

## **SIEROS DIOKSIDO ŠALINIMO IŠ PATALPŲ ORO, NAUDOJANT KAMBARINĮ AUGALĄ – PELARGONIJĄ (LOT. *PELARGONIA ZONALE*), EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI**

Monika Gurklytė<sup>1</sup>, Rasa Vaiškūnaitė<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,  
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

*El. p. <sup>1</sup>monika.gurklyte@stud.vgtu.lt; rasa.vaiskunaite@vilniustech.lt<sup>2</sup>*

**Anotacija.** Didelę dalį savo laiko žmonės praleidžia uždaroje patalpose. Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, uždaroje patalpose praleidžiama apie 90 % viso laiko, t. y. apie 70 % darbo vietose ir apie 20 % – namuose. Pagrindiniai patalpų oro teršalai yra neorganiniai junginiai, anglies monoksidas, azoto oksidai, sieros oksidai, ozonas ir kt. Patalpų oro kokybę galima pagerinti taikant botaninę filtraciją – kai kurie augalai turi didelį potencialą šalinant daugelį patalpų ore esančių teršalų. Šiam tyrimui buvo pasirinktas kambarinis augalas – pelargonija (lot. *Pelargonium zonale*). Po atliktų tyrimų buvo įvertinti rezultatai. Tyrimo metu išvalymo efektyvumas, esant pradinei SO<sub>2</sub> koncentracijai (t. y. 68 µg/m<sup>3</sup>), siekė 95 % dirbtinėje šviesoje. Mažiausias išvalymo efektyvumas – 78 % pasiektas tamsoje.

**Reikšminiai žodžiai:** oro valymas, botaninė filtracija, neorganiniai teršalai, sieros dioksidas, kambariniai augalai, pelargonija.

### **Įvadas**

Galima aptikti daugybę taršos šaltinių, esančių patalpose. Jie gali skleisti vienos ar kelių rūšių teršalus. Tai priklauso nuo taršos šaltinio pobūdžio. Patalpų ore pagrindinę SO<sub>2</sub> taršą sukelia statybinės medžiagos, įvairi naudojama buitinė chemija, kvepalai.

Tokio pobūdžio tyrimai atlikti Graikijos mokyklose, kur buvo matuojamas įvairių taršos šaltinių, esančių mokyklų patalpose, sklaidžiama oro tarša. Buvo nustatytos net kelios teršalų grupės: viena grupė – tai pavieniai taršos šaltiniai, kita grupė buvo kombinuota iš įvairių medžiagų. Tokiu būdu mokyklose buvo teršiamas aplinkos oras.

Iš dalies patalpų oro taršą lemia naujos statybas reglamentuojančios normos, skirtos energijai taupyti. Tai yra siekis izoliuoti patalpas nuo išorinės aplinkos. Laikantis šių normų statomi nauji namai ar atnaujinami seni. Tačiau, nesutvarkius ventiliacinės sistemos, uždarų patalpų ore kaupiasi įvairių teršalų bei kenksmingos žmogaus sveikatai medžiagos. Ypatingas dėmesys šiuo požiūriu siejamas su senos statybos pastatais (Matuliauskaitė, 2011; Yang et al., 2008, 2009).



1 paveikslas. Veiksniai, darantys įtaką patalpų oro kokybei (Bone et al., 2010)

1 paveiksle pavaizduotas teršalų susidarymas gyvenamųjų patalpų ore iš buityje naudojamų komponentų. Remiantis Europos Komisijos Jungtinių tyrimų centro duomenimis, numeriu 1 pažymėta tabako ir šildymo sistemose susidaranti tarša. Numeris 2 apima visą taršą, susidarantią dėl patalpų oro ventiliacijos, laikomų augintinių, maisto gamybos. 3 numeriu pažymėta tarša,

