



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Tartu kolledž

PABERKROHVI TOOTMISVIISIDE MÕJU PABERKROHVI NIISKUSTEHNILISTELE OMADUSTELE

THE EFFECTS OF DIFFERENT PRODUCTION METHODS TO HYGROTHERMAL
PROPERTIES OF PAPER PLASTER

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mihkel Soolepp

Üliõpilaskood: EAKI110649

Juhendaja: dotsent Aime Ruus, Nele Nutt

Tartu 2019

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.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Tartu kolledž
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Mihkel Soolepp, 110649EAKI
Õppekava, peeriala: EAKI02/10Tartu - Hoonete sisekliima ja veetehnika
Juhendaja(d): dotsent, Aime Ruus, 620 4805

Nele Nutt

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Paberkrohvi tootmisviiside mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele

(inglise keeles) The effects of different production methods to hygrothermal properties of paper plaster

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Konstrueerida paberipurusti
2. Määrata erinevate paberkrohvide sorptsiooni, veeauru läbilaskvus ja niiskuspuhverdusvõime
3. Selgitada välja parim toore ning viis paberkrohvi tootmiseks

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö kirjandusega. Nordtesti katse	28.02.19
2.	Sorptsiooni uuring. Difusioonikatse	26.04.19
3.	Töö lõplik vormistamine	27.05.19

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "27" mai 2019a

Üliõpilane: Mihkel Soolepp ".....".....201....a
/allkiri/

Juhendaja: Aime Ruus ".....".....201....a
/allkiri/

Konsultant:
".....".....201....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Paberi taaskasutus.....	7
1.2 Purustustehnoloogiad	11
1.3 Paberkrohv.....	13
1.4 Viimistlusmaterjalide niiskustehnilised omadused	15
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	17
3. MATERJAL JA METOODIKA.....	18
3.1 Paberipurusti.....	18
3.2 Katsekehade valmistamine	21
3.3 Katseteks kasutatud seadmed	24
Kuivatuskapp Memmert UFB-500	24
Kliimakamber Ruumed 4101	25
Digitaalne kaal KERN PFB 1200-2	26
Katsekehade mõõtmine.....	27
3.4 . Veeauru adsorptsiooni ja desorptsiooni katse	27
3.5 Veeauru puhverduisvõime määramine NORDTEST meetodikaga.....	28
3.6 Veeauru läbilaskvuse katse.....	29
Katse viidi läbi vastavalt EVS-EN ISO 12572:2016 katsemetoodikale.....	29
4. TULEMUSED	31
4.1 Veeauru adsorptsioon ja desorptsioon.....	31
4.2 Veeauru puhverduisvõime määramine NORDTEST meetodikaga.....	37
4.3 Krohvide veeauru läbilaskvus	40
5. ARUTELU	46
5.1 Paberipurusti.....	46
5.2 Krohvi valmistamine	46
5.3 Katsekehade käitumine ning toote niiskustehnilised omadused	48
KOKKUVÕTE	51
SUMMARY	53
KASUTATUD KIRJANDUS	55
LISAD	60

SISSEJUHATUS

Paberijäätmeid tekib maailmas suurel hulgal. Eestis tekib Statistikaameti andmetel 350 kilogrammi paberijäätmeid inimese kohta aastas (Statistika andmebaas). Paberi taaskasutamisel lühenevad tselluloosi kiud ning muutuvad materjali omadused (Wikipedia. „*Paper recycling*“). Samast toormest on võimalik paberit või pappi toota 6...7 korda. Paberkrohvi viimistlusmaterjalina kasutamine on levima hakanud viis tekkivate paberijäätmete taaskasutamiseks ning väärindamiseks. Pinnad, mis kaetakse paberkrohviga on kena välimusega ning reguleerivad eluruumide sisekliimat.

Käesoleva töö autor uurib erinevate tootmisviiside mõju erinevatest paberiliikidest toodetud paberkrohvide omadustele.

Töö teoreetilises osas antakse ülevaade erinevatest viisidest paberi taaskasutamiseks, paberipurustuse seadmetest ning taaskasutus tsüklite mõjust paberkrohvi omadustele. Lisaks antakse kirjandusele tuginedes ülevaade paberi taaskasutusega seonduvatest probleemidest. Praktilises osas on antud ülevaade paberipurusti konstrueerimisest ning uuritud eri liiki toormest ja eri viisidel töödeldud paberkrohvide hügrokoopseid omadusi.

2018. aastal on Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledžis kaitstud magistritööd, milles keskenduti paberkrohvi niiskustehniliste omaduste uurimisele (Teearu, 2018). Antud töös uuriti sarnasel moel, kuid erineva retsepti järgi toodetud paberkrohvide käitumist. Savikrohvide niiskustehnilisi omadusi on kolledži lõputöodes uurinud veel Olgerd Vares, Hannes Soosaar ja Erik Altmäe.

Vares ja Soosaar on uurinud pinnakatete mõju savikrohvi sorptsioonile ja veeauru juhtivusele. Altmäe uuris erinevatest allikatest pärit savide niiskustehnilisi omadusi (Altmäe, 2017; Soosaar, 2017; Vares, 2012).

Paberkrohviga viimistletud ruumide õhu keemiline kvaliteet vajab täpsemat uurimist. Kuigi paberit võib pidada looduslikuks ja keskkonnasõbralikuks, siis paberi tootmisel ja ka sellele trükkimiseks kasutatavad kemikaalid seda alati ei ole. 2019 aasta kevadel kaitseb oma bakalaaurusetööd Keith Allikvee, kes uuris paberkrohvi tootmisel tekkiva reovee keemilist koostist.

Töö autor tänab juhendajaid Aime Ruus'i ja Nele Nutt'i suunamise, kannatlikkuse ja nõuannete eest ning abi eest katsete teostamisel. Lisaks Jüri Resevit nõuannete eest jooniste koostamisel ja vormistamisel ning Kärt Kangerit ja Jane Raametsa abi eest katsekehade kaalumisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Paberi taaskasutus

Paberi ja papi tootmine taaskasutatud paberist on palju odavam kui esmasest toormest, mistõttu on see tänaseks laialt levinud. Paberi ja papi taaskasutamist tuleb vaadelda maailma mastaabis. Kogutud vanapaberit transporditakse üle maailma erinevatesse paberivabrikutesse, millega kaasnevad ka transpordikulud. Täna sel päeval taaskasutatakse Euroopas rohkem kui 40% vanapaberist, kuid see ei vasta nõudlusele vanapaberi järele. Kõige suurem nõudlus paberi järele on Aasias, mis mõjutab tugevalt ka Euroopa turgu. Vanapaberi ja papi turuhinda mõjutavad olulisel määral ka erinevad subsiidiumid (Papp ja paber).

Näiteks sai Eesti Keskkonnateenused AS 2015. aastal „Jäätmete kogumise, sorteerimise ja taaskasutusse suunamise arendamine“ meetmest toetust, mille abil viidi ellu projekt „Lõuna-Eesti paberi- ja pakendijäätmete sortimise ja taaskasutusse suunamise arendamine“, mille eesmärgiks on suurendada paberist ja kartongist pakendijäätmete käitlemist (Eesti Keskkonnateenused. Toetused).

15. märtsist 2018 kuni 31. maini 2018 oli ettevõtetal võimalik esitada taotlus Euroopa Regionaalarengu Fondi poolt finantseeritud meetme „Jäätmete ringlussevõtt ja korduskasutuseks ettevalmistamine“ eelarvest rahastuse saamiseks (Keskkonna Investeeringute Keskus).

Paberit ja pappi on Eestis taaskasutuseks kogutud pikka aega. Paberi ja papi kogumist on teatud majanduslike stiimulite olemasolul lihtne korraldada (Papp ja paber). Eestis tegutsev Eesti Vanapaber OÜ ostab vanapaberit kokku hinnaga 32 eurot tonn (Eesti Vanapaber OÜ koduleht).

Samas on paberijäätmete taaskasutamise võimalused Eestis piiratud. Vähesel määral kasutatakse kogutud vanapaberit kahes paberivabrikus ning soojusisolatsioonimaterjali valmistamiseks. Tselluvilla tootmise mahud sõltuvad suurel määral nõudlusest. Kuna isolatsioonimaterjalide turul on konkurents tihe, on tootmisele kuluva vanapaberi hulk marginaalne. Eestis on praegu põhiliseks paberi- ja papijäätmete taaskasutamise viisiks põletamine katlamajades soojusenergia saamiseks. Põletamise laiem kasutamine sõltub jäätmepõletusjaamade olemasolust. Kui Eestisse ehitatakse tulevikus tselluloositehas, muutub kogu Eesti paberiga seonduv majandus kardinaalselt (Papp ja paber).

Räpinas tegutsev paberivabrik kasutab vanapaberit kartongi tootmiseks. Vanapaber purustatakse, segatakse veega (3...4% paberikiu sisaldus), eemaldatakse võõrised, vajadusel lisatakse pigmente või liimaineid, eraldatakse vesi ja rullitakse paber kanga vahel kuivaks. Saadud paberit on võimalik lamineerida ja vormi pressida. Nende poolt toodetud toodetest on enim müüdavaks pakkenurgad, mida kasutatakse erinevate kaupade kaitsmiseks transpordi ajal (Räpina paberivabriku koduleht).

Paberit taaskasutades lisatakse selle kvaliteeditaseme tõstmiseks sellele ka esmast kiudu. Kuna paberi taaskasutamisel tselluloosikiud lühenevad, on paberi taaskasutamise tsüklite arv limiteeritud. Maksimaalselt on võimalik samast toormest toota paberiks peetavat toodet seitsmel korral. Kõige suurema esmase toorme sisaldusega on printeripaber (Wikipedia. „*Paper recycling*“).

Üheks viisiks paberit taaskasutada on sellest soojusenergia tootmine. Iruis tegutsev jäätmepõletusjaam kasutas 2016. aastal energia ja soojuse tootmiseks 248 000 tonni sega-olmejäätmeid, millest toodeti 129 gigavatt-tundi elektrienergiat ning 292 gigavatt-tundi soojust (Kuusk, 2016).

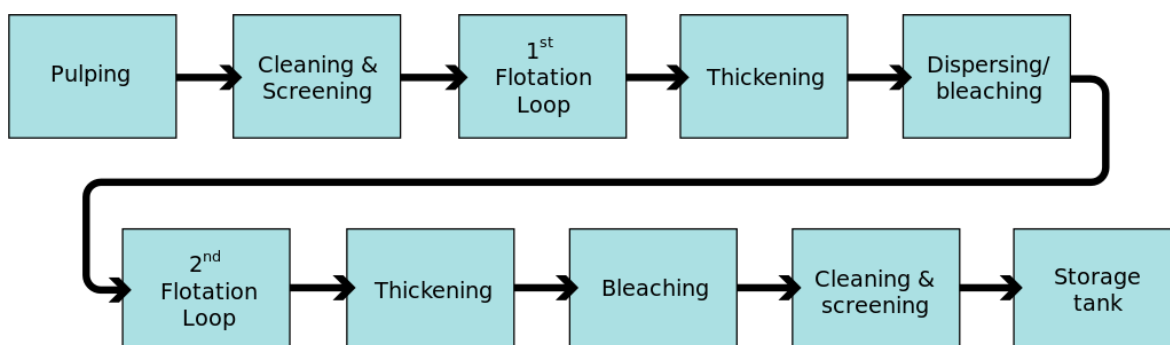
SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskuse Säätva Eesti Instituudi teostatud uuringus on leitud, et sega-olmejäätmete koosseisust 13,5 massiprotsenti moodustavad paberijäätmed (Eestis tekkinud segaolmejäätmete....).

Statistikaameti andmetel tekkis Eesti riigis 2006. aastal 439 317 tonni paberi- ja kartongijäätmeid. Sama allika andmetel oli 2004. aastal tekkinud paberi- ja kartongijäätmete mass 350 641 tonni. Kuigi tekkivate paberijäätmete hulk liikus neil aastail kasvutrendis, vähenes olulisel määral tekkivate sega-olmejäätmete mass – 2004. aastal 111 135 tonni ja 2006. aastal 32 844 tonni (Statistika andmebaas).

Ligikaudu 70 aastat on vanapaberist toodetud tselluvilla. Tselluvilla toodeti algselt Ameerikas, peatselt hakati sellega tegelema ka Euroopas. Tselluvilla peetakse keskkonnasõbralikuks soojusmaterjaliks, mille soojusjuhtivustegur (λ) on 0,0409 W/mK. Tselluvillale lisatakse tootmise käigus soolasid, mis tõstavad selle tulekindlust. Werro Wool tselluvilla tulepüsivus on TÜV Eesti OÜ katsete põhjal D-s2, d0. Lisaks lisatakse tselluvillale soolasid näriliste ja teiste kahjurite ja seente tõrjumiseks (Villavennad OÜ koduleht).

Paberi taaskasutamisel peetakse suureks probleemiks selle koostist. Oluliseks sammuks paberi taaskasutuse protsessid on ehk trükitindi eemaldamine (*de-inking*). Loomulikult tuleb tegeleda ka muude võõraste eemaldamisega. Trükivärvide valmistamisel kasutatakse valdavalt pigmente, mis on toodetud erinevatest metallidest nagu kaadium, kroom, plii ja elavhõbe. Paberi põletamisel või bioloogilisel lagunemisel need ühendid vabanevad. Tegemist on ainetega, mis on kahjulikud inimeste ja loomade tervisele (Pulp and Paper Technology. 2017).

Trükitindi eemaldamine on tööstuslik protsess, mille käigus eemaldatakse trükitint paberikiududelt. Selles protsessis kasutatakse nii mehaanilisi kui ka keemilisi meetodeid paberi trükitindist puhastamiseks. Euroopas on levinuimaks viis, kus mehaaniliselt purustatud paber segatakse suures mahutis veega. Segule lisatakse valgendajat ja seepi ning seejärel toimub massi aeglane segamine ja aereerimine. Põhimõtteline skeem paberi trükitindist puhastamise kohta on kujutatud joonisel 1.1. (Wikipedia. „De-inking“).



Joonis 1.1. Paberi trükitindist puhastamise põhimõtteskeem (Wikipedia).

Tulevastes uurimistöodes tasuks trükitindi eemaldamist täpsemalt uurida.

Printeritintides kasutatakse lisaks naftasaadusi (kuni 30%) ning alkoholil baseeruvaid lahusteid. Nende ainete reageerimisel vabanevad lenduvad orgaanilised ühendid (inglisekeelne lühend VOC). Lenduvad orgaanilised ühendid reageerivad õhus leiduva lämmastikdioksiidiga ning tekivad kasvuhoonegaasid (Pulp and Paper Technology. 2017). Lenduvad orgaanilised ühendid on teatud tahketest ja vedelatest ainetest eralduvad gaasilised ühendid. Sellesse gruppi kuulub hulgaliselt erinevaid keemilisi ühendeid, millest mõnedel võivad olla lühiajalised ja mõnedel pikaajalised elusolendite tervist mõjutavad omadused. Lenduvate orgaaniliste ühendite kontsentratsioon on ruumiõhus reeglina kuni 10 korda suurem kui õues (United States Environmental Protection Agency).

Suurimateks lenduvate orgaaniliste ühendite tekke allikateks kodudes võib pidada järgmisi vahendeid:

- Värvid, värvi eemaldid ja teised lahustid
- Puidukaitsevahendid
- Aerosoolvärvid
- Puhastus- ja desinfitseerimisvahendid
- Koitõrje- ja õhuvärskendusvahendid
- Kütused ja autokeemia
- Hobitarbed
- Keemiliselt puhastatud rõivad
- Pestitsiidid

Lisaks leidub lenduvaid orgaanilisi ühendeid:

- Ehitusmaterjalides
- Kontoritehnikas ja kontoritarvetes

Lenduvate orgaaniliste ühenditega küllastunud keskkonnas viibimisel võivad kaasned järgmised terviseprobleemid:

- Silmade, nina ja kurgu ärritus
- Peavalud ja -ringlus ja koordinatsioonihäired
- Maksa, neerude ning kesknärvisüsteemi kahjustused
- Mõnede lenduvate orgaaniliste ühendite puhul on teada, et need võivad soodustada vähkkasvajate teket

(United States Environmental Protection Agency)

Meetodiks printeritintide kasutamisest tuleneva keskkonnasaaste vähendamiseks peetakse ökoloogiliste tintide kasutamist, mille valmistamisel kasutatakse taimseid õlisisid (Pulp and Paper Technology. 2017).

2018. aastal valminud teadustöös uuriti raamatukogude õhukvaliteeti. Suurim hulk formaldehüüde ning lenduvaid orgaanilisi ühendeid tuvastati ruumidest, mida kasutati ainult raamatute hoidmiseks – hoidlates ja lugemissaalides oli nende ühendite kontsentratsioon väiksem. Samas tõdeti, et uuringus kasutatud ruume ventileeriti erinevalt ning see mõjutas ka saadud tulemusi (Wu, Y., Lu, Y., Chou, D. C. 2018).

Inimeste teadlikkuse kasv ning meetmed jäätmete liigiti kogumise suurendamiseks on vanapaberi ja papi kui tootmisressursi atraktiivsust tõstnud. Samas on antud valdkonnas erinevaid aspekte, mis vajavad põhjalikku uurimist.

1.2 Purustustehnoloogiad

Suuremahulises tootmises on eelistatuimaks meetodiks paberi purustamine märgpurustusseadme abil. Selles tootmisprotsessis eelnevalt paber purustatakse mehaaniliselt. Mehaaniliseks purustamiseks kasutatakse haamerveskit (Joonis 1.2). Paberimass segatakse veega ning massi segatakse aeglaselt suures mahutis. Ligunedes eralduvad tselluloosikiud üksteise küljest. Lisaks eraldatakse massist vees mittelahustuv materjal nagu kile ja plastik. Tihti kasutatakse ka kemikaale massi puhastamiseks ja valgendamiseks. Kartongi tootmisel rullitakse nõrgunud paberimass kanga vahel (Räpina paberivabriku koduleht).



Joonis 1.2. Haamerveski (Hammer Mill Designed for High Throughput in Small Footprint)

Sellist meetodit kasutab tootmiseks Räpina paberivabrik. Antud ettevõtte näol on tegu vanima järjest tegutsenud ettevõttega Eestis (Räpina paberivabriku koduleht).

Paberi purustamisel tuleb silmas pidada asjaolu, et parimate omadustega on pikema tselluloosikiuga toormaterjal. Ühe paberikiu kasulikuks elueaks peetakse kuni 7 tsüklit (Asaff, B. 2017).

Praktikas segatakse värsket tselluloosikiudu korduvalt kasutatule sõltuvalt kavandatava valmistoote omadustest. Paberi ja papi tootmiseks kasutu paberikiud kompostitakse või põletatakse. Paberit peetakse maailmas neljandaks kasvuhoonegaaside tekke allikaks (Pratt Center for Sustainable Design Strategies). 80% paberist, mis ei jõua ümbertöötlusesse, satub prügilatesse. Prügilates algab paberi lagundamine, mille käigus vabaneb metaan. Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitseagentuuri hinnangul on prügilad suurimaks metaani tekke allikaks ning prügilates vabaneb suurim hulk metaani just paberi lagunemisel (Paper Recycling Coalition, Inc).

Autori hinnangul on igati põhjendatud paberi maksimaalne kasutamine ringluses enne kui põletamisel või ajapikku prügilas paberis peituvad gaasid vabastatakse.



Joonis 1.3. Paber 100x suurendatult (Paper through time)

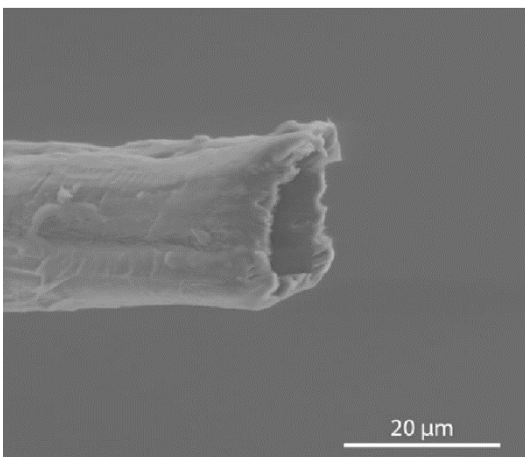
Joonisel 1.3 on näha paberikiud 100 korda suurendatult. Pikad nõrja kujuga, seest õõnsad tselluloosikiud moodustavad omavahel põimununa tugeva terviku. Kiudude lühenemisel väheneb paberi tugevus ning muutub struktuur. Seetõttu tuleb paberi purustamisel eelistada rebimist lõikamisele. Joonisel 1.5 on näha üksik tselluloosikiud.

Kontorites kasutatavad paberihundid lõikavad paberilehed peenikesteks ribadeks (Joonis 1.4). Seda tehakse eeskätt infoturvalisuse tagamiseks. Samas paberi kui ressursi väärtust silmas pidades ei mõju selline töötlusviis paberi omadustele hästi (inConfidence, 2016).



Joonis 1.4. Paberihundiga purustatud paber (Skyline Book Binding Machines & GBC Supplies)

Kuivpurustuseks kasutatakse trummelpurusteid, mille korpuse sees kiirelt pöörlev teradega võll rebib paberi väikesteks tükkideks (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L.).



Joonis 1.5. (Jansson, A., Nafari, A., Olsson, E. 2013)

1.3 Paberkrohv

Paberkrohvi puhul on tegu võrdlemisi uue viimistlusmaterjaliga. Paberkrohvi hakati kasutama viimistlusmaterjalina eeskätt selle heade isolatsiooniomaduste tõttu ning kuna tegu on nn. „hingava“ viimistlusmaterjaliga. Suurepärastele ehitusfüüsikalistele omadustele lisaks on tegu lihtsasti valmistatava ning põnevaid disainilahendusi pakkuva materjaliga (Pere, 2008; Priilinn, 2007). Paberkrohvi soovitatakse kasutada vaid kuivades ja köetavates ruumides. Paberkrohv on niiskustundlik materjal ning niisketesse ja külmadesse ruumidesse see kasutamiseks ei sobi (Metslang, 2012).

Kindlat retsepti paberkrohvi valmistamiseks kirjandus ei paku. Kasutada võib nii vanu raamatuid, ajalehti, reklaamtrükiseid, munareste, kontoripaberit jms. Struktuursema pinna loomiseks soovitatakse kasutada paksemat paberit. Paksem paber vajab pikemat leotamist – soovitav on jätta paberimass ööpäevaks likku (Metslang, 2012). Segule võib tooni andmiseks lisada pigmente, liivaineid, kriiti (Priilinn, 2007). Paberi asemel või lisandina võib krohvisegu valmistamiseks kasutada ka tselluvilla. Tselluvilla tootmisel lisatakse sellele booraksit ja boorhapet, mis muudavad selle tulekindlamaks ning biokahjustuste suhtes vähem tundlikumaks. Paberkrohv ei ole sobilik materjal viimistlustööde teostamiseks küttekehade läheduses. Kollete juures tuleb kasutada tulekindlamat lahendust, näiteks tsement- või savikrohvi (Pere, 2008).

Suuremahuliste tööde kavandamisel tasub eelnevalt retsept läbi proovida ning teostada proovitöö. Ööpäeva ligunenud paberimassi töödeldakse käsitsi seni, kuni see on ühtlase, umbes 10mm x 10mm osakese suurusega. Seejärel segu kurnatakse ning lisatakse liimaine. Käesolevas töös kasutati liimainena kliistrit. aga võib kasutada ka metüültselluloosi. Enne massi läbi segamist võib kaaluda kriidi või pigmendi lisamist (Metslang, 2012). Juhul, kui saadud tulemus ei vasta eeldustele. on võimalik kuivanud pinda niisutada ning siluda või see värvida. Paberkrohvi heade ehitusfüüsikaliste omaduste hoidmiseks tuleb pinnakattena kasutada looduslikke meetodeid (sh tempera, õllelasuur, linaõlivärv, kohupiimavärv, vaha või õli) (Metslang, 2012). Orienteeruvalt kulub ruutmeetri katmiseks 1cm paksuse kihina 1,5...2,0kg paberimassi, 200g kliistrit ning 10l vett (Reiljan, 2016).

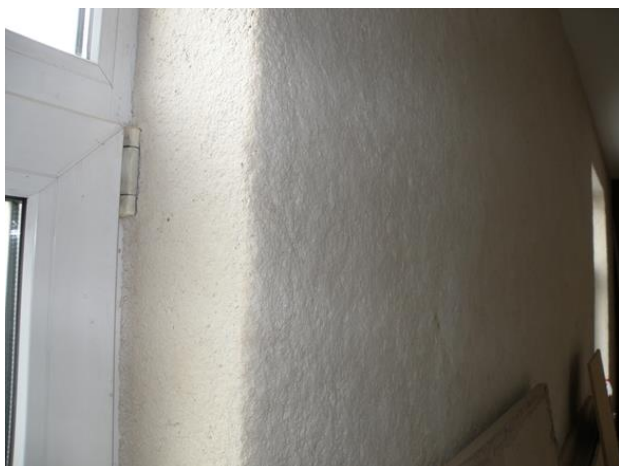
Pigmendiga toonimisel peab pigmendi maht jääma alla 10% mahust (Metslang, 2012). Pigmenti kasutamise vajadus tuleb eelnevalt läbi mõelda ning lisada see enne paberimassi ööpäevaks likku jätmist. Sellisel moel toimides jõuab pigment paberikiududesse imenduda ning segu omandab ühtlase tooni. Tuleb arvestada, et kuivades muutub krohv heledamaks. Väiksemat kogust on võimalik valmistada käsitsi, kuid kui kogused on suuremad, on mõistlik kasutada elektritööriistu nagu näiteks segumasin (Pere, 2008).

Sõltuvalt kaetava pinna eripäradest on võimalik muuta krohvisegu komponentide osakaalu. Näiteks pisemate pragude täitmiseks võib olla vajalik vedelama segu kasutamine (Tearu, 2018). Mõrt sobib ka dekoratiivelementide valmistamiseks. Niiskele pinnale on võimalik sisse pressida mustreid, kivikesi, teokarpe või voolida sellele erinevaid detaile (Metslang, 2012). Pinna hilisema puhastamise lihtsustamiseks on soovitatav see kergelt õlitada (Pere, 2008).

Paberkrohvi on lihtne paigaldada ning see ei nõua aluspinna eeltöötlust (Metslang, 2012). Puitseinte krohvimisel on, nagu ka teiste krohvituüpide puhul, pragude tekke vältimiseks mõistlik

kasutada hõredat roomatti või armatuuri (Reiljan, 2016). Kui siiski peaks hilisemalt pinnale tekkima mahukahanemise tulemusel praod, saab need lihtsa vaevaga täita või välja siluda (Metslang, 2012).

