

## AERATORIŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS

Vytenis Leonavičius

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: lvytenis.leo@gmail.com*

**Santrauka.** Biologiniuose nuotekų valymo įrenginiuose tinkamo aeratoriaus parinkimas yra vienas iš svarbiausių elementų. Parenkant aeratorių reikia atsižvelgti į jo darbo efektyvumą – ištirpinamą deguonies kiekį, tenkantį suvartotos energijos vienetui, oksidacinį pajėgumą ir reikiamą tiekiamą oro kiekį, kad būtų prisotintos nuotekos deguonimi iki reikiamos koncentracijos. Bandymai atlikti tiriant pasirinkto giluminio kavitacinio aeratoriaus veikimo efektyvumą be antgalio ir prie aeratoriaus pritvirtintus dviejų ir trijų menčių antgalius. Tyrimo metu taikant priešpriešinio srauto ežektoriaus oro dispergavimo metodus, buvo siekiama nustatyti ežektoriaus oro debitą, srauto slėgį ir vibracijos pokyčio priklausomybę nuo aeratoriaus padėties esant skirtingiems aeratoriaus statymo kampams. Nustatyta, kad lyginant pagal ežektoriaus oro debitą, slėgio ir vibracijos pokyčių efektyviausiai veikia giluminis kavitacinis aeratorius su trijų menčių antgaliu.

**Reikšminiai žodžiai:** giluminis kavitacinis aeratorius, efektyvumas, priešpriešinis srautas.

## Įvadas

Statybos techninio reglamente „Vandens ėmimas, vandenruša. Pagrindinės nuostatos“ aeratorius apibrėžiamas „kaip vandens apdoravimo įrenginys, kuriuo ištirpinamas deguonis ir / arba pašalinamos lakiosios priemaišos“ (STR 2.02.04: 2004). Aeratoriai gali būti skirstomi į tokias grupes:

- 1) pneumatiniai;
- 2) mechaniniai;
- 3) ežektoriniai;
- 4) kombinuotieji (Daukšas 2004).

*Pneumatiniai aeratoriai.* Tai kompleksas įrenginių ir mechanizmų, kurie pasižymi oro arba deguonies tiekimu magistraliniais, skirstomaisiais vamzdynais, disperguojant aeravimo talpykloje. Suslėgtas oras tiekiamas orapūtėmis, kompresoriais, ventiliatoriais, o į burbuliukus disperguojamas (smulkinamas) aeratoriais.

*Mechaniniai aeratoriai.* Mechaninio aeravimo sistemoje naudojami įvairių konstrukcijų mechaniniai aeratoriai, kurių paskirtis – besisukančiomis aeratoriaus dalimis įtraukti ir įterpti į nuotekas aplinkos orą, iš įterpto oro ištirpinti deguonį ir paskirstyti jį po visą įrenginio tūrį (Matuzevičius 1998).

*Ežektoriniai aeratoriai.* Ežektorius – tai įrenginys, kuriame darbinio srauto kinetinė energija perduodama ežekcijos srautui betarpiškai kontaktuojant. Šie įrenginiai skirstomi pagal darbinio ir ežektoriaus srauto agregatinį būvį. Aeruoti skirti ežektoriai priskiriami grupei įrenginių, kurių darbinio ir ežektoriaus sukuriama srauto agregatinis būvis nėra vienodas (Matuzevičius 1998).

*Kombinuotieji aeratoriai.* Pneumomechaniniai aeratoriai – tai mechaniniai paviršiniai arba turbininiai aeratoriai, tiekiantys suslėgtą orą. Pneumatinių aeratorių veikimo principas pagrįstas mechaninės rotoriaus sukimosi energijos ir suspausto oro tiekimu (Matuzevičius 1998).

Iš minėtų oro tiekimo į nuotekas įrenginių plačiausiai naudojami mechaniniai aeratoriai, iš kurių populiariausi yra giluminiai kavitaciniai aeratoriai (Schmid 2009). Šių aeratorių perspektyvumą lemia nesudėtinga konstrukcija, paprastas naudojimas, nesudėtinga, minimalių laiko sąnaudų reikalaujanti techninė priežiūra (Thakre *et al.* 2008).

## Tyrimo problema

Giluminiai kavitaciniai aeratoriai yra pakankamai paplitę ir taikomi tose srityse, kur reikalinga patikima ir ilgalaikė efektyvi aeravimo konstrukcinė sistema, tačiau minėtuose aeratoriuose pasireiškia nepageidaujamas reiškinys – kavitacija, kuri sukelia nepageidaujamus garsus, daro žalą komponentams, sukelia vibracijas ir mažina įrenginio efektyvumą (Xu *et al.* 2012).