atsirandanti iš statybinių medžiagų, taip pat aplinkos oro tarša, kuri patenka iš aplinkos oro į patalpas. 4 numeriu pažymėta buitinės chemijos priemonių naudojimo sukelta tarša – tai įvairūs oro gaivikliai, skalbimo priemonės, žmonių higienos reikmenys, kuriuose yra kenksmingųjų medžiagų. 5 numeriu pažymėtos buitinės plovimo medžiagos bei kilimai, kuriuose galima surasti ir mikrobiologinės taršos. Numeris 6 rodo iš dirvožemio susidarantį ir į patalpas patenkantį radoną (Bone et al., 2010; Crump et al., 2009; Wolverton et al., 1985, 1989).

SO<sub>2</sub> – tai bespalvė, sunkesnė už orą dujos, turinčios skvarbų kvapą. Šios dujos turi savybę greitai skaidytis ir puikiai tirpti vandenyje. Dujos sudaro rūgštų tirpalą, kuris, reaguodamas atmosferoje su deguonimi, virsta sieros rūgštimi. Pagrindiniai taršos šaltiniai (SO<sub>2</sub>) susidaro žmogaus vykdomos ūkinės veiklos metu, taip pat yra natūralių gamtos reiškinių, tokių kaip vulkanų išsiveržimas, padariniai ir kt. Patys didžiausi SO<sub>2</sub> kiekiai susidaro deginant sieros turintį kurą, naftos produktus. SO<sub>2</sub> daro žalingą poveikį augalams ir vandens telkiniams juos rūgštindamas (de Oliveira Fernandes et al., 2008; Devinsky et al., 1999; Jones et al., 1999; Kim et al., 2006).

Tyrimui buvo pasirinktas kambarinis augalas pelargonija (lot. *Pelargonium zonale*). Tai vienas iš dažniausiai namų sąlygomis naudojamų nereiklių augalų. Dėl baktericidinio poveikio bei anksčiau atliktų tyrimų buvo nustatyta, kad augalas jonizuoja ir valo orą. Pelargonijai nereikia ypatingos priežiūros, ji toleruoja žemą temperatūrą ir gerai įsitvirtina bet kuriame dirvožemyje.

Tyrimo tikslas – eksperimentinių tyrimų metu įvertinti oro valymo galimybes nuo SO<sub>2</sub> naudojant kambarinį pelargoniją (lot. *Pelargonium zonale*).

## Metodika

Sieros dioksido kiekio nustatymo tyrimas vykdomas fotometrija metodu. Eksperimentas buvo atliktas bendradarbiaujant su Ignalinos atominės elektrinės Aplinkos stebėsenos laboratorija.

Atliekant eksperimentinius tyrimus su augalais, buvo numatyti tyrimų etapai. Pagal juos buvo nustatomas SO<sub>2</sub> teršalo išvalymo efektyvumas. Eksperimentinės procedūros buvo atliktos tokiais etapais:

1. Į kamerą įpilama tam tikro teršalo koncentracija.
2. Įvertinamas šviesos intensyvumo poveikio efektyvumas.

Vizualiai įvertinti pelargonijos lapai. Atkreipiamas dėmesys būtent į lapus – ar jie gyvi, žaliuojantys, nenuvytę, ar lapuose nematyti ligos požymių (juodų, geltonų

dėmių ir kt.). Augalai laikomi tuose pačiuose vazonuose ir dirvožemyje, kuriame užaugo, periodiškai laistomi ir tręšiami, kad visam eksperimento laikotarpiui būtų užtikrintas jų gyvybingumas. Kaip minėta, eksperimento rezultatams gauti svarbi augalų lapija. Todėl, atliekant eksperimentinius tyrimus, vazonai ir dirvožemis buvo apdengti maistine plėvele, norint išvengti dirvožemio ir jame esančių mikroorganizmų daromos įtakos tyrimo rezultatams.

