



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

SAVIKROHVI NIISKUSTEHNILISTE OMADUSTE  
MÄÄRAMINE: ERINEVATE SAVIDE MÕJU  
SORPTSIOONILE JA VEEAURU LÄBILASKVUSELE

DETERMINATION OF HYGROTHERMAL PERFORMANCE OF CLAY-SAND PLASTER: INFLUENCE  
OF DIFFERENT CLAYS ON SORPTION AND WATER VAPOUR PERMEABILITY

Magistritöö  
Ehitiste restaureerimise erialal

Üliõpilane: **Erik Altmäe**

Juhendaja: **Dotsent Aime Ruus**

Tartu, 2017

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

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: 107761EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: ..... (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: ..... (allkiri)

## Abstract

Altmäe, E. Determination of hygrothermal performance of clay-sand plaster: influence of different clays on sorption and water vapour permeability. Master's degree. 67 pages. Tartu 2017. 33 figures. 25 tables. 12 formulas. Format A4. In Estonian.

Clay as one of the most basic and common building materials has had a great part in construction and architecture throughout history. Clay still plays a big role in the developing countries as a construction material. In more advanced societies, industrial materials have replaced clay but clay still has some uses as a secondary or alternative building material that is used more commonly in plasters.

The aim of this thesis is to determine hygrothermal performance properties of sand-clay plaster and the influence of common clay minerals to plaster's sorption and water vapour permeability. Clays used in such testing are local clays and some other from countries not too far. 48 specimens of 8 groups were tested accordingly to following standards EVS-EN ISO 12571:2013 "Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of hygroscopic sorption properties" and EVS-EN 1015-19:2005 "Methods of test for mortar for masonry – Part 19: Determination of water vapour permeability of hardened rendering and plastering mortars".

Specimens were tested in a climate chamber where relative air humidity was raised from 0 to 30%, 30% to 50% and 50% to 80% and reduced from 80% to 50% and 50% to 30%. Quantities of adsorbed or desorbed moisture were measured by weighing test subjects periodically. Test results covered in this work are helpful to determine or in planning of indoor climate and for other research regarding local clay minerals and hygroscopic properties of these clays.

**Key words:** hygroscopic sorption, hygroscopic desorption, water vapour permeability, clay plaster, clay minerals, illite, smectite, kaolinite, chlorite, climatic chamber, wet cup method

# SISUKORD

Abstract.....	3
SISSEJUHATUS .....	6
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Savimineraalid.....	7
1.1.1 Smektiit (montmorilloniit).....	9
1.1.2 Illiit .....	9
1.1.3 Illiit-smektiit .....	10
1.1.4 Kaoliniit .....	11
1.1.5 Kloriit .....	11
1.2 Vee seotus saviga .....	12
1.3 Liiv .....	12
1.4 Savi ehitusmaterjalides .....	13
1.4.1 Savikrohvi katted.....	15
1.5 Sisekliima .....	15
1.5.1 Niiskus materjalis .....	15
1.5.2 Veeaur õhus .....	19
1.5.3 Veeauru difusioon .....	20
2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	22
3 MATERJAL JA METOODIKA.....	23
3.1 Katsetoodika .....	23
3.1.1 Materjalide veeauru sorptsiooni määramine EVS-EN 12571:2013 järgi.....	23
3.1.2 Savikrohvi veeauru läbilaskvuse määramine EVS-EN 1015-19:2005 järgi .	24
3.2 Kasutatud seadmed ja materjalid.....	27
3.2.1 Sorptsiooni ja desorptsiooni määramine .....	27
3.2.2 Veeauru läbilaskvuse määramine .....	28
3.3 Katsekehad.....	29
4 TULEMUSED .....	34
4.1 Savikrohvist katsekehade sorptsioon ja desorptsioon .....	34
4.1.1 Adsorptsioon.....	34
4.1.2 Desorptsioon.....	40
4.2 Savikrohvist katsekehade veeauru läbilaskvus.....	45
4.3 Mineraloogiline koostis .....	52
4.4 Krohvide terastikuline koostis .....	55
5 ARUTELU .....	58

KOKKUVÕTE .....	61
KASUTATUD KIRJANDUS .....	63
LISAD .....	68

# SISSEJUHATUS

Käesolevas töös uuriti savikrohvide sorptsiooni ja veeauru läbilaskvuse sõltuvust erinevatest savidest. Lisaks määrati krohvisegude mineraloogiline kompositsioon ja fraktsioonide osakaalud krohvisegus.

Töö teoreetiline osa annab ülevaate erinevatest levinumatest savimineraalidest, nende omadustest ja nende struktuurist ning analüüsitaks sorptsiooni ja veeauru läbilaskvust katsetes saadud ja kogutud andmete põhjal.

Töö praktiline osa koosneb erinevate savikrohvide sorptsiooniomaduste ja veeauru läbilaskvuse uurimisel. Katsete läbiviimisel on tuginetud Eesti Vabariigi standarditele EVS-EN 1015-2:2004+A1:2007. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 2: Mördiproovide võtmine ja katsemörtide valmistamine. 2009. Eesti Standardikeskus. EVS-EN 1015-3:2004+A2:2007. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 2: Mördisegu konsistentsi määramine (raputuslaual). 2009. Eesti Standardikeskus. EVS-EN 1015-19:2005. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 19: Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskvuse määramine. 2005. Eesti Standardikeskus.

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

EVS-EN 13914-2:2016. Krohvide projekteerimine, valmistamine ja pealekandmine. Osa 2: Sisekrohv. 2016. Eesti Standardikeskus.

Põhiliselt on eeskujuna kasutatud on varasemalt koostatud teemaga haakuvad TTÜ Tartu kolledži lõputöid savikrohvi ja lubikrohvi niiskustehniliste omaduste kohta (Vares, O., 2012; Puustusmaa, L., 2016). Uuritud on ka Tartu Ülikoolis looduslike savimineraalide koostist (Palolill, M., 2007).

Antud uurimistöö sai võimalikus tänu Marko Kikasele OÜ- st Saviukumaja, kes varustas materjalidega ja suunas täpse teema valikul.

Töö koostaja tänab oma juhendajat dotsent Aime Ruusi abivalmiduse ja aktiivse koostöö eest. Tänu koostöö ja nõuannete eest Ernst Tungelile, Marko Kikasele OÜ-st Saviukumaja ja Kalle Kirsimäele Tartu Ülikooli keemia instituudi geoloogia osakonnast ning Saviukumaja ja Tartu Ülikooli keemia instituudi kollektiividele, kes abistasid materjalide ja analüüsidega.

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Savimineraalid

Savimineraalid on ühed tüüpilisemad mineraalid pinnalähedaste mineraalide hulgast. Savimineraalid moodustuvad pinnastes ja setetes diagenetilise või hüdrotermaalse tegevuse tagajärjel kivimitest. Olulist rolli omab vesi savimineraalide tekkel ja sellest ka nimetus hüdratiseerunud alumo-silikaadid. Hüdratiseerunud alumo-silikaadid moodustavad füllosilikaatide ehk kihtsilikaatide grupi. (Hillier, S. 2003, refereerinud The James Hutton institute)

Eesti aladel tekkinud savimineraalid on tekkinud diageneesi tagajärjel, täpsemalt kivimite keemilisel murenemisel ehk porsumisel. Porsumist kirjeldavad protsessid on näiteks lahustumine, oksüdeerumine, hüdrolüüs jne. Savimineraalide loetakse sette osakesi, mille suurus jääb alla 0,002 millimeetri. Võrdluseks: aleuriit ehk möll, mida kutsutakse mõnikord ka tolmuks, jääb vahemikku 0,002 – 0,063 millimeetrit ja liiv 0,063 – 2,0 millimeetrit. Osakesed, mis on suuremad kui 2,0 millimeetrit klassifitseeritakse kruusana. Purdsete materjalide terasuured on määratud Udden-Wentworthi skaalal. (Sinisalu & Kleesment, 2002)

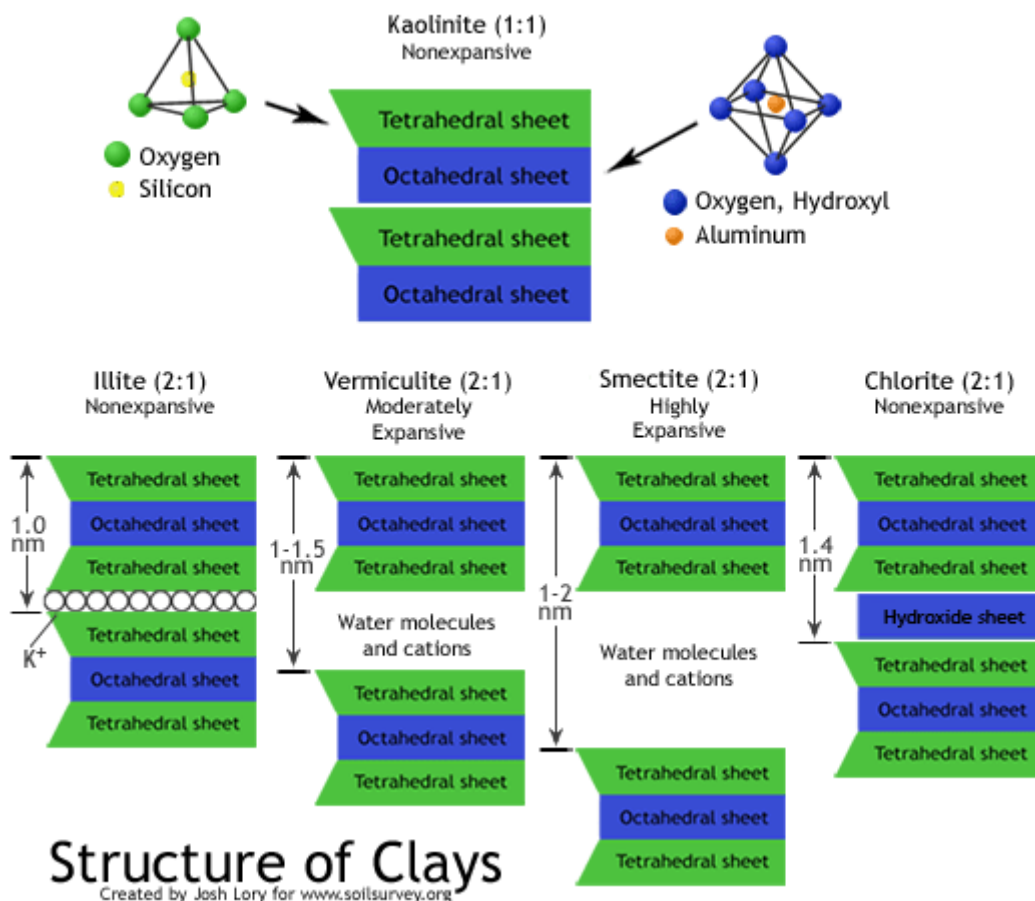
Kõige levinumateks savimineraalid on smektiit ehk montmorilloniit, kaoliniit, illiit ja kloriit. Eelmainitud savimineraalid moodustavad omavahel ka kombineeritud savimineraale nagu näiteks illiit-smektiit, illiit-kloriit jne. Üheks levinuimaks Eesti aladel on illiit-smektiit.

Mõningaid savimineraalide tüüpe, nagu segakihilised savimineraalid (nt illiit-smektiit), saab täpselt identifitseerida ainult läbi selliste meetodite nagu röntgendifraktsioon-analüüs (XRD). Tavaline on ka kui lisaks XRD-analüüsile kasutatakse ka infrapunaspetspektroskoopiat ja elektronmikroskoopi selleks, et paremini karakteriseerida savimineraale ja aru saada olemasoleva proovi kompositsioonist. Savimineraalide tuvastamiseks võrreldakse savimineraali difraktomeetrilisi andmeid arvutuslike difraktomeetriliste andmetega. (Hillier, S. 2003, refereerinud The James Hutton institute)

Savimineraale klassifitseeritakse ka mineraalis olevate savipakettide paiknemise järgi struktuuris kas 1:1 või 2:1 struktuuriga savideks. 1:1 struktuuriga savide puhul paiknevad tetra- ja oktaeedrilised kihid vaheldumisi. 2:1 struktuuriga savide puhul paikneb oktaeedriline kiht kahe tetraeedrilise kihi vahel. Välismaises kirjanduses võib esineda 1:1- ja 2:1-savimineraali liigituse nimetuste asemel ka vastavalt O-T ja T-O-T savipaketid (Kitch, W. 2011). Üks või kaks tetraeedrilist kihti moodustavad oktaeedrilise kihiga nõ savipaketi. Hulk selliseid seotud pakette moodustabki savimineraali. Savimineraalide suured varieeruvad suuresti sõltuvalt keemiliste sidemete tugevusest.

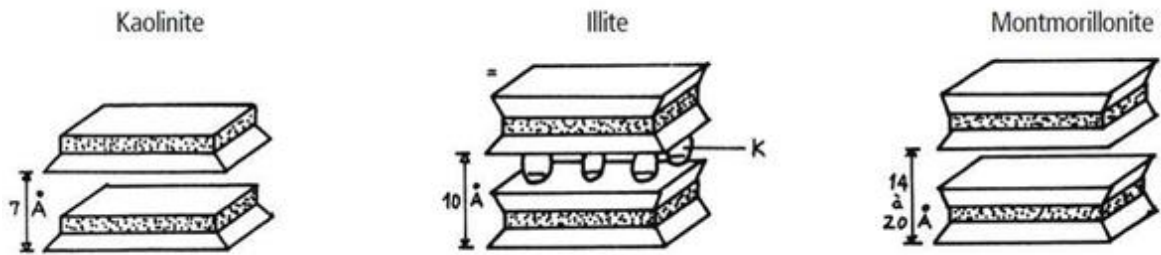
Tetraedriline kihi moodustavad  $\text{SiO}_4^{4-}$  silikaatsed tetraedronid moodustades kuueliikmelised heksagonaalsed rõngad, mille iga liige on seotud kolme  $\text{SiO}_4^{4-}$  liikmega ühiste hapniku ionide kaudu.  $\text{SiO}_4^{4-}$  tsentris olev Si ioon võib välja vahetuda ka Al või  $\text{Fe}^{3+}$  ionidega asendusreaktsiooni käigus. Tetraedriline kihiga on seotud oktaedriline kiht tipmise hapniku ioniga ( $\text{O}^{2-}$ ). Oktaedriline kiht koosneb tavaliselt tsentris olevast Al, Mg või  $\text{Fe}^{2+,3+}$  katioonist. Harvemini esineb ka Li, Cr, Mn, Cu ja Zn katioone. Tsentri ümber on kuus ühist  $\text{O}^{2-}$  või  $\text{OH}^-$  rühma, mis on seotud teiste oktaedritega. (Palolill, M. 2007)

Erinevate savimineraalide puhul moodustuvad savipakettide vahele erinevad keemilised sidemed. Savipakettide vahelised sidemed on nõrgemad kui kihtide vahelised keemilised sidemed. Kõige tugevaimad neist on vesiniksidemed, mis tekivad kahe elemendi aatomi vahel. Vesinikside on sedavõrd tugev, et ei lase vabal veel tungida savimineraalide vahele, aga nõrgem kui kihisiseseid sidemed. Sideme tugevusest järgmisel kohal on ioonid, tavaliselt kaaliumi ioonid. Nõrgimateks neist on Van der Waalsi jõud. (Kitch, W. 2011)



Joonis 1.1 Savimineraalide kihtstruktuur





**Joonis 1.2 Levinuimate savimineraalide struktuur (kaoliniit, illiit, montmorilloniit) (Minke, G., 2006)**

### 1.1.1 Smektiit (montmorilloniit)

Smektiidi puhul on tegu 2:1 struktuuriga, mille pakettide vaheline kaugus on tavaliselt 14Å. Montmorilloniidi keemiline valem on  $M_y \cdot nH_2O (Al_{2-y}, Mg_y)(Si_4O_{10}(OH)_2)$ . Smektiidi puhul on savipakettide vahel ühendavaks jõuks Van der Waalsi jõud. Kuna tegu on väga nõrga sidemega, siis pääseb vaba vesi savipakettide vahele ja selle tulemusena savipaketid kaugenevad üksteisest ning seda nimetatakse savi pundumiseks. Mineraali määratletakse kui paisuvat (joonis 1.1 ja 1.2).

Nimetus montmorilloniit pakuti esmakordselt välja 1847-ndal aastal Damouri ja SaIvétati poolt (Damour ja Salvétat. 1847, refereerinud Kerr, P.F., 1932). Enne seda aega teati sarnaste füüsikaliste ja keemiliste omadustega savimineraali nimega smektiit. Smektiidi nimetust kasutati 18. sajandi tekstides rohkelt koos terminiga „fulleri pinnas“. Näiteks kasutati sõna „smectis“ koos fulleri pinnasega Kirwani ja hiljem kasutas Haüy samas kontekstis nimetusi smektiit savi ja fulleri pinnas (Kirwan, R. 1794; Haüy, A.R.J. 1801, refereerinud Kerr, P.F., 1932). Üldine arusaam oli sel ajal, et smektiit oli hüdratiseerunud alumo-silikaat, mis sisaldas magneesiumit ja kaltsiumit (Breithaupt, A. 1844, refereerinud Kerr, P.F., 1932). Varajased smektiidi analüüsid ei olnud usaldusväärsed (Thomson, T. 1836, refereerinud Kerr, P.F., 1932), aga Damouri ja SaIvétati montmorilloniidi uurimistöö sisaldas ka keemilist uuringut, mille tulemused olid palju usaldusväärsemad ja andsid parema ettekujutuse smektiidi kompositsioonist.

Seoses 1931. aastate bentoniidi röntgendifraktsiooniuringutega võeti mitme smektiidi difraktsiooni mustrid ning võrreldes neid montmorilloniidi mustritega selgus, et need on identsed. Hiljem viidi läbi veel uuringuid kahe mineraali võrdlemiseks, mis samuti kinnitasid, et mineraalid on identsed (Kerr, P.F. 1931, refereerinud Kerr, P.F., 1932).

### 1.1.2 Illiit

Illiidi puhul on tegu 2:1 struktuuriga, mille pakettide vaheline kaugus on 10Å. Illiidi keemiline valem on  $KAl_{1,3}Fe_{0,4}Mg_{0,2}Si_{3,4}Al_{0,6}O_{10}(OH)_2$ . Illiidi puhul hoiavad savipakette koos ioonsidemed, mis tekivad savipakettide ja katioonide vahel. Katioonideks

enamasti kaaliumi ioonid, kuid need võivad vahetuda soodsates tingimustes kaltsiumi või magneesiumi ionidega. Sidemed katioonidega ei lase vaba vett savipakettide vahele ja seega on tegu mittepunduvate savidega. (joonis 1.1 ja 1.2).

Nimi illiit pakuti esmakordselt välja 1937-ndal aastal Grimi, Bray ja Bradley poolt vilgu tüüpi mineraalidele, mis esinesid savikates setetes. Rohked uurimused on näidanud, et paljud pinnased, savid ja vilgud sisaldavad savimineraali pakettide vahelise sammuga 10Å (joonis 1.2). Selliste savimineraalide puhul pole alati võimalik selle savimineraali polümorfset vormi määrata komplekssete seoste tõttu teiste savimineraalidega. Põhjuseks, madal korrapärasus ja osakeste väiksus. Samuti pole alati võimalik määrata keemilist kompositsiooni. Selleks, et neid mineraale eristada hästi kristalliseerunud vilkudest või hüdro-vilkudest, nimetataksegi neid savimineraale illiitideks. Kirjanduses kirjeldatud illiitide hulgas leidub mitmeid illiitide segakihilisi vorme lisaks puhtale illiidile. (Gaudette, H.E., Eades, J.L., & Grim, R.E., 1964)

### 1.1.3 Illiit-smektiit

Illiit-smektiidi puhul on tegu 2:1 struktuuriga, kus esinevad mõlemad nii illiiti ja smektiidi mineraalide paketid. Illiit-smektiit on üleminekuvorm smektiidist illiidiks diageneesi käigus (Lázaro, B.B. 2009). Pakettide vahel on nii kaaliumi ioone kui ka vett, vastavalt savimineraalide hulgale.

Vebleni panus illiit-smektiidi savimineraalide uurimisel kõrgresolutsioon transmissioon-elektronmikroskoobi ehk läbivkiirguse elektronmikroskoobi abil oli läbimurranguline mineraali struktuuri analüüsimisel (Veblen D.R. al et. 1990, refereerinud Güven, N. 1991). Illiit-smektiit defineeriti, kui 2:1 savimineraalina, mis on senini levinud viis savimineraali struktuuri kirjeldamiseks. Nii röntgendifraktsioon kui ka kõrgresolutsioon transmissioon-elektronmikroskoop annavad parema ülevaate illiidi ja smektiidi pakettide vahelisele paiknemisele mineraali struktuuris üksteise suhtes. Illiit-smektiidi puhul esineb mineraalis mitmeid erinevaid struktuuri variatsioone. Paisuva smektiidi vahekihid on esindatud tüüpilise „-S=S=S-“ struktuuriga, kus „-“ sümboliseerib smektiitide vahelist sidet, ja mittepaisuvad illiitseid vahekihid „.I:I:I.“ Struktuuriga, kus „.“ sümboliseerib illiitide vahelist sidet. Selliste pakettide puhul eeldatakse nii illiidi ja smektiidi puhul, et paketid on mittepolaarsed. Mõningates illiit-smektiidi kooslustes on leitud, et esineb ka polaarseid illiidi ja smektiidi pakette (-P·). Illiidi ja smektiidi pakettide omavahelisel suvalisel järjestamisel tekib mitu erinevat variatsiooni mineraalides.

- -S·I·S = S·I·S-
- -S = P:P = S = S = P:P = S-
- -P:I:I:P = P:I:I:P = P:I:I:P-
- .I:I:I:P = S = S = S-

(Sudo et al, 1962; Weiss et al, 1970; Lagaly 1979; Brown 1984, refereerinud Güven, N. 1991)

#### 1.1.4 Kaoliniit

Kaoliniidi puhul on tegu 1:1 struktuuriga, mille pakettide vaheline kaugus on 7Å. Kaoliniidi keemiline valem on  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ . Kaoliniidi mineraalide vahelised vesiniksidemed moodustavad kõige tugevamad keemilised sidemed. Seetõttu pole vee molekulidel võimalik pääseda savipakettide vahele. Nagu ka ioonsidemete puhul sellised savid on mittepaisuvad. (joonis 1.1 ja 1.2)

Kaoliniit, ühe külluslikuma mineraalina pinnastes ja setetes, tagab koos teiste mineraalidega, pinnase mehaanilise stabiilsuse. (Huertas et al., 1999; Chen et al., 2000, refereerinud Miranda-Trevino J.C., & Coles C.A., 2003). Kaoliniit on 1:1 savimineraal ning tekkinud komplekssete murenemise ja kulumise protsesside tagajärjel. Kaoliniit on oma kompaktse struktuuri tõttu raskesti lõhutav molekulaarsel tasemel. Seega enamuse sorptsiooni toimub kaoliniidi pakettide servaaladel ja struktuuri tasapindadel. Vesi ega ioonid ei tungi pakettide vahele mineraalis (Devidal et al., 1996, refereerinud Miranda-Trevino J.C., & Coles C.A., 2003). Savi puhtus sõltub suuresti savimineraali tekke protsessist ja mõjutab savimineraali struktuuri korratust ja savimineraalide suurust. (Balan et al., 1999, refereerinud Miranda-Trevino J.C., & Coles C.A., 2003). Erinevalt smektiidist on kaoliniit mittepunduv ja mittepaisuv (joonis 1.1) savimineraal ja kõrge molekulaarse stabiilsuse tõttu isomorfne asendus on piiratud või olematu. (Mitchell, 1993, refereerinud Miranda-Trevino J.C., & Coles C.A., 2003).

