isolation of cave rooms (torketing) and other pneumatic equipment and tools that possess certificates for working in mines endangered with methane and dangerous coal dust.

Tabela 5. Prikaz alata koji se do sada koriste u određenim fazama rada kako za potrebe pripremanja i eksploatacije tako i za potrebe održavanja i montaže opreme [4]**Table 5.** Is shown equipment and tool that are till this moment used in certain work stages, for the needs of preparation and exploitation, so as for the needs of maintenance and mounting of equipment [4]

RB	Naziv	Tip	Potrošnja zraka (m ³ /min)	Priključak (")	Broj okretaja (o/min)	Masa (kg)
1.	Mašina za izolaciju torketiranje Machine for isolation torketing 	Viktor 100 L	0,28	R 1/2"	-	505
2.	Pneumatska bušilica Pneumatic drill 	8/BŠU-A	2,5	R 3/4"	1300	11,75

3.	<p>Rotaciono-udarni uvrtač Rotary-impact screwdriver</p> 	Z4D/UU-32	1,6	R 1/2"	3500	10
4.	<p>Rotaciono-udarni uvrtač Rotary-impact screwdriver</p> 	Unior art.1572	0,269	R 3/8"	5500	5,6
5.	<p>Pneumatska centrifugalna pumpa Pneumatic centrifugal pump</p> 	CP-600-25A	2,6	-	-	19
6.	<p>Pneumatska lančana pila za drvo Pneumatic chainsaw for wood</p> 	"Spitznas"	2,9	R 3/4"	4200	17,3
7.	<p>Pneumatski bušaći čekić Pneumatic drilling hammer</p> 	VK23	2,5	R 1"	2100	23

3. PROVJERA PARAMETARA MREŽE KOMPRIMIRANOG ZRAKA

Da bi se provjerilo zadovoljenje mreže komprimiranog zraka odabrana je dionica od rezervoara do kote K+293,39 m na kraju glavnog transportnog niskopa jame "Seoce" kao najnepovoljnija za proračun pada pritiska u razvodnoj mreži.

3.1. Gustoća atmosferskog zraka

$$\rho_o = \frac{P_o}{R \cdot T_o} = \frac{1,013 \cdot 10^5}{287 \cdot (273 + 10)} = 1,247 \text{ [kg/m}^3\text{]}, \quad (1)$$

gdje je:

where is:

$$P_o = 1,013 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{atmosferski pritisak.} \\ \rightarrow \text{atmospheric pressure.} \end{array} \quad (2)$$

$$R = 287 \text{ [J/kgK]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{gasna konstanta.} \\ \rightarrow \text{gas constant.} \end{array} \quad (3)$$

$$T_o = (273 + 10) = 283 \text{ [K]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{temperatura atmosferskog zraka.} \\ \rightarrow \text{atmospheric air temperature.} \end{array} \quad (4)$$

3.2. Gustoća komprimiranog zraka

3.2. Compressed air density

$$\rho = \frac{P_r}{R \cdot T} = \frac{7 \cdot 10^5}{287 \cdot (273 + 30)} = 8,05 \text{ [kg/m}^3\text{]}, \quad (5)$$

gdje je :
where is:

$$P_r = 7 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{radni pritisak.} \\ \rightarrow \text{work pressure.} \end{array} \quad (6)$$

$$T = (273 + 30) = 303 \text{ [K]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{temperatura komprimiranog zraka.} \\ \rightarrow \text{compressed air temperature.} \end{array} \quad (7)$$

3.3. Zapreminski protok komprimiranog zraka

3.3. Compressed air volum

$$q = \frac{\rho_o}{\rho} \cdot q_u = \frac{1,247}{8,05} \cdot 6,45 = 1 \text{ [m}^3\text{/min]}, \quad (8)$$

3.4. Unutrašnji prečnik magistralnog voda zraka

3.4. Internal diameter of the main air line

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{60 \cdot \pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1}{60 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,046 \text{ [m]}, \quad (9)$$

gdje je:
where is:

$$v = 10 \text{ [m/s]}, \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{brzina strujanja zraka kroz vod zraka.} \\ \rightarrow \text{air flow rate through air line.} \end{array} \quad (10)$$

Usvojena je polietilenska tvrda cijev PE 100 110x10,0 S 5/SDR 11 PN 16, prema JUS G.C6.620 (unutarnji prečnik cijevi $D=90$ [mm]). Za jame ugrožene metanom i opasnom ugljenom prašinom sva cijevna armatura mora posjedovati certifikat o antistatičnosti (prema standardu EN 60079-0, odnosno BAS 60079-0 koji je važeći u BiH, tačka 26.13), [6].

