



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Agnė Kasparaityė

**NAUJŲ NIKOTINO TURINČIŲ PRODUKTŲ GENERUOJAMO
AEROZOLIO CHARAKTERIZAVIMAS IR PALYGINAMASIS
VERTINIMAS LABORATORINIO MODELIAVIMO BŪDU**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

vyr. m. d. dr. Tadas Prasauskas

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

**NAUJŲ NIKOTINO TURINČIŲ PRODUKTŲ GENERUOJAMO
AEROZOLIO CHARAKTERIZAVIMAS IR PALYGINAMASIS
VERTINIMAS LABORATORINIO MODELIAVIMO BŪDU**

Baigiamasis magistro projektas

Aplinkosaugos inžinerija (621H17001)

Vadovas

(parašas) vyr. m. d. dr. Tadas Prasauskas
(data)

Recenzentas

(parašas) doc. V. Kaunelienė
(data)

Projektą atliko

(parašas) Agnė Kasparaitė
(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Agnė Kasparaitė
Aplinkosaugos inžinerija (621H17001)

„Naujų nikotino turinčių produktų generuojamo aerozolio charakterizavimas ir palyginamasis vertinimas laboratorinio modeliavimo būdu“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. gegužės 30 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Agnės Kasparaitės, baigiamasis projektas tema „Naujų nikotino turinčių produktų generuojamo aerozolio charakterizavimas ir palyginamasis vertinimas laboratorinio modeliavimo būdu“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

IVADAS.....	12
1.LITERATŪROS APŽVALGA.....	14
1.1.Elektroninės cigaretės	14
1.1.1.Elektroninių cigarečių vartojimo paplitimas.....	14
1.1.2.Elektroninių cigarečių veikimo principas	14
1.1.3.Elektroninių cigarečių sukeltas poveikis žmogaus sveikatai	15
1.1.4.Elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių įtaka patalpų oro kokybei.....	22
1.1.4.1.Tyrimo metodų analizė	22
1.1.4.2.Rezultatų analizė	24
1.2.Tabako kaitinimo sistema	27
1.2.1.Paplitimas.....	27
1.2.2.Tabako kaitinimo sistemos veikimo principas	28
1.2.3.Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio poveikis žmogaus sveikatai	31
1.2.4.Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio ir tradicinių cigarečių dūmų įtaka patalpų oro kokybei.....	35
1.2.4.1.Tyrimo metodo analizė	35
1.2.4.2.Rezultatų analizė	36
2.METODINĖ DALIS.....	39
2.1.Tyrimo planas.....	39
2.1.1.Bandymo kambario charakteristikos.....	39
2.1.2.Aerozolio dalelių stebėsenos įranga.....	41
2.1.3.Statistinė analizė.....	42
3.REZULTATAI.....	44
3.1.Aerozolio dalelių emisijos, iš elektroninių ir tradicinių cigarečių, kitimas laike ir erdvėje	44
3.2.Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių emisijos kitimas laike ir erdvėje.....	48
3.3.Tradicinių ir elektroninių cigarečių, tabako kaitinimo sistemos palyginamasis vertinimas	53
3.4.Elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį ..	58
IŠVADOS	60
LITERATŪRA	62

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Elektroninės cigaretės vidinis vaizdas ir struktūra	15
2 pav. Elektroninių cigarečių skysčių, elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio ir tradicinių cigarečių dūmų procentinės sudėties palyginimas (a – elektroninių cigarečių skysčių, b – elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio, c – tradicinių cigarečių išskvepiamų dūmų procentinė sudėtis).....	16
3 pav. Elektroninių cigarečių skystyje esančio propilenglikolio ir glicerolio terminės oksidacijos produktai.....	18
4 pav. Septynių PAA junginių cheminė struktūra	19
5 pav. Eksperimentinės pasėdžio salės planas (ne pagal tikrą mastelį). Pažymėtos mėginių ėmimo vietos (1 ir 2) bei elektroninių cigarečių vartotojų ir nevartotojų pozicijos eksperimento metu	23
6 pav. TKS parduotuvių tinklo žemėlapis	27
7 pav. Pavaizduotas TKS kaitinimo zonos laikiklio ir tradicinės cigaretės degimo zonos temperatūrinės izotermės.....	28
8 pav. Komponentai sudarantys tabako kaitinimo sistemą.....	29
9 pav. Tabako lazdelės skerspjūvio vaizdas	30
10 pav. Tabako kaitinimo sistemos išorinis vaizdas ir pagrindinės sudedamosios dalys	30
11 pav. Pavaizduotas HPHC koncentracijų sumažėjimas TKS aerozolyje lyginant su išmatuotomis koncentracijomis tradicinės cigaretės dūmuose	33
12 pav. Skirtumas tarp tradicinių cigarečių ir TKS generuojamos $AD_{bendras}$ koncentracijos	34
13 pav. Kambarys simuliuojantis patalpa su šildomu manekenu ir kontroliuojama ventiliacija: 1 – ELPI+, 2 – SMPS.....	40
14 pav. Elektrinis žemo slėgio impaktorius ELPI+	41
15 pav. Nanodalelių skaitinės koncentracijos matuoklis, Nanoscan SMPS nanoparticle sizer 3910	42
16 pav. Aerozolio dalelių emisijos iš elektroninių ir tradicinių cigarečių kitimas laike ir erdvėje (savanorio numeris_oro apykaita_atstumas nuo manekeno pvz.: 1_1_0,5).....	47
17 pav. Aerozolio dalelių koncentracijos kitimas laike ir erdvėje kaitinant tabako kaitinimo sistemą. Kairėje pusėje pateikti grafikai esant 30 % drėgmei, o dešinėje esant 70 % drėgmei (savanorių skaičius_oro apykaita_atstumas nuo manekeno pvz.: 1_0,5_0,5).....	51
18 pav. Elektroninių, tradicinių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių emisijos patalpos ore palyginimas.....	57
19 pav. Elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį patalpos ore (kairėje pusėje, kai atstumas nuo manekeno 0,5 m, o dešinėje – 2 m)	58

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė.Minimalios ir maksimalios kenksmingų medžiagų emisijos lygiai	17
2 lentelė.Toksiškųjų medžiagų ir sunkiųjų metalų esančių elektroninių cigarečių aerozolyje palyginimas su esančiomis tradicinių cigarečių dūmuose	20
3 lentelė.Palyginama HPHC koncentracija esanti TKS aerozolyje su esančia tradicinių cigarečių dūmuose.....	33
4 lentelė.Patalpų oro kokybės rodiklių nustatymas pagal kategorijas	36
5 lentelė.Aprašomoji elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamos aerozolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.	52
6 lentelė.Aprašomoji tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.....	52

SANTRUMPOS

AD – aerozolio dalelės;

AD₁₀ – aerozolio dalelės, kurių dydis yra mažesnis nei 10 µm;

AD_{2,5} – aerozolio dalelės, kurių dydis yra mažesnis nei 2,5 µm;

AD_{bendras} – bendra aerozolio dalelių koncentracija;

ETS – aplinkoje sklindantis tabako dūmai (environmental tobacco smoke);

FDA – maisto ir vaistų valdyba (food and drug administration);

HPHC – kenksmingos ir potencialiai kenksmingos aerozolio sudedamosios dalys (harmful and potentially harmful constituents);

IARC – tarptautinis vėžio tyrimų centras (international agency for research on cancer);

LOJ – lakieji organiniai junginiai;

NHIS – nacionalinės sveikatos apklausos tyrimas (National health Interview Survey);

NNK – 4–(metilnitrozamino)–1–(3–piridil)–1–butanolis;

NNN – N –nitrozonornikotinas;

PAA – policikliniai aromatiniai angliavandeniliai;

PMI – Philip Morris International;

PNC – skaitinė dalelių koncentracija (particle number concentration);

PSO – pasaulinė sveikatos organizacija (World Health Organization);

TKS – tabako kaitinimo sistema (tobacco heating system).

Kasparaitė, Agnė. *Naujų nikotino turinčių produktų generuojamo aerozolio charakterizavimas ir palyginamasis vertinimas laboratorinio modeliavimo būdu*. Magistro baigiamasis projektas / vadovas vyr. m. d. dr. Tadas Prasauskas; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: bendroji inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: *elektroninė cigaretė, tabako kaitinimo sistema, patalpų oro kokybė, aerozolio dalelių koncentracija, kitimas laike ir erdvėje*.

Kaunas, 2018. 67 p.

SANTRAUKA

Rinkoje atsiranda vis daugiau naujų nikotino turinčių produktų: naujos kartos elektroninės cigaretės ir tabako kaitinimo sistemos, kurios naudojamos kaip alternatyva tradicinėms cigaretėms. Tačiau adekvačių tyrimų trūkumas ir metodologinės problemos sukelia sunkumų formuojant išvadas apie elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos poveikį patalpų oro kokybei ir žmonių sveikatai. Metodų ir duomenų trūkumas analizuojant naujų nikotino turinčių produktų taršą aerozolio dalelėmis, bei jų kitimo erdvėje ir laike dinamiką

Projekto tikslas – charakterizuoti naujų nikotino turinčių produktų aerozolio dalelių emisiją ir palyginti su tradicinių cigarečių išskiriama tarša.

Siekiant nustatyti elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos poveikį patalpų oro kokybei, naudoti 2-iejų projektų metu sukaupti duomenys. Bendruoju atveju projektų metu buvo naudotas eksperimentinis kambarys imituojantis realias sąlygas, kuriame buvo įmontuotas šildomas manekenas. Eksperimentų metu buvo analizuojama aerozolio dalelių koncentracijos kitimo erdvėje ir laike dinamika, bei aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį. Taip pat palyginti elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamą aerozolio dalelių emisiją su tradicinių cigarečių generuojama emisija. Gauti duomenys buvo apdorojami naudojant pagrindinius aprašomosios statistinės analizės metodus.

Tyrimo metu įvertintas tradicinių, elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas laike ir erdvėje. Nustatyta, kad elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją įtakoja atstumas nuo manekeno, taip pat priklauso nuo vartotojų iškvepiamų dūmų topografijos. Didėjant atstumui nuo manekeno elektroninių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija sumažėjo vidutiniškai 1,5 karto, o tradicinių cigarečių padidėjo 2 kartus. Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių koncentracija priklauso nuo drėgmės, atstumo nuo manekeno ir oro apykaitos koeficiento. Nustatyta mažiausia tabako kaitinimo

sistemos generuojama aerozolio dalelių koncentracija esant 30 % drėgmei, oro apykaitai $0,5 \text{ h}^{-1}$ ir 0,5 m atstumui nuo manekeno t. y. $1,92 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$.

Lyginant pagal vidutinę elektroninių, tradicinių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją pastebėta, kad tabako kaitinimo sistemos generuoja $1,64 \times 10^5 \pm 1,61 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ emisiją t. y. 2,7 kartus mažesnę už elektroninių cigarečių ir 21,9 karto mažesnę už tradicinių cigarečių koncentraciją.

Įvertinus elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymą pagal dydį nustatyta, kad daugiausiai aptikta nuo $0,0165\text{--}1,59 \text{ }\mu\text{m}$ dydžio dalelių.

Atlikus Mann Whitney U testą nustatyta, kad skirtumas tarp elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamos aerozolio dalelių koncentracijos yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$). Taip pat nustatyta, kad skirtumas tarp tabako kaitinimo sistemos generuojamos aerozolio dalelių koncentracijos, esant skirtingoms eksperimento sąlygoms yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).

Kasparaitė, Agnė. *Comparative characterization and assessment of generated aerosol from new nicotine containing products by laboratory simulation*. Master's thesis in Environmental Engineering / supervisor senior researcher dr. Tadas Prasauskas. The Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Research area and field: general engineering, technological sciences.

Keywords: *electronic cigarette, tobacco heating system, indoor air quality, aerosol particles concentration, temporal and spatial variation*.

Kaunas, 2018. 67 p.

SUMMARY

Every day more and more tobacco products appear on the market: new generation electronic cigarettes and Tobacco Heating Systems, which are used as an alternative to the conventional cigarettes. Such innovations, however, lack of adequate research regarding human health, therefore it's hard to draw any clear conclusions on how electronic cigarettes and tobacco heating system effects human health and indoor air quality. Moreover there's still lack of methodological data for analysis of new nicotine containing products pollution with aerosol particles and their change in temporal and spatial variation.

The aim of this project – describe aerosol particle emissions of new nicotine containing products and compare them with conventional cigarette pollution.

Two projects and their data was used to determine electronic cigarettes and tobacco heating system effects on indoor air quality. An experimental chamber imitating real conditions with an installed heated dummy was used in the overall experiment. During the experiment aerosol particle concentration change in temporal and spatial variation as well as aerosol particle distribution by size was analyzed. Generated electronic cigarette and tobacco heating system aerosol particle emissions was compared with conventional cigarette emissions. Gathered data was processed by using main descriptive statistical analysis indicators.

During the research generated electronic cigarette and tobacco heating system. aerosol particle variation in temporal and spatial environment was evaluated. It was established that electronic and conventional cigarette aerosol concentration is influenced by distance to dummy and consumer exhaled smoke topographies. Increasing distance to the dummy, generated electronic cigarette aerosol concentration decreased on average 1.5 times and for conventional cigarettes increased 2 times. Tobacco heating system. is influenced by humidity, distance to the dummy and air flow coefficient. At 30 %

humidity, air flow coefficient 0.5 h^{-1} and 0.5 m distance to dummy, which is $1.92 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, lowest tobacco heating system aerosol particle concentration was established.

By comparing average generated electronic cigarette, conventional cigarette and tobacco heating system aerosol particle concentrations, it was observed that tobacco heating system generated $1.64 \times 10^5 \pm 1.61 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, which is 2.7 times less than electronic cigarette and 21.9 times less than conventional cigarette.

After evaluating generated electronic and conventional cigarette aerosol particle distribution by size it was determined that 0.0165–1.59 μm particles were found most frequently.

After completing Mann Whitney U test, it was determined that difference between generated electronic and conventional cigarette aerosol particle concentration is statistically significant ($p < 0.05$). Moreover it was also determined that difference between generated tobacco heating system aerosol particle concentration with different conditions is statistically significant ($p < 0.05$).

IVADAS

Neigiamas tradicinių cigarečių poveikis žmonių sveikatai ir patalpų oro kokybei yra seniai ištirtas. Vienintelis būdas išvengti neigiamo poveikio yra atsisakyti tabako produktų. Nors tradicinių cigarečių vartojimas daugelyje šalių per pastarąjį dešimtmetį sumažėjo, tačiau milijonai paauglių neatsisako šių produktų. Remiantis pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis iki 2050 metų vartojančių skaičius gali padidėti iki 1 milijardo [1].

Tabako vartojimas nuosekliai pripažintas kaip pagrindinė sergamumo ir mirtingumo priežastis, kurios galima išvengti [2]. Sustiprinus reguliavimo priemones tabako naudojimui viešose vietose, tabako pramonė pradėjo dideles investicijas į naujų produktų kūrimą, siekiant atgaivinti verslą reklamuojant naujus ir dažnai nereguliuojamus produktus vartotojams [3]. Tabako produktų gamintojai sukūrė naujų tabako turinčių produktų t. y. elektroninės cigaretės ar tabako kaitinimo sistemos, kurie pamažu plečiasi į rinką kaip alternatyva tradicinėms cigaretėms.

Nauji tabako turintys produktai skverbiasi į rinką, todėl yra labai svarbu ištirti šių produktų poveikį patalpų oro kokybei ir žmonių sveikatai. Fundamentalūs skirtumai tarp šių produktų kategorijų, atsižvelgiant į potencialų poveikį patalpų oro kokybei, reikalauja daugybės tyrimų nustatant elektroninių cigarečių ir TKS konkretų poveikį žmogaus sveikatai ir mus supančiai aplinkai.

Darbo aktualumas:

- rinkoje atsiranda vis daugiau naujų nikotino turinčių produktų: naujos kartos elektroninės cigaretės ir tabako kaitinimo sistemos, kurios naudojamos kaip alternatyva tradicinėms cigaretėms;
- metodologinės problemos ir mokslinių tyrimų trūkumas sukelia sunkumus formuojant išvadas apie elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos poveikį patalpų oro kokybei bei žmogaus sveikatai;
- metodų ir duomenų trūkumas analizuojant naujų nikotino turinčių produktų taršą aerolio dalelėmis, bei jų kitimo erdvėje ir laike dinamiką.

Darbo tikslas – charakterizuoti naujų nikotino turinčių produktų aerolio dalelių emisiją ir palyginti su tradicinių cigarečių išskiriama tarša.

Darbo objektas – nauji nikotino turintys produktai.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės literatūros apžvalgą siekiant išanalizuoti naujų nikotino turinčių produktų naudojimo poveikį žmogaus sveikatai ir patalpų oro kokybei;
2. Nustatyti suskirstytą pagal dydį aerozolio dalelių koncentraciją patalpoje, kurioje buvo naudojami pasirinkti nauji nikotino turintys produktai;
3. Įvertinti aerozolio dalelių koncentracijos kitimą erdvėje ir laike naujų nikotino turinčių produktų naudojimo metu;
4. Palyginti naujus nikotino turinčius produktus su tradicinėmis cigaretėmis pagal generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją patalpų ore.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Elektroninės cigaretės

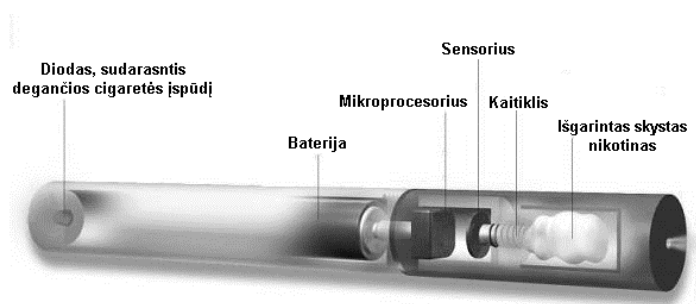
1.1.1. Elektroninių cigarečių vartojimo paplitimas

Elektronines cigaretes 2003 m. sukūrė Kinijos vaistininkas Honas Likas, kaip alternatyvą tradicinėms cigaretėms [4]. 2007 m. elektroninės cigaretės buvo patentuotos pasauliniu mastu (Elektroninio automatizavimo cigaretė: US 20070267031 A1) ir vėliau buvo įvestos į pasaulinę rinką, įskaitant JAV [5]. Elektroninių cigarečių vartojimas pastaraisiais metais labai išaugo visame pasaulyje ir šie produktai įgijo pripažinimą vartotojų tarpe kaip alternatyva tradiciniams tabako gaminiams. [6]. 2010 m. JAV elektronines cigaretes vartojo apie 2 % suaugusiųjų, o 2014 m. siekė daugiau negu 12,6 % [7]. Lenkijoje buvo atliktas tyrimas nacionaliniu mastu, kurio metu buvo apklausti 15–19 metų paaugliai, siekiant išsiaiškinti elektroninių cigarečių vartojimo įpročius per paskutiniąsias 30 dienų iki tyrimo dienos. Lyginant 2010–2011 m. ir 2013–2014 m. duomenis atitinkamai buvo apklausta 1760 ir 1970 studentų. Remiantis gautais tyrimo rezultatais nustatyta, kad elektroninių cigarečių vartojimas paauglių tarpe išaugo atitinkamai nuo 16,8 % iki 62,1 % [8]. Nacionalinė sveikatos tyrimų apklausa (NHIS) atliko tyrimą Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) siekiant įvertinti, kaip keitėsi elektroninių cigarečių vartojimo ypatumai 2014–2015 m. Tyrimo metu 2014 m. buvo apklausta 36697 tūkst. suaugusiųjų nuo 18–65 metų, o 2015 m. – 33672 tūkst. Buvo nustatyta, kad elektroninių cigarečių vartojimas padidėjo atitinkamai nuo 47,6 iki 53,2 % [7]. Taip pat NHIS 2014 m. atliko tyrimą JAV, kurio metu atsitiktinai apklausta 36697 tūkst. suaugusiųjų nuo 18–65 metų, iš kurių 48,2 % vyrų ir 51,8 % moterų. Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti kiek iš apklaustųjų ir kaip dažnai vartoja elektronines cigaretes. Remiantis gautais tyrimo rezultatais buvo nustatyta, kad elektroninių cigarečių niekada nevartojo apie 85,8 % vyrų ir 88,9 % moterų, bandę vartoti atitinkamai 10,1 ir 7,8 %, kažkada vartojo – 2,9 ir 2,4 %, o kasdien vartoja – 1,3 ir 1,0 % [9].

1.1.2. Elektroninių cigarečių veikimo principas

Elektroninę cigaretę sudaro trys pagrindinės dalys: įkraunama ličio baterija, atomizatorius ir kasetė. Elektroninės cigaretės gali būti „uždaros“ arba „atviros“ sistemos. Jeigu elektroninėje cigaretėje keičiamos kasetės, tuomet vadinama „uždara“ sistema, o jeigu kasetė užpildoma tuomet „atvira“ sistema

[6]. Elektroninės cigaretės gali būti automatinės ir neautomatinės. Automatiniuose modeliuose yra srauto davikliai, kurie automatiškai įjungia kaitinimo elementą ir išgarina skystį kasetėje, kai vartotojas įtraukia orą. Kitu atveju elektroninėse cigaretėse yra mechaninis įjungimo/išjungimo mygtukas, kurį įjungiant siunčiamas signalas į ličio jonų akumuliatorių ir tiekia srovę į kaitinimo ritę. Kylant temperatūrai kaitinimo elemente skystis kasetėje išgarinamas aukštesnėje kaip 350 °C temperatūroje [5]. Elektroninėse cigaretėse taip pat yra baterijos mikroprocesorius, kuris sureaguoja į rūkančiojo traukiamo oro srautą ir pagal traukiamo oro kiekį išgarinamas atitinkamas kiekis tirpalo. Taip pat įžiebia baterijos raudonai–oranžinę LED lemputę taip imituojant degimą. Elektroninės cigaretės kasetėje esančio skysčio sudėtyje yra propilenglikolio ir (ar) glicerolio, kurie formuoja kvapą panašų į tradicinių cigarečių [4].

