

UDK: 621.36

RASPORED BRZINSKIH POLJA VAZDUHA U OBJEKTU ZA VEZANO DRŽANJE KRAVA SA VIŠEREŽIMSKIM KROVNIM VENTILATORIMA

**Goran Topisirović, Dušan Radojičić, Dušan Radivojević,
Branka Kalanović Bulatović**

Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun

Sadržaj: Analiza rada višerežimskih ventilatora u objektu za vezano držanje krava imala je za cilj da odredi distribuciju brzinskih polja vazduha, kao osnove za provetranje – ventilaciju objekta. Ispitivan je uticaj ventilatora pri različitim režimima rada (različitim brzinama rotora), pri čemu su merenja vršena u karakterističnim zonama objekta. Merenje brzine strujanja 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, kao i potencijalne probleme primene ovakvog sistema ventilacije. Zaključak je da ovakva postavka ventilatora ne daje u potpunosti zadovoljavajuće rezultate, kao i da pojedini režimi rada ventilatora proizvode strujanja vazduha koja po intenzitetu daleko premašuju dozvoljene vrednosti. Preporuka je da se postavka ventilatora promeni, kao i da se ventilatori koriste uglavnom u nižim režimima rada.

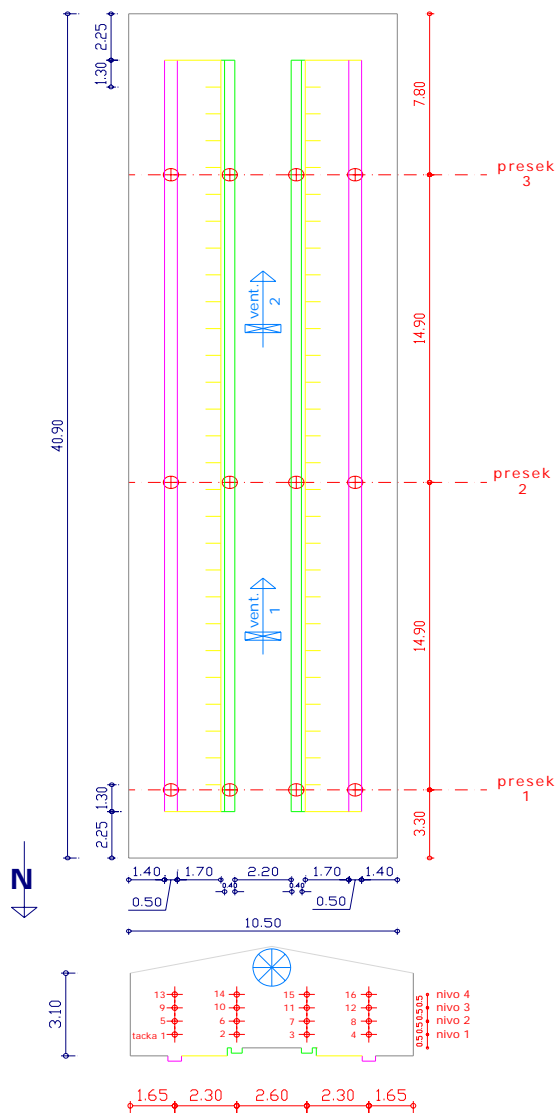
Ključne reči: režim rada ventilatora, ventilacija objekta, mikroklimatski uslovi, zona disanja

1. UVOD

Kvalitetni ambijentalni uslovi imaju velikog uticaja na uspeh proizvodnje u stočarstvu. Optimalni uslovi mikroklimе, svojim pozitivnim delovanjem na metabolizam i opšte stanje organizma životinja, omogućavaju i ostalim činiocima uspeha proizvodnje da ispolje maksimalne efekte. Kvalitetni ambijentalni uslovi postizu se kontinuiranom izmenom zagađenog stajskog vazduha svežim vazduhom, odnosno ventilacijom objekta. Na taj način iz objekta se odvodi zagađen vazduh, a sa druge strane u objekat se uvodi svež vazduh.

