

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
REGIONŲ PLĖTROS INSTITUTAS

Gėnė Janina Pavloviėnė

PATALPŲ TARŠOS MIKROSKOPINIAIS GRYBAIS TYRIMAS

Magistro darbas

Gamtinių sistemų valdymo magistro studijų programa

Darbo vadovė: lekt. dr. Ilona Kerienė

2019, Šiauliai

TURINYS

ĮVADAS	3
1. MOKSLINĖS LITERATŪROS APŽVALGA	5
1.1. Mikroskopinių grybų vystymasis patalpų aplinkoje	5
1.1.1. Oro taršos ir aplinkos veiksniai	6
1.1.2. Teisiniai dokumentai reglamentuojantys biologinę taršą	7
1.2. Svarbiausios patogeninės mikroskopinių grybų gentys	7
1.3. Mikroskopinių grybų mikotoksinai	11
1.4. Vidaus oro kokybės kontrolė, prevencija ir visuomenės sąmoningumas	12
1.5. Mikroskopinių grybų mėginių ėmimo ir tyrimo metodai	13
2. TYRIMO OBJEKTAS IR METODAI	18
2.1. Tyrimo objektas	18
2.1.1. Tiriamųjų objektų charakteristika	18
2.2. Tyrimo metodika	20
2.2.1. Bulvių dekstrozės agarų mitybinės paruošimo metodika	21
2.2.2. Oro mėginių ėmimas ciklonine oro gaudykle	21
2.2.3. Patalpų oro tyrimas sedimentacijos metodu	22
2.2.4. Mikroskopinių grybų ant dulkių nustatymo metodas	22
2.2.5. Aflatoksinų nustatymas imunofermentinės analizės CD-ELISA metodu	22
3. REZULTATAI	24
3.1. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas maitinimo įstaigų ore ir dulkėse	24
3.2. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas mokymo įstaigų ore ir dulkėse	28
3.3. Aflatoksinų koncentracija patalpų dulkėse	34
3.4. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas individualių namų ore ir dulkėse	35
3.5. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas daugiabučių butų ore ir dulkėse	40
4. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	47
IŠVADOS	49
SANTRAUKA	50
SUMMARY	51
LITERATŪRA	52
PRIEDAI	60
41th Mycotoxin Workshop Lisabona May 06–08, 2019	60

ĮVADAS

Patalpų oro kokybė yra svarbi, nes suaugęs žmogus kasdien vidutiniškai įkvepia 14 m³ oro (Wamedo et al., 2013) ir apie 80 – 95% laiko praleidžia uždaroje, prastai vėdinamose patalpose (Meadow, 2014; Cabral, 2010). Kiekvienos patalpos ore ir ant įvairių paviršių yra įvairių bakterijų, mikrobu, mikroskopinių grybų. Šiuo metu pasaulyje ypač domimasi mikroskopinių grybų galimu poveikiu sveikatai bei oro kokybe patalpose, nes manoma, kad vidaus aplinka yra pagrindinis veiksnys, prisidedantis prie mikrobinės taršos plitimo ore (Hospodskis, 2012; Qian, 2012). Daugelis mikroskopinių grybų yra atsakingi už žmonėms ir gyvūnams sukiamas alergijas bei infekcines ligas. Manoma, kad daugiau kaip 180 visame pasaulyje mikroskopinių grybų genčių yra susijusios su alergijomis ir sunkiomis žmonių ir gyvūnų infekcijomis (Horner et al., 2004). Prastą patalpų oro kokybę lemia ne vien biologiniai teršalai, bet įvairūs abiotiniai veiksniai, pvz.: kietosios dalelės, dulkės, sienų ir grindų dangos, sintetiniai dažai, klėjai ir kt. Nepakankama patalpų priežiūra, netinkama pastatų konstrukcija bei techninė charakteristika lemia pastatų vadinamą „Sick Building Syndrome“ (*toliau SBS*) (Zeliger, 2003). Tokiuose pastatuose daug laiko praleidžiantys žmonės gali turėti sveikatos sutrikimų (Horner, 2004). Viena iš priežasčių, sukeliančių SBS sindromą, yra mikroskopiniai grybai.

Remiantis A. Lugausko ir kt. (2003) tyrimais nustatyta, kad darbo ir gyvenamosiose patalpose dominuoja *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Ulocladium* genčių mikroskopiniai grybai. Mikotoksinai gali ilgai išlikti susidariusiose dulkėse ir daryti neigiamą įtaką sveikatai (Brewer et al., 2014). Šiuo metu nėra ES ir JAV standartų, taikomų oro taršai mikroskopiniais grybais. (Jungtinių Valstijų aplinkos apsaugos agentūra, 2017), o ribinės vertės yra tik rekomendacinio pobūdžio (WHO, 2009). Keičiantis klimatui, o tuo pačiu ir mus supančiai aplinkai, aktualu nauja mokslinė informacija apie patogenų skaidą vidaus aplinkoje.

Darbo tikslas – Nustatyti patalpų užterštumą mikroskopiniais grybais bei įvertinti jų oro kokybę.

Darbo uždaviniai:

1. Ciklonine oro gaudykle, sedimentacijos metodu bei tiriant patalpų dulkes nustatyti mikroskopinių grybų kiekį patalpose;
2. Identifikuoti pagrindines patogenines mikroskopinių grybų (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*) gentis bei įvertinti jų pasiskirstymą patalpose;
3. Labiausiai užterštose *Aspergillus spp.* mikroskopiniais grybais dulkėse, iširti mikotoksinų – aflatoksinų bendrą kiekį;
4. Įvertinti patalpų oro kokybę.

Temos aktualumas ir naujumas. Šiame tyrime buvo nustatyta mikroskopinių grybų sklaida visuomeninėse ir gyvenamosiose patalpose, įvertintos aplinkos sąlygos, kurios skatina šių patogenų paplitimą, vystymąsi ir dauginimąsi, nes daugelis identifikuotų patogenų sukelia alergines reakcijas ir gamina toksines medžiagas – mikotoksinus. Darbo tikslui įgyvendinti remtasi tarptautine mokslininkų patirtimi. Lietuvoje tokių tyrimų atlikta mažai, todėl tyrimas yra aktualus, nes suteiks naujų mokslinių žinių, vertinant oro kokybę bei poveikį sveikatai.

Darbas yra naujas, nes pirmą kartą atliktas patalpų oro kokybės kompleksinis tyrimas. Oro tarša mikroskopiniais grybais analizuota trimis lygiais, taikyti skirtingi metodai – intensyvaus oro siurbimo, pasyvaus nusodinimo bei analizuotos ant paviršiaus susigulėjusios dulkės. Išanalizavus oro užterštumą skirtingos paskirties vidaus erdvių – viešųjų ir gyventojų vidaus aplinkos taršą, palyginti rezultatai.

1. MOKSLINĖS LITERATŪROS APŽVALGA

Literatūroje apžvelgiama cheminės taršos ir biologinių aerozolių sudėties, šaltinių, perdavimo būdų įvertinimas. Mikroskopinių grybų poveikis sveikatai, populiariausi mėginių ėmimo metodai, teisinių dokumentų, reglamentuojančių biologinę taršą, apžvalga ir siūlomos kontrolės priemonės, skirtos jų kiekiui patalpų ore sumažinti.

1.1. Mikroskopinių grybų vystymasis patalpų aplinkoje

Vidaus patalpų oro kokybės blogėjimas visame pasaulyje kelia vis didesnę visuomenės sveikatos susirūpinimą. Iš lauko į patalpas patenkantis oras, ypač miestuose, dažniausiai susijęs su transporto eismu ir pramonės veikla (Soto, 2009). Vidaus oro kokybę gali paveikti įvairios cheminės medžiagos, įskaitant dujas (t. y. anglies monoksidą, ozoną, radoną), lakiuosius organinius junginius (LOJ), kietąsias daleles (PM), organinius ir neorganinius teršalus bei biologines daleles, tokias kaip bakterijos, mikroskopiniai grybai ir žiedadulkės. Tarša gali patekti per natūralias ar mechanines vėdinimo, šildymo sistemas bei drėkinimo įrenginius. Patalpų teršalai pastatų viduje gali skliti iš degimo šaltinių (pvz., degalų, anglies ar medienos deginimo, rūkant, deginant žvakes ir t. t.). A. Nevalainen (2015) teigia, kad mikroskopinių grybų ir jų produktų yra visur. Būtina diskutuoti dėl patalpose esančių mikrobu, dulkių ir pelėsių. P.K. Swapna, Lalchand P.K. (2016) tyrime nustatyta, jog dėl netinkamo vėdinimo, patalpose didėja oro teršalų koncentracija. Keliose laboratorijose atlikti tyrimai parodė, kad patalpų mikroskopiniai grybai gali išskirti sporų grupes, atskiras sporas ir grybų fragmentus ir gaminti lakiuosius organinius junginius bei mikotoksinus. Šios išvados leido sukurti terminą „nesveikų pastatų“ sindromas („Sick building syndrome“). „Sveikiems“ namams ir pastatams, kuriuose yra nedidelė drėgmė, nėra pastebimo vidaus grybų augimo, dominuoja lauko *Cladosporiums spp.* grybai. „Nesveikuose“ pastatuose, priešingai, esant didesnei patalpų drėgmei, dažniausiai auga *Penicillium* ir *Aspergillus* gentys, tuo pačiu metu išskirdamos į atmosferą konidijas ir sporas. Toksiškumas greičiausiai atsiranda dėl lakiųjų organinių junginių ir mikotoksinų, kuriuos gamina *Penicillium*, *Aspergillus* ir *Stachybotrys* gentys. Švarų orą sunku tirti įprastais metodais, tačiau reikėtų nuolat tirti „nesveikų pastatų“ sindromą turinčių pastatų oro kokybę (Cabral, 2010). Prasta patalpų oro kokybė siejama su kai kuriomis ligomis (kosuliu, alergija ir pan.). Tyrėjų rezultatai parodė, kaip patalpų oro kokybė skiriasi priklausomai nuo vėdinimo tipų, ypač atidarant langus darbo vietoje. Duomenų analizė parodė geresnę vidaus ir lauko PM 2,5 koncentracijos koreliaciją įrenginiuose su langų angomis nei tose, kuriose yra tik oro kondicionavimas. Priešingai, didesni

bakterijų kiekiai buvo matuojami sveikatos priežiūros aplinkoje su langų angomis, o vidaus ir lauko mikroorganizmų koncentracijos santykis buvo didesnis. Tai rodo, kad lauko oras gali turėti įtakos mikroskopinių grybų sporų dauginimuisi ir patalpų kokybei (Shams-Ghahfarokhi et al., 2014).

1.1.1. Oro taršos ir aplinkos veiksniai

Vidaus aplinkos taršą gali lemti daugelis veiksnių, tokių kaip, klimatas, drėgmė, temperatūra. Mokslinėje literatūroje akcentuojami patalpų teršalai – tai tabako dūmai, radono skilimo produktai, anglies monoksidas, formaldehidas, asbesto pluoštas, įvairūs mikroorganizmai. Svarbūs patalpų teršalai, susiję su sveikata, yra tabako dūmai. Tyrėjų išvadose teigiama, jog uždraudus rūkyti viešosiose erdvėse, įskaitant gyvenamuosius būstus, būtų išsaugota sveikata ir lėšos. (King et al., 2014).

Daugelyje tyrimų nurodyta, kad aplinkos veiksniai: temperatūra, ypač nuolatinė drėgmė yra pagrindinė mikrobo bei mikroskopinių grybų dauginimosi priežastis. Ypač drėgnose patalpose paplitusios mikroskopinių grybų gentys *Cladosporium*, *Penicillium* ir *Aspergillus* (Huang et al., 2015; Shirakawa et al., 2011; Verdier et al., 2014), susijusios su statybinių medžiagų kokybe. Susidarius palankioms mikroklimatinėms sąlygoms, mikroskopiniai grybai pradeda funkcionuoti ir sparčiai vystytis (Lugauskas ir kt., 2002). Tai daro neigiamą įtaką patalpų oro kokybei. Keletas tyrimų parodė, kad drėgmės matavimai gali būti naudojami kaip statybinių medžiagų mikroorganizmų užterštumo rodiklis, vandens pažeistuose pastatuose. Autoriai akcentavo, kad medžiagos santykinė drėgmė geriau apibūdina vandens prieinamumą mikroorganizmams nei drėgmės kiekis. Kai kurie autoriai netgi sukūrė matematinius modelius, skirtus prognozuoti pelėsių užterštumą, kuriuose pagrindiniu parametru laikoma santykinė drėgmė (Lugauskas ir kt., 2003; Thelandersson, Isaksson, 2013). Kai kurių statybinių medžiagų pagrindinės savybės yra didelis poringumas ir paviršiaus šiurkštumas. Dėl didelio poringumo, medžiagos puikiai sugeria drėgmę. Jei aplinkoje yra pakankamai drėgmės, akytos medžiagos kaupia drėgmę ir ant šių paviršių gali augti mikroorganizmai (Hoang et al., 2010). Be to, paviršiaus šiurkštumas ir poringumas didina dulkių patekimą į maistines medžiagas (Verdier et al., 2014). Nepaisant taršos šaltinių, jie auga ant vidaus paviršių, baldų, kilimų, tapetų, grindų (Wamedo, 2012). Taip pat PSO nurodo, kad drėgmė patalpų ore ir biologiniai teršalai turi būti laikomi rizikos rodikliu žmonių sveikatai. Panašių pastabų randama ir kituose moksliniuose tyrimuose. Teigiama, kad drėgmė pastate sukuria palankias sąlygas bioaerozolių dauginimuisi ir jie daro neigiamą įtaką

vidaus oro kokybei (Cabral, 2010). Viena iš būtinų priemonių, tai drėgmės mažinimo prevencija, siekiant gerinti oro kokybę bei išvengti neigiamo poveikio sveikatai (Gutarowska, 2010).

Oficialios pastangos kontroliuoti oro taršą tradiciškai sutelktos į lauko oro kontrolę, akivaizdu, kad kai kuriose privačiose ir viešosiose patalpose didėja įvairių teršalų koncentracija. Susirūpinimas dėl galimų visuomenės sveikatos problemų, susijusių su patalpų oro tarša, pagrįstas įrodymais. Kai kuriose šalyse atliekama patalpų oro kokybės stebėseną. Tyrimai atliekami bendrose erdvėse bei dažniausiai naudojamose patalpose (Gola et al., 2019).

1.1.2. Teisiniai dokumentai reglamentuojantys biologinę taršą

Šiuo metu nėra ES standartų ar teisinių dokumentų, reglamentuojančių mikroskopinių grybų užteršimą ore. (Jungtinių Valstijų aplinkos apsaugos agentūra, 2017). Patalpų ore esančių mikroskopinių grybų ar jų sporų leistina koncentracija nenormuojama. Nors šiuolaikiniai analizės metodai gali nustatyti mikroskopinių grybų ir jų metabolitų taršą lauko ir patalpų ore, bei maiste, produktuose, pašaruose, tačiau patvirtintas KOMISIJOS REGLAMENTAS (EB) Nr. 1881/2006, nustato didžiausias leistinas tam tikrų teršalų koncentracijas tik maisto produktuose.

ES Komisija 2016 m. gruodžio 14 d. (Brukselis) patvirtino valstybės narėms naujas taisykles, kurios padėtų sumažinti oro taršą. Dokumente teigiama, kad geresnė oro kokybė bus naudinga visiems ES piliečiams, labiausiai vaikams, pagyvenusiems ir astma bei kvėpavimo takų ligomis sergantiems žmonėms. Pagrindinė direktyvos įgyvendinimo priemonė – nacionalinė oro taršos kontrolės programa, kurią kiekviena valstybė narė turi parengti iki 2019 m. kovo 31 d.

Siekiant užtikrinti patalpų oro kokybę, būtina įteisinti konkrečiais teisės aktais mikroskopinių grybų taršos standartus, ėminių ėmimo metodus bei numatyti jų leistinas ribines vertes patalpų ore.

1.2. Svarbiausios patogeninės mikroskopinių grybų gentys

Didžiausia rizika susirgti žmonėms dėl užterštos vidaus aplinkos yra alergija, infekcijos ir toksiškumas. Pagrįstais moksliniais tyrimais įrodyta, kad dulkės ir mikroskopiniai grybai yra svarbūs, vertinant vidaus patalpų oro kokybę. Remiantis T. Verdier (2014) tyrimais, manoma, jog mikroorganizmai ar jų komponentai yra pagrindiniai teršalai. Mikroskopinių grybų tarša yra žmogaus sveikatos rodiklis, kai atsiranda kvėpavimo takų, alergijos ir astmos simptomai.

(WHO, 2009) Epidemiologiniai tyrimai rodo, kad didelis mikroorganizmų kiekis ore gali būti alergiškas; tačiau kartais net labai mažos tam tikrų mikroorganizmų koncentracijos gali sukelti sunkias ligas. Manoma, kad apie 30% sveikatos sutrikimų, ypač, kai žmogaus organizmas yra jautrus mikroskopiniams grybams, yra susiję su patalpų oro kokybe (Meraj-ul-Haque et al. 2016). Didžiausią grėsmę kelia mikroskopinių grybų produkuojami plataus spektro, stabilūs mikotoksinai (Mošovská, Bírošová, 2012). Įrodytas ne tik jų toksiškumas, bet ir tai, kad kai kurie mikotoksinai yra termiškai stabilūs ir turi kelis bioakumuliacijos lygius (Turner. et al., 2015). Kai kurios gerai žinomos ligos yra siejamos su mikotoksinais ir jų antriniais metabolitais, pvz., Balkanų endeminė nefropatija, kuri buvo paplitusi Bulgarijoje ir Jugoslavijoje (Gompa, 2013).

Aflatoksinai

Aflatoksinus sintetina *Aspergillus* ir *Penicillium* genčių grybai. Tai pavojingiausi žmogui mikotoksinai, priskiriami 1 toksiškumo grupei – kancerogeniškas žmonėms (IARC, 2016; Ostry et al., 2017). Žemės ūkyje ir maisto pramonėje didžiausia žala siejama su aflatoksinais (AFLB1), ochratoksinais (OCHA), fumonizinais (FUMB1), zearalenonu (ZEA), patulinu ir deoksinivalenoliu (DON). Mikroskopiniai grybai sintetina ne visus aflatoksinus. *A. flavus* gamina B1 ir B2 toksinus, *A. parasiticus* – aflatoksinus B1, B2, G1 ir G2. Aflatoksinai B1 ir B2 žinduolių organizme gamina metabolitus M1 ir M2 (Kerienė, 2017). *Aflatoksinas B1* yra kruopščiausiai tiriamas mikotoksinas, kurį gamina *Aspergillus flavus* ir *Aspergillus parasiticus*, yra vienas stipriausių kancerogenų (Bhetariya et al., 2011). AFL kancerogenai, pasižymintys imuninę sistemą slopinančiomis savybėmis, patekę į maisto produktus, gali sukelti kepenų vėžį (Xie et al., 2016). Tarptautinė vėžio tyrimų agentūra (IARC, 2017) oficialiai klasifikavo keletą mikotoksinų, įrodyta, kad 1 grupė (AFB1, AFB2, AFG1 ir AFG2) ir galbūt 2B grupė (OTA, FB1 ir FB2, AFM1), kancerogeniškos žmonėms. Remiantis Jungtinių Tautų organizacijos duomenimis, apie 25% maisto ir žemės ūkio produktų yra užteršti mikotoksinais. OTA yra svarbi visuomenės sveikatos problema dėl įvairaus toksinio poveikio. (Zouhair S., et al., 2017). Maiste, pvz., grikių žaliavai ir iš jų pagamintiems maisto produktams privaloma tik aflatoksinų (AFL) kontrolė. Pagal reglamentą EB Nr.1881/2006, jų bendras kiekis neturi viršyti 4 µg kg⁻¹, o AFLB1 didžiausia leistina koncentracija apribota iki 2 µg kg⁻¹. Kūdikiams ir mažiems vaikams skirtuose produktuose, AFLB1 koncentracija neturi viršyti 0,1 µg kg⁻¹ (Kerienė, 2017). Manoma, kad šie mutageniniai kancerogenai yra toksiški kelioms gyvūnų rūšims, pvz., pelėms, vištoms ir šunims (López et al., 2016).

Mikroorganizmų neigiama veikla yra viena pagrindinių problemų ne tik maisto pramonėje, augalininkystėje, bet ir sveikatos sistemoje. Mikroorganizmai gali prisitaikyti prie

įvairių sąlygų, todėl jie plačiai paplitę gamtoje. Jie ne tik sukelia derliaus nuostolius ir maisto gedimą, tačiau daugelis iš jų, gamina pavojingus mikotoksinus, kurie sudaro labai rimtą pavojų augalams, žmonių ir gyvūnų sveikatai. Maisto pramonėje daugiausiai žalos padaro mikroskopiniai grybai priklausantys *Fusarium*, *Aspergillus* ir *Penicillium* gentims. Šių genčių grybai gamina daugiausiai visų žinomų mikotoksinų (Zain, 2011). Kadangi susidarę mikotoksinais negali būti pašalinti, todėl svarbu vengti maisto produktų užkrėtimo mikroskopiniais grybais (Gompa, 2013).

Dažniausiai alergiją sukeliantys patalpų mikroskopinių grybų gentys yra *Penicillium* ir *Aspergillus*, *Cladosporium* ir *Alternaria*. Šios dvi gentys dažniausiai aptinkamos ir lauke, ir patalpų ore (Baumgardner, 2016). Pagal J.A. Crawford et al. (2015) atliktą tyrimą 103 namų patalpose, kuriose buvo renkami gyvybingų mikroskopinių grybų oro mėginiai, tyrėjai nustatė, jog dominuojantys vidaus patalpose buvo *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria* genčių mikroskopiniai grybai, o didesnė santykinė drėgmė patalpose buvo susijusi su didesnėmis *Penicillium spp.* koncentracijomis.

Atlikti panašūs mikroskopinių grybų tyrimai įvairiose pasaulio šalyse Autoriai A.A.H. Khan, S.M. Karuppayil (2012) tyrė alergiją sukeliančių mikroskopinių grybų pasiskirstymą įvairios paskirties patalpose. Darbe analizuoti įvairių pasaulio šalių tyrėjų duomenys, pvz.: Pakistane (Hasnain et al. 2012), Egipte (Abdel Hameed et al., 2012), Lenkijoje (Harkawy et al. 2011), Saudo Arabijoje (Alwakeel, Nasser, 2011), Brazilijoje (Simoes et al., 2011), Ispanijoje (Docampo et al., 2011; de Ana et al., 2006), Rumunijoje (Cornea et al., 2011), Graikijoje (Beletsiotis et al., 2011), Indijoje (Ghosh et al., 2011), Kinijoje (Wang et al., 2010a, b), Japonijoje (Kawasaki et al., 2010), Austrijoje (Haas et al., 2010), Irane (Hedayati et al., 2010), JAV (Adhikari et al., 2009), Rusijoje (Bogomolova, Kirtsideli, 2009), Singapūre (Zuraimi et al., 2009), Jordanijoje (Qudiesat et al., 2009), Taivane (Tsai, Liu, 2009), Korėjoje (Kim et al., 2009), Australijoje (Kanaani et al., 2009), Prancūzijoje (Dassonville et al., 2008), Vokietijoje (Faure et al., 2002) ir kt. šalyse. Šių šaltinių tyrimo rezultatuose teigiama, jog dominuoja *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Alternaria* ir *Stachybotrys* mikroskopinių grybų gentys, kurios gali augti beveik visose natūraliose ir sintetinėse medžiagose, ypač jei yra drėgmės. Atlikto tyrimo analizė parodė, kad patogeninių grybų rasta visose tirtose erdvėse.

Alternaria spp.