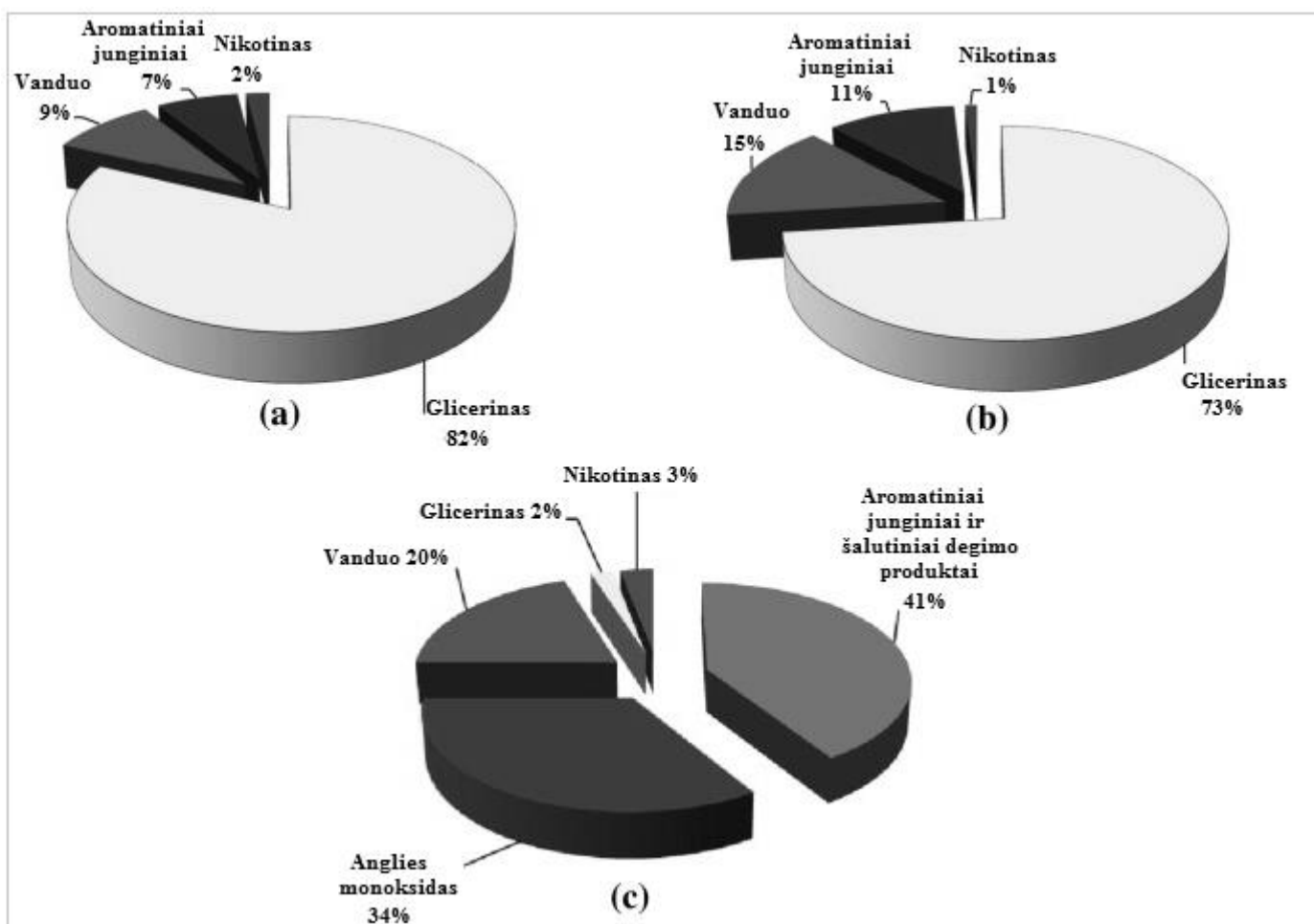


1 pav. Elektroninės cigaretės vidinis vaizdas ir struktūra [4]

1.1.3. Elektroninių cigarečių sukeltas poveikis žmogaus sveikatai

Elektroninių cigarečių vienkartinis skysčius sudaro (žr. 2 pav.): 82 % – glicerinas ir (ar) propilenglikolis, 2 % – nikotinas, 7 % – aromatiniai junginiai ir 9 % – vanduo. Taip pat buvo nustatyta, kad procentinė vienkartinį elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio sudėtis labai panaši į elektroninių cigarečių skysčių: 73 % – glicerinas ir (ar) propilenglikolis, 1 % – nikotinas, 11 % – aromatiniai junginiai ir 15 % – vanduo. Remiantis pateiktais duomenimis atmestas gamintojų, mažmeninkų ir vartotojų teiginys, kad elektroninių cigarečių generuojamą aerosolį sudaro tik vandens garai [10]. Nustatyta, kad tradicinių cigarečių generuojamą aerosolį sudaro: 20 % – vanduo, 3 % – nikotinas, 2 % – glicerinas, 34 % – anglies monoksidas ir 41 % – aromatiniai junginiai ir šalutiniai degimo produktai (žr. 2 pav.). Atsižvelgiant į pateiktus rezultatus matyti, kad pagrindinis skirtumas tarp elektroninių cigarečių ir tradicinių cigarečių yra tai, kad tradicinių cigarečių dūmus daugiausiai sudaro degimo produktai t. y. apie 65 %. Pagal procentinę nikotino sudėtį ryškus skirtumas tarp elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio ir tradicinių cigarečių iškvėpiamų dūmų, nebuvo pastebėtas. Paminėtina tai, kad pagal generuojamą nikotino koncentraciją nustatyta, kad elektroninių cigarečių aerozolyje

išmatuota nikotino koncentracija kinta intervale nuo 8–33 $\mu\text{g}/99$ išpūtimai, o tradicinių cigarečių dūmuose aptikta 85 % didesnės t. y. kinta intervale nuo 194–232 $\mu\text{g}/9$ išpūtimai [11].



2 pav. Elektroninių cigarečių skysčių, elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio ir tradicinių cigarečių dūmų procentinės sudėties palyginimas (a – elektroninių cigarečių skysčių, b – elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio, c – tradicinių cigarečių iškvepiamų dūmų procentinė sudėtis) [11]

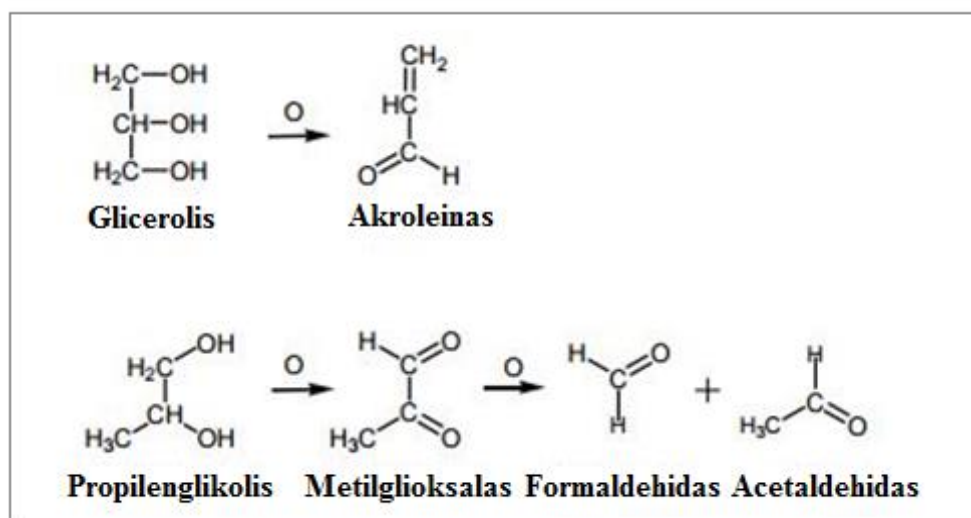
Žemiau pateikta lentelė (žr. 1 lent.), kurioje apibendrintos devynių kenksmingų medžiagų minimalios ir maksimalios emisijos lygiai kenksmingų medžiagų masės atžvilgiu (μg) per 150 išpūtimų (70ml/išpūtimo). Atsižvelgiant į pateiktus duomenis buvo išskirta pagrindinė kenksminga medžiaga – propilenglikolis t. y. 250950–825750 $\mu\text{g}/150$ išpūtimų. Antras pagal emisijos dydį buvo išskirtas nikotinas, kuriam priimta 24 mg/ml nikotino esančio propilenglikolyje koncentracija (nikotino emisijos lygis apskaičiuotas propilenglikolio emisijas padauginus iš nikotino koncentracijos – 24 mg/ml) t. y. 5770–19060 $\mu\text{g}/150$ išpūtimų.

1 lentelė. Minimalios ir maksimalios kenksmingų medžiagų emisijos lygiai [12].

Kenksmingos medžiagos	Kenksmingų medžiagų emisija (µg/150 išpūtimų)	
	Minimali	Maksimali
Acetaldehidas	2,0	13,6
Akroleinas	<0,02	41,9
Formaldehidas	3,2	56,1
Kadmis	<0,04	0,22
Švinas	0,03	0,57
Nikelis	0,11	0,29
Nikotinas	5770	19060
NNK	<0,0001	0,028
Propilenglikolis	250950	828750

Daugumai kenksmingų aromatizatorių, esantiems skystoje būsenoje, nėra nustatyto aiškaus neigiamo poveikio jų prarijus, tačiau jų įkvėpus aerozolio būsenoje pastebėta, kad gali sukelti plaučių dirginimą. Tyrimai, kuriuose analizuojama elektroninių cigarečių skysčiuose esančio diacetolio koncentracija nustatyta, kad vartotojai gali būti veikiami koncentracijos, kurios viršija rekomenduojamą įkvėpimo dozę. Paminėtina tai, kad tyrimais patvirtinta, jog sviesto skonio aromatizatorius nekenksmingas jį prarijus skystoje busenoje, bet jo įkvėpus aerozolio būsenoje gali dirginti kvėpavimo takus ir sukelti negrįžtamas kvėpavimo takų ligas. Taip pat ir propilenglikolio nešėjai, kurie naudojami kaip konservantai maisto produktuose. Nėra atlikta tyrimų įrodančių jų neigiamą poveikį žmogaus sveikatai, tačiau buvo patvirtinta, kad įkvėpus aerozolio būsenoje gali dirginti kvėpavimo takus [12].

Terminės oksidacijos metu, šildant ar išgarinant propilenglikolį pirmiausia susiformuoja formaldehidas, kuris yra žinomas kaip kancerogenas ir stiprus dirgiklis [12]. Šildomas propilenglikolis (žr. 3 pav.) oksiduojasi iki metilglioksolio, kuris skyla iki formaldehido ir acetaldehido, tuo tarpu glicerolis oksiduojasi iki akroleino [13].



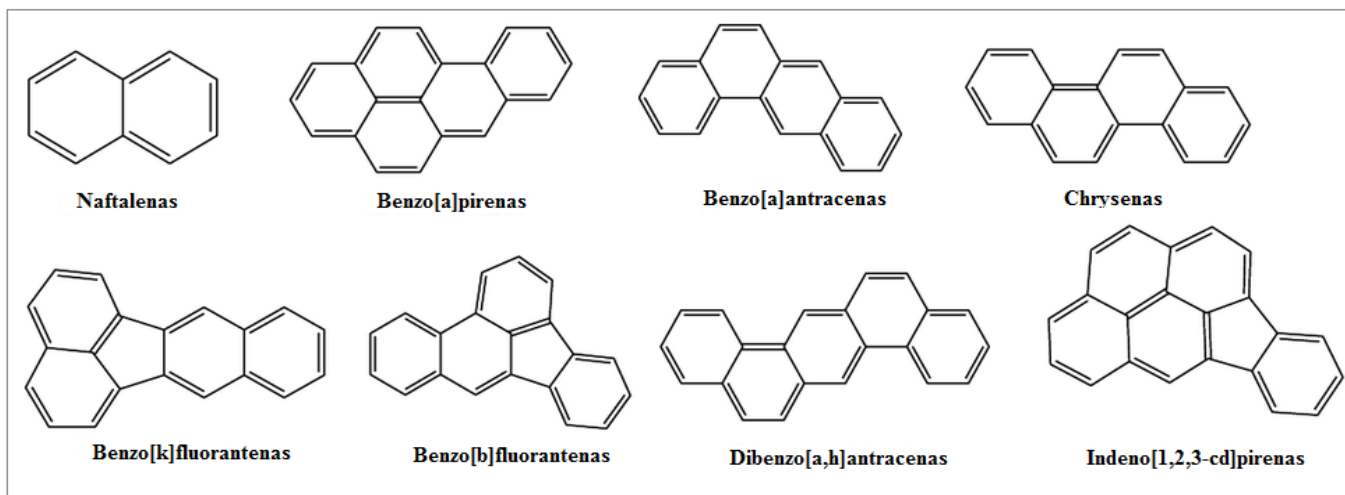
3 pav. Elektroninių cigarečių skystyje esančio propilenglikolio ir glicerolio terminės oksidacijos produktai [13]

Remiantis atliktais tyrimais nustatyta, kad propilenglikolis nėra ūmiai toksiškas, taip pat nėra jokių duomenų, kurie įrodytų genotoksišką ar kancerogenišką poveikį žmogaus sveikatai. Taip pat nėra tyrimų įrodančių, kad ilgalaikis smulkių ir ypatingai smulkių propilenglikolio aerozolio dalelių poveikis žmogui yra visiškai saugus. Nustatyta, kad aerozolio dalelės nusėda gilesniuose plaučių organuose ir gali sukelti kvėpavimo takų dirginimą ir (ar) padidinti tikimybę susirgti astma. Įrodyta, kad elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį plaučiuose gali keistis, dėl šių priežasčių galimas net mažesnių dalelių iškvėpimas [14]. Trumpalaikis propilenglikolio aerozolio poveikis gali sukelti stiprų akių ir viršutinių kvėpavimo takų dirginimą [12].

Nikotinas yra lengvai absorbuojamas per kvėpavimo takus, odą, gleivinę ir virškinamąjį traktą ir metabolizuojamas per kepenis, inkstus ir plaučius. Nikotinas gali turėti ilgalaikį poveikį centrinės nervų sistemos ir plaučių vystymuisi [15]. Įkvėpus nikotino jis gali sukelti stiprų neigiamą poveikį žmogaus sveikatai t. y. galvos svaigimą, pykinimą ar vėmimą. Toksinės reakcijos siejamos su nikotino poveikiu per odą, kurį gali sukelti nikotino turinčių skysčių išsiliejęs ant odos arba esant sąlyčiui su tabako lapais. Rimti apsinuodijimo atvejai nikotinu yra reti, tačiau vartotojų prieinamos didelės nikotino koncentracijos elektroninių cigarečių skysčiuose, gali padidinti riziką apsinuodyti [16]. Buvo atliktas tyrimas, kuriame analizavo nikotino koncentraciją 20–imtyje mėginių iš 10 skirtingų gamintojų. Nustatyta, kad nikotino koncentracija mėginiuose svyravo nuo 6 iki 29 mg/ml [17].

Tyrimuose, kuriuose buvo analizuotas elektroninių cigarečių poveikis patalpų oro kokybei, buvo nustatyta, kad į patalpų orą išsiskiria policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA). Remiantis tarptautinio vėžio tyrimo centro (IARC) duomenimis buvo išskirti septyni PAA (Benzo[a]antracenas,

Benzofluorantenos (benzo[b]fluorantenos ir benzo[k]fluorantenos), Benzo[a]pirenas, chrysenas, Dibenzo[a,h]antracenas, Indeno[1,2,3-cd]pirenas, naftalenas), kurie turi kancerogeninį poveikį žmogaus sveikatai [22]. Žemiau pateiktame 4-ame paveiksle (žr. 4 pav.) pavaizduota septynių PAA junginių cheminė struktūra.



4 pav. Septynių PAA junginių cheminė struktūra [18]

Aldehidai yra labai svarbūs matuojant patalpų oro kokybę, dėl jų sukeliama neigiamo poveikio žmogaus sveikatai. Formaldehidas yra vienas svarbiausių aldehydų grupės teršalų, kurį IARC priskiria prie 1-os grupės, ir kurio kancerogeniškumas žmogui įrodytas [19]. Remiantis tyrimo rezultatais nustatyta, kad esant koncentracija $>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ formaldehidas kelia susirūpinimą dėl kenksmingo poveikio žmogaus sveikatai. Yra tyrimų, kurie įrodo, kad formaldehidas sukelia nosiaryklės, viršutinių kvėpavimo takų vėžį bei teigiamą koreliaciją tarp formaldehido koncentracijos ir sinusito vėžio. Jis gali sukelti tiek trumpalaikį tiek ilgalaikį poveikį žmogaus sveikatai. Pirmuoju atveju formaldehidas sukelia akių ir kvėpavimo takų dirginimą, priklausomai nuo koncentracijos padidėja ašarojimas, čiaudulys, kosulys, pykinimas, dusulys ir mirtis. Ilgalaikis poveikis – padidėjus formaldehido koncentracijai sukeliamas kvėpavimo takų dirginimas, degeneracija, uždegimai ir hiperplaziniai pokyčiai nosies gleivinėje [20].

Analizuojant potencialų poveikį žmogaus sveikatai elektroninių cigarečių vartojimo metu, buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo analizuojamas potencialus poveikis asmenims sergantiems lėtinėmis ligomis. Nustatyta, kad 25–64 metų asmenys sergantys lėtinėmis ligomis elektroninės cigaretės vartoja dažniau nei asmenys, kurie jomis neserga. Rūkantys ir sergantys astma, lėtine obstrukcine plaučių liga arba širdies ir kraujagyslių ligomis, elektronines cigarettes garina dėl tokių pačių priežasčių kaip ir kiti

suaugusieji: siekis mesti rūkyti tradicines cigaretes arba sumažinti jų vartojimą, taip pat sumažinti tradicinių cigarečių rūkymo žalą. Elektroninių cigarečių vartojimas per trumpą laikotarpį gali sumažinti pavojų sveikatai, kurį sukelia tabako gaminiai. Tačiau nežinoma ar elektroninių cigarečių vartojimas yra žalingas sergantiems lėtinėmis ligomis [7].

Duomenys iš klinikinių tyrimų rodo, kad elektroninės cigaretės gali sukelti neigiamą, retais atvejais teigiamą poveikį sveikatai. Buvo užregistruoti šie sveikatos sutrikimai: apsinuodijimas nikotinu, mechaniniai pažeidimai, širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo ir virškinimo sistemos ligos. Elektroninių cigarečių poveikis žmogaus sveikatai yra trumpalaikis, tačiau išlieka rizika, kad poveikis gali pasikartoti, todėl sveikatos priežiūros specialistai turi tai įvertinti [21].

2 lentelė. Toksiškųjų medžiagų ir sunkiųjų metalų esančių elektroninių cigarečių aerozolyje palyginimas su esančiomis tradicinių cigarečių dūmuose [4]

Toksiška medžiaga	12-os skirtingų elektroninės cigaretės prekės ženklų emisijos vidutinė vertė (µg/15 išpūtimų)	Tradicinių cigarečių dūmuose esančių toksinių medžiagų vidutinė vertė
Formaldehidas	0,2–5,61	1,6–52
Acetaldehidas	0,11–1,36	52–140
Akroleinas	0,07–4,19	2,4–62
o-Metil-benzaldehidas	0,13–0,71	–
Toluenas	0,0–0,63	8,3–7,0
NNN	0,0–0,00043	0,005–0,19
NNK	0,0–0,0283	0,012–0,11
Sunkieji metalai	12-os skirtingų elektroninės cigaretės prekės ženklų emisijos vidutinė vertė (µg/15 išpūtimų)	Tradicinių cigarečių dūmuose esančių toksinių medžiagų vidutinė vertė
Kadmis	0,0–0,022	nerandama
Nikelis	0,011–0,029	nerandama
Švinas	0,003–0,057	nerandama

Moksliniais tyrimais pagrįsta, kad elektroninių cigarečių generuojamame aerozolyje yra kancerogeninių medžiagų, kurios veikia vartotoją, tačiau jų ilgalaikis poveikis nėra nustatytas. FDA (maisto ir vaistų vadyba) atliko tyrimą, kurio metu palygino toksinių medžiagų vidutinį kiekį elektroninių cigarečių aerozolyje su kiekiu, esančiu tradicinių cigarečių dūmuose. Rezultatai pateikiami antroje lentelėje (žr. 2 lent.). Nustatyta, kad kancerogeninių medžiagų – acetaldehido ir formaldehido kiekis elektroninių cigarečių aerozolyje yra kur kas mažesnis nei tradicinių cigarečių dūmuose, todėl galima teigti, kad elektroninės cigaretės turės mažesnę poveikį žmogaus sveikatai. Taip pat elektroninėse cigaretėse sumažėjo ir kitų toksinių medžiagų kiekis: akroleino, N–nitrozonornikotino (NNN) ir 4–

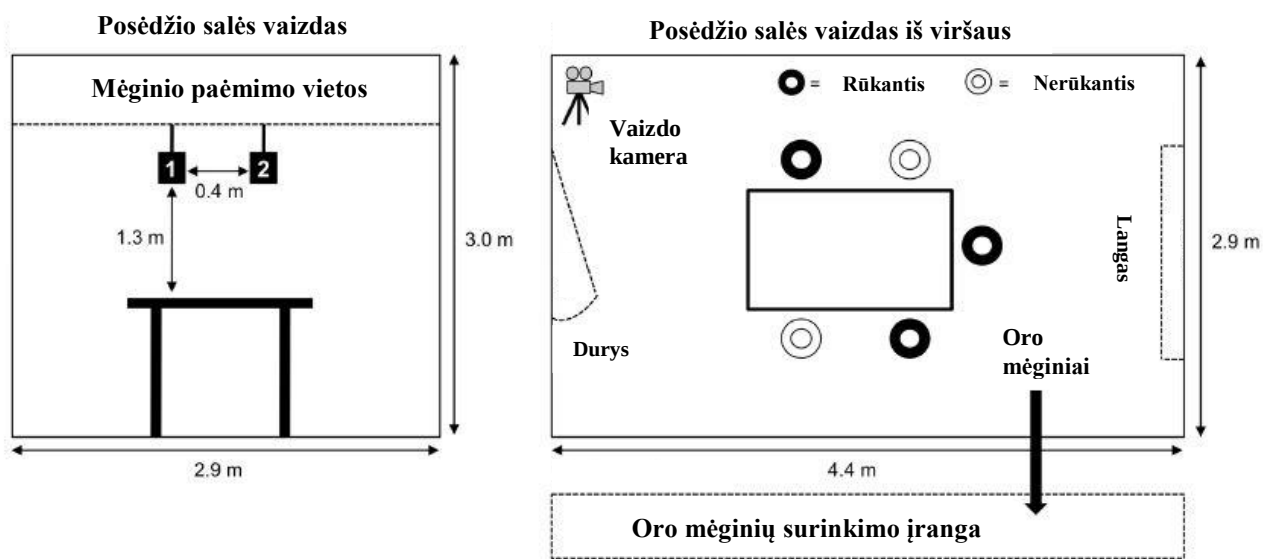
(metilnitrozamino)–1–(3–piridil)–1–butanolio (NNK), tolueno ir o–metil–benzaldehido. Tačiau buvo nustatyta, kad elektroninių cigarečių aerozolyje susidaro sunkieji metalai, o tradicinėse cigaretėse jų nerandama [4].

1.1.4. Elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių įtaka patalpų oro kokybei

Iš nedaugelio tyrimų, kurie buvo atliekami siekiant ištirti elektroninių cigarečių emisijos poveikį patalpų oro kokybei pastebėta, kad nikotinas, propilenglikolis, glicerolis (elektroninių cigarečių skysčio komponentai), bei kiti cheminiai junginiai, įskaitant lakiuosius organinius junginius (LOJ), mažos molekulinės masės karbonilus, PAA, ir mikroelementus, gali būti išleisti į orą garinant elektronines cigaretes. Nėra įteisinto standartizuoto protokolo matuoti elektroninių cigarečių emisiją, ribotas kiekis analitinių tyrimų, kurie atliekami esant nevienodoms aplinkos sąlygoms, skirtingi eksperimentų atlikimo metodai ir taikomo metodo analizių aptikimo riba. Dėl šių priežasčių sunku objektyviai palyginti rezultatus ir prieiti prie bendros nuomonės dėl elektroninių cigarečių poveikio patalpų oro kokybei. Taip pat abejotina lyginti rezultatus, kai aerosolis generuojamas naudojant specialią mašiną su rezultatais, kurie gauti analizuojant žmogaus iškvėpiamu aerosoliu. Šiuos skirtumus lemia fizikinės ir cheminės savybės bei kiti veiksniai, įskaitant skirtumą tarp elektroninių cigarečių prietaisų ir vartotojų iškvėpiamų dūmų topografijos, jų skaičiaus ir intervalo, laiko, inhaliacijos tūrio ir gylio [6].

1.1.4.1. Tyrimo metodų analizė

Tyrimas buvo atliktas siekiant išmatuoti ir įvertinti kaip pasikeis patalpų oro kokybė vartojant „uždaro“ sistemos elektronines cigaretes natūraliai vėdinamoje posėdžių salėje. Tyrimo metu buvo išmatuojama lakiųjų organinių junginių (LOJ) įskaitant nikotiną, glicerolį, propilenglikolį ir mažos molekulinės masės karbonilus, PAA, tabako–specifinių nitrozaminų, ir mikroelementų koncentracija patalpų ore ir palyginti su leistinomis koncentracijomis darbo aplinkai ir bendrai patalpų oro kokybei. Tyrimo sąlygos (žr. 5 pav.): imituotas susirinkimas nedideliame kambaryje 12,8 m², kurio tūris 38,5 m³. Patalpoje dalyvavo 5 žmonės (3 rūkantys elektronines cigaretes ir 2 nerūkantys), kurie sėdėjo aplink stalą, patalpoje nėra oro kondicionavimo sistemos, durys ir langai uždaryti. Kambaryje buvo palaikoma 22–28 °C temperatūra, drėgmės kiekis 43–57 % ir vidutinis oro kaitos koeficientas 0,8 kartai/h. Tyrimo metu buvo siekiama sukurti realią aplinką. Buvo atliekami 4 matavimai: 1–asis matavimas kontrolinis, kai kambaryje nėra tyrimo dalyvių, 2–asis matavimas, kai tyrimo dalyviai kambaryje, tačiau elektroninių cigarečių nevartoja, 3–asis matavimas, kai tyrimo dalyviai vartoja elektronines cigaretes ir 4–asis matavimas kai tyrimo dalyviai paliko kambarį [6].