Adopted is polyethylene hard tube PE 100 110x10,0 S 5/SDR 11 PN 16, according to JUS G.C6.620 (internal diameter of pipe $D=90$ [mm]). For pits endangered with methane and dangerous coal dust all pipe fitting must possess certificate about antistaticity (according to standards EN 60079-0, i.e. BAS 60079-0 which is valid in B&H, point 26.13), [6].

3.5. Koeficijent trenja pri strujanju zraka kroz vod zraka

3.5. Coefficient of friction in air flow through air line

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{D}{k} + 1,14\right)^2} = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{90}{0,007} + 1,14\right)^2} = 0,011, \quad (11)$$

gdje je:

where is:

$$k = 0,007 \text{ [m/s]}, \rightarrow \text{apsolutna hrapavost unutrašnjeg zida cijevi.} \quad (12)$$

\rightarrow absolute roughness of inner tube wall.

Stvarna brzina strujanja zraka kroz vod zraka:

Real speed of air flow through air line:

$$v = \frac{4 \cdot q}{60 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,09^2} = 2,62 \text{ [m/s]}, \quad (13)$$

3.6. Pad pritiska u magistralnom vodu zraka

3.6. Pressure fall in main air line

$$\Delta p_m = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \left(\lambda \frac{l_m}{D} + \Sigma \xi \right) = \frac{2,62^2 \cdot 8,05}{2} \left(0,011 \frac{723}{0,09} + 3,85 \right), \quad (14)$$

$$\Delta p_m = 2547 \text{ [Pa]}. \quad (15)$$

gdje je:

$$l_m = 723 \text{ [m]} \rightarrow \text{dužina magistralnog voda zraka- length of main air line} \quad (16)$$

$$\Sigma \xi \rightarrow \text{ukupni koeficijent lokalnih otpora u magistralnom vodu zraka,} \quad (17)$$

$$\Sigma \xi = z_{ul} \cdot \xi_{ul} + z_k \cdot \xi_k + z_{vent} \cdot \xi_{vent} + z_{rač} \cdot \xi_{rač}, \quad (18)$$

$$\Sigma \xi = 1 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,3 + 1 \cdot 1,5 = 3,85. \quad (19)$$

- Ulaz voda zraka:

$$z_{ul} = 1 \rightarrow \text{broj ulaza.}$$

$$\xi_{ul} = 0,25 \rightarrow \text{koeficijent gubitka.}$$

- Krivine voda zraka:

$$z_k = 3 \rightarrow \text{broj krivina (lukova).}$$

$$\xi_k = 0,5 \rightarrow \text{koeficijent gubitka.}$$

- Ventili voda zraka:

$$z_{vent} = 2 \rightarrow \text{broj ventila.}$$

$$\xi_{vent} = 0,3 \rightarrow \text{koeficijent gubitka.}$$

- Račva T oblika-odvajanje:

$$z_{račvi} = 1 \rightarrow \text{broj račvi.}$$

$$\xi_{račve} = 1,5 \rightarrow \text{koeficijent gubitka.}$$

- Air line input:

$$z_{ul} = 1 \rightarrow \text{number of inputs.}$$

$$\xi_{ul} = 0,25 \rightarrow \text{loss coefficient.}$$

- Air line curves:

$$z_k = 3 \rightarrow \text{number of curves.}$$

$$\xi_k = 0,5 \rightarrow \text{loss coefficient.}$$

- Air line valves:

$$z_{vent} = 2 \rightarrow \text{number of valves.}$$

$$\xi_{vent} = 0,3 \rightarrow \text{loss coefficient.}$$

- T twitch shapes - separation:

$$z_{twitches} = 1 \rightarrow \text{number of twitches.}$$

$$\xi_{twitches} = 1,5 \rightarrow \text{loss coefficient.}$$

3.7. Pritisak zraka na kraju magistralnog voda (K+293,39 m)

3.7 Air pressure at the end of main air line on (K+293,39 m)

$$p = p_r - \Delta p_m = 7 - 0,02547 = 6,975 \text{ [bar]}, \quad (20)$$

Tabela 6. Parametri pada pritiska za apsolutni radni pritisak 7 [bar]