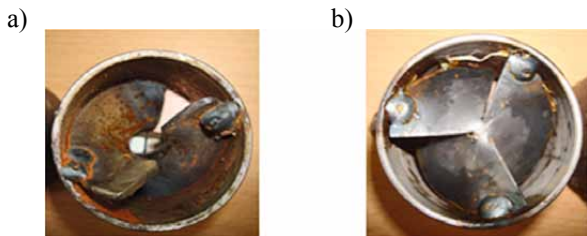
Nėra atlikta pakankamai tyrimų, kurie parodytų, kaip giluminiame kavitaciniame aeratoriuje neigiamą kavitacijos reiškinį galima panaudoti įrenginio efektyvumui didinti. Siekiant išvengti neigiamų kavitacijos pasekmių, giluminiame kavitaciniame aeratoriuje pritaikytas maišymo procesas nukreiptas toliau nuo sraigto zonos, taikant priešpriešinio oro srauto dispergavimo metodus.

Tiriamoji darbo tikslas – iširti giluminio kavitacinio aeratoriaus efektyvumą, taikant skirtingus ežektoriaus oro dispergavimo metodus.

### Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimams naudotas giluminis kavitacinis aeratorius, kurio veikimo principas pasižymi tuo, kad rotorinė mentė panirusi po vandeniu, o skystis išsiurbiamas per viršutinę išorinio vamzdžio dalį ir stumiamas žemyn. Giluminio kavitacinio aeratoriaus variklio veikimo galia siekia 3 kW, arba 2900 aps./min.

Bandymai atlikti prie giluminio kavitacinio aeratoriaus pritvirtinus dviejų (1 pav., a) ir trijų (1 pav., b) menčių antgalius, kurių užsukimo kryptis yra priešinga oro srauto sukimo kryptčiai. Antgalių skersmuo 48,0 mm, ilgis 40,7 mm. Antgaliai padaryti su mentelėmis, per kurias oras tiekiamas į vandens talpyklą.



**1 pav.** Tirtieji antgaliai: dviejų menčių (a), trijų menčių (b)  
**Fig. 1.** The analyzed tips of aerators: two-blade tip (a), three-blade tip (b)

Tyrimams suprojektuotas eksperimentinis stendas, kuris susideda iš giluminio kavitacinio aeratoriaus, hidrografo ir vibrometro. Giluminio kavitacinio aeratoriaus efektyvumas įvertintas taikant skirtingus ežektoriaus oro dispergavimo metodus, t. y. naudojant trijų tipų darbinio srauto išpurškimo antgalius.

Bandymai buvo atliekami tokia tvarka.

Tirti pasirinkti trys bandymo variantai:

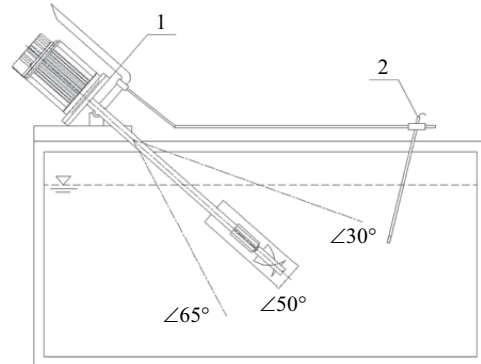
- kai giluminis kavitacinis aeratorius veikia naudojant dviejų menčių antgalį;
- kai giluminis kavitacinis aeratorius veikia naudojant trijų menčių antgalį;
- kai giluminis kavitacinis aeratorius veikia be antgalių.

Tyrimo metu buvo keičiama aeratoriaus padėtis:

- variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 65^\circ$  kampu.
- variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 50^\circ$  kampu.
- variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 30^\circ$  kampu.

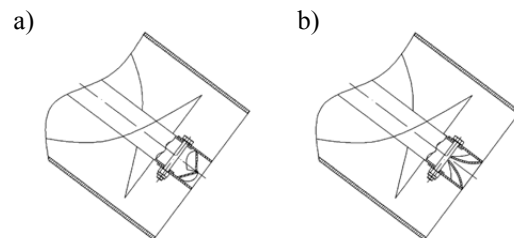
Tyrimai atlikti 0,4 m skersmens, 0,90 m aukščio ir 0,2 m<sup>3</sup> tūrio polipropileno talpykloje. Bandymų metu vandens lygis rezervuare buvo 0,7 m.

Principinė eksperimentinio stendo schema pavaizduota 2 paveiksle, antgalių tvirtinimo schema – 3 paveiksle.



