



UDK: 621.36

UTICAJ RAZLIČITIH REŽIMA RADA KROVNIH VENTILATORA NA RASPORED KONCENTRACIJA PRAŠINE U OBJEKTU ZA VEZANO DRŽANJE KRAVA

Goran Topisirović, Dušan Radojičić, Dušan Radivojević

Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun

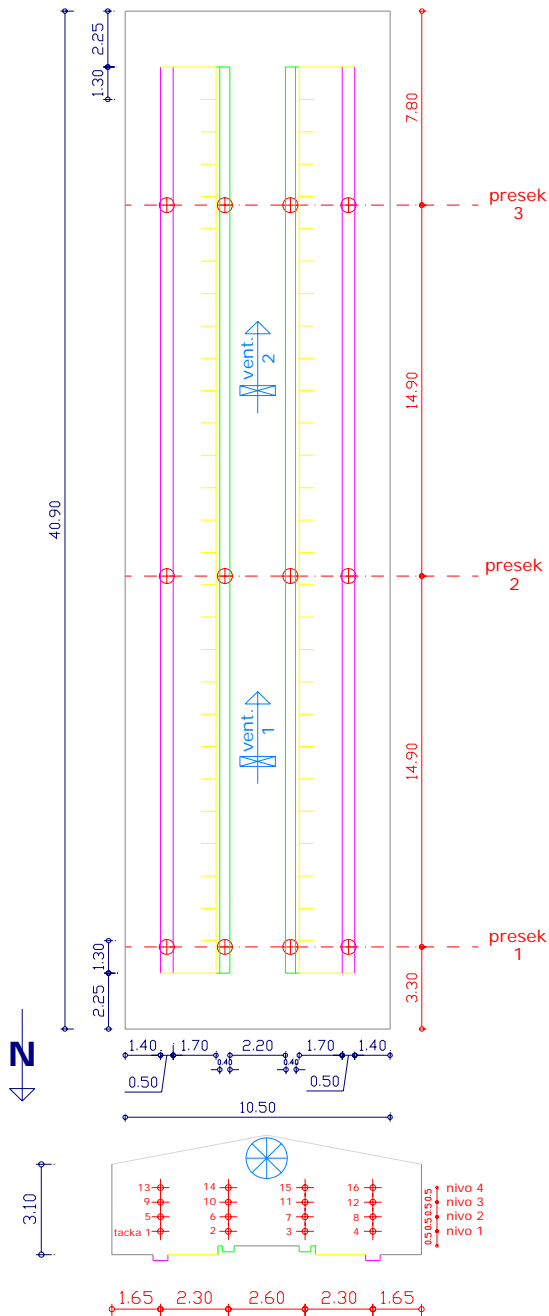
Sadržaj: U radu je prikazana analiza rada krovnih ventilatora u više režima rada, sa ciljem da se utvrdi uticaj intenziteta rada ventilatora na koncentraciju pojedinih frakcija prašine. Koncentracija prašine je bitan pokazatelj kvaliteta mikroklima u proizvodnim objektima. Prisustvo povećanih vrednost koncentracije prašine nepovoljno se odražava na zdravlje životinja ali i zaposlenih. Ispitivan je uticaj ventilatora pri različitim režimima rada (različitim brzinama rotora), pri čemu su merenja vršena u karakterističnim zonama objekta. Merenje temperature i relativne vlažnosti vazduha je izvršeno u 48 mernih tačaka, na 4 nivoa merenja, čime je objekat u potpunosti pokriven. Analiza rezultata merenja je otkrila kakvi su efekti rada ventilatora u pojedinim zonama objekta. U poređnom analizom sa brzinama strujanja vazduha u pojedinim režimima rada ventilatora, izveden je zaključak da ovakva postavka ventilatora može imati zadovoljavajuće efekte. Preporuka je da se koriste određeni režimi rada, prevashodno treći stepen brzine rotora.