Peale kirjanduse läbitöötamist on töö autoril tekkinud arvamus, et paberkrohvi populariseerimine ning selle tootmise lihtsustamise näol tegu hea võimalusega, kuidas paberi elutsükli pikendada. Lisaks on paberkrohviga kaetud pinnad esteetiliselt ilusad. On arusaadav, et hubane tulemus ja odav ning ökoloogiline tootmine muudavad antud viimistlusmaterjali paljudele atraktiivseks. Samas on oluline uurida paberkrohviga viimistletud ruumide õhu keemilist kvaliteeti.



Joonis 1.6. Paberkrohviga viimistletud sein (Kuresoo, L. Greenline print koduleht)

Joonisel 1.5 on kujutatud paberkrohviga viimistletud sein ja aknapale. Tegu on struktuurse ja kena välimusega viimistlusmaterjaliga.

Printeri trükitintide valmistamiseks kasutatakse naftasaadusi ning toksilisi metalle. Toksiliste metallide ning vabanevate lenduvate orgaaniliste ühendite ja formaldehüüdide suur kontsentratsioon ruumiõhus on terviserisk (Pulp and Paper Technology. 2017)

Käesolevas töös uuritakse krohvide niiskustehnilisi omadusi.

1.4 Viimistlusmaterjalide niiskustehnilised omadused

Sorptsioon ja materjalide tasakaaluniiskus kirjeldavad materjalide võimet ümbritsevast keskkonnast (õhust) veeauru siduda vastavalt keskkonna suhtelisele õhuniiskusele. Näidatakse vee sisaldust kuiva materjali kohta ning tulemused on esitatavad erinevatel viisidel, kas kg/m^3 , kg/kg (kasutatakse tavaliselt %) või m^3/m^3 . Erinevate tasakaalustunud materjalide niiskuste punktide abil (vahemikus $\text{RH}=0\text{...}95\%$) on võimalik välja joonistada sorptsioonikõverad. (CIB W040, 2012).

Veeauru puhverdusvõime näitab materjalide, näiteks siseviimsitluskihi, veeauru puhverdusvõimet ööpäevase tsüklilise kõikumise puhul. Metoodikat on välja töötatud Nordtest projekti raames (Rode, 2005)

Niiskuspuhverdusvõime arvutamisel kasutatakse minimaalselt viimase kolme katsetsükli tulemusi ning valemit (1) (Janssen, 2009):

$$MBV_{gh} = \frac{m_{max} - m_{min}}{A \cdot (\varphi_{high} - \varphi_{low})} \quad (1)$$

kus $m_{min/max}$ on minimaalne ja maksimaalne niiskus katsekehas, g või kg;

A on keskkonnale avatud pindala, m²;

$\varphi_{high/low}$ on kõrge ja madala suhtelise õhuniiskusega keskkonna RH väärtus.

Lisaks võimalik leida ruumi päevane hügrokoopse inertsuse indeks $I_{h,d}$ (g/m³%RH), valemiga (2), mis arvestab ka ventilatsiooni ning aega (Ramos ja Freitas, 2009; Ramos et al., 2010):

$$I_{h,d} = \frac{\sum_i^n MBV_i \cdot s_i + \sum_j^m MBV_{obj}}{ach \cdot V \cdot t_g} \quad (2)$$

kus MBV_i ja MBV_{obj} on ruumi objektide ja elementide niiskuspuhverdusvõime

s_i on i elemendi pindala, m²;

ach on õhuvahetusarv, h⁻¹;

V on ruumi ruumala, m³;

t_g on niiskuse tekkimise aeg, h.

Veeauru läbilaskvus. Difusioon kirjeldab materjalide võimet veeauru läbi lasta ning väljendatakse veeauru voo kiirusena läbi ühe meetri paksuse materjali kihi kg/(ms), kui veeauru osarõhkude erinevus on 1 Pa ning mõõtühikuna kasutatakse kg/(msPa) (CIB W040, 2012).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Antud töö raames uuriti erinevatel viisidel ning erinevatest paberijääkidest valmistatud katsekehade niiskustehnilisi omadusi. Katsekehade valmistamisel kasutati konstantset kogust kliistrit ning ühegi katsekeha pinda ei töödeldud. Tööks kasutatud krohvide valmistamiseks konstrueeriti paberipurusti. Autori valmistatud purustiga töödeldud ning käsitsi valmistatud krohvist katsekehadega viidi läbi katsed uurimaks nende sorptsiooni omadusi, niiskuspuhverdusvõimet ning veeauru läbilaskvust.

Töö jaguneb teoreetiliseks ja praktiliseks osaks. Teoreetilises osas uuritakse paberi taaskasutust, erinevaid purustustehnoloogiaid ning paberkrohvi kui viimistlusmaterjali. Praktilises osas kirjeldatakse autori poolt valmistatud paberipurustit ning katsekehade käitumist adsorptsiooni ja desorptsiooni, niiskuspuhverdus ja veeauru läbilaskvuse katse vältel. Töös kirjeldatud katsed on läbi viidud Tallinna Tehnikaülikooli Inseneriteaduskonna Tartu kolledži keskkonnatehnoloogia laboris. Katsete läbiviimisel lähtuti Eesti Vabariigis kehtivates standardites toodud nõuetest ning niiskuspuhverdusvõime määramisel NORDTEST metoodikast.

Katsete läbiviimisel teostati kaalumised kindla intervalliga ning määratud suhtelise õhuniiskuse tasemete juures. Saadud tulemuste põhjal analüüsitakse erinevatest paberitüüpidest ning erinevatel viisidel töödeldud paberkrohvide niiskustehnilisi omadusi.

Uuringu etapid:

1. Erialase kirjandusega tutvumine
2. Uuringu planeerimine
3. Paberipurusti konstrueerimine
4. Proovikehade valmistamine
5. Adsorptsiooni ja desorptsiooni katse:
 - a. Katsekehade eelkuivatamine
 - b. Adsorptsiooni ja desorptsiooni määramine kaalumise teel
6. Veeauru niiskuspuhverdusvõime määramine NORDTEST metoodikaga:
 - a. katsekehade konditsioneerimine kliimakambris (RH = 33% ja RH=50%),
 - b. kaalumise seni kuni masside erinevus ei ületa standardis toodud väärtust
7. Veeauru läbivuse mõõtmine proovikehade kaalumise teel
8. Andmete töötlemine
9. Tulemuste analüüs ning kokkuvõte

3. MATERJAL JA METOODIKA

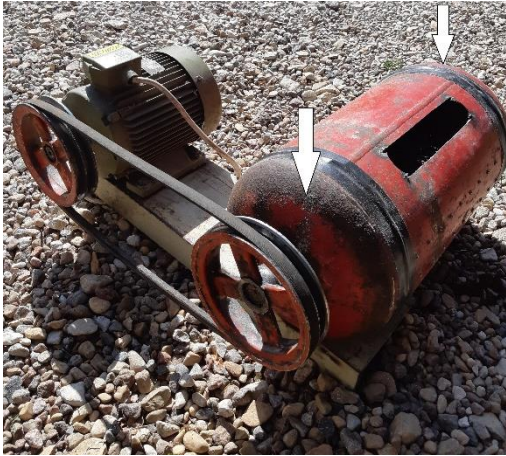
Katsete läbiviimisel lähtuti standardites EVS-EN ISO 12571:2013 ja EVS-EN ISO 12572:2016 toodud nõuetest. Nimetatutest esimene käsitleb ehitusmaterjalide ja –toodete sorptsiooni määramist ja teine veeauru läbilaskvuse määramist. Niiskuspuhverdusvõime määramisel lähtuti NORDTEST metoodikast, mis on mõeldud sisekeskkonnale avatud homogeensete materjalide või komposiitsüsteemide niiskuspuhverdusvõime määramiseks (EVS).

3.1 Paberipurusti

Käesoleva töö raames konstrueeris autor purustusseadme, mille disainimisel eelpooltoodud arvestati. Lisaks kasutati masina elementidena valdavalt taaskasutatud materjale ja seadmeid. Autor konstrueeris trummelpurusti (joonis 3.1), mille tööorganiks kasutati 32mm teraslatti, millest puuriti läbi 10mm augud 30mm sammu ja 90° nurga erinevusega. Seejärel tõmmati avadest läbi 300mm pikkused terastrossi lõigud. Tühi gaasiballoon ventileeriti, ballooni ülaossa puuriti ettevaatlikult auk ning eemaldati ventiil. Balloonist eemaldati umbes 1l vedelikku, mis kallati anumasse ning viidi ohtlike jäätmete kogumispunkti.

Seejärel täideti balloon veega ning lõigati ballooni stantsitud otsad maha. Lõigatud otstega silindrile keevitati uus tasapinnalisest lehtmestallist põhi, mille külge oli eelnevalt kinnitatud laagripukk. Võlli tsentreeritud trossijuppidega suruti silindrisse ning kinnitati alumise laagripuki külge. Seejärel fikseeriti teise silindri otsa külge eelnevalt kirjeldatule sarnane otsasein nii, et võlli ots jääks 100mm laagripukist välja. Silindri külge lõigati ava, mille kaudu paberit sisestada ning ava alla puuriti 25mm sammuga 4mm augud, mis keermestati. Aukudesse keerati M4 poldid.

Esteetiliselt parema välimuse saavutamiseks keevitati varasemalt eemaldatud stantsitud otsatükid, millesse tehti võlli läbiviik, ballooni tagasi külge (Joonis 3.1). Rootori käitamiseks valiti 1,5KW nimivõimsusega elektrimootor, mille autor sai vanast ventilatsiooniseadmest. Mootor ja purusti fikseeriti meetrise karptala lõigu külge, võllide otsa paigaldati rihmarattad ning rihm. Seadme testimise käigus selgus, et paberimassi seadmest kättesaamiseks on sobiv vee- ja tolmuimeja. Selle võimaldamiseks puuris autor seadme otsaseina 40mm augu, millesse keevitas 100mm pikkuse 40mm diameetriga torujupi. Seejärel oli võimalik lihtsa vaevaga tolmuimeja imitoru purusti külge ühendada.

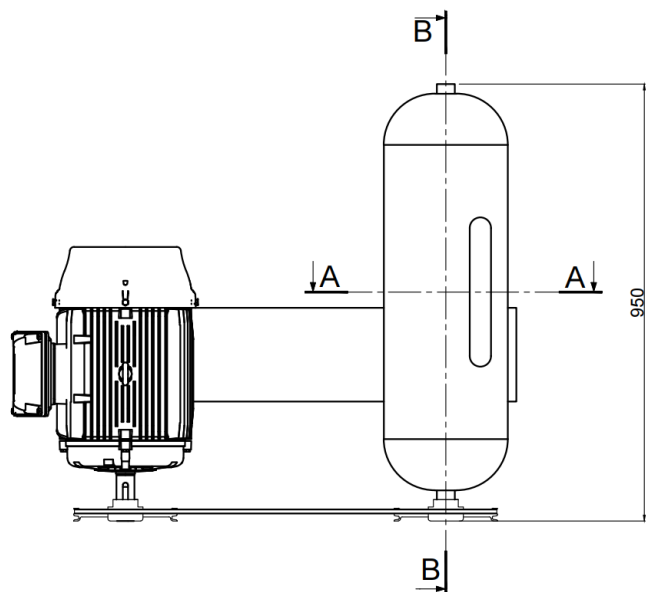


Joonis 3.1. Paberipurusti

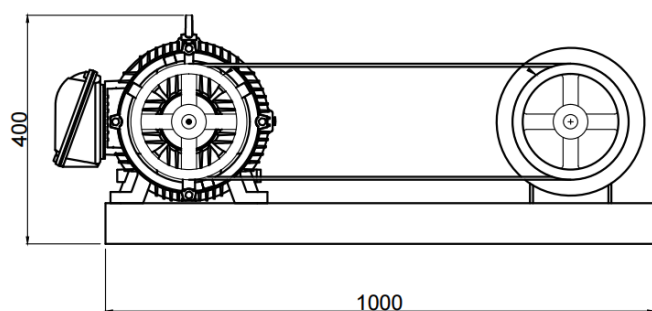
Kirjeldata paremaks mõistmiseks lisas autor töösse paberipurusti põhimõtteskeemid (Joonis 3.2... Joonis 3.5). Töö lisades on toodud seadme koostejoonised ning tükitabelid ja ka pildid valmis seadmest.

Masina käitamisel tegi autor mitu olulist tähelepanekut. Tööorganis kasutatavad terastrosside lõigud hargnevad seadme töö käigus. Antud asjaolu mõjus seadme efektiivsusele positiivselt. Samas täheldati ka üksikute kiudude eraldumist seadme tööprotsessi käigus, millest tulenevalt oli tarvis seadme väljatõmbeava regulaarne puhastamine.

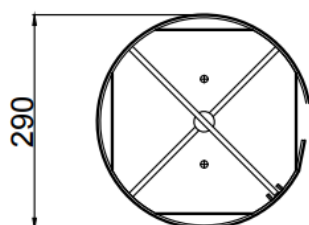
Lisaks kandsid tööorgani terastrossid suurel hulgal materjali sisestusava kaudu purustist välja. Seetõttu otsustas autor korpusesse lõigatud sisestusava alumise serva umbes 20° jagu sissepoole painutada. Nii oli võimalik trosside trajektoori sisendava ületamisel suunata ning materjali väljumine purusti korpusest vähenes olulisel määral.



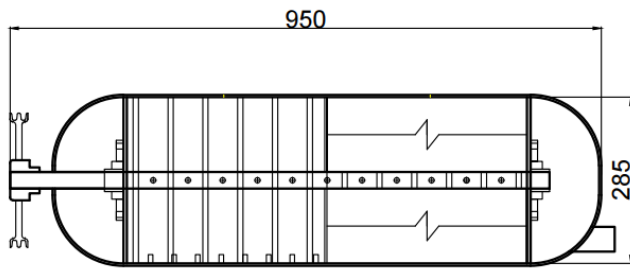
Joonis 3.2. Autori valmistatud paberipurusti pealtvaade



Joonis 3.3. Autori valmistatud paberipurusti eestvaade



Joonis 3.4. Autori valmistatud paberipurusti tööorgani lõige A-A



Joonis 3.5. Autori valmistatud paberipurusti tööorgani lõige B-B

3.2 Katsekehade valmistamine

Katsete läbiviimiseks valmistati 50 katsekeha. Katsekehasid valmistati kolme eri liiki ning kolmel erineval viisil töödeldud paberist. Kasutati kontoripaberit, raamatupaberit ja reklaamtrükiseid. Lisaks otsustas töö autor toormaterjalina kasutada ka ajalehepaberit, mida töödeldi antud magistr töö raames valmistatud paberipurustiga. Ajalehepaberist valmistatud katsekeha käitumist võrreldi Maia-Liisa Teearu poolt 2018. aastal kaitsitud magistr töös toodud tulemustega.

Paberi töötlemiseks kasutati paberihunti, kortsutamist ja paberipurustit. Kõigil viiisidel töödeldud paber kaaluti ja jäeti ööpäevaks vette likku. Paberimass segati ja peenestati käsitsi. Nii kortsutatud kui ka paberihundiga purustatud paberid olid katsekehade valmistamiseks sobimatu faktuuriga, mistõttu tuli materjali käsitsi peenestada (Joonis 3.7). Paberipurustiga töödeldud paberimass käsitsi purustamist ei vajanud (Joonis 3.6) Seejärel paberimass kurnati. Kuna kasutatud paberi mass oli eelnevalt kaalutud, siis oli võimalik saavutada konstantne vee hulk paberis. Järgnevalt lisati klistri, mis oli eelnevalt valmis keedetud. Klistri keetmiseks kasutati 1l vee kohta 50g tärklist. Paberimass ja klistri segati korralikult läbi. Saadud segu suruti $\varnothing 110\text{mm}$ kanalisatsioonitorust lõigatud vormirõngastesse ning jäeti kuivama. Töö käigus ei tegeletud eraldi trükitindi eemaldamisega, mida tehakse paberit tööstuses taaskasutades. Töö tarvis uuritud paberikrohvi valmistamise juhendites ei nähta ette paberi trükitindi keemilist eemaldamist.



Joonis 3.6 Oma purustiga purustatud milline paber



Joonis 3.7. Paberihundiga purustatud raamatupaber (kurnatud)



Joonis 3.8. Kuivama jäetud katsekehad

Katsekehadel lasti nädal aega kuivada tubastes tingimustes ning seejärel teostati täiendav kuivatamine kuivatuskapis (Joonis 3.8).

Katsekehad nummerdati järgnevalt:

- a. Kortsutatud kontoripaber- 1-1 ... 1-5
- b. Kortsutatud raamatupaber- 2-1 ... 2-5
- c. Paberihundiga purustatud kontoripaber- 3-1 ... 3-5
- d. Paberihundiga purustatud raamatupaber- 4-1 ... 4-5
- e. Kortsutatud reklaampaber- 5-1 ... 5-5
- f. Oma purustiga purustatud kontoripaber- 6-1 ... 6-5
- g. Oma purustiga purustatud reklaampaber- 7-1 ... 7-5
- h. Oma purustiga purustatud raamatupaber- 8-1 ... 8-5
- i. Oma purustiga purustatud ajalehepaber- 9-1 ... 9-5
- j. Paberihundiga purustatud reklaampaber- 10-1 ... 10-5

Järgnevalt eemaldati katsekehad vormirõngastest ning kaaluti need eraldi üle. Lisaks mõõdeti katsekeha paksust ning diameetrit. Võrreldes vormirõnga sisediameetriga toimus kõige suurem mahukahanemine reklaampaberist valmistatud katsekehadel (Joonis 3.10). Grupp 5 katsekehade diameeter erines vormirõnga diameetrist (103,4mm) keskmiselt 10,4mm (Tabel 3.9). Lisaks tõmbusid katsekehad kumeraks ning see asjaolu komplitseeris nende mõõtmist.

Tabel 3.9. Katsekehade parameetrid keskmise väärtused peale kuivamist

Grupi nimetus	Diameeter	Paksus	Kuivade katsekehade keskmine mass	Kuivade proovikehade keskmine tihedus
	mm	Mm	g	kg/ m ³
Grupp 1	95,19	21,93	53,95	345,64
Grupp 2	94,71	24,02	56,93	336,42
Grupp 3	98,15	23,65	52,07	290,97
Grupp 4	98,01	23,33	54,95	312,24
Grupp 5	92,99	19,67	51,71	386,97
Grupp 6	96,69	21,96	50,37	312,36
Grupp 7	96,63	21,12	53,05	342,49
Grupp 8	100,21	23,81	55,09	293,34
Grupp 9	97,70	22,27	40,07	239,99
Grupp 10	93,79	20,65	53,77	376,90

Tabelilt 3.9 on näha gruppide katsekehade aritmeetilised keskmised väärtused. Grupp 8 katsekehad, mille valmistamiseks kasutati oma purustiga purustatud vanu raamatuid, mahukahanesid kõige vähem.



Joonis 3.10. Grupp 5 katsekeha (reklaampaberist)

Peale kaalumist ja mõõtmist tuli katsekehad taas vormirõngastesse asetada ning katsekeha üks pind ning vormirõnga perimeeter hermeetiliselt sulgeda. Hermeetilisuse tagamiseks kasutati toidukilet ning silikooni. Katsekehadel lasti 24h kuivada ning teostati katsekehade uus kaalumine.

3.3 Katseteks kasutatud seadmed

Kuivatuskapp Memmert UFB-500

Kuivatuskapp Memmert UFB-500 võimaldab kasutajal täpselt kontrollida temperatuuri. Seadme roostevabast terasest sisu on antibakteriaalne ning hõlpsasti hooldatav. Seadme sisemust ventileeritakse pidevalt ning sisenevat õhku eelsoojendatakse ja kuivatatakse. Seadmel on kahekordne ülekuumenemise kaitse ning ühe ülekuumenemise või riknemise korral lülitub seade automaatselt teisele ahelale üle tagades sel moel katse jätkumise. Seadme töötemperatuuri on võimalik seadistada vahemikus +30...+220°C ning kuni +100°C on täpsus $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ja $>+100^\circ\text{C}$ juures $\pm 1^\circ\text{C}$ (Joonis 3.11) (LabWrench koduleht).

Kaalumisprotseduuri käigus muutusid õhu temperatuur katseseadmes olulisel määral.



Joonis 3.11. Kuivatuskapp Memmert UFB-500 seest

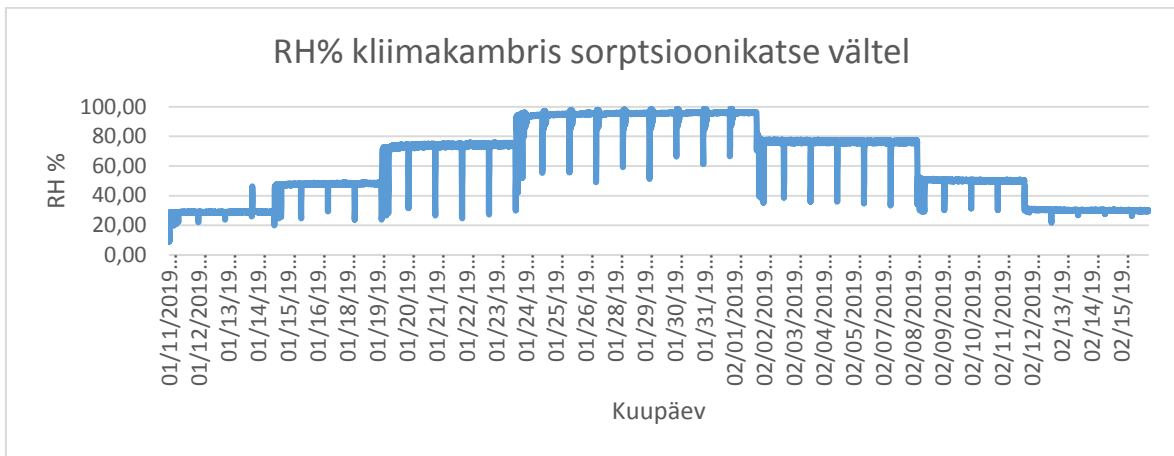
Kliimakamber Ruumed 4101

Kliimakambris Ruumed 4101 on võimalik kontrollida nii temperatuuri kui ka õhuniiskust. Seadme abil on võimalik uurida erinevate materjalide käitumist keskkonnas, mille temperatuuri vahemik on 0...+60°C täpsusega $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ja õhuniiskuse vahemik 20...95% täpsusega $\pm 2...3\%$. Seadmel on sisse ehitatud sundventilatsioon, mille abil konditseeritakse kambris siseneva õhu parameetreid (Joonis 3.12).



Joonis 3.12. Kliimakamber Ruumed 4101

Kaalumisprotseduuri käigus muutusid õhu parameetrid kliimakambris lühiajaliselt, kuid olulisel määral (joonis 3.13). Lisaks tähendati, et RH=95% juures kondenseerus seadme kambris tagumisele seinale vesi ning võib oletada, et gruppide 2 ja 3 5. katsekehade ebatavaliselt suur massikasv adsorptsioonil oli tingitud kokkupuutest seadme kambri tagumise seinaga.



Joonis 3.13. Kliimakambri õhuniiskuse muutus

Digitaalne kaal KERN PFB 1200-2

Katsekehade täpseks kaalumiseks kasutati digitaalset kaalu KERN PFB 1200-2 (Joonis 3.14). Seade võimaldab teostada kaalumisi kuni 1200g katsekehadele ning kuvab väärtused 10mg täpsusega. Seadmel kulub 3s katsekeha kaalu usaldusväärse tulemuse kuvamiseks, kuid veeauru läbilaskvuse katse läbiviimisel tõdes autor, et täpse väärtuse kuvamiseks kulus seadmel kauem aega, kuna KNO_3 vesilahus loksus katseanumas.



Joonis 3.14. Digitaalne kaal KERN PFB 1200-2

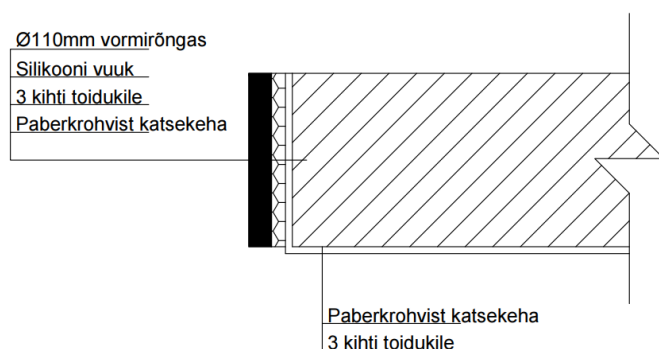
Katsekehade mõõtmine

Katsekehade mõõtmiseks kasutati nihikkaliibrit, mille mõõtevahemik on 0,1mm ning metallist joonlauda, mille mõõtevahemik on 1mm. Kasutatud mõõteriistadega oli kõige komplitseeritum gruppide 5 ja 10 katsekehade mõõtmine, kuna nende katsekehade puhul esines olulisel määral mahukahanemist ning kuju deformatsioone.

3.4. Veeauru adsorptsiooni ja desorptsiooni katse

Veeauru adsorptsiooni ja desorptsiooni katsega alustati 11.01.19. Protsess viidi läbi kooskõlas EVS-EN ISO 12571:2013 „*Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of hygroscopic sorption properties*“ toodud nõuetega. Katse algusele eelnevat kuivatati katsekehasid täiendavalt 1h kuivatuskapis, tagamaks nullilähedane niiskus katsekehades. Kõik 50 katsekeha asetati seejärel kliimakambrisse, milles RH oli seatud 30% juurde ning temperatuur 23°C. Katsekehade kliimakambrist võtmisele, kaalumisele ning tagasi asetamisele kulus keskmiselt 15min. Katsekehasid kaaluti intervalliga 2h, 4h, 6h ja seejärel 24h, 48h jne. peale katsekehade kliimakambrisse asetamist, RH suurendamist või langetamist.

Katsekehad paiknesid 110mm kanalisatsioonitorust lõigatud vormirõngastes nii, et nende üks külg oleks väliskeskkonnale avatud. Lahtine külg oli kliimakambrisse asetamisel üleval pool. Joonisel 3.15 on kujutatud katsekehade üldine lõige. Kliimakambrist eemaldati katsekehad 5 kaupa (üks grupp), kaaluti ükshaaval, dokumenteeriti saadud andmed ning seejärel asetati grupp tagasi kliimakambrisse ning võeti uus grupp. Kõigi 50 katsekeha kaalumiseks kulus ligikaudu 15min.