Genties *Alternaria* pavadinimas pirmą kartą paminėtas 1817 m. Dauguma *Alternaria* rūšių yra saprofitai. Jų randama beveik visur. Keletas šių rūšių grybelių yra augalų patogenai, kurie užkrečia augalus, sukeldami didžiulius ekonominius nuostolius. Jie užkrečia lapus (iki 50 – 60%), tačiau gali užsikrėsti ir vaisius (Chauhan, Gupta, 2019). Dalis latentinių ligų gali atsirasti dėl netinkamo derliaus nuėmimo ar tiesiog dėl pasėtos užkrėstos sėklos. Kadangi dauguma *Alternaria*

rūšių yra saprofitai, jų galima rasti dirvožemyje ir ant pūvančių augalų audinių. Per pastaruosius kelis dešimtmečius pranešta apie ne mažiau kaip 268 *Alternaria spp.* grybų metabolitų. Šie mikroskopiniai grybai gamina antrinius metabolitus, kurie yra stiprūs patogenai ir yra duomenų, kad jie sukelia žinduoliams vėžį (Lou et al., 2013). Taip pat *Alternaria spp.* pripažinta kaip naujas, žmonių su nusilpusių imunitetu patogenas ir šio mikroskopinio grybo sporos yra pagrindinis alergenai tvyrantis ore.

Alternaria spp. svarbios savybės - melanino gamyba, kuri daugiausia gamina sporos, alergines reakcijas sukiančio baltymo bei mikotoksinų gamyba. Pasaulyje nustatyta daugiau nei 100 *Alternaria* rūšių (Bart P. H. J. Thomma 2003). *Alternaria spp.* yra sausos ir lengvos sporos, todėl lengvai randamas oro mėginiuose.

Aspergillus spp.

Aspergillus spp. gamina žalingus mikotoksinius, kurie vadinami aflatoksinais. Žmonėms šis grybelis gali sukelti sunkius plaučių pažeidimus – aspergiliozę. Dažniausiai šia liga serga sodininkai, nes kvėpuoja durpių dulkėmis, kuriose gali būti *Aspergillus spp.* sporų (Bennorf et al., 2008). Šio grybelio sporų rasta netgi prie Egipto mumijų kapų, todėl galima teigti, kad šis grybelis paplitęs visame pasaulyje.

Aspergillus niger yra labiausiai paplitęs iš visų *Aspergillus* rūšių. Jis sukelia ligą pavadinimu – juodasis pelėsis, dažniausiai ant tam tikrų vaisių ir daržovių, tokių kaip vynuogės, abrikosai, svogūnai, žemės riešutai ir yra laikomas kaip bendras maisto teršalas. Šio mikroskopinio grybo galima rasti ne tik dirvožemyje, bet ir patalpų aplinkoje. *Aspergillus niger* vienas iš svarbiausių mikroorganizmų biotechnologijoje. Jis jau daugelį dešimtmečių naudojamas gaminant fermentuotą maistą, citrinos rūgštį, gliukono rūgštį. *A. niger* yra naudojamas duonos ir alaus gamybos pramonėje, fermentuoto vyno gamybai, sojų pupelių fermentavimui, taip pat sugeba skaidyti plastiką. *A. niger* naudojamas organizmo valymo procese (Delgado, 2018).

Cladosporium spp.

Cladosporium spp. priskiriama alerginiam pelėsių tipui. Jis yra unikalus, nes gali augti tiek šiltoje, tiek šaltoje aplinkoje. Plačiai paplitęs ore bei supuvusiose organinėse medžiagose ir dažnai minimas kaip maisto teršalas. Dažnai klesti patalpose, kuriose yra minkšti baldai ir kilimai, jis taip pat tarpsta po grindų lentomis ir spintomis. *Cladosporium spp.* sukelia akių, nosies, gerklės bei odos alergines ligas. Gali sukelti odos išbėrimą ir pažeidimus, astmą, plaučių infekcijas bei sinusitą.

Cladosporium spp. - tai dažniausiai lauke ir vidaus ore aptinkamos gentys. Jos, kaip ir kiti magistro tyrime minimi mikroskopiniai grybai, dažnai randamas aplinkoje, kurioje padidėjęs

drėgmės kiekis. *Cladosporium* gentyje yra daugiau kaip 30 rūšių. Labiausiai paplitę *Cladosporium elatum*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium sphaerospermum* ir *Cladosporium cladosporioides*. Tyrimo rezultatai rodo, kad patalpose rasti *Cladosporium spp.* grybai, dažniausiai susiję su viršutinių ir apatinių kvėpavimo takų alergijomis. Šios genties mikroskopiniai grybai iki šiol nelaikomi labai toksiškais žmonėms (PSO, 2009). Kadangi Europoje nėra alergiškų mikroskopinių grybų sporų poveikio prognozavimo modelio, siekiant efektyviau valdyti alergines ligas, Europoje atliktas tyrimas. Rezultatai rodo, kad *Alternaria spp.* ir *Cladosporium spp.* sporų dauginimuisi svarbiausi veiksniai buvo oro temperatūra ir garų slėgis. Įrodytas galimas šių dviejų grybų alerginis poveikis (Grinn- Gofroń et al., 2018).

Penicillium spp.

Penicillium spp. alerginė pelėsių forma. Ji randama tokiose medžiagose kaip kilimai, tapetai, čiužiniai. Greitai plinta iš vienos patalpos į kitą. *Penicillium spp.* sporos lengvai patenka į orą ir jas gali įkvėpti žmonės, įskaitant naminius gyvūnus ir vaikus. Didelės mikotoksinų koncentracijos gali sukelti plaučių uždegimą ir astmą. Veikiant ilgesnį laiką, gali išsivystyti lėtinis sinusitas. Žmonės su imuniniais sutrikimais neturėtų būti patalpose, kuriose nustatyta mikroskopinių *Penicillium spp.* grybų.

Penicillium spp. yra vienas iš pagrindinių mikroskopinių grybų, augantis ant perteklinės drėgmės pažeistų medžiagų ir susijęs su alerginėmis reakcijomis. *Penicillium spp.* gali paveikti žmogaus DNR ir sukelti nuolatinės neurologines patologines, imunologines ir psichologines ligas. Deja, nors Penicilinas naudojamas antibiotikų gamybai, tačiau jis dažnai būna sunkių kvėpavimo takų ligų priežastimi.

1.3. Mikroskopinių grybų mikotoksinai

Iš maždaug 420 nustatytų mikroskopinių grybų, labiausiai paplitusios toksiškos rūšys priklauso *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* ir *Alternaria* gentys. *Fusarium spp.* ir *Alternaria spp.* paprastai kelia didelę mikotoksikologinę riziką iki derliaus nuėmimo arba šviežiams produktams, o *Aspergillus spp.* ir *Penicillium spp.* toksiškos rūšys kelia didesnę riziką saugomiems maisto ir pašarų produktams ar kitokiam perdirbimui (Tsitsigiannis et al., 2012; Turner et al., 2015). *Fusarium* gentis apima daugiau kaip 90 aprašytų rūšių ir gamina svarbiausius mikotoksinius: trichotecenus (TCT), fumonizinus (FB), ir zearalenonus (ZON), kurie didžiausią poveikį turi gyvūnų sveikatai (Escrivá et al., 2015).

Mikotoksinai yra antriniai metabolitai, kuriuos gamina daugelis grybų rūšių, pvz., *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* ir *Stachybotrys* gentys. Mikotoksikozė gali paveikti žmones ir

gyvūnus, kai dažnai vartojamas mikotoksinais užterštas maistas ar pašaras. Mikotoksinai atsiranda maiste ir pašaruose kai vartojamos užterštos augalinės medžiagos ar jų produktai. Mikotoksinai ir jų metabolitai patenka į gyvūnų audinius, pieną ir kiaušinius (Zollner et al., 2006). Pastaraisiais metais didėja susidomėjimas mikotoksinų poveikiu įkvėpus žemės ūkio aplinkoje ir vandens pažeistuose pastatuose, kuriuose yra mikroskopinių grybų (Huttunen, Korkalainen, 2018). Sunku sumažinti mikotoksinų poveikio riziką, nes jie atsiranda natūraliai, esant palankiai temperatūrai ir drėgmei. Maistas užteršiamas maisto grandinėje, transportavimo arba sandėliavimo proceso metu (Xu et al., 2016). Mikotoksinų gamybos priežastis nėra iki galo suprantama, tik žinoma, kad kiekvienai genčiai bei rūšiai mikotoksinų genai yra specifiniai (Yang et al., 2014). Daugelis žmonių vis dar nesupranta, kokie pavojingi sveikatai yra mikroskopiniai grybai. Sąvoka „toksinis pelėsis“ yra šiek tiek klaidinanti, mokslo įrodyta, kad tam tikros formos yra toksiškos. Nors pelėšiai ir jų sporos daro neigiamą įtaką žmonių sveikatai, didžiausi kaltininkai yra antriniai metabolitai, pasigaminę iš toksinų turinčių formų. Teisingas terminas - mikotoksinai. Įrodyta, kad temperatūra, santykinė drėgmė, substratas ir fungicidų naudojimas padidina mikotoksinų kiekį patalpose, maiste ir pašaruose, tačiau visų šių veiksnių tarpusavio ryšiai nėra pakankamai suprantami, todėl toksinų gamyba negali būti prognozuojama (Brewer et al., 2014).

1.4. Vidaus oro kokybės kontrolė, prevencija ir visuomenės sąmoningumas

Mikroskopinių grybų pasekmės sveikatai yra susijusios su keliais parametrais, pvz., mikroorganizmų rūšimis, poveikio keliu (įkvėpus ar susilietus su oda) ir aplinkos sąlygų (mikroskopinių grybų gausa, kitų teršalų aerozoliai ir t.t.) (Verdier et al., 2014). Žmonės, kurių imuninė sistema silpna, ypač reikėtų saugotis mikroskopinių grybų poveikio bei galimos infekcijos. Būtina asmens higiena, tai nuolatinis rankų plovimas prieš valgant, ruošiant maistą, parėjus iš lauko, palietus naminius gyvūnus ar dirvožemį ir t.t. Siekiant patalpose kokybiško oro, būtina nuolat valyti paviršius, ypač dulkių kaupimosi vietose (Baumgardner 2016). Norint kontroliuoti infekcinius bioaerozolius, taip yra labai svarbios dezinfekavimo priemonės. Reikia prižiūrėti, kad patalpose nebūtų vandens nuotėkio, pašalinti vandens sugadintas medžiagas. Vengti „stovinčio“ vandens, naudoti distiliuotą vandenį purkštuvuose ar drėkintuvuose. Literatūroje rekomenduojamos bendros priemonės patalpose, siekiant sumažinti alergijos riziką. Tai būtų: išlaikyti santykinę drėgmę mažesnę nei 60%, kuo mažiau naudoti ventiliatorių, riboti kambarinių gėlių kiekį, riboti dušo naudojimosi ir virimo laiką. Matomas pelėsis namuose turėtų būti pašalintas, atkreipiant ypatingą dėmesį, jog patalpose yra per didelė drėgmė (Baumgardner, 2012). Keletas autorių teigia, kad grindų, sienų, baldų ir įrangos valymo ir dezinfekavimo veikla gali

padidinti drėgmę, todėl ji gali skatinti mikroorganizmų augimą. Atliktas dulkių siurblių vaidmens tyrimas. Šiuo metu yra keletas dulkių siurblių su (HEPA) filtrais ir sintetinių bei dvigubų maišelių surinkimo sistemomis, kurie efektyviai sulaiko kietąsias daleles. Kai kurie autoriai, tokie kaip J. Qian et al. (2012) pastebi, kad valymo metu padidėja ore esančių bakterijų kiekis. Iš tiesų, kaip tyrimas parodė, kad vakuuminiai maišeliai gali kaupti bakterijas, pelėsius, toksinus ir alergenų. Galiausiai, patalpų valymas turėtų būti atliekamas reguliariai, nors valymo procedūros paprastai yra veiksmingos mažinant (bet ne pašalinant) mikrobinį užterštumą (Barberán et al., 2015).

Vėdinimo sistemos turėtų užkirsti kelią, kenksmingiems teršalams ir patogenų plitimui. Yra keletas vėdinimo būdų, kurie suskirstyti į: a) natūralią ventiliaciją ir mechaninę bei hibridinę ventiliaciją (Noris et al., 2011).

Nėra sterilios patalpų erdvės, teigia I.A. Sylvain (2019), o biologinių teršalų buvimas patalpų ore yra normalus reiškinys, jei jų koncentracijos yra mažos. Užteršimo problema atsiranda, kai padidėjusi biologinių teršalų koncentracija patalpų ore kelia pavojų žmonių sveikatai (Zain 2011). Nors nėra praktinio metodo, kaip panaikinti šiuos, visur esančius teršalus, tačiau yra keletas įprastų procedūrų, pvz., santykinės drėgmės lygio matavimas, patalpų valymas, asmens higiena, padedanti kontroliuoti bei sumažinti jų kiekį. Įprastos dezinfekavimo priemonės dažniausiai turi aštrų kvapą ir galimą neigiamą poveikį sveikatai, todėl jų naudojimas ribojamas. Reikia dezinfekavimo priemonių, kurios yra nekenksmingos. Didelį susidomėjimą kelia natūralios kilmės augalų ekstraktai (Khan, Karuppaiyil, 2010). Biologiškai aktyvūs augalų komponentai pašalina patogeninius mikroorganizmus. Buvo atliktas aromatinių junginių garų antimikrobinio aktyvumo tyrimas, norint įvertinti praktinį panaudojimą patalpų aplinkoje ir siekiant sumažinti mikrobu kiekį ore. Cinamaldehido garai buvo nurodyti, kaip stipri antimikrobinė priemonė nuo oro sukeliamų mikrobu (Sato et al., 2006). Eteriniai aliejai ir augalų komponentai yra geri aplinkos mikroskopinių grybų augimo slopintojai. Paprastai, augalų ekstraktai yra labiau priimtini ir mažiau pavojingi nei sintetinės dezinfekcijos priemonės (Khan, Karuppaiyil, 2010).

Naujausias ir novatoriškas sprendimas mažinti oro taršą yra paviršių dažymas dažais, kuriuose integruotos sidabro dalelės. L. Liu et al. (2013) nurodė, kad nano sidabro dalelės turi antimikrobinę savybę (99%), taip pat pasižymi priešgrybeliniu ir antivirusiniu poveikiu.

1.5. Mikroskopinių grybų mėginių ėmimo ir tyrimo metodai

Mikroskopinių grybų surinkimui naudojami paviršiaus ir oro mėginių ėmimo metodai (Cabral, 2010). Siekiant nustatyti užterštumą biologiniais bioaeroliais (Reponen, 2011), bandoma iširti nusėdusias medžiagas ant grindų, sienų paviršiaus ir kt. Siurbimo įtaisai naudojami

surenkant iš pralaidžių medžiagų, pvz., kilimų dulkių mėginius. Oro ėminių ėmimas naudojamas, norint nustatyti ore esančius bioaerzolių, pvz., mikroskopinių grybų sporas, kurios gali būti naudingos užterštumui ar oro kokybei nustatyti. Jis taip pat naudingas prognozuojant augalų ligas, kad prireikus, ūkininkai galėtų taikyti fungicidus. Be to, jį naudoja sveikatos centrai, ligoninės, stebinės specifinių alerginių dalelių populiacijas (mikroskopinių grybų sporas ir kt.) (Jawad et al., 2017). Paviršiaus mėginiai naudojami siekiant patvirtinti įtariamo mikrobu augimą ant paviršių, kad būtų galima įvertinti santykinį užterštumo laipsnį ir nustatyti esamas mikroskopinių grybų gentis (Cabral, 2010). Taikant šį metodą mėginiai surenkami paspaudžiant kontaktinę plokštę arba lipnią juostą ant siurbimo įtaiso paviršiaus. Paviršiaus ėminių ėmimas gali būti keturių tipų - kontakto, agaro kontakto, lipnios juostos ir paviršiaus plovimo (Yamamoto et al., 2011). Lipnios juostos mėginių ėmimas yra svarbus būdas imant mikroskopinius grybus mėginiuose. Mėginiai pateikia hifų fragmentus ir reprodukines struktūras, kurias galima lengviau identifikuoti (Aydogdu et al., 2010).

Yra daug mėginių ėmimo tipų, siekiant nustatyti mikroskopinių grybų sporų apkrovą ore. Mikroskopinių grybų ėminių ėmimas gali būti atliekamas trimis standartiniais metodais, įskaitant oro siurbimo, skysčio įpurškimo ir oro filtravimo metodus. Daugiausia naudojami trys mėginių ėmikliai:

- 1 - Cikloninio tipo mėginių ėmikliai;
- 2 – Rotorodinio tipo mėginių ėmikliai (dažniausiai naudojami lauko oro bioaerzolių nustatymui);
- 3 - Andersono tipo mėginių ėmikliai.



1 pav. a - ciklono mėginių ėmiklis, b - nešiojamasis oro mėginių ėmimo įrenginys agaro plokštėms (pagal <http://www.burkard.co.uk/>)

Ciklono mėginių ėmiklis 1 (a) pav. skirtas oro dalelėms. Naujas metodas, sukurtas oro dalelių surinkimui, naudojant mažą atvirkštinio srauto cikloną. Užfiksuoja apie 90% iki 1 µm dydžio daleles. Oro įsiurbiamas 16,6 l/min. Sporos surenkamos į 1,5 ml buteliuką, kuris gali būti užšaldomas, o vertinti ir identifikuoti galima vėliau. Gamintojų ilgalaikiai tyrimai parodė, kad gautų dalelių dydžio spektras buvo efektyvesnis, surenkant mažo dydžio daleles. Užfiksuota 19,9% visų dalelių ir 9,5% mažesnių nei 2,5 µm dalelių, lyginant su standartine impulsų sistema.

Įrenginys 1(b) pav. naudojamas viešosiose ir buitinėse patalpose, siekiant surinkti bakterines ir kitas daleles tiesiai į agarą terpę. 90 mm Petri lėkštelėje per sietą su 100 skylių (1 µm skersmens) 10 arba 20 l/min greičiu siurbia orą. Aparate galima nustatyti oro siurbimo laiką nuo 1 iki 9 minučių, tarša iš oro maksimaliai nusėda į mėginių ėmimo plotą. Naudojant įrenginį kitoje tyrimo vietoje, mėginys pakeičiamas.

Pastaraisiais metais mikrobiologai sutarė, kad agarą terpės pagrindu naudojamų metodų naudojimas gali būti nepakankamas, kad būtų galima tiksliai apibūdinti užterštą patalpą. Šie metodai paprastai yra jautresni mėginių ėmimo procedūrai nei kiti metodai (Reboux et al., 2014). Taip pat naudojant šį metodą, nustatoma tik dalis mėginyje esančios mikrobinės floros (ANSES, 2016; Verdier et al., 2014). Visų pirma jie aptinka aktyvius, greit augančius, taip pat neaktyvių ir negyvybingų formų mikroorganizmus, kurie gali būti alergiški ir/arba dirginantys (Méheust et al., 2014).



2 pav. „Honri Airclean Model FSC-A6“ šešių pakopų oro mėginių ėmiklis (pagal <http://www.alibaba.com>)

Gyvybingos dalelės gali būti surenkamos įvairiuose agaruose. Šie mėginiai yra suprojektuoti taip, kad visos surinktos dalelės, nepriklausomai nuo jų fizinio dydžio, formos ar tankio, yra tiesiogiai susijusios su dalelių aerodinaminiu dydžiu, kurios gali nusėsti žmogaus

plaučiuose. Šio modelio pagrindinis požymis, leidžiantis įvertinti oro taršą, kuri gali kelti pavojų žmogaus kvėpavimo takų sveikatai.

Biologinių aerzolių įvertinimas apima įvairius mėginių ėmimo metodus, priklausomai nuo laukiamų mikroorganizmų koncentracijos. (Mensah-Attipoe, Täubel, 2017). Mikroskopinių grybų nustatymui naudojami paviršiaus ir oro mėginių metodai. Skaičiuoti sporas paruoštuose mėginiuose ir jas identifikuoti naudojami šviesos, epifluorescencijos ir elektronų nuskaitymo mikroskopijos. Mikroskopo tipo pasirinkimas priklauso nuo mėginio paruošimo. Šviesos mikroskopija suteikia pagrindą morfologiniam identifikavimui (Moularat et al., 2008). Siekiant nustatyti mikroskopinių grybų populiacijos kiekį aplinkoje, galima naudoti grybų komponentus ar metabolitus. (Jovanovic et al., 2004). Specifiniai tyrimai naudojami, kai siekiama identifikuoti ne tik gentis, bet ir rūšis. M. Grosdidier et al. (2017) teigia, jog lakiesiems metabolitams (1–3) - β -gliukano mikotoksinams naudojamai GC – MS specifiniai fermento imuniniai tyrimai.

Dažnai naudojami metodai, kai mikroskopinių grybų sporos surinktos iš oro sėjamos ant mitybinės agarų terpės. Terpėje išaugusias grybų kolonijas, galima suskaičiuoti bei identifikuoti. R. Žukauskaitė (2011) teigia, kad mikroskopinių grybų tyrimams galima būti naudojamos dvi skirtingos mitybinės terpės: bendrosios paskirties ir specialioji kserofitinių kolonijų išskyrimui. Mikroorganizmų nustatymas konkrečiose terpėse yra tradicinis mikroskopinių grybų nustatymo pagal rūšį metodas (Pitt, Hocking, 2009; Samson et al., 2010).

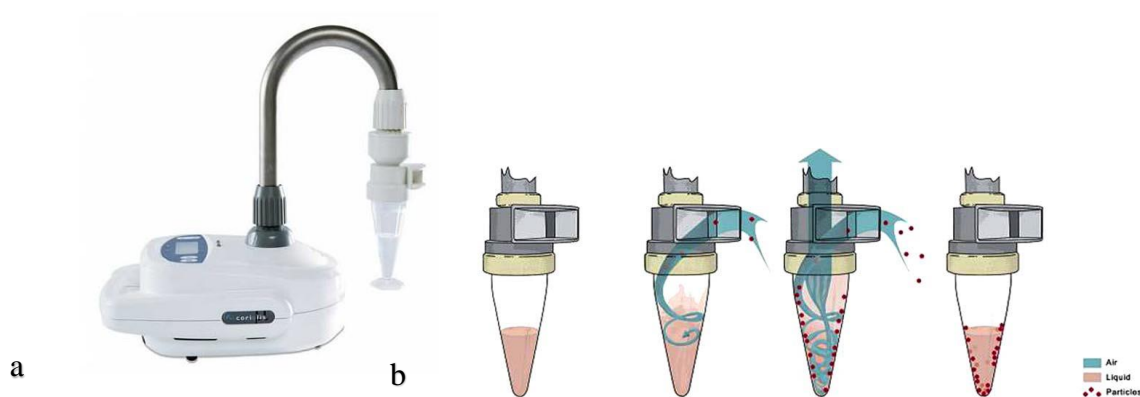
Oro kokybės nustatymas patalpų ore yra sudėtingas uždavinys. Autoriai mokslinėje literatūroje nurodo, kad daugelis tyrėjų naudojo kelis mikroskopinių grybų ėminių ėmimo ir įvertinimo metodus. Gauti tyrimų rezultatai įvairūs. Šiuos skirtumus galima paaiškinti skirtingu mikroskopinių grybų dauginimosi ciklu bei skirtingu rūšių sporų savybių kitimu, jų gyvavimo ciklu. Skirtingų analizės metodų naudojimas suteikia platesnį požiūrį į grybų kiekio ir augimo etapus. Mokslinėje literatūroje rekomenduojama, kad atliekant tyrimus, būtina standartizuoti mikroskopinių grybų taršos nustatymo metodus (Basinas et al., 2017).

Paviršiaus ir oro mėginių ėmimas paprastai naudojamas, siekiant įvertinti oro kokybę ir patvirtinti, kad aplinka yra saugi. Jie naudingi namuose bei viešose erdvėse, kad būtų galima kiekybiškai įvertinti poveikį bei nustatyti taršos įvairovę. Kiekybinis vertinimas taikomas, skaičiuojant kolonijas formuojančių vienetų (kfv/m^3) skaičių, pasirinktoje agarų terpėje ir mėginiuose. Jis atspindi esančių mikroskopinių grybų sporų ar ląstelių fragmentų skaičių ir gali būti susietas su mėginio tūriu, mase arba paviršiu. Dulkės dažniau renkamos namuose, nes tai yra senesnių mikroskopinių grybų poveikio rodiklis. Net jei metodai šiek tiek skiriasi priklausomai nuo mikroskopinės grybų taršos lygio, oro mėginių ėmimas yra dažniausiai naudojamas vidaus

patalpose, nes jis leidžia geriau apibūdinti poveikį kvėpavimo takų ligų poveikį (Méheust et al., 2014).