Strujanje vazduha u objektima za uzgoj domaćih životinja je neophodno kako bi se uopšte vršila izmena zagađenog stajskog vazduha svežim vazduhom. Pri tome, neophodno je voditi računa o intenzitetu i usmerenosti vazdušne struje. Suviše intenzivno strujanje vazduha, pogotovo ako je usmereno direktno na životinje ili postoji velika temperaturna razlika spoljašnjeg i unutrašnjeg vazduha može imati negativne efekte po zdravlje životinja. Zbog toga se preporučuje da brzina strujanja bude oko 0.2 m/s, eventualno u letnjim uslovima može se dozvoliti i 0.5 m/s.

Sama ventilacija objekta može biti rešena kao prirodna i prinudna ventilacija. Kod prirodne ventilacije, pravilnim projektovanjem i izvođenjem objekta, lako se mogu izbeći kritične vrednosti brzine strujanja vazduha. Kod prinudne ventilacije se pravilnim izborom režima rada ventilatora, takođe brzina strujanja vazduha može održavati u propisanim granicama. Drugim rečima, pravilno projektovan sistem ventilacije bi trebao da obezbedi kvalitetno provetravanje svih zona objekta uz poštovanje optimalnih uslova strujanja vazduha.



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

Specifičnost objekta u kome su merenja vršena je u tome da je prvobitno projektovan i izveden kao objekat sa prirodnom ventilacijom, a ventilatori su naknadno instalirani u objekat. Cilj rada je da uporednom analizom rasporeda brzinskih polja vazduha pri različitim režimima rada ventilatora prikaže kvalitet ovakvog sistema ventilacije sa aspekta brzine strujanja vazduha.

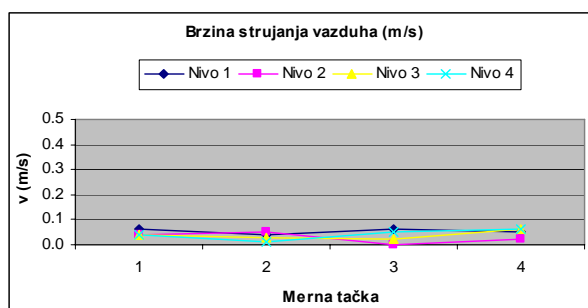
2. MATERIJAL I METOD

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 m³/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

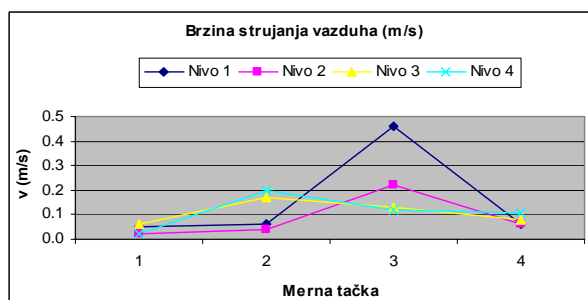
strane, i dalje na međusobnim rastojanjima od po 14.90 m tako da su obuhvaćene zone uticaja ventilatora. Vertikalni nizovi su postavljeni simetrično iznad jasala i kanala za izdubavanje. Visinski nivoi se nalaze na 50, 100, 150 i 200 cm, sa istim ciljem kao i u prethodnom slučaju. Merenje je vršeno za pet režima rada ventilatora.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

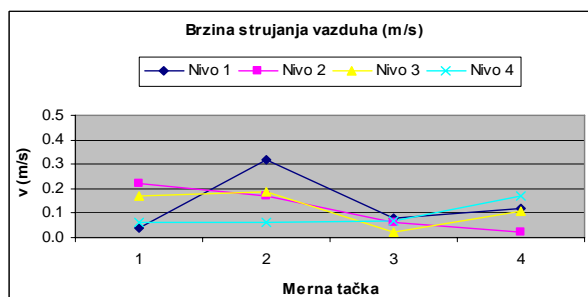
Kada su ventilatori isključeni, u objektu se ostvaruju uslovi strujanja vazduha zavisni isključivo od strujanja spoljašnjeg vazduha. Razlike koje se uočavaju u pojedinim presecima posledica su različitog položaja mernog preseka u odnosu na ventilacione i fasadne otvore na objektu. Brzina strujanja vazduha spolja bila je 0.3 m/s.



Presek 1



Presek 2



Presek 3

Slika 2. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori isključeni -

Tab. 1. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori isključeni –

Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.0	0.1	0.0	0.1
2	0.0	0.5	0.1	
3	0.0	0.3	0.1	

U preseku 1 gotovo i da ne postoji strujanje vazduha, ili je ono jako malo. Ovo je posledica relativne izdvojenosti i ograničenosti ove zone objekta zidom na severnoj strani.

