



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu Kolledž

PABERKROHVI HALLITUSKINDLUS

MOULD RESISTANCE OF PAPER PLASTER

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Raivo Rudissaar

Üliõpilaskood: 204091NAEM

Juhendaja: Nele Nutt, vanemlektor

Juhendaja: Jane Raamets, vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“25” mai 2022

Autor: Raivo Rudissaar, allkirjastatud digitaalselt

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“25” mai 2022

Juhendaja: Nele Nutt, allkirjastatud digitaalselt

Juhendaja: Jane Raamets, allkirjastatud digitaalselt

Kaitsmisele lubatud

“25” mai 2022. a.

Kaitsmiskomisjoni esimees Egge Haiba, allkirjastatud digitaalselt

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Raivo Rudissaar

Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Paberkrohvi hallituskindlus“

mille juhendajad on
Nele Nutt, Jane Raamets

reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

25. mai 2022

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TalTech Tartu Kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Raivo Rudissaar, 204091NAEM

Õppekava, peeriala: NAEM06/18 - Tööstusökoloogia

Juhendaja(d): Vanemlektor, Nele Nutt, 5160701; Vanemlektor, Jane Raamets, 55613344

Lõputöö teema:

Paberkrohvi hallituskindlus

Mould resistance of paper plaster

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade paberkrohvist ja hallituseente liikidest tuginedes kirjandusele
2. Viia läbi katse paberkrohvi hallituskindluse suhtes
3. Analüüsida katsel saadud tulemusi

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Katse ettevalmistus ja kirjanduse läbitöötamine	01.2022
2.	Katse läbiviimine, tulemuste analüüsimine, arutelu koostamine	04.2022
3.	Töö lõppvormistus ja viimistlemine, töö esitamine	05.2022

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 25. mai 2022

Üliõpilane: Raivo Rudissaar allkirjastatud digitaalselt 25.mai 2022a

Juhendaja: Nele Nutt allkirjastatud digitaalselt 25.mai 2022a

Juhendaja: Jane Raamets allkirjastatud digitaalselt 25.mai 2022a

Programmijuht: Jane Raamets allkirjastatud digitaalselt 25.mai 2022a

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1 Paberkrohv	7
1.1.1 Paberi kasutamine krohvisegus	9
1.2 Hallitusseened	11
1.2.1 Hallituse võimalikud tervisemõjud	12
1.3 Levinumad õhus leiduvad hallituste perekonnad	13
1.3.1 Aspergillus spp.	13
1.3.2 Alternaria spp.	14
1.3.3 Penicillium spp.	14
1.3.4 Cladosporium spp.	15
1.3.5 Fusarium spp.	16
1.3.6 Trichoderma spp.	16
1.4 Hoonete sisekliima	17
2. MATERJAL JA METOODIKA	19
2.1. Materjal	19
2.2. Meetodid	20
2.3 Seadmed	21
3. TULEMUSED JA ARUTELU	23
3.1 Esimese katse tulemused	23
3.2 Teise katse tulemused	24
3.3 Arutelu	25
3.3.1 pH tase	25
3.3.2 Orgaanilised ained	27
KOKKUVÕTE	28
SUMMARY	30
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	32
LISAD	38

SISSEJUHATUS

Maailmas tekib pidevalt juurde suurel hulgal paberjätmeid ning nende ümbertöötlemiseks on olemas juba ka hulk erinevaid tehnoloogiaid. Iga korduvkasutusega väheneb aga paberi tsellulooskiu pikkus, mille tulemusena vähenevad tema mehaanilised omadused ja kvaliteet (Sukalich, 2016). Sellest tulenevalt saab paberit ringlusesse võtta ainult viis kuni seitse korda (*Ibid*). Peale taaskasutustsükli arvu täissaamist on seda hea ära kasutada paberkrohvi valmistamiseks. Paberkrohvi suureks plussiks on asjaolu, et selle valmistamiseks pole vaja tiipsemel tehnoloogiaid vaid seda saab igaüks oma kodu isegi valmistada. Vaja läheb kõigest paberit, vett ja liimainet.

Paberkrohv kui siseviimistlus materjal pole laialdaselt levinud. Oma kõrge niiskuspuhverduvusvõime tõttu aitab see reguleerida ning tagada hea sisekliima. Paberkrohv kantakse seinale niiskel kujul ning selle kuivamine võib võtta aega kuni üks nädal, sõltuvalt siseruumides olevatest tingimustest. Antud tingimused on ka soodsad hallituse tekkeks, millest tulenevalt spekulatsioonid, et paberkrohv on kui kergesti hallitav materjal.

Käesoleva töö eesmärk oli uurida paberkrohvi hallituskindlust ning selle jaoks on püstitatud järgnev hüpotees.

Hüpotees: Paberkrohvisegu valmistamisel kasutatav liimi tüüp ja liimi kogus mõjutavad paberkrohvi hallituskindlust.

Töö teoreetilises osas antakse ülevaade paberkrohvist, selle valmistamise tehnoloogiast ja paberi lisamisest krohvi segule ja tema mõju krohvi mehaanilistele omadustele. Lisaks antakse ülevaade hallitusest ning nende mõjust tervisele. Välja on toodud ka hallitusest vältimiseks mida töö autor lootis katsete käigus katsekehadelt leida. Hallitusest vältimiseks on valitud vastavalt sellele, et Eestis olev kliima tagab neile soodsad kasvutingimused. Töö praktilises osas on läbi viidud kaks katset paberkrohvi hallituskindluse hindamiseks. Esimese katse puhul vaadeldi kuidas reageerib seinale kuivand paberkrohv järskule niiskustõusule ehk uputusele. Teises katses jälgiti kuidas käitub paberkrohv oma kuivamisprotsessi käigus.

Töö autor soovib tänada oma juhendajaid Nele Nutti ja Jane Raametsa abivalmiduse ja meeldiva koostöö eest.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Paberikrohv

Paberit saab ringlusse võtta kõigest viis kuni seitse korda, kuna iga korduvkasutusega väheneb tselluloosiu pikkus, mille tulemusena väheneb valmistatava paberi mehaaniline tugevus ja kvaliteet ning suurenevad tehnoloogilised kaod (Sukalich, 2016). Selle taaskasutustsüklite arvu lõppedes saab madalama kvaliteediga paberit edukalt kasutada mõnes teises tööstusharus, antud juhul saab seda kasutada siseviimistluses, tehes sellest paberikrohvi (Aciu jt., 2014).

Oma isoleerivate, mürakaitse ja hingavate omaduste tõttu sobib paberikrohvi kasutada köetavates kuivades ruumides. Paberikrohvi valmistatakse tavaliselt väikestes kogustes käsitsi ja kindlat retsepti komponentide vahekorra kohta ei ole. Paberi valik sõltub selle veeimavusvõimest. Paberikrohvi valmistamisel lisatakse pabermassi segule juurde tähtsuse baasil liim (näiteks tapeediliim). (Vares jt., 2021) Soovi korral võib segule muid orgaanilisi täiteained juurde lisada, näiteks liiv, savi, saepuru, põhk, puulehed, et proovida parendada paberikrohvi omadusi (Vares jt., 2021; Rebane jt., 2021). Nutt on läbi viinud katsed uurimaks erinevate lisanditega paberikrohvisegude happesust (Nutt, 2022) (vt. Tabel 1.1). Happelise keskkonna tagab pH mis on madala kui 7 ning aluselise keskkonna pH mis on kõrgem kui 7 (Karik, 2003).

Paberikrohvi toonimiseks võib segudele juurde lisada värvaineid ning bioloogiliste kahjustustele vastupanuks ja tulekindluse suurendamiseks võib juurde veel lisada ka booraksit (Reiljan, 2016; Vares jt., 2021).

Paberikrohv on üsnagi uus materjal ja mitte eriti levinud kui võrrelda seda pabermašeeaga. Sellest tulenevalt pole paberikrohvi kohta leida ka palju kirjandust. (Vares jt., 2021)

Tabel 1.1 Orgaaniliste ainete mõju paberikrohvi segude happesusparameetritele. (Nutt, 2022)

Materjal	Lisand	Kogus	pH
Ajaleht	Liiv	50%	8,72
Ajaleht	Kriit	50%	8,38
Ajaleht	Savi	20%	7,67
Ajaleht	Savi	50%	7,89
Ajaleht	Savi	100%	8,53

Tabeli 1.1 järg

Materjal	Lisand	Kogus	pH
Ajaleht	Põhk	20g	7,31
Ajaleht	Puulehed	20g	7,13
Ajaleht	Saepuru	60%	7,26
Ajaleht	Booraks	20g	8,59

Vares jt (2021) ja Rebane jt (2021) viisid läbi katseid paberikrohviga, kus hinnati paberikrohvi valmistamisel erinevate materjalide mõju paberikrohvi niiskuspuhverdusvõimele. Vares jt. poolt läbiviidud katses kasutati katsekehade valmistamisel erinevaid pabermaterjale nagu ajalehti, munakarpe, printeripaberit ja ajakirju (Vares jt., 2021). Rebane jt. poolt läbiviidud katses lisati ajalehtedest valmistatud paberikrohvi segule juurde käepäraseid orgaanilisi aineid milleks olid puulehed, põhk ja saepuru (Rebane jt., 2021). Vares jt. poolt läbiviidud testi tulemusena selgus, et paberikrohv on üks hea niiskuspuhverdusvõimega materjal ning kasutatud materjalide omavahelisel võrdlusel suurt erinevust ei täheldatud (Vares jt., 2021). Orgaaniliste ainete lisamine segule on parendanud paberikrohvi niiskuspuhverdusvõimet kui võrrelda neid Vares jt. poolt läbiviidud testi tulemustega (Vares jt., 2021; Rebane jt., 2021).

Orgaanilistest ainetest oli kõige efektiivsem lisand saepuru ning kõige ebaefektiivsem puulehed, millega valmistatud katsekehad ka kolmandal päeval hallitama läksid. Mikroskoobi abil tuvastati, et tegu on *Cladosporiumi* perekonda kuuluva hallitusseene liigiga ning katsekehadele võis hallitusseen sattuda kas ümbritsevast õhust või puulehtedelt. (Rebane jt., 2021)

Vares jt (2021) ja Rebane jt (2021) poolt läbiviidud testide tulemusi arvesse võttes saab kõiki eelpool nimetatud materjale ja orgaanilisi aineid kasutada paberikrohvi valmistamiseks ning materjali valimisel pole eelnev sorteerimine vajalik. Erinevate materjalide omavaheline segamine võib tagada veelgi stabiilsemad tulemused. (Vares jt., 2021; Rebane jt., 2021)

Paberikrohvi saab kanda pea igale pinnale, peasi et aluspind oleks puhas (Paberikrohvi valmistamine, 2022). Nii nagu on ka teiste krohvide puhul, nakkub paberikrohv kõige paremini karedale pinnale (Reiljan, 2016). Paberikrohvi valmistamine toimub käsitööna ning selle valmistamiseks on vaja kas tselluvilla või paberit, sideaineks liimi ja paremaks segunemiseks sooja vett (Paberikrohvi valmistamine, 2022).

