

KLAIPĖDOS UNIVERSITETO  
SOCIALINIŲ IR HUMANITARINIŲ MOKSLŲ FAKULTETO  
SOCIALINĖS GEOGRAFIJOS IR REGIONISTIKOS STUDIJŲ CENTRAS

ORO TARŠOS VERTINIMAS NAUDOJANT  
PALYDOVINIUS DUOMENIS, GYVENTOJŲ SVEIKATOS  
IR INFORMUOTUMO ANALIZĖ „EKOLOGISTIKA”  
GAISRO PAVYZDŽIU

Baigiamasis magistro darbas

Darbo autorius:

SMNVG19, stud. Rūta Ivanauskaitė

Darbo vadovas:

prof. dr. Angelija Bučienė

Darbo konsultantas:

doc. dr. Diana Vaičiūtė

Klaipėda, 2021



Socialinės geografijos ir regionistikos studijų centras

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

Pildo magistro baigiamojo mokslinio darbo autorius

.....  
(magistro baigiamojo mokslinio darbo autoriaus vardas, pavardė)

.....  
(magistro baigiamojo mokslinio darbo pavadinimas lietuvių kalba)

**Patvirtinu, kad magistro baigiamasis mokslinis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas magistro baigiamasis mokslinis darbas ar jo dalis nebuvo panaudoti Klaipėdos universitete ir/ar kitose aukštosiose mokyklose.**

.....  
(magistro baigiamojo mokslinio darbo autorius ir parašas)

**Sutinku, kad magistro baigiamasis mokslinis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.**

.....  
(magistro baigiamojo mokslinio darbo autorius ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo mokslinio darbo vadovas

**Magistro baigiamąjį mokslinį darbą ginti**

.....  
(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....  
(data )

.....  
(magistro baigiamojo mokslinio vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo SGRS centro vadovas

Magistro mokslinis baigiamasis darbas įregistruotas centre

.....  
(data)

.....  
(vardas, pavardė ir parašas)

Pildo SGRS centro vadovas

**Magistro mokslinį baigiamąjį darbą ginti**

.....  
(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....  
(data )

.....  
(programų vadovo vardas, pavardė ir parašas)

**Recenzentu(-ais) skiriu**

.....  
(įrašyti recenzento(ų) vardą, pavardę)

.....  
(data )

## SANTRAUKA

Ivanauskaitė R. „Oro taršos vertinimas naudojant palydovinius duomenis, gyventojų sveikatos ir informuotumo analizė „Ekologistika“ gaisro pavyzdžiu“. Visuomeninės geografijos ir geoinformacinių sistemų taikymo magistro studijų programos baigiamasis darbas. Darbo vadovė: prof. dr. A. Bučienė (Socialinės geografijos ir regionistikos studijų centras); darbo konsultantė: doc. dr. D. Vaičiūtė (Jūros tyrimų institutas), Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2021. – 83 p.

*Raktažodžiai: oro tarša, palydoviniai duomenys, sveikata, informuotumas.*

Oro tarša yra viena aktualiausių šių dienų aplinkos problemų (EEA, 2020, 9). Dėl padidėjusio kenksmingų dujų kiekio ore pakitusi oro kokybė gali sukelti negrįžtamų pasekmių žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei. Kai kurie ore esantys teršalai yra toksiški, todėl jų įkvėpus padidėja tikimybė patirti sveikatos sutrikimus, tokius kaip širdies ir plaučių funkcijos pablogėjimas. Žmonės, sergantys širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo takų ligomis, taip pat vyresnio amžiaus asmenys, besilaukiančios moterys ir vaikai yra labiau veikiami oro taršos, todėl jie patenka į didžiausios rizikos grupę. Pasaulyje ir Lietuvoje atliekami nuolatiniai oro kokybės tyrimai, kuriais siekiama užfiksuoti padidėjusią oro taršą tiek dėl kasdienių veiksmų (transporto, pramonės veiklos ir pan.), tiek dėl ekstremalių įvykių (gaisrų, sprogimų ir pan.).

Mokslinio darbo tikslas – įvertinti oro taršą Alytaus miesto ir rajono teritorijoje 2019 m. įvykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro atveju naudojant palydovinius duomenis ir išnagrinėti oro taršos poveikį žmonių sveikatai.

Darbe keliami šie uždaviniai:

1. Atlikti Sentinel-5P TROPOMI palydovinių duomenų validaciją pasitelkiant Aplinkos apsaugos agentūros mobilių oro taršos vertinimo stotelių duomenis;
2. Išanalizuoti ir kartografuoti NO<sub>2</sub> sklaidą 2019 m. Alytaus padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro metu atsižvelgiant į vėjo krypties ir greičio duomenis bei atstumą nuo avarijos vietas;
3. Atlikti Alytaus miesto ir rajono gyventojų apklausą apie oro taršos poveikį sveikatai ir informuotumą Alytaus padangų perdirbimo gamyklos gaisro metu bei išanalizuoti gautus duomenis.

Oro taršos tyrimų rezultatai atskleidė, kad Sentinel-5P TROPOMI duomenys yra patikimi atliekant tiek kasdienį oro kokybės vertinimą, tiek dėl ekstremalių įvykių pakitusią oro būklę. Taip pat buvo išsiaiškinta, kad vyraujant didesniai vėjo greičiui oro teršalai greičiau išsisklaido ir patenka į tolimesnes nuo taršos šaltinio teritorijas, o esant mažam vėjo greičiui oro teršalai arčiau taršos šaltinio išsilaiko ilgiau. Tai įrodo meteorologinių sąlygų, tokių kaip vėjo greitis ir kryptis, įtaką oro teršalų erdvinei sklaidai.

Atlikus Alytaus miesto ir rajono gyventojų apklausą apie oro taršos poveikį sveikatai ir informuotumą Alytaus padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro metu išsiaiškinta, kad 40 % respondentų juto neigiamą oro taršos poveikį sveikatai. Labiausiai juntami simptomai buvo akių, nosies ir gerklės dirginimas, galvos svaigimas, dusulys. Ilgiausiai simptomus jautė ir vis dar jaučia Alytaus miesto gyventojai.

Tyrimo metu paaiškėjo, kad geriausiai apie įvykį informuoti jaunesnio amžiaus, įgiję aukštąjį universitetinį išsilavinimą žmonės. Vis dėlto, beveik ketvirtadalis (24,2 %) respondentų jautėsi prastai informuoti, o išanalizavus duomenis pagal amžiaus grupes ir išsilavinimą, paaiškėjo, kad šie rodikliai neturėjo reikšmės informuotumo lygiui. Pagrindinė prasto informuotumo priežastis – netiksli arba nelaiku pateikta informacija apie įvykį, kuri nurodo prastą komunikaciją tarp valdžios institucijų, žiniasklaidos ir miesto gyventojų.

## SUMMARY

Ivanauskaitė R. „Air pollution assessment using satellite data, residents health and awareness analysis based on „Ekologistika“ fire event example“. The final thesis of the master's degree study programme of Social Geography and Geoinformation Systems Application. Scientific supervisor: prof. dr. A. Bučienė; scientific consultant: doc. dr. D. Vaičiūtė, Klaipėda University: Klaipėda, 2021. – 83 p.

*Keywords: air pollution, satellite data, health, awareness.*

Air pollution remains one of the most relevant problems in these days (EEA, 2020, 9). Changes in air quality due to increased levels of harmful gases in the air can have irreversible consequences for human health and quality of life. Some airborne pollutants are toxic, so if inhaled they can increase the chance of having health problems. People with cardiovascular and respiratory diseases, as well as, the elderly, children and pregnant women, are at the highest risk as they are more exposed to air pollution. Continuous ongoing studies of air quality are carried out in the world and in Lithuania, which aim to record increased air pollution levels both due to everyday factors (transport, industrial activities, etc.) and due to extreme events (fires, explosions, etc.).

The aim of the research is to assess air pollution in the city and region of Alytus in 2019 in the fire event of the tire recycling factory „Ekologistika“ using satellite data and to examine the impact of air pollution on human health.

The following tasks are set in the work:

1. To validate Sentinel-5P TROPOMI satellite data using the data from the Environmental Protection Agency's mobile air pollution assessment stations;
2. To analyze and map NO<sub>2</sub> emissions dispersion during the fire event of the tire recycling factory „Ekologistika“ in Alytus, occurred in 2019, taking into account the wind direction and speed data and the distance from the accident site;
3. To do a survey of the residents of Alytus city and region about the impact of air pollution on health and awareness during the fire event of the tire recycling factory „Ekologistika“ and analyze the obtained data.

The results of the air pollution study revealed that the data from Sentinel-5P TROPOMI are reliable for both the daily air quality assessment and the air condition change due to the extreme events. Also, the results showed that with higher wind speeds, air pollutants disperse faster and enter areas farther from the source of pollution, and with low wind speeds, air pollutants stay closer to the source of pollution for a longer period of time. This demonstrates the influence of meteorological conditions such as wind speed and direction on the spatial distribution of air pollutants.

A survey of the residents of Alytus city and district about the impact of air pollution on health and the level of awareness during the fire event of the Alytus tire recycling factory „Ekologistika“ revealed that 40% of the respondents felt a negative impact of air pollution on health. The most noticeable symptoms were eye, nose and throat irritation, dizziness, shortness of breath. It was also found out that the residents of Alytus city felt and is still feeling the symptoms for a longer time.

The results of the study revealed that younger people with a university degree were better informed about the event. Nevertheless, almost a quarter (24,2%) of the respondents felt poorly informed, and the analysis of the data by age group and education showed that these indicators did not have a significant effect on the level of awareness. The main reason for poor awareness is inaccurate or untimely information about the event, indicating poor communication between the authorities, the media and the residents of the Alytus city.

## SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

AAA – Aplinkos apsaugos agentūra;

AERONET – Aerozolių robotikos tinklas;

AOT – Aerozolių optinis tankis (*angl.* Aerosol Optical Thickness)

CH<sub>4</sub> – Metanas;

CO – Anglies monoksidas;

CO<sub>2</sub> – Anglies dioksidas;

EK – Europos Komisija;

ES – Europos sąjunga;

HCHO – formaldehidas;

KD – Kietosios dalelės;

MODIS – Vidutinės skiriamosios gebos vaizdo gavimo spektrometras (*angl.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer);

NO<sub>2</sub> – Azoto dioksidas;

O<sub>2</sub> – deguonis;

O<sub>3</sub> – Ozonas;

OMI – ozono monitoringo instrumentas (*angl.* Ozone monitoring instrument);

PSO – Pasaulinė sveikatos organizacija;

SD – Standartinis nuokrypis;

SO<sub>2</sub> – Sieros dioksidas;

TROPOMI – Troposferos monitoringo instrumentas (*angl.* TROPospheric Monitoring Instrument)

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1 lentelė.* Oro teršalai ir svarbiausiai jų šaltiniai (modifikuota pagal Rutkoviėnė M. V., Sabienė N. 2008. p. 67), p. 18.
- 2 lentelė.* Informacija apie palydovus (sudaryta pagal ESA Sentinel technical guides), p. 22.
- 3 lentelė.* Oro teršalų ribinės bei maksimalios ir vidutinės vertės 2019 m. spalio mėn. Alytuje vykusio gaisro metu (sudaryta pagal AAA mobilių oro taršos vertinimo stotelių duomenis ir AAA nurodytas oro užterštumo normas [55]), p. 42.
- 4 lentelė.* AAA ir Sentinel-5P gaisro periodo duomenų vidurkiai ir SD (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 46.
- 5 lentelė.* Suvidurkintų AAA duomenų ir Sentinel-5P duomenų gaisro periodo vidurkiai ir SD (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 51.
- 6 lentelė.* Duomenų koreliacijos ir determinacijos koeficientai bei patikimumas, p. 53.
- 7 lentelė.* Vėjo kryptis ir greitis Alytaus regione 2019 m. spalio 16–25 d., p. 55.
- 8 lentelė.* Respondentų charakteristika pagal požymius (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 60.
- 9 lentelė.* Gyventojų nuomonę apie informuotumą ekstremalaus įvykio metu iliustruojantys teiginiai (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 65–67.
- 10 lentelė.* Žmonių, jutusių gaisro poveikį sveikatai, pasekmių analizė (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 72.

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1 pav.* Oro kokybės monitoringo stotys ir oro taršos būklė realiu laiku (2020-11-17 10 val.) (Šaltinis: <https://waqi.info/#/c/7.232/9.21/1.9z>), p. 20.
- 2 pav.* Antžeminės oro taršos stotelės Lietuvoje (sudaryta pagal AAA duomenis), p. 21.
- 3 pav.* Vidutinė NO<sub>2</sub> koncentracija Helsinkyje 2018 m. balandžio 15–30 d. darbo dienomis (kairėje) ir savaitgaliais (dešinėje) (Šaltinis: Ialongo I. ir kt. 2019, p. 5), p. 23.
- 4 pav.* NO<sub>2</sub> koncentracija virš Paryžiaus miesto 2018 m. vasario 23 ir 25 d. bei 2018 m. birželio 20 d. (Lorente A. ir kt. 2019, p. 4), p. 24.
- 5 pav.* NO<sub>2</sub> koncentracija 2020 m. sausio mėn. (kairėje) ir 2020 m. kovo mėn. (dešinėje) (Šaltinis: Hirsh S. 2020), p. 25.
- 6 pav.* NO<sub>2</sub> vidurkiai Ispanijoje 2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėn. (Šaltinis: Mesas-Carrascosa F. J., et al., 2020), p. 26.
- 7 pav.* NO<sub>2</sub> kiekio variacija 2020 m. sausio-balandžio mėn. Madride, Barselonoje ir Valencijoje (Šaltinis: Mesas-Carrascosa F. J., et al., 2020), p. 27.
- 8 pav.* Lyginamoji kartografinė NO<sub>2</sub> pokyčių 2019 m. ir 2020 m. sausio-balandžio mėn. reprezentacija (Šaltinis: Vîrghileanu M., et al. 2020), p. 28.
- 9 pav.* Lyginamasis 10 dienų NO<sub>2</sub> kiekio vidurkis virš Bukarešto, Rumunijos 2019 m. ir 2020 m. kovo-balandžio mėnesiais (Šaltinis: Vîrghileanu M., et al. 2020), p. 29.
- 10 pav.* Sentinel-5P TROPOMI (kairėje) ir antžeminių (dešinėje) NO<sub>2</sub> duomenų palyginimas 2019 m. ir 2020 m. sausio-balandžio mėnesiais Bukarešte (Šaltinis: Vîrghileanu M., et al. 2020), p. 30.
- 11 pav.* AOT koncentracija 2016 m. gruodžio 16–21 d. rytų Kinijoje. (Šaltinis: Mei L. ir kt. 2018, p. 2518), p. 32.
- 12 pav.* AOT gauta iš Sentinel-2 naudojant Sen2Cor, iCor ir MAJA algoritmus bei AOT išgautas iš Sentinel-3 (Šaltinis: Gitahi M. ir kt. 2019, p. 104), p. 34.
- 13 pav.* Tyrimo teritorija (sudaryta naudojant AAA ir geoportal duomenis), p. 43.
- 14 pav.* NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Miklusėnų gyv. (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 45
- 15 pav.* NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Alytaus m. (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 46.
- 16 pav.* 2019-10-18 NO<sub>2</sub> iš Sentinel-5P TROPOMI (sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 47.
- 17 pav.* NO<sub>2</sub> vidurkis gaisro periodu 2019 m. spalio 16–25 d. (sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 47.

18 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Miklusėnų gyv.) (sudaryta naudojant AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 48.

19 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Alytaus m.) (sudaryta naudojant AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 49.

20 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Miklusėnų gyv. (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 50.

21 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Alytaus m. (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 50.

22 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Miklusėnų gyv.) (sudaryta naudojant AAA suvidurkintus duomenis ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 51.

23 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Alytaus m.) (sudaryta naudojant AAA suvidurkintus duomenis ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 52.

24 pav. Tyrimo teritorija (sudaryta naudojant geoportal duomenis ir ArcGIS), p. 54.

25 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai didėjant atstumui 2019 m. spalio 17 d. (sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 56.

26 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai didėjant atstumui 2019 m. spalio 18, 19 ir 21 d. (sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis), p. 57.

27 pav. Respondentų gyvenamoji vieta (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 61.

28 pav. Respondentai apie tai, ar girdėjo apie Alytaus padangų perdirbimo gamykloje įvykusį gaisrą (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 62.

29 pav. Šaltiniai, iš kurių respondentai išgirdo apie gaisrą (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 63.

30 pav. Respondentai apie tai, ar užteko teikiamos informacijos apie labiausiai paveiktas apylinkes (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 63.

31 pav. Respondentai apie tai, ar jiems užteko teikiamos informacijos apie paveiktas apylinkes pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 64.

32 pav. Respondentai apie tai, ar jiems užteko teikiamos informacijos apie paveiktas apylinkes pagal išsilavinimo kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 64.

33 pav. Respondentai apie tai, ar buvo skiriama pakankamai dėmesio žmonių informavimui (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 65.

34 pav. Respondentai apie tai, ar jiems būtų naudinga detali ir viešai prieinama informacija apie oro taršos paveiktus rajonus (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 68.

35 pav. Respondentai apie tai, ar jiems būtų naudinga vizuali informacija apie oro taršos paveiktas zonas ir teršalų sklaidos kryptis (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 68.

- 36 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai po įvykusio gaisro (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 69.
- 37 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai po įvykusio gaisro pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 70.
- 38 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai po įvykusio gaisro pagal išsilavinimo kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 70.
- 39 pav. Respondentų juntamos pasekmės sveikatai (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 71.
- 40 pav. Respondentų juntamos pasekmės sveikatai pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 72.
- 41 pav. Neigiamų pasekmių sveikatai jutimo trukmė (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 73.
- 42 pav. Respondentai apie tai, kiek laiko juto simptomus pagal gyvenamąją vietą (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 74.
- 43 pav. Respondentai apie tai, ar kreipėsi į gydymo įstaigą (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 74.
- 44 pav. Respondentai apie tai, ar jiems gydymo įstaigoje buvo atlikti tyrimai (sudaryta pagal anketos duomenis), p. 75.

## TURINYS

<b>ĮVADAS .....</b>	<b>13</b>
<b>1. TYRIMO TIKSLAS, UŽDAVINIAI IR METODAI, ANKSTESNIŲ TYRIMŲ ANALIZĖ .....</b>	<b>15</b>
1.1. Tyrimo tikslas, uždaviniai ir metodika.....	15
1.2. Ankstesnių tyrimų analizė .....	16
1.2.1. Oro taršos problema globaliame kontekste .....	16
1.2.2. Oro teršalų tipai ir šaltiniai.....	17
1.2.3. Oro taršos tyrimai pasaulyje ir Lietuvoje.....	19
1.2.3.1. Sentinel-5P .....	22
1.2.3.2. Sentinel-3.....	31
1.2.3.3. Sentinel-2.....	33
1.2.3.4. Palydovinių duomenų panaudojimą limituojantys veiksniai.....	35
1.2.4. Oro taršos poveikis sveikatai.....	36
1.2.5. Ryšys tarp socioekonominių veiksnių ir oro taršos pavojaus sveikatai .....	39
<b>2. ORO TARŠOS VERTINIMAS ALYTAUS MIESTO IR RAJONO TERITORIJOJE.....</b>	<b>41</b>
2.1. Padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro įvykis.....	41
2.2. Antžeminių ir palydovinių NO <sub>2</sub> duomenų lyginimas.....	43
2.3. Oro taršos sklaidos vertinimas naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis .....	53
<b>3. ALYTAUS MIESTO IR RAJONO GYVENTOJŲ APKLAUSOS APIE GAISRO ĮVYKĮ ANALIZĖ .....</b>	<b>59</b>
3.1. Respondentų charakteristika.....	59
3.2. Gyventojų informuotumas ekstremalaus įvykio metu.....	61
3.3. Alytaus miesto ir rajono gyventojų sveikata po įvykusio gaisro.....	69
<b>IŠVADOS.....</b>	<b>76</b>
<b>LITERATŪRA.....</b>	<b>77</b>
<b>PRIEDAI.....</b>	<b>84</b>

## IVADAS

**Tyrimo problema ir aktualumas:** Intensyvi pramonės, žemės ir namų ūkio veikla, aktyvus transporto judėjimas, apsaugos reikalavimų neatitinkantis atliekų tvarkymas ir gaisrai neigiamai veikia oro kokybę. Pakitusi oro būklė ir padidėjusios kenksmingų dujų, tokių kaip anglies monoksido (CO), anglies dioksido (CO<sub>2</sub>), sieros dioksido (SO<sub>2</sub>), azoto dioksido (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), aerozolių ir juose esančių kietųjų dalelių, koncentracijos yra viena aktualiausių problemų pasaulyje. Vienas pagrindinių oro teršalų yra NO<sub>2</sub>, patenkantis į atmosferą dėl itin dažnai vykstančio degimo proceso, pavyzdžiui, degant kurui ar kitoms medžiagoms, labiausiai urbanizuotose zonose, ir, nors pagal gyvavimo trukmę NO<sub>2</sub> atmosferoje išlieka trumpai (1–12 val.), jo fotocheminis apdorojimas ir jo metu besiformuojantys tiek O<sub>3</sub>, aerozoliai ir juose esančios kietosios dalelės, tiek ir rūgštūs lietūs, turi ilgalaikį poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai (Lorente A. et al. 2019, 1). Azoto dioksidas yra vienas pagrindinių nerimą keliančių oro teršalų daugelyje urbanizuotų ir industrinių teritorijų pasaulyje, ypač Europos regione, kur 2017 m. net 20 šalių (Jungtinė Karalystė, Vokietija, Nyderlandai, Italija, Ispanija, Prancūzija ir kt.) NO<sub>2</sub> viršijo metines ribines vertes (40 µg/m<sup>3</sup>), nurodytas Europos Komisijos direktyvoje 2008/50/EC dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje (Vîrghileanu M. et al. 2020, 1–2).

Europos aplinkos agentūros ataskaitoje „Oro kokybė Europoje 2019 m.“ (*angl.* Air quality in Europe – 2019) pateiktais duomenimis, Europos oro kokybė išlieka viena prasčiausių, neskaitant jau kurį laiką veikiančių oro taršos mažinimo priemonių, tokių kaip aplinkos oro kokybės direktyvos, kuriose nurodyta parengti ir įgyvendinti oro kokybės planus ir priemones, pavyzdžiui, išplėsti centralizuotą šildymą naudojant švaresnius degalus šildymui, įvesti mažiau aplinką teršiančių transporto priemonių zonas, pereiti prie mažiau teršiančių autobusų, skatinti žmones važiuoti dviračiais, zonose, kur oro teršalų koncentracija viršija ES standartus (EEA, 2019). Žinoma, dėl didelės tokių priemonių įvairovės ir skirtingų tipų miestų sudėtinga atrasti konkretų visiems miestams priimtina sprendimą.

Oro tarša kelia grėsmę žmonių sveikatai. Nors oro teršalai veikia kiekvieną, nuo jų labiausiai kenčia į didžiausios rizikos grupę patenkantys žmonės: vaikai, vyresnio amžiaus asmenys, besilaukiančios moterys ir tie, kurie turi rimtų sveikatos sutrikimų, pavyzdžiui, kvėpavimo takų, širdies ir kraujagyslių ligų. Žemesnio socioekonominio statuso žmonės taip pat labiau kenčia nuo oro taršos, kadangi jie dažniausiai gyvena prastesne oro kokybe pasižyminčioje aplinkoje, pavyzdžiui, šalia judrių kelių ar gamyklų teritorijų.

Oro taršos poveikis žmonėms, pasėlių ir miškų derliui, ekosistemoms, klimatui ir aplinkai taip pat veikia ekonomiką, pavyzdžiui, lemia dideles rinkos ir ne rinkos išlaidas. Rinkos išlaidos dėl oro taršos apima sumažėjusį darbo produktyvumą, papildomas išlaidas sveikatai ir nuostolius dėl suprastėjusio pasėlių ir miškų derliaus. Ne rinkos išlaidos yra susijusios su padidėjusiu mirtingumu ir sergamumu, oro ir vandens kokybės pablogėjimu, suprastėjusia ekosistemų būkle ir klimato kaita (EEA, 2019, 15).

Lietuvoje kasmet dėl žmonių veiklos įvairiose gamyklose ar įmonėse įvyksta vis daugiau nelaimių, ypač sprogimų, gaisrų, pavyzdžiui, 2019 m. spalio mėn. Alytuje įvyko didelis gaisras padangų perdirbimo gamykloje, 2020 m. pavasarį Klaipėdoje įvyko sprogimas PET granulių ir plastiko gamykloje, taip pat neišvengiamai kyla gaisrų durpynuose ir sąvartynuose. Tokių įvykių metu į atmosferą išsiskleidžia daug kenksmingų dujų, kurių plika akimi pamatyti neįmanoma, tačiau jas galima užfiksuoti įvairiais prietaisais, pavyzdžiui, antžeminėmis oro taršos stotelėmis, oro kokybės matuokliais ar nuotoliniais tyrimų metodais.

Lietuvoje oro taršos antžeminius matavimus miestuose įrengtose stotyse arba mobiliose stotelėse atlieka Aplinkos apsaugos agentūra (AAA), tačiau oro tarša tokiu būdu nustatoma tik viename taške. Kita alternatyva – palydovai, kurių duomenis galima naudoti ne tik fiksuojant oro taršą konkrečiuose taškuose, bet taip pat ir norint įvertinti kenksmingų dujų pasklidimą didelėje teritorijoje. Vis dėlto, Lietuvoje apie palydovinių duomenų panaudojimą oro taršos tyrimams yra žinoma mažai, todėl labai svarbu įvertinti palydovų galimybes atliekant oro užterštumo stebėseną tam, kad būtų galima tiksliau nustatyti užterštas teritorijas tiek erdvės, tiek laiko atžvilgiu ir išpėti žmones dėl galimo pavojaus jų sveikatai.

Žmonių sveikata ir informuotumo lygis ekstremalių įvykių metu taip pat yra aktuali problema. Norint išsiaiškinti apie tai, kiek žmonės yra informuoti apie oro taršą sukeliančius įvykius ir oro taršos pavojų sveikatai, saugos priemonės, taip pat apie tai, kaip žmonės jautėsi ekstremalių įvykiu metu, kas juos gąsdino, kokius sveikatos sutrikimo pajuto, labai naudingas kiekybinio tyrimo metodas, konkrečiau, socialinės apklausos. Pasitelkiant apklausas didesnio žmonių kiekio tyrimui tam tikru klausimu, paprasčiau išsiaiškinti respondentų nuomonę, atspindinčią ir populiacijos nuomonę. Taip pat tokiu tyrimu lengviau suvokiami priežastiniai ryšiai tarp tiriamos problemos ir kitų veiksnių, pavyzdžiui, socialinių ar ekonominių veiksnių, elgesio ir pan. Šiuo atveju internetinės apklausos yra vienas greičiausių būdų tokiai sociologinei informacijai gauti, kadangi yra ekonomiškos, lengvai pasiekiamos žmonėms ir pakankamai efektyvios, palyginus su kitais duomenų rinkimo metodais (Showkat N. 2017, 7).

Magistro darbą sudaro trys dalys: pirmoje darbo dalyje aptariamas tyrimo tikslas, objektas, uždaviniai ir metodai, ankstesnių tyrimų analizė. Antroje dalyje atliekamas oro taršos vertinimas naudojant palydovinius duomenis Alytaus mieste vykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro atveju. Trečioje dalyje atliekama Alytaus miesto ir rajono gyventojų apklausos apie oro taršą, poveikį sveikatai ir informuotumą Alytaus padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro metu analizė.

# 1. TYRIMO TIKSLAS, UŽDAVINIAI IR METODAI, ANKSTESNIŲ TYRIMŲ ANALIZĖ

## 1.1. Tyrimo tikslas, uždaviniai ir metodika

Dėl antropogeninės kilmės nelaimių, pavyzdžiui, gaisrų gamyklose, kyla didelio oro užterštumo pavojus urbanizuotose teritorijose. Tokių įvykių sukelta oro tarša turi neigiamą poveikį žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei, pavyzdžiui, gali išsivystyti kvėpavimo takų, širdies ir kraujagyslių ligos, kiti sutrikimai, o ilgalaikėje perspektyvoje žmogui gali grėsti mirtis. Dėl to labai svarbu atlikti oro taršos tyrimus tam, kad ateityje būtų galima numatyti būsimus oro taršą sukeliančius įvykius ir kiek įmanoma labiau sumažinti oro teršalų žalą žmonių sveikatai.

**Darbo objektas:** Oro tarša.

**Darbo tikslas:** Įvertinti oro taršą Alytaus miesto ir rajono teritorijoje 2019 m. įvykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro atveju naudojant palydovinius duomenis ir išnagrinėti oro taršos poveikį žmonių sveikatai.

**Darbo uždaviniai:**

1. Atlikti Sentinel-5P TROPOMI palydovinių duomenų validaciją pasitelkiant Aplinkos apsaugos agentūros mobilių oro taršos vertinimo stotelių duomenis;
2. Išanalizuoti ir kartografuoti NO<sub>2</sub> sklaidą 2019 m. Alytaus padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro metu atsižvelgiant į vėjo krypties ir greičio duomenis bei atstumą nuo avarijos vietas;
3. Atlikti Alytaus miesto ir rajono gyventojų apklausą apie oro taršos poveikį sveikatai ir informuotumą Alytaus padangų perdirbimo gamyklos gaisro metu bei išanalizuoti gautus duomenis.

**Darbo metodai:**

- **Mokslinės literatūros analizė** – taikoma siekiant išsiaiškinti palydovinių duomenų galimybes, metodiką ir limituojančius veiksnius tiriant oro taršą, taip pat norint sužinoti, kokia yra oro taršos žala žmonių sveikatai.
- **Grafinis ir kartografinis metodai.** Darbe naudojamos SNAP (7.0.0. versija) ir ArcMap (10.5 versija) programos, skirtos apdoroti, vizualizuoti, ir ištraukti skaitines reikšmes iš palydovinių duomenų.

- **Anketinė apklausa** – atliekamas kiekybinis ir kokybinis tyrimas siekiant išsiaiškinti, ar Alytaus miesto ir rajono gyventojai dėl 2019 m. Alytuje vykusio gaisro pajuto poveikį sveikatai ir ar buvo pakankamai informuoti dėl įvykio.
- **Statistinė anketinės apklausos duomenų analizė** – atliekama duomenis apdorojant IBM SPSS statistics 26.0 (*angl.* Statistical Package for Social Sciences) programinio paketo įrankiais ir aprašant gautus rezultatus aprašomosios statistikos metodo pagrindu.

## 1.2. Ankstesnių tyrimų analizė

### 1.2.1. Oro taršos problema globaliame kontekste

Pirmieji oro taršos paminėjimai siekia senovės Graikijos laikus, o vienas seniausių šaltinių, kuriame aprašyta atmosferos tarša, yra anglų rašytojo John'o Evelyn'o laiškas *Fumifugium*, skirtas Anglijos, Škotijos ir Airijos karaliui Karoliui II (Boldo E. 2016, 12). Šiame šaltinyje rašytojas atkreipia dėmesį į oro taršos problemą Londone, remdamasis senovės graikų filosofais, kurie tikėjo, kad oras buvo vienas pagrindinių žmogaus gyvybės šaltinių iki tol, kol oro tarša pradėjo kenkti žmonių sveikatai. J. Evelyn'as laiške siūlė visas aplinką teršiančias veiklas patraukti toliau nuo miesto teritorijos ir šalia Londono pasodinti plantacijas, kurios pagerintų oro kokybę. Vis dėlto, nuo Pramonės perversmo laikų (XVIII–XIX a.) žmonių veikla vis labiau veikė aplinką, kurioje gyvendami nukentėdavo ir patys žmonės. Pramonės rajonai neretai buvo plečiami miestų centruose, o juose atliekama pramoninė veikla prisidėdavo prie vis didėjančio oro teršalų kiekio. Tuo laikotarpiu prasidėjo pirmieji oro taršos sukeltų sveikatos sutrikimų registravimai. Žmonės neretai skųsdavosi susilpnėjusia sveikata, pablogėjusiu regėjimu. Vėliau padaugėjo ir vėžinių susirgimų atvejų. Šiais amžiais sparčiai augusi ekonomika turėjo savo kainą – niokojamą aplinką ir vis blogėjančią žmonių sveikatą (Boldo E. 2016, 12).

XX a. besitęsianti pramonės plėtra, automobilių išradimas ir kiti procesai lėmė padidėjusią oro taršą. XX a. I pusėje didėjo žmonių sergamumas ir mirtingumas, susijęs su oro tarša, todėl atsirado pirmieji aktyvistų judėjimai, kuriais buvo siekiama sustabdyti šią aplinkai ir žmonėms žalą darantį procesą. Visgi XX a. neišvengta nelaimių. 1930 m. Belgijoje dėl apsinuodijimo fluoru (nuodingomis halogeninėmis dujomis) mirė 63 žmonės, o 1948 m. dėl fotocheminio smogo Pensilvanijoje (JAV) mirė 20 žmonių ir dar 7 tūkst. patyrė sunkių sveikatos sutrikimų (Boldo E. 2016, 14). Tai tik keletas oro taršos sukeltų įvykių, kurių XX a. II pusėje sparčiai daugėjo. Patys grėsmingiausi aplinkosaugos įvykiai istorijoje, tokie kaip 1986 m. įvykusios Černobylio atominės elektrinės Ukrainoje ir 2011 m. įvykusios Fukušimos atominės elektrinės Japonijoje avarijos savo mastu įrodo tikrą oro taršos pavojų žmonėms ir aplinkai. Po tokių įvykių į oro taršą

ir aplinkosaugą pradėta žvelgti daug rimčiau – buvo pradėti vykdyti svarbūs pokyčiai aplinkosaugos politikoje, taip pat įvesta oro taršos kontrolė (Boldo E. 2016, 14). Ypač rimtai į problemą pirmosios dėmesį atkreipė Vakarų Europa ir JAV. Vėliau tai tapo globali problema, su kuria kovojama iki šiol.

Moksliniai tyrimai atskleidė, kad suprastėjusi oro kokybė gali sukelti neigiamų pasekmių aplinkai ir žmonių sveikatai. Oro teršalai gali sukelti kvėpavimo takų ir širdies kraujagyslių ligas, taip pat jie daro žalą augmenijai, užteršia dirvožemį ir vandenį, sukelia pastatų koroziją ir kt. (Boldo E. 2016, 16). Didžiulis oro teršalų poveikis aplinkai reikalauja visuotinės atsakomybės imtis veiksmų siekiant sumažinti atmosferos taršą. Norint įgyvendinti šį siekį, svarbu, kad mokslo, technologijų ir visuomenės institucijos imtųsi glaudaus bendradarbiavimo ir bendros galimų sprendimų paieškos (Boldo E. 2016, 16).

Kadangi oro tarša apima tiek gamtinę, tiek socialinę dimensiją, įvairių sričių mokslininkai daug dėmesio skiria apibūdinti ir ištirti aplinkos problemas iš skirtingų perspektyvų. Viena vertus, aplinkos tarša neretai būna vertinama kaip aplinkoje vykstantys cheminiai, biologiniai ir fiziniai procesai, kurie sukelia trumpalaikį ar ilgalaikį Žemės ekologinės pusiausvyros pažeidimą, emisijas į biosferą (Rutkoviėnė M. V., Sabienė N. 2008, 6.). Šios emisijos neretai atsiranda ne tik dėl natūralių gamtinių procesų, bet ir dėl žmonių veiklos. Kita vertus, po pirmųjų aplinkos pokyčių studijų XX a. II p. padidėjo ekologinių nelaimių suvokimas, atsirado aplinkos aktyvizmas, tai reiškia, kad į aplinkos problemas buvo pradėdama žvelgti kaip į socialines problemas (Rotko T. 2004, 13). Taigi aplinkos problemos įgauna socialinį matmenį, kai jos tampa viešų diskursų dalimi.

Šiais laikais didieji pasaulio miestai dėl sparčiai didėjančios populiacijos ir toliau besiplečiančių pramoninių rajonų vis dažniau susiduria su prastos oro kokybės problema. Į atmosferą išmetamų kenksmingų medžiagų kiekiai pagal numatytus tarptautinius standartus, konkrečiau, EK Oro kokybės direktyvos 2008/50/EC standartus (pavydžiui, NO<sub>2</sub> paros norma – 200 µg/m<sup>3</sup>, metinė norma – 40 µg/m<sup>3</sup>), viršija leistinus kiekius, dėl to kyla didžiulis pavojus žmonių sveikatai. Visgi norint labiau suvokti oro taršos problemą svarbu išsiaiškinti, kokie oro teršalai ir taršos šaltiniai egzistuoja.

### 1.2.2. Oro teršalų tipai ir šaltiniai

Oro teršalai – tai tam tikri ore esantys komponentai, sukeltantys pavojų tiek gamtai, tiek gyviems organizmams, įskaitant ir žmones. Oro teršalų klasifikavimas priklauso nuo įvairių kriterijų, pavyzdžiui, taršos šaltinio, poveikio aplinkai ir gyviems organizmams, gebėjimo išsilaikyti konkrečioje teritorijoje ar kaip tik išsisklaidyti. Taip pat teršalus galima skirstyti ir pagal teritorijos, kurioje jie pasklidę, dydį ir paplitimą, pavyzdžiui, tai gali būti mažos teritorijos (vietinio masto), regiono (regioninio masto) ir pasaulio (globalaus masto) taršos išplitimas, kurį įvertinus galima nustatyti pavojingas zonas ir išvengti didesnių padarinių aplinkai. Teršalai retai lieka taršos vietoje, jie juda ore, dirvožemyje, gali migruoti vandeniu,

užteršti maistą, patekti į žmogaus organizmą, ir nors, paprastai, tarša yra didesnė arčiau taršos šaltinio, teršalai migruoja ir jų poveikis gali pasireikšti tolesnėse nuo šaltinio teritorijose (Rutkoviėnė M. V., Sabienė N. 2008, 9).

Pagrindiniai taršos šaltiniai yra dviejų rūšių: natūralūs ir antropogeniniai. Antropogeniniai taršos šaltiniai susiję su žmonių veikla, urbanizacijos procesais. Šie teršalai daugiausia išsiskiria dėl intensyvios žemės ūkio, transporto ir pramonės veiklos, todėl koncentruojasi tam tikrose specifinėse zonose, pavyzdžiui, urbanizuotose ir pramoninėse teritorijose. Pramoninės kilmės taršai būdingas itin didelis teršalų kiekis ir jų įvairovė, kadangi gamyklose vyksta daug skirtingų procesų ir išsiskiriantys teršalai priklauso nuo naudojamų žaliavų ir technologijų. Labiausiai teršiantys pramonės šaltiniai yra termoelektrinės, geležies ir plieno, popieriaus bei naftos perdirbimo gamyklos (Boldo E. 2016, 26). Norint nustatyti oro taršą atsižvelgiama į labiausiai paplitusius antropogeninius oro teršalus: sieros dioksidą (SO<sub>2</sub>), anglies monoksidą (CO<sub>2</sub>), azoto dioksidą (NO<sub>2</sub>), kietąsias daleles (KD<sub>2,5</sub> ir KD<sub>10</sub>) ir kt. (*1 lent.*). Aerozoliai taip pat turi įtakos oro kokybei ir klimatui, kadangi juose yra kietųjų dalelių (De Gouw J. et al. 2009, 7614). Kietosios dalelės būna dviejų tipų: smulkios, kai jų aerodinaminis skersmuo yra mažesnis nei 2,5 mikronų (μm) – KD<sub>2,5</sub>, ir stambios, kai aerodinaminis skersmuo yra mažesnis nei 10 mikronų – KD<sub>10</sub>. Iš šių dviejų kietųjų dalelių tipų pavojingesnės smulkios dalelės, kadangi jos ore išlieka ilgiau ir lengviau prasiskverbia į kvėpavimo takus bei kraujotakos sistemą (Boldo E. 2016, 21). Stambios dalelės nėra tokios pavojingos, nes pakankamai greitai nusėda ant žemės paviršiaus, taip pat jas dažnai nuplauna lietus.

Natūralūs taršos šaltiniai yra aptinkami gamtoje. Tai gali būti ugnikalniai, kurių viduje vykstančių natūralių procesų metu į orą išmetamos dujos, taip pat augalai, kurių žiedadulkės gali sukelti alergiją žmonėms, gyvuliai ir net žmonės, kurie išskiria tam tikrą kiekį dujų. Natūraliai vykstantys miškų gaisrai taip pat turi didžiulę įtaką oro kokybei, kadangi gaisrų metu į atmosferą išsiskiria dideli CO<sub>2</sub> ir kitų dujų kiekiai (Boldo E. 2016, 23). Svarbu paminėti, kad natūraliai į aplinką patenkančios teršalų emisijos negali būti kontroliuojamos, tačiau antropogeninė tarša gali būti suvaldoma.

*1 lentelė. Oro teršalai ir svarbiausi jų šaltiniai (modifikuota pagal Rutkoviėnė M. V., Sabienė N. 2008, 67).*

Oro teršalas	Svarbiausi taršos šaltiniai
Kietosios dalelės (KD)	Pramoninės gamybos procesai, kuro deginimas
Sieros dioksidas (SO <sub>2</sub> )	Kuro deginimas, gamybos procesai
Anglies dioksidas (CO <sub>2</sub> )	Automobilių transportas, biomasės skilimas/deginimas
Azoto dioksidas (NO <sub>2</sub> )	Automobilių transportas, kuro deginimas

Pagal tai, kaip oro teršalai patenka į aplinką, juos galima skirstyti į pirminius ir antrinius teršalus. Pirminiai oro teršalai į orą išsiskiria tiesiogiai iš savo šaltinio. Tokie teršalai susidaro dėl nepilno anglies sudegimo (sieros dioksidas, dūmai, anglies monoksidas) ir gali būti natūralios arba antropogeninės kilmės

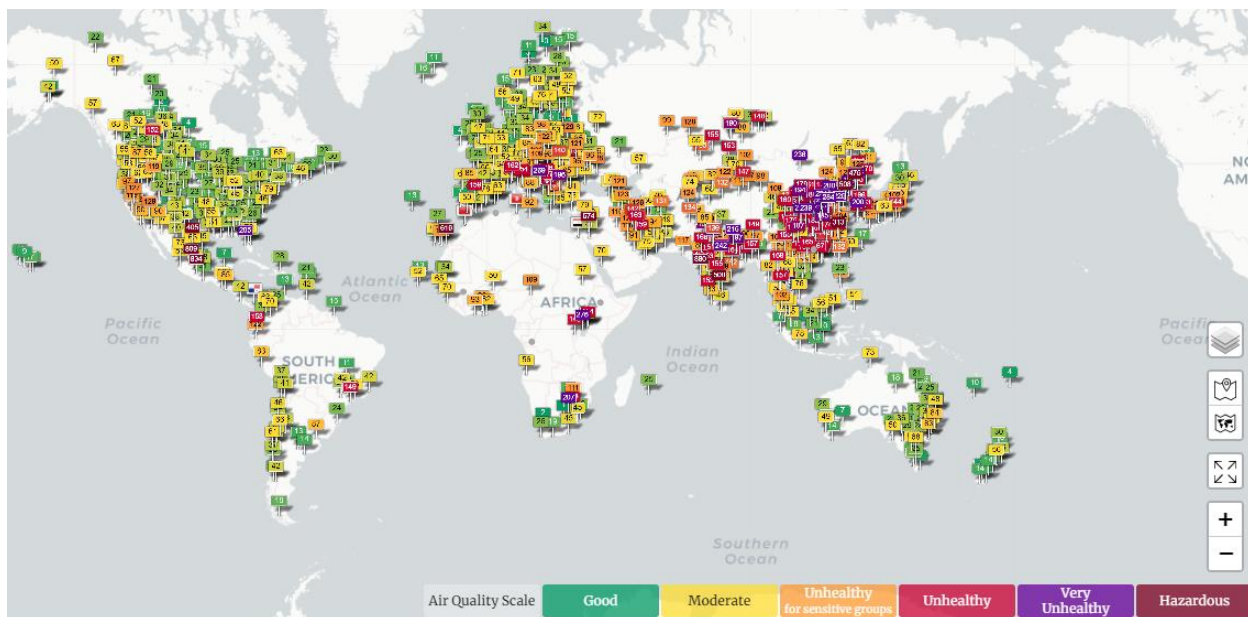
(pelenai po ugnikalnio išsiveržimo, anglies monoksidas iš autotransporto priemonių) (Rutkovienė M. V., Sabienė N. 2008, 25). Antriniai teršalai susidaro pirminiams reaguojant su ore esančiomis dalelėmis. Prie šio proceso prisideda ir meteorologinės sąlygos, tokios kaip vėjas, drėgmė, temperatūros pokyčiai ir kt. Kai kurie oro teršalai priklauso abiem tipams, pavyzdžiui, kietosios dalelės gali išsiskirti tiesiogiai iš tam tikrų šaltinių arba susiformuoti atmosferoje fotocheminių reakcijų metu (Boldo E. 2016, 21). Toks oro teršalų klasifikavimas yra labai svarbus norint kontroliuoti atmosferos taršą. Sumažinus pirminių teršalų išmetimą į atmosferą, sumažėja ir minėtų medžiagų koncentracijos aplinkoje. Vis dėlto, šis tiesioginis ryšys ne visada tinka antriniam teršalams, kadangi jų pirmtakų teršalų sumažėjimas aplinkoje nereiškia, kad lygiai taip pat sumažės ir antrinių teršalų koncentracija.