Ključne reči: režim rada ventilatora, ventilacija objekta, mikroklima objekta, frakcija prašine

1. UVOD

Pod prašinom se podrazumevaju čvrste čestice prečnika manjeg od 100 μm koje se nalaze suspendovane u vazduhu. U okviru ukupne (inhalabilne) prašine posebno treba razlikovati frakciju respirabilne prašine, koju sačinjavaju čestice manje od 5 μm u prečniku. Značajne su zbog toga što prodiru u najdublje delove pluća, za razliku od krupnijih čestica koje se najvećim delom zadržavaju u gornjim delovima disajnih puteva. Prašina u stočarskim objektima je uglavnom organskog porekla. Potiče sa tela životinja (odumrli delovi kože), iz prostirke, iz suvog fecesa i iz hraniva, pogotovo koncentrovanih.

Prisustvo prašine u povećanim koncentracijama izaziva niz zdravstvenih tegoba. Zbog toga opada produktivnost životinja. Zdravstveni problemi se javljaju i kod zaposlenih, pa se preporuke za dozvoljene koncentracije prašine daju upravo prema



Slika 1. Osnova i presek oglednog objekta i raspored mernih tačaka

osetljivosti čoveka. Najčešće prihvaćena vrednost iznosi 10 mg/m^3 za ukupnu i 5 mg/m^3 za respirabilnu prašinu. U cilju sprečavanja pojave dugotrajnih zdravstvenih problema predlažu se i mnogo strožije granice od svega $2,5 \text{ mg/m}^3$ za ukupnu i $0,2 \text{ mg/m}^3$ za respirabilnu prašinu.

U radu su analizirani efekti primene višerežimskih krovnih ventilatora na koncentraciju pojedinih frakcija prašine, sa ciljem da se utvrdi veza između intenziteta rada ventilatora i koncentracije prašine. Na osnovu prethodnog daju se preporuke korišćenja i postavke ventilatora.

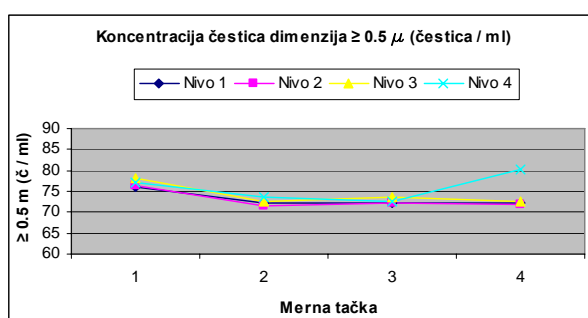
2. MATERIJAL I METOD

U radu je ispitivan efekat primene De Laval – ovog ventilacionog sistema Multifan sa kontrolnom jedinicom STD – Manual 8 A, termostatskim regulatorom T15 – WD i ventilatorima DF 1300. Ovaj sistem ima šest brzinskih režima rada. Ventilatori su postavljeni ispod krovne konstrukcije, iznad hranidbenog hodnika. Maksimalni kapacitet ventilatora je $48500 \text{ m}^3/\text{h}$ (pri 0 Pa), maksimalna broj obrta radnog kola je 550 o/min. U proizvodnom objektu predviđeno je da se merenje izvede u 48 mernih tačaka. Tačke su raspoređene u 3 preseka, sa 4 vertikalna niza u svakom preseku, i na 4 visinska nivoa. Merni preseki su postavljeni u 3 karakteristična dela objekta, na 3.30 m od ulaznih vrata na hranidbeni hodnik sa severne strane, i dalje na međusobnim rastojanjima od po 14.90 m tako da su

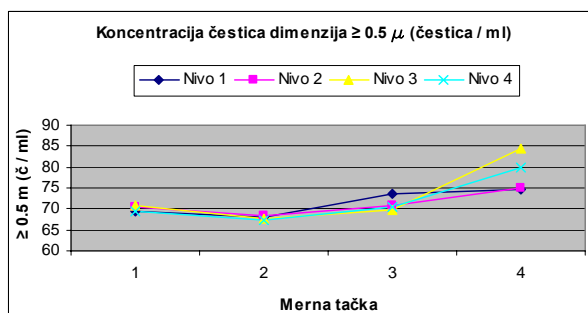
obuhvaćene zone uticaja ventilatora. Vertikalni nizovi su postavljeni simetrično iznad jasala i kanala za izdubavanje. Visinski nivoi se nalaze na 50, 100, 150 i 200 cm, sa istim ciljem kao i u prethodnom slučaju. Merene su koncentracije frakcija prašina $\geq 0.3 \mu\text{m}$ i $\geq 0.5 \mu\text{m}$. Merenje je vršeno za pet režima rada ventilatora.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