5 pav. Eksperimentinės posėdžio salės planas (ne pagal tikrą mastelį). Pažymėtos mėginių ėmimo vietos (1 ir 2) bei elektroninių cigarečių vartotojų ir nevartotojų pozicijos eksperimento metu [6]

Panašus tyrimas, kuris rodo išsamų vidinį ir išorinį elektroninių cigarečių emisijos poveikio vertinimą. Vertinimas buvo atliktas aerozolio dalelių (AD), skaitinės dalelių koncentracijos (PNC), LOJ, PAA, karbonilų ir metalų požiūriu, buvo atliekamas Vokietijos Bavarijos sveikatos ir maisto saugos tarnybos patalpose. Kambario dydis 18 m^2 , kurio tūris 45 m^3 . Patalpoje buvo 9 savanoriai, kurie vartojo elektronines cigaretes su nikotinu ir be nikotino vėdinamoje patalpoje 2 h. Patalpoje buvo 3 stalai ir drabužių spinta (kavinės tipo aplinka). Nustatyta vidutinė oro kaita 0,56 kartai/h. Tyrimas buvo atliekamas 2012 m. liepos mėnesį 7 dienas tuo pačiu laiku. Pirma matavimų diena buvo kontrolinė (patalpoje nebuvo rūkoma), o per kitas šešias matavimų dienas patalpoje buvo vartojamos elektroninės cigaretės su nikotinu ir be nikotino [22].

Tyrimas buvo atliktas siekiant įvertinti elektroninių cigarečių poveikį patalpų oro kokybei pagal supaprastintą matematinį modelį. Šis metodas paremtas fiziniais procesais, kurie įvertina aerozolio sklaidimą, skiedimą ir susidarymą, siekiant nustatyti kokių potencialių poveikių sukelia vienas išpūtimas elektroninės cigaretės garinimo metu. Buvo vertinamas bendras aerozolio poveikis per laiką. Taip pat modelis vertina visus galimus scenarijus elektroninių cigarečių vartotojams ir ne vartotojams toje pačioje darbo vietoje. Toks tyrimo metodas ekonomiškasis ir greitesnis būdas vertinant elektroninių cigarečių vartotojų iškvepiamo aerozolio sudedamųjų dalių poveikį pašaliniams asmenims, esantiems viename kambaryje su elektroninių cigarečių vartotojais. Modelyje aprašytas iškvepiamo elektroninių cigarečių aerozolio sudedamųjų dalių koncentracijos kitimą aplinkos ore per laiką. Šiame tyrime buvo analizuojamas tik nikotino poveikis pašaliniui asmeniui (stebėtojai). Paminėtina tai, kad toks modelis

gali būti pritaikytas ir tiriant formaldehido poveikį patalpų oro kokybei. Buvo sukurti 243 scenarijai, kurie prognozuoja kaip kinta nikotino koncentracija aplinkoje per 8 darbo valandas garinant elektronines cigaretes [23].

1.1.4.2. Rezultatų analizė

LOJ ir mažos molekulinės masės karbonilai

Elektroninių cigarečių generuojamame aerolyje patalpų ore išmatuota nikotino koncentracija nebuvo didesnė kaip $<7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Kitame tyrime, Taip pat buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo analizuojama nikotino koncentraciją elektroninės cigaretės. Buvo nustatytos šios nikotino koncentracijos: elektroninėse cigaretėse be nikotino – $<0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cigaretėse su nikotinu svyravo intervale $0,6\text{--}4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [22]. Buvo atliktas tyrimas, kurio metu nikotino koncentracijos kitimas patalpos ore elektroninių cigarečių vartojimo metu buvo nagrinėjamas matematiniais modeliais. Tyrime pateikta maksimali – $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir minimali – $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nikotino koncentracija. Nikotino koncentracija iškvepiamajame aerolyje priklauso nuo nikotino kiekio elektroninių cigarečių skystyje (su arba be nikotino), kurį vartotojas gali pats pasirinkti [23].

Propilenglikolis ir glicerolis yra pagrindiniai komponentai elektroninių cigarečių skysčiuose, todėl šių komponentų buvimas elektroninių cigarečių vartotojų iškvepiamajame aerolyje tikėtinas. Atliktas tyrimas, kurio metu nustatyta propilenglikolio koncentracija patalpos ore svyravo nuo $110\text{--}215 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o glicerolio nuo $59\text{--}81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [22]. Kitame analizuojamame tyrime, propilenglikolio koncentracija patalpoje prieš elektroninių cigarečių vartojimą buvo $<0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kai patalpoje buvo rūkoma koncentracija pakilo iki $203,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vartotojams palikus kambarį, koncentracija sumažėjo iki $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Glicerolio koncentracija kontroliniame bandyme buvo nustatyta mažesnė nei $<150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dalyviams įėjus į patalpą buvo mažesnė nei $<225 \mu\text{g}/\text{m}^3$, elektroninės cigaretės vartojimo metu mažesnė nei $<250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dalyviams palikus kambarį mažesnė nei $<200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6].

Analizuojant patalpų oro kokybę taip pat buvo įvertinta mažos molekulinės masės karbonilų koncentracija elektroninių cigarečių generuojamame aerolyje. Pagrindiniai junginiai – formaldehidas ir acetaldehidas. Viename iš analizuojamų tyrimų, buvo nustatytos minimalios ir maksimalios chemikalų emisijos lygiai iš elektroninių cigarečių devyniems chemikalams, tarp kurių buvo ir formaldehidas ir acetaldehidas [12]. Taip pat buvo atliktas tyrimas, kurio metu formaldehido kiekis elektroninių cigarečių generuojamame aerolyje svyruoja nuo 2,0 iki $56,1 \mu\text{g}$, acetaldehido nuo 1,1 iki $13,6 \mu\text{g}$ vienai cigaretei (150 išpūtimų) [24]. Analizuojan tyrimo rezultatus, formaldehido koncentracija aplinkos ore kontroliniame bandinyje siekė $32,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dalyviams esant patalpoje sumažėjo iki $31,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

elektroninės cigaretės vartojimo metu padidėjo iki $37,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalyviams palikus kambarį, formaldehido koncentracija sumažėjo iki $21,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Acetaldehido koncentracija aplinkos ore kontroliniame bandinyje – $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tyrimo dalyviams įėjus į patalpą koncentracija sumažėjo iki $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tyrimo dalyviams pradėjus vartoti elektronines cigaretes koncentracija padidėjo iki $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tyrimo dalyviams palikus kambarį koncentracija sumažėjo iki $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Didelę formaldehido ir acetaldehido koncentraciją kontroliniame bandinyje galėjo lemti patalpoje esančių medžiagų kiekis, kurios išskiria šiuos junginius, pvz.: statybinės medžiagos – klijai, dažai ir tirpikliai, kietmedžio, fanieros ir laminato grindys, buitiniai daiktai, neventiliuojami kuro deginimo prietaisai ir kt. [19]. Kitame analizuojamame tyrime formaldehido koncentracija kito intervale nuo 21 iki $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o acetaldehido koncentracija 16– $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [22].

Siekiant įvertinti elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio poveikį patalpų oro kokybei, taip pat buvo išmatuotas bendras lakiųjų organinių junginių kiekis. Analizuojamo tyrimo metu buvo vertinama bendra LOJ koncentracija patalpoje, kuri kontroliniame bandinyje siekė $65,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eksperimento dalyviams įėjus į patalpą padidėjo iki $237,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pradėjus vartoti elektronines cigaretes bendra LOJ koncentracija padidėjo iki $379,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dalyviams palikus kambarį koncentracija sumažėjo iki $129,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Paminėtina tai, kad eksperimento dalyviams į tyrimo kambarį bendras LOJ kiekis padidėjo 4 kartus, tai galėjo lemti asmeninių higienos priemonių naudojimas pvz.: dezodorantai, kuriuose yra siloksanų [25].

Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA)

Vertinant elektroninių cigarečių poveikį patalpų oro kokybei, buvo atliktas tyrimas siekiant įvertinti 16 PAA koncentracijos pokytį prieš ir po elektroninių cigarečių vartojimo. Tyrimo metu nustatyta, kad eksperimento metu 16 PAA koncentracija kito nuo 30–90 % lyginant su kontroline diena. IARC išskyrė 7 PAA junginius, kurie klasifikuojami kaip kancerogenai ir tyrimo metu šių junginių koncentracija po elektroninių cigarečių vartojimo kito apie $147,3 \pm 26,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [22]. Kitame analizuojamame tyrime nustatyta, jog 16 PAA koncentracija visuose mėginiuose nebuvo didesnė nei $<1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6].

Sunkieji metalai

Analizuojamų tyrimo metu elektroninių cigarečių generuojamame aerozolyje buvo aptikta sunkiųjų metalų, o tradicinėse cigaretėse jų nebuvo aptikta [12]. Taip pat buvo atliktas tyrimas, kurio metu analizuojami iš 12 sunkiųjų metalų tik chromas, nikelis ir kadmio. Pastebėta, kad šių metalų koncentracija elektroninių cigarečių generuojamame aerozolyje kito atitinkamai: kadmio – nuo 0,01 iki

0,22 µg, nikelio nuo 0,11 iki 0,29 µg ir švino nuo 0,03 iki 0,57 µg vienai cigaretei (150–tyje išpūtimų) [24]. Taip pat kitame analizuojame tyrime buvo nustatyta, jog elektroninių cigarečių naudojimas gali sukelti metalo dalelių išsiskyrimą į aplinkos orą. Buvo pastebėta, jog aliuminio koncentracija padidėjo 2,4 kartus. Kontroliniame mėginyje aliuminio koncentracija siekė 203 µg/m³, o vartojant elektronines cigaretes padidėjo 2,4 kartus ir kito intervale 482,5 ± 158,6 µg/m³. Taip pat po elektroninių cigarečių vartojimo buvo pastebėta sunkiųjų metalų: titano, lantano, cerio koncentracijos padidėjimas po elektroninių cigarečių vartojimo. Paminėtina tai, kad buvo pastebėtas, nereikšmingas toksiškų ir potencialiai kancerogeninių elementų: kadmio, arseno ir talio koncentracijos padidėjimas patalpų ore [22]. Kitame analizuojamame tyrime buvo vertinamas sunkiųjų metalų koncentracijos pokytis prieš ir po elektroninių cigarečių vartojimo eksperimentinėje patalpoje. Buvo gauti tokie rezultatai: stibio, arseno, bario, kadmio, chromo, kobalto, vario, švino, mangano, gyvsidabrio, nikelio, seleno ir cinko koncentracija buvo nustatyta ne didesnė kaip <1,0 µg/m³; aliuminio, berilio, sidabro ir talio <2,0 µg/m³, o fosforo <10 µg/m³ [6].

Specifiniai tabako nitrozaminai (TSNA)

Viename iš analizuojamų tyrimų nustatyta, kad elektroninių cigarečių aerozolyje yra NNN ir NNK, kurių koncentracija svyruoja atitinkamai tarp 0,8–4,3 µg ir 1,1–28,3 µg vienai cigaretei (150 išpūtimų) [24]. Analizuojant NNN ir NNK koncentracijos pokytį prieš ir po elektroninių cigarečių vartojimo ir potencialų poveikį patalpų oro kokybei analizuojamame tyrime nustatyta, kad šių junginių koncentracija nebuvo didesnė kaip <0,5 µg/m³ [6].

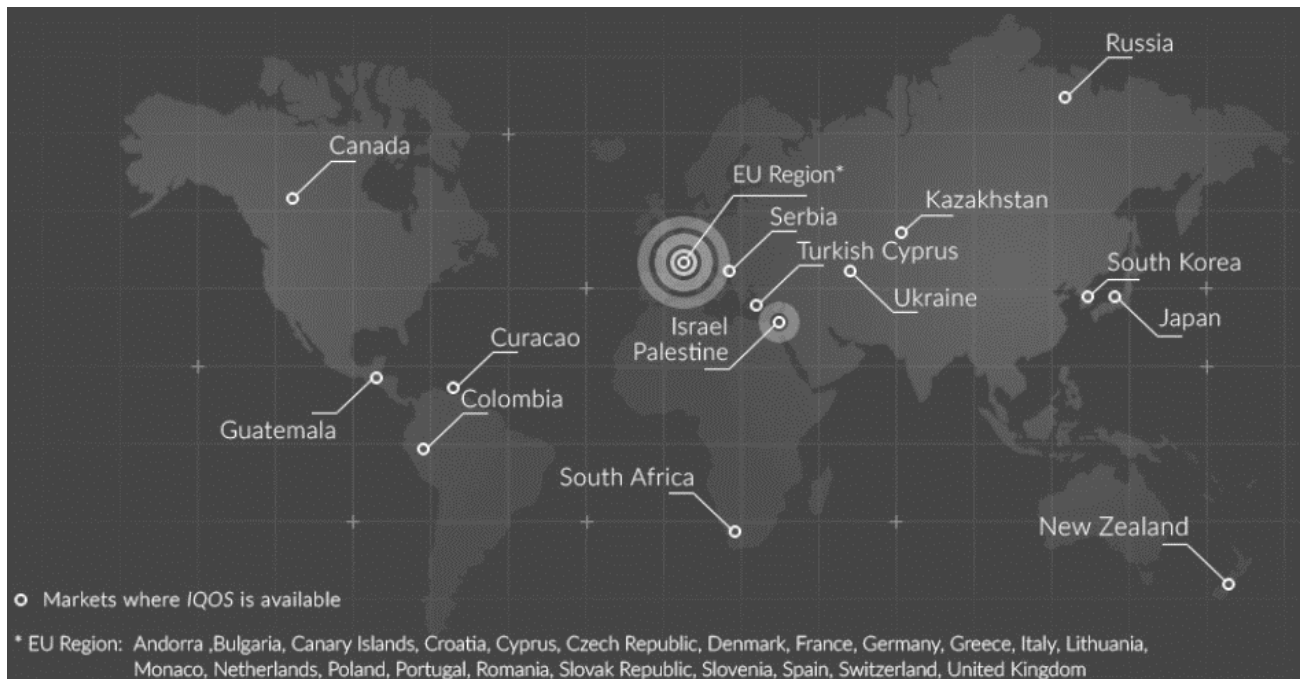
Aerozolio dalelės (AD)

Analizuojamame tyrime nustatyta, kad aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore po elektroninių cigarečių vartojimo lyginant su kontroliniu matavimu (prieš elektroninių cigarečių vartojimą) gerokai padidėjo. AD_{1,0} vidutinė koncentracija prieš elektroninių cigarečių vartojimą buvo 2 µg/m³, o po elektroninių cigarečių vartojimo kito intervale nuo 28 iki 376 µg/m³. AD_{2,5} atitinkamai prieš elektroninių cigarečių vartojimą – 6 µg/m³, o po kito nuo 35 iki 514 µg/m³, o AD₁₀ prieš elektroninių cigarečių vartojimą – 47 µg/m³, o po kito intervale nuo 63 iki 555 µg/m³. Taip pat buvo nustatyta PNC, kurios vidutinė vertė prieš elektroninių cigarečių vartojimą siekė 4466 #/m³, o po kito intervale nuo 46572 iki 85446 #/m³ [22]. Taip pat buvo atliktas tyrimas, kurio metu nustatyta vidutinė PNC, vartojant visų tipų elektronines cigaretes, siekė 4,39±0,42 ×10⁹ #/cm³ [26].

1.2. Tabako kaitinimo sistema

1.2.1. Paplitimas

TKS sukūrė Philip Morris International (PMI). 2014 m. TKS pradėtas prekiauti Japonijoje ir Italijoje [28]. Šiuo metu galima įsigyti (žr. 6 pav.) 35-iose valstybėse: Andoroje, Bulgarijoje, Kanarų salose, Kanadoje, Kolumbijoje, Kroatijoje, Kiurasaoje, Kipre, Čekijoje, Danijoje, Prancūzijoje, Vokietijoje, Graikijoje, Gvatemaloje, Izraelyje, Kazachstane, Šiaurės Korėjoje, Lietuvoje, Monake, Nyderlanduose, Naujojoje Zelandijoje, Palestinoje, Lenkijoje, Portugalijoje, Rumunijoje, Rusijoje, Serbijoje, Slovakijoje, Slovėnijoje, Pietų Afrikoje, Ispanijoje, Šveicarijoje, Turkijos Kipre, Ukrainoje, Jungtinėje Karalystėje ir kai kuriose neapmuitintose parduotuvėse (Duty Free). [27].



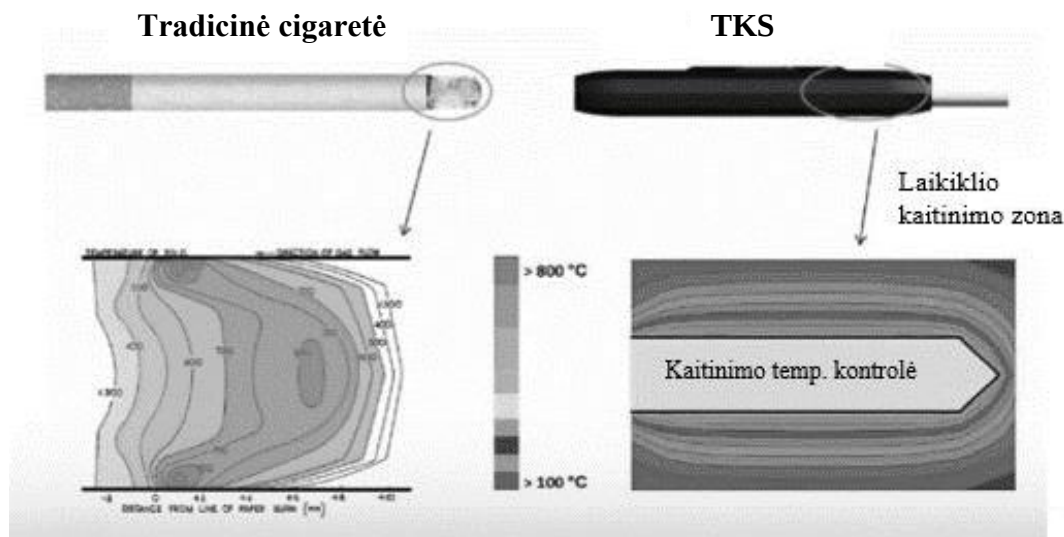
6 pav. TKS parduotuvių tinklo žemėlapis [27]

Remiantis tyrimų duomenimis daugiau kaip 2 mln. tradicinių cigarečių vartotojų perėjo prie TKS produktų [27]. Japonijoje buvo atliktas tyrimas, remiantis „Google“ paieškos užklausų duomenimis. Tyrimo metu buvo apklausta 8240 asmenų nuo 16 iki 69 metų amžiaus 2015–2017 m., siekiant išsiaiškinti kiek apklaustųjų per pastarąsias 30 dienų iki tyrimo dienos vartojo naujus tabako turinčius produktus. Buvo pateikti tokie tyrimo rezultatai: 2015 m. TKS vartotojų sudarė 0,3 % apklaustųjų, 2016 m. padidėjo iki 0,6 %, o 2017 m. siekė 3,6 % [28]. Taip pat buvo atliktas tyrimas Italijoje, kurio

metu buvo apklausta 3086 asmenų nuo 15 iki 65 metų 2017 m. Tyrimo metu nustatyta, kad 1,4 % apklaustųjų vartoja TKS, 2,3 % nevartoja, bet norėtų išbandyti, 15,8 % nevartoja ir nenori išbandyti, o 69,9 % apklaustųjų nėra girdėję apie TKS ir likusieji 10,6 % yra girdėję apie TKS, bet nežino kokie tai produktai [29].

1.2.2. Tabako kaitinimo sistemos veikimo principas

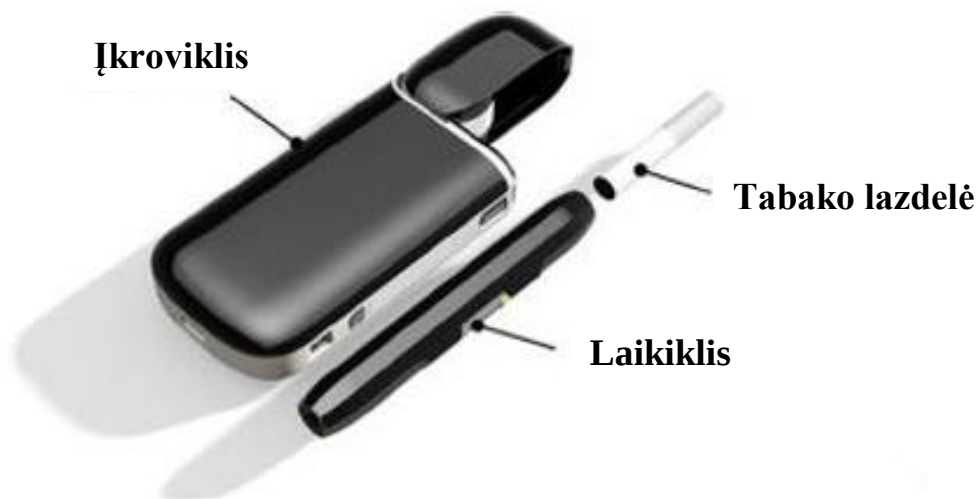
Rūkant tradicinę cigaretę tabakas deginamas 600 °C temperatūroje, todėl rūkymo metu išsiskiriančių dūmų sudėtyje randama kenksmingų cheminių medžiagų. TKS esantis tabakas yra kaitinamas žemesnėje nei 300 °C temperatūroje, todėl susidaro kur kas mažesnės kenksmingų cheminių junginių koncentracijos nei cigarečių dūmuose [27]. Žemiau pateiktame paveiksle (žr. 7 pav.) pavaizduotas TKS tabako lazdelės laikiklio kaitinimo zonos ir tradicinės cigaretės degimo zonos temperatūrinės izotermės. Iš jų matyti, kad tradicinėje cigaretėje esantis tabakas deginamas 800 °C, degimo zonoje temperatūra kinta intervale nuo 300 °C iki daugiau kaip >800 °C, o TKS tabako kaitinimo temperatūra kontroliuojama intervale nuo 100 iki 300 °C.