Table 6. Parameters of fall pressure for absolute work pressure 7 [bar]

Protok Flow	7,8	7,8	7,8	7,8	m ³ /min
Nominalna dužina cjevovoda Nominal length of pipeline	10.500	5500	2500	1500	mm
Nominalni unutarnji promjer cjevovoda Nominal internal diameter of pipeline	Ø90	Ø90	Ø90	Ø90	mm
Apsolutni radni pritisak Absolute work pressure	7	7	7	7	bar
Pad pritiska Fall pressure	0,93	0,46	0,22	0,13	bar

Tabela 7. Parametri pada pritiska za apsolutni radni pritisak 10 [bara]

Table 7. Parameters of fall pressure for absolute work pressure 10 [bars]

Protok Flow	7,8	7,8	7,8	7,8	m ³ /min
Nominalna dužina cjevovoda Nominal length of pipeline	10.500	5500	2500	1500	mm
Nominalni unutarnji promjer cjevovoda Nominal internal diameter of pipeline	Ø 90	Ø 90	Ø 90	Ø 90	mm
Apsolutni radni pritisak Absolute work pressure	10	10	10	10	bar
Pad pritiska Fall pressure	0,65	0,34	0,16	0,09	bar

4. ZAKLJUČAK

Dugogodišnja tradicija eksploatacije uglja u jamama Rudnika "Kakanj" nikad nije dozvoljavala da tehnološki proces bude „ispod“ nivoa trenutka u kojem sredstva rada zadovoljavaju najveći stepen sigurnosti i humanizacije rada. Uređaji i mašine koji se pogone komprimiranim zrakom moraju biti trajno priključeni na energetski izvor - kompresor. To je povezano s gubicima uslijed otpora i propuštanja, što je razlog daljeg povećanja visoke cijene komprimiranog zraka. Zbog te veze s izvorom, uređaji na komprimirani zrak su ograničeno pokretljivi, tj. samo onoliko koliko im omogućuje gibljivo crijevo. Na taj način, uvođenje komprimiranog zraka kao energetskog nositelja rješava problem jamskog prijevoza.

4. CONCLUSION

A long tradition of coal exploitation in Mine „Kakanj“ never allowed that technical process should be below the level in which means of work satisfies the biggest stage of security and humanization of labour. Devices and machines that are driving on compressed air must be permanently connected to energy source – compressor. That is connected with losses during resistance and leakage, which is the reason for further increase and higher price of compressed air. Because of that connection, devices with compressed air have limited mobility, i.e. limited with flexible hose. In that way, introduction of compressed air as an energy carrier solves the problem of pits transportation.

5. LITERATURA - REFERENCES

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za strojeve s dizelskim motorima koji se koriste pri podzemnim rudarskim radovima u nemetanskim jamama ("Službeni list SFRJ", br. 66/78);.
- [2] Zakon o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine (Službene novine 26/10 – 05.05.2010. godine).
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju ugljena („Službeni list SFRJ“ , br. 4/89, 45/89, 3/90 i 54/90).
- [4] PRP Primjena ranžirnog voza na komprimirani zrak tip MZP 2x3,2 t u jamama "Haljinići", JP EP BIH d.d. - Sarajevo, ZD RMU "Kakanj" d.o.o. Kakanj; mašinski dio.
- [5] Pravilnik o tehničkim mjerama i zaštiti na radu pri rudarskim podzemnim radovima („Službeni list SFRJ“, br. 11/67, 35/67, 60/70, 9/71, 3/73 i 5/73).
- [6] Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom ("Službeni list SFRJ", br. 16/83);
- [7] http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/nas/kompresori_07/1_Uvod_2007.pdf. Pristupljeno 09.02.2018

Corresponding author:**Kasim Bajramović****ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj****Email: kasimbajramovic@gmail.com****Phone: +387 (0)61 136 095**