Presek 2, kao centralni, ničim nije ograničen. Otuda se u njemu sreće i najveća brzina strujanja vazduha. Međutim, i za ovaj presek važi da je potpuno prepušten prirodnim uslovima strujanja, kroz otvore na objektu, tako da ni tu ne treba tražiti neko posebno pravilo.

Isto važi i za presek 3. Razlike u odnosu na presek 2 su pre svega zbog različitog položaja u odnosu na ventilacione otvore.

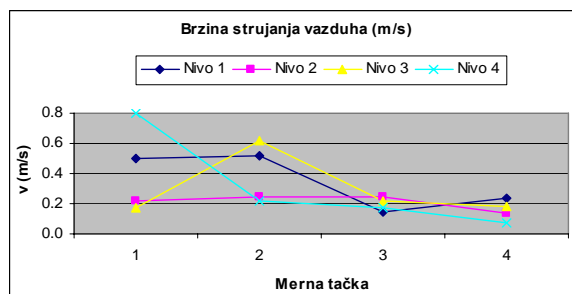
Tokom drugog seta merenja brzine strujanja vazduha u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 1 (1. brzina rotora). Spoljna brzina strujanja vazduha tokom merenja je iznosila 0.4m/s.

Kada su ventilatori uključeni na prvi stepen, uočavaju se nešto drugačiji trendovi. Ipak, intezitet rada ventilatora je još uvek nizak da bi ozbiljnije uticao na uspostavljanje nekog stacionarnog stanja koje bi se odlikovalo pravilnim trendovima. Još uvek bočna ustujavanja i prirodna kretanja vazduha imaju značajnog uticaja. Brzina strujanja vazduha u objektu je ponovo manja nego u spoljašnjoj sredini.

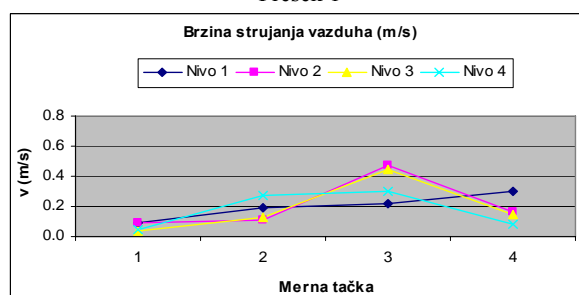
U preseku 1, merna tačka 1, javlja se prilično ekstremna vrednost od 0.8 m/s, na mernom nivou 4. Nešto niža vrednost se javlja u mernom nivou 1. druga dva merna nivou imaju približno iste vrednosti. Uzevši u obzir visinsku razliku između ova dva merna nivoua (1 i 4), ne može se reći da ovakvi rezultati imaju zajedničko obeležje, pogotovo što je intezitet rada ventilatora, kao i efekat na toj udaljenosti (od sredine objekta do kanala za izdubavanje) prilično mali. Pre se može zaključiti da je to rezultat nekog trenutnog pojačanog strujanja spolja, koje je, bar u slučaju mernog nivoua 4 dodatno potpomognuto dejstvom ventilatora. U prilog tome govore i nešto povećane brzine strujanja u mernoj tački 2. u druge dve merne tačke, uspostavlja se prilično ujednačeno stanje.

U preseku 2 jedino značajno odstupanje je u mernoj tački 3. U ovom slučaju središnji merni nivou imaju najveće brzine strujanja, što je opet posledica raslojavanja vazduha i prirodnog kretanja. Jedino merni nivo 4 prati efekat rada ventilatora (povećane vrednosti nad hranienom hodniku), što je i logično jer mu je najbliži. Na ostala tri merna nivou uticaja imaju i bočna kretanja vazduha.