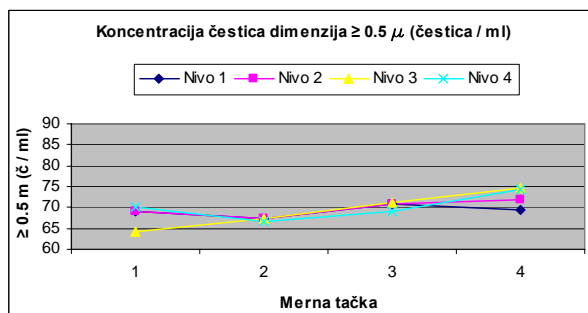
Tokom prvog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili isključeni.



Presek 1



Presek 2

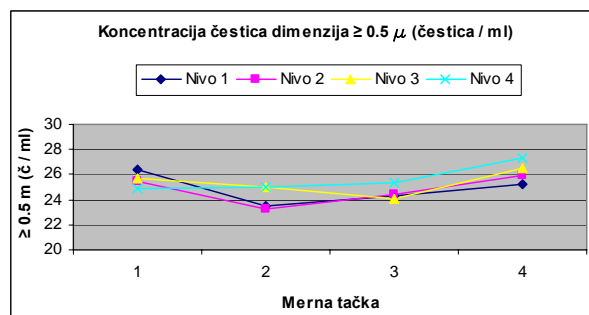


Presek 3

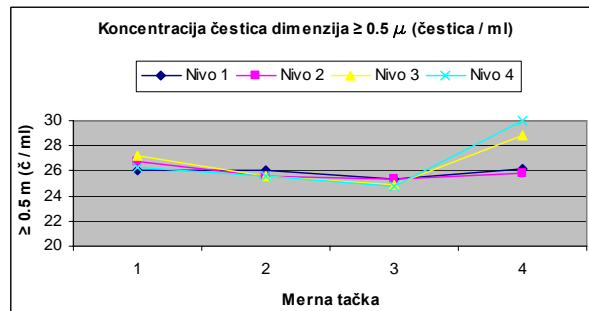
Slika 2. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml) - ventilatori isključeni -

Kada su ventilatori isključeni koncentracija i raspored čestica prašine u zapremini objekta zavise isključivo od intenziteta prirodnog kretanja vazduha i vlažnosti vazduha. Zbog toga ne treba ni tražiti neke posebne zakonitosti u rasporedu čestica prašine. I pored toga, raspored obe frakcije prašine je dosta ujednačen po mernim mestima, što ukazuje da se i u ovim uslovima stvara određeno stacionarno stanje koncentracije prašine. Pojedina odstupanja mogu nastati kao rezultat aktivnosti životinja, različitog sastava prostirke, distribucije koncentrovanog hraniva i dr.

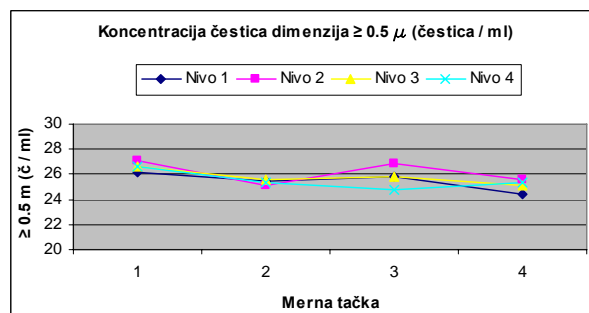
Tokom drugog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 1 (1. brzina rotora).