Joonis 3.15. Vormirõngas katsekeha põhimõtteskeem

Katsekehade kaalumistulemused dokumenteeriti digitaalselt MS Office programmis Excel. Suhtelist õhuniiskust suurendati siis, kui kolme järjestikuse kaalumise tulemused näitasid, et massikasv on väiksem kui 0,05%.

3.5 Veeauru puhverdusvõime määramine NORDTEST metoodikaga

Veeauru puhverdusvõime katsele eelnevalt konditsioneeriti katsekehasid eelnevalt 96h kliimakambris RH 50% ja temp=23°C. Katsega alustati 22.02.19. Katsekehade niiskuspuhverdusvõime uurimiseks kasutati NORDTEST metoodikat, mida on käsitletud Maia Liisa Teearu töös. Selle metoodika abil uuritakse siseõhuga kokkupuutes olevate ehtusmaterjalide ja mööbli niiskuspuhverdusvõimet jäljendades ööpäevase suhtelise õhuniiskuse tsükli ruumis.

Antud metoodika järgi arvutatakse materjali niiskuspuhverdusvõime kontrollitud tingimustel. Katsekehasid hoitakse 8h RH=75% ning 16h RH=33%. Katsekehad olid olemuslikult sarnased sorptsiooni ja desorptsiooni katses kasutatutele (Joonis 3.15).

NORDTEST metoodika näeb ette, et kasutatavad katsekehad peaks olema risttahuka kujulised ja nende avatud pinna pindala peaks olema minimaalselt 0.01m². Katsemetoodikas toodud nõudeid katsekehade geomeetria osas kohandati, võttes arvesse olemasolevate katsevahendite geomeetriat. Ümarate katsekehade keskmine pindala oli 0,0073 m². Kliimakambrist eemaldati katsekehad 5 kaupa (üks grupp), kaaluti ükshaaval, dokumenteeriti saadud andmed ning seejärel asetati grupp tagasi kliimakambrisse ning võeti uus grupp. Katsekehade kliimakapist võtmisel asetati autor katsekehad üksteise otsa ning järjekorda. Grupi 5. katsekeha jäi alati alumiseks ning oli seetõttu teistest katsekehadest pikemalt suletud keskkonnas. Katseandmete vaatlemisel tuleb arvesse võtta ka asjaolu, et kliimakambri ukse avamisel ventileeritakse keskkond ning parameetrid (RH, temp) muutuvad. Kõigi 50 katsekeha kaalumiseks kulus ligikaudu 15min. Joonisel 3.18 on kujutatud katsekehade paiknemine kliimakambris.



Joonis 3.18. Katsekehade paiknemine kliimakambris Ruumed 4101

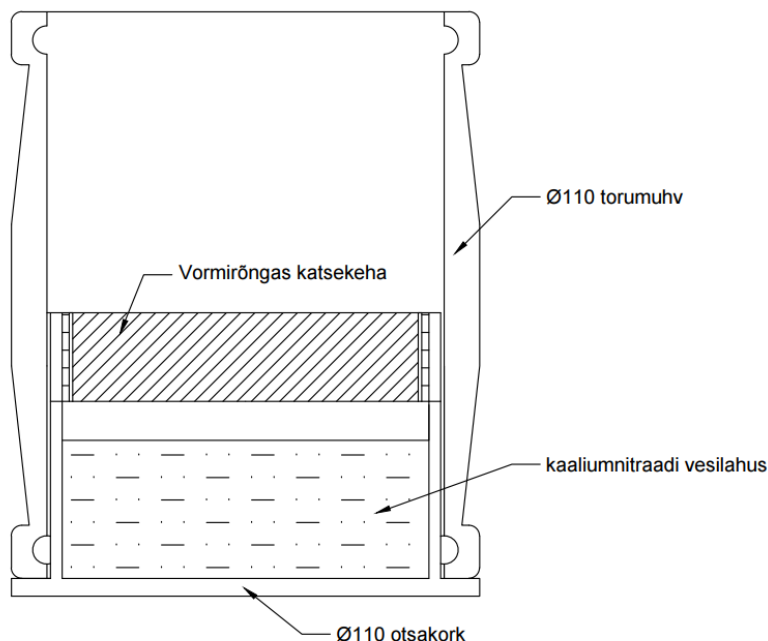
3.6 Veeauru läbilaskvuse katse

Katse viidi läbi vastavalt EVS-EN ISO 12572:2016 katsemetoodikale.

Veeauru läbilaskvuse katsele eelnevalt kontrolliti katsekehade hermeetilisust. Katsekehadest 29 olid täiendavalt mahukahanenud ning need oli võimalik katseks kasutatud vormirõngast kätte saada. Need katsekehad kaaluti täiendavalt. Tulemused dokumenteeriti katsetabelis (vt. Lisa 1 veerg HX). Täiendavaks hermetiseerimiseks kasutati toidukilet, mis suruti vormirõnga ning toidukile vahele (vt. Joonis 1). Antud katsest otsustati välja jätta gruppide 9 ja 10 katsekehad, kuna nende gruppide katsekehade andmed on eelpool töös kirjeldatud kaalumisprotseduuri iseärasustest tulenevalt kõige ebatäpsemad. Katsekehade teiselt küljelt eemaldati kile nii, et niiskus saaks liikuda läbi katsekeha.

Katse läbiviimiseks segati kokku KNO_3 ja destilleeritud vesi. Segati kokku küllastunud lahus. Katse tarbeks kulus 10l lahust.

Katseks kasutatud katseanum koosnes $\varnothing 110\text{mm}$ kanalisatsioonitoru ühendusmuhvist ning otsakorgist (Joonis 3.20).



Joonis 3.20. Katsekeha katseanumas (veeauru läbilaskvus)

Katseks vajamineva KNO_3 küllastunud vesilahuse leidmiseks lähtuti vajadusest jätta katsekeha ning vedeliku vahele 10mm jagu õhuvahet. Vajaminev kogus leiti kasutades mõõtesilindrit. Ühe katsekeha kohta kulus 250ml vedelikku.

Mõõtesilindriga määratud 250ml lahust valati katseanuma põhja ning seejärel langetati katsekehad katseanumasse nii, et vormirõnga serv jääks kandma otsakorgi servale.

Antud katse läbiviimisel kulus kaalumisprotseduurile rohkem aega, kuna katseanumaid tuli ettevaatlikult käsitleda vältimaks KNO_3 lahuse sattumist katsekeha pinnale.

Selle katse tulemuste põhjal koostatud massi vähenemise joonised näitavad pea kõigi gruppide puhul mõndade katsekehade ebakorrapärase käitumist. Tõenäoliselt on see tulenenud katseanumate liigsest vappumisest kaalumisprotseduuri vältel. See hüpotees kirjeldab grupp 8 katsekehade massikõverate käitumist (Joonis 3.21).

4. TULEMUSED

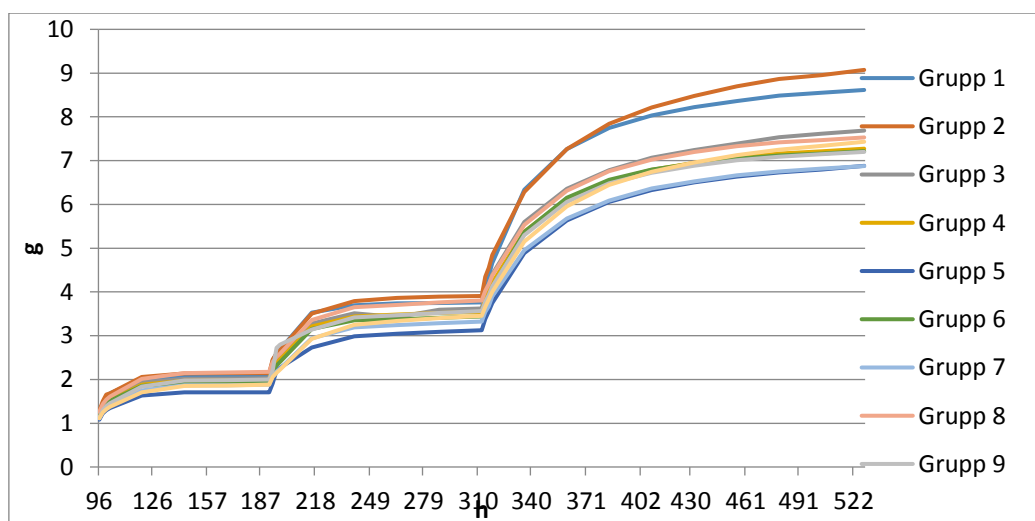
4.1 Veeauru adsorptsioon ja desorptsioon

Eelnevalt ruumiõhus ning seejärel kuivatuskapis 72h kuivatatud katsekehad asetati kliimakambrisse 23°C kraadise ning suhtelise õhuniiskusega 30% 11.01.19. Katse kestis ühe RH taseme juures seni kuni katsekehad olid saavutanud tasakaaluniiskuse. Katsekehasid kaaluti kliimakambris RH väärtuse muutmise järel 2h, 4h ja 6h intervalliga ning seejärel 24h intervalliga. Katse viidi läbi kooskõlas standardis EVS-EN ISO 12571 toodud nõuetega, mille alusel loeti tasakaaluniiskuse saavutamiseks seda, kui kolme järjestikuse kaalumise tulemused ei erinenud üle 0,1%. Seejärel muudeti kliimakambris suhtelist õhuniiskust 50%, 75% ja seejärel 95%ni. Suhtelise õhuniiskuse 95% juures tasakaaluniiskuse saavutamisel hakati RH väärtust sama intervalliga langetama. Kliimakambri temperatuuri katse käigus ei muudetud.

4 tunni möödumisel hakkasid grupp 5 katsekehade kaalumistulemused liikuma teistest erinevas suunas. Autori hinnangul võis see olla tingitud asjaolust, et grupp 5 (kortsutatud reklaampaber) katsekehade mahukahanemine oli kõige suurem ning nende katsekehade hermetiseerimiseks kasutati suurel hulgal silikooni. Silikoonides esineb umbes 35% - 40% mahukahanemist ning sellest tulenev massi kahanemine võib toimuda kliimakambris sorptsioonist kiiremini (Penosil, 2014).

Toimunu uurimiseks korraldati kaalumisi katse lõpus ning tõdeti, et eelpooltoodu peab paika. Massimuutu iseloomustavatel joonistel on tulemused esitatud alates tasemest RH=30%.

Joonisel 4.1. on toodud katsekehade sorptsioonikõverad.



Joonis 4.1. Sorptsioon RH 30...95%

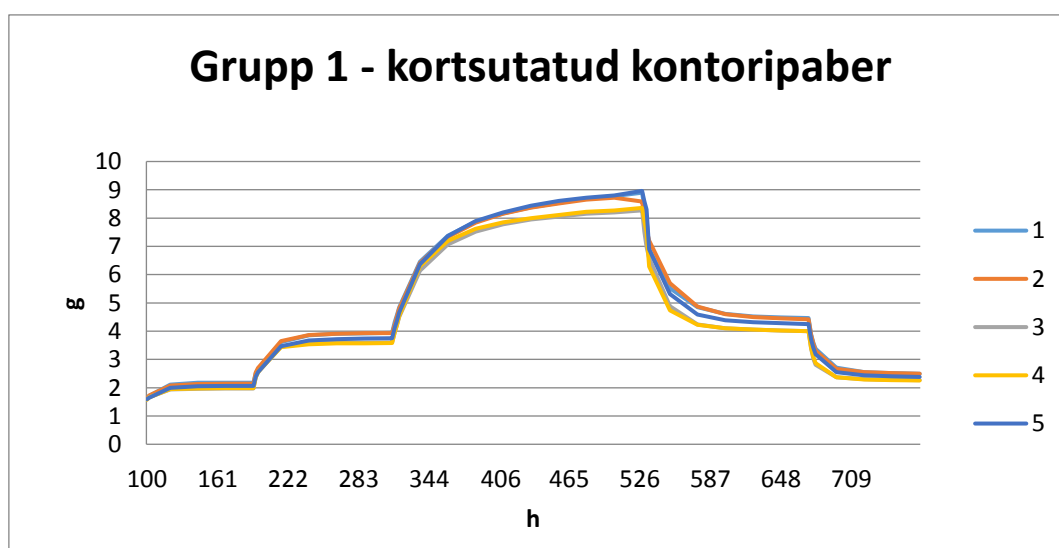
Sarnaselt grupile 5 käitub ka grupp 10, mille katsekehade masside kasvu keskmine muutub tundidel 55-95 negatiivseks. Samas ei esine negatiivset massikasvu grupp 7 katsekehadel, mis on valmistatud samast toormaterjalist.

Gruppide 5 ja 10 katsekehad valmistas Nele Nutt ning on võimalik, et katsekehade valmistamisel käituti erinevalt (erinev kurnamismetoodika või vormirõngasse materjali surumisel rakendatud jõud). Gruppide 5 ja 10 katsekehad olid kõige suurema tihedusega, erinedes kõigi katsekehade keskmisest tihedusest ($320,27 \text{ kg/m}^3$) keskmiselt $68,29 \text{ kg/m}^3$. Samas oli nende katsekehade ruumala arvutamiseks teostatud mõõtmised kõige ebatäpsemad, kuna katsekehade geomeetria muutus peale kuivamist väga ebakorrapäraseks (Joonis 3.10).

Katse 20. päeval, kui $RH=95\%$, tegi töö autor tähelepaneku, et selle suhtelise õhuniiskuse juures kondenseerub niiskus kliimakambri tagumisele seinale. Arvestades katsekehade paiknemist kliimakambri on alust arvata, et see asjaolu põhjustas vahemikus 24.01.19 ... 01.02.19 gruppide 2 ja 3 5. katsekehade suurenenud massikasvu.

Suurima koguse niiskust imasid endasse grupp 8 katsekehad (oma purustiga purustatud raamatupaber). Nende katsekehade mahukahanemine oli kõige väiksem, millest tulenevalt olid nende katsekehade pindalad suuremad. Lisaks oli grupp 8 katsekehade keskmine tihedus $262,83 \text{ kg/m}^3$, mis on $57,44 \text{ kg/m}^3$ väiksem kui üldine keskmine. Materjali suurem poorsus mõjutab olulisel määral selle sorptsioonivõimet (Masso, 2012).

Edasi hakati kliimakambri suhtelist õhuniiskust vähendama. 02.02.19 langetati RH 75%ni.



Joonis 4.2. Grupp 1 katsekehade massikõver

Andmetest nähtub, et kõige suurema hulga niiskust sorbeerib katsekeha esimestel tundidel ja ajapikku sorptsioonivõime langeb. Sama toimub desorptsiooni käigus (Joonis 4.2).

Katsekehade massikasvu ja -langust suhtelise õhuniiskuse väärtuste juures 50%... 95% iseloomustavad kaalumistulemused on toodud tabelis 4.1. Terve katse vältel dokumenteeritud andmed on nähtavad esitatud lisades L.2...L.9.

Dokumenteeritud väärtuste põhjal on koostatud tabelid, mis iseloomustavad katsekehade massikasvu RH 30%, 50% ja 95% juures adsorptsioonil (Tabel 4.3) ja desorptsioonil (Tabel 4.5) ning adsorptsiooni käigus toimunud massikasvu (Joonis 4.4) ja desorptsiooni käigus toimunud massilangust (Joonis 4.6) iseloomustavad joonised.

Tabel 4.3. Paberikrohvi tasakaaluniiskused adsorptsioonil

	RH 30%				RH 50%		
	Vesi katsekehas		Niiskus		Vesi katsekehas		Niiskus
	Vahemik	Keskmine			Vahemik	Keskmine	
	G	G	%		G	G	%
1	1,05...1,20	1,15	2.22	1	2,06...2,07	2,06	3.84
2	1,28...1,38	1,33	2.25	2	2,14...2,14	2,14	3.76
3	1,18...1,19	1,18	2.26	3	2,01...2,03	2,02	3.89
4	1,15...1,16	1,15	2.23	4	1,97...1,98	1,98	3.83
5	1,08...1,29	1,18	2.03	5	1,71...1,71	1,71	3.2
6	1,14...1,22	1,18	2.26	6	1,92...1,93	1,93	3.83
7	1,11...1,18	1,14	2.09	7	1,86...1,88	1,87	3.55
8	1,23...1,26	1,25	2.55	8	2,15...2,18	2,16	4.41
9	1,12...1,14	1,13	2.83	9	1,98...2,00	1,99	4.99
10	1,11...1,23	1,17	2.07	10	1,85...1,88	1,86	3.49
	RH 75%				RH 95%		
	Vesi katsekehas		Niiskus		Vesi katsekehas		Niiskus
	Vahemik	Keskmine			Vahemik	Keskmine	
	G	G	%		G	G	%
1	3,74...3,76	3,75	6.97	1	8,36...8,55	8,47	15.99
2	3,86...3,91	3,89	6.87	2	8,70...8,95	8,84	15.92
3	3,43...3,62	3,55	6.95	3	7,39...7,62	7,51	14.77
4	3,48...3,54	3,51	6.85	4	7,07...7,21	7,15	14.07
5	3,05...3,12	3,09	5.85	5	6,63...6,80	6,72	12.89
6	3,37...3,44	3,41	6.83	6	7,04...7,16	7,11	14.33
7	3,24...3,32	3,28	6.26	7	6,67...6,82	6,75	12.96
8	3,70...3,80	3,76	7.71	8	7,33...7,47	7,40	15.26
9	3,47...3,56	3,52	8.89	9	7,01...7,15	7,08	17.97
10	3,34...3,46	3,40	6.43	10	7,12...7,34	7,24	13.82

Tabelilt 4.3 on näha, et katsekehade niiskumine suureneb olenevalt keskkonna RH väärtusest. Suurimal hulgal õhuniiskust adsorbeeris grupp 9 – RH=95% ligikaudu 18% (oma purustiga purustatud ajalehe paber). Niiskus kasvas selle grupi katsekehades keskmiselt kõige rohkem. Kõige vähem suurenes aga grupp 5 (kortsutatud reklaampaber) katsekehade niiskus.

Grupp 9 katsekehad olid aga kõige väiksema tihedusega – keskmiselt 240,31 kg/m³ (Tabel 4.2). Sellest tulenevalt võib olla tingitud ka suurim niiskus olukorras, kus katsekeha poolt adsorbeeritud vee kogus on üks väiksemaid.

Tähendusrikkaks peab pidama ka keskmist vee sisaldust katsekehas (Tabel 4.3). RH 30% juures suurenes veeauru adsorptsiooni tulemusena enim grupp 2 katsekehade mass 1,33g keskmise tihedusega 336,56 kg/m³. Kõige vähem suurenes grupp 9 katsekehade niiskus – 1,13g (väikseim tihedus – 240,31 kg/m³).

RH 50% juures suurenes kõige rohkem grupp 8 (oma purustiga purustatud raamatupaber) katsekehade veesisaldus 2,16g mille tihedus oli 262,83 kg/m³ (tiheduselt teisena kõige väiksem). Kõige vähem kasvas grupp 5 (kortsutatud reklaampaber) katsekehade mass. Varasemalt kirjeldatud äärmuslike parameetritega grupp 9 katsekehade mass kasvas 1,99g, mis on üldise keskmise 1,97g lähedane (minimaalne 1,71g ja maksimaalne 2,16g).

RH=75% juures imasid endasse kõige rohkem õhuniiskust grupp 2 (kortsutatud raamatupaber) katsekehad- keskmiselt 3,89g (Tabel 4.1). Selle grupi katsekehade tihedus ei olnud enam madalamas otsas, vaid jäi keskele. Grupp 2 katsekehade tihedus oli 336,56 kg/m³. Kõigi gruppide katsekehade keskmiste tiheduste keskmine oli 320,27 kg/m³, minimaalne 240,31 kg/m³ ja maksimaalne 399,99 kg/m³ (Tabel 4.2). Selle suhtelise õhuniiskuse väärtuse juures adsorbeerisid kõige vähem grupp 5 katsekehad (6,72g), mille keskmine tihedus oli saadud väärtustest kõige suurem (399,99 kg/m³). Väikseima tihedusega grupp 9 adsorbeeris 3,52g (Tabel 4.1).

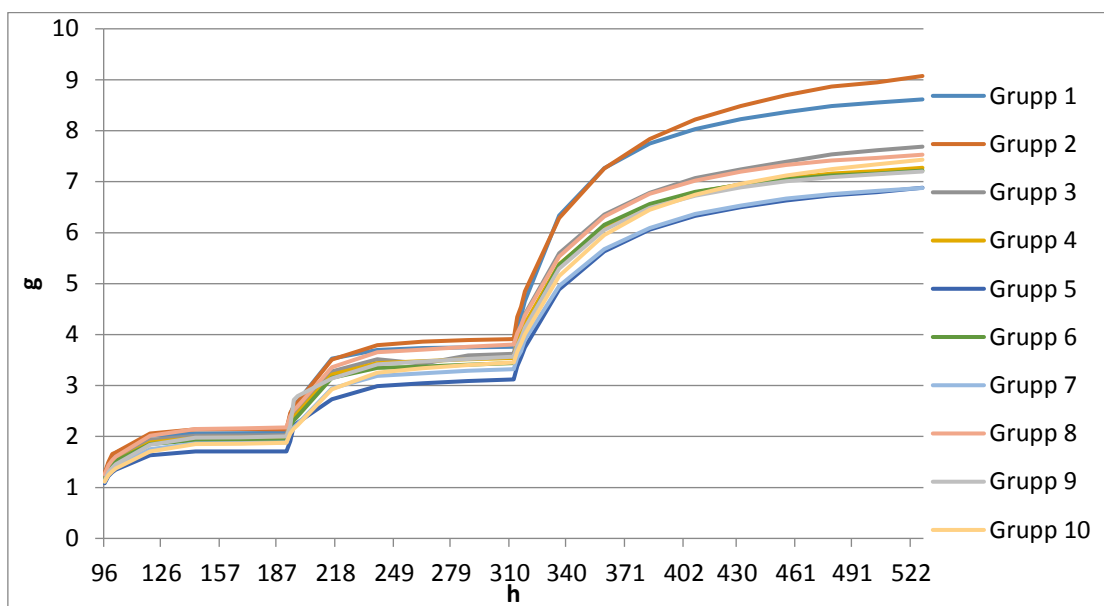
RH 95% juures imasid endasse kõige enam vett samuti grupp 2 katsekehad (keskmiselt 8,84g) ja kõige vähem adsorbeerisid grupp 5 katsekehad (keskmiselt 6,72 g). Grupp 9 imas endasse 7,08g (Tabel 4.1).

Desorptsiooni uurimisel vähendades RH väärtust 75%-ni vähenes niiskus kõige enam grupp 9 katsekehadel. Samas langes niiskus kõige vähem grupp 7 katsekehades (oma purustiga purustatud reklaampaber). Edaspidisel RH vähendamisel eraldus grupp 5 katsekehadest kõige vähem vett (tabel 4.4).

Katsekehades peitua vee massi vähenemise järgi eraldus niiskust kõige rohkem grupp 8 katsekehadedest (oma purustiga purustatud raamatupaber). Grupp 8 katsekehade tihedus oli teisena kõige väiksem. Suurem poorsus materjalis soodustab niiskuse väljumist katsekehadedest (Rouquerol et al., 1994).

Eelnevast võib järeldada, et vähem adsorbeerivad katsekehad, mis on valmistatud reklaampaberist (grupid 5, 7 ja 10). Samas peab tõdema, et paberkrohvi niiskustehnilised omadused sõltuvad olulisel määral paberkrohvi tihedusest. Kõige paremate niiskustehniliste omadustega on antud katse tulemuste põhjal keskmise tihedusega paberkrohvid. Parimaks tootmisviisiks võib katsetulemuste põhjal pidada kortsutamist, seejärel leotamist ning käsitsi peenestamist. Enim adsorbeerinud materjalideks võib pidada raamatupaberit ja ka kontoripaberit. Desorptsiooni katse tulemustest on näha, et väiksema tihedusega materjalidest kuivab niiskus paremini välja.

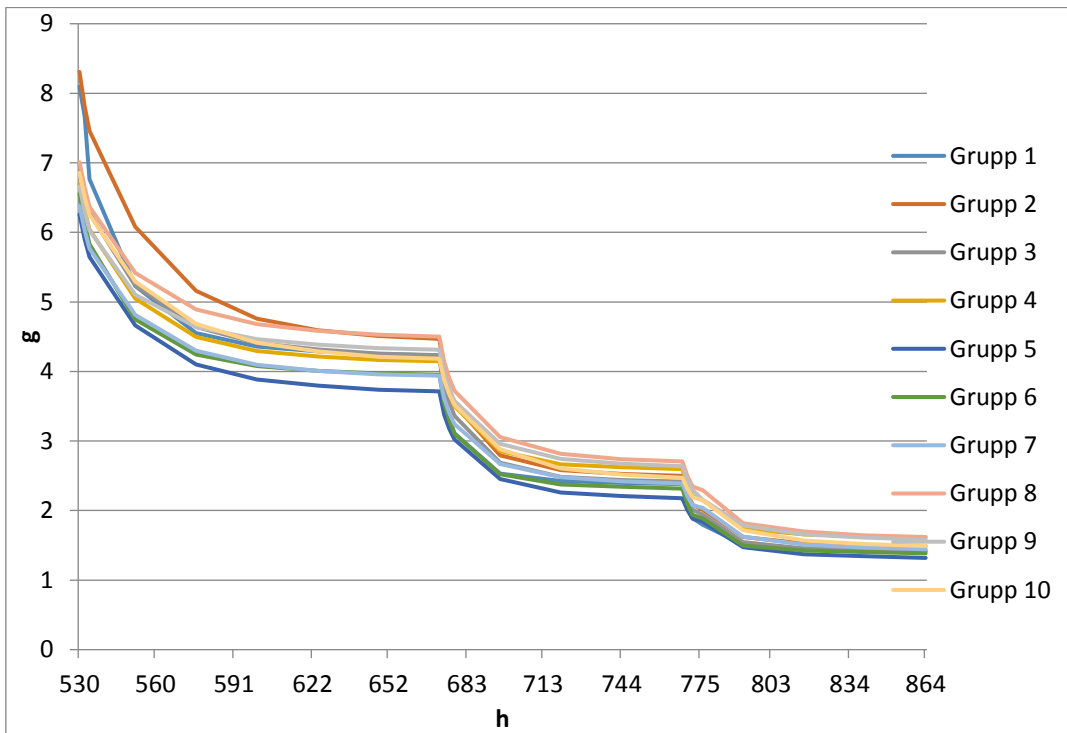
Jooniselt 4.4 nähtub aga asjaolu, et katsekehade niiskumine toimub esmastel tundidel peale RH tõstmist kiiremini ning seejärel hakkab stabiliseeruma.



