

GLAVNO PROVETRAVANJE JAMA PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA U SRBIJI

Autori:
Dejan Dramlić
dr Vladica Ristić
dr Duško Đukanović
dr Dragan Zlatanović
Nemanja Đokić



Procesing '22 1–3. jun 2022, Beograd

UVOD

- Do nesreća pri ugrožavanju atmosfere rudnika može doći usled loše organizacije ventilacije rudnika, prekida rada ventilatora, nemogućnosti okretanja smeru vazdušne struje i oštećenja ventilatorskog postrojenja pri požarima i eksplozijama.
- Provetravanje jame ima zadatak da obezbedi normalne uslove za rad putem dovođenja dovoljnih količina svežeg vazduha potrebnog za disanje, stvaranje normalnih mikroklimatskih uslova radi otklanjanja nepovoljnih fizioloških uticaja na zaposlene, odstranjivanje gasova koji se oslobađaju iz ležišta ili su produkti tehnološkog procesa i odnošenje prašine iz jamskog vazduha.



PRINCIP UREĐENJA VENTILATORSKIH POSTROJENJA RUDNIKA UGLJA

- Ventilatorsko postrojenje jame rudnika uglja čine:
 1. Glavni i rezervni ventilator sa difuzorom i uređaji za regulaciju i promenu smera kretanja vazdušne struje
 2. Priključak ventilatora na jami /ventilacioni kanal/ i uređaji za priključak i snabdevanje energijom

Svako ventilatorsko postrojenje mora imati najmanje dva nezavisna izvora napajanja pogonskom energijom. Nezavisnim izvorom napajanja pogonskom energijom smatra se i agregat ili motor sa unutrašnjim sagorevanjem. Ispravnost nezavisnih izvora napajanja pogonskom energijom kontroliše se najmanje jedanput sedmično.

Pouzdanost ventilacionog sistema rudnika najviše zavisi od pouzdanosti ventilatorskog postrojenja, pa je potrebno da njihova pouzdanost rada bude visoka.



OSNOVE VENTILACIONIH SISTEMA JAMA PODZEMNIH RUDNIKA U SRBIJI

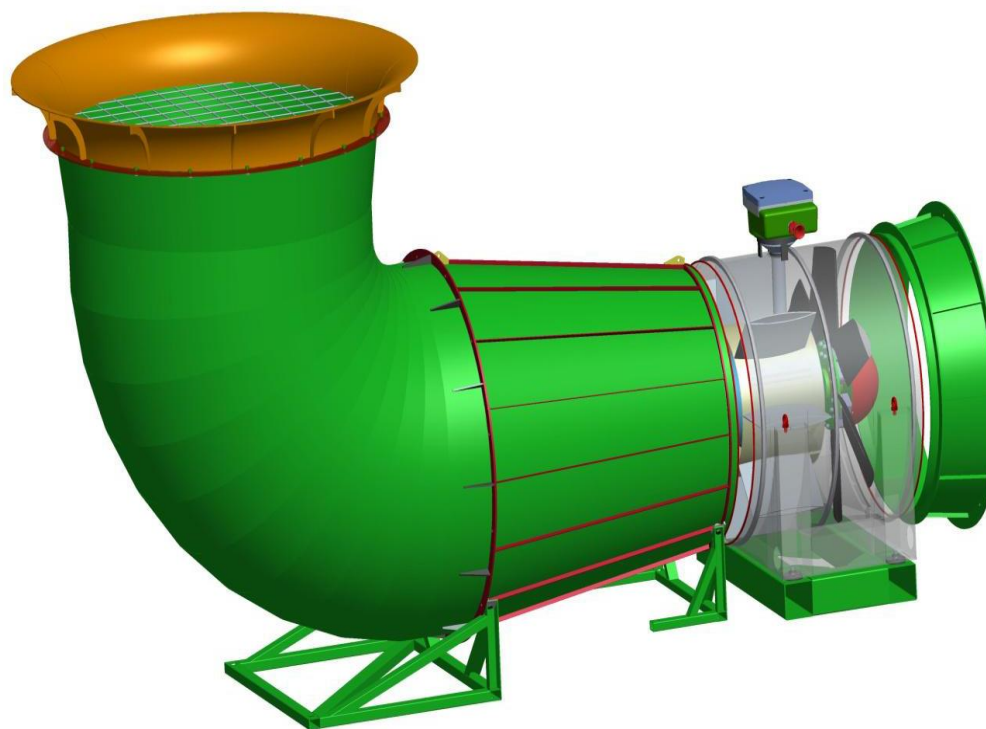
- Sve aktivne jame u okviru rudnika JP PEU provetravaju se mehanički, depresiono, pomoću glavnih ventilatora