Cikloninė oro gaudyklė „Coriolis“

Ši gaudyklė remiasi ciklonine technologija, kurios pagrindą sudaro (3a. pav.) dideliu srautu į kūginį mėgintuvėlį nukreipiamas oras. Naudojant pasirinktą siurbimo greitį dėl centrifuginės jėgos, ore esančios dalelės (bioaerozoliai) nukreipiamos į mėgintuvėlio sienelės, atskiriamos iš oro srauto ir surenkamos skystoje terpėje (3b. pav.)



3 pav. a) Coriolis gaudyklė; b) veikimo principas (Carvalho et al., 2008)

Ciklono greitis siekia nuo 200 iki 630 l/min. Priklausomai nuo mikroorganizmų mėginių ėmimo, siekiant užtikrinti aukštą mikroskopinių dalelių atskyrimo efektyvumą, ciklono greitį galima pasirinkti. Skystis prarandamas apie 0,5 ml/min mėginių ėmimo metu, pagal standartą (oro temperatūra 20° C, santykinė drėgmė 60%). Svarbiausias poveikis garavimui yra oro temperatūra ir aplinkos drėgmė; pradinė skysčio temperatūra, įrodyta, kad neturi reikšmingo poveikio. Tačiau esant labai karštam ir sausam orui, skysčio parandama iki 2,8 ml/min. Siekiant, kad būtų kompensuotas skystis, automatiškai buvo suprojektuotas skysčio įpurškimas, tada oro siurbimo laiką galima ilginti (nuo 10 min iki keletą valandų). Surinktų mėginių, priklausomai nuo mikroorganizmų, tyrimui naudojamas tinkamiausias metodas.

Apibendrinus visus pateiktus metodus, būtina atskirti du analitinius metodus: a) nustatant konkrečias rūšis; b) analizuojant bendrą mikroskopinių grybų skaičių. Gali būti naudojami mėginių ėmimui keli metodai, tačiau gauti rezultatai paprastai yra tiesiogiai susiję su pasirinktu metodu: pavyzdžiui, specifinė auginimo terpė galėtų skatinti vienos rūšies augimą, todėl kai kurios rūšys neišaugs ir liks nepastebėtos. Kalbant apie mėginių ėmimo ir analizės procesus, ypatingas dėmesys turi būti skiriamas mėginių paruošimui (Verdier, 2014).

2. TYRIMO OBJEKTAS IR METODAI

2.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas – viešųjų įstaigų bei individualių namų ir daugiaaukščių gyvenamųjų butų oro kokybė Mažeikių mieste. Surinkti ir išanalizuoti 166 oro mėginiai iš 15 skirtingos paskirties patalpų. Pagal paskirtį patalpos suskirstytos į keturias grupes:

1. Maitinimo įstaigos (3 vnt. – valgykla, kepykla, kavinė);
2. Mokymo įstaigos (4 vnt. – fojė, laboratorija, biblioteka, auditorijos);
3. Individualūs gyvenamieji namai (4 vnt.);
4. Daugiaaukščiai gyvenamieji butai (4 vnt.).

Tyrimai buvo atlikti 2018 metų rugsėjo (maitinimo ir mokymo įstaigos) - 2019 metų sausio (individualūs gyvenamieji namai ir butai) mėnesiais.

2.1.1. Tiriamųjų objektų charakteristika

I. Maitinimo įstaigos

Valgykla. Valgyklos maisto gamavimo patalpa, kuri užima 86 m². Vidutinė patalpos temperatūra 27,6±0,1° C, drėgmė 56%.

Konditerinių gaminių kepykla. Kepykla įsikūrusi individualiame name. Patalpa užima 82 m² Įmonės gaminių parduotuvė turi atskirą įėjimą. Mėginiai imti kepyklos ceche, maisto produktų sandėlyje, gaminių fasavimo patalpoje, darbuotojų buitinėse patalpose. Vidutinė patalpų temperatūra 26,2±0,4° C, drėgmė 48%.

Kavinė. Mėginiai imti kavinės virtuvėje, prie picų kepimo krosnies, vaikų žaidimų kambary bei kavinės klientų salėje. Patalpa užima 147,5 m². Vidutinė patalpų temperatūra 21,3±0,3° C, drėgmė 41%.

II. Mokymo įstaigos

Fojė. Mokymo įstaigos fojė užima 63,7 m² plotą. Patalpa yra bendro naudojimo, iš jos galima patekti į visas įstaigos erdves. Patalpoje vyko remonto darbai. Vidutinė temperatūra 17,3±0,1° C, drėgmė 39%.

Mokymo laboratorija.(toliau laboratorija). Patalpa užima 104,4 m² plotą. Visi langai orientuoti į šiaurinę pusę. Laboratorijoje atliktas remontas, patalpa suskirstyta į tris atskiras dalis. Įrengta ištraukiamoji ventiliacija. Laboratorijoje užsiėmimai vyksta 3 – 4 kartus per savaitę, dirba 10 – 12 mokinių. Mėginiai imti laboratorijoje, svėrimo kambary, reagentų patalpoje. Vidutinė patalpų temperatūra 16,9±0,1° C, drėgmė 38%.

Biblioteka. Užima 90 m² plotą. Langai orientuoti į pietinę pusę. Bibliotekos ir skaityklos erdvė perskirta organinio stiklo sienele. Bibliotekoje yra apie 11 tūkstančių knygų. Tirtos patalpose, kuriose nuolat yra lankytojų. Imti mėginiai bibliotekoje ir skaitykloje. Vidutinė temperatūra 19,0°±0,1° C, drėgmė 40%.

Mokymosi auditorijos (toliau Auditorija). Mokymo įstaigoje atlikti trijų auditorijų oro mėginių tyrimai. Auditorijos yra pastato ketvirtame aukšte, šalia viena kitos. Auditorijų patalpos užima nuo 62 m² iki 80 m². Darbe pateikti šių auditorijų tyrimų rezultatų vidurkis. Vidutinė patalpų temperatūra 18,1°±1,2° C, drėgmė 42,0%±0,2.

III. Individualūs gyvenamieji namai

Individualus namas Nr. 1 (toliau pirmas namas). Dviejų aukštų namas, pastatytas 1989 metais, plotas 210 m². Name gyvena dviejų asmenų šeima. Kambariai erdvūs, langai plastikiniai, natūralaus parketo grindys. Sienų tapetai dažyti. Visose patalpose daug kambarinių augalų. Naminių gyvūnų nėra. Namo kiemas išklotas trinkelėmis. Šalia privačios teritorijos yra nedidelis miškelis, gatvės danga žvyruota. Imti mėginiai iš miegamojo kambario, vaikų kambario, svetainės ir virtuvės. Vidutinė patalpų temperatūra 21,6°±0,4° C, drėgmė 40%±0,2

Individualus namas Nr.2 (toliau antras namas). Vieno aukšto namas (neskaičiuojant rūšio, esančio po namu) pastatytas 2001 metais, plotas 140 m². Mediniuose langų rėmuose sumontuoti stiklo paketai, sienos dažytos. Visuose kambariuose natūralaus medžio parketas, o miegamasis išklotas kilimine danga. Prieš metus padarytas remontas. Name gyvena trijų asmenų šeima. Gyvūnai nelaikomi nei name, nei teritorijoje. Teritorija apsodinta spygliuočiais, dekoratyviniais augalais, vaismedžiais bei vaiskrūmiais. Imti mėginiai vonioje, miegamajame, vaikų kambaryje ir svetainėje, virtuvėje. Vidutinė temperatūra 20,7°±0,2° C, drėgmė 43%.

Individualus namas Nr.3. (toliau trečias namas). Vieno aukšto namas (neįskaičiuojant palėpės) pastatytas 2010 metais plotas 130 m². Namas yra 30 metrų nuo miško teritorijos, kuris juosia rytinę ir šiaurinę namo pusę. Teritorija apsodinta veja, kurioje auga keletas dekoratyvinių krūmų Vaismedžių ir vaiskrūmių sodas įkurtas atokiau sodybos - pietinėje pusėje. Name gyvena trijų asmenų šeima, yra gyvūnas. Imti mėginiai virtuvėje / svetainėje, miegamajame (1), vonioje, miegamajame (2). Vidutinė patalpų temperatūra 20,5° C±0,1°C, drėgmė 45%.

Individualus namas (toliau ketvirtas namas). Dviaukštis namas statytas 1960 metais, plotas 90 m². Atliktas kapitalinis namo remontas. Kiemas išgrįstas trinkelėmis. Name gyvena 3 asmenų šeima, laiko šunį. Vienam asmeniui nustatyta alergija. Mėginiai imti vonioje, svetainėje, miegamajame ir vaiko kambaryje. Vidutinė temperatūra 18,7° C±0,1°C, drėgmė 40%.

IV. Butai daugiaaukščiuose namuose

Butas Nr.1 (toliau pirmas butas) Penkiaaukštis plytinis namas pastatytas 1984 metais, renovuotas. Pastatas stovi dviejų gatvių kryžkelėje. Transporto eismas neintensyvus. Trijų kambarių butas (plotas 62 m²) pirmame aukšte. Balkonas įstiklintas. Natūralaus uosio parketo grindys, sienų tapetai dažyti, atliktas remontas. Gyvena dviejų asmenų šeima. Tirta vonia, svetainė, miegamasis kambarys, virtuvė. Vidutinė patalpų oro temperatūra 18,6° C±0,1°C, drėgmė 42%.

Butas Nr.2 (toliau antras butas). Devynaukštis blokinis manas pastatytas 1980 metais, šalia intensyvaus eismo gatvė. Namas nerenuotas. Dviejų kambarių butas (plotas 56 m²) ketvirtame aukšte. Butas neremontuotas, balkonas neįstiklintas, sienos ir lubos išklijuotos tapetais, grindys išklotos laminatu. Gyvena dviejų asmenų šeima, laiko šunį. Mėginiai surinkti vonioje, virtuvėje, miegamajame, svetainėje. Vidutinė patalpų oro temperatūra 19,1° C±0,1°C, drėgmė 41%.

Butas Nr.3 (toliau trečias butas). Namus blokinis, pastatytas 1986 metais. Trijų kambarių butas (plotas 64 m²) penktame aukšte. Sienos išklijuotos tapetais, lubos dažytos. Grindys išklotos laminatu. Bute gyvena vienas asmuo, naminių gyvūnų nėra. Tirta vonia, svetainė, miegamasis, virtuvė. Oro patalpų temperatūros ir drėgmės vidurkis tyrimo metu buvo 19,7° C±0,1°C, drėgmė 36,5%±0,1.

Butas Nr.4 (toliau ketvirtas butas). Gatvė neintensyvi. Namus mūrinis, keturaukštis, pastatytas maždaug 1970 metais. Namus renovuotas, butas ketvirtame aukšte (plotas 116 m²). Bute yra malkomis kūrenamas židinytis. Sienos išklijuotos tapetais, lubos dažytos, grindys išklotos natūralaus medžio parketu. Gyvena penkių asmenų šeima, augina šunį. Bute pusę metų niekas negyveno. Tirta vonia, svetainė, miegamasis, virtuvė. Temperatūros bei drėgmės vidurkis 19,1° C±1,7°, ir 58%±2,4.

2.2. Tyrimo metodika

Patalpų oro užterštumas mikroskopiniais grybais buvo analizuotas skirtingais lygmenimis:

- 1 lygmuo – intensyvaus siurbimo būdu surinktos alergines reakcijas sukeliančių mikroskopinių grybų sporos.
- 2 lygmuo – pasyviai nusėdę ir suformavę kolonijas ant mitybinės terpės mikroskopiniais grybais.
- 3 lygmuo – surinktos nuo paviršių susigulėjusios dulkės ir suformavę kolonijas ant mitybinės terpės mikroskopiniais grybais.

Patalpų oro taršos mikroskopiniais grybais skirtinguose lygmenyse naudoti trys skirtingi tyrimo metodai – intensyviai siurbimui naudota cikloninė oro gaudyklė. Pasyviai nusėdimui ant paviršių naudotas nusodinimo metodas, susigulėjusios dulkės nuo paviršiaus

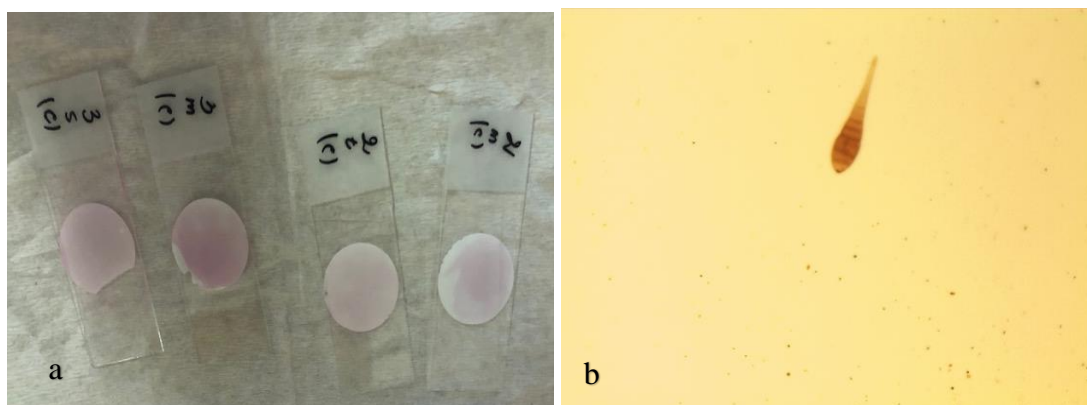
surinktos su vatos tamponėliu. Patogeninių mikroskopinių grybų antriniai metabolitai – mikotoksinai analizuoti imun fermentinės analizės metodu.

2.2.1. Bulvių dekstrozės agarų mitybinės paruošimo metodika

Distiliuotame vandenyje (500 ml) ištirpinama 12,5 g bulvių dekstrozės agarų terpės (BDA), sterilizuojama 180 °C. Petri lėkštelės (9,0 cm skersmuo) užpildomos atvėsinta iki 40° C BDA terpe su 20 % citrinos rūgšties priedu.

2.2.2. Oro mėginių ėmimas ciklonine oro gaudykle

Oro mėginių ėmimui naudota cikloninė oro gaudyklė *Coriolis*. Tai šiuolaikiška ir inovatyvi biologinių oro ėminių priemonė skirta oro kokybės stebėsenai, kontrolei, aplinkos taršos tyrimams, maisto ir veterinarijos bei sveikatos ir maisto saugos srityse. Veikimo principas susijęs su didelio oro srauto įsiurbimu (iki 630 litrų/min) ir efektyviu dalelių (nuo 0,8 μm dydžio) surinkimu į skystį. Magistro darbo tyrime naudotas cikloninės oro gaudyklės siurbimo greitis – 250 litrų per minutę, siurbimo trukmė - 10 min. Dėl centrifuginės jėgos ore esančios dalelės (bioaeroliai, sporos) atskiriamos iš oro srauto ir surenkamos į indelius, užpildytus steriliu vandeniu. Mėginių ėmimo aukštis pasirinktas apytiksliai žmogaus kvėpavimo zonoje, apie 1,5 metro nuo grindų. Surinkti oro mėginiai nufiltruoti per 0,45 μm celiuliozės nitrato filtrus („Sartorius“), kuris padengiamas lipniuo tirpalu. Mikroskopinių grybų sporos skaičiuotos ir identifikuotos naudojant šviesinį mikroskopą Leica su fotografavimo kamera.



4 pav. a) Mėginiai paruošti mikroskopavimui; b) *Alternaria spp.* spora

Mikroskopinių grybų sporos atpažintos naudojant Atlas Micologia Clinical Pathology (2018) ir kitus informacinius žinytus. Mikroskopinių grybų skaičius, kfv / m^3 , apskaičiuotas $KFV = \text{mikroskopinių grybų skaičius ant filtro} / (\text{siurbimo trukmė} * \text{siurbimo greitis})$, remiantis Carvalho et al. (2008) metodika.

2.2.3. Patalpų oro tyrimas sedimentacijos metodu

Mikroskopinių grybų nusodinimui, Petri lėkštelės su mitybine terpe padedamos ant lygaus paviršiaus ir atidengtos laikomos 10 min. Mėginiai inkubuojami termostate esant $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, 5 – 7 paras. Mikroskopinių grybų sporos skaičiuotos ir identifikuotos naudojant šviesinį mikroskopą Leica su fotografavimo kamera. Mikroskopinių grybų gentys ir rūšys atpažintos pagal suformuotas konidijas, naudojant Atlas Micologia Clinical Pathology (2018) ir kitus informacinius žinytus. Mikroskopinių grybų kolonijas formuojančių vienetų skaičius N 1m^3 oro apskaičiuojamas remiantis Hayleeyesus et. al. (2014) metodika pagal formulę:

$$N = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}, (kfv/m^3)$$

čia, a – kolonijų skaičius lėkštelėse; s – Petri lėkštelės plotas (cm^2); t – nusodinimo trukmė (min). Ant 100 cm^2 paviršiaus per 5 minutes nusėda tiek mikrobus, kiek jų yra 10 litrų oro.

2.2.4. Mikroskopinių grybų ant dulkių nustatymo metodas

Mikroskopiniai grybai nuo patalpų kietų paviršių buvo analizuoti surenkant dulkes steriliu vatos tamponėliu pagal Wahab et al. (2016) metodiką. Dulksės nuo tamponėlio paskleistos ant BDA mitybinės terpės Petri lėkštelėje. Mėginiai inkubuoti termostate esant 23°C temperatūrai, mikroskopinių grybų kolonijos skaičiuotos po 3-5 parų. Genčių atpažinimui lėkšteles inkubuotos 7 paras, mikroskopuota šviesiniu mikroskopu Leica su fotografavimo funkcija.

2.2.5. Aflatoksinų nustatymas imunofermentinės analizės CD-ELISA metodu

Mikotoksinų AFL (B1+B2+G1+G2) analizei dulkėse taikytas imunofermentinės analizės CD-ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) metodas pagal Wilkinson et al. (1992). *Metodo esmė:* cheminių reakcijų metu vyksta antigeno antikūnio sąveika: ant antigeno cheminiu ryšiu jungiasi mikotoksinas pažymėtas fermentu ir laisvas mikotoksinas, kurie konkuruoja dėl antikūno vietos mikroplokštelėje. Nesujungtas konjugatas pašalinamas plaunant mikroplokštelės šulinėlius, o sujungtas substrato/chromogeno tirpalu verčiamas į spalvotą junginį, kurio spalvinė reakcija sustabdoma įpilant *Stop* reagento. Mikotoksinais kiekybiškai įvertinami fotometriškai matuojant optinį tankį, kur absorbcija atvirkščiai proporcinga mikotoksinų koncentracijai.

Aflatoksinų fotometrinių analizės parametrai

Mikotoksinas	Kalibracinių tirpalų koncentracijos	Vienetai	Bangos ilgis, nm	MNR $\mu\text{g kg}^{-1}$	VK %
AFL _{bendras}	1; 5; 7,0; 15,0; 45,0	ppb	450	1,7	8

VK – variacijos koeficientas, MNR – metodo nustatymo riba. ppb= $\mu\text{g/kg}$

Dulkės surinktos iš patalpų, kuriose ant dulkių buvo atpažinta patogeninių *Aspergillus* genties rūšių. Dulkių analizė atlikta pritaikant Ridascreen® fast Aflatoxin R5202 diagnostinio nustatymo testą. Pasveriami 5 g dulkių mėginio, užpilama 25 ml 70 % metanolio, intensyviai purtoma purtyklėje 3 min, filtruojama pro Watman Nr.1 filtrinį popierių. Skiesti gautą ekstraktą 1:1 dist. vandeniui. Testuojama 50 μl mėginio. Mėginiai analizuojami pakartojant du kartus, laikantis testuose griežtai nurodytos tvarkos. Standartinių tirpalų koncentracijos ir fotometro parametrai pateikti 2 lentelėje.

Mikotoksinų testavimo žingsniai ir reagentų tūriai

Darbo eiga:	Į mikrokana- lėlius išpilstoma fermento konjugato, μl	Pilstoma mikotoksinų standartinių tirpalų ir mėginių po: μl	Inku-buoja- ma, min ± 1	Išpilstomas substratas/ chromogenas, μl	Inkubuo- jama, min ± 1	Pilamas RED- STOP reagentas, μl
Žingsniai	1	2	3	4	5	6
AFL Bendras	50	100	30	100	15	100

Bendra aflatoksinų koncentracija nustatyta tirpalo optinį tankį matuojant fotometru, kai spalvos intensyvumas priešingai proporcingas mikotoksino koncentracijai mėginyje.

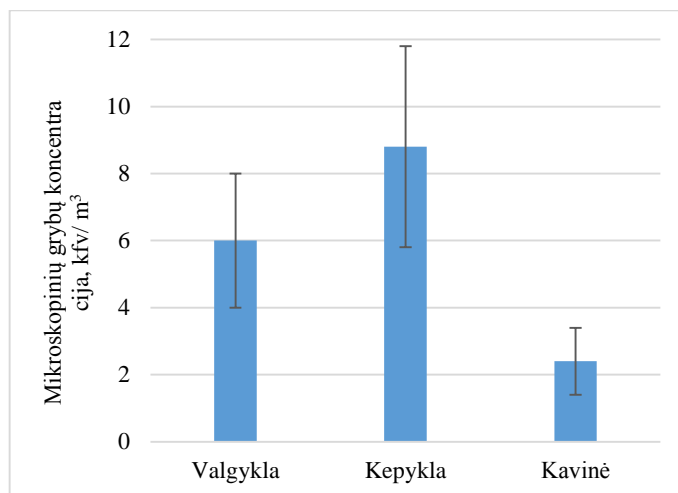
Statistinių duomenų vertinimas

Oro mėginių analizė ciklonine oro gaudykle atlikta imant po tris mėginius, o nusodinimo ir paviršiaus dulkių tyrimui imta po keturis mėginius. Analizuojant dulkes tyrimas atliktas kartojant du kartus. Mikroskopinių grybų ir aflatoksinų duomenų vidutinė vertė ir standartinis nuokrypis apskaičiuotas kompiuterine programa *Microsoft Office Excel 2013*. Oro ir paviršiaus dulkių mėginiuose duomenys pateikiami perskaičiuojant sporų, kolonijų skaičių į kfv/m^3 koncentraciją. Diagramose nurodoma procentinis mikroskopinių grybų genčių pasiskirstymas bei jų įvairovė patalpų ore.

3. REZULTATAI

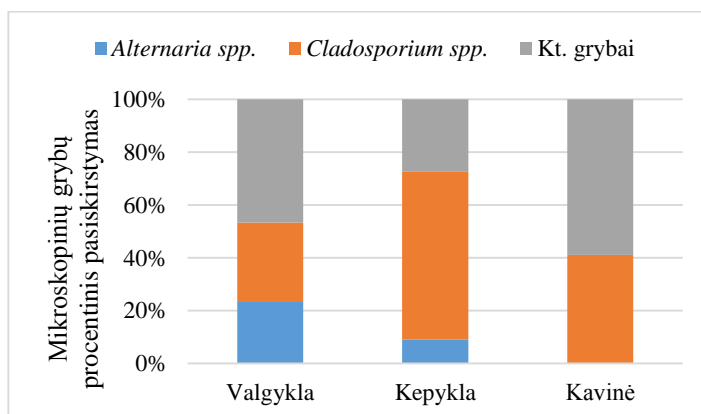
3.1. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas maitinimo įstaigų ore ir dulkėse

Oro mėginių analizė vidaus patalpose leidžia geriau apibūdinti poveikį žmogaus sveikatai, ypač atsiradus alergijai bei kvėpavimo takų ligoms (Méheust ir kt., 2014).



5 pav. Bendras grybų kfv/m³ kiekis intensyviai siurbtame maitinimo įstaigų ore

Analizuojant patalpų oro kokybę intensyvaus siurbimo būdu gauta, kad labiausiai mikroskopiniais grybais buvo užterštas kepyklos oras (5 pav.), o kavinėje ir valgykloje atitinkamai mažiau 46 % ir 37 %. Šiame oro taršos analizės lygmenyje pagrindinis dėmesys buvo skirtas alergines reakcijas sukeliantiems mikroskopiniams grybams – *Cladosporium* ir *Alternaria* gentims.