Joonis 4.4. Katsekehade kaalukõverad adsorptsioonil

Tabel 4.5. Paberkrohvi tasakaaluniiskused desorptsioonil

	RH 95%				RH 75%		
	Vesi katsekehas		Niiskus		Vesi katsekehas		Niiskus
	Vahemik	Keskmine			Vahemik	Keskmine	
	g	g	%		g	g	%
1	8,36...8,55	8.47	15.41	1	4,23...4,29	4.26	7.89
2	8,70...8,95	8.84	15.24	2	4,47...4,59	4.52	7.95
3	7,39...7,62	7.51	14.18	3	4,24...4,32	4.27	8.20
4	7,07...7,21	7.15	13.59	4	4,15...4,22	4.18	8.08
5	6,63...6,80	6.72	12.40	5	3,72...3,80	3.75	7.02
6	7,04...7,16	7.11	13.63	6	3,95...4,01	3.98	7.90
7	6,67...6,82	6.75	12.29	7	3,94...4,01	3.97	7.48
8	7,33...7,47	7.40	14.44	8	4,50...4,58	4.54	9.19
9	7,01...7,15	7.08	16.94	9	4,31...4,39	4.35	10.84
10	7,12...7,34	7.24	13.24	10	4,18...4,29	4.23	7.86
	RH 50%				RH 30%		
	Vesi katsekehas		Niiskus		Vesi katsekehas		Niiskus
	Vahemik	Keskmine			Vahemik	Keskmine	
	g	g	%		g	g	%
1	2,38...2,43	2.40	4.45	1	1,42...1,46	1.44	2.67
2	2,50...2,58	2.54	4.45	2	1,49...1,53	1.51	2.65
3	2,41...2,49	2.45	4.70	3	1,41...1,46	1.43	2.75
4	2,60...2,67	2.63	5.08	4	1,61...1,66	1.63	3.16
5	2,18...2,26	2.22	4.15	5	1,32...1,37	1.34	2.52
6	2,31...2,38	2.34	4.65	6	1,39...1,43	1.41	2.79
7	2,39...2,48	2.43	4.58	7	1,44...1,51	1.47	2.78
8	2,71...2,82	2.75	5.58	8	1,62...1,70	1.65	3.35
9	2,64...2,74	2.68	6.70	9	1,58...1,66	1.62	4.04
10	2,47...2,61	2.53	4.71	10	1,49...1,57	1.53	2.84

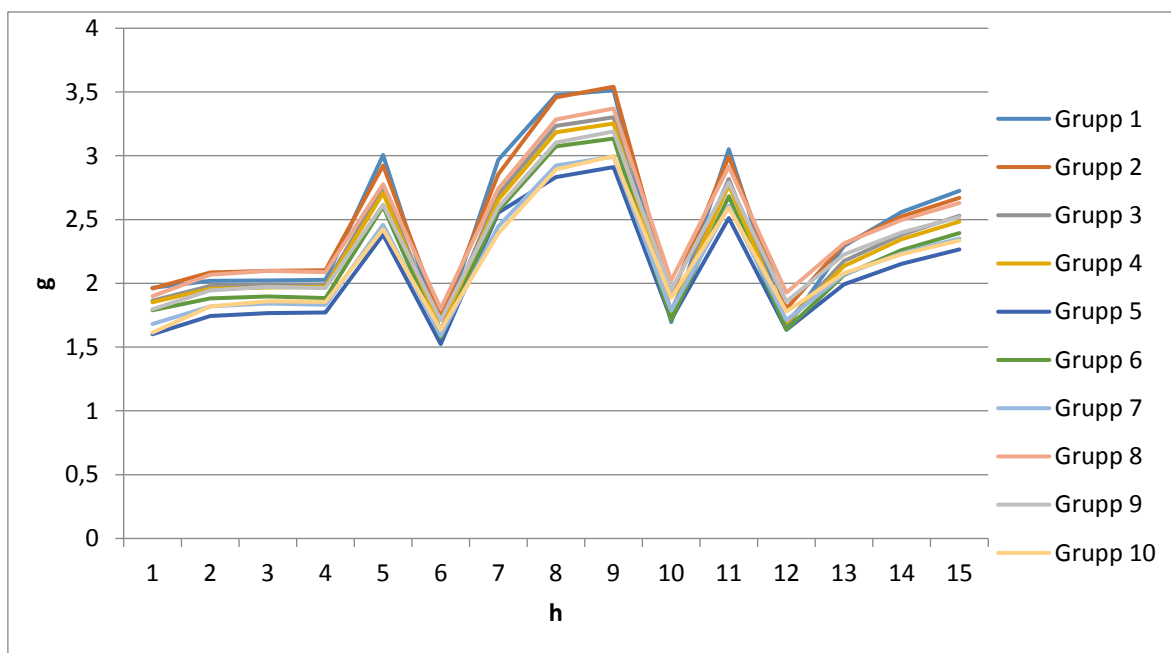


Joonis 4.6. Katsekehade kaalukõverad desorptsioonil

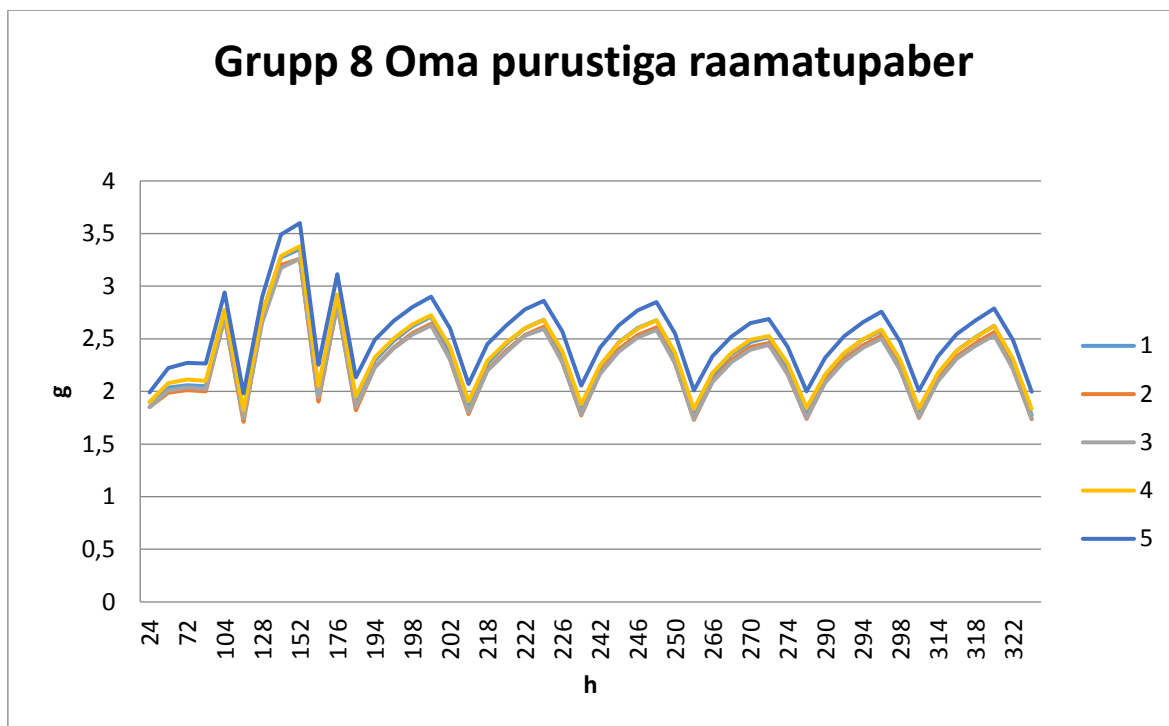
4.2 Veeauru puhverdusvõime määramine NORDTEST metoodikaga

Katse läbi viimiseks kasutati samu katsekehi, mida kasutati adsorptsiooni ja desorptsiooni katses (Joonis 3.15). Katsekehi hoiti kliimakambris RH 50% ning temp 23°C juures 96h kuni tasakaaluniiskuse saavutamiseni. Massimuutuse hindamiseks kaaluti katsekehi 24h intervalliga. Tasakaaluniiskuse saavutamiseks kulus 96h.

Esialgse aklimatiseerimise RH=50% ja temp=23° juures 96h järel tõsteti suhteline õhuniiskus kliimakambris 22.02.19 kell 17.00 75%ni. Töös ei kasutata andmetabeli (andmetabel) andmeid vahemikus 22.02.19 kuni 25.02.19, kuna sellel perioodil ei teostatud kaalumisi sobiva intervalliga ning lisaks jäi 24.02.19 kliimakambri RH väärtus muutmata. Vea avastamise järel ei peetud täiendavat aklimatiseerumist vajalikuks. Joonisel 4.7 nähtav katsekehade massikõverate käitumine vahemikus 1-12 iseloomustab eelnevalt kirjeldatud probleemset perioodi.



Joonis 4.7. Ebakorrapära NORDTEST katse alguses



Joonis 4.8. Grupp 8 katsekehade massikõverad

Joonisel 4.8 on toodud grupp 8 katsekehade massikõverad katse vältel. Grupp 8 5. katsekeha käitub teistest erinevalt, olles katse vältel parim adsorbent. Ühe grupi katsekehade erinevad massikasvud võivad tuleneda kaalumisprotseduuri ülesehitusest.

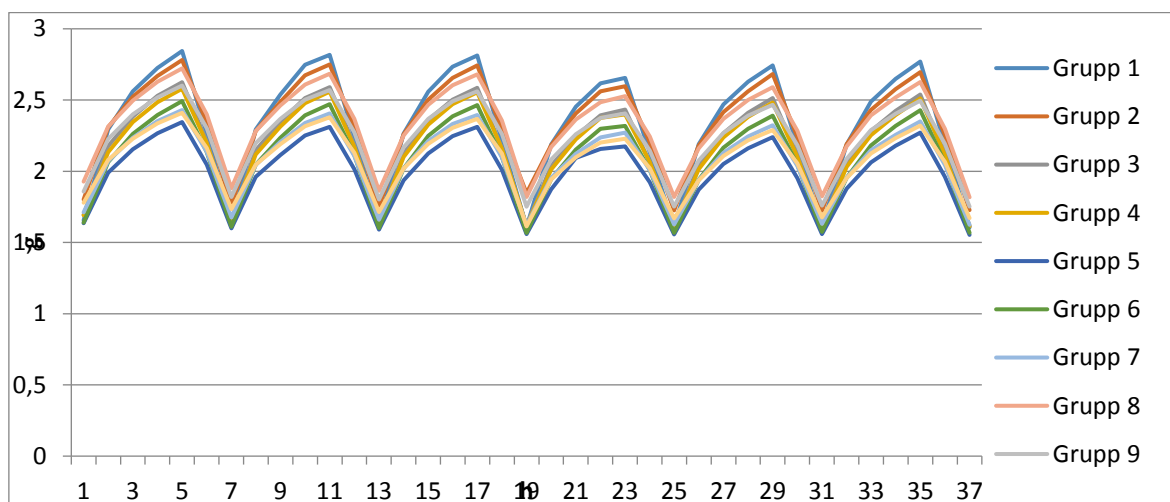
Kliimakambri eemaldati katsekehad 5 kaupa (üks grupp), kaaluti üksikshaaval, dokumenteeriti saadud andmed ning seejärel asetati grupp tagasi kliimakambrisse ning võeti uus grupp. Katsekehade kliimakambri võtmisel asetati autor katsekehad üksteise otsa ning järjekorda. Grupi 5. katsekeha jäi alati alumiseks ning oli seetõttu teistest katsekehadest pikemalt suletud keskkonnas. Katseandmete vaatlemisel tuleb arvesse võtta ka asjaolu, et kliimakambri ukse avamisel ventileeritakse keskkond ning parameetrid (RH, temp) muutuvad.

01.03.19 ei olnud töö autoril võimalik iseseisvalt katsekehade kaalumist läbi viia ning kaalumised teostasid juhendaja Aime Ruus ning Jane Raamets. Seda ajavahemikku iseloomustab joonisel 4.8 toodud ajavahemik x-teljel 264... 288. Katsekehade tavapärasest väiksemat massikasvu võib seletada pikem aeg, mis kulus katsekehade kaalumisprotseduuri läbi viimiseks. Sellest tulenevalt jõudsid katsekehad ruumiõhus ja ventileeritud kliimakambris kuivada. Kirjeldatu väljendus kõigi katsekehade massimuutu iseloomustavatel joonistel.

Tootmisviiside mõju hindamiseks moodustati andmete põhjal paremusjärjestus. Tulemuste hindamiseks leiti iga grupi keskmine massikadu ööpäevas. Ebakorrapäraselt käitunud katsekehade andmeid aritmeetilise keskmise leidmisel ei kasutatud.

Tasakaaluniiskuseeni jõudmisel tõsteti kliimakambri RH 75%-ni ja hoiti selle väärtuse juures 8h ning seejärel langetati 33%-ni ja hoiti 16h. RH 75% juures hoides teostati 4 kaalumist 2h intervalliga. Pidev kaalumiseks vajalik kliimakambri ukse avamine ventileeris kliimakambrit ning reaalne RH kliimakambri muutus selle perioodi vältel kuni 30% võrra. Kuuteisttunnise perioodi jooksul, mil RH hoiti 33% juures, teostati 1 kaalumine 2h peale RH langetamist.

Katse kestis 6 päeva. NORDTEST meetodika näeb ette, et katse võib lõpetada siis, kui kaalumiste tulemuste põhjal saab arvutada, et adsorbeeruva ja desorbeeruva veehulga erinevus jääb 5% piiresse ning samadesse piiridesse peaks jääma ka kolme järjestikuse tsükli katsekehade minimaalne ja maksimaalne veesisaldus.



Joonis 4.9. Katsekehade käitumine NORDTEST katse vältel

Jooniselt 4.9 nähtub, et katsekehad käituvad tsükliliselt ning et niiskuse imendumisel katsekehadesse toimub protsess RH tõstmise järel kiirelt ning seejärel aeglustus tempos. Summaarselt läbib kõige enam niiskust grupp 1 katsekehasid (kortsutatud kontoripaber).

Krohvide niiskuse praktiline puhverdusvõime leitakse valemiga. Grupi 1 1. katsekeha näitel on keha praktiline puhverdusvõime

$$MBV_{8h} = \frac{m_{max} - m_{min}}{A \cdot (\varphi_{high} - \varphi_{low})} = \frac{2,91 - 1,70}{0,0072 \cdot (75\% - 33\%)} = 3,82g/(m^2 \cdot \Delta RH)$$

Tabelis 4.10 on toodud gruppide järjestus MBV keskmiste väärtuste järgi. Ülejäänud katsekehade MBV tulemused on toodud tabelis L.13.

Tabel 4.10. Katsekehade MBV väärtused

Grupp	Materjal ja tootmisviis	MBV 8h
		g/m ² /%RH
1	Kortsutatud kontori paber	4.02
2	Kortsutatud raamatu paber	3.28
3	Paberihundiga purustatud kontori paber	3.02
4	Paberihundiga purustatud raamatu paber	2.91
6	Oma purustiga purustatud kontori paber	2.59
5	Kortsutatud reklaampaber	2.86
8	Oma purustiga purustatud raamatu paber	2.46
9	Oma purustiga purustatud ajalehe paber	2.54
7	Oma purustiga purustatud reklaampaber	2.50
10	Paberihundiga purustatud reklaampaber	2.41

Tabel 4.11. MBV klassifikatsioon (Rode, 2005)

MBV praktilisuse klass	MBV tase	
	Miinimum	Maksimum
	g/(m ² ·% RH) @ 8/16h	
Ebaoluline	0.0	0.2
Piiratud	0.2	0.5
Mõõdukas	0.5	1.0
Hea	1.0	2.0
Suurepärase	2.0	...

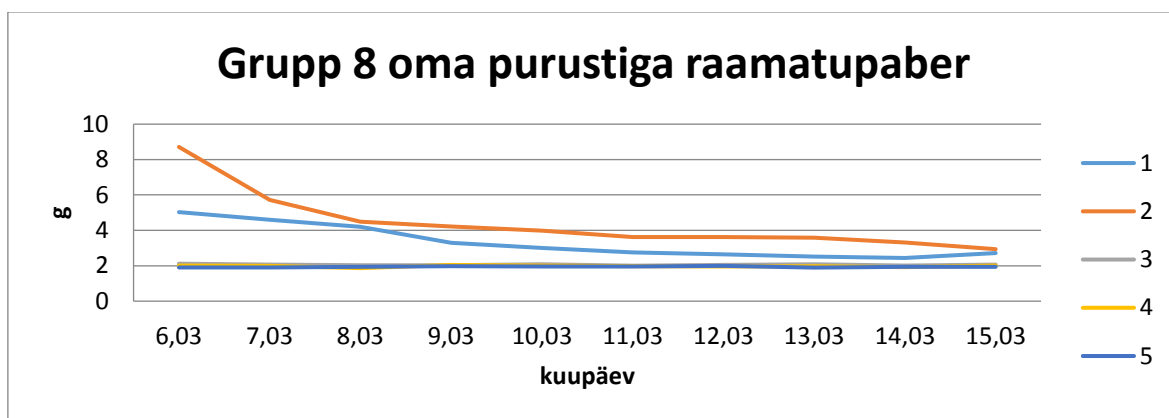
Vastavalt klassifikatsioonile on kõikide gruppide niiskuspuhverduisvõime sõltumata mõningasest erinevusest „suurepärase“ (Tabel 4.11)

4.3 Krohvide veeauru läbilaskvus

Veeauru läbilaskvuse katsele eelnevalt kontrolliti katsekehade hermeetilisust. Katsekehade 29 olid täiendavalt mahukahanenud ning need oli võimalik katseks kasutatud vormirõngast kätte saada. Need katsekehad kaaluti täiendavalt kontrollimaks kas tihendamiseks kasutatud silikooni kuivamine võis mõjutada kaalumistulemusi sorptsioonikatse alguses. Täiendavaks hermetiseerimiseks kasutati toidukilet, mis suruti vormirõnga ning toidukile vahele (Joonis 3.14). Antud katsest otsustati välja jätta gruppide 9 ja 10 katsekehad, kuna nende gruppide katsekehade

andmed on eelpool töös kirjeldatud kaalumisprotseduuri iseärasustest tulenevalt kõige ebatäpsemad. Katsekehade teiselt küljelt eemaldati kile nii, et niiskus saaks liikuda läbi katsekeha.

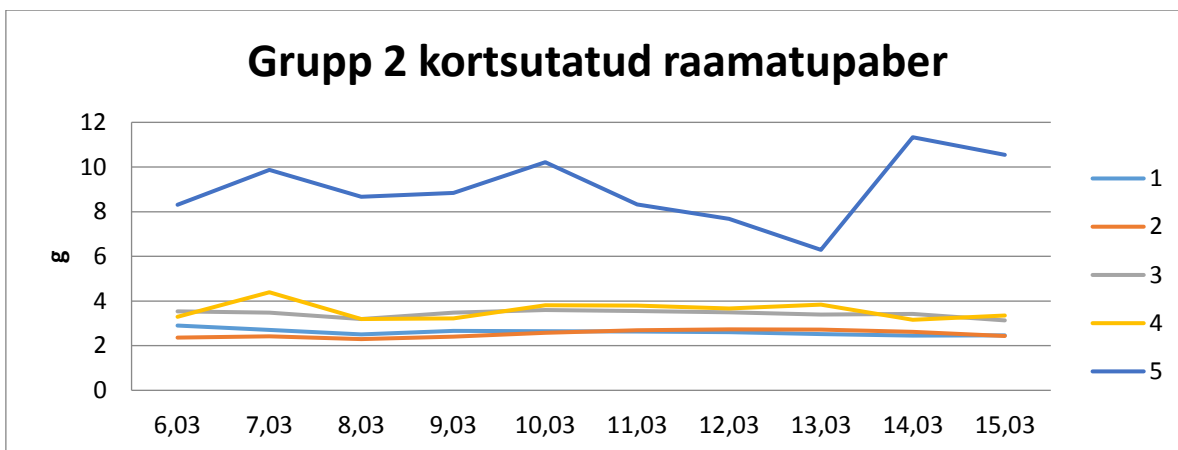
Katse läbiviimiseks segati kokku KNO_3 ja destilleeritud vesi. Valmistati küllastunud vesilahus. Katse tarbeks kulus 10l lahust. Selle katse tulemuste põhjal koostatud massi vähenemist iseloomustavad kõverad näitavad pea kõigi gruppide puhul mõndade katsekehade ebakorrapärasest käitumist. Tõenäoliselt on see tulenenud katseanumate liigsest vappumisest kaalumisprotseduuri vältel. See hüpotees kirjeldab grupp 8 katsekehade massilangust iseloomustaval joonisel nähtavat (Joonis 4.12).



Joonis 4.12. Grupp 8 katsekehade käitumine veeauru läbilaskvuse katse vältel

Joonise 4.12 kõverate vaatlemisel jääb mulje, et grupp 8 katsekehad 1 ja 2 märgusid katseanuma loksutamise tagajärjel katse alguses. KNO_3 sattumisel katsekeha pinnale imendus see katsekehasse ning toimus kiirem kuivamine. Ajateljel (telg x) edasi liikudes hakkab ööpäevane massilangus stabiliseeruma.

Eelpool kirjeldatu ei iseloomusta aga hästi grupi 2 5. katsekeha massilangust (Joonis 4.13).



Joonis 4.13. Grupp 2 katsekehade käitumine veeauru läbilaskvuse katse vältel

Grupp 2 5. katsekeha teistest suurema ööpäevase massi vähenemise põhjuseks võib olla puudulikult hermetiseeritud perimeeter või ebatasasused vormirõnga ja otsakorgi kontaktpindade vahel. Puuduliku hermetiseerituse tõttu sai ööpäevas auruda katseanuma põhjast suurem hulk vedelikku. Pole välistatud ka katseanuma korduv loksumine katse käigus. Tabelis 4.14 on toodud katsekehasid läbinud veeauru hulk ning kiirus (g/h). Punasega on tähistatud väärtused, mida ei saa pidada usaldusväärseks ning need jäid arvutustest välja.

Tabel 4.14. Katsekehasid läbinud veeaur

Katsekeha	Läbinud veeaur		Veeauru läbilaskvus		Katsekeha	Läbinud veeaur		Veeauru läbilaskvus	
	g	g	g/h	g/h		g	g	g/h	g/h
1-1	12.508		0.104		5-1	10.2		0.085	
1-2	14.016		0.117		5-2	9.671		0.081	
1-3	15.38		0.128		5-3	9.162		0.076	
1-4	15.021		0.125		5-4	11.534		0.096	
1-5	16.637	14.7124	0.139	0.123	5-5	8.577	9.8288	0.071	0.082
2-1	14.556		0.121		6-1	13.901		0.116	
2-2	13.057		0.109		6-2	13.928		0.116	
2-3	18.723		0.156		6-3	12.171		0.101	
2-4	19.23		0.160		6-4	16.056		0.134	
2-5	46.51	13.8065	0.388	0.115	6-5	11.69	12.9225	0.097	0.113
3-1	12.36		0.103		7-1	10.334		0.086	
3-2	13.082		0.109		7-2	11.493		0.096	
3-3	12.967		0.108		7-3	10.771		0.090	
3-4	14.813		0.123		7-4	10.36		0.086	
3-5	11.253	12.895	0.094	0.107	7-5	10.181	10.6278	0.085	0.089
4-1	11.614		0.097		8-1	22.614		0.188	
4-2	11.768		0.098		8-2	36.021		0.300	
4-3	12.188		0.102		8-3	11.187		0.093	
4-4	11.57		0.096		8-4	10.81		0.090	
4-5	11.127	11.6534	0.093	0.097	8-5	10.365	10.7873333	0.086	0.090

Arvutuskäiku on läbi rehkendatud grupp 1 katsekeha 1 kaalumistulemuste põhjal vastavalt standardi EVS-EN ISO 12572:2016 metoodikale.

Keha massimuut aja suhtes on leitav valemiga

$$\Delta m_{12} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} = \frac{701,46 \cdot 10^{-3} - 703,83 \cdot 10^{-3}}{86\,400 - 0} = 2,75 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}$$

Kuna tegemist on katsekeha läbinud veeauru koguse muuduga, on kasutatud absoluutväärtust. Analoogselt järgnevate järjestikuste kaalumistulemuste põhjal tehtud arvutuste tulemused on järgmised:

$$\Delta m_{23} = 2,62 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s};$$

$$\Delta m_{34} = 2,54 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s};$$

$$\Delta m_{45} = 2,66 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}.$$

Massimuutudest arvutatakse nende aritmeetiline keskmine G.

$$G = 2,67 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}.$$

Saadud tulemuse põhjal arvutatakse veeauru intensiivsus g (kg/s·m²) valemiga:

$$g = \frac{G}{A} = \frac{2,67 \cdot 10^{-8}}{0,0073} = 3,66 \cdot 10^{-6} \text{ kg / (s} \cdot \text{m}^2\text{)}.$$

Veeauru juhtivuse W leidmiseks kasutatakse valemit:

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p} = \frac{3,66 \cdot 10^{-6}}{0,0073 \cdot 1207} = 4,16 \cdot 10^{-9} \text{ kg / (m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa)}$$

Δp on standardis EVS-EN ISO 12572:2016 etteantud rõhk. Antud juhul $\Delta p=1207\text{Pa}$.

Veeaurutakistuse Z leidmiseks kasutatakse valemit:

$$Z = \frac{1}{W} = \frac{1}{4,16 \cdot 10^{-9}} = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}{\text{kg}}$$

Selle põhjal saab määrata veeauru läbilaskvuse katsekeha kohta valemiga:

$$\delta = W * d = 2,4 \cdot 10^8 \cdot 0,0217 = 52,11 \text{ ng(m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa)}$$

Difusioonitakistuskonstant μ leitakse valemiga:

$$\mu = \frac{\delta_{air}}{\delta} = \frac{188}{52,11} = 3,61$$

Viimasena on võimalik arvutada katsekeha iseloomustav aurutakistus S_d valemiga:

$$s_d = \mu \cdot d = 3,61 \cdot 0,0217 = 0,078m$$

Kõikide katsekehade arvutustulemused on esitatud tabelis 4.15.