Ruošiant pradinę koncentraciją ir sugeriamuosius tirpalus, tyrime naudoti šie reagentai ir tirpalai: sugeriamasis tirpalas, 1 % kalio jodato vandeninis tirpalas 1:3,5 santykiu maišomas su distiliuotu vandeniu, standartinis sieros dioksido tirpalas, turintis 100 µg/ml sieros dioksido. 3,12 ml 0,1 N sieros rūgšties tirpalas skiedžiamas sugeriamuoju tirpalu iki 100 ml distiliuotu vandeniu.

Pirmiausia tyrimui atlikti buvo sumontuota speciali kamera. Tai 50 cm ilgio, pločio ir aukščio matmenų, sandari organinio stiklo pluošto kamera (2 pav.). Bendra kameros talpa – 125 litrai. Norint galima įvertinti kameros sandarumą, buvo atlikti tyrimai nenaudojant augalo. Pradinė teršalo koncentracija atlikus eksperimentą buvo pakitusi nedaug. Tai leidžia teigti, kad kameros sandarumas atliekamam tyrimui yra tinkamas.



2 paveikslas. Eksperimentinė kamera

Be minėtos kameros, tyrimams taip pat naudojami šie pagrindiniai prietaisai: spektrofotometras 6300 Vis, elektrinis aspiratorius, sugeriamieji indai, 100–1000 ml tūrio matavimo kolbos, 1,5–10 ml tūrio graduotos pipetės, stiklinės kolbos, silikoninės 1,0–1,5 m ilgio ir 1,0 cm skersmens žarnelės.

Prieš pradėdant tyrimą laboratorijoje paruošiami visi reikiami indai, standartinis sieros dioksido tirpalas.

Kad tyrimai kuo labiau atitiktų gyvenamąją aplinką, buvo fiksuojama ir stebima temperatūra. Temperatūra palaikoma nuo 20 iki 25 °C.

Eksperimentinė kamera paruošiama naudojimui. Į kamerą įdedamas tiriamasis augalas. Šalia tiriamojo augalo padedama Petri lėkštelė su tiriamuoju teršalu. SO<sub>2</sub> turi savybę garuoti ir reaguoti su oru. Tam, kad vyktų natūralus teršalo ir augalo kontaktas, papildomos įrangos nereikėjo. Garuodamas teršalas pasiskirstė per visą kameros tūrį. Naudojamoje kameroje padaryta speciali sandari anga, per kurią oras ištraukiamas elektriniu aspiratoriumi.

Kol vyko kontaktas ir oro valymas, buvo ruošiami sugeriamieji tirpalai. Sugeriamieji indai iki 5 ml pripildomi sugeriamojo tirpalo. Vienam aplinkos oro mėginiui paimti naudojami du lygiagrečiai sujungti sugeriamieji indai. Kiekvieno sugeriamojo indo galai buvo užsandarinti silikoniniais vamzdeliais su stikliniais dangteliais. Praėjus nustatytam tyrimo laikui prie kameros oro išsiurbimo angos prijungiama silikoninė žarnelė. Prie silikoninės žarnelės prijungiami sugeriamieji indai. Po 6 valandų buvo atliekami tyrimai, nustatant aplinkos oro nuo sieros dioksido išvalymo efektyvumą. Oro mėginiai buvo imami elektriniu aspiratoriumi, prie kurio prijungiami sugeriamieji indai. Oras traukiamas 5 minutes 20 l/s greičiu. Tyrimo vietoje silikoninės 1,0–1,5 m ilgio ir 1,0 cm skersmens žarnelės prijungiamos prie kameros oro išėjimo angos. Kas penkias minutes iš sugeriamųjų indų į mėgintuvėlius išpilamas bandinys, indai tris kartus išplaunami distiliuotu vandeniu ir pripildomi sugeriamojo tirpalo iki 5 ml.