Vastavalt soovile saab muuta paberikrohvi värvust, lisades selleks juurde kas kriiti, valget savi või pigmenti (Reiljan, 2016). Toonimisel pigmendiga peab pigmendi maht jääma alla 10% kogumahust (Metslang, 2012). Pigment tuleks lisada koheselt juurde likku jäetud pabermassile (Pere, 2008). Antud viisil jõuab pigment paberkiusse paremini imenduda ning hiljem annab paberikrohvile ühtlasema tooni (*Ibid*).

Segu valmistamisel võib orientiiriks võtta, et 1m² pinna katmiseks 1 cm paksuse paberikrohvikihiga kulub 10 liitrit vett, 200g liimainet (liim eelnevalt vees ära lahustada) ning 1,5 kuni 2 kilo purustatud pabermassi või tselluvilla (Paberikrohvi valmistamine, 2022). Pabermass tuleks eelnevalt purustada väikesteks tükkideks ning seejärel panna nad vette likku (*Ibid*). Tselluvilla kasutamisel seda leotada ei ole vaja (Reiljan, 2016). Kui kasutatakse mitut erinevat vanapaberi liiki, oleks soovitatav jätta pabermass likku üheks ööpäevaks ning peale ööpäevast ligunemist segatakse segu niikaua kuniks tekib ühtlane mass (*Ibid*). Seejärel väänatakse pabermassist üleliigne vesi välja, lisatakse vees lahustatud liim ning segatakse see omavahel kokku (Paberikrohvi valmistamine, 2022). Sõltuvalt kogustest saab segada segu käsitsi või suuremate koguste puhul kasutada erinevaid elektritööriistu, näiteks segutrelli (Paberikrohvi valmistamine, 2022). Paberikrohvi segu valmistamisel tuleb hakata seda kandma pinnale ning silumiseks võib kasutada kas kätt või silumiskellut (Reiljan, 2016). Pinda on võimalik krohvida kas ühes või mitmes kihis ning ühe sentimeetri paksuse kihi kuivamiseks kulub sisetingimustes umbes üks nädal (Paberikrohvi valmistamine, 2022; Reiljan, 2016). Peale kuivamist on paberikrohv tunduvalt heledam kui ta oli seda märjal kujul (Reiljan, 2016) (vt. Lisa 1).

1.1.1 Paberi kasutamine krohvisegus

Barcelona tsiviilehituse koolis viidi läbi katsetus, kuidas avaldab krohvi omadustele mõju paberitööstuses üle jäänud pabermassi lisamine segule. Segudeks kasutatud paberimassil oli suur veesisaldus ja kõrge suhtelise niiskuse protsent (RH 100%). Uuringus keskenduti kolme erineva segamismeetodiga ja vahekorraga toodetud krohvi ja tselluloosi komposiitsegude iseloomustamisele. (Agullo jt., 2006)

Agullo jt., 2006 aastal läbi viidud katses olid krohvi ja tselluloosi komposiitsegude vahekorrad järgnevad

- K40P60, kus segu koosnes 40% krohvist ja 60% niiskest pabermassist
- K50P50, kus segu koosnes 50% krohvist ja 50% niiskest pabermassist.
- K60P40, kus segu koosnes 60% krohvist ja 40% niiskest pabermassist. (Agullo jt., 2006)

Segude valmistamisel kasutati kolme erinevat segamismeetodi ning neist valmistati katsekehad mõõtmetega 40x40x160 mm. Katsekehade peal viidi läbi katsed hindamaks

nende painde- ja survetugevust (vt. Tabel 1.2). Kuigi painde- ja survetugevus pole krohvimisel määravad omadused on nad antud segude analüüsimisel kasulikud muutujad. (*Ibid*)

Tabel 1.2 Katsekehade painde- ja survetugevus (Agullo jt., 2006)

Komposiitsegu	Paindetugevus (MPa)	Survetugevus (MPa)
K40P60M1	0,90	3,00
K40P60M2	0,91	2,57
K50P50M1	0,98	2,43
K50P50M2	1,07	4,91
K50P50M2b	1,03	3,06
K50P50M3	3,19	6,41
K60P40M1	0,94	3,93
K60P40M2	0,98	6,10

Zhixin Li jt. poolt läbi viidud uuringust on välja toodud kaubandusliku krohvi surve ja paindetugevus. Sarnaselt eelnevale uuringule on siin katsekehad valmistatud mõõtudes 40x40x160 mm. Test viidi läbi peale katsekehade täielikku kivistumist. Kaubandusliku krohvi painde ja survetugevused olid vastavalt 2,94MPa ja 5,95MPa. (Li jt., 2021)

Võrreldes Tabelis 1.2 saadud tulemusi Zhixin Li jt. (2021) poolt läbiviidud uuringus on tulemustelt näha, et krohv mille segus on kasutatud 50% krohvi ja 50% pabermassi (komposiitsegu K50P50M3) ja kolmandat segamismeetodit (M3) on saavutanud parema painde ja survetugevuse kui tavaline krohv (Li jt., 2021, Agullo jt., 2006).

Samuti oli survetugevus suurem ka segus kus krohvi osakaal oli 60% ja pabermassil 40% (komposiitsegu K60P40) ning kastutusel oli teine segamismeetod (M2). Katsekehad kus kasutati sama komposiitsegu (K60P40) kuid kasutatud oli esimest segamismeetodit (M1) näeme, et survetugevus on tavalisest krohvist 2MPa võrra väiksem. Vastavalt komposiitsegu osakaalule tuleb valida ka vastav segamismeetod, et tagada kõige paremad mehaanilised omadused krohvile. (Agullo jt., 2006)

1.2 Hallitusseened

On teada et maakeral eksisteerib üle 1,5 miljoni erineva hallitusseene liigi (Moon, 2005). Umbes 100 000 nendest liikidest on juba tuvastatud ning hinnaguliselt moodustavad nad 25% kogu maailma biomassist (Curtis jt., 2004). Hallitusseened on üldlevinud nii sise- kui väliskeskkonnas ning levivad sageli õhus lendlevate eoste kaudu (*Ibid*).

Siseõhus levivate hallitusseente eoste tase sõltub suuresti aastaegadest ja väliskeskkonna tingimustest (Moon, 2005). Samuti mängib nende kasvus suurt rolli aluspinna pH tase ja ruumis olev temperatuur (Khaan & Karuppaiyl, 2012).

Seente tüüpiline elutsüklil koosneb neljast etapist: eoste kasv, eoste areng, hüüfi kasv (vegetatiivne kasv) ja paljunemine (Moon, 2005). Pindadele settinud eosed jäävad ootele, kuniks niiskusesisaldus on piisavalt tasemel ja on olemas piisavalt toitaineid, mis võimaldavad neil edasi areneda (*Ibid*). Niiskus, toitaineid ja temperatuur on kõige tähtsamad tegurid mis mõjutavad seente kasvu ehitusmaterjalidel (Khan & Karuppaiyl, 2012). Kuigi hallitusseened võivad kasvada temperatuuril vahemikus 0°C kuni 40°C, on enamuse liikide puhul optimaalseks kasvutingimusteks temperatuurivahemik 22°C kuni 35°C (Moon, 2005). Seevastu aeglustab temperatuur mis ei ole optimaalses vahemikus seente kasvu oluliselt (Khan & Karuppaiyl, 2012). Täiendava panuse annavad veel pH-tase, valgus, pinna karedus, biotilised vastasmõjud ja kokkupuuteaeg (Moon, 2005). Nii pärm- kui hallitusseened on võimelised kasvama happelises keskkonnas (Fungi, 2022). Head kasvutingimused tagab pärmile pH vahemikus 3,5 kuni 4,5 ning hallitusseentele vahemikus 3,5 kuni 8,0, kuid need sõltuvad oluliselt ka liigist, mis antud pinda koloniseerib (*Ibid*). Kõige parema kasvutingimuse enamuse hallitusseentele tagab pH väärtus 4,5 ning mida aluselisemaks keskkond muutub seda kehvemaks muutuvad kasvuks sobilikud tingimused (Rousk jt. 2010).

Teadusringkond on üldiselt nõustunud, et hoones esinevat hallitust tuleks käsitleda kui tervisekahjustuste põhjustajana ja seega tuleks need sisetingimustest kõrvaldada. Uuringud on näidanud, et hallitus on seotud kahjulike tervisemõjude nagu astma, köha, ja vilistav hingamine. (Moon, 2005)

Inimeste terviseprobleemide tekitamiseks peetakse piisavaks siseruumides õhus leiduvate seente eoste taset vahemikus 150 kuni 1000 PMÜ/m³ (pesa moodustavat ühikut õhus kuupmeetri kohta). Kõige levinumad siseruumidest leitavad hallitusseente perekonnad on *Cladosporium*, *Aspergillus* ja *Penicillium*. Sageli võib veel siseruumidest leida ka *Alternaria*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, pärmi ja *Fusarium* liike. (Curtis jt., 2004)

1.2.1 Hallituse võimalikud tervisemõjud

Ameerika meditsiini instituudi (IOM) poolt läbi viidud uuringute käigus on teostatud siseruumide mikroobiorganismide koosluste, komponentide, kontsentratsioonide kvantitatiivseid mõõtmisi. Kohapealse proovide võtmise ja kultuuripõhise töö põhjal tuvastati perekonna tasandil *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* ja *Alternaria* kui atmosfäärikeskkonnas domineerivad seened, mida leidub tavaliselt kodudes. (Du jt., 2021)

Prantsusmaal uuriti 150 erinevat leibkonda, kus õhus levivat *Cladosporium* ja *Penicillium* avastati enam kui 90% eluruumidest, *Aspergilluse* perekonda kuuluvaid liike 46% ja *Alternaria* perekonda kuuluvaid liike 6%. (Shinohara jt., 2018) Shinohara jt. läbi viidud uuringus avastati tehtud mõõtmiste põhjal *Cladosporium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. ja pärmi esinemisest igal hooajal enam kui 80% majadest (Shinohara jt., 2018). Kuid nagu varasemalt mainitud, et hallituse kasvu soodustavad erinevad tingimused, esines nende seeneliikide puhul olulisi hooajalisi erinevusi (Du jt., 2021). On avastatud, et *Aspergilluse* ja *Penicilliumi* kontsentratsioonid suurenesid külmal ajal, samas kui *Alternaria* ja *Cladosporium* vastupidiselt vähenesid (*Ibid*).