Presek 1



Presek 2



Presek 3

Slika 3. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml) - ventilatori uključeni, stepen 1 -

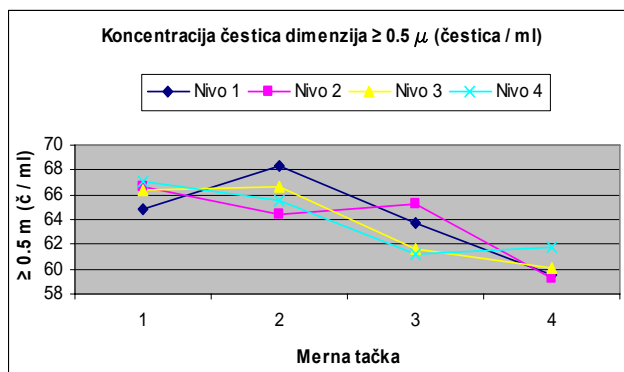
Efekat rada ventilatora uočljiv je odmah na prvom stepenu brzine rotora. Prosečna koncentracija frakcije prašine $\geq 0.3 \mu\text{m}$ smanjena je sa 403 čestice/ml na 260 čestica/ml (za 35%), a koncentracija frakcije prašine prečnika $\geq 0.5 \mu\text{m}$ smanjena sa 72 na 26 čestica/ml (za 64%).

U preseku 1 uočava se najpravilniji trend. Koncentracije obe merene frakcije prašine se smanjuju nad hranidbenim hodnikom, odnosno u zoni rada ventilatora. Nešto lošije iznošenje prašine je u zonama manipulativnih hodnika, jer je vazдушna struja od ventilatora, pri ovakvom režimu rada, suviše slaba da pokrije i te delove objekta. Ovakvo stanje u preseku je i logično jer se vazduh usisava u neposrednoj blizini ovog mernog preseka. Naravno, prašina iz ove zone objekta će biti prenetá dalje u objekat i kako struja vazduha koju stvaraju ventilatori nije dovoljno snažna, za očekivati je da će se ta prašina negde u objektu delimično taložiti.

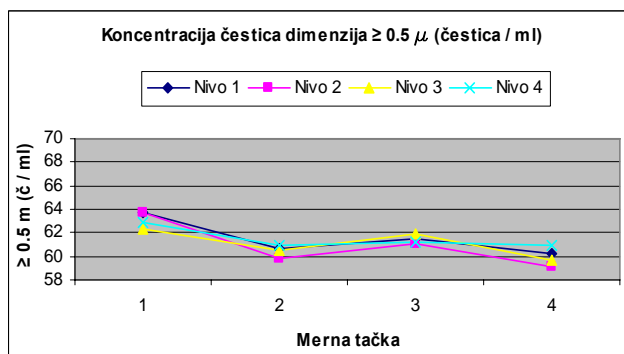
U mernim presecima 2 i 3 vrednosti koncentracija prašine na pojedinim mernim tačkama imaju vrednosti za koje se teško može reći da formiraju pravilan trend. Postoji određena promena u odnosu na stanje kada su ventilatori isključeni, međutim efekat rada ventilatora je suviše slab da bi značajnije doprineo promeni koncentracije prašine. Ovde i dalje dominantnog uticaja imaju prirodna kretanja vazduha i njegove karakteristike, kao i pomenuti faktori koji mogu izazvati promene u koncentraciji prašine (aktivnost životinja i sl.).

Tokom trećeg seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 2 (2. brzina rotora).