Kalbant apie erdvinį teršalų pasiskirstymą, labiausiai oro taršos paveiktos vietinio masto teritorijos, konkrečiau, urbanizuotos zonos. Pagrindiniai šiose zonose esantys taršos šaltiniai yra antropogeninės kilmės: išmetamosios transporto dujos, pastatų šildymo metu išsiskiriančios dujos ir pan. Dėl šių teršalų neretai susidaro sveikatai kenksmingas atmosferinis reiškinys – smogas. Šis reiškinys gali susiformuoti bet kuriuo metų laiku užsistovėjusiam ore esant dideliame kiekiui oro teršalų, o šio reiškinio intensyvumas priklauso nuo klimato sąlygų, pavyzdžiui, saulės radiacijos, temperatūros, vėjo, taip pat nuo paros ir metų laiko bei oro teršalų (Boldo E. 2016, 35). Oro teršalų žala nebūtinai pasireiškia vietinio masto teritorijose. Daugelis jų išsisklaido po didesnes zonas, būna pernešami vėjo, todėl poveikis aplinkai gali pasireikšti ir tolesnėse nuo taršos šaltinių teritorijose. Patys svarbiausi regioninio masto taršos procesai, tokie kaip antžeminio ozono ar fotocheminio smogo susidarymas vyksta dėl antrinių teršalų kaltės.

Oro tarša gali sukelti atmosferinius pokyčius globaliu mastu (Ramanathan V. et al. 2009). Dėl to atsiranda aplinkosauginių problemų, kurios veikia visą pasaulį, pavyzdžiui, dėl šiltnamio efekto ir skylės ozono sluoksnyje atsiradęs klimato kaitos reiškinys šiuo metu yra viena svarbiausių pasaulio problemų. Šią problemą tiek globaliu, tiek regioniniu bei vietiniu mastu mokslininkai tiria pasitelkdami įvairiausias technologijas, kuriomis galima nustatyti labiausiai oro taršos paveiktas zonas.

### 1.2.3. Oro taršos tyrimai pasaulyje ir Lietuvoje

Daugelyje pasaulio šalių atliekama oro kokybės stebėseną. Viena pagrindinių priemonių – oro kokybės matavimo stotys. Visame pasaulyje yra daugiau nei 30 tūkst. žinomų oro kokybės monitoringo stočių, o 2020 m. rugpjūtį buvo užfiksuota daugiau nei 15 tūkst. realiu laiku informaciją apie oro kokybę teikiančių stočių 2 tūkst. pagrindinių miestų iš 132 šalių [62]. Šiuo metu vyksta Aplinkos apsaugos agentūros (EPA, *angl.* Environment Protection Agency) paremtas Pasaulio oro kokybės indekso projektas, dėl kurio sukurtas oro taršos žemėlapis (*1 pav.*), teikiantis oro taršos duomenis realiu laiku iš daugiau nei 10 tūkst. oro kokybės matavimo stočių pasaulyje [61].



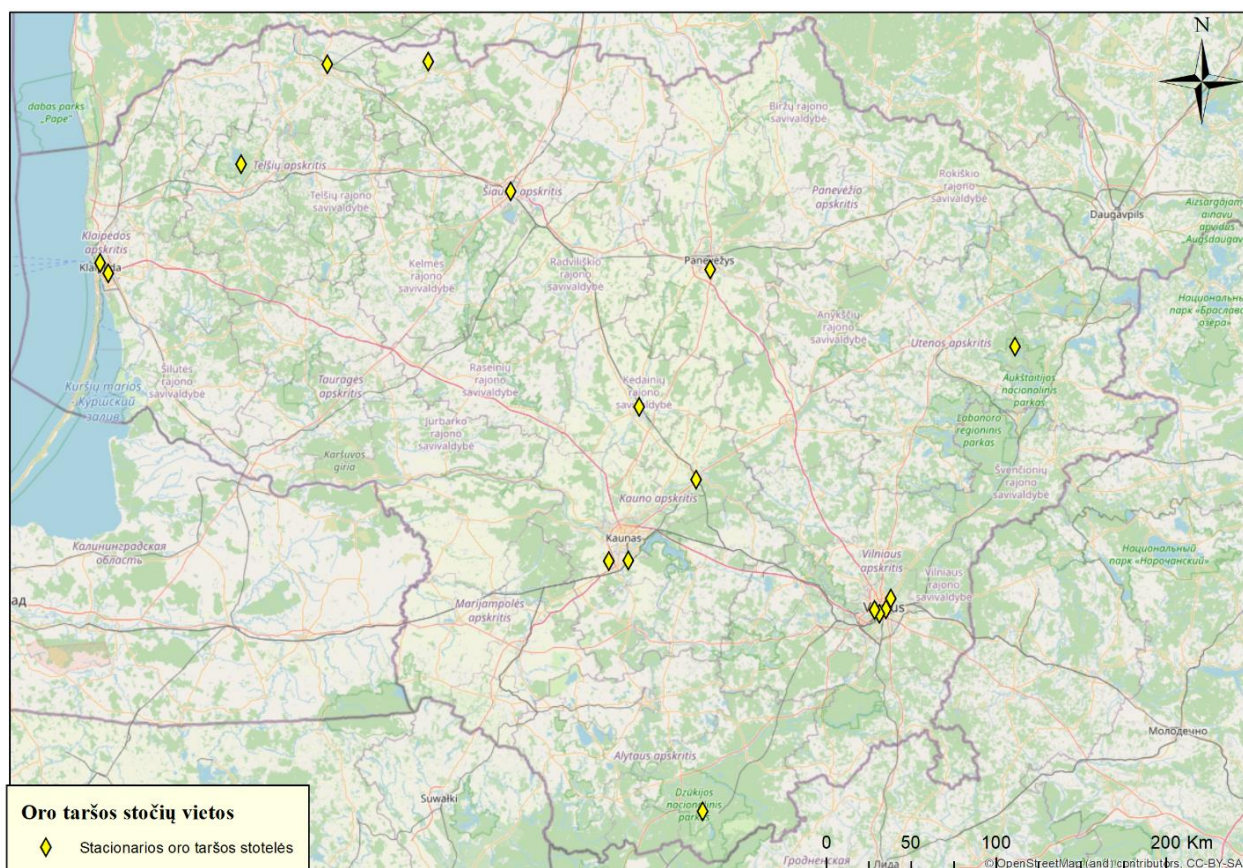
1 pav. Oro kokybės monitoringo stotys ir oro taršos būklė realiu laiku (2020-11-17 10 val.)

(Šaltinis: <https://waqi.info/#/c/7.232/9.21/1.9z>)

Lietuvoje taip pat atliekami oro taršos tyrimai. Oro kokybei stebėti ir vertinti skirtas valstybinis aplinkos oro monitoringas nuo 1967 m. vykdomas didžiuosiuose miestuose bei pramonės centruose, kuriuose matuojamos pagrindinių ir kai kurių specifinių teršalų, būdingų tai vietai, koncentracijos: bendrosios dulkės, sieros dioksidas, anglies monoksidas, sulfatai, formaldehidai, fenolas, sieros vandenilis, fluoro vandenilis, azoto oksidai, metalai ir benz(a)pirenas [59].

Lietuvoje veikianti Aplinkos apsaugos agentūra (AAA) teikia oro kokybės matavimų duomenis iš antžeminių stotelių, kurios išsidėsčiusios didžiuosiuose miestuose. Dabartinės antžeminės stotelės teikia informaciją apie SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO bei KD<sub>10</sub> ir KD<sub>2,5</sub> koncentracijas stotelių vietose. Taip pat atliekami papildomi tyrimai mobiliomis stotelėmis.

Iš viso Lietuvoje įrengta 17 antžeminio matavimo stočių (2 pav.): 4 Vilniuje, 2 Kaune, 2 Klaipėdoje, 1 Panevėžyje, 1 Naujojoje Akmenėje, 1 Šiauliuose, 1 Mažeikiuose, 1 Jonavoje, 1 Kėdainiuose ir po vieną etnografiniuose Lietuvos regionuose (Aukštaitijoje, Žemaitijoje ir Dzūkijoje). AAA teikia oro kokybės statistiką ir duomenis apie paros ir metų oro kokybės rodiklius, nustatytas oro taršos normas ir kitą su oro tarša susijusią informaciją.



2 pav. Antžeminės oro taršos stotelės Lietuvoje  
(sudaryta pagal AAA duomenis)

Oro taršą galima stebėti ir vertinti naudojant palydovinius duomenis. Viena tokių duomenų šaltinių yra EK, Europos kosmoso agentūros ir ES šalių koordinuojama programa „Copernicus“. Tai specialiai sukurta programa, teikianti informaciją ir duomenis iš palydovų beveik realiu laiku. Šie duomenys gali būti naudojami tiek vietinio ar regioninio, tiek ir globalaus masto problemoms tirti. „Copernicus“ teikia nemokamus visiems vartotojams prieinamus duomenis iš „Sentinel“ grupės palydovų. Duomenis galima rasti „Copernicus“ atvirosios prieigos duomenų centro internetiniame portale: <https://scihub.copernicus.eu/>.

Oro užterštumo vertinimui tinkamiausi trys „Sentinel“ grupės palydovai: Sentinel-2, Sentinel-3 ir Sentinel-5P (2 lent.) Pats naujausias Europos kosmoso agentūros išleistas 2017 m. palydovas Sentinel-5P yra skirtas oro taršos monitoringui. Kiti du palydovai nėra pritaikyti šiai sričiai, tačiau iš jų teikiamų duomenų galima atrinkti atmosferos produktą – aerozolio dalelių optinį tankį (*angl.* Aerosol Optical Thickness (AOT)), kuris parodo oro taršą ir jos sklaidą teritorijoje (Obregón M. A. et al. 2019, 2).

2 lentelė. Informacija apie palydovus (sudaryta pagal ESA Sentinel technical guides [60]).

„Sentinel“ grupės palydovas	Palydovo išleidimo data	Kas kiek laiko palydovas praskrenda pro tą pačią teritoriją	Duomenų produktai	Erdvinė rezoliucija
Sentinel-2A	2015-06-23	Kas dvi, tris dienas	Aerozolių optinis tankis (AOT)	10 m, 20 m, 60 m.
Sentinel-2B	2017-03-07			
Sentinel-3A	2016-02-16	Kasdien	Aerozolių optinis tankis (AOT)	300 m
Sentinel-3B	2018-04-25			
Sentinel-5P	2017-10-13	Dukart per dieną	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCHO, CO, CH <sub>4</sub> ir aerozolių optinis tankis.	7 km x 7 km 7 km x 3,5 km 5,5 km x 5,5 km 3,5 km x 5,5 km

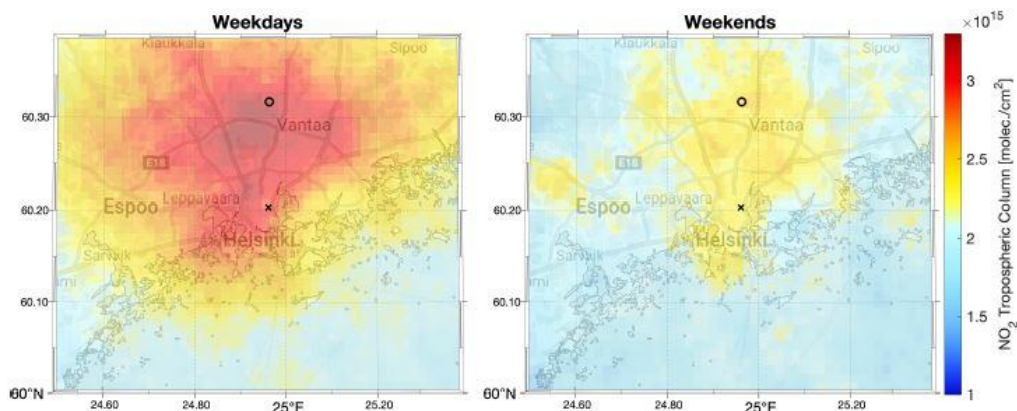
Daugiausia oro taršos tyrimų naudojant palydovinius duomenis atlikta tose šalyse, kur ši problema yra viena didžiausių, tai yra, Kinijoje ir JAV, tačiau vis daugiau panašių tyrimų atsiranda ir Europos šalyse, tokiose kaip Italija, Prancūzija, Suomija, Ispanija ir kt.

#### 1.2.3.1. Sentinel-5P

Sentinel-5P palydove įrengtas spektrometras „TROPOMI“ (Troposferos monitoringo instrumentas (*angl.* TROPOspheric Monitoring Instrument), kuris fiksuoja O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, HCHO, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ir aerozolius ultravioletiniuose, matomojo spektro, artimuosiuose ir trumpuosiuose infraraudonuosiuose spinduliuose (Kaplan G. et al. 2019, 2). Palydovo rezoliucija pradžioje buvo 7 km x 7 km, tačiau nuo 2019 m. rugpjūčio 6 d. pagerėjo į 5,5 km x 5,5 km rezoliuciją, dėl kurios šis palydovas yra tinkamas stebėti oro taršą miestų lygmeniu (Ialongo I. et al. 2019, 2). Kituose šaltiniuose nurodyta, kad NO<sub>2</sub> produkto rezoliucija keitėsi palaipsniui, 2017 m. buvo 7 km x 7 km, vėliau – 3,5 km x 7 km, galiausiai pagerinta iki 3,5 km x 5,5 km (ESA. 2018).

Sentinel-5P yra ganėtinai naujas, todėl tyrimai naudojant TROPOMI duomenis suaktyvėjo tik 2019–2020 m, o Lietuvoje jų atlikta labai mažai. 2019 m. Europoje buvo atliktas lyginamasis tyrimas naudojant Sentinel-5P TROPOMI ir antžeminių matavimų duomenis siekiant iširti NO<sub>2</sub> koncentraciją Helsinkyje (Suomijoje) savaitgaliais ir darbo dienomis. Tyrimo periodas: 2018 m. balandžio–rugsėjo mėn. Pirmiausia, tyrimo metu atlikta palydovo ir antžeminių stotelių duomenų validacija, kad būtų galima įvertinti NO<sub>2</sub> matavimų kokybę ir tikslumą iš palydovo. Rezultatai parodė ryšį ( $r = 0,68$ ) tarp palydovinių ir antžeminių stotelių duomenų, juo remiantis duomenis galima vertinti kaip tinkamus oro taršos tyrimams Helsinkio lygmeniu. Palydoviniuose ir antžeminiuose duomenyse buvo pastebėtas panašus savaitės ciklas,

t. y., NO<sub>2</sub> lygis savaitgaliais buvo apie 30 % mažesnis negu darbo dienomis. Palyginimui sukartografuota Helsinkio miesto teritorija darbo dienomis ir savaitgaliais (3 pav.).



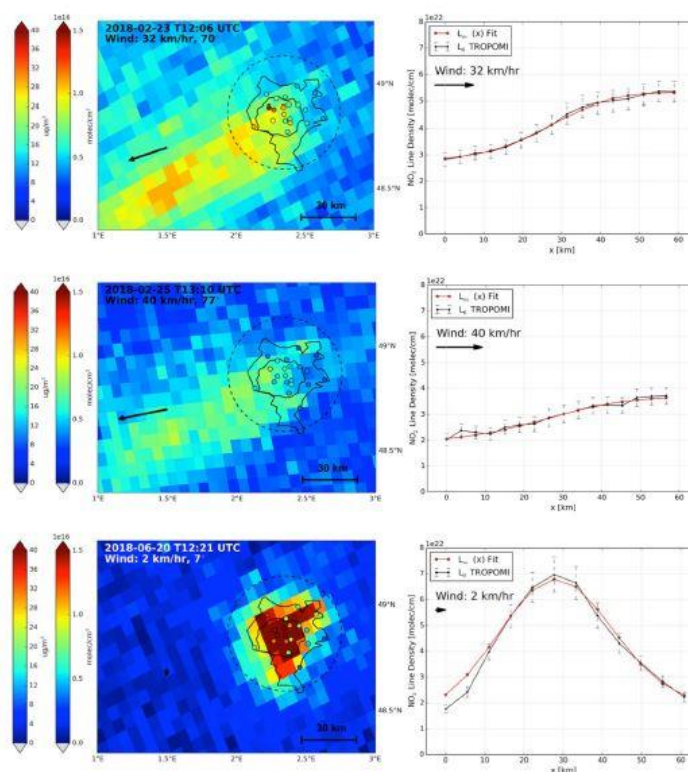
3 pav. Vidutinė NO<sub>2</sub> koncentracija Helsinkyje 2018 m. balandžio 15–30 d. darbo dienomis (kairėje) ir savaitgaliais (dešinėje) (Šaltinis: Ialongo I. et al. 2019, 5).

Šie rezultatai parodė, kad savaitgaliais dėl sumažėjusio transporto srauto ir pramonės veiklos mažėja ir NO<sub>2</sub> dujų išmetimas. Taip pat iš palydovinių duomenų sukurti žemėlapiai vaizduoja ir erdvines ypatybes, pavyzdžiui, pagrindinius aktyvaus eismo kelius, oro uosto teritoriją bei vėjo krypties įtaką dujų pasiskirstymui virš miesto (Ialongo I. et al. 2019, 1). Nepaisant to, kad buvo nustatytas stiprus ryšys tarp palydovinių ir antžeminių stotelių duomenų, autoriai akcentuoja, kad ne visada iš palydovų gauti duomenys gali būti tikslūs. Lyginant Sentinel-5P TROPOMI su antžemniais matavimais, palydoviniuose duomenyse NO<sub>2</sub> koncentracijos gali rodyti mažesnes reikšmes ten, kur antžeminiuose duomenyse jos yra labai didelės, arba gali padidinti reikšmes ten, kur jos iš tiesų mažesnės (Ialongo I. et al. 2019, 13). Viena pagrindinių priežasčių – skirtinga matavimų erdvinė rezoliucija. Matuojant NO<sub>2</sub> koncentraciją mažesnėje teritorijoje dėl didelės palydovo rezoliucijos NO<sub>2</sub> paveikta teritorija gali išsiplėsti už tiriamos vietovės ribų ir žymėti taršą ten, kur jos nėra. Visgi šiame tyrime atlikta palydovinių duomenų validacija ir kartografavimo galimybės rodo Sentinel-5P tinkamumą oro kokybės miesto zonose vertinimui ir vizualizavimui.

2019 m. taip pat atliktas kiekybinis azoto oksidų virš Paryžiaus vertinimas naudojant Sentinel-5P TROPOMI. Tyrimo autoriai teigia, kad palyginus su senesniais oro kokybei matuoti skirtais palydovais, naujasis Sentinel-5P turi didelę rezoliuciją, dėl kurios galima nustatyti mažesnio mastelio išmetamųjų dujų šaltinius ir įvertinti konkretų pramonės ar gaisrų sukeltą teršalų kiekį (Lorente A. et al. 2019, 1). Šiame tyrime palydoviniai duomenys buvo validuojami su antžeminių matavimų duomenimis. Rezultatai parodė padidėjusios NO<sub>2</sub> koncentracijos debesį virš Paryžiaus miesto. Šis teršalų debesis keliavo pietvakarių kryptimi pučiant šiaurės-rytų vėjui 32 km/h greičiu darbo dienos, t. y., penktadienio (2018 m. vasario 23 d.) metu. Po kelių dienų – sekmadienį (2018 m. vasario 25 d.) – NO<sub>2</sub> koncentracija virš miesto sumažėjo.

Tai patvirtino hipotezę, kad dujų išmetimas savaitgaliais mažesnis dėl sumažėjusios pramonės veiklos ir transporto srauto. Taip pat rezultatai įrodė, kad padidėjusiai NO<sub>2</sub> koncentracijai didelę įtaką turi oro sąlygos, tokios kaip vėjo greitis ir kryptis, ypač norint išskirti NO<sub>2</sub> debesies sklaidą mieste. Pavyzdžiui, dienomis, kai vėjo greitis buvo ganėtinai mažas, NO<sub>2</sub> susikaupė virš miesto ir neišsisklaidė. Didesni NO<sub>2</sub> išmetimai pasiskirstė Paryžiaus miesto teritorijoje, ypač arčiau pagrindinių kelių, o mažesni – užmiestyje. Dienomis, kai vėjo greitis buvo didesnis, iš palydovinių nuotraukų matyti išplitęs NO<sub>2</sub> pasiskirstymas virš miesto, kadangi vėjas išsklaidė neseniai išleistus azoto oksidus iš taršos šaltinių.

Palyginimui paveiksle (4 pav.) vaizduojama oro taršos sklaidos priklausomybė nuo vėjo greičio ir krypties. 2018 m. vasario 23 d. (penktadienį) ir 2018 m. vasario 25 d. (sekmadienį) vėjo greitis buvo didesnis – atitinkamai 32 km/h ir 40 km/h. Kaip pavyzdys paimta 2018 m. birželio 20 d., per kurią vėjo greitis buvo mažas – 2 km/h. Akivaizdu, kad vasario mėnesio dienomis NO<sub>2</sub> sklaida virš miesto didesnė dėl didesnio vėjo greičio negu birželio mėnesio dieną, kai dėl mažo vėjo greičio NO<sub>2</sub> susikaupė virš miesto ir neišsisklaidė.



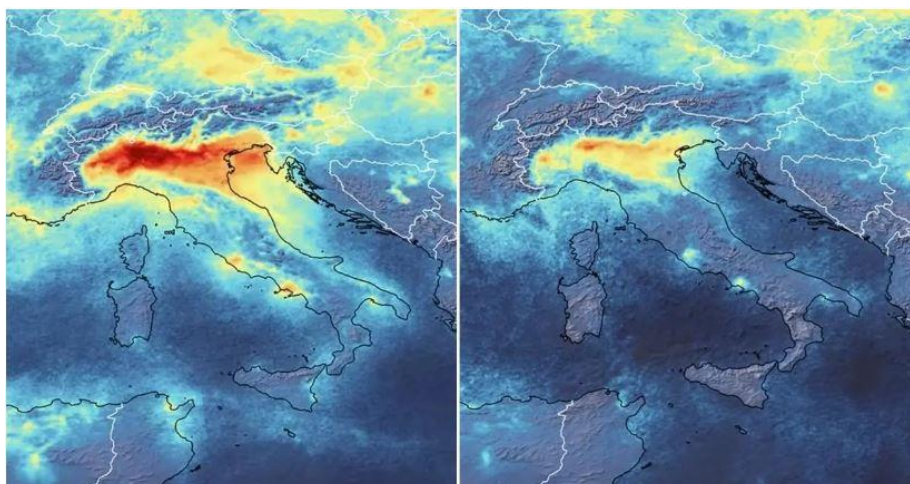
4 pav. NO<sub>2</sub> koncentracija virš Paryžiaus miesto 2018 m. vasario 23 ir 25 d. bei 2018 m. birželio 20 d. (Šaltinis: Lorente A. et al. 2019, 4).

Šiame tyrime taip pat lyginama NO<sub>2</sub> koncentracija tarp skirtingų laikotarpių, t. y., tarp 2011–2012 m. (TNO-MACC-III (Atmosferos kompozicijos ir klimato monitoringas, *angl.* Monitoring Atmospheric Composition and Climate – III) (2011) ir EDGAR (Emisijų duomenų bazė, skirta visuotiniams atmosferos

tyrimams, *angl.* Emission Database for Global Atmospheric Research) (2012)) ir TROPOMI (2018 m.) duomenų tomis pačiomis dienomis. Sentinel-5P TROPOMI duomenys parodė, kad 2018 m. NO<sub>2</sub> koncentracija, palyginus su 2011–2012 m., sumažėjo 5–15 %, tačiau 2018 m. vasario mėn., kai oro temperatūra buvo 4°C mažesnė nei įprasta, palydovo duomenys parodė didesnę NO<sub>2</sub> koncentraciją lyginant su 2011–2012 m. duomenimis. 2018 m. balandžio–birželio mėn., kai paviršiaus temperatūra siekė 18°C, palydoviniai duomenys rodė mažesnę NO<sub>2</sub> koncentraciją nei ankstesniųjų metų duomenys. Tai atkreipia dėmesį į nepakankamai įvertintą gyvenamųjų namų šildymą šaltuoju metų laiku 2011 m. tyrime (Lorente A. et al. 2019, 5). Sentinel-5P parodė didesnę tikslumą ir savaitgalio metu, kai NO<sub>2</sub> koncentracija, palyginus su darbo dienomis, 2018 m. sumažėjo 35 %. 2011 m. tyrime buvo apskaičiuotas tik 21 % sumažėjimas.

Apibendrinus galima teigti, kad Sentinel-5P TROPOMI matavimai yra naudingi ne tik vertinant absoliutų išmetamųjų teršalų kiekį, bet taip pat ir jų pasiskirstymą per tam tikrą laiko periodą (mėnesio, savaitės ar dienos). Mokslinis tyrimas rodo, kad šio palydovo NO<sub>2</sub> matavimai suteikia aukštos kokybės informaciją ir leidžia atlikti detalius kasdienius NO<sub>2</sub> koncentracijos matavimus giedromis dienomis miesto teritorijoje. Atliekant dujų koncentracijos analizę rekomenduojama žinoti tikslų tyrimo teritorijoje vyraujančio vėjo greitį ir kryptį geresniems rezultatams nustatyti. Straipsnio autorių teigimu, duomenys ir metodologija demonstruoja Sentinel-5P TROPOMI galimybes stebėti ir vertinti dujų koncentracijas laiko ir erdvės atžvilgiu ne tik matuojant NO<sub>2</sub>, bet ir kitus oro teršalus, pavyzdžiui, CO, SO<sub>2</sub> ir kt. (Lorente A. et al. 2019, 5).

Vienas iš naujesnių 2020 m. itin aktualių Sentinel-5P tyrimų – oro taršos sumažėjimas Šiaurės Italijoje dėl apribotos žmonių veiklos koronaviruso pandemijos metu. Tyrimas buvo atliktas naudojant palydovo duomenis palyginti oro taršos pokytį nuo 2020-01-01 iki 2020-03-11 (5 pav.)



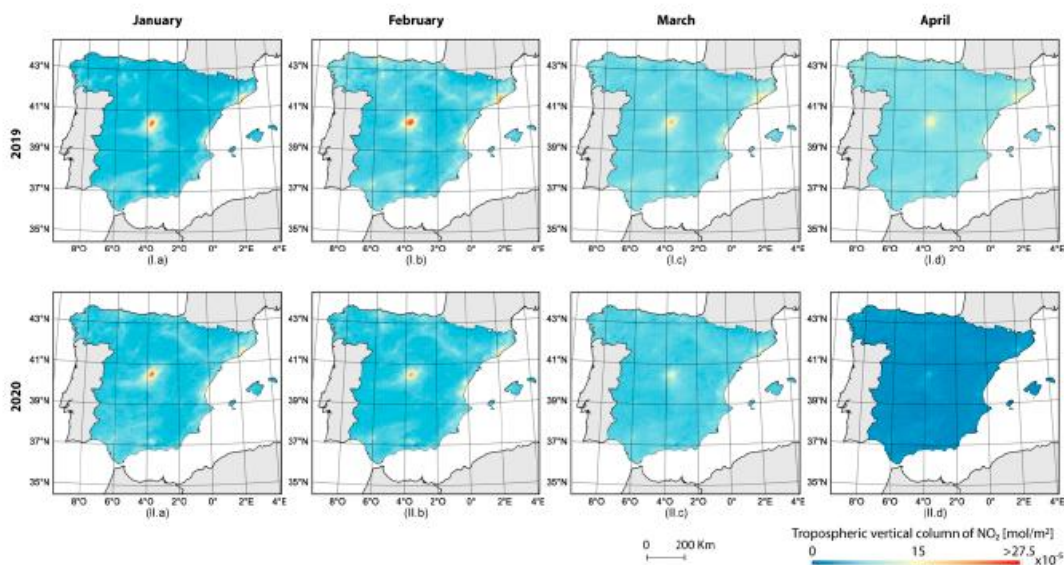
5 pav. NO<sub>2</sub> koncentracija 2020 m. sausio mėn. (kairėje) ir 2020 m. kovo mėn. (dešinėje).

(Šaltinis: Hirsh S. 2020)

Anot Europos kosmoso agentūros, Sentinel-5P TROPOMI aptiko NO<sub>2</sub> emisijos sumažėjimą. Šis pokytis įvyko dėl koronaviruso protrūkio uždarytų šalies sienų ir sustabdytos žmonių veiklos (Hirsh S. 2020.). Mažesni automobilių srautai gatvėse, laikinai nutraukta gamyklų veikla – tai pagrindinės priežastys, kodėl sumažėjo NO<sub>2</sub> koncentracija ore. Žymiausias pokytis įvyko šiaurinėje šalies dalyje. Anot Claus'o Zehner'io, Europos kosmoso agentūros Sentinel-5P misijos vadovo, palydovo duomenyse gali būti variacijų dėl debesuotumo ir oro pokyčių, tačiau žemėlapyje matomas NO<sub>2</sub> sumažėjimas sutampa su Italijos sienų uždarymu, kuris lėmė mažesnę transporto kiekį ir laikinai nutrauktą pramonės veiklą (Hirsh S. 2020.). Anot Josef'o Aschbacher'io, Europos kosmoso agentūros Žemės stebėjimo programų direktoriaus, Sentinel-5P TROPOMI yra pats tiksliausias šių laikų prietaisas, matuojantis oro taršą iš kosmoso.

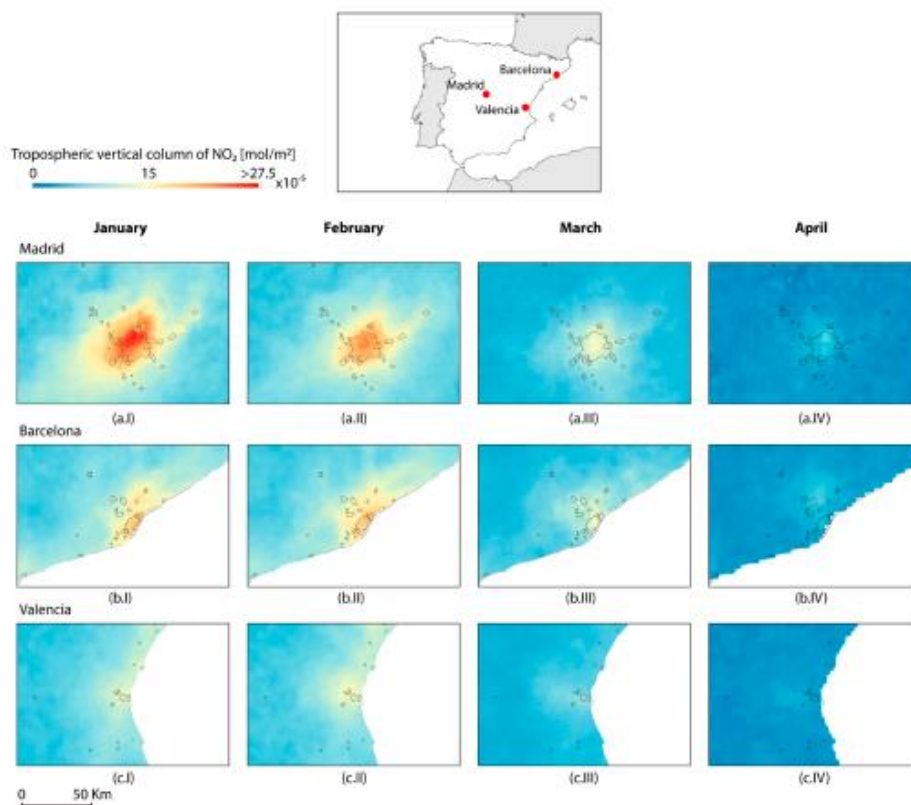
Dar vienas tyrimas apie NO<sub>2</sub> koncentracijos sumažėjimą dėl COVID-19 atliktas 2020 m. Ispanijoje. Tyrime naudojamos Sentinel-5P TROPOMI nuotraukos iš 2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėn. analizuojant NO<sub>2</sub> erdvinį pasiskirstymą ir pokyčius dėl žmonių izoliacijos, prasidėjusios 2020 m. kovo 15 d. (Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020, 1).

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad 2019 m. Madrido ir jo aplinkinėje teritorijoje NO<sub>2</sub> kiekis buvo vienas didžiausių, taip pat išsiskyrė Barselona ir Valencija, Viduržemio jūros baseinas ir Sevilija, nors čia NO<sub>2</sub> kiekiai, palyginus su Madridu, buvo daug mažesni (Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020, 7). 2020 m. NO<sub>2</sub> kiekis sausio ir vasario mėnesiais buvo panašus į 2019 m. fiksuotą kiekį tais pačiais mėnesiais tiriamose urbanizuotose teritorijose, tačiau 2020 m. kovo mėnesio viduryje dėl prasidėjusios žmonių izoliacijos bei veiklų apribojimo pastebėtas azoto dioksido mažėjimas visoje šalyje, o balandžio mėn. šis pokytis tapo dar akivaizdesnis (6 pav.) (Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020, 7).



6 pav. NO<sub>2</sub> vidurkiai Ispanijoje 2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėn. (Šaltinis: Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020)

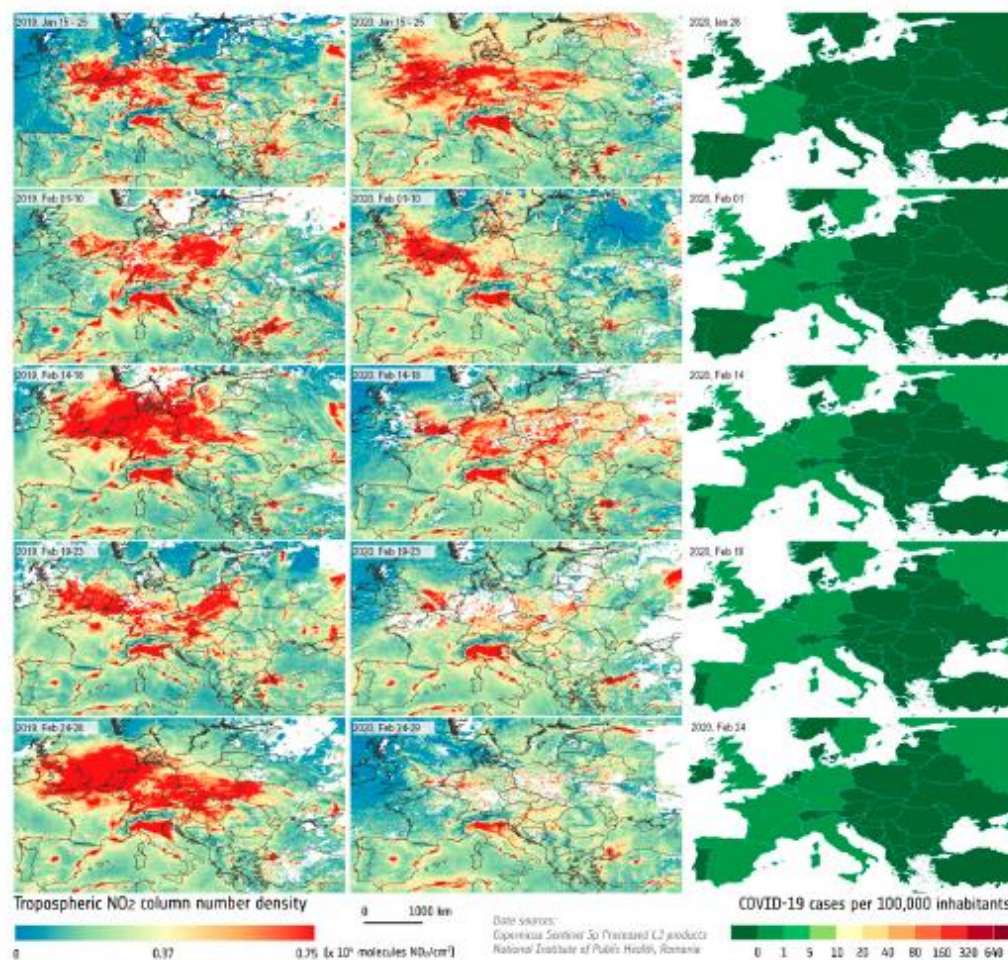
Tyrimo metu atlikta ir NO<sub>2</sub> kiekio pokyčių vizualizacija labiausiai apgyvendintuose miestuose: Madride, Barselonoje ir Valencijoje (7 pav.). Iš visų trijų miestų Madridas išsiskyrė didžiausia NO<sub>2</sub> koncentracija 2020 m. pradžioje, o vasario mėnesį NO<sub>2</sub> kiekis sumažėjo, nors kituose dviejuose miestuose – Barselonoje ir Valencijoje – pokyčių tarp sausio ir vasario mėnesių neužfiksuota (Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020, 8). Visgi kovo mėnesio viduryje prasidėjus gyventojų veiklos apribojimams dėl COVID-19, visuose trijuose miestuose pastebėtas NO<sub>2</sub> kiekio mažėjimas, o balandžio mėnesį, po 30 dienų trukmės veiklų apribojimo, didžiuosiuose miestuose NO<sub>2</sub> kiekis tapo labai panašus į ne miesto zonose fiksuotą kiekį (Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020, 8).



7 pav. NO<sub>2</sub> kiekio variacija 2020 m. sausio-balandžio mėn. Madride, Barselonoje ir Valencijoje (Šaltinis: Mesas-Carrascosa F. J. et al. 2020)

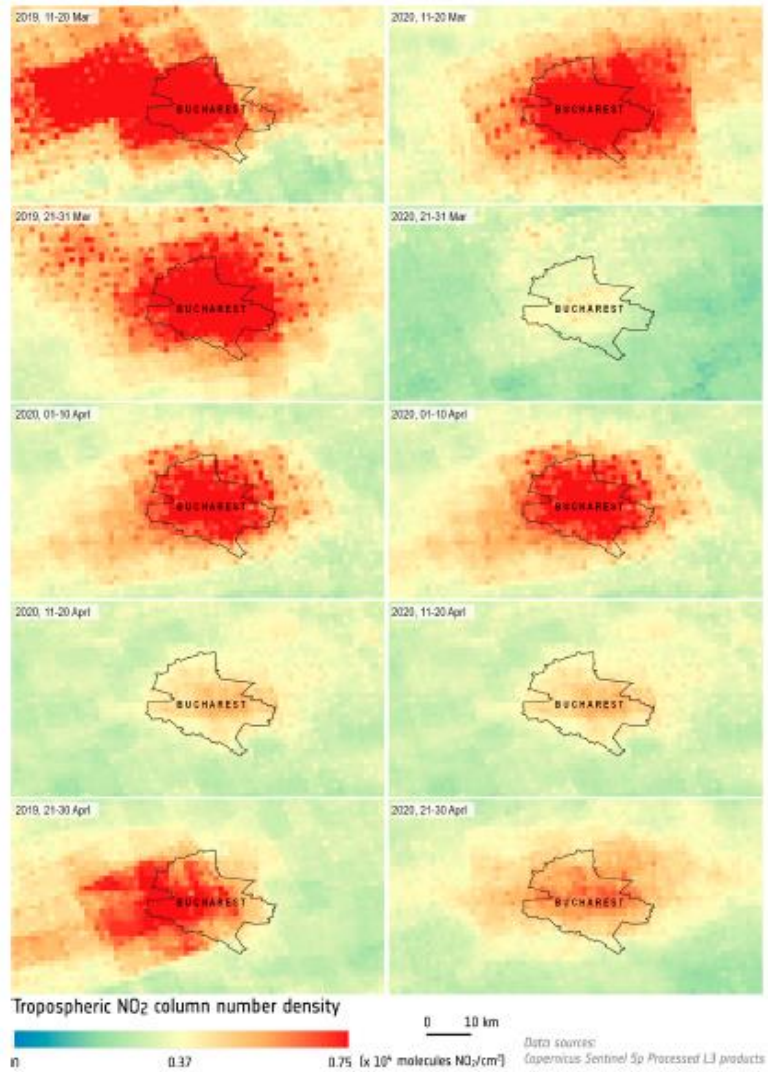
2020 m. spalio mėnesį išleistas vienas naujausių tyrimų apie NO<sub>2</sub> taršos virš Europos monitoringą koronaviruso pandemijos laikotarpiu naudojant Sentinel-5P palydovines nuotraukas. Šio tyrimo tikslas buvo išanalizuoti NO<sub>2</sub> erdvinį pasiskirstymą Europos, regioniniu ir vietiniu lygmeniu skirtingais mėnesiais (2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėn.). Toks periodas pasirinktas dėl koronaviruso pandemijos, kadangi norima iširti, kaip kito NO<sub>2</sub> koncentracija prieš ir per pandemiją, kai šalyse pradėtas vykdyti gyventojų veiklos apribojimas. Tyrimo metodikoje Sentinel-5P TROPOMI duomenys validuojami su tarptautinių taršos monitoringo stočių duomenimis (Vîrghileanu M. et al. 2020, 4). Sentinel-5P TROPOMI

NO<sub>2</sub> duomenys apdoroti naudojant Python programavimo kalbas, taip pat HARP, VISAN ir QGIS programas (Vîrghileanu M. et al. 2020, 5). Tyrimo rezultatai parodė NO<sub>2</sub> koncentracijos virš Europos regiono pokyčius nurodytu periodu. 8 pav. matyti, kad 2019 m. NO<sub>2</sub> koncentracijos Europoje buvo didesnės, kadangi tuo metu buvo aktyviai vykdomos ekonominės ir kitos žmonių veiklos, o 2020 m. dėl prasidėjusios pandemijos ir pristabdyto gyventojų aktyvumo, NO<sub>2</sub> koncentracijos sumažėjo.