#### 1.1.5 Kloriit

Kloriidi puhul on tegu 2:1:1 struktuuriga. Kloriidide üldine keemiline valem on  $(\text{Mg,Fe,Li})_6\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ . Oktaedri keskmes on räni asemel raua või magneesiumiioon. Savipakettide vahel on katioonide või vee asemel oktaedriline kiht, kus oktaedri keskmes on magneesiumiioon. Sellest ka struktuuri tinglik nimetus 2:1:1.

Kloriidide grupi süstematiseerimine rahuldaval tasemel on komplitseeritud, kuna keemilised ja struktuursed andmed antud mineraalide kohta on lahknevad. Üks ülevaadetest sellise probleemi kohta on antud Hey töös (Hey, 1954, refereerinud Nelson, B.W. & Roy, R 1958). Jätkuvalt on näha keemilisi variatsioone looduslike kloriidide molekulaarses koostises. Tschermak ja Winchell seletasid probleemi läbi isomorfismi. (Tschermak 1890, 1891, Winchell 1926, refereerinud Nelson, B.W. & Roy, R 195) Struktuursed uuringud on näidanud, et enamik kloriite sisaldavad vahelduvaid vilgu tüüpi ja  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  kihte kristallstruktuuris (Pauling, 1930, refereerinud Nelson, B.W. & Roy, R 1958).

## 1.2 Vee seotus saviga

Vett esineb plastilises savis kolmel viisil:

- Esiteks gravitatsioonivesi ehk vaba vesi. Vaba vesi annab savile selle plastilisuse. Desorptsiooni käigus eraldub vaba vesi ilma suureta vaevata. Mõningad savid nagu smektiit on tundlikud vaba vee sisalduse suhtes. Vaba vee sorptsioon põhjustab savi paisumist ja mahukahanemist.
- Teiseks poorivesi ehk kapillaarvesi. Normaalingimustel leidub poorivett alati savi koostises. Poorivesi eraldub lõplikult temperatuuril 120°C. See on ka kõrgeim temperatuur, mille juures savi saab kuivatada, sellest kõrgemal kuumusel hakkab savi oma plastilisust kaotama.
- Kolmandaks, keemiliselt seotud vesi ehk kristallisatsioonivesi. Keemiliselt seotud vesi eraldub savist alles põletuse käigus, vahemikus 450–700°C. Keemiliselt seotud vee eraldumist nimetatakse dehüdraatumiseks ehk veetustumiseks ning selle protsessi lõppedes ei ole enam tegemist savi, vaid keraamikaga. (Laanmaa, K., 2011)

## 1.3 Liiv

Nii betoonide, kui krohvide puhul on oluliseks peentäitematerjaliks liiv. Savikrohvis on liiv täiteaineks, mis annab krohvile selle kõvaduse ja tugevuse. Liiva on vaja erinevates fraktsioonides sobival hulgal, et saaks kõige tihedama ja vastupidavama krohvisegu. Krohvisegudes oleva liiva fraktsioone määratakse kuivisõelumise teel ning saadud tulemustest arvutatakse savikrohvi peensusmoodul. Savikrohvi peensusmoodul määrab milliseks kasutuseks sobib krohvis koostises olevate liiva fraktsioonide segu.

Peensusmooduli leidmiseks kasutatakse järgnevaid valemeid:

Osajääk  $a_i$ , mis on sõelale jäänud liiva massi  $R_i$  ja sõelumisel osalenud liiva kogumassi  $M$  suhe protsentides.

$$a_i = \frac{R_i}{M} * 100\% \quad (7)$$

Täisjääk  $A_i$  arvutatakse suurima avaga sõelast väiksema sõelani  $i$ .

$$A_i = a_{4,0} + \dots + a_i \quad (8)$$

Peensusmooduli  $FM$  leidmiseks summeritakse liiva täisjäägid igast sõelast väiksema sõelani ning summa jagatakse 100-ga.

$$FM = \frac{A_{4,0} + A_{2,0} + A_{1,0} + A_{0,5} + A_{0,25} + A_{0,125}}{100} \quad (9)$$

„Maapõueseaduse järgi jaotatakse liiv: tehnoloogiliseks liivaks, ehitusliivaks ja puistening täitematerjaliks. Tehnoloogilist liiva kasutatakse klaasi- või vormiliivana. Ehitusliivaks loetakse sellist liiva, mille peensusmoodul on 1,3 või rohkem, savi- ja tolmusisaldus ei tohi olla üle 10% ning osakesi läbimõõduga üle 5 mm peab olema alla 35%. Liivast materjali, mis ei vasta eespool esitatud nõuetele, kuid mida soovitakse kaevandada, nimetatakse täitepinnaseks ehk täitematerjaliks. Peamine liiva tarbimine on ehitustegevuses – mörtide valmistamiseks, betooni, raudbetooni ja asfaltbetooni täiteks, silikaatoodete valmistamiseks, puiste- ja täitematerjalina teedehituses, lisandina tsemendi-, keraamika- ja klaasitööstuses jne. Kvaliteedi parandamiseks kasutatakse mitmeid rikastamisviise: sõelumist, jämeda fraktsiooni purustamist ja pesemist“.  
(Karjäär.ee koduleht)

## 1.4 Savi ehitusmaterjalides

Savi on tuntud kui materjal, mis reguleerib õhuniiskust. Savi seob võrdlemisi kiiresti õhust niiskust ja annab seda puuduse korral tagasi. Siseruumis loob savikrohv tervisliku kliima, mis on eriti oluline astmaatikutele ja allergikutele. Savikrohvi sorptsiooni võimet mõjutab suuresti, millist savimineraali on savikrohvi koostises kasutatud. Grigorjeva töös on välja toodud, et põletamata savi suudab endasse adsorbeerida kahe päeva jooksul 30 korda niipalju niiskust kui põletatud tellis. Katse viidi läbi tingimustes, kus suhteline õhuniiskus tõsteti 50%-lt 80%-le (Grigorjeva, J., 2004).

Savi akumulereib soojusenergiat. Nagu kõikidel massiivsetele materjalidele omane, on savidel hea sooja sidumisvõime (Minke, G., 2006). Näiteks saab kasutada massiivsaviseinu sellisel moel päikeseenergia talletamiseks ning seega vähendada vähesel määral kütmisele kuluvat energiat ja ressursse. Seda sõltuvalt millises kliimavööndis paiknetakse.

Hoone ehitamine on energiasäästlik. Savi ettevalmistamisele ja töötlemisele kulutatakse, võrreldes teiste levinud ehitusmaterjalidega, väga vähe energiat. Tüüpilise toorsavist hoone ehitamiseks kulutatakse umbes 1% energias, mis kuluks põletatud savitellistest või raudbetoonist hoone loomiseks. (Minke, G., 2006)

Savi on taaskasutatav materjal. Põletamata savi saab alati looduses ladustada ning vajadusel ka taaskasutada ilma erikaitsevahendeid kasutamata.. Veega niisutades saab savi taaskasutada ja parandada, kuna säilivad kõik savi ehitusomadused. Savi ehitusmaterjalina ei ole keskkonda koormav jääde. (Grigorjeva, J., 2004)

Savi kasutamine vähendab kulusid materjalile ja transpordile, kui seda on võimalik saada ehitusobjekti lähedalt. Suurema osa ehitiste puhul on ehituseks sobilik savi leitav kas otse vundamendikaevest või siis lähinaabrusest (Minke, G., 2006). Savi on lihtne kasutada, kuid vaja on lisada kas liiva või savi, et saada sobiva kompositsiooniga mass. Vajalik on välja sõeluda savist võimalikult palju orgaanikat.

Savist on võimalik ise ehitada. Kuna materjali. Saab ise kaevandada ja töödelda, siis kasutades olemasolevaid juhendeid ja konsulteerides spetsialistidega, on võimalik teha kõik ehitustööd iseendal.

Savi konserveerib puitmaterjali. Tingituna savi suhteliselt madalast tasakaaluniiskusest säilitab savi puitmaterjali, mis oli oluline just vanaaja arhitektuuris, kuna kasutati maja nurkades vaigurikkaid oksti majanurkade tugevdamiseks. Kuna orgaanikast imatakse üleliigne niiskus, siis see väldib seente või putukate poolt kahjustumist. Puidu tasakaaluline niiskuse sisaldus on nt 8...12%, savil 0,4...6% (Minke, G., 2006). Loomsed kahjurid vajavad tegutsemiseks reeglina 14 – 18%, seemed üle 20% niiskust. Savi konserveeriv omadus võib osutada puudulikuks vaid äärmiselt suure kapillaarjõuga kiudainete puhul kergsavi konstruktsioonis, mille mahukaal jääb alla 500 kg/m<sup>3</sup>. (Grigorjeva, J., 2004)

Savipinnad on antistaatilised. Saviga kaetud seinad ei tõmba ligi õhus hõljuvaid tolmuosakesi. Lisaks pärsib savikrohv ruumides elektromagnetlainete levikut ning tõkestab mobiili- ja muudes võrkudes tekkivaid kõrgsageduslikke elektromagnetlaineid (Pere, 2009, refereerinud Vares, O., 2012).

Savi seob ruumi siseõhust saasteaineid. Savi seob kahjulikke saasteaineid nagu näiteks sigaretisuits või söögitegemisest tulev suits ja veeaur. (Grigorjeva, J., 2004)

Savi ei ole standardne ehitusmaterjal. Savi esineb looduses puhtal kujul väga harva. Tihti on savi koostises saue, peenliiva, liiva, killustikku ja kive. Seetõttu varieeruvad suuresti savi mehaanilised omadused. Neid tuleb igal üksikul juhul hinnata ja vajadusel ainete juurde lisamisega sobivaks kujundada. (Grigorjeva, J., 2004)

Savid võivad olla suure mahukahanemisega. Vee desorptsioonil savist, peamiselt smektiitide puhul, esineb mahukahanemist. Mahukahanemine on, aga probleem, kuna savi mõraneb ja tõmbub kokku. Tekivad praod ja vahed konstruktsioonides, mis on külmasildadeks, nõrgestavad struktuuri või esteetiliselt soovimatud. Savi maht võib kahaneda kergsaviseinte puhul 3 – 12% ja massiivsaviseinte puhul 0,4 – 2%. Kahanemist saab olulisel määral siiski vähendada vee- ja saueosakeste hulga vähendamisega segus ning selle koostise optimeerimisega. (Minke, G., 2006)

Savi ei ole vee suhtes püsiv. Toorsavil põhinevaid ehitusmaterjale tuleb kaitsta otsese veega kokkupuute ja niiskuse eest. Vundamendi- kui ka katusekonstruktsioonid tuleb rajada selliselt, et saviosad on püsivalt kaitstud. Pindu saab muuta vee suhtes püsivamaks kasutades erinevaid sobivaid pinnakattematerjale nagu näiteks lubikrohv, niiskust hülgevad võõped jt. (Minke, G., 2006)

### 1.4.1 Savikrohvi katted

Antud uurimistöös savikrohvi katematerjale ei uurita, aga kuna savikrohvi katted võivad savikrohvi sorptsioon ja veeauru läbilaskvust parandada, kui ka halvendada, siis tuleks välja tuua ka mõned levinumad savikrohvi katted.

**Savivärv** on kergesti paigaldatav sein- ja laevärv, mis sisaldab jahvatatud savisid, kaoliini, tärklist ning peeneteralist kvartslia. Hea nakkuvusega matt ja tekstuurne värv, sobib savikrohvidele, betoonile, kipsplaadile ja mineraalsetele krohvidele. Põhitoone annavad erinevad savid, mida saab omakorda toonida looduslike pigmentidega. Värvitoone saab ka erinevaid naturaalseid savitoone kombineerides (Safran, 2012).

**Lubivärv** koosneb kustutamata lubjast (CaO) ning veega lahjendatud pigmendipulbrist. Veega segamisel peab olema ettevaatlik, kuna vee lisamisel lubi „kustutatakse“, mis on eksotermiline protsess. Põhiliselt kasutatakse lubivärvi krohvitud pindade korral ning see sobib nii sise- kui ka välistöödeks (Kirk, 1938). Lubjavärvi valmistamisel ei lähtuta alati retseptist, vaid iga meister kohandab segusid vastavalt oma kogemustele. (Tooming, refereerinud Vares, O., 2012).

**Liimvärvid** koosneb värvipigmentidest ning mõne liimi vesilahuse segust, kus liim täidab sideaine osa. Pinnale kandes aurub vesi ära ning alles jääb kuiv liimvärvi kiht, kus pigment on ühendatud omavahel ning aluspinnaga liimiosakeste abil. Liimainena on enim levinud orgaanilise päritoluga liimid. Sealhulgas naha-, kondi-, taime-, tselluloos- või kaseinliimi ning rukkikliister. Viimast värvi tuntakse ka kui „rootsi“ värvina, kuid värvile lisatakse veel värnitsat, vaiku või tõrva, mistõttu liigitatakse see pigem emulsioonvärviks (Kirk, 1938, refereerinud Vares, O., 2012). Liimvärvide hulgas on üks parimaid kaseiin- ehk kohupiimavärv. Koostise tõttu annab kohupiimavärv teiste liimvärvidega võrreldes vastupidavam värvikihi (Kirk, 1938). Kohupiimavärviga võib katta siseruumide krohvi, kivi, pappi ning pabertapeeti. Puidu katmiseks tuleb värvile lisada õlilisandeid. Liigniiskuse mõjul võib värv hallitama hakata. Hoolimata sellest sobib kohupiimavärv teiste liimvärvidega võrreldes paremini, kuna on temperatuuri ning niiskuse suhtes vastupidavam. (Loit, II, refereerinud Vares, O., 2012).

## 1.5 Sisekliima

### 1.5.1 Niiskus materjalis

Poorsed materjalid adsorbeerivad niiskust ümbritsevast õhust ning kuiva õhu korral ka väljastavad niiskust, mistõttu sobivad need sisekliima reguleerimiseks. Niiskus sõltub temperatuurist ning ümbritseva õhu niiskusest. Reguleerimise efektiivsus sõltub adsorptsiooni ning desorptsiooni kiirustest (Minke, G., 2006; Trechsel, 1994, refereerinud Vares, O., 2012).

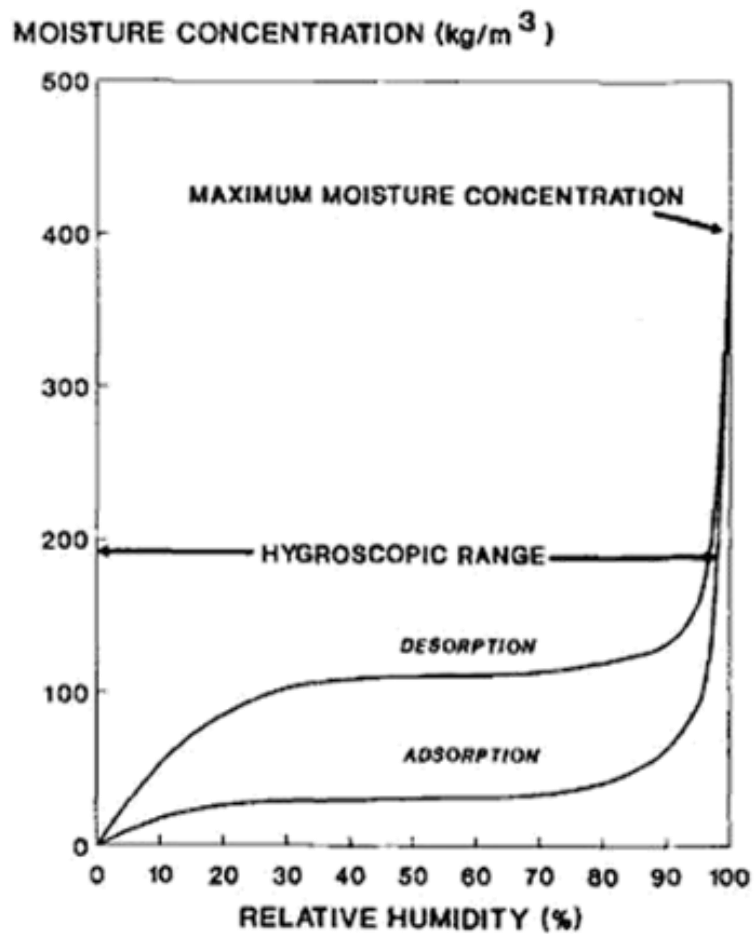
Materjali hügrooskoopsust iseloomustatakse sorptsiooni isothermidena, kus konstantse temperatuuri juures leitakse adsorbeeruva aine hulki. Kuivas õhus on adsorbeeruva veeauru hulk null, kuid veeauru osarõhu järk-järgulisel tõstmisel moodustub pindpinevuse tõttu materjali pinnale molekulaarsed vee kihid, kiht kihi haaval. Adsorptsioon jätkub senikaua kuni on jõutud kastepunktini ja materjali pinnale kondenseeruvad vee tilgad. Antud vahemikku iseloomustab materjali hügrooskoopsuspiirkond (Trechsel, 1994, refereerinud Vares, O., 2012).

Materjali niiskus on selle poorsusest, mistõttu erineb erinevate ainete maksimaalne veeimavus (joonis 1.5). Sorptsiooniisotherm iseloomustab adsorbeeruva aine mahtu ning veeauru osarõhku konstantsel temperatuuril (Trechsel, 1994, refereerinud Vares, O., 2012).

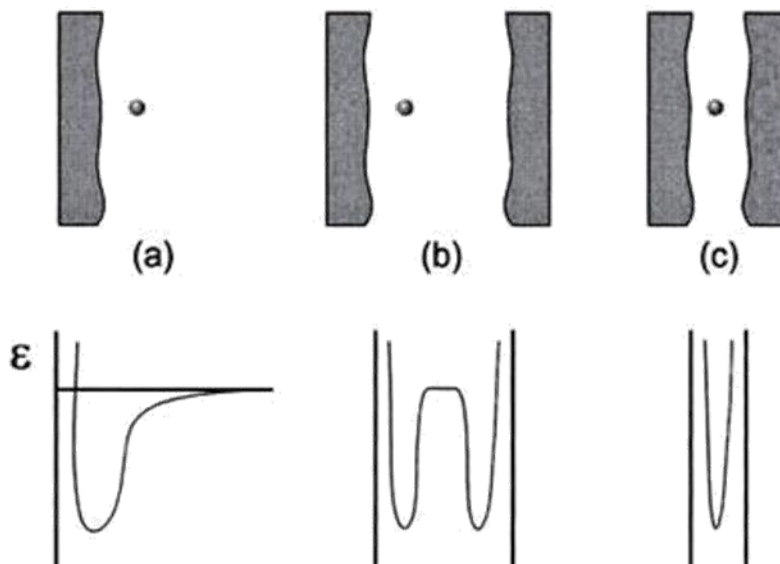
Desorptsioonil suhtelise õhuniiskuse langedes materjal kuivab ning annab varem seotud niiskuse välja. Sealjuures desorptsiooniisotherm ei pruugi ühtida adsorptsiooniisothermiga. Tavaliselt jääb desorptsiooni käigus materjali rohkem niiskust, kui adsorptsiooni puhul sama rõhu juures. Seda nähtust iseloomustab hüsterees (joonis 1.5). (Trechsel, 1994, refereerinud Vares, O., 2012)

Poorsete materjalide sorptsiooniisothermid kujud sõltuvad adsorbent-adsorbaat, adsorbaat-adsorbaat vahelisest koostoimest ning pooridest. IUPAC (The Union of Pure and Applied Chemistry) järgi jaotakse poorid sisemise läbimõõdu järgi (joonis 1.4) mikropoorideks (alla 2nm), mesopoorideks (2...50 nm) ning makropoorideks (üle 50 nm). IUPAC järgi jaotatakse sorptsiooniisothermid kuute rühma (joonis 1.5). (Lowel et al., 2004, refereerinud Vares, O., 2012)

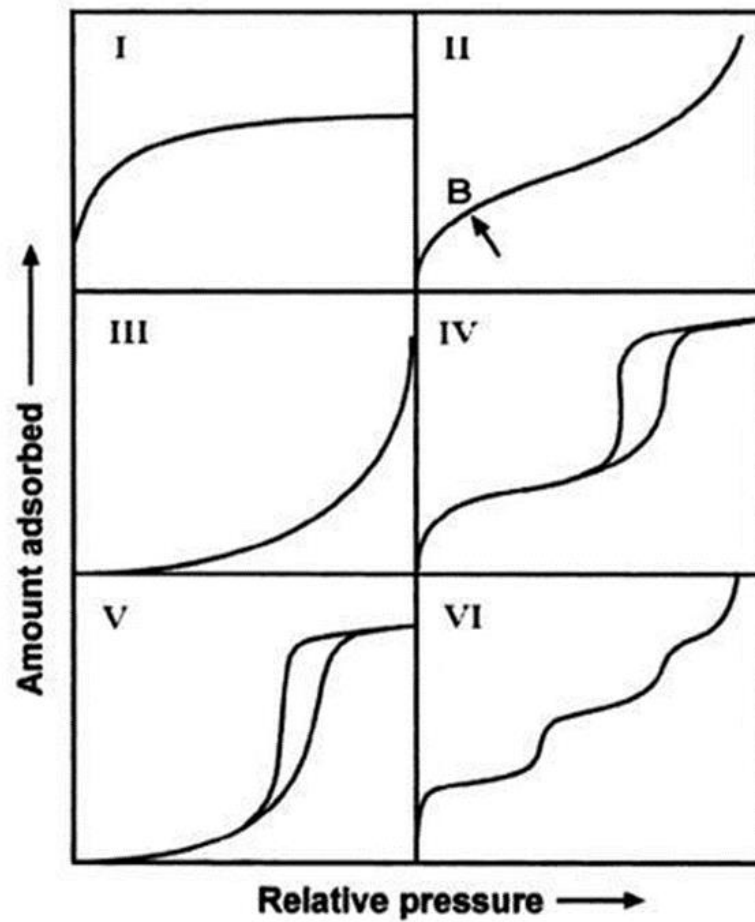




Joonis 1.3 Hüsteres (Trechsel, 1994)



Joonis 1.4 Pooride jaotamine IUPAC järgi (Lowel et al., 2004)



Joonis 1.5 Sorptsiooniisotermide jaotamine IUPAC järgi (Lowel et al., 2004)

## 1.5.2 Veeaur õhus

Õhuniiskust iseloomustatakse mitmel erineval viisil. Absoluutse õhuniiskus näitab tegeliku veeauru kogust ( $\text{g}/\text{m}^3$  või  $\text{kg}/\text{kg}$ ). Veeauru osarõhku õhus väljendatakse Pa. Suhteline niiskus (RH) näitab tegeliku ning maksimaalselt võimaliku veeauru koguse suhet. Maksimaalne õhuniiskus sõltub õhutemperatuurist, mille tõustes suureneb ka õhu veeaurumahutavus. Maksimaalset võimalikku õhuniiskust väljendab küllastusniiskus (tabel 1.1). Liigne niiskus kondenseerub pindadele (Masso, T., 2012, refereerinud Vares, O., 2012).