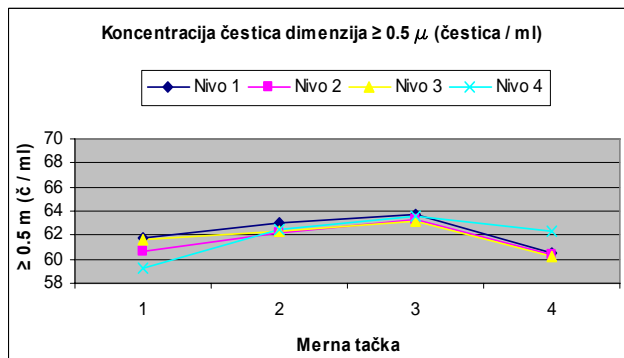
Karakteristika ovakvog režima rada ventilatora je da se u objektu povećava koncentracija obe frakcije prašine. Takođe, pravilan trend koji je bio prisutan u prethodnim slučajevima, kada je presek 1, u pitanju se ovde narušava. Ovo je posledica intenzivnijeg kretanja ulazne struje vazduha, koje izaziva i sekundarna vrtloženja vazduha, kao i bočna ustujavanja vazduha. Time se prethodno nataložena prašina podiže, pa otuda i povećane vrednosti koncentracija prašine. Ovaj efekat se posebno uočava u ujednačeno visokom koncentracijama fine frakcije u svim mernim tačkama 2. i 3. preseka. Nasuprot ovome, u istim presecima su koncentracije grube frakcije ujednačene i niske, a jedino povećanje, koje utiče i na povećanu ukupnu srednju vrednost, je u levoj zoni prvog preseka, a nastalo je trenutno zbog povećanog odavanja grube prašine tokom podele koncentrata u jasje. Ako se izuzme ovaj trenutni uticaj, može se zaključiti da bi ukupna koncentracija grube frakcije ostala niska, uz povećan udeo fine prašine. Obe pojave su rezultat pomenutog efekta resuspenzije fine prašine, dok su krupnije čestice veće mase brzo odstranjene iz objekta pojačanom vazдушnom strujom. Može se očekivati da se posle dužeg trajanja dejstva ventilatora sadržaj prašine kontinuirano smanjuje i da se posle dužeg vremena ponovo postigne smanjenje i stabilizacija koncentracije na nižim vrednostima.



Presek 1



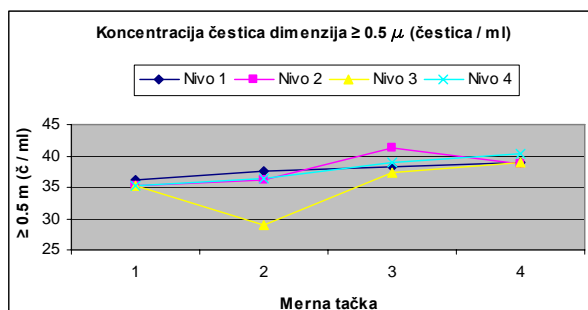
Presek 2



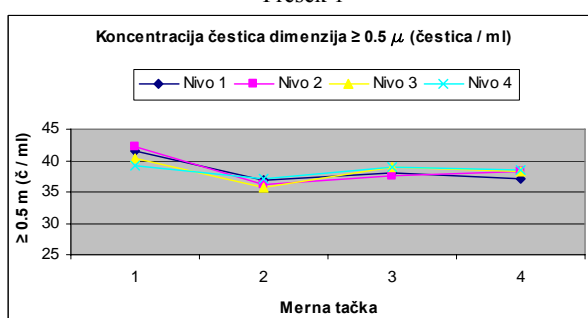
Presek 3

Slika 4. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml)
- ventilatori uključeni, stepen 2 -

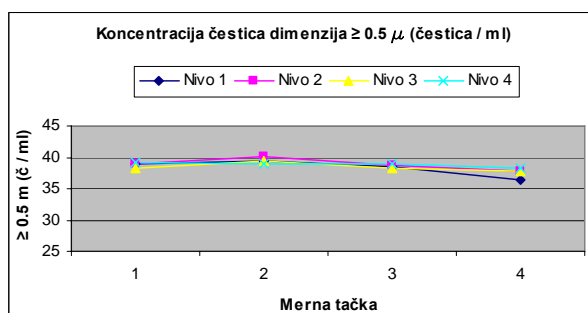
Tokom četvrtog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 3 (3. brzina rotora).



Presek 1



Presek 2



Presek 3

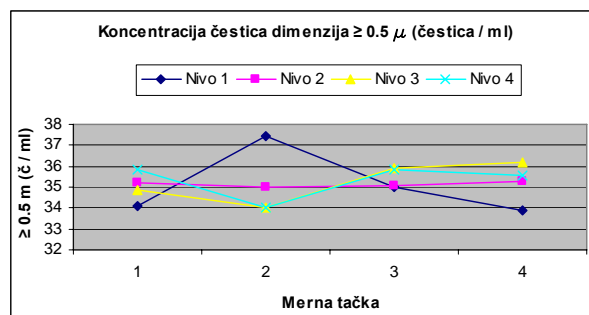
Slika 5. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml)
 - ventilatori uključeni, stepen 3 -

Daljim inteziviranjem rada ventilatora, koncentracije obe frakcije prašine se smanjuju. U objektu se uspostavlja prilično ujednačeno stanje, čemu u prilog govore pravilni trendovi u pojedinim mernim presecima.