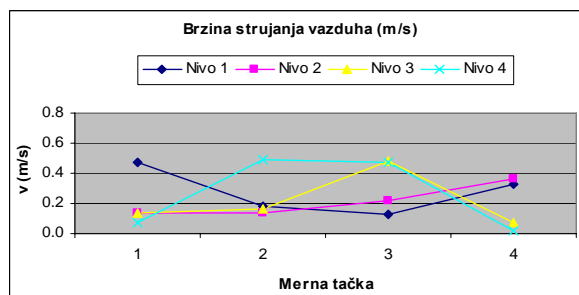
Presek 3 u ovom slučaju je najindikativniji. Jasna je tendencija promene brzine strujanja u mernom nivou 4 (najbliži ventilatoru), i to od 0 m/s nad kanalima za izdubavanje pa do 0.5 m/s nad hranidbenom hodniku. Ostala tri merna nivoua, u zavisnosti od udaljenosti od ventilatora (i vertikalno i horizontalno), su u manjoj ili većoj meri podložni prirodnim kretanjima vazduha i položaju ventilacionih otvora.



Presek 1



Presek 2



Presek 3

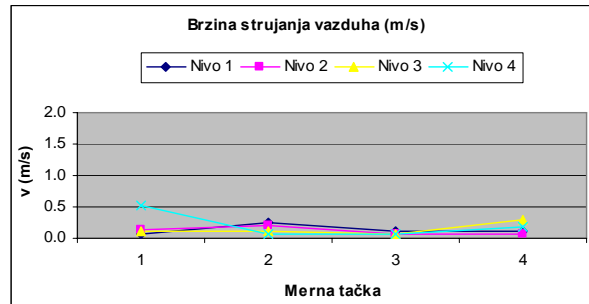
Slika 3. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s) - ventilatori uključeni, stepen 1 –

Tab. 2. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s) - ventilatori uključeni, stepen 1 –

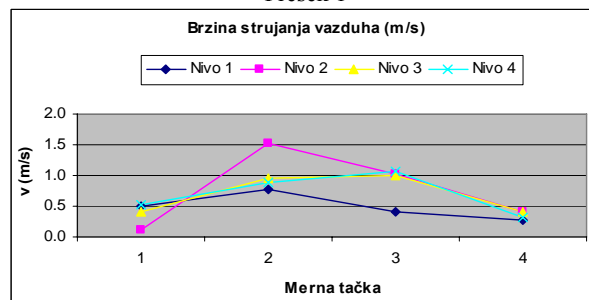
Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.1	0.8	0.3	0.2
2	0.0	0.5	0.2	
3	0.0	0.5	0.2	

Tokom trećeg seta merenja brzine strujanja vazduha u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 2 (2. brzina rotora). Spoljna brzina strujanja vazduha tokom merenja je iznosila oko 0.15m/s.

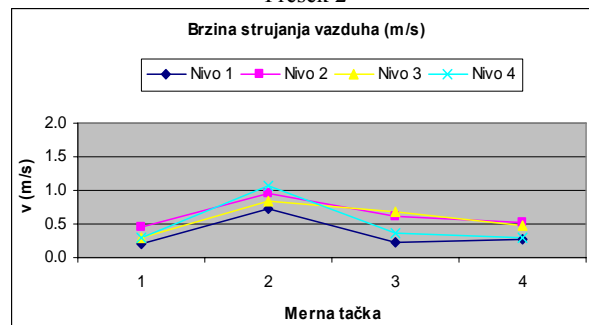
Ovakav režim rada ventilatora stvara znatno veće brzine strujanja vazduha kroz objekat (u poređenju sa brzinom strujanja vazduha izvan objekta). Sada se već uočavaju i određeni pravilni trendovi.



Presek 1



Presek 2



Presek 3

Slika 4. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s) - ventilatori uključeni, stepen 2 –

Tab. 3. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)- ventilatori uključeni, stepen 2 –

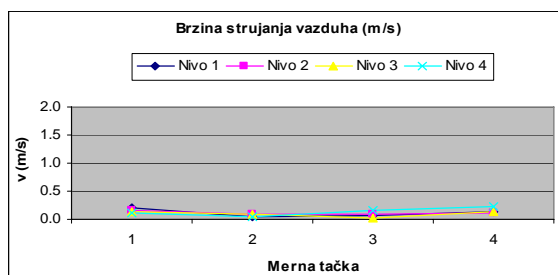
Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.1	0.5	0.2	0.4
2	0.1	1.5	0.7	
3	0.2	1.1	0.5	

Presek 1 se odlikuje vrlo ujednačenim uslovima strujanja vazduha. Može se zaključiti da usisni efekat ventilatora (vazduh ulazi u objekat upravo u neposrednoj blizini ovog mernog preseka), u kombinaciji sa položajem ovog mernog preseka, stvara gotovo jednake uslove strujanja vazduha u svim mernim tačkama i nivoima. Naravno, prisutan je i efekat bočnih ustrujavanja vazduha izazvanih glavnom strujom vazduha.