Seente esinemine kodudes on sageli seotud allergiliste reaktsioonidega lastel, vanuritel või nõrgenenud immuunsüsteemiga isikutel. Hallituseente põletikuliste reaktsioonide esilekutsumise võime sõltub suurel määral kasvukeskkonnast ja eriti substradi tüübist. Allergia hallitusseente eoste vastu võib avalduda bronhiaalastma, nohu, silma sidekesta põletiku, nõgestõve või nahapõletikuna. Seened on olenevalt liigist võimelised esile kutsuma kõiki kolme tüüpi ülitundlikkusreaktsioone. (Dylag, 2017)

Kõiki kirjeldatud seente põhjustatud allergiliste reaktsioonide tüüpide hulgas on kõige levinum I tüüpi ülitundlikkus. Seda tüüpi immuunvastust nimetatakse ka anafülaktiliseks ja see avaldub tavaliselt astma, nohu, põskkoopapõletiku, nõgestõve või bronhide obturatsioonina. II tüüpi reaktsioonid on harvemad kuna seene antigeen, mis on võimeline seda tüüpi reaktsioone esile kutsuma, leidub peamiselt perekondadesse *Aspergillus* ja *Candida* kuuluvate hallitusseente rakuseintes. III tüüpi allergilisi reaktsioone seostatakse tavaliselt immuunkompleksidega, mis koosnevad seente antigeenidest ja antikehadest. Sellised kompleksid tekivad väikeste seenekoguste esinemisel kehas või korduval kokkupuutel väikeste koniididega, nagu need mille on moodustanud *Aspergillus fumigatus*. (Dylag, 2017)

Kuna hallitusseente eosed võivad toota mitmeid allergeensete omadustega valke, põhjustavad nad tundlikes populatsioonides tõenäoliselt astmaatiliste hingamisteede tundlikumaks muutumist (Du jt., 2021). Aruandes kinnitati, et *Penicillium* ja *Cladosporium* liigid on märkimisväärselt seotud astma haigestumuse ja selle raskusastmega (Sharpe jt., 2015). Sharpe jt (2015) viisid läbi siseruumide seente mitmekesisuse ja astma metaanalüüsi; ülevaates teatati ka, et *Cladosporium*,

Alternaria, *Aspergillus* ja *Penicillium* liikide esinemine suurendas praeguste astma sümptomite ägenemist hinnanguliselt 36–48% (*Ibid*).

Mõned hallitusseened võivad isegi moodustada toksiidid ja põhjustada mürgitust, nt mükotoksiine, mida toodavad *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.* ja *Penicillium spp.* Selline toksilisus võib panna keha laiendama oma immuunvastuseid ja põhjustada epiteelirakkude kahjustusi, põletikuliste rakkude infiltratsiooni ja kutsuda esile bronhospasmi ja astmahooge. (Du jt., 2021)

1.3 Levinumad õhus leiduvad hallitusseente perekonnad

1.3.1 *Aspergillus spp.*

Perekonda *Aspergillus* kuuluvaid liike on pikka aega kasutatud hindamatu biotehnoloogilise ressursina ravimite, toidu ja toidu koostisosade ning ensüümide valmistamiseks (Arastehfar jt., 2021).

See saprotroofsete ja patogeensete seente perekond on üks väheseid teadaolevaid loomade, inimeste ja taimede patogeene. *Aspergillus spp.*, sealhulgas *A. fumigatus* ja *A. Flavus* võib leida kõikjal maailma keskkondades, sealhulgas pinnases, lagunevas orgaanilises aines, majapidamistolmus, ehitusmaterjalides, taimedes, toidus ja vees. (Ryan & Ray, 2004)

Antud seeneliik suudab taluda ja ellu jääda laias pH- ja temperatuurivahemikus, kus optimaalne pH tase kasvuks jääb 4 kuni 7,5 vahele ning soodne temperatuur on 30 °C. Selle hüdrofoobne rakusein võimaldab liiki tõhusalt hajutada isegi väikese õhuvooluga. (Arastehfar jt., 2021; Wheeler jt. 1991)

Aspergillus fumigatus biosünteesib mitmesuguseid sekundaarseid metaboliite, nagu fumagilliin, gliotoksiin ja fumitremorgiinid. Mitmed neist metaboliitidest võivad põhjustada tõsist terviseriski, kuigi ükski neist ei ole tegelikult reguleeritud mükotoksiin. Mõned neist metaboliitidest on seotud peremeesorganismi immuunsüsteemi kahjustamisega, näiteks gliotoksiin. (Arastehfar jt., 2021)

Aspergillus on inimestel kõige levinum hallitusinfektsioonide põhjustaja ja võib tekitada mitmesuguseid tõsiseid haigusi nii immuunkompetentsetel kui ka immuunpuudulikkusega patsientidel (Verweij & Sigler, 2007). Immuunkompetentsete patsientide mitteinvasiivsed infektsioonid on allergiline sinusiit või allergiline bronhopulmonaalne aspergilloos, krooniline kopsuaspergilloos, väliskõrvapõletik või küünte seenhaigus (Arastehfar jt., 2021).

Aspergilloosi invasiivsete infektsioonide ravimiseks kasutatakse peamiselt seenevastaseid aineid milleks on triasool, vorikonasool, isavukonasool ja posakonasool.

Krooniliste infektsioonide korral kasutatakse peamiselt kas vorikonasooli või itrakonasooli, millest viimase vastu on *Aspergillus spp* resistentne. (*Ibid*)

1.3.2 Alternaria spp.

Enamik *Alternaria spp.* liike on saprofüüdid ning neid leidub tavaliselt mullas või kõdunevatel taimekudedel. Eoseid võib leida ka siseruumides, mis on sinna kantud õhuvoolude abil. Halvasti ventileeritud ja niisketes eluruumides võib tolm olla *Alternaria* eoste suur reservuaar. (*Alternaria spp.*, 2022)

Head kasvutingimused tagab pH tase mis jääb vahemikku 6 kuni 7 ning temperatuur vahemikus 30°C kuni 40°C. Keskkonnas olev pH tase mis jääb alla 6 või üle 7 pärsib hallituseente kasvu ning samuti on selle liigi jaoks kõige ebasoodsamad kasvutingimused temperatuuril 20°C. (Gawai & Magnalihar, 2018)

Mõned liigid antud perekonnast on taimepatogeenid, mis põhjustavad mitmesuguseid haigusi paljudele olulistele agronoomilistele peremeestaimedele, teraviljadele, dekoratiivtaimedele, õlikultuuridele, köögiviljadele (lillkapsas, porgand ja kartul) ning puuviljadele (tomat, tsitruselised ja õun) (Thomma, 2003).

Puutumata ei jää ka inimesed, kellest *Alternaria* nakatab peamiselt immuunpuudulikkusega peremeesorganisme. Teatatud on ka immuunkompetentsete peremeesorganismide infektsioonidest, mis hõlmavad harva invasiivset haigust. Infektsiooni sisenemine organismi toimub tavaliselt sarvkesta trauma kaudu või läbi nahal olevate haavandite. Enamus kliinilised ilmingud hõlmavad tavaliselt naha- ja nahaaluseid infektsioone, kuid on teatatud ka harvemini esinenud infektsioonidest näiteks silmapõletik, sinusiit ja küünthe seenhaigus ehk onühhomükoos. (Pastor & Guarro, 2008)

Alternaria spp on hästi tuntud ka kui koristusjärgsed patogeenid, kuna nende mõju taimedele avaldub visuaalselt alles peale koristust. Mõned *Alternaria spp* liigid on kliiniliselt olulised, kuna need on hästi tuntud kui toksiliste sekundaarsete metaboliitide tootmise poolest. (Thomma, 2003)

Alternaria ei ole teada sugulist staadiumi ega talvituvaid eoseid, kuid seen võib pikka aega ellu jääda seeneniidistiku või eostena lagunevatel taimejätmetel või varjatud nakkusena seemnetes. Tavaliselt on *alternaria* infektsioonile vastuvõtlikumad keskkonnast tulenevatest mõjutustest nõrgestatud koed. (Thomma, 2003)

1.3.3 Penicillium spp.

Penicillium spp. on hästi tuntud kosmopoliitne hallituseente perekond, mis koosneb enam kui 350 liigist, millel on erinevad rollid looduslikes ökosüsteemides, põllumajanduses ja biotehnoloogias (Refai, 2015).

Penicilliumi leidub kõikjal maailmas, eriti jahedates ja niisketes keskkondades. Kõige sagedamini kasvab see orgaanilistel ainetel, puuviljadel, köögiviljadel ja taimestikul. Samuti võib seda leida erinevatel siseruumides kasutatavatel ehitusmaterjalidel. (Maxwell, 2022)

Penicillium spp perekonda kuuluvad hallitusseened kasvavad laias pH vahemikus, milleks on 3,9 kuni 9,1 ning pH taseme langemisel alla 5 aeglustub hallitusseente kasv. Kasvu soodustav temperatuur jääb ligilähedale 25°C (Wheeler jt. 1991).

Penicillium chrysogenum toodab antibakteriaalset antibiootikumi penitsilliini, *Penicillium griseofulvum* toodab seenevastast antibiootikumi griseofulviini ning mitmed *Penicillium* liigid toodavad vähivastaseid aineid nagu *Penicillium albocoremium* (Andrastin A) ja *P. decumbens* (Bredenin) (Refai, 2015).

Inimese patogeensed liigid on haruldased, kuid on teatatud infektsioonidest, mis põhjustavad sarvkesta põletikulist haigust, kõrva seeninfektsiooni ja südame sisekesta põletikku (Lyratzopoulos jt., 2002).