Išanalizavus literatūrą, eksperimentai buvo atliekami skirtingomis sąlygomis: tamsoje, dirbtinėje šviesoje, naudojant papildomą lempą ir natūralioje aplinkos šviesoje. Kadangi skirtingomis aplinkos sąlygomis augalo savybės keičiasi, eksperimentai buvo atliekami po 6 val. Kiekvienas matavimas buvo kartojamas tris kartus.

Eksperimentų metu buvo matuotas augalų efektyvumas, valant aplinkos orą nuo SO<sub>2</sub>, priklausomai nuo pradinių koncentracijų. Mėgintuvėliai su bandiniais sunumeruoti. Laboratorijoje iš kiekvieno mėgintuvėlio paimama po 2,5 ml mėginio, į kuriuos įpilama po 2 ml sugeriamojo tirpalo ir po 0,5 ml 3 % kalio jodido tirpalo. Po dešimties minučių po bandinių paruošimo buvo matuojamas optinis tankis. Bangos ilgis nustatytas 400 nm.

Praėjus dešimčiai minučių, buvo vykdomi matavimai. Į kiuvetę iš kiekvieno mėgintuvėlio pilamas bandi-

nys iki pažymėtos ribos. Paskui kiuvetė statoma į prietaisą. Fiksuojami prietaiso rodmenys. Taip buvo matuojami visi mėgintuvėliuose esantys bandiniai. Toliau galutiniai rezultatai (koncentracijos aplinkos ore (mg/m<sup>3</sup>)) skaičiuojami pagal šią formulę:

$$c = \frac{c_1 V_1}{V_2 \cdot Q \cdot t \cdot K}, \text{ mg/m}^3, \quad (1)$$

čia  $c$  – teršalo koncentracija, mg/m<sup>3</sup>;  $c_1$  – teršalo koncentracija mėginyje pagal kalibracinę kreivę, µg/ml;  $V_1$  – mėginio tūris sugeriamajame inde, ml;  $V_2$  – mėginio tūris, paimtas analizei, ml;  $Q$  – traukiamo oro srauto greitis, l/s;  $t$  – traukimo greitis, min;  $K$  – koeficientas, perskaičiuotas koncentracijai normaliomis sąlygomis.

$K$  apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K = \frac{P \cdot 273}{760 \cdot (t + 273)}, \quad (2)$$

čia  $P$  – atmosferos slėgis, mm Hg st.;  $t$  – traukiamo oro temperatūra, °C.

Valymo efektyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1}, \text{ \%} \quad (3)$$

čia  $E$  – valymo efektyvumas, %;  $C_1$  – teršalo koncentracija prieš bandymą;  $C_2$  – teršalo koncentracija po bandymo.

### Tyrimų rezultatai ir jų analizė

Tyrimai buvo atliekami naudojant pelargoniją. Naudojant skirtingus apšvietimo būdus (dienos šviesa, papildomas apšvietimas elektros lempute ir tamsa). Eksperimentiniai tyrimai vykdomi naudojant pradinę SO<sub>2</sub> apie 68 µg/m<sup>3</sup> koncentracijas. Vienas tyrimas tomis pačiomis sąlygomis truko 6 val.

Po kiekvieno atlikto eksperimento kamera buvo išvėdinama. Esant didesnei koncentracijai, kamerai gerai išvėdinti buvo reikalingas ilgesnis laikas. Esant mažesnei koncentracijai, kamera buvo išvėdinta per 6 val. Didesnei koncentracijai reikalingas beveik dvigubai ilgesnis laikas – 12 val. Regeneracijos laikas matuojamas atliekant kontrolinius matavimus.

Nustatyta, kad, esant pradinei SO<sub>2</sub> koncentracijai (t. y. apie 68 µg/m<sup>3</sup>), aplinkos ore valymo efektyvumas siekė 95–88 %. Po tyrimo rezultatų galima teigti, kad valymo efektyvumas priklauso nuo aplinkos sąlygų.

Pirmasis tyrimas atliekamas su pelargonija rugsėjo mėnesį.