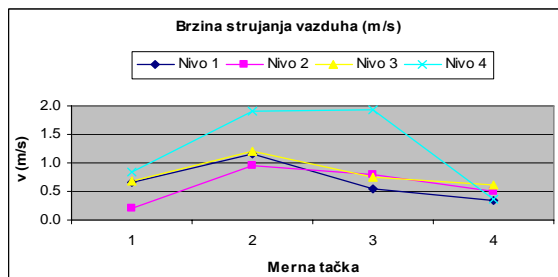
U preseku 2 se uočava i najviše nepravilnosti u trendovima brzine strujanja vazduha. Ovde uticaja ima više faktora. Prvo, strujanje vazduha koje stvaraju ventilatori je pri ovom režimu rada još uvek slabog inteziteta. Drugim rečima, vazдушna struja još uvek nije dovoljno direktna i javljaju se vrtložna kretanja vazduha iza samih ventilatora (zbog velikog prečnika radnog kola i velike zapremine vazduha koja se pokreće).

Faktori koji utiču na brzine strujanja u preseku 2 imaju uticaja i u preseku 3. Međutim, presek 3 je ipak pod manjim uticajem ventilatora, samim tim je i efekat vrtloženja manje izražen, pa otuda i nešto pravilniji trendovi. Pogotovo su karakteristične promene brzine strujanja u mernim nivoima 1 i 4, nad jaslama (merne tačke 2 i 3). Opadanje brzine strujanja u mernom nivou 1 može se protumačiti udaljenošću ovog mernog nivoa od samog ventilatora, uzevši u obzir i smer okretanja radnog kola ventilatora. Opadanje brzine strujanja u mernom nivou 4 je izazvano slabljenjem efekta ventilatora i mešanjem slojeva vazduha različitih svojstava.

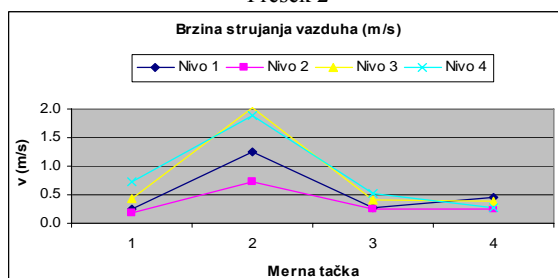
Tokom četvrtog seta merenja brzine strujanja vazduha u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 3 (3. brzina rotora). Spoljna brzina strujanja vazduha tokom merenja je iznosila oko 0.15 m/s.



Presek 1



Presek 2



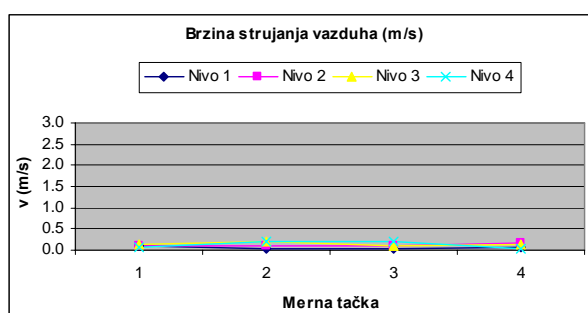
Presek 3

Slika 5. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s) - ventilatori uključeni, stepen 3 –

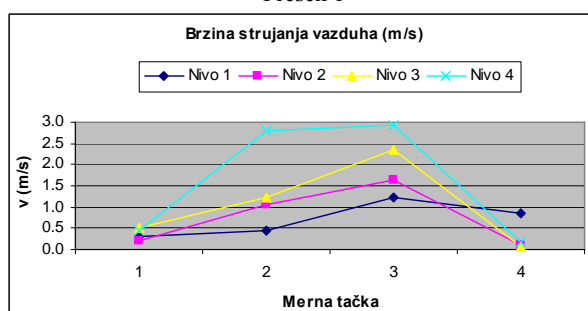
Tab. 4. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori uključeni, stepen 3 –

Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.0	0.2	0.1	
2	0.2	1.9	0.8	
3	0.2	2.0	0.6	