Tabel 4.15. Katsekehade arvatud parameetrid

	A	G	g	W	Z	δ	μ		Sd				
	m ² (10 ⁻³)	kg/s (10 ⁻⁸)	kg/(sm ²) (10 ⁻⁵)	kg/(m ² sPa) (10 ⁻⁹)	m ² sPa/kg (10 ⁻³)		ng/ (msPa)	-	-	m [□]			
1-1	7.28	2.67	3.66	4.16	2.40	1.94	52.11	3.61	4.57	0.08	0.10		
1-2	7.12	3.00	4.22	4.91	2.04		44.17	4.26		0.09			
1-3	7.07	3.18	4.49	5.26	1.90		41.23	4.56		0.10			
1-4	7.00	3.15	4.50	5.32	1.88		40.77	4.61		0.10			
1-5	7.11	4.09	5.75	6.69	1.49		32.43	5.80		0.13			
2-1	7.02	3.02	4.30	5.07	1.97	1.74	42.81	4.39	5.09	0.10	0.11		
2-2	7.04	2.92	4.15	4.88	2.05		44.44	4.23		0.09			
2-3	7.03	3.97	5.65	6.66	1.50		32.60	5.77		0.13			
2-4	7.05	4.13	5.86	6.89	1.45		31.50	5.97		0.13			
2-5													
3-1	7.64	2.56	3.35	3.64	2.75	2.56	59.66	3.15	3.40	0.07	0.07		
3-2	7.66	2.76	3.61	3.90	2.56		55.57	3.38		0.07			
3-3	7.49	2.75	3.67	4.06	2.46		53.40	3.52		0.08			
3-4	7.57	3.10	4.09	4.48	2.23		48.46	3.88		0.08			
3-5	7.48	2.40	3.20	3.55	2.82		61.10	3.08		0.07			
4-1	7.48	2.48	3.31	3.67	2.72	2.75	59.10	3.18	3.15	0.07	0.07		
4-2	7.57	2.55	3.37	3.69	2.71		58.84	3.20		0.07			
4-3	7.58	2.59	3.42	3.74	2.68		58.07	3.24		0.07			
4-4	7.59	2.47	3.25	3.55	2.82		61.20	3.07		0.07			
4-5	7.50	2.39	3.19	3.52	2.84		61.57	3.05		0.07			
5-1	6.61	2.17	3.29	4.12	2.43	2.68	52.73	3.57	3.26	0.08	0.07		
5-2	6.82	2.08	3.06	3.72	2.69		58.38	3.22		0.07			
5-3	6.69	2.00	2.99	3.71	2.70		58.56	3.21		0.07			
5-4	6.92	2.36	3.41	4.08	2.45		53.14	3.54		0.08			
5-5	6.92	1.86	2.69	3.22	3.11		67.45	2.79		0.06			
6-1	7.46	3.03	4.07	4.52	2.21	2.30	48.05	3.91	3.80	0.08	0.08		
6-2	7.28	3.13	4.30	4.89	2.05		44.38	4.24		0.09			
6-3	7.32	2.58	3.53	3.99	2.51		54.40	3.46		0.07			
6-4	7.36	3.08	4.18	4.70	2.13		46.12	4.08		0.09			
6-5	7.29	2.46	3.37	3.83	2.61		56.61	3.32		0.07			
7-1	7.34	2.22	3.02	3.41	2.93	2.86	63.61	2.96	3.03	0.06	0.07		
7-2	7.33	2.42	3.30	3.73	2.68		58.25	3.23		0.07			
7-3	7.44	2.31	3.11	3.46	2.89		62.70	3.00		0.07			
7-4	7.31	2.23	3.05	3.46	2.89		62.72	3.00		0.07			
7-5	7.25	2.18	3.00	3.43	2.91		63.20	2.97		0.06			
8-1	7.90	3.84	4.86	5.10	1.96	2.94	42.54	4.42	3.10	0.10	0.07		
8-2													
8-3	7.86	2.38	3.03	3.19	3.13		68.02	2.76		0.06			
8-4	7.87	2.29	2.91	3.06	3.26		70.81	2.65		0.06			
8-5	7.94	2.25	2.83	2.95	3.39		73.52	2.56		0.06			

Katse tulemusena tõdeti, materjal on hea difusioonivõimega - $\mu=3-5$ on gruppide 1 (kortsutatud kontoripaber) ja 2 (kortsutatud raamatupaber) puhul on difusioonitakistustegur vastavalt $\mu=4,57$ ja $\mu=5,09$ ning krohvikihi aurutakistus $S_d=0,10-0,11$ m. (Tabel 4.8). Gruppide 3 (paberihundiga purustatud kontoripaber), 4 (paberihundiga purustatud raamatupaber), 5 (kortsutatud reklaampaber), 7 (oma purustiga purustatud reklaampaber) ja 8 (oma purustiga purustatud raamatupaber) puhul $\mu=3,03-3,40$ ning $S_d=0,07$ m.

Gruppide 1 ja 5 katseanumatest väljakuivanud vedeliku koguste massivahe oli 2,62g. Tabelist 4.14 on näha, et osad (2.3, 2.4, 2.5, 6.4, 8.1 ja 8.2) katsekehad käituvad arusaamatult ning et katseanumast aurustuva vee mass on grupp 2 5. katsekeha puhul ligi 3 korda suurem kui grupi teistel katsekehadel. Kuid ka nende väärtuste mitteamistamisel keskmiste arvutamisel katsekehade paremusjärjestus ei muutu.

5. ARUTELU

5.1 Paberipurusti

Töö raames valminud purusti disainimisel lähtus autor paberitööstuses (näiteks Röpina paberivabrik) kasutatavast metoodikast ning taaskasutaja mõttelaadist. Röpina paberivabrikus vanapaber esmalt purustatakse paberiveskis, seejärel eemaldatakse võõrised ning suunatakse suurde anumasse, kus see seguneb veega. Massi segatakse aeglaselt kuni paberikiud üksteisest eralduvad.

Kuigi paberipurusti töötas hästi, tuleks selle töö parandamiseks muuta seadme korpus hermeetilisemaks, samal ajal jättes lihtsaks seadme regulaarse hoolduse. Eeskätt vajab hooldust seadme tööorgan, mille terastrosside kiud kippusid murduma.

5.2 Krohvi valmistamine

Käesoleva magistritöö raames uuritud paberkroovid valmistati kasutades sideainena klišitrit (tärglis ja vesi). Kirjanduses on palju räägitud ka metüülselluloosi kasutamisest. Mõlemad on sobivad sideained. Erinevus väljendub kasutatavates kogustes.

Paberimassi töötlemiseks kasutati kolme meetodit:

1. Kortsutamine
2. Paberihunt
3. Oma valmistatud purusti

Toormena kasutati järgmist liiki pabereid:

1. Kontoripaber (kasutatud A4)
2. Raamatupaber (ENSV aegne kirjandus)
3. Reklaampaber
4. Ajalehepaber

Ajalehepaberi otsustas autor töösse kaasata olemasolevate katsevahendite optimaalseks kasutamiseks.

Kokku valmistati 50 katsekeha. Kõikidest paberiliikidest (va. ajalehepaber) valmistati igal meetodil 5 katsekeha (kokku 45) ja lisaks 5 oma valmistatud purustiga töödeldud ajalehtedest katsekeha.

Töö tarbeks valmistatud purusti toimis hästi. Seadme valmistamiseks kasutas autor valdavalt taaskasutatud materjale. Seadme tööpõhimõtte valimisel lähtus autor tootmises levinud meetoditest. Antud seadme edasiarendamisel tuleb tagada masina korpuse parem hermeetilisus. Samas peab olema tagatud võimalus seadme regulaarseks teenindamiseks, kuna tööorgani trossikiud kipuvad murduma.

Samas näitavad katseandmed, et parimaks tootmismeetodiks niiskustehniliste parameetrite osas kujunes paberi kortsutamine, selle leotamine (vähemalt 24h) ning seejärel sõrmedega purustamine. Võib oletada, et siinkohal mängib rolli tselluloosi kiu pikkus. Andmete põhjal oli teiseks parimaks meetodiks oma valmistatud purusti.

Käesolevas töös on arutletud võimaluste üle paberikrohvi toota kas koduses majapidamises iseseisvalt tekkinud jääke ära kasutades või väiketootmisena.

Tarbija valikud on :

- 1) korjata majapidamises ülejäävat paberit ja kortsutada ning leotada – vajab kõige vähem kulutusi ning kõige rohkem käsitsitööd;
- 2) koguda paberit ja purustada seda paberihundis või purusti abiga, mida võib näiteks laenutada;
- 3) osta purustatud paberimassi, mida tuleb vaid leotada, kurnata ning lisada liim

Kõige mugavam ja vähemat käsitsitööd nõuab purustiga valmistatud kuivast paberimassist krohvi kokku segamine. Kuna märjana kipub segu rikkema, on säilitamine võimalik ainult kuivas olekus.

Üks Postimees kaalub umbes 120 g ja üks 500-lehega kontoripaberi pakk (80 g/m²) kaalub 2,5kg. Niimoodi võib ühe ruutmeetri krohvi 2 cm paksuse katmiseks kuluda 16...17 keskmist ajalehte „Postimees“ või umbes 1 pakk kontoripaberit.

Ehituspood Decora müüb 15kg kotti tselluvilla hinnaga 10,98€. Ka tselluvilla on võimalik liimi lisamisel paberikrohvi tootmiseks kasutada.

K-Rauta kodulehelt on leitav, et 1m² suuruse seinapinna katmiseks 1cm paksuse savikrohvi kihiga kulub umbkaudu 20kg savikrohvi. 25kg koti savikrohvi hinnaks on 6,29€. Orienteeruvalt on 1m² pinna katmiseks 1cm paksuse paberikrohvi kihiga tarvis 1,5...2 kg paberimassi, 200 g kliistrit ja 10 l vett (Reiljan, 2016).

Paberi taaskasutamisel on paberikrohvi tootmise hind nullilähedane. Lisaks on tarinditele avaldub koormus ligi 10 korda väiksem (tihedus 150-300 kg/m³) kui näiteks savikrohvi (tihedus 1800-1900 kg/m³ puhul).

Täiendavat uurimist nõuab õhu kvaliteet kahjulike ühendite osas paberikrohviga krohvitud ruumides. Kuna paberikrohvi valmistamise levinud praktikas ei pöörata paberi trükitindist puhastamisele üldse tähelepanu ja trükitindis leidub organismidele ohtlikke aineid, võib paberikrohvi kasutamine mõjutada inimeste tervist. Samas vabaneb lendavaid orgaanilisi ühendeid ka teistest ehitusmaterjalidest. Autor soovib paberikrohvi viimistlusmaterjalina kasutada hästi ventileeritud ruumides (*United States Environmental Protection Agency*).

Kuna ka vettinud paberi käsitsi peenestamine osutus võrdlemisi ajamahukaks, soovitatakse kasutada suuremate koguste valmistamiseks seguvisplit või segumasinat (Reiljan, K. 2016).

5.3 Katsekehade käitumine ning toote niiskustehnilised omadused

Katsete läbiviimine suure hulga erinevatest paberitüüpidest ja erineval viisil valmistatud katsekehadega on keerukas, ning sellega kaasnevad probleemid. Sorptsioonikatse alguses oli oluline saavutada nullilähedane niiskus katsekehades, kuid tänu paberikrohvide headele sorptsiooniomadustule hakkab niiskus neis keskkonna parameetrite muutumisel kiirelt muutuma. Kuivatuskapist välja võttes tõsteti katsekehad kiirelt karpi, mille põhjas oli anum kuivatusainega. Seejärel võeti katsekehad karbist ning kaaluti ükshaaval. Siiski pole see meetod täiuslik. Katsekehade suur hulk tähendab, et karpi, kuivatuskappi ja kliimakambrit tuli 50 korda avada. Seetõttu ei saa pidada keskkonna tingimusi konstantseteks. Otstarbekam on katseid läbi viia vähema katsekehade arvuga – vähem krohviliike korraga.

Lisaks mõjutab katsekehade käitumist täiendava niiskuse nende sattumine (RH 95% juures sorptsioonikatsetel) ja nende perimeetri puudulik hermetiseeritus veeauru läbilaskvuse katsetel. Katseandmete põhjal võib järeldada ka seda, et veeauru läbilaskvuse katse tarvis tehtavate kaalumiste jaoks tuleb varuda rohkem aega – kiirustades võivad katseanumad rappuda, vedelik sattuda katsekehadesse ning seeläbi kiireneb KNO³ vesilahuse välja kuivamine katseanumast.

Katsekehade suur hulk andis võimaluse ebakorrapäraseid katsetulemused kõrvale jätta ning olemasolevate andmete põhjal oli võimalik siiski järeldusteni jõuda.

Käesoleva magistritöö andmete põhjal tõdeti, et kõige paremate niiskustehniliste omadustega paberkrohvi saab valmistada kontori- või raamatupaberist. Krohvi valmistamisel tuleb silmas pidada, et tootmiseks kasutatava paberi kvaliteedist sõltuvad ka paberkrohvi niiskustehnilised omadused.

Juba lõputöö tarbeks läbi viidud katsete algstaadiumites tõdeti, et parimad füüsilised omadused olid grupp 8 katsekehadel, mis olid valmistatud oma purustiga purustatud raamatupaberist. Nende katsekehade mahukahanemine oli kuivamisel kõige väiksem. Kuigi paberkrohvi pinda on üpris lihtne parandada, väiksemate probleemide puhul (näiteks mõra) piisab pinna niisutamisest ja käega silumisest, on kujupüsivus ülioluline. Vanadest raamatutest saab autori hinnangul ka kõige intrigeerivama välimusega viimistlusmaterjali.

Lisaks võib öelda, et reklaampaberist ei saa sama heade niiskustehniliste ja füüsiliste omadustega viimistlusmaterjali, kuna sellest toormaterjalist valmistatud katsekehad said läbivalt kõigis katsetes kõige kehvemaid tulemusi. Kuna mahukahanemised reklaampaberist toodetud katsekehadel olid kõige suuremad, siis on oht, et selle materjaliga viimistletud seinte pindadele tekivad mõrad või eraldub materjal kuivamisel seina küljest.

2018. aastal Maia- Liisa Teearu poolt kaitstud magistritöös keskenduti põhjalikumalt paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramisele. Töös kasutati 26 katsekeha, mis olid valmistatud samal moel, kuid varieerus sideaine kogus (kasutati metüülselluloosi). Töö käigus tõdeti, et suurem liimaine kogus mõjutab krohvisegu niiskustehnilisi omadusi. Samas on tööst võimalik välja lugeda antud tööga sarnane paberiliikide järjestus (Tearu, 2018).

Difusiooniomadustelt on kõigi gruppide kokkuvõttes $\mu=3,03-3,40$ ning $S_d=0,07-0,11$ m. Kui vaadelda kogu seina difusiooniarvutust, on sisemise krohvi kihid reeglina marginaalse mõjuga.

Tabel 5.1. Ehitusmaterjale iseloomustavad näitajad (ET-2 0404-0764)

Materjal	Difusioonitakistuskonstant μ -	Tavaline kihipaksus s [m]	Aurutakistus $S_d = \mu s$ [m]	λ [W/(mK)]
Betoon	30	0,2	6	2,1
Tellis	6–12	0,24	1,4–2,9	1
Poorbetoon	6–10	0,24	1,44–2,4	0,12
Aeroc	4,6	0,375	2,25–3,8	0,09
Fibo	6	0,25	1,5	0,29
Klinker	380–470	0,03	1–1,4	0,8
Mineraalne viimistlus krohv	9,5	0,002	0,02	0,9
Lubikrohv	11	0,025	0,3	0,87
Tsementkrohv	19	0,025	0,5	1,4
Polümeerikrohv	140	0,002	0,3	0,7
Kuusepuit	40	0,025	1,0	0,13
Vahtpolüstüreen välisseinas	15–40	0,15	2,3–6	0,04
Mineraalvill	1	0,15	0,15	0,04
Õlivärv	20 000– 27 000	0,000015	0,3–0,5	0,7
Silikaatvärv	300	0,0004	0,12	0,7
Difuusne dispersioonvärv	800	0,0004	0,32	0,7

Tabeli 5.1 andmeid võrreldes katses kasutatud paberikrohvide omadega võib tõdeda, et difusioonikonstant μ on väiksem vaid mineraalvillal (1) ning aurutakistus S_d on katses kasutatud paberikrohvidel väiksem kui teistel ehitusmaterjalidel, mille andmed on ET-2 0404-0764 kaardil toodud.

Erinvate gruppide puhul saadi küll erinevad tulemused sorptsiooni ja niiskuspuhverduse osas, mis annab ülevaate nii tootmise kui paberi liigi mõju kohta. Samas on tulemused piisavalt ühtlased, et tarbija võib oma otsused teha ka paremini kättesaadava või tehniliselt mugavama lahenduse osas. Kuigi ka teised faktorid (nt. sideaine hulk ja tootmisviis) mõjutavad paberikrohvi kvalitatiivseid näitajaid, võib öelda, et olulisimaks faktoriks paberikrohvi niiskustehniliste omaduste kujunemisel on selle tootmiseks kasutatava vanapaberi liik. Paberi tootmisel lisatakse taaskasutatud paberile värsket tselluloosikiudu. Kontsentratsioon sõltub valmistatava toote soovitatavatest omadustest. Katsetulemuste põhjal võib öelda, et paremate niiskustehniliste omadustega paberikrohvi saab paberist, mille valmistamiseks on kasutatud kõige rohkem värsket tselluloosikiudu. Kontoripaberi kvaliteedile eritatavad nõuded on suuremad ning sellest saab valmistada parimate omadustega paberikrohvi.

Töö autor peab vajalikuks paberikrohviga viimistletud ruumide keemilise õhukvaliteeti uurimist, kuid antud töös seda ei uuritud. Keith Allikvee uurib oma 2019. aastal kaitstavas bakalaureusetöös paberikrohvi valmistamisel tekkiva reovee keemilist koostist.

KOKKUVÕTE

Töö käigus uuriti erinevatel viisidel ning erinevat liiki paberijäätmetest toodetud paberkrohvide niiskustehnilisi omadusi. Katsete läbiviimiseks kasutati nii praktikas levinud meetoditel valmistatud kui ka töö autori enda valmistatud purustusseadme abil töödeldud paberist valmistatud katsekehasid. Kui 2018. aastal Maia-Liisa Teearu poolt kaitstud magistritöös keskenduti eeskätt paberkrohvide niiskustehniliste omaduste määramisele sõltuvalt paberi liigist, siis võttis käesoleva töö autor vaatluse alla erinevate tootmisviiside mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele.

Uuritud katsekehad valmistati paberimassist, mis oli eelnevalt kortsutatud, purustatud paberihundiga või oma valmistatud purustiga. Erinevatel viisidel töödeldud paberimass jäeti ööpäevaks likku ning seejärel peenestati käsitsi (va oma purustiga töödeldud paber). Üheks oma valmistatu purustiga purustatud paberi eeliseks võib pidada asjaolu, et see ei vajanud täiendavat käsitsi töötlemist.

Katsekehad valmistati kontori-, raamatu- ja reklaampaberist. Kolmel eri viisil töödeldes saadi kolmest eri liiki paberist 9 gruppi. Kõikide gruppide koosseisus oli 5 katsekeha (kokku 45). Lisaks kaasas töö autor ajalehepaberi, mida töötles oma purustiga (5 katsekeha). Täiendava paberiliigi uurimise otsus tulenes asjaolust, et kuivatuskapi maksimaalne mahutavus on 50 katsekeha.

Katsekehade valmistamisel kasutati kliistrit ning kõik katsekehad valmistati sama retsepti järgi (50g tärklist 1l vee kohta). Praktikas on levinud ka metüülselluloosi kasutamine. Antud tööks kasutatud sideaine hoidis katsekahasid hästi koos ning selle valmistamine on lihtne ja odav.

Autori käepärastest vahenditest valmistatud purustusseade töötas hästi, kuid tulenevalt paberi iseärasustest ei osutunud selle seadmega töödeldud paberimassist valmistatud katsekehade tulemused parimateks – saavutati ajavõit, kuid ohverdati (küll marginaalsel määral) materjali niiskustehniliste omaduste arvelt. Parimad niiskustehnilised omadused väljendusid katsekehadel, mis olid valmistatud kortsutatud paberist (soodustab paberi niiskumist) ning kirjanduse põhjal võib oletada, et see asjaolu on seotud paberi moodustavate tselluloosikiudude pikkusega.

Töö käigus tõdeti, et tootmisviisist suuremat rolli mängis katseandmete põhjal paberi liik. Parimaid niiskustehnilisi omadusi näitasid katseandmete põhjal katsekehad, mis olid valmistatud

kontoripaberist. Järgnesid vastavalt raamatupaber, ajaleht ja reklaampaber. Kuivõrd niiskustehniliste omaduste erinevused on küllaltki väikesed,

Trükitintide valmistamiseks kasutatakse toksilisi pigmente. Kuigi inimkonna teadlikuse kasvades on üha enam terviseriske tuvastama hakatud, on paberkrohviga töödeldud ruumide õhukvaliteet täiendavat uurimist vajav. Paberkrohvi tootmisel üldlevinud praktikas trükitindi eemaldamisega ei tegeleta. Kuigi ka teistest ehitusmaterjalidest eraldub lenduvaid orgaanilisi ühendeid ja muid ohtlikke kemikaale, peab autor oluliseks nende kontsentratsiooni vähendamist elu- ja tööruumides. Kirjandusandmetele tuginedes on alust arvata, et paberkrohvi eelpool toodud soovi ei toeta. Antud valdkond vajab põhjalikumat uurimist.

Paberi taaskasutamisele keskenduvates tootmistehastes tegeletakse trükitindi eemaldamisega. Paberkrohvi ja ka tselluvilla tootmisel seda ei tehta. Materjalide taaskasutamise seisukohast on mõistlik eelistada professionaalsemat meetodit.

SUMMARY

In the course of the work, the moisture properties of paper plasters produced in different ways and from different types of paper waste were studied. The experiments were carried out using test specimens made of paper that was prepared using both the methods of practice and the crusher produced by the author himself. While the master's thesis, which was protected by Maia-Liisa Teearu in 2018, focused primarily on determining the moisture properties of paper plasters, the author of the present paper examined the impact of different production methods on the technical properties of paper plaster.

The test specimens were made from a pulp that was crumpled, crushed with a paper mill, or crusher made by the author himself. The pulp processed in different ways was left to be soaked for 24 hours and then pulverized manually. One of the advantages of self-made crushed paper is that it did not require additional manual processing.

The test pieces were made from office, book and advertising paper. In three different ways, 9 groups of three different types of paper are obtained. All groups consisted of 5 test pieces (45 in total). In addition, the author of the work included newsprint, which he processed with his crusher (5 pieces). The decision to investigate the additional paper type was due to the fact that the maximum capacity of the drying cabinet is 50 test pieces.

Test specimens were prepared using a clot and all specimens were prepared using the same recipe (50g of starch per 1L of water). In practice, the use of methyl cellulose is also common. The binder used for this work kept the test tubes well together and is easy and inexpensive to manufacture.

The author's hand-made crushing device worked well, but due to the peculiarities of the paper, the results of the test-piece made from the pulp processed by this device did not prove to be the best - time was achieved, but the material was sacrificed at the expense of the moisture technical properties. The best moisture technical properties were expressed on test pieces made of crumpled paper (wrinkling promotes paper humidity) and the literature suggests that this is related to the length of the pulp fibers forming the paper.

The paper type played a larger role than the production method on the basis of experimental data. On the basis of experimental data, the test pieces made of office paper showed the best moisture performance properties. They were followed by book paper, newspaper and advertising paper. Colored inks are produced using toxic pigments. Although there is an increasing awareness of health risks as humanity becomes more aware, the air quality of paper-treated rooms needs further research. In general practice, the printing ink is not removed in the production of paper plaster. Although volatile organic compounds and other hazardous chemicals are also released from other building materials, the author considers it important to reduce their concentration in living and working spaces. Based on the literary data, there is reason to believe that paper plaster does not support the above-mentioned desire.

The paper recycling mills focus on removing printing ink from paper. This is not the case in the production of paper and cellulose wool. From a material recovery point of view, it is wise to prefer a more professional method.

As modern printing inks are healthier and there are minimal toxins in black ink, office paper can be considered the best choice regarding health. However, the author recommends using paper as a finishing material in well-ventilated areas.

KASUTATUD KIRJANDUS

Altmäe, E. (2017). Savikrohvi niiskustehiliste omaduste määramine: erinevate savide mõju sorptsioonile ja veeauru läbilaskvusele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Säästva tehnoloogia õppetool. Tartu: TTÜ. 67lk.

Asaff, B. (2017). „Truth about recycled paper“. Kättesaadav: https://greenliving.lovetoknow.com/Truth_About_Recycled_Paper (23.05.19).

Eesti Keskkonnateenused. Toetused. Kättesaadav: <http://www.keskkonnateenused.ee/ettev%C3%B5ttest/hanked-ja-toetused/> (23.05.19).

Eesti Vanapaber OÜ koduleht. Kättesaadav: <http://em.ee/?op=body&id=181> (23.05.19).

EVS-EN ISO 12570:2013 Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of moisture content by drying at elevated temperature. Eesti Standardikeskus"

EVS-EN ISO 12571:2013 Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of hygroscopic sorption properties. Eesti Standardikeskus."

EVS-EN ISO 12572:2016. Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties – Cup Method. Eesti Standardikeskus."

inConfidence, (2016). How do paper shredding machines work. Kättesaadav: <https://www.inconfidence.com.au/blog/how-do-paper-shredding-machines-work/> (23.05.19).

Janssen, H., Roels, S. (2009). Qualitative and quantitative assessment of interior moisture buffering by enclosures. *Energy and Buildings*41, lk 382...394.

Jansson, A., Nafari, A., Olsson, E. (2013). Novel method for controlled wetting of materials in the environmental scanning electron microscope. Kättesaadav: <https://www.semanticscholar.org/paper/Novel-method-for-controlled-wetting-of-materials-in-Jansson-Nafari/63ed742df6f6a67eb09f860e8d60453c40967eba/figure/4> (23.05.19).

Keskkonna Investeeringute Keskus. Toetatavad tegevused. Jäätmete ringlussevõtt ja korduskasutuseks ettevalmistamine. Kättesaadav: <https://www.kik.ee/et/toetatav-tegevus/jaatmete-ringlussevott-ja-korduskasutuseks-ettevalmistamine> (23.05.19).