Rudnik - jama	Namena ventilatora	Tip ventilatora	Proizvođač ventilatora
Vrška Čuka – jama Avramica	glavni	rekonstruisan	Ventilator - Zagreb
	rezervni	rekonstruisan	Ventilator - Zagreb
Ibarski rudnici – jama Jarando	glavni	AVV-1000/4	Klima - Celje
	rezervni	A-1250	Klima - Celje
Rembas – jama Senjski Rudnik	glavni	AVV-12-154-2	Klima – Celje
	rezervni	AVV-12-154-4	Klima – Celje
Rembas – jama Strmosten	glavni	AVV-12-154-4	Klima – Celje
	rezervni	NAVV-D-125-1	Klima - Celje
Rembas – jama Ravna Reka	glavni	AJV-1500	Delta – Air-Bg
	rezervni	AVV-12-125-1	Klima - Celje
Bogovina – jama Istočno polje	glavni	NAVV-D-125-1	Klima - Celje
	rezervni	NAVV-D-125-1	Klima - Celje
Soko – jama Soko	glavni	GVR-15-160	Turmag
	rezervni	EN-125	Termoelektro
Jasenovac – jama Centralno Polje	glavni	N-AVV-D-125-1	Klima - Celje
	rezervni	N-AVV-D-125-1	Klima - Celje
Lubnica – jama Osojno	glavni	AVJ-1500	Delta – Air-Bg
	rezervni	SC-160	Minu - Beograd
Štavalj – jama Štavalj	glavni	AVJ-1500	Delta – Air-Bg
	rezervni	NAVV-D-140/56	Klima - Celje



KARAKTERISTIKE UGRAĐENIH GLAVNIH VENTILATORA

U jamama „Štavalj“, „Lubnica“ i „Rembas-Ravna reka“, postavljeni su novougrađeni glavni ventilatori . Novo ugrađene ventilatore proizvela je firma Delta Air engineering LTD iz Beograda.



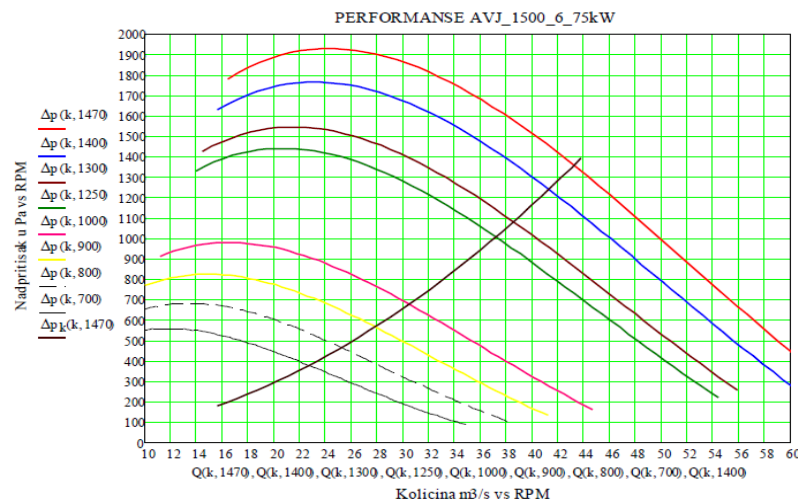
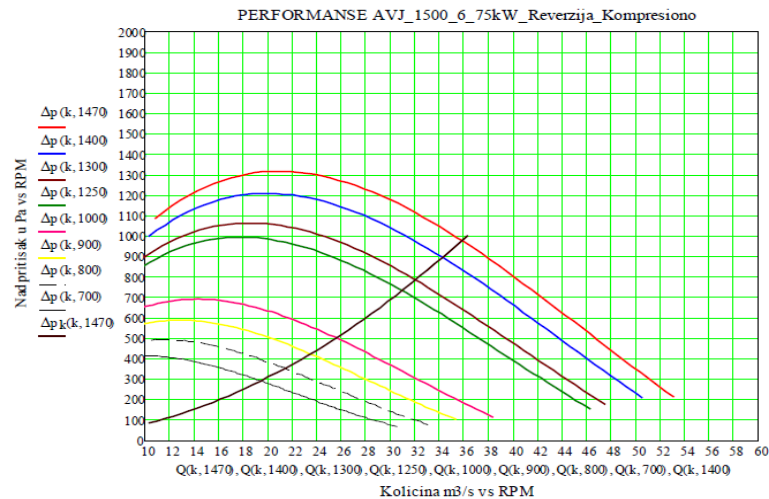
Izgled glavnog ventilator tipa AVJ 1500-6-75 u rudniku Rembas–jama “Ravna Reka”