Sarnaselt küllastusniiskusele vastab igale temperatuuri ja niiskusolukorrale küllastustemperatuur ehk kastepunkt, kus õhu jahtudes saavutab õhuniiskus maksimaalse võimaliku ning küllastub. Ülejäänud veeaur kondenseerub pindadele. (Vares, O., 2012)

Välisõhu suhteline õhuniiskus on aastaringselt 70...90%, küündides sageli ka 100%-ni. Kevadise ning suvise päikese mõjul võib see päeva jooksul kõikuda vahemikus 40...100%. Sügisel ja talvel võib see stabiilselt 100% või selle lähedal püsida. Talvel on veeauru hulk õhus 1...5 $\text{g}/\text{m}^3$  ja suvel 10...15 $\text{g}/\text{m}^3$  (Jõgioja ja Pahapill, 2000; Masso, T., 2012, refereerinud Vares, O., 2012).

Inimene ei taju absoluutset, vaid suhtelist niiskust. Inimene tajub 20°C ja 40% toa õhku, mille veeauru sisaldus on 7 $\text{g}/\text{m}^3$  kuivana. Samas ajal kui 2°C ja 100% niiskusega välisõhk, kus on veeauru alla 6 $\text{g}/\text{m}^3$ , paistab ebameeldivalt niiske. Õhu soojenedes jääb absoluutne niiskus samaks, kuid suhteline niiskus langeb (Masso, T., 2012, refereerinud Vares, O., 2012). Minke järgi on soodsaks vahemikuks õhuniiskus 40...70% (Minke, G., 2006).

Siseruume ventileerides välisõhuga, ei lange suhteline õhuniiskus nii madalale, sest inimese metabolismi (50...100 $\text{g}/\text{h}$ ) ning lahtiste veepindade tõttu tekib niiskust pidevalt juurde (Masso, T., 2012, refereerinud Vares, O., 2012).

Aastani 2008 kehtinud sisekliima standardi järgi oli talvine soovitatud siseruumide õhuniiskus 25...45% ning suvel 30...70% (EVS 839:2003). Uue standardi järgi sõltub soovitatud RH ruumi tüübist ning kuivatamise ja niisutamise vajadusest, jäädes vahemikku 20...70% (EVS-EN 15251:2007). Liiga kuiv õhk kahjustab pika aja jooksul limaskesta ja muudab organismi viiruste ning bakterite suhtes vastuvõtlikumaks. Liiga kõrge niiskusega keskkond on seentele ning tolmulestadele arenemiseks soodne keskkond, mis võivad suurtes kogustes tekitada tervisehädasid (Minke, G., 2006).

**Tabel 1.1 Maksimaalne veeauru sisaldus õhus sõltuvalt temperatuurist (Masso, 2010)**

Õhutemp. °C	Max niiskus g/m <sup>3</sup>	Õhutemp. °C	Max niiskus g/m <sup>3</sup>
-50	0,4	8	8,3
-25	0,7	9	8,8
-20	1,1	10	9,4
-15	1,6	11	9,9
-12	2,0	12	10,6
-10	2,3	13	11,3
-8	2,7	14	12,0
-7	2,9	15	12,8
-6	3,1	16	13,6
-5	3,35	17	14,4
-4	3,6	18	15,3
-3	3,9	19	16,2
-2	4,2	20	17,2
-1	4,55	21	18,2
0	4,9	22	19,3
1	5,25	23	20,4
2	5,6	24	21,6
3	6,0	25	22,9
4	6,4	30	30,2
5	6,8	33	39,3
6	7,2	40	50,9
7	7,7	45	65,0

### 1.5.3 Veeauru difusioon

Elutegevuseks peab ruumist saastunud õhk välja saama ning värske õhk sisse pääsema. Põhiliselt toimub see ventileerimise teel, läbi akende ebatiheduste ja spetsiaalsete pilude, lahtiste akende, loomuliku ventilatsiooni, sundventilatsiooni või soojustagastiga ventilatsiooni kaudu. Tänapäeval vahetatakse vana aknad uute plastakende vastu, millega seoses kaovad õhuvahetust soosivad ebatihedused. Õhutihedate seinte loomisega, ei toimi loomulik ventilatsioon ning puudub ka värske õhu ning saastunud õhu vahetus. Sellega tõuseb õhuniiskuse kontsentratsioon, mis viib kondensvee ning hallituse tekkeni piirete sisepindadel, kui soojustamata kortermaja siseseina temperatuur langeb alla kastepunkti (~12...14°C) (Piirfeld, 2009, refereerinud Vares, O., 2012). Energiatõhusa ehituse üks

põhimõtetest on, et hoone on õhutihe ja ventilatsioon toimub ainult koos soojustagastusega ettenähtud kanaleid pidi.

Materjalist oleneb ka selle veeauru sidumise võime. Siseruumide puhul on kasulik, et osa liigsest veeaurust seintesse adsorbeeruks ning vajadusel seda väljastaks (Rahvakeeli „seina hingamine“). Veeauru sidumiseks sobivad massiivsed mineraalsed materjalid (tellised, betoon, poorbetoon, puit). Savikrohvi veeauru sidumisvõime on suur, kuid massiivseintega võrreldes on see tühine (Piirfeld, 2009, refereerinud Vares, O., 2012).

Veeauru liikumine toimub tavaliselt konvektiivselt või difuusselt. Konvektiivse liikumise puhul liigub veeaur koos õhuga ja inimese jaoks tajutav. Veeauru difusioon toimub kõrgema osarõhuga keskkonnast madalama osarõhu poole ning materjali läbiva veeauru kogus ja kiirus sõltub materjali difusioonitakistusest. Difusiooni käigus võib läbi seina liikuda kõige rohkem 1% vajalikust õhuniiskusest ning ülejäänud tuleb välja viia konvektiivselt ventilatsiooni kaudu (Piirfeld, 2009, refereerinud Vares, O., 2012).

## 2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöö eesmärk on savikrohvide puhul leida, kuidas mõjutavad erinevad savid krohvi koostises savi niiskustehnilisi omadusi. Peamiseks huviks on uuritavate savikrohvide hügroskoopsus ja veeauru läbilaskvus. Töös kasutatakse sarnase fraktsiooniga erinevaid segusid ning katsekehad on ilma lisanduva viimistluskihita.

Uurimistöö jaguneb praktiliseks ja teoreetiliseks osaks. Praktilisse ossa kuuluvad sorptsiooni, desorptsiooni ja veeauru läbilaskvuse uurimine Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži laboris. Katsetuste käik tugineb võimalusel Eesti Vabariigi standarditele. Katsete käigus jälgitakse katsekehade kaalumuutusi teatud ajavahemike järel. Uurimistöö lõpuks leitakse erinevate savide mõju niiskustehnilistele omadustele.

Lähtuvalt töö eesmärgist on ülesanded jaotatud järgmistesse etappidesse:

- Tutvuda erialalise kirjanduse ning publikatsioonidega
- Tutvuda sorptsiooni katset käsitleva Eesti Vabariigi standardiga
- Tutvuda veeauru läbilaskvust käsitleva Eesti Vabariigi standardiga
- Valmistada ette eelnevalt katseks tehtud proovikehad
- Viia läbi sorptsiooniomaduste määramise katse ning teha jooksvalt esimesed andmetöötlused tulemuste kontrollimiseks
- Valmistada ette eelmises katses kasutatud proovikehad
- Viia läbi veeauru läbilaskvuse leidmiseks ette nähtud katse ning teha jooksvalt esimesed andmetöötlused tulemuste kontrollimiseks
- Teostada lõplik andmetöötlus
- Teostada lõplik analüüs ning teha järeldused

## 3 MATERJAL JA METOODIKA

### 3.1 Katsemetoodika

#### 3.1.1 Materjalide veeauru sorptsiooni määramine EVS-EN 12571:2013 järgi

Poorse materjali hügroskoopsuse leidmise aluseks Eesti Vabariigis on standardid EVS-EN ISO 12571:2013 *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of hygroscopic sorption properties* ja EVS-EN ISO 12570:2013 *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of moisture content by drying at elevated temperature*.

Katsekehad olid kuivatuskapis vahemikus 15.02-21.02.2017 ja siis uuesti 22.02-27.02.2017. Katsekehi hoiti katsekehi standardi EVS-EN ISO 12570:2013 tingimustele vastavas kuivatuskapis katsematerjalile sobival temperatuuril ( $70\pm 2$ ) °C. Välditakse liiga kõrge temperatuuri valimist, mis võiks kahjustada või deformeerida savikrohvides olevat armeerivat kiudu või katsekehade pakendeid, põhjustada kehade mõõtmete muutumist või difusiooni kaudu katsekehade materjali massi kadu. Konstantne mass loetakse saavutatuks, kui kolme järjestikuse vähemalt 24-tunnise vahega tehtud kaalumiste tulemused erinevad vähem kui 0,1% katsekeha algsest massist. Kaalumistaegne laboriruumi temperatuur jäi standardi ettenähtud vahemikku ( $23\pm 6$ ) °C. Katsekehi kaaluti kaheteistkümne kaupa, võttes kuivatuskapist välja korraga ühel restil olevad katsekehad. Seejärel katsekehade kaal fikseeriti kiiresti ükshaaval fotokaamera abil. Katsekehade pudeduse ja ka mahukahanemise tõttu pakiti katsekehad eelnevalt kuivatuskappi paigutamist silikooni ja pakkekilega.

Peale esimest kuivatust seati kuivatuskapi temperatuur 70 °C-lt 27 °C-ni. Tegelikuses jäi jahtumisel temperatuur kuivatuskapis püsima 30-35 °C vahele. Kuna jahtumisperiood oli võetud liiga pikaks, siis peale jahtumist olid katsekehad võtnud keskeltläbi tagasi 35% algsest niiskusest. Kuna tegu polnud aktsepteeritava tulemusega, siis tuli katset korrata. 22.02-27.02.2017 kuivatati katsekehad uuesti, seekord lasti katsekehadel jahtuda kümme tundi. Peale kümme tundi oli kuivatuskapi temperatuur 34 °C juures. Seekord võtsid katsekehad jahtumise ajal keskeltläbi juurde 24% algsest niiskusest. Siit võib järeldada, et katsekehade jahtumisaega peaks veelgi lühendama ning katsekehad tuleb seega tõsta kliimakambri olles kõrgema temperatuuriga.

Sorptsiooni ja desorptsiooni katse sooritati kohe pärast katsekehade kuivamist 27.02-24.03.2017. Kasutati standardi EVS-EN ISO 12571:2013 kohaselt kliimakambri meetodit. Uurimistöös kasutati kokku 48 savikrohvist katsekeha, mis omakorda jagunesid kaheksaks erinevaks grupiks ning igasse gruppi kuulus kuus katsekeha. Standardi järgi on nõutud vähemalt kolm ühesugust katsekeha. Sorptsioonil näeb standard ette konstantsel

temperatuuril (23±0,5) °C kliimakambri suhtelise õhuniiskuse järkjärguliseks muutmiseks vähemalt nelja ligikaudselt ühtlase vahega suureneva suhtelise õhuniiskuse protsendi valimist vahemikust 30...95%. Antud töös valiti kolm suurenevas järjekorras õhuniiskuse astet: 30%, 50% ja 80%. Esimese niiskusvahemiku 0...30% kestuseks oli 27.02-04.03.2017.

Kuigi standard EVS-EN ISO 12571:2013 näeb ette katsekehade kaalumisi iga 24 tunni tagant, siis adsorptsiooni kiiruse leidmiseks esimestel tundidel, kaaluti katsekehad Gernot Minke teose „Building With Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture“ katsete põhjal 1,2,3,6,12 ja 24 tunni möödudes (2006, lk 16-18). Peale 24 tunni möödumist kaaluti katsekehi standardi järgi iga 24 tunni tagant kuni mõõtmistulemused erinesid 0,1% katsekeha algsest massist st katsekehad saavutasid tasakaaluniiskuse. Kaalumised lõppesid 120-ndal tunnil. Samuti toimiti niiskusvahemikes 30...50% ja 50...80%.

Kaalumised toimusid gruppide kaupa ning grupe kaaluti suvaliselt erinevas järjekorras. Keskmiselt kulus kõikide proovikehade kaalumisele 13,5 minutit. Niiskusvahemikus RH=30...50% ilmses asjaolu, et kliimakambri ukse pideval lühiajalisel avamisel, hakkasid katsekehad niiskust ära andma. Olenevatel katsekeha koostises olevatest savidest andsid katsekehad erineval hulgal niiskust ära.

Standard näeb ette desorptsioonil temperatuuri (23±0,5) °C. Kliimakambri suhtelise õhuniiskuse järkjärguliseks muutmiseks vähemalt nelja ligikaudselt ühtlase vahega väheneva suhtelise õhuniiskuse protsendi valimist vahemikust 95...30%, kuid niiskuse alguspunktiks peab olema 95%. Antud uurimistöös ei alustatud katsevahemikku nõutud suhteliselt niiskuselt 95% ning kehi kaaluti õhuniiskuse vahemikes 80...50% ja 50...30%. Kõrgema õhuniiskuse juures on oht, et katsekehade pinnale võivad orgaanika olemasolu tõttu kasvada hallitusseened.

Kaalumistulemuste põhjal leiti katsekehade niiskus  $u$  (%) valemiga 1:

$$u = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

kus  $m$  on katsekeha mass (kg);

$m_0$  on kuivatatud katsekeha mass (kg).

### 3.1.2 Savikrohvi veeauru läbilaskvuse määramine EVS-EN 1015-19:2005 järgi

Kuna Eesti Vabariigis savikrohvidel puudub oma standard, siis on uurimuses lähtutud standardist EVS-EN 1015-19:2005. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 19: Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskvuse määramine. Katsemördi valmistamisel ja proovide võtmisel lähtutakse standardist EVS-EN 1015-2:2004+A1:2007. Müürimörtide



katsemeetodid. Osa 2: Mördiproovide võtmine ja katsemörtide valmistamine. Katsemeetodit kasutatakse 10...30 millimeetri paksuste katsekehade puhul.

Peale katsekehade valmistamist on standardi EVS-EN 1015-19:2005 järgi vaja katsekehi hoida algul kõrge suhtelise niiskuse juures ( $95\pm 5\%$ ) ja hiljem ( $50\pm 5\%$ ) (kivistumine niisketes tingimustes). Kuna kivistumine niisketes tingimustes on oluline hüdrauliliste segude karboniseerumiseks, siis vastupidiselt savikrohvide puhul on vaja niiskus krohvist välja viia. Seetõttu hoiti katsekehi kuivamas toatingimustel nagu seda tehakse ka praktikas. Ülemise hügroskoopsustaseme leidmiseks on standardi kohaselt vaja vähemalt viite ühesugust katsekeha. Sama katse jaoks kasutati juba eelnevalt sorptsiooni ja desorptsiooni katses kasutatud katsekehi. 48-st katsekehast moodustunud igast kaheksast grupist valiti välja viis katsekeha kuuest. Standardi järgi kasutatakse ülemises hügroskoopsuspiirkonnas etteantud veeauru rõhu saavutamiseks anumas kaaliumnitraadi ( $KNO_3$ ) küllastunud lahust, mis tagab temperatuuril  $20\text{ }^\circ\text{C}$  suhtelise õhuniiskuse  $93,2\%$ . Kettakujulised plastrõngastes katsekehad asetati soolalahusega täidetud katseanumatele, nii et katsekeha ja lahuse pinna vahele jäi umbes 50 mm paksune õhuvahe. Standard näeb ette õhukihi paksust ( $10\pm 5$ ) mm. Antud katses kasutati ühe silindrilise anuma kohta 300 grammi lahust, kuna suurema hulga lahuse juures oleks lahuse, anuma ja katsekeha kaal koos ületanud digitaalkaalu mõõtepiiri 1200 grammi. Anuma ning katsekeha ühenduskoht tihendati õhutihedalt läbipaistva silikoonhermeetikuga.

Silindrilistele katseanumatele kinnitatud katsekehad asetati kliimakambrisse temperatuuril  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ja suhtelisel õhuniiskusel ( $50\pm 5\%$ ). Kaalumiseks sobivad ajavahemikud valiti kogemuslikult. Katsekehi tuleb standardi järgi kaaluda seni kuni ajaühikus katsekeha läbiva veeauru hulk on konstantne. Selleks kaaluti katsekehi iga 24 tunni tagant kuni kolme järjestikuste kaalumiste tulemused on graafikul ühel joonel.

Katsekehade gruppide ülemisel hügroskoopsustasemel koostatud graafikutelt saadi seejärel veeauru voog  $\Delta G/\Delta t$  (g/h), mis teisendati vajatud ühikutele kg/s. Standardis on viie katsekehaga määramiseks toodud veeauru läbivusteguri  $\Lambda$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa})$ ] valem (2):

$$\Lambda = \frac{1}{\frac{A \cdot \Delta p}{\frac{\Delta G}{\Delta t}} - R_A} \quad (2)$$

kus  $A$  on katseanuma suudme pindala ( $\text{m}^2$ ), kuid käesolevas töös oli katsekeha lahuse loodud keskkonnale avatud pind väiksem, mistõttu kasutati seda suurust;

$\Delta p$  on veeauru rõhkude vahe ümbritsevas keskkonnas ja soolalahuse kohal (Pa);

$R_A$  on katsekeha ja soolalahuse vahelise õhukihi veeaurutakistus ( $0,048 \cdot 109\text{ m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}/\text{kg}$  õhuvahe 10 mm kohta).

Difusiooni arvutamisel kasutati OÜ Ehitusteave juhendmaterjali ET-2 0404-0764 „Välisseina difusiooni arvutus” (Piirfeld, 2009, refereerinud Puustusmaa, L. 2016).

Temperatuuril 20 °C on küllastunud veeauru osarõhk 2337 Pa. Kliimakambri suhtelise õhuniiskuse 50% ja soolalahuse kohal oleva suhtelise õhuniiskuse 93% juures vastavad sellele järgmised väärtused:

$$p_{50\%} = 0,50 \cdot 2337 \text{ Pa} = 1168,5 \text{ Pa}$$

$$p_{93\%} = 0,93 \cdot 2337 \text{ Pa} = 2173,4 \text{ Pa}$$

Veeauru osarõhkude vahe leiti seega järgnevalt:

$$\Delta p = p_{93\%} - p_{50\%} = 2173,4 \text{ Pa} - 1168,5 \text{ Pa} = 1004,9 \text{ Pa}$$

Standardis on veeaurutakistus toodud katsekeha ja soolalahuse vahele jääva 10 mm õhuvahe kohta. Antud katses jäi keha pinna ning lahuse vahele ligi 50 mm, millele arutati vastav veeaurutakistus:  $R_A = 5 \cdot RA, 10 \text{ mm} = 5 \cdot 0,048 \cdot 10^9 = 0,240 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ .

Töös arutati esmalt veeauru läbivusteguri pöördväärtus ehk difusioonitakistus (aurutakistus)  $r$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ ) valemiga 3:

$$r = \frac{A \cdot \Delta p}{\frac{\Delta G}{\Delta t}} - R_A \quad (3)$$

Jagatisest  $1/r$  leiti seejärel veeauru läbivustegur  $A$  [ $\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ].

Õhu aurueri juhtivus  $\delta$  on standardi EVS-EN ISO 13788:2012 kohaselt  $2 \cdot 10^{-10} \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$  ehk  $200 \text{ ng} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ .

Savikrohvi veeauru läbilaskvus  $W_{vp}$  [ $\text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ] arutati veeauru läbivusteguri ja katsekeha keskmise paksuse korrutisena homogeensetele katsekehadele valemiga 4:

$$W_{vp} = A \cdot t \quad (4)$$

Veeauru läbilaskvuse ja õhu aurueri juhtivuse väärtuste kaudu määrati katmata katsekehade grupile difusioonitakistuskonstant  $\mu$  (valem 5):

$$\mu = \delta / W_{vp} \quad (5)$$

Difusioonitakistuskonstant näitab, mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem sama paksusega seisva õhu kihi omast.

Katmata materjalikihi aurutakistus  $S_d$  arvutatakse ka difusioonitakistuskonstandi  $\mu$  ja krohvi kihi paksuse  $h$  korrutisena valemiga 6:

$$S_d = \mu \cdot h \quad (6)$$

## 3.2 Kasutatud seadmed ja materjalid

### 3.2.1 Sorptsiooni ja desorptsiooni määramine

Analoogselt varasematel aastatel koostatud uurimistöodele Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledžis kasutati standardi EVS-EN ISO 12571:2013 alusel kasutati vett tõrjuvaid kaalutopse. Katsekehad valmistati plasttorust rõngaste sisse, mille läbimõõt on 100 millimeetrit ja kõrgus umbes 25 millimeetrit. Pudedad katsekehad pakendati pakkekilesse ning lahtiste katsekehade kinnitamiseks kasutati silikoonhermeetikut. Pakkekile kinnitati rõnga ümber tihedalt läbipaistva teibiga.

Katsele eelnevalt kasutati standardis EVS-EN ISO 12570:2013 tooduga vastavuses sundventilatsiooniga kuivatuskappi Memmert UFB-500 (joonised 20-21), mis kuivatab vahemikus +30...+220 °C kuni 100 kraadini täpsusega  $\pm 0,5$  °C ja üle 100 kraadi täpsusega  $\pm 1$  °C.

Katses kasutati järgnevaid standardite nõuetele vastavaid seadmeid:

- kliimakamber RUMED 4101 (EVS-EN ISO 12571:2013) (joonis 3.1), mis hoiab õhuniiskust vahemikus 20...95% täpsusega  $\pm 2...3\%$  ning temperatuuri vahemikus 0...+60 °C täpsusega  $\pm 0,5$  °C;
- digitaalkaal Kern PLT 1200-3A (EVS-EN ISO 12571:2013) (joonis 3.2), mille mõõtepiirkond on 0...1200 g täpsusega 0,001 g.
- Raputuslaud Cooper TCM-0060/E (EVS-EN 1015-3:2004+A2:2007) (joonis 3.2)



Joonis 3.1 Kuivatuskapp Memmert UFB-500 ja kliimakamber RUMED 4101



**Joonis 3.2 Digitaalkaal Kern PLT 1200-3A ja Raputuslaud Cooper TCM-0060/E**

Katsekehade valmistamisel kasutati lisaks erinevaid metallist ja plastmassist anumaid ning kellut. Katsekehade läbimõõtude saamiseks kasutati mehaanilist nihikut ja metallist joonlauda.

Laboriruumi temperatuuri, suhtelist õhuniiskust ning süsihappegaasisaldust mõõtis andmekoguja Green Eye CO2 Logger AZ-7798.

Kõik kaalumistulemused sisestati ja arvutati ning koostatud graafikud on valmistatud andmetöötlusprogrammis Microsoft Excel 2013.