**2 pav.** Principinė stendo schema: 1 – akselerometras, 2 – hidrofonas

**Fig. 2.** Scheme for a principal stand: 1 – accelerometer, 2 – hydrophone



**3 pav.** Principinė antgalių tvirtinimo schema: trijų menčių (a), dviejų menčių (b)

**Fig. 3.** Principal scheme for attaching aerator tips: three – blade tip (a), two – blade tip (b)

Atlikus bandymus buvo nustatyti giluminio kavitacinio aeratoriaus efektyvumo, taikant skirtingus priešpriešinio srauto ežektoriaus oro dispergavimo metodus, parametrai:

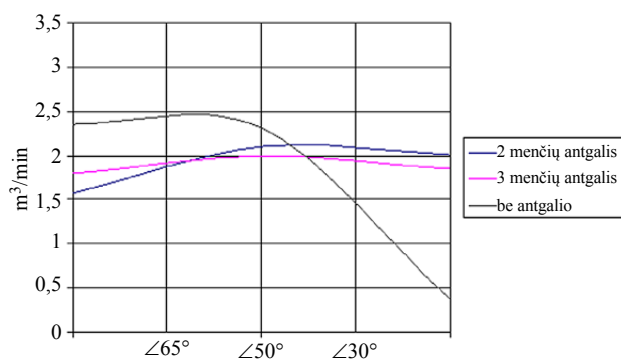
- Ežektoriaus oro kiekis;
- Vibracijos pokytis, priklausomai nuo dispergavimo metodo ir giluminio kavitacinio aeratoriaus padėties (z, y ašyse);
- Srauto slėgio pokytis, priklausomai nuo dispergavimo metodo ir giluminio kavitacinio aeratoriaus padėties.

### Tyrimo rezultatai

Eksperimentas pradėtas giluminį kavitacinį aeratorių pardinant į 0,2 m<sup>3</sup> polipropileno talpyklą, kurioje juo aeruojama tol, kol nustatoma ežektoriaus oro debitas, srauto slėgio ir vibracijos pokyčio priklausomybė nuo aeratoriaus padėties.

Bandymų rezultatai:

1) *Ežektoriaus oro kiekis (debitas)* (4 pav.).



4 pav. Ežektoriaus oro kiekis  
Fig. 4. Ejected air flow

Lyginant ežektoriaus oro debitą, matyti, kad pagal minėtą rodiklį efektyviausiai veikia giluminis kavitacinis aeratorius su dviem mentėmis.

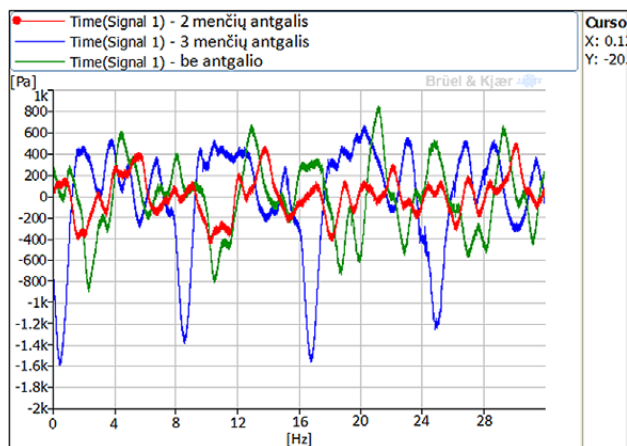
2) *Slėgio pokytis, priklausomai nuo aeratoriaus padėties*:

1 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 65^\circ$  kampu (5 pav.).

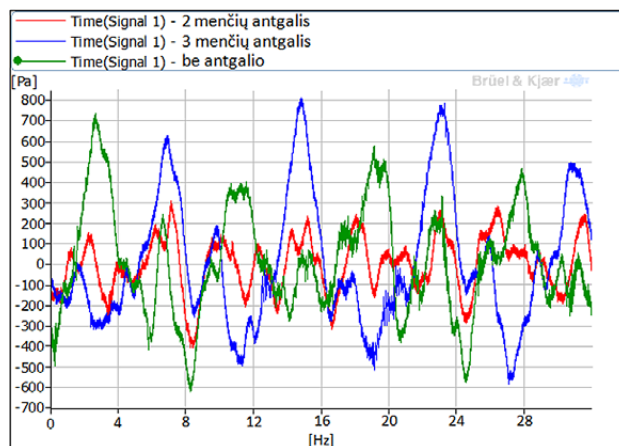
2 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 50^\circ$  kampu (6 pav.).

3 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 30^\circ$  kampu (7 pav.).