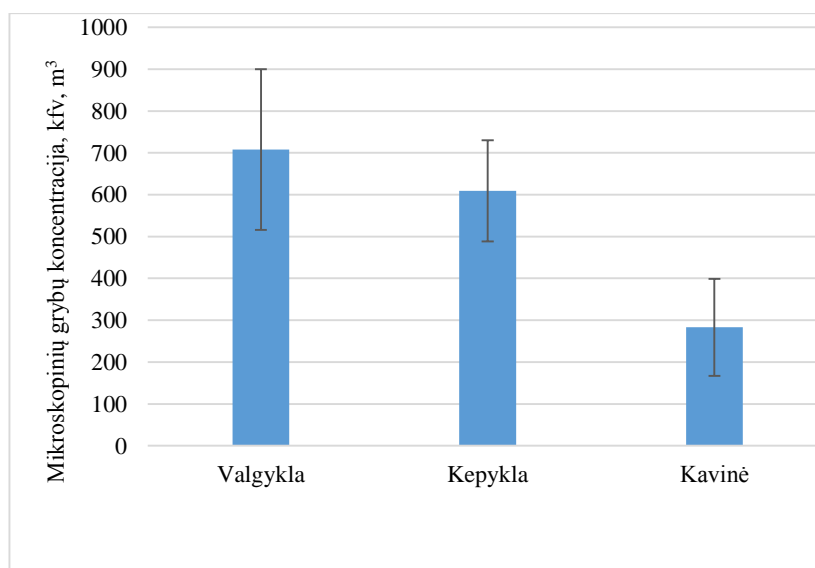
6 pav. Mikroskopinių grybų genčių pasiskirstymas maitinimo įstaigų patalpų intensyviai siurbtame ore

Cladosporium spp. sporų analizė parodė, kad labiausiai jomis buvo užterštas kepyklos oras (6 pav.), o kavinės ir valgyklos patalpų ore šios genties grybų buvo 20 % ir 40 % atitinkamai mažiau. *Alternaria spp.* nustatyta visuose valgyklos oro mėginiuose, šių sporų

koncentracija nuo bendro mikroskopinių grybų sporų kiekio sudarė 30 %, o kavinėje jų visai neaptikta. Pasak, B.P.H.J. Thomma (2003) *Alternaria spp.* yra sausos ir lengvos sporas, todėl lengvai randamas oro mėginiuose.

Alergines reakcijas sukelia ir toksiškus mikroskopinius grybus gamina *Penicillium* ir *Aspergillus* genties grybai, tačiau intensyvaus siurbimo metodu surinktas šių grybų sporas identifikuoti mikroskopavimo būdu yra sudėtinga (Aydogdu et al., 2010), todėl šių patogeninių grybų skaičius ir pasiskirstymas patalpų ore buvo analizuotas kitais metodais – pasyviai nusėdusių dalelių bei tiriant paviršių dulkių taršą.

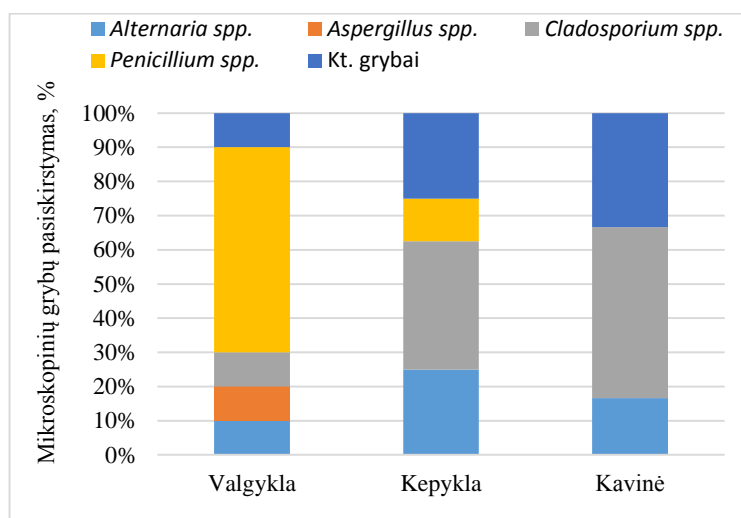
Pasyviai nusėdę mikroskopiniai grybai sudarė kitą oro taršos analizės lygmenį. Šis tyrimas parodė, kad daugiausia mikroskopinių grybų kolonijų ant mitybinės terpės užaugo mėginiuose, surinktuose valgyklos patalpų ore (7 pav.). Kavinės oro mėginių analizės rezultatai sutapo su intensyvaus siurbimo duomenimis, šiose patalpose oro užterštumas mikroskopiniais grybais buvo 2,5 karto mažesnis (283 kfv/m^3) lyginant su valgyklos patalpų oro užterštumu. Lietuvoje patalpų užterštumas mikroskopiniais grybais nėra reglamentuojamas, tačiau pagal Pasaulio Sveikatos Organizacijos (PSO) rekomendacijas, patalpų ore mikroskopinių grybų koncentracija neturėtų viršyti 500 kfv/m^3 . Šis tyrimas parodė, kad valgyklos ir kepyklos oro užterštumas neatitinka PSO rekomendacijų: valgykloje buvo 708 kfv/m^3 , o kepykloje užterštumas siekė 609 kfv/m^3 .



7 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų koncentracija maitinimo įstaigų ore

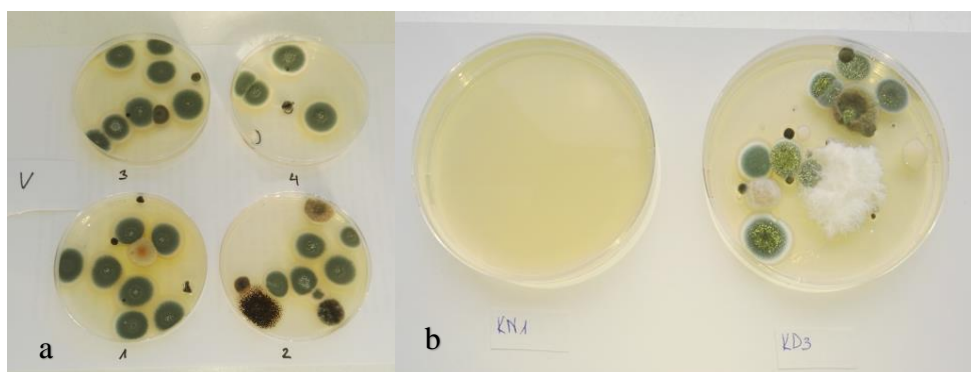
Mikroskopinių grybų genčių analizė parodė, kad valgyklos patalpų ore didžiąją dalį mikroskopinių grybų sudarė *Penicillium* genties patogenai (8 pav.) ir iš visų analizuotų maitinimo įstaigų, tik šiose patalpose buvo nustatyta *Aspergillus* genties mikroskopinių grybų (9 pav. a).

Kepykloje ir kavinėje dominavo *Cladosporium genties* grybai. *Alternaria spp.* kepykloje sudarė 30 %, o kavinėje 18 % nuo bendro grybų kiekio.



8 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų įvairovė maitinimo įstaigų ore

9 paveiksle matyti išaugusių pelėsinių grybų kolonijos labiausiai užterštose patalpose. Nuo paviršiaus surinktų maitinimo įstaigose dulkių mėginių analizė parodė, kad ant dulkių taip pat vyrauja *Penicillium* ir *Cladosporium* genties grybai.



9 pav. Mikroskopinių grybų kolonijos a) - valgykla, b – kavinė

Didžiausia tarša šiais mikroskopiniais grybais buvo kepyklos patalpose – jų nustatyta visuose dulkių mėginiuose (6 lentelė). Tačiau valgyklos patalpų dulkių mėginiuose daugiausia aptikta toksiškiausius mikotoksinus gaminančių *Aspergillus* genties grybų, taip pat visuose mėginiuose rasta *Penicillium spp.* Kavinėje didžiausią dalį nuo bendro grybų kiekio sudarė *Penicillium* genties grybai. Iš jų išsiskyrė antrasis mėginys – kavinės virtuvė. Šiose patalpose taip pat sandėliuojami miltai. Didesnė užterštumo rizika buvo patalpoje, kur laikomi miltai ir kiti gamybai reikalingi produktai. Kol miltai tampa galutiniu produktu, grūdai apdorojami, perdirbami įvairiuose technologiniuose įrenginiuose. Tikėtina, kad miltai gali būti taršos priežastis, nes pagal G. Puchianu (2018), grūdų perdirbimo patalpose susidaranti mikrobiologinė oro tarša patenka nuo užterštų žaliavų.

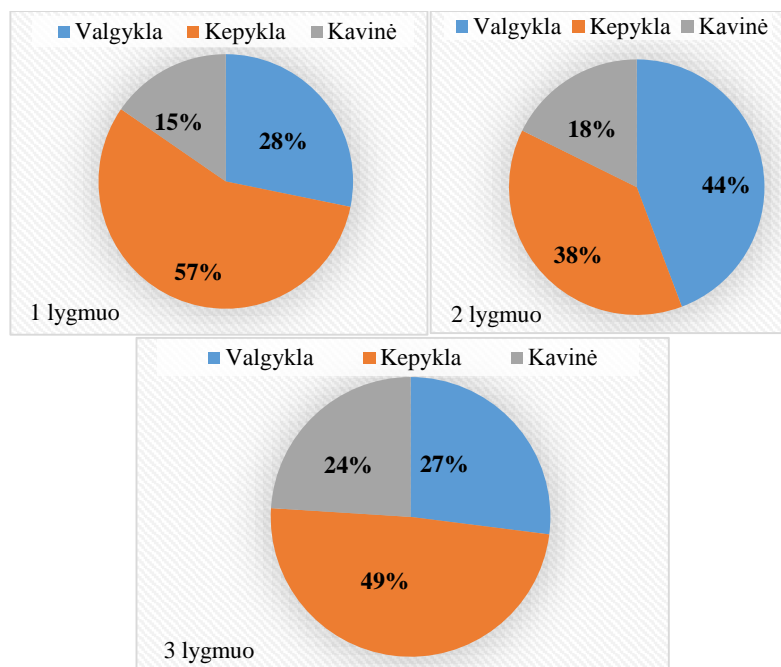
Apibendrinant maitinimo įstaigų oro ir dulkių taršos rezultatus, gauta, kad visuose analizės lygmenyse didžiausia mikroskopinių grybų tarša buvo kepyklos patalpų ore ir dulkėse (8 pav.). Lyginant su kitomis maitinio įstaigomis, jose tarša siekė 57 % – 38 % bendro užterštumo.

6 lentelė

Dulkių tarša mikroskopiniais grybais maitinimo įstaigose

Maitinimo įstaigos	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	Kiti grybai	Vidutiniškai mikroskopinių grybų lėkštelėje, vnt, SN
Valgykla	0 – 4	0 – 8	0	1 – 9	1 – 12	12±5
Kepykla	0	0	7 – 15	4 – 12	1 – 5	22±7
Kavinė	0 – 3	0	0 – 5	0 – 10	0 – 7	11±7

Švariausias oras buvo kavinės patalpose – mikroskopinių grybų koncentracija siekė iki 25 % nuo bendro užterštumo. Šios patalpos išsiskyrė didesniu plotu (147,5 m²), lyginant su kitomis maisto įstaigų patalpomis. Moksliniai tyrimai rodo, kad patalpos dydis užterštumui mikroskopiniais grybais įtakos neturi, bet reikšmingas bakterinei taršai. (Rajasekhar, Balasubramanian, 2011). Tikėtina, kad reikšmės turėjo ir higienos sąlygų faktorius. Valgyklos patalpų užterštumas nebuvo didžiausias, tačiau jose aptikti toksiškiausi mikroskopiniai grybai – *Penicillium* (27%) ir *Aspergillus* (19%). Tikėtina, kad viena iš priežasčių galėjo būti didesnė patalpos oro temperatūra ir drėgmė (Rajasekhar, Balasubramanian, 2011).



10 pav. Bendro mikroskopinių grybų kiekio skirtingais lygiais pasiskirstymas % maitinimo įstaigų patalpų ore

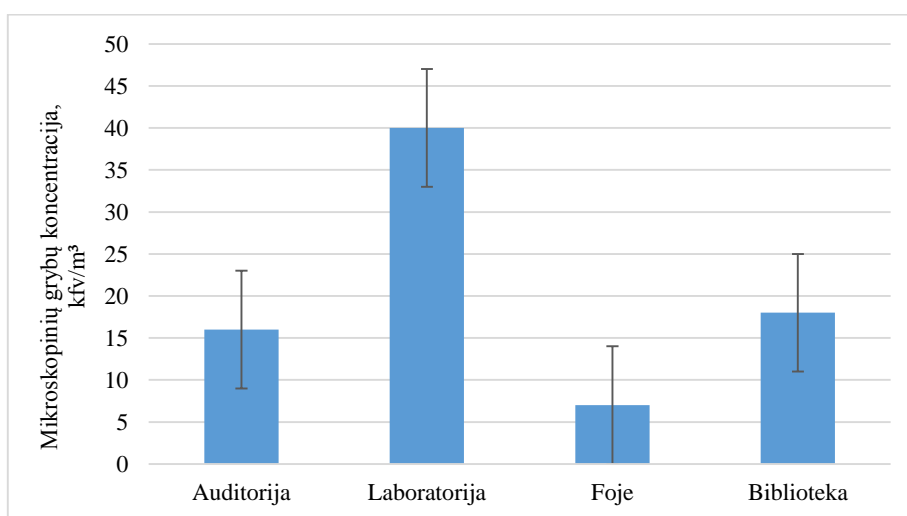
Maitinimo įstaigose oro ir dulkių taršos rezultatų skirtingais oro taršos lygiais analizė parodė (10 pav.), kad mikroskopinių grybų nustatymui taikyti metodai koreliuoja. Nors pirmajame

lygmenyje (intensyvaus siurbimo) buvo ribota mikroskopinių grybų skaidos ore atpažinimo galimybė, duomenys sutampa su dulkių analizės rezultatais, kurie rodo, kad didesnė tarša mikroskopiniais grybais maitinimo įstaigose išsiskyrė kėpyklos patalpos ore ir dulkėse. Valgyklos patalpose didesne tarša išsiskyrė 2 lygmuo (pasyvus nusodinimas). Tikėtina, kad įtakos galėjo turėti darbuotojų veikla. Matavimų metu vyko maisto ruošimo darbai, vyko intensyvus judėjimas bei oro masių maišymasis mėginio ėmimo lygmenyje. Dėl to, galėjo būti ir intensyvus bioaerozolių nusėdimo procesas, nes analizę apsunkino intensyvesnė mikrobinė tarša. Kavinės oro tarša mažiausia visuose analizės lygmenyse ir svyruoja nuo 24 % iki 15 %, lyginant su bendra

Moksliniai tyrimai rodo, kad palankiausios sąlygos *Penicillium spp.* grybų dauginimuisi patalpose yra, kai aplinkos temperatūra yra didesnė nei 23°C, (Public health expertise and reference centre, 2016), o drėgmę toleruoja plačiose ribose. Kai kurie autoriai teigia, kad didesnė santykinė drėgmė patalpose buvo susijusi su didesnėmis *Penicillium spp.* koncentracijomis (Crawford et al., 2015). *Aspergillus spp.* mikroskopiams grybų augimui taip pat palanki aukštesnė temperatūra (Kyung et al., 2013). Jie ypač pavojingi, nes gamina toksiškus aflatoksinus, žinomus kaip kancerogenus (Yang et al., 2014). Pagal tyrėjų A. Rajasekhar, R. Balasubramanian (2011), dažniausiai pasitaikančios mikroskopinių grybų gentys maitinimo įstaigose – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*.

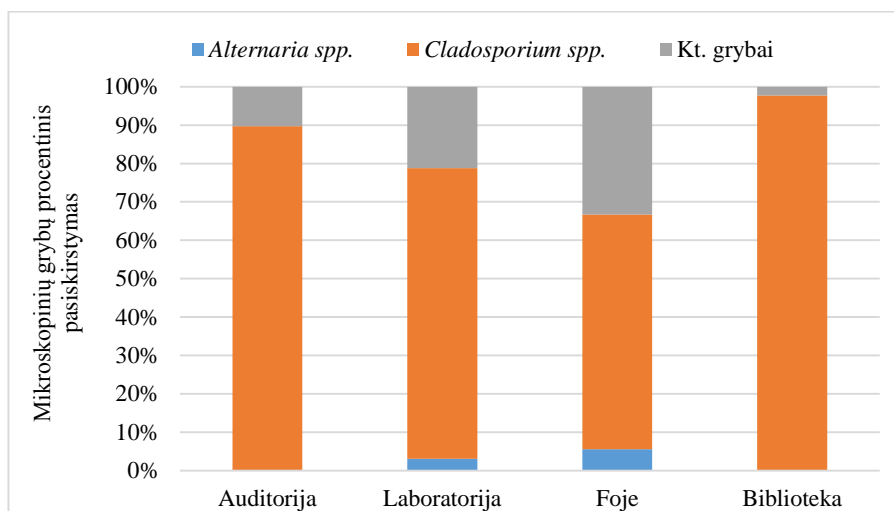
3.2. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas mokymo įstaigų ore ir dulkėse

Ištirus mokymo įstaigų oro kokybę intensyvaus siurbimo metodu gauta, jog labiausiai mikroskopiniais grybais užterštas laboratorijos patalpų oras (11 pav.).



11 pav. Bendras grybų kfv/m³ kiekis intensyviai siurbtame mokymo įstaigų ore

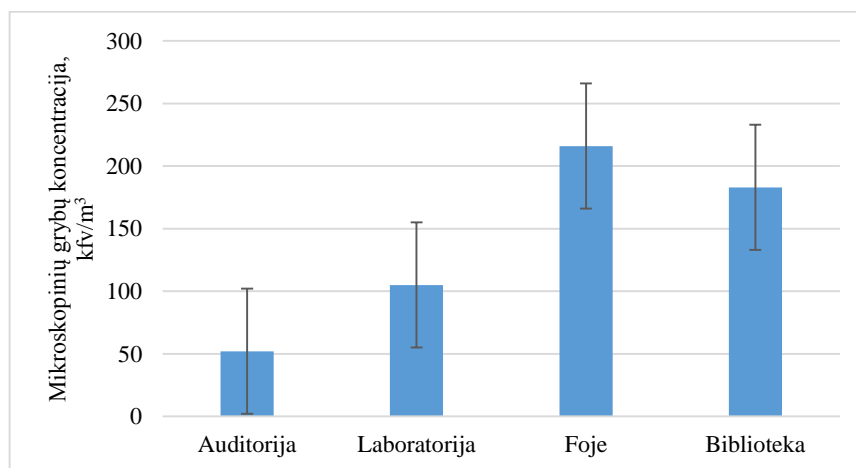
Bibliotekos ir auditorijos patalpų ore tarša buvo panaši. Šiose erdvėse mikroskopinių grybų koncentracija buvo 10% mažesnė nei laboratorijos patalpų ore, bet fojė patalpų ore pagal mikroskopinių grybų kiekį buvo 64% švaresnis oras nei laboratorijos patalpose. Šiame mokymo įstaigų patalpų oro analizės lygmenyje didžiausias dėmesys buvo skirtas alergijas sukeliantiems *Alternaria spp.* ir *Cladosporium spp.* sporoms.



12 pav. Mikroskopinių grybų genčių pasiskirstymas mokymo įstaigų patalpų intensyviai susiurbtame ore

Moksliniai tyrimai rodo, kad žmonės didžiąją laiko dalį praleidžia patalpose, todėl patalpų oro kokybė yra labai svarbi, vertinant alergines reakcijas ar kitas kvėpavimo takų susirgimo priežastis (Huang et al., 2015).

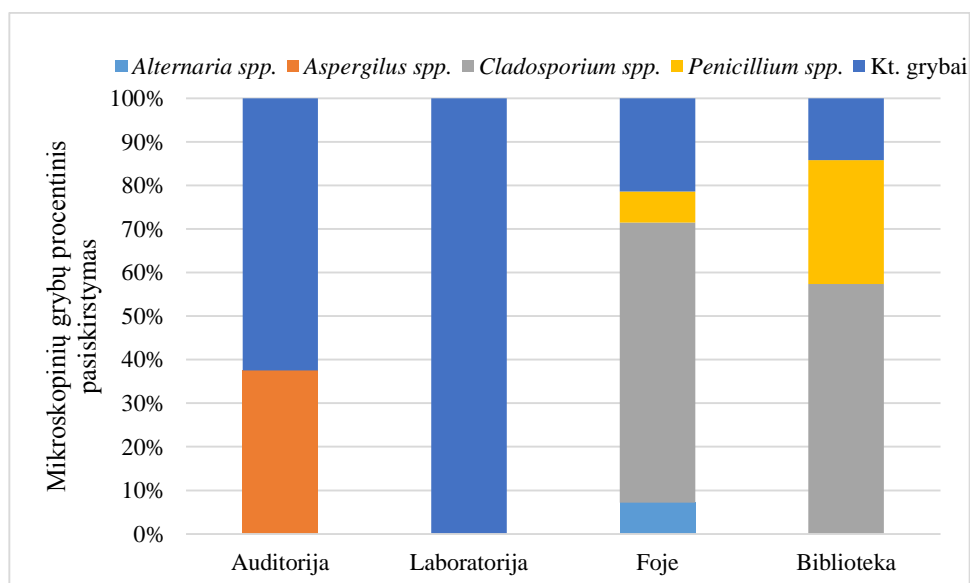
Kadangi iš intensyviai susiurbto oro *Penicillium* ir *Aspergillus* genties grybų sporas sudėtinga atpažinti mikroskopuojant, tyrimas tęsiamas kitame analizės lygmenyje, kad tiksliau būtų galima įvertinti tiriamų mokymo įstaigų patalpų oro kokybę. Šiose erdvėse didžiąją dienos dalį paleidžia mokiniai (dauguma nepilnamečių), todėl ypač svarbu žinoti patalpų oro taršą.



13 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų koncentracija mokymo įstaigų ore

Pasyviai nusėdę ir kolonijas suformavę mikroskopiniai grybai antrajame analizės lygmenyje, suteikė informacijos apie mikroskopinių grybų kiekį ir jų pasiskirstymą mokymo įstaigų patalpų ore. Šis tyrimas parodė, kad šių įstaigų oro tarša patogeniniais grybais siekia nuo 52 iki 216 kfv/m³. Daugiausia mikroskopinių grybų kolonijas formuojančių vienetų 1 m³ oro nustatyta fojė ore (13 pav.). Šiose patalpose nustatyta patogeninių grybų koncentracija 216 kfv/m³, o antrą vietą pagal užterštumą įvertintos bibliotekos patalpos. Čia mikroskopinių grybų koncentracija ore siekė 183 kfv/m³.

Palyginus pasyviai nusėdusių patogenų koncentraciją su intensyvaus siurbimo duomenimis, gauti įvairūs rezultatai. Šiuos skirtumus galima paaiškinti skirtingų mikroskopinių grybų dauginimosi ciklu bei skirtingų rūšių sporų savybių kitimu jų gyvavimo cikle. Manoma, kad skirtingi analizės lygmenys suteikia platesnį požiūrį į grybų augimo ir vystymosi etapus (Basinas et al., 2017). Auditorijos patalpų oro tarša keturis kartus mažesnė, nei nustatyta fojė patalpose. Pagal PSO rekomendacijas, mokymo įstaigų patalpų oro tarša rekomenduojamos normos neviršijo



14 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų įvairovė mokymo įstaigų ore

Mokymo įstaigų patalpų oro patogeninių grybų genčių analizė parodė, jog laboratorijos patalpose oro mėginiuose pasyviai nenusėdo ir kolonijų nesufurmavo nei vienas iš pagrindinių patogeninių mikroskopinių grybų, tačiau identifikuota keletas mikroskopinių grybų kolonijų, tokių kaip: *Botrytis*, *Mucor* genčių grybai, kurie turėjo įtakos bendrai patalpų oro kokybei. Tačiau tik mokymo įstaigų patalpų ore identifikuota *Aspergillus spp.* Kitose vidaus erdvėse šių patogeninių grybų neaptikta. Fojė patalpose dominuoja *Cladosporium spp.* grybai, kurie sudaro daugiau nei 60% visų grybų kiekio, tačiau jų įvairovė didžiausia (14 pav.).