7 pav. Pavaizduotas TKS kaitinimo zonos laikiklio ir tradicinės cigaretės degimo zonos temperatūrinės izotermės [30]

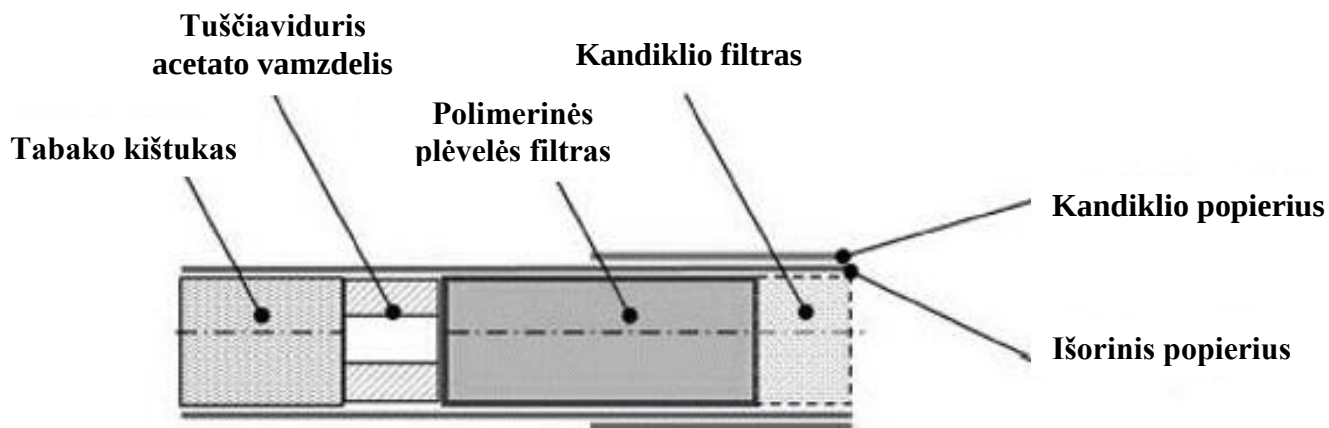
TKS sudaro trys pagrindiniai komponentai (žr. 8 pav.) [31, 32]:

- tabako lazdelė (mini cigaretė) – naujas patentas – tabako gaminys su perdirbtu tabaku, kuris pagamintas iš tabako miltelių;
- laikiklis, kuriame keičiama tabako lazdelė, kurią įjungus tabakas kaitinamas elektriniu būdu kontroliuojamo kaitintuvo elementu;
- įkroviklis, kuris naudojamas po kiekieno naudojimo, norint pakrauti tabako lazdelės laikiklį. Su šiuo nešiojamuoju įkrovikliu galima laikiklį pakrauti iki 20 kartų neįjungus į elektros lizdą.



8 pav. Komponentai sudarantys tabako kaitinimo sistemą [31, 32]

TKS naudojamos kaip alternatyva tradicinėms cigaretėms, todėl šie produktai itin skiriasi vienas nuo kito. Pirmiausia tabako lazdelė neturi susmulkinto tabako (mažomis dalimis susmulkintų tabako lapų, kurie randami tradicinėse cigaretėse). Vietoj to, tabakas yra smulkinamas ir perdaromas į lakštus (terminis pavadinimas – cast-leaf) prieš tai pridedant vandens, glicerino, guaro gumos ir celiuliozės pluošto. Antra tabako lazdelei reikalingas mažesnis kiekis tabako lyginant su tradicinėmis cigaretėmis atitinkamai 320 mg ir 550–700 mg. Trečia – skirtingai nuo tradicinių cigarečių tabako lazdelė turi du filtrus: polimerinės (polilaktido) plėvelės filtras, kuris vėsina aerozolį ir mažo tankio celiuliozės acetato kandiklio filtras imituojantis cigarečių sensorinius aspektus. Taip pat tuščiaaviduris acetato vamzdelis, kuris atskiria tabaką ir polimero filtrą [32]. Žemiau pateiktame paveiksle (žr. 9 pav.) pavaizduotas tabako lazdelės skerspjūvio vaizdas, kuriame matyti pagrindinės jo sudedamosios dalys.



9 pav. Tabako lazdelės skerspjūvio vaizdas [32]

Laikiklis sudarytas iš įkraunamos ličio jonų baterijos, programinės įrangos, auksinės platinos ir keramikos kaitinimo plokštelės ir keičiamos tabako lazdelės. Įdiegta programinė įranga kontroliuoti temperatūrai. Laikiklio korpuse yra įmontuotas mechaninis įjungimo mygtukas, kurį įjungus išsižiebia žalia LED lemputė. Bateriją reikia pakrauti su įkrovikliu po 14-os išpūtimų arba 6 min naudojimo [27]. Šio laikiklio veikimo principas yra paremtas tuo, kad aerosolis suformuojamas tuomet, kai elektriniu būdu kontroliuojamas kaitintuvas kelia temperatūra (žemesnėje nei 300 °C temperatūroje) iki taško, kur susidaro distiliuojamo nikotino, glicerino ir tabako skonis [33]. TKS sudaro pagrindinės dalys: įkroviklis, kasetė, įjungimo mygtukas, korpusas, dekoratyvinis dangtelis, cigaretė, įkroviklis, įkroviklio pagrindas ir OLED ekranas (žr. 34 pav.) [34].



10 pav. Tabako kaitinimo sistemos išorinis vaizdas ir pagrindinės sudedamosios dalys [34]

1.2.3. Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio poveikis žmogaus sveikatai

Maisto, vaistų ir kosmetikos įstatyme (FD&C act) numatyta, kad tabako gamintojai ir importuotojai turi informuoti apie kenksmingų ir potencialiai kenksmingų sudedamųjų dalių (HPHC) kieki esantį tabako produktuose ir tabako dūmuose. HPHC – tai yra cheminės medžiagos ar cheminiai junginiai esantys tabako produktuose ar tabako dūmuose, kurie yra arba potencialiai gali būti įkvėpti, nuryti ar absorbuoti į kūną, įskaitant aerozolį ir kitą emisiją, kurie gali sukelti arba sukelti tiesioginę ar netiesioginę žalą rūkančiam ar nerūkančiam asmeniui.

FDA remiantis federaliniu maisto, vaistų ir kosmetikos įstatymu sudarė tabako produktuose ir tabako dūmuose esančių HPHC sąrašas. Šį sąrašą sudaro 93 HPHC, kuriame cheminės medžiagos ir junginiai yra suskirstyti pagal 5 poveikio kategorijas: kancerogenai, toksiški kvėpavimo sistemai, toksiški širdies ir kraujagyslių sistemai, toksiški reprodukcinei ar vystymosi sistemai ir sukeliantys priklausomybę. Paminėtina tai, kad HPHC sąraše išvardintos cheminės medžiagos ir junginiai gali turėti keletą poveikio kategorijų [35].

Šie kriterijai sudaryti siekiant išskirti reikšmingų analizių sąrašą, įskaitant HPHC, įvertinti jų kieki TKS aerozolyje ir palyginti su kiekiu esančiu plačiai paplitusių tradicinių cigarečių dūmuose yra šie:

1–as kriterijus. Dūmų sudedamosios dalys, nustatytos remiantis tarptautinės organizacijos standartizacijos metodais;

2–as kriterijus. Prioritetinės toksinės medžiagos esančios tabako dūmuose gali būti parenkamos iš sąrašų, kuriuos numato reguliavimo institucijos ir (arba) pasiūloma įgaliotos valdžios;

3–čias kriterijus. Toksinės medžiagos, kurioms priskirtas biologinis žymuo pvz.: naudojami klinikiniuose tyrimuose, siekiant nustatyti įtaką pagrindinei toksinei medžiagai. Į šią kategoriją priskiriama dalis analizių priskirtų 1 ir 2 kriterijui. (pvz.: CO biologinis žymuo – kraujo karboksihemoglobinas, nikotino biologinis žymuo – kraujo serumas kotininas);

4–tas kriterijus. Toksinės medžiagos, kurios susidaro žemesnėje kaip 400 °C ir neįtrauktos į 2 kriterijų;

5–tas kriterijus. Toksinės medžiagos, kurios susidaro didesnėje kaip 400 °C ir neįtrauktos į 1 ir 2 kriterijų [35].

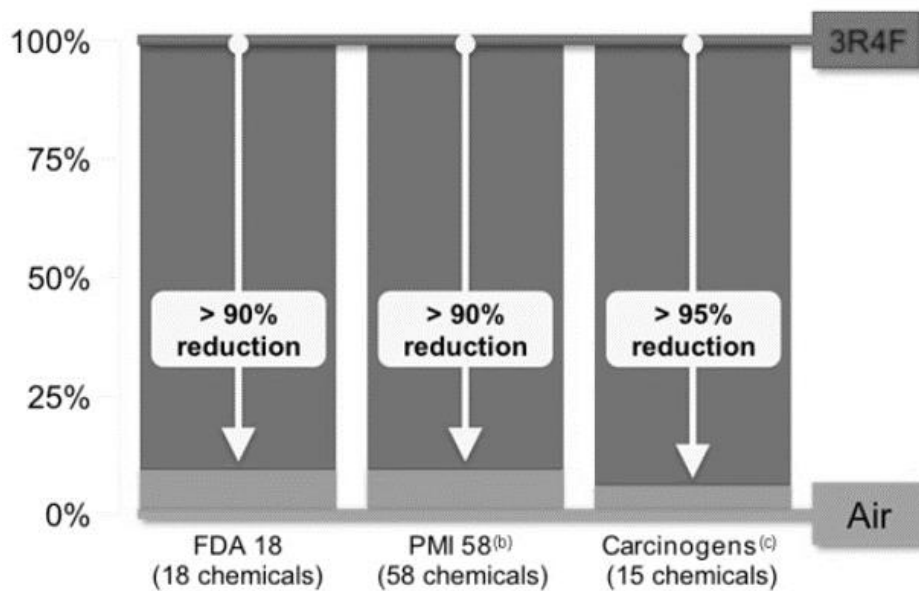
Remiantis šiais kriterijais buvo atlikti tyrimai, siekiant nustatyti potencialų TKS ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio poveikį žmogaus sveikatai ir tarpusavyje palyginti gautus rezultatus. Paminėtina tai, kad buvo atlikti tyrimai, siekiant įvertinti HPHC sumažėjimą, nikotino įsisavinimą žmogaus organizme ir subjektyvius efektus, įtakančius žmogaus sveikatą nustojus vartoti tradicines

cigaretes ir kaip alternatyvą pradėjus naudoti TKS. Remiantis gautais rezultatais buvo nustatyta, kad naudojant TKS HPHC koncentracijos gerokai sumažėjo, kai kuriais atvejais pasiekė bazinį lygį. Taip pat buvo nustatyta, kad vartojant TKS ar tradicines cigarettes nikotino kiekis, kurį įsisavina žmogaus organizmas išliko panašus. Paminėtina tai, kad tyrimo metu buvo atsižvelgta į pereinamąjį laikotarpį, kol vartotojas prisitaikė prie naudojamo produkto: iškvepiamų dūmų topografijos, pasiekti reikalaujamą nikotino kiekį [36, 37, 1].

Tyrimas buvo atliktas siekiant įvertinti kaip tradicinės (etaloninės) cigaretės ir TKS veikė bandomųjų pelių nosies ir plaučių audinius. Pastebėta, kad TKS kur kas mažiau veikė kvėpavimo takų organus. Nustatyta, kad tradicinės cigaretės sukelia pastebimai stipresnį uždegiminį poveikį ir didesnį kiekį patologinių pasikeitimų negu TKS. Taip pat genų bei baltymų išraiškos tyrimai parodė, kad TKS nesukelia jokio neigiamo poveikio [38, 39, 40].

Taip pat buvo atliktas panašus tyrimas, kurio metu biolginčius/toksikologinius širdies ir kraujagyslių sistemos tyrimus derino su funkcinio in-vitro adhezijos tyrimu, siekiant nustatyti TKS poveikį monocitinių ląstelių sukibimui su žmogaus koronarinių arterijų endotelio ląstelėmis ir palyginti jį su tradicinių cigarečių poveikiu. Funksciniai ir molekuliniai tyrimai parodė, kad vandeninis TKS aerozolio ekstraktas skatino 10 kartų mažesnę monocitinių ląstelių sukibimą su žmogaus koronarinių arterijų endotelio ląstelėmis per skirtingus tiesioginius ir netiesioginius nuo koncentracijos priklausančius mechanizmus nei vandeninis tradicinių cigarečių dūmų ekstraktas. Taip pat buvo pastebėti sumažėję molekuliniai pokyčiai monocitinėse ir endotelio ląstelėse naudojant TKS [41].

TKS vartojimo metu dėl žemos veikimo temperatūros sudaro kur kas mažesnes HPHC koncentracijas aerozolyje lyginant su tradicinės (etaloninės) cigaretės dūmuose nustatytomis koncentracijomis. Išreiškiant per tabako laikiklį/cigaretę arba per nikotino koncentraciją mg, kol vidutinis abiejų aerozolių aerodinaminis diametras išlieka toks pats. Nustatyta, kad daugelio HPHC koncentracija sumažėjo t. y. TKS aerozolyje sumažėjo daugiau kaip 90 % lyginant su tradicinėmis cigaretėmis (žr. 11 pav.)[35, 42]. Žemiau pateiktame paveiksle matyti (žr. 11 pav.), kad FDA sąrašą sudaro 18 kenksmingų medžiagų, kurių koncentracija kaitinant TKS sumažėjo daugiau kaip 90 % lyginant su tradicinės cigaretės generuojamais dūmais. PMI sąrašą sudaro 58 kenksmingos medžiagos, kurių koncentracija atitinkamai sumažėjo daugiau kaip 90 %, o IARC 1 grupės kancerogenai, kurių sąrašą sudaro 15 kenksmingų medžiagų koncentracija atitinkamai sumažėjo daugiau kaip 95 %.



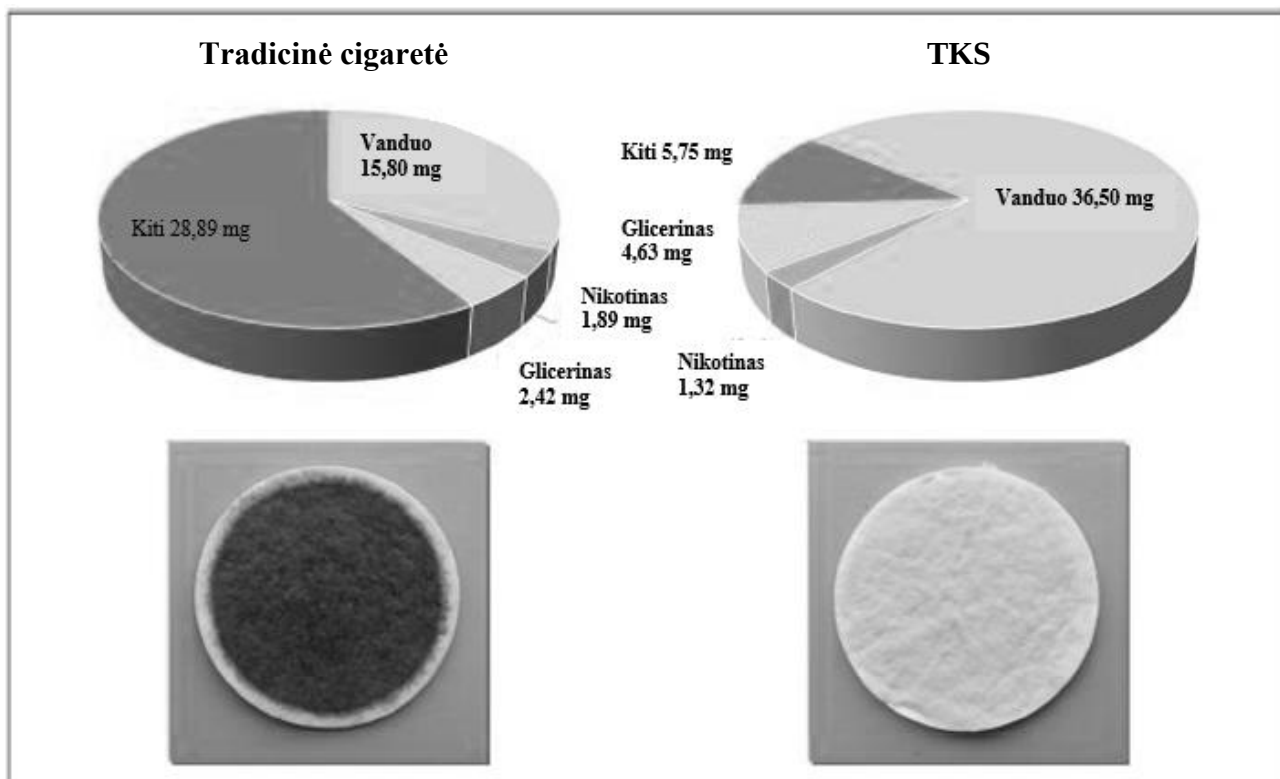
11 pav. Pavaizduotas HPHC koncentracijų sumažėjimas TKS aerozolyje lyginant su išmatuotomis koncentracijomis tradicinės cigaretės dūmuose [30]

3 lentelė. Palyginama HPHC koncentracija esanti TKS aerozolyje su esančia tradicinių cigarečių dūmuose [43]

HPHC	Matavimo vienetai	Tradicinės (etaloninės) cigaretės vidutinė koncentracija	TKS	
			Vidutinė koncentracija	Sumažėjimas lyginant su tradicinėmis cigaretėmis
Nikotinas	mg/lazdelei	1,86	1,14	–
Amoniakas	µg/lazdelei	29,3	10,5	64 %
Formaldehidas	µg/lazdelei	85,2	7,98	91 %
NNN	ng/lazdelei	283	10,2	96 %
Acetaldehidas	µg/lazdelei	1641	217	87 %
Akroleinas	µg/lazdelei	156	9,63	94 %
Acetonas	µg/lazdelei	690	35,5	95 %
NNK	ng/lazdelei	264	6,75	97 %
Azoto oksidas (NO)	µg/lazdelei	504	13,8	97 %
Azoto oksidai (NO _x)	µg/lazdelei	560	14,1	97 %
Anglies monoksidas (CO)	mg/lazdelei	30,2	0,436	98,6 %
Benzenas	µg/lazdelei	81,1	0,544	99,3 %
Izoprenas	µg/lazdelei	894	2,15	99,8 %

3-ioje lentelėje (žr. 3 lent.) pateikti pagrindiniai HPHC ir jų vidutinės koncentracijos tradicinėse cigaretėse ir TKS. Iš pateiktų duomenų matyti, kad vidutinė nikotino koncentracija sumažėjo maždaug

38 %, o benzeno ir izopreno sumažėjo daugiau kaip 99 %. Taip pat matyti, kad vidutinė formaldehido koncentracija sumažėjo 91 %, o acetaldehido 87 %, šie junginiai yra atitinkamai priskirti prie 1 ir 2B grupės IARC kancerogenų [44]. NNK, azoto oksido ir oksidų koncentracija sumažėjo apie 97 %, o anglies monoksido apie 98,6 %, NNN, akroleino ir acetono koncentracija sumažėjo atitinkamai 96, 94 ir 95 %, o amoniako koncentracija sumažėjo 64 % [43].



12 pav. Skirtumas tarp tradicinių cigarečių ir TKS generuojamos $AD_{bendras}$ koncentracijos [34]

Žemiau pateiktos skritulinės diagramos (žr. 12 pav.) iš kurių matyti skirtumas tarp tradicinių cigarečių ir TKS generuojamos $AD_{bendras}$ koncentracijos. Paminėtina tai, kad TKS sudaro tokią pačią $AD_{bendras}$ koncentraciją kaip ir tradicinių cigarečių, tačiau TKS generuojamo $AD_{bendras}$ procentinė sudėtis kiekybiškai ir kokybiškai skyrėsi nuo tradicinių cigarečių. Vandens ir glicerolio kiekio santykis su $AD_{bendras}$ kur kas didesnis nei TKS. Paminėtina tai, kad nikotino kiekis buvo maždaug 30 % mažesnis, dėl to ir kitų areozolio sudedamųjų dalių kiekai buvo gerokai mažesni TKS nei tradicinių cigarečių. Lyginant Kembridžo stiklo pluošto filtro spalvą, kai buvo surinktas toks pats $AD_{bendras}$ kiekis kaitinant TKS ir rūkant tradicines cigaretes pastebėta, kad po tradicinių cigarečių naudojimo rūkymo filtras buvo tamsios spalvos dėl nusėdusių kietųjų dalelių, o po TKS kaitinimo – šviesios spalvos [35].

1.2.4. Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio ir tradicinių cigarečių dūmų įtaka patalpų oro kokybei

1.2.4.1. Tyrimo metodo analizė

Rinkoje atsiranda vis daugiau naujų produktų, todėl būtina ištirti jų galimą poveikį patalpų oro kokybei. Dėl šios priežasties reikia išanalizuoti ir patvirtinti analitinius metodus ir juos pagrįsti. Šiam tikslui buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo įrengtas kontroliuojamas kambarys, kuriame buvo analizuojami septyni analitiniai metodai tiriantys aštuoniolika analitinių junginių (žr. 4 lent.). Tyrimo metu buvo imituojamos gyvenamosios patalpos aplinkos sąlygos, kur ventiliacijos debitas $125 \text{ m}^3/\text{h}$. Kambario dydis 24 m^2 , kurio tūris 72 m^3 . Kambaryje buvo palaikoma $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūra. Tyrimo objektas: dvylika Marlboro auksinių cigarečių ir dvylika TKS. Šie nikotino produktai buvo vartojami 4 h, kas 1 h po tris cigaretes. Aerozolis buvo generuojamas iš dūmų mašinos (55 ml išpučiamo tūrio ir išpūtimo trukmė 2 s kas 30 s (laikas tarp išpūtimų) naudojant tris vieno kanalo programuojamus siurblius. Generuojant intervale nuo 10 iki 12 išpūtimų per cigaretę (Marlboro auksinių arba TKS) [33].

Buvo atliktas panašus tyrimas, siekiant nustatyti patalpų oro kokybės rodiklius (žr. 4 lent.), kai patalpoje rūkoma TKS ir Marlboro auksinės cigaretės ir gautus rezultatus palyginti su fonine koncentracija. Buvo sudaryti trys scenarijai: biuras, gyvenamoji patalpa ir viešbučio priimamasis. Šios trys aplinkos sąlygos buvo imituojamos 24 m^2 kambaryje, kurio tūris 72 m^3 . Biuro ir gyvenamųjų patalpų simuliacijai nustatytas gyventojų tankis – 8 m^2 žmogui, kai kambaryje yra du rūkantys savanoriai ir vienas nerūkantis PMI narys. Viešbučio priimamojo simuliacijai nustatytas gyventojų tankumas – $4,8 \text{ m}^2$ žmogui, kai patalpoje yra keturi rūkantys savanoriai ir vienas nerūkantis PMI narys. Biurui nustatytas ventiliacijos debitas $156 \text{ m}^3/\text{h}$, oro kaita $2,16 \text{ h}^{-1}$, gyvenamajai patalpai atitinkamai $87 \text{ m}^3/\text{h}$ ir $1,2 \text{ h}^{-1}$, o viešbučio priimamajam – $555 \text{ m}^3/\text{h}$ ir $7,68 \text{ h}^{-1}$. Kambaryje buvo palaikoma $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūra, bei drėgmės kiekis $50 \pm 5 \%$. Kiekvienoje patalpoje matavimai buvo atliekami po 5 h, kurių metu buvo vertinami tabako turintys produktai (TKS ar Marlboro auksinės cigaretės). Mėginių ėmimo filtrai ir linijos buvo įrengtos sėdinčio žmogaus kvėpavimo aukštyje t. y. apie 120 cm nuo grindų [31].

4 lentelė. Patalpų oro kokybės rodiklių nustatymas pagal kategorijas [31, 33]

Kategorija	Junginys
Aplinkoje sklindančių tabako dūmų (ETS) ISO matavimo standartai (ISO normos 15593, 2001; 18144, 2003; 18145, 2003; 11454, 1997)	Įkvepiamų suspenduotų AD<2,5 (RSP) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Ultravioletinės AD (UVPM) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Fluorescencinės AD (FPM) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Solanezolis [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	3–etenilpiridinas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Nikotinas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
ISO matavimo standartai LOJ _{bendras} (ISO 16000–6,2001)	LOJ _{bendras}
Karbonilai	Acetaldehidas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Akroleinas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Krotonas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Formaldehidas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LOJ	Akrilnitrilas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Benzenas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	1,3–butadienas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Izoprenas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	Toluenas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Neorganiniai	Anglies monoksidas (CO) [ppm]
	Azoto oksidas (NO) [ppb]
	Azoto oksidai (NO _x) [ppb]

1.2.4.2. Rezultatų analizė

Aplinkoje sklindančių tabako dūmų markeriai

Analizuojamas tyrimas buvo atliktas siekiant įvertinti TKS generuojamo aerozolio poveikį patalpų oro kokybei. Tyrimo metu buvo atliktas duomenų statistinis įvertinimas ir nustatyta, kad RSP, UVPM, FPM, solanezolio, 3–etenilpiridino išmatuotos koncentracijos pagal tris aplinkos sąlygas t. y. biuras, gyvenamoji patalpa ir viešbučio priimamasis. Remiantis tyrimo rezultatais nustatyta, kad išmatuota aerozolio dalelių koncentracija ekvivalentiška foninėms koncentracijoms. Analizuojant duomenis pagal medianą nikotino koncentracija lyginant su fonine koncentracija biure padidėjo t. y. prieš TKS vartojimą foninė koncentracija siekė $0,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $1,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atitinkamai gyvenamojoje patalpoje prieš vartojimą siekė $0,855 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo – $2,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, viešbučio priimamajame

atitinkamai prieš vartojimą – $0,438 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $1,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [31]. Kitame analizuojamame tyrime nikotino vidutinė koncentracija prieš TKS kaitinimą siekė $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo ir kito intervale nuo $4,76$ iki $6,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [33].