### **3.2.2 Veeauru läbilaskvuse määramine**

Standard EVS-EN ISO 12571:2013 näeb ette vajadusel vett tõrjuvate kaalutopside kasutamist. Antud katses jäeti kehad võimaliku pragunemise ohus esialgsetesse vormidesse, milleks olid Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledžis 2012-ndal aastal savikrohviga tehtud analoogse katse tarvis valmis lõigatud plasttorust rõngad ligikaudse läbimõõduga 100 mm ja kõrgusega 25 mm. Pudenemise vältimiseks ning õhutihedaks muutmise eesmärgil pakendati katsekehad, kasutades märgumatuid materjale. Rõnga küljed ja kehade viimistluseta põhi kaeti neljakordse toidukilega. Kile sulgeti läbipaistva teibiga mitmekordselt tihedalt ümber rõnga perimeetri. Selline pakend võimaldab näha plastikrõngale markeriga tehtud tähistusi. Plastikrõnga ning katsekeha piirile kanti läbipaistev silikoonhermeetik.

Katsele eelnevalt kasutati standardis EVS-EN ISO 12570:2000 tooduga vastavuses sundventilatsiooniga kuivatuskappi Memmert UFB-500 (joonised 20-21), mis kuivatab vahemikus +30...+220 °C kuni 100 kraadini täpsusega  $\pm 0,5$  °C ja üle 100 kraadi täpsusega  $\pm 1$  °C.

Katsekehade keskmine paksus arvutati mehaanilise nihikuga tehtud kolme mõõtmise põhjal.

Laboriruumi temperatuuri, suhtelist õhuniiskust ning süsihappegaasisaldust mõõtis andmekoguja Green Eye CO2 Logger AZ-7798.

Kaalumistulemused sisestati, arvutused tehti ning graafikud valmistati andmetöötlusprogrammis Microsoft Excel 2013.

### 3.3 Katsekehad

Uurimistöös kasutatud savikrohvid on valmistatud ja saadud Põlvamaalt Mooste mõisast Saviukumaja OÜ-st. Katses kasutatud krohvid valiti välja koostöös Marko Kikasega. Katsekehad segati valmis järgides Saviukumaja OÜ juhendit (joonis L.2) savikrohvidele fraktsiooniga kuni kaks millimeetrit. Mõrdisegu valguvust määrati raputuslaua Cooper TCM-0060/E abil, mis vastab standardile EVS-EN 1015-3:2004+A2:2007 „Müürimörtide katsemeetodid Osa 3: Mõrdisegu konsistentsi määramine (raputuslaual). Standard EVS-EN 1015-3:2004+A2:2007 järgi mõrdisegudel tihedusega üle 1200 kg/m<sup>3</sup> puhul on määratletud valguvus 175±10 mm. Katsekehad valmistati Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledžis.

**Tabel 3.1 Krohvisegade keskmine valguvus**

Grupp	Keskmine valguvus (mm)
I	19,0
II	18,0
III	17,5
IV	17,5
V	17,8
VI	16,5
VII	16,8
VIII	-

Krohvimördid valmistati ette kasutusjuhendite järgi. Algselt segati segud minimaalse määratud vee kogusega ning hiljem lisati kogemuslikult krohvisegadele vett juurde, et saada määratletud piiridesse jääva valguvusega krohvisegu. Savikrohvide valguvus jääb lubatud piiridesse välja arvatud I grupi puhul. I grupi krohvisegu tuli liialt valguv juba minimaalse vee kogusega. Kuna kuiva krohvisegu ei olnud palju järel ning seda oli vaja kasutada ka hilisemates katsetes, siis kuiva krohvisegu enam valguvuse vähendamiseks ei lisatud. Grupp VIII puhul polnud võimalik krohvisegu valguvust määrata selle koostises oleva kanepiluu tõttu, mis oma armeeriva funktsiooni tõttu ei lasknud savikrohvil loomulikult valguda.

Iga krohvisegu (tabel 3.2) valmistati umbes kaks kilogrammi, millele lisati vastavalt Saviukumaja OÜ juhendile (joonis L.2) 400 milliliitrit vett. Segude segamine toimus käsitsi metallist kelluga plastikust ämbrites. Kuna erinevad savid absorbeerivad vett erinevalt, siis mõningate proovide puhul oli vaja lisada rohkem vett. Vee lisamine toimus kogemuslikult. Vee mõõtmiseks kasutati ühe liitrise mahutavusega mõõtesilindrit. Krohvisegade kaalumiseks kasutati kaalu Kern GAB mõõtepiirkonnaga kuni

(12000±0,1)g. Raputuslauaga kontrolliti kas segu valgusus oli piisav ning vajadusel lisati vett. Enne kasutamist peab segu seisma vähemalt 0,5 tundi. Enne segu kasutamist tuleb see uuesti läbi segada väärtardumise vältimiseks.

EVS-EN 13914-2:2016. Krohvide projekteerimine, valmistamine ja pealekandmine. Osa 2: Sisekrohv. Standardis tuuakse välja, et olenevalt tootjast ja lähtematerjalidest võivad savikrohvide karakteristikus olla erinevad ja seetõttu tuleks valmistamisel lähtuda tootja soovitudest või riiklikest eeskirjadest.

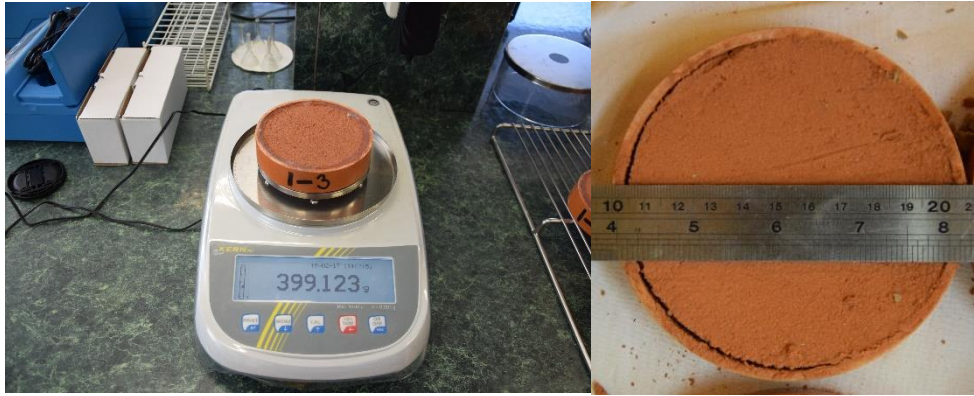
Saviukumaja kodulehel oleva savikrohvide sissejuhatus viitab saksa standardile DIN 18947:2013-08, mille põhjal on ettevõtte krohvisegud valmistanud. „Saviukumaja savikrohvid on 100% looduslikud. Need on testitud Saksa savikrohvide standardi DIN 18947:2013-08 järgi ning kuuluvad selle kohaselt kõrgemasse tugevusklassi S II. Savikrohv sobib kõigile ehituslikele pindadele, nii ajaloolisesse kui kaasaegsesse interjööri. Savikrohvi saab kasutada ka niisketes ruumides, välja arvatud pindadel, mis on otseses kokkupuutes veega. Savikrohvi kasutamine elamu ehitamisel loob täiusliku koosluse maja, looduse ja inimese vahel. Savikrohvi kasutus ei saasta keskkonda. Savi on tulele vastupidav, sooja salvestav ja niiskust siduv ehitusmaterjal. Savikrohv interjööris loob pehme, turvalise, sooja ja õdusa õhkkonna. Saviukumaja savikrohvi võib kasutada naturaalse toonidena (punane, pruun, hall), katta Saviukumaja peenviimistlus-krohvidega või looduslike värvidega“. (Saviukumaja koduleht). Uninaksi savikrohvi puhul on viidatud standardid mainitud vastavusdeklaratsioonis (joonis L.1).

**Tabel 3.2 Katses kasutatud savikrohvid**

Savikrohv	Päritolu	Joonise nr
I – Joosu punane 0-2 millimeetrit hundinuiaga	Joosu maardla	Joonis 3.3
II – Läti pruun 0-2 millimeetrit hundinuiaga	Läti	Joonis 3.4
III – Läti tumepunane 0-2 millimeetrit hundinuiaga	Läti	Joonis 3.5
IV – Põhja-Eesti sinine 0-2 millimeetrit hundinuiaga	Läti	Joonis 3.6
V – Joosu hall 0-2 millimeetrit hundinuiaga	Joosu maardla	Joonis 3.7
VI – Läti tumepunane 0-2 millimeetrit	Läti	Joonis 3.8
VII – Uninaksi valge 0-2 millimeetrit	-	Joonis 3.9
VIII – Läti tumepunane 0-2 millimeetrit kanepiluuga	Läti	Joonis 3.10

Katsekehade koondandmed on esitatud lisades (tabel L.1).

Tulles vastu Saviukumaja OÜ soovile, pole krohvisegude täpset koostist ja vahekorda uurimistöös avaldatud.



**Joonis 3.3 I – Joosu punane 0-2 mm hundinuiaga**



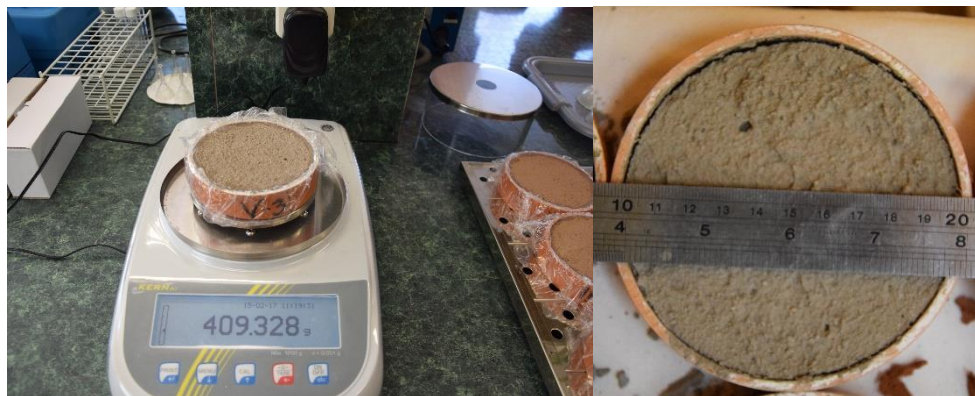
**Joonis 3.4 II – Läti pruun 0-2 mm hundinuiaga**



**Joonis 3.5 III – Läti tumepunane 0-2 mm hundinuiaga**



**Joonis 3.6 IV – Põhja-Eesti sinine 0-2 mm hundinuiaga**



**Joonis 3.7 V – Joosu hall 0-2 mm hundinuiaga**



**Joonis 3.8 VI – Läti tumepunane 0-2 mm**





**Joonis 3.9 VII – Uninaksi valge 0-2 mm**



**Joonis 3.10 VIII – Läti tumepunane 0-2 mm kanepiluuga**

## 4 TULEMUSED

### 4.1 Savikrohvist katsekehade sorptsioon ja desorptsioon

#### 4.1.1 Adsorptsioon

Sorptsiooni katsetus kestis 27.02-14.03.2017. Kaalumised toimusid käsitsi, fotokaameraga fikseeriti katsekehade kaal ning seejärel peale kaalumist pandi katseandmed tabelitesse graafikute koostamiseks *Microsoft Exceli 2013*-s. Katsetoodika on kirjeldatud peatükis 3.1. Kaalumisvahemikud kaalumistsükli algul on valitud Gernot Minke eeskujul 1,2,3,6,12 ja 24 tunni möödudes. Standardi järgi peavad kolme järjestikuste kaalumiste mõõtmistulemuste erinevus jääma alla 0,1%. Praktika näitas, et katsekehad on kuivatades 70°C juures stabiliseerunud juba 24-48 tunni möödudes.

Katsekehade esmakordne kuivatamine kuivatuskapis loetakse ebaõnnestunuks, kuna katsekehad võtsid kuivatuskapis peale jahtumist seistes juurde keskel läbi 34% kaotatud niiskussisaldusest. Peale katsekehade teistkordset kuivatamist kuivatuskapis jahutati katsekehi kümme tundi kuivatuskapis, mille käigus võtsid katsekehad juurde keskel läbi 24% kaotatud niiskussisaldusest. Ka selline veeauru adsorptsiooni ei olnud soovitud, aga piiratud katseaja tõttu oli vaja edasiste katsetustega jätkata. Koheselt peale teistkordset kuivatamist paigutati katsekehad ümber kliimakambrisse 30% suhtelise õhuniiskuse ja 23 °C juurde.

Kaalumiste katsetulemused on esitatud lisas (tabelid L.2...L.6).

Adsorptsiooni ja desorptsiooni käigus leitud katsekehade kaalumiste põhjal on leitud kuue katsekeha keskmised tasakaaluniiskused RH 30%, 50% ja 80%. Kaaluline niiskus on leitud vee kaalu ning kuiva katsekeha kaalude suhtena valemi (1) põhjal.

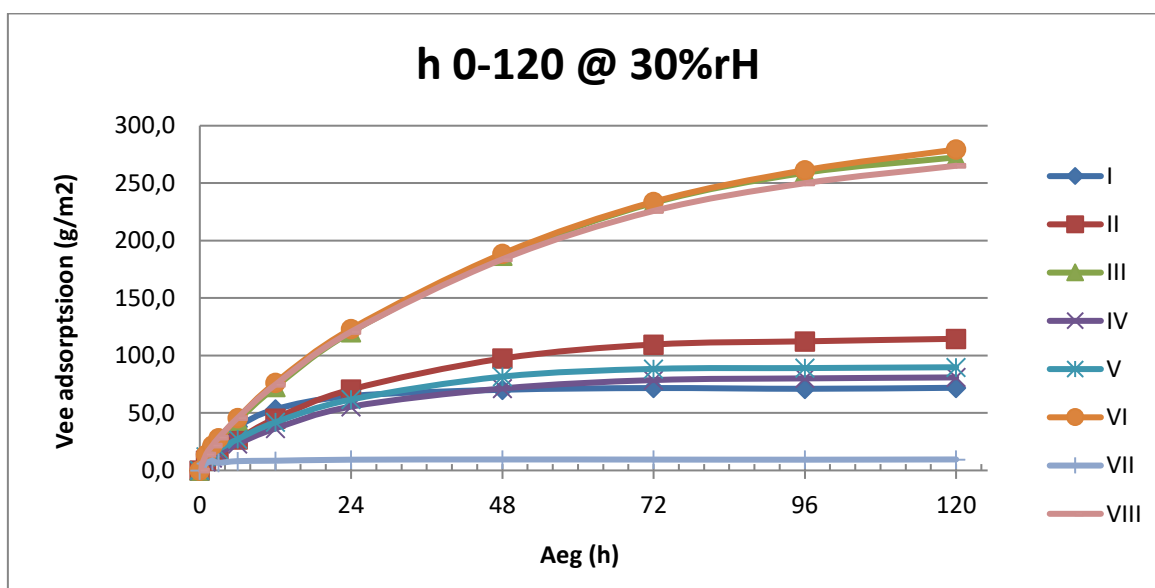
**Tabel 4.1 Katsekehade keskmine imavus vahemikus 0...30% (g/m<sup>2</sup>).**

Grupp	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
I	14,4	21,7	25,9	38,2	53,3	64,8	70,2	71,7	71,0	71,9
II	8,6	13,4	17,5	27,0	45,0	70,2	97,0	109,2	112,0	114,2
III	14,8	21,4	27,6	45,1	75,6	125,4	194,5	242,5	269,7	283,7
IV	7,5	11,1	15,3	23,5	37,0	56,3	72,3	79,7	81,2	82,1
V	11,8	14,8	18,4	27,1	41,9	61,6	81,5	88,3	89,0	89,7
VI	14,7	23,5	30,3	49,1	82,3	132,8	203,2	252,0	281,7	301,1
VII	6,0	8,2	6,5	8,0	8,3	9,2	9,4	9,3	9,2	9,4
VIII	14,2	22,1	29,0	46,4	75,9	122,7	186,8	229,6	254,1	269,6

Jooniselt 4.1 ja tabelist 4.1 on näha üldine niiskumise kiire kasv esimeste tundide jooksul. Hiljem niiskumine aeglustub ning krohv id saavutavad tasakaaluniiskuse.

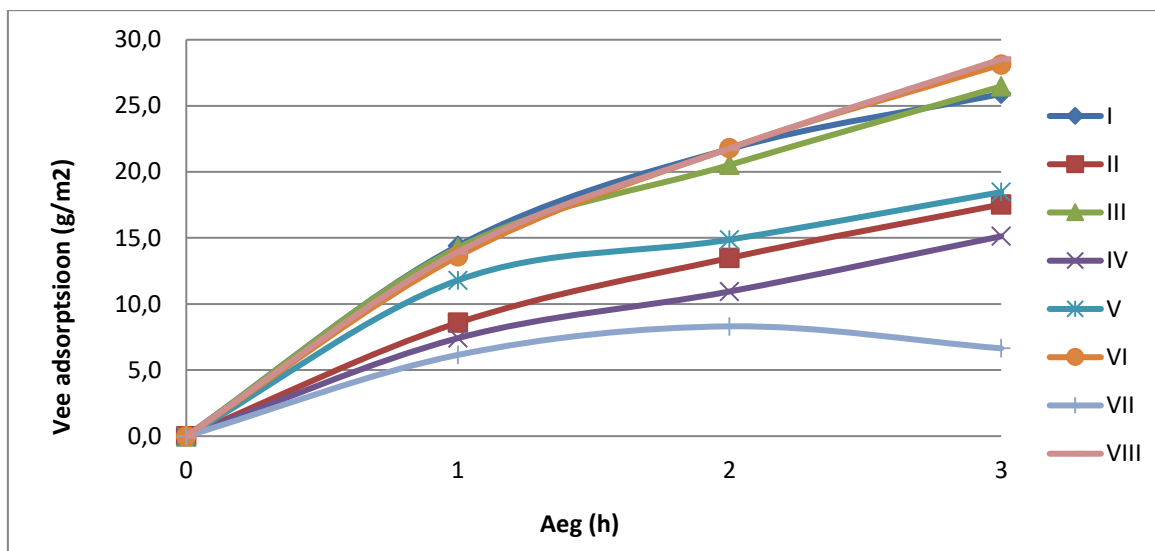
Niiskusvahemikus  $RH=0...30\%$  adsorbeerisid katsekehad keskeltläbi niiskust vahemikus  $7,5...301,1 \text{ g/m}^2$ . Kõige enam adsorbeerisid niiskust katsekehad grupist VI ( $301,1 \text{ g/m}^2$ ). Sarnasel tasemel olid ka savikrohvi grupid III ( $283,7 \text{ g/m}^2$ ) ja VIII ( $269,6 \text{ g/m}^2$ ), mis mõlemad sisaldasid Läti tumepunast savi nagu grupp VI, kuid erineval määral lisandeid. Neljandaks jäi grupp II ( $114,2 \text{ g/m}^2$ ). Viidandaks grupp V ( $89,7 \text{ g/m}^2$ ). Kuuendaks grupp IV ( $82,1 \text{ g/m}^2$ ). Seitsmendaks grupp I ( $71,9 \text{ g/m}^2$ ). Viimaseks grupp VII ( $9,4 \text{ g/m}^2$ ). Grupid III, VI ja VII adsorbeerisid teistest savidest kaks kuni kolm korda rohkem vett. Grupid I, II, IV ja V on ligikaudu võrdväärset adsorptsioonil suhtelisel õhuniiskusel  $30\%$ . Grupp VII savikrohv, mis on valge savikrohv ei paista vett üldse imavat. Kaoliniidis olevad vesiniksidemed on piisavalt tugevad, et vett savipakettide vahele mitte lasta. Tasakaaluniiskus saavutatakse seega oluliselt madalama vee sisalduse juures võrreldes teist krohvisegudega.

Nii tabelist 4.1, kui ka jooniselt 4.1, on näha, et grupid I, II, IV ja V on saavutanud tasakaaluniiskuse juba 48-ndaks tunniks. Grupp VII saavutas tasakaaluniiskuse juba 24-ndaks tunniks. Grupid III, VI ja VIII loetakse standardi järgi küll konstantse massi saavutanuks, aga vaadates tabel 4.1 tulemusi vahemikus 24...120 tundi, siis võib järeldada, et katse jätkudes oleks need katsekehad veelgi vett imanud mõne päeva jooksul.



**Joonis 4.1 Katsekehade niiskumise keskmine suhtelisel õhuniiskusel  $RH=0...30\%$**

Jooniselt 4.2 on näha katsekehade adsorbeerimiskiirust esimese kolme tunni jooksul. Kõige enam adsorbeerisid vett grupid I, III, VI ja VIII ( $25,9...30,3 \text{ g/m}^2$ ). Neile järgnesid grupid II, IV ja V ( $15,3...18,4 \text{ g/m}^2$ ). Viimaseks jäi grupp VII ( $6,5 \text{ g/m}^2$ ), mis adsorbeeris küll rohkem niiskust teisel tunnil, aga loovutas suure osa adsorbeeritud niiskusest kolmandaks tunniks. Põhjuseks on kaalumiste järjekord ja kliimakambri ukse avamise vajadus katsekehade kaalumiseks, mille käigus õhuniiskus kliimakambris langes.



Joonis 4.2 Katsekehade niiskumine keskmine esimestel tundidel, RH=0...30%.

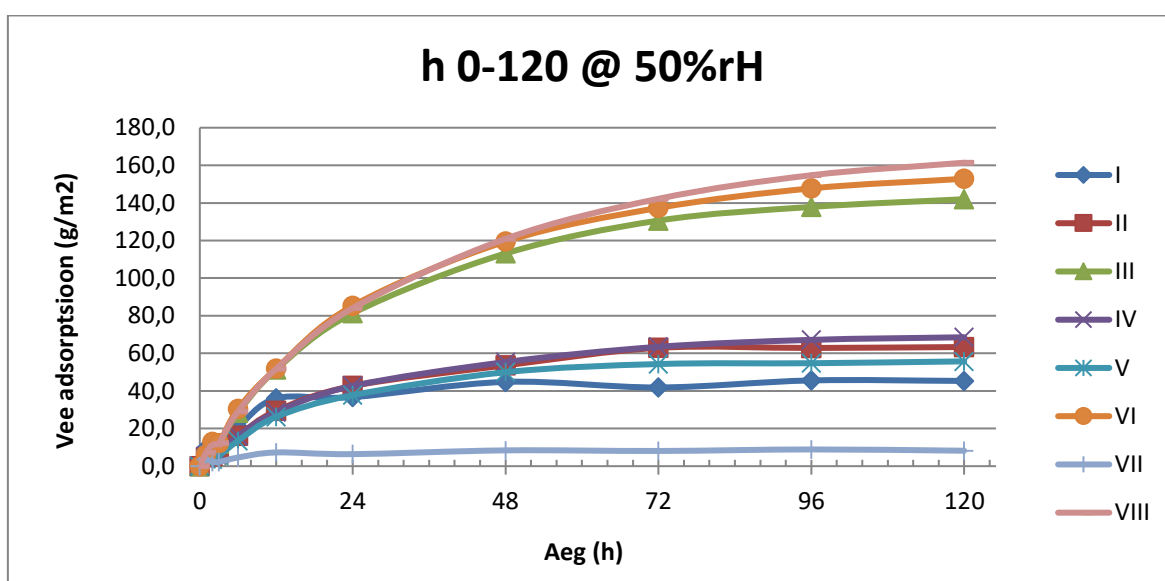
Tabel 4.2 Katsekehade keskmine imavus vahemikus 30...50% (g/m<sup>2</sup>).