Mitmed *Penicillium* liigid toodavad ensüüme, mida kasutatakse tööstuses. Antud liigi poolt toodetud tsellulaasid ja ksülanaasid on laialdaselt kasutatavad toiduainetes ja söödas, tekstiilitööstuses ning tselluloosi- ja paberitööstuses. Neid liike saab kasutada ka ökosüsteemi taastamiseks, kui keskkond on naftaga reostunud. Lisaks toimivad mõned liigid surnud materjalide lagundajatena ja neid saab kasutada jäätmete ringlussevõtuks. (Refai, 2015)

1.3.4 Cladosporium spp.

Cladosporium spp. on hallitusseente perekond, kuhu kuulub 40 dokumenteeritud liiki ja veel vähemalt 180 nimetut liiki, mistõttu on see äärmiselt laialt levinud ja seda on raske täpselt tuvastada. Enamik liike esineb musta, pruuni või oliivrohelise hallitusseenenena ning need on mõned kõige levinumad hallituseened sise- ja välistingimustes. (Maxwell, 2021)

Seened perekonnast *Cladosporium spp.* on levinud mitmel pool maailmas. Nad on kosmopoliitsed organismid ja nende eoseid võib leida õhust, pinnasest ja veest. *Cladosporium spp.* on vaja intensiivseks kasvuks, eoste tekkeks, eoste vabanemiseks, idanemiseks ja haiguste arenguks jahedaid ja niiskeid ilmastikutingimusi. Need seened on aktiivsed madalatel temperatuuridel ja kõrge õhuniiskusega. (Ogorek jt., 2012) Soodsad kasvutingimused on vahemikus 15°C kuni 35°C ning pH vahemikus 3,5 kuni 6,7 (Gross & Robbins, 2000; Ogorek jt., 2012).

Cladosporium fulvum, *Cladosporium herbarum* ja *Cladosporium cucumerinum* on patogeendid erinevatele põllukultuuridele ja taimedele, põhjustades neile taimehaigusi mille tulemusena võib taim hävida või teravilja kvaliteet langeda (Ogorek jt., 2012). Inimestel võib tekkida pikaajalise kokkupuute tagajärjel erinevaid allergiad ning astma

sümptomeid. Mõningatel juhtudel võib see põhjustada ka silma, kõrva ja põskkoopa infektsioone (Fletcher, 2017). *Cladosporium* perekonda kuuluvad hallitusseened tungivad kehasse mitte ainult seedetrakti vaid ka sissehingamisel ja naha kaudu (Ogorek jt., 2012).

Perekonna *Cladosporium* seened, nagu ka teised mikrokoopilised seened, eritavad mitmesuguseid sekundaarseid metaboliite, näiteks mükotoksiine. Enamik mükotoksiine ei ole kuumusele vastuvõtlikud ja seetõttu püsivad nad elus tavalistes toiduvalmistusprotsessides. Mükotoksiinide kõrge kontsentratsioon võib põhjustada tugevat siseorganite kahjustust või kliinilisi haigusi. (Ogorek jt., 2012)

1.3.5 Fusarium spp.

Fusarium liigid on laialt levinud pinnases, maa-alustes ja õhus lendlevates taimeosades, taimejätmetes ja muudes orgaanilistes substraatides. Neid esineb ka kogu maailmas vees olevas veestruktuuris biokilede osana. *Fusarium*'i liikide laialdast levikut võib seostada nende võimega kasvada paljudes keskkonnatingimustes ja nende tõhusatest levikumehhanismides. (Nucci & Anaissie, 2007) Optimaalsed tingimused kasvuks on pH tasemel 6,7 kuni 7,2 ning temperatuuril vahemikus 24°C kuni 26°C (Wheeler jt. 1991). Perekonda *Fusarium* kuuluvad seened on tuntud taimepatogeenid ja toidusaasteained, mis põhjustavad ka pindmisi ja nahaaluseid infektsioone, näiteks inimestel onühhomükoosi ja keratomükoosi (Hennequin jt., 1999).

Kuigi peremeesorganismi kaitsemehhanismide kohta *Fusarium* liikide vastu on vähe teavet on invasiivsel fusarioosil palju ühiseid tunnuseid invasiivse aspergilloosi ja muude invasiivsete hallitusinfektsioonidega (Nucci & Anaissie, 2007).

Lisaks on *Fusarium*'i liikidel võime kleepuda proteesimaterjalile ning toota valke ja kollageeni lagundavaid ensüüme. Üldiselt eemaldatakse infektsioonid kirurgiliselt, kuid kui nakkus on levinud juba kaugemale, nõuab see võimalusel immunoteraapia kasutamist. (*Ibid*)

Fusarium'i diagnoosimine liigi tasandil põhineb tavapärasel meetoditel, mis hõlmavad kolooniate kirjeldamist sobival valimil (tekstuur, värvus, pigment) ning konidiogeensete rakkude ja koniidide mikrokoopilist kirjeldamist. Seda saab kõige paremini kirjeldada pärast 2-nädalast inkubatsiooni. See küll pikendab lõpliku diagnoosimise aega, kuid selle aja möödudes esinevad teatud liikidel sageli olulised erinevused nagu pigmentatsioon ja kasvukiirus. Sellest tulenevalt suudavad õige diagnoosi tagada ainult hästi koolitatud mükoloogid. (Hennequin jt., 1999)

1.3.6 Trichoderma spp.

Perekond *Trichoderma* seeni võib leida paljudes erinevates ökosüsteemides, peamiselt metsa- või põllumuldades (Zin & Badaluddin, 2020). Sobivaim kasvukeskkond on pH

vahemikus 4 kuni 6 ning temperatuur vahemikus 25°C kuni 30°C (Pelagio-Flores jt., 2017; Singh jt., 2014). Aastate jooksul on avastatud, et *Trichoderma* seened aitavad sageli kaasa taime kasvule ja tootlikkusele, kas teiste mikroorganismide juuresolekul või puudumisel (Harman, 2007).

Tänu sellele koostoimele toimub taimede kasvu ja saagikuse suurenemine ning soodsamate mõjude avaldumine, kuna on suurenenud biogeensete elementide (lämmastik, fosfor), mineraalide, toitainete ja orgaaniliste ainete parem kättesaadavus. Lisaks on *Trichoderma* seened võimelised tootma ühendeid, mis kiirendavad seemnete idanemist. (Blaszczyk jt., 2014)

Trichoderma tüvi *T. Harzianum* suurendab paljudel taimedel juurte kasvu (*Ibid*). Kiirendatud juurte kasv kombineeritud koos taimega, mis akumulereib mürgiseid ained, suurendab juurte poolt koloniseeritud pinnase mahtu ning tagab ka sügavama juurdumise (Harman, 2007). Tulenevalt oma võimest erinevaid keskkondi koloniseerida, on nad sunnitud teiste organismidega võistlema toitainete ja ruumi pärast (Blaszczyk jt., 2014). Antud perekonda kuuluvad seened on võimelised ründama teisi seeni, tootma teisi mikroobe mõjutavaid antibiootikume ja toimima ise kui biokontrolli mikroobidena (Harman, 2007).

Peale *Trichoderma* perekonna suursugususes tõrjes taimehaiguste vastu, avaldavad nad samal ajal suurt kahju kultuurseente kasvatusele. Rohehallitushaigus kultuurseentel, mida põhjustab *Trichoderma spp.*, on teatanud teadlased üle kogu maailma. (Zin & Badaluddin, 2020)

1.4 Hoonete sisekliima

Inimesed veedavad 80-90% oma ajast siseruumides ning nende elutegevust mõjutab ka neid ümbritseb keskkond. Sellest tulenevalt tuleb igale inimesele tagada hea hoone sisekliima ning ümbritsev miljöö. (Horr jt., 2016) Sisekliima kvaliteedinäitajaks on hubasus ehk inimese hea enesetunne ruumis olles, mida mõjutab temperatuur, õhuniiskus, ümbritsevad objektid ja õhus lendlevad saasteosakesed (Liiske, 2002). Tavaliselt tajuvad inimesed koheselt ära ruumis oleva temperatuuri muutuse, kuid õhuniiskuse muutus nii tajutav pole (Minke, 2006). Suhtelise õhuniiskuse kõrget või madalat taset tuntakse kas hingamisorganite, limaskestade või naha kaudu (Seppänen jt.,1998). Pikas perspektiivis võib pidev ebamugavus põhjustada mitmeid tervisehädasid mida klassifitseeritakse kui haige maja sündroomiks (Joshi, 2008). Selle peamiseks sümptomiteks on nahalööve, vaimne väsimus, halb keskendumisvõime, peavalu, hingamisteede ja silmade ärritused, kuiv nahk ja limaskestad (*Ibid*). Haige maja sündroomi tekke vältimiseks on kõige parem lahendus ruumis nõuetekohase

ventilatsiooni tagamine mis aitab reguleerida ruumi sisekliimat ning vältida suhtelise õhuniiskuse taseme ebamääraast kõikumist (Ruumiõhu sündroom, 2022).

Hallituse kasvuks ei ole alati vaja märga keskkonda. Eestis levivate hallitusseente jaoks on piisav juba rõskus ning vähene niiskus/kondensaad. Nendes tingimustes levivad peamiselt *Aspergillus* ja *Penicillium*, teiste seente puhul on vaja juba kõrgemat niiskuse sisaldust õhus. (Terviseamet, 2018)

Seentele ideaalne õhuniiskus kasvuks jääb 70% kuni 90% vahele. Kütteperioodil on tavaliselt õhuniiskus vahemikus 25% kuni 40%, kuid suvel ja sügisel kipub see olema seente kasvuks sobilik. Ideaalne õhutemperatuur hallitusseente kasvuks on vahemikus 15°C kuni 30°C, kuid mõningad termofiilsed seemned võivad kasvada isegi temperatuuril 35°C. (*Ibid*) Hoonete suhtelist õhuniiskust on soovitatud optimaalselt hoida vahemikus 25% kuni 60%. Sellises vahemikus olev õhuniiskus ei kahjusta inimese tervist, ei tekita niiskuskahjustusi ning väldib veeauru kondenseerumist. (Hoonete energiatõhusus, 2019)

Üldiselt on soojusmugavus ja tervis siseruumide soojuskeskkonna standardite puhul domineerivaks kaalutluseks. On teada, et hallitusseente eosed idanevad kui suhteline õhuniiskus pinnal ületab 80% ja jätkavad kasvamist madalamal kui 80% tasemel. (Du jt., 2021) Standardi järgi on määratletud igakuise keskmise suhtelise õhuniiskuse kriitiliseks piiriks alla 80%, et vältida hallituse kasvu seinapinnal ja seinakorrosiooni vältimiseks kriitilise õhuniiskuse piiriks alla 60% (Hoone elementide, 2013). Sarnaselt on soovitatud inimeste mugavustingimuste tagamiseks temperatuuri vahemikus 18°C kuni 24°C (Management of moisture, 2021).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Materjal

Katses uuriti üheksa erineva paberikrohvisegu hallituskindlust. Segud valmistati kolmest komponendist – ajalehepaberist, liimist ja veest. Kortsutatud ajalehepaber pandi 24 tunniks vette likku. Seejärel segati segu senikaua kuni paber lagunes ja tekkis ühtlane mass. Segust nõrutati välja üleliigne vesi, mille järel lisati segule juurde liim, mis oli juba eelnevalt vees ära lahustatud. Liimidena kasutati kartulitärklist, metüütselluloosi ja metüütselluloosi baasil valmistatud tapeediliimi Metylan Universal Premium (vt. tabel 2.1). Metylani tapeediliimi on juurde lisatud hallitusvastase toimega lisaained. Liimide kogused on valitud vastavalt asjaolule, et kui liimainet on liiga palju jääb segu klippi ning seda on raske ühtlaselt läbi segada. Kui liimainet on liiga vähe, ei jää segu hiljem seinä püsima.