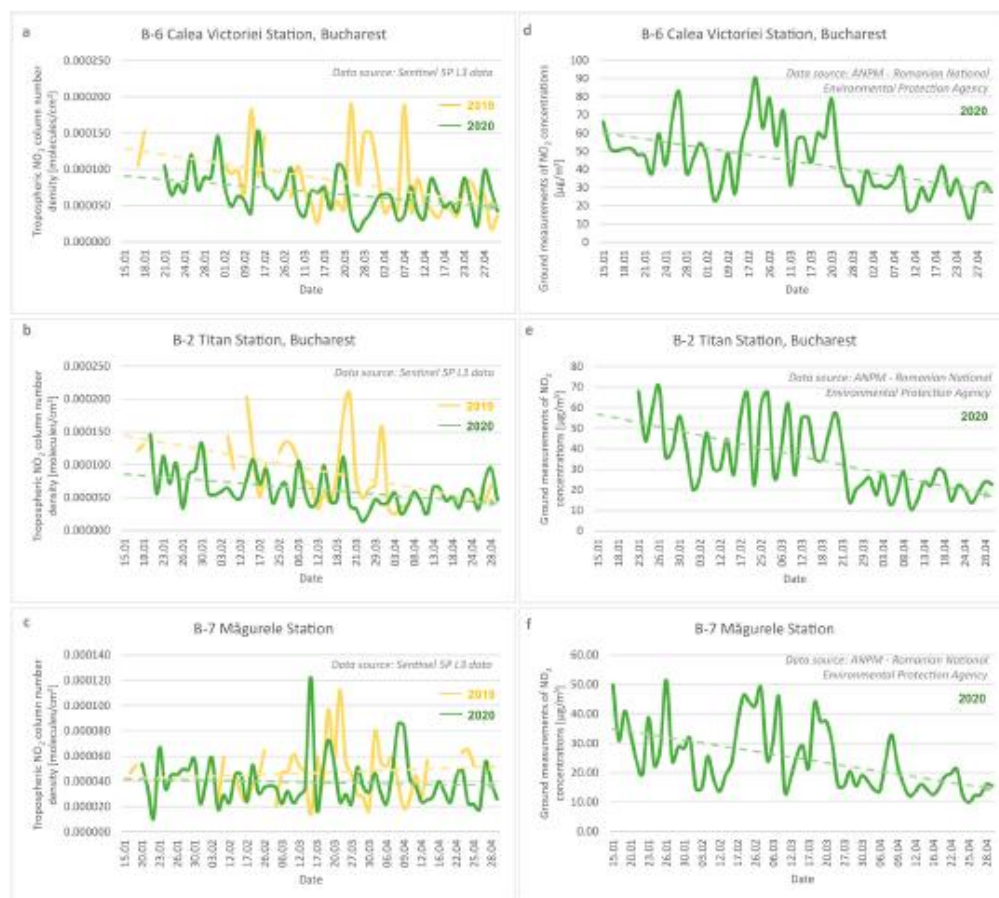
8 pav. Lyginamoji kartografinė NO<sub>2</sub> pokyčių 2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėn. reprezentacija (Šaltinis: Vîrghileanu M. et al. 2020)

Taip pat mokslininkai ištyrė NO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčius prieš ir per pandemiją vietiniu lygmeniu Rumunijoje, Bukarešte. 9 pav. aiškiai iliustruoja, kaip kito NO<sub>2</sub> kiekiai lyginant 2019 m. ir 2020 m. duomenis. Nors 2020 m. pradžioje prasidėjusios pandemijos metu teršalų kiekiai turėjo akivaizdžiai mažėti, vis dėlto, 2020 m. kovo 11–20 d. ir balandžio 1–10 d. reprezentaciniuose žemėlapiuose užfiksuoti dideli NO<sub>2</sub> kiekiai išsiskyrė dėl kitų priežasčių – šiomis dienomis sąvartynuose vyko didžiuliai atliekų gaisrai (kovo 10 d. rytinėje, balandžio 8 d. šiaurės vakarų miesto dalyje) (Vîrghileanu M. et al. 2020, 10).



9 pav. Lyginamasis 10 dienų NO<sub>2</sub> kiekio vidurkis virš Bukarešto, Rumunijos 2019 m. ir 2020 m. kovo–balandžio mėnesiais (Šaltinis: Vîrghileanu M. et al. 2020)

Atliktos NO<sub>2</sub> palydovinių ir antžeminių duomenų analizės (10 pav.) metu išsiaiškinta, kad tiek palydoviniuose, tiek antžeminiuose duomenyse pastebimas NO<sub>2</sub> sumažėjimas karantino laikotarpiu (Vîrghileanu M. et al. 2020, 14).



10 pav. Sentinel-5P TROPOMI (kairėje) ir antžemių (dešinėje) NO<sub>2</sub> duomenų palyginimas 2019 m. ir 2020 m. sausio–balandžio mėnesiais Bukarešte (Šaltinis: Vîrghileanu M. et al. 2020)

Tyrime apskaičiuota palydovinių ir antžemių duomenų koreliacija atskleidė, kad B-2 stotyje (Bukarešte) pasiektas aukščiausias koreliacijos koeficientas ( $r=0,58$ ) iš kitų stočių (B-6 – 0,49, B-7 – 0,36, B-8 – 0,37) (Vîrghileanu M. et al. 2020, 16–17). Gauti koreliacijos koeficientai parodė nedidelį ir vidutinį ryšį tarp palydovinių ir antžemių duomenų. Tokios koreliacijos reikšmės gali būti paaiškinamos tuo, kad Sentinel-5P TROPOMI duomenų laikas neatitinka antžemių matavimų laiko, taip pat antžemių matavimų metu kai kuriomis valandomis neatliekami matavimai, todėl tam, kad būtų užpildytas visas duomenų rinkinys, naudotos vidutinės, o ne tikslios reikšmės (Vîrghileanu M. et al. 2020, 17). Dar viena priežastis – NO<sub>2</sub> greičiau išsisklaido esant stipresniam vėjui, todėl atliekant tokį tyrimą svarbu atsižvelgti į klimato sąlygas (Vîrghileanu M. et al. 2020, 17).

Anot tyrimo autorių, Sentinel-5P TROPOMI pateikia kasdienius oro taršos duomenis, kuriais remiantis galima analizuoti ne tik teršalų kiekį, bet ir erdvinį jų pasiskirstymą tam tikru laiku. Palydoviniai duomenys yra daug praktiškesni, kadangi jie suteikia skaitinę informaciją apie oro taršą ir erdvinį teršalų pasiskirstymą, kai antžeminiai duomenys suteikia oro taršos skaitinę informaciją tik konkrečiame taške, iš kurio labai sunku spręsti, kaip teršalai sklinda erdviškai (Vîrghileanu M. et al. 2020, 21).

Lietuvoje 2020 m. spalio mėnesį išleistas straipsnis apie palydovinių duomenų ir GIS paslaugų panaudojimą tiriant oro taršą Lietuvoje, konkrečiau Kauno mieste. Tyrime buvo naudojami kelių palydovų duomenys: Terra (MODIS), Aqua (MODIS), OMI (ozono matavimo instrumentas) ir Sentinel-5P TROPOMI, bei antžeminių stočių, esančių skirtingose Kauno miesto dalyse, duomenys (Soleimany A. et al. 2020, 1). Tyrimo tikslas buvo ištirti Kauno miesto oro būklę, kai Alytaus mieste įvyko padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisras. Tyrimo periodas: 2019 m. spalio 14–25 d.

Tyrimo rezultatai parodė, kad Terra, Aqua, OMI ir Sentinel-5P palydovų duomenys yra tinkami nustatyti vietinio lygio  $KD_{10}$  ir  $KD_{2,5}$  taršą, o Sentinel-5P TROPOMI buvo tinkamas nustatant  $NO_2$  ir  $SO_2$  teršalų buvimą tyrimo teritorijoje (Soleimany A. et al. 2020, 17). Viena iš priežasčių, kodėl Sentinel-5P yra tinkamas šių teršalų aptikimui – aukštesnė erdvinė rezoliucija, palyginus su kitais palydovais (Soleimany A. et al. 2020, 17). Tyrimo metu gauti stiprūs koreliacijos ryšiai tarp Sentinel-5P ir antžeminių duomenų įrodė, kad Sentinel-5P duomenys gali būti naudojami oro taršos monitoringui Kauno miesto teritorijoje, tokių įvykių, kaip Alytaus mieste vykusio gaisro metu (Soleimany A. et al. 2020, 17).

Remiantis atliktų tyrimų rezultatais galima teigti, kad duomenys, gaunami iš Sentinel-5P TROPOMI, yra tinkami oro užterštumo monitoringui miestų teritorijose. Visgi dėl ginčijamos rezoliucijos tam tikrose tyrimo teritorijos vietose reikšmės gali neatitikti realybės, todėl duomenis būtina validuoti.

### 1.2.3.2.Sentinel-3

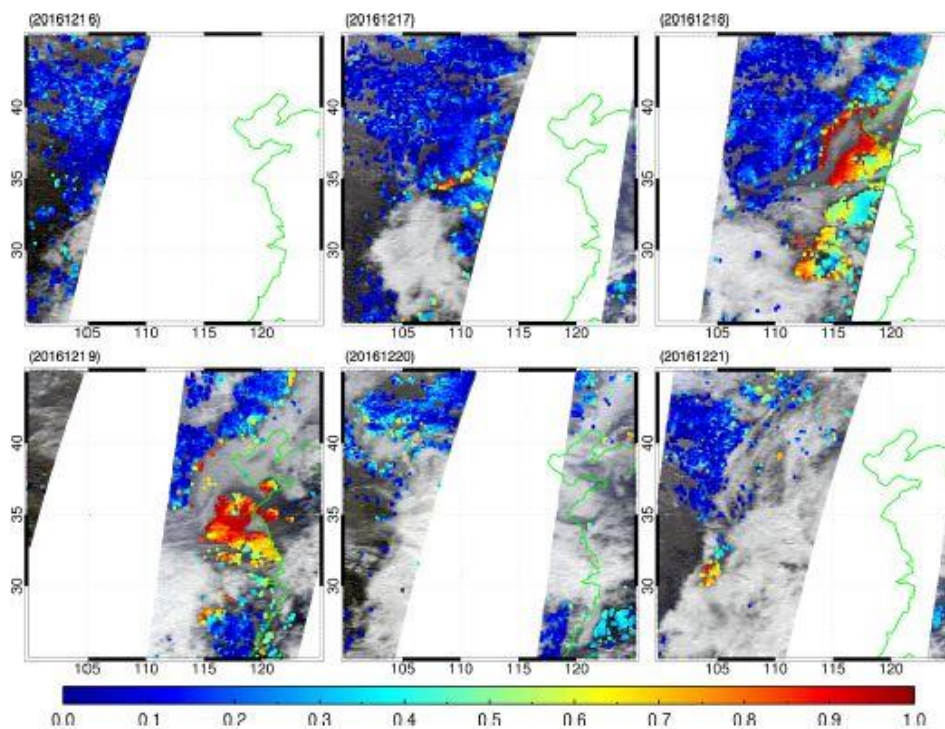
Sentinel-3 palydovas skirtas matuoti jūros paviršiaus topografiją, jūros ir sausumos paviršiaus temperatūrą bei paviršiaus spalvą, atlikti pastovią aplinkos ir klimato stebėseną. Šio palydovo tyrimai daugiausia susiję su biologija. Pagrindiniai Sentinel-3 instrumentai: SLSTR (Jūros ir sausumos paviršiaus temperatūros radiometras), OLCI (Vandenyno ir sausumos spalvos instrumentas), SRAL (SAR altimetras) ir kt. Instrumentas OLCI teikia informaciją ir apie atmosferą, todėl yra tinkamas tirti klimatą. Sentinel-3 privalumas – daug geresnė rezoliucija nei Sentinel-5P – 300 m.

Iš Sentinel-3 atmosferos duomenų galima išgauti aerozolio dalelių optinį tankį. Aerozolių tyrimas yra svarbus, kadangi jų koncentracija parodo oro taršą ir jos šaltinius. Šio palydovo duomenys aerozolių koncentracijoms tirti Lietuvoje nebuvo naudojami.

2017 m. buvo atliktas tyrimas, skirtas iš OLCI ištraukto aerozolių optinio tankio stebėjimui Kinijoje. Straipsnyje minima, kad 2016 m. gruodžio 16–21 dienomis šiaurės rytų Kinijoje vyko miglos reiškinys, užsitęsęs dėl didelės oro taršos. Tam, kad būtų įvertinti tokie įvykiai, svarbu atlikti aerozolių dalelių kiekio ir išsidėstymo ore tyrimus. Sentinel-3 instrumentas OLCI teikia spinduliavimo ir atspindžio matavimus atmosferos paviršiuje, kurie gali būti naudojami išgaunant AOT duomenis (Mei L. et al. 2018, 2511). Šiame tyrime naudojamas specialus algoritmas XBAER (*angl.* eXtensible Bremen Aerosol Retrieval) ir jo

tinkamumas išgauti AOT. Iš Sentinel-3 išgauti aerozolių koncentracijos duomenys validuoti su Aerozolių robotikos tinklo (AERONET) antžeminių stotelių duomenimis. Šis tyrimas yra pirmasis, kuriame aprašytas aerozolių gavimas iš Sentinel-3 ir nustatytas dėl taršos atsiradęs miglos reiškinys virš Pekino, Kinijos, 2016 m. gruodžio mėn.

Tyrimo tikslas – parodyti, kad iš palydovinių duomenų gauti aerozoliai ir jų kiekiai yra tinkami oro taršos vertinimui miestų teritorijose. Šiam tyrimui taip pat buvo reikalingi vėjo greičio ir krypties duomenys. Tyrimo rezultatai parodė, kad koreliacija tarp Sentinel-3 ir AERONET aerozolių optinio tankio duomenų siekia  $R=0,819$ , todėl palydoviniai duomenys yra patikimi. Duomenų vizualizavimui buvo sukartografuota aerozolių dalelių koncentracija laikotarpyje nuo 2016 m. gruodžio 16 iki 21 d. (11 pav.). Paveikslas rodo Sentinel-3 galimybę užfiksuoti tokius įvykius kaip taršos debesis, kuris atsirado dėl padidėjusios aerozolių koncentracijos.



11 pav. AOT koncentracija 2016 m. gruodžio 16–21 d. rytų Kinijoje  
(Šaltinis: Mei L. et al. 2018, 2518)

Tyrimo autorių teigimu, taršos sukeltos miglos priežastys Pekine gali būti susijusios su meteorologinėmis sąlygomis (mažu vėjo greičiu ir mažu temperatūros pokyčiu), vietinėmis išmetamųjų dujų emisijomis ir aukšta santykinė drėgme (Mei L. et al. 2018, 2521).

Sentinel-3 OLCI instrumentas suteikia svarbių duomenų norint atlikti aerozolių koncentracijos tyrimus. XBAER algoritmas yra tinkamas siekiant gauti AOT iš OLCI instrumento. Taip pat duomenys iš palydovo yra pakankamai teisingi lyginant su antžeminių matavimų duomenimis. Visgi detalesniems oro

taršos tyrimams Sentinel-3 duomenys ne visada gali būti pritaikomi, kadangi aerozolių kartografavimą limituoja debesų buvimas virš tiriamos vietovės.

### 1.2.3.3.Sentinel-2

2015 m. išleistas Sentinel-2 teikia informaciją apie žemės paviršiaus kaitą, ežerų ir pakrančių vandens užterštumą, taip pat yra skirtas matuoti augmenijos ir miškų pokyčius, atlikti pakrančių zonos ir vidaus vandenų monitoringą. Taip pat palydovo duomenys padeda nustatyti įvairius augalų indeksus, pavyzdžiui, lapų ploto, chlorofilo ir vandens kiekio indeksus. Sentinel-2 nuotraukos yra svarbios numatant derlių ir tiriant žemės augmeniją. Šio palydovo privalumas – labai didelė rezoliucija. Nuotraukų kokybė gali siekti nuo 10 m iki 60 m.

Nors Sentinel-2 nėra skirtas matuoti oro taršos, tačiau, kaip ir Sentinel-3, teikia informaciją apie atmosferą. Iš šio palydovo atmosferos duomenų galima išgauti AOT, kuris yra tinkamas fiksuoti oro taršą, nustatyti jos šaltinius ir pasiskirstymą erdvėje.

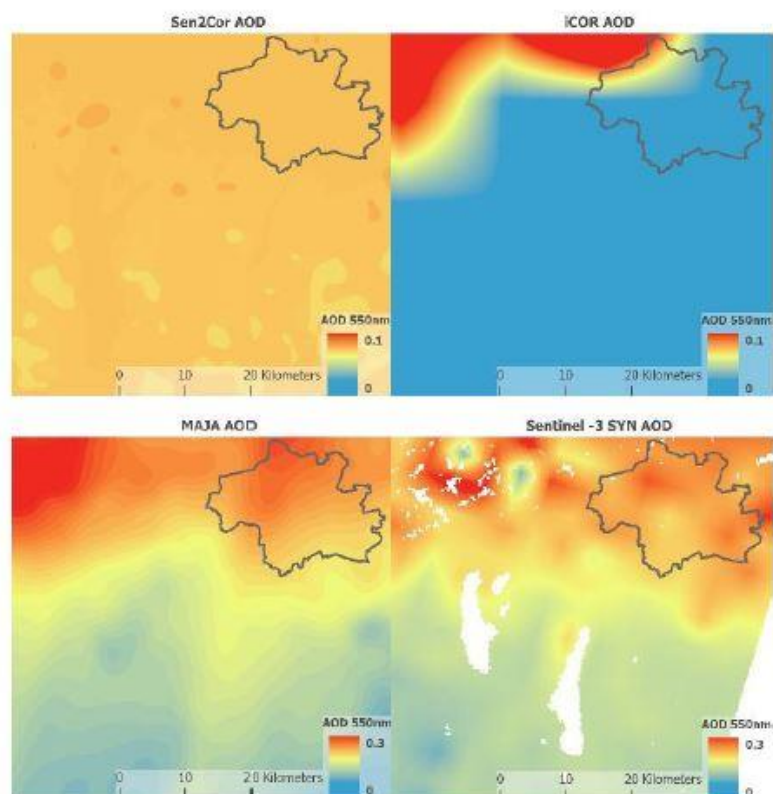
Lietuvoje aerozolio dalelių tyrimas naudojant Sentinel-2 duomenis taip pat dar nebuvo atliktas, tačiau Europoje buvo keletas tyrimų. 2019 m. atliktas Miuncheno miesto teritorijos Vokietijoje aerozolių monitoringas naudojant Sentinel-2 palydovines nuotraukas. Miuncheno miestas buvo pasirinktas todėl, kad jame išsidėstę pagrindiniai keliai, kuriuose vyksta intensyvus eismas, taip pat ir lengvosios pramonės įmonės, kurios prisideda prie oro taršos. Aerozolių koncentracijų tyrimas miesto lygmeniu yra be galo svarbus, kadangi šios medžiagos neigiamai veikia Žemės klimata, o aerozoliuose esančios kietosios dalelės kenkia žmonių sveikatai. Šio tyrimo tikslas įvertinti Sentinel-2 duomenų tinkamumą išgaunant aerozolių miesto teritorijoje. Tyrimo autorių teigimu, nemokamai prieinamos aukštos rezoliucijos palydovinės nuotraukos suteikia galimybę pavaizduoti aerozolių išsidėstymą mažose teritorijose (Gitahi M. et al. 2019, 102). Tyrimo periodas – 2018 m. sausio–spalio mėn.

Šiame tyrime Sentinel-2 duomenys validuoti su antžeminių matavimų duomenimis iš AERONET stotelių. Palyginus su antžeminiiais aerozolių matavimais, palydoviniai duomenys turi daug daugiau privalumų, kadangi jiems būdinga aukšta rezoliucija, o erdvinė aprėptis yra nenutrūkstama ir gali apimti didelę vietovę. Vis dėlto, retai teritorijoje paskirstyti antžeminiai sensoriai teikia daug tikslesnę aerozolių informaciją (Gitahi M. et al. 2019, 104).

Tyrime buvo naudojami skirtingi algoritmai išgauti aerozoliams iš Sentinel-2, o rezultatų tikslumas sulyginamas su AERONET duomenimis. Du algoritmai – Sen2Cor ir iCOR – pasiekė gerą koreliaciją. Miuncheno universiteto stotelė pasiekė koreliacijas:  $R=0,96$  ir  $R=0,92$ , *Hohenpeißenberg* meteorologijos observatorijos stotelė –  $R=0,86$ , tačiau naudojant šiuos duomenis nepavyko detalčiai pavaizduoti erdvinės aerozolių išsidėstymo variacijos. Trečiasis algoritmas – MAJA – pasiekė prastesnę koreliaciją (Miuncheno

universiteto stotelė –  $R=0,81$ , *Hohenpeißenberg* meteorologijos observatorijos stotelė –  $R=0,64$ ), tačiau su juo pavyko pavaizduoti detalų aerozolių pasiskirstymą erdvėje (Gitahi M. et al. 2019, 110).

Anot tyrimo autorių, Sentinel-2 teikiami AOT duomenys rodo ne tik gerą koreliaciją lyginant su antžeminių stotelių duomenimis, bet juos naudojant pavyksta geriau kartografuoti aerozolius miestų teritorijose. Šiame tyrime Sentinel-2 duomenys buvo palyginti ir su Sentinel-3 aerozolių matavimais (12 pav.) bei pateikta išvada, kad Sentinel-3 taip pat tinka aerozolių monitoringui miestų teritorijose.



12 pav. AOT gauta iš Sentinel-2 naudojant Sen2Cor, iCor ir MAJA algoritmus bei AOT išgautas iš Sentinel-3 (Šaltinis: Gitahi M. et al. 2019, 104).

Dar vienas aerozolių koncentracijos tyrimas – Landsat-8 ir Sentinel-2 AOT monitoringas virš Kinijos miestų – buvo atliktas 2018 m. Būtent miestuose aerozolių išsidėstymas labai greitai varijuoja dėl pastatų ir transporto infrastruktūros bei žmonių populiacijos pokyčių. Šiame tyrime naudojami Landsat-8 (30 m rezoliucijos) ir Sentinel-2 (10 m rezoliucijos) AOT duomenys, o jų validacijai taikomi AERONET antžeminių stotelių duomenys. Tyrimo objektas – aerozolių koncentracija virš 20 Kinijos miestų 2016 m.

Straipsnyje teigiama, kad antžeminės stotelės teikia pačią tiksliausią oro taršos informaciją konkrečiuose taškuose, tačiau neparodo erdvinio teršalų paplitimo. Palydovų duomenys suteikia galimybę kokybiškai kartografuoti aerozolių išsidėstymą miestų teritorijose (Li Z. et al. 2019, 1–2). Ilgą laiką palydoviniai duomenys nebuvo tinkami tirti aerozolių koncentracijų miesto lygmenyje dėl prastos

rezoliucijos, tačiau vieni naujesnių palydovų – Landsat-8 ir Sentinel-2 – gali būti naudojami šiam tyrimui, kurio pagrindinis tikslas – ištirti dviejų palydovų duomenų tinkamumą nustatant ir kartografuojant aerzolių koncentracijas miestų teritorijose.

Atlikto tyrimo metu nustatyta didelė koreliacija tarp palydovų ir antžeminių stotelių duomenų (Landsat-8 – 0,967 ir Sentinel-2 – 0,962). Sentinel-2 duomenys buvo tinkamesni, kadangi jie prieinami dažniau. Visgi debesuotumas yra vienas didžiausių abiejų palydovų trūkumų tiriant aerzolių koncentraciją, kadangi dėl to suprastėja rezultatai. Didžiausios aerzolių reikšmės buvo fiksuotos Pekine, tai reiškia, kad Kinijos sostinė buvo vienas labiausiai užterštų miestų šioje šalyje 2016 m.

Anot tyrimo autorių, dėl ganėtinai tikslų aerzolių koncentracijų matavimų palydoviniai duomenys iš Landsat-8 ir Sentinel-2 yra tinkami oro taršos monitoringui, kadangi atlikus validaciją su AERONET duomenimis, didelių skirtumų tarp aerzolių koncentracijų reikšmių nepastebėta (Li Z. et al. 2019, 10–11).

Taigi Sentinel-2 teikiama informacija apie aerzolio dalelių optinį tankį yra tinkama vertinti oro taršą miestų teritorijose, tačiau norint pavaizduoti tikslesnius duomenis, būtinos geros oro sąlygos.

#### 1.2.3.4. Palydovinių duomenų panaudojimą limituojantys veiksniai

Palydoviniai duomenys teikia svarbios informacijos apie oro taršą, tačiau, kaip jau buvo minėta anksčiau, jie turi trūkumų, kuriuos svarbu aptarti plačiau.

Pirmiausia, vienas pagrindinių palydovinius duomenis limituojančių veiksnių yra debesuotumas. Neretai debesuotumas sutrukdo atlikti tyrimus tam tikru periodu, kadangi debesuotomis dienomis duomenys yra netinkami naudojimui. Tiek Sentinel-2 ir Sentinel-3, tiek Sentinel-5P TROPOMI duomenyse susiduriama su šia problema. Kaip teigia Simek P. et al., debesuotumas ir saulės atspindžiai yra vieni dažniausių Sentinel-2 duomenų panaudojimą limituojančių veiksnių (Simek P. et al. 2019, 75). Dėl debesuotumo nukenčia palydovinių duomenų kokybė. Būtent blogos oro sąlygos, ypač debesuotumas, lemia prastą Sentinel-2 palydovinių nuotraukų kokybę (Martinez L. J. M., 2017, 213). Sentinel-3 duomenų panaudojimą irgi daugiausia limituoja debesuotumas (Mei L. et al. 2018, 2521). Kadangi Sentinel-5P TROPOMI pasikliauja atspindėta saulės šviesa, todėl iš šio sensoriaus gaunamus duomenis taip pat limituoja debesuotumas ir žiemos sezonui būdingas silpnas apšvietimas (Dimdore-Miles O. S. et al. 2018, 17901).

Palydovinius duomenis gali limituoti ir rezoliucija. Aišku, tai daugiausia priklauso nuo tiriamo objekto, jo dydžio ir kitų gretutinių veiksnių. Pavyzdžiui, nors Sentinel-2 rezoliucija ganėtinai aukšta (10 m, 30 m, 60 m) ir yra tinkama nustatyti didesnės užstatytos teritorijos ar aplinkos pokyčius, tačiau norint ištirti specifines konkretaus objekto, pavyzdžiui, pramonės objekto, detales, reikėtų dar geresnės rezoliucijos (Zwijnenburg W. 2019). Kalbant apie Sentinel-3, šis palydovas buvo sukurtas daugiausia tirti

vandens telkinius, tačiau vidutinė rezoliucija (300 m) limituoja šiuos tyrimus, kadangi ji tinkama tik didesnio ploto ežerams (Soomets T. et al. 2019, 2). Palyginus su šiais dviem „Sentinel“ grupės palydovais, Sentinel-5P rezoliucija yra žemiausia (7 km x 7 km; 5,5, km x 5,5 km; 3,5 km x 5,5 km). Nors tokia rezoliucija tiriant atmosferines dujas laikoma aukšta, visgi ji tinkama stebėti ir kartografuoti oro taršą ne mažesnėje nei administracinėje kurios nors šalies teritorijoje (Omrani H. et al. 2020, 2).

Žvelgiant iš oro taršos tyrimų perspektyvos, Sentinel-2 ir Sentinel-3 palydovų instrumentai gali suteikti tik vieno rodiklio – aerozolio dalelių optinio tankio – duomenis. Nors AOT tyrimo pakaktų nustatyti oro taršos pokyčius, vis dėlto platesnės kitų egzistuojančių oro teršalų analizės atlikti nepavyktų. Šiuo atveju, Sentinel-5P TROPOMI kaip tik ir yra skirtas tirti oro taršą, tačiau jo panaudojimą limituoja tai, kad jis išleistas dar visai neseniai (2017 m.), o duomenys prieinami tik nuo 2018 m. vasario mėn. (Zheng Z. et al. 2019, 20). Taigi ilgesnio periodo nei kelių pastarųjų metų oro taršos analizės naudojant TROPOMI duomenis atlikti neįmanoma. Palyginimui, Sentinel-2 duomenys prieinami nuo 2015 m., o Sentinel-3 – nuo 2017 m. Taip pat teigiama, kad naudojant Sentinel-5P duomenis aptinkama dar keletas trūkumų, tokių kaip atliktų palydovinių nuotraukų kiekis per dieną, kurio nepakanka išsamiam monitoringui, kadangi dėl nuolat kintančių meteorologinių sąlygų, pavyzdžiui, vėjo, teršalai vienoje vietoje per ilgai neišlieka ir lengvai išsisklaido atmosferoje (Vîrghileanu M. et al. 2020, 21).

#### 1.2.4. Oro taršos poveikis sveikatai

Sveikata suvokiama ir apibrėžiama įvairiai. Anot Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO), sveikata – tai tokia būseną, kai pasiekiami visiška fizinė, dvasinė ir socialinė gerovė, o ne tik ligos ar negalios nebuvimas (WHO, 2006, 1). Taip pat sveikata yra viena iš aukščiausių žmogaus teisių, ji suteikia ramybę ir saugumą, užtikrina ilgą ir kokybišką gyvenimą. Sveikata priklauso tiek nuo paties žmogaus asmeninio indėlio, rūpinimosi savimi, tiek ir nuo sveikatos institucijų bei kitų aplinkos veiksnių.

Neretai žmonės rūpinasi sveikata palaikydami gerą fizinę formą, pilnavertę mitybą, tačiau kartais pamiršta, kad aplinkoje yra tiesiogiai neįjuntamų pavojų, sukeliančių didžiulę riziką sveikatai. Nuo šių pavojų apsisaugoti neįmanoma, jei nėra atliekami nuolatiniai moksliniai tyrimai, padedantys numatyti sveikatai kenkiančius įvykius ir iširti pavojaus lygį bei galimas pasekmes. Taip pat labai svarbus aspektas – nuolatinis žmonių informavimas tiek apie rizikingus veiksmus žmonių aplinkoje, tiek ir apie prevencijos priemonių naudą.

Švarus oras yra svarbus palaikant sveikatą (Mesas-Carrascosa F. J. 2020, 1). Vis dėlto, vienas iš sveikatai rizikingų ir plika akimi nematomų veiksnių yra oro tarša. Ji kelia didžiulį pavojų tiek aplinkai, tiek ir sveikatai, pavyzdžiui, remiantis PSO duomenimis, vien ES kasmet dėl oro taršos miršta apie 400 tūkst. žmonių ir patiriama šimtai mlrd. eurų su sveikata susijusių išorės išlaidų (Europos audito rūmai,

2018, 6). Nuo oro taršos labiau kenčia miesto gyventojai, nes atsižvelgiant į gyventojų tankumą miestuose, oro teršalai išleidžiami platesniu mastu (pavyzdžiui, dėl kelių transporto) ir jie sunkiau išsisklaido miestuose nei kaimo vietovėse (Europos audito rūmai, 2018, 10).

Kaip jau buvo minėta anksčiau, oro taršos lygis priklauso nuo į atmosferą išmetamų teršalų, kurie išsiskiria iš tam tikrų taršos šaltinių, transformuojasi su kitomis ore esančiomis dalelėmis ir galiausiai išsisklaido, pasklinda po teritoriją. Tam tikras oro teršalų kiekis paveikia žmogaus organizmą, jei įvyksta teršalų sąlytis su kuria nors kūno dalimi, pavyzdžiui, burna, oda ar nosies šnervėmis. Šiuo atveju oro teršalų poveikiui sveikatai įtakos turi laikas ir trukmė, per kurią žmogus yra veikiamas teršalų. Kuo ilgiau asmuo išbūna užterštoje teritorijoje be apsaugos priemonių, tuo labiau jo organizmą paveikia oro teršalai, todėl oro tarša yra susijusi su daugybe skirtingų pasekmių sveikatai, pradedant nuo nestiprių trumpalaikių kvėpavimo takų ir plaučių veiklos sutrikimų, baigiant ribotu darbingumu, dažnėjančiais apsilankymais gydymo įstaigose ir netgi mirtimi. Anot PSO, ES dėl oro taršos per anksti miršta vidutiniškai daugiau nei 1000 žmonių per dieną, o tai yra 10 kartų daugiau nei žuvusiųjų kelių eismo įvykiuose (Europos audito rūmai, 2018, 9).

Oro tarša žmonių organizmą veikia nevienodai. Kai kurios žmonių grupės, pavyzdžiui, kai kurie suaugusieji, vaikai, besilaukiančios moterys ar asmenys, sergantys įvairiomis ligomis (astma ir kt.), veikiami oro taršos yra didesniame pavojuje, kadangi šiems asmenims gali daug sparčiau išsivystyti gretutinės ligos ar sustiprėti jau esamų ligų simptomai (Mannucci P. M. et al. 2015). Taip pat kai kurias žmones veikia daug didesni oro teršalų kiekiai, pavyzdžiui, asmenys, kurie gyvena šalia aktyvaus eismo zonų, arba tuos, kurie priklauso specifinės profesijos ar socioekonominėms grupėms (WHO, 2016, 1). Ypač jautrūs oro teršalams yra vaikai, labiausiai dar negimę arba naujagimiai, bei vyresnio amžiaus žmonės, sergantys širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo takų ligomis, taip pat žemesnio socialinio ir ekonominio statuso asmenys.

Nors pagyvenę žmonės turi didžiausią riziką patirti sveikatos sutrikimus dėl oro taršos, tačiau pastaruoju metu į rizikos grupę patenka ir kūdikiai. Tyrimų metu nustatyta, kad dar negimusio kūdikio motinai nuolat veikiamai oro taršos didėja priešlaikinio gimdymo rizika, todėl kūdikis gali gimti mažesnio svorio, silpnesnis, jį gali ištikti mirtis (Ostro B. 2004, 11). Kalbant apie kiek vyresnius vaikus, didesnis jautrumas oro teršalams susijęs su fiziologija ir metabolizmu. Vaikai kvėpuoja dažniau nei suaugusieji, kadangi jų kvėpavimo takai ir plaučiai yra mažesni, taip pat vaikų organizme skirtingas intoksikacijos (apsinuodijimo) ir detoksikacijos (išsivalymo) greitis (WHO, 2004, 14). Jautrumas teršalams susijęs ir su laisvalaikio veikla – vaikai linkę daugiau laiko praleisti lauke, todėl dažniau kvėpuoja užterštu oru. Vaikų kvėpavimo sistemos vystymosi laikotarpyje yra keli specifiniai periodai, kurių metu toksinės medžiagos, patenkančios į kvėpavimo takus, gali sutrikdyti normalų vystymąsi ir sukelti ilgalaikę žalą (Goldizen F.C. et al. 2015, 95).

Oro tarša žmogaus organizmą paveikia ne tik fiziškai, bet ir psichologiškai. Psichologinės oro užterštumo pasekmės dažniau pasireiškia žmonėms, kuriuos pastoviai veikia mažesnės kenksmingų dujų koncentracijos. Psichologinių tyrimų rezultatai įrodo kliniškai reikšmingą psichologinių procesų poveikį nervų sistemos funkcionavimui ir su sveikata susijusiam elgesiui, todėl oro tarša gali paveikti žmogaus nervų sistemos funkcionavimą (Rotko T. 2004, 101).

Reikšminga išskirti kiekvieno iš pagrindinių oro teršalų, tokių kaip SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, KD ir CO, poveikį žmonių sveikatai, kadangi kiekvienas teršalas fizinę žmogaus būklę veikia skirtingai. Pavyzdžiui, padidėjusi SO<sub>2</sub> bei NO<sub>2</sub> koncentracija ore yra pavojinga asmenims, kenčiantiems nuo kvėpavimo takų ligų (astmos, chroninių plaučių ligų ir kt.). Šiems asmenims gali sutrikti plaučių funkcijos: atsirasti sunkumas krūtinėje, kosulys, taip pat gali paūmėti astmos priepuoliai, dėl kurių neretai prireikia ir medikų pagalbos (Aplinkos oro kokybės vertinimo vadovas, 2006, 23–25). NO<sub>2</sub>, daugiausia išsiskiriantis urbanizuotose ir pramoninėse zonose, prisideda prie fotocheminio smogo susidarymo. Smogas yra itin pavojingas žmonių, ypač vaikų, sveikatai: sukelia akių dirginimą, kosulį, nepatogumą krūtinės ąštoje, taip pat pagreitina astmos išsivystymą (Rani B. et al. 2011, 31). Epidemiologinių tyrimų metu nustatyta, kad NO<sub>2</sub> poveikis yra tiesiogiai susijęs su padidėjusiu astma ir rinitu sergančių žmonių kiekiu bei ūmiu plaučių funkcijos sumažėjimu astma sergantiems asmenims (D'Amato G. 2011, 30).

CO taip pat yra be galo pavojingos toksinės dujos. Jos žmogaus organizme stabdo deguonies pernešimą kraujyje, dėl to į širdį patenka mažiau O<sub>2</sub>, o tai kelia didelį pavojų asmenims, kenčiantiems nuo širdies ir kraujagyslių ligų (Aplinkos oro kokybės vertinimo vadovas, 2006, 33). Didesnės apimties kietosios dalelės (KD<sub>10</sub>) dažnai nusėda ant paviršių, todėl jos nėra tokios pavojingos, kaip mažesnės kietosios dalelės (KD<sub>2,5</sub>). Smulkios KD lengviau patenka į kvėpavimo takus bei kraujotakos sistemą ir gali sukelti didelių sveikatos sutrikimų. Jos absorbuoja toksines medžiagas ir mikroorganizmus, o visa tai pernešamos į gilesnius kvėpavimo takus gali sukelti lėtinius apsinuodijimus ir alergines žmogaus organizmo reakcijas (Sinkevičius S. 2011).

Remiantis aptarta moksline literatūra galima teigti, kad oro tarša, sukianti žalą žmonių sveikatai, yra viena aktualiausių šių laikų problemų. Visgi verta paminėti, kad ši problema apima ne tik fizinę ar fiziologinę dimensiją, bet ir socioekonominių lygmenį, kurį taip pat būtina aptarti.

### 1.2.5. Ryšys tarp socioekonominių veiksnių ir oro taršos pavojaus sveikatai

Tai, kaip oro tarša veikia žmogaus sveikatą, priklauso ne tik nuo oro teršalų savybių, laiko ir trukmės, kada žmogus praleido užterštame ore, bet ir nuo socioekonominių veiksnių. Socialiniai ir ekonominiai veiksniai apima nemažai sričių, pavyzdžiui, išsilavinimo lygį, darbingumą, ekonominę ir šeiminingą padėtį, rasę ir gyvenimo sąlygas. Anot A. L. Cox, žemas socioekonominis statusas yra vienas gretutinių rizikos veiksnių, prisidedančių prie oro taršos sukeliama padidėjusio sergamumo širdies ligomis ir astma (Cox L. A. 2017, 105).

Mokslinių tyrimų rezultatai įrodo sąveiką tarp socialinių ir ekonominių veiksnių bei oro taršos poveikio sveikatai. Suomų mokslininkė Tuulia Rotko savo disertacijoje apie socialinius oro taršos aspektus teigia, kad socialiniai ir ekonominiai veiksniai daro įtaką tiek sergamumui, tiek mirtingumui, kuris pasireiškia dėl oro taršos, o tyrimų rezultatai parodo aiškius skirtumus tarp kvėpavimo takų ligų simptomų ir sergamumo skirtingose socioekonominėse grupėse (Rotko. T. 2004, 39). Žemesnį socialinį statusą turintys asmenys yra labiau paveikūs oro taršai, kadangi su ja susiduria dažniau. Remiantis tyrimų rezultatais, žemesnio socialinio sluoksnio žmonių organizmai labiau reaguoja į oro taršą, kadangi su oro teršalais jie susiduria dažniau, o dėl silpnesnės sveikatos ir patiriamo psichologinio streso, jie dar yra ir jautresni (O'Neill M. S. et al. 2003, 1861; Forastiere F. et al. 2007, 209). Šiai grupei priklausančius asmenis oro tarša veikia dažniau dėl keleto priežasčių. Pirmiausia, tai susiję su gyvenamąja vieta, kuri dažnai būna arti pramonės teritorijų ir aktyvaus eismo zonų, taip pat ir su darbine aplinka. Žemesnio socioekonominio statuso asmenys linkę dirbti darbą, kurio metu ir tiesiogiai, ir netiesiogiai yra veikiami rizikos veiksnių. Tokio darbo pasirinkimas dažnai priklauso nuo žemesnio išsilavinimo lygio.

Ilgalaikėje perspektyvoje tokių žmonių sveikata palaipsniui silpnėja nuo pat vaikystės. Oro tarša, su kuria žemesnio socioekonominio sluoksnio asmenys susiduria nuo mažumės, per ilgą laiką padaro negrįžtamą poveikį organizmui ir net trumpina gyvenimo trukmę. Dėl patiriamo nepritekliaus šios grupės asmenų mityba yra prastesnė, todėl silpstantis, reikalingų maistinių medžiagų negaunantis organizmas tik dar labiau linkęs būti veikiamas oro taršos. Anot M. Guarnieri ir J. R. Balmes, žemesnio socioekonominio statuso šeimose augantys astma sergantys vaikai daug dažniau veikiami oro taršos dėl keleto veiksnių, susijusių su gyvenamąja vieta: didesniu nusikaltimų lygiu, mažesnio žalių erdvių ploto, prasto maisto ar netgi nutukimo (Guarnieri M., Balmes J. R. 2014, 1586).

Dar viename oro taršos ir jos poveikio sveikatai tyrime pabrėžta, kad į didesnės rizikos grupę patenka žemesnį nei vidurinės mokyklos išsilavinimą turintys asmenys. Žmonių turinčių aukštąjį išsilavinimą, palaikančių subalansuotą mitybą ir turinčių prieigą prie sveikatos priežiūros, sąlytis su oro teršalais parodo, kad šie socialiniai ir ekonominiai veiksniai yra svarbūs tiriant ryšį tarp oro taršos sukulto mirtingumo. Mirtingumas dėl oro taršos yra dažnesnis tarp žmonių, turinčių žemesnį išsilavinimą,

patiriančių skurdą, valgančių prastesnį ar nevisavertį maistą, atliekančių retesnę sveikatos apžiūrą ar išvis neturinčių prieigos prie medicininių išteklių (Ostro B. 2004, 19).

2004 m. buvo atliktas sveikatos skirtumų, susijusių su oro tarša ir socioekonimine padėtimi, tyrimas šešiuose San Paulo, Brazilijoje, rajonuose. Rezultatai atskleidė, kad teritorijose, kuriose gyvena žmonės, turintys aukštąjį išsilavinimą ir didesnes pajamas,  $KD_{10}$  turėjo mažesnę poveikį vyresnių žmonių mirtingumui, negu teritorijose, kuriose gyvena skurdesni žmonės (Martins M. C. H. et al. 2004). Kito tyrimo, atlikto Hamiltono mieste, Kanadoje, rezultatai taip pat atskleidė, kad oro tarša turėjo didesnę poveikį žemesnio išsilavinimo ir gamybos srityje dirbantiems asmenims (Jerrett M. et al. 2004). 2018 m. buvo atliktas tyrimas siekiant nustatyti, kaip socioekonominiai veiksniai ir oro tarša veikia žmonių sveikatos būklę Kinijoje. Tyrimo rezultatai parodė, kad oro tarša turėjo didesnę poveikį sveikatai asmenims, priklausantiems žemesnei socioekonominiai grupei, o žmonėms, priklausantiems aukštesniam socioekonominiam sluoksniui oro taršos poveikis sveikatai buvo žymiai mažesnis (Jiao K. et al. 2018).