Grupp	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
I	9,4	8,2	12,3	20,8	36,1	36,7	44,8	41,9	45,6	45,3
II	4,7	5,2	6,8	16,0	29,3	42,5	53,4	62,7	62,6	63,1
III	7,8	11,1	12,3	29,6	53,5	84,7	117,8	136,0	143,5	147,8
IV	5,5	6,3	7,2	16,3	29,1	43,2	56,1	64,3	68,1	69,5
V	3,9	3,6	5,5	13,5	26,2	37,7	49,9	54,3	54,7	55,7
VI	6,5	13,9	13,1	32,8	56,0	91,9	128,8	148,1	159,3	164,8
VII	3,4	2,2	2,2	4,5	7,2	6,3	8,3	7,9	8,7	8,1
VIII	7,4	11,7	12,5	29,5	52,7	85,4	122,9	144,6	157,3	164,1

Tabelist 4.2 ja jooniselt 4.3 on näha, kuidas suhtelisel õhuniiskusel vahemikus 30...50% adsorbeerisid katsekehad kesktlābi niiskust vahemikus 3,4...164,8 g/m<sup>2</sup>. Kõige enam adsorbeerisid niiskust katsekehad grupist VI(164,8 g/m<sup>2</sup>). Sarnasel tasemel olid ka savikrohvi grupid III(147,8 g/m<sup>2</sup>) ja VIII(164,1 g/m<sup>2</sup>). Neljandaks jäi grupp IV(69,5 g/m<sup>2</sup>). Viierendaks grupp II(63,1 g/m<sup>2</sup>). Kuuendaks grupp V(55,7 g/m<sup>2</sup>). Seitsmendaks grupp I(45,3 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks grupp VII(8,1 g/m<sup>2</sup>). Grupid III, VI ja VII adsorbeerisid teistest savidest kaks kuni kolm korda rohkem vett. Grupid I, II, IV ja V on ligikaudu võrdväärsed adsorptsioonil suhtelisel õhuniiskusel 50%. Grupp VII savikrohv, mis on valge savikrohv on endiselt madala vee imavusega.

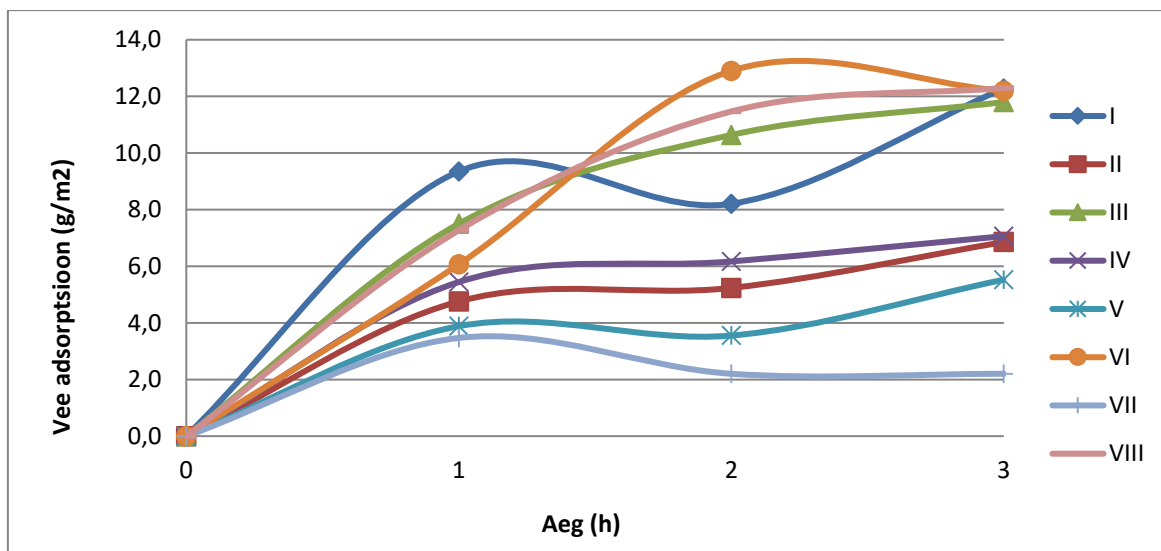
Nii tabelist 4.2, kui ka jooniselt 4.3, on näha, et grupid I ja VII on saavutanud tasakaaluniiskuse juba 48-ndaks tunniks. Grupid II, IV ja V saavutasid tasakaaluniiskuse alles 72-ks tunniks. Grupid III, VI ja VIII on taaskord saavutanud konstantse massi vastavalt standardile, aga vaadates tabel 4.2 tulemusi vahemikus 48...120 tundi, siis võib järeldada, et katse jätkudes oleks need katsekehad veelgi vett imanud järgnevatel päevadel.

On näha, et 50%-se suhtelise õhuniiskuse juures on hakanud niiskuse imavuse kasv üldjoontes ühtlustuma. Gruppide III, VI, VIII ja teiste gruppide graafikute vahe on hakanud vähenema. Katseandmetest on näha, et Läti savil põhinevad krohviseadud imavad ligi 50% vähem niiskust, kui 30%-se suhtelise õhuniiskuse juures. Grupp II puhul on näha imavuse kiiruse vähenemist ligi 50%. Grupp VII on endiselt peaaegu muutumatus olekus. Ülejäänud gruppide imavus vähenes ligikaudu 15...40%. Graafikul kõveratel tekkinud anomaaliad viitavad sellele, et katsekehad on vahepeal osa adsorbeeritud veest ära andnud. See on põhjustatud labori ja kliimakambri suhtelise õhuniiskuse erinevusest ja katsekeha kaalumise järjekorrast. Kuna labori õhk on kuivem, siis igakordse kliimakambri ukse avamisega osa niiskusest kandub üle kuivemasse keskkonda. Viimases järjekorras kaalutud katsekehad viibisid seega kauem aega kuivemas keskkonnas kui oli ette nähtud ning osa vett kuivas katsekehadest välja.



**Joonis 4.3 Katsekehade niiskumise keskmine suhtelisel õhuniiskusel RH=30...50%**

Jooniselt 4.4 on näha katsekehade adsorbeerimiskiirust esimese kolme tunni jooksul. Kõige enam adsorbeerisid vett grupid I, III, VI ja VIII (12,3...13,1 g/m<sup>2</sup>). Neile järgnesid grupid II, IV ja V (5,5...7,2 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks jäi grupp VII (2,2 g/m<sup>2</sup>). Jooniselt nähtavad kõikumised on jällegi tingitud katsekeha kaalumise järjekorrast ja kliimakambri ukse korduvast avamisest.



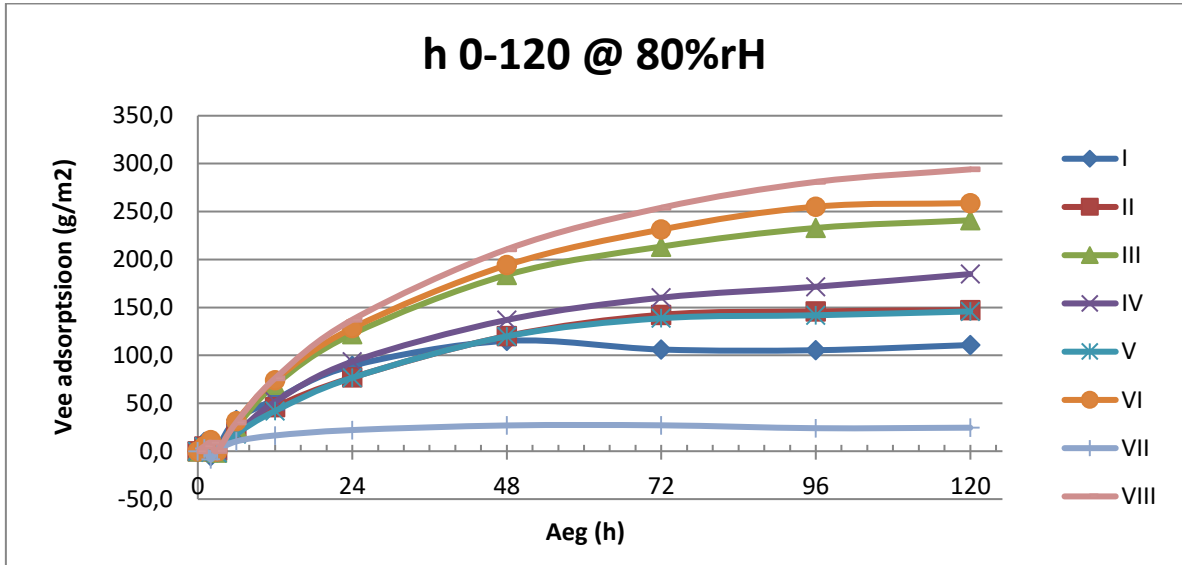
Joonis 4.4 Katsekehade keskmine niiskumine esimestel tundidel, RH=30...50%.

Tabel 4.3 Katsekehade keskmine imavus vahemikus 50...80% (g/m<sup>2</sup>).

Grupp	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
I	9,6	-5,2	2,9	32,8	54,0	89,2	115,1	106,1	105,3	110,7
II	4,7	1,3	0,7	19,9	45,8	76,6	119,7	141,8	145,4	146,7
III	4,9	5,0	-1,4	26,4	72,1	127,3	191,4	222,2	242,5	250,8
IV	5,0	3,2	1,1	18,8	52,2	94,7	138,8	162,3	173,9	187,3
V	4,6	-1,1	-1,8	17,7	41,9	76,6	119,7	138,5	141,6	145,6
VI	5,5	12,4	-0,4	33,6	79,9	138,4	209,2	249,3	275,0	279,0
VII	2,9	-8,5	0,1	10,1	16,1	21,7	26,4	26,5	23,6	24,1
VIII	5,3	9,0	0,4	30,6	77,3	139,4	214,2	258,2	285,7	298,9

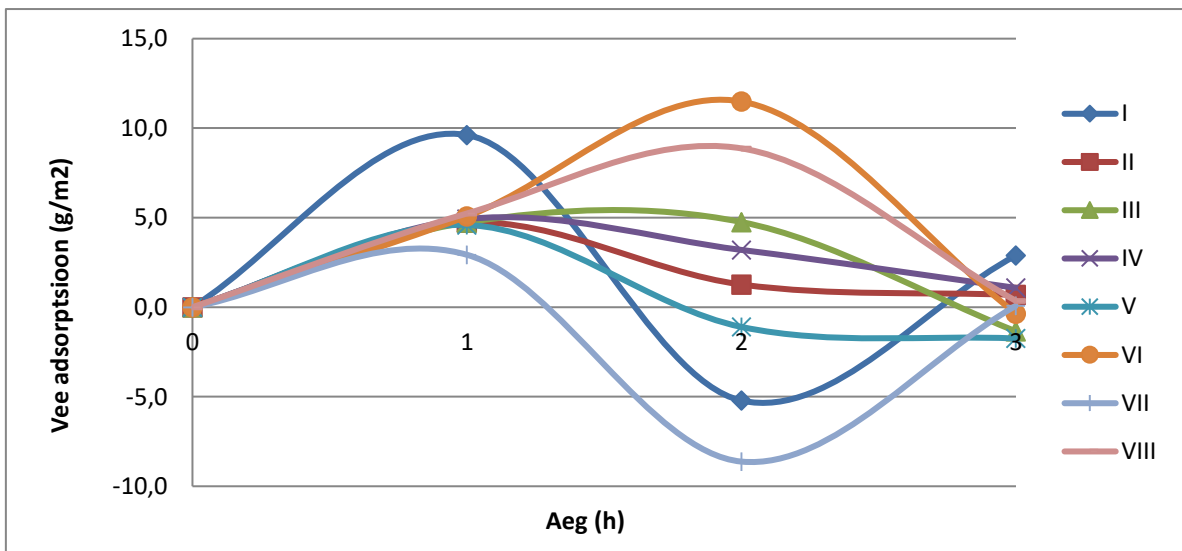
Tabelist 4.3 ja jooniselt 4.5 on näha, et katsekehade niiskumise kasv erinevate gruppide vahel on veelgi ühtlustunud. Erandiks on siiski grupp VII, mis püsib endiselt peaaegu konstante. Huvitav nähtus on, et 80%-se suhtelise õhuniiskuse juures peaaegu kõik grupid adsorbeerinud rohkem niiskust kui varem, aga adsorbeeritud vee hulk oli ligilähedasem 30% suhtelise õhuniiskuse tasemel saadud andmetega, kui 50% suhtelise õhuniiskuse juures.

Niiskuvahemikus RH=50...80% adsorbeerisid katsekehad keskeltläbi niiskust vahemikus 24,1...298,9 g/m<sup>2</sup>. Kõige enam adsorbeerisid niiskust katsekehad grupist VIII(298,9 g/m<sup>2</sup>). Teisel kohale jäi grupp VI(279,0 g/m<sup>2</sup>) ja kolmandale grupp III(250,8 g/m<sup>2</sup>). Neljandaks jäi grupp IV(187,3 g/m<sup>2</sup>). Viieandaks grupp II(146,7 g/m<sup>2</sup>). Kuuendaks grupp V(145,6 g/m<sup>2</sup>). Seitsmendaks grupp I(110,7 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks grupp VII(24,1 g/m<sup>2</sup>). Grupid III, VI ja VII adsorbeerisid teistest savidest kaks kuni kolm korda rohkem vett. Grupid I, II, IV ja V on ligikaudu võrdväärse adsorptsioonil suhtelisel õhuniiskusel 80%. Grupp VII savikrohv näitas seekord suuremat muutust, aga võrreldes teiste gruppidega on endiselt madala vee imavusega.



**Joonis 4.5 Katsekehade niiskumise keskmine suhtelisel õhuniiskusel RH=50...80%**

Jooniselt 4.6 on näha katsekehade adsorbeerimiskiirust esimese kolme tunni jooksul. Kõikide gruppide adsorptsioonikõverad on koondunud ühte vahemikku (-1,8...2,9 g/m<sup>2</sup>). Siit on näha, et osad katsekehad hakkasid isegi kuivama eelmainitud probleemi tõttu. Probleem esines ainult esimeste tundide jooksul, kuna katsekehad ei jõudnud piisavalt kiiresti adsorbeerida vett kliimakambris. Siinkohal ei anna antud joonis usaldusväärset informatsiooni adsorptsiooni kohta materjalides.



**Joonis 4.6 Katsekehade keskmine niiskumine esimestel tundidel, RH=50...80%.**

**Tabel 4.4 Savikrohvi tasakaaluniiskused adsorptsioonil (%)**

	RH 0...30% (120h)			RH 30...50% (120h)			RH 50-80% (120h)		
	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=30%	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=50%	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=80%
	Vahemik	Kesk.		Vahemik	Kesk.		Vahemik	Kesk.	
	g	g	%	g	g	%	g	g	%
<b>I</b>	0,51...0,68	0,58	0,22	0,35...0,38	0,36	0,32	0,82...0,95	0,89	0,56
<b>II</b>	0,85...0,95	0,92	0,30	0,47...0,54	0,51	0,43	1,11...1,21	1,18	0,74
<b>III</b>	1,96...2,32	2,19	0,74	1,07...1,23	1,14	1,07	1,85...2,05	1,93	1,62
<b>IV</b>	0,61...0,67	0,65	0,23	0,54...0,57	0,55	0,38	1,44...1,54	1,48	0,79
<b>V</b>	0,54...0,91	0,72	0,24	0,42...0,48	0,45	0,36	1,12...1,21	1,17	0,67
<b>VI</b>	2,17...2,32	2,24	0,81	1,19...1,31	1,23	1,20	2,02...2,14	2,08	1,85
<b>VII</b>	0,02...0,11	0,08	0,26	-0,02...0,1	0,07	0,28	0,13...0,23	0,20	0,34
<b>VIII</b>	2,07...2,17	2,13	0,96	1,22...1,38	1,30	1,46	2,32...2,42	2,36	2,37

#### 4.1.2 Desorptsioon

Desorptsioonil niiskusvahemikus RH=80...50% kaotasid katsekehad keskeltläbi 24,2...228,4 g/m<sup>2</sup> tasakaaluniiskusest. Kõige enam kuivas katsekehade niiskust välja grupis VI (228,4 g/m<sup>2</sup>). Sarnasel tasemel olid ka savikrohvi grupid III (209,6 g/m<sup>2</sup>) ja VIII (213,8 g/m<sup>2</sup>). Neljandaks jäi grupp IV (154,0 g/m<sup>2</sup>). Viieandaks grupp V (135,8 g/m<sup>2</sup>). Kuuendaks grupp II (128,4 g/m<sup>2</sup>). Seitsmendaks grupp I (116,2 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks grupp VII (24,2 g/m<sup>2</sup>).

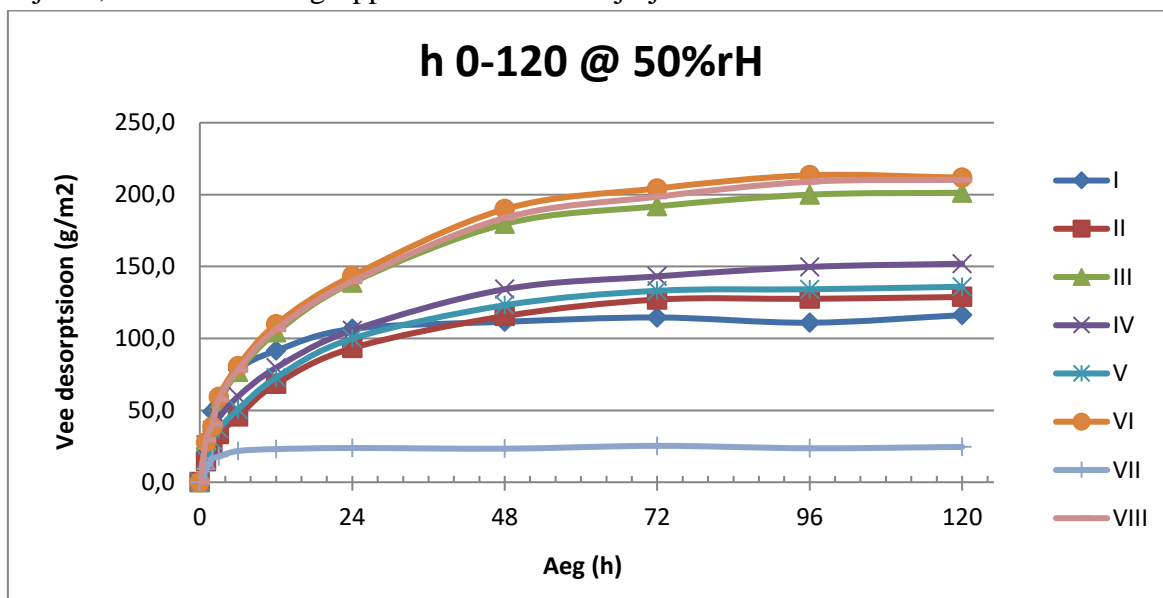
**Tabel 4.5 Katsekehade keskmine niiskussisaldus kuivamisel vahemikus 80...50% (g/m<sup>2</sup>).**

Grupp	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
<b>I</b>	-23,3	-49,1	-53,8	-78,0	-91,5	-106,7	-111,5	-114,6	-110,9	-116,2
<b>II</b>	-14,5	-26,1	-33,4	-45,6	-68,0	-93,0	-115,1	-126,5	-127,1	-128,4
<b>III</b>	-30,6	-43,7	-58,4	-79,9	-108,4	-144,5	-187,0	-199,8	-208,2	-209,6
<b>IV</b>	-26,3	-36,3	-45,3	-60,3	-80,7	-107,1	-136,0	-145,1	-151,8	-154,0
<b>V</b>	-15,6	-29,1	-37,0	-50,5	-72,6	-99,8	-123,0	-133,0	-134,0	-135,8
<b>VI</b>	-30,0	-41,6	-63,9	-87,0	-118,4	-154,7	-204,7	-220,3	-230,1	-228,4
<b>VII</b>	-8,8	-16,1	-17,7	-21,4	-22,7	-23,4	-22,9	-24,9	-23,2	-24,2
<b>VIII</b>	-29,9	-40,9	-58,3	-79,3	-108,1	-142,0	-186,9	-201,9	-212,4	-213,8

Jooniselt 4.7 ja tabelist 4.5 on näha desorptsiooni puhul, et niiskuse äraandmine toimub palju intensiivsemalt oli adsorptsioon suhtelisel õhuniiskusel 50%. Grupid III, VI ja VIII annavad ära enim adsorbeeritud niiskusest. See näitab, et Läti päritoluga tumepunane savi

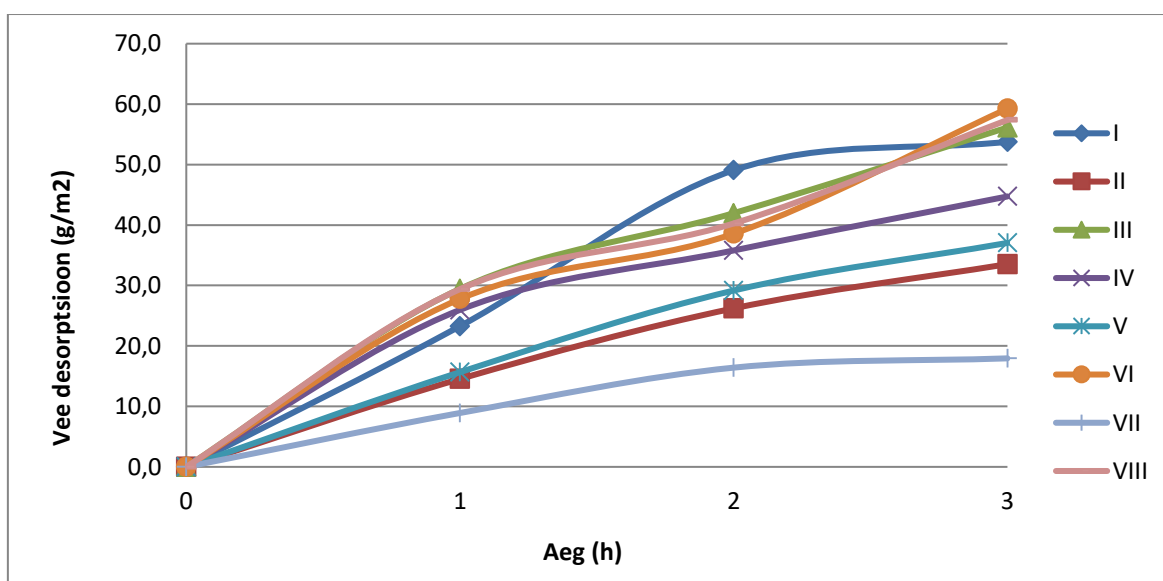


on parim valik nii niiskuse imavuse katsel, kui ka kuivades. Grupid II, IV ja V on omavahel endiselt võrdväärsed ka kuivades. Neist endiselt natuke kehvema sorptsiooniga on grupp I. Grupp VII ei näita endiselt olulist muutust. Graafikul joonistunud kõveratelt on näha teatud ebahütlust, mis on tingitud niiskuse imavusest desorptsiooni katsel. Selle põhjuseks on endiselt kliimakambri ja labori suhtelise õhuniiskuse erinevusest, mis on tingitud kliimakambri ukse lühiajalisest avamisest. Graafiliselt on selle nähtavaks teinud asjaolu, et katsekehade gruppe kaaluti erinevas järjekorras.