Karbonilai

Vertinant patalpų oro kokybę ir siekiant išmatuoti karbonilų: acetaldehido, akroleino, krotono ir formaldehido koncentraciją kaitinant TKS ir gautus rezultatus palyginti su fonine koncentracija [31, 33]. Analizuojamame tyrime nustatyta, kad išmatuota akroleino ir krotono koncentracija pagal medianą buvo ekvivalentiška foninei koncentracijai. Tačiau išmatuota acetaldehido koncentracija lyginant su fonine koncentracija padidėjo t. y. biure prieš TKS vartojimą foninė koncentracija siekė $5,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $9,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atitinkamai gyvenamojoje patalpoje prieš vartojimą – $7,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, po vartojimo padidėjo iki $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o viešbučio priimamajame prieš vartojimą – $2,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $4,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [31].

Formaldehido koncentracija pagal medianą ligoninės priimamajame lyginant su fonine koncentracija sumažėjo t. y. prieš TKS vartojimą foninė koncentracija buvo lygi – $7,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo sumažėjo iki $7,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tačiau gyvenamojoje patalpoje prieš TKS vartojimą siekė $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $22,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, taip pat ir biure ne itin padidėjo t. y. foninė koncentracija lygi $13,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po TKS vartojimo padidėjo iki $14,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [31].

Kitame analizuojamame tyrime buvo nustatyta, kad vidutinė krotono, akroleino ir formaldehido koncentracija lyginant su fonine koncentracija sumažėjo arba buvo ekvivalentiška foninei koncentracijai. Vidutinė acetaldehido koncentracija prieš TKS vartojimą t. y. foninė koncentracija kito intervale nuo $2,08$ iki $2,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo ir kito intervale nuo $8,71$ iki $9,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [33].

Lakieji organiniai junginiai (LOJ)

Siekiant įvertinti kaip TKS vartojimas įtakoja LOJ koncentraciją patalpoje. Šiam tikslui buvo išanalizuotos akrilnitrilo, benzeno, 1,3–butadieno, izopreno ir tolueno koncentracijos ir palygintos su fonine koncentracija. Nustatyta, kad akrilnitrilo ir 1,3–butadieno koncentracija buvo ekvivalentiška foninei koncentracijai [31, 33]. Analizuojamame tyrime izopreno koncentracija pagal medianą lyginant su fonine koncentracija sumažėjo. Tačiau tolueno koncentracija biure prieš TKS vartojimą siekė $1,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo iki $3,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tačiau gyvenamojoje patalpoje prieš vartojimą – $3,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo sumažėjo iki – $2,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, taip pat viešbučio priimamajame prieš vartojimą – $1,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo ne itin sumažėjo iki $1,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Benzeno koncentracija viešbučio priimamajame ir biure lyginant su fonine koncentracija sumažėjo. Biure prieš TKS vartojimą siekė

0,244 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo ne itin sumažėjo iki 0,245 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, taip pat ir viešbučio priimamajame prieš TKS vartojimą siekė 0,268 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, po vartojimo sumažėjo iki 0,248 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tačiau svarbu paminėti, kad gyvenamojoje patalpoje benzeno koncentracija padidėjo iki 0,567 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lyginant su fonine koncentracija, kuri siekė 0,407 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [31].

Panašūs rezultatai buvo gauti kitame analizuojamame tyrime, kurio metu buvo nustatyta, kad vidutinė benzeno koncentracija lyginant su fonine koncentracija padidėjo t. y. prieš TKS kaitinimą foninė koncentracija kito intervale nuo 0,375 iki 0,888 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o po vartojimo padidėjo ir kito intervale nuo 0,658 iki 1,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tolueno koncentracija atitinkamai prieš TKS vartojimą kito intervale nuo 1,14 iki 1,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o po TKS vartojimo padidėjo ir kito intervale nuo 2,04 iki 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tačiau izopreno koncentracija sumažėjo t. y. foninė koncentracija siekė – 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o po TKS vartojimo sumažėjo iki 0,517 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [33].

Neorganiniai junginiai

Vertinant TKS generuojamo aerozolio poveikį pataptų oro kokybei taip pat buvo išmatuotos anglies monoksido (CO), azoto oksido (NO) ir azoto oksidų (NO_x) koncentracijos. Remiantis atliktais tyrimais pastebėta, kad anglies monoksido koncentracija buvo nustatyta ekvivalentiška foninei koncentracijai [31, 33]. Analizuojamame tyrime vidutinė išmatuota azoto oksido (NO) ir azoto oksidų (NO_x) koncentracija buvo mažesnė nei foninė koncentracija [33].

Kitame analizuojamame tyrime nustatyta, kad azoto oksido (NO) koncentracija pagal medianą lyginant su fonine koncentracija biure padidėjo t. y. prieš TKS kaitinimą foninė koncentracija siekė 1,94 ppb, o po vartojimo padidėjo iki 2,20 ppb, taip pat viešbučio priimamajame atitinkamai prieš TKS vartojimą siekė 1,92 ppb, o po vartojimo padidėjo iki 2,32 ppb, Paminėtina tai kad, gyvenamojoje patalpoje foninė koncentracija buvo lygi 3,21 ppb, o po TKS vartojimo sumažėjo iki 2,58 ppb. Azoto oksidų koncentracija pagal medianą lyginant su fonine koncentracija padidėjo. Biure foninė koncentracija siekė 3,13 ppb, o po TKS vartojimo padidėjo iki 3,53 ppb, viešbučio priimamajame prieš TKS kaitinimą siekė – 2,32 ppb, po vartojimo padidėjo iki 2,84 ppb, tačiau gyvenamojoje patalpoje prieš TKS vartojimą siekė 5,97 ppb, o po TKS vartojimo sumažėjo iki 5,21 ppb. [31].

2. METODINĖ DALIS

2.1. Tyrimo planas

2.1.1. Bandymo kambario charakteristikos

Bendrosios charakteristikos

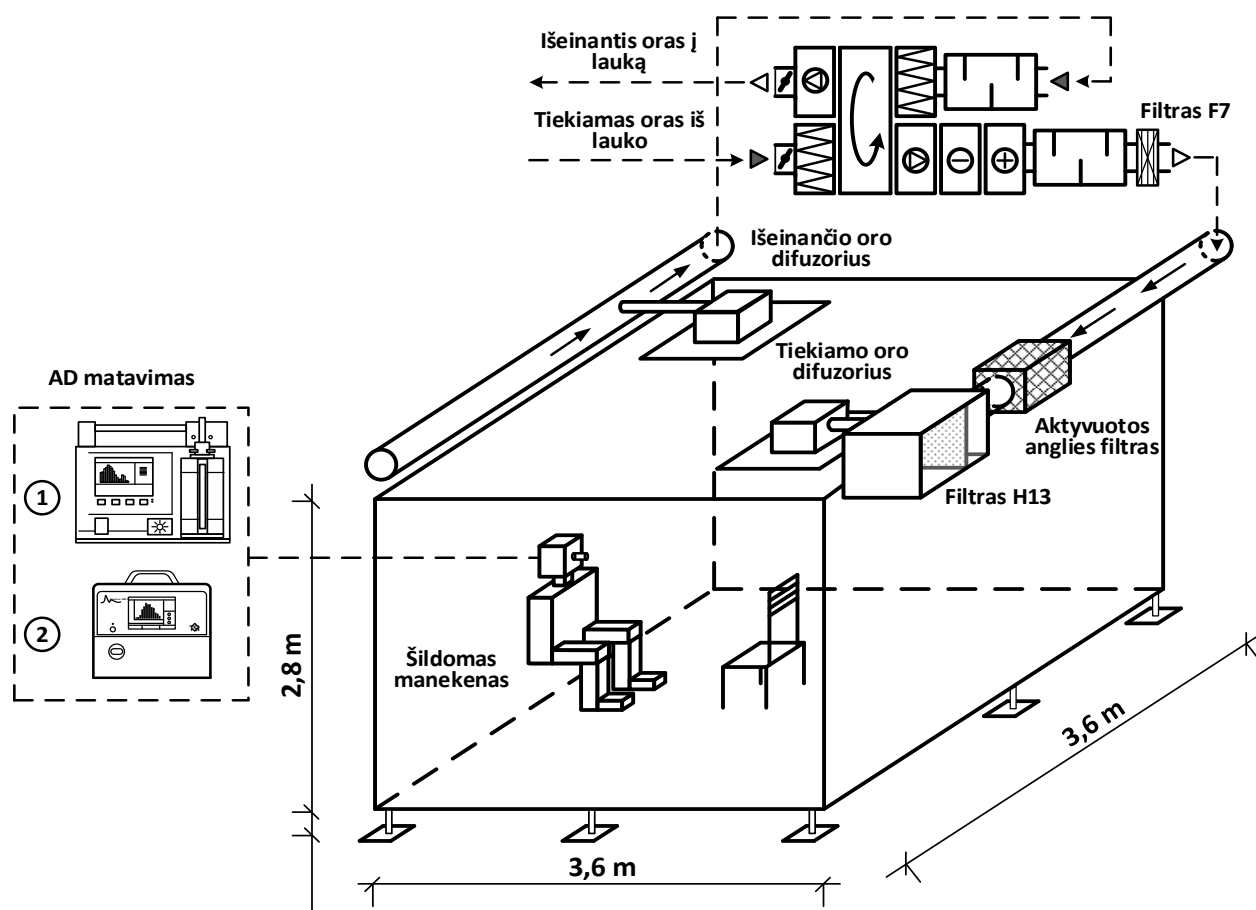
Bandymų kambarys (grindų plotas 13 m^2 ir tūris $35,8 \text{ m}^3$) yra standartinis kambarys, kuris skirtas nustatyti įvairių dujinių teršalų koncentraciją, aerozolio dalelių pasiskirstymą, kuriame galimas poveikis gyventojui (žr. 12 pav.). Kambario sienos, grindys ir lubos buvo pagamintos iš įprastinių statybinių medžiagų pvz.: dažytos sienos, PVC pamušalas ir plokštinės (panelinės) lubos. Kambaryje buvo įrengti lubiniai oro tiekimo ir išmetimo difuzoriai. Tiekiamo ir išmetamo oro srautai, taip pat ir tiekiamo oro temperatūra buvo kontroliuojama naudojant oro reguliavimo prietaisą (GOLD 04, Swegon AB, Švedija). Eksperimento metu tiekiamo oro sraute buvo palaikoma $+22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūra [47, 48]. Naudojant oro drėkinimo sistemą buvo reguliuojamas santykinės drėgmės (RH) kiekis (ES4, NORDMANN Engineering AG, Bazelis, Šveicarija). RH intervalas kinta nuo 30 iki 70 % [45].

Ventiliacijos sistema, filtravimas, oro tiekimas

I kambarį tiekiamas oras kondicionuojamas šilumokaityje ir apdorotas 3 žingsnių filtracija (žr. 12 pav.). Tiekiamame ore maža dalelių koncentracija kontroliuojama naudojant F7 klasės filtrą (įrengtą oro reguliavimo prietaise) ir didelio našumo dalelių oro filtrą (HEPA13, General Filter, Italy). Jie įrengti tiekimo difuzoriuje, kuris buvo sumontuotas ant sienos prie lubų. Dujiniai organiniai teršalai pašalinti naudojant stacionarų aktyvintos anglies filtrą. Oras buvo išmetamas per angą, esančią lubose, priešingoje kambario pusėje [46]. Oro tiekimui naudotas lubinis daugiaslėgis oro tiekimo difuzorius ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) su tiekiamąja ventiliacija. Taip pat naudota keturių būdų maišymo ventiliacija, kadangi ji dažnai naudojama gyvenamojoje patalpoje. Prieš eksperimentą buvo išbandyti oro pasiskirstymo modeliai, naudojant dirbtinius dūmus, kuriuos generavo dūmų mašina, naudojant vandens ir glikolio skystį [47, 48]. Oro greitis buvo matuojamas naudojant Lumasense Innova 1221 duomenų kaupiklį. Prieš ir po kiekvienos eksperimento dienos kambaryje buvo matuojamas oro kaitos koeficientas [46].

Manekenas imituojantis šalia esantį asmenį (Manekenas)

Kambaryje įmontuotas šildomas stačiakampio formos manekenas imituojantis sėdintį žmogų su sulenktomis „kojomis“. Tai yra svarbus faktorius lemiantis oro tėkmę apie žmogų (žr. 13 pav.). Manekeno paviršiaus plotas $1,7 \text{ m}^2$. Temperatūra buvo palaikoma panaši į žmogaus kūno temperatūrą t. y. kito intervale nuo $+31 \text{ }^\circ\text{C}$ iki $+34 \text{ }^\circ\text{C}$. Manekenas buvo pasodintas ant kedės ir apdengtas tekstiliniu audiniu. Aerosolio mėginiai buvo traukiami per varinį vamzdelį ir dalijami izokinetiškai į prietaisus, kurie įrengti už eksperimentinio kambario, siekiant sumažinti dalelių nuostolius dėl difuzijos ir garavimo proceso. Sąveiką tarp žmogaus konvekcinio ribinio sluoksnio (CBL) ir oro tėkmės patalpoje, gali įtakoti teršalų transportavimą į gyventojų kvėpavimo zoną, todėl atstumas tarp manekeno ir sienos turi būti $0,2 \text{ m}$. Siekiant išvengti CBL pažeidimo dėl fizinio sienos ir oro tiekimo srauto [48].



13 pav. Kambarys simuliuojantis patalpą su šildomu manekenu ir kontroliuojama ventiliacija: 1 – ELPI+, 2 – SMPS [47, 45, 46].

2.1.2. Aerosolio dalelių stebėsenos įranga

Elektrinis žemo slėgio impaktorius ELPI+

Siekiant nustatyti skaitinę suskirstytą pagal dydį aerosolio dalelių koncentraciją, mėginiai imti naudojant elektrinį žemo slėgio impaktorių (ELPI+, Dekati, Inc., Suomija), debitu 10 l/min. ELPI+ (žr. 14 pav.) suskirsto aerosolio daleles į 15 frakcijų (nuo 0,017 μm iki 10,0 μm) pagal jų aerodinaminį skersmenį. Šis prietaisas naudoja kaskadinės impakcijos principą ir tiesioginio nuskaitymo galimybę. Aerosolio mėginiai buvo renkami ant 25 mm diametro aliuminio folijos substrato. Realus laiko aerosolio dalelių koncentracija buvo registruojama vienos sekundės (1 Hz) intervalu [49, 46].

Siekiant įvertinti instrumento matavimo tikslumą periodiškai tikrintas aerosolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį, generuojant Polistirolo latekso (PSL) aerosolio 0,3 μm ir 1,0 μm daleles, naudojant Colison nebulizatorių ir aerosolio krūvio neutralizatorių.



14 pav. Elektrinis žemo slėgio impaktorius ELPI+

Nanodalelių skaitinės koncentracijos matuoklis, Nanoscan

Nanodalelių skaitinės koncentracijos matuoklis (SMPS, Model 3910 spectrometer, TSI Inc., USA) (žr. 15 pav.), kuris realiu laiku suskirsto aerosolio daleles į 13 skirtinų frakcijų nuo 10 iki 420 nm per 60 s, arba vieno dydžio daleles, esant 1 s rezoliucijai ir 1 l/min debitui. SMPS matuoja daleles naudojant radialinį diferencialinį analizatorių ir izopropanoliu pagrindu veikiančią kondensacinę dalelių skaitiklį, rezoliucija koncentracijos atžvilgiu yra 1 dalelė/ cm^3 . Pasaulinė normalizuota paklaida nustatyta 0,55–0,97 lyginant Nanoscan SMPS–3910 su laboratorijoje kalibruotu SMPS, patalpų aerozoliui laboratorijos sąlygomis [50]. Prieš eksperimento pradžią, siekiant įvertinti instrumento matavimo tikslumą periodiškai

tikrintas dalelių pasiskirstymas pagal dydį, generuojant Polistirolu latekso (PSL) aerozolio 0,3 μm daleles, naudojant Colison nebulizatorių ir aerozolio krūvio neutralizatorių.



15 pav. Nanodalelių skaitinės koncentracijos matuoklis, Nanoscan SMPS nanoparticle sizer 3910

2.1.3. Statistinė analizė

Statistinei analizei atlikti buvo naudojami 2-iejų projektų metu sukaupti duomenys. Gauti duomenys buvo neapdoroti, todėl visi duomenys susisteminti ir apdoroti remiantis pagrindiniais aprašomosios statistikos rodikliais. Tyrimų metu buvo analizuojama skaitinė dalelių koncentracija, BTEX (benzenas, toluenas, etilbenzenas, ksilenas), LOJ, nikotino, CO₂ formaldehido ir acetaldehido koncentracija. Šiame darbe buvo analizuojama tik aerozolio dalelių kitimas laike ir erdvėje ir dalelių pasiskirstymas pagal dydį. Statistinei analizei pasirinkome duomenų imtį nuo laiko momento kai buvo pradėta vartoti elektroninės cigaretės, tradicinės cigaretės arba TKS iki laiko momento, kai baigiama vartojimo sesija.

Gauti tyrimų duomenys buvo statistiškai apdorojami naudojantis programine įranga Statistica v.7 (StatSoft, JAV) ir Excel 2016 (Microsoft, JAV). Aprašomoji statistika buvo naudojama siekiant susisteminti gautus duomenis, kad galėtume palyginti elektroninių cigarečių, tradicinių cigarečių ir TKS naudojimo metu susidarančių aerozolio dalelių koncentraciją. Buvo apskaičiuoti šie pagrindiniai aprašomosios statistikos rodikliai: vidurkis, mediana, variacijos koeficientas, standartinis nuokrypis, 5 ir 95 procentilis, minimali ir maksimali vertė. [51].

Mann–Whitney U testas buvo naudojamas siekiant nustatyti ar buvo statistiškai reikšmingas skirtumas tarp elektroninių ir tradicinių cigarečių susidarančio aerozolio dalelių koncentracijos esant vienodoms eksperimento sąlygoms. Taip pat tarpusavyje buvo lyginamos TKS esant skirtingoms

eksperimento sąlygoms. Jeigu $p < 0,05$, tuomet daroma išvada, kad skirtumas tarp išmatuotų aerozolio dalelių koncentracijų buvo statistiškai reikšmingas [45, 52].

Taip pat buvo dalyvauta eksperimente, kurio metu buvo analizuojama TKS poveikis patalpų oro kokybei. Stebėta ir susipažinta su eksperimento eiga, eksperimento sąlygomis, kontroliuojamais parametrais, analitėmis, eksperimentiniu kambariu ir naudojama matavimų įranga, siekiant įsisavinti procesą analizuojant duomenis.

3. REZULTATAI

3.1. Aerosolio dalelių emisijos, iš elektroninių ir tradicinių cigarečių, kitimas laike ir erdvėje

Grafikų pavadinimai (žr. 16 pav.) sudaryti pagal šią seką: savanorio numeris_oro apykaita_atstumas nuo manekeno. Oro apykaita pastovi 1 h^{-1} . Keitėsi savanoriai (savanoris Nr.1, Nr.2 arba Nr.3) bei atstumas nuo manekeno (atstumas 0,5 arba 2 m). 16-ame paveikslėlyje (žr. 16 pav.) pavaizduotas vidutinės aerosolio dalelių emisijos iš elektroninių ir tradicinių cigarečių kitimas laike ir erdvėje. 5-oje lentelėje (žr. 5 lent.) pateikta aprašomoji elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamos aerosolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.

Analizuojant tyrimo rezultatus nustatyta, kad maksimali vidutinė aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore garinant elektronines cigaretes kai atstumas nuo manekeno 0,5 m – $2,33 \times 10^7 \pm 1,33 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas nuo manekeno 2 m – $2,67 \times 10^5 \pm 3,78 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ t. y. 87 kartus mažesnė nei esant 0,5 m atstumui nuo manekeno. Maksimali vidutinė aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore rūkant tradicines cigaretes, kai atstumas nuo manekeno 0,5 m – $1,83 \times 10^8 \pm 1,10 \times 10^8 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumui nuo manekeno 2 m – $1,06 \times 10^6 \pm 2,31 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ t. y. 172 kartus mažesnė nei esant 0,5 m atstumui. Atsižvelgiant į pateiktus rezultatus pastebėta, kad didėjant atstumui nuo manekeno maksimali vidutinė elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Analizuojant duomenis pagal elektroninių cigarečių generuojamą vidutinę minimalią vertę patalpos ore nustatyta, kad esant 0,5 m atstumui nuo manekeno elektroninių cigarečių generuojama vidutinė minimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore lygi $2,37 \times 10^4 \pm 2,02 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas nuo manekeno 2 m sumažėjo 1,4 kartus – $1,75 \times 10^4 \pm 6,35 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$. Esant 0,5 m atstumui nuo manekeno vidutinė minimali tradicinių cigarečių generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore – $2,16 \times 10^4 \pm 1,56 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas nuo manekeno 2 m nustatyta vidutinė minimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore padidėjo 3,2 kartus – $6,81 \times 10^4 \pm 6,06 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis nustatyta, kad didėjant atstumui nuo manekeno vidutinė minimali tradicinių cigarečių generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore didėja, o elektroninių cigarečių generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore didėjant atstumui nuo manekeno mažėja. Aerosolio dalelių koncentracija taip pat priklauso nuo savanorių iškvėpiamų dūmų topografijos t. y. jų skaičiaus ir intervalo, laiko, inhaliacijos tūrio ir gylis.

Analizuojant elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamą aerosolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal medianą nustatyta, kad elektroninių cigarečių generuojama vidutinė aerosolio dalelių

koncentracija patalpos ore, pagal medianą esant 0,5 m atstumui nuo manekeno – $3,92 \times 10^4 \pm 2,71 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas nuo manekeno 2 m sumažėjo 1,5 karto t. y. iki $2,63 \times 10^4 \pm 7,31 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$. Tradicinių cigarečių generuojama vidutinė aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal medianą kai atstumas nuo manekeno 0,5 m – $2,73 \times 10^5 \pm 1,56 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, didėjant atstumui nuo manekeno – 2 m padidėjo 2 kartus t. y. iki $5,50 \times 10^5 \pm 2,57 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$. Atsižvelgiant į pateiktus rezultatus nustatyta, kad elektroninių cigarečių vidutinė generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore didėjant atstumui nuo manekeno mažėja, o tradicinių cigarečių didėja.