Segust valmistati katsekehad vormiga, mille kõrgus oli 2,5 cm ja diameeter 9 cm. Kokku valmistati kaks komplekti katsekehasid, kummagi katse jaoks 18 katsekeha (igast segust kaks katsekeha). Paremaks tulemuste analüüsimiseks alustati katseid võimalikult väheste võimalustega. Mida vähem komponente on segus, seda lihtsam on hallituse avaldumise põhjust kindlaks määrata.

Esimeses katses kasutatud katsekehad olid peale valmistamist (valmistatud 2019. aasta augustis) kuivatatud kuivatuskapis temperatuuril 23°C kuni kuivkaaluni. Seejärel olid need seisnud analoogilistes tingimustes nagu seinä pandud paberikrohv umbes 2,5 aastat. Tavalistes siseruumide tingimustes puutusid katsekehad pidevalt kokku õhus leiduvate hallitusseente eostega.

Teise katse jaoks valmistati katsekehad vahetult enne katse algust ja neid ei kuivatatud.

Tabel 2.1 Segude koostised

Segu tähis	Paberi tüüp	Paberi kaal (g)	Liim/vesi (g/ml)	Liimi tüüp
A-T100	Ajaleht	500	100/1000	Kartulitärklis
A-T50	Ajaleht	500	50/1000	Kartulitärklis
A-T20	Ajaleht	500	20/1000	Kartulitärklis
A-H30	Ajaleht	500	30/1000	Metylan Universal Premium
A-H20	Ajaleht	500	20/1000	Metylan Universal Premium
A-H10	Ajaleht	500	10/1000	Metylan Universal Premium

Tabeli 2.1 järg

Segu tähis	Paberi tüüp	Paberi kaal (g)	Liim/vesi (g/ml)	Liimi tüüp
A-M20	Ajaleht	500	20/1000	Metüütselluloos
A-M10	Ajaleht	500	10/1000	Metüütselluloos
A-M5	Ajaleht	500	5/1000	Metüütselluloos

2.2. Meetodid

Hallituskindlust uuriti kahe erineva katsega. Katsed viidi läbi lähtudes ASTM-i standardmeetodile D3273-00 „Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber”, mis kirjeldab väikest keskkonnakambrit ja töötingimusi, et hinnata 4-nädalase perioodi jooksul hallitusseente kasvu sisekeskkonnas. Standardi järgi koosneb keskkonnakamber hästi isoleeritud veekindlast kastist, mille põhja on lisatud temperatuuri hoidmiseks küttespiraal, vesi ning 25 mm vee tasapinnast kõrgemale asetatakse võrgust alus, kuhu peale kantakse muld. Mulla kohale riputatakse katsekehad, mida antud eksperimendis kasutatakse ning kast suletakse pealt kaanega. Temperatuuri ja õhuniiskust tuleb järjepidevalt kontrollida, et nad vastaksid etteantud suhteliselt kitsaste piiride normidele, et tagada lühikese katseaja jooksul maksimaalne efektiivsus. Nendes tingimustes tuleb hoida temperatuuri $32,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ning suhtelist õhuniiskust vahemikus 95% kuni 98%. Need tingimused on vajalikud, et tagada kiire ja järjepidev hallitusseente kasv katsekehade pinnal. (Standard Test, 2016)

Töös käsitletavates katsetes kasutati Taltech Tartu Kolledži laboris olevat kliimakambrit RUMED 4101, millega on võimalik tagada sarnased tingimused kui seda on standardis ettenähtud keskkonnakambri ehitamisel. Peamine eesmärk katse läbiviimisel oli hinnata, kuidas käitub paberikrohv järsul õhuniiskuse tõusul sisetingimustes. Katseid alustati suhtelise õhuniiskuse 75% juures ja suhtelise õhuniiskuse protsenti tõsteti igal nädalal 5% võrra. Katse lõpuks oli õhuniiskuse protsent kliimakambris 95%.

Esimeses katses uuriti õhuga kokku puutunud katsekehade hallituskindlust ning selleks simuleeriti järsku lühiajalist õhuniiskuse tõusu ehk uputust. Katsekehad riputati kliimakambrisse standardis D3273-00 (Standard Test, 2016) ettenähtud nõuete järgi. Seda põhjusel, et vältida katsekehade omavahelist kokkupuudet ning hallituse esinemisel ei kanduks kokkupuute tagajärjel hallitus teistele katsekehadele edasi. (vt joonis 2.1). Vastavalt meetodile tuleb hallituse ilmnemisel hallitusega katsekeha eemaldada. Katsekehade pinda hinnati visuaalselt iga kahe päeva tagant.



Joonis 2.1 Esimene katse. Katsekehad on riputatud traadiga kliimakambrisse. (Autori erakogu)

Teise katse puhul uuriti peale krohvimist kuivava paberkrohvi hallituskindlust, kuna spekulatsioonide kohaselt läheb paberkrohv hallitama seinas kuivamise jooksul. Katsekehad asetati kliimakambrisse kohe peale nende valmistamist koos alustega, vastasel juhul oleksid katsekehad kliimakambris kuivamise käigus laiali valgunud (vt. joonis 2.2).



Joonis 2.2 Teine katse. Märjad katsekehad on asetatud kliimakambrisse koos alustega (Autori erakogu)

2.3 Seadmed

Katse läbiviimiseks kasutati kliimakambrit RUMED 4101 (vt. Joonis 2.3), kus suhtelist niiskust on võimalik reguleerida vahemikus 20%-95% (täpsusega $\pm 2-3\%$) ja temperatuuri vahemikus 0°C kuni 60°C (täpsus $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) (Operating, 2015). Paberkrohvi segude pH taseme mõõtmiseks kasutati WTW multimeetrit koos Sentix41

elektroodiga (vt. Joonis 2.4). Segude valmistamisel kasutati digitaalset kaalu Kern PLT 1200-3A, mille mõõtevahemik on 0 kuni 1200g ning täpsus 0,001g.



Joonis 2.3 Kliimakamber RUMED 4101 (Autori erakogu)

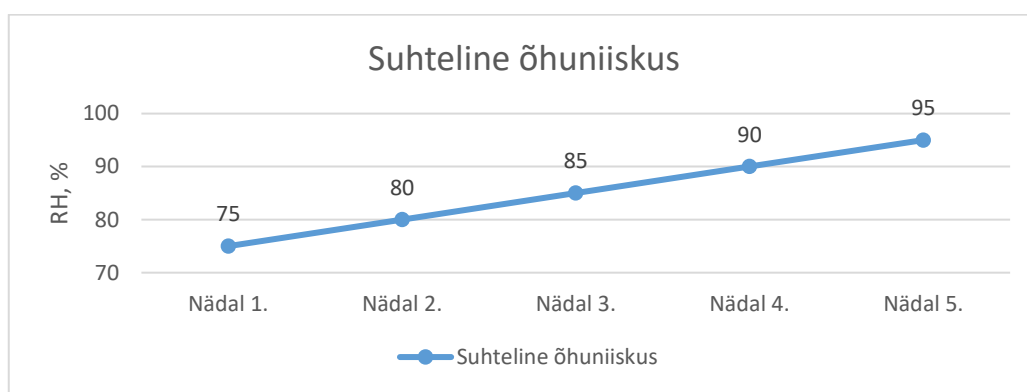


Joonis 2.4 WTW multimeeter koos Sentix41 elektroodiga (Autori erakogu)

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Esimese katse tulemused

Esimese katse puhul simuleeriti lühiajalist uputust ning katse kestis kokku viis nädalat. Katse toimus perioodil 17.01.2022 kuni 20.02.2022. Katse käigus tagati kliimakambris pidevalt temperatuur $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ning suhteline õhuniiskus vahemikus 75% kuni 95% (vt. Joonis 3.1). Terve katse vältel temperatuuri ei muudetud. Katse käigus loodeti visuaalse vaatluse korral tuvastada katsekehadelt hallitusseeni, millele tagab Eestis olev kliima soodsad kasvutingimused.



Joonis 3.1 Esimese katse suhtelise õhuniiskuse muutus katse vältel.

Esimesel nädalal jõudis suhteline õhuniiskus (RH) 75%-ni ning visuaalsel vaatlusel katsekehadelt hallitus ei tuvastatud. Teisel nädalal suurendati suhtelise õhuniiskuse protsenti 80%-ni, mis lähtudes kirjanduses väljatoodud allikale (Du jt., 2021) soodustab antud RH protsent hallitusseente teket. Katsekehi visuaalselt kontrollides ei leitud üheltki katsekehalt hallitust. Kolmandal nädalal tõsteti RH protsenti 85%-ni. Tulemused olid sarnased varasematele nädalatele ning visuaalse vaatluse käigus ei tuvastatud katsekehadelt hallitust. Neljandaks nädalaks oli RH jõudnud 90%-ni, mis tähistas ka esialgse kava järgi katse lõppu. Kuna visuaalsel vaatlusel katsekehadelt ühtegi hallitust ei tuvastatud, otsustati katse käiku nädala võrra pikendada ning tõsta RH 95%-ni. Standardi D3273-00 (Standard test, 2016) järgi tuleb suhtelist õhuniiskust hoida vahemikus 95% kuni 98%, et tagada hallitusseente kiire kasv. Ka viienda nädala vaatlused lõppesid samade tulemustega kui kõik eelnevad nädalad, katsekehadel visuaalsel vaatlusel hallitust ei leitud. Esimese katse tulemused on välja toodud tabelis 3.1.