Dar vienas svarbus aspektas – žemesnį socialinį statusą turintys žmonės yra prasčiau informuoti dėl galimų oro taršos pasekmių. Informacija apie oro taršą ir riziką sveikatai neretai būna skleidžiama šaltiniais, kurie nepasiekia labiausiai pažeidžiamų gyventojų grupių, pavyzdžiui, etninių mažumų ar žemo socioekonominio sluoksnio asmenų (Ramirez A. et al. 2019, 1–3). Tai gali lemti įvairios priežastys, pavyzdžiui, nepriteklius, dėl kurio žmonės turi ribotą prieigą prie informacijos šaltinių, tokių kaip kompiuteris, televizorius ar radijas. Dėl to prastai informuoti asmenys vangiau priima sprendimus dėl sveikesnio gyvenimo būdo pokyčių, tai yra, neplanuoja keisti gyvenamosios vietos ar darbo vien tam, kad pasiektų sveikatos gerovę.

Skirtingas kiekvienos šalies ekonomikos lygis, geografinė padėtis ir socialiniai bei kultūriniai veiksniai sudaro tam tikras sąlygas plisti oro teršalams ir prisideda prie procesų, lemiančių didesnę ar mažesnę žmonių susidūrimą su prasta oro kokybe (Boldo E. 2016, 20). Kaip įrodė atliktų tyrimų rezultatai, socialiniai ir ekonominiai veiksniai taip pat prisideda prie oro taršos poveikio sveikatai, o labiausiai pažeidžiami yra žemesnio socioekonominio sluoksnio asmenys.

## 2. ORO TARŠOS VERTINIMAS ALYTAUS MIESTO IR RAJONO TERITORIJOJE

### 2.1. Padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro įvykis

2019 m. spalio 16 d. Alytaus padangų perdirbimo gamykloje „Ekologistika“ kilo gaisras, kuris truko 10 dienų. Šis įvykis traktuojamas kaip viena didžiausių nelaimių, įvykusių Lietuvoje per pastarąjį laikotarpį. Dėl gaisro Alytuje buvo paskelbta ekstremalios padėties situacija.

Įvykio metu sandėliuose degė apie 2 tūkst. tonų panaudotų padangų [63]. Padangų degimo procesas yra pavojingas, kadangi jo metu išsiskiria kenksmingos medžiagos, pavyzdžiui, sunkieji metalai (arsenas, gyvsidabris), KD, CO, SO<sub>2</sub>, lakūs organiniai junginiai ir kt. (Hansen C. 2019). Toks įvykis turi neigiamą poveikį aplinkai, labiausiai orui, dirvožemiui ir vandeniui, kadangi degimo proceso metu išsiskiriantys sunkieji metalai ir kiti itin pavojingi teršalai per orą ir vandenį gali lengvai patekti į žmogaus organizmą, taip sukeldami tiek trumpalaikį, tiek ilgalaikį pavojų sveikatai. Kalbant apie vandens ir dirvožemio taršą, jei teršalai iš šių šaltinių nėra greitai surenkami, jie nukeliauja į vietinius vandens rezervuarus ir juos užteršia [66]. Laiku nesustabdžius šio proceso, labiausiai nuo neigiamų padarinių gali nukentėti vietiniai gyventojai, kadangi iš šių vandens rezervuarų užterštas vanduo gali pasiekti jų namus.

Alytaus mieste atvira gaisro liepsna buvo užgesinta spalio 18 d., o smilkę dūmai galutinai išsisklaidė tik spalio 25 d. Gaisro metu vyraujantys šiaurės, šiaurės rytų krypties vėjai kenksmingus dūmus nunešė link Alytaus rajono šiaurinės pusės. Ekstremalių situacijų komisijai apvažiavus Alytaus rajono teritorijas (Miklusėnų, Užubalių, Dubių, Genių ir kitus kaimus), išsiaiškinta, kad didžiausias smogas buvo pakibęs virš Miklusėnų ir Užubalių [67]. Tolesnių tyrimų rezultatai atskleidė, kad labiausiai nuo kenksmingų dūmų nukentėjo Miklusėnų kaimo gyventojai.

Gaisro įvykio metu buvo atliekami oro taršos tyrimai. Kadangi degančios padangos į aplinką išskiria pavojingus oro teršalus, labai svarbu stebėti, ar jų koncentracijos neviršija rekomenduotinių paros normų. Norint suprasti, kiek teršalai, išsiskiriantys degant padangoms, yra pavojingi, reikia suprasti ir iš kokių medžiagų šios padangos pagamintos. Guminis padangų komponentas yra gaminamas iš kelių gumų mišinio, sutvirtinto specialiu suodžių užpildu. Pati padanga yra sudaryta iš kelių tokios gumos sluoksnių ir įvairių pridėtinių medžiagų, kurios padangai suteikia degumo. Atviri padangų gaisrai į orą išskleidžia nemažą kiekį kenksmingų medžiagų, tokių kaip anglies monoksidas, sieros ir azoto oksidai, taip pat mikroelementus – arseną, kadmį, nikelį, cinką, chromą ir kt., o šie teršalai kelia pavojų žmonėms, kurie gyvena arti padangų gaisrų zonų (Nadal M. et. al. 2016, 37–38).

Alytaus padangų perdirbimo įmonėje vykusio gaisro atveju pavojingų medžiagų koncentracijos ore viršijo normas. Anot AAA, mobiliose laboratorijose matuojami pagrindinių oro teršalų, tokių kaip KD<sub>2,5</sub> ir KD<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ir CO, koncentracijos viršijo leistiną normą spalio 18–21 d., pavyzdžiui,

KD<sub>10</sub> vidutinė paros koncentracija spalio 18–21 d. viršijo ribinę vertę (50 µg/m<sup>3</sup>) nuo 1,1 iki 2,6 karto. [58]. Žemiau lentelėje (3 lent.) pateiktos oro teršalų ribinės vertės ir Alytaus gaisro metu matuotų oro teršalų kiekių maksimalios bei vidutinės vertės.

3 lentelė. Oro teršalų ribinės bei maksimalios ir vidutinės vertės 2019 m. spalio mėn. Alytuje vykusio gaisro metu (sudaryta pagal AAA mobilių oro taršos vertinimo stotelių duomenis ir AAA nurodytas oro užterštumo normas [56])

Nr.	Oro teršalas	1 val. vidurkio norma (µg/m <sup>3</sup> )	Paros vidurkio norma (µg/m <sup>3</sup> )	Metinė vidurkio norma (µg/m <sup>3</sup> ) 2020 m.	Pavojaus slenkstis 1 val. (µg/m <sup>3</sup> )	Alytaus gaisro metu pasiektos maks. ir vid. teršalų vertės (µg/m <sup>3</sup> )
1.	KD <sub>10</sub>	-	50	40	-	Maks: 479 Vid: 49,9
2.	KD <sub>2,5</sub>	-	-	20	-	Maks: 343,5 Vid: 36,6
3.	NO <sub>2</sub>	200	-	40	400	Maks: 67,5 Vid: 12,5
4.	SO <sub>2</sub>	350	125	20	500	Maks: 25 Vid: 6,8
5.	CO	-	10 (paros 8 val. maks. vidurkis)	-	-	Maks: 0,78 Vid: 0,3
6.	O <sub>3</sub>	180	120 (paros 8 val. maks. vidurkis)	-	240	Maks: 85,2 Vid: 42,1

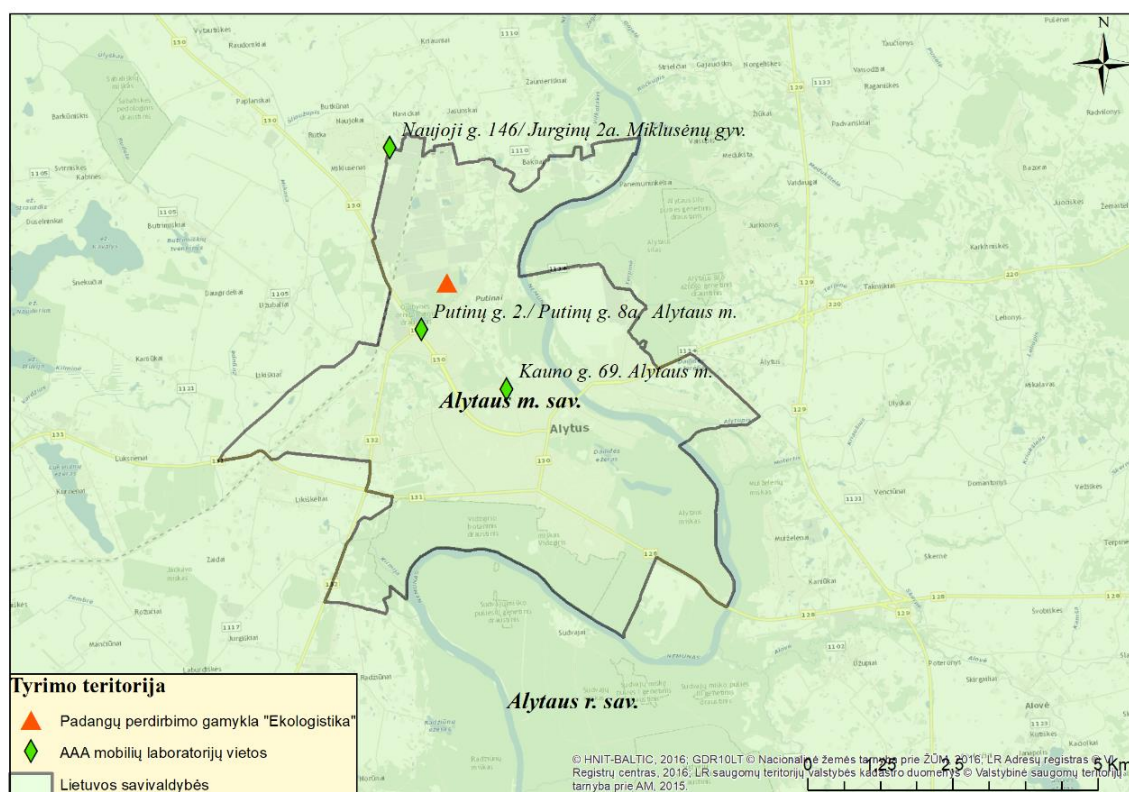
Padangų degimo metu išsiskyrę kenksmingi teršalai pateko ne tik į orą, bet ir į dirvožemį, todėl pavojingos medžiagos užteršė ir vandenį. AAA ištyrus nuotekas, paaiškėjo, kad kai kurios kenksmingos medžiagos viršijo leistiną normą. Agentūros tyrėjai nustatė padidėjusią bendrojo fosforo koncentraciją, taip pat leistiną paros normą viršijo ir organinių medžiagų koncentracija [57]. Žiniasklaidos teigimu, apie 30 tūkst. kubinių metrų užteršto vandens susikaupė „Dzūkijos vandenu“ nuotekų valykloje, o dar apie 10 tūkst. kubinių metrų susikaupė buvusiam lietaus rezervuare po gaisraviete ir apie 1 tūkst. kubinių metrų – „Ekologistikos“ rūsiuose [64].

Oru ir vandeniui sklindančios kenksmingos medžiagos paveikė ne tik žmones, bet ir gyvulius, jų organizmą ir tiekiamus produktus. Šios ekstremalios situacijos metu nukentėjo gyvulininkystės ūkiai ir jų tiekiamą produkciją. Net 29 ūkiams buvo uždrausta tiekti ir vartoti pieną, kadangi jį ištyrus nustatytas užterštumas. Anot informacinių šaltinių, iš prekybos buvo atšaukta 382 tonos „Rokiškio sūrio“, „Rokiškio pieno“, „Varėnos pienelio“, „Rivonos“ ir „Marijampolės pieno konservų“ pieno produktų [65].

## 2.2. Antžeminių ir palydovinių NO<sub>2</sub> duomenų lyginimas

Šiame tyrime siekiama patikrinti palydovinių duomenų galimybes vertinant oro taršą, todėl, pirmiausia, buvo įvertintas palydovinių duomenų patikimumas, ieškant ryšio tarp Sentinel-5P TROPOMI ir AAA mobilių laboratorijų duomenų paėmus vieną oro taršos rodiklį – NO<sub>2</sub>, kuris puikiai tinka identifikuoti oro užterštumą. Taip pat NO<sub>2</sub> yra vienas pavojingiausių kvėpavimo sistemos dirgiklių, prasiskverbiantis giliai į plaučius ir sukeliančių kvėpavimo takų ligas, kosulį, švokštimą, dusulį, bronchų spazmus ir net plaučių edemą, ypač įkvepiant didesnį NO<sub>2</sub> kiekį (Manisalidis I. et al. 2020, 6). Dėl to labai svarbu ištirti gaisro metu į aplinką išsiskyrusį NO<sub>2</sub> kiekį. Tyrimui atlikti pasirinktas Alytaus mieste vykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro atvejis.

Tyrimo metu naudojami kelių šaltinių duomenys: Sentinel-5P TROPOMI palydoviniai duomenys, gauti iš atvirosios prieigos šaltinio (<https://s5phub.copernicus.eu/dhus/#/home>), ir Aplinkos apsaugos agentūros suteikti antžeminiai mobilių laboratorijų duomenys iš dviejų vietų: 1) Naujoji g. 146/ Jurginių g. 2a (Miklusėnų gyv., Alytaus raj.); 2) Putinų g. 2 ir Putinų g. 8a (Alytaus m.). Iš viso AAA atliko antžeminius matavimus trijose vietose (13 pav.), tačiau vietovėje, adresu Kauno g. 69 (Alytaus m.), duomenų surinkta mažai, todėl šios vietos duomenys tyrime nenaudojami. Duomenys apima Alytaus mieste įvykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro periodą: 2019 m. spalio 16–25 d.



13 pav. Tyrimo teritorija (sudaryta naudojant AAA ir geoportal duomenis)

Tyrimui naudojami NO<sub>2</sub> Sentinel-5P TROPOMI 2-ojo lygio duomenys, tai reiškia, kad šiuos duomenis galima naudoti tiesiogiai be papildomo apdorojimo. Jie suteikia informacijos apie oro teršalų kiekį per visą vertikalų troposferos sluoksnio stulpą ir pats teršalų kiekis nurodytas moliais kvadratiniam metre (mol/m<sup>2</sup>). Iš šių palydovinių duomenų galima gauti ne tik skaitines reikšmes, bet taip pat ir palydovo darytas nuotraukas oro teršalų sklaidos vizualizacijai. Žinoma, 2019 m. Sentinel-5P TROPOMI duomenys yra prastesnės rezoliucijos, priklausomai nuo nuotraukos – 7 km x 5,5 km arba 5,5 km x 3 km, todėl kokybiškesnei vizualizacijai labiau tiktų didesnė teritorija nei Alytaus miestas, kurio plotas yra 48 km<sup>2</sup> ir rajonas, kurio plotas – 1396 km<sup>2</sup>. Vis dėlto, tinkamai pritaikius Sentinel-5P TROPOMI duomenis, jie suteikia galimybę vertinti oro taršą urbanizuotose teritorijose (Ialongo I. et. al. 2019, 1).

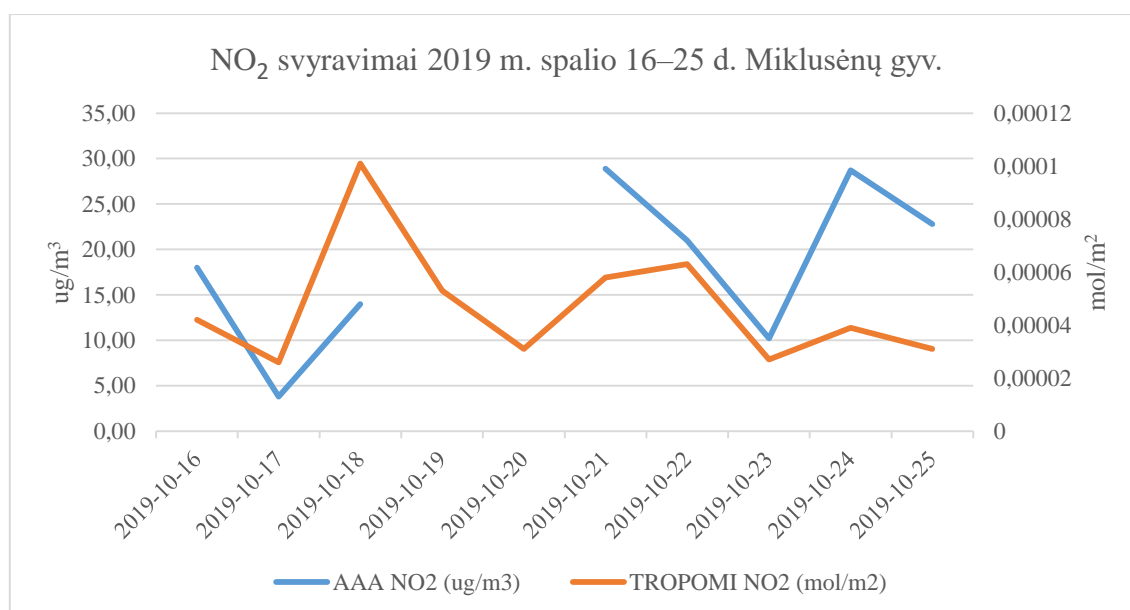
Antžeminiai duomenys nuo palydovinių skiriasi tuo, kad rodo tik konkrečiame taške prie žemės pamatuotą oro teršalų koncentraciją mikrogramais kubiniame metre (µg/m<sup>3</sup>). Antžeminiai duomenys yra daug tikslesni, tačiau iš jų tikslius oro taršos sklaidos žemėlapius sudaryti sudėtingiau, ypač tuo atveju, jei yra tik kelios matavimo vietos, kadangi yra mažiau duomenų. Taigi Sentinel-5P TROPOMI duomenys ir antžeminiai duomenys nėra vieni kitiems lygiavertūs, tačiau jie abu teikia informaciją apie oro taršą.

Tyrimė iš dalies remiamasi ankstesnių tyrimų analizėje aprašyto mokslinio straipsnio apie Sentinel-5P TROPOMI ir antžeminių matavimų duomenų palyginimą Helsinkyje metodika. Remiantis šia metodika, mėginta sulygtinti dviejų AAA tirtų vietų duomenis su Sentinel-5P TROPOMI teikiamais duomenimis mobilių laboratorijų taškuose. Kadangi antžeminiai AAA duomenys gaisro dienomis buvo renkami kas valandą, o Sentinel-5P TROPOMI nuotraukos kasdien darytos tik konkrečiu laiku, todėl iš mobilių laboratorijų duomenų buvo imtos reikšmės, atitinkančios Sentinel-5P TROPOMI padarytų palydovinių nuotraukų laiką, pavyzdžiui, jei 2019 m. spalio 16 d. Sentinel-5P TROPOMI nuotraukos laikas buvo 10:08:52, tai iš visų tos dienos antžeminių duomenų imamas tik 10 valandos NO<sub>2</sub> matavimo rezultatas arba arčiausiai to laiko atliktas matavimas (žr. 3 PRIEDAS). Skirtingu būdu gautų oro taršos duomenų palyginimu norima patikrinti, ar Sentinel-5P TROPOMI duomenyse aptiktas oro taršos padidėjimas ir sumažėjimas sutampa su mobilių laboratorijų užfiksuotu NO<sub>2</sub> koncentracijų svyravimu tomis pačiomis dienomis. Tai atliekama apskaičiuojant ryšį ir patikimumo procentą tarp duomenų.

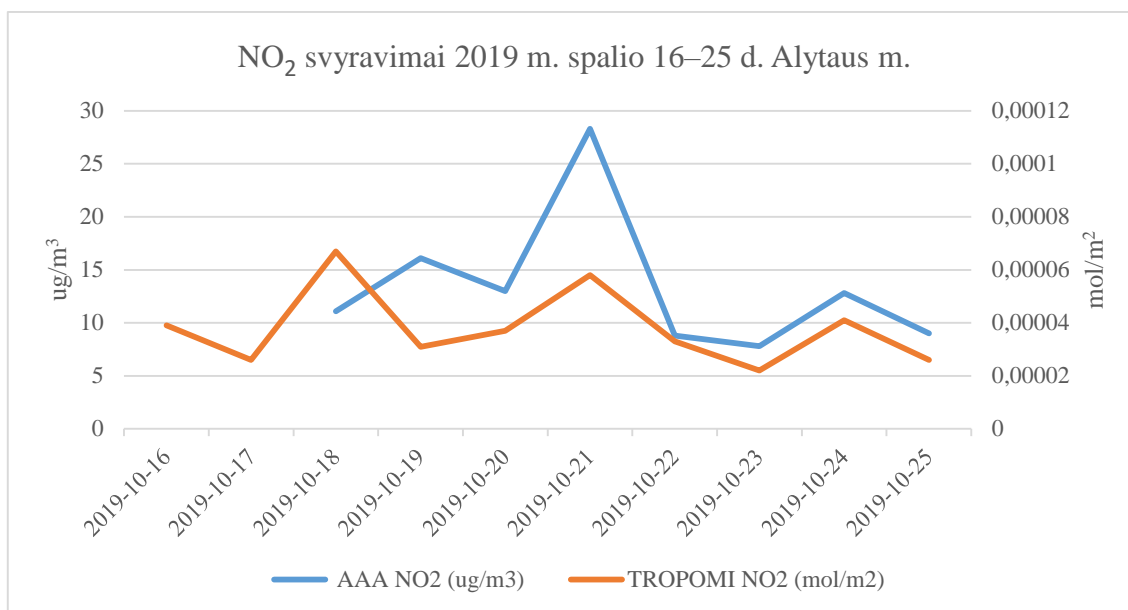
Norint gauti skaitines NO<sub>2</sub> reikšmes iš Sentinel-5P TROPOMI duomenų, naudojamos kelios kompiuterinės programos. Pirmiausia, duomenys tvarkomi „SNAP“ programoje („Sentinel“ pritaikymo platforma, *angl.* The Sentinel Application Platform). Šioje programoje naudojamos kelios funkcijos: 1) „Attach Pixel Geo-Coding“ funkcija, kuria palydovo duomenų pikseliams priskiriamos geografinės koordinatės; 2) „Reprojection“ funkcija, atliekanti georeferenciją, tai yra, erdvinį padėties nustatymą pagal koordinatinių sistemą ir konkrečius duomenis; 3) Export→GeoTIFF funkcija, leidžianti eksportuoti failą TIFF formatu, reikalingu norint Sentinel-5P TROPOMI NO<sub>2</sub> failą atidaryti „ArcMap“ programoje.

Svarbu pabrėžti, kad kiekvieną TROPOMI failą sudaro sluoksniai (*angl.* Bands), kuriuose pateikiama papildoma informacija, pavyzdžiui, oro masių (*angl.* Air mass factor), saulės zenito (*angl.* Solar zenith) ir azimuto (*angl.* Solar azimuth) kampų produktai, ir pagrindinė informacija – NO<sub>2</sub> troposferos (*angl.* Tropospheric column), stratosferos (*angl.* Stratospheric column), bendro (*angl.* Total column) ir suminio bendro (*angl.* Summed total column) stulpo produktai. Kadangi iš visų atmosferos sluoksnių troposferos sluoksnis yra arčiausiai žemės, todėl, kaip TIFF failas, eksportuojamas tik NO<sub>2</sub> troposferos produktas. Eksportuotą NO<sub>2</sub> failą perkėlus į „ArcMap“ programą atliekama tolesnė duomenų analizė. Pirmiausia, NO<sub>2</sub> nuotraukoje pagal koordinates pažymima tiksli gaisro vieta bei AAA mobilių laboratorijų vietos, kad būtų galima išsiaiškinti, kokia NO<sub>2</sub> reikšmė mobilių laboratorijų vietų taškuose. Taip pat naudojama „Zonal statistics“ funkcija, kuri padeda išsiaiškinti, kokia NO<sub>2</sub> reikšmė norimame palydovinės nuotraukos taške.

Atlikus aukščiau išvardintus žingsnius visiems palydoviniams duomenims nuo spalio 16 d. iki 25 d., gautos skaitinės NO<sub>2</sub> reikšmės dvejose vietose: Miklusėnų gyvenvietėje ir Alytaus mieste, perkeliamos į Excel programą, kur sudaromi grafikai (14 pav. ir 15 pav.) antžeminių ir palydovinių duomenų palyginimui. Grafikuose mėlyna linija nurodo NO<sub>2</sub> teršalų koncentracijas iš mobilių laboratorijų duomenų, o oranžinė linija – NO<sub>2</sub> kiekį, gautą iš palydovinių duomenų. Pirmame grafike, nurodančiame NO<sub>2</sub> svyravimus Miklusėnų gyvenvietėje (14 pav.), AAA matavimai spalio 19 d. ir 20 d. atlikti nebuvo, todėl nurodytomis dienomis antžeminių duomenų nėra, taip pat antrame grafike, vaizduojančiame NO<sub>2</sub> svyravimus Alytaus mieste (15 pav.), nėra duomenų iš spalio 16–17 d., kadangi šioje vietoje AAA antžeminių matavimų nurodytomis dienomis taip pat neatliko.



14 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Miklusėnų gyv.  
(sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)



15 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Alytaus m.  
(sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

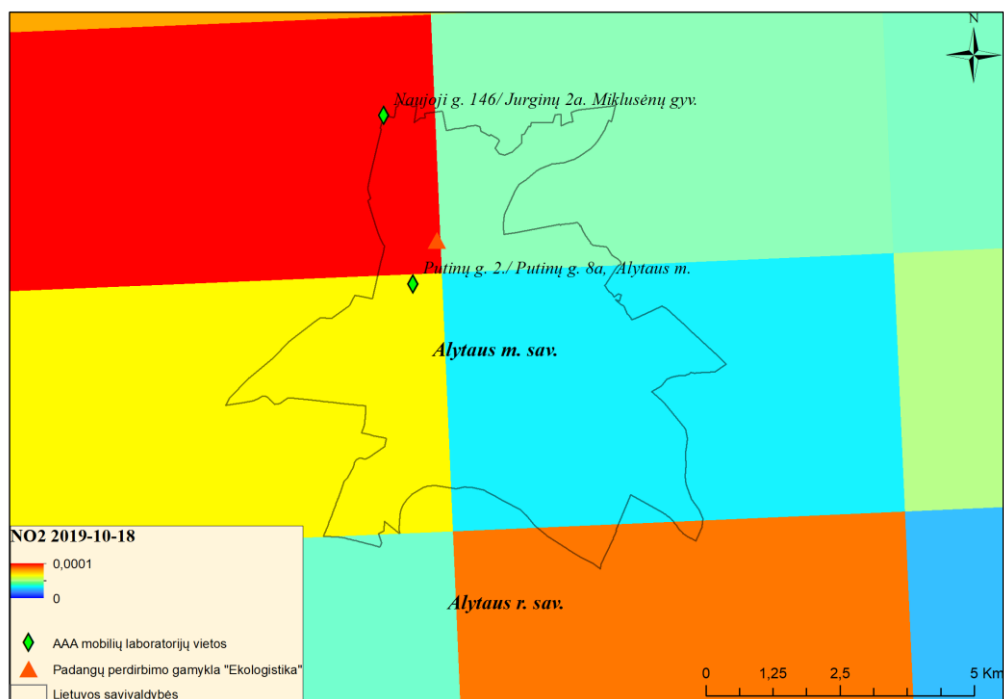
Tyrimė AAA antžeminiams konkrečios valandos duomenims ir Sentinel-5P TROPOMI duomenims buvo apskaičiuotas vidurkis ir standartinis nuokrypis (SD), kuris parodo kiek vidutiniškai gali pakisti reikšmės. Rezultatai pateikti lentelėje (4 lent.).

4 lentelė. AAA ir Sentinel-5P gaisro periodo duomenų vidurkiai ir SD (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis).

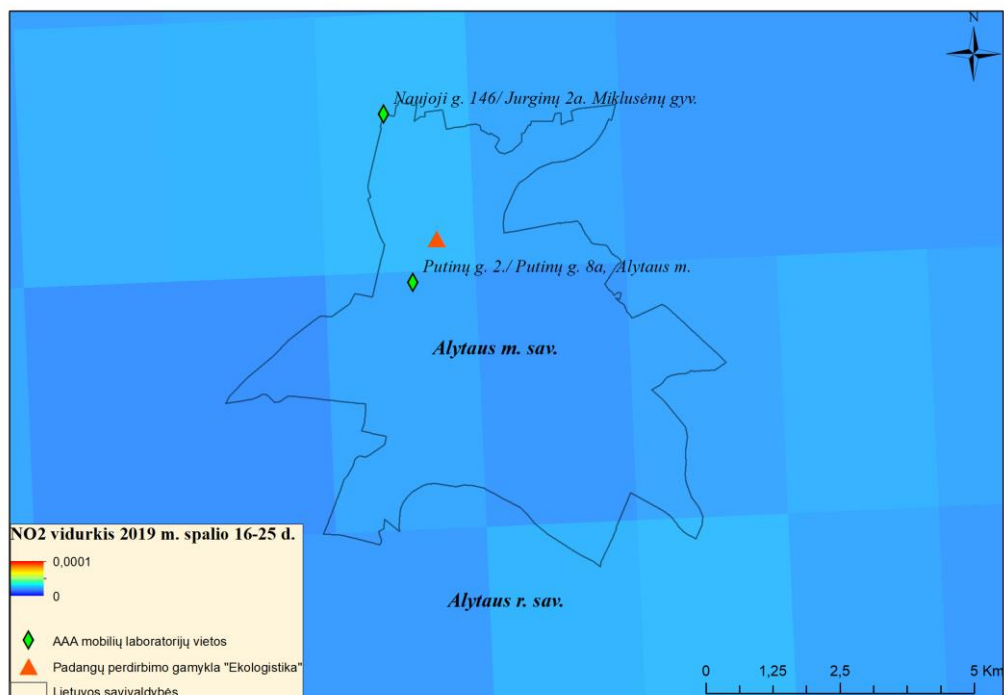
	AAA duomenų vidurkis	AAA duomenų SD	Sentinel-5P duomenų vidurkis	Sentinel-5P duomenų SD
Miklusėnų gyv.	18,43	8,8	0,000047	0,00002
Alytaus m.	13,36	6,6	0,000038	0,000014

Anksčiau buvo minėta, kad iš 2019 m. AAA atlikto oro taršos tyrimo Alytaus gaisro įvykio metu ir po jo, buvo išsiaiškinta, jog didžiausia oro tarša fiksuota spalio 18–21 dienomis. Abiejuose grafikuose matyti, kad spalio 18 d. NO<sub>2</sub> kiekiai, gauti iš Sentinel-5P TROPOMI, rodo oro taršos padidėjimą ir sutampa su NO<sub>2</sub> kiekiais, matuotais mobiliuose laboratorijose. Žemiau (16 pav.) pateikiamas spalio 18 d. žemėlapis iš Sentinel-5P TROPOMI. Taip pat žemiau 18 dienos nuotraukos pateikiamas ir viso Alytuje vykusio gaisro periodo (2019 m. spalio 16–25 d.) suvidurkintų Sentinel-5P TROPOMI nuotraukų rezultatas (17 pav.).

Atskirų gaisro periodo dienų kartografinė medžiaga pateikta prieduose (žr. 2 PRIEDAS).



16 pav. 2019-10-18 NO<sub>2</sub> iš Sentinel-5P TROPOMI  
(sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis)



17 pav. NO<sub>2</sub> vidurkis gaisro periodu 2019 m. spalio 16–25 d.  
(sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Tyrimo metu apskaičiuotas koreliacijos koeficientas ( $r$ ), nurodantis ryšį tarp Sentinel-5P TROPOMI duomenų ir antžeminių duomenų. Naudojama Excel „Pearson“ koreliacijos koeficiento funkcijos lygtis:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

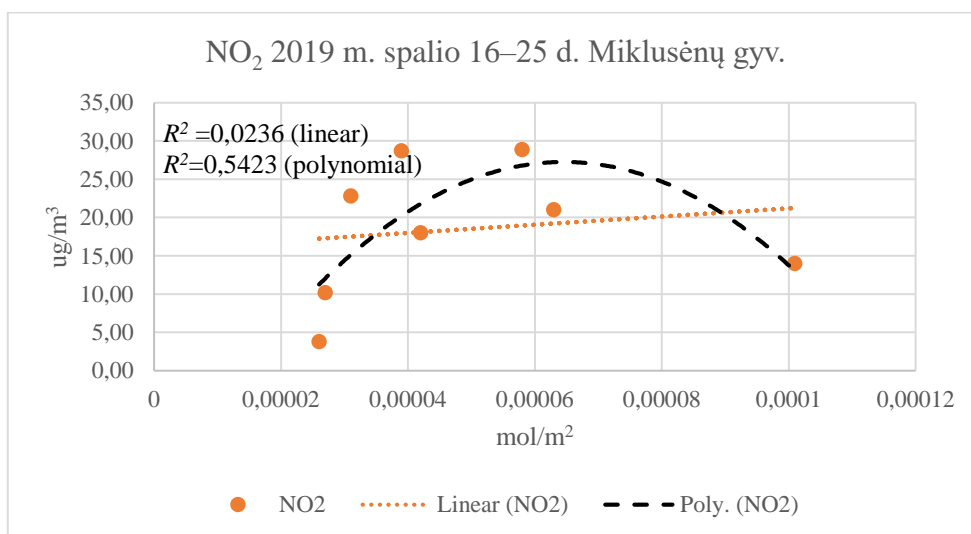
Kur  $\bar{x}$  ir  $\bar{y}$  yra imties vidurkiai.

Čia  $X$  – Sentinel-5P duomenys,  $Y$  – AAA antžeminiai duomenys.

Koreliacijos koeficientas nurodo tiesinio ryšio stiprumą ir kryptį tarp dviejų kintamųjų. Kuo koreliacijos koeficientas arčiau +1, tuo jis nurodo geresnį ryšį. Apskaičiavus koreliacijos koeficientą tarp palydovinių duomenų ir Miklusėnų gyvenvietėje, Alytaus rajone, surinktų duomenų pagal „Pearson“ koreliacijos koeficiento lygtį, gautas rezultatas  $r=0,15$ , rodantis, kad ryšys tarp duomenų nėra didelis. Pagal tą pačią formulę apskaičiavus koreliacijos koeficientą tarp palydovo ir antžeminių duomenų, surinktų Alytaus mieste, gautas  $r=0,52$  rodo, kad ryšys tarp duomenų yra vidutinio stiprumo.

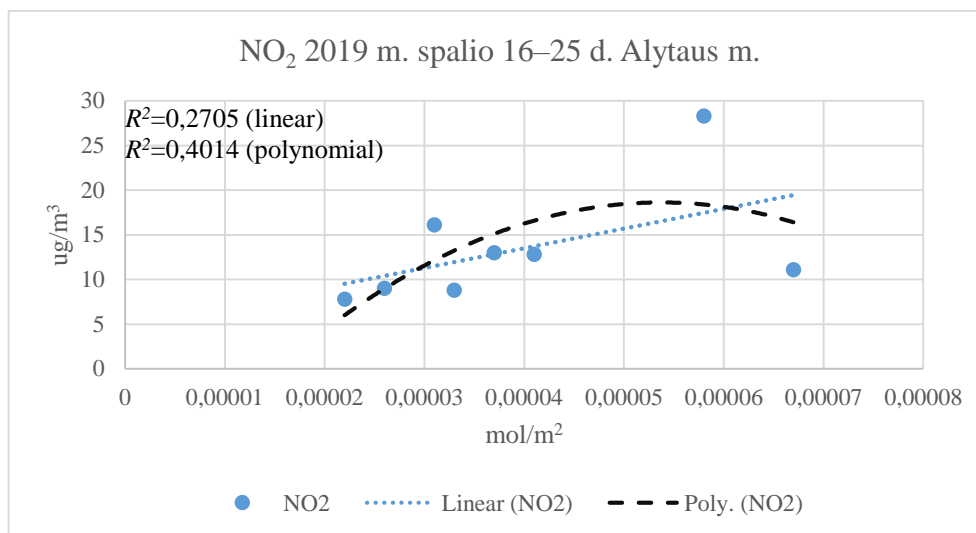
Taip pat grafikuose apskaičiuotas ir determinacijos –  $R^2$  – koeficientas, nurodantis vieno kintamojo dispersiją, kurią galima nuspėti iš kito kintamojo. Šis koeficientas leidžia nustatyti, kiek patikimos būtų prognozės iš tam tikro modelio arba grafiko. Taip pat jis parodo, kaip gerai regresijos linija atspindi duomenis. Iš determinacijos koeficiento  $R^2$  ištraukus šaknį gaunamas koreliacijos koeficientas  $r$ .

Atlikta sklaidos diagrama (18 pav.), kurioje nurodytas ryšys tarp duomenų iš Miklusėnų gyvenvietės. Iš šios vietos  $\text{NO}_2$  duomenų gautas tiesinis determinacijos koeficientas  $R^2=0,0236$ , o  $r=0,15$ . Taip pat apskaičiuotas parabolinis determinacijos koeficientas  $R^2=0,5423$ , o  $r=0,736$ . Kadangi skirtumas tarp tiesinio ir parabolinio koeficiento yra gana didelis, gauti rezultatai rodo, kad duomenų variacija gali būti paaiškinta paraboliniu, o ne tiesiniu ryšiu.



18 pav. 2019 m. spalio 16–25 d.  $\text{NO}_2$  sklaidos diagrama (Miklusėnų gyv.)  
(sudaryta naudojant AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Taip pat atlikta sklaidos diagrama (19 pav.), kurioje nurodytas ryšys tarp duomenų iš Alytaus miesto. Gautas tiesinis determinacijos koeficientas –  $R^2=0,2705$ , o  $r=0,52$ , parabolinis determinacijos koeficientas –  $R^2=0,4014$ , o  $r=0,63$ . Kadangi skirtumas tarp tiesinio ir parabolinio koeficiento nėra žymus, gauti rezultatai atskleidžia, kad duomenų variacija gali būti paaiškinta ir tiesiniu ryšiu.



19 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Alytaus m.)  
(sudaryta naudojant AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Taip pat apskaičiuotas  $t$  kriterijus norint patikrinti koreliacijos koeficiento stiprumą ir patikimumą ( $P$  – tikimybė) pagal žemiau pateiktą formulę ir IV lentelę „Koreliacijos koeficiento patikimumas pagal laisvės laipsnių skaičių“ (Songailienė A., Ženauskas K., 1985, 149).

$t$  kriterijaus formulė:

$$t = r / \sqrt{1 - r^2} \times \sqrt{n - 2},$$

Čia  $n$  – matavimų skaičius,  $r$  – koreliacijos koeficientas.

Apskaičiavus  $t$  kriterijų ir patikimumą Miklusėnų gyvenvietės duomenims, gauti tokie rezultatai:

a) Kai  $r=0,15$ , o  $n=10$ , tai  $t=0,42$ ;  $P=29,8$  %.

b) Kai  $r=0,736$ , o  $n=10$ , tai  $t=3,06$ ;  $P=98,3$  %

Apskaičiavus  $t$  kriterijų ir patikimumą Alytaus miesto duomenims, gauti tokie rezultatai:

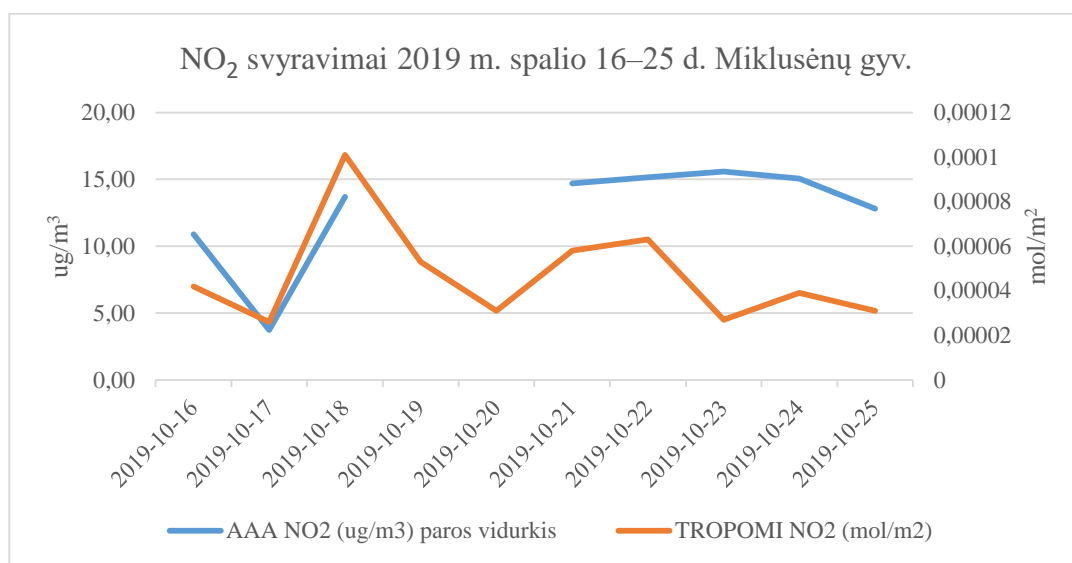
a) Kai  $r=0,52$ , o  $n=10$ , tai  $t=2,42$ ;  $P=95,7$  %.

b) Kai  $r=0,63$ , o  $n=10$ , tai  $t=2,31$ ;  $P=94,9$  %.

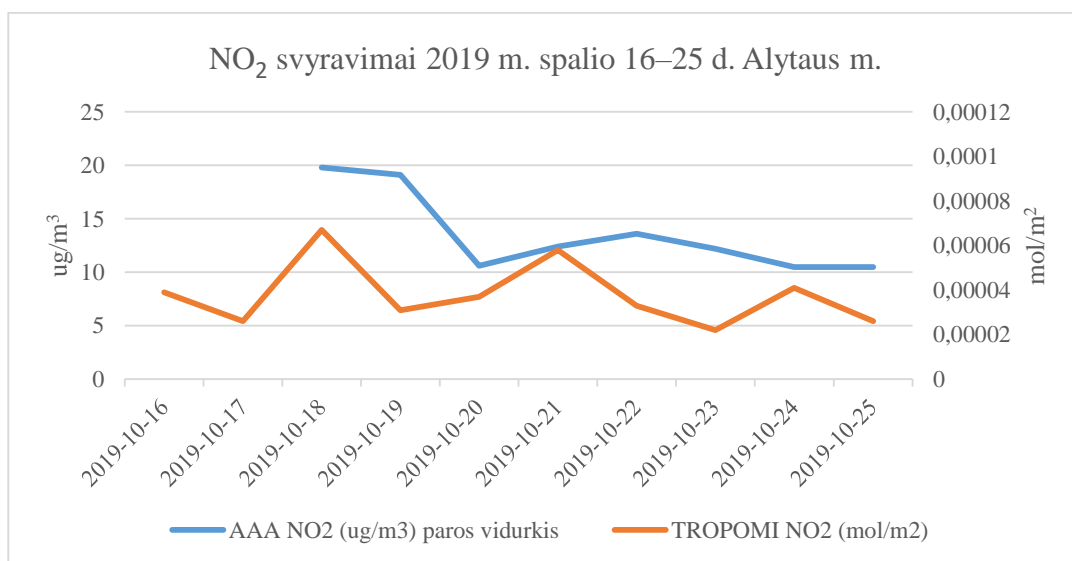
Nors dviem būdais (tiesiniu-linijiniu ir paraboliniu) apskaičiuoti koreliacijos koeficientai parodė mažą arba vidutinį ryšį tarp duomenų, patikimumo rodikliai atskleidė, kad duomenys yra tinkami tirti ir vertinti oro taršą tiek normalių, tiek ekstremalių įvykių metu. Miklusėnų gyvenvietės atveju statistiškai reikšmingesnis buvo parabolinis ryšys tarp palydovinių ir antžeminių NO<sub>2</sub> matavimų, o Alytaus miesto

atveju abi ryšio formos (tiesinis-linijinis ir parabolinis) parodė panašius statistinius rezultatus, patikimumas  $P$  buvo artimas arba šiek tiek aukštesnis nei 95 %.