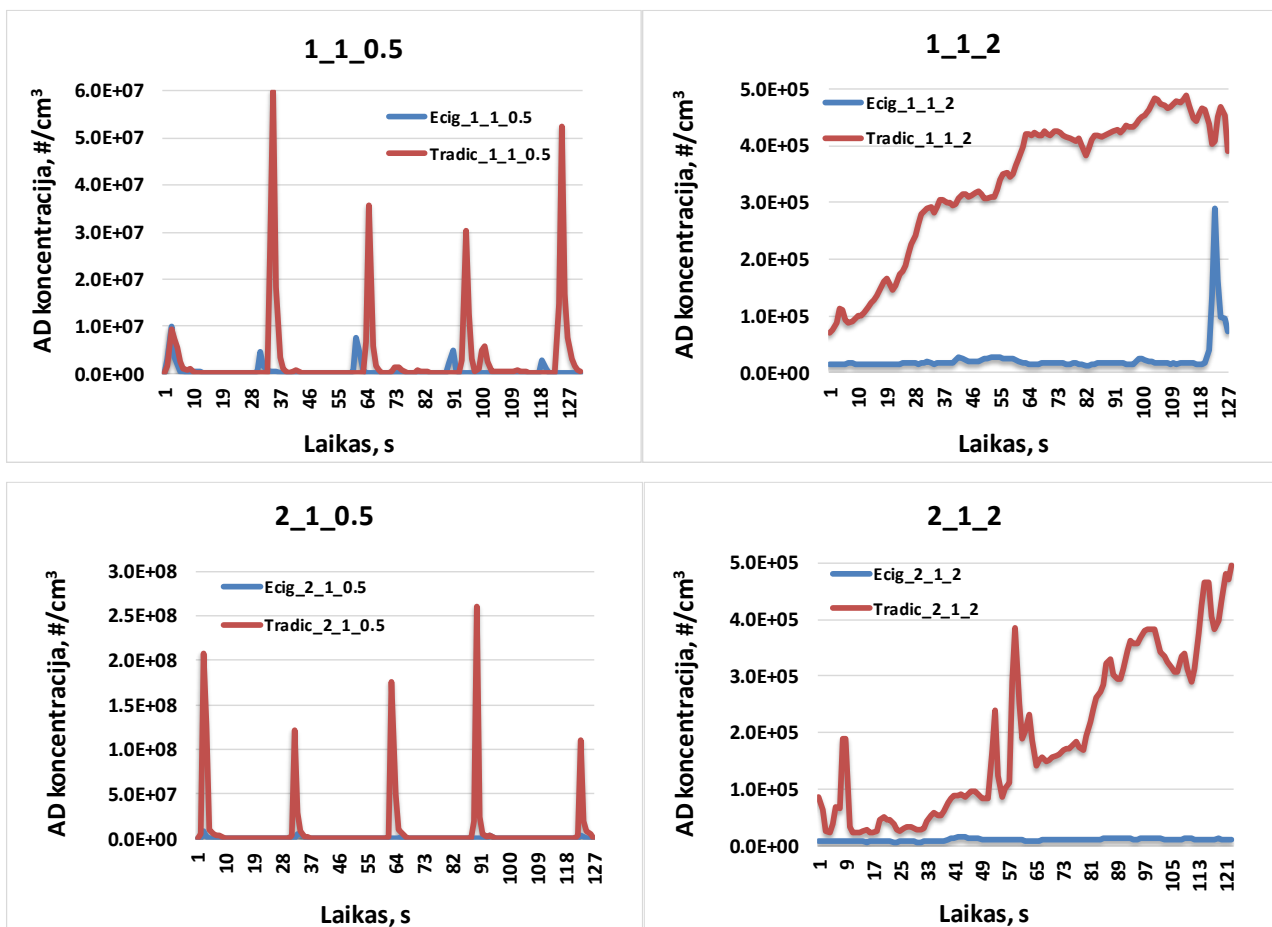
Remiantis gautais tyrimo rezultatais pastebime, kad didžiausia duomenų sklaida, kai eksperimente dalyvauja savanoris Nr.3., rūkant tradicines cigaretes kai atstumas nuo manekeno 0,5 m variacijos koeficientas lygus $6,43 \times 10^1$, o garinant elektronines cigaretes – $8,23 \times 10^1$. Mažiausia duomenų sklaida, kai eksperimente dalyvauja savanoris Nr.1 atitinkamai $5,0 \times 10^1$ ir $5,99 \times 10^1$, kai eksperimente dalyvauja savanoris Nr.2 variacijos koeficientas rūkant tradicines cigaretes $5,97 \times 10^1$, o garinant elektronines cigaretes – $6,78 \times 10^1$. Dalyvaujant savanoriui Nr.3, kai atstumas nuo manekeno 0,5 m ties 57 ir 65 s pasiekama maksimali aerozolio dalelių koncentracija $1,34 \times 10^8$, kai rūkoma tradicinė cigaretė. Iš grafiko (žr. 16 pav.) matyti, kad „pikas“ užgožia kitus rezultatus, todėl tai galėjo lemti didelę variacijos koeficiento vertę. Taip pat savanoriui Nr.3 garinant elektronines cigaretes, pastebėta kad didžiausią variacijos koeficiento vertę galėjo įtakoti tai, kad maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore siekė $7,95 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, o minimali – $1,07 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$ t. y. 746 kartus mažesnė, todėl tai galėjo įtakoti didelę variacijos koeficiento vertę.

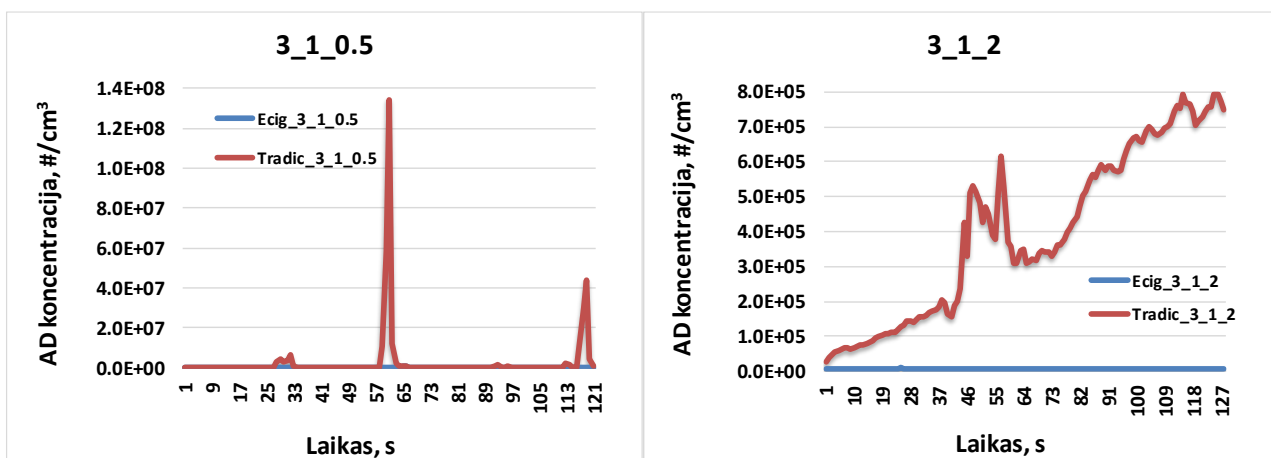
Kai atstumas nuo manekeno 2 m ir eksperimente dalyvauja savanoris Nr.1, rūkant tradicinę cigaretę pastebima mažiausia duomenų sklaida t. y. variacijos koeficientas $1,57 \times 10^1$, o didžiausia – $2,55 \times 10^1$, kai eksperimente dalyvauja savanoris Nr.3. Tačiau dalyvaujant savanoriui Nr.2 variacijos koeficiento vertė yra gaunama labai artima didžiausiai – $2,44 \times 10^1$. Garinant elektroninę cigaretę didžiausias variacijos koeficientas eksperimente dalyvaujant savanoriui Nr.1 – $6,06 \times 10^1$, mažiausia – $2,14 \times 10^1$, kai dalyvauja savanoris Nr.2, o dalyvaujant savanoriui Nr.3 – $3,16 \times 10^1$. Analizuojant duomenis pastebėta, kai eksperimento dalyvis Nr.1 garino elektroninę cigaretę pastebimas ryškus pikas tarp 118 ir 127 s (žr. 16 pav.), kai maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore padidėja iki $2,90 \times 10^5$.

Didėjant atstumui nuo manekeno variacijos koeficiento vertė vidutiniškai mažėja 2,5 – 3 kartus. Eksperimente dalyvaujant savanoriui Nr.1 ir garinant elektroninę cigaretę, kai atstumas 0,5 m variacijos koeficientas lygus $5,99 \times 10^1$, tačiau didėjant atstumui nuo manekeno t. y. iki 2 m variacijos koeficientas padidėjo 1,01 karto t. y. $6,06 \times 10^1$. Lyginant duomenis gautus esant 2 ir 0,5 m atstumui pastebėta, kad garinant elektronines cigaretes ar rūkant tradicines cigaretes mažiausia variacijos koeficiento vertė

nustatyta esant 2 m atstumui (žr. 5 lent.). Variacijos koeficientas buvo mažesnis, kai atstumas nuo manekeno buvo 2 m, nes nebuvo tokių didelių koncentracijų šuolių, ir tuo pačiu dalelės tolygiau pasiskirstė kambaryje, tam įtakos turėjo patalpos vėdinimas.

Atliktas Mann Whitney U testas, kurio metu nustatyta, kad skirtumas tarp elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos patalpos ore yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).





16 pav. Aerosolio dalelių emisijos iš elektroninių ir tradicinių cigarečių kitimas laike ir erdvėje (savanorio numeris_oro apykaita_atstumas nuo manekeno pvz.: 1_1_0,5)

3.2. Tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerosolio dalelių emisijos kitimas laike ir erdvėje

Grafikų pavadinimai (žr. 17 pav.) sudaryti pagal šią seką: savanorių skaičius_oro apykaita_atstumas nuo manekeno. Eksperimento metu buvo keičiamas drėgmės kiekis (30 arba 70 %) ir atstumas nuo manekeno (atstumas 0,5 arba 2 m). Eksperimento dalyvių skaičius buvo pastovus – 1 savanoris. 17-ame paveikslėlyje (žr. 17 pav.) pateiktas aerosolio dalelių koncentracijos kitimas laike ir erdvėje kaitinant TKS. 6-oje lentelėje (žr. 6 lent.) pateikta aprašomoji TKS generuojamos aerosolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.

Kaitinant TKS maksimali generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore, kai drėgmės kiekis 30 %, oro apykaita 1 h^{-1} ir atstumas nuo manekeno 0,5 m siekė $8,80 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, o kai drėgmės kiekis 70 % aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore sumažėja iki $1,89 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$. Minimali koncentracija atitinkamai $6,25 \times 10^2 \text{ \#/cm}^3$ ir $2,60 \times 10^1 \text{ \#/cm}^3$. Esant 2 m atstumui nuo manekeno, kai drėgmės kiekis 30 % maksimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore naudojant TKS – $5,22 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, kai drėgmės kiekis 70 % – $1,13 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$. Minimali koncentracija atitinkamai $8,82 \times 10^1 \text{ \#/cm}^3$ ir $7,60 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$. Lyginant TKS generuojamą aerosolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal drėgmę matyti, kad esant 70 % drėgmei, kai atstumas nuo manekeno 0,5 ar 2 m, maksimali koncentracija 4,6 karto mažesnė nei esant 30 % drėgmei. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad didėjant atstumui nuo manekeno bei drėgmės kiekiui maksimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Tačiau matyti, kad minimali aerosolio dalelių koncentracija esant 30 % drėgmei ir 0,5 m atstumui nuo manekeno yra 24 kartus didesnė nei esant 70 %, tačiau kai atstumas nuo manekeno 2 m aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore 86 kartus mažesnė nei esant 70 %. Analizuojant TKS generuojamo aerosolio dalelių koncentracijos patalpos ore priklausomybę nuo atstumo nustatyta, kad esant 30 % drėgmei ir 0,5 m atstumui nuo manekeno maksimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore yra 17 kartų didesnė nei esant 2 m atstumui. Minimali aerosolio dalelių koncentracija esant 0,5 m atstumui 7 kartus didesnė nei esant 2 m atstumui. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad didėjant atstumui nuo manekeno minimali ir maksimali aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Esant 70 % drėgmei ir 0,5 m atstumui nuo manekeno TKS generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore yra 16 kartų didesnė nei esant 2 m atstumui, tačiau minimali aerosolio koncentracija esant 0,5 m atstumui 290 kartų mažesnė nei esant 2 m atstumui. Remiantis pateiktais duomenimis matyti, kad didėjant atstumui nuo manekeno maksimali TKS generuojama aerosolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja, tačiau minimali koncentracija didėja.

Analizuojant TKS generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos aplinkos ore priklausomybę nuo drėgmės kiekio pagal medianą matyti, kad esant 30 % drėgmei, oro apykaitai 1 h^{-1} ir 0,5 m atstumui nuo manekeno lygi $3,88 \times 10^4 \pm 1,31 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, kai drėgmės kiekis 70 % sumažėjo iki 1,92 karto t. y. $2,02 \times 10^4 \pm 2,28 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$. Kai atstumas nuo manekeno 2 m ir esant 30 % drėgmei aerozolio dalelių koncentracija pagal medianą lygi $6,30 \times 10^4 \pm 5,56 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, o esant 70 % drėgmei padidėja 1,02 karto t. y. $6,54 \times 10^4 \pm 2,97 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Analizuojant TKS generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos patalpos ore priklausomybę nuo atstumo nuo manekeno, pagal medianą pastebėta, kad esant 30 % drėgmei ir 0,5 m aerozolio dalelių koncentracija 1,6 karto mažesnė nei esant 2 m atstumui. Kai drėgmės kiekis 70 % esant 0,5 m atstumui nuo manekeno aerozolio dalelių koncentracija sumažėjo 3,2 karto nei esant 2 m atstumui. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad didėjant atstumui nuo manekeno TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal medianą didėja.

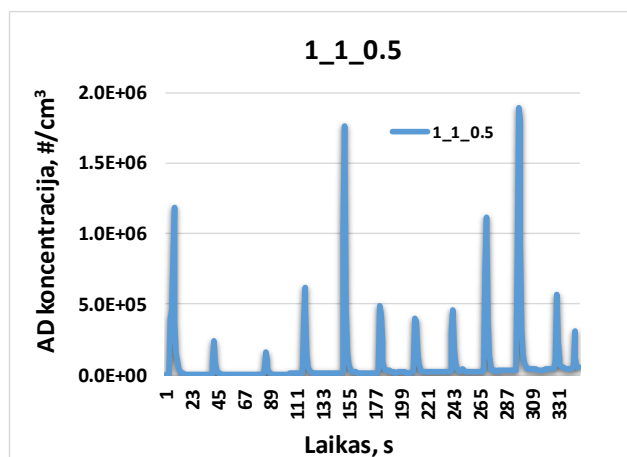
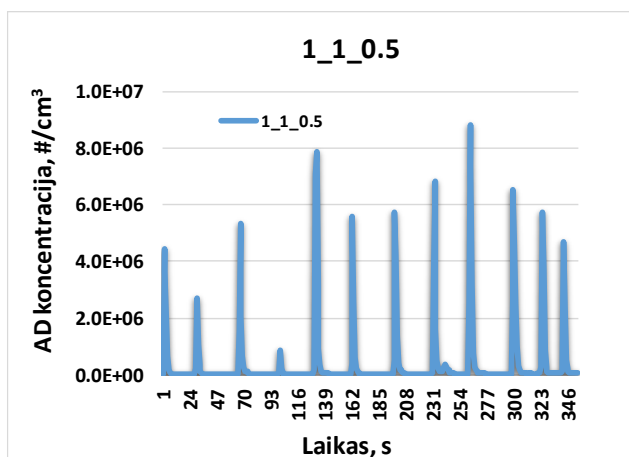
Maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpų ore kaitinat TKS, kai oro apykaita $0,5 \text{ h}^{-1}$, drėgmės kiekis – 30 % ir atstumas nuo manekeno 0,5 m yra $1,30 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, esant 2 m atstumui ir 70 % drėgmei užfiksuojama 142 kartus mažesnė – $9,14 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Minimali vertė atitinkamai esant 0,5 m atstumui ir 30 % drėgmei – $1,03 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas 2 m ir 70 % drėgmė – $2,28 \times 10^2 \text{ \#/cm}^3$ t. y. 4,5 karto mažesnė. (žr. 6 lent.). Remiantis pateiktais duomenimis matyti, kad didėjant atstumui nuo manekeno ir drėgmės kiekiui TKS generuojama maksimali ir minimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal medianą kai drėgmės kiekis 30 %, oro apykaita $0,5 \text{ h}^{-1}$ ir 0,5 m atstumas nuo manekeno lygi $1,92 \times 10^4 \pm 1,16 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, kai drėgmės kiekis 70 % padidėjo 2,3 kartus t. y. iki $4,43 \times 10^4 \pm 3,03 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal medianą didėjant atstumui nuo manekeno ir drėgmės kiekiui didėja.

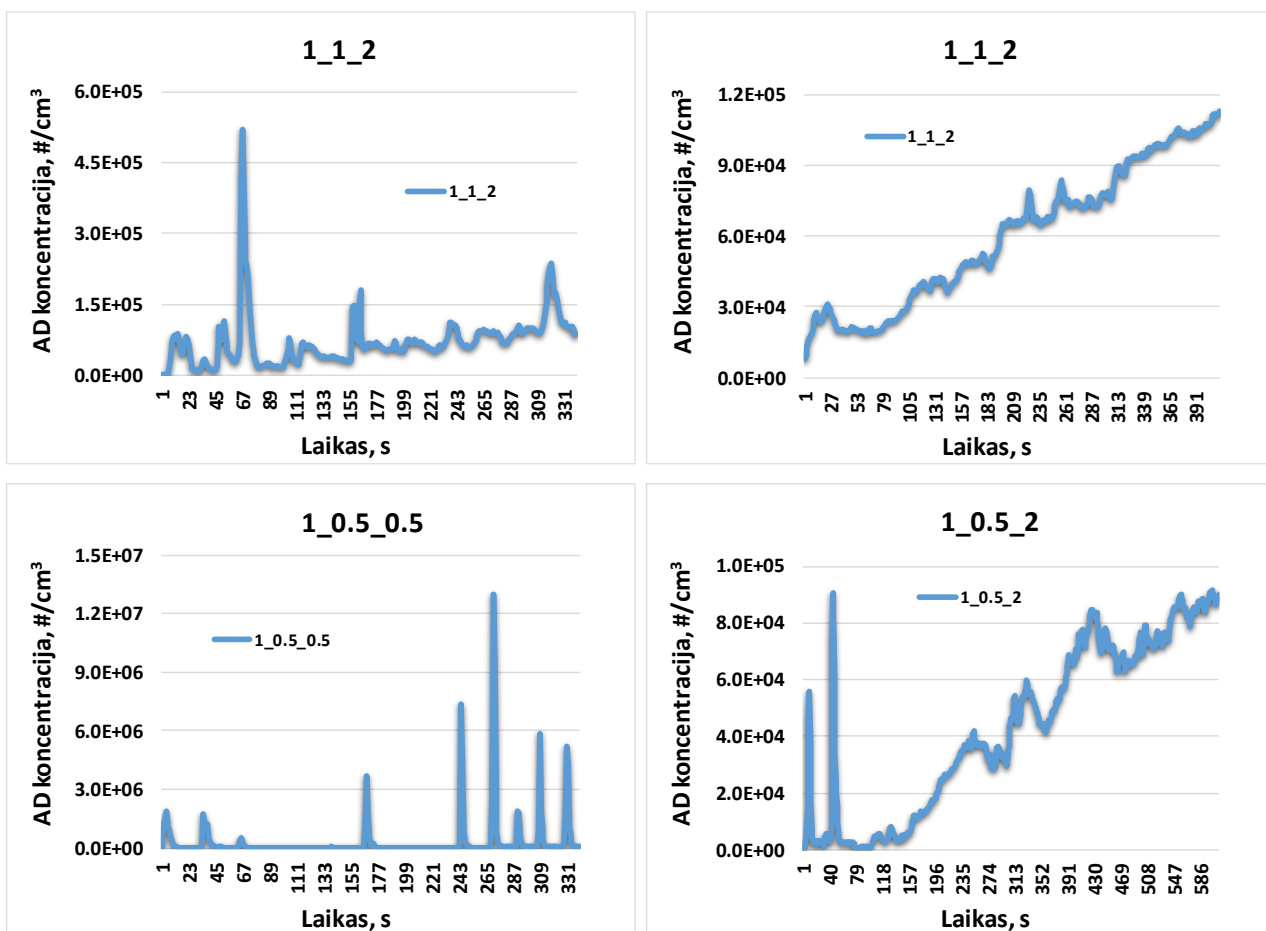
Lyginant anksčiau pateiktus duomenis pagal oro apykaitos koeficientą pastebėta, kad esant 30 % drėgmei, kai oro apykaitai $0,5 \text{ h}^{-1}$ ir atstumas nuo manekeno 0,5 m maksimali TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore 1,5 karto didesnė nei esant 1 h^{-1} . Minimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore didėjant oro apykaitai intervale nuo 0,5 iki 1 h^{-1} sumažėjo 1,6 karto. Iš pateiktų duomenų matyti, kad didėjant oro apykaitos koeficientui, esant 0,5 m atstumui nuo manekeno, bei 30 % drėgmei TKS generuojama minimali ir maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Analizuojant duomenis pagal medianą pastebėta, kad kai oro apykaitai 1 h^{-1} aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal medianą 2 kartus didesnė nei esant $0,5 \text{ h}^{-1}$. Tačiau lyginant TKS generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal medianą – didėja. Lyginant duomenis pagal oro apykaitos koeficientą kai drėgmės kiekis 70 % pastebėta, kad esant oro apykaitai $0,5 \text{ h}^{-1}$ ir 2 m atstumui nuo manekeno, maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore 1,2 karto mažesnė nei

esant 1 h^{-1} , o minimali buvo 33 kartus mažesnė. Analizuojant TKS generuojamą aerozolio dalelių koncentracija aplinkos ore pagal medianą pastebėta, kad didėjant oro apykaitai nuo $0,5$ iki 1 h^{-1} aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore padidėjo 1,5 karto. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis matyti, kad didėjant oro apykaitos koeficientui ir esant 2m atstumui nuo manekeno, bei 70 % drėgmei TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal minimalią, maksimalią ir medianos vertę didėja.

Remiantis gautais duomenimis pastebėta, kad esant 30 % drėgmei ir 2 m atstumui nuo manekeno, kai oro apykaita 1 h^{-1} , variacijos koeficientas lygus $7,87 \times 10^{-1}$ ir yra 3,9 karto mažesnis nei esant $0,5$ m atstumui t. y. 3,05. Esant 70 % drėgmei variacijos koeficientas, kai atstumas nuo manekeno $0,5 \text{ m}$ lygus 2,81, o esant 2 m atstumui 5,7 kartus mažesnė – $4,94 \times 10^{-1}$. Remiantis pateiktais duomenimis pastebėta, kad didėjant atstumui nuo manekeno duomenų sklaida mažėja. Analizuojant variacijos koeficiento priklausomybę nuo drėgmės kiekio pastebėta, kad esant $0,5 \text{ m}$ atstumui nuo manekeno, oro apykaita 1 h^{-1} ir 30 % drėgmei variacijos koeficientas lygus 3,05 ir tai yra 1,1 karto didesnis nei esant 70 % drėgmei t. y. 2,81. Kai atstumas nuo manekeno 2 m – variacijos koeficientas $7,87 \times 10^{-1}$ t. y. 1,6 karto didesnis esant 70 % drėgmei t. y. $4,94 \times 10^{-1}$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad didėjant drėgmės kiekiui duomenų sklaida mažėja. Analizuojant variacijos koeficiento priklausomybę nuo oro apykaitos koeficiento matyti, kad esant 30 % drėgmei, $0,5 \text{ m}$ atstumui nuo manekeno ir oro apykaitai $0,5 \text{ h}^{-1}$ variacijos koeficientas lygus 3,86, kai oro apykaita 1 h^{-1} variacijos koeficientas yra 1,3 karto mažesnis t. y. sumažėjo iki 3,05. Esant 70 % drėgmei, 2 m atstumui nuo manekeno ir oro apykaitai $0,5 \text{ h}^{-1}$ – variacijos koeficientas $6,97 \times 10^{-1}$, o kai oro apykaita 1 h^{-1} variacijos koeficientas 1,4 kartus mažesnis ir siekė $4,94 \times 10^{-1}$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad didėjant oro apykaitos koeficientui variacijos koeficiento vertė mažėja.