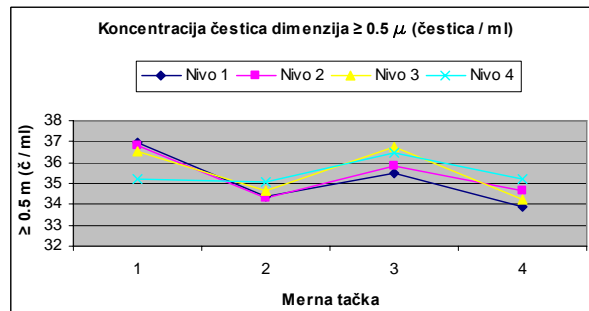
Presek 1 se, ipak, odlikuje nešto primetnijim odstupanjima po pojedinim mernim tačkama, što je posledica položaja ovog preseka. On je najbliži mestu na kojem glavna ulazna struja ulazi u objekta i sudara se sa vazдушnim masama u samom objektu. Zbog njihovih različitih svojstava dolazi i do pojačanog mešanja vazduha uz vrtloženje. Ovakvo stanje u ovom mernom preseku izaziva intezivnije odnošenje krupnijih frakcija prašine uz blago povećano prisustvo sitnijih frakcija.

Merni preseki 2 i 3 odlikuju se potpuno ujednačenim stanjem po pojedinim mernim tačkama, što je rezultat uspostavljanja stabilnog prostrujavanja objekta i odnošenja veće količine prašine sa izlaznim vazduhom, kao i odstranjivanja značajne količine resuspendovane prašine i smanjenje intenziteta dalje resuspenzije. Ovakvim režimom rada u ovim prescima se postiže gotovo jednako odnošenje prašine iz svih zona objekta, bez značajnog zaostajanja i taloženja prašine u pojedinom zonama koje su udaljenije od ventilatora.

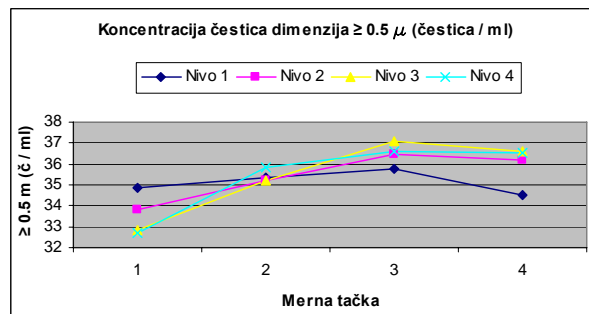
Tokom petog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 4 (4. brzina rotora).



Presek 1



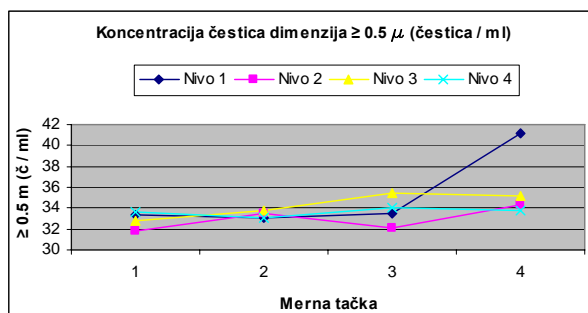
Presek 2



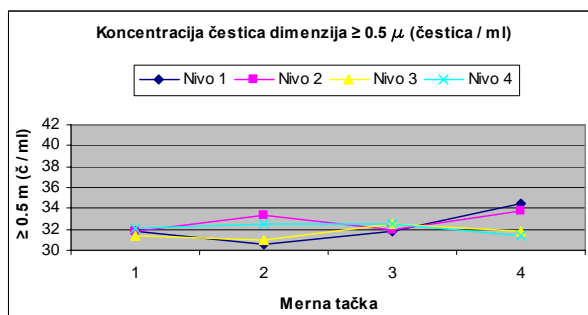
Presek 3

Slika 6. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml) - ventilatori uključeni, stepen 4 -