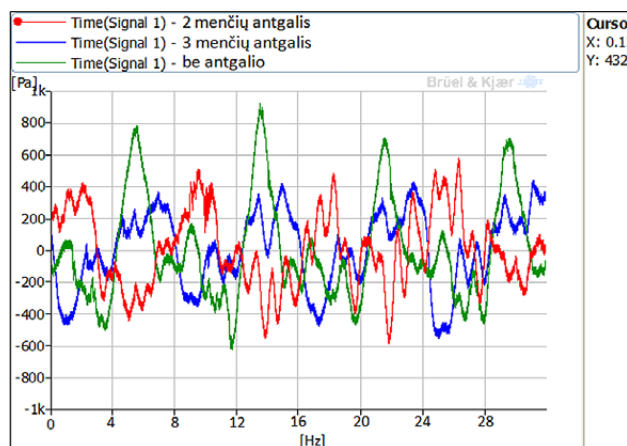
Kaip matyti iš 5–7 pav., pirmuoju ir antruoju atveju giluminis kavitacinis aeratorius efektyviausiai veikia su trijų menčių antgaliu, o trečiuoju atveju, kai aeratorius yra be antgalio.



5 pav. Slėgio pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 65^\circ$  kampu  
Fig. 5. Difference in pressure when a deep-cavitation aerator is lowered  $\angle 65^\circ$  into a water tank



6 pav. Slėgio pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 50^\circ$  kampu  
Fig. 6. Difference in pressure when a deep-cavitation aerator is lowered  $\angle 50^\circ$  into a water tank



7 pav. Slėgio pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius nuleidžiamas į vandens talpyklą  $\angle 30^\circ$  kampu  
Fig. 7. Difference in pressure when a deep-cavitation aerator is lowered  $\angle 30^\circ$  into a water tank

3) *Vibracijos pokytis, priklausomai nuo aeratoriaus padėties:*

1 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius su dviem mentėmis nuleidžiamas į vandens talpyklą skirtingais kampais (8 pav.).

2 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius su trimis mentėmis nuleidžiamas į vandens talpyklą esant skirtingiems kampams (9 pav.).

3 variantas. Kai giluminis kavitacinis aeratorius be menčių nuleidžiamas į vandens talpyklą esant skirtingiems kampams (10 pav.).

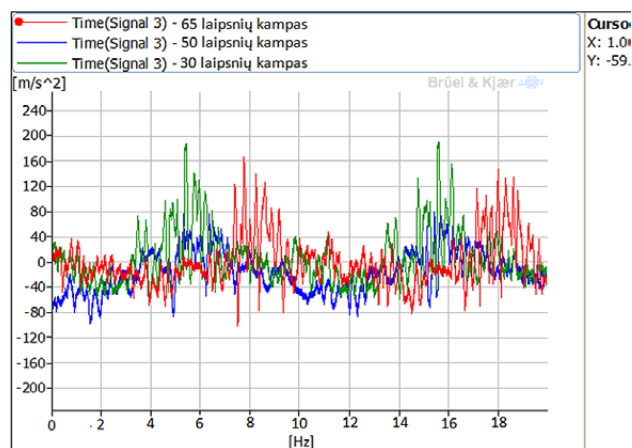
Kaip matyti iš 8–10 pav., ryškiausią vibracijos pokytį sukelia giluminis kavitacinis aeratorius su trijų menčių antgaliu.

## Išvados

Lyginant ežektoriaus oro debitą, matyti, kad pagal minėtą rodiklį efektyviausiai veikia giluminis kavitacinis aeratorius su dviem mentėmis, t. y. oro debitas išlieka pastovus –  $2 \text{ m}^3/\text{min}$ .

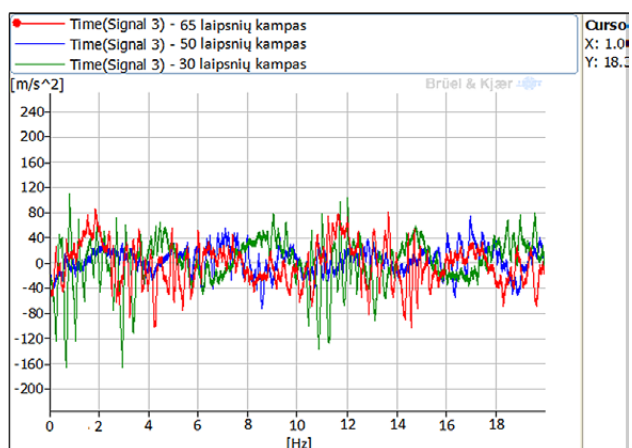
Lyginant slėgio pokytį, priklausomai nuo aeratoriaus padėties, matyti, kad pirmuoju ir antruoju atveju geriausiai veikia giluminis kavitacinis aeratorius su trijų menčių antgaliu, t. y. atitinkamai didžiausias slėgio pokytis yra  $1,6 \text{ kPa}$  ir  $0,8 \text{ kPa}$ , o trečiuoju atveju – aeratorius be antgalio, t. y. didžiausias slėgio pokytis –  $0,9 \text{ kPa}$ .