Atliktas Mann Whitney U testas, kurio metu nustatyta, kad skirtumas tarp TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore, esant skirtingoms eksperimento sąlygoms yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).





17 pav. Aerosolio dalelių koncentracijos kitimas laike ir erdvėje kaitinant tabako kaitinimo sistemą. Kairėje pusėje pateikti grafikai esant 30 % drėgmei, o dešinėje esant 70 % drėgmei (savanorių skaičius_oro apykaita_atstumas nuo manekeno pvz.: 1_0,5_0,5)

Analizuojant lentelėse pateiktus duomenis (žr. 5 ir 6 lent.) pastebima, kad standartinio nuokrypio vertė apskaičiuota didesnė nei vidurkis ir mediana. Kadangi analizuojama visa pasirinkta duomenų imtis t. y. analizuojami duomenys, kurie gauti eksperimento dalyviams išpučiant aerosolį elektroninių, tradicinių cigarečių ar TKS vartojimo metu ir tarp išpūtimų. Pastebėta, kad tai galėjo įtakoti didesnę standartinio nuokrypio vertę.

5 lentelė. Aprašomoji elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamos aerozolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.

	Vidurkis	Mediana	Variacijos koeficientas	Standartinis nuokrypis	5 procentilis	95 procentilis	Minimali verte	Maksimali verte
Ecig_1_1_0.5	1.22E+06	6.92E+04	5.99E+01	4.11E+06	4.99E+04	7.31E+06	4.69E+04	3.16E+07
Ecig_1_1_2	4.97E+04	3.42E+04	6.06E+01	6.26E+04	2.73E+04	8.10E+04	2.42E+04	7.04E+05
Ecig_2_1_0.5	1.22E+06	3.21E+04	6.78E+01	4.26E+06	1.74E+04	7.98E+06	1.34E+04	3.03E+07
Ecig_2_1_2	2.53E+04	2.47E+04	2.14E+01	9.11E+03	1.26E+04	4.20E+04	1.16E+04	5.31E+04
Ecig_3_1_0.5	2.04E+05	1.64E+04	8.23E+01	9.27E+05	1.17E+04	5.16E+05	1.07E+04	7.95E+06
Ecig_3_1_2	2.09E+04	1.99E+04	3.16E+01	4.36E+03	1.72E+04	3.03E+04	1.65E+04	4.48E+04
Tradic_1_1_0.5	4.46E+06	3.99E+05	5.00E+01	1.27E+07	2.77E+04	2.50E+07	2.02E+04	8.58E+07
Tradic_1_1_2	6.72E+05	7.70E+05	1.57E+01	2.40E+05	1.91E+05	9.28E+05	1.38E+05	9.54E+05
Tradic_2_1_0.5	1.17E+07	3.20E+05	5.97E+01	4.40E+07	1.09E+05	5.53E+07	2.33E+04	3.03E+08
Tradic_2_1_2	3.22E+05	2.68E+05	2.44E+01	2.54E+05	3.19E+04	7.56E+05	2.76E+04	8.96E+05
Tradic_3_1_0.5	3.70E+06	9.84E+04	6.43E+01	1.72E+07	2.40E+04	1.50E+07	2.12E+04	1.60E+08
Tradic_3_1_2	6.69E+05	6.11E+05	2.55E+01	4.06E+05	5.99E+04	1.26E+06	3.89E+04	1.32E+06

6 lentelė. Aprašomoji tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių emisijos patalpos ore statistinė analizė.

	Drėgmės kiekis	Vidurkis	Mediana	Variacijos koeficientas	Standartinis nuokrypis	5 procentilis	95 procentilis	Minimali verte	Maksimali verte
TK_1_0.5_0.5	30 %	3.00E+05	1.92E+04	3.86E+00	1.16E+06	1.60E+03	1.46E+06	1.03E+03	1.30E+07
TK_1_1_0.5		4.29E+05	3.88E+04	3.05E+00	1.31E+06	2.19E+03	3.13E+06	6.25E+02	8.80E+06
TK_1_1_2		7.07E+04	6.30E+04	7.87E-01	5.56E+04	1.35E+04	1.56E+05	8.82E+01	5.22E+05
TK_1_0.5_2	70 %	4.34E+04	4.43E+04	6.97E-01	3.03E+04	1.71E+03	8.68E+04	2.28E+02	9.14E+04
TK_1_1_0.5		8.10E+04	2.02E+04	2.81E+00	2.28E+05	1.56E+03	4.17E+05	2.60E+01	1.89E+06
TK_1_1_2		6.02E+04	6.54E+04	4.94E-01	2.97E+04	1.96E+04	1.05E+05	7.60E+03	1.13E+05

3.3. Tradicinių ir elektroninių cigarečių, tabako kaitinimo sistemos palyginamasis vertinimas

18 paveikslėlyje (žr. 18 pav.) Pateikti grafikai, kurie gauti lyginant aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore, susidarančią vartojant tabako kaitinimo sistemą, tradicines ir elektronines cigaretes, pagal medianą, vidurkį, variacijos koeficientą, standartinį nuokrypį, 5 ir 95 procentilį, minimalią ir maksimalią vertę.

Iš žemiau pateikto dėžės–ūso grafiko matyti, kad tradicinių cigarečių maksimali vidutinė aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore yra $1,17 \times 10^7 \pm 4,40 \times 10^7 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $1,22 \times 10^6 \pm 4,26 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o TKS – $4,29 \times 10^5 \pm 1,31 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$. TKS generuoja 27 kartus mažesnę vidutinę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore nei tradicinės cigaretės ir 2,9 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Pagal medianą – atitinkamai tradicinių cigarečių $2,19 \times 10^6 \pm 4,34 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $1,27 \times 10^5 \pm 5,95 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o TKS – $7,58 \times 10^4 \pm 1,61 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuoja 29 kartus mažesnę vidutinę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore nei tradicinės cigaretės ir 1,7 karto mažesnę nei elektroninės cigaretės. Lyginant tradicines cigaretes, elektronines cigaretes ir tabako kaitinimo sistemą pagal generuojamą vidutinę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal minimalią vertę pastebėta, kad TKS – $4,34 \times 10^5 \pm 3,03 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$ generuoja 7,4 kartus mažesnę emisiją nei tradicinės cigaretės – $3,22 \times 10^4 \pm 2,54 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir 2 kartus didesnę nei elektroninės cigaretės – $2,09 \times 10^4 \pm 4,36 \times 10^3 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad TKS generuoja mažesnę vidutinę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore.

Maksimali medianos vertė, kuri nustatyta pagal tradicinių cigarečių generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore lygi $7,70 \times 10^5 \pm 2,40 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $6,92 \times 10^4 \pm 4,11 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o TKS – $6,54 \times 10^4 \pm 2,97 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Maksimali TKS medianos vertė yra 12 kartų mažesnė nei tradicinių cigarečių ir 1,1 kartą mažesnė nei elektroninių cigarečių. Taip pat iš dėžės–ūso grafiko matyti kad, medianos vertė pagal 50 procentilį atitinkamai tradicinių – $3,60 \times 10^5 \pm 2,43 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $2,84 \times 10^4 \pm 1,91 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir TKS – $4,16 \times 10^4 \pm 2,00 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Šiuo atveju TKS medianos vertė pagal 50 procentilį yra 9 kartus mažesnė nei tradicinių cigarečių ir 1,5 karto didesnė nei elektroninių cigarečių. Lyginant gautus duomenis pagal minimalią medianos vertę pastebėta, kad TKS generuoja – $1,92 \times 10^4 \pm 1,16 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir t. y. 5,1 kartą mažesnę nei tradicinės cigaretės – $9,84 \times 10^4 \pm 1,72 \times 10^7 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir 1,2 karto didesnę nei elektroninės cigaretės – $1,64 \times 10^4 \pm 9,27 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad elektronines cigaretes generuoja mažesnę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal medianą.

Maksimali TKS standartinio nuokrypio vertė lygi $1,31 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,26 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$, tradicinių cigarečių – $4,4 \times 10^7 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Lyginant elektronines, tradicines cigaretes ir TKS pagal maksimalią standartinio nuokrypio vertę pastebėta, kad TKS nustatyta standartinio nuokrypio vertė 33,6 kartus mažesnė nei tradicinių cigarečių ir 3,3 kartus mažesnė nei elektroninių cigarečių. Tradicinių cigarečių standartinio nuokrypio vertė pagal medianą lygi $6,53 \times 10^6 \pm 1,71 \times 10^7 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,95 \times 10^5 \pm 2,06 \times 10^6 \text{ \#}/\text{cm}^3$ o TKS – $1,42 \times 10^5 \pm 5,98 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Šiuo atveju TKS standartinio nuokrypio vertė pagal medianą yra 46 kartus mažesnė nei tradicinių cigarečių ir 3,5 kartus mažesnė nei elektroninių cigarečių. Lyginant duomenis pagal minimalią standartinio nuokrypio vertę pastebėta, kad TKS vertė – $2,97 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$ yra 8 kartus mažesnė nei tradicinių cigarečių – $2,40 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir 6,8 karto didesnė nei elektroninių cigarečių – $4,36 \times 10^3 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad apskaičiuota TKS standartinio nuokrypio vertė yra mažesnė nei elektroninių ir tradicinių cigarečių.

Iš pateikto grafiko matyti, kad maksimali tradicinių cigarečių variacijos koeficiento vertė lygi $6,43 \times 10$, elektroninių cigarečių – $8,23 \times 10$, o TKS – 3,86. Šiuo atveju pastebėta, kad maksimali elektroninių cigarečių variacijos koeficiento vertė yra 1,28 kartus didesnė nei tradicinių cigarečių, o TKS yra 21 kartą mažesnė nei elektroninių cigarečių. Pagal medianą elektroninių cigarečių variacijos koeficiento vertė – $6,03 \times 10 \pm 2,30 \times 10$, tradicinių cigarečių – $3,77 \times 10 \pm 2,06 \times 10^5$, ir TKS – $1,8 \pm 1,46$. Analizuojant gautus duomenis pastebėta, kad elektroninių cigarečių variacijos koeficiento vertė pagal medianą yra 1,6 kartus didesnė nei tradicinių cigarečių, o TKS yra 33,5 kartus mažesnė nei elektroninių cigarečių. Minimali tradicinių cigarečių variacijos koeficiento vertė $1,57 \times 10$, elektroninių cigarečių – $2,14 \times 10$, TKS – $4,94 \times 10^{-1}$. Lyginant šiuos duomenis pastebėta, kad minimali TKS apskaičiuota variacijos koeficiento vertė yra 31 kartą mažesnė nei tradicinių cigarečių ir 43 kartus mažesnė nei elektroninių cigarečių. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad variacijos koeficiento vertė yra mažesnė TKS, nei elektroninių ir tradicinių cigarečių.

Maksimali tradicinių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore pagal 5 procentilį $1,91 \times 10^5 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,99 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o TKS – $1,96 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuoja 9,8 kartus mažesnę aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore nei tradicinės cigaretės ir 2,5 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. 5 procentilio vertė pagal medianą TKS generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore – $1,95 \times 10^3 \pm 7,87 \times 10^3 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o tradicinių cigarečių $4,59 \times 10^4 \pm 6,55 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$ ir elektroninių cigarečių – $1,73 \times 10^4 \pm 1,45 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad TKS generuoja 23,6 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 8,9 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Mažiausia tradicinių cigarečių pasiekama 5 procentilio vertė $2,40 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$, elektroninių cigarečių – $1,17 \times 10^4 \text{ \#}/\text{cm}^3$, o TKS – $1,56 \times 10^3 \text{ \#}/\text{cm}^3$. Lyginant tradicinių, elektroninių cigarečių ir TKS generuojamą minimalią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal 5 procentilį

pastebėta, kad TKS generuoja 15,4 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 7,5 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad TKS pagal 5 procentilį generuoja mažiausią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore.

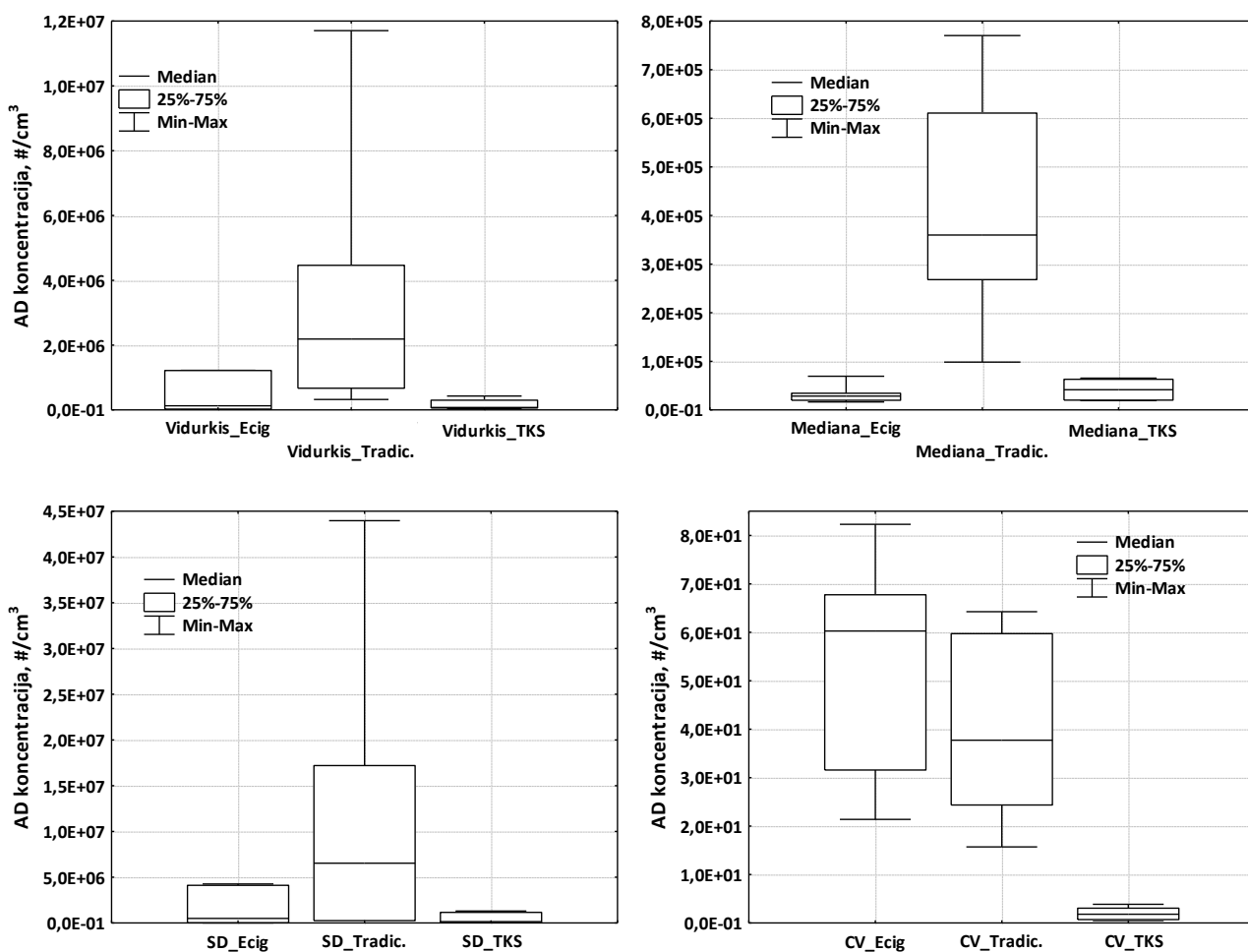
Pagal 95 procentilį maksimali tradicinių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore lygi $5,53 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $7,98 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $3,13 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$. Iš pateiktų duomenų matyti, kad TKS generuoja 17,7 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 2,55 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. 95 procentilio vertė pagal medianą tradicinių cigarečių – $8,12 \times 10^6 \pm 2,15 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $2,99 \times 10^5 \pm 3,87 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, TKS – $2,86 \times 10^5 \pm 1,21 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$. Šiuo atveju taip pat TKS generuoja 28,4 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 1,04 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Mažiausia tradicinių cigarečių pasiekiamą 95 procentilio vertė $7,56 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $3,03 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $8,68 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Lyginant tradicinių, elektroninių cigarečių ir TKS generuojamą minimalią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal 95 procentilį pastebėta, kad TKS generuoja 8,7 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 2,9 kartus didesnę nei elektroninės cigaretės. Iš pateiktų duomenų matyti, kad TKS pagal 95 procentilį generuoja mažiausią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore.

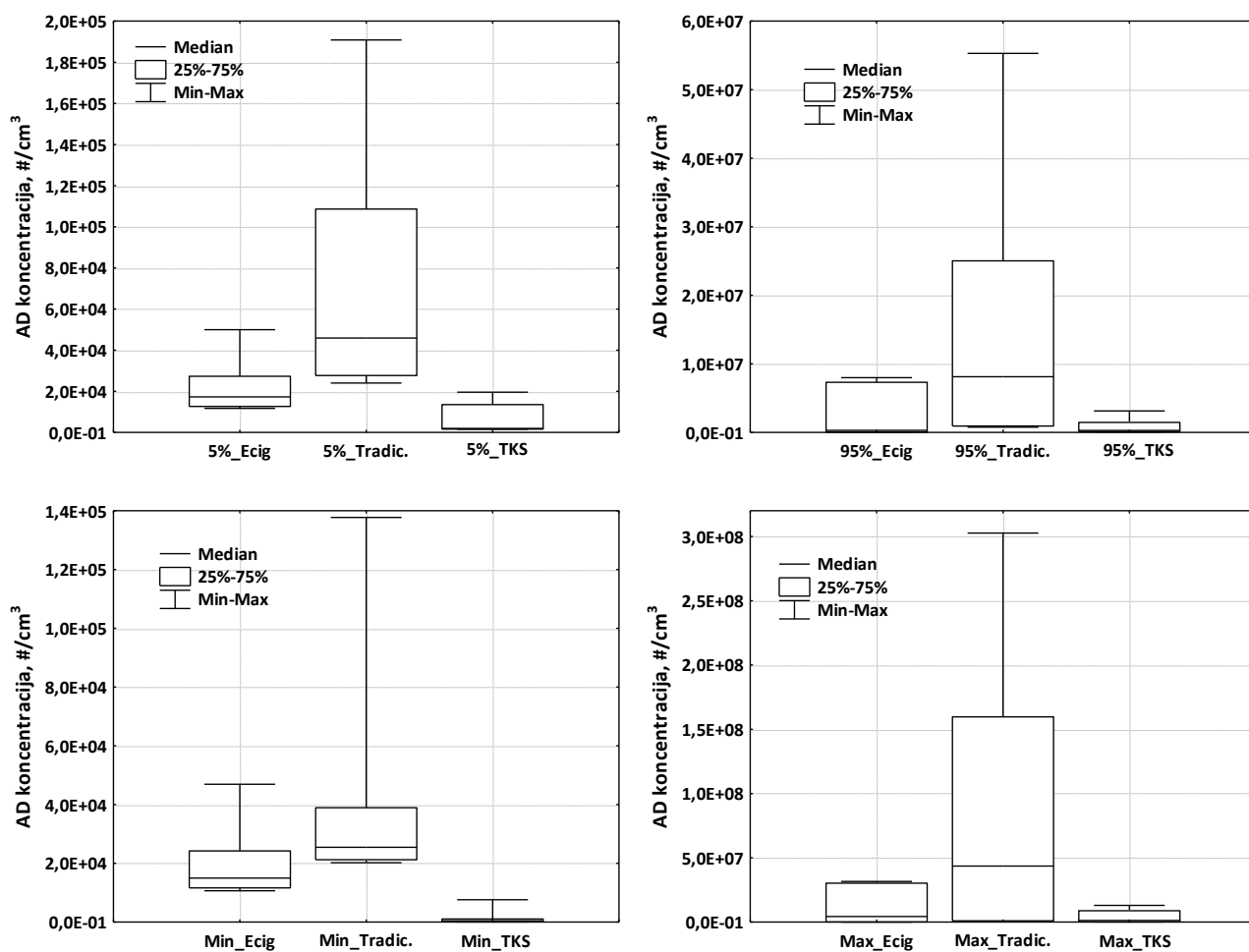
Didžiausia pasiekiamą maksimali tradicinių cigarečių aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore $3,03 \times 10^8 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $3,16 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $1,3 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuojama didžiausia maksimali aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore t. y. yra 23,3 kartus mažesnę nei tradicinių cigarečių ir 2,4 kartus mažesnę nei elektroninių cigarečių. Pagal medianą atitinkamai tradicinių cigarečių – $4,36 \times 10^7 \pm 1,21 \times 10^8 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,33 \times 10^6 \pm 1,51 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $1,21 \times 10^6 \pm 5,48 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$. Remiantis pateiktais duomenimis TKS generuoja 36 kartus mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 3,6 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Mažiausia maksimali tradicinių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore – $8,96 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,48 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $9,14 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuoja 9,8 kartų mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 2 kartus didesnę nei elektroninės cigaretės. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis pastebėta, kad TKS generuoja mažiausią maksimalią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore.

Didžiausia minimali tradicinių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore $1,38 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $4,69 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$ ir TKS – $7,60 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuoja 18,1 kartą mažesnę didžiausią minimalią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore nei tradicinės cigaretės ir 6,2 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Pagal medianą atitinkamai tradicinių cigarečių – $2,54 \times 10^4 \pm 4,60 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $1,5 \times 10^4 \pm 1,38 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$ ir TKS – $4,26 \times 10^2 \pm 2,96 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$. Remiantis šiais duomenimis TKS generuoja 60 kartų mažesnę nei tradicinės

cigaretės ir 35 kartus mažesnę nei elektroninės cigaretės. Mažiausia minimali tradicinių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore – $2,02 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, elektroninių cigarečių – $1,07 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $2,60 \times 10^1 \text{ \#/cm}^3$. Šiuo atveju TKS generuoja 780 kartų mažesnę nei tradicinės cigaretės ir 400 kartų mažesnę nei elektroninės cigaretės. Iš pateiktų duomenų matyti, kad TKS generuoja mažiausią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore pagal minimalią vertę.

Išanalizavus duomenis pastebėta, kad TKS generuoja mažiausią aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore lyginant su tradicinėmis ir elektroninėmis cigaretėmis. Atliktas Mann Whitney u testas, kurio metu nustatyta, kad skirtumas tarp elektroninių, tradicinių cigarečių ir TKS generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos patalpos ore esant vienodoms sąlygoms yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).

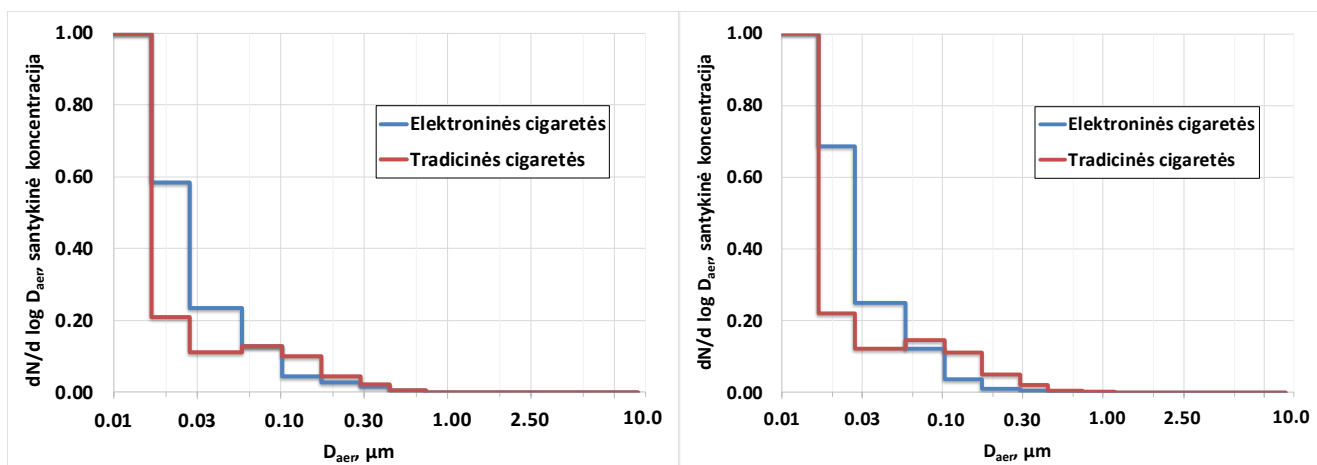




18 pav. Elektroninių, tradicinių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių emisijos patalpos ore palyginimas

3.4. Elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį

19 paveikslėlyje (žr. 19 pav.) pavaizduotas elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį patalpos ore, kai atstumas nuo manekeno 2 ir 0,5 m. Iš grafiko matyti, kad aerozolio dalelių santykinė koncentracija patalpos ore buvo nagrinėta 15-oje frakcijų intervale nuo 0,0165 iki 9,88 μm .