Po 6 valandų trukusio kontakto tirta teršalo koncentracija kameroje ir stebėta, koks įvyko pokytis.

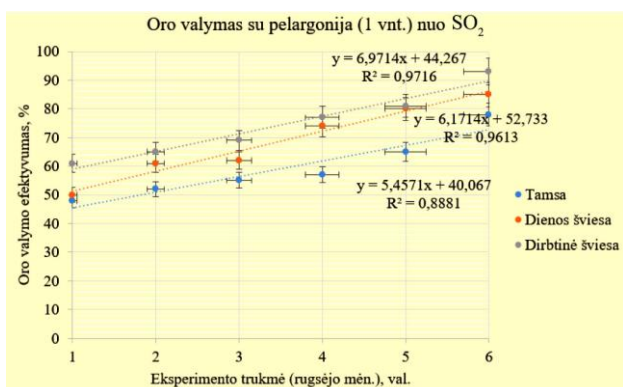
Nustatyta, kad jau po 1 val., esant pradinėi SO<sub>2</sub> koncentracijai (t. y. 68 μg/m<sup>3</sup>) kameros ore, valymo efektyvumas siekė 48–61 %. Ilgėjant kontakto laikui, oro valymo efektyvumas su augalu didėjo. Po 6 val. kontakto efektyvumas siekė 78–93 %. Geriausias valymo efektyvumas buvo pasiektas dirbtinėje šviesoje. Mažiausias efektyvumas (tik 78 %) buvo nustatytas tamsoje (3 pav.).

F. Brillis ir kt. nustatė, kad augalai oro kokybę gerina įvairiais būdais – absorbuoja teršalus fotosintezės metu, teršalus kaupia šaknyse, dirvožemyje ir kt. Mokslininkas F. Brillis iškėlė hipotezę, kaip optimaliai išnaudoti augalus patalpose. Jo nuomone, reikia atsižvelgti į tai, kiek vienam kvadratiniam metrui reikia augalų ir kokios sąlygos yra palankiausios valyti orą. Atlikus eksperimentinį tyrimą buvo nustatyta, kad SO<sub>2</sub> geriausiai išvalomas dirbtinėje šviesoje. Tai leidžia pagrįsti mokslininko hipotezę, kad dirbtinė šviesa – palankiausia sąlyga valant SO<sub>2</sub> iš oro su pelargonija.

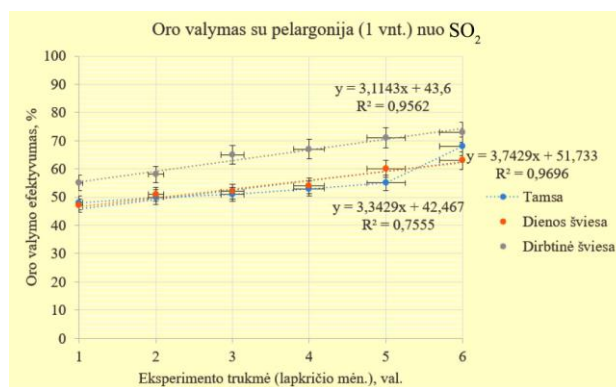
Antrasis tyrimas buvo atliekamas su pelargonija spalio mėnesį. Eksperimentinių tyrimų metu buvo gauta priklausomybė tarp augalo kontakto laiko ir augalo valymo efektyvumo. Tačiau kuo ilgiau augalas kontaktavo su teršalu, tuo jo efektyvumas mažėjo. Tai leido daryti išvadas, kad augalas buvo pažeistas ir jam buvo reikalingas regeneracijos laikas. Paskui, siekiant nustatyti regeneracijos laiką, tyrimas buvo kartojamas du mėnesius (4 pav.).

Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyta, kad augalas neišvalo oro daugiau nei 70 % efektyvumu. Daroma prielaida, kad augalas nepakankamai atsigavo. Todėl, norint pasiekti pradinį išvalymo efektyvumą, augalui reikalingas ilgesnis regeneracijos laikas. Lyginamasis lapkričio mėnesio efektyvumo grafikas pateikiamas 5 pav.