Lyginant vibracijos pokytį, priklausomai nuo aeratoriaus padėties, matyti, kad ryškiausią vibracijos pokytį sukelia giluminis kavitacinis aeratorius su trijų menčių antgaliu, t. y.  $200 \text{ m/s}^2$ .



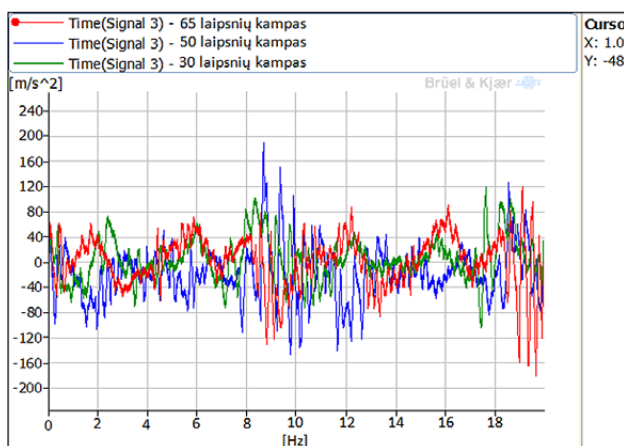
**8 pav.** Vibracijos pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius su dviem mentėmis nuleidžiamas į vandens talpyklą esant skirtingiems kampams

**Fig. 8.** Changes in the vibration of a deep-cavitation aerator with a two-blade tip lowered into the water tank with different angles



**9 pav.** Vibracijos pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius su trimis mentėmis nuleidžiamas į vandens talpyklą esant skirtingiems kampams

**Fig. 9.** Changes in the vibration of a deep-cavitation aerator with a three-blade tip lowered into the water tank with different angles



**10 pav.** Vibracijos pokytis, kai giluminis kavitacinis aeratorius be menčių nuleidžiamas į vandens talpyklą esant skirtingiems kampams

**Fig. 10.** Changes in the vibration of a deep-cavitation aerator without a tip lowered into the water tank with different angles

## Padėka

Nuoširdžiai dėkoju VGTU Mechanikos fakulteto Mašinų gamybos katedros doc. dr. Vytautui Striškai už visokeriopą pagalbą rengiant straipsnį ir atliekant tyrimo darbus.

## Literatūra

- Daukšas, J. 2004. *Aplinkos apsaugos technologijos*. Šiauliai: VŠĮ ŠU leidykla. 167 p.
- Matuzevičius, A. 1998. *Nuotekų valymas aktyviuoju dumblu: paskaitų tekstas*. Vilnius: Technika. 80 p.
- Schmid, A. 2009. A New Aeration Technology Using “Supercavitation”, *Recent Patents on Chemical Engineering* 2: 176–180. <http://dx.doi.org/10.2174/1874478810902030176>
- STR 2.02.04:2004 *Vandens ėmimas, vandenruoša. Pagrindinės nuostatos*. Vilnius, 2003. 136 p.
- Thakre, S. B.; Bhuyar, L. B.; Deshmukh, S. J. 2008. Effect of Different Configurations of Mechanical Aerators on Oxygen Transfer and Aeration Efficiency with respect to Power Consumption, *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering* 2(2): 100–108.
- Xu, Y.; Wang, W.; Yong, H.; Zhao, W. 2012. Investigation on the Cavity Backwater of the Jet Flow from the Chute Aerators, *Procedia Engineering* 31: 51–56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.989>

## RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF AERATORS

### V. Leonavičius

#### Abstract

In biological wastewater treatment plants, the right selection of an aerator is one of the most important elements. The choice of the aerator must take in account its performance – dissolved oxygen content per unit of energy consumed, oxidative capacity and supply of the required amount of air so that the required concentration of oxygen is saturated properly. The experiments have been conducted carefully examining the efficiency of the selected deep-cavitation aerator operating without the aerator tip or with attached two and three-blade tips. The performed investigation included air dispersion methods of opposite ejecting for determining air flow, flow pressure and dependence of vibration on different placement of the aerator under varying positions of corners. It has been established that compared to air ejecting flow, changes in pressure and vibration are most significantly influenced by a deep-cavitation aerator having a three-blade tip.

**Keywords:** deep-cavitation aerator, efficiency, opposite-flow.