Kuusk, K. (2016). Iru elektrijaama jäätmepeletusjaamas toodeti rekordiline kogus elektrit ja soojust. Eesti Energia koduleht. Kättesaadav: <https://www.energia.ee/uudised/avaleht/-/newsv2/2016/12/30/iru-elektrijaama-jaatmepoletusjaamas-toodeti-rekordiline-kogus-elektrit-ja-soojust> (23.05.19).

LabWrench koduleht. Memmert UFB-500 tooteinfo. Kättesaadav: <http://www.labwrench.com/?equipment.view/equipmentNo/7501/Memmert/UFB-500/> (23.05.19).

LIDEM Construcciones Mecánicas S.L. koduleht. Kättesaadav: <https://www.lidem.com/ing/compact-shredding-mill-for-paper-and-documents/> (23.05.19).

Masso, T. (2012). Ehitusfüüsika ABC. Soojus, niiskus, müra. Tallinn: Ehitame kirjastus, 172 lk.

Metslang, J. 2012. Vana maamaja käsiraamat. Tallinn: Tammeraamat. 296 lk.

Paper Recycling Coalition, Inc. koduleht. Kättesaadav: <https://www.paperrecyclingcoalition.com/policyissues/how-recycling-paper-fights-global-warming/> (23.05.19).

Paper thought time koduleht. Kättesaadav: <http://paper.lib.uiowa.edu/future.php> (23.05.19).

Papp ja Paber. Keskkonnaministeerium. Kättesaadav: https://www.envir.ee/sites/default/files/huivitavid_fakte_paber_ja_papp_0.pdf (23.05.19).

PENOSIL Premium Universal Silicone toimivusdeklaratsioon. Kättesaadav: <https://penosil.com/et/silikoonid/6-penosil-premium-universal-silicone-2122.html> (23.05.19).

Pere, R. (2008). Looduslikud ehitusmaterjalid. Seinad, põrand, katused ja siseviimistlus. Tallinn: AS Ajakirjade Kirjastus. 96 lk.

Powder and bulk solids. „Hammer Mill Designed for High Throughput in Small Footprint“
Kättesaadav: <https://www.powderbulksolids.com/article/Hammer-Mill-Designed-for-High-Throughput-in-Small-Footprint-04-27-2018> (23.05.19).

Pratt Center for Sustainable Design Strategies koduleht. „Paper: life cycle“. Kättesaadav:
<http://csds.pratt.edu/resource-center/materials-research/material-life-cycles/paper/> (23.05.19).

Priilinn, K. (2007). Paberkrohv aitab heli summutada. Äripäev. Kättesaadav:
<https://www.aripaev.ee/uudised/2007/08/14/paberkrohv-aitab-heli-summutada> (23.05.19).

Pulp and Paper Technology. (2017). Paper recycling: Current problems and solutions. Kättesaadav:
<http://blog.pulpandpaper-technology.com/paper-recycling-current-problems-solutions/>
(23.05.19).

Radu, A; Barreira, E; Saber, H; Hens, H; Vinha, J; Vasilache, M; Bomberg, M; Koronthalyova, O;
Matiasovsky, P; Becker, R; Kalamees, T; Peixoto de F, V; Maref, W. Heat, air and moisture transfer
terminology: parameters and concepts. Kättesaadav: [https://nrc-
publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=f26e4a1a-2068-4f51-a60e-bedf6fee8f01](https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=f26e4a1a-2068-4f51-a60e-bedf6fee8f01)

Ramos, N.M.M., de Freitas, V.P. (2009). Experimental determination of the hygroscopic inertia of
building materials. Porto. Building Research & Information, lk 293-299.

Ramos, N.M.M., Degaldo, J.M.P.Q., de Freitas, V.P.(2010). Influence of finishing coatings on
hygroscopic moisture buffering in building elements. Construction and Building Materials, 24,lk
2590...2597.

Reiljan, K. (2016). „Lustlik paberkrohvimine“. Lääne Elu: Ehitusleht. Kättesaadav:
<https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=leehitusleht20160512.2.2> (23.05.19).

Rode, C. (2005). Moisture Buffering of Building Materials. Department of Civil Engineering,
Technical University of Denmark. 78 lk.

Rouquerol, J., Avnir, D., Fairbridge, C. W., Everett, D. H., Haynes, J. H., Pernicone, N., Ramsay, J. D.
F., Sing, K. S. W., Unger, K. K., (1994). Recommendations for the characterization of porous solids.
Pure & Appl. Chem., vol 66: lk 1739...1758.

Räpina paberivabriku koduleht. Kättesaadav: <http://www.rappin.ee> (23.05.19).

SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus, Säästva Eesti instituut. Eestis tekkinud segaolmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ja pakendijäätmete ning elektroonikaromu koostise uuring. Kättesaadav: <http://eesringlus.ee/wp-content/uploads/2013/02/SEI-sortimisuuring-20131.pdf> (23.05.19).

Skyline Book Binding Machines & GBC Supplies koduleht. Kättesaadav: <https://www.onlineskyline.com/paper-handling/strip-cut-paper-shredders> (23.05.19).

Soosaar, H. (2017). Pinnakatte mõju savikrohi hügrokoopsusele ja veeauru läbilaskvusele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž. Tartu: TTÜ. 80lk.

Statistika andmebaas. „Jäätmete ke jäätmeliigi ja tegevusala järgi“ Kättesaadav: <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=KK68#> (23.05.19).

Tearu, M. L. (2018). Paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramine: sorptsioon, veeauru läbilaskvus ning niiskuspuhverdus-võime (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. 93lk.

United States Environmental Protection Agency koduleht. Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Kättesaadav: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality> (23.05.19).

Vares, O. (2012). Savikrohvi niiskustehniliste omaduste määramine: pinnakatete mõju sorptsioonile ja veeauru läbilaskvusele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Säästva tehnoloogia õppetool. Tartu: TTÜ. 83lk.

Wikipedia. Deinking. Kättesaadav: <https://en.wikipedia.org/wiki/Deinking> (23.05.19).

Wikipedia. Paper recycling. Kättesaadav: https://en.wikipedia.org/wiki/Paper_recycling (23.05.19).

Villavennad OÜ koduleht. Mis on tselluvill?. Kättesaadav: <https://villavennad.ee/mis-on-tselluvill/> (23.05.19).

Wu, Y., Lu, Y., Chou, D. C. (2018). Indoor air quality investigation of a university library based on field measurement and questionnaire survey. Kättesaadav: <https://academic.oup.com/ijlct/article/13/2/148/4907958> (23.05.1

LISAD

Tabel L1 Katsekehade parameetrid

Grupp	Paksus	Keskmine paksus	Diameeter	Keskmine diameeter	Mass	Keskmine mass	Sorptsioon i katse pakendi kaal	Grupp	Paksus	Keskmine paksus	Diameeter	Keskmine diameeter	Mass	Keskmine mass	Sorptsiooni katse pakendi kaal
	mm	mm	mm	mm	g	g	g		mm	mm	mm	mm	g	g	g
1-1	22.47	21.93	96.30	95.19	57.24	53.95	30.18	6-1	20.33	21.96	97.47	96.69	46.81	50.37	30.31
1-2	23.20		95.20		57.00		28.53	6-2	22.03		96.27		49.29		32.40
1-3	21.13		94.90		51.53		31.78	6-3	24.07		96.57		53.62		33.08
1-4	21.57		94.40		50.92		36.73	6-4	20.67		96.80		49.31		33.57
1-5	21.30		95.17		53.08		34.34	6-5	22.70		96.37		52.82		38.72
2-1	24.80	24.02	94.57	94.71	56.93	56.93	33.80	7-1	21.23	21.12	96.67	96.63	55.16	53.05	32.87
2-2	23.13		94.70		56.87		33.98	7-2	20.93		96.63		51.41		33.13
2-3	24.07		94.60		56.93		33.24	7-3	20.47		97.33		52.09		37.02
2-4	23.07		94.73		54.43		33.91	7-4	21.03		96.47		53.95		32.42
2-5	25.03		94.97		59.51		33.16	7-5	21.93		96.07		52.64		36.95
3-1	23.60	23.65	98.60	98.15	51.69	52.07	29.18	8-1	23.13	23.81	100.30	100.21	48.97	49.35	27.43
3-2	24.03		98.73		52.90		30.11	8-2	22.97		100.03		47.36		28.87
3-3	22.77		97.67		53.12		30.36	8-3	22.97		100.03		47.78		28.81
3-4	24.07		98.17		51.68		30.26	8-4	24.57		100.10		49.38		30.44
3-5	23.80		97.57		50.96		30.25	8-5	25.43		100.57		53.28		28.45
4-1	22.93	23.33	97.57	98.01	51.70	51.71	33.96	9-1	21.37	22.27	98.47	97.70	39.29	40.07	30.89
4-2	23.70		98.17		52.01		32.33	9-2	20.83		98.30		39.00		36.00
4-3	22.37		98.27		49.97		36.10	9-3	23.07		97.67		41.05		30.11
4-4	23.97		98.33		51.31		33.00	9-4	21.97		97.70		39.67		32.06
4-5	23.67		97.70		53.54		28.87	9-5	24.13		96.37		41.36		30.89
5-1	19.60	19.67	91.77	92.99	54.59	53.39	30.31	10-1	20.60	20.65	93.90	93.79	54.71	53.77	33.01
5-2	19.77		93.17		51.79		36.74	10-2	20.73		94.53		55.51		36.10
5-3	19.17		92.30		52.99		37.53	10-3	20.40		91.57		52.16		34.47
5-4	19.23		93.87		53.44		38.75	10-4	21.47		93.70		52.83		32.06
5-5	20.60		93.87		54.14		38.90	10-5	20.03		95.27		53.62		35.55

Tabel L2 Pakendatud katsekehade kaalumistulemused adsorptsioonil RH 0...30% (g)

	11.01.2019	11.01.2019	11.01.2019	12.01.2019	13.01.2019	14.01.2019
	g	g	g	g	g	g
1-1	87.80	87.96	88.06	88.36	88.37	88.37
1-2	87.93	88.23	88.31	88.47	88.43	88.41
1-3	83.77	83.91	83.98	83.99	83.94	83.92
1-4	86.07	86.01	86.09	86.05	85.05	85.86
1-5	87.82	87.99	88.08	88.31	88.31	88.31
2-1	91.05	91.16	91.22	91.37	91.26	91.19
2-2	91.15	91.26	91.31	91.43	91.29	91.21
2-3	90.49	90.62	90.68	90.83	90.71	90.65
2-4	88.62	88.74	88.79	88.88	88.70	88.59
2-5	92.98	93.10	93.17	93.39	93.31	93.27
3-1	81.16	81.29	81.37	81.70	81.74	81.74
3-2	83.29	83.40	83.47	83.76	83.78	83.78
3-3	83.80	83.93	84.00	84.27	84.27	84.26
3-4	82.30	82.47	82.53	82.62	82.56	82.53
3-5	81.48	81.58	81.65	81.81	81.76	81.74
4-1	85.97	86.10	86.18	86.48	86.49	86.49
4-2	84.61	84.72	84.77	84.91	84.84	84.82
4-3	86.37	86.49	86.56	86.72	86.66	86.65
4-4	84.57	84.66	84.71	84.81	84.74	84.71
4-5	82.71	82.85	82.92	83.23	83.26	83.27
5-1	85.08	85.15	85.18	85.36	85.37	85.36
5-2	88.59	88.57	88.54	88.27	87.99	87.85
5-3	90.59	90.58	90.56	90.27	89.97	89.82
5-4	92.26	92.24	92.20	91.85	91.44	91.22
5-5	93.10	93.07	93.03	92.68	92.31	92.12
6-1	77.44	77.52	77.57	77.58	77.48	77.46
6-2	81.95	82.05	82.11	82.11	82.02	81.97
6-3	86.95	87.03	87.07	87.10	86.97	86.93
6-4	83.11	83.19	83.22	83.23	83.09	83.04
6-5	91.75	91.83	91.86	91.84	91.65	91.56
7-1	88.22	88.26	88.28	88.35	88.27	88.24
7-2	84.74	84.81	84.84	84.84	84.70	84.63
7-3	89.30	89.35	89.38	89.42	89.32	89.28
7-4	86.59	86.66	86.71	86.83	86.76	86.72
7-5	89.79	89.86	89.91	90.02	89.93	89.89
8-1	76.71	76.84	76.93	77.34	77.42	77.44
8-2	76.53	76.66	76.75	77.15	77.22	77.25
8-3	76.88	77.01	77.09	77.51	77.59	77.62
8-4	80.04	80.14	80.21	80.57	80.66	80.68
8-5	82.01	82.14	82.24	82.71	82.83	82.87
9-1	70.43	70.53	70.60	70.90	70.94	70.95
9-2	75.18	75.23	75.27	75.50	75.55	75.57
9-3	71.35	71.42	71.47	71.75	71.81	71.83
9-4	71.84	71.89	71.92	72.14	72.21	72.24
9-5	72.38	72.42	72.46	72.62	72.65	72.66
10-1	87.85	87.89	87.91	87.98	87.93	87.90
10-2	91.69	91.71	91.71	91.56	91.33	91.18
10-3	86.74	86.77	86.78	86.77	86.66	86.59
10-4	85.01	85.06	85.08	85.17	85.12	85.09
10-5	89.28	89.31	89.32	89.27	89.09	88.97

Tabel L3 Pakendatud katsekehade kaalumistulemused adsorptsioonil RH 30...50% (g)

	15.01.2019	15.01.2019	15.01.2019	15.01.2019	16.01.2019	16.01.2019	18.01.2019	19.01.2019
	g	g	g	g	g	g	g	g
1-1	88.35	88.62	88.73	88.83	89.22	89.29	89.29	89.29
1-2	88.41	88.70	88.82	88.91	89.27	89.32	89.33	89.34
1-3	83.91	84.22	84.36	84.44	84.71	84.74	84.74	84.75
1-4	85.84	86.11	86.25	86.33	86.63	86.65	86.65	86.66
1-5	88.31	88.56	88.69	88.75	89.10	89.15	89.16	89.16
2-1	91.16	91.37	91.48	91.55	91.93	92.01	92.01	92.01
2-2	91.17	91.40	91.50	91.58	91.94	92.02	92.02	92.02
2-3	90.63	90.87	90.99	91.06	91.43	91.50	91.51	91.51
2-4	88.55	88.75	89.06	88.93	89.28	89.34	89.35	89.34
2-5	93.25	93.47	93.59	93.66	94.07	94.18	94.19	94.19
3-1	81.74	81.94	82.04	82.12	82.49	82.58	82.60	82.60
3-2	83.79	83.97	84.07	84.15	84.53	84.63	84.65	84.65
3-3	84.26	84.47	84.57	84.65	85.03	85.11	85.12	85.12
3-4	82.52	82.76	82.89	82.98	83.32	83.37	83.37	83.37
3-5	81.74	81.93	82.03	82.10	82.47	82.56	82.57	82.57
4-1	86.50	86.69	86.80	86.87	87.23	87.32	87.34	87.33
4-2	84.82	85.02	85.13	85.20	85.56	85.65	85.66	85.66
4-3	86.65	86.85	86.96	87.03	87.37	87.43	87.44	87.45
4-4	84.71	84.90	85.00	85.07	85.43	85.52	85.52	85.53
4-5	83.28	83.47	83.58	83.64	84.03	84.13	84.14	84.15
5-1	85.36	85.50	85.58	85.64	85.96	86.07	86.09	86.10
5-2	87.78	87.91	87.98	88.03	88.30	88.39	88.39	88.39
5-3	89.74	89.89	89.97	90.02	90.29	90.36	90.36	90.36
5-4	91.11	91.26	91.33	91.39	91.65	91.71	91.69	91.68
5-5	92.02	92.16	92.23	92.29	92.56	92.63	92.62	92.61
6-1	77.44	77.65	77.76	77.84	78.11	78.17	78.16	78.16
6-2	81.94	82.16	82.28	82.35	82.67	82.73	82.73	82.73
6-3	86.90	87.12	87.22	87.31	87.67	87.74	87.74	87.75
6-4	83.01	83.19	83.28	83.35	83.70	83.78	83.77	83.78
6-5	91.52	91.70	91.80	91.87	92.24	92.33	92.33	92.34
7-1	88.21	88.37	88.46	88.51	88.86	88.99	89.00	89.02
7-2	84.60	84.77	84.86	84.92	85.24	85.33	85.33	85.32
7-3	89.25	89.40	89.49	89.55	89.88	89.99	89.99	90.02
7-4	86.70	86.85	86.94	87.00	87.35	87.47	87.47	87.49
7-5	89.87	90.01	90.09	90.15	90.51	90.63	90.64	90.65
8-1	77.44	77.63	77.74	77.80	78.20	78.32	78.33	78.34
8-2	77.25	77.43	77.53	77.60	77.99	78.11	78.11	78.12
8-3	77.62	77.80	77.90	77.97	78.36	78.49	78.49	78.51
8-4	80.68	80.86	80.95	81.02	81.43	81.57	81.59	81.60
8-5	82.87	83.04	83.14	83.21	83.66	83.82	83.85	83.87
9-1	70.95	71.13	71.23	71.29	71.66	71.79	71.79	71.81
9-2	75.57	75.73	75.82	75.89	76.26	76.39	76.39	76.41
9-3	71.83	71.99	72.08	72.15	72.54	72.68	72.70	72.71
9-4	72.24	72.38	72.47	72.53	72.92	73.06	73.07	73.09
9-5	72.66	72.82	72.91	72.98	73.38	73.53	73.54	73.56
10-1	87.88	88.02	88.10	88.16	88.51	88.66	88.67	88.70
10-2	91.11	91.24	91.31	91.36	91.69	91.81	91.82	91.84
10-3	86.56	86.68	86.76	86.81	87.14	87.28	87.29	87.30
10-4	85.07	85.20	85.27	85.33	85.67	85.82	85.83	85.86
10-5	88.91	89.04	89.11	89.17	89.50	89.64	89.64	89.65

Tabel L4 Pakendatud katsekehade kaalumistulemused adsorptsioonil RH 50...75% (g)

	19.01.2019	19.01.2019	19.01.2019	20.01.2019	21.01.2019	22.01.2019	23.01.2019	23.01.2019
	g	g	g	g	g	g	g	g
1-1	89.63	89.76	89.86	90.73	90.96	91.02	91.03	91.05
1-2	89.73	89.89	89.98	90.84	91.05	91.10	91.12	91.13
1-3	85.14	85.31	85.40	86.23	86.34	86.37	86.37	86.38
1-4	87.04	87.21	87.31	88.11	88.21	88.24	88.25	88.26
1-5	89.49	89.65	89.73	90.57	90.77	90.81	90.83	90.85
2-1	92.33	92.47	92.56	93.40	93.67	93.74	93.76	93.76
2-2	92.34	92.47	92.54	93.36	93.64	93.71	93.74	93.76
2-3	91.84	91.98	92.06	92.90	93.17	93.23	93.26	93.27
2-4	89.64	89.77	89.84	90.66	90.92	90.99	91.02	91.04
2-5	94.50	94.64	94.72	95.58	95.90	95.99	96.04	96.07
3-1	82.88	83.01	83.07	83.83	84.08	84.00	84.15	84.18
3-2	84.93	85.05	85.13	85.88	86.14	86.06	86.23	86.26
3-3	85.41	85.53	85.61	86.38	86.63	86.55	86.71	86.75
3-4	83.69	83.83	83.92	84.70	84.89	84.77	84.93	84.95
3-5	82.83	82.95	83.03	83.78	84.02	83.94	84.10	84.13
4-1	87.61	87.73	87.81	88.56	88.79	88.83	88.86	88.89
4-2	85.93	86.06	86.14	86.90	87.13	87.17	87.21	87.23
4-3	87.75	87.87	87.96	88.71	88.90	88.92	88.95	88.97
4-4	85.79	85.91	85.98	86.73	86.97	87.01	87.04	87.07
4-5	84.42	84.54	84.61	85.38	85.63	85.69	85.72	85.75
5-1	86.31	86.40	86.47	87.14	87.40	87.46	87.51	87.55
5-2	88.59	88.69	88.75	89.40	89.65	89.71	89.75	89.79
5-3	90.56	90.66	90.73	91.38	91.63	91.69	91.74	91.77
5-4	91.89	92.99	93.05	92.73	92.98	93.02	93.06	93.09
5-5	92.81	92.91	92.97	93.62	93.89	93.95	94.00	94.03
6-1	78.45	78.59	78.68	79.38	79.50	79.50	79.52	79.55
6-2	83.03	83.15	83.23	83.98	84.15	84.16	84.19	84.22
6-3	88.02	88.15	88.23	89.02	89.25	89.28	89.32	89.35
6-4	84.01	84.13	84.20	84.95	85.16	85.19	85.23	85.26
6-5	92.57	92.69	92.77	93.55	93.80	93.85	93.90	93.93
7-1	89.23	89.33	89.40	90.10	90.37	90.43	90.48	90.51
7-2	85.54	85.64	85.72	86.41	86.62	86.65	86.70	86.73
7-3	90.22	90.31	90.38	91.05	91.28	91.32	91.37	91.40
7-4	87.69	87.78	87.85	88.56	88.82	88.88	88.93	88.96
7-5	90.83	90.90	90.97	91.67	91.94	92.00	92.05	92.09
8-1	78.59	78.71	78.79	79.55	79.82	79.85	79.91	79.95
8-2	78.36	78.48	78.56	79.31	79.57	79.61	79.65	79.69
8-3	78.74	78.85	78.92	79.65	79.92	79.97	80.02	80.07
8-4	81.81	81.92	81.99	82.77	83.07	83.14	83.19	83.23
8-5	84.08	84.19	84.27	85.08	85.43	85.52	85.59	85.64
9-1	72.05	72.16	72.24	73.00	73.25	73.28	73.33	73.36
9-2	76.63	76.73	76.81	77.52	77.79	77.83	77.89	77.93
9-3	72.92	73.02	73.10	73.85	74.13	74.19	74.24	74.29
9-4	73.27	73.38	73.45	74.19	74.47	74.54	74.59	74.64
9-5	73.76	75.87	75.95	74.72	75.01	75.08	75.14	75.18
10-1	88.89	88.99	89.06	89.77	90.10	90.18	90.25	90.31
10-2	92.03	92.12	92.18	92.90	93.23	93.33	93.40	93.45
10-3	87.48	87.57	87.64	88.32	88.63	88.71	88.77	88.82
10-4	86.04	86.13	86.20	86.89	87.21	87.30	87.37	87.42
10-5	89.83	89.93	89.99	90.71	91.04	91.12	91.19	91.24

Tabel L5 Pakendatud katsekehade kaalumistulemused adsorptsioonil RH 75...95% (g)

	24.01.19	24.01.19	24.01.19	25.01.19	26.01.19	27.01.19	28.01.19	29.01.19	30.01.19	31.01.19	01.02.19	02.02.19
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1-1	91.43	91.68	91.95	93.57	94.48	94.98	95.28	95.49	95.65	95.79	95.89	96.01
1-2	91.41	91.70	91.98	93.61	94.52	95.03	95.35	95.56	95.70	95.84	95.91	95.78
1-3	86.71	86.97	87.27	88.92	89.84	90.30	90.55	90.72	90.83	90.93	90.97	91.05
1-4	88.62	88.89	89.21	90.97	91.86	92.30	92.53	92.67	92.78	92.89	92.94	93.03
1-5	91.21	91.46	91.75	93.46	94.46	94.99	95.30	95.53	95.71	95.82	95.90	96.06
2-1	94.14	94.37	94.63	96.16	97.11	97.64	97.97	98.19	98.34	98.49	98.57	98.68
2-2	94.09	94.28	94.50	95.85	96.75	97.28	97.62	97.86	98.04	98.18	98.28	98.37
2-3	93.63	93.89	94.17	95.51	96.41	96.95	97.29	97.53	97.72	97.86	97.96	98.06
2-4	91.62	91.71	92.03	93.27	94.30	94.84	95.18	95.45	95.63	95.79	95.94	96.00
2-5	96.59	96.85	97.25	98.99	100.10	100.86	101.39	101.73	102.12	102.37	102.37	102.61
3-1	84.50	84.70	84.92	86.14	86.88	87.31	87.56	87.72	87.84	87.93	87.99	88.06
3-2	86.61	86.81	87.03	88.25	89.00	89.43	89.68	89.84	89.97	90.07	90.13	90.21
3-3	87.05	87.24	87.47	88.62	89.37	89.81	90.08	90.26	90.40	90.51	90.57	90.64
3-4	85.32	85.56	85.82	87.12	87.85	88.24	88.46	88.60	88.70	88.80	88.84	88.90
3-5	84.46	84.61	84.95	86.03	86.85	87.32	87.74	87.97	88.21	88.55	88.73	88.81
4-1	89.20	89.41	89.62	90.81	91.52	91.91	92.14	92.28	92.39	92.47	92.52	92.57
4-2	87.51	87.70	87.91	89.09	89.85	90.27	90.52	90.69	90.81	90.91	90.96	91.02
4-3	89.27	89.46	89.68	90.84	91.55	91.94	92.18	92.33	92.43	92.51	92.56	92.61
4-4	87.32	87.49	87.69	88.84	89.59	90.00	90.25	90.42	90.54	90.64	90.69	90.75
4-5	86.00	86.16	86.36	87.53	88.31	88.76	89.04	89.23	89.37	89.48	89.54	89.62
5-1	87.80	87.99	88.18	89.29	90.02	90.44	90.71	90.87	91.01	91.10	91.17	91.26
5-2	90.04	90.21	90.41	91.53	92.27	92.69	92.95	93.11	93.24	93.33	93.39	93.47
5-3	92.05	92.22	92.42	93.55	94.29	94.73	94.99	95.17	95.31	95.41	95.48	95.57
5-4	93.35	93.52	93.71	94.87	95.63	96.05	96.32	96.48	96.61	96.69	96.76	96.84
5-5	94.28	94.44	94.64	95.80	96.55	97.01	97.29	97.48	97.62	97.72	97.79	97.89
6-1	79.84	80.04	80.27	81.53	82.20	82.53	82.69	82.78	82.85	82.89	82.92	82.95
6-2	84.49	84.68	84.90	86.21	86.99	87.39	87.61	87.73	87.83	87.90	87.93	87.98
6-3	89.62	89.80	90.03	91.37	92.20	92.64	92.90	93.06	93.19	93.26	93.31	93.39
6-4	85.47	85.62	85.83	87.08	87.88	88.29	88.54	88.68	88.79	88.87	88.91	88.97
6-5	94.13	94.29	94.50	95.77	96.62	97.08	97.38	97.55	97.68	97.80	97.84	97.91
7-1	90.73	90.86	91.05	92.14	92.87	93.30	93.56	93.74	93.88	93.97	94.03	94.07
7-2	86.94	87.08	87.27	88.37	89.08	89.47	89.70	89.85	89.97	90.04	90.09	90.14
7-3	91.63	91.76	91.94	93.02	93.69	94.08	94.32	94.46	94.58	94.66	94.71	94.77
7-4	89.23	89.36	89.79	90.68	91.44	91.87	92.23	92.39	92.56	92.66	92.76	92.84
7-5	92.25	92.37	92.55	93.63	94.37	94.82	95.10	95.28	95.43	95.53	95.59	95.64
8-1	80.21	80.39	80.60	81.83	82.61	83.02	83.26	83.42	83.54	83.62	83.67	83.72
8-2	79.95	80.11	80.33	81.52	82.27	82.68	82.91	83.06	83.17	83.24	83.30	83.35
8-3	80.28	80.42	80.61	81.75	82.51	82.94	83.18	83.35	83.47	83.55	83.57	83.62
8-4	83.42	83.56	83.75	84.85	85.64	86.10	86.37	86.56	86.69	86.79	86.85	86.92
8-5	85.83	85.96	86.14	87.28	88.13	88.64	88.96	89.17	89.32	89.45	89.53	89.61
9-1	73.61	73.78	73.99	75.19	75.95	76.35	76.57	76.72	76.83	76.90	76.95	77.00
9-2	78.16	78.32	78.52	79.69	80.43	80.83	81.04	81.18	81.30	81.36	81.41	81.45
9-3	74.50	74.66	74.86	76.02	76.80	77.23	77.48	77.65	77.78	77.86	77.92	77.97
9-4	74.82	74.96	75.14	76.27	77.04	77.47	77.73	77.89	78.02	78.11	78.16	78.22
9-5	75.38	75.52	75.71	76.87	77.64	78.12	78.38	78.57	78.70	78.80	78.86	78.93
10-1	90.53	90.71	90.89	92.04	92.85	93.33	93.62	93.83	94.00	94.11	94.21	94.29
10-2	93.66	93.83	94.02	95.18	96.00	96.51	96.81	97.04	97.21	97.33	97.43	97.53
10-3	89.03	89.19	89.37	90.50	91.29	91.78	92.06	92.27	92.43	92.54	92.63	92.71
10-4	87.60	87.76	87.94	89.04	89.84	90.33	90.62	90.84	91.00	91.13	91.22	91.31
10-5	91.43	91.59	91.76	92.93	93.75	94.25	94.56	94.78	94.95	95.08	95.18	95.28