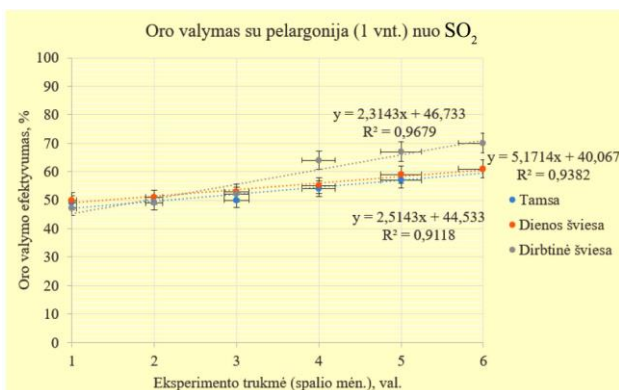
Vėliau, vykdant eksperimentinius tyrimus, buvo papildomai panaudotas ir antras tos pačios rūšies augalas. Efektyvumas pateikiamas 6 paveiksle.



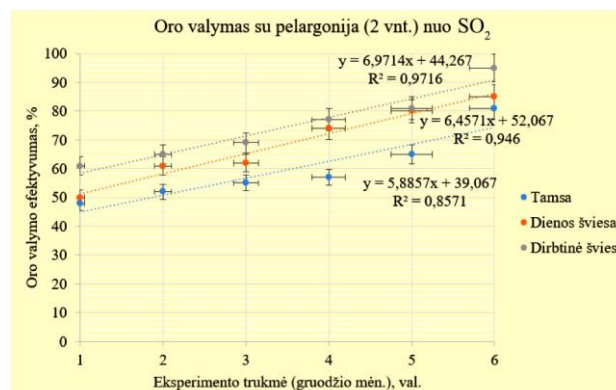
3 paveikslas. SO<sub>2</sub> valymo iš oro, naudojant pelargoniją, efektyvumas, kai pradinė koncentracija – 69 μg/m<sup>3</sup>



5 paveikslas. SO<sub>2</sub> valymo iš oro, naudojant pelargoniją, efektyvumas, kai pradinė koncentracija – 68 μg/m<sup>3</sup>, lapkričio mėn.



4 paveikslas. SO<sub>2</sub> valymo iš oro, naudojant pelargoniją, efektyvumas, kai pradinė koncentracija – 66 μg/m<sup>3</sup>, spalio mėn.



6 paveikslas. SO<sub>2</sub> valymo iš oro, naudojant pelargoniją, efektyvumas, kai pradinė koncentracija – 70 μg/m<sup>3</sup>, gruodžio mėn.



Papildomai naudojant antrą tos pačios rūšies augalą, efektyvumas pasiekiamas toks pat kaip ir pradiniam tyrimo eksperimente. Pelargonijos absorbcija yra efektyvesnė, esant dirbtinei šviesai. Daroma prielaida, kad vykstant fotosintezei augaluose ima vykti kitas procesas, dėl kurio vykdoma neorganinių teršalų absorbcija – kvėpavimas. Gauti eksperimento duomenys pagrindžia atliktų tyrimų augalais potencialą. Augalai gali valyti patalpų orą ir tam jie yra tinkami. Tačiau, esant didelėms teršalo koncentracijoms, reikalingas palyginti ilgesnis regeneracijos laikas arba turi būti daug augalų.

### Išvados

1. Eksperimentinių tyrimu metu nustatyta, jog pelargonija tinkama SO<sub>2</sub> iš orui valyti. Tyrimo metu valymo efektyvumas, esant pradinei SO<sub>2</sub> koncentracijai (t. y. 68 µg/m<sup>3</sup>), siekia 95 % dirbtinėje šviesoje, o 78 % – efektyvumas buvo pasiektas tamsoje.