Tyrimė mėginta paanalizuoti, kaip pakistų rezultatai, jei būtų imami ne konkrečios valandos, atitinkančios Sentinel-5P TROPOMI palydovinių duomenų laiką, AAA duomenys, bet kiekvienos dienos AAA antžeminių duomenų vidurkiai (žr. 3 PRIEDAS). Žemiau esančiuose grafikuose (20 pav. ir 21 pav.) vaizduojami  $\text{NO}_2$  svyravimai Miklusėnų gyvenvietėje ir Alytaus mieste, kai imamas kiekvienos dienos AAA antžeminių duomenų vidurkis.



20 pav.  $\text{NO}_2$  svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Miklusėnų gyv.  
(sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)



21 pav.  $\text{NO}_2$  svyravimai 2019 m. spalio 16–25 d. Alytaus m..  
(sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

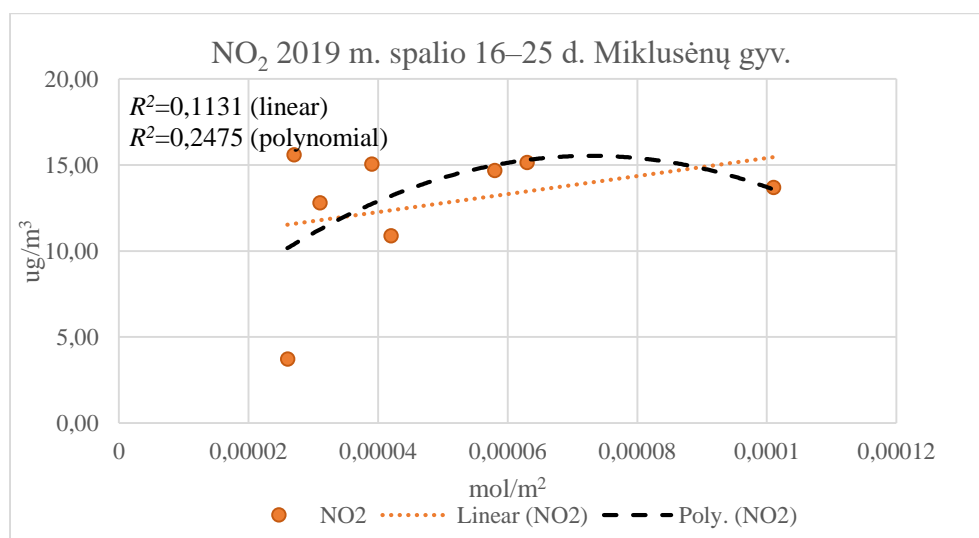
Suvidurkintiems AAA antžeminiams paros duomenims ir Sentinel-5P TROPOMI duomenims buvo apskaičiuotas vidurkis ir standartinis nuokrypis (SD). Rezultatai pateikti lentelėje (5 lent.).

5 lentelė. Suvidurkintų AAA duomenų ir Sentinel-5P duomenų gaisro periodo vidurkiai ir SD (sudaryta pagal AAA ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis).

	AAA duomenų vidurkis	AAA duomenų SD	Sentinel-5P duomenų vidurkis	Sentinel-5P duomenų SD
Miklusėnų gyv.	12,7	3,9	0,000047	0,00002
Alytaus m.	13,59	3,8	0,000038	0,000014

Apskaičiuotas koreliacijos koeficientas ( $r$ ) tarp Sentinel-5P TROPOMI duomenų ir suvidurkintų antžeminių duomenų pagal Excel „Pearson“ koreliacijos koeficiento funkciją. Miklusėnų gyvenvietės NO<sub>2</sub> duomenims gautas  $r=0,34$ , o Alytaus miesto NO<sub>2</sub> duomenims –  $r=0,41$ .

Taip pat atlikta sklaidos diagrama (22 pav.), kurioje nurodytas ryšys tarp duomenų iš Miklusėnų gyvenvietės. Iš šios vietos NO<sub>2</sub> duomenų gautas tiesinis determinacijos koeficientas  $R^2=0,1131$ , o  $r=0,34$ . Taip pat apskaičiuotas parabolinis determinacijos koeficientas  $R^2=0,2475$ , o  $r=0,497$ . Gauti rezultatai atskleidė, kad duomenų variacija gali būti paaiškinta ir paraboliniu, ir tiesiniu ryšiu.

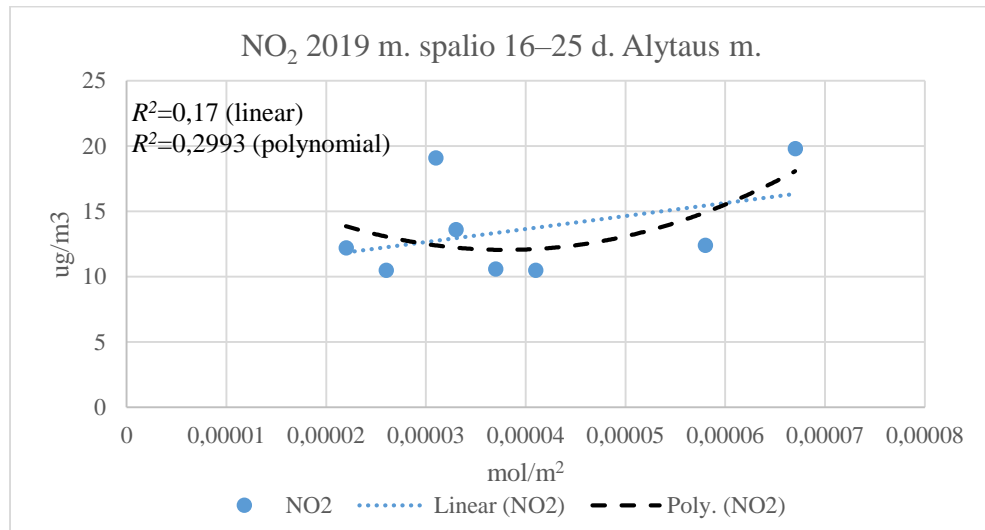


22 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Miklusėnų gyv.)

(sudaryta naudojant AAA suvidurkintus duomenis ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Atlikta sklaidos diagrama (23 pav.), kurioje nurodytas ryšys tarp duomenų iš Alytaus miesto. Gautas tiesinis determinacijos koeficientas –  $R^2=0,17$ , o  $r=0,412$ , parabolinis determinacijos koeficientas

–  $R^2=0,2993$ , o  $r=0,547$ . Gauti rezultatai atskleidė, kad duomenų variacija gali būti paaiškinta ir paraboliniu, ir tiesiniu ryšiu.



23 pav. 2019 m. spalio 16–25 d. NO<sub>2</sub> sklaidos diagrama (Alytaus m.)

(sudaryta naudojant AAA suvidurkintus duomenis ir Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Taip pat apskaičiuotas  $t$  kriterijus ir patikimumas ( $P$ ).

Apskaičiavus  $t$  kriterijų ir patikimumą Miklusėnų gyvenvietės duomenims, gauti tokie rezultatai:

c) Kai  $r=0,34$ , o  $n=10$ , tai  $t=1,01$ ;  $P=65,3$  %.

d) Kai  $r=0,497$ , o  $n=10$ , tai  $t=1,62$ ;  $P=85,2$  %

Apskaičiavus  $t$  kriterijų ir patikimumą Alytaus miesto duomenims, gauti tokie rezultatai:

c) Kai  $r=0,412$ , o  $n=10$ , tai  $t=1,27$ ;  $P=77$  %.

d) Kai  $r=0,547$ , o  $n=10$ , tai  $t=1,84$ ;  $P=89,1$  %.

Abiem būdais apskaičiuotas koreliacijos koeficientas parodė vidutinį ryšį tarp duomenų, imtų tiek Alytaus mieste, tiek Miklusėnų gyvenvietėje, nors taikant polinominį ryšį,  $r$  ir  $P$  buvo didesni. Visgi palyginus šiuos rezultatus su anksčiau gautais iš tikslaus laiko nesuvidurkintų NO<sub>2</sub> koncentracijos duomenų, akivaizdu, kad tikslesniems tyrimams reikėtų naudoti tikslius konkrečiame laiko intervale gautus duomenis, nes jais užtikrinami statistiškai reikšmingesni rezultatai ir pasiekiamas artimas 95 % patikimumas.

Žemiau pateikta lentelė su gautais rezultatais (6 lent).

6 lentelė. Duomenų koreliacijos ir determinacijos koeficientai bei patikimumas.

	<i>r</i> (Pearson)	Tiesinis <i>r</i> ir $R^2$	Patikimumas (tiesinio)	Parabolinis <i>r</i> ir $R^2$	Patikimumas (parabolinio)
<b>Tikslios valandos duomenys iš Alytaus m.</b>	$r=0,52$	$R^2=0,2705$ ; $r=0,52$	95,7 %	$R^2=0,4014$ ; $r=0,63$	94,9 %
<b>Tikslios valandos duomenys iš Miklusėnų gyv.</b>	$r=0,15$	$R^2=0,0236$ ; $r=0,15$	29,8 %	$R^2=0,5423$ ; $r=0,736$	98,3 %
<b>Suvidurkinti duomenys iš Alytaus m.</b>	$r=0,41$	$R^2=0,17$ ; $r=0,412$	77 %	$R^2=0,2993$ ; $r=0,547$	89,1 %
<b>Suvidurkinti duomenys iš Miklusėnų gyv.</b>	$r=0,34$	$R^2=0,1131$ ; $r=0,34$	65,3 %	$R^2=0,2475$ ; $r=0,497$	85,2 %

Remiantis pateiktais rezultatais, matyti, kad didesnis patikimumo rodiklis gautas, kai paimti Sentinel-5P TROPOMI duomenys ir AAA antžeminių stotelių pagal palydovą tikslios valandos duomenys nei TROPOMI ir suvidurkinti AAA duomenys. Pirmuoju atveju, Alytaus mieste rinkti duomenys tiek tiesinio, tiek parabolinio ryšio atžvilgiu pasiekė aukštą patikimumo procentą (atitinkamai – 95,7 % ir 94,9 %), o Miklusėnų gyvenvietės duomenys žymiai aukštesnį patikimumo procentą pasiekė parabolinio, o ne tiesinio ryšio atžvilgiu (atitinkamai – 98,3 % ir 29,8 %). Antruoju atveju, kai imti suvidurkinti AAA duomenys, abejose vietovėse patikimumo rodiklis buvo gana aukštas (Alytaus mieste 77 % ir 89,1 %, Miklusėnų gyvenvietėje – 65,3 % ir 85,2 %), bet nepakankamai aukštas, kiek pirmuoju atveju.

Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad Sentinel-5P TROPOMI duomenys yra patikimi ir tinkami oro taršos tyrimams, kadangi jų sulyginimas su antžemiais duomenimis parodė aukštą patikimumo procentą.

### 2.3. Oro taršos sklaidos vertinimas naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis

Moksliniame darbe siekiama išsiaiškinti, ar iš palydovinių duomenų galima nustatyti oro taršos sklaidą. Remiantis ankstesnių tyrimų analizės skirsnyje aptartu moksliniu šaltiniu, kuriame tiriamos NO<sub>2</sub> emisijos Paryžiaus mieste naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis, mėginama patikrinti, ar įmanoma užfiksuoti oro taršos sklaidą atsižvelgiant į kintantį atstumą ir vėjo kryptingumą. Šiam metodui pritaikyti naudojami 2019 m. spalio 16–25 d. palydoviniai duomenys ir įtraukiami tomis dienomis vyraujančio vėjo greičio ir krypties duomenys. Tyrimo teritorija apima Alytaus miestą ir nuo jo 50 km spindulio atstumu esančias teritorijas (24 pav.).



24 pav. Tyrimo teritorija

(sudaryta naudojant geoportal duomenis ir ArcGIS)

Informacija apie vėjo greitį ir kryptį paimta iš portalo <https://www.wunderground.com/>, kuriame teikiami archyviniai vėjų duomenys. Kadangi tyrimui reikalingas kiekvienos tyrimo dienos vėjo krypties vidurkis, o archyviniuose duomenyse nurodytos kryptys laipsniais kas valandą arba kas kelias, buvo atlikti kryptinės statistikos matematiniai skaičiavimai. Norint apskaičiuoti vėjo krypties paros vidurkį, paprastas aritmetinio vidurkio skaičiavimas nėra teisingas. Vėjo krypties paros vidurkiui apskaičiuoti naudojamos šios formulės:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \sin a}{n}$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n \cos a}{n}$$

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\cos \bar{a} = \frac{X}{r}$$

$$\sin \bar{a} = \frac{Y}{r}$$

$$\theta_r = \arctan\left(\frac{\sin \bar{a}}{\cos \bar{a}}\right)$$











kur  $X$  ir  $Y$  yra stačiakampės vidurkio koordinatės, o  $r$  yra vektoriaus vidurkis.

Vėjo greičio vidurkiui apskaičiuoti taikoma paprasto aritmetinio vidurkio formulė:

$$M(x) = (x_1 + \dots + x_n)/n$$

Žemiau pateiktoje lentelėje (7 lent.) matomas apskaičiuotas kiekvienos paros vėjo krypties ir greičio vidurkis.

7 lentelė. Vėjo kryptis ir greitis Alytaus regione 2019 m. spalio 16–25 d.

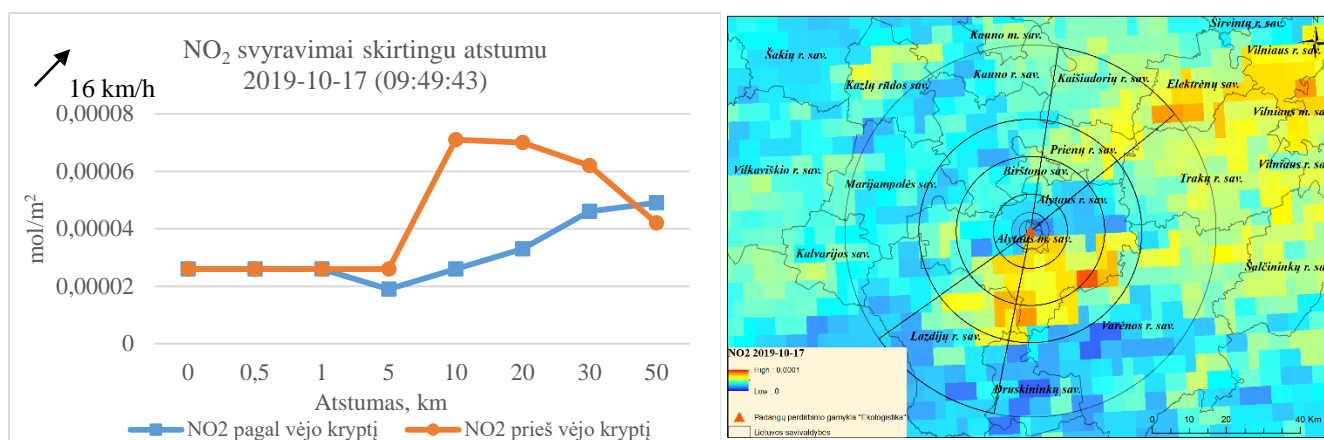
Data	Vėjo kryptis laipsniais	Vėjo krypties rodyklė	Vėjo greitis (km/h)
2019-10-16	199°		13
2019-10-17	217°		16
2019-10-18	190°		8
2019-10-19	182,5°		7
2019-10-20	210°		7
2019-10-21	242°		7
2019-10-22	205°		9
2019-10-23	251°		11
2019-10-24	245,5°		8
2019-10-25	200°		10

Tyrimė siekiama patikrinti, ar vėjo kryptis turi įtakos teršalų sklaidos kryptiai bei kaip kinta teršalų kiekis skirtingu atstumu, tai yra, ar didėjant atstumui mažėja ar didėja teršalų kiekis.

Palydoviniams duomenims atlikta statistinė analizė „ArcMap“ programoje naudojant funkciją „Zonal statistics“, skirtą apskaičiuoti minimalią ir maksimalią, vidutinę oro teršalo reikšmę skirtingais atstumais nuo gaisro įvykio vietos. Parinkti atstumai: 500 m, 1 km, 5 km, 10 km, 20 km, 30 km ir 50 km, kurie žemėlapiuose vizualizuojami apskritimais, vadinamais „buferiais“ (*angl.* Buffer), nuo pasirinkto taško – padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“. Taip pat žemėlapyje „bufериuose“ nubraižomas 45° kampo poligonas nuo gaisro vietos pagal ir prieš vėjo kryptį, kad atliekant „Zonal statistics“ funkciją teršalų kiekis būtų skaičiuojamas konkrečioje vietoje kintančiu atstumu, o ne visame „buferyje“. 45° kampas pasirinktas darant prielaidą, kad arčiau taršos šaltinio oro teršalai yra susikcentravę vietoje, o

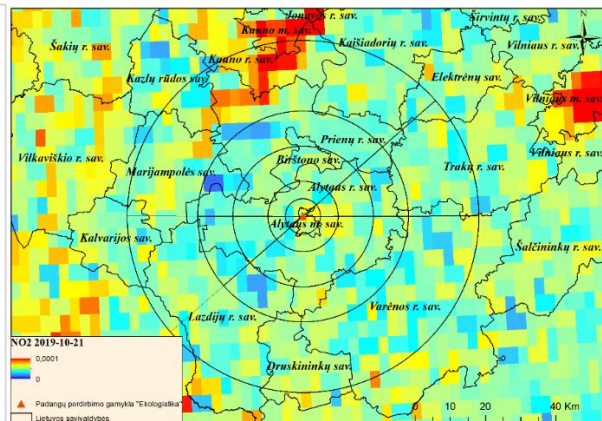
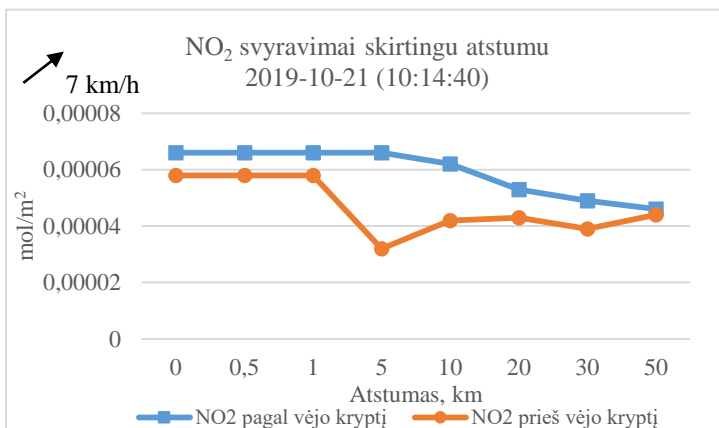
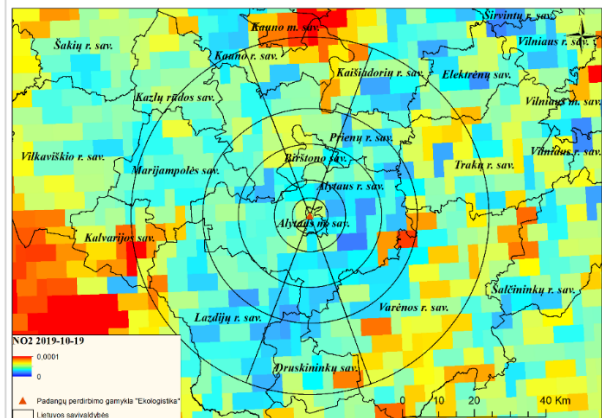
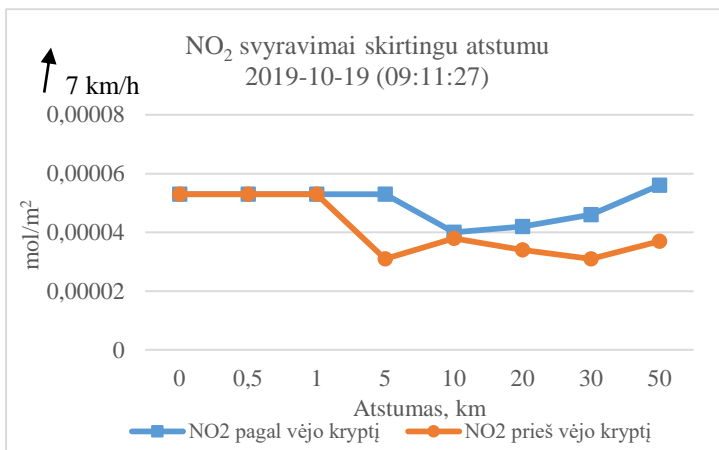
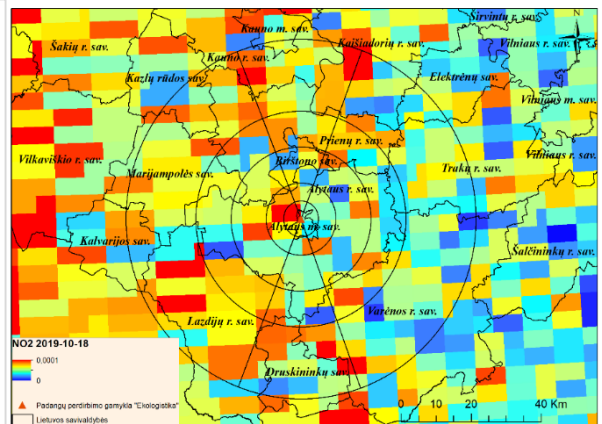
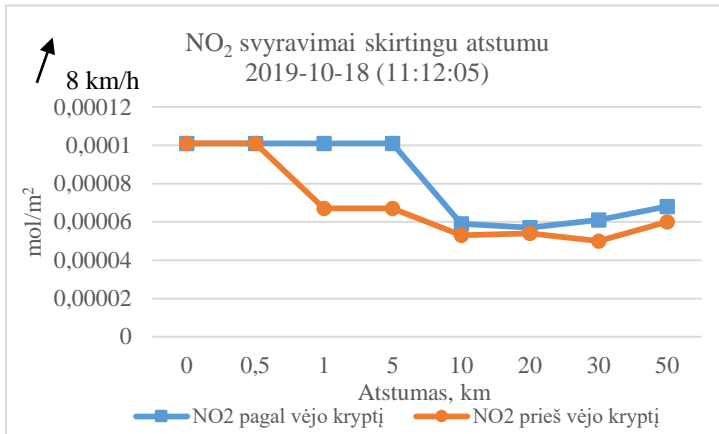
sklisdami vėjo kryptimi teršalai didėjant atstumui sklaidosi vis platesnėje teritorijoje. Grafikams naudojamas su „Zonal statistics“ funkcija apskaičiuotas NO<sub>2</sub> reikšmių vidurkis kintant atstumui (žr. 5 PRIEDAS).

Anot Lorente A. et al. (2019), esant didesniai vėjo greičiui ir didėjant atstumui NO<sub>2</sub> reikšmės turėtų didėti nuo taršos šaltinio, o dienomis, kai vėjo greitis nedidelis, NO<sub>2</sub> taršos šaltinio teritorijoje teršalas sunkiau išsisklaido, dėl to jo reikšmės arčiau šaltinio turėtų būti didesnės, o didėjant atstumui NO<sub>2</sub> reikšmės turėtų mažėti (Lorente A. et al. 2019, 3). Kadangi Alytaus mieste vykusio gaisro dienomis vėjo greitis nebuvo didelis, o didžiausias vėjo greitis (16 km/h) fiksuotas spalio 17 d., iš grafiko (25 pav.) matyti, kad būtent šią dieną NO<sub>2</sub> reikšmės vėjo kryptimi (mėlyna linija) didėjant atstumui didėjo.



25 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai didėjant atstumui 2019 m. spalio 17 d.  
(sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Kitomis, mažiau vėjuotomis dienomis, pavyzdžiui, didžiausią oro taršą pasiekusiomis spalio 18 d. (8 km/h), 19 d. (7 km/h) ir 21 d. (7 km/h) NO<sub>2</sub> kiekis akivaizdžiai didesnis arčiau gaisro įvykio vietos nei tolstant atstumui (26 pav.).



26 pav. NO<sub>2</sub> svyravimai didėjant atstumui 2019 m. spalio 18, 19 ir 21 d.

(sudaryta naudojant Sentinel-5P TROPOMI duomenis)

Taip pat buvo norima patikrinti, ar NO<sub>2</sub> kiekis prieš vėjo kryptį yra mažesnis nei vėjo kryptimi, tai yra, ar vėjo kryptis turi įtakos teršalų kiekiui. Gauti spalio 17 d. rezultatai akivaizdžių pokyčių neparodė. Kitomis tyrimo analizuotomis didžiausią taršą pasiekusiomis spalio 18, 19 ir 21 dienomis NO<sub>2</sub> kiekis vėjo kryptimi arčiau gaisro įvykio vietos nesiskyrė nuo rezultatų, gautų prieš vėjo kryptį, tačiau didėjant atstumui nuo įvykio vietos, NO<sub>2</sub> kiekis vėjo kryptimi buvo nežymiai didesnis.

Likusiomis dienomis NO<sub>2</sub> kiekiai labai daug nesiskyrė (žr. 4 PRIEDAS).

Apibendrinus tyrimo rezultatus galima teigti, kad Sentinel-5P TROPOMI duomenys yra tinkami nustatant oro taršos sklaidą. Taip pat įrodyta, kad vėjo greitis ir kryptis turi įtakos oro teršalų, tokių kaip NO<sub>2</sub>, erdvinei sklaidai.

### 3. ALYTAUS MIESTO IR RAJONO GYVENTOJŲ APKLAUSOS APIE GAISRO ĮVYKĮ ANALIZĖ

Tyrimo metu atlikta Alytaus miesto ir rajono gyventojų apklausa (žr. 6 PRIEDAS) apie 2019 m. spalio 16–25 d. vykusį gaisrą padangų perdirbimo gamykloje „Ekologistika“. Iš viso į apklausos klausimus atsakė 165 respondentai.

Tyrimo metu atlikta internetinė apklausa, kadangi, tai vienas iš perspektyvių sociologinės informacijos gavimo būdų, užtikrinančių anonimiškumą ir grįžtamąjį ryšį (Butkevičienė E. 2011, 7). Apklausa sudaryta naudojant Google apklausos formą.

Apklausoje pateikti 23 klausimai, suskirstyti į tris dalis. Pirmoje dalyje pateikti klausimai, susiję su bendra informacija apie gyventojų charakteristiką: amžių, lytį, išsilavinimą, užsiėmimą ir gyvenamąją vietą. Antroje dalyje kreipiamas dėmesys į gyventojų informuotumą apie įvykį. Šioje apklausos dalyje siekiama išsiaiškinti, ar žmonės girdėjo apie gaisro įvykį ir kaip apie jį sužinojo, taip pat, ar buvo įmanoma išvengti šios nelaimės, ar juto nemalonius kvapus ir naudojo apsaugos priemones, ar užteko pateiktos informacijos apie gaisrą bei ar žmonėms būtų naudinga detali ir viešai prieinama vizuali informacija, pavyzdžiui, kartografinė medžiaga, kurioje galima stebėti tiek oro taršos paveiktas zonas, tiek teršalų sklaidos kryptis. Trečioje dalyje koncentruojamasi į oro taršos poveikį sveikatai. Apklausoje pateikiami klausimai apie tai, ar žmonės jautė neigiamas pasekmes sveikatai po įvykusio gaisro, kokias pasekmes ir kiek laiko jas jautė, ar kreipėsi į gydymo įstaigas ir kokią diagnozę patvirtino gydytojai.

#### 3.1. Respondentų charakteristika

Remiantis ankstesniais moksliniais tyrimais, egzistuoja tam tikra asmenų, kurie yra labiau linkę dalyvauti apklausose, charakteristika. Dažniausiai apklausose dalyvauja išsilavinusios, aukštesnio socioekonominio statuso moterys (Harrison S. et al. 2020, 8.). Tokia daugeliui respondentų būdinga charakteristika pastebima ir šiame mokslinio darbo tyrime. Iš 165 dalyvavusių respondentų 80 % (132 resp.) sudarė moterys ir 20 % (33 resp.) – vyrai (8 lent.). Tai rodo, kad moterys yra daug aktyvesnės, atsakinėdamos į anketas. Taip pat galima daryti prielaidą, kad moterys labiau linkusios ne tik rūpintis savo ir aplinkinių sveikata, bet ir atidžiau stebėti sveikatos sutrikimus.

Pateikti duomenys rodo, kad apklausoje dalyvavo keturių amžiaus grupių respondentai. Didžiausią dalį, tai yra, maždaug pusę respondentų (48 %) sudarė 16–30 metų amžiaus asmenys, kiek mažiau – apie trečdalį respondentų (28 %) – nuo 30 iki 50 metų amžiaus žmonės, apie penktadalį respondentų (22 %) sudarė 50–65 metų amžiaus asmenys ir mažiausią dalį (2 %) – vyresni nei 65 metų amžiaus žmonės. Iš pateiktų duomenų galima teigti, kad aktyviausiai į klausimus atsakinėjo jaunesnio amžiaus žmonės.

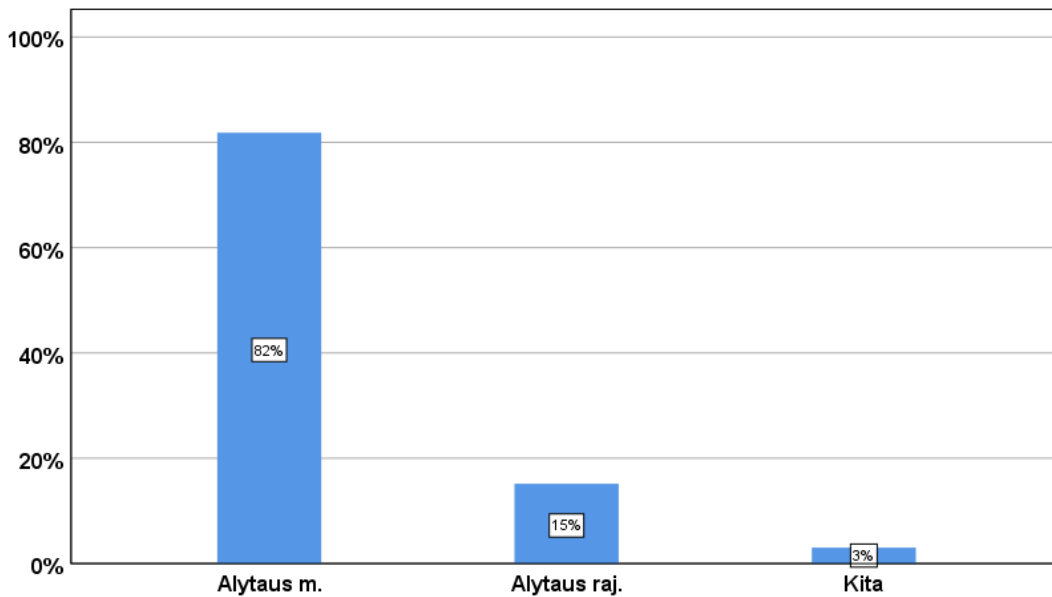
Kalbant apie respondentų užsiėmimą, iš visų 165 respondentų net 58 % sudarė dirbantys asmenys, kiek mažiau – 37 % – moksleiviai, o mažiausiai atsakiusių buvo studentai (2 %), bedarbiai bei senjorai (po 1 % kiekvienas).

Remiantis respondentų pateikta išsilavinimo informacija, pusė (50,3 %) atsakiusių yra įgiję aukštąjį universitetinį išsilavinimą, 10 % – aukštąjį kolegini, 2 % – vidurinį profesinį ir 1 % vidurinį išsilavinimą. 37 % respondentų patenka į kategoriją „Kita“, kurią pasirinko moksleiviai, dar neįgiję išsilavinimo. Tokia išvada daroma atsižvelgus į respondentų užsiėmimo duomenis, kur tie patys 37 %, arba 61 resp., yra moksleiviai.

8 lentelė. Respondentų charakteristika pagal požymius (sudaryta pagal anketos duomenis)

Respondentų charakteristika:		Respondentų skaičius	Respondentų kiekis (%)
Amžius	16-30	80	48,5
	30-50	46	27,9
	50-65	36	21,8
	Daugiau nei 65	3	1,8
<b>Iš viso:</b>		<b>165</b>	<b>100</b>
Lytis	Moteris	132	80
	Vyras	33	20
<b>Iš viso:</b>		<b>165</b>	<b>100</b>
Užsiėmimas	Dirbantis	96	58,2
	Bedarbis	2	1,2
	Moksleivis	61	37
	Studentas	3	1,8
	Pensininkas	2	1,2
	Kita	1	0,6
<b>Iš viso:</b>		<b>165</b>	<b>100</b>
Išsilavinimas	Aukštasis universitetinis	83	50,3
	Aukštasis kolegini	16	9,7
	Vidurinis-profesinis	3	1,8
	Vidurinis	2	1,2
	Kita	61	37
<b>Iš viso:</b>		<b>165</b>	<b>100</b>

Grafike (27 pav.) matyti, kad iš visų 165 respondentų, 82 % gyvena Alytaus mieste, 15 % – Alytaus rajone ir 3% – kitur (Lazdijuose ir Prienuose).



27 pav. Respondentų gyvenamoji vieta  
(sudaryta pagal anketos duomenis)

Apibendrinus anketos duomenis matyti, kad didžioji dalis respondentų yra moterys, pagal amžių aktyviausiai atsakiusieji patenka į jauniausią kategoriją – 16–30 m. Taip pat dauguma respondentų yra dirbantys asmenys, šiek tiek mažesnė dalis – moksleiviai. Pusė visų atsakiusiųjų turi aukštąjį universitetinį išsilavinimą ir didžioji dauguma atsakiusiųjų į anketą gyvena Alytaus mieste. Išanalizavus respondentų charakteristiką, juntamas kiek didesnės respondentų įvairovės trūkumas.

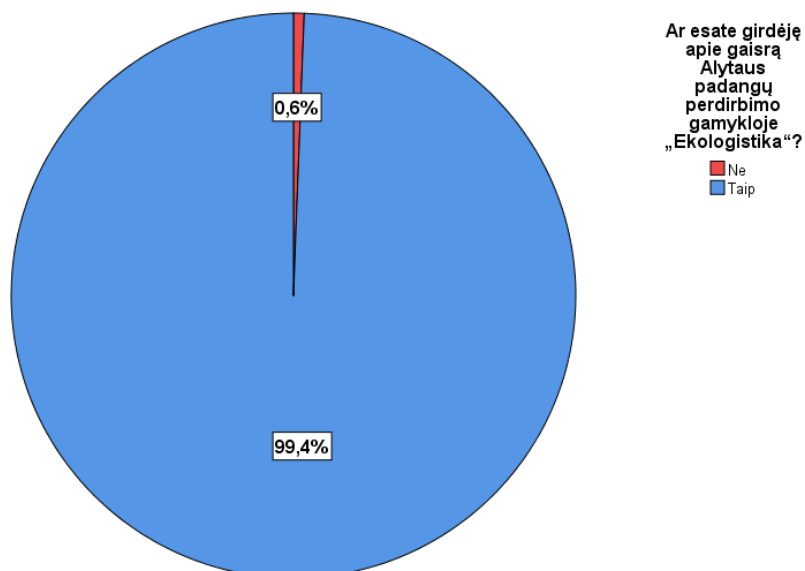
### 3.2. Gyventojų informuotumas ekstremalaus įvykio metu

Tiksli ir greita informacija yra svarbi siekiant išvengti kenksmingo oro taršos poveikio sveikatai. Geram gyventojų informuotumui apie oro kokybę svarbus ne tik pakankamas informacijos kiekis, bet ir tam tikri veiksniai, pavyzdžiui, sąmoningumas, supratimas ir suinteresuotumas domėtis oro kokybe, kurie lemia kaip individai suvokia oro kokybę ir potencialų oro taršos poveikį sveikatai (Kelly F. et al. 2015, 641). Vyrauja nuomonė, kad, jei visuomenė labiau įsitrauktų į kovą su oro tarša ir domėtusi kompleksišku ryšiu tarp oro kokybės ir sveikatos, būtų dėmesinga oro kokybės variacijai ir oro taršos poveikiui sveikatai, tai lemtų didesnę tikimybę atsirasti pokyčiams žmonių veikloje, elgesyje, kadangi, turėdami suvokimą apie oro taršos pavojų, žmonės siektų sukurti švaresnę aplinką ir sveikesnę populiaciją ( Kelly F. et al. 2015, 640).

2012 m. EK inicijavo tyrimą, susijusį su Europos gyventojų požiūriu į oro kokybę. Tyrime atliktos apklausos metu paaiškėjo, kad 6 iš 10 Europos gyventojų (59 %) nesijaučia gerai informuoti apie oro

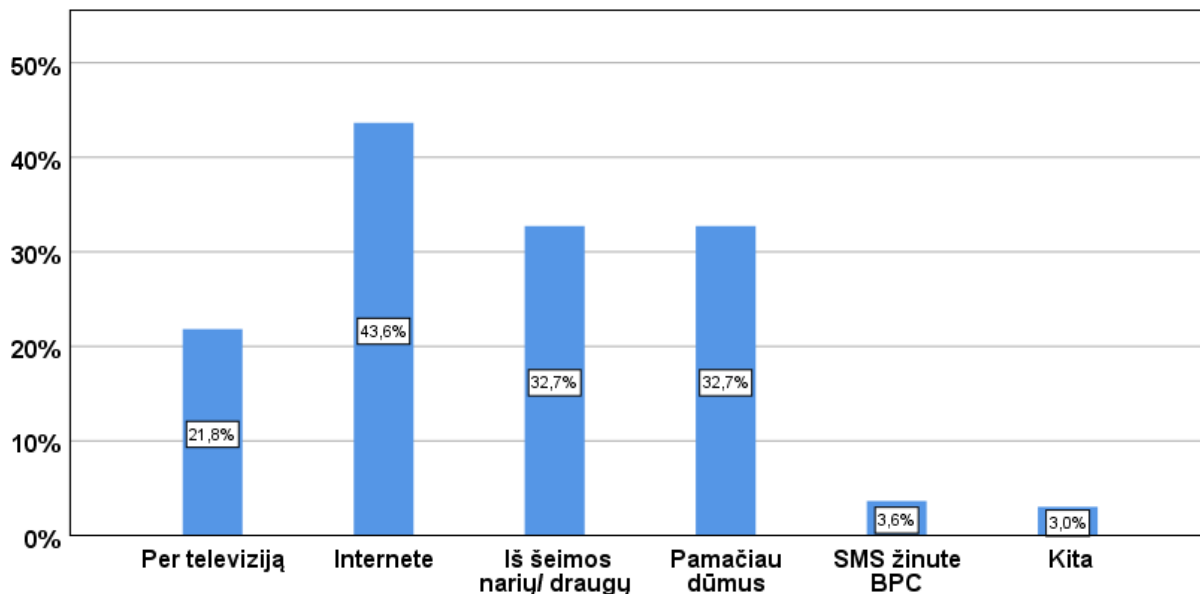
kokybės problemas savo šalyje, o keturiose šalyse bent ketvirtadalis respondentų teigė, kad išvis nesijaučia informuoti apie oro kokybės problemas: Ispanija (31 %), Liuksemburgas, Kipras ir Latvija (po 27 % kiekvienoje šalyje) (EC, 2013, 7). Taip pat tyrime buvo siekiama išsiaiškinti, ar žmonėms teko girdėti apie ES oro kokybės standartus. Paaiškėjo, kad trys ketvirtadaliai (74 %) Europos gyventojų nėra girdėję apie ES oro kokybės standartus, o tie, kurie apie juos girdėjo, teigia, kad šie standartai yra netinkami ir turėtų būti stiprinami (58 %) (EC, 2013, 8). 2012 m. 57 % Lietuvos gyventojų taip pat jautėsi prastai informuoti apie oro kokybės problemas (EC, 2013, 10). Taigi šiame moksliniame darbe norima išsiaiškinti, ar Alytaus miesto gyventojai buvo pakankamai informuoti apie gaisro įvykį, jo sukeltą oro taršą ir galimus padarinius sveikatai.

Tyrimo metu buvo pasidomėta, ar respondentai girdėjo apie ekstremalų įvykį Alytaus mieste. Beveik visi atsakiusieji (99,4 %) teigė, kad apie įvykį girdėjo (28 pav.).



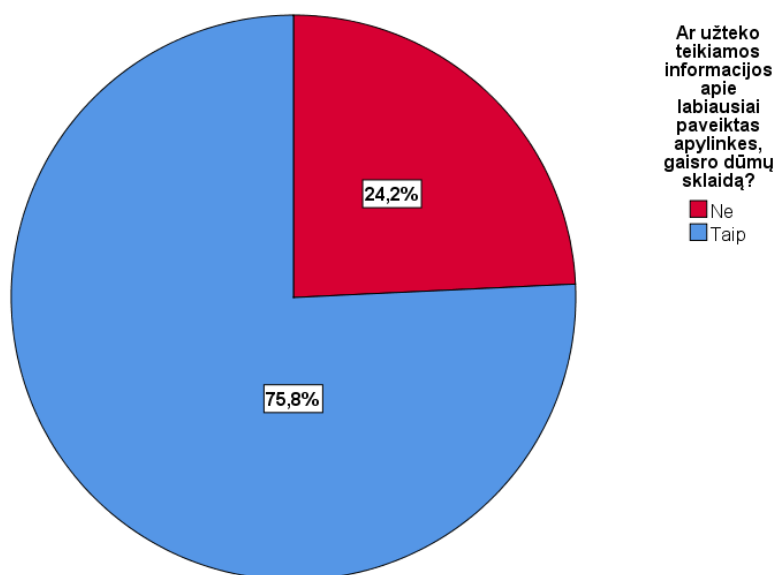
28 pav. Respondentai apie tai, ar girdėjo apie Alytaus padangų perdirbimo gamykloje įvykusį gaisrą (sudaryta pagal anketos duomenis)

29 pav. pavaizduotoje diagramoje atskleidžiama, kokiais būdais respondentai išgirdo apie šį įvykį. Atsakinėdami į anketą respondentai galėjo pasirinkti daugiau nei vieną atsakymo variantą. Iš pateiktų duomenų matyti, kad beveik pusė respondentų (43,8 %) apie įvykį sužinojo internete, taip pat trečdalis (32,7 %) apie įvykį išgirdo iš šeimos narių arba draugų bei trečdalis (32,7 %) matė gaisro dūmus savo akimis. Penktadalis respondentų (21,8 %) apie įvykį sužinojo per televiziją, keletas (3,6 %) paminėjo, kad gavo išpėjamasias Bendrojo pagalbos centro (BPC) žinutes ir likę (3 %) nurodė kitas priežastis – vienus gyventojus informavo darbdaviai, kiti išgirdo sirenas.