Procesing '22 1–3. jun 2022, Beograd

KARAKTERISTIKE UGRAĐENIH GLAVNIH VENTILATORA

Ovi ventilatori rade u sistemu automatskog daljinskog nadzora, kontrole i upravljanja.



Dijagram radnih karakteristika
glavnog ventilatora
tipa AVJ 1500-6-75



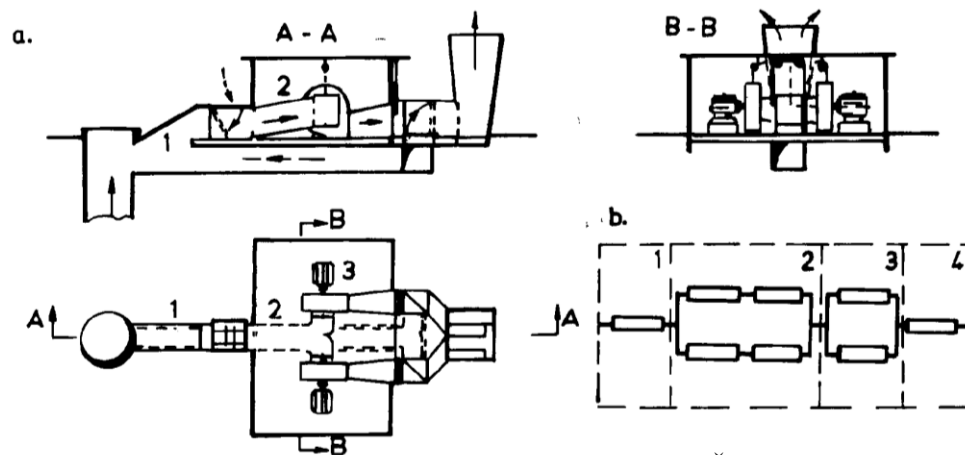
Procesing '22 1-3. jun 2022, Beograd

MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Ventilatorsko postrojenje rudnika je sastavljeno od više različitih podsistema, pri čemu otkaz bilo kog podsistema, dovodi do otkaza rada celog sistema.

Ventilatorsko postrojenje jame se sastoji od sledećih podsistema:

1. Podsystem usisni kanal sa sistemom vrata,
2. Podsystem ventilatori sa elektromotornim pogonom i difizurrom,
3. Podsystem za dovod energije i puštanje ventilatora u rad,
4. Podsystem za izbacivanje vazduha u okolinu sa prigušnicom šuma i za okretanje smeru vazdušne struje



a) Principijalna šema ventilatorskog postrojenja, b) Šema veza podsistema



MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Verovatnoća pouzdanosti rada podsistema u određenom vremenskom intervalu T (godina, dan ili čas) određuje se na osnovu statističkih beleženja otkaza. Učestalost kvarova podsistema određuje se iz izraza:

$$\lambda = n/T$$

gde je: λ - učestalost
n - broj kvarova podsistema u vremenu T,
T - period posmatranja efektivnog rada podsistema

Srednje vreme rada komponente bez kvara:

$$T_k = 1/\lambda$$

Kada dođe do kvara na komponenti podsistema, dolazi do prekida rada celog sistema, pa je potrebno izvršiti hitnu zamenu komponente. Srednje vreme zamene komponente u sistemu u posmatranom periodu iznosi:

$$T_r = \Sigma t_r/n$$

gde je: t_r - srednje vreme trajanja zamene komponente u podsistemu.



MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Koeficijent raspoloživosti ili ispravnosti podsistema određuje se iz relacije:

$$K_r = T_k / (T_k + T_r)$$

Verovatnoća rada podsistema bez kvara u vremenu Δt koje nas interesuje određuje se iz izraza:

$$p_{(\Delta t)} = \exp[-\lambda(\Delta t)] \text{ ili } p_{(\Delta t)} = \exp - \Delta t / T_k$$

T_k - srednje vreme rada komponente bez kvara. Kada je poznata njena verovatnoća pouzdanosti određuje se iz izraza:

$$T_k = \int_0^{\infty} p_{(\Delta t)} dt$$



MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Ventilaciono postrojenje rudnika treba da ima visoku pouzdanost. Matematički model za određivanje pouzdanosti sistema ili podsistema, određuje se po multiplikacionoj teoremi nezavisnih verovatnoća pouzdanosti komponenti

$$P_s = \prod p_i/x_i/; \quad P_s = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n$$

gde su:

p_i - verovatnoće pouzdanosti pojedinih komponenta ili podsistema ventilacionog postrojenja x_i .

Verovatnoća otkaza ili nepouzdanosti podsistema suprotna je verovatnoći pouzdanosti, pa je $Q_s = 1 - P_s$ ili:

$$Q_s = \sum q_{i(x_i)} - \prod q_{i(x_i)}$$

gde je: q_i - nepouzdanost elementa x_i ili podsistema u sistemu.

Za visoko pouzdane sisteme koji su sastavljeni od velikog broja istovrsnih komponenti x_i u nizu član $\prod q_{i(x_i)}$ je mala veličina koja se može zanemariti, pa je

$$Q_s = \sum q_{i(x_i)} - \text{verovatnoća nepouzdanosti sistema.}$$



MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Za obezbeđenje sigurnosti rada u rudnicima uglja treba graditi tipizirana ventilatorska postrojenja, koji se sastoje od dva paralelno /u vrućoj re-zervi/ povezana kompleta ventilatora na istom usisnom kanalu. Ako je poznata verovatnoća pouzdanosti kompleta motor-ventilator, kod paralelno vezanih kompleta x_i , verovatnoća nesigurnosti se dobija iz relacije:

$$Q_{s(xi)} = q_{xi}^{1=k_i}$$

Gde je: k_i - broj paralelno rezerviranih kompleta $x_i=k_i$ u vrućoj rezervi, tako da kod otkaza jednog, drugi može odmah da nesmetano, bez prekida provetravanja, nastaviti rad.



MATEMATIČKI MODEL ODREĐIVANJA POUZDANOSTI RADA VENTILATORSKIH POSTROJENJA

Matematički model za određivanje ukupne složene verovatnoće pouzdanosti ventilatorskog postrojenja izvodi se na osnovu veza podсистema i konfiguracije komponenata u podсистemima složenog sistema, sa uzimanjem u obzir koeficijenta osetljivosti sistema na kvarove u podсистemima, čija je vrednost $\beta = 0$, kada sistem nije osetljiv na kvar podсистema i $\beta = 1$, kada je sistem osetljiv na kvar podсистema pa dolazi do prekida rada sistema. Koeficijent osetljivosti sistema na sve podсистeme blizak je ili ravan jedinici. Matematički model za određivanje ukupne složene verovatnoće celog sistema izvodi se iz formule:

$$P = p_{1(x_1)} \cdot p_{2(x_2)} \cdot p_{3(x_3)} \cdot p_{4(x_4)}$$

Gde su: p_1 - verovatnoća pouzdanosti usisnog kanala,

p_2 - verovatnoća pouzdanosti ventilatora sa elektromotorima,

$$p_2 = 1 - (1 - p_v)^{1+1},$$

p_3 - verovatnoća pouzdanosti podсистema za dovod energije /duplirani dalekovod, posebni SUS motori ili agregat/

$$p_3 = 1 - (1 - p_e)^{1+k_e}, k_e=1$$

p_4 - podсистem za izbacivanje vazduha i okretanja vazdušne struje.

$$P = p_1 \cdot [1 - (1 - P_v)^2] \cdot [1 - (1 - P_e)^2] \cdot p_{4(x_4)}$$



ANALIZA POUZDANOSTI GLAVNIH SISTEMA PROVETRAVANJA JAMA RUDNIKA UGLJA U SRBIJI

Analizom glavnih ventilacionih sistema podzemnih rudnika uglja u Srbiji u pogledu podsistema usisnog kanala, ventilatora sa elektro motorom, dovoda električne energije i za izbacivanje vazduha u proteklih 5 godina koliko su se analizirali podaci, u ovim podsistemima nisu se javili kvarovi, samim tim može se smatrati da je koeficijent pouzdanosti glavnih sistema provetranja jednak jedinici.