**Joonis 4.7 Katsekehade kuivamise keskmine suhtelisel õhuniiskusel RH=80...50%**

Jooniselt 4.8 on näha katsekehade desorptsioonikiirust esimese kolme tunni jooksul. Kõige enam langes vee sisaldus gruppides I, III, VI ja VIII (53,8...63,9 g/m²). Neile järgnesid grupid II, IV ja V (33,4...45,3 g/m²). Viimaseks jäi grupp VII (17,7 g/m²).



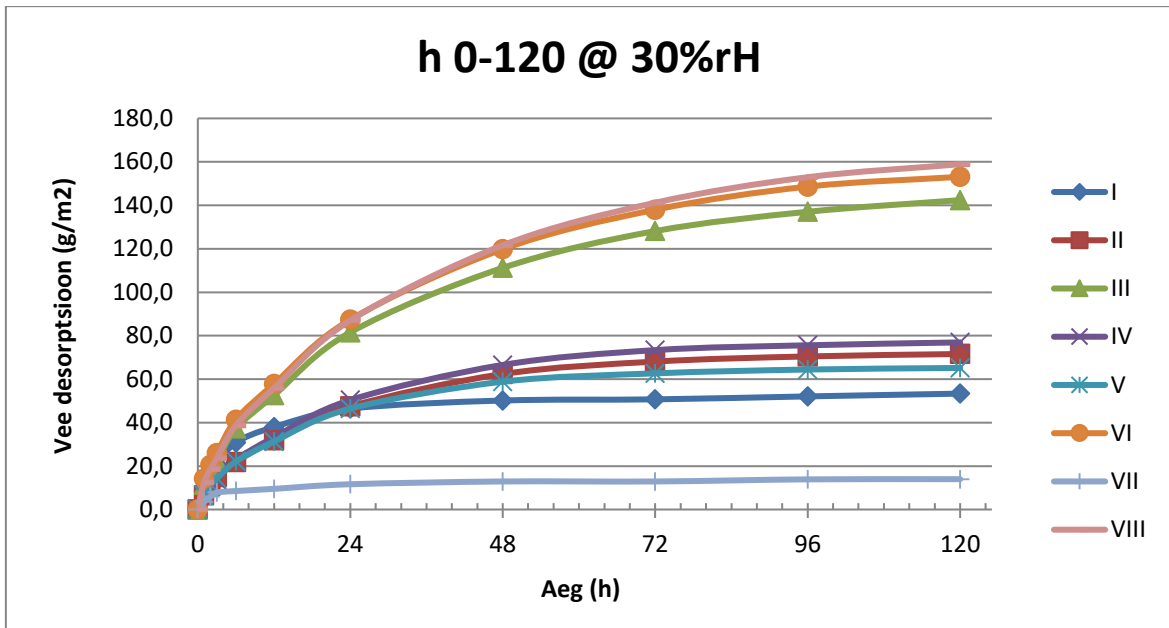
**Joonis 4.8 Katsekehade keskmine kuivamine esimestel tundidel, RH=80...50%.**

Tabelist 4.6 ja jooniselt 4.9 on näha desorptsioon niiskusvahemikus RH=50...30%, kus katsekehad kaotasid keskel läbi 13,7...161,6 g/m<sup>2</sup> tasakaaluniiskusest. Kõige rohkem kuivas niiskust välja katsekehadest grupis VIII(161,6 g/m<sup>2</sup>). Sarnasel tasemel olid ka savikrohvi grupid III(148,2 g/m<sup>2</sup>) ja VI(165,1 g/m<sup>2</sup>). Neljandaks jäi grupp IV(78,0 g/m<sup>2</sup>). Viidendaks grupp II(71,3 g/m<sup>2</sup>). Kuuendaks grupp V(65,1 g/m<sup>2</sup>). Seitsmendaks grupp I(53,3 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks grupp VII(13,7 g/m<sup>2</sup>).

Desorptsioonil suhtelisel õhuniiskusel 30% on graafiku kõverad kasvanud sarnase tendentsiga nagu ka ülejäänud. Grupid III, VI ja VIII on endiselt parimate hügrokoopsete omadustega andes ära ligi kaks korda niiskust ära kui teised krohvisegud. Neile järgnevad teised grupid sarnaselt nagu varem. Põhiliseks erinevuseks jääb asjaolu, et nende gruppide võimekus niiskust ära anda on vähenenud rohkem kui gruppidel III, VI ja VIII. Grupp VII on ainsana püsinud praktiliselt muutumatu võrreldes teiste gruppidega kogu katse vältel.

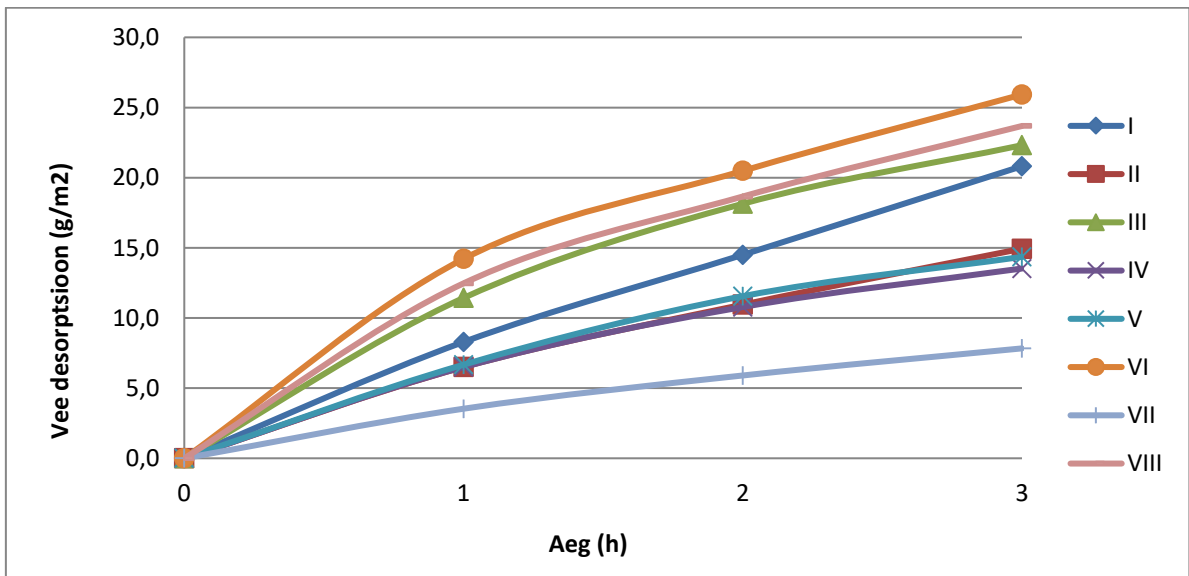
**Tabel 4.6 Katsekehade keskmine niiskussisaldus kuivamisel vahemikus 50...30% (g/m<sup>2</sup>).**

Grupp	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
<b>I</b>	-8,3	-14,5	-20,8	-30,8	-38,0	-46,4	-50,2	-50,7	-52,1	-53,3
<b>II</b>	-6,5	-10,9	-14,9	-21,8	-31,8	-47,2	-62,1	-67,8	-70,2	-71,3
<b>III</b>	-11,9	-18,9	-23,2	-38,8	-54,8	-84,9	-115,8	-133,4	-142,6	-148,2
<b>IV</b>	-6,6	-10,9	-13,7	-23,1	-33,7	-51,1	-67,5	-74,4	-76,6	-78,0
<b>V</b>	-6,7	-11,5	-14,3	-22,1	-31,3	-46,4	-58,8	-62,6	-64,4	-65,1
<b>VI</b>	-15,3	-22,1	-28,0	-44,6	-62,3	-94,2	-129,2	-148,7	-160,2	-165,1
<b>VII</b>	-3,5	-5,8	-7,7	-8,4	-9,4	-11,4	-12,7	-12,7	-13,7	-13,7
<b>VIII</b>	-12,7	-19,0	-24,1	-39,3	-56,8	-88,5	-123,6	-143,5	-155,5	-161,6



**Joonis 4.9** Katsekehade kuivamise keskmine suhtelisel õhuniiskusel RH=50...30%

Jooniselt 4.10 on näha katsekehade desorptsioonikiirust esimese kolme tunni jooksul. Kõige enam langes vee sisaldus gruppides I, III, VI ja VIII (20,8...28,0 g/m<sup>2</sup>). Neile järgnesid grupid II, IV ja V (13,7...14,9 g/m<sup>2</sup>). Viimaseks jäi grupp VII (7,7 g/m<sup>2</sup>).



**Joonis 4.10** Katsekehade keskmine kuivamine esimestel tundidel, RH=50...30%.

**Tabel 4.7 Savikrohvi tasakaaluniiskused desorptsioonil (%)**

	<b>RH 80...50% (120h)</b>			<b>RH 50...30% (120h)</b>			<b>RH 30% (120h)</b>		
	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=80%	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=50%	Vee kaal katsekehas		Niiskus RH=30%
	Vahemik	Kesk.		Vahemik	Kesk.		Vahemik	Kesk.	
	g	g	%	g	g	%	g	g	%
<b>I</b>	0,82...0,95	0,89	0,56	0,90...1,00	0,93	0,31	0,82...0,95	0,89	0,19
<b>II</b>	1,11...1,21	1,18	0,74	0,99...1,05	1,03	0,47	1,11...1,21	1,18	0,32
<b>III</b>	1,85...2,05	1,93	1,62	1,55...1,69	1,62	1,16	1,85...2,05	1,93	0,83
<b>IV</b>	1,44...1,54	1,48	0,79	1,20...1,25	1,22	0,45	1,44...1,54	1,48	0,28
<b>V</b>	1,12...1,21	1,17	0,67	1,05...1,11	1,09	0,38	1,12...1,21	1,17	0,24
<b>VI</b>	2,02...2,14	2,08	1,85	1,64...1,83	1,70	1,31	2,02...2,14	2,08	0,93
<b>VII</b>	0,13...0,23	0,20	0,34	-0,02...0,1	0,07	0,28	0,17...0,22	0,20	0,25
<b>VIII</b>	2,32...2,42	2,36	2,37	1,22...1,38	1,30	1,72	1,65...1,73	1,69	1,23

## 4.2 Savikrohvist katsekehade veeauru läbilaskvus

Savikrohvide veeauru läbilaskvust mõõdeti perioodil 25.03 – 03.04 2017. Katsetel lähtuti standardist EVS-EN 1015-19:2005. Veeauru läbilaskvus määrati ülemisel hügroskoopsustasemel. Alumisel hügroskoopsustasemel on vaja liitiumkloriidi küllastunud lahust(LiCl), mis tagab anumal 20 °C juures suhtelise õhuniiskuse 50% ja ümbritseva keskkonna suhteline õhuniiskus peab olema 0%. Paraku praegusel hetkel olemasolevad katseseadmed selliseid ei taga ning veeauru läbilaskvust ei saa määrata alumisel hügroskoopsustasemel.

Katsekehad on asetatud õhukindlalt anuma peale, mille sees on kaaliumnitraadi (KNO<sub>3</sub>) küllastunud lahus. Kliimakambri temperatuur on (20±2) °C ja suhtelise õhuniiskuse (50±5)%. Kaaliumnitraadi küllastunud lahus anumal 20 °C juures tõstab suhtelise õhuniiskuse 93%-ni. Standardis on ette nähtud katsekehad pindalaga 0,02 m<sup>2</sup>. Katses on kasutatud katsekehasid pindalaga 0,0074...0,0081 m<sup>2</sup>. Kuna katsekehade mahukahanemine erinevate savimineraalide toimel varieerub suuresti, siis arvutustes pindala leidmiseks kasutatakse iga katsekeha keskmist läbimõõtu. Katsekehade silikoonmastiksiga tihendamisest tingituna tuleb veel maha arvestada läbimõõdust keskeltläbi kaks millimeetrit katsekeha läbimõõdust, kuna see pind jääb õhu- ja niiskuskindla silikoonmastiksi kihi alla.

Katsekehi koos anumaga kaaluti kokku üheksa päeva vältel iga 24 tunni möödudes kuni veeauru läbivus stabiliseerus, see tähendab, et ajaühikus katsekeha läbiv veeauru osarõhk oli konstantne. Katsekehade kaalumistulemused on esitatud lisas (tabel L.7). Katsekehade keskmine veeauru läbilaskvus on arvatud tabelis 4.8. Arvutuskäik ja valemid veeauru osarõhkude vahe leidmiseks on antud peatükis 3.1.2.

Katsekehade igast kuueliikmelisest grupist eemaldati valikuliselt üks katsekeha, kuna veeauru läbilaskvuse katses on kliimakambris ruumi ainult 40-le katsekehale. See tähendab, et kasutatakse igast grupist viite katsekeha. 0 – seeria katsekehad on tagavaraks mõeldud katsekehad, mille järgnev arvväärus vastab katsekehade grupi numbrile Veeauru läbilaskvuse katse jaoks eemaldati katsekehad: I-1, II-4, 0-3, 0-4, V-5, VI-5, VII-2 ja 0-8. Katsekehad, mis eemaldati, andsid sorptsiooni katsel kas ebamääraseid tulemusi või olid defektsed. Kui soovimatuid katsekehi ei esinenud grupis, jäeti veeauru läbilaskvuse katses välja tagavaraks mõeldud katsekehad.

Savikrohvi iseloomulikud tegurid arvutati ainult veeauru läbilaskvuse katses osalenud katsekehadele (tabelid 4.9 ja 4.10).

**Tabel 4.8 Katsekehade veeauru läbilaskvus**

<b>Katsekeha</b>	<b>g/h</b>	<b>Keskmine g/h</b>	<b>g</b>	<b>Keskmine g</b>
0-1	0,030	0,025	6,389	5,35
I-2	0,024		5,267	
I-3	0,023		4,971	
I-4	0,023		5,03	
I-5	0,024		5,095	
0-2	0,025	0,025	5,435	5,31
II-1	0,024		5,234	
II-2	0,027		5,754	
II-3	0,024		5,132	
II-5	0,023		4,977	
0-3	0,031	0,031	6,72	6,78
III-1	0,033		7,188	
III-3	0,032		6,823	
III-4	0,031		6,592	
III-5	0,030		6,569	
IV-1	0,024	0,022	5,211	4,81
IV-2	0,021		4,507	
IV-3	0,023		5,021	
IV-4	0,021		4,548	
IV-5	0,022		4,767	
0-5	0,022	0,022	4,701	4,83
V-1	0,023		4,926	
V-2	0,022		4,784	
V-3	0,022		4,736	
V-4	0,023		5,021	
0-6	0,026	0,027	5,626	5,88
VI-1	0,026		5,562	
VI-2	0,027		5,843	
VI-3	0,030		6,422	
VI-4	0,028		5,967	
0-7	0,024	0,023	5,118	5,06
VII-1	0,021		4,634	
VII-3	0,024		5,206	
VII-4	0,023		4,924	
VII-5	0,025		5,396	
VIII-1	0,030	0,029	6,481	6,30
VIII-2	0,028		6,014	
VIII-3	0,029		6,203	
VIII-4	0,028		6,099	
VIII-5	0,031		6,696	

Temperatuuril 20 °C on küllastunud veeauru osarõhk 2337 Pa. Kliimakambri suhtelise õhuniiskuse 50% ja soolalahuse kohal oleva suhtelise õhuniiskuse 93% juures vastavad sellele järgmised väärtused:

$$p_{50\%} = 0,50 \cdot 2337 \text{ Pa} = 1168,5 \text{ Pa}$$

$$p_{93\%} = 0,93 \cdot 2337 \text{ Pa} = 2173,4 \text{ Pa}$$

Veeauru osarõhkude vahe leiti seega järgnevalt:

$$\Delta p = p_{93\%} - p_{50\%} = 2173,4 \text{ Pa} - 1168,5 \text{ Pa} = 1004,9 \text{ Pa}$$

Standardis on veeaurutakistus toodud katsekeha ja soolalahuse vahele jääva 10 mm õhuvähe kohta. Antud katses jäi keha pinna ning lahuse vahele ligi 50 mm, millele arvutati vastav veeaurutakistus:  $R_A = 5 \cdot R_{A,10 \text{ mm}} = 5 \cdot 0,048 \cdot 10^9 = 0,240 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ .

Katsekeha 0-1 näitel tehtud arvutused savikrohvide parameetrite leidmiseks. Töös arvutati esmalt veeauru läbivusteguri pöördväärtus ehk difusioonitakistus (aurutakistus)  $r$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ ) valemiga 3:

$$r = \frac{A \cdot \Delta p}{\frac{\Delta G}{\Delta t}} - R_A = \frac{5,15 \cdot 10^{-3} \cdot 1005}{8,22 \cdot 10^{-9}} = 0,39 \cdot 10^9 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}{\text{kg}}$$

Pöördväärtusest  $1/r$  leiti seejärel veeauru läbivustegur  $\Lambda$  [ $\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ].

$$\Lambda = \frac{1}{r} = \frac{1}{0,39 \cdot 10^9} = 2,563 \cdot 10^{-9} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$$

Savikrohvi veeauru läbilaskvus  $W_{vp}$  [ $\text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ] arvutati veeauru läbivusteguri ja katsekeha keskmise paksuse korrutisena homogeensetele katsekehadele (valem 4):

$$W_{vp} = \Lambda \cdot t = 2,563 \cdot 10^{-9} \cdot 25,0 \cdot 10^{-3} = 64 \frac{\text{ng}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$$

Veeauru läbilaskvuse ja õhu aurueriujtivuse väärtuste kaudu määrati katsekehade gruppidele difusioonitakistuskonstant  $\mu$  (valem 5):

$$\mu = \frac{\delta}{W_{vp}} = \frac{200}{64} = 3,1$$

Difusioonikonstant  $\mu$  näitab, mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem sama paksust õhukihist. Kui õhu aurueriujtivus on  $\delta = 200 \text{ ng/msPa}$  (EVS-EN ISO 13788:2001).

Katmata materjalikihi aurutakistus  $S_d$  arvutatakse ka difusioonitakistuskonstandi  $\mu$  ja krohvikihi paksuse  $h$  korrutisena (valem 6):

$$S_d = \mu \cdot h = 3,1 \cdot 25,0 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ m}$$

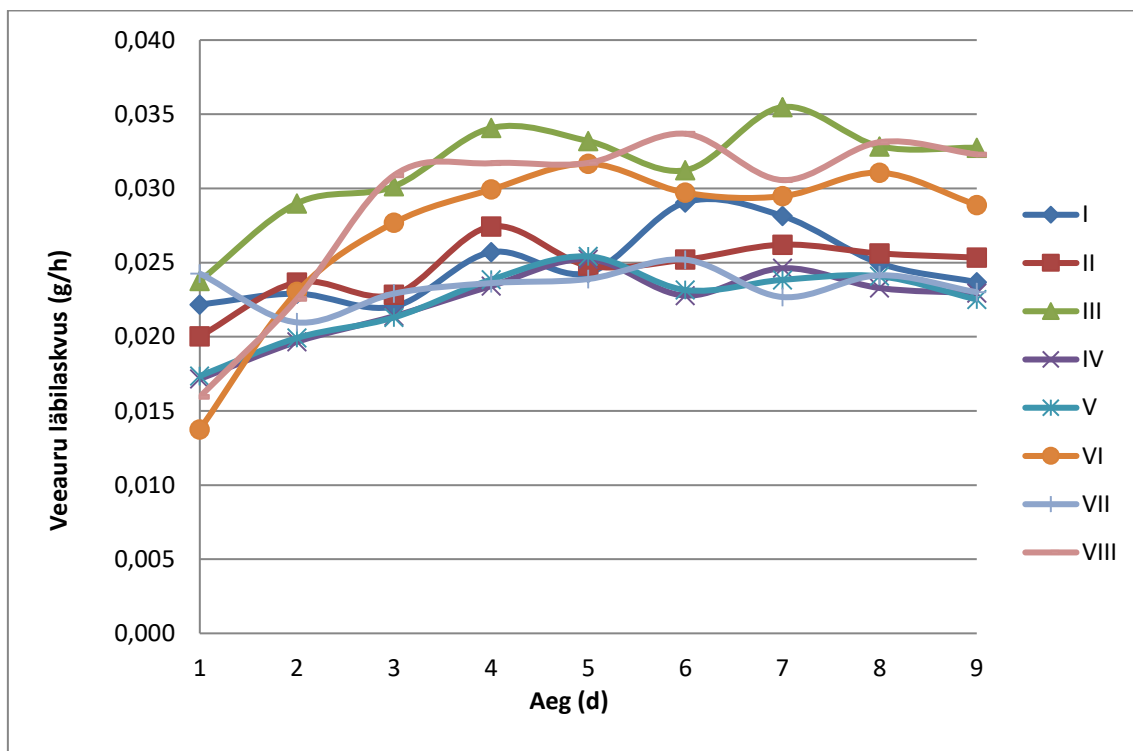
**Tabel 4.9 Savikrohvi iseloomulikud tegurid**

	<b>A</b>	<b><math>\Delta G/\Delta t</math></b>	<b>r</b>	<b><math>\Lambda</math></b>	<b>Sd</b>		
	$10^{-3} \text{ m}^2$	$10^{-9} \text{ kg/s}$	$10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa/kg}$	$\text{ng}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$	m		
0-1	5,15	8,22	0,39	0,52	2563	0,08	0,10
I-2	5,22	6,77	0,53		1873	0,11	
I-3	5,15	6,39	0,57		1754	0,11	
I-4	5,14	6,47	0,56		1790	0,11	
I-5	5,14	6,55	0,55		1824	0,11	
0-2	5,09	6,99	0,49	0,53	2034	0,10	0,11
II-1	5,22	6,73	0,54		1856	0,11	
II-2	5,22	7,40	0,47		2135	0,09	
II-3	5,19	6,60	0,55		1817	0,11	
II-5	5,20	6,40	0,58		1733	0,12	
0-3	4,89	8,64	0,33	0,33	3044	0,07	0,07
III-1	4,90	9,24	0,29		3415	0,06	
III-3	4,93	8,77	0,32		3084	0,06	
III-4	4,91	8,48	0,34		2920	0,07	
III-5	4,90	8,45	0,34		2915	0,07	
IV-1	5,08	6,70	0,52	0,59	1918	0,10	0,12
IV-2	5,06	5,80	0,64		1567	0,13	
IV-3	5,08	6,46	0,55		1818	0,11	
IV-4	5,09	5,85	0,63		1576	0,13	
IV-5	5,10	6,13	0,60		1677	0,12	
0-5	5,11	6,05	0,61	0,60	1639	0,12	0,12
V-1	5,18	6,33	0,58		1720	0,12	
V-2	5,18	6,15	0,61		1651	0,12	
V-3	5,17	6,09	0,61		1633	0,12	
V-4	5,19	6,46	0,57		1761	0,11	
0-6	4,68	7,24	0,41	0,39	2438	0,08	0,08
VI-1	4,74	7,15	0,43		2347	0,09	
VI-2	4,72	7,51	0,39		2558	0,08	
VI-3	4,68	8,26	0,33		3034	0,07	
VI-4	4,73	7,67	0,38		2636	0,08	
0-7	5,26	6,58	0,56	0,58	1778	0,11	0,12
VII-1	5,28	5,96	0,65		1537	0,13	
VII-3	5,28	6,69	0,55		1809	0,11	
VII-4	5,26	6,33	0,59		1684	0,12	
VII-5	5,27	6,94	0,52		1912	0,10	
VIII-1	5,05	8,33	0,37	0,39	2709	0,07	0,08
VIII-2	5,06	7,73	0,42		2392	0,08	
VIII-3	5,04	7,98	0,39		2533	0,08	
VIII-4	5,08	7,84	0,41		2436	0,08	
VIII-5	5,04	8,61	0,35		2873	0,07	