Tabel L. 7. Pakendatud katsekehade kaalumistulemused desorptsioonil RH 95...75% (g)

	2.02.2019	2.02.2019	2.02.2019	3.02.2019	4.02.2019	5.02.2019	6.02.2019	7.02.2019	8.02.2019
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1-1	95.50	95.09	93.97	92.63	91.96	91.73	91.64	91.60	91.57
1-2	95.26	94.76	94.39	92.88	92.06	91.78	91.68	91.64	91.61
1-3	90.29	89.75	89.35	87.65	87.01	86.88	86.83	86.80	86.78
1-4	92.58	92.19	90.96	89.41	88.90	88.78	88.73	88.70	88.68
1-5	95.70	95.39	94.00	92.41	91.68	91.48	91.41	91.38	91.35
2-1	97.72	97.20	96.86	95.59	94.84	94.55	94.43	94.37	94.34
2-2	97.69	97.26	96.96	95.73	94.90	94.54	94.40	94.33	94.29
2-3	97.30	96.84	96.52	95.22	94.37	94.02	93.89	93.82	93.78
2-4	95.24	94.77	94.42	93.06	92.14	91.77	91.64	91.56	91.53
2-5	101.93	101.33	100.89	99.16	97.92	97.27	96.97	96.82	96.75
3-1	87.32	86.93	86.65	85.68	85.16	84.95	84.87	84.81	84.79
3-2	89.43	89.04	88.77	87.81	87.27	87.05	86.96	86.90	86.88
3-3	90.06	89.68	89.42	88.41	87.79	87.54	87.44	87.38	87.35
3-4	88.11	87.70	87.40	86.34	85.82	85.66	85.60	85.55	85.54
3-5	88.15	87.68	87.34	86.10	85.34	85.02	84.90	84.82	84.79
4-1	91.89	91.51	91.24	90.31	89.82	89.64	89.57	89.52	89.51
4-2	90.45	90.07	89.79	88.76	88.19	87.98	87.90	87.85	87.83
4-3	92.03	91.66	91.37	90.36	89.84	89.66	89.59	89.55	89.53
4-4	90.22	89.85	89.58	88.59	88.03	87.82	87.74	87.69	87.67
4-5	89.09	88.72	88.44	87.42	86.82	86.58	86.48	86.41	86.39
5-1	90.63	90.29	90.04	89.10	88.56	88.35	88.26	88.20	88.18
5-2	92.85	92.50	92.25	91.28	90.73	90.52	90.43	90.37	90.35
5-3	94.94	94.58	94.32	93.32	92.74	92.51	92.42	92.36	92.35
5-4	96.21	95.85	95.59	94.58	94.03	93.83	93.75	93.69	93.67
5-5	97.27	96.91	96.66	95.65	95.06	94.83	94.73	94.67	94.64
6-1	82.26	81.83	81.53	80.53	80.16	80.06	80.01	79.99	79.97
6-2	87.29	86.85	86.53	85.42	84.95	84.81	84.75	84.72	84.70
6-3	92.69	92.26	91.96	90.84	90.25	90.05	89.98	89.93	89.91
6-4	88.36	87.96	87.66	86.60	86.08	85.90	85.83	85.79	85.78
6-5	97.31	96.90	96.59	95.49	94.89	94.67	94.58	94.54	94.52
7-1	93.57	93.23	92.97	92.04	91.52	91.29	91.20	91.14	91.12
7-2	89.63	89.27	89.01	88.07	87.61	87.43	87.37	87.32	87.30
7-3	94.27	93.92	93.67	92.77	92.31	92.14	92.06	92.02	92.00
7-4	92.29	91.91	91.63	90.59	90.01	89.79	89.69	89.63	89.61
7-5	95.21	94.88	94.63	93.66	93.12	92.91	92.81	92.76	92.74
8-1	83.10	82.71	82.42	81.46	80.97	80.78	80.70	80.64	80.62
8-2	82.74	82.36	82.08	81.14	80.68	80.50	80.42	80.37	80.35
8-3	83.12	82.76	82.50	81.57	81.06	80.85	80.77	80.72	80.69
8-4	86.47	86.12	85.86	84.91	84.36	84.14	84.04	83.98	83.95
8-5	89.18	88.83	88.57	87.58	86.97	86.69	86.56	86.49	86.46
9-1	76.41	76.03	75.75	74.81	74.36	74.21	74.14	74.10	74.08
9-2	80.90	80.53	80.26	79.36	78.94	78.78	78.71	78.67	78.65
9-3	77.42	77.05	76.79	75.87	75.40	75.22	75.12	75.07	75.05
9-4	77.72	77.37	77.11	76.21	75.74	75.56	75.47	75.42	75.40
9-5	78.43	78.06	77.79	76.84	76.34	76.14	76.04	75.99	75.96
10-1	93.70	93.34	93.10	92.13	91.53	91.26	91.14	91.07	91.04
10-2	96.93	96.58	96.33	95.36	94.73	94.45	94.31	94.23	94.20
10-3	92.12	91.78	91.53	90.60	90.01	89.75	89.63	89.57	89.54
10-4	90.77	90.42	90.18	89.23	88.63	88.37	88.24	88.17	88.14
10-5	94.73	94.37	94.11	93.11	92.48	92.20	92.07	91.99	91.96

Tabel L.8. Pakendatud katsekehade kaalumistulemused desorptsioonil RH 75...50% (g)

	8.02.2019	8.02.2019	8.02.2019	9.02.2019	10.02.2019	11.02.2019	12.02.2019
	g	g	g	g	g	g	g
1-1	90.99	90.70	90.49	89.82	89.66	89.63	89.60
1-2	91.06	90.75	90.50	89.85	89.74	89.71	89.69
1-3	86.16	85.80	85.58	85.14	85.08	85.06	85.04
1-4	88.08	87.77	87.55	87.04	86.96	86.94	86.92
1-5	90.80	90.51	90.28	89.65	89.54	89.50	89.48
2-1	93.84	93.58	93.38	92.65	92.44	92.39	92.36
2-2	93.84	93.57	93.38	92.66	92.45	92.40	92.38
2-3	93.31	93.04	92.84	92.13	91.94	91.89	91.87
2-4	91.07	90.81	90.61	89.91	89.73	89.68	89.66
2-5	96.28	96.01	95.80	94.97	94.70	94.63	94.59
3-1	84.36	84.13	83.95	83.29	83.07	83.02	82.99
3-2	86.45	86.22	86.03	85.35	85.11	85.06	85.03
3-3	86.94	86.70	86.51	85.82	85.60	85.55	85.52
3-4	85.07	84.79	84.57	83.91	83.79	83.76	83.74
3-5	84.38	84.14	83.94	83.25	83.03	82.99	82.96
4-1	89.09	88.86	88.68	88.03	87.84	87.79	87.76
4-2	87.42	87.16	86.97	86.32	86.14	86.10	86.07
4-3	89.12	88.86	88.67	88.05	87.90	87.87	87.84
4-4	87.27	87.03	86.84	86.20	86.01	85.96	85.93
4-5	87.00	86.75	86.57	85.87	85.66	85.61	85.58
5-1	87.84	87.64	87.50	86.92	86.72	86.65	86.62
5-2	90.03	89.84	89.69	89.13	88.93	88.89	88.85
5-3	92.00	91.78	91.62	91.04	90.88	90.83	90.81
5-4	93.33	93.12	92.96	92.38	92.21	92.16	92.13
5-5	94.32	94.12	93.97	93.39	93.18	93.12	93.09
6-1	79.53	79.27	79.07	78.60	78.53	78.51	78.49
6-2	84.28	84.03	83.83	83.28	83.16	83.13	83.10
6-3	89.50	89.25	89.05	88.40	88.22	88.19	88.15
6-4	85.41	85.16	84.98	84.38	84.23	84.20	84.17
6-5	94.14	93.90	93.72	93.06	92.86	92.81	92.77
7-1	90.79	90.59	90.43	89.84	89.62	89.55	89.52
7-2	86.96	86.74	86.58	86.05	85.89	85.85	85.82
7-3	91.67	91.46	91.32	90.76	90.59	90.54	90.51
7-4	89.28	89.07	88.91	88.31	88.10	88.04	88.00
7-5	92.44	92.23	92.07	91.48	91.28	91.21	91.17
8-1	80.24	79.99	79.81	79.16	78.94	78.87	78.84
8-2	79.98	79.74	79.56	78.93	78.73	78.63	78.63
8-3	80.33	80.10	79.92	79.28	79.07	78.99	78.95
8-4	83.61	83.38	83.20	82.52	82.28	82.21	82.17
8-5	86.11	85.88	85.69	84.95	84.65	84.55	84.51
9-1	73.72	73.48	73.30	72.69	72.51	72.46	72.42
9-2	78.30	78.08	77.91	77.32	77.13	77.06	77.03
9-3	74.71	74.49	74.32	73.70	73.47	73.39	73.36
9-4	75.08	74.87	74.69	74.08	73.84	73.77	73.73
9-5	75.63	75.40	75.22	74.58	74.34	74.26	74.22
10-1	90.72	90.52	90.36	89.71	89.43	89.35	89.30
10-2	93.89	93.68	93.52	92.87	92.58	92.48	92.43
10-3	89.23	89.04	88.90	88.28	88.01	87.92	87.88
10-4	87.84	87.64	87.49	86.87	86.59	86.51	86.46
10-5	91.66	91.45	91.30	90.65	90.37	90.28	90.24

Tabel L.9. Katsekehade kaalumistulemused desorptsioonil RH 50...30% (g)

	12.02.2019	12.02.2019	12.02.2019	13.02.2019	14.02.2019	15.02.2019	16.02.2019
	g	g	g	g	g	g	g
1-1	89.33	89.16	89.06	88.71	88.63	88.61	88.58
1-2	89.37	89.19	89.09	88.78	88.72	88.70	88.68
1-3	84.69	84.50	84.40	84.21	84.17	84.15	84.14
1-4	86.63	86.45	86.36	86.10	86.05	86.04	86.02
1-5	89.19	89.01	88.92	88.62	88.56	88.54	88.52
2-1	92.13	91.97	91.90	91.50	91.39	91.37	91.35
2-2	92.12	91.96	91.89	91.50	91.41	91.39	91.37
2-3	91.60	91.43	91.35	90.98	90.91	90.89	90.87
2-4	89.41	89.25	89.19	88.82	88.73	88.71	88.70
2-5	94.33	94.17	94.09	93.66	93.55	93.52	93.50
3-1	82.76	82.62	82.55	82.15	82.04	82.01	82.00
3-2	84.80	84.65	84.59	84.17	84.06	84.03	84.01
3-3	85.29	85.12	85.05	84.64	84.55	84.52	84.50
3-4	83.48	83.28	83.18	82.84	82.79	82.77	82.75
3-5	82.72	82.57	82.50	82.10	82.01	81.99	81.97
4-1	87.54	87.39	87.32	86.90	86.82	86.79	86.77
4-2	85.83	85.67	85.62	85.21	85.13	85.11	85.09
4-3	87.60	87.44	87.38	87.00	86.93	86.92	86.90
4-4	85.70	85.55	85.49	85.08	85.00	84.98	84.95
4-5	85.36	85.19	85.13	84.70	84.61	84.58	84.56
5-1	86.46	86.34	86.30	85.92	85.80	85.76	85.74
5-2	88.69	88.57	88.53	88.18	88.08	88.05	88.02
5-3	90.62	90.49	90.44	90.10	90.01	89.99	89.97
5-4	91.95	91.82	91.79	91.41	91.31	91.28	91.26
5-5	92.92	92.79	92.76	92.38	92.27	92.24	92.22
6-1	78.26	78.10	78.05	77.71	77.68	77.66	77.65
6-2	82.87	82.70	82.63	82.28	82.23	82.22	82.19
6-3	87.93	87.77	87.71	87.30	87.22	87.19	87.17
6-4	83.97	83.82	83.78	83.37	83.29	83.27	83.25
6-5	92.57	92.42	92.38	91.93	91.83	91.81	91.78
7-1	89.34	89.21	89.18	88.75	88.61	88.57	88.54
7-2	85.63	85.49	85.44	85.06	84.97	84.94	84.91
7-3	90.32	90.20	90.16	89.76	89.65	89.61	89.59
7-4	87.81	87.69	87.65	87.22	87.10	87.06	87.03
7-5	91.00	90.88	90.84	90.42	90.29	90.25	90.22
8-1	78.63	78.47	78.40	77.95	77.84	77.79	77.77
8-2	78.40	78.27	78.22	77.75	77.67	77.58	77.56
8-3	78.75	78.59	78.53	78.09	77.98	77.94	77.91
8-4	81.97	81.82	81.77	81.29	81.16	81.12	81.09
8-5	84.31	84.15	84.10	83.58	83.41	83.36	83.33
9-1	72.21	72.05	71.98	71.54	71.45	71.41	71.39
9-2	76.83	76.69	76.63	76.20	76.08	76.04	76.01
9-3	73.16	73.02	72.96	72.51	72.36	72.31	72.28
9-4	73.55	73.41	73.37	72.91	72.76	72.72	72.68
9-5	74.03	73.88	73.40	73.35	73.21	73.15	73.12
10-1	89.14	89.02	88.97	88.54	88.39	88.34	88.31
10-2	92.27	92.15	92.10	91.66	91.50	91.45	91.42
10-3	87.73	87.61	87.57	87.15	87.01	86.96	86.93
10-4	86.31	86.19	86.15	85.72	85.57	85.52	85.50
10-5	90.08	89.96	89.92	89.48	89.33	89.28	89.26

Tabel L..10. Niiskuspuhverduse pakendatud katsekehade kaalumistulemused vahemikus 26.01.2019...27.01.2019 (g)

Keskkond:	RH=0%	RH=75%				RH=33%		RH=75%				RH=33%
Kuupäev:	26.01.2019						27.01.2019					
Kellaeg:		11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00	9:00:00	11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00
1-1	89.23	89.49	89.73	89.89	90.02	89.46	88.85	89.48	89.70	89.90	89.98	89.43
1-2	89.32	89.59	89.84	90.01	90.12	89.55	88.92	89.57	89.82	90.03	90.10	89.55
1-3	84.73	85.02	85.34	85.51	85.61	84.97	84.32	85.04	85.30	85.52	85.57	84.92
1-4	86.59	86.85	87.11	87.28	87.40	86.83	86.21	86.85	87.09	87.30	87.37	86.80
1-5	89.11	89.36	89.62	89.79	89.91	89.35	88.73	89.38	89.63	89.84	89.90	89.35
2-1	91.97	92.18	92.40	92.55	92.66	92.21	91.64	92.15	92.36	92.55	92.63	92.18
2-2	91.98	92.18	92.39	92.53	92.64	92.20	91.64	92.16	92.36	92.54	92.61	92.18
2-3	91.49	91.70	91.92	92.07	92.18	91.71	91.13	91.68	91.89	92.07	92.15	91.68
2-4	89.29	89.48	89.70	89.84	89.96	89.52	88.96	89.46	89.66	89.85	89.93	89.49
2-5	94.15	94.35	94.56	94.71	94.82	94.40	93.81	94.32	94.52	94.71	94.79	94.37
3-1	82.55	82.74	82.94	83.08	83.17	82.76	82.24	82.71	82.90	83.06	83.13	82.73
3-2	84.59	84.78	84.98	85.12	85.21	84.80	84.28	84.75	84.94	85.10	85.18	84.78
3-3	85.10	85.27	85.47	85.62	85.71	85.31	84.77	85.24	85.44	85.59	85.67	85.27
3-4	83.35	83.55	83.80	83.97	84.07	83.59	82.96	83.53	83.77	83.96	84.05	83.58
3-5	82.54	82.71	82.90	83.04	83.14	82.75	82.22	82.68	82.87	83.03	83.11	82.73
4-1	87.32	87.45	87.69	87.83	87.92	87.54	87.01	87.46	87.67	87.83	87.91	87.52
4-2	85.66	85.83	86.03	86.17	86.27	85.88	85.33	85.81	86.00	86.17	86.25	85.85
4-3	87.44	87.61	87.83	87.97	88.06	87.66	87.11	87.60	87.80	87.97	88.04	87.63
4-4	85.52	85.68	85.87	86.01	86.10	85.73	85.20	85.66	85.84	86.01	86.09	85.71
4-5	84.14	84.31	84.50	84.64	84.74	84.37	83.83	84.28	84.47	84.63	84.71	84.34
5-1	88.76	89.01	89.17	89.28	89.36	89.06	88.59	88.96	89.12	89.26	89.32	89.03
5-2	88.41	88.62	88.77	88.88	88.95	88.67	88.26	88.60	88.74	88.87	88.93	88.65
5-3	90.38	90.58	90.76	90.88	90.96	90.64	90.18	90.55	90.71	90.86	90.91	90.60
5-4	91.68	91.91	92.07	92.19	92.26	91.95	91.50	91.87	92.02	92.17	92.22	91.91
5-5	92.63	92.84	92.99	93.10	93.18	92.90	92.46	92.82	92.97	93.10	93.16	92.87
6-1	78.11	78.30	78.51	78.64	78.73	78.34	77.83	78.30	78.49	78.64	78.71	78.32
6-2	82.69	82.89	83.08	83.22	83.31	82.94	82.41	82.87	83.06	83.21	83.29	82.92
6-3	87.71	87.88	88.08	88.22	88.32	87.97	87.43	87.86	88.05	88.21	88.30	87.94
6-4	83.74	83.90	84.10	84.23	84.33	83.99	83.48	83.89	84.07	84.23	84.31	83.97
6-5	92.29	92.47	92.66	92.79	92.89	92.55	92.02	92.43	92.62	92.78	92.87	92.53
7-1	88.95	89.19	89.35	89.46	89.54	89.25	88.80	89.16	89.32	89.45	89.51	89.22
7-2	85.30	85.55	85.73	85.86	85.93	85.61	85.13	85.53	85.70	85.84	85.91	85.57
7-3	89.96	90.19	90.35	90.46	90.54	90.25	89.81	90.17	90.32	90.45	90.51	90.23
7-4	87.43	87.67	87.83	87.95	88.03	87.74	87.28	87.64	87.81	87.94	88.01	87.72
7-5	90.60	90.83	90.99	91.11	91.19	90.91	90.45	90.80	90.96	91.09	91.16	90.88
8-1	78.23	78.48	78.67	78.80	78.90	78.55	78.02	78.45	78.64	78.79	78.87	78.52
8-2	78.02	78.25	78.43	78.57	78.66	78.32	77.80	78.23	78.41	78.55	78.63	78.30
8-3	78.36	78.57	78.75	78.88	78.97	78.65	78.14	78.54	78.71	78.87	78.94	78.62
8-4	81.56	81.78	81.96	82.09	82.18	81.88	81.36	81.75	81.92	82.06	82.14	81.84
8-5	83.83	84.06	84.23	84.37	84.47	84.17	83.64	84.02	84.19	84.34	84.43	84.13
9-1	71.79	72.06	72.25	72.37	72.46	72.13	71.63	72.04	72.22	72.36	72.42	72.10
9-2	76.37	76.64	76.81	76.93	77.01	76.71	76.24	76.61	76.78	76.92	76.98	76.68
9-3	72.67	72.94	73.11	73.22	73.31	73.01	72.53	72.91	73.08	73.21	73.28	72.98
9-4	73.05	73.31	73.47	73.59	73.67	73.39	72.92	73.29	73.45	73.58	73.65	73.37
9-5	73.51	73.75	73.92	74.05	74.13	73.84	73.34	73.71	73.89	74.03	74.10	73.81
10-1	86.12	86.33	86.47	86.57	86.64	86.40	86.00	86.30	86.44	86.56	86.62	86.37
10-2	91.83	92.07	92.22	92.33	92.41	92.16	91.71	92.03	92.18	92.31	92.38	92.12
10-3	87.33	87.55	87.70	87.80	87.88	87.64	87.21	87.52	87.66	87.78	87.85	87.60
10-4	85.90	86.13	86.28	86.39	86.47	86.21	85.78	86.10	86.25	86.37	86.43	86.18
10-5	89.67	89.90	90.05	90.16	90.24	89.99	89.55	89.86	90.01	90.14	90.20	89.96

Tabel L..11. Niiskuspuhverduse pakendatud katsekehade kaalumistulemused vahemikus 28.01.2019...01.02.2019 (g)

Keskkond:	RH=33%	RH=75%					RH=33%	RH=75%					RH=33%
Kuupäev:	28.01.2019						1.01.2019						
Kellaeg:	9:00:00	11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00	9:00:00	11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00	
1-1	88.83	89.45	89.73	89.91	89.99	89.42	88.81	89.34	89.61	89.75	89.82	89.34	
1-2	88.92	89.54	89.84	90.02	90.10	89.51	88.90	89.47	89.72	89.88	89.94	89.44	
1-3	84.32	85.01	85.33	85.50	85.57	84.91	84.31	84.95	85.23	85.40	85.42	84.85	
1-4	86.20	86.84	87.13	87.30	87.37	86.78	86.18	86.76	87.02	87.21	87.23	86.70	
1-5	88.72	89.33	89.62	89.79	89.87	89.30	88.70	89.26	89.52	89.69	89.73	89.18	
2-1	91.62	92.13	92.38	92.53	92.62	92.16	91.60	92.05	92.28	92.43	92.47	92.07	
2-2	91.63	92.13	92.37	92.52	92.61	92.16	91.60	92.05	92.28	92.42	92.47	92.07	
2-3	91.11	91.65	91.90	92.05	92.14	91.67	91.69	91.58	91.80	91.97	92.00	91.58	
2-4	88.95	89.44	89.68	89.83	89.92	89.48	88.93	89.37	89.58	89.74	89.78	89.38	
2-5	93.80	94.29	94.54	94.69	94.78	94.35	93.77	94.22	94.44	94.60	94.63	94.26	
3-1	82.23	82.69	82.91	83.05	83.13	82.73	82.20	82.62	82.81	82.94	82.99	82.64	
3-2	84.26	84.72	84.96	85.09	85.17	84.76	84.23	84.64	84.85	84.99	85.03	84.67	
3-3	84.75	85.22	85.44	85.58	85.66	85.25	84.72	85.13	85.34	85.48	85.52	85.17	
3-4	82.96	83.51	83.79	83.94	84.03	83.53	82.93	83.39	83.63	83.80	83.83	83.41	
3-5	82.21	82.66	82.88	83.02	83.10	82.72	82.19	82.59	82.78	82.93	82.97	82.62	
4-1	87.01	87.45	87.68	87.82	87.90	87.50	86.97	87.37	87.57	87.72	87.75	87.40	
4-2	85.32	85.79	86.02	86.17	86.25	85.84	85.30	85.70	85.92	86.07	86.09	85.75	
4-3	87.10	87.57	87.81	87.95	88.04	87.62	87.07	87.49	87.71	87.85	87.88	87.53	
4-4	85.20	85.63	85.86	86.00	86.08	85.70	85.16	85.54	85.75	85.90	85.92	85.60	
4-5	83.82	84.25	84.48	84.62	84.71	84.33	83.79	84.17	84.38	84.54	84.55	84.24	
5-1	88.58	88.94	89.13	89.25	89.32	89.01	88.55	88.88	89.04	89.16	89.18	88.93	
5-2	88.25	88.58	88.75	88.87	88.93	88.64	88.22	88.51	88.66	88.79	88.80	88.57	
5-3	90.18	90.54	90.74	90.86	90.92	90.62	90.15	90.46	90.91	90.74	90.76	90.50	
5-4	91.48	91.84	92.04	92.16	92.22	91.91	91.46	91.78	91.94	92.07	92.08	91.82	
5-5	92.46	92.79	92.97	93.09	93.16	92.87	92.42	92.74	92.91	93.04	93.04	92.79	
6-1	77.82	78.26	78.50	78.63	78.69	78.30	77.78	78.18	78.39	78.53	78.54	78.20	
6-2	82.41	82.84	83.07	83.21	83.29	82.91	82.38	82.77	82.98	83.13	83.14	82.82	
6-3	87.42	87.84	88.07	88.21	88.29	87.93	87.38	87.76	87.97	88.11	88.14	87.84	
6-4	83.47	83.87	84.09	84.23	84.30	83.97	83.44	83.80	84.00	84.14	84.17	83.88	
6-5	92.01	92.41	92.64	92.78	92.86	92.51	91.97	92.34	92.54	92.69	92.71	92.41	
7-1	88.78	89.14	89.33	89.44	89.51	89.21	88.75	89.07	89.23	89.34	89.37	89.13	
7-2	85.11	85.51	85.71	85.83	85.90	85.56	85.07	85.43	85.61	85.72	85.76	85.48	
7-3	89.80	90.15	90.33	90.45	90.51	90.22	89.76	90.08	90.24	90.36	90.39	90.13	
7-4	87.26	87.61	87.80	87.92	87.99	87.70	87.21	87.55	87.71	87.83	87.87	87.60	
7-5	90.43	90.77	90.97	91.09	91.15	90.87	90.40	90.72	90.89	91.01	91.04	90.78	
8-1	78.00	78.43	78.65	78.79	78.86	78.51	77.97	78.34	78.54	78.66	78.70	78.39	
8-2	77.79	78.20	78.42	78.55	78.62	78.29	77.75	78.11	78.32	78.44	78.48	78.18	
8-3	78.13	78.51	78.72	78.85	78.93	78.61	78.08	78.43	78.62	78.74	78.78	78.50	
8-4	81.34	81.71	81.92	82.05	82.13	81.82	81.29	81.63	81.82	81.95	81.98	81.72	
8-5	83.62	83.98	84.19	84.33	84.42	84.12	83.58	83.90	84.09	84.22	84.25	83.99	
9-1	71.61	72.01	72.22	72.35	72.42	72.09	71.58	71.93	72.11	72.22	72.26	71.97	
9-2	76.22	76.59	76.79	76.91	76.97	76.67	76.17	76.51	76.68	76.79	76.83	76.57	
9-3	72.52	72.88	73.07	73.19	73.26	72.97	72.47	72.80	72.97	73.08	73.12	72.86	
9-4	72.90	73.24	73.44	73.56	73.63	73.35	72.85	73.17	73.33	73.45	73.47	73.23	
9-5	73.32	73.69	73.89	74.02	74.09	73.80	73.26	73.59	73.77	73.89	73.92	73.66	
10-1	85.98	86.28	86.44	86.55	86.61	86.37	85.64	86.20	86.35	86.44	86.47	86.27	
10-2	91.69	92.00	92.18	92.30	92.36	92.11	91.65	91.92	92.08	92.19	92.21	92.00	
10-3	87.20	87.49	87.66	87.77	87.83	87.60	87.15	87.42	87.57	87.67	87.70	87.50	
10-4	85.76	86.07	86.25	86.36	86.42	86.18	85.71	86.00	86.15	86.25	86.29	86.08	
10-5	89.53	89.84	90.01	90.13	90.19	89.95	89.49	89.76	89.92	90.03	90.06	89.85	