Bibliotekos patalpose *Penicillium* spp. sudaro beveik 30% nuo bendro mikroskopinių grybų kiekio.

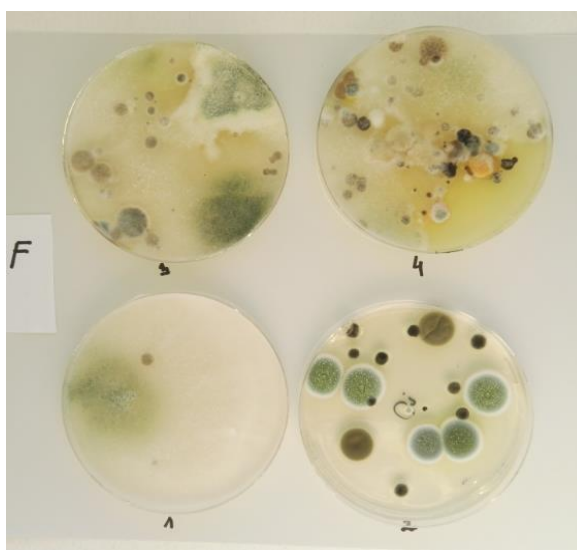
7 lentelė

Dulkių tarša mikroskopiniais grybais mokymo įstaigose

Tyrimo vieta	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	Kiti grybai	Vidutiniškai mikroskopinių grybų lėkštelėje, vnt, SN
Auditorija	0 – 1	0	0	0 – 5	0 – >25	3±6,01
Laboratorija	0	0 – 5	0 – 14	5 – 17	1 – 14	24±4,1
Foje	0	0 – 2	0	0 – 1	0 – 1	2±0,66
Biblioteka	0 – 7	0 – 8	0 – 13	2 – 12	0 – 2	20±3,19

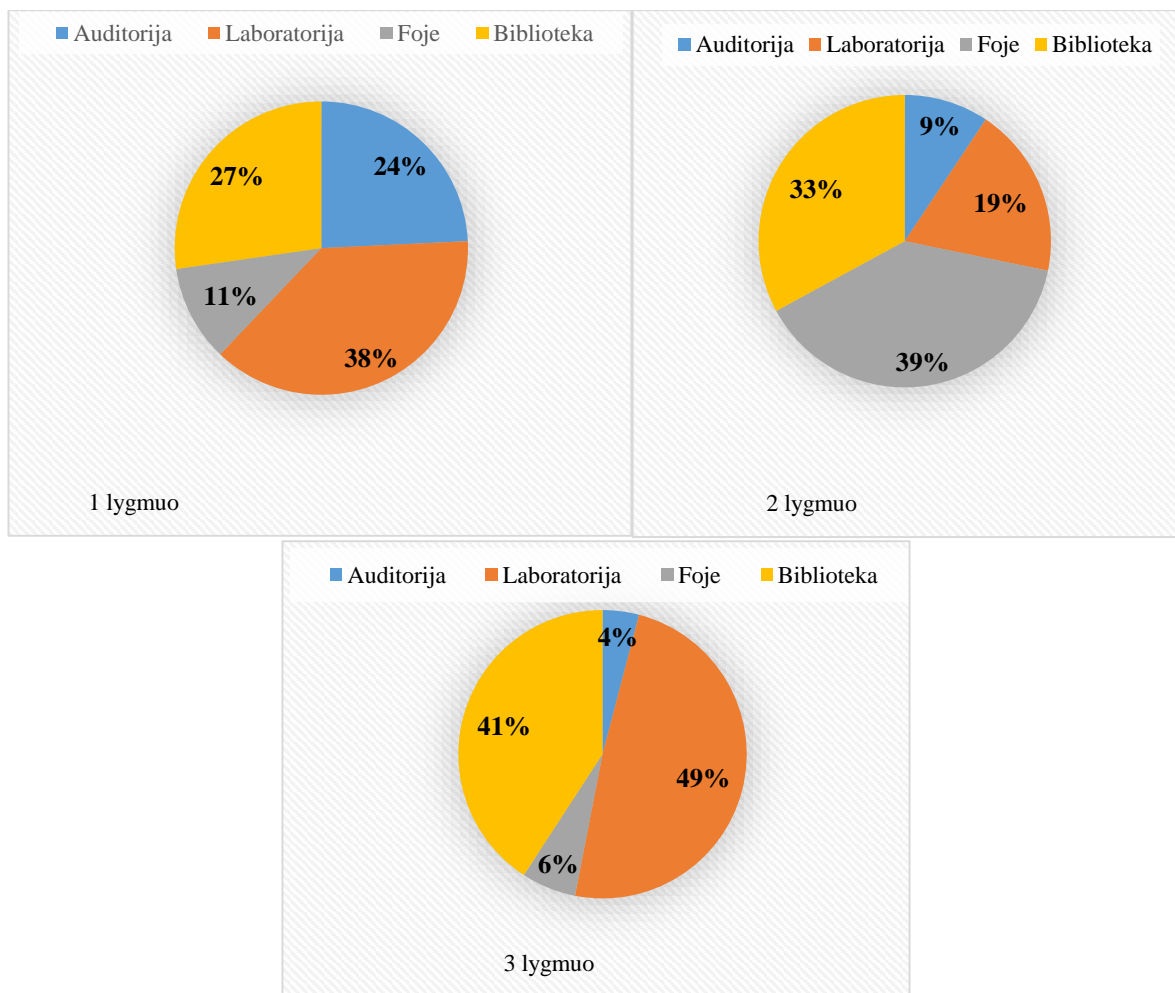
Nuo paviršiaus surinktų mokymo įstaigose dulkių mėginių analizė parodė, kad vyrauja *Penicillium* ir *Cladosporium* genties grybai. Didžiausia tarša šiais mikroskopiniais grybais buvo bibliotekos ir laboratorijos patalpose, jų nustatyta visuose dulkių mėginiuose (7 lentelė). Tačiau valgyklos patalpų dulkių mėginiuose daugiausia aptikta toksiškiausius mikotoksinus gaminančių *Aspergillus* genties grybų, taip pat visuose mėginiuose rasta *Penicillium* spp. Bibliotekoje didžiausią dalį 41 % nuo bendro grybų kiekio juose, sudarė *Penicillium* genties grybai. Bibliotekos patalpose bendrai mėginiuose nustatyta visų mikroskopinių grybų tarša

Apibendrinant, galima teigti, kad didžiausia oro tarša mikroskopiniais grybais buvo nustatyta mokymo įstaigos fojė patalpų ore, taikant nusodinimo metodą (16 pav., b). Tikėtina, kad įtakos galėjo turėti šiose patalpose atliekami statybų remonto darbai.



15 pav. Fojė patalpos oro mėginiai

Šiuose mėginiuose nustatyta ne tik tarša mikroskopiniais grybais, bet ir bakterinė tarša. T. Verdier (2014) tyrimų rezultatai rodo, jog mikroorganizmai, dažniausiai vyraujantys patalpų statybinėse medžiagose, yra mikroskopinių grybų *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* ir *Stachybotrys* gentys, gramneigiamos bakterijos bei mikobakterijos. Tikėtina, kad statybinės medžiagos galėjo turėti įtakos fojė patalpų oro taršai mikroskopiniais grybais.

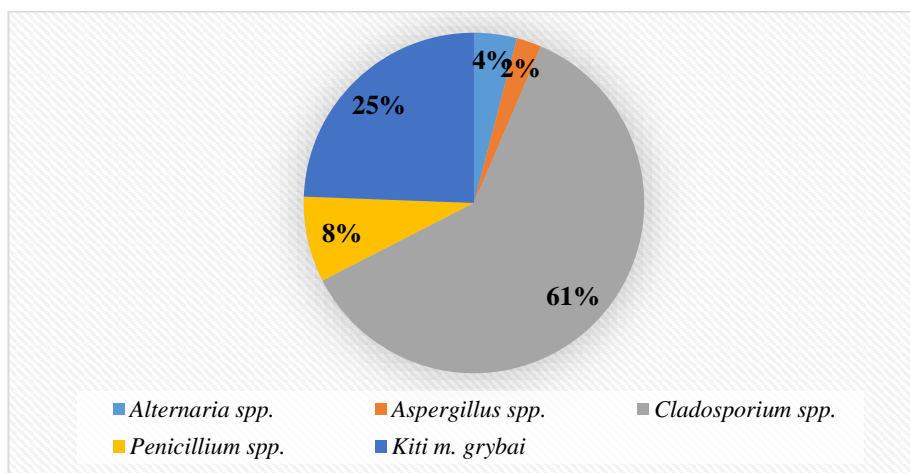


16. pav. Bendro mikroskopinių grybų kiekio skirtingais lygiais pasiskirstymas % mokymo įstaigų patalpų ore

Mikroskopinių grybų pasiskirstymas % pagal lygmenis

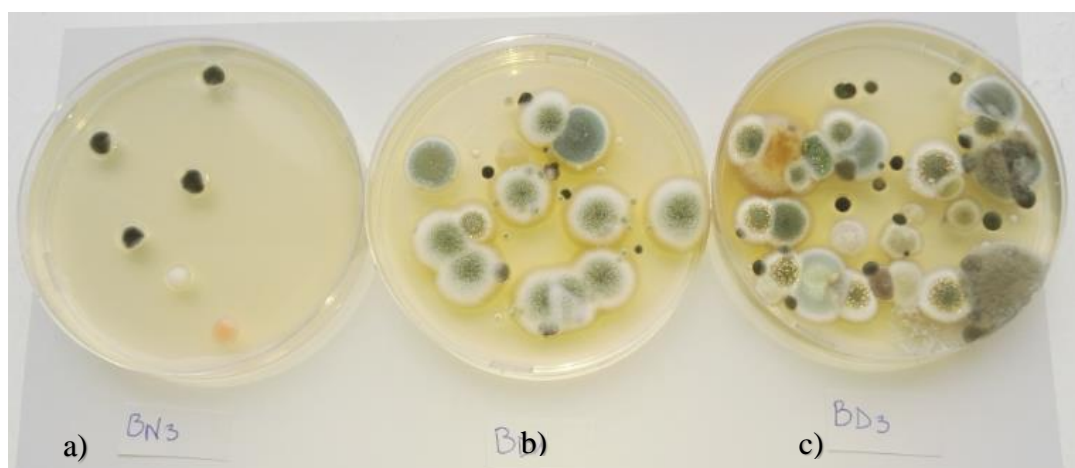
Išanalizavus mikroskopinių grybų pasiskirstymą tarp visų trijų analizės lygmenų, gauta, kad juose mikroskopinių grybų koncentracija buvo netolygi. Mažiau nustatyta alergines reakcijas sukeliančių mikroskopinių grybų ir didesnė tarša buvo mikotoksinus sintetinančiomis rūšimis. Be to, intensyvaus siurbimo būdu surinktos mikroskopinių grybų sporos galėjo ne visos būti gyvybingos. Ištyrus mikroskopinių grybų pasiskirstymą mokymo įstaigų patalpų siurbiant orą didžiausia tarša nustatyta laboratorijoje 38%, bibliotekos ore mikroskopinių grybų 27%. Tris kartus mažiau nustatyta fojė patalpų ore -11%, lyginant su labiausiai užteršta bibliotekos patalpa.

Tačiau pasyvaus tyrimo lygmuo parodė, kad mikroskopinių grybų tarša fojė patalpoje siekia 39%. Bibliotekos patalpose mikroskopiniai grybai pasiskirstę nuo 19% iki 41%. Labiausiai bioaeroliais užterštas laboratorijos patalpų oras. Šiose patalpose nusėdusiose dulkėse mikroskopiniai grybai sudaro beveik 50% visų tirtų patalpų. Tiriant nusistovėjusias dulkes, būtina atlikti išsamesnį tyrimą šiose dviejose patalpose.



17 pav. Mokymo įstaigose dominuojantys mikroskopiniai grybai

Atlikus mokymo įstaigų patalpų oro tyrimą ir įvertinus alerginių grybų sporų pasiskirstymą mokymo įstaigų ore vyrauja *Cladosporium* genties mikroskopiniai grybai, kurie sudaro 61% visų bendrų sporų. Pagal M. Shams-Ghahfarokhi (2014), *Cladosporium*, *Penicillium* ir *Aspergillus* genties mikroskopiniai grybai gamina daug mažų sporų, kurios paprastai išlieka ore ilgą laiką, o kitos grybų gentys gamina didesnių ir sunkesnių sporų, kurios linkusios greičiau nusėsti .



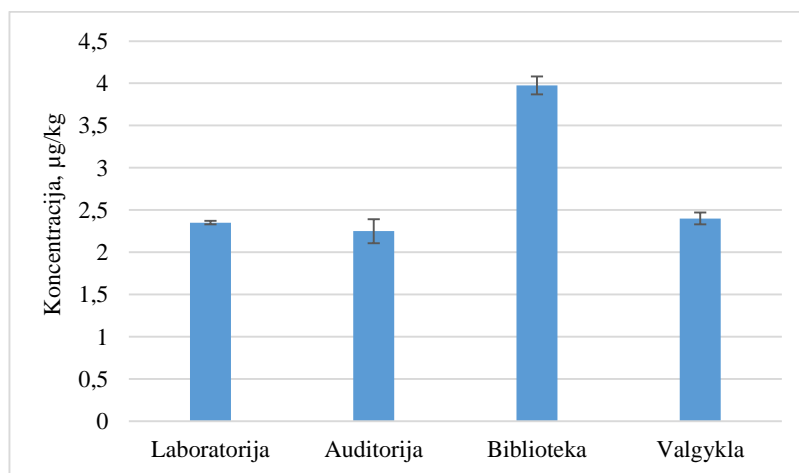
18 pav. Mėginiai bibliotekos patalpų ore

Mėginys a) paimtas nusodinimo būdu, b) ir c) mėginiai imti iš paviršiaus dulkių.

Mėginys a) paimtas nusodinimo būdu, b) ir c) mėginiai imti iš paviršiaus dulkių. Bibliotekos patalpose bioaerozolių tyrimas yra svarbus ne tik knygų išsaugojimui, bet ir suteikiant informacijos kasdien dirbantiems šioje aplinkoje darbuotojams apie alergenų bei kitų ligų sukėlėjus (Swapna, Lalchand, 2016). Kai kurios *Aspergillus*, *Penicillium* rūšys gali sukelti ekstremalias alergines reakcijas ar kvėpavimo takų ligas. Bibliotekos patalpų oro taršą mikroskopiniais grybais galėjo lemti senos knygos, jų biologinė tarša. Mokslininkų Hayleeyesus S.F., Manaye A.M., (2014) tyrimo rezultatai rodo, kad dažniausiai aptikti mikroskopiniai grybai buvo *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Penicillium sp.* ir *Aspergillus sp.*, koncentracija universitetų bibliotekų patalpose siekė 367–2595 kfv/m³. Magistro darbo tyrime mikroskopinių grybų koncentracija nustatyta du kartus mažesnė –183 kfv/m³ bibliotekos patalpų ore, lyginant su tyrėjų mažiausiu rezultatu. Manoma, jei žmogaus organizmas yra ypač jautrus mikroskopiniams grybams, apie 30% atsiranda sveikatos sutrikimų, susijusių su patalpų oro kokybe (Meraj-ul-Haque et al. 2016).

3.3. Aflatoksinų koncentracija patalpų dulkėse

Kadangi maitinimo ir mokymo bei bibliotekos dulkių mėginiuose buvo identifikuoti mikotoksinus sintetinantys *Aspergillus* genties grybai, šių įstaigų dulkėse buvo ištirtas bendra aflatoksinų koncentracija, nes jie pasižymi kancerogeninėmis savybėmis. Šie junginiai yra darbo vietose ir patalpose, nors atskirų toksinų koncentracija ore paprastai yra maža, teigiama mokslinėje literatūroje. Nors paprastai šių junginių koncentracijos patalpose yra mažos, didžiausia žala organizmui gali būti padaryta įkvėpiant, tačiau toksinų poveikis gali pasireikšti ir per maistą ar per odą. (Huttunen, Korkalainen, 2018).



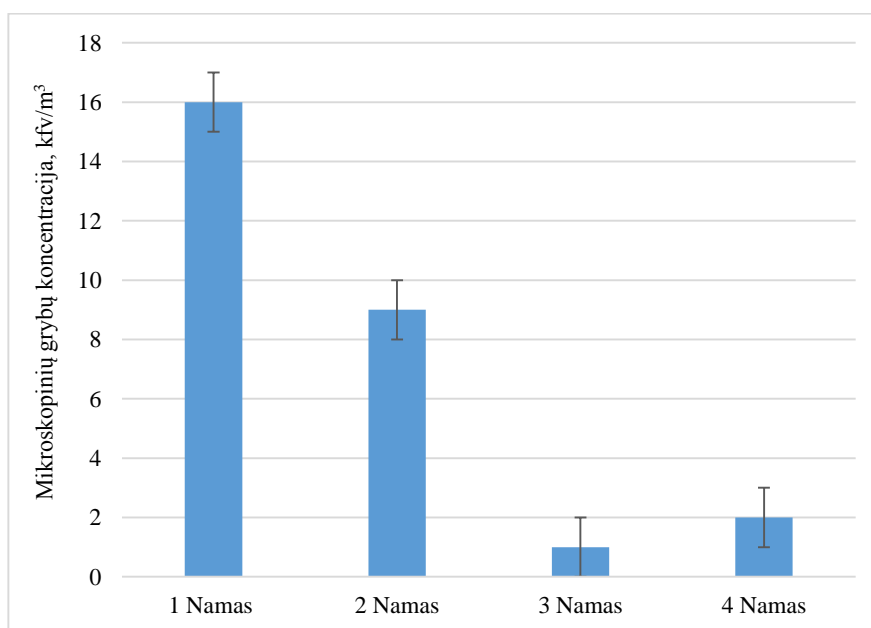
19 pav. Aflatoksinų (AFL_{bendras}) koncentracija patalpų dulkėse

Įvertinus maitinimo, mokymo įstaigų patalpų oro taršą mikroskopiniais grybais, mikotoksinų tyrimas rodo, kad aflatoksinais buvo užteršti visi analizuoti mėginiai. Didžiausias užterštumas aflatoksinais buvo bibliotekos patalpų dulkėse - apie 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$. laboratorijoje, valgyklos ir auditorijos patalpų dulkėse šio mikotoksino kiekis mažesnis ir svyruoja 2,4 – 2,37 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ribose.

Šis tyrimas rodo, kad bibliotekos oro kokybė patenka į padidintos rizikos zoną, nes čia vyrauja ne tik alergines reakcijas ir kvėpavimo takų ligas sukeltantys mikroskopiniai grybai, bet ir dulkės užterštos toksiškais mikotoksinais. Mokslinėje literatūroje teigiama, jog mikotoksinais ilgai gali išlikti susidariusiose dulkėse bei turėti įtakos imuninės sistemos formavimuisi (Hayleeyesus, Manaye, 2014). Įrodytas ne tik jų toksiškumas, bet ir tai, kad kai kurie mikotoksinais yra termiškai stabilūs ir turi kelis bioakumuliacijos organizmuose lygius (Turner et al., 2015). Mikotoksinais, kurie išsiskiria paskutiniuose augimo etapuose, kiekiai matuojami, siekiant įvertinti jų biologinį aktyvumą. Šis metodas naudojamas vertinant pavojingų mikotoksinų kiekį, patogeninį potencialą ir galimą poveikį žmonių sveikatai (Polizzi et al., 2012b).

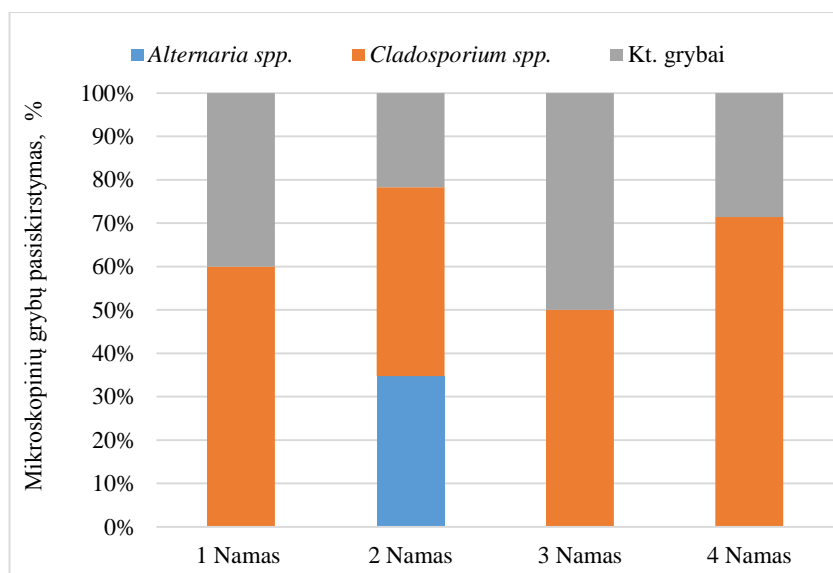
3.4. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas individualių namų ore ir dulkėse

Analizuojant individualių namų oro kokybės rezultatus, matyti, jog didžiausia mikroskopinių grybų tarša nustatyta individualiame name Nr. 1 (*toliau pirmame name*). Mikroskopinių grybų koncentracija šiose patalpose nustatyta 16 kfv/m^3 .



20 pav. Bendras grybų kfv/m^3 kiekis intensyviai siurbtame individualių namų ore

Kitaip paplitę *Cladosporium* genties grybai, kurie nustatyti visų tirtų namų ore. Šios genties mikroskopinių grybų soros pasiskirsčiusios nuo 1 kfv/m³ iki 16 kfv/m³. Intensyviai siurbtame ore labiausiai užterštos pirmo namo patalpų oras, o mažiausia tarša nustatyta trečiame name. Šiame oro taršos analizės lygmenyje, intensyviai siurbiant orą, nustatytos ir kiekybiškai įvertintos *Alternaria spp.* ir *Cladosporium spp.* sporos, esančias individualių namų ore.



21 pav. Bendras mikroskopinių grybų procentinis pasiskirstymas intensyviai siurbtame individualių namų patalpų ore

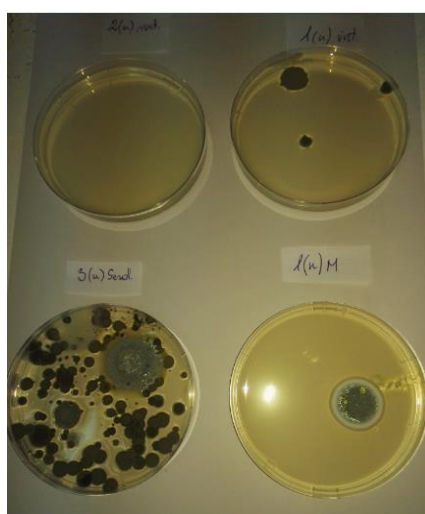
Analizuojant individualių namų intensyviai siurbto oro kokybę, *Alternaria* genties grybai trečio namo patalpų ore sudaro 35% visų nustatytų mikroskopinių grybų, kitų individualių namų ore šios genties mikroskopinių grybų neaptikta. Lyginant individualių namų mikroskopinių grybų taršą ore, matyti, kad *Cladosporium* genties grybų sutinkamumo dažnumas nuo 70% iki 50%. Šios genties grybai dominuoja visų tirtų individualių namų ore, ypač ketvirtame name, kuriame šios genties grybai sudaro 70%. Nemažai nustatyta ir kitų mikroskopinių grybų, kurie trečio namo patalpų ore su *Cladosporium spp.* pasiskirstę lygiai - po 50%. Ištyrus intensyviai susiurbto oro mėginių rezultatus, galima teigti, jog didžiausia mikroskopinių grybų tarša nustatyta pirmame name, o didžiausia patogeninių grybų įvairovė nustatyta antro namo patalpų ore. Pasak R. Araujo (2010), vidaus aplinkos užterštumo patogeniniais grybais šaltinis gali vyrauti ir lauke. Tikėtina, pirmo namo užterštumui įtakos galėjo turėti ypatinga lauko aplinka.

Alergines reakcijas sukelia ir toksiškus mikroskopinius grybus gaminantys *Penicillium* ir *Aspergillus* genties grybai, kuriuos mikroskopuojant identifikuoti sudėtinga, todėl šių patogeninių grybų pasiskirstymas patalpų ore buvo analizuotas kitais – pasyviu tyrimo metodu bei analizuotos paviršiaus dulkės.

Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų koncentracija kfv/m³ individualių namų patalpų ore

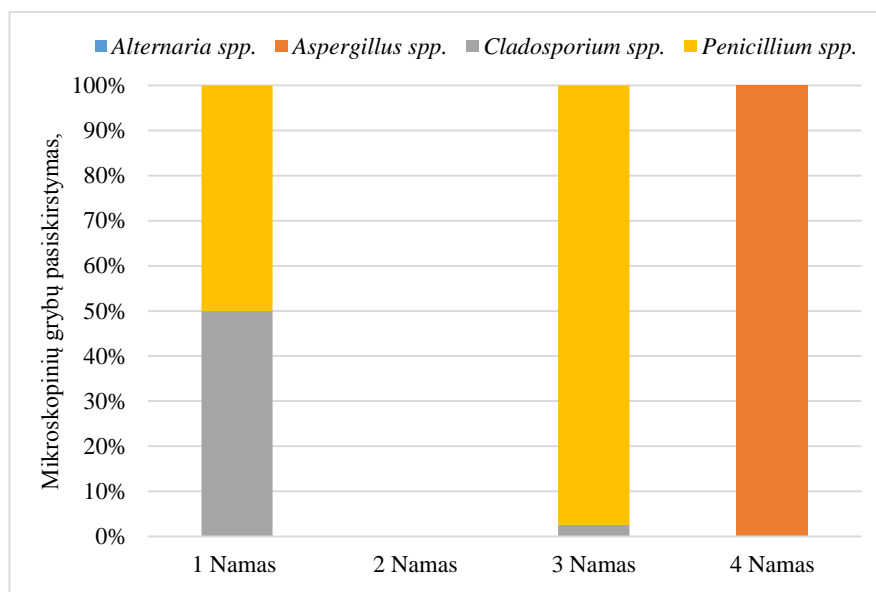
Tyrimo vieta	Mikroskopinių grybų koncentracija, kfv/m ³ , SN
1 Namas	59±102,1
2 Namas	0
3 Namas	3041±5131,6
4 Namas	20±34,2

Pasyviai nusėdę mikroskopiniai grybai sudarė kitą oro taršos analizės lygmenį ir rezultatai skiriasi. Šis tyrimas parodė, kad skirtingai nei intensyviai siurbtame ore, kad labiausiai užterštas trečio namo oras. Daugiausia mikroskopinių grybų kolonijų ant mitybinės terpės užaugo mėginyje, kuris paimtas iš miegamojo (2) kambario patalpų oro, šis mėginys parodė, kad taršos koncentracija mikroskopiniais grybais siekė 11929 kfv/m³. Bendra užterštumo koncentracija šiame namo ore nustatyta 3041 kfv/m³ (8 lentelė). Iš kitų namų oro pasyviai nusėdę mikroskopiniai grybai suformavo vidutiniškai po vieną ketvirtame name ir dvi kolonijas pirmame name. Šiame taršos analizės lygmenyje antro namo oro mėginiuose tarša nenustatyta (22 pav.). Nors Lietuvoje patalpų užterštumas mikroskopiniais grybais nėra reglamentuojamas, tačiau pagal Pasaulio Sveikatos Organizacijos (PSO) rekomendacijas, šio tyrimo rezultatai parodė, kad trečiame name oro užterštumas mikroskopiniais grybais viršija šešis kartus. Tokio užterštumo oro kokybė gali turėti įtakos įvairioms kvėpavimo takų ligoms, alerginiams susirgimams (Nevalainen et al., 2015). Tikėtina, kad taršos priežastis galėjo būti dėl nepakankamo patalpų priežiūros ir valymo.



22 pav. Pasyviai nusėdę ir kolonijas suformavę mikroskopiniai grybai individualių namų ore

Pasyviai nusėdusių mikroskopiniai grybų analizės rezultatai parodė nedidelę įvairovę, tačiau daugiausia vyravo toksiškus mikotoksinus gaminančios gentys.



23 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų įvairovė individualių namų patalpų ore

Individualių namų patalpų ore didžiąją dalį mikroskopinių grybų sudarė *Penicillium* genties patogenai (23 pav.). Ypač reikėtų oro kokybę susirūpinti ketvirto namo patalpų šeimininkams - jų patalpų pasyvaus nusodinimo būdu ištirtame ore nustatyti vien *Aspergillus* genties mikroskopiniai grybai. Pirmame name *Cladosporium spp.* bei *Penicillium* genties patogenai pasiskirstę po lygiai ir sudaro po 50%. Trečio namo ore dominuoja *Penicillium* gentis, o *Cladosporium spp.* sudaro nežymią dalį – apie 2%. Antrame name pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų nenustatyta (23 pav.). Išanalizavus bendrą mikroskopinių grybų sutinkamumą dažnumą visuose analizės lygmenyse individualių namų ore, matyti, kad pirmo namo ore dominuoja *Penicillium* genties grybai, kurie sudaro 66 %, atitinkamai pasiskirstę *Alternaria spp.* 11%. ir *Cladosporium spp.* 23%, šiame name *Aspergillus spp.* nenustatyta. Antrame name nustatyta didžiausia tarša *Cladosporium* genties mikroskopiniais grybais, kurie sudaro 38%. *Alternaria spp.* ir *Cladosporium spp.* pasiskirstę panašiai, po 31% ir 38%, kiek mažiau rasta *Aspergillus spp.* - 8%. Trečiame name dominuoja *Penicillium spp.*, kurie sudaro 70% visų identifikuotų grybų, atitinkamai pasiskirstę *Alternaria spp.* 11%. ir *Aspergillus spp.* 18%, o *Cladosporium spp.* sudaro 1%. Ketvirtame name taip pat dominuoja *Penicillium* genties grybai, kurie sudaro daugiau nei pusę visų nustatytų patogeninių grybų - 57 %, kitos gentys pasiskirsčiusios sekančiai: *Alternaria spp.* 5%, *Aspergillus spp.* 14% ir *Cladosporium spp.* 24%.

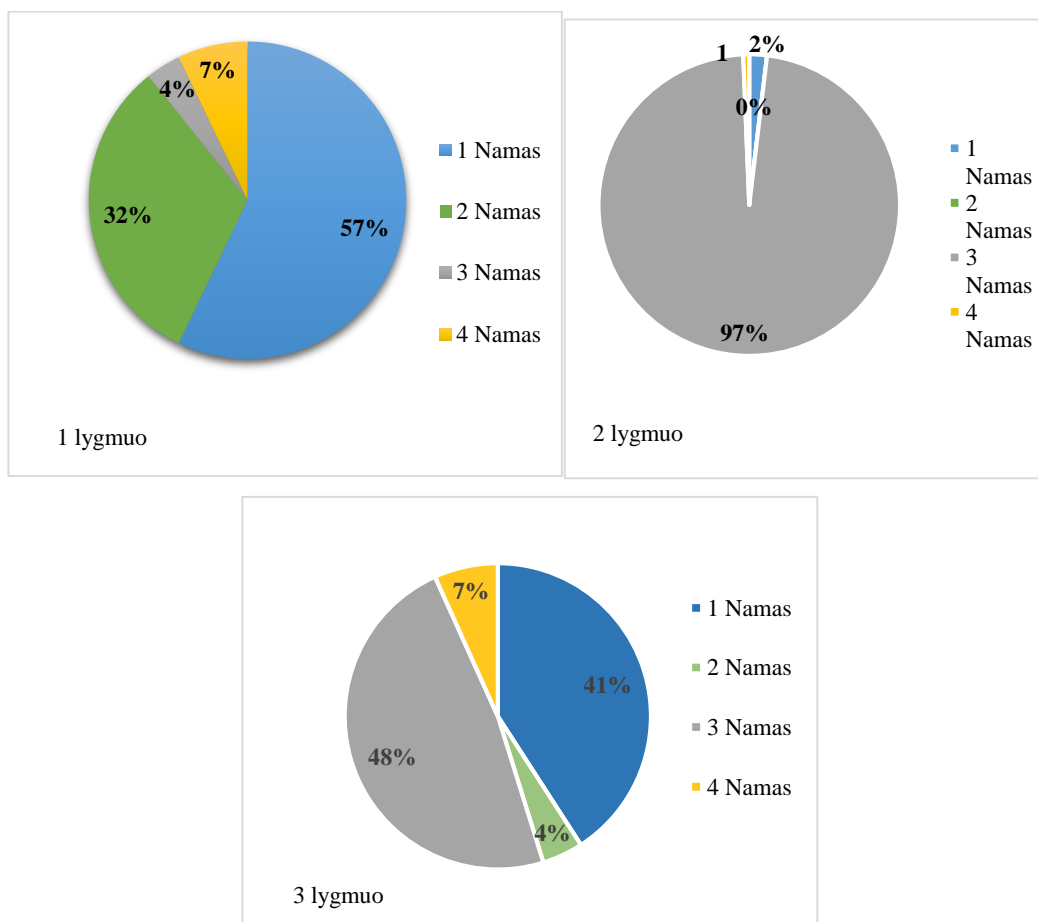
Nuo paviršiaus surinktų individualių namų patalpose dulkių mėginių analizė parodė, kad vyrauja *Penicillium spp.* ir *Alternaria* genties grybai. *Aspergillus* genties grybai nustatyti visų namų, išskyrus pirmo namo patalpas (9 lentelė).

9 lentelė

Dulkių tarša mikroskopiniais grybais individualių namų ore

Tyrimo vieta	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	Vidutiniškai mikroskopinių grybų lėkštelėje; vnt, SN
1 Namas	0 – 21	0	0	36 – 121	85±36,6
2 Namas	0 – 3	0 – 7	0 – 1	1 – 12	9±4,5
3 Namas	0 – 47	0 – 99	0	13 – 127	100±45
4 Namas	0 – 1	0 – 3	0	7 – 15	14±3,6

Didžiausia tarša bendrai identifikuotais mikroskopiniais grybais buvo trečio 48 % bei pirmo namo 41 % patalpose. Kitų dviejų patalpų užterštumas dulkių mėginiuose atitinkamai sudaro 7 % ir 4 %, lyginant su visomis individualių namų erdvėmis. *Cladosporium* genties mikroskopinių grybų šiame analizės lygmenyje aptikta tik antro namo patalpose, kuriose nustatytas švariausias oras, lyginant su visais individualiais namais.



24 pav. Bendro mikroskopinių grybų kiekiu skirtingais lygiais pasiskirstymas % individualių namų patalpų ore

Penicillium genties patogenų aptikta kiekviename name, visuose paviršiaus dulkių mėginiuose. Ant paviršių susigulėjusių dulkių tyrimo rezultatai parodė, jog visų namuose ore dominuoja *Penicillium* genties mikroskopiniai grybai, taip pat visuose namuose aptikta *Alternaria* gentis. Išanalizavus individualių namų patalpų oro ir dulkių taršos tyrimo duomenis gauta, kad didžiausia mikroskopinių grybų tarša nustatyta 3 namo patalpų ore ir dulkėse, ypač didelė tarša nustatyta pasyviai nusėdusiuose mėginiuose - 97%, nors intensyviai siurbiant orą, šio namo užterštumas buvo mažiausias (24 pav.) Didžiausia tarša nustatyta trečio namo miegamojo kambario mėginyje, kuriame identifikuotos 11929 kfv/m³ (149 vnt.) mikroskopinių grybų kolonijos, kai kituose mėginiuose agarų terpėje išaugo tik po vieną, dvi kolonijas. Būtina, nustatyti taršos šaltinį ar ištirti lauko oro taršą, nes namas pastatytas prie pat miško. Pasak D.J. Baumgardner (2016), kuris teigia, kad šių mikroskopinių grybų augimą dažnai skatina gyvenamosios vietos savybės ir netoliese esanti ypatinga lauko aplinka. Pirmo namo taršos rezultatai panašūs siurbiant orą (57%) ir dulkių mėginiuose (41%). Ketvirto namo patalpų oro užterštumas nebuvo didžiausias, tačiau jame aptikti toksiškiausi mikroskopiniai grybai *Aspergillus spp.* pasyviai nusėdusiose dalelėse, kai kitų namų ore šios genties grybų neaptikta. Beveik visais analizės lygmenimis geriausia oro kokybė nustatyta antro namo patalpose.

Lyginant individualių namų patalpų oro užterštumą mikroskopiniais grybais įvairiuose analizės lygmenyse galima teigti, kad visuose namuose nustatyta *Penicillium* kaip dominuojanti gentis, kurios sutinkamumo dažnumas svyruoja nuo 70% iki 23%.

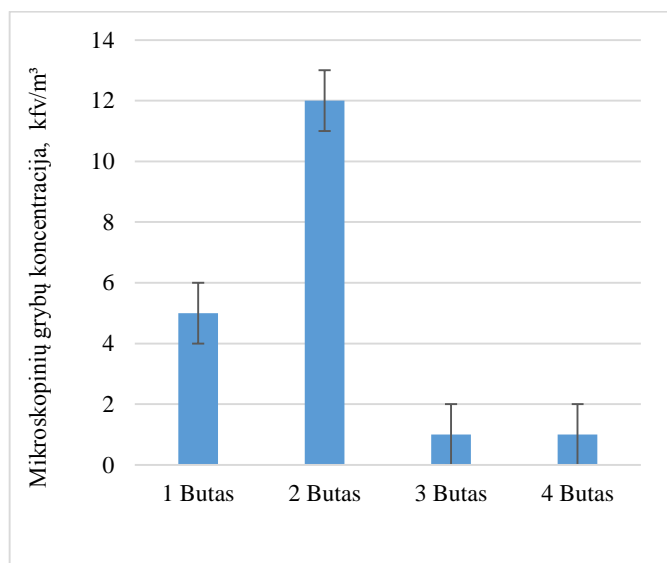
Mokslinėje literatūroje teigiama, kad patalpų aplinka yra laikoma viena iš pagrindinių mikroskopinių grybų šaltinių, nes jie gali augti statybinėse medžiagose, maisto produktuose, gėlių vazonuose, naminių gyvūnėlių pakratų medžiagose ir namų dulkėse (Fernstrom, 2013). Tikėtina, kad daugelyje gyvenamųjų būstų būtų randama, literatūroje minėtų mikroskopinių grybų šaltinių.

Apibendrinus tyrimo duomenis, galima teigti, jog visuose individualių namų patalpų ore dominuoja *Penicillium* genties mikroskopiniai grybai, didžiausia tarša nustatyta trečio namo ore. Galėjo turėti įtakos taršai labai daug auginamų kambarinių gėlių. Geriausia oro kokybė yra antro namo patalpose.

3.5. Mikroskopinių grybų pasiskirstymas daugiabučių butų ore ir dulkėse

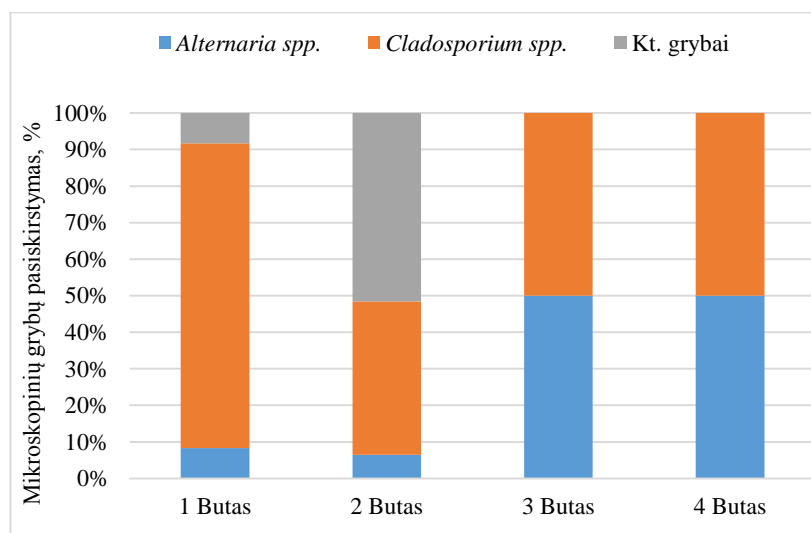
Literatūroje teigiama, kad mikroskopinių grybų galima aptikti visur. Pelėsiams gali augti ant medienos, plytelių, ypač ant vandeniui atsparių paviršių. Tinkamiausia vieta mikroskopinių grybų augimui yra vidaus sienų ertmės, grindys ir sienos, ypač kur yra celiuliozės medžiagos. Manoma, kad šių pelėsių augimas nebūtinai turi būti matomas, tačiau jų sporos gali

turėti neigiamos įtakos žmonių sveikatai. Mažos mikroskopinių grybų dalelės gali išdžiūti ir virsti dulkėmis.



25 pav. Bendras grybų kfv/m³ kiekis intensyviai siurbtame daugiabučių butų ore

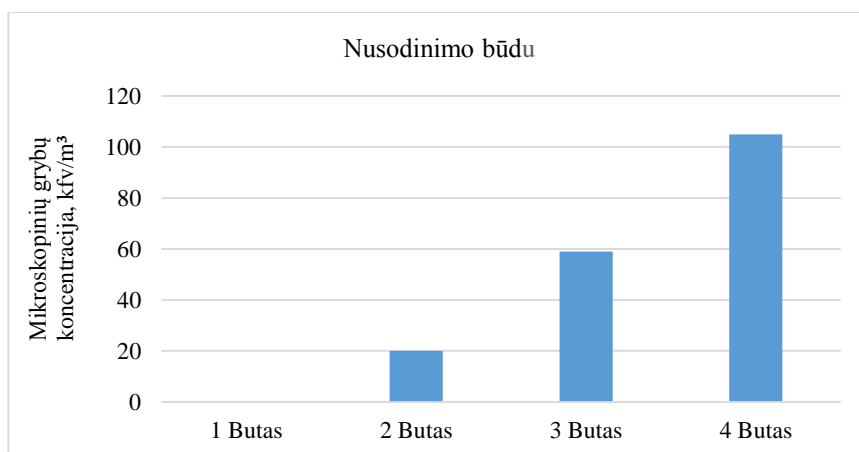
Didžiausias bendras mikroskopinių grybų kfv/m³ ore nustatytas antro bute ore 12 (kfv/m³). Intensyviai siurbtame daugiabučių butų ore mažiausiai aptikta trečio ir ketvirto butų ore. Mikroskopinių grybų sporų analizė parodė, kad daugiabučių butų ore dominuoja *Cladosporium spp.* Palyginus butų taršą mikroskopiniais grybais intensyviai siurbtame ore, matyti, kad *Cladosporium* genties grybai yra dominuojantys, jų sutinkamumo dažnumas nustatytas nuo 85% iki 50%.



26 pav. Mikroskopinių grybų genčių pasiskirstymas intensyviai siurbtame butų patalpų ore

Šios genties grybų rasta visų tirtų butų ore, ypač pirmame bute, kuriame ši patogeninė gentis sudaro apie 85% nuo visų mikroskopinių grybų kiekio. Visuose butuose

intensyviai siurbtame ore identifikuoti *Alternaria* genties mikroskopiniai grybai, kurių sutinkamumo dažnumas siekia nuo 5% iki 50%. Pirmo ir antro butų ore be *Alternaria* ir *Cladosporium* patogeninių genčių, aptikta ir kitų mikroskopinių grybų, kurie turėjo įtakos butų patalpų oro kokybei. Trečio ir ketvirto butų patalpų oras *Cladosporium spp.* ir *Alternaria spp* grybais užterštos vienodai, šie grybai pasiskirstę lygiai per pusę per pusę – 50%.



27 pav. Pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų koncentracija butų ore

Pasyviai nusėdę mikroskopiniai grybai agarų terpėje išaugę ir kolonijas suformavę patogeniniai grybai antrame analizės lygmenyje suteikė daugiau informacijos apie mikroskopinių grybų kiekį bei jų įvairovę. Šis tyrimas parodė, kad didžiausia mikroskopinių grybų koncentracija, kolonijas formuojančių vienetų 1 m³ oro, nustatyta ketvirto buto patalpose (27 pav). Šiose patalpose nustatyta patogeninių grybų koncentracija 105 kfv/m³, o antroje vietoje pagal užterštumą įvertintas trečio buto oras, kuriame koncentracija nustatyta 59 kfv/m³. Pirmo buto mėginiuose tarša nenustatyta. Antro buto ore tarša mikroskopiniais grybais penkis kartus mažesnė nei ketvirtame bute. Pasak, tyrėjo Paiva de Carvalho (2018), kuris teigia, jog esant mikroskopinių grybų koncentracijai iki 25 kfv/m³ pavojaus sveikatai nėra, o esant mikroskopinių grybų koncentracijai nuo 25 iki 100 kfv/m³ - galimas taršos šaltinis ir būtini bandymai. Remiantis magistro darbo tyrimo rezultatais, galima teigti, kad ketvirtame ir trečiame butuose gyvenantys asmenys gali turėti sveikatos problemų dėl blogos oro kokybės.

Lyginant pasyviai nusėdusių patogenų koncentraciją su intensyvaus siurbimo duomenimis, gauti skirtingi rezultatai. Pvz., ciklonine gaudykle intensyviai siurbtame ore nustatyta šiuose butuose mažiausia tarša. Pirmame bute pasyviai nusėdusiose dulkėse užterštumas nenustatytas, skirtingai nei intensyviai siurbtame ore. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad skirtumus galima paaiškinti, kad agarų terpės pagrindu naudojamų metodų naudojimas gali būti nepakankamas, kad būtų galima tiksliai apibūdinti užterštą patalpą. Šie metodai paprastai yra

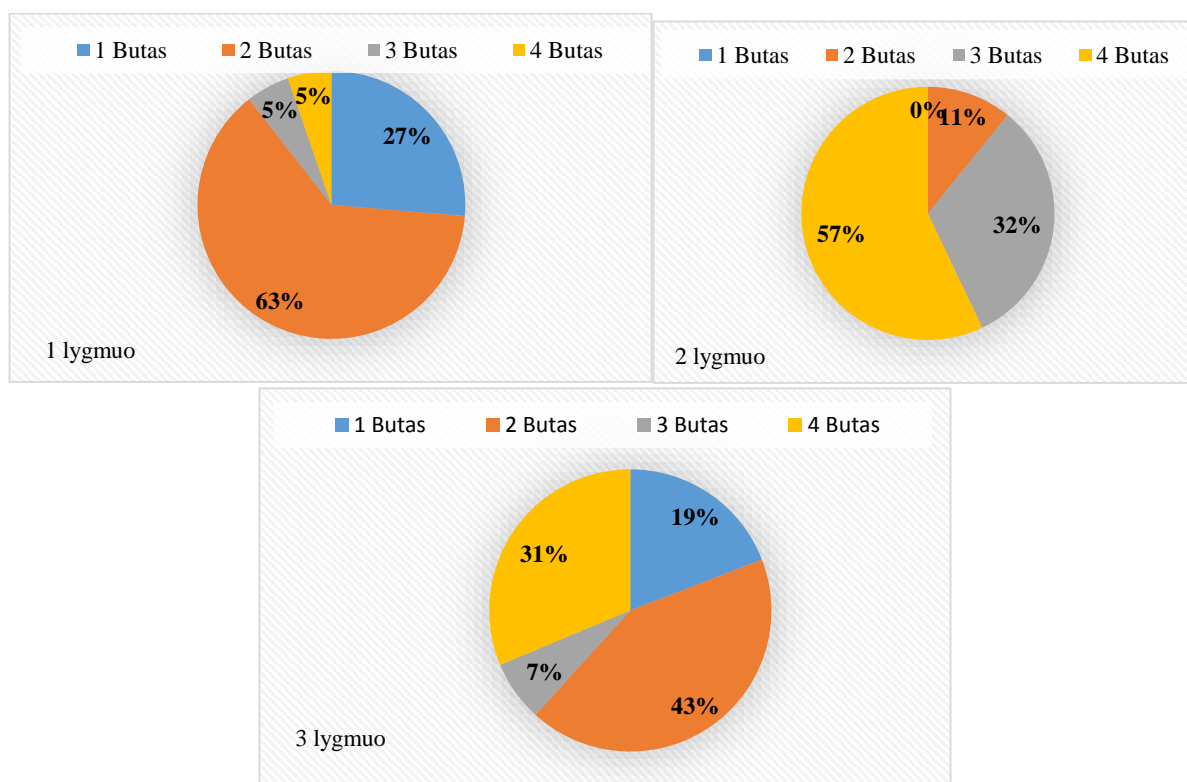
jautresni mėginių ėmimo procedūrai nei kiti metodai (Reboux ir kt., 2009). Taip pat naudojant šį metodą, nustatoma tik dalis mėginyje esančios mikrobinės floros (ANSES, 2016; Verdier et al., 2014). Visų pirma jie aptinka aktyviai augančius mikroorganizmus, bet lėtai augantys, neaktyvios ar negyvybingos formos, taip pat gali būti alergiški ir/arba dirginantys (Méheust et al., 2014).