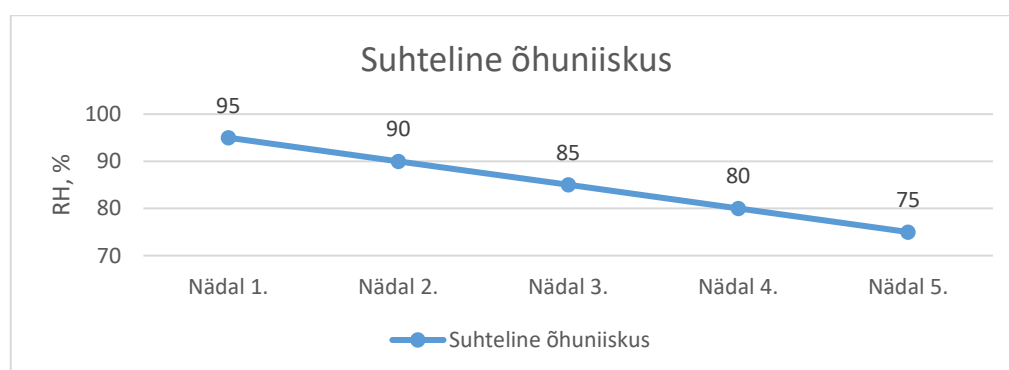
Tabel 3.1 Hallituseente esinemine RH 75%-95%

Segu tähis	A-T100		A-T50		A-T20		A-H30		A-H20		A-H10		A-M20		A-M10		A-M5	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Katsekeha number																		
Hallituse liik																		
Aspergillus spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alternaria spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladosporium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoderma spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

„-“ tähistab hallituseente mitte ilmumist, „+“ tähistab hallituseente ilmumist

3.2 Teise katse tulemused

Teise katse teostamisel lähtuti spekulatsioonist, et seinas kuivav paberkrohv läheb hallitama. Sarnaselt esimesele katsele kestis teine katse samuti kokku viis nädalat. Katse toimus perioodil 28.02.2022 kuni 03.04.2022. Katse käigus tagati kliimakambris pidevalt temperatuur $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ning suhteline õhuniiskus vahemikus 95% kuni 75% (vt. Joonis 3.2). Vastandlikult esimesele katsele, alustati teist katset suhtelise õhuniiskuse 95% juures. Terve katse vältel temperatuuri ei muudetud.



Joonis 3.2 Teise katse suhtelise õhuniiskuse muutus katse vältel.

Esimest nädalat alustati suhtelise õhuniiskusega 95%, nii nagu juba varasemalt mainitud, peaks antud tingimused tagama kiire hallituseente kasvu. Visuaalse kontrolli käigus katsekehadelt hallitust ei leitud. Teisel nädalal langetati RH 90%-ni ning vaatluste käigus katsekehadelt hallituse teket ei tuvastatud. Kolmandat nädalat alustati suhtelise õhuniiskusega 85%. Nädala jooksul läbi viidud kolmel erineval visuaalse kontrolli käigus ühelgi katsekehadelt hallitust ei leitud. Neljandal nädalal langetati

suhteline õhuniiskus 80%-ni ning ka sel nädalal visuaalse vaatluse käigus ühtegi hallituse teket ei leitud. Viiendaks ehk katse viimaseks nädalaks langetati RH 75%-ni. Visuaalse vaatluse teostamisel ühelgi katsekehal hallituse teket ei avastatud. Teise katse tulemused on välja toodud tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Hallitusseente esinemine RH 95%-75%

Segu tähis	A-T100		A-T50		A-T20		A-H30		A-H20		A-H10		A-M20		A-M10		A-M5	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Katsekeha number																		
Hallituse liik																		
Aspergillus spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alternaria spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladosporium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoderma spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

„-“, tähistab hallitusseene mitte ilmumist, „+“ tähistab hallitusseene ilmumist

3.3 Arutelu

Mõlemad katsed viidi läbi sarnastes tingimustes, kuid suhtelise õhuniiskuse taset muudeti erinevalt. Esimese katse puhul eeldati, et kuna katsekehad on mitu aastat seisnud samades tingimustes nagu seinakantud paberkrohv, siis on katsekehad kokku puutunud siseruumide õhus olevate hallitusseente eostega. Esimese katse käigus ükski katsekeha hallitama ei läinud. Antud tulemuste tõttu otsutati teostada ka teine katse värskelt valmistatud katsekehadega. Tulemused olid üllatavad, kuna ka teise katse puhul ei läinud ükski katsekehadest hallitama. Saadud tulemustega saame kinnitada, et paberkrohv ei ole kergesti hallitav materjal. Kuna mõlema katse puhul katsekehadelt hallitust ei leitud, tuli välja selgitada põhjus, mille tõttu hallitust ei esinenud kuigi soodsad tingimused olid selle jaoks olemas.

3.3.1 pH tase

Peale katsete läbiviimist valmistati uuesti katsekehade valmistamiseks kasutatavad segud, et mõõta nende pH taset. Uued segud moodustati ainult iga kasutatava liimi kõige suurema koguse puhul. Seda asjaolul, et kõige suurem liimi kogus mõjutab kõige rohkem segu pH taset. PH taset mõõdeti iga segu puhul kolmest erinevast kohast. Paberkrohvi segu kuhu polnud veel liimi lisatud oli pH tasemega 7,47. Tärglise juurde lisamisel segule langes pH tase 6,69-ni, tapeediliimi lisamisel tõusis pH 9,80-ni ja metüülselluloosi puhul tõusis pH 7,79-ni (vt. Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Paberkrohvi segude pH tase

Segu tähis	Liim	pH
Paber + Vesi	N/A	7,47
A-T100	Tärklis	6,69
A-H30	Metylan Universal Premium	9,80
A-M20	Metüütselluloos	7,79

Kirjanduse allika (Fungi, 2022) sõnul kasvab hallitus pH vahemikus 3,5 kuni 8. Mida kõrgem on pH tase, seda väiksem on võimalus hallitusseente kasvuks. Sõltuvalt hallitusseene liigist vajab ta kasvuks happelist keskkonda, mille tagab pH tase mis jääb alla 7. Mõningad seeneliigid suudavad kasvada ka kergelt aluselistes tingimustes. Hallitusseente *Aspergillus spp* ja *Trichoderma spp* puhul on kasvutingimusteks soodne pH alammäär 4. Kasvu soodustav maksimaalne pH tase on *Aspergillus spp-l* 7,5 temperatuuril 30°C ja *Trichoderma spp-l* pH tase 6 temperatuurivahemikus 25°C kuni 30 °C. *Alternaria spp* puhul on soodne pH kasvuvahemik 6 kuni 7 ning temperatuur vahemikus 30°C kuni 40°C. *Penicillium spp* on hallitusseente valimis olevatest valikutest kõige laiemas soodsa pH kasvuvahemikuga, milleks on 3,9 kuni 9,1. Kasvu soodustav temperatuur on 25°C. *Cladosporium spp* on kõige madalama kasvu soodustava pH taseme ja temperatuuriga valimis olev seen. Hallituseene kasvu soodustav pH jääb vahemikku 3,5 kuni 6,7 ning temperatuur on vahemikus 15°C kuni 35°C. Vastupidiselt hallitusseenele *Penicillium spp* on *Fusarium spp* kõige kitsama soodsa pH vahemikuga milleks on 6,7 kuni 7,2 ja seda temperatuuril 24°C kuni 26°C (vt. Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Hallitusseente kasvu soodustav pH tase ja temperatuur liigi järgi

Hallituseene liik	pH	Kasvu soodustav temperatuur (°C)
<i>Aspergillus spp.</i>	4 - 7,5	30
<i>Alternaria spp.</i>	6 - 7	30 - 40
<i>Penicillium spp.</i>	3,9 - 9,1	25
<i>Cladosporium spp.</i>	3,5 - 6,7	15 - 35

Tabeli 3.4 järg

Hallitusseene liik	pH	Kasvu soodustav temperatuur (°C)
Fusarium spp.	6,7 – 7,2	24 - 26
Trichoderma spp.	4 – 6	25 - 30

Paberkrohvi segud, mis on valmistatud metüütselluloosi (pH 7,79) ja tapeediliimiga metylan universal premium (pH 9,80) tagavad aluselise keskkonna, mis enamuse hallitusseente liikide jaoks pole sobilik nende kasvuks. Ainukene erand antud juhul on *Penicillium spp.* mille kasvu soodustav maksimaalne pH on 9,1. Kuna kliimakambris oli tagatud temperatuur $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ning seene kasvu soodustab temperatuur 25°C , siis antud kolme kraadine temperatuuri vahe võis mõjutada hallitusseente kasvu katsekehadel. Katsekehad, mille segude valmistamisel kasutati liimina kartulitärklis, oli keskmine pH tase 6,7. Antud pH tase on peaaegu sobilik kõikidele eelnimetatud hallitusseente liikidele, välja arvatud *Trichoderma spp.* Samuti on saadud pH ka üsna ülemise piiri lähedal hallitusseene *Cladosporium spp* kasvu soodustavale pH tasemele. Kartulitärklisega valmistatud segude puhul võib peamiseks hallituse mitteilmnemise põhjuseks olla liimainena kasutatud kartulitärklis ise. Kliimakambris ei olnud küll kasvu soodustav temperatuur, kuid sellegipoolest kasvavad hallitusseened temperatuuril 22°C , kuid nad teevad seda aeglasemalt.

3.3.2 Orgaanilised ained

Paberkrohvi hallituskindlus võivad mõjutada ka orgaanilised ained, mida lisatakse paberkrohvi segule. Orgaanilisi aineid kasutatakse, et muuta keskkonnasõbralikumal teel paberkrohvi värvi või omadusi. Kuna paberkrohvi on võimalik valmistada igal huvilisel ise oma kodustes tingimustes, siis sinna lisatavate orgaaniliste ainete nimekiri võib olla üsna pikk. Seda asjaolul, et iga meister teab ja otsustab ise, mida ta sinna juurde lisab ning mis häid omadusi või puudujääke ta nendega lisada või parandada püüab. Paberkrohvide erinevate orgaaniliste ainete lisamise tulemusena võib segu muutuda happelisemaks, tagades suurema võimaluse hallituse tekkeks. Või toimub hoopiski vastupidine reaktsioon ning segu muutub aluseliseks, pärssides hallitusseente teket. Nende lisamisel segule on olemas ka oht, et lisandina kasutatud orgaanilisel ainel on hallitusseente eosed juba küljes. Seda kinnitab ka kirjanduse analüüs (Rebane jt., 2021) välja toodud aruanne, kus katsekehad mille segusse oli lisatud puulehti läksid hallitama.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös keskenduti paberkrohvi hallituskindluse hindamisele. Selleks kasutati lähtuvalt standardist kliimakambrit RUMED 4101, millega tagati vastavad keskkonnatingimused katse läbiviimiseks. Katsekehad olid suhtelise õhuniiskuse vahemikus 75% kuni 95%, temperatuuril $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Iga kahe päeva tagant viidi läbi visuaalne vaatlus katsekehadelt hallituse leidmiseks.