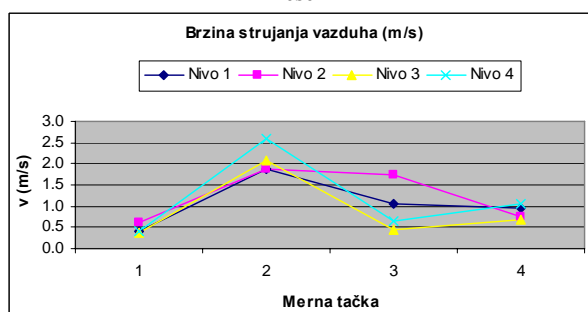
Tokom petog seta merenja brzine strujanja vazduha u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 4 (4. brzina rotora). Spoljna brzina strujanja vazduha tokom merenja je iznosila oko 0.15m/s.



Presek 1



Presek 2



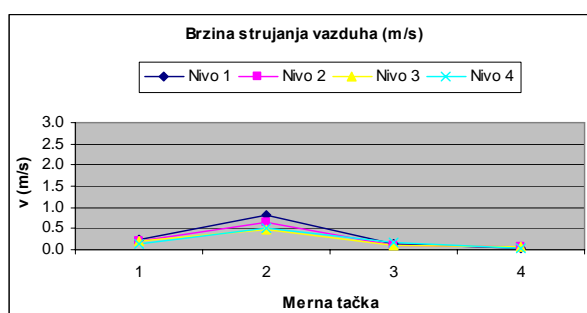
Presek 3

Slika 6. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori uključeni, stepen 4 –

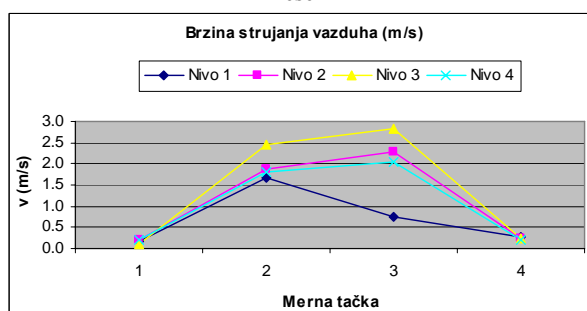
Tab. 5. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori uključeni, stepen 4 –

Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.0	0.2	0.1	0.7
2	0.1	2.9	1.0	
3	0.4	2.6	1.1	

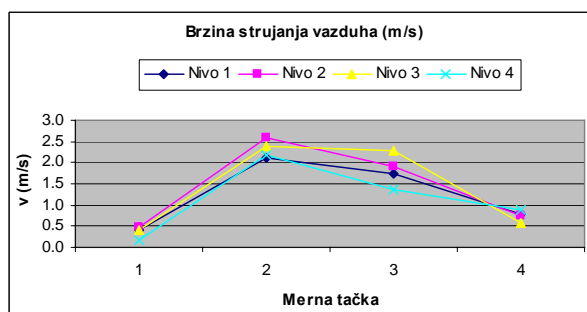
Tokom šestog seta merenja brzine strujanja vazduha u proizvodnom objektu na farmi „Napredak“ ventilatori su bili uključeni na stepen 5 (5. brzina rotora). Spoljna brzina strujanja vazduha tokom merenja je iznosila oko 0.15m/s.



Presek 1



Presek 2



Presek 3

Slika 7. Grafički prikaz izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori uključeni, stepen 5 –

Tab. 6. Minimalne i maksimalne vrednosti brzine strujanja vazduha (m/s)
- ventilatori uključeni, stepen 5 –

Presek	Minimum	Maksimum	Prosek	Prosek ukupno
1	0.0	0.8	0.2	0.9
2	0.1	2.8	1.1	
3	0.2	2.6	1.3	

Pri režimima rada ventilatora na 3,4 i 5-om stepenu uočavaju se gotovo istovetni trendovi, pa su predstavljeni zbirno. Naravno, razlikuju se međusobno po ostvarenim brzinama strujanja. Pojedinačna odstupanja, koja su prisutna, ne mogu da naruše generalni zaključak da se pri pojačanim režimima rada hranidbeni hodnik izdvaja kao zona intenzivnog provetravanja. Nepovoljno je to što se u ovim uslovima, rad ventilatora nad kanalima za izdubavanje gotovo i ne oseća, što ne deluje pozitivno na iznošenje štetnih gasova i mirisa.