19 pav. Elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių pasiskirstymas pagal dydį patalpos ore (kairėje pusėje, kai atstumas nuo manekeno 0,5 m, o dešinėje – 2 m)

Iš 19 paveikslėlyje (žr. 19 pav.) pateiktų grafikų matyti, kad elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamame aerozolyje, patalpos ore daugiausia aptinkama smulkios frakcijos dalelių. Analizuojant duomenis pastebėta, kad elektroninių cigarečių, kai atstumas nuo manekeno 0,5 ir 2 m, o tradicinių cigarečių – 0,5 m generuojamame aerozolyje aptiktų dalelių dydis patalpos ore svyravo intervale nuo 0,0165 iki 1,5 μm . Tradicinių cigarečių, kai atstumas nuo manekeno 2 m aptiktų dalelių dydis patalpos ore svyravo intervale nuo 0,0165 iki 0,944 μm . Pastebėta, kad elektroninių cigarečių generuojamame aerozolyje, kai atstumas nuo manekeno 0,5 ir 2 m buvo aptikta ir 9,88 μm dydžio dalelių. Atsižvelgiant į pateiktus duomenis nustatyta, kad elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamame aerozolyje patalpos ore daugiausiai aptinkama 0,0165 μm dydžio dalelių, tačiau tai galėjo įtakoti dalelių krūvis ir kiti faktoriai. Mažiausiai aptikta dalelių tradicinių cigarečių generuojamame aerozolyje patalpos ore svyravo intervale nuo 2,38 iki 9,88 μm , o elektroninių cigarečių intervale nuo 2,38 iki 6,66 μm dydžio dalelių.

Lyginant elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamą aerosolį pagal dalelių dydį patalpos ore nustatyta, kad elektroninių cigarečių generuojamame aerosolyje daugiau aptikta mažesnių dalelių, kurių dydis patalpos ore svyravo nuo 0,0272 iki 0,0545 μm lyginant su tradicinėmis cigaretėmis. Tradicinių cigarečių generuojamame aerosolyje daugiau aptikta didesnių dalelių, kurių dydis patalpos ore svyravo nuo 0,0922 iki 0,944 μm lyginant su elektroninėmis cigaretėmis.

IŠVADOS

1. Literatūros analizėje apžvelgiama elektroninių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos vartojimo paplitimas, veikimo principas, poveikis žmonių sveikatai ir patalpų oro kokybei. Atlikus literatūros šaltinių analizę nustatyta, kad elektroninės cigaretės sukelia mažesnę poveikį patalpų oro kokybei ir žmonių sveikatai lyginant su tradicinėmis cigaretėmis. Remiantis atliktais tyrimais nustatyta, kad tabako kaitinimo sistemos generuoja 90 % mažiau HPHC lyginant su tradicinėmis cigaretėmis, todėl sukelia mažesnę poveikį patalpų oro kokybei ir potencialiai žmonių sveikatai.
2. Lyginant elektroninių ir tradicinių cigarečių generuojamo aerozolio pasiskirstymą pagal dalelių dydį patalpos ore nustatyta, kad elektroninių cigarečių aerozolyje daugiau aptikta mažesnių dalelių, kurių dydis kito intervale nuo 27,2 iki 54,5 nm, lyginant su tradicinių cigarečių aerozoliu. Tradicinių cigarečių sugeneruotame aerozolyje didžioji dalis dalelių patalpos ore taip pat buvo submikrometrinio dydžio, tačiau šiek tiek didesnės lyginant su elektroninių cigarečių aerozoliu (dydis kito intervale nuo 92,2 iki 944 nm).
3. Įvertinus elektroninių cigarečių generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos patalpos ore kitimą erdvėje ir laike nustatyta, kad didėjant atstumui nuo manekeno aerozolio dalelių koncentracija mažėja. Tai galėjo sąlygoti aerozolio garavimas, taip pat esant 2 m atstumui nuo manekeno didžiosios dalelės nusėda, mažesnės gali absorbuotis/sėsti ant paviršių, o dalis pasišalina su ventiliacija.
Nustatyta, kad esant 0,5 m atstumui vidutinė elektroninių cigarečių generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore siekė $8,81 \times 10^5 \pm 5,86 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$. Kai atstumas buvo 2 m aerozolio dalelių koncentracija sumažėjo iki $3,20 \times 10^4 \pm 1,55 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$. Taip pat nustatyta, kad aerozolio dalelių koncentracija priklauso nuo skirtingo savanorių rūkymo topografijos t. y. rūkymo intervalas, iškvėpimo laikas, inhaliacijos tūris ir gylis.
4. Tabako kaitinimo sistemos generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore didėjant drėgmės kiekiui mažėjo. Didelis drėgmės kiekis skatina aerozolio dalelių sukibimą ir koaguliaciją, tai galėjo lemti mažesnę aerozolio dalelių koncentraciją. Nustatyta, kad esant 30 % drėgmei tabako kaitinimo sistemos generuojama vidutinė aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore siekė $2,66 \times 10^5 \pm 1,81 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, kai drėgmės kiekis 70 % koncentracija sumažėjo iki $6,16 \times 10^4 \pm 1,88 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$.

Didėjant oro apykaitai tabako kaitinimo sistemos generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore didėjo, dėl oro pernašos. Nustatyta, kad esant oro apykaitai 1 h^{-1} tabako kaitinimo

sistemos generuojama vidutinė aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore buvo $2,44 \times 10^5 \pm 2,60 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, kai oro apykaita $0,5 \text{ h}^{-1}$, aerozolio dalelių koncentracija sumažėjo iki $1,71 \times 10^5 \pm 1,81 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$.

Didėjant atstumui nuo manekeno tabako kaitinimo sistemos generuojama aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore mažėja. Tam įtakos turėjo ventiliacija, mažesnių dalelių absorbcija/sėdimas bei didelių dalelių sėdimas, taip pat iš dalies galėjo turėti įtakos garavimas. Nustatyta, kad esant 0,5 m atstumui nuo manekeno tabako kaitinimo sistemos generuojama vidutinė aerozolio dalelių koncentracija patalpos ore siekė $2,55 \times 10^5 \pm 2,46 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, kai atstumas buvo 2 m koncentracija sumažėjo iki $6,54 \times 10^4 \pm 7,40 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$.

5. Palyginus elektroninių, tradicinių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos vartojimo metu generuojamą aerozolio dalelių koncentraciją patalpos ore nustatyta, kad elektroninių cigarečių vidutinė generuojama aerozolio dalelių koncentracija eksperimentinės patalpos ore siekė $4,56 \times 10^5 \pm 5,95 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$, tradicinių cigarečių – $3,59 \times 10^6 \pm 4,34 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$, o TKS – $1,64 \times 10^5 \pm 1,61 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$.

Nustatyta, kad tabako kaitinimo sistemos generuoja mažiausią vidutinę aerozolio dalelių koncentraciją patalpų ore lyginant su elektroninėmis ir tradicinėmis cigaretėmis.

Taip pat buvo atliktas Mann Whitney U testas, kurio metu nustatyta, kad skirtumas tarp elektroninių, tradicinių cigarečių ir tabako kaitinimo sistemos generuojamo aerozolio dalelių koncentracijos patalpų ore esant panašioms sąlygoms (tradicinių cigarečių atveju keitėsi savanoriai, o tabako kaitinimo sistemos – savanorių skaičius) yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).

LITERATŪRA

1. Haziza, C., de La Bourdonnaye, G., Merlet, S., Benzimra, M., Ancerewicz, J., Donelli, A. ir kt. (2016). Assessment of the reduction in levels of exposure to harmful and potentially harmful constituents in Japanese subjects using a novel tobacco heating system compared with conventional cigarettes and smoking abstinence: A randomized controlled study in confinement. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81, 489–499. doi:10.1016/j.yrtph.2016.09.014
2. Feigin, V. L., Roth, G. A., Naghavi, M., Parmar, P., Krishnamurthi, R., Chugh, S. ir kt. (2016). Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet Neurology*, 15:9, 913–924. doi:10.1016/S1474-4422(16)30073-4
3. Ruprecht, A.A., De Marco, C., Saffari, A., Pozzi, P., Mazza, R., Veronese, C. ir kt. (2017). Environmental pollution and emission factors of electronic cigarettes, heat-not-burn tobacco products, and conventional cigarettes. *Aerosol Science and Technology*, 51:6, 674–684. doi:10.1080/02786826.2017.1300231
4. Nayir, E., Karacabey, B., Kirca, O. ir Ozdogan, M. (2016). Electronic cigarette (e-cigarette). *Journal of Oncological Science*, 2, 16–20. doi:10.1016/j.jons.2016.04.001
5. Kaisar, A.H., Prasad, S., Liles, T. ir Cucullo, L. (2016). A decade of e-cigarettes: Limited research & unresolved safety concerns. *Toxicology*, 365, 67–75. doi:10.1016/j.tox.2016.07.020
6. O’Connell, G., Colard, S., Cahours, X. ir Pritchard, J.D. (2015). An assessment of indoor air quality before, during and after unrestricted use of e-cigarettes in a small room. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12, 4889–4907. doi:10.3390/ijerph120504889
7. Kruse, G.R., Kalkhoran, S. ir Rigotti, N.A. (2017). Use of Electronic Cigarettes Among U.S. Adults With Medical Comorbidities. *American Journal of Preventive Medicine*, 52(6), 798–804. doi:10.1016/j.amepre.2016.12.004
8. Goniewicz, M.L., Gawron, M., Nadolska, J., Balwicki, L. ir Sobczak, A. (2014). Rise in Electronic Cigarette Use Among Adolescents in Poland. *Journal of Adolescent Health*, 55, 713–715. doi:10.1016/j.jadohealth.2014.07.015

9. Delnevo, C.D., Giovenco, D.P., Steinberg, M.B., Villanti, A.C., Pearson, J.L., Niaura R.S. ir Abrams D.B. (2015). Patterns of electronic cigarette use among adults in the United States. *Nicotine & Tobacco Research*, 00(00), 1 –5. doi:10.1093/ntr/ntv237
10. Abidin, N.Z., Abidin, E.Z., Zulkifli, A., Karuppiah, K., Sharifah Norkhadjah, S.I. ir Nordin, A.S.A. (2017). Electronic cigarettes and indoor air quality: a review of studies using human volunteers. *Reviews on Environmental health*, 32(3), 235–244. doi:10.1515/reveh-2016-0059
11. Tayyarah, R. ir Long, G.A. (2014). Comparison of select analytes in aerosol from e –cigarettes with smoke from conventional cigarettes and with ambient air. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 70, 704–710. doi:10.1016/j.yrtph.2014.10.010
12. Offermann, F.J. (2015). Chemical emissions from e–cigarettes: Direct and indirect (passive) exposures. *Building and Environment*, 93, 101–105. doi:10.1016/j.buildenv.2015.03.012
13. Bekki, K., Uchiyama, S., Ohta, K., Inaba, Y., Nakagome, H. ir Kunugita, N. (2014). Carbonyl compounds generated from electronic cigarettes. *Int. J. Environ. Res. Public health*, 11, 11192 – 11200. doi:10.3390/ijerph111111192
14. Fromme, H. ir Schober, W. (2014). Waterpipes and e–cigarettes: impact of alternative smoking techniques on indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 106, 429–441. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.08.030
15. England, L.J., Bunnell, R.E., Pechacek, T.F., Tong, V.T. ir McAfee, T.A. (2015). Nicotine and the developing human: a neglected element in the electronic cigarette debate. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(2), 286–93. doi:10.1016/j.amepre.2015.01.015
16. Lyon, P.C. (2014). Electronic cigarettes: human health effects. *Tobacco Control*, 23, 36–40. doi:10.1136/tobaccocontrol-2013-051470
17. Etter, J.F., Zäther, E. ir Svensson, S. (2013). Analysis of refill liquids for electronic cigarettes. *Society for the Study of Addiction*, 108(9), 1671–1679. doi:10.1111/add.12235
18. Hussain, K., Hoque, R.R., Balachandran, S., Medhi, S., Ghaznavi Idris, M., Rahman, M. ir Liaquat Hussain, F. (2018). Monitoring and Risk Analysis of PAHs in the Environment. *Handbook of Environmental Materials Management*, 1–35. doi: 10.1007/978-3-319-58538-3_29-2
19. Marchand, C., Bulliot, B., Le Calve, S. ir Mirabel, Ph. (2006). Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). *Atmospheric Environment*, 40 (2006), 1336–1345. doi:10.1016/j.atmosenv.2005.10.027

20. Rovira, J., Roig, N., Nadal, M., Schuhmacher, M. ir Domingo, J.L. (2016). Human health risks of formaldehyde indoor levels: an issue of concern. *Journal of environmental science and health, part a*, 51(4), 357–363. doi:10.1080/10934529.2015.1109411
21. Hua, M. ir Talbot, P. (2016). Potential health effects of electronic cigarettes: A systematic review of case reports. *Preventive Medicine Reports*, 4, 169–178. doi:10.1016/j.pmedr.2016.06.002
22. Schober, W., Szendrei, K., Matzen, W., Osiander–Fuchs, H., Heitmann, D., Schettgen, T., Jorres, R.A. ir Fromme, H. (2013). Use of electronic cigarettes (e–cigarettes) impairs indoor air quality and increases FeNO levels of e–cigarette consumers. *International Journal of hygiene and Environmental health*, 217(6), 628–637. doi:10.1016/j.ijheh.2013.11.003
23. Colard, S., O’Connell, G., Verron, T., Cahours, X. ir Pritchard, J.D. (2015). Electronic cigarettes and indoor air quality: a simple approach to modeling potential bystander exposures to nicotine. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12, 282–299. doi:10.3390/ijerph120100282
24. Goniewicz, M.L., Knysak, J., Gawron, M., Kosmider, L., Sobczak, A. Kurek, J. ir kt. (2013). Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. *Tob Control*, 23(2), 133–9. doi:10.1136/tobaccocontrol–2012–050859
25. Tran, T.M. ir Kannan, K. (2015). Occurrence of cyclic and linear siloxanes in indoor air from Albany, New York, USA, and its implications for inhalation exposure. *Science of the Total Environment*, 511, 138–144. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.12.022
26. Fuoco, F.C., Buonanno, G., Stabile, L. ir Vigo, P. (2014). Influential parameters on particle concentration and size distribution in the mainstream of e–cigarettes. *Environmental Pollution*, 184, 523–529. doi:10.1016/j.envpol.2013.10.010
27. Philip Morris International. (2018). Science & Innovation. Heated Tobacco Products. [žiūrėta 2018–05–30]. Prieiga per internetą <https://www.pmi.com/smoke-free-products/iqos-our-tobacco-heating-system>
28. Tabuchi, T., Gallus, S., Shinozaki, T., Nakaya, T., Kunugita, N. ir Colwell, B. (2017). Heat–not–burn tobacco product use in Japan: its prevalence, predictors and perceived symptoms from exposure to secondhand heat–not–burn tobacco aerosol. *Tobacco Control*, 0, 1–9. doi:10.1136/tobaccocontrol–2017–053947

29. Liu, X., Lugo, A., Spizzichino, Tabuchi, T., Pacifici, R. ir Gallus, S. (2018). Heat –not –burn tobacco products: concerns from the Italian experience. *Tobacco Control*, 0, 1–2. doi: 10.1136/tobaccocontrol-2017-054054
30. Gilchrist, M. (2016). Tobacco Heating System 2.2, A Candidate Modified Risk Tobacco Product: Cardiovascular Disease Risk Assessment. *Global Forum on Nicotine*. [žiūrėta 2018–05–30]. Prieiga per internet: <https://www.pmisce.com/discover/research/see-our-latest-presentations/tobacco-heating-system-2.2-a-candidate-modified-risk-tobacco-product-cardiovascular-disease-risk-assessment>
31. Mitova, M.I., Campelos, P.B., Goujon –Ginglinger, C.G., Maeder, S., Mottier, N., Rouget E.G.R. ir kt. (2016). Comparison of the impact of the Tobacco heating System 2.2 and a cigarette on indoor air quality. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 80, 91–101. doi:10.1016/j.yrtph.2016.06.005
32. Smith, M.R., Clark, B., Ludicke, F., Schaller, J.P., Vanscheeuwijck, P., Hoeng, J. ir Peitsch, M.C. (2016). Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 1: Description of the system and the scientific assessment program. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S17–S26. doi:10.1016/j.yrtph.2016.07.006
33. Mottier, N., Tharin, M., Cluse, C., Crudo, J.R., Lueso, M.G., Goujon–Ginglinger C.G. ir kt. (2016). Validation of selected analytical methods using accuracy profiles to assess the impact of a Tobacco Heating System on indoor air quality. *Talanta*, 158, 165–178. doi:10.1016/j.talanta.2016.05.022
34. Shenzhen Jinjia Technologies Co., Ltd (2018). Hybrid vaping system. [žiūrėta 2018–05–30]. Prieiga per internetą: <http://www.jinjiatech.com/PRODUCTS/PRODUCTS/HybridVapingSystem>
35. Schaller, J.P., Keller, D., Poget, L., Pratte, P., Kaelin, E., McHugh, D. ir kt. (2016a). Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 2: Chemical composition, genotoxicity, cytotoxicity, and physical properties of the aerosol. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S27–S47. doi:10.1016/j.yrtph.2016.10.001
36. Ludicke, F., Baker, G., Maignette, J., Picavet, P. ir Weitkunat, R. (2016). Reduced exposure to harmful and potentially harmful smoke constituents with the tobacco heating system 2.1. *Nicotine & Tobacco Research*, 19(2), 168–175. doi:10.1093/ntr/ntw164
37. Haziza, C., de La Bourdonnaye, G., Skiada, D., Ancerewicz, J., Baker, G., Picavet, P. ir Ludicke, F. (2017). Biomarker of exposure level data set in smokers switching from conventional cigarettes to

- Tobacco heating System 2.2, continuing smoking or abstaining from smoking for 5 days. *Data in Brief*, 10, 283–293. doi:10.1016/j.dib.2016.11.047
38. Oviedo, A., Lebrun, S., Kogel, U., Ho, J., Tan, W.T., Titz, B. ir kt. (2016). Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 6: 90–day OECD 413 rat inhalation study with systems toxicology endpoints demonstrates reduced exposure effects of a mentholated version compared with mentholated and non –mentholated cigarette smoke. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S93–S122. doi:10.1016/j.yrtph.2016.11.004
 39. Wong, E.T., Kogel, U., Veljkovic, E., Martin, F., Xiang, Y., Boue, S. ir kt. (2016). Evaluation of the Tobacco heating System 2.2. Part 4: 90–day OECD 413 rat inhalation study with systems toxicology endpoints demonstrates reduced exposure effects compared with cigarette smoke. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S59–S81. doi:10.1016/j.yrtph.2016.10.015
 40. Sewer, A., Kogel, U., Talikka, M., Wong, E.T., Martin, F., Xiang, Y. ir kt. (2016). Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. (THS2.2.). Part 5: microRNA expression from a 90 –day rat inhalation study indicates that exposure to THS2.2 aerosol causes reduced effects on lung tissue compared with cigarette smoke. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S82–S92. doi:10.1016/j.yrtph.2016.11.018
 41. Poussin, C., Laurent, A., Peitsch, M.C., Hoeng, J. ir De Leon, H. (2016). Systems toxicology –based assessment of the candidate modified risk tobacco product THS2.2 for the adhesion of monocytic cells to human coronary arterial endothelial cells. *Toxicology* 339, 73–86. doi:10.1016/j.tox.2015.11.007
 42. Schaller, J.P., Pijnenburg, J.P.M., Ajithkumar, A. ir Tricker, A.R. (2016b). Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 3: Influence of the tobacco blend on the formation of harmful and potentially harmful constituents of the Tobacco Heating System 2.2. aerosol. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(2), S48–S58. doi:10.1016/j.yrtph.2016.10.016
 43. PMI Science. Philip Morris International. (2016). Levels of HPHCs measured in Platform 1 TKS [žiūrėta 2018–05–30]. Prieiga per internetą <https://www.pmiscience.com/science/platform-development/Platform-1-mainstream-aerosol-compared-to-reference-cigarette-smoke>
 44. Gillman, I.G., Kistler, K.A., Stewart, E.W. ir Paolantonio A.R. (2016). Effect of variable power levels on the yield of total aerosol mass and formation of aldehydes in e–cigarette aerosols. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 75, 58–65. doi:10.1016/j.yrtph.2015.12.019

45. Ciuzas, D., Prasauskas, T., Krugly, E., Sidaraviciute, R., Jurelionis, A., Seduikyte, L. ir kt. (2015). Characterization of indoor aerosol temporal variations for the real-time management of indoor air quality. *Atmospheric Environment*, 118, 107–117. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.07.044
46. Ciuzas, D., Prasauskas, T., Krugly, E., Jurelionis, A., Seduikyte, L. ir Martuzevicius, D. (2016). Indoor Air Quality Management by Combined Ventilation and Air Cleaning: An Experimental Study. *Aerosol and Air Quality Research*, 16, 2550–2559. doi: 10.4209/aaqr.2015.10.0577
47. Jurelionis, A., Gagyte, L., Prasauskas, T., Ciuzas, D., Krugly, E., Seduikyte, L. ir Martuzevicius, D. (2015). The impact of the air distribution method in ventilated rooms on the aerosol particle dispersion and removal: The experimental approach. *Energy and Buildings*, 86, 305–313. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.10.014
48. Jurelionis, A., Gagyte, L., Seduikyte, L., Prasauskas, T., Ciuzas, D. ir Martuzevicius, D. (2016). Combined air heating and ventilation increases risk of personal exposure to airborne pollutants released at the floor level. *Energy and Buildings*, 116, 263–273. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.01.011
49. Kliucininkas, L., Krugly, E., Stasiulaitiene, I., Radziuniene, I., Prasauskas, T., Jonusas, A. ir kt. (2014). Indoor-outdoor levels of size segregated particulate matter and mono/polycyclic aromatic hydrocarbons among urban areas using solid fuels for heating. *Atmospheric Environment*, 97, 83–93.
50. Stabile L., Cauda E., Marini S. ir Buonanno G. (2014). Metrological assessment of a portable analyzer for monitoring the particle size distribution of ultrafine particles. *Annals of Occupational Hygiene*, 58(7), 860–876. doi:10.1093/annhyg/meu025
51. Krugly, E., Martuzevicius, D., Sidaraviciute, R., Ciuzas, D., Prasauskas, T., Kauneliene, V. ir kt. (2014). Characterization of particulate and vapor phase polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air of primary schools. *Atmospheric Environment*, 82, 298–306. doi:10.1016/j.atmosenv.2013.10.042
52. Prasauskas, T., Martuzevicius, D., Krugly, E., Ciuzas, D., Stasiulaitie, I., Sidaraviciute, R. ir kt. (2014). Spatial and temporal variations of particulate matter concentrations in multifamily apartment buildings. *Building and Environment*, 76, 10–17. doi:10.1016/j.buildenv.2014.02.010