**Tabel 4.10 Savikrohvidele arvatatud parameetrid: kõrgus  $h$ , veeauru läbivustegur  $\Lambda$ , veeauru läbilaskvus  $W_{vp}$  ning difusioonitakistuskonstant  $\mu$**

Katsekeha	h	$\Lambda$	Wvp	$\mu$	
	cm	ng/(m <sup>2</sup> ·s·Pa)	ng/(m <sup>2</sup> ·s·Pa)		
0-1	2,5	2,6	64	3,1	4,2
I-2	2,5	1,9	47	4,2	
I-3	2,4	1,8	43	4,7	
I-4	2,5	1,8	45	4,5	
I-5	2,4	1,8	44	4,5	
0-2	2,5	2,0	51	3,9	4,1
II-1	2,5	1,9	46	4,4	
II-2	2,6	2,1	55	3,7	
II-3	2,5	1,8	46	4,3	
II-5	2,6	1,7	46	4,4	
0-3	2,5	3,0	75	2,7	2,7
III-1	2,4	3,4	82	2,4	
III-3	2,5	3,1	78	2,6	
III-4	2,5	2,9	74	2,7	
III-5	2,4	2,9	69	2,9	
IV-1	2,5	1,9	48	4,2	4,7
IV-2	2,5	1,6	40	5,0	
IV-3	2,5	1,8	45	4,4	
IV-4	2,5	1,6	40	5,0	
IV-5	2,5	1,7	42	4,8	
0-5	2,5	1,6	42	4,8	4,6
V-1	2,6	1,7	45	4,5	
V-2	2,5	1,7	42	4,8	
V-3	2,6	1,6	43	4,7	
V-4	2,6	1,8	46	4,4	
0-6	2,4	2,4	59	3,4	3,3
VI-1	2,3	2,3	55	3,7	
VI-2	2,4	2,6	61	3,3	
VI-3	2,3	3,0	69	2,9	
VI-4	2,4	2,6	62	3,2	
0-7	2,4	1,8	43	4,7	4,7
VII-1	2,5	1,5	38	5,2	
VII-3	2,5	1,8	45	4,5	
VII-4	2,5	1,7	42	4,8	
VII-5	2,5	1,9	48	4,2	
VIII-1	2,4	2,7	66	3,0	3,2
VIII-2	2,3	2,4	56	3,6	
VIII-3	2,5	2,5	62	3,2	
VIII-4	2,4	2,4	58	3,4	
VIII-5	2,4	2,9	70	2,9	



Joonis 4.11 Veeauru läbilaskvus (g/h)

Veeauru läbilaskvuse joonisel 4.11, on näha graafiku kõverate puhul hüplevat käitumist. See on tingitud laboriruumi ja kliimakambri õhuniiskuste ühtlustumisest kliimakambri korduvast avamisest katsekehade kaalumiseks. Kuna katsekehi kaaluti kordamööda vastupidises järjekorras, siis joonistuski selline pilt. Viimasel kolmel tunnil tehtud kaalumised olid kõik samas järjekorras. Sellest ka näha stabiliseerumise ilmingud. Stabiliseerumine toimus arvatavasti juba palju varem, aga kaalumise järjekord mõjutas tulemusi, kuna viimasena kaalutavad katsekehad jõudsid vahepeal rohkem kuivada kui esimesed.

Vaadates üldist tendentsi, siis analoogselt sorptsiooni katsetele, olid parimad savikrohvid veeauru läbilaskvuse puhul grupid III, VIII ja VI. Teise suure grupi moodustasid ülejäänud savikrohvide alamgrupid I, II, IV, V ja nende hulgas ka VII grupp, mis sorptsiooni katsetel praktiliselt tulemust ei andnud.

Veeauru läbilaskvuse tulemuste hindamiseks kasutati Studenti t-jaotust. Kuna tegu on väikese valimiga ( $n \leq 30$ ), siis kasutatakse veeauru läbilaskvuse hindamiseks Studenti jaotust. Normaalkaotusega juhusliku suuruse keskväärtuse usalduspiirkond on  $\bar{x} - \varepsilon$ ,  $\bar{x} + \varepsilon$ . Selleks on vaja kõigepealt leida tulemuste aritmeetiline keskmine (10). (Käerdi, H. 2005)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

Usalduspiirkonna poollaius  $\varepsilon$  leitakse valemiga (11). (Käerdi, H. 2005)

$$\varepsilon = \frac{t_{k;\alpha} * s}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Kus n on valimi suurus, n=5;

$t_{k;\alpha}$  on Student jaotuse  $\alpha$  kvantiil, mis sõltub valimi suurusest ja usaldusnivoost  $\beta$ . Kui n=5 ning  $\beta=0,95$ , siis  $t_{k;\alpha}=2,776$ ;

s on valimi standardhälve, mis leitakse valemiga (12) (Käerdi, H. 2005).

$$s = \sqrt{\frac{n}{n-1} * \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\bar{x})^2 \right)} \quad (12)$$

Antud katses arvatati aritmeetilised keskmised, standardhälve ja usalduspiirkond difusioonitakistusele r.

**Tabel 4.11 Usalduspiirkonna määramiseks arvatatud tegurid difusioonitakistusele r  $10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ .**

	Keskmine $\bar{x}$	Standardhälve s	$\varepsilon$	Usalduspiirkond	
				$\bar{x} - \varepsilon$	$\bar{x} + \varepsilon$
I	0,5202	0,0661	0,0820	0,4382	0,6022
II	0,5253	0,0396	0,0492	0,4761	0,5745
III	0,3262	0,0183	0,0227	0,3035	0,3489
IV	0,5881	0,0461	0,0572	0,5309	0,6453
V	0,5955	0,0177	0,0220	0,5736	0,6175
VI	0,3872	0,0330	0,0410	0,3463	0,4282
VII	0,5765	0,0434	0,0539	0,5226	0,6304
VIII	0,3881	0,0261	0,0324	0,3557	0,4205

Erinevuste olulisuse määramiseks analüüsiti usalduspiirkondi statistiliselt. Analüüsi põhjal oli grupi III väärtus  $r=0,33 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$  väiksem ja grupi erinevust loeti statistiliselt olulisimaks kõigist ülejäänutest. Suurim väärtus  $p=0,016$  oli III-ndal grupil võrdluses samuti väiksema - VI-nda grupiga ( $r=0,3872 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ ).

Järgmisena oli ainult pisut suurem  $r=0,39 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$  väärtus kuuendas ja kaheksandas grupis. Ka need väärtused erinesid teistest gruppidest statistiliselt olulisel määral  $p=0,014$ . Ülejäänud gruppides pole difusioonitakistuse väärtus oluliselt erinev ( $r=0,5202 \dots 0,5955 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$ ), teise ja viienda vahel on küll  $p<0,05$  aga see on tingitud V-nda grupi erandlikult väikesest standardhälbest (0,0177).

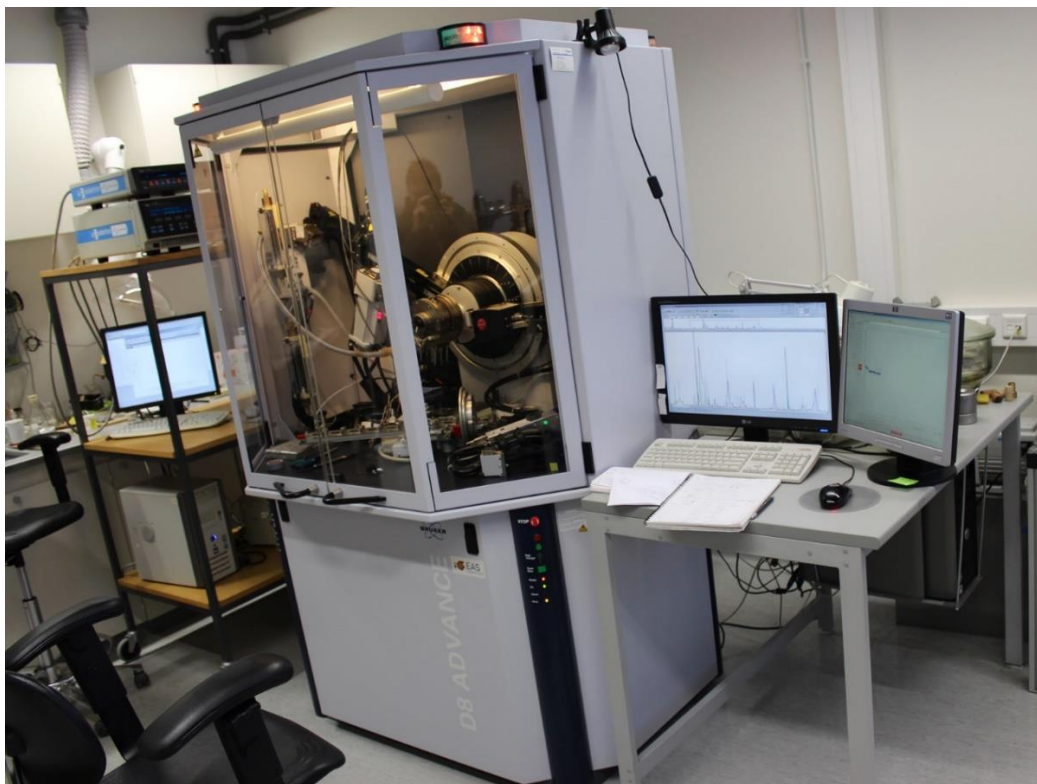
Difusioonitakistuse r keskmised väärtused jäävad kõik arvatatud usalduspiirkonda, aga üksikute katsekehade puhul on erandeid. Vastavatest usalduspiirkondadest jäävad välja katsekehad: 0-1, II-5, IV-1, VI-1, VI-3 ja VIII-1.

### 4.3 Mineraloogiline koostis

Mineraloogiline koostis määrati Tartu Ülikooli Keemia Intsituudis sedimentoloogia laboris Kalle Kirsimäe poolt. Proovid valmistas ette Erik Altmäe Kalle Kirsimäe juhendamisel.

Mineraloogia määramiseks kasutati röntgendifraktsioon-analüüsi. Selleks on vaja esmalt võtta proov igast savikrohvi grupist. Piisab umbes 20-st grammist iga proovi kohta. Proovid viidi Chemicumi sedimentoloogia laborisse, kus iga proov segati hoolikalt läbi ja võeti osa krohvisegust jahvatamiseks. Jahvatamine on vajalik proovi homogeensuse jaoks. Proovid jahvatati peeneks pulbriks jahvatiga Fritsch pulverisette. Krohvisegu jahvatamiseks kasutatavad anumad ja kuulid olid terasest. Proovi jahvatati seadmes 4-5 minutit, peale mida proovid eemaldati seadmest ja jahvatati veel korra uhmriga käsitsi, et veenduda proovi homogeensuses. Pulbriseguga täideti võimalik tihedalt süvend spetsiaalsetes metallist alustel, mis hiljem läksid röntgendifraktomeetrisse (Joonis 4.12). Savikrohvide mineraloogilised tulemused on esitatud tabelis 4.12.

„Röntgendifraktsiooni - XRD abil on võimalik määrata kristalsete ainete struktuuri, kristallide orientatsiooni ja kristalsete ainete sisaldust komponentides. Röntgenkiirte hajumisel kristallilt tekivad teatud proovi nurga juures interferentsi tagajärjel neeldumismaksimumid, mis on määratud Braggi võrrandiga  $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin\theta$ “. (Chemicumi koduleht)

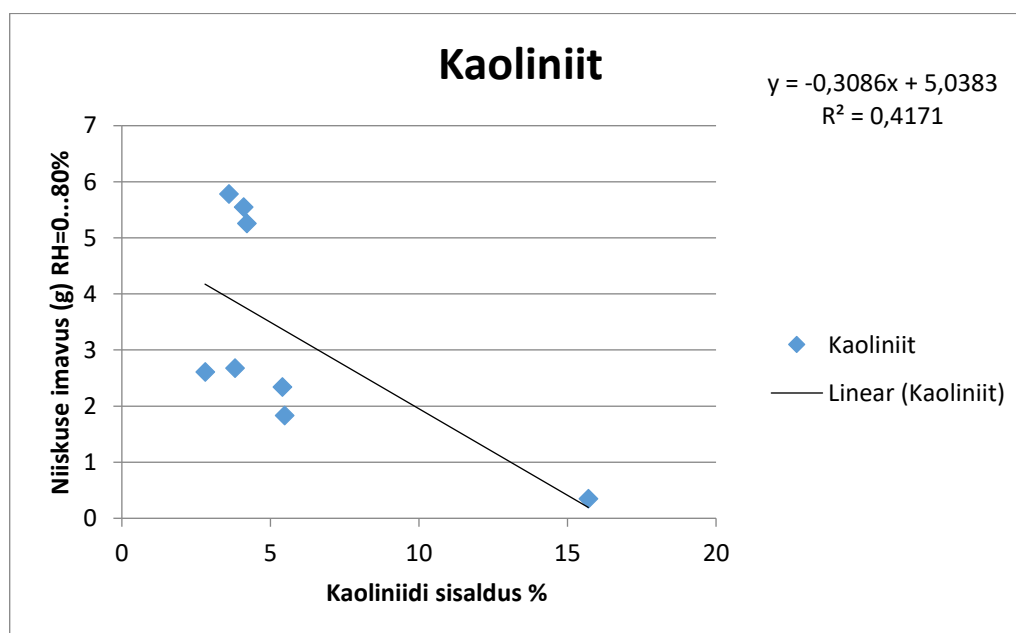


**Joonis 4.12 XRD spektromeeter Bruker D8 Advance (röntgendifraktomeeter). (Chemicumi koduleht)**

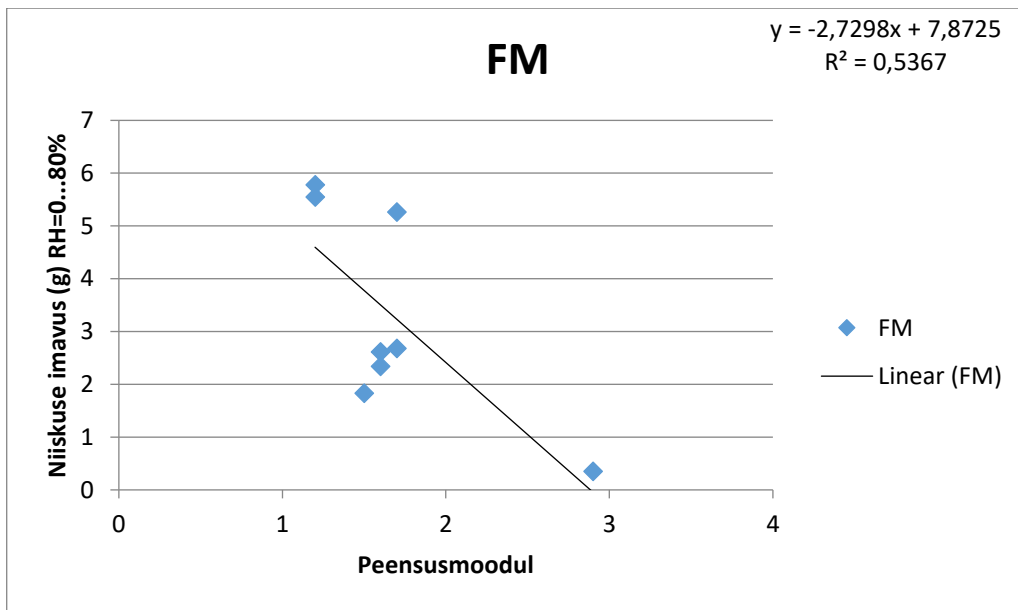
**Tabel 4.12 Uuritud proovide mineraloogiline koostis, kaaluprotsentides (wt%). tr – jäljed, <0.5 wt%**

Mineraalid	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Kvarts</b>	54,7	58,7	49,1	52,8	54,7	45,6	55,8	49,8
<b>K-päevakivi</b>	9,8	8,4	9,6	7,3	9,8	6,6	10,5	16,2
<b>Plagioklass</b>	9,5	7,5	7,8	8,8	9,5	7,9	5,6	9,1
<b>Kloriit</b>	0,6	1,0	1,0	0,8	tr	1,5		0,9
<b>Illiid/Iliit-smektiit</b>	13,0	12,0	14,0	16,4	13,0	20,9	8,0	8,0
<b>Kaoliniit</b>	5,4	2,8	4,2	3,8	5,4	4,1	15,7	3,6
<b>Kaltsiit</b>	4,2	5,2	8,6	5,7	4,2	8,5		7,2
<b>Dolomiit</b>	2,2	3,6	4,2	4,2	2,2	4,0		3,5
<b>Hematiit</b>			tr			0,5		0,5
<b>Küünekivi</b>	0,6	0,8	0,9		0,6	0,5	0,9	1,2
<b>Kristobaliit</b>							1,9	
<b>Anataas</b>							tr	

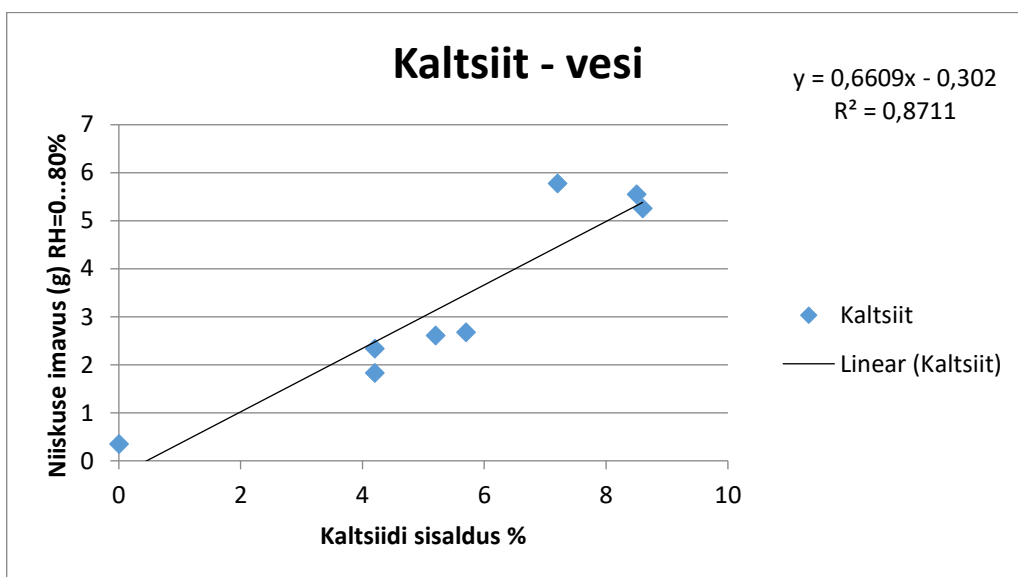
Mineraalide kaaluprotsente märgistusega „tr“ ei saa lugeda usaldusväärseks, kuna nende mineraalide sisaldus on väiksem, kui mõõtmisviga. Savikrohvide difraktogrammide esitatud lisas (joonis L.3).



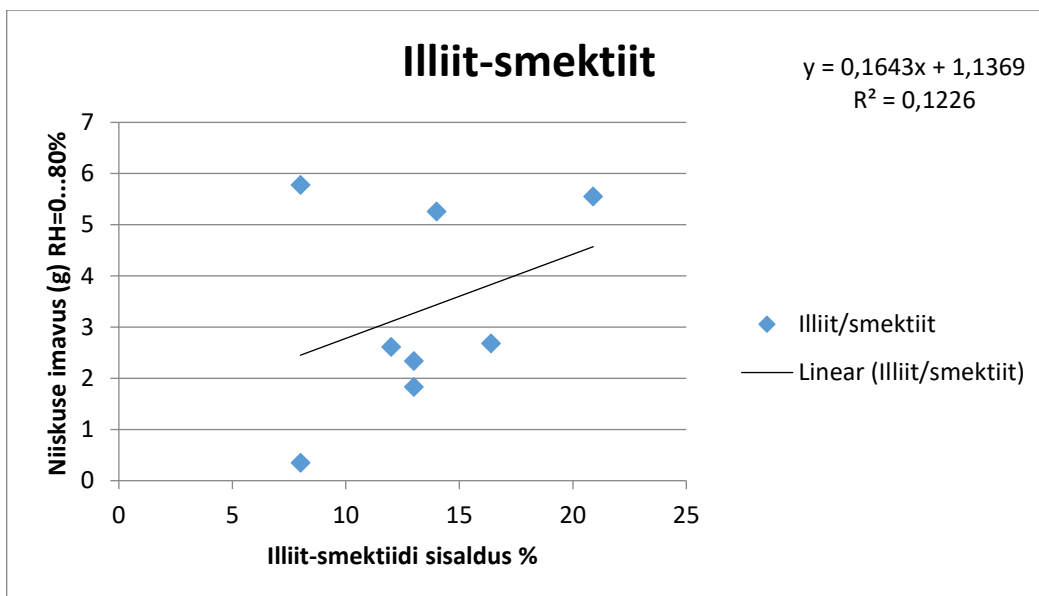
**Joonis 4.13 Kaoliniidi seos niiskuse imavusega.**



**Joonis 4.14** Peensusmooduli seos niiskuse imavusega.



**Joonis 4.15** Kaltsiidi seos niiskuse imavusega.



**Joonis 4.16 Illiid-smektiidi seos niiskuse imavusega.**

Savikrohv, mille kaoliniidi sisaldus on suurem, adsorbeeris teistest vähem niiskust. Samas oli teiste savikrohvide puhul kaoliniidi sisaldus sarnane, kuid sorptsiooni võime erinev.

Seetõttu ei ole antud katse andmete põhjal võimalik leida seost kaoliniidi sisalduse mõju kohta krohvide veeauru imavusele (joonis 4.13). Selget seost võib näha kaltsiidi sisalduse ja veeauru imavuse vahel (joonis 4.15), kus 87,1 % muutujatest on omavaheliselt seotud. Kõige suurema kaoliniidi sisaldusega krohvi koostisest puudub kaltsiit täiesti ja veeauru imavus on 4...12 korda väiksem kui teistel krohvidel. Savimineraalidest on kõige paremini vett siduvad ja paisuvad smektiidid (joonised 1.1 ja 1.2). Antud uuringus osalenud smektiidi eraldi välja toodud pole. Palolille uuringust on näha, et Eesti savidel esineb smektiiti vähe. Illiid-smektiidi ja vee sidumise võime vahel pole antud uuringu põhjal mingisugust seost (joonis 4.16). Peensusmooduli ja niiskuse imavuse näitajate vahel on 53,7%-ne seos (joonis 4.14). Selle põhjal tugevat seost kahe näitaja vahel ei tuvasta. Peensusmooduli seosest on näha, et grupp liigitub jämeliivaks ning selle imavus on väike. Teiste krohvid kuuluvad peenliivade hulka ning nende imavus on oluliselt suurem.

Mineraloogiline koostis määrati krohvisegule ning liiva ja savi mineraalide osakaal ei ole eraldi hinnatavad. Selge pole ka see, kas kaltsiit pärineb liiva või savi koostisest. Teema vajab edasist uurimist.