Istovremeno, brzine strujanja (i do 3 m/s) u pojedinim mernim mestima su značajno iznad preporučenih vrednosti što može negativno uticati na zdravlje životinja. Obzirom da je središnjom zonom direktno obuhvaćena upravo zona disanja krava u stojećem položaju, može se zaključiti da ovaj postupak ima značajan povoljan uticaj na provetravanje centralne zone objekta. Istovremeno, veoma je nepovoljno što se ovaj uticaj ispoljava tek pri visokim režimima rada ventilatora, kada brzine strujanja vazduha značajno prevazilaze maksimalno dozvoljene granične vrednosti, dok se efekat provetravanja zone disanja, pogotovu u nivou krava koje leže, gotovo potpuno gubi pri nižim režimima rada ventilatora, kada su ostvarene brzine strujanja vazduha prihvatljive.

4. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata merenja uočava se da ovakva postavka ventilatora ima određenih nedostataka. Misli se, pre svega, na činjenicu da je efekat rada ventilatora, čak i pri visokim režimima, nedovoljan nad kanalima za izdubavanje. Istovremeno, pri takvim režimima rada je dejstvo ventilatora nad hranidbenom hodniku takvo da proizvodi strujanja vazduha koja daleko premašuju dozvoljene vrednosti brzina.

Iz navedenih razloga, kao kompromis između navedenih prednosti i nedostataka, predlaže se da se ventilatori koriste samo pri režimima rada na 1. i 2. stepenu, uz dodatno blago osno usmeravanje pod većim uglom u odnosu na pod hranidbenog hodnika i potpuno uvođenje osa ventilatora u osu objekta. Ovo zato što je pri nižim stepenima uočljivo snažno usmeravanje vazduha sa 2. ventilatora (3. presek) prema levim jaslama, gde su postignute brzine znatno veće u odnosu na brzine strujanja iznad desnih jaslala. Izuzetno, samo u slučajevima ekstremno visokih spoljnih temperatura, može se preporučiti uključivanje ventilatora na režim rada u 3. stepenu. Takođe, zbog pokretanja vazduha na severnom ulazu u objekat i provetravanja zone prvih nekoliko ležišta, preporučuje se zatvaranje bočnih fasadnih otvora, kako bi se izazvalo ulazno strujanje spoljnog vazduha samo kroz vrata. U protivnom nastaje navedena situacija, u kojoj se spoljni vazduh haotično usisava sa bočnih otvora, ne ostvarujući nikakav efekat, dok vazduh na ulazu u objekat gotovo miruje.

LITERATURA

- [1] Chow W., Wong L., Fung W. (1996): Field measurement of the air flow characteristics of big mechanically ventilated spaces, *Building and Environment*, Volume 31, Issue 6, November 1996, str. 541-550
- [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] Maghirang R.G, Liu Y., Chung D.S. (1998): Evaluation of freely rotating impeller to measure fan airflow rates in livestock buildings, *Transactions of the ASAE*. VOL. 41(3), str. 819-824
- [4] Zhang Y., Wang X., Riskowski G. L., Christianson L.L. (2001): Quantifying ventilation effectiveness for air quality control, *Transactions of the ASAE*. Vol. 44(2), str. 385–390
- [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.

AIR VELOCITY FIELDS DISTRIBUTION IN TIED COWS BUILDING BY DIFFERENT ROOF COOLING FANS WORKING REGIMES

**Goran Topisirović, Dušan Radojičić, Dušan Radivojević, Branka Kalanović
Bulatović**

Faculty of Agriculture Belgrade-Zemun

Summary: 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 distribution of air velocity fields. During the different fan speeds, the measurements were conducted in characteristic building sections. Air flow velocity measurements were conducted in were 48 measuring points selected, in 4 high levels, which totally covered the room. Comparative analysis of air flow velocities showed the effects of fans function in particular zones, as well as potential problems that ventilation system may provide. It was concluded that this fans disposal doesn't achieve satisfactory results in every experimental setup. Particular fans operation regimes create air flow velocities above the thresholds. The change of fans setup was recommended, as well as use of lower fans working speeds.

Key words: *fan working regime, building ventilation, microclimate conditions, breeding zone*