10 lentelė

Dulkių tarša mikroskopiniais grybais daugiabučių butų ore

Tyrimo vieta	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	Vidutiniškai mikroskopinių grybų lėkštelėje, vnt.; SN
1 Butas	0	0 – 3	0	1 – 44	22±4,04
2 Butas	0 – 1	0 – 2	0 – 22	14 – 100	49±9,15
3 Butas	0	0 – 3	0 – 7	0 – 17	8±2,31
4 butas	0 – 4	0 – 1	0 – 2	1 – 100	36±8,71

Nuo paviršiaus surinktų daugiabučių butų patalpose dulkių mėginių analizė parodė, kad vyrauja *Penicillium spp.* mikroskopiniai grybai. Beveik visų butų paviršių dulkėse nustatyta toksiškų, alergines reakcijas sukeliančių *Aspergillus* genties mikroskopinių grybų, tik jie aptikti ne visuose mėginiuose (10 lentelė).

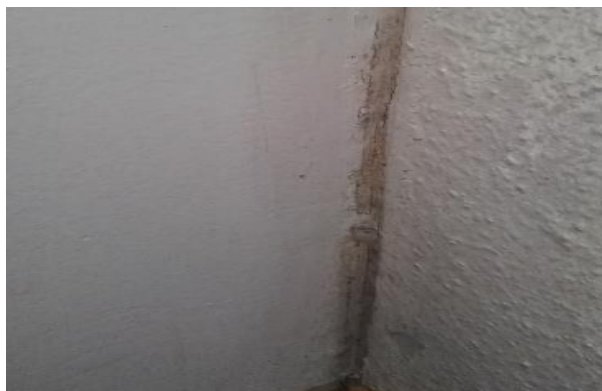


28 pav. Bendro mikroskopinių grybų kiekio skirtingais lygiais pasiskirstymas % daugiabučių butų patalpų ore

Cladosporium genties mikroskopinių grybų šiame analizės lygmenyje aptikta visuose butų patalpose, išskyrus pirmą butą. Didžiausia tarša bendrai identifikuotais mikroskopiniais grybais pasiskirsčiusi šiame analizės lygmenyje buvo 43 % antro bei 31% ketvirto buto patalpose. Kitų dviejų butų patalpų užterštumas dulkių mėginiuose atitinkamai sudaro 19 % ir 7 %, lyginant su visais butais. *Penicillium* genties patogenų aptikta kiekviename bute beveik visuose paviršiaus dulkių mėginiuose. Ant paviršių susigulėjusių dulkių tyrimo rezultatai parodė, jog visuose butų patalpose dominuoja *Penicillium* genties mikroskopiniai grybai, o didžiausias užterštumas yra antrame bei ketvirtame butuose, kuriuose *Penicillium* genties mikroskopiniai grybų mėginiuose susiformavo apie 100 kolonijų. Šie mėginiai imti iš antro buto WC bei ketvirto buto svetainės. Labiausiai užterštuose šiuose dviejuose butuose aptikti ir *Alternaria* genties mikroskopiniai grybai, kurių nenustatyta kitų butų paviršiaus dulkių mėginiuose.

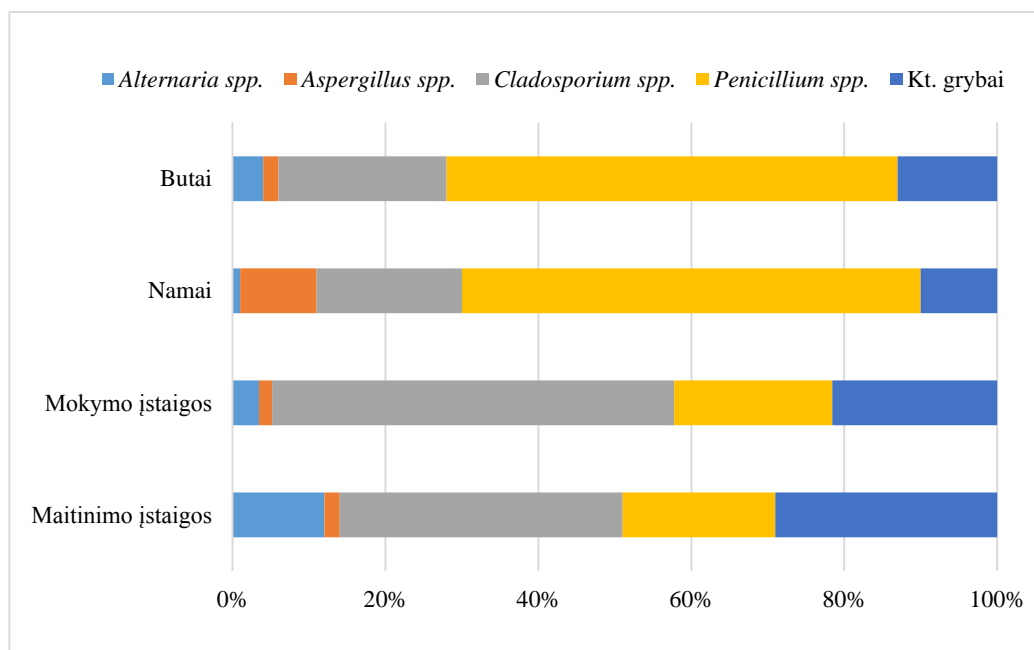
Atlikus tyrimą visais analizės lygmenimis *Penicillium spp.* grybų aptikta visuose tirtuose butuose. Ši gentis sutinkama dažniausiai ketvirto buto ore, kurie sudaro 90% visų identifikuotų grybų. Antrame bute šios genties aptikta 71%, pirmame bute nustatyta 64% dažnumu, o mažiausiai aptikta trečio buto ore - 46%. *Alternaria spp.* ir *Aspergillus* genties grybų sutinkamumo dažnumas trijuose butuose labai panašus. Šios genties grybai pasiskirstę nuo 2% iki 3%, kiek daugiau aptikta trečio buto ore. Šios abi gentys sudaro po 9%. *Cladosporium spp.* pasiskirstę nuo 36% iki 22%, o ketvirtame bute šios genties nustatyta 4%.

Išanalizavus tyrimo rezultatus nustatyta, kad didžiausias oro užterštumas mikroskopiniais grybais yra ketvirtame buto ore, ypač *Penicillium* genties grybais. Patalpų užterštumo viena iš priežasčių galėjo būti, jog šiame bute pusę metų niekas negyveno ir nebuvo pakankamai išvėdintos ar išvalytos patalpos mėginių ėmimo metu. Antro buto patalpų oro užterštumą galėjo lemti aptiktas pelėsio židiny (30 pav.). Visų tirtų butų patalpų ore dominuoja *Penicillium* genties mikroskopiniai grybai.



29 pav. Mikroskopiniais grybais pažeista siena antrame bute

Mokslinėje literatūroje teigiama, kad nepaisant taršos šaltinių, jie auga ant vidaus paviršių, baldų, kilimų, tapetų, grindų (Wamedo, 2012). Taip pat PSO nurodo, kad drėgmė patalpų ore ir biologiniai teršalai turi būti laikomi rizikos rodikliu žmonių sveikatai. Panašių pastabų randama ir kituose moksliniuose tyrimuose. Teigiama, kad drėgmė pastate sukuria palankias sąlygas mikroskopinių grybų dauginimuisi ir jie daro neigiamą įtaką vidaus oro kokybei (Cabral, 2010). Viena iš būtinų priemonių, tai drėgmės mažinimo prevencija, siekiant gerinti oro kokybę bei išvengti neigiamo poveikio sveikatai, teigia B. Gutarowska (2010). Tikėtina, kad drėgmė, viena iš priežasčių, kuri turėjo įtakos pelėsio atsiradimui ir oro taršai antrame bute.



30 pav. Bendras mikroskopinių grybų genčių pasiskirstymas visų patalpų ore

Trys mėginių surinkimo būdai suteikė gana skirtingus mikroskopinių grybų profilius tirtų patalpų ore bei dulkėse. Ypač skyrėsi dominuojančios mikroskopinių grybų gentys skirtinguose analizės lygmenyse. Pvz., iš namų intensyviai siurbto oro išskirti dominuojantys *Cladosporium spp.* mikroskopiniai, o pasyviai nusėdę bei paviršiaus dulkių mėginiuose dominavo *Penicillium* genties grybai.

Apibendrinus tirtų maitinimo įstaigų patalpų oro taršą mikroskopiniais grybais galima teigti, jog didžiausia mikroskopinių grybų tarša nustatyta kepyklos patalpų ore. Visose tirtų maitinimo įstaigų patalpų ore dominuoja *Cladosporium* genties grybai, kurie sudaro 37 %, kitų mikroskopinių grybų sutinkamumo dažnumas 29 %. *Penicillium spp.* sudaro 20 %. Mažiausiai nustatyta *Aspergillus* genties grybų – 2 %, kurie identifikuoti valgyklos patalpų ore.

Atlikus mokymo įstaigų patalpų oro tyrimą ir įvertinus alerginių grybų sporų pasiskirstymą mokymo įstaigų ore, matoma, kas vyrauja *Cladosporium* genties mikroskopiniai

grybai, kurie sudaro 61 % visų bendrų sporų, atitinkamai pasiskirstę *Penicillium spp.* – 24 %, *Alternaria spp.* 4 % ir *Aspergillus spp.* 2 % .Kitų grybų nustatyta 25 %.

Ištirus individualių namų patalpų orą ir įvertinus mikroskopinių grybų sporų pasiskirstymą namuose, ore vyrauja *Penicillium* genties grybai, kurie sudaro 60 % visų bendrų sporų. Kitos grybų gentys pasiskirsčiusios tokia tvarka: *Cladosporium spp.* (19 %), *Alternaria spp.* ir *Aspergillus spp.* pasiskirsčiusios po lygiai, sudaro 10

Butų patalpų ore dominuoja *Penicillium* genties grybai, kurie sudaro 59 %, kitos gentys pasiskirsčiusios tokia tvarka: *Cladosporium spp.* (22 %), *Alternaria spp.* ir *Aspergillus spp.* pasiskirsčiusios atitinkamai po 4 % ir 2 %. Šios gentys nustatytos tokiu pat sutinkamumo dažnumu mokymo įstaigų ore.

Apibendrinant gautus tyrimo rezultatus, galima daryti išvadą, kad visose maitinimo ir mokymo įstaigose dominuoja *Cladosporium genties* grybai. Didžiausia tarša kepyklos ir laboratorijos patalpų ore. Individualių namų ir butų ore dominuoja *Penicillium spp.*, labiausiai užterštos trečio individualaus namo ir antro buto patalpų oras. Šiose patalpose nustatyta tarša mikroskopiniais grybais viršija kelis kartus PSO rekomenduojamas oro kokybės normas.

4. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

Paviršiaus dulkių ir oro mėginių ėmimas naudotas tyrime, siekiant įvertinti oro kokybę ir patvirtinti, kad aplinka yra saugi. Net jei metodai šiek tiek skiriasi priklausomai nuo mikroskopinės grybų taršos lygio, oro mėginių ėmimas yra dažniausiai naudojamas vidaus patalpose, nes tai leidžia geriau apibūdinti kvėpavimo takų poveikį (Méheust et al., 2014). Tyrime naudoti mėginių ėmimui keli metodai, gauti rezultatai glaudžiai susiję su pasirinktu metodu. Platus mikroskopinių grybelių rūšių spektras randamas lauko aplinkoje gali patekti į patalpas su oro srautais.

Apibendrinus maitinimo įstaigų patalpų oro taršą mikroskopiniais grybais, galima teigti, jog didžiausia mikroskopinių grybų tarša nustatyta kepyklos patalpų ore. Maitinimo įstaigų patalpų ore dominuoja *Cladosporium genties* grybai, kurie sudaro 37 %, *Penicillium spp.* 20 %. Šiose patalpose mažiausiai nustatyta *Aspergillus genties* grybų - 2 %, kurie identifikuoti valgyklos patalpų ore. Įvertinus mokymo įstaigų patalpų oro užterštumą ir nustatčius alerginių grybų sporų pasiskirstymą mokymo įstaigų ore, matoma, kad vyrauja *Cladosporium genties* mikroskopiniai grybai, kurie sudaro 61%. Didžiausia tarša nustatyta laboratorijos ir bibliotekos patalpų ore. Ištyrus individualių namų patalpų orą ir įvertinus mikroskopinių grybų sporų pasiskirstymą, ore vyrauja *Penicillium genties* grybai, kurie sudaro 60% visų bendrų sporų. Kitos grybų gentys pasiskirsčiusios tokia tvarka: *Cladosporium spp.* (19%), *Alternaria spp.* ir *Aspergillus spp.* pasiskirsčiusios po lygiai, sudaro 10%. Labiausiai užterštas trečio namo patalpų oras. Išanalizavus butų oro tyrimo rezultatus, galima teigti, kad butų kaip ir individualių namų ore dominuoja *Penicillium spp.*, kurie pasiskirstę po lygiai ir sudaro apie 60% visų identifikuotų mikroskopinių grybų, antroje vietoje *Cladosporium spp.*, kurie sudaro 22%, *Alternaria spp.* ir *Aspergillus spp.* kiekiai mažesni (4% ir 2%) nei individualių patalpų ore. Didžiausia tarša nustatyta antro buto ore. Mikotoksinų tyrimas rodo, kad patogenų aptikta visuose patalpų mėginiuose. Aflatoksinų (AFL_{bendras}) koncentracija patalpų dulkėse didžiausia bibliotekos patalpų dulkėse – beveik 4 µg/kg.

Šio tyrimo rezultatai panašūs, lyginant su kitų mokslininkų duomenimis. Literatūroje teigiama, kad dažniausiai aptinkamos rūšys priklauso *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* ir *Aspergillus* gentims (Fernstrom et al., 2013). Tyrėjai Lietuvoje nustatė, kad darbo ir gyvenamosiose patalpose dominuoja *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Ulocladium* genčių mikroskopiniai grybai. (Krikštaponis, 2000; Lugauskas ir kt., 2003). Brewer J.H. et al., (2014) teigia, kad dažniausiai nustatytos patalpose *Penicillium spp.* ir *Aspergillus spp.*, alergiją sukeliančios mikroskopinių grybų rūšys. *Cladosporium* ir *Alternaria* gentys dažniausiai aptinkamos lauko ir patalpų ore.

Geriausia mikroskopinių grybų prevencija yra mažinti drėgmės kiekį namuose, vėdinti patalpas (ypač vonios, virtuvės), išdžiovinti drėgnus paviršius. Galima naudoti dažus, neleidžiančius susidaryti pelėsiui, įsigyti oro kondicionierių, patalpų džiovintuvą (pravers esant drėgnam orui). Nedideli pelėsio kiekiai gali būti pašalinami specialiomis priemonėmis, dideli – pasitelkiant atitinkamų tarnybų pagalbą.

IŠVADOS

1. Maitinimo įstaigose intensyviai siurbtame ore didžiausia oro ir dulkių tarša mikroskopiniais grybais buvo kepykloje: nuo 38 iki 57%. Visuose oro taršos lygmenyse vyrauja alergines reakcijas sukeltantys *Cladosporium* genties grybai. PSO rekomendacijas 24% viršijo pasyviai nusėdusių mikroskopinių grybų koncentracijos valgyklos patalpų ore (700 kfv/m^3), vyravo *Penicillium* spp., dulkės buvo užterštos mikotoksinus gaminančia *Aspergillus* rūšis.
2. Mokymo įstaigose skirtingais oro analizės lygiais mikroskopinių grybų koncentracijos ir įvairovė pasiskirstė netolygiai. Intensyviai siurbtame ore labiausiai mikroskopiniais grybais buvo užterštas laboratorijos ir bibliotekos oras, vyrauja *Cladosporium* genties grybai, tačiau šių patalpų dulkėse identifikuota *Aspergillus* genties grybų.
3. Vertinant viešųjų patalpų oro kokybę, dėmesį reikėtų atkreipti į bibliotekų patalpas, nes jų dulkėse *Aspergillus* genties grybų sintetinamų aflatoksinų bendra koncentracija buvo du kartus didesnė ($3,97 \pm 0,11 \mu\text{g/kg}$), lyginant su dulkių užterštumu aflatoksinais valgykloje ir laboratorijoje (nuo 2,25 iki 2,40 $\mu\text{g/kg}$).
4. Individualių namų ir daugiabučių patalpų oro tarša mikroskopiniais grybais priklausė nuo patalpų higienos sąlygų. Labiausiai užterštame individualiame name blogai ventiliuojamame miegamajame kambarielyje, maksimali mikroskopinių grybų koncentracija (11929 kfv/m^3). PSO rekomendacijas viršijo beveik 24 kartus. Visi mėginiai buvo užteršti *Penicillium* spp.
5. Gyventojai, kurių namų patalpose vyrauja padidinta drėgmė, ar drėkina dirbtiniu būdu, turėtų labai atkreipti dėmesį į higienos sąlygas, nes dulkių analizė rodo, kad didžioji jų dalis buvo gausiai užteršta *Penicillium* spp., identifikuota *Aspergillus* genties grybų.

SANTRAUKA

Gėnė Janina Pavloviėnė

PATALPŲ TARŠOS MIKROSKOPINIAIS GRYBAIS TYRIMAS

Vidaus aplinkos kokybiškas oras užtikrina žmonių sveikatą, gerovę ir komfortą. Aktualu ištirti sveikatos sutrikimus sukeliančių mikroskopinių grybų paplitimą visuomeninėse ir gyvenamosiose patalpose bei išsiaiškinti aplinkos sąlygas, kurios skatina jų paplitimą, vystymąsi ir dauginimąsi.

Tyrimai atlikti 2018 m. rugsėjo - 2019 m. sausio mėnesiais Mažeikių mieste. Ištirtas 15 patalpų oras, išanalizuoti 166 mėginiai. Oro mėginiai surinkti naudojant intensyvaus oro srauto surinkimo (250 l/min) cikloninę gaudyklę „*Coriolis*“ bei taikant pasyvaus nusodinimo (10 min) metodą. Dulkės nuo paviršių surinktos steriliu vatos tamponėliu. Mikroskopinių grybų auginimui naudota bulvių dekstrozės agarų terpė. Patogeninių mikroskopinių grybų gentys atpažintos šviesiniu mikroskopu, kolonijas formuojantys vienetai pateikiami 1 m³ oro (kfv/m³). Dulkių, užterštų *Aspergillus* spp. sintetinais aflatoksinais, analizei taikytas imunofermentinės analizės metodas CD-ELISA, rezultatai pateikiami µg/kg.

Viešosios paskirties patalpų analizė parodė, kad intensyviai siurbtame ore dominuoja alergines reakcijas sukeltantys *Cladosporium* spp. Maitinimo įstaigose jie sudarė 70% visų identifikuotų mikroskopinių grybų sporų, labiausiai šiais alergenais buvo užterštas kepyklos patalpų oras. Valgyklos patalpų ore pasyviai nusėdusių *Penicillium* genties grybų koncentracija (708±192 kfv/m³) viršijo PSO rekomenduojamą ribinę vertę apie 30 proc. (500 kfv/m³). Rūpestį kelia mokymo įstaigų kokybė. Mokymo laboratorijos ir miesto bibliotekos dulkės buvo užterštos *Aspergillus* genties grybais. Jų sintetinamų aflatoksinų analizė parodė, kad ypač dėmesį reikėtų atkreipti į bibliotekų patalpų kokybę, nes jose aflatoksino koncentracija buvo du kartus didesnė (3,97±x µg/kg), lyginant su dulkių užterštumu aflatoksinais moksleivių valgykloje ir mokymo laboratorijoje (2,25- 2,4 µg/kg).

Gyvenamosios paskirties patalpų analizė parodė, kad intensyviai siurbtame ore taip pat dominuoja *Cladosporium* spp. Lyginant bendrą užterštumą, mikroskopinių grybų koncentracijos individualių namų ore (maksimali tarša siekė 11929 kfv/m³) bei dulkėse (nuo 9 iki 100 vnt/lėkštelėje) didesnės, lyginant su labiausiai užterštų viešųjų patalpų oro kokybe (708 kfv/m³) ir dulkėse (nuo 2 iki 24 vnt/lėkštelėje). Tarša *Penicillium* spp. individualiuose namuose sudaro nuo 23 iki 70 %, butuose nuo 7 iki 90 % nuo bendro užterštumo.

Raktiniai žodžiai: patalpų oro kokybė, mikotoksinais, *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp.

SUMMARY

Gėnė Janina Pavloviėnė

RESEARCH ON PREMISE POLLUTION WITH MICROSCOPIC FUNGUS

Quality air inside premises ensures health of people as well as their wellbeing and comfort. It is relevant to analyse the spread of microscopic fungus, causing health problems in public and residential premises as well as to define environmental conditions affecting their spread, development and increase.

Research was carried out in September 2018 – January 2019 in Mažeikiai. Air in 15 premises was analysed; 166 samples were gathered. Air samples were collected using the flow collection (250 l/min) cyclonic trap “Coriolis” and by applying the method of the passive sampling (10 min). Dust was gathered by the cotton swab. Cultivation of microscopic fungus was organised by aids of the potato dextrose agar environment. Pathogenic microscopic fungus were identified by the light microscope, colony forming units were presented in 1 m³ of air (kfv/m³). Analysis of dust contaminated with *Aspergillus spp.* synthesized aflatoxins was done by aids of the immunoassay method CD-ELISA; results are given in µg / kg.

Analysis in *public premises* showed that the most intensive domination of *Cladosporium spp.* Causing allergic reactions exists in the air. In catering establishments, they composed 70% of all identified microscopic fungus' spores; air in the bakery premises was contaminated the most by those allergens. The concentration of *Penicillium* genus, passively deposited in the air of canteen rooms (708 ± 192 kfv / m³) exceeded the WHO recommended limit by about 30 percent. (500 kfv/m³). Quality of educational institutions is a concern. Dust in educational laboratories and city library were contaminated with fungus of the genus *Aspergillus*. Analysis of their synthesized aflatoxins showed that special attention should be paid to the quality of libraries' premises, as aflatoxin concentration was twice high there (3.97 ± xg / kg) if compared to the dust contamination of aflatoxins in the school canteen and the educational laboratory (2.25-2.4 µg / kg).

Analysis of *residential premises* showed that *Cladosporium spp.* dominates in the air. Comparing total contamination, microscopic fungus concentrations in the air of individual houses (maximum pollution was 11,929 kfv / m³) and dust (9 to 100 pcs / plate) was higher if compared to the air quality of the most polluted public premises (708 kfv / m³) and dust (from 2 to 24 items per plate). Pollution by *Penicillium spp.* in individual houses ranges from 23 to 70%; in flats – from 7 to 90% from the total pollution.