Töös kasutatavad katsekehad valmistati vastavalt praktikas levinud meetodile, kus kõigepealt leotati paber 24h vees ning segati seda kuniks tekkis ühtlane mass. Seejärel nõrutati välja üleliigne vesi ning lisati juurde vees lahustunud liimaine. Mõlema katse jaoks valmistati kokku 18 katsekeha ning pabermaterjalina kasutati ainult ajalehte. Liimainetena kasutati kartulitärklist, metüülselluloosi ning tapeediliimi Metylan Universal Premium ning kõikide liimide puhul oli kasutatud kolme erinevat vahekorda. Kartulitärklise puhul kasutati koguseid 100g, 50g ja 20g, metüülselluloosi puhul koguseid 30g, 20g ja 10g ning tapeediliimi puhul koguseid 20g, 10g ja 5g. Kogused on valitud vastavalt asjaolule, et liiga palju liimi ajab segu klippi ning liiga vähesel liimi korral ei jää paberkrohv hiljem seinale püsima. Kõik liimikogused lahustati 1000ml vees enne segule juurde lisamist. Katsekehad valmistati vormiga mille kõrgus oli 2,5 cm ja diameeter 9 cm.

Esimese katse läbiviimiseks kasutati 2019 a. valmistatud paberkrohvist katsekehi, et hinnata seinal kuivanud paberkrohvi hallituskindlust uputuse korral. Katse kestis kokku viis nädalat. Katset alustati suhtelise õhuniiskuse 75% juures ning tõsteti iga nädal 5% kuni saavutati RH 95%. Teise katse läbiviimiseks valmistati katsekehad vahetult enne katse algust, et jälgida paberkrohvi seinal kuivamise protsessi. Ka teine katse kestis kokku viis nädalat. Kuna jälgiti paberkrohvi kuivamise protsessi, siis alustati katset suhtelise õhuniiskusega 95% ning langetati iga nädal 5% võrra kuniks jõuti RH 75%. Mõlema katse vältel oli temperatuur $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ning seda ei muudetud. Mõlema katse läbiviimisel loodeti visuaalse vaatluse teel leida valimis olevaid hallitusseeni. Suureks üllatuseks olid mõlema katse tulemused samad, kus ükski katsekeha hallitama ei läinud. Sellega kinnitati, et paberkrohv pole kergesti hallitav materjal.

Sellest tulenevalt sooviti välja selgitada põhjus, miks antud katses kasutatud paberkrohvi katsekehad hallitama ei läinud. Esialgsete järelduste põhjal arvati, et rolli võib mängida segude pH tase, kuna hallitus soosib kasvuks happelist keskkonda, kus $\text{pH} < 7$. PH taseme hindamiseks valmistati katsetes kasutatud segud uuesti. Segud kus liimainena kasutati metüülselluloosi ja tapeediliimi olid keskkonnad liiga aluselised

hallitusseente kasvuks. Kartulitärklisega valmistatud segude pH oli küll happeline, kuid siin võis hallitusseente teket takistada liimaine ise, sest vajalikud tingimused kasvuks olid olemas kõikidel hallitusseentel peale *Trichoderma spp.*

Paberkrohvi hallituskindlust võivad mõjutada ka orgaanilised ained, mida võidakse lisada juurde segule, et muuta selle värvi või omadusi. Sõltuvalt kasutatavast orgaanilisest ainest, võib segu muutuda happelisemaks, soodustades hallitusseente kasvu või hoopiski aluselisemaks ning pärssida hallitusseente teket.

Töö alguses püstitatud hüpotees lükati ümber. Sõltumata liimist ja tema kogusest ei mõjutanud see katse lõpptulemust, kuna ühelgi katsekehal ei tuvastatud visuaalse vaatluse käigus hallitust.

Magistritööd on võimalik edasi arendada ning uurida paberkrohvi hallituskindlust erinevatel aluspindadel.

SUMMARY

The main purpose of this thesis was to assess mould resistance of paper plaster. For this purpose, a climate chamber RUMED 4101 was used in accordance with the standard, which ensured the appropriate environmental conditions for the test. The specimens ranged from 75% to 95% in relative humidity at $22\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$. Visual inspection of the specimens for mould was performed in every two days.

The test specimens used in the work were prepared according to a common method, in which the paper was first soaked in water for 24 hours and mixed until a homogeneous mass was obtained. Excess water was then drained off and adhesive dissolved in water was added. A total of 18 specimens were prepared for both experiments and only newspaper was used as the paper material. Potato starch, methylcellulose and Metylan Universal Premium wallpaper glue were used as adhesives and three different ratios were used for all glues. Quantities of 100g, 50g and 20g were used for potato starch, 30g, 20g and 10g for methylcellulose and 20g, 10g and 5g for wallpaper glue. The glue quantities have been chosen according to the fact that too much glue lumps the mixture and if too little glue is used, the paper plaster will not stick to the wall later. All glue amounts were dissolved in 1000 ml of water before being added to the mixture. The test pieces were made in a mold 2.5 cm high and 9 cm in diameter.

The first experiment was performed with specimens that were prepared in 2019 to assess the mould resistance of paper plaster that has been dried on the wall in the event of flooding. The experiment lasted a total of five weeks. The experiment was started at 75% relative humidity and increased weekly by 5% until an RH of 95% was reached. For the second experiment, test specimens were prepared just before the start of the experiment to monitor the drying process of the paper plaster on the wall. The second experiment also lasted a total of five weeks. As the drying process of the paper plaster was monitored, the experiment was started with a relative humidity of 95% and lowered by 5% every week until the RH reached 75%. The temperature was $22\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$ during both experiments and was unchanged. During both experiments, it was expected that mould would be found in the specimen during visual observation. Surprisingly, the results of both experiments were the same, with no specimens becoming mouldy. This confirmed that paper plaster is not an easily mouldable material.

Consequently, it was sought to find out why the paper plaster did not mold in this experiment. Preliminary findings suggested that the pH of the mixtures may play a role, as mold favors an acidic environment with a $\text{pH} < 7$. Mixtures of test pieces used in the

experiments were reconstituted to assess pH. Mixtures where methylcellulose and wallpaper glue were used as adhesives were too alkaline for mold growth. Although the pH of the mixtures prepared with potato starch was acidic, the formation of molds could be prevented by the adhesive itself, as the necessary conditions for growth existed for all the moulds except *Trichoderma spp.*

Paper plasters mould resistance may be also affected by organic substances that are used in the mixture to change its color or properties. Depending on the organic material, the mixture may become more acidic, promoting the growth of molds or more alkaline and inhibiting the formation of molds.

The hypothesis made at the beginning of the work was refuted. Regardless of the adhesive and its amount, it did not affect the final result of the test, as no specimen was found to be affected by mould on visual inspection.

It is possible to further develop this master's thesis and study mould resistance of paper plaster on different substrates.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Aciu, C., Ilutiu-Varvara, D. A., Cobirzan, N., Balog, A. (2014). Recycling of Paper Waste in the Composition of Plastering Mortars. *Procedia Technology*, 12, 295-300. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.489>

Agullo, L., Aguado, A., Garcia, T. (2006). Study of the use of paper manufacturing waste in plaster composite mixtures. *Building and Environment*. 41(6), 821-827. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.011>

Alternaria spp. (s.a). Belgian Aerobiological Surveillance Network. <https://airallergy.sciensano.be/content/alternaria-spp> [Külastatud 29.03.2022]

Arastehfar, A., Carvalho, A., Houbraken, J., Lombardi, L., Garcia-Rubio, R., Jenks, J.D., Rivero-Menendez, O., Aljohani, R., Jacobsen, I.D., Berman, J., Oshero, N., Hedayati, M.T., Ilkit, M., Armstrong-James, D., Gabaldon, T., Meletiadi, J., Kostrzewa, M., Pan, W., Hoenigl, M. (2021). *Aspergillus fumigatus* and aspergillosis: From basics to clinics. *Studies in Mycology*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100115>

ASTM International. (2016). Standard Test Method for Resistance of Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber. (ASTM D3273-16). ASTM. <https://standards.globalspec.com/std/3861927/astm-d3273-16>

Blaszczk, L., Siwulski, M., Sobieralski, K., Lisiecka, J. M., Jedryczka, M. (2014). *Trichoderma* spp. Application and prospects for use in organic farming and industry. *Journal of Plant Protection Research*, 54(4). https://www.researchgate.net/publication/273338662_Trichoderma_spp_-_Application_and_prospects_for_use_in_organic_farming_and_industry

Curtis, L., Lieberman, A., Stark, M., Rea, W., Vetter, M. (2004). Adverse Health Effects of Indoor Molds. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 14(3), 261-274. DOI: 10.1080/13590840400010318

Du, C., Li, B., Yu, W. (2021). Indoor mould exposure: Characteristics, influences and corresponding associations with built environment – A review. *Journal of Building Engineering*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101983>

Dylag, M. (2017). Fungi present in home and their impact on human health – A short review. *Insights in Biology and Medicine*, 16-25. <https://www.biologymedjournal.com/articles/ibm-aid1003.pdf>

Eesti standard. (2013). *Hoone elementide ja piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus. Kriitilise pinnaniiskuse ja elemendisese kondenseerumise vältimine. Arvutusmeetodid.* (EVS-EN ISO 13788:2012). EVS. <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-13788-2012>

Eesti standard. (2019). *Hoonete energiatõhusus. Hoonete Ventilatsioon. Osa 1: Sisekeskkonna lähteandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust keskkonnast, valgustusest ja akustikast. Moodul M1-6* (EVS-EN 16798-1:2019). EVS. <https://www.evs.ee/et/evs-en-16798-1-2019>

Eluruumile esitatavad nõuded. (2015). RT I, 03.07.2015, 34. <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034>

Erjavec, Z., Kluin-Nelemans, H., Verweij, P. E. (2009). Trends in invasive fungal infections, with emphasis on invasive aspergillosis. *Clinical Microbiology and Infection*, 15(7), 526-633. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02929.x>

Fletcher, J. (2017). What is Cladosporium and what are its health effects?. *Medical News Today*. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320331#symptoms>

Fungi. (s.a) *Encyclopædia Britannica, Inc.* <https://www.britannica.com/topic/food-preservation/Fungi> [Külastatud 21.04.2022]

Gawai, D. U., Mangalakar, S. S. (2018). Effect of Temperature and pH growth of *Alternaria alternata*, leaf sport pathogen of soyabean. *Bioscience Discovery*, 9(1), 162-165.