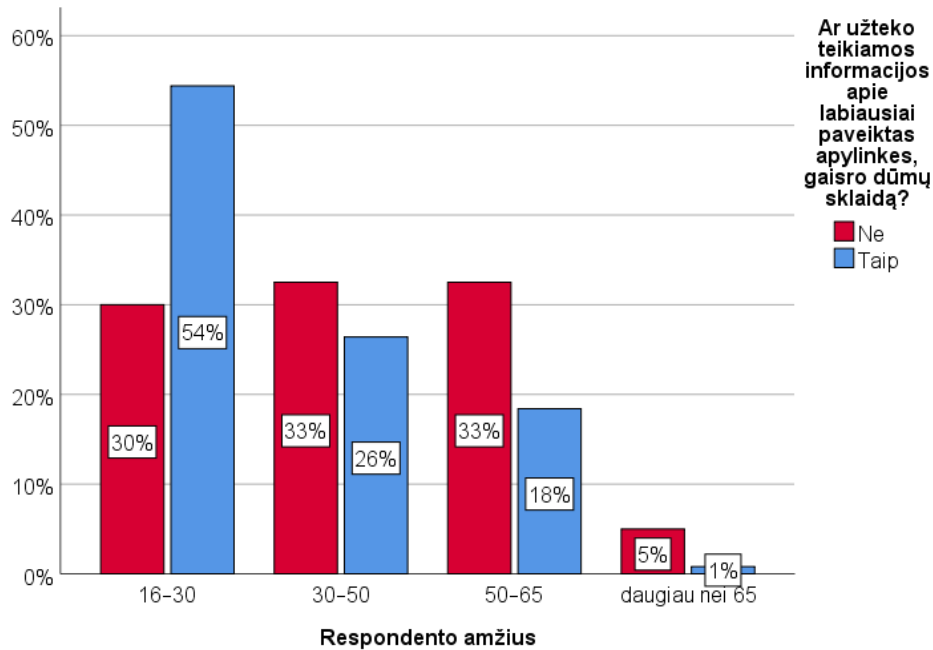
29 pav. Šaltiniai, iš kurių respondentai išgirdo apie gaisrą  
(sudaryta pagal anketos duomenis)

Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti, ar respondentams užteko teikiamos informacijos apie gaisro dūmų paveiktas teritorijas ir dūmų sklaidą. 30 pav. iliustruoja, kad 75,8 % visų respondentų manė, jog informacijos užteko, tačiau 24,2 % teigė, kad informacijos trūko.



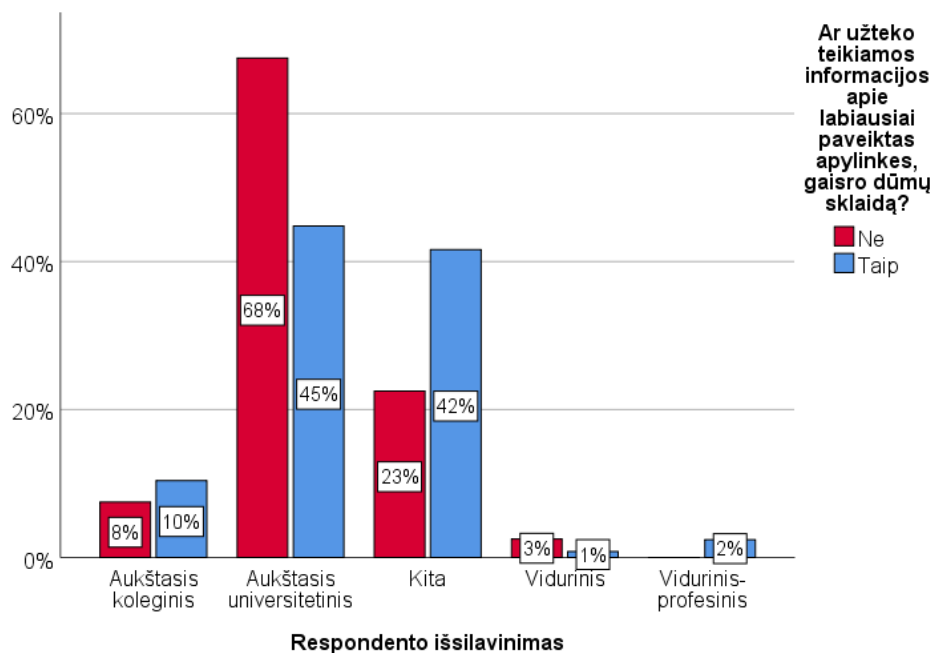
30 pav. Respondentai apie tai, ar užteko teikiamos informacijos apie labiausiai paveiktas apylinkes  
(sudaryta pagal anketos duomenis)

Pasidomėjus apie gyventojų informuotumo lygį pagal respondentų amžių, paaiškėjo, kad geriausiai informuoti (54 %) yra jaunesni žmonės nuo 16 iki 30 metų amžiaus (31 pav.). Prasčiausiai informuoti kelių amžiaus grupių asmenys: 30–50 metų (33 %) ir 50–65 metų (33 %) amžiaus žmonės.



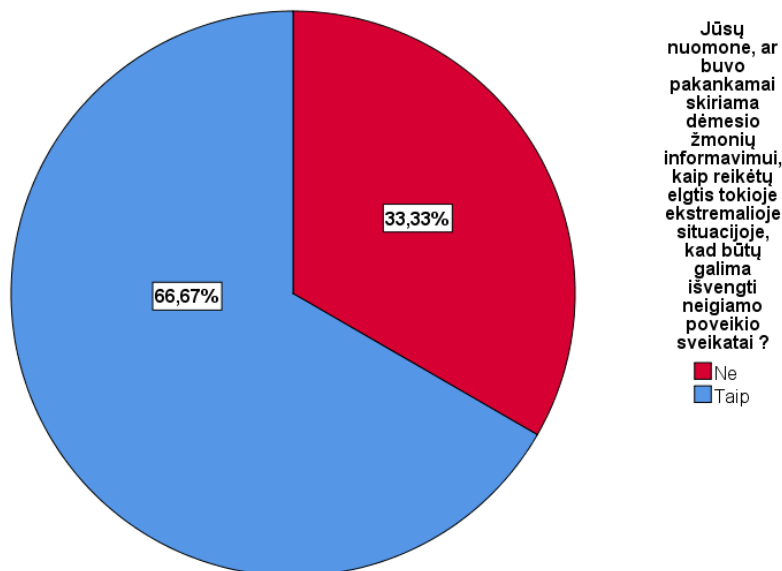
31 pav. Respondentai apie tai, ar jiems užteko teikiamos informacijos apie paveiktas apylinkes pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis)

Pasidomėjus apie gyventojų informuotumo lygį pagal respondentų išsilavinimą, paaiškėjo, kad tiek geriausiai (45 %), tiek prasčiausiai (68 %) informuoti buvo asmenys, įgiję aukštąjį universitetinį išsilavinimą (32 pav.).



32 pav. Respondentai apie tai, ar jiems užteko teikiamos informacijos apie paveiktas apylinkes pagal išsilavinimo kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis)

Respondentai turėjo pateikti atsakymus ir apie tai, ar buvo pakankamai skiriama dėmesio žmonių informavimui dėl to, kaip reikėtų elgtis ekstremalios situacijos metu, kad būtų galima išvengti neigiamo poveikio sveikatai. 33 pav. matyti, kad du trečdaliai (66,67 %) respondentų atsakė teigiamai.



33 pav. Respondentai apie tai, ar buvo skiriama pakankamai dėmesio žmonių informavimui (sudaryta pagal anketos duomenis)

Vis dėlto, trečdalis respondentų (33,33 %) manė priešingai. Kadangi anketoje buvo pateiktas atviro tipo klausimas apie tai, ką šiuo atveju buvo galima padaryti geriau, keletas į apklausą atsakiusiųjų asmenų (21 respondentas) pateikė prasto informuotumo priežastis ir pasiūlymus.

Šiai informacijai išanalizuoti buvo pasitelkta kokybinio tyrimo metode taikoma kontentinė analizė. Pagal respondentų nuomonę sudaryta kategorijų ir subkategorijų lentelė su iliustruojančiais teiginiais (9 lent.).

9 lentelė. Gyventojų nuomonę apie informuotumą ekstremalaus įvykio metu iliustruojantys teiginiai (sudaryta pagal anketos duomenis).

Kategorija	Subkategorija	Iliustruojantys teiginiai
1. Gyventojų informuotumas ekstremalaus įvykio metu	1.1. Prasto informuotumo priežastys ekstremalaus įvykio metu	1.1.1. „Skyrėsi informacija, pateikiama savivaldybės ir nacionaliniu lygiu. Trūko koordinavimo ir tikslumo.“ (8 inf.) 1.1.2. „Informacijos išvis pradžioje nebuvo, vėliau teigta, kad nėra pavojaus ir panašiai, tik praėjus keletui dienų sužinojome teisybę. Tačiau reikėjo eiti į darbus, nebuvo atsižvelgta į kenksmingas oro sąlygas ir pan.“ (43 inf.) 1.1.3. „[Trūko] konkretumo, kaip elgtis.“ (66 inf.)

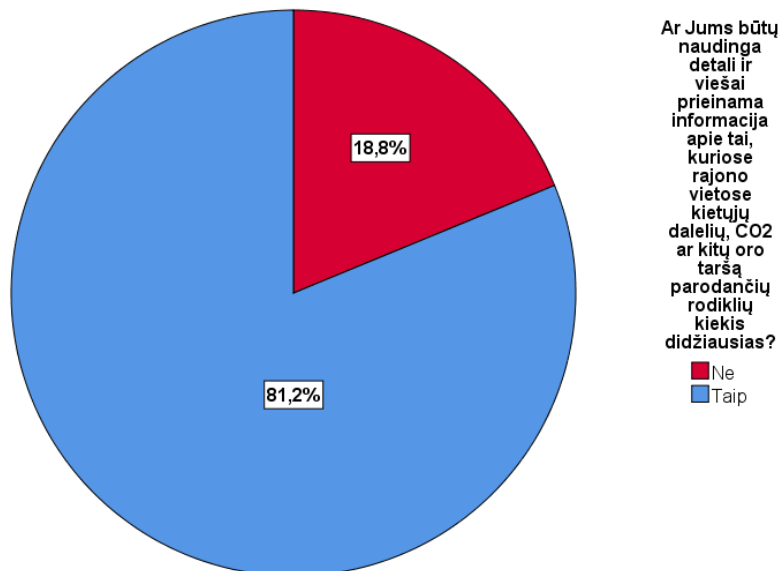
		<p>1.1.4. „Buvo per daug painiavos. Realiai dirbantys sakė kas vyksta vienaip, o žiniasklaidos priemonėse buvo kita informacija.“ (72 inf.)</p> <p>1.1.5. „Paskambinus net higienos centras neteikė informacijos. Aiškino, kad parašyta, jog vėjas pučia kita kryptimi. Buvo pasakyta „Jei norite, išvažiuokite gyventi kitur“. LEI instituto mokslininkas irgi kvailoką atsakymą atsiuntė.“ (77 inf.)</p> <p>1.1.6. „Informacija nuo gaisro pradžios nebuvo pateikiama, paskelbta pavėlavus apie 5 val.“ (79 inf.)</p> <p>1.1.7. „Informacija iš pradžių buvo slepiama, trumpas sms apie gaisrą gamykloje, bet kad [degė] padangos nutylėta.“ (119 inf.)</p>
	<p>1.2.Pasiūlymai, ką buvo galima padaryti norint išvengti prasto informuotumo.</p>	<p>2.1.1. „Informacija turėtų būti skubi ir savalaikė, o ne po dienos ar kelių.“ (9 inf.)</p> <p>2.1.2. „Pateikti informaciją kokia yra dabar, realiu laiku, o ne tai kas vyko prieš tris dienas.“ (10 inf.)</p> <p>2.1.3. „Tokiems ekstremaliems įvykiams vyriausybė nėra pasirengusi ir nežino, ką ir kaip daryti. Turi būti nusprendžiama, ką veikti tokiems įvykiams įvykus (sudaryta komisija, kuri paruošia veiksmų planus).“ (31 inf.)</p> <p>2.1.4. „Savalaikiai konkretūs patarimai užterštoje teritorijoje gyvenantiems žmonėms.“ (25 inf.)</p> <p>2.1.5. „Žmonės reikėjo aprūpinti kaukėmis (vaistinėse nebuvo).“ (35 inf.)</p> <p>2.1.6. „Reikia daugiau rūpintis žmonių sveikata. Mūsų valstybėje niekam tai nerūpi.“ (40 inf.)</p> <p>2.1.7. „Turėtų būti daugiau konkrečios informacijos apie pasekmes ir apsaugojimo būdus. Taip pat turėtų būti ištirtos visos aplinkinės teritorijos, o ne tik tos į kurią pusę daugiausiai pūtė vėjai.“ (55 inf.)</p> <p>2.1.8. „Žmonės buvo informuojami jau po įvykusio įvykio. Kadangi Alytuje yra įmonių, kuriose galėtų įvykti nenumatytos situacijos, tai manau, kad miesto gyventojus reikia informuoti, ką daryti, jeigu atsitiks tokia ar kitokia nelaimė. o ne po fakto jau.“ (60 inf.)</p> <p>2.1.9. „Labiausiai paveiktose teritorijose turi važinėti automobilis su garsiakalbiu ir pranešti sąlygų kenksmingumo lygį.“ (65 inf.)</p> <p>2.1.10. „Manau rekomendacijos gyventojams turėjo būti teikiamos greičiau nes pradžioje buvo ne visai aišku.“ (73 inf.)</p> <p>2.1.11. „Informavimo kaip elgtis darbo vietoje, namuose.“ (78 inf.)</p> <p>2.1.12. „Žymiai daugiau informacijos, kurios labai trūko, gyvas taršos sklidimo žemėlapis pagal vėjo kryptį.“ (82 inf.)</p>

		<p>2.1.13.,„Buvo galima išvengti gaisro, jeigu būtų pajungta, o ne tik išvedžiota priešgaisrinė sistema.“ (90 inf.)</p> <p>2.1.14.,„Galėjo būti daugiau informacijos, kaip saugotis gaisro metu, kaip elgtis, kokias apsaugos priemones naudoti, kokios gali būti gaisro pasekmės žmonių sveikatai ateityje. Neleisti ateityje statyti tokių pavojingų, cheminėmis medžiagomis taršių įmonių mieste, arti žmonių gyvenamųjų teritorijų, kad nepasikartotų į Černobilį ar Alytaus „Ekologistika“ atvejų, kas pažeidžia žmonių sveikatą, trumpina gyvenimo trukmę.“ (137 inf.)</p>
<p>„Prasto informuotumo priežastys ekstremalaus įvykio metu“ (7 teig.)  „Pasiūlymai, ką buvo galima padaryti norint išvengti prasto informuotumo.“ (14 teig.)</p>		

Išanalizavus respondentų pateiktas prasto informuotumo priežastis paaiškėjo, kad labiausiai prastą gyventojų informuotumą lėmė netiksli arba pavėluota informacija apie įvykį. Keletas respondentų teigė, kad gaisro įvykio pradžioje informacija nei apie įvykį, nei apie tai, kaip elgtis tokios situacijos metu, nebuvo skelbiama. Taip pat, anot respondentų, buvo pateikta netiksli informacija, dėl kurios gyventojai iš pradžių nežinojo, kokio pavojaus lygio buvo šis įvykis.

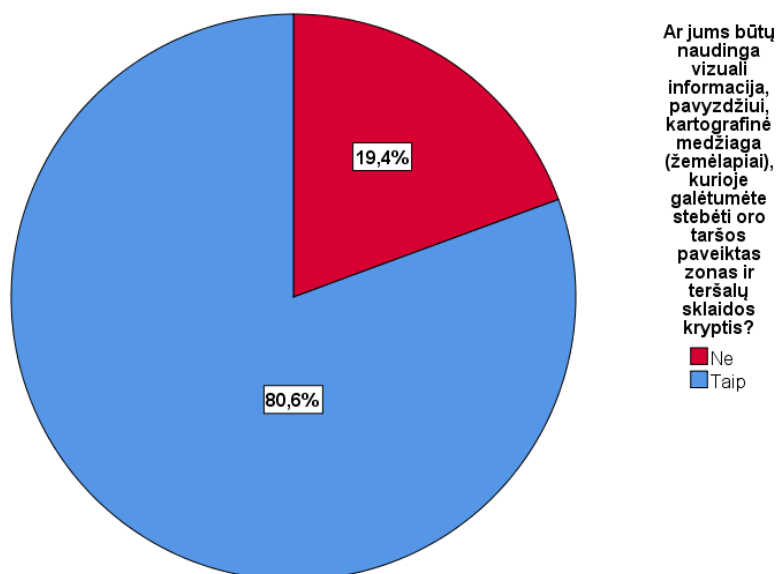
Keletas respondentų pateikė pasiūlymus apie tai, ką buvo galima padaryti kitaip norint išvengti prasto gyventojų informuotumo. Labiausiai respondentai atkreipė dėmesį į tai, kad informaciją apie ekstremalų įvykį reikėtų pateikti realiu laiku. Taip pat buvo pasiūlyta, kad vyriausybė sudarytų komisiją, kuri paruoštų veiksmų planus tokiems įvykiams. Keletui respondentų atrodė, kad vietinė valdžia nelabai rūpinosi žmonių sveikata, jie teigė, kad galėjo būti pateikta daugiau informacijos ir priemonių sveikatos apsaugai, pavydžiui, kaukių, respiratorių.

Kadangi šiame moksliniame darbe buvo tirta galimybė panaudoti palydovinius duomenis norint nustatyti užterštas zonas, todėl buvo įdomu sužinoti, ar respondentams būtų naudinga gauti detalią ir viešai prieinamą informaciją, apie oro teršalų kiekį tam tikrose teritorijose. 34 pav. pavaizduota, kad net 81,2 % visų respondentų nurodė, jog ši informacija būtų naudinga, o 18,8 % asmenų manė priešingai.



34 pav. Respondentai apie tai, ar jiems būtų naudinga detali ir viešai prieinama informacija apie oro taršos paveiktus rajonus (sudaryta pagal anketos duomenis)

Tyrimo metu taip pat pasidomėta, ar respondentams būtų naudinga kartografinė medžiaga, kurioje būtų nurodytos oro taršos paveiktos zonos ir kenksmingų teršalų sklaidos kryptys. Remiantis anketos duomenimis, 80,6 % visų respondentų teigė, kad viešai prieinama kartografinė medžiaga būtų naudinga, o 19,4 % asmenų manė priešingai ( 35 pav.).



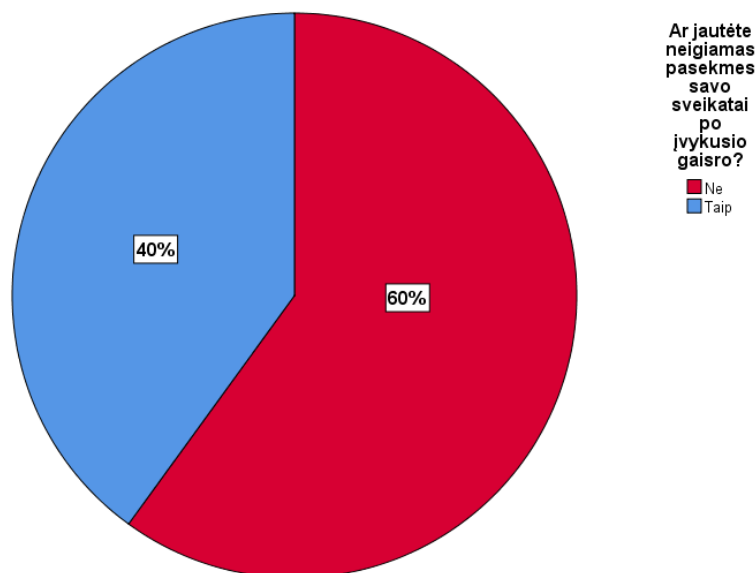
35 pav. Respondentai apie tai, ar jiems būtų naudinga vizuali informacija apie oro taršos paveiktas zonas ir teršalų sklaidos kryptis (sudaryta pagal anketos duomenis)

Apibendrinus pateiktą informaciją apie gyventojų informuotumą ekstremalaus įvykio metu, paaiškėjo, kad geriausiai apie įvykį informuoti jaunesnio amžiaus (16–30 m.), įgiję aukštąjį išsilavinimą

žmonės, o pagrindinis šaltinis, iš kurio respondentai išgirdo apie įvykį – internetas. Dėl to galima teigti, kad jaunesni žmonės aktyviau seka informaciją ir domisi naujienomis, taip pat turi tam skirtas priemones, pavyzdžiui, internetą, mobiliojo ryšio telefoną ir pan. Dalis respondentų apie įvykį sužinojo pamatę gaisro dūmus savo akimis. Tai įrodo, kad gaisro mastas buvo didelis. Vis dėlto, beveik ketvirtadalis respondentų jautėsi prastai informuoti, iš jų pagal amžiaus grupes prasčiau informuoti jautėsi tiek 16–30 m., tiek 30–50 m. ir 50–65 m. amžiaus asmenys, taip pat dauguma prastai informuotų asmenų buvo įgiję aukštąjį universitetinį išsilavinimą. Tai reiškia, kad šiuo atveju nei amžius, nei išsilavinimas neturėjo reikšmės gyventojų informuotumo lygiui. Pagrindinė nurodyta prasto informuotumo priežastis – netiksli arba nelaiku suteikta informacija apie gaisro įvykį rodo prastą komunikaciją tarp valdžios institucijų, žiniasklaidos ir miesto gyventojų.

### 3.3. Alytaus miesto ir rajono gyventojų sveikata po įvykusio gaisro

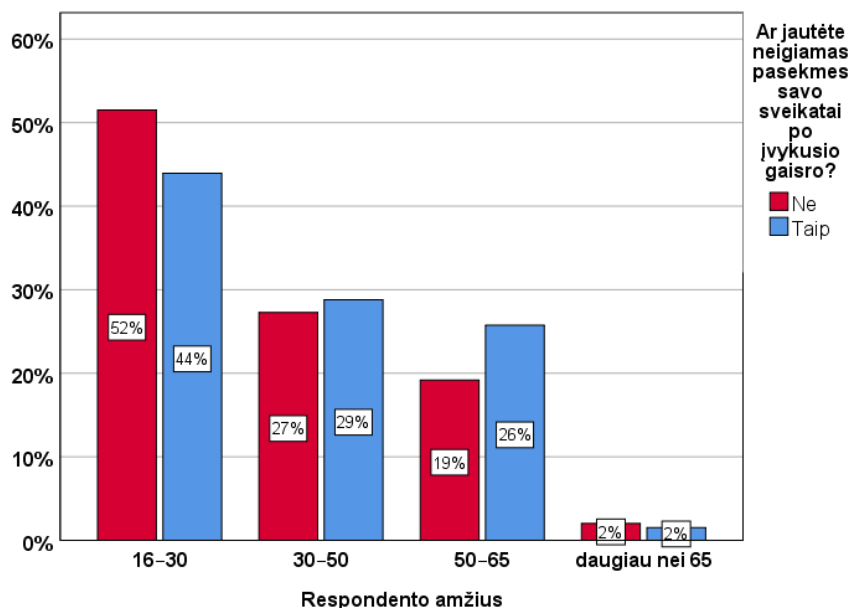
Kitoje tyrimo dalyje siekiama išsiaiškinti, ar Alytaus miesto ir rajono gyventojai pajuto neigiamą poveikį sveikatai bei, konkrečiai, kokias pasekmes sveikatai jautė po įvykusio gaisro. Pagal anketos duomenis, neigiamas pasekmes sveikatai jautė 40 % respondentų, arba 66 asmenys iš 165 atsakiusių į apklausoje pateiktus klausimus (36 pav.)



36 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai po įvykusio gaisro (sudaryta pagal anketos duomenis)

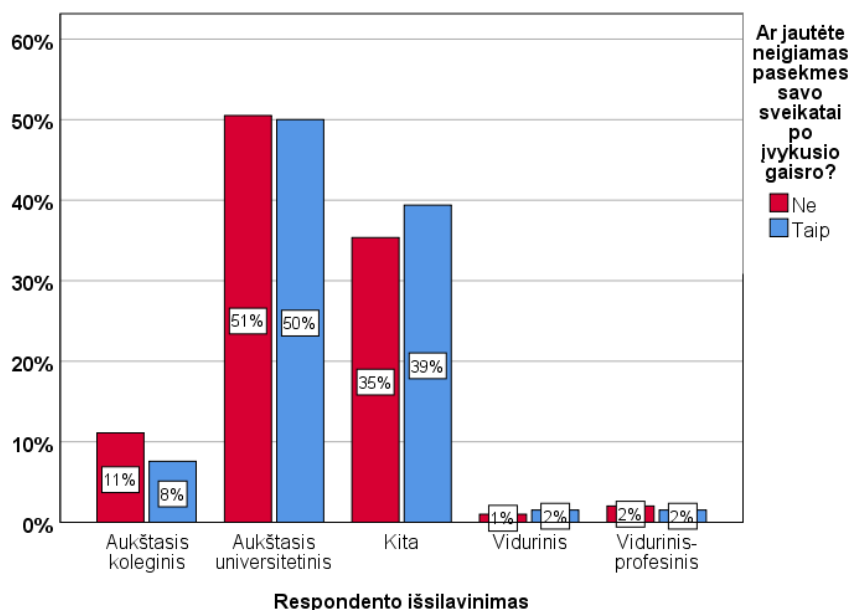
Tyrimo metu buvo sugretinti keli parametrai iš gautų duomenų. Pirmiausia, kurios amžiaus grupės labiausiai juto sveikatos sutrikimus gaisro įvykio metu ir po gaisro. Iš 37 pav. matyti, kad pasekmes

labiausiai juto jaunesnio (16–30 m.) amžiaus asmenys (44 %), kiek mažiau – 3,20–50 metų amžiaus žmonės (29 %), panašiai atsakė ir 50–65 metų amžiaus respondentai (26 %).



37 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis)

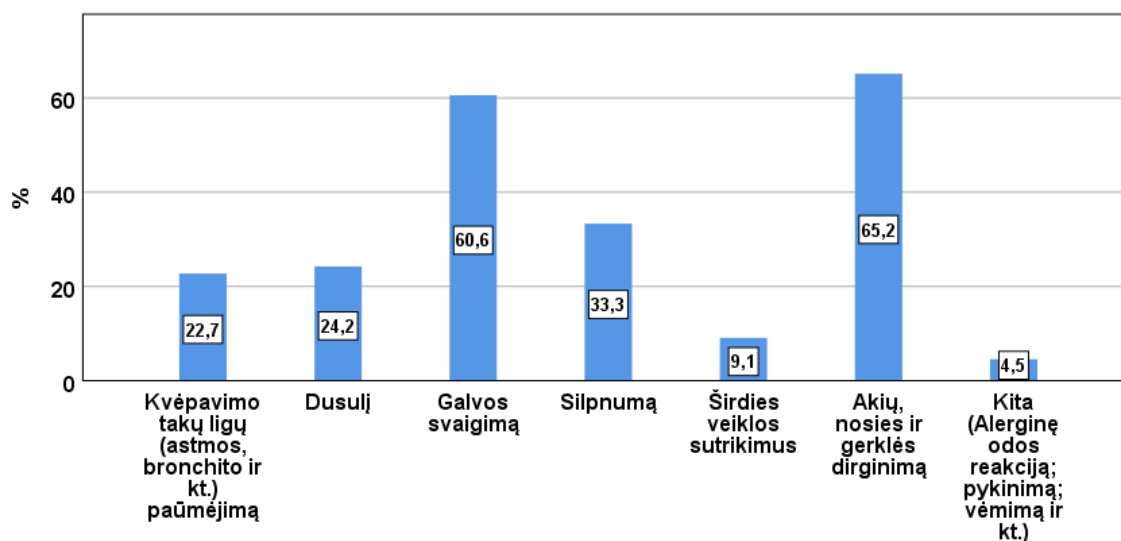
Pagal respondentų išsilavinimą (38 pav.), 50 % asmenų, jutusių poveikį sveikatai, yra įgiję aukštąjį universitetinį išsilavinimą, kiek mažiau – 39 % „Kita“ kategorijai priklausantys moksleiviai, dar neįgiję išsilavinimo.



38 pav. Respondentai apie tai, ar jautė neigiamas pasekmes sveikatai pagal išsilavinimo kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis)

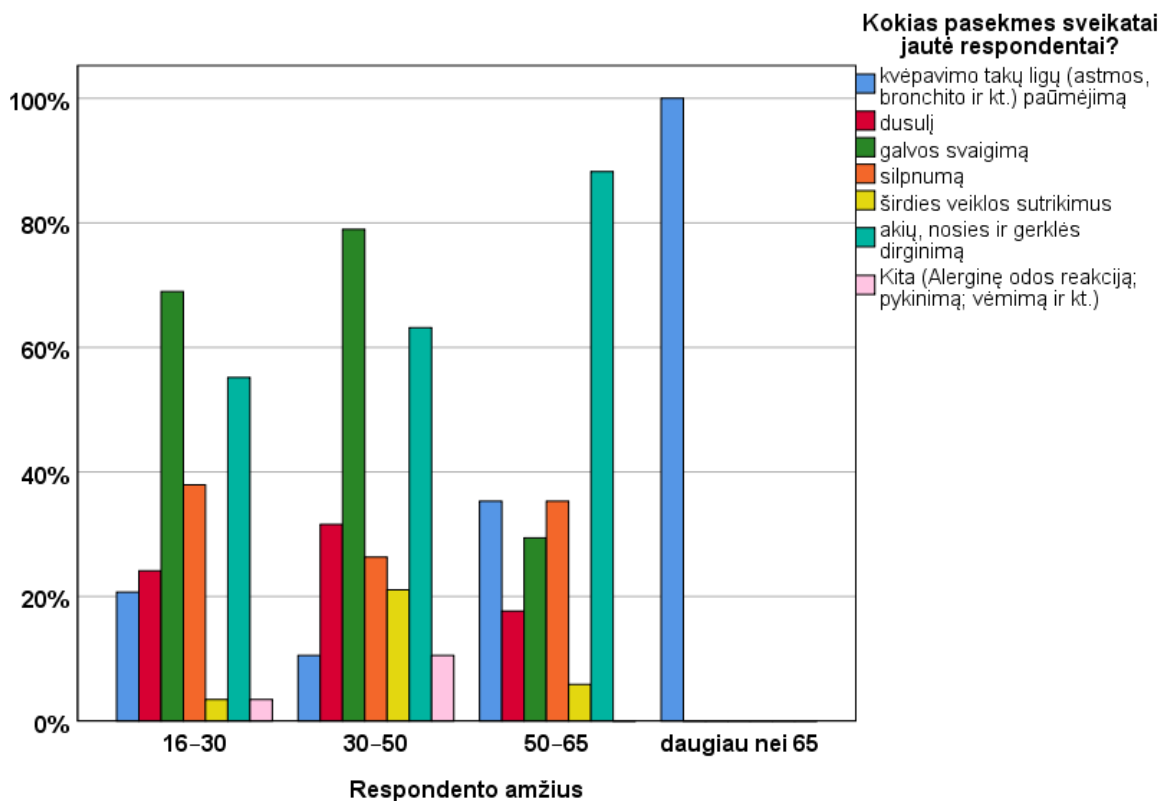
Tyrimė pasidomėta, kokį poveikį sveikatai pajuto respondentai. Respondentai, atsakydami į šį klausimą, galėjo rinktis iš kelių jau pateiktų atsakymo variantų arba nurodyti savo variantą. Nors oro teršalai labiausiai paveikia plaučių funkcijas, anketoje buvo pateikti ne tik su plaučių funkcijomis susiję atsakymo variantai: akių, nosies ir gerklės dirginimas, dusulys, galvos svaigimas, kvėpavimo takų ligų paūmėjimas, širdies veiklos sutrikimas ir silpnumas, kadangi skirtingi oro teršalai veikia skirtingas žmogaus organizmo dalis. Pavyzdžiui, SO<sub>2</sub> dirgina akis, nosį ir gerklę, gali sukelti astmą, bronchitą, emfizemą (oro arba dujų susikaupimą audiniuose arba organuose), plaučių vėžį, NO<sub>2</sub> pažeidžia plaučių audinį ir gali apriboti kvėpavimo takų veiklą, sukelti emfizemą, CO gali pažeisti širdį ir centrinę nervų sistemą, sukelti galvos skausmą, svaigimą, traukulius ar net mirtį (Sharma S. B. et al. 2013, 391).

Iš 66 respondentų, atsakusių į šį klausimą, du trečdaliai (65,2 %) nurodė, kad po įvykio juto akių, nosies ir gerklės dirginimą, taip pat 60,6 % skundėsi galvos svaigimu, o trečias pagal dažnumą pajautas poveikis sveikatai – dusulys, kurį, kaip simptomą įvardijo 24,2 % iš 66 respondentų. Dar 22,7 % asmenų juto kvėpavimo takų ligų paūmėjimą, 9,1 % – širdies veiklos sutrikimus ir iš pačių respondentų įrašytų atsakymų išsiaiškinta, kad 4,5 % patyrė alerginę odos reakciją, pykinimą ar net vėmimą (39 pav.).



39 pav. Respondentų juntamos pasekmės sveikatai (sudaryta pagal anketos duomenis)

Išanalizavus duomenis apie juntamas pasekmes sveikatai pagal amžiaus grupes (40 pav.), matyti, kad tiek 16–30 m., tiek 30–50 m. amžiaus asmenys labiausiai jautė galvos svaigimą ir akių, nosies ir gerklės dirginimą, 50–65 m. amžiaus žmonės labiausiai jautė akių, nosies ir gerklės dirginimą, o vyresni nei 65 m. asmenys juto kvėpavimo takų ligų paūmėjimą.



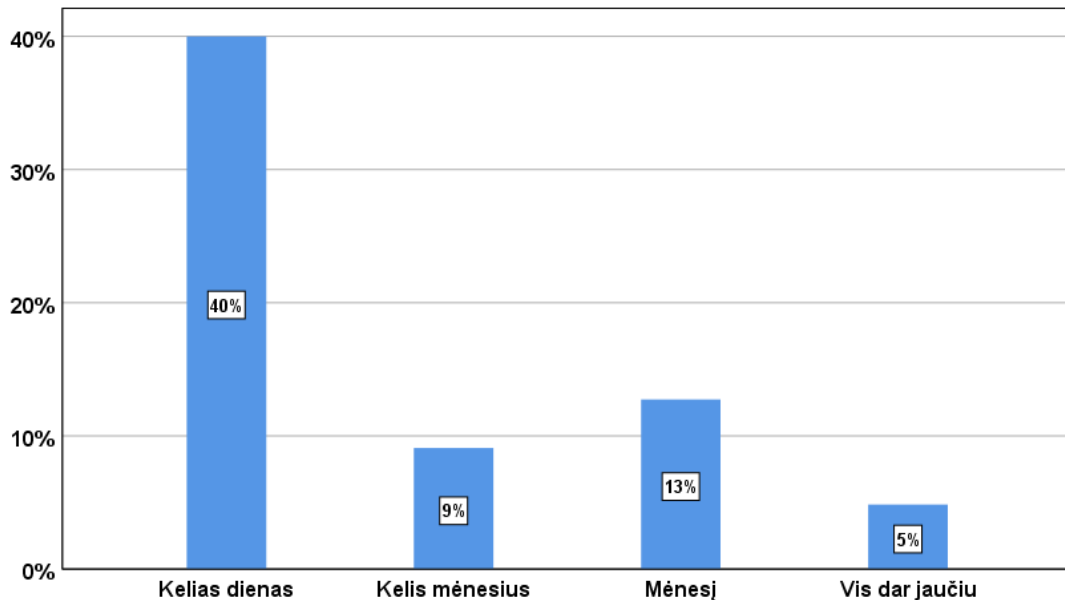
40 pav. Respondentų juntamos pasekmės sveikatai pagal amžiaus kategoriją (sudaryta pagal anketos duomenis)

Įvertinus tris dažniausiai respondentų pasirinktus atsakymus, mėginta paskaičiuoti, kiek respondentų pasirinko visus tris simptomus: galvos svaigimą, silpnumą ir akių, nosies ir gerklės dirginimą. Išsiaiškinta, kad iš 66 respondentų, jutusių gaisro poveikį sveikatai, net 5 asmenys pajuto visus tris simptomus (10 lent.).

10 lentelė. Žmonių, jutusių gaisro poveikį sveikatai, pasekmių analizė (sudaryta pagal anketos duomenis)

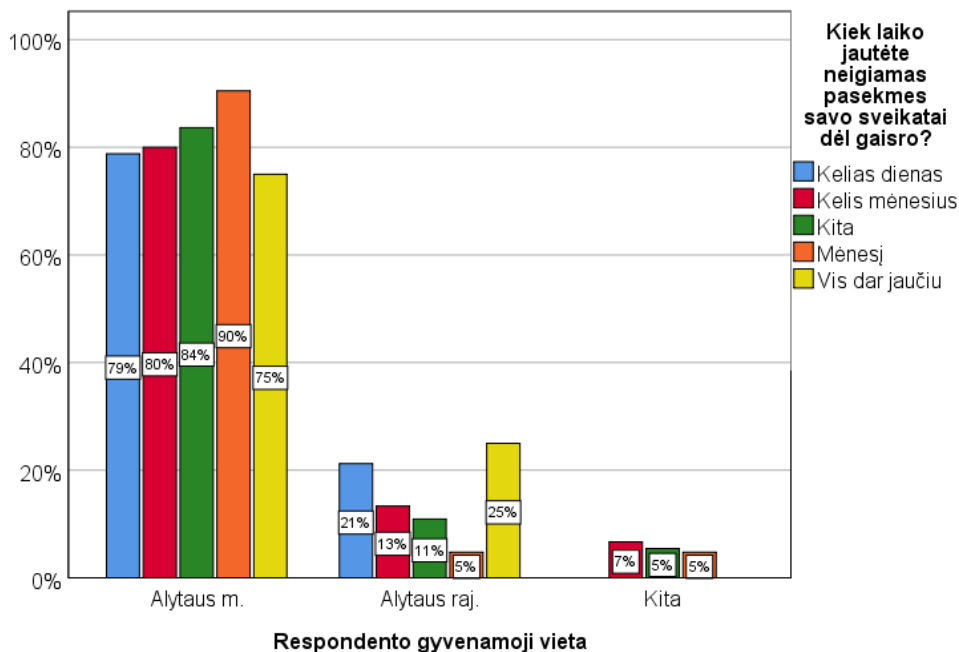
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Nepasirinko	61	37,0	92,4	92,4
	Pasirinko	5	3,0	7,6	100,0
	Total	66	40,0	100,0	
Missing	System	99	60,0		
Total		165	100,0		

Taip pat tyrime buvo siekiama išsiaiškinti, kiek laiko respondentai juto neigiamas pasekmes savo sveikatai. 41 pav. pavaizduotoje diagramoje atskleidžiama, kad net 40 % iš 66 respondentų, kurie juto pasekmes, jomis skundėsi tik kelias dienas, kiti 13 % – mėnesį, 9 % – kelis mėnesius ir 5 % vis dar jaučia pasekmes sveikatai.



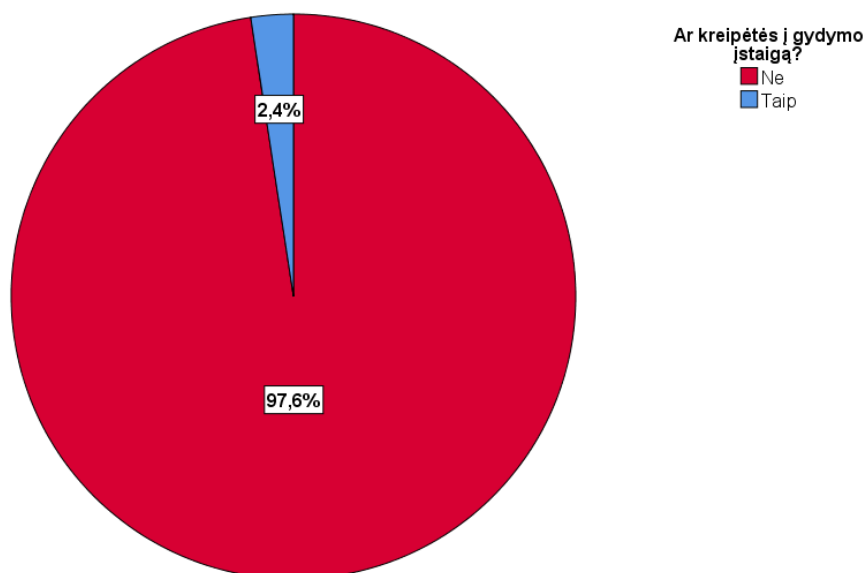
41 pav. Neigiamų pasekmių sveikatai jutimo trukmė  
(sudaryta pagal anketos duomenis)

Žemiau pateiktame grafike (42 pav.) vaizduojama, ar respondentų gyvenamoji vietovė turėjo reikšmės sveikatos sutrikimų jutimo trukmei. Remiantis duomenimis, ilgiausiai simptomus juto ir vis dar jaučia Alytaus miesto gyventojai. Gauti rezultatai patvirtina, kad teritorijose, esančiose arčiau gaisro šaltinio, gyventojai yra labiau paveikti oro taršos.



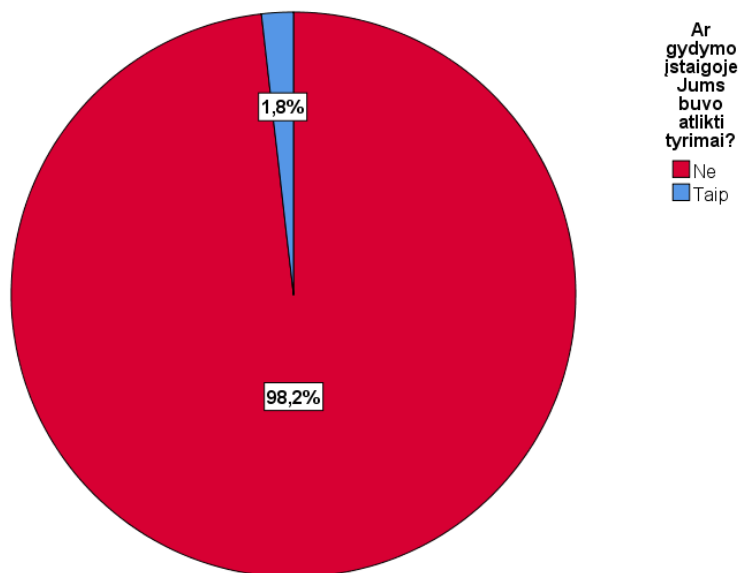
42 pav. Respondentai apie tai, kiek laiko juto simptomus pagal gyvenamąją vietą (sudaryta pagal anketos duomenis)

Tyrime buvo norima išsiaiškinti, ar asmenys, pajutę sveikatos sutrikimus gaisro metu ir po jo kreipėsi į gydymo įstaigą. 43 pav. pavaizduotoje skritulinėje diagramoje matyti, kad dėl patirto poveikio sveikatai į gydymo įstaigą kreipėsi tik 2,4 % respondentų.



43 pav. Respondentai apie tai, ar kreipėsi į gydymo įstaigą (sudaryta pagal anketos duomenis)

1,8 % respondentų teigė, kad gydymo įstaigoje jiems buvo atlikti tyrimai (44 pav.), tačiau, anot gautų apklausos rezultatų, išsityrusiems respondentams medikai diagnozės nepaskyrė.



44 pav. Respondentai apie tai, ar jiems gydymo įstaigoje buvo atlikti tyrimai (sudaryta pagal anketos duomenis)

Įvertinus Alytaus miesto ir rajono gyventojų oro taršos poveikio sveikatai tyrimo rezultatus išsiaiškinta, kad net 40 % visų respondentų juto neigiamą oro taršos poveikį sveikatai. Visų amžiaus grupių respondentai teigė pajutę sveikatos negalavimus, visgi daugiausia – jaunesnio 16–30 metų amžiaus žmonės (44 %).