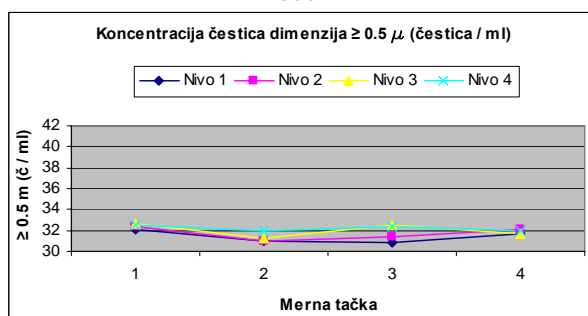
Tokom šestog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 5 (5. brzina rotora).



Presek 1



Presek 2

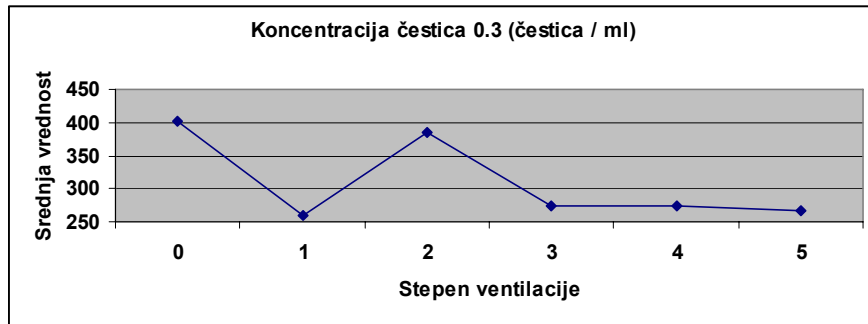


Presek 3

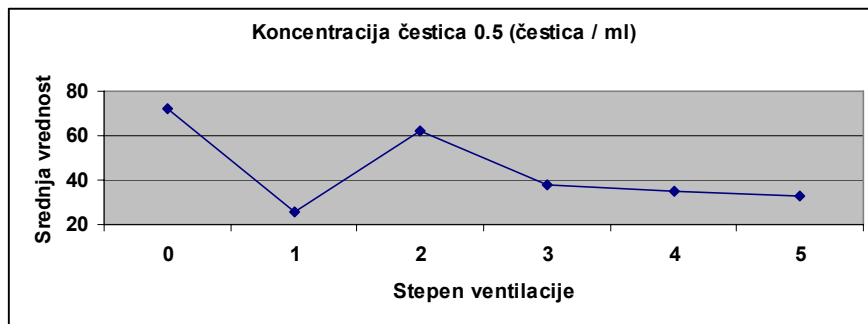
Slika 7. Grafički prikaz koncentracije frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (čestica/ml) - ventilatori uključeni, stepen 5 -

Rezultati prethodnih merenja prikazani su zbirno, iz razloga što ne utiču na koncentraciju prašine značajnije od režima rada ventilatora na 3. – em stepenu brzine rotora. Koncentracije se ne menjaju bitno, ali dolazi do manjih poremećaja u okviru mernih preseka. Javljaju se odstupanja u pojedinim mernim tačkama na različitim mernim nivoima. Ovo je rezultat pojačanog strujanja vazduha koje izaziva niz bočnih ustujavanja, kao i vrtloženja vazduha.

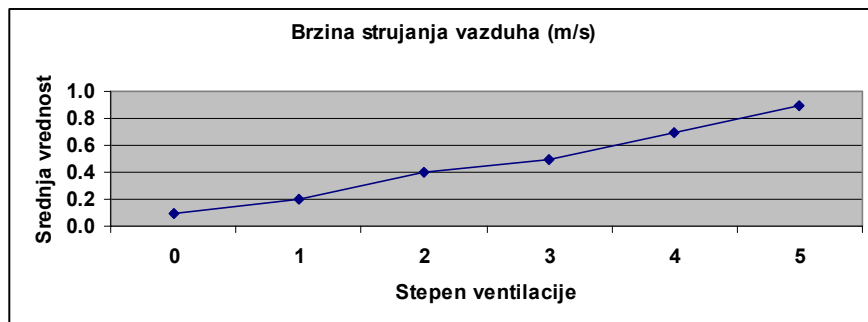
Uporednom analizom rezultata merenja brzina strujanja vazduha i koncentracija prašine pri pojedinim režimima rada ventilatora se može zaključiti da su za letnje provetranje objekta, prema ova dva kriterijuma, optimalni režimi njihovog rada u 1. i 3. stepenu.



