

# Aerolio dalelių dinamikos tyrimai uždaroje šaudykloje

## Aerosol particle dynamics studies in a closed shooting range

Andrius Garbaras<sup>1,2</sup>, Vadimas Dudoitis<sup>1</sup>, Inga Garbarienė<sup>1</sup>, Vaida Vasiliauskienė<sup>2,3</sup>, Laurynas Bučinskas<sup>1</sup>, Steigvilė Byčenkienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

<sup>2</sup>Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Šilo g. 5A, LT-10322 Vilnius

<sup>3</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

[andrius.garbaras@ftmc.lt](mailto:andrius.garbaras@ftmc.lt)

Kariškiams, policijos pareigūnams, apsaugos darbuotojams, šauliams šaudyti iš kovinių ginklų šaudyklose yra profesinė būtinybė. Taip pat pramoginės šaudyklos yra populiarios daugelyje šalių. Uždara šaudykla – tai patalpa, kurioje gali vykti šaudmenų naudojimo mokymai. Šiuo metu Lietuvoje veikia 34 šaudyklos, iš kurių 21 atvira ir 13 uždarojo tipo. 2007 m. pasaulyje buvo apie 650 mln. civilių ginklų ir 200 mln. šaunamųjų ginklų priklausė nacionalinėms valstybėms 2007 m. visame pasaulyje (SAS, 2007).

Šūvio metu susidaro sudėtingas cheminių medžiagų, kietųjų dalelių (PM) mišinys ir išsiskiria ne tik pagrindinės degimo dujos, tokios kaip anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>) ir vandens garai (H<sub>2</sub>O), bet ir anglies monoksidas (CO), vandenilio cianidas (HCN), amoniakas (NH<sub>3</sub>), azoto oksidai (NO<sub>x</sub>), sieros dioksidas (SO<sub>2</sub>), vandenilio chloridas (HCl). Be to, didžiulį kiekį aerozolių dalelių sudaro suodžiai ir metalai, pavyzdžiui, švinas (Pb), varis (Cu), cinkas (Zn) ir geležis (Fe), taip pat nedideli kiekiai chromo (Cr) ir molibdeno (Mo) yra išmetami į patalpų aplinką dėl šaudymo veiklos. Metalų turinčios dalelės susidaro dėl dilimo tarp kulkos ir šautuvo vamzdžio [1].

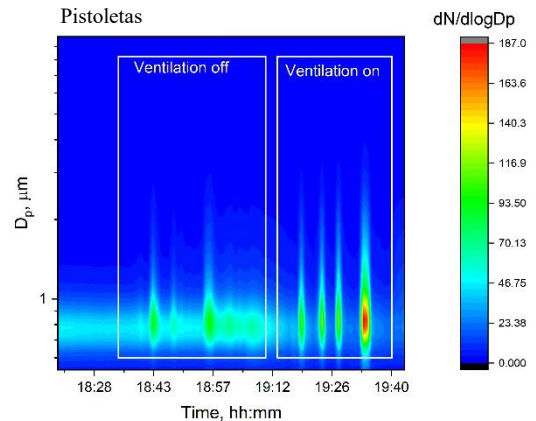
Nustatyta, kad šaudymo metu kietųjų dalelių kiekis ore šaudyklose yra 100–1000 kartų didesnis nei fono lygis [2]. KD lygis priklauso nuo daugelio veiksnių, iš kurių svarbiausi yra naudojami šoviniai ir kalibras, šūvių skaičius ir ventiliacijos kokybė uždaroje šaudyklose.

Šio tyrimo metu uždaro tipo šaudykloje buvo šaudoma iš pistoleto (kalibras 9x19) ir pusiau automatinio šautuvo (kalibras 5,56\*45). Eksperimento metu buvo atliekami šūviai vienodais intervalais, kad galima būtų palyginti skirtingų ginklų emisijas.

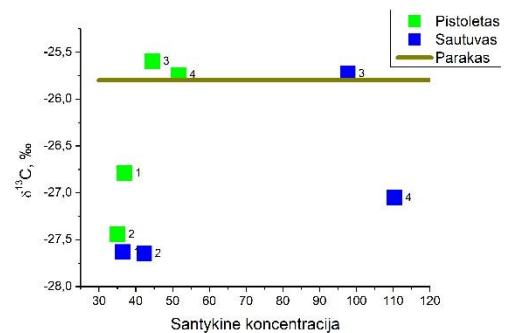
Pagrindinis tyrimo tikslas – įvertinti ventiliacijos įtaką skirtingo dydžio aerozolių dalelių dinamikai uždaroje šaudykloje.

Tyrimo metu naudoti matavimo prietaisai: Aerodinaminis aerozolių spektrometras (APS, TSI 3321), kaskadinis impaktorius (4 kaskadų), izotopų santykio masių spektrometras (DeltaV Advantage).

Nustatyta, kad ventiliacija turi įtakos dalelių koncentracijai šaudymo metu (1 pav.). Išjungus ventiliaciją, šaudymo metu susidariusios dalelės išlieka ore, tuo tarpu įjungus ventiliaciją, pasiekiamos foninės vertės tarp šaudymo epizodų.



1 pav. Aerozolių dalelių koncentracijos kaita šaudant pistoletu esant skirtingiems vėdinimo režimams.



2 pav. Parako ir aerozolių dalelių  $\delta^{13}\text{C}$  vertės. Skaičiai prie simbolių žymi dalelių dydžio intervalą (1-[100-10 $\mu\text{m}$ ]; 2-[10-2,5 $\mu\text{m}$ ]; 3-[2,5-1 $\mu\text{m}$ ]; 4-[<1 $\mu\text{m}$ ]).

Parako ir šaudymo metu susidariusių įvairaus dydžio aerozolių dalelių  $\delta^{13}\text{C}$  vertės buvo panašios mažų dalelių intervale (2 pav. taškai 3, 4, KD<2,5  $\mu\text{m}$ ). Tai rodo, kad šios dalelės buvo išmestos šūvio metu, ir jos gali būti siejamos su nesudegusiomis parako sudedamosiomis dalimis. Didesnio kalibro ginklas generavo didesnę KD koncentraciją.

*Reikšminiai žodžiai: Aerozolių dalelės, KD2,5, šaudykla.*

### Literatūra

[1] CM Grabinski et al. J Occup Environ Hyg. 14: 461–472 (2017).

[2] G. Sujetovienė, J.J. Česnyaitė. Toxicol. Environ. Health. 84, 273–278 (2021).