Dauguma respondentų juto akių, nosies ir gerklės dirginimo, galvos svaigimo ir silpnumo simptomus, o net 5 asmenims pasireiškė visi trys simptomus. Taip pat keli respondentai pridėjo ir naujų, į anketą neįtrauktų oro taršos sukeltų simptomų, tokių kaip alerginė odos reakcija, pykinimas ir vėmimas. Dauguma respondentų (40 %) neigiamą gaisro sukeltos oro taršos poveikį sveikatai juto vos kelias dienas, tačiau kai kurie žmonės simptomus jautė ir ilgiau, o 5 % juos vis dar jaučia. Taip pat buvo išsiaiškinta, kad ilgiausiai simptomus juto ir vis dar jaučia respondentai iš Alytaus miesto, o ne rajono ir kitų gyvenviečių.

## IŠVADOS

1. Tarp tiksliame laike gautų palydovinių (Sentinel-5P TROPOMI) ir antžeminių Alytaus mieste bei Miklusėnų gyvenvietėje rinktų NO<sub>2</sub> dujų koncentracijos duomenų apskaičiuoti koreliacijos koeficientai parodė, kad palydoviniai duomenys yra tinkami tirti ir vertinti oro taršą tiek normalios situacijos, tiek ekstremalių įvykių metu. Miklusėnų gyvenvietės atveju statistiškai reikšmingesnis buvo parabolinis ryšys tarp palydovinių ir antžeminių NO<sub>2</sub> matavimų, o Alytaus miesto atveju – abi ryšio formos (tiesinis-linijinis ir parabolinis) parodė panašius rezultatus, jų patikimumas  $P$  buvo artimas arba šiek tiek aukštesnis nei 95 %. Suvidurkintų NO<sub>2</sub> duomenų ryšio statistinės rodiklių ( $r$ ,  $R^2$ ,  $P$ ,  $t$ ) vertės buvo žemesnės, tad tyrimams rekomenduojama naudoti NO<sub>2</sub> koncentracijas, nustatytas tiksliau laiku.
2. Didžiausi vėjo greičiai Alytaus miesto ir rajono teritorijoje pasireiškė pirmosiomis gaisro dienomis (spalio 16–17 d.), vėliau jie mažėjo ir tik šiek tiek padidėjo spalio 23 ir 25 d., vyravo šiaurės ir šiaurės-rytų krypties vėjai. Tyrimai parodė, jog maksimalaus fiksuoto vėjo greičio (16 km/h) dieną – spalio 17 d. – NO<sub>2</sub> koncentracijos ore didėjo vėjo kryptimi didėjant atstumui nuo gaisro įvykio vietos. Kitomis dienomis, kai vėjo greitis buvo gerokai mažesnis, didesnis NO<sub>2</sub> kiekis buvo arčiau gaisro įvykio vietos nei tolstant nuo jos. Tai patvirtina vėjo greičio ir krypties įtaką teršalų erdvinei sklaidai.
3. Anketiniai tyrimai parodė, kad 40 % iš 165 respondentų pajuto oro taršos sukeltus sveikatos sutrikimus, tokius kaip akių, nosies ir gerklės dirginimas, dusulys, galvos svaigimas. Tiek 16–30 m., tiek 30–50 m. amžiaus asmenys labiausiai jautė galvos svaigimą ir akių, nosies ir gerklės dirginimą, 50–65 m. amžiaus žmonės labiausiai jautė akių, nosies ir gerklės dirginimą, o vyresni nei 65 m. asmenys juto kvėpavimo takų ligų paūmėjimą. Į sveikatos apsaugos įstaigas respondentai beveik nesikreipė (kreipėsi tik 2,4 %). Ilgiausiai simptomus juto ir vis dar jaučia Alytaus miesto gyventojai.
4. Remiantis anketinės apklausos rezultatais, buvo nustatyta, kad geriausiai apie gaisro įvykį buvo informuoti jaunesnio amžiaus (16–30 m.), įgiję aukštąjį išsilavinimą žmonės, o pagrindinis šaltinis, iš kurio respondentai išgirdo apie įvykį – internetas. Vis dėlto, trečdaliui apklaustųjų, tarp kurių buvo ir aukštąjį išsilavinimą turinčių asmenų, pritrūko reikiamos informacijos apie situaciją mieste ir rajone arba ji buvo pateikta pavėluotai. Šis faktas rodo prastą komunikaciją tarp valdžios institucijų, žiniasklaidos ir miesto gyventojų. Net 80,6 % visų respondentų teigė, kad viešai prieinama kartografinė medžiaga apie ekstremalią situaciją ir jos vystymąsi gyventojams būtų naudinga. Taigi geografinę ir kitą kartografinę medžiagą sudarytojų šioje srityje dar laukia naujos galimybės.

## LITERATŪRA

1. Boldo E. 2016. La contaminación del aire. Instituto de salud Carlos III: Madrid. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/312070894\\_La\\_contaminacion\\_del\\_aire](https://www.researchgate.net/publication/312070894_La_contaminacion_del_aire)
2. Butkevičienė E. 2011. Apklausų duomenų analizė. Seminaro medžiaga. Kaunas, 1–28. Interneto nuoroda: [http://www.lidata.eu/files/mokymai/seminaras\\_20110129/Apklausu\\_duomenu\\_analize\\_2011\\_1111.pdf](http://www.lidata.eu/files/mokymai/seminaras_20110129/Apklausu_duomenu_analize_2011_1111.pdf)
3. Cox L. A. 2017. Socioeconomic and air pollution correlates of adult asthma, heart attack, and stroke risks in the United States, 2010–2013. *Environmental Research*, vol. 155, 92–107. Interneto nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935116305813?via%3Dihub>
4. D’Amato G. 2011. Effects of climatic changes and urban air pollution on the rising trends of respiratory allergy and asthma. *Multidisciplinary Respiratory Medicine* 6 (1), 28–37. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/230836012\\_Effects\\_of\\_climatic\\_changes\\_and\\_urban\\_air\\_pollution\\_on\\_the\\_rising\\_trends\\_of\\_respiratory\\_allergy\\_and\\_asthma](https://www.researchgate.net/publication/230836012_Effects_of_climatic_changes_and_urban_air_pollution_on_the_rising_trends_of_respiratory_allergy_and_asthma)
5. De Gouw. J., Jimenez J. L. 2009. Organic Aerosols in the Earth’s Atmosphere. *Environmental Science & Technology*, 43, 7614–7618. Interneto nuoroda: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es9006004>
6. Dimdore-Miles O. S., Palmer P. I., Bruhwiler L. P. 2018. Detecting changes in Arctic methane emissions: limitations of the inter-polar difference of atmospheric mole fractions. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 18, 17895–17907. Interneto nuoroda: <https://acp.copernicus.org/articles/18/17895/2018/acp-18-17895-2018.pdf>
7. Europos audito rūmai. 2018. Oro tarša. Mūsų sveikata vis dar nepakankamai apsaugota. Specialioji ataskaita Nr. 23. Interneto nuoroda: [https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18\\_23/SR\\_AIR\\_QUALITY\\_LT.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_23/SR_AIR_QUALITY_LT.pdf)
8. EEA. 2019. Air quality in Europe – 2019 report. Interneto nuoroda: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>
9. EEA. 2020. Air quality in Europe 2020 report. Interneto nuoroda: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
10. European Commission. 2013. Attitudes of europeans towards air quality. Interneto nuoroda: [https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl\\_360\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_360_en.pdf)
11. ESA. 2018. Copernicus Sentinel-5P TROPOMI Level 2 Nitrogen Dioxide total column products. Interneto nuoroda: [https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/data-products/-/asset\\_publisher/fp37fc19FN8F/content/sentinel-5-precursor-level-2-nitrogen-dioxide](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/data-products/-/asset_publisher/fp37fc19FN8F/content/sentinel-5-precursor-level-2-nitrogen-dioxide)
12. Forastiere F., Stafoggia M., Tasco C., Picciotto S., Agabiti N., Cesaroni G., and Perucci C. A. 2007. Socioeconomic Status, Particulate Air Pollution and Daily Mortality: Differential Exposure or

- Differential Susceptibility. *American journal of industrial medicine* 50:208–216. Interneto nuoroda: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16847936/>
13. Gitahi M. J., Hahn M, Ramírez F. A. 2019. High-resolution urban aerosol monitoring using Sentinel-2 satellite images. *Earth Observation and Geomatics Engineering* 3 (1), 102–111. Interneto nuoroda: [https://eoge.ut.ac.ir/article\\_72963\\_7f0f805b010b479ea8691b5a8048a742.pdf](https://eoge.ut.ac.ir/article_72963_7f0f805b010b479ea8691b5a8048a742.pdf)
  14. Goldizen F. C., Sly P. D., Knibbs L. D. 2016. Respiratory effects of air pollution on children. *Pediatric Pulmonology* 51:94–108. Interneto nuoroda: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26207724/>
  15. Guarnieri M., Balmes J. R. 2014. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet* 2014; Vol 383: 1581–92. Interneto nuoroda: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24792855/>
  16. Hansen C. 2019. Deleterious Impact of Tire-Burning Kilns. Interneto nuoroda: <https://www.ecomena.org/tire-burning-kilns/#:~:text=The%20three%20main%20effects%20tire,acute%20to%20chronic%20health%20hazards>
  17. Harrison S., Alderdice F., Henderson J., Redshaw M., Quigley M. A. 2020. Trends in response rates and respondent characteristics in five National Maternity Surveys in England during 1995–2018. *Archives of Public Health* vol 78, Article number: 46. Interneto nuoroda: <https://archpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13690-020-00427-w>
  18. Hirsh S. 2020. Coronavirus Causes Decline in Air Pollution Across Northern Italy. Interneto nuoroda: [https://www.greenmatters.com/p/italy-air-pollution-coronavirus?fbclid=IwAR1XOKceipHeLoLJSrHub7FwN1Gf\\_noOnPR96gVU76VAzD6njYDiK0YT0PU](https://www.greenmatters.com/p/italy-air-pollution-coronavirus?fbclid=IwAR1XOKceipHeLoLJSrHub7FwN1Gf_noOnPR96gVU76VAzD6njYDiK0YT0PU)
  19. Ialongo I., Virta H., Eskes H., Hovila J., Douros J. 2019. Comparison of TROPOMI/Sentinel 5 Precursor NO<sub>2</sub> observations with ground-based measurements in Helsinki. *Atmospheric Measurement Techniques*. 13(1):205–218. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/338641925\\_Comparison\\_of\\_TROPOMI\\_Sentinel-5\\_Precursor\\_NO2\\_observations\\_with\\_ground-based\\_measurements\\_in\\_Helsinki](https://www.researchgate.net/publication/338641925_Comparison_of_TROPOMI_Sentinel-5_Precursor_NO2_observations_with_ground-based_measurements_in_Helsinki)
  20. Jerrett M., Burnett R. T., Brook J., Kanaroglou P., Giovis C., Finkelstein N., Hutchison B. 2004. Do socioeconomic characteristics modify the short term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58:31–40. Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1757028/>
  21. Jiao K., Xu M., Liu M. 2018. Health status and air pollution related socioeconomic concerns in urban China. *International Journal for Equity in Health* 17:18. Interneto nuoroda: <https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-018-0719-y>

22. Kaplan G., Avdan Z. Y., Avdan U. 2019. Spaceborne Nitrogen Dioxide Observations from the Sentinel-5P TROPOMI over Turkey. *Proceedings*, 18(1), 4. Interneto nuoroda: <https://www.mdpi.com/2504-3900/18/1/4>
23. Kelly F., Fussell J. J. C. 2015. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental Geochemistry and Health* 37:631–649. Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4516868/>
24. Li Z., Roy D. P., Zhang K. H., Vermote F. E., Huang H. 2019. Evaluation of Landsat-8 and Sentinel-2A Aerosol Optical Depth Retrievals across Chinese Cities and Implications for Medium Spatial Resolution Urban Aerosol Monitoring. *Remote Sensing* 11(2). Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6999735/>
25. Lorente A., Boersma K. F., Eskes H. J., Veefkind J., Pvan Geffen J. H. G. M., de Zeeuw M. B., Denier van der Gon H. A. C., Beirle S., Krol M. C. 2019. Quantification of nitrogen oxides emissions from build-up of pollution over Paris with TROPOMI. *Nature research* 9(1). Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6934826/>
26. Martinez M. L. J. 2017. Relationship between crop nutritional status, spectral measurements and Sentinel-2 images. *Agronomia Columbiana* 35(2). 205–215. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/322161628\\_Relationship\\_between\\_crop\\_nutritional\\_status\\_spectral\\_measurements\\_and\\_Sentinel\\_2\\_images](https://www.researchgate.net/publication/322161628_Relationship_between_crop_nutritional_status_spectral_measurements_and_Sentinel_2_images)
27. Manisalidis I, Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. 2020. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in public health* Vol 8. Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/>
28. Mannucci P. M., Harari S., Martinelli I., Franchini M. 2015. Effects on health of air pollution: a narrative review. *Internal and Emergency Medicine* 10:657–662. Interneto nuoroda: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26134027/>
29. Martins M. C. H., Fatigati F. L., Vespoli T. C., Martins L. C., Pereira L. A. A., Martins M. A., Saldiva P. H. N., Braga A. L. F. 2004. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Saõ Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58:41–46. Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1757032/>
30. Mei L., Rozanov V., Vountas M., Burrows J. P., Richter A. 2018. XBAER-derived aerosol optical thickness from OLCI/Sentinel-3 observation. *Atmospheric Chemistry & Physics* 18; 2511–2523. Interneto nuoroda: <https://acp.copernicus.org/articles/18/2511/2018/acp-18-2511-2018.pdf>

31. Mesas-Carrascosa F. J., Pérez Porras F., Triviño-Tarradas P., García-Ferrer A. and Meroño-Larriva J. E., 2020. Effect of Lockdown Measures on Atmospheric Nitrogen Dioxide during SARS-CoV-2 in Spain. *Remote Sensing*, 12, 2210. Interneto nuoroda: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2210>
32. Aplinkos oro kokybės vertinimo vadovas. 2006. Vilnius, 23–25. Interneto nuoroda: [http://gamta.lt/files/Aplinkos\\_oro\\_kokybes\\_vertinimo\\_vadovas.pdf](http://gamta.lt/files/Aplinkos_oro_kokybes_vertinimo_vadovas.pdf)
33. Nadal M., Díaz-Ferrero J. R. J., Schuhmacher M., Domingo J. L. 2016. Human exposure to environmental pollutants after a tire landfill fire in Spain: *Health risks. Environment International* 97, p. 37–44. Interneto nuoroda: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27771564/>
34. O’Neill M. S., Jerrett M., Kawachi I., Levy J. I., Cohen A. J., Gouveia N., Wilkinson P., Fletcher T., Cifuentes L., Schwartz J. 2003. Health, Wealth, and Air Pollution: Advancing Theory and Methods. *Environmental Health Perspectives*, Volume 111, Nr. 16, 1861–1870. Interneto nuoroda: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.6334>
35. Obregón M. A., Rodrigues G., Costa M. J., Potes M. and Silva A. M. 2019. Validation of ESA Sentinel-2 L2A Aerosol Optical Thickness and Columnar Water Vapour during 2017–2018. *Remote Sensing* 11, 1649. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/334403171\\_Validation\\_of\\_ESA\\_Sentinel-2\\_L2A\\_Aerosol\\_Optical\\_Thickness\\_and\\_Columnar\\_Water\\_Vapour\\_during\\_2017-2018](https://www.researchgate.net/publication/334403171_Validation_of_ESA_Sentinel-2_L2A_Aerosol_Optical_Thickness_and_Columnar_Water_Vapour_during_2017-2018)
36. Omrani H., Omrani B., Parmentier B., Helbich M. 2020. Spatio-temporal data on the air pollutant nitrogen dioxide derived from Sentinel satellite for France. *Data in brief* 28. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/338440057\\_Spatio-temporal\\_data\\_on\\_the\\_air\\_pollutant\\_nitrogen\\_dioxide\\_derived\\_from\\_Sentinel\\_satellite\\_for\\_France](https://www.researchgate.net/publication/338440057_Spatio-temporal_data_on_the_air_pollutant_nitrogen_dioxide_derived_from_Sentinel_satellite_for_France)
37. Ostro B. 2004. Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. *Environmental Burden of Disease Series No. 5*. Interneto nuoroda: [https://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/ebd5.pdf](https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5.pdf)
38. Ramanathan V., Feng Y. 2009. Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment* 43, 37–50. Interneto nuoroda: [https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/17308/dot\\_17308\\_DS1.pdf](https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/17308/dot_17308_DS1.pdf)
39. Ramirez A. S., Ramondt S., Van Bogart K., Perez Zuniga R. 2019. Public Awareness of Air Pollution and Health Threats: Challenges and Opportunities for Communication Strategies to Improve Environmental Health Literacy. *Journal of Health Commun* 24(1): 75–83. Interneto nuoroda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6688599/pdf/nihms-1535443.pdf>
40. Rani B., Singh U., Chuhan A. K., Sharma D., Maheshwari R. 2001. Photochemical Smog Pollution and Its Mitigation Measures. *Journal of Advanced Scientific Research*, 2(4): 28–33. Interneto nuoroda: [http://journaldatabase.info/articles/photochemical\\_smog\\_pollution\\_its.html](http://journaldatabase.info/articles/photochemical_smog_pollution_its.html)

41. Rotko T. 2004. Social Aspects of Air Pollution: Sociodemographic Differences in Exposure, Perceived Annoyance and Concern about Air Pollution. Academic dissertation. Helsinki. Interneto nuoroda: <https://core.ac.uk/download/pdf/14918889.pdf>
42. Rutkoviėnė M. V., Sabienė N. 2008. Aplinkos tarša. Mokomoji knyga. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Interneto nuoroda: [http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/548/1/Aplinkos%20tarsa.%20Rutkoviene%2C%20Sabiene\\_1.pdf](http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/548/1/Aplinkos%20tarsa.%20Rutkoviene%2C%20Sabiene_1.pdf)
43. Sharma S. B., Jain S., Khirwadkar P., Kulkarni S. 2013. The effects of air pollution on the environment and human health. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology* vol. 1(3), 391.
44. Showkat N. 2017. Quantitative methods: survey. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/318959206\\_Quantitative\\_Methods\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/318959206_Quantitative_Methods_Survey)
45. Simek P., Jarolimek J., Kanska E., Stoces M., Vanek J, Pavlik J. and Vasilenko A. 2019. Earth observation data and spatial data sets analysis. 12th EFITA International Conference, 72–77. Interneto nuoroda: [https://efita-org.eu/wp-content/uploads/2020/03/EFITA\\_Proceedings\\_e-book.pdf](https://efita-org.eu/wp-content/uploads/2020/03/EFITA_Proceedings_e-book.pdf)
46. Sinkevičius S. 2011. Oro tarša: kaip žmogaus organizmą veikia kietosios dalelės? Interneto nuoroda: <https://naujienos.vu.lt/oro-tarsa-kaip-zmogaus-organizma-veikia-kietosios-daleles>
47. Soleimany A., Grubliauskas R., Šerevičienė V. 2020. Application of satellite data and GIS services for studying air pollutants in Lithuania (case study: Kaunas city). *Air Quality, Atmosphere & Health*. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/344635410\\_Application\\_of\\_satellite\\_data\\_and\\_GIS\\_services\\_for\\_studying\\_air\\_pollutants\\_in\\_Lithuania\\_case\\_study\\_Kaunas\\_city](https://www.researchgate.net/publication/344635410_Application_of_satellite_data_and_GIS_services_for_studying_air_pollutants_in_Lithuania_case_study_Kaunas_city)
48. Songailienė A., Ženauskas K. Tyrimo duomenų biometrinis vertinimas, 1985, Vilnius Mokslas, 113–115, 149.
49. Soomets T., Uudeberg K., Jakovels D., Zagars M., Reinart A., Brauns A., Kutser T. 2019. Comparison of Lake Optical Water Types Derived from Sentinel-2 and Sentinel-3. *Remote Sensing*, 11(23), 2883. Interneto nuoroda: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/23/2883>
50. Vîrghileanu M., Savulescu I., Mihai B. A., Nistor C. and Dobre R, 2020. Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. *Remote Sensing*, 12, 3575. Interneto nuoroda: [https://www.researchgate.net/publication/346221881\\_Nitrogen\\_Dioxide\\_NO2\\_Pollution\\_Monitoring\\_with\\_Sentinel-5P\\_Satellite\\_Imagery\\_over\\_Europe\\_during\\_the\\_Coronavirus\\_Pandemic\\_Outbreak](https://www.researchgate.net/publication/346221881_Nitrogen_Dioxide_NO2_Pollution_Monitoring_with_Sentinel-5P_Satellite_Imagery_over_Europe_during_the_Coronavirus_Pandemic_Outbreak)
51. WHO. 2004. Health aspects of air pollution: results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe". Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Interneto nuoroda: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107571>

52. WHO. 2006. Constitution of the world health organization. *Basic Documents*, Forty-fifth edition, Supplement. Interneto nuoroda: [https://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_en.pdf?ua=1](https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf?ua=1)
53. WHO. 2016. Health risk assessment of air pollution. General principles. Health risk assessment of air pollution – general principles. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Interneto nuoroda: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf)
54. Zheng Z., Yang Z., Wu Z. and Marinello F. 2019. Spatial Variation of NO<sub>2</sub> and Its Impact Factors in China: An Application of Sentinel-5P Products, *Remote Sensing*, 11, 1939; Interneto nuoroda: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/16/1939>
55. Zwijnenburg W. 2019. Environmental Monitoring of Conflicts using Sentinel-2 data. Interneto nuoroda: <https://medium.com/sentinel-hub/environmental-monitoring-of-conflicts-using-sentinel-2-61f07d76e27b>
56. AAA Oro kokybės vertinimo skyrius. 2020. Oro užterštumo normos. Interneto nuoroda: <http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=260ccbe8-5401-4f3b-adb1-b4ab1b9aa2b5>
57. AAA. 2019. Gauti pirmieji duomenys apie gaisro Alytuje poveikį nemunui. Interneto nuoroda: <http://gamta.lt/cms/index?rubricId=68402ffb-045c-4415-9d54-7b05cb1c9995>
58. AAA. 2019. Oro kokybės Alytaus rajone tyrimai. Interneto nuoroda: <http://gamta.lt/cms/index?rubricId=e3d3e574-c175-4d35-976e-265492412560>
59. AAA struktūrinė informacija. 2009. Interneto nuoroda: <http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=548331c5-3c24-435e-94bd-bee0ef00453d>
60. ESA Sentinel technical guides. Interneto nuoroda: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-technical-guides>
61. World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index. Interneto nuoroda: <https://waqi.info/#/c/7.232/9.21/1.9z>
62. World-wide Air Quality Monitoring Data Coverage. Interneto nuoroda: <https://aqicn.org/sources/>
63. „Padangų gaisrų paliestos vietovės iš pelenų kyla dešimtmečiais“. 2019. *Alytaus gidas*. Interneto nuoroda: <https://alytausgidas.lt/naujiena/29015-padangu-gaisru-paliestos-vietoves-is-pelenu-kyla-desimtmeciais>
64. „Baigtas valyti po gaisro Alytuje susikaupęs užterštas vanduo“. 2020. *Kauno diena*. Interneto nuoroda: <https://kauno.diena.lt/naujienos/lietuva/salies-pulsas/po-gaisro-alytuje-uztersto-vandens-valymas-atsiejo-41-tukst-euru-949980>

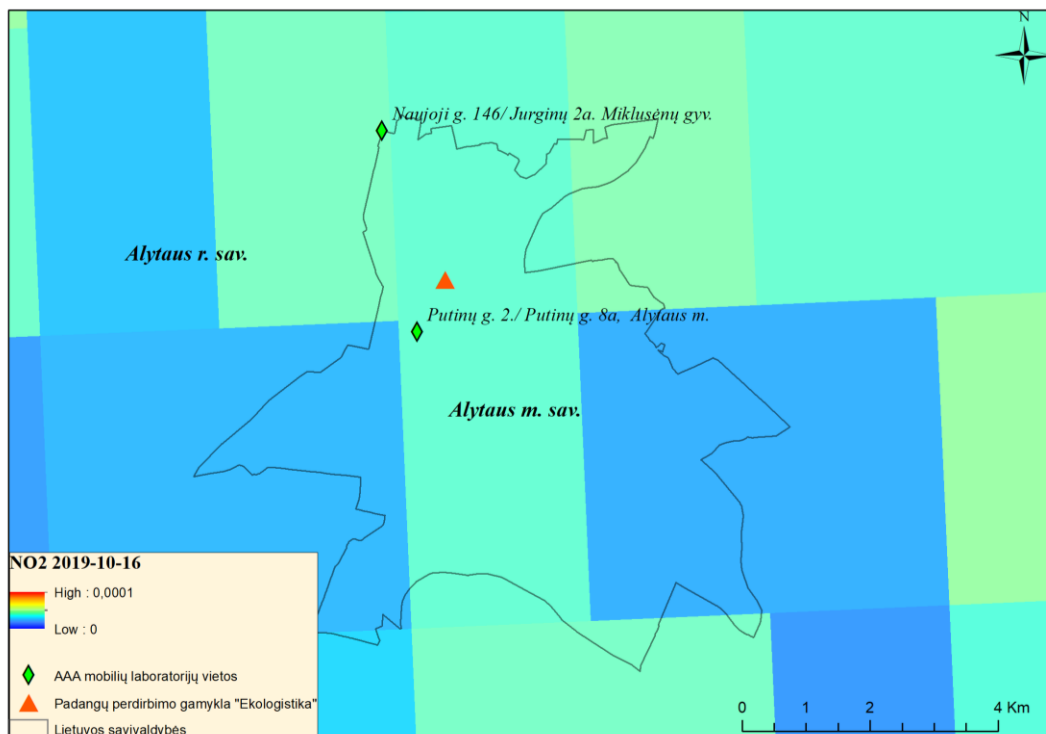
65. „Po gaisro Alytuje pieno vis dar negali tiekti penki ūkininkai“. 2020. *Kauno diena*. Interneto nuoroda: <https://kauno.diena.lt/naujienos/verslas/ekonomika/po-gaisro-alytuje-pieno-vis-dar-negali-tiekti-penki-ukininkai-949607>
66. „Švedijos profesorė apie Alytaus gaisrą: turi būti aišku, už ką atsakinga bendrovė, o už ką – valstybė“. 2019. *LRT naujienos*. Interneto nuoroda: <https://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/1113653/svedijos-profesore-apie-alytaus-gaisra-turi-buti-aisku-uz-ka-atsakinga-bendrove-o-uz-ka-valstybe>
67. „Gaisras Alytuje: pasekmės – gyventojų sveikata ir aplinkai padaryta žala“. 2019. *Mano kraštas*. Interneto nuoroda: <https://www.manokraštas.lt/straipsnis/gaisras-alytuje-pasekmes-%E2%80%93-gyventoju-sveikata-ir-aplinkai-padaryta-zala>

## PRIEDAI

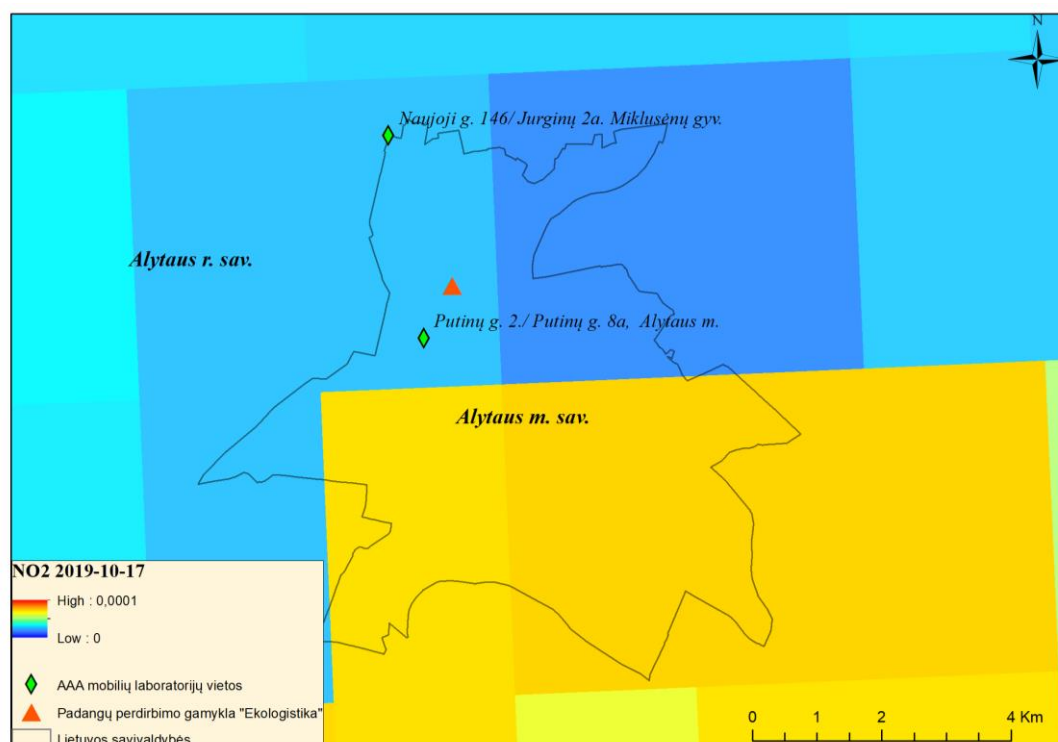
## 2 PRIEDAS

Sentinel-5P žemėliai 2019 m. spalio 16–25 d.