Gross, S., Robbins, E. (2000). Acidophilic and acid-tolerant fungi and yeasts. *Hydrobiologia* 443(1), 91-109. DOI: 10.1023/A:1004014603333

Harman, G. E. (2007). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190-194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>

Hennequin, C., Abachin, E., Symoens, F., Lavarde, V., Reboux, G., Nolard, N., Berche, P. (1999). Identification of Fusarium Species Involved in Human Infections by 28S rRNA Gene Sequencing. *Journal of Clinical Microbiology*, 37(11), 3586-3589. <https://doi.org/10.1128/JCM.37.11.3586-3589.1999>

Horr, Y. A., Arif, M., Katafygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5, 1-11. Doi: 10.1016/j.ijse.2016.03.006

Joshi, S. M. (2008). The sick building syndrome. *Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 12(2), 61-64. DOI: 10.4103/0019-5278.43262

Karik, H. (2003). Mida tähendab pH? *Horisont*, nr 6. http://vana.loodusajakiri.ee/horisont/artikkel168_155.html

Khan, A. A. H., Karuppayil, S. M. (2012). Fungal pollution of indoor environments and its management. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(4), 405-426. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.06.002>

Li, Z., Xu, K., Peng, J., Wang, J., Zhang, J., Li, Q. (2021). Study on mechanical strength and water resistance of organosilicon waterproofing agent blended recycled gypsum plaster. *Case Studies in Construction Materials*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00546>

Liiske, M. (2002). *Sisekliima*. Tartu: Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus. 188lk.

Lyratzopoulos, G., Ellis, M., Nerringer, R., Denning, D. (2002). Invasive Infection due to Penicillium Species other than *P. marneffei*. *The Journal of Infection*, 45(3), 184-195. <https://doi.org/10.1053/jinf.2002.1056>

Maxwell, S. (2021). What to Know About Penicillium Mold. Family Handyman. <https://www.familyhandyman.com/article/cladosporium-mold/> [Külastatud 29.03.2022]

Maxwell, S. (2022). What to Know About Penicillium Mold. Family Handyman. <https://www.familyhandyman.com/article/what-to-know-about-penicillium-mold/> [Külastatud 29.03.2022]

Metslang, J. (2012.) *Vana maamaja käsiraamat*. Tammeraamat. 296 lk.

Moon, H. J. (2005). Assessing Mold Risks in Buildings under Uncertainty. [Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology]. Georgia Tech Theses and Dissertations Repository. <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/7279>

Nucci, M., Anaissie, E. (2007) Fusarium Infections in Immunocompromised Patients. *Clinical Microbiology Reviews*, 20(4), 695-704. <https://doi.org/10.1128/CMR.00014-07>

Nutt, N. (2022). Paberikrohvisegude pH määramine. [Laborkatse aruanne, Tallinna Tehnikaülikool].

Ogorek, R., Lejman, A., Pusz, W., Miluch, A., Miodynska, P. (2012). Characteristics and taxonomy of Cladosporium fungi. https://www.researchgate.net/publication/233818972_Characteristics_and_taxonomy_of_Cladosporium_fungi

Paberikrohvi valmistamine (s.a). Coloratum. <https://www.coloratum.ee/paberikrohvi-valmistamine.html> [Külastatud 17.05.2022]

Pelagio-Flores, R. Esparza-Reynoso, S., Garnica-Vergara, A., Lopez-Bucio, J., Gerra-Estrella, A. (2017). Trichoderma-Induced Acidification Is an Early Trigger for Changes in Arabidopsis Root Growth and Determines Fungal Phytostimulation. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00822>

Penicillium Species. (s.a) Mycoses Study Group Education and Research Consortium. <https://drfungus.org/knowledge-base/penicillium-species/> [Külastatud 29.03.2022]

Rebane, L., Roose, K., Nõmmerga, M., Teetamm, N., Suik, K. (2021). Käepäraste orgaaniliste lisandainete kasutamine paberikrohvis võib viia hallituseni. [Kursusetöö, Tallinna Tehnikaülikool].

Refai, M., El-Yazid, H. A., Tawakkol, W. (2015). Monograph of the genus Penicillium. https://www.researchgate.net/publication/273695076_Monograph_on_the_genus_Penicillium

Reiljan, K. (2016). Lustlik Paberkrohvimine. Lääne Elu, 1. <https://dea.digar.ee/?a=is&oid=leehitusleht20160512&type=staticpdf&e=-----et-25-1--txt-txIN%7ctxTI%7ctxAU%7ctxTA----->)

Rubarth Apparate GmbH (2015). Operating and Maintenance Instructions for Climatic Test Cabinets Type 4001-4701. Version 3/40-47/01-97. http://rumed.de/wp-content/uploads/2015/10/Klima_Pruefschraenke_E_40_47_01_97.pdf

Ruumiõhu sündroom ehk haige maja sündroom (s.a) Soojusgrupp OÜ. <https://soojusgrupp.ee/kasulik/ruumiohu-sundroom-ehk-haige-hoone-sundroom/> [Külastatud 31.03.2022]

Pere, R. (2008). *Looduslikud ehitusmaterjalid*. Ajakirjade Kirjastus. 96 lk.

Ryna, K., J., Ray, C, G. (2004) Chapter 46: *Candida, Aspergillus, Pneumocystis*, and Other Opportunistic Fungi. Sherris Medical Microbiology, 6e. <https://accessmedicine.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1020#56968784>

Segal, B. H. (2009). Aspergillosis. *New England Journal of Medicine*, 360(18), 1870-1884. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra0808853>

Seppänen, O., Seppänen, M. (1998). Hoone sisekliima kujundamine. Tallinn: Koolibri. 272 lk

Sharpe, R. A., Bearman, N., Thornton, C. R., Husk, K., Osborne, N. J. (2015). Indoor fungal diversity and asthma: A meta-analysis and systematic review of risk factors. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(1), 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.07.002>

Shinohara, N., Tokumura, M., Yanagi, U. (2018). Indoor fungal levels in temporary houses occupied following the Great East Japan Earthquake of 2011. *Building and Environment*, 129, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.044>

Singh, A., Shahid, M., Srivastava, M., Pandey, S., Sharma, A., Kumar, V. (2014). Optimal Physical Parameters for Growth of *Trichoderma* Species at Varying pH, Temperature and Agitation.

Sukalich, K. (2016). Everything You Need to Know About Paper Recycling. *Earth Media Partners*. <https://earth911.com/business-policy/paper-recycling-details-basics/>

Zin, A. N., Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>

Terviseamet. (2018). Hallitus. <https://www.terviseamet.ee/et/keskkonnatervis/inimesele/siseohk>

The British Standards Institution. (2021). Code of practice for control of condensation in buildings. (BS 5250:2011+A1:2016). BSI. <https://www.en-standard.eu/bs-5250-2021-management-of-moisture-in-buildings-code-of-practice/>

Thomma, B. P. H. J. (2003). *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, 4(4), 225-236. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>

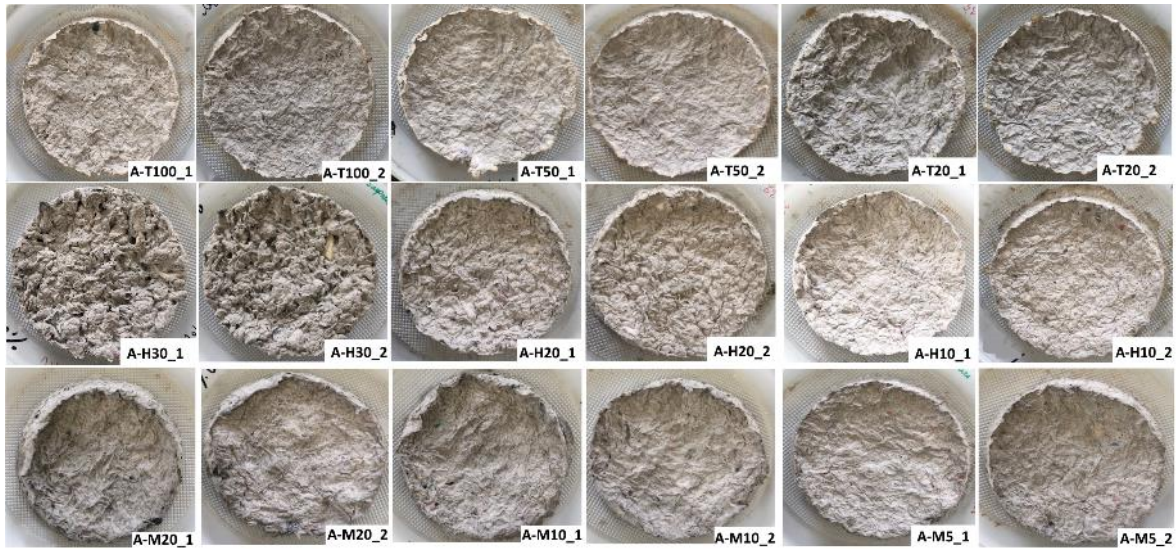
Vares, M., Ruus, A., Nutt, N., Kubjas, A., Raamets, J. (2021). Determination of paper plaster hygrothermal performance: Influence of different types of paper on sorption and moisture buffering. *Journal of Building Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101830>

Verweij, P. E., Sigler, L. (2007). *Aspergillus*, *Fusarium*, and other opportunistic moniliaeaceous fungi. *Manual of Clinical Microbiology*, 2, 1802-1838.

Wheeler, K. A., Hurdmann, B. F., Pitt, J. I. (1991). Influence of pH on the growth of some toxigenic species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. *International Journal of Food Microbiology*, 12(2-3), 141-149. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(91\)90063-U](https://doi.org/10.1016/0168-1605(91)90063-U)

LISAD

Lisa 1 Pilt teise katse katsekehadest viiendal katse toimumise nädalal



Joonis L.1 Teise katse katsekehad katse toimumise viiendal nädalal