2. Kameros oro valymo efektyvumas blogėjo, esant didelei pradinei koncentracijai ir per mažam regeneracijos laikotarpiui. Atlikti tyrimai spalio ir lapkričio mėn. parodė, kad didesnės koncentracijos augalą pažeidžia. Kameros išvalymo efektyvumas siekė apie 70 %.

3. Atlikus eksperimentinius tyrimus pastebėta, kad išvalymo efektyvumas priklausė nuo aplinkos sąlygų. Šiuo atveju geriausių rezultatų pasiekama esant dirbtinei šviesai.

### Literatūra

- Bone, A., Murray, V., Myers, I., Dengel, A., & Crump, D. (2010). Will drivers for home energy efficiency harm occupant health? *Perspectives in Public Health*, 130(5), 233–237. <https://doi.org/10.1177/1757913910369092>
- Crump, D., Dengel, A., & Swainson, M. (2009). *Indoor air quality in highly energy efficient homes – a review*. IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation.
- de Oliveira Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D., Silva, G. V., Madureira, J., & Martins, A. (2008). *Co-ordination action on indoor air quality and health effects* (WP3 Final Report, Characterisation of spaces and sources). <https://paginas.fe.up.pt/~envie/documents/finalreports/Final%20Reports%20Publishable/EnVIE%20WP3%20Final%20Report.pdf>
- Devanny, J. S., Deshusses, M. A., & Webster, T. S. (1999). *Biofiltration for air pollution control*. CRC Lewis Publishers.

- Yang, D. S., Pennisi, S. V., Son, K.-C., & Kays, S. J. (2009). Screening indoor plants for volatile organic pollutant removal efficiency. *HortScience*, 44(5), 1377–1381. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.5.1377>
- Yang, J., Kloepper, J. W., & Ryu, C.-M. (2008). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Science*, 14(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.10.004>
- Jones, A. P. (1999). Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 33, 4535–4564. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00272-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00272-1)
- Kim, S. S., Kang, D. H., Choi, D. H., Yeo, M. S., & Kim, K. W. (2006). Comparison of strategies to improve indoor air quality at the pre-occupancy stage in new apartment buildings. *Building and Environment*, 43, 320–328. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.03.026>
- Matuliauskaitė, A. (2011). Particulate matter air pollution, its influence on life quality and the means of reducing indoor air pollution. *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania*, 1(5), 114–117. <https://doi.org/10.3846/mla.2009.5.22>
- Wolverton, B. C., McDonald, R. C., & Mesick, H. H. (1985). Foliage plants for indoor removal of the primary combustion gases carbon monoxide and nitrogen dioxide. *Journal of Mississippi Academy of Sciences*, XXX, 1–8.
- Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). *Interior landscape plants for indoor air pollution abatement* (Final Report NASA, NASA-TM-101760). National Aeronautics and Space Administration.

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF INDOOR AIR PURIFICATION FROM SULFUR DIOXIDE USING INDOORS PLANT PELARGONIUM (IN LATIN *PELARGONIA ZONALE*)

M. GURKLYTĖ, R. VAIŠKŪNAITĖ

#### Summary

People spend much of their time indoors. According to the World Health Organization, about 90% of all time is spent indoors, i.e. y. about 70% at work and about 20% at home. The main indoor air pollutants are: inorganic compounds, carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur oxides, ozone, etc. Indoor air quality can be improved by botanical filtration. These are plants that have great potential for removing many of the pollutants in indoor air. The indoors plant (in latin *Pelargonium zonale*) was selected for this study. The results were evaluated after the studies. In the study, the air purification efficiency at the initial SO<sub>2</sub> concentration (i.e. 68 µg / m<sup>3</sup>) was 95% in artificial light. The lowest cleaning efficiency is 78% achieved in the dark.

**Keywords:** air purification, botanical filtration, inorganic pollutants, sulfur dioxide, indoors plants, pelargonium.