Tabel L..12. Niiskuspuhverduse pakendatud katsekehade kaalumistulemused vahemikus 28.01.2019...01.02.2019 (g)

Keskkond:	RH=33%	RH=75%					RH=33%		RH=75%				RH=33%
Kuupäev:	2.01.2019						3.01.2019						
Kellaeg:	9:00:00	11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00	9:00:00	11:00:00	13:00:00	15:00:00	17:00:00	19:00:00	
1-1	88.81	89.37	89.63	89.80	89.93	89.37	88.81	89.36	89.64	89.80	89.93	89.38	
1-2	88.90	89.49	89.76	89.91	90.03	89.47	88.89	89.48	89.78	89.95	90.06	89.48	
1-3	84.30	84.92	85.22	85.38	85.49	84.87	84.31	84.93	85.25	85.41	85.52	84.88	
1-4	86.18	86.75	87.04	87.20	87.30	86.75	86.18	86.75	87.06	87.22	87.34	86.76	
1-5	88.70	89.27	89.54	89.70	89.81	89.27	88.71	89.26	89.56	89.71	89.84	89.27	
2-1	91.60	92.06	92.29	92.44	92.56	92.12	91.60	92.06	92.31	92.45	92.58	92.12	
2-2	91.60	92.06	92.29	92.43	92.54	92.11	91.60	92.06	92.30	92.44	92.56	92.12	
2-3	91.10	91.58	91.81	91.96	92.08	91.61	91.08	91.58	91.83	91.99	92.11	91.63	
2-4	88.92	89.36	89.60	89.74	89.86	89.43	88.92	89.38	89.61	89.75	89.87	89.44	
2-5	93.76	94.21	94.44	94.59	94.72	94.29	93.77	94.22	94.46	94.61	94.73	94.30	
3-1	82.20	82.61	82.83	82.96	83.07	82.67	82.21	82.63	82.84	82.98	83.09	82.68	
3-2	84.22	84.64	84.85	84.99	85.09	84.70	84.22	84.65	84.87	85.01	85.12	84.71	
3-3	84.73	85.14	85.35	85.49	85.60	85.20	84.72	85.15	85.37	85.51	85.63	85.22	
3-4	82.92	83.42	83.69	83.85	83.96	83.49	82.94	83.43	83.69	83.85	83.97	83.48	
3-5	82.18	82.58	82.79	82.93	83.03	82.66	82.19	82.59	82.81	82.95	83.05	82.67	
4-1	86.96	87.36	87.58	87.73	87.83	87.44	86.97	87.38	87.60	87.74	87.85	87.45	
4-2	85.29	85.70	85.93	86.07	86.17	85.77	85.29	85.71	85.94	86.09	86.20	85.80	
4-3	87.07	87.50	87.73	87.87	87.97	87.58	87.07	87.51	87.74	87.88	88.00	87.59	
4-4	85.16	85.56	85.77	85.91	86.01	85.64	85.17	85.56	85.79	85.93	86.04	85.66	
4-5	83.77	84.17	84.39	84.54	84.64	84.28	83.78	84.19	84.40	84.55	84.66	84.29	
5-1	88.55	88.86	89.05	89.16	89.24	88.95	88.55	88.87	89.05	89.17	89.27	88.96	
5-2	88.21	88.51	88.68	88.79	88.86	88.60	88.21	88.51	88.69	88.80	88.89	88.59	
5-3	90.14	90.49	90.67	90.77	90.85	90.54	90.15	90.47	90.67	90.80	90.89	90.55	
5-4	91.46	91.78	91.97	92.08	92.16	91.87	91.46	91.79	91.98	92.10	92.18	91.87	
5-5	92.41	92.71	92.89	93.00	93.08	92.80	92.42	92.74	92.92	93.02	93.12	92.82	
6-1	77.78	78.19	78.42	78.55	78.63	78.25	77.80	78.20	78.43	78.57	78.67	78.27	
6-2	82.38	82.76	82.99	83.13	83.21	82.86	82.38	82.78	83.01	83.15	83.25	82.87	
6-3	87.39	87.75	87.98	88.11	88.21	87.88	87.39	87.76	87.99	88.13	88.25	87.89	
6-4	83.44	83.79	84.01	84.14	84.23	83.91	83.45	83.80	84.02	84.16	84.26	83.92	
6-5	91.97	92.33	92.54	92.68	92.78	92.45	91.97	92.34	92.56	92.70	92.82	92.46	
7-1	88.75	89.05	89.24	89.36	89.43	89.15	88.75	89.07	89.26	89.36	89.46	89.16	
7-2	85.09	85.43	85.64	85.76	85.84	85.51	85.09	85.46	85.67	85.77	85.86	85.52	
7-3	89.77	90.07	90.26	90.36	90.44	90.16	89.77	90.08	90.27	90.37	90.47	90.17	
7-4	87.21	87.52	87.71	87.83	87.91	87.63	87.22	87.54	87.73	87.84	87.94	87.64	
7-5	90.40	90.70	90.88	91.00	91.08	90.81	90.40	90.71	90.91	91.02	91.11	90.82	
8-1	77.96	78.33	78.54	78.68	78.76	78.44	77.96	78.35	78.57	78.70	78.81	78.45	
8-2	77.76	78.11	78.32	78.46	78.55	78.22	77.76	78.13	78.35	78.47	78.58	78.23	
8-3	78.09	78.42	78.63	78.76	78.85	78.55	78.10	78.44	78.65	78.77	78.88	78.56	
8-4	81.30	81.62	81.82	81.95	82.05	81.75	81.30	81.63	81.85	81.97	82.08	81.77	
8-5	83.57	83.88	84.09	84.22	84.32	84.04	83.57	83.90	84.11	84.24	84.35	84.05	
9-1	71.56	71.91	72.11	72.24	72.32	72.01	71.57	71.92	72.14	72.25	72.35	72.01	
9-2	76.18	76.51	76.70	76.81	76.89	76.60	76.18	76.52	76.72	76.83	76.92	76.62	
9-3	72.48	72.79	72.98	73.10	73.18	72.90	72.49	72.81	73.00	73.12	73.21	72.91	
9-4	72.86	73.16	73.34	73.46	73.54	73.27	72.86	73.17	73.36	73.47	73.57	73.28	
9-5	73.26	73.58	73.78	73.90	73.99	73.70	73.27	73.59	73.80	73.92	74.01	73.72	
10-1	85.94	86.20	86.36	86.47	86.53	86.31	85.95	86.21	86.38	86.49	86.57	86.31	
10-2	91.63	91.91	92.08	92.20	92.28	92.03	91.64	91.92	92.11	92.22	92.31	92.05	
10-3	87.15	87.41	87.58	87.69	87.76	87.53	87.16	87.43	87.60	87.70	87.79	87.54	
10-4	85.72	85.99	86.16	86.27	86.35	86.11	85.72	86.00	86.18	86.28	86.37	86.12	
10-5	89.49	89.75	89.93	90.04	90.12	89.88	89.49	89.77	89.95	90.06	90.15	89.89	

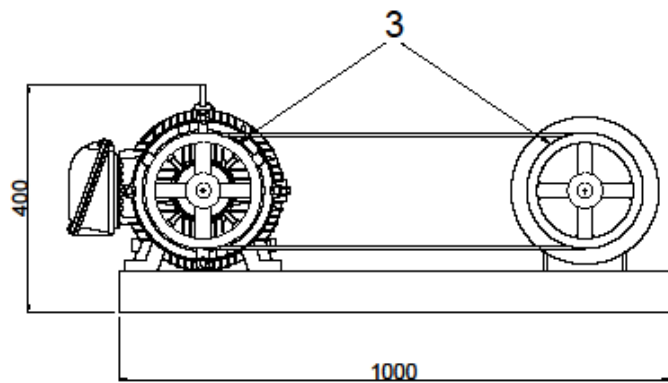
Tabel L.13. Paberkrohvide praktiline niiskuspuhverdusvõime (va. Grupp 9 ja 10) (g)

	Niiskus katsekehades						Pindala	MBV 8h	
	26.02.2019		27.02.2019		28.02.2019		m ²		
	g	g	g	g	g	g	10 ³		
1-1	2.91	1.74	2.87	1.72	2.88	1.70	7.28	3.82	4.04
1-2	2.93	1.73	2.91	1.73	2.91	1.71	7.12	4.02	
1-3	2.84	1.54	2.79	1.55	2.79	1.53	7.07	4.37	
1-4	2.73	1.53	2.70	1.53	2.70	1.51	7.00	4.06	
1-5	2.82	1.64	2.81	1.62	2.77	1.60	7.11	3.95	
2-1	2.79	1.77	2.76	1.75	2.75	1.73	7.02	3.47	3.44
2-2	2.76	1.76	2.73	1.75	2.73	1.72	7.04	3.39	
2-3	2.78	1.73	2.75	1.71	2.74	2.30	7.03	3.56	
2-4	2.67	1.67	2.64	1.66	2.64	1.64	7.05	3.38	
2-5	2.90	1.89	2.87	1.87	2.86	1.85	7.08	3.40	
3-1	2.58	1.64	2.53	1.63	2.54	1.60	7.64	2.91	3.04
3-2	2.63	1.70	2.60	1.68	2.59	1.65	7.66	2.90	
3-3	2.64	1.69	2.60	1.67	2.59	1.65	7.49	3.00	
3-4	2.71	1.60	2.69	1.59	2.67	1.57	7.57	3.50	
3-5	2.58	1.66	2.55	1.66	2.54	1.63	7.48	2.91	
4-1	2.56	1.65	2.55	1.64	2.54	1.61	7.48	2.90	2.91
4-2	2.60	1.66	2.58	1.65	2.57	1.63	7.57	2.94	
4-3	2.52	1.58	2.51	1.57	2.50	1.53	7.58	2.97	
4-4	2.56	1.65	2.54	1.65	2.54	1.61	7.59	2.83	
4-5	2.65	1.74	2.62	1.73	2.62	1.70	7.50	2.90	
5-1	2.58	1.81	2.54	1.79	2.53	1.76	6.61	2.77	2.62
5-2	2.22	1.52	2.19	1.51	2.19	1.48	6.82	2.43	
5-3	2.31	1.53	2.26	1.53	2.27	1.49	6.69	2.77	
5-4	2.33	1.56	2.29	1.55	2.28	1.52	6.92	2.64	
5-5	2.30	1.58	2.28	1.58	2.28	1.54	6.92	2.47	
6-1	2.35	1.45	2.32	1.44	2.31	1.40	7.46	2.88	2.86
6-2	2.48	1.58	2.46	1.58	2.46	1.54	7.28	2.95	
6-3	2.61	1.72	2.59	1.71	2.58	1.67	7.32	2.90	
6-4	2.44	1.59	2.42	1.58	2.41	1.55	7.36	2.74	
6-5	2.59	1.71	2.57	1.71	2.56	1.67	7.29	2.85	
7-1	2.47	1.73	2.45	1.72	2.44	1.68	7.34	2.40	2.45
7-2	2.41	1.60	2.39	1.59	2.37	1.55	7.33	2.62	
7-3	2.35	1.63	2.33	1.61	2.32	1.58	7.44	2.33	
7-4	2.48	1.73	2.46	1.71	2.44	1.66	7.31	2.45	
7-5	2.43	1.69	2.41	1.67	2.40	1.64	7.25	2.44	
8-1	2.71	1.83	2.68	1.82	2.68	1.78	7.90	2.65	2.54
8-2	2.64	1.79	2.61	1.77	2.61	1.73	7.86	2.60	
8-3	2.63	1.80	2.59	1.79	2.59	1.74	7.86	2.50	
8-4	2.73	1.91	2.68	1.88	2.68	1.84	7.87	2.48	
8-5	2.90	2.07	2.86	2.06	2.85	2.01	7.94	2.49	
9-1	2.62	1.80	2.59	1.77	2.58	1.74	7.61	2.58	2.49
9-2	2.53	1.75	2.50	1.74	2.49	1.69	7.59	2.44	
9-3	2.63	1.85	2.60	1.84	2.58	1.79	7.49	2.45	
9-4	2.57	1.82	2.54	1.80	2.53	1.74	7.50	2.38	
9-5	2.67	1.87	2.64	1.85	2.62	1.79	7.29	2.59	
10-1	2.24	1.59	2.21	1.57	2.20	1.24	6.93	2.23	2.33
10-2	2.51	1.81	2.48	1.79	2.46	1.75	7.02	2.36	
10-3	2.38	1.72	2.35	1.71	2.34	1.66	6.59	2.39	
10-4	2.45	1.76	2.41	1.74	2.40	1.69	6.90	2.37	
10-5	2.47	1.79	2.44	1.76	2.43	1.73	7.13	2.28	

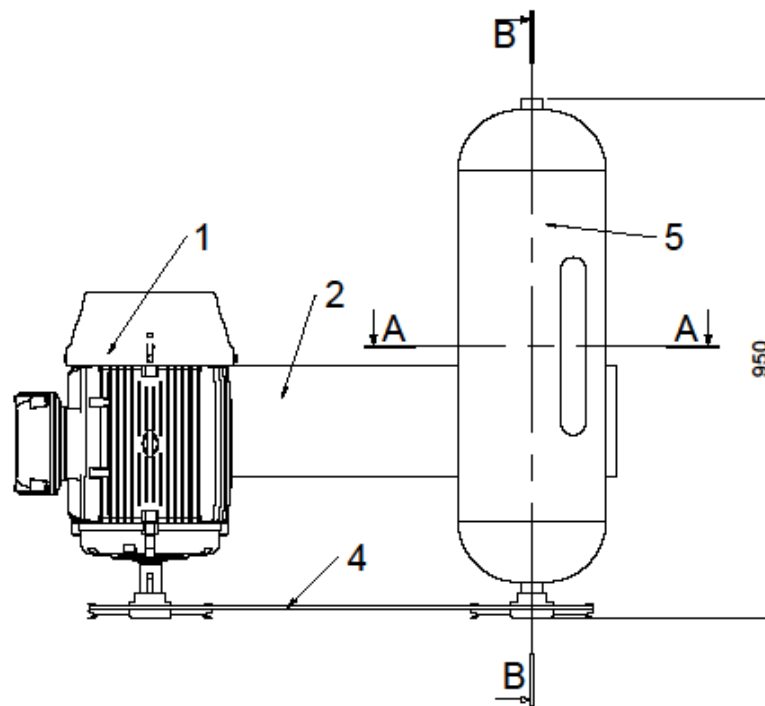
Tabel L.14. Veeauru läbilaskvuse kaalumistulemused (va. Grupid 9 ja 10) (g)

Kuupäev:	4.03.2019	5.03.2019	6.03.2019	7.03.2019	8.03.2019	9.03.2019	10.03.2019	11.03.2019	12.03.2019	13.03.2019	14.03.2019	11.03.2019
Aeg (h)	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1-1	704.88	703.83	701.46	699.20	697.00	694.71	692.37	690.08	687.69	685.34	683.08	680.79
1-2	707.43	706.39	703.58	701.09	698.72	696.12	693.42	690.75	688.24	685.61	682.91	680.43
1-3	705.03	703.64	700.64	697.84	695.15	692.42	689.65	687.00	684.32	681.64	678.99	676.18
1-4	705.83	704.54	701.76	698.98	696.32	693.59	690.81	688.09	685.46	682.64	679.93	677.35
1-5	707.44	706.18	702.58	699.54	696.83	694.05	690.80	687.45	684.71	680.60	675.38	670.87
2-1	706.15	705.01	702.11	699.40	696.90	694.24	691.59	688.97	686.36	683.84	681.39	678.93
2-2	709.87	708.88	706.51	704.10	701.80	699.39	696.82	694.12	691.39	688.67	686.05	683.61
2-3	709.31	707.89	704.34	700.86	697.66	694.18	690.58	687.03	683.53	680.14	676.73	673.59
2-4	708.05	706.71	703.42	699.02	695.84	692.62	688.82	685.02	681.36	677.52	674.37	671.01
2-5	703.34	702.73	694.42	684.55	675.88	667.05	656.83	648.51	640.82	634.53	623.20	612.65
3-1	703.95	702.01	700.79	698.42	696.27	693.93	691.59	689.32	687.10	684.77	682.24	679.90
3-2	704.56	703.56	701.22	698.77	696.46	693.98	691.48	689.04	686.68	684.22	681.94	679.69
3-3	702.10	701.18	698.84	696.37	694.06	691.60	689.13	686.72	684.37	682.02	679.71	677.39
3-4	697.60	696.55	693.91	691.01	688.48	685.68	682.79	680.08	677.53	674.89	672.38	669.80
3-5	699.22	698.39	696.32	694.19	692.20	690.08	687.96	685.85	683.80	681.76	679.73	677.69
4-1	703.45	702.59	700.45	698.34	696.23	693.98	691.83	689.65	687.52	685.52	683.31	681.18
4-2	700.80	699.90	697.75	695.57	693.47	691.26	689.03	686.83	684.79	682.41	680.08	677.87
4-3	705.33	704.40	702.18	699.94	697.77	695.45	693.14	690.83	688.61	686.44	684.21	681.99
4-4	702.65	701.80	699.60	697.43	695.39	693.22	691.08	688.92	686.80	684.66	682.57	680.48
4-5	700.24	699.48	697.41	695.30	693.31	691.20	689.11	687.02	684.94	682.90	680.85	678.82
5-1	704.59	703.98	702.17	700.35	698.62	696.30	694.39	692.52	690.70	688.82	687.02	685.21
5-2	702.53	701.81	699.99	698.16	696.46	694.75	692.86	690.98	689.21	687.42	685.60	683.80
5-3	708.49	707.89	706.21	704.51	702.88	701.14	699.33	697.53	695.76	694.05	692.32	690.59
5-4	709.31	708.66	706.47	704.42	702.15	699.89	697.78	695.74	693.82	691.97	690.14	688.26
5-5	707.73	707.18	705.61	704.02	702.40	700.77	699.15	697.52	695.92	694.33	692.73	691.12
6-1	697.16	696.04	693.33	690.80	688.33	685.79	683.26	680.69	677.94	675.01	672.33	669.83
6-2	702.97	701.97	699.58	697.18	694.55	692.97	689.04	686.31	683.79	681.43	678.07	674.95
6-3	712.49	711.55	709.30	707.06	704.89	702.65	700.32	698.07	695.85	693.67	691.51	689.23
6-4	718.18	716.27	713.43	710.35	707.58	704.93	702.12	699.47	696.88	694.43	692.07	689.70
6-5	716.70	715.73	713.57	711.41	709.36	707.15	705.01	702.86	700.72	698.65	696.58	694.46
7-1	711.70	710.92	709.01	707.11	705.15	703.27	701.36	699.46	697.52	695.53	693.62	691.76
7-2	709.94	708.95	706.80	704.71	702.74	700.63	698.44	696.34	694.20	692.14	690.09	688.05
7-3	715.95	715.08	713.12	711.14	709.22	707.18	705.18	703.16	701.14	699.13	697.11	695.10
7-4	717.30	716.50	714.62	712.72	710.92	708.99	706.94	704.97	703.06	701.20	699.24	697.23
7-5	714.17	713.38	711.50	709.61	707.78	705.85	703.99	702.09	700.20	698.41	696.43	694.57
8-1	708.33	705.84	700.81	696.22	692.02	688.72	685.72	682.96	680.31	677.80	675.36	672.63
8-2	711.06	702.15	693.44	687.72	683.23	679.02	675.03	671.40	667.78	664.20	660.89	657.95
8-3	707.53	706.69	704.57	702.50	700.47	698.43	696.34	694.34	692.29	690.21	688.20	686.14
8-4	705.79	704.93	702.91	700.91	699.04	697.00	694.98	693.00	691.05	689.08	687.15	685.14
8-5	709.02	708.33	706.43	704.53	702.59	700.61	698.66	696.69	694.70	692.80	690.86	688.91

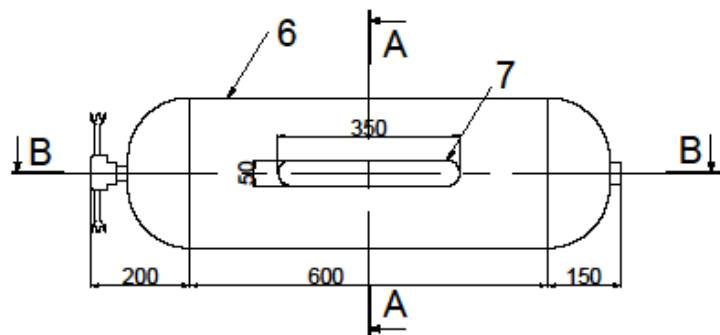
PABERIPURUSTI ÜLDVAATEJONISE



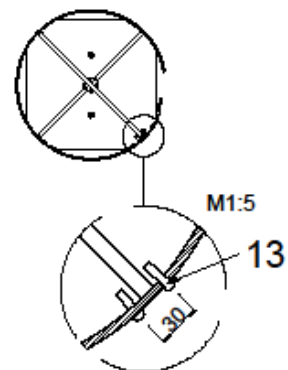
Osa 2



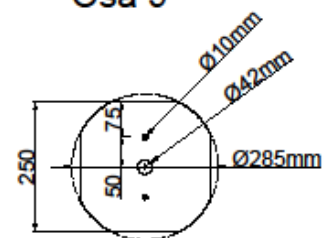
5		Tööorgan (alamkoost)	Teras	1	
4		Külrihm		1	
3		Rihmaratas Ø180mm	Alumiinium	2	
2		Seadme raam	Teras	1	
1		1,5KW elektrimootor		1	
Osa	Väli	Nimetus	Materjal	Hulk	Märkus
		Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 40kg	Mõõt: 1:20
Teostas	Mihkel Soolepp	Nimetus:	Formaat:		
Kontrollis	Aime Ruus	Paberipurusti	A3		
Kinnitas					
Tallinna Tehnikaülikool Tartu kolledž		Leht: 1/2	Tähis: 110649EAKI		



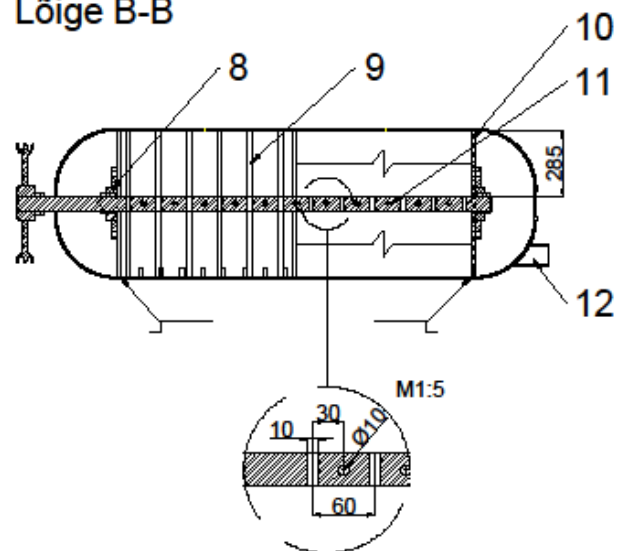
Lõige A-A



Osa 9



Lõige B-B



13	M4x15mm kruvid	Teras	30		
12	Väljatõmbetoru	Teras	1		
11	Võll	Teras	1		
10	Tugiplaat	Teras	2		
9	Tross Ø10mm	Teras	22		
8	Laagriukkk	Malm	2		
7	Täiteava		1		
6	Korpus	Teras	1		
Osa	Väli	Nimetus	Materjal	Hulk	Märkus
	Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2788-m	Mass: 21kg	Mõõt: 1:20	
Teostas	Mihkel Soolepp	Nimetus:	Formaat:		
Kontrollis	Aime Ruus	Tööorgan (alamkoost)	A3		
Kinnitas					
Tallinna Tehnikaülikool Tartu kolledž		Leht: 2/2	Tähis: 110649EAKI		