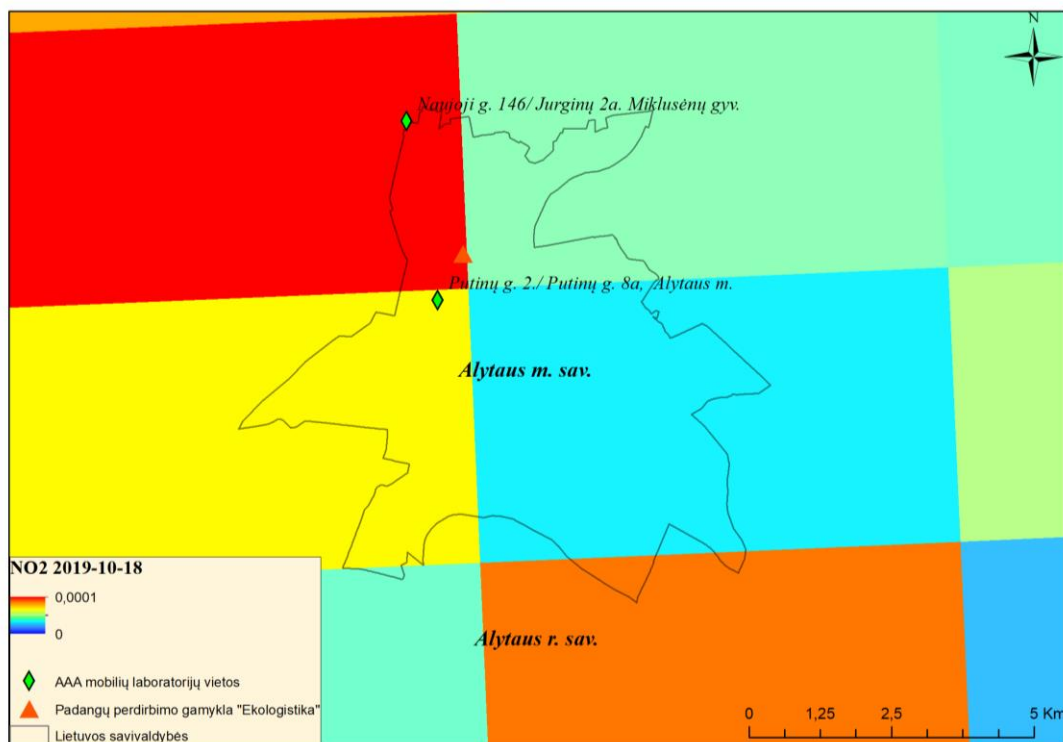
2019-10-16



2019-10-17



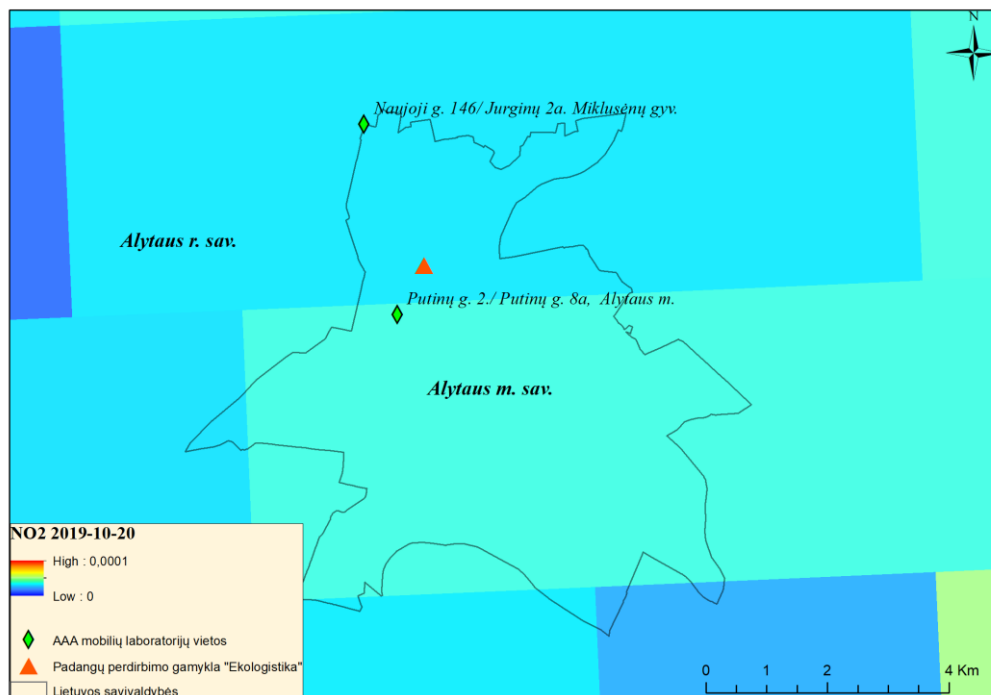
2019-10-18



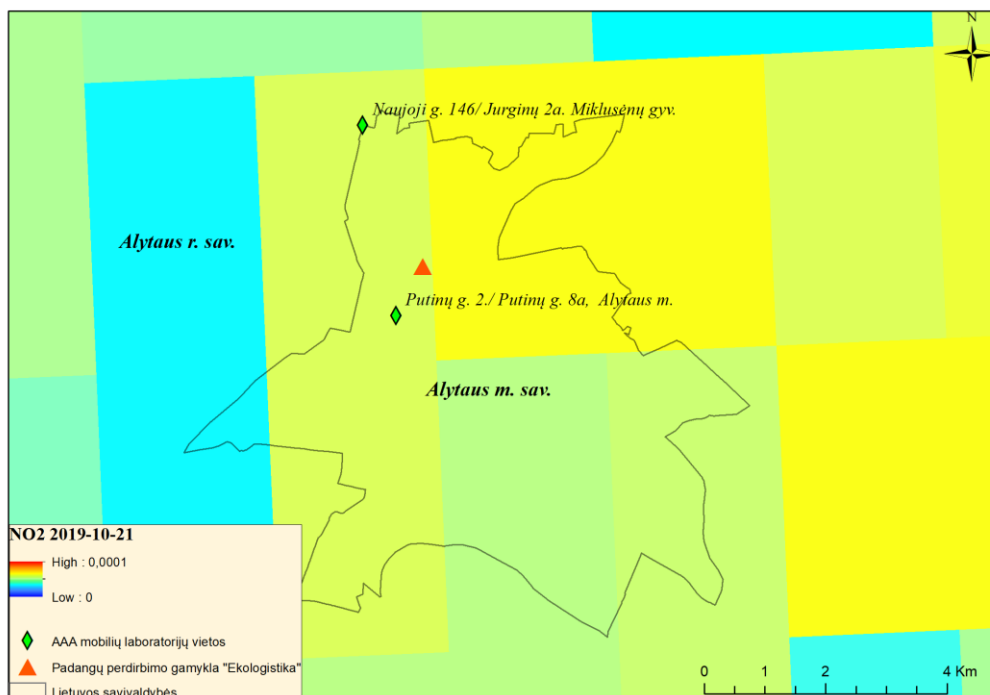
2019-10-19



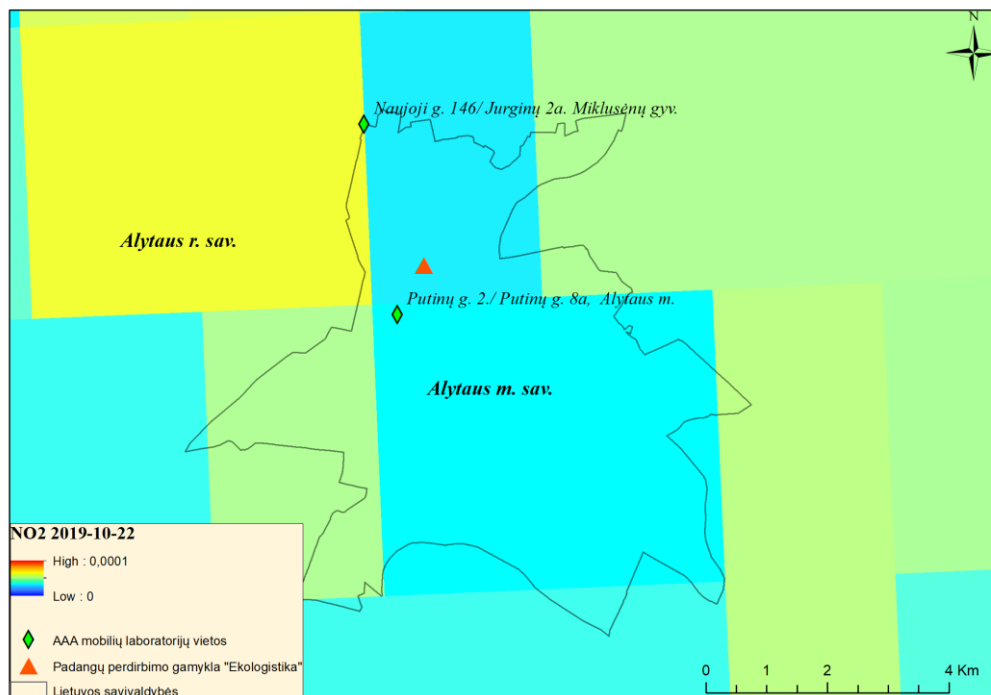
2019-10-20



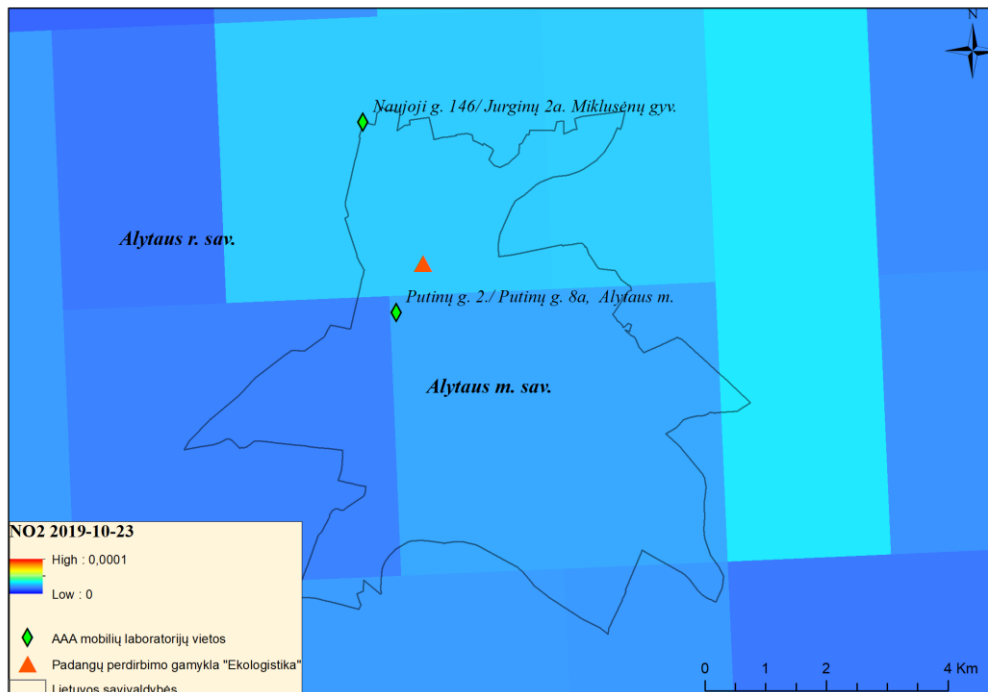
2019-10-21



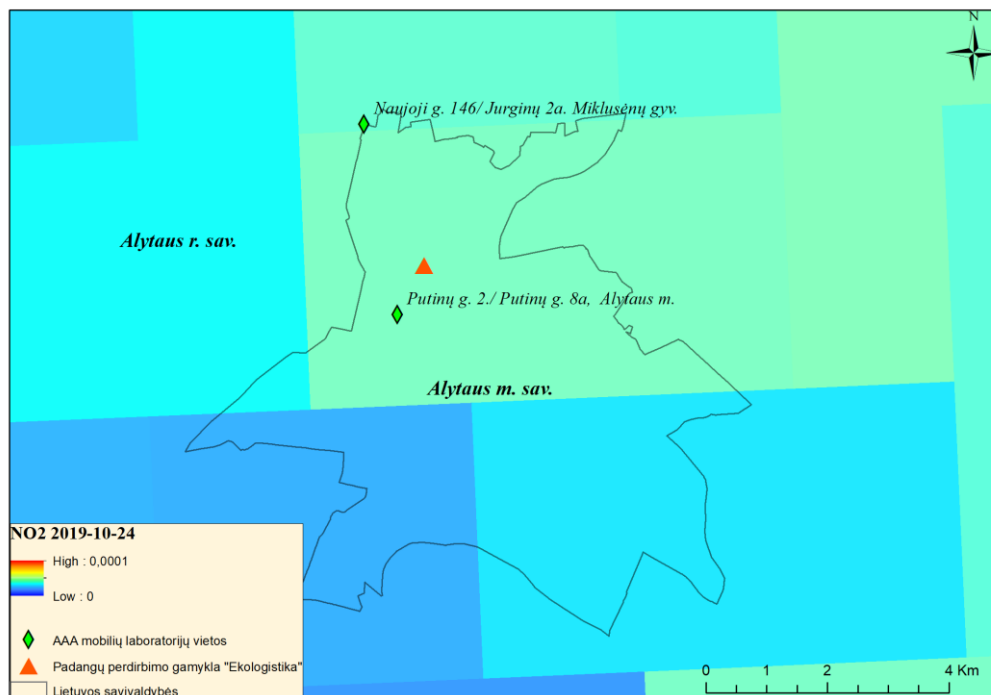
2019-10-22



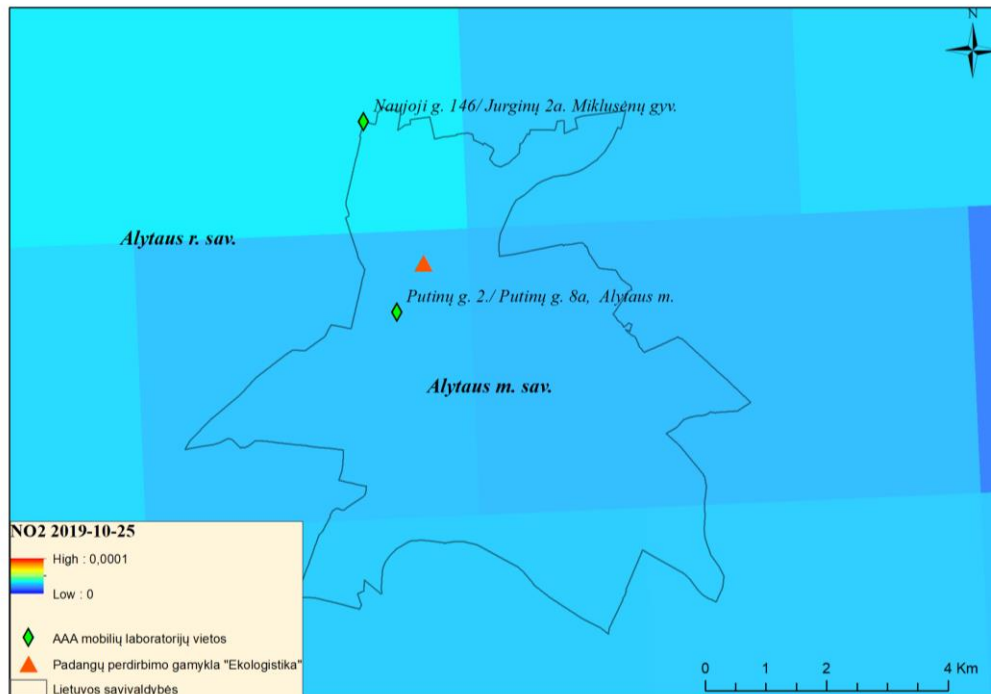
2019-10-23



2019-10-24



2019-10-25



### 3 PRIEDAS

#### NO<sub>2</sub> duomenys iš Miklusėnų gyv.

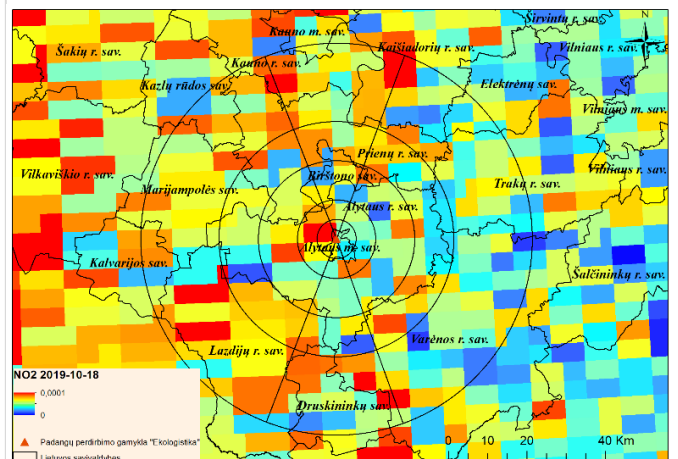
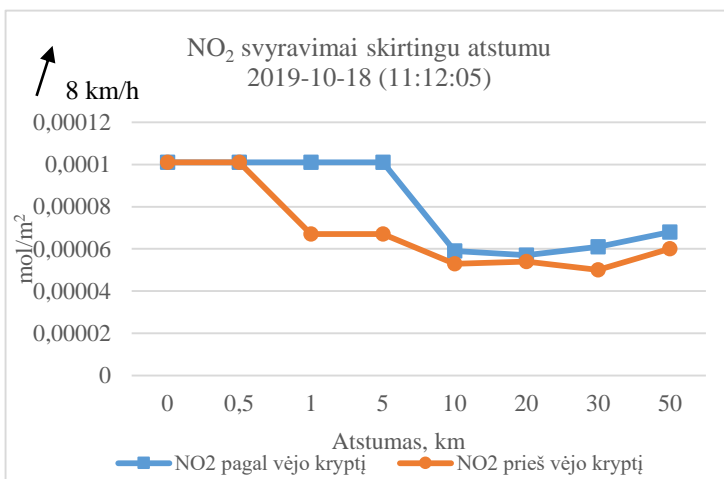
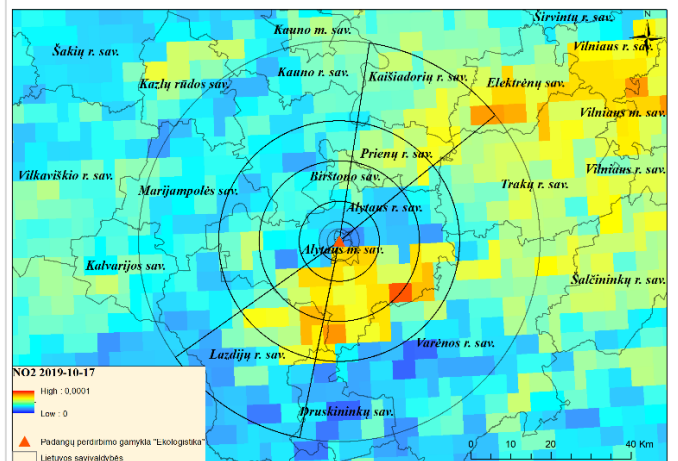
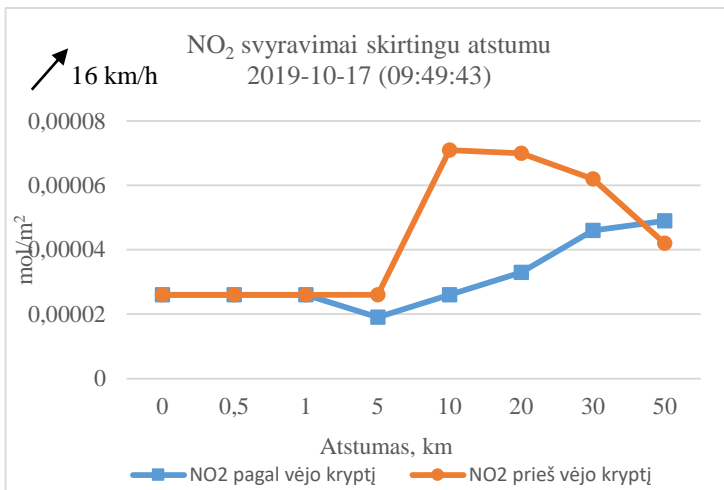
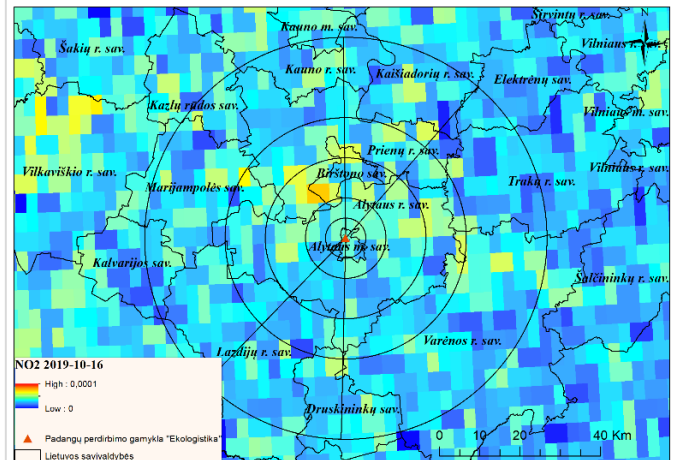
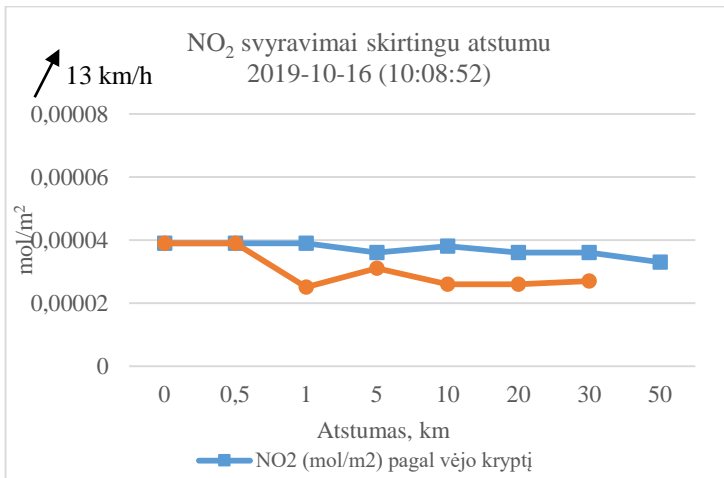
Data	Sentinel-5P nuotraukos laikas	AAA ėminio paėmimo laikas	NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (mol/m <sup>2</sup> )
2019-10-16	10:08:52	15 val. (kadangi matavimai pradėti nuo 15 val.)	18,00	0,000042
2019-10-17	09:49:43	10 val.	3,80	0,000026
2019-10-18	11:12:05	14 val. (kadangi šitoje vietoje matavimai 18 d. atlikti nuo 14 val.)	14,00	0,000101
2019-10-19	09:11:27	-	-	0,000053
2019-10-20	10:33:48	-	-	0,000031
2019-10-21	10:14:40	11 val.	28,90	0,000058
2019-10-22	09:55:32	10 val.	21,00	0,000063
2019-10-23	09:36:24	10 val.	10,20	0,000027
2019-10-24	09:17:16	9 val.	28,70	0,000039
2019-10-25	10:39:37	10 val.	22,80	0,000031

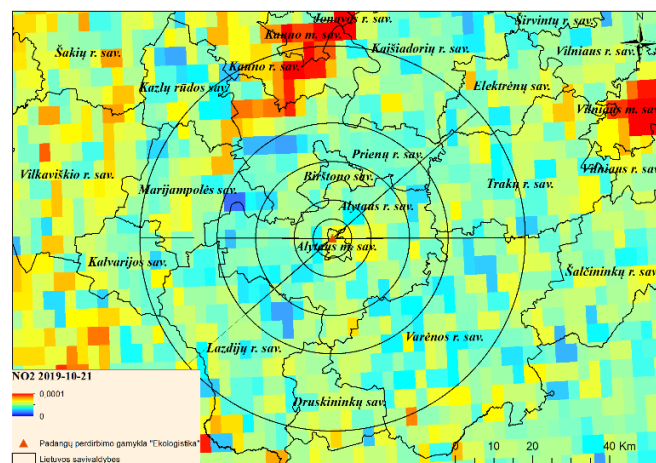
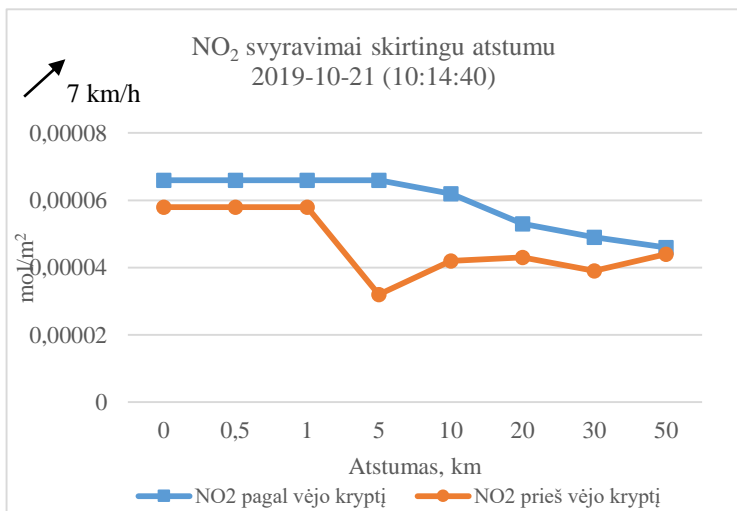
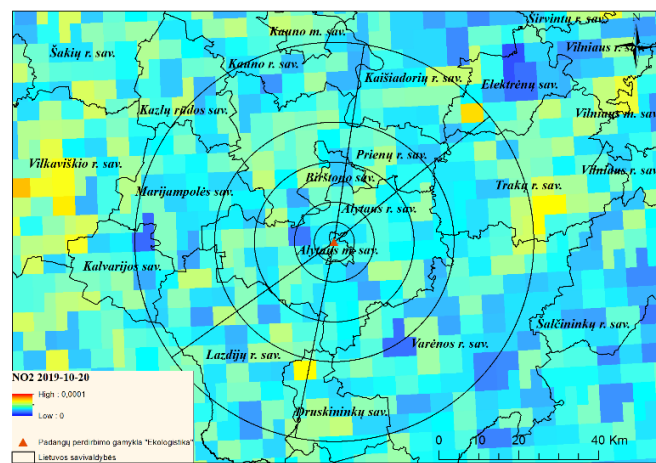
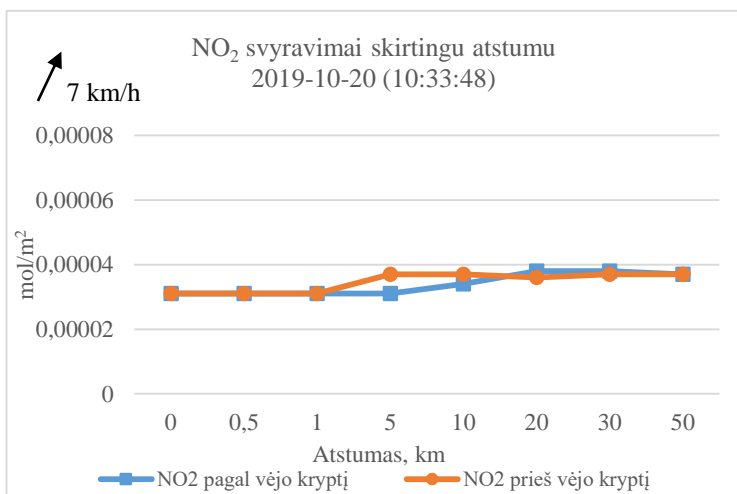
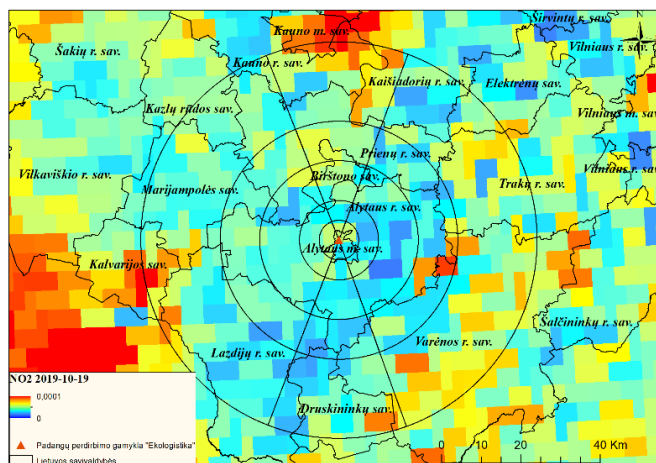
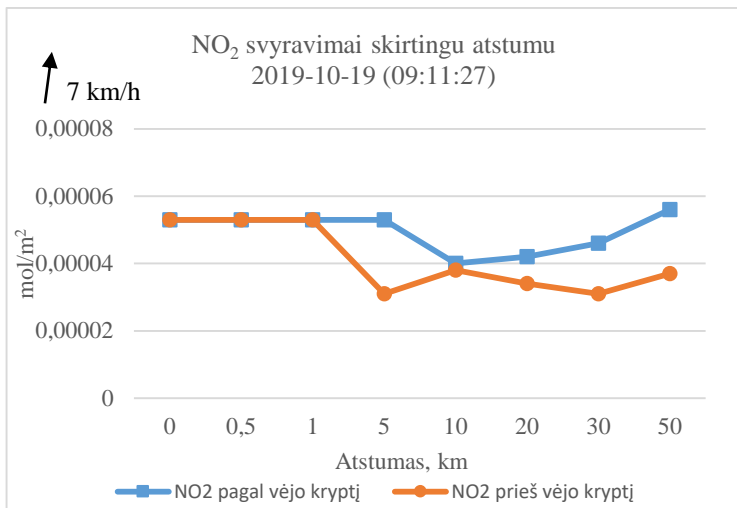
Data	NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> ) paros vidurkis	NO <sub>2</sub> (mol/m <sup>2</sup> )
2019-10-16	10,89	0,000042
2019-10-17	3,73	0,000026
2019-10-18	13,70	0,000101
2019-10-19		0,000053
2019-10-20		0,000031
2019-10-21	14,69	0,000058
2019-10-22	15,15	0,000063
2019-10-23	15,59	0,000027
2019-10-24	15,06	0,000039
2019-10-25	12,80	0,000031

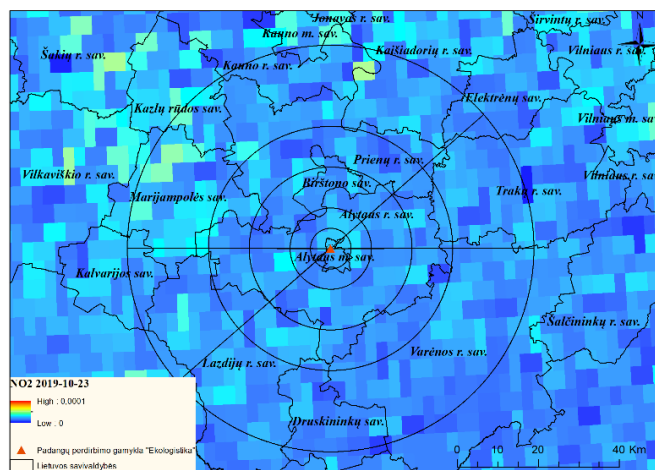
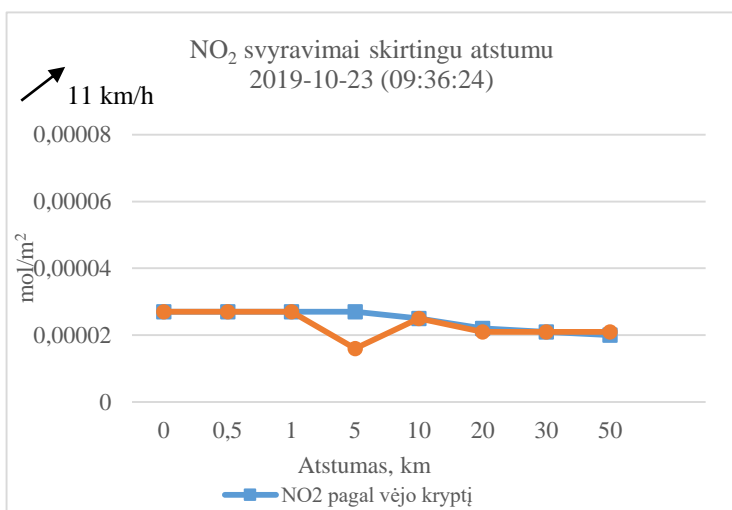
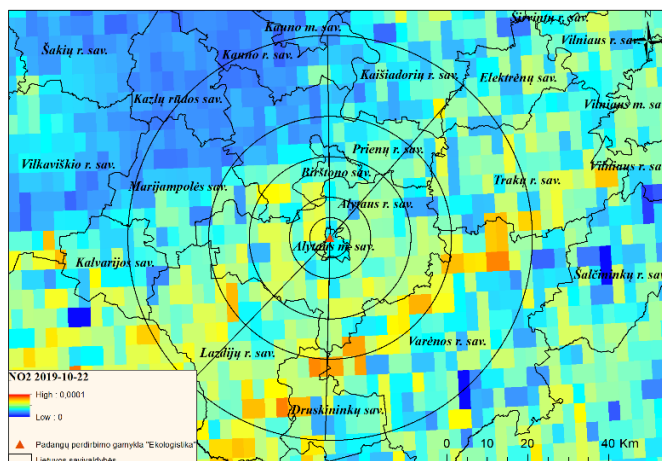
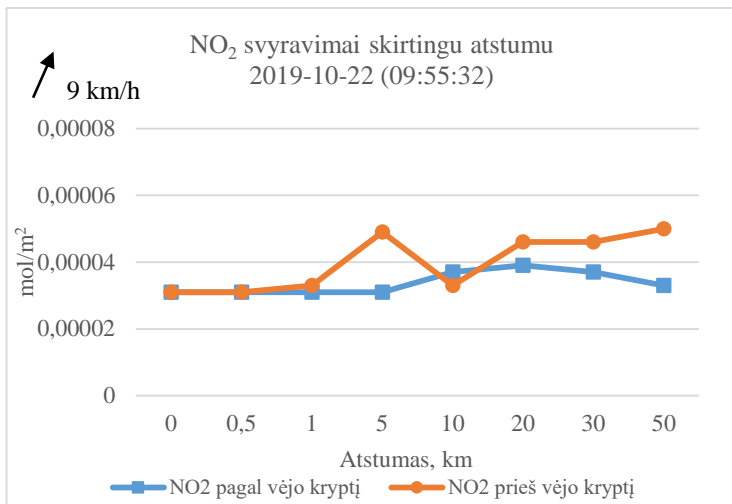
**NO<sub>2</sub> duomenys iš Alytaus m.**

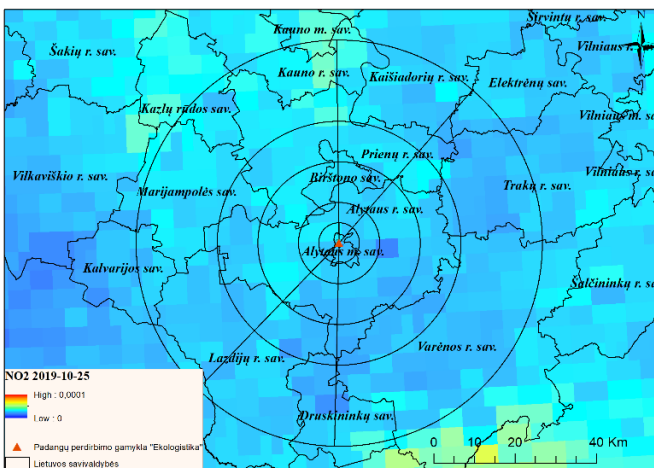
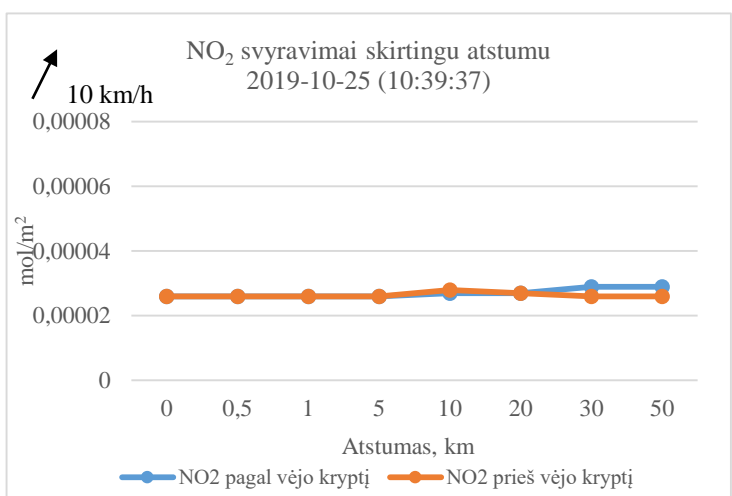
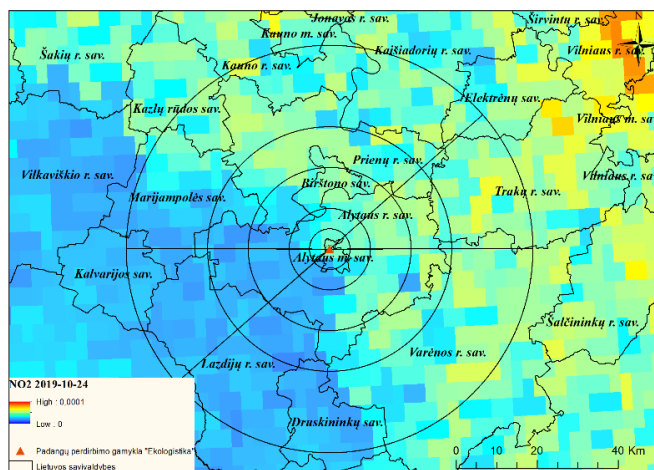
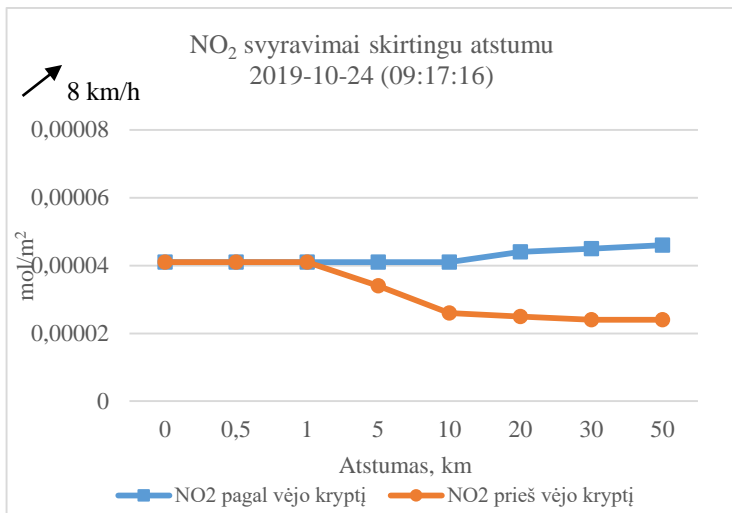
<b>Data</b>	<b>Sentinel-5P nuotraukos laikas</b>	<b>AAA ėminio paėmimo laikas</b>	<b>NO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>NO<sub>2</sub> (mol/m<sup>2</sup>)</b>
2019-10-16	10:08:52	-	-	0,000039
2019-10-17	09:49:43	-	-	0,000026
2019-10-18	11:12:05	21 val. (kadangi šioje vietoje matavimai pradėti nuo 18 d. 21 val.)	11,10	0,000067
2019-10-19	09:11:27	9 val.	16,10	0,000031
2019-10-20	10:33:48	11 val.	13,00	0,000037
2019-10-21	10:14:40	10 val.	28,30	0,000058
2019-10-22	09:55:32	10 val.	8,80	0,000033
2019-10-23	09:36:24	10 val.	7,80	0,000022
2019-10-24	09:17:16	9 val.	12,80	0,000041
2019-10-25	10:39:37	11 val.	9,00	0,000026

<b>Data</b>	<b>NO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>) paros vidurkis</b>	<b>NO<sub>2</sub> (mol/m<sup>2</sup>)</b>
2019-10-16		0,000039
2019-10-17		0,000026
2019-10-18	19,80	0,000067
2019-10-19	19,10	0,000031
2019-10-20	10,60	0,000037
2019-10-21	12,40	0,000058
2019-10-22	13,60	0,000033
2019-10-23	12,20	0,000022
2019-10-24	10,50	0,000041
2019-10-25	10,50	0,000026









## 5 PRIEDAS

2019-10-16

Vėjo kryptimi

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
2	0,5	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
3	1	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
4	5	0,000025	0,000042	0,000017	0,000036	0,000007
5	10	0,000038	0,000039	0,000001	0,000038	0,000001
6	20	0,000018	0,000075	0,000057	0,000036	0,000013
7	30	0,00002	0,000059	0,000039	0,000036	0,000013
8	50	0,000008	0,000075	0,000067	0,000033	0,000012

Prieš vėjo kryptį

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
2	0,5	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
3	1	0,000039	0,000039	0	0,000039	0
4	5	0,000025	0,000025	0	0,000025	0
5	10	0,000026	0,000039	0,000013	0,000031	0,000006
6	20	0,000023	0,000032	0,000009	0,000026	0,000003
7	30	0,000008	0,00004	0,000032	0,000026	0,000007
8	50	0,000008	0,000052	0,000045	0,000027	0,000008

2019-10-17

Vėjo kryptimi

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
2	0,5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
3	1	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
4	5	0,000019	0,000019	0	0,000019	0
5	10	0,000019	0,000029	0,000011	0,000026	0,000004
6	20	0,000019	0,000048	0,000029	0,000033	0,000009
7	30	0,000019	0,000064	0,000046	0,000046	0,000012
8	50	0,000027	0,000081	0,000054	0,000049	0,000011

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
2	0,5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
3	1	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
4	5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
5	10	0,000071	0,000072	0,000002	0,000071	0,000001
6	20	0,000056	0,000078	0,000022	0,00007	0,000007
7	30	0,000026	0,000078	0,000052	0,000062	0,000013
8	50	0,000015	0,000078	0,000063	0,000042	0,000019

**2019-10-18****Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
2	0,5	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
3	1	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
4	5	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
5	10	0,000044	0,000079	0,000036	0,000059	0,000015
6	20	0,000022	0,000101	0,000079	0,000057	0,000025
7	30	0,000022	0,000083	0,000061	0,000061	0,000023
8	50	0,000022	0,000108	0,000086	0,000068	0,00002

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
2	0,5	0,000101	0,000101	0	0,000101	0
3	1	0,000067	0,000067	0	0,000067	0
4	5	0,000067	0,000067	0	0,000067	0
5	10	0,000032	0,000087	0,000056	0,000053	0,000024
6	20	0,00004	0,000087	0,000047	0,000054	0,000015
7	30	0,000011	0,00009	0,000078	0,00005	0,000022
8	50	0,000011	0,00011	0,000099	0,00006	0,000026

**2019-10-19****Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
2	0,5	0,000053	0,000053	0	0,000053	0

3	1	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
4	5	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
5	10	0,000033	0,000053	0,00002	0,00004	0,00001
6	20	0,000027	0,000053	0,000026	0,000042	0,000009
7	30	0,000024	0,000061	0,000037	0,000046	0,00001
8	50	0,000026	0,000115	0,000088	0,000056	0,000019

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
2	0,5	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
3	1	0,000053	0,000053	0	0,000053	0
4	5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
5	10	0,000031	0,00005	0,00002	0,000038	0,000009
6	20	0,000028	0,000047	0,000019	0,000034	0,000005
7	30	0,000021	0,00005	0,000029	0,000031	0,000006
8	50	0,000021	0,000086	0,000065	0,000037	0,000014

**2019-10-20**

**Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
2	0,5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
3	1	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
4	5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
5	10	0,000031	0,000037	0,000006	0,000034	0,000002
6	20	0,000026	0,000048	0,000022	0,000038	0,000007
7	30	0,000026	0,000049	0,000022	0,000038	0,000007
8	50	0,000023	0,000072	0,000049	0,000037	0,00001

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
2	0,5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
3	1	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
4	5	0,000037	0,000037	0	0,000037	0
5	10	0,000037	0,000037	0	0,000037	0
6	20	0,000029	0,000044	0,000015	0,000036	0,000005
7	30	0,000021	0,000052	0,000031	0,000037	0,000008
8	50	0,000021	0,000066	0,000046	0,000037	0,000009

2019-10-21

Vėjo kryptimi

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000066	0,000066	0	0,000066	0
2	0,5	0,000066	0,000066	0	0,000066	0
3	1	0,000066	0,000066	0	0,000066	0
4	5	0,000066	0,000066	0	0,000066	0
5	10	0,000058	0,000066	0,000007	0,000062	0,000004
6	20	0,000038	0,000066	0,000028	0,000053	0,000009
7	30	0,00003	0,000066	0,000036	0,000049	0,000011
8	50	0,000027	0,000067	0,00004	0,000046	0,00001

Prieš vėjo kryptį

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000058	0,000058	0	0,000058	0
2	0,5	0,000058	0,000058	0	0,000058	0
3	1	0,000058	0,000058	0	0,000058	0
4	5	0,000032	0,000032	0	0,000032	0
5	10	0,000042	0,000042	0	0,000042	0
6	20	0,000032	0,000058	0,000026	0,000043	0,000007
7	30	0,000031	0,000053	0,000022	0,000039	0,000006
8	50	0,000028	0,000067	0,000039	0,000044	0,000009

2019-10-22

Vėjo kryptimi

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
2	0,5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
3	1	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
4	5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
5	10	0,000031	0,00004	0,000009	0,000037	0,000004
6	20	0,000031	0,000049	0,000018	0,000039	0,000005
7	30	0,000029	0,000049	0,00002	0,000037	0,000006
8	50	0,000017	0,000049	0,000032	0,000033	0,000007

Prieš vėjo kryptį

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
2	0,5	0,000031	0,000031	0	0,000031	0
3	1	0,000033	0,000033	0	0,000033	0

4	5	0,000049	0,000049	0	0,000049	0
5	10	0,000029	0,000036	0,000006	0,000033	0,000003
6	20	0,000029	0,000064	0,000035	0,000046	0,000009
7	30	0,000029	0,000064	0,000035	0,000046	0,00001
8	50	0,000022	0,000086	0,000064	0,00005	0,000014

**2019-10-23**

**Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
2	0,5	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
3	1	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
4	5	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
5	10	0,000018	0,00003	0,000012	0,000025	0,000005
6	20	0,000016	0,00003	0,000014	0,000022	0,000004
7	30	0,000013	0,00003	0,000017	0,000021	0,000004
8	50	0,00001	0,00003	0,00002	0,00002	0,000004

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
2	0,5	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
3	1	0,000027	0,000027	0	0,000027	0
4	5	0,000016	0,000016	0	0,000016	0
5	10	0,00002	0,000033	0,000033	0,000025	0,000006
6	20	0,000012	0,000033	0,000021	0,000021	0,000006
7	30	0,000015	0,000033	0,000018	0,000021	0,000005
8	50	0,000014	0,000036	0,000022	0,000021	0,000005

**2019-10-24**

**Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
2	0,5	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
3	1	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
4	5	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
5	10	0,000038	0,000043	0,000004	0,000041	0,000002
6	20	0,000038	0,000049	0,00001	0,000044	0,000003
7	30	0,000038	0,000053	0,000015	0,000045	0,000005
8	50	0,000034	0,000063	0,000028	0,000046	0,000007

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
2	0,5	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
3	1	0,000041	0,000041	0	0,000041	0
4	5	0,000034	0,000034	0	0,000034	0
5	10	0,000023	0,000034	0,00001	0,000026	0,000004
6	20	0,000022	0,000034	0,000012	0,000025	0,000004
7	30	0,00002	0,000027	0,000007	0,000024	0,000002
8	50	0,00002	0,000027	0,000006	0,000024	0,000002

**2019-10-25****Vėjo kryptimi**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
2	0,5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
3	1	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
4	5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
5	10	0,000026	0,000027	0	0,000027	0
6	20	0,000026	0,000029	0,000003	0,000027	0,000001
7	30	0,000026	0,000037	0,000011	0,000029	0,000002
8	50	0,000024	0,000037	0,000013	0,000029	0,000003

**Prieš vėjo kryptį**

Nr.	Atstumas km	Min. Reikšmė	Maks. Reikšmė	Skirtumas	Vidurkis	Stand. nuokrypis
1	0	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
2	0,5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
3	1	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
4	5	0,000026	0,000026	0	0,000026	0
5	10	0,000026	0,00003	0,000004	0,000028	0,000002
6	20	0,000024	0,000031	0,000007	0,000027	0,000003
7	30	0,000024	0,000031	0,000007	0,000026	0,000002
8	50	0,000019	0,000031	0,000012	0,000026	0,000003

## Apklausa apie Alytaus gaisro įvykį

Sveiki,

šią apklausą atlieka Klaipėdos universiteto magistrantūros studijų Visuomeninės geografijos programos studentė Rūta Ivanauskaitė, siekdama įvertinti Alytuje įvykusio padangų perdirbimo gamyklos „Ekologistika“ gaisro mastą ir galimus padarinius žmonių sveikatai. Gaisro mastas bus vertinamas panaudojant palydovinius duomenis, kurie ateityje suteiktų galimybę atlikti detalesnį monitoringą. Toks metodas padėtų prognozuoti panašių nelaimių paplitimą konkrečiame mieste ar regione.

Ši anoniminė apklausa yra skirta Alytaus miesto, rajono ir aplinkinių gyvenviečių gyventojams.

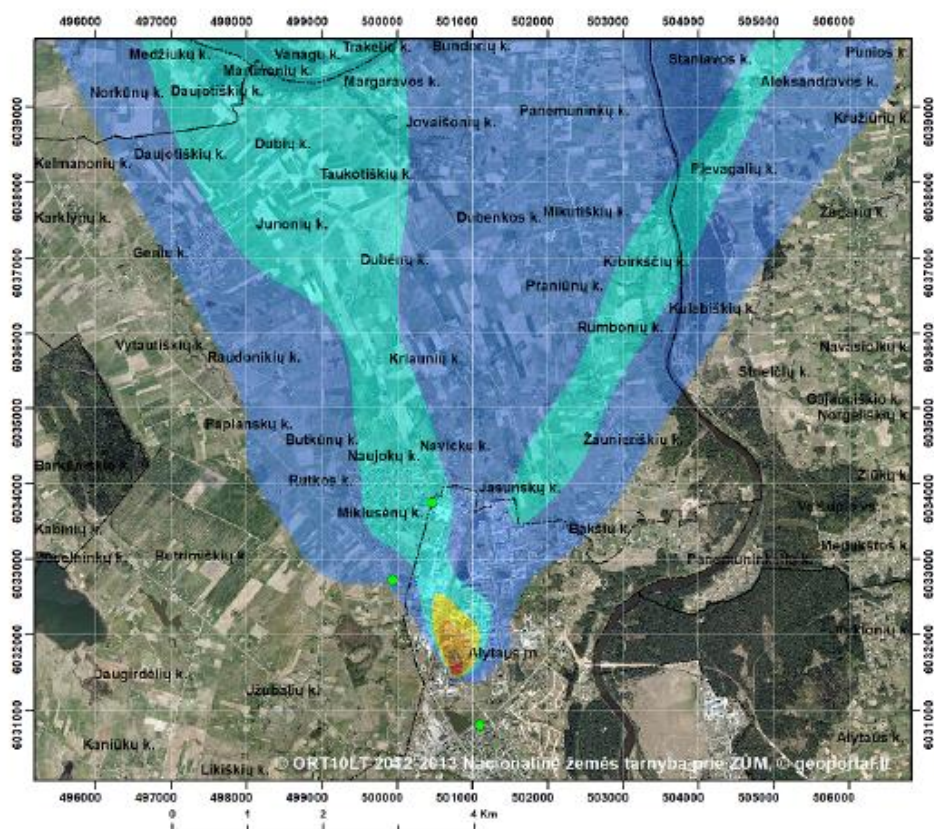
Jūsų nuomonė yra labai svarbi.

Formos pildymas: Prašome, kad perskaitytumėte ir atsakytumėte į visus klausimus. Pasirinkite jums tinkamiausius atsakymus. Jei tinkamas atsakymas nepateiktas, pridėkite savo variantą.

Iš anksto dėkoju.

*\*Privaloma*

*1 pav. Alytaus gaisro teršalų sklaida (nuotrauka paimta iš AAA portalo)*



## **I. Bendroji informacija**

### **1. Jūsų lytis?\***

- a) Vyras
- b) Moteris

### **2. Jūsų amžius?\***

- a) 16-30
- b) 30-50
- c) 50-65
- d) Daugiau nei 65

### **3. Jūsų užsiėmimas?\***

- a) Moksleivis
- b) Studentas
- c) Dirbantis
- d) Bedarbis
- e) Pensininkas
- f) Kita: \_\_\_\_\_

### **4. Jūsų išsilavinimas?\***

- a) Vidurinis
- b) Vidurinis-profesinis
- c) Aukštasis koleginis
- d) Aukštasis universitetinis
- e) Kita: \_\_\_\_\_

### **5. Jūsų gyvenamoji vieta? (Įrašykite tikslų vietovės pavadinimą)\***

\_\_\_\_\_

## **II. Gyventojų informavimas apie gaisro įvykį.**

### **6. Ar esate girdėję apie gaisrą Alytaus padangų perdirbimo gamykloje „Ekologistika“?\***

- a) Taip
- b) Ne

**7. Kaip sužinojote apie šį gaisrą?\***

*Pažymėkite viską, kas tinka.*

- a) Per televiziją
- b) Internete
- c) Iš šeimos narių/ draugų
- d) Kita: \_\_\_\_\_

**8. Jūsų nuomone, ar buvo įmanoma išvengti šio gaisro? Kodėl taip manote?\***

\_\_\_\_\_

**9. Ar savo gyvenamojoje teritorijoje pajutote degėsių kvapą?\***

- a) Taip
- b) Ne

**10. Ar naudojote apsaugos nuo oro taršos priemones (dujokaukes, respiratorius ir kt.) būdami lauke?\***

- a) Taip
- b) Ne

**11. Ar užteko teikiamos informacijos apie labiausiai paveiktas apylinkes, gaisro dūmų sklaidą?\***

- a) Taip
- b) Ne

**12. Ar Jums būtų naudinga detali ir viešai prieinama informacija apie tai, kuriose rajono vietose kietųjų dalelių, CO<sub>2</sub> ar kitų oro taršą parodančių rodiklių kiekis didžiausias?\***

- a) Taip
- b) Ne

**13. Ar Jums būtų naudinga vizuali informacija, pavyzdžiui, kartografinė medžiaga (žemėlapiai), kurioje galėtumėte stebėti oro taršos paveiktas zonas ir teršalų sklaidos kryptis?\***

- a) Taip
- b) Ne

### III. Sveikada ir poveikis jai:

**14. Ar jautėte neigiamas pasekmes savo sveikatai po įvykusio gaisro?\***

- a) Taip
- b) Ne

**15. Jei taip, kokias pasekmes jautėte? (Galimi keli variantas).**

- a) Kvėpavimo takų ligų (astmos, bronchito ir kt. paūmėjimą
- b) Dusulį
- c) Galvos svaigimą
- d) Silpnumą
- e) Širdies veiklos sutrikimus
- f) Akių, nosies ir gerklės dirginimą
- g) Kita: \_\_\_\_\_

**16. Ar jautėte nerimą ar kitas neigiamas emocijas (susierzinimą, liūdesį, baimę) dėl galimo pavojaus Jūsų sveikatai po įvykusio gaisro?\***

- a) Taip
- b) Ne

**17. Kiek laiko jautėte neigiamas pasekmes savo sveikatai dėl gaisro?**

- a) Kelias dienas
- b) Mėnesį
- c) Kelis mėnesius
- d) Vis dar jaučiu
- e) Kita: \_\_\_\_\_

**18. Ar dėl patirtų neigiamų pasekmių sveikatai dėl gaisro kreipėtės į medicinos įstaigą?**

- a) Taip
- b) Ne

**19. Ar medicinos įstaigoje Jums buvo atlikti tyrimai?**

- a) Taip
- b) Ne

**20. Jei taip, kokią diagnozę Jums priskyrė?**

---

**21. Ar Jums buvo paskirtas gydymas dėl patirtų neigiamų gaisro pasekmių sveikatai?**

- a) Taip
- b) Ne

**22. Jūsų nuomone, ar buvo pakankamai skiriama dėmesio žmonių informavimui, kaip reikėtų elgtis tokioje ekstremalioje situacijoje, kad būtų galima išvengti neigiamo poveikio sveikatai?\***

- a) Taip
- b) Ne

**23. Jei ne, tai ką ir kaip, Jūsų nuomone, reikėjo daryti, kokie būtų Jūsų patarimai?**

---

Dėkoju už apklausai skirtą laiką. Gražios dienos!

Klaipėdos universitetas

Socialinių ir humanitarinių mokslų fakultetas

Socialinės geografijos ir regionistikos studijų centras

S. Nėries g. 5, Klaipėda, 92227

Tel.: 8-46-39867