Slika 12. koncentracija frakcije prašine $\geq 0.3 \mu\text{m}$ u zavisnosti od stepene ventilacije



Slika 13. koncentracija frakcije prašine $\geq 0.5 \mu\text{m}$ u zavisnosti od stepene ventilacije



Slika 14. vrednosti brzine strujanja vazduha u zavisnosti od stepena ventilacije

U ova dva slučaja se, uz optimalne dozvoljene granice brzina strujanja koje ne smetaju grlima, postiže najbolji efekat subjektivnog osećaja rashlađenja površine tela intenzivnim odnošenjem toplote, uz postizanje najnižih koncentracija obe frakcije prašine.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize rezultata merenja koncentracije prašine uz poštovanje optimalnih vrednosti brzina strujanja vazduha u ovakvom objektu, može se zaključiti da se najbolji efekat rada ventilatora postiže u nižim režimima rada.

Posebno su zanimljivi režimi pri prvom i trećem stepenu brzine rotora. Tada se postiže vrlo stabilan i kvalitetan efekat iznošenja prašine, uz brzine strujanja koje su u granicama optimalnih. Pri tome, treba imati u vidu da prva brzina rotora ne postiže jednako kvalitetno iznošenje prašine po celoj dužini objekta. Prisutno je slabljenje efekta rada idući od vrata objekta na koja glavna struja ustrujava u objekat ka suprotnoj strani objekta.

Generalan zaključak je da treći stepen brzine rotora daje najbolje rezultate, i da se pri takvom režimu rada ventilatora javlja vrlo kvalitetan efekat iznošenja prašine.

LITERATURA

- [1] Curtis L., Raymond S., Clarke A. (1996): .Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding, *Aerobiologia*, Volume 12, Number 4 / December, 1996
- [2] Jacobson L. D., Hetchler B. P., Janni K. A., Linn J., Heber A., Cortus E. (2008): Animal and environmental performance of a retrofitted mechanical cross-ventilation system to a naturally ventilated freestall dairy barn in the midwest U.S., *Livestock Environment VIII*, 31 August – 4 September 2008, Iguassu Falls, Brazil
- [3] Jacobson L. D. (2007): Animal Structures: Air Quality, *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*
- [4] Wang X., Zhang Y., Zhao L. Y., Riskowski G. L. (2000): Effect of ventilation rate on dust spatial distribution in a mechanically ventilated airspace, *Transactions of the ASAE*. VOL. 43(6), str. 1877-1884
- [5] Topisirović, G., Ećim-Đurić, Olivera. 2008. Numeričko predviđanje strujnog polja pri prirodnoj ventilaciji stočarskih objekata. *Poljoprivredna tehnika*, god. XXXIII, br. 3. p.p. 41 - 47. Poljoprivredni fakultet. Beograd.

DIFFERENT COOLING FANS OPERATION REGIME INFLUENCE ON DUST CONCENTRATION DISTRIBUTION IN TIED COWS HOUSE

Goran Topisirović, Dušan Radojičić, Dušan Radivojević

Faculty of Agriculture Belgrade-Zemun

Abstract: Analysis of roof cooling fans function in several working regimes is presented. The main goal of the research was to define the influence of fan working regime on airborne dust particles concentration. Dust concentration is significant microclimate parameter in the livestock building. Increased dust concentration affects the animal and workers health. During the different fan speeds, the measurements were conducted in characteristic building sections. There were 48 measuring points selected, in 4 high levels, which totally covered the room. Comparative analysis of air flow velocities and dust concentrations showed that this fan setup may give satisfactory results. Certain working regimes were recommended for use, and the third speed step was emphasized.

Key words: fan working regime, building ventilation, microclimate conditions, dust fraction