Kako u analiziranom periodu nije bilo kvarova koeficijent pouzdanosti glavnih sistema provetranja dosta je veliki, međutim zbog dužeg životnog veka ventilatora ovom metodom utvrđivanja verovatnoće pouzdanosti rada ventilatorskih postrojenja može se blagovremeno predvideti kvar na nekim od pomenutih podsistema i na taj način se izbeći veće havarije u podzemnom sistemu rudnika



Procesing '22 1–3. jun 2022, Beograd

ANALIZA POUZDANOSTI GLAVNIH SISTEMA PROVETRAVANJA JAMA RUDNIKA UGLJA U SRBIJI

Pored ovog potrebno je vršiti i redovno održavanje ventilatorskih postrojenja. Pod redovnim održavanjem podrazumeva se podmazivanje i periodično menjanje svih kotrljajućih delova ventilatora kao i gumenih delova.

Zavisno od uslova rada stvarni vek ventilatora se utvrđuje dijagnostikom vibracija izazvanih stanjem rotirajućih elemenata i ležajeva.

Periodičnim merenjem vibracija na prednjem i zadnjem upornom prstenu utvrđuje se stvarni vek ventilatora do njegovog remonta.

Prvo merenje se vrši nakon 2 godine od prvog puštanja u rad ventilatora.

Ako je vibro brzina do 1.8 mm/s ventilator se kontroliše nakon sledeće 2 godine. Ako je vibro brzina u opsegu 1.8 do 2.8 mm/s ventilator se kontroliše nakon isteka 1 godine dana. Ako je vibro brzina u opsegu 2.8 do 7 mm/s ventilator se kontroliše nakon 6 meseci. Ako je brzina veća od 14 mm/s ventilator je potrebno poslati na remont.



ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada predmet istraživanja bili su ventilacioni sistemi aktivnih rudnika – jama JP PEU i rada ugrađenih ventilatora sa ciljem predviđanja njihove pouzdanosti.

Za standardizovane sisteme može se odrediti verovatnoća pouzdanosti pojedinih podsistema ventilatorskog postrojenja na osnovu iskustva iz rudnika iz predhodnog perioda rada.

U radu je izvršena analiza pouzdanosti ventilatorskih postrojenja za period od pet godina, u cilju praktične primene predloženog modela neophodno je izvršiti analizu za duži vremenski period.

Na osnovu tih podataka i primenom predložene metodologije može se odrediti sigurnost provetravanja opasnih rudnika, takođe može se blagovremeno delovati na zamenu nekog od elemenata ventilatorskog postrojenja usled prestanka rada.



LITERATURA

- [1] M. Ivković., *Sistematizacija tehničko-tehnoloških rešenja eksploatacije u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji*, Monografija, Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina, Resavica (2014)
- [2] M. Ivković., *Praktikum iz oblasti ventilacije rudnika*, Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina, Resavica (2009)
- [3] B. Vukobratović., *Ventilacija rudnika (odabrana poglavlja)*, Institut za bakar Bor, (1998)
- [4] B. Jokanović., *Provetravanje rudnika*, Građevinska knjiga, Beograd, (1960)
- [5] M. Miljković i drugi , *Sigurnost i ventilacija rudnika*, Monografija, Institut za rudarstvo i metalurgiju - Bor, Bor (2009)
- [6] V. Jovičić, *Ventilacija rudnika*, Rudarsko-geološki fakultet Beograd. (1989)
- [7] Katalog proizvoda Delta Air engineering LTD Beograd (2018)
- [8] W.Budryk: *Wentilacija kopaln*, Panstowe wydawnistwo techniczne, Katowice (1951)
- [9] V.S, Vutukuri, R.D,Lama: *Environmental Engineering in Mines*, Combridge University Pres , Cambridge (1976)
- [10] H.Hartman, (ed): *SME Mining Engineering Handbok*, Society for Mining, Metalurgy, and Exploration, Inc, Littleten, Colorado, 2 and Ed.Vol.1 (1992)
- [11] D. Đukanović, J. Miljanović, M. Ivković, 2010: Designing and reliability of mine ventilator facilities, Technics Technologies Education Management, TTEM, Vol. 5, No. 1, 2010. pp. 54–59; (ISSN: 1840-1503)



Hvala na pažnji