Keywords: indoor air quality, mycotoxins, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.*

LITERATŪRA

1. Aydogdu H., Asan A., Otkun M.T., (2010). Seasonal distribution and influence of meteorological factors on daytime and outdoor airborne bacteria in pediatric day centers in Edirne City (Turkey). *Environmental monitoring and evaluation*. **164** (1-4): 53-66.
2. Araujo R, Cabral J.P. (2010). *Fungal air quality in medical protected environments*. (Chapter 17), pp. 357–382.
3. Asadi E., Costa J.J, da Silva M.G., (2011). Implementation of Internal Air Quality Audit in a hotel building in Portugal. *Construction and environment*. **46** (8): 1617-1623.
4. Atlas MicologiaClinical Pathology (2018). CHUC Coimbra Portugal [viewed September 19, 2018]. <https://atlasmicologia.blogspot.com/search/label/chrysogenum>.
5. Basinas I, Elholm G, Wouters G.I, (2017). Effects of microbiological substances in the internal and professional environment, p. 159-190.
6. Barberán A., Ladau J., Leff J.W., Pollard K.S, Menninger H.L., Dunn R.R., Fierer N., (2015). Continental-scale distributions of dust-associated bacteria and fungi. *PNAS*. **112** (18): 5756-5761.
7. Bardana, E.J (2003) Internal Air Quality and Health. Does fungal contamination play an important role? *Immunol Allergy Clin N Am* 23, 291-309.
8. Bart P.H.J. Thomma, (2003) *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. [viewed 2018 m. May 10]. <http://ag.arizona.edu/PLP/alternaria/online.htm>.
9. Baumgardner D.J. (2016). Disease-causing fungi in homes and yards in the Midwestern United States. *J Patient Cent Res Rev*. (3):99-110.
10. Bhetariya P.J., Madan T., Basir S.F, Varma A., (2011). Usha SP allergens / antigens, toxins and polypeptides of important aspergilli species. *Indian magazine on clinical biochemistry*. **26** (2): 104-119.
11. Bennorf D., Muller A., Bock K., Manuwald O., Herbarth O., von Bergen M., (2008). Identification of sperm allergens from internal mold *Aspergillus versicolor*. *Allergy*. 63: 454-460.
12. Brewer J.H., Thrasher J.D, Hooper D., (2014). Chronic illness associated with mold and mycotoxins: is naso-sinus fungal biofilm the culprit? *Toxins (Basel)*. (6):66-80.
13. Cabral J.P.S., (2010). Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *Science of the Total Environment*. **408** (20), p. 4285–4295.

1. Carvalho E., Sindt C., Verdier A., Galan C., Donoghue L.O., Parks O., Thibaudon M. (2008). Performance of the Coriolis air sampler, a high-volume aerosol-collection system for quantification of airborne spores and pollen grains. *24*:191–201.
2. CDC (2003a) Pagrindiniai faktai apie astmą. Žmogaus sveikatos paslaugų skyrius, ligų kontrolės centras. [žiūrėta: 2019 balandžio 14 d.]. <http://www.cdc.gov/nceh/airpollution/asthma/faqs.pdf>.
3. CDC (2003b) Pelėšiai aplinkoje. Ligų kontrolės centras, sveikatos priežiūros ir žmonių paslaugų skyrius. [žiūrėta: 2019 balandžio 14]. <http://www.cdc.gov/nceh/airpollution/mold/moldfaq.pdf>.
4. Chauhan P., Gupta, A.K., (2019). Disease status of Alternaria blotch of apple in Himachal Pradesh, India. : International Journal of Agricultural Sciences Vol.15 No.(1): 56-59 ref.9.
5. Crawford J.A., Rosenbaum P.F., Anagnost S.E, Hunt A, Abraham J.L., (2015). Indicators of airborne fungal concentrations in urban homes: understanding the conditions that affect indoor fungal exposures. *Sci Total Environ.* [viewed March 9, 2019]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25725196>.
6. Delgado J., Rodríguez A., García A., Núñez F., Asensio M.A., (2018). Inhibitory Effect of PgAFP and Protective Cultures on *Aspergillus parasiticus* Growth and *Aflatoxins* Production on Dry-Fermented Sausage and Cheese. *Microorganisms.* **6** (3), 69.
7. Escrivá, L., Font, G., Manyes L., (2015). In vivo toxicity studies of Fusarium mycotoxins in the last decade: *Food Chem. Toxicol.* (78): 185–206.
8. Fernstrom A, Goldblatt M. (2013). Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *J Pathogens.* [viewed February 13, 2019]. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/493960>.
9. Gola M., Mele A., Tolino B., Capolongo S., (2017). “Applications of IAQ monitoring in international healthcare systems,” in Indoor Air Quality in Healthcare Facilities. *Springer Public Health*, New York, NY, USA, pp. 27–39.
10. Gompa L. (2013). *Ochratoxin A: Evaluation of methodologies for determination of ochratoxin A in food commodities, contamination levels in different products available in the US market and evaluation of fungal microbiota associated with some of the products. Degree of master.* Lincoln, Nebraska. P. 15 – 100.
11. Grinn- Gofroń A., Nowosad J., Bosiacka B., Camacho I., Pashley C., Belmonte J., De Linares C., Ianovici N., Manzano J.M.M., Sadyś M., Skjøth C., Rodinkova V., Tormo-Molina R., Vokou D., Fernández-Rodríguez S., Damialis A., (2018). Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* fungal spores in Europe: Forecasting possibilities and relationships with

- meteorological parameters. *Science of The Total Environment* Volume 653, 25 [viewed February 21, 2019]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.419>.
12. Grosdidier M., Aguayo J., Marc B., Ioos R., (2016). Detection of plant pathogens using real-time PCR: how reliable are late C T values? *Plant Pathology*. [viewed February 27, 2019]. https://www.researchgate.net/publication/307639702_Grosdidier_et_al-2016-Plant_Pathology.
 13. Gutarowska B., (2010). Metabolic activity of moulds as a factor of building materials Biodegradation. *Pol J Microbiol.* (59): 119-124.
 14. Gutarowska B., Sulyok M., Krska R., (2010). Study of the toxicity of isolated molds from residential premises. *Internal and built environment.* **19** (6): 668-675.
 15. Hospodsky D, Qian J, Nazaroff W.W, Yamamoto N, Bibby K, Rismani-Yazdi H., (2012). Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. *PLoS One* . doi: 10.1371/journal.pone.0034867.
 16. Hayleeyesus S.F., Manaye A.M.,(2014) Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries by the Asian Pacific. *Journal of Tropical Biomedicine.* (Suppl 1) (3): 12-7.
 17. Hoang C.P., Kinney K.A., Corsi R.L., Sanislo P.J., (2010). Green Building Materials Resistance to Mushroom Growth. *International biodegradation.* **64** (2): 104-113.
 18. Horner W.E, Worthan A.G., Morey P.R., (2004). Air- and dustborne mycoflora in houses free of water damage and fungal growth. *Appl Environ Microbiol.* (70): 6394–6400.
 19. Huang J.C., Takatori K., Ohta T., Kosuge J., Takahashi A., Kumagai S., (2015). Comparison of fungicidal effects of commercial disinfectants recommended for practical use. *Biocontrol Science.* 3: 105-108.
 20. Huttunen K., Korkalainen M., (2018). Microbial Secondary Metabolites and knowledge on Inhalation Effects, p. 213-234.
 21. IARC Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–115. Available online: iacr.fr/ENG/Classification/List_of_Classifications_Vol1-115.pdf (accessed on 3 February 2017). *Toxins* 2017, 9, 251 27 of 33. [viewed May 6, 2019]. <http://monographs>.
 22. Yamamoto N., Schmechel D., Chen B.T., Lindsley WG, Peccia J., (2011). Comparison of Quantitative Mushroom Measurement with Active and Passive Sampling Methods. *Aerosol Science Journal.* **42** (8): 499-507.
 23. Yang J., Li J., Jiang Y., Duan X., Qu H., Yang B., Chen F., Sivakumar D., (2014). Natural Occurrence, Analysis, and Prevention of Mycotoxins in Fruits and their Processed Products. *Food Sci.* (**54**): 64–83.

24. Jovanovic S., Felder-Kennel A., Gabrio T., Kouros B., Link B., Maisner V., Piechotowski I., Schick K.H., Schrimpf M., Weidner U., Zollner I., (2004). Schwenk. Inner mushrooms at home with children with and without allergies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 207: 369-378.
25. Jawad K., Abood Al-Janabi, (2017). Phenotypic and Molecular Identification of *Trichophyton Rubrum* and *Microsporum gypseum* of Dermatophytosis. *Global Pharma Technology*. **10** (9): 103-111.
26. Jungtinių Valstijų aplinkos apsaugos agentūra (2017). [žiūrėta: 2019 m. kovo 18 d.], <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>.
27. Kalogerakis N., Paschali D., Lekaditis V., Pantidou A., Eleftheriadis K., Lazaridis M., (2005). Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises. *J Aerosol Sci.* (36): 751-761.
28. Khan A.A.H., Karuppayil S.M., (2012). Fungal pollution of indoor environments and its management. *Saudi J Biol Sci*. **19** (4): 405-426.
29. Khan A.A.H., Karuppayil S.M., (2011). Practice contributes to abiotic pollution in indoor air conditioning. *Aerobiology*. 27: 85-89.
30. Khan A.A.H., Karuppayil S.M., (2010). Natural disinfectants for indoor use are available. *International Journal of Clinical Aromatherapy*. 7: 1–5.
31. Kerienė I., (2017). Mikotoksinai ir jų ryšys su fenoliniais junginiais grikių grūduose. Daktaro disertacija. Žemės ūkio mokslai, agronomija (01a), Akademija.
32. King B.A., Ph. D., Richard M., Peck D., Stephen D., Babb M.P.H., (2014). National and State Cost Savings Associated With Prohibiting Smoking in Subsidized and Public Housing in the United States. *Chronic Dis*.11:140222.
33. Kyung J., Kwon-Chung, Janyce A., (2013). Sugi *Aspergillus fumigatus*—What Makes the Species a Ubiquitous Human Fungal Pathogen? *PLoS Pathog*. **9** (12): e1003743.
34. Krištaponis A., (2000) Darbo ir gyvenamųjų patalpų mikromicetų rūšių sudėtis ir jų biologiniai ypatumai. Daktaro disertacija: biomedicinos mokslai/Botanikos institutas. – Vilnius.
35. López P.; Venema D., de Rijk T., de Kok A.; Scholten J.M., Mol H.G.J., de Nijs M., (2016). Occurrence of *Alternaria* toxins in food products in The Netherlands. *Food Control*. (60), 196–204.
36. Lou J., Fu, L., Peng Y., Zhou L., (2013). Metabolites from *Alternaria* Fungi and Their Bioactivities *Molecules* 18 (5). [viewed May 18, 2019]. <https://doi.org/10.3390/molecules18055891>.

37. Lugauskas A., (2003). Natūraliomis aplinkos sąlygomis egzistuojančių mikromicetų įvairovės tyrimai. Lietuvos biologinė įvairovė (būklė, struktūra, apsauga). Vilnius, p. 47 – 48.
38. Lugauskas A., Paškevičius A., Repečkienė J., (2002). Patogeniški ir toksiški mikroorganizmai žmogaus aplinkoje. Vilnius.
39. Meadow J.F, Altrichter A.E., Kembel S.W., Kline J., Mhuireach G., Moriyama M., Northcutt D., O'Connor T.K., Womack A.M., Brown G.Z., Green J.L., Bohannan B.J., (2014). Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. *Indoor Air*. Feb; **24** (1):41-8.
40. Méheust D., Le Can P.L., Reboux G. et al. (2014). Indoors fungal contamination: health risk and measurement methods in hospitals, homes and workplaces. *Crit. Rev Microbiol* **40** (3): 148-60.
41. Meraj-ul-Haque, Bhowal M, Patil A., (2016). „Diversity of aeromycoflora in indoor and outdoor environment. 2:240-8. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)* Vol-2, Issue-8, [viewed April 17, 2019]. <http://www.onlinejournal.in>.
42. Mensah-Attipoe J., Täubel M., (2017). Effects of microbiological substances in the internal and professional *The whole environment.*, p. 109-127.
43. Mošovska S., Birošova L., (2012). Antimycotic and antifungal activities of amaranth and buckwheat extracts. *Asian Journal of Plant Sciences*. Vol. **(3)**: 160–162.
44. Moularat S., Robin E., Ramalho O., Touran M.A., (2008). Detection of Fungal Development in Closed Areas with Specific Chemical Objectives. *Chemosfera*. 72: 224-232.
45. Moularat S., Hulin M., Robine E., Annesi-Maesano I., Caillaud D., (2011). Airborne Organic Compounds in Rural and Urban Residential Houses: Detection of mold contamination in 94 homes identified by visual inspection and net volatile organic compounds compounds. *The whole environment*. **409** (11): 2005-2009.
46. Nevalainen A, Täubel M, Hyvärinen A. (2015). Indoor fungi: companions and contaminants. *Indoor Air*. Apr; **25** (2):125-56.
47. Noris F., Siegel JA, Kinney KA., (2011). HVAC filter evaluation as a microbial community sampling mechanism. *Atmospheric environment*. **45** (2): 338-346.
48. Pavan R., Manjunath K.,(2014). Qualitative Analysis of Indoor and Outdoor Airborne Fungi in Cowshed. *Journal of Mycology*. [viewed April 21, 2019]. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/985921>.

49. Polizzi V., Adams A., Malysheva V.S., De Saeger S. Van Peteghem C., Moretti A., Picco A.M., De Kimpe N., (2012). Identification of volatile markers for indoor fungal growth and chemotaxonomic classification of *Aspergillus* species. *Fungal Biology*. **116** (9): 941- 953.
50. Public health expertise and reference centre (2016). *Penicillium* spp. [viewed March 30, 2019]. <https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/penicillium-spp>.
51. Puchianu G., Necula V., Enache D., V., Daneş M., (2018). Researches regarding the active and passive monitoring of aeromicroflora in milling and bread manufacturing. *Romanian Biotechnological Letters* [viewed February 27, 2019]. <http://www.rombio.eu/docs/Puchianu%20G%20et%20al.pdf>.
52. Qian J, Hospodsky D, Yamamoto N, Nazaroff WW, Peccia J., (2012). Size-resolved emission rates of airborne bacteria and fungi in an occupied classroom. *Indoor Air*. (22): 339-351.
53. Rajasekhar A., Balasubramanian R., (2011). Assessment of airborne bacteria and fungi in food courts. *Building and Environment* **46** (10):2081-2087.
54. Rebouxa G., Gbaguidi-Haoreb H., Bellanger A.P., Demonmerot F., Houdrougea K., Deconinck E., Bertrand X., Millona L., (2014). A 10-year survey of fungal aerocontamination in hospital corridors: a reliable sentinel to predict fungal exposure risk? *Healthcare Infection Society*. **87** (1): 34–40.
55. Reponen T, Levin L, Zheng S., (2013). Family and home characteristics correlate with mold in homes. *Environ Res*. (124):67-70.
56. Shams-Ghahfarokhi M, Aghaei-Gharehbolagh S., Aslani N., Razzaghi-Abyaneh M., (2014). Studies on the distribution of fungi in the outdoor environment in Tehran, Iran. *J Environ Health Sci Eng*, 12: 54, [viewed March 14, 2019]. <https://jehse.biomedcentral.com/articles/10.1186/2052-336X-12-54> Doi:10.1186 / 2052-336X-12-54.
57. Shirakawa M.A., Loh K., John V.M., Silva M.E.S., Gaylarde C.C., (2011) Biological deterioration of painted mortar surfaces in tropical urban and coastal situations: comparison of four paint blends. *International biodegradation*. **65** (5): 669-674.
58. Shirakawa M.A., Gaylarde C.C., Gaylarde P.M., John V., Gambale W., (2002). Inherited Colonies and Newly Painted Buildings and Effects of Biocides. *FEMS Microbiology Ecology*. **39** (2): 165-173.

59. Sylvain I.A., Adams R.I., Taylor J.W., (2019) A different suite: The assemblage of distinct fungal communities in water-damaged units of a poorly-maintained public housing building; [viewed March 23, 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213355>.
60. Soto T., Lozano M., Vicente-Soler J., Cansado J., Gacto M., (2009). *Microbiological study of urban air pollution*. (31): 7-13.
61. Soto T., Murcia R.M., Franco A., Vicente-Soler J., Cansado J., Gacto M., (2009). *Indoor air microbial content at Spanish*. (31): 109-115.
62. Swapna P. K., Lalchand P.D., (2016). Fungal Biodiversity of a Library and Cellulolytic Activity of Some Fungi. *Indian J Pharm Sci.* **78** (6):849-854.
63. The National Academies of Sciences Engineering Medicine (2016). Chapter: 5 Exposure Mitigation Health Risks of Indoor Exposure to Particulate Matter.: Workshop Summary. Ed. Chapter 5. Exposure Mitigation, (2019). Washington, DC 20001p. 158. [Viewed May 22, 2019] <https://www.nap.edu/read/23531/chapter/6> © 2019 National Academy of Sciences.
64. Tsitsigiannis I., Antoniou P., Tjamos C., (2012). Biological control strategies of mycotoxigenic fungi and associated mycotoxins in Mediterranean basin crops. *Phytopathol Mediterr.* (51): 158–174.
65. Turner N.W., Bramhmbhatt, H., Szabo-Vezse M., Poma A., Coker R.; Piletsky S.A., (2015). Analytical methods for determination of mycotoxins: An update (2009–2014). *Anal. Chim. Acta.* 9011, 2–33.
66. Varner K., Manager T.O., (2010). Literature Review: Everything Nanosilver and More. Final Report. U.S. Environmental Protection Agency. National Exposure Research Laboratory. Environmental Sciences Division. Las Vegas, NV. [viewed May 19, 2019]. [file:///C:/Users/Genute/Downloads/VARNER%2010-059%20FINAL%20PUBLISHED%20REPORT%20NANOSILVER%20REPORT-VARNER%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/Genute/Downloads/VARNER%2010-059%20FINAL%20PUBLISHED%20REPORT%20NANOSILVER%20REPORT-VARNER%20(1).PDF).
67. Verdier T., Coutand M., Bertron A., Roques C., (2014). Overview of indoor microbial growth in building materials and sampling and analysis methods. *Build Environ.* **80** (0): 136 e 49.
68. Viegas C., Viegas S., Gomes A., Täubel M., Sabino R., (2017). Exposure to Microbiological Agents in Indoor and Occupational Environments ISBN 978-3-319-61688-9 (eBook) [viewed April 6, 2019]. DOI 10.1007/978-3-319-61688-9. © Springer International Publishing.

69. Vonberg R.-P., Gastmeier P., (2006). Nosocomial aspergillosis in outbreak settings. *J Hosp Infect.* (63):246–254.
70. Zeliger H., (2003). Toxic Effects of Chemical Mixtures. *Archives of Environmental Health An International Journal.* **58**(1):23-9.
71. Zollner P.; Mayer-Helm B. (2006). Trace mycotoxin analysis in complex biological and food matrices by liquid chromatography-atmospheric pressure ionisation mass spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 1136, 123–169.
72. Zouhair S., Laaziz A., Qjidaa S., Bouseta A., (2017). Growth and ochratoxin a production by *Aspergillus carbonarius* and *Aspergillus niger* in relation to culture medium, water activity and temperature. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science.* **6** (10): 314-322.
73. Wahab S.N.A., Mohammed N.I., Khamidi M.F., Ahmad N.A., Noor Z.M., Abdul Ghani A.A., Ismail M.R., (2016). Sampling And Identifying Of Mould In The Library Building. *MATEC Web of Conferences* 66, 00070.
74. Wamedo S.A., Ede P.N., Chuku A., (2012). Interaction between building design and indoor airborne microbial load in Nigeria. *Asian J. Biol Sci.* (5): 183-191.
75. World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, (2009). [viewed April 14, 2019]: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf.
76. Xie, L.; Chen, M.; Ying, Y., (2016). Development of Methods for Determination of Aflatoxins. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **56**, 2642–2664.
77. Xu L., Zhang Z., Zhang Q., Li P., (2016). Mycotoxin determination in foods using advanced sensors based on antibodies or aptamers. *Toxins* **8**, 239.
78. Zain M.E., (2011). Effects of mycotoxins on humans and animals. *Journal of the Saudi Chemical Society.* **15** (2): 129-144.
79. Žukauskaitė R., (2011). *Cladosporium, Penicillium* ir *Aspergillus* genčių grybų paplitimas gyvenamosiose patalpose. Magistro darbas. Vilniaus pedagoginis universitetas. Gamtos mokslų fakultetas/ Botanikos katedra. Vilnius.

PRIEDAI

41th Mycotoxin Workshop Lisabona May 06–08, 2019



ŠIAULIAI
UNIVERSITY

MICROFUNGI AND AFLATOXIN IN THE INDOOR ENVIRONMENTS

Iona Keriene¹, Audrone Mankeviciene²,
Gene-Janina Pavloviene¹, Yuliia Kochiieru²

¹Šiauliai University, Lithuania

²Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania



41th Mycotoxin Workshop
Lisabona
May 06–08, 2019



LITHUANIAN
RESEARCH
CENTRE FOR
AGRICULTURE
AND FORESTRY

INTRODUCTION

Fungal pollution of the indoor environments, in which people spend most of their time, has major implications for human health. The increasing incidence of allergies worldwide, including Lithuania, has prompted researchers to study fungal pollution in the environments of the common use and to explore the occurrence of microfungi capable of producing mycotoxins.

MATERIALS AND METHODS

Air and dust sampling was carried out in the indoor public environments (library, canteen, classroom and corridor) of a Lithuania town with a population of ca. 34.000. The collected dust samples were analysed for aflatoxin (total) using the ELISA method. The air samples were collected using a cyclone air sampler Coriolis and on the PDA medium plate. A total of 44 samples were analysed in August – September in 2018.



Air sampler Coriolis



Light microscope LEICA



Photometer Multiskan Ascent

RESULTS AND DISCUSSION

The findings of the study suggest that the highest microfungal pollution was determined in the classroom and the library. The microspore counts in the canteen were 4–9 times lower (Fig. 1). The fungi of *Cladosporium* and *Alternaria* predominated in the collected air samples, where they accounted for 83 % - 95 % of the total fungal spore count.

Penicillium spp was observed in dust samples from 14 to 52 % of the total fungal count. The fungi of *Aspergillus* genus were detected in the classroom, canteen and library, where they accounted for 43 %, 21 % and 15 % from the total fungal counts in the dust samples (Fig.2). We also identified *A. flavus*, *A. niger* which are a human pathogen, allergen, and aflatoxin producers. Aflatoxin (total) concentration in the dust samples collected in the canteen ranged from 2.2 to 2.5 µg/kg, in the samples collected in the classroom from 2.1 to 2.6 µg/kg, and in the samples collected in the library from 3.8 to 4.2 µg/kg (Fig.3).

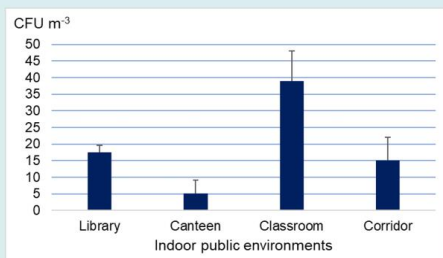


Figure 1. Microfungi spore total concentration in the indoor air

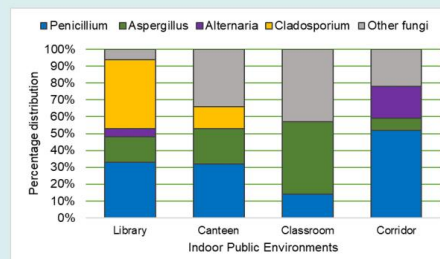


Figure 2. The distribution of microfungi genera in the dust samples

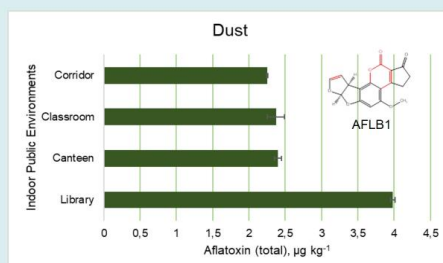
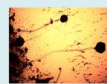
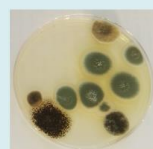
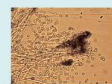


Figure 3. Total aflatoxin content in the dust samples



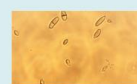
Aspergillus spp



Penicillium spp.



Alternaria spp.



Cladosporium spp

In conclusion, the study showed that it is rather difficult to prevent microbiological air pollution. Nevertheless, it is important to identify the fungal contamination of indoor environments, which is responsible for a wide range of adverse health effects, and to look for new methods which demonstrate improving of indoor environment and have significant inhibition effects on the growth of toxic fungal species.

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas „Patalpų taršos mikroskopiniais grybais tyrimas“

1. Yra atliktas mano pačios;
2. Nebuvo naudotas kitoje mokslo ir studijų institucijoje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

Gėnė Janina Pavloviėnė

(data)

(autoriaus vardas ir pavardė, parašas)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

Gėnė Janina Pavloviėnė

(data)

(autoriaus vardas ir pavardė, parašas)