Ülejäänud mineraalid ei paista vee adsorptsioonil olulist mõju omama.

#### **4.4 Krohvide terastikuline koostis**

Põhjalikum viis pinnase koostise iseloomustamiseks on selle erineva suurusega osakeste jaotumise täpne määramine materjali sõelumise ja kaalumise teel. Saadud kaaluväärtuste graafilisel esitamisel saadakse sõelkõver, mille kujud iseloomustab materjali koostist ja

käitumisomadusi täpselt. Standardsed sõelaavad on ISO 3310 kohaselt 4 – 2 – 1 mm – 500 – 250 – 125 – 63 – 45 – 20 µm. (Grigorjeva, J., 2004)

Peente osakeste sõelumiseks kasutatakse märga sõelumist. Enne sõeluma asumist kuivatakse pinnaseproov 105°C juures kuni püsiva kaalu saamiseni. Graafik koostatakse sõelale jäänud jääkide kaalumise teel. Materjaliosakesed läbimõõduga alla 0,002 mm (sau) toimivad pinnases sideainena, ülejäänud suuremad osakesed: aleuriit, peenliiv, liiv jne käituvad täiteainena. (Grigorjeva, J., 2004)

**Tabel 4.13 Terastikuline koostis märgsõelumise tulemusel grammides**

Kroh vi-segu	Kuiv - mass	>4	2-4	1-2	0,5-1	0,25-0,5	0,125-0,25	0,063-0,125	<0,063	Kokku	Kadu (g)
I	297,8	0,0	0,5	24,0	41,3	76,4	73,9	34,9	45,8	296,9	1,0
II	269,2	0,0	0,7	36,9	28,4	64,9	64,0	19,0	52,5	266,4	2,9
III	272,0	0,0	1,7	33,4	48,4	62,5	57,5	26,1	42,2	271,8	0,2
IV	271,5	0,0	1,1	23,8	51,8	70,5	54,4	21,2	47,3	270,1	1,4
V	284,3	0,0	1,2	21,4	42,6	80,7	62,7	22,2	52,1	282,9	1,4
VI	274,7	0,0	3,3	10,2	24,9	62,0	72,5	28,2	72,3	273,4	1,3
VII	281,6	0,0	12,5	114,9	98,0	6,7	0,8	0,4	47,9	281,1	0,4
VIII	260,2	0,0	2,2	8,9	21,9	58,2	72,0	29,0	62,7	261,1	-0,9

**Tabel 4.14 Terastikuline koostis märgsõelumise tulemusel %-des**

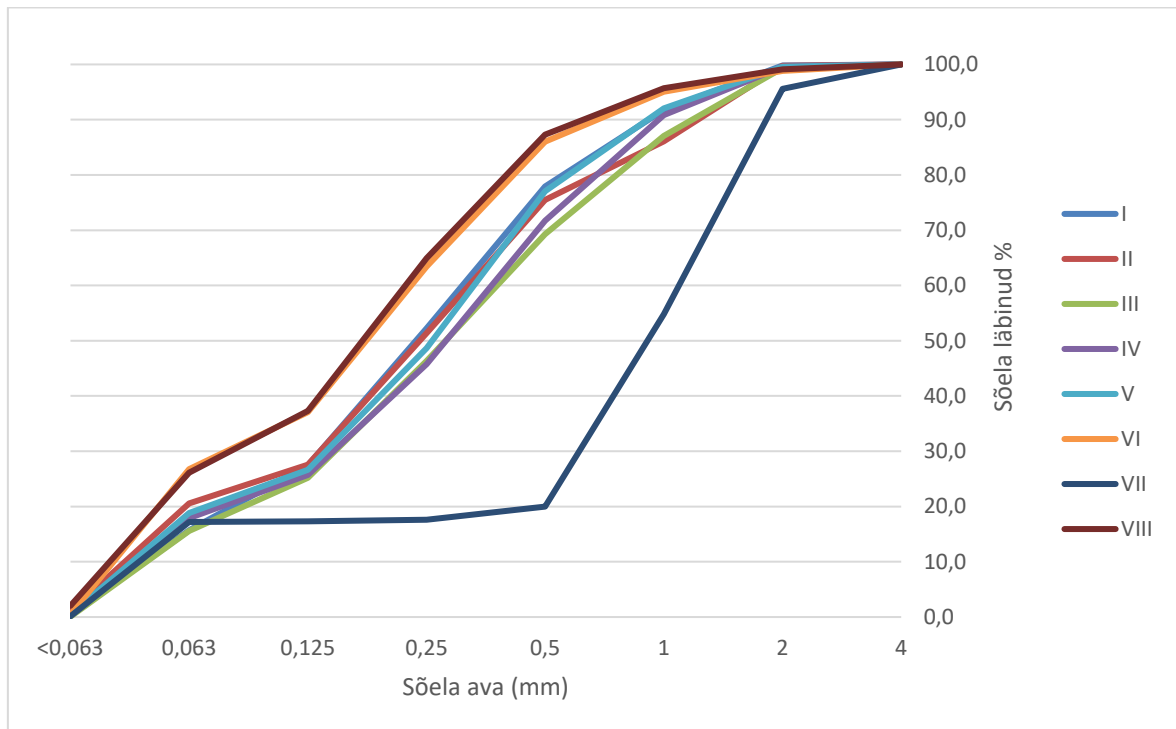
Kroh vi-segu	Kuiv - mass	>4	2-4	1-2	0,5-1	0,25-0,5	0,125-0,25	0,063-0,125	<0,063	Kokku	Kadu (g)
I	297,8	0,0	0,2	8,1	13,9	25,6	24,8	11,7	15,4	99,7	0,3
II	269,2	0,0	0,2	13,7	10,6	24,1	23,8	7,1	19,5	98,9	1,1
III	272,0	0,0	0,6	12,3	17,8	23,0	21,1	9,6	15,5	99,9	0,1
IV	271,5	0,0	0,4	8,8	19,1	26,0	20,1	7,8	17,4	99,5	0,5
V	284,3	0,0	0,4	7,5	15,0	28,4	22,1	7,8	18,3	99,5	0,5
VI	274,7	0,0	1,2	3,7	9,1	22,6	26,4	10,3	26,3	99,5	0,5
VII	281,6	0,0	4,4	40,8	34,8	2,4	0,3	0,1	17,0	99,8	0,2
VIII	260,2	0,0	0,9	3,4	8,4	22,3	27,7	11,2	24,1	100,3	-0,3

Märgsõelumise tulemusena leiti savikrohvides olevate erinevate fraktsioonide hulgas, sõeludes savikrohvisegu koos jooksva veega läbi sõelade avadega 2,0 – 1,0 – 0,5 – 0,25 – 0,125 – 0,063 millimeetrit (joonis 4.17). VIII grupis olev kanepiluu sõeluti välja, kuivatati ja kaaluti enne ülejäänud krohvisegu märgsõelumist.

Tulemustest (tabelid 4.13, 4.14 ja joonis 4.17) on näha enamus gruppide puhul, et ligikaudselt 50% koostisest jäi fraktsioonivahemikku 0,125-0,5 millimeetrit. Alla 0,063



millimeetrist fraktsiooni leidub 15,4-24,1% ulatuses. Erandiks on grupp VII, kus 75,6% moodustab 0,5-2,0 millimeetri jämedune fraktsioon. Alla 0,063 millimeetrist fraktsiooni leidub 17,0%.



**Joonis 4.17 Savikrohvide sõelkõverad**

## 5 ARUTELU

Erialase kirjanduse põhjal saadud informatsiooni alusel on parimate hügrokoopiliste omadustega smektiit. Eestis ja Läti aladel paraku smektiiti puhtal kujul ei esine, vaid on hoopis oma üleminekuvormis illiit-smektiidina. Antud uurimistöös savikrohvi mineraloogia määramisel illiitsed ja illiit-smektiit savimineraalid üksteisest ei eristunud röntgendifraktsiooni meetodil. Seetõttu on nende osakaalud näidatud savikrohvi mineraloogia peatükis summaarsena (tabel 4.1). Illiitide ja illiit-smektiitide kaaluprotsendid analüüsitud proovides jäid vahemikku 8,0...20,9%. Savikrohvide mineraloogia määramisel eristati savimineraalidest lisaks kaoliniiti ja kloriiti. Kaoliniiti leiti proovides 2,8...15,7% ja kloriiti 0...1,5% (tabel 5.1)

**Tabel 5.1 Katsetulemuste koondtabel**

Katsekehad	Katsekehade veesisaldus (g)				Sd (m)	Kaoli- niit (%)	Kaltsiit (%)	Peensus moodul
	0- 30%	30- 50%	50- 80%	0- 80%				
I – Joosu punane 0-2 mm hundinuiaga	0,58	0,36	0,89	1,83	0,10	5,47	4,2	1,5
II – Läti pruun 0-2 mm hundinuiaga	0,92	0,51	1,18	2,61	0,11	2,8	5,2	1,6
III – Läti tumepunane 0-2 mm hundinuiaga	2,19	1,14	1,93	5,26	0,07	4,2	8,6	1,7
IV – Põhja-Eesti sinine 0-2 mm hundinuiaga	0,65	0,55	1,48	2,68	0,12	3,8	5,7	1,7
V – Joosu hall 0-2 mm hundinuiaga	0,72	0,45	1,17	2,34	0,12	5,4	4,2	1,6
VI – Läti tumepunane 0-2 mm	2,24	1,23	2,08	5,55	0,08	4,1	8,5	1,2
VII – Uninaksi valge 0-2 mm	0,08	0,07	0,20	0,35	0,12	15,7	0	2,9
VIII – Läti tumepunane 0-2 mm kanepiluuga	2,13	1,29	2,36	5,78	0,08	3,6	7,2	1,2

Peensusmooduli määramisel selgus, et VII grupi peensusmoodul on jämeliiva oma ja imavus väike, ülejäänud krohvidel on peensusmoodul peenliiva oma ja imavus suurem, aga antud katseandmete põhjal kindlat seost välja tuua ei saa.

Tugev statistiline seos on savikrohvide niiskuse imavusel ja kaltsiidi sisaldusel (87,1%). Kaltsiiti leidis krohvisegudes 4,2...8,6%, erandisk oli grupp VII, kus kaltsiiti ei esinenud (tabel 5.1). Kindel pole kas kaltsiit on krohvisegusse sattunud savi või liiva koostises. Kuna Palolille töös Joosu savide mineraloogia määramisel kaltsiiti ei esinenud, siis võiks arvata, et kaltsiit on sattunud koostisesse liivaga või mõnel muul viisil, aga kindlalt seda väita ei saa.

Adsorptsiooni katses eristusid katsekehade kolme eraldi gruppi tulemuste poolest. Suurima adsorptsiooni võimega olid grupid III, VI ja VIII, mis kõik sisaldasid Läti tumepruuni savi. Mineraloogiast selgub, et peamiselt on tegu illiit-smektiit savimineraaliga. Tõenäoline, et smektiidi osakaal on kombineeritud savimineraalis suurem, sest see seletaks katsekehade suure vee imavuse ja ka märgatavat mahukahanemist.

Kuigi erinevused on väiksed, Läti tumepunase savi baasil valminud katsekehadest, adsorbeeris kõige paremini niiskust vahemikus  $RH=0...30\%$  grupp VI. Vahemikus  $RH=30...50\%$  ja samuti vahemikus  $RH=50...80\%$  võttis esikoha üle grupp VIII. Grupp III oli stabiilselt kolmandal kohal.

Teise suurema grupi moodustasid adsorptsiooni poolest grupid I, II, IV ja V. Grupp I on Joosu punase saviga. Mineraloogia tulemuste põhjal on koostises tegu valdavalt kas illiit või illiit-smektiit savimineraalidega. Vaadates Palolille tööd, on näha, et illiite ja illiit-smektiite esineb koostises praktiliselt võrdse osakaaluga (vastavalt 9,1% ja 10,9%), aga ootamatu on suur kaoliniidi sisaldus (26,6%), mida antud uurimistöös oli enam kui kaks korda vähem savi koostises. Grupp II on Lätist pärit pruuni saviga, mille puhul pole kindel kas domineerivaks mineraaliks on illiit või illiit-smektiit. Grupp IV on Põhja-Eesti sinisaviga, milles on domineerivaks savimineraaliks illiit. Grupp V on Joosu hall savi. Antud töö raames saab järeldada, et domineerib kas illiit või illiit-smektiit. Vaadates Palolille katseandmeid, on domineerivaks kaoliniit (29,0%) ja sellele järgneb kohe illiit (24,2%). Hoolimata savi värvusest ja päritolu samasusest ei saa teha kindlaid järeldusi savimineraali kompositsiooni kohta ilma katsetamata. Juba kahe erineva uurimistöö näitel on Joosu maardlast pärit nii punane kui ka hall savi kaoliniidi osakaalult väga erineva koostisega.

Gruppide I, II, IV ja V hulgas oli parim adsorbeerija vahemikus  $RH=0...30\%$  grupp II ja halvim adsorbeerija grupp I. Vahemikus  $RH=30...50\%$  võttis grupp II koha üle grupp IV ning suhtelise õhuniiskuse tõstmisel, vahemikus  $RH=50...80\%$ , katsekehade adsorbeerimise võime kasvab veelgi. Grupp I adsorbeerimise võime on läbi terve vahemiku  $RH=0...80\%$  madalam, kui gruppidel II, IV ja V ning vahe nende gruppidega kasvab õhuniiskuse tõusmisel kliimakambris. Grupid II ja V, vahemikus  $RH=30...80\%$ , püsivad sarnasel tasemel.

Kolmandaks grupiks jääb grupp VII, valge savikrohv, milles on 15,7% kaoliniiti (tabel 5.1). Kaoliniidi sisalduse tõttu jääb grupp adsorptsiooni seisukohalt kehvale positsioonile. Adsorptsiooni võime on võrreldes teiste gruppidega praktiliselt olematu. Vahemikus RH=50...80% grupp VII adsorptsiooni võime küll paraneb, aga üldiselt ei muuda olukorda.

Desorptsiooni katses jagunesid katsekehade grupid I..VIII taaskord kolme põhigruppi. Grupid jagunesid samuti nagu adsorptsiooni puhul. Esimeses, grupid III, VI ja VIII. Teises, grupid I, II, IV ja V. Kolmandaks grupp VII. Desorptsiooni graafikud on kasvu poolest analoogsed adsorptsiooni graafikutele.

Grupp VIII langes desorptsioonil, suhtelisel õhuniiskusel RH=80...50%, kiiresti samale tasemele gruppidega III ja VI. Vahemikus RH=50...30% loovutas vett natuke kiiremini, kui grupid III ja VI. Teise põhigrupi moodustavatest katsekehadest vahemikus RH=80...50% oli kiireim vee loovutaja grupp IV, sellele järgnesid grupid V, II ja viimaks I. Vahemikus RH=50...30%, jäi katsekehade vaheline olukord samaks. Grupp VII oli desorptsioonil, RH=80...30%, praktiliselt muutumatu peale seda, kui liigne vesi esimeste tundide jooksul välja kuivas.

Nii adsorptsioonil, kui ka desorptsiooni katse puhul võib saadud tulemuste põhjal öelda, et parimaks krohviseguks osutus sorptsiooni osas grupp VIII, mis on Läti tumepunane savikrohv kanepiluuga. Kuna grupp VIII sorptsiooni vahe gruppidega III ja VI oli küllaltki väike, saab üldistada ja nimetada Läti tumepunase savikrohvi parimaks sorptsioonil. Teiste Saviikumaja krohvisegude puhul (I, II, IV ja V), välja arvatud valge kaoliniidi põhine savikrohv (VII), olid erinevused küllaltki väikesed. Teistest natuke paremaks osutus Põhja-Eesti sinisavi baasil valmistatud savikrohv (IV) ning kehvemaks osutus Joosu punane (I). Väikesed erinevused nende nelja grupi vahel tegelikkuses olulist osa ei mängi ja sorptsiooni seisukohalt on need savikrohvid sama võimekad. Antud uurimistöös tuleb välja, et valge kaoliniidi baasil valmistatud savikrohvi sorptsiooni omadused jäävad teiste savikrohvide omast oluliselt madalamale.

Veeauru läbilaskvuse katsel moodustasid katsekehade grupid kaks põhigruppi. Esimese on grupid III, VI ja VIII, mis on suurema veeauru läbilaskvusega, kui teised grupid. Teise põhigrupi moodustavad kõik ülejäänud savikrohvid (I, II, IV, V ja VII). Gruppide III, VI ja VIII vee desorptsioon katsekehadest jäi vahemikku 0,027...0,031 g/h. Difusioonitakistus on vahemikus 0,33...0,39 ja difusioonitakistuskonstant 2,7...3,3. Aurutakistuse arvutati vahemikku 0,07...0,08 m. Difusioonitakistuskonstandi põhjal arvutatud materjali aurutakistused saadud andmete põhjal on esitatud tabelis 5.1.

Teisel põhigrupil (I, II, IV, V, VII), desorptsioon katsekehadest jäi vahemikku 0,022...0,025 g/h. Difusioonitakistus on vahemikus 0,52...0,60 ja difusioonitakistuskonstant 4,1...4,7. Aurutakistuse arvutati vahemikku 0,10...0,12 m.

## KOKKUVÕTE

Antud töös uuriti kaheksa katsegrupi (I-VIII) sorptsiooni ja veeauru läbilaskvust. Katsekehad jagunesid kaheksasse erinevasse gruppi savikrohvi kompositsiooni alusel. Igasse gruppi kuulus omakorda kuus katsekeha. See tähendab, et uurimistöös uuriti kokku 48-t katsekeha. Savikrohvid erinesid peamiselt nendes sisalduvate savide alusel. Erandiks olid siinkohal VI grupp, mille koostis erines liiva hulga poolest ja grupp VIII, mis erines kiudarmeeringu poolest grupist III.

Materjali adsorptsiooni ja desorptsiooni uuriti standardis EVS-EN ISO 12571:2013 toodud kliimakambri meetodil. Veeauru läbilaskvust määrati standardis EVS-EN ISO 1015-19:2005 kirjeldatud märja tropsi (*wet cup*) meetodil.

- Mineraloogia määramisel selgus, et kõik kohaliku päritoluga (Eesti, Läti) savid krohvisegus on mineraloogiliselt seisukohalt samasugused.
- Läti tumepunase savikrohvi heade sorptsiooni omaduste ja olulise mahukahanemise põhjal võiks oletada smektiidi ülekaalu savimineraalis. Kindlaid järeldust selles osas ilma analüüsideta teha ei saa.
- Mineraloogia uuringust selgus, et katsekehade ja savikrohvis sisalduva kaltsiidi ja niiskuse imavuse vahel on tugev seos. Kuna pole täpselt teada, mille koostises kaltsiit krohvisegusse sattus, siis võiks seda tulevikus lähemalt uurida.
- Katsete tulemuste analüüsimise põhjal tuvastati nõrgem seos ka savikrohvide peensusmooduli ja niiskuse imavuse vahel.
- Savikrohvide kaoliniidi sisalduse ja niiskuse imavuse vahelist seost antud uurimistöös ei tuvastatud.
- Katseandmete põhjal analüüsiti illiit-smektiit mineraali sisalduse ja niiskuse imavuse vahelist seost ja leiti, et seos puudub.
- Veeauru läbivust määrati ülemisel hügroskoopsustasemel, kuna katseseadmed seda ei võimalda, siis pole määratud veeauru läbilaskvust alumisel hügroskoopsustasemel. Vaja on katseseadet, mis lubab suhtelist õhuniiskust hoida 0% juures.
- Adsorptsioonil, desorptsioonil, kui ka veeauru läbilaskvuse katsetel olid kõige paremate tulemustega katsekehade grupid III, VI ja VIII, mis sisaldasid kõik Läti tumepunast savi, mis sisaldas valdavalt illiit-smektiit mineraali.
- Ülejäänud katsekehad näitasid nii adsorptsioonil, desorptsioonil, kui ka veeauru läbilaskvuse katsetel sarnaseid tulemusi, erandiks grupp VII.
- Grupp VII (valge kaoliini põhine savikrohvi), ei näidanud sorptsioonil olulist muutust ehk ei imanud olulisel määral vett. Veeauru läbilaskvuse katsel oli grupp VII sama tõhus, kui grupid I, II, IV, V.
- Katsekehi kaaludes, hakkasid katsekehad kuivama kliimakambris kaalumiste ajal, sest neid kliimakambrist välja võttes hajus osa niiskust labori kuiva õhku. Tulevikus on plaanis konstrueerida parem katsekamber, mis võimaldab katsekehi kaaluda stabiilsemas keskkonnas.

Katseandmete tulemused saadi kaheksa katsegrupi (igas 6 katsekeha) uurimisel, kokku 48 katsekeha meetodilisel uurimisel sorptsioonil ja neist 40 katsekeha uurimisel veeauru

läbilaskvuse katsel ülemisel hügrokoopsustasemel. Lisaks määrati savikrohvides fraktsioonide hulga määramiseks märksõelumise teel ja mineraloogiat määrati Tartu Ülikooli keemia instituudi geoloogia osakonnas. Kõik järeldused on tehtud lähtudes katseandmete tulemustest, varasematest uuringutest ja analüüsist ning autori enda analüüsist.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Balan, E., Allard, T., Boizot, B., Morin, G., Muller, J.P., 1999. Structural Fe<sup>3+</sup> in natural kaolinites: new insights from electron paramagnetic resonance spectra fitting at X and Q-band frequencies. *Clays and Clay Minerals* 47, pp. 605-616

Breithaupt, A., 1844. *Handbuch der Mineralogie*, vol.2, 544

Brown, G., 1984. Crystal structure of clay minerals and related phyllosilicates: *Phil. Trans. Royal Soc. London A* 311, pp. 221-240.

Chemicumi koduleht, APARATUUR Chemicumis ja naabritel: Ainete/materjalide koostise analüüs. Tartu. Kättesaadav:

<http://www.chemicum.com/teadus/>

Chen, J., Anandarajah, A., Inyang, H., 2000. Pore fluid properties and compressibility of kaolinite. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 126, pp. 798 – 807

Damour & Salvétat, 1847. *Annales de Chimie et de Physique*, 3rd. series, vol. 21. 37

Devidal, J., Dandurand, J., Gout, R., 1996. Gibbs free energy of formation of kaolinite from solubility measurement in basic solution between 60 and 170 C. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, pp. 553-564.

EVS-EN 1015-2:2004+A1:2007. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 2: Mördiproovide võtmine ja katsemörtide valmistamine. 2009. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN 1015-3:2004+A2:2007. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 2: Mördisegu konsistentsi määramine (raputuslual). 2009. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN 1015-19:2005. Müürimörtide katsemeetodid. Osa 19: Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskvuse määramine. 2005. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 12570:2000. Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of moisture content by drying at elevated temperature. 2000. Eesti Standardikeskus.

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

EVS-EN ISO 13788:2012. Hoone elementide ja piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus. Kriitilise pinnaniiskuse ja elemendisese kondenseerumise vältimine. Arvutusmeetodid. 2012. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN 13914-2:2016. Krohvide projekteerimine, valmistamine ja pealekandmine. Osa 2: Sisekrohv. 2016. Eesti Standardikeskus.

Gaudette, H.E., Eades, J.L., & Grim, R.E., 1964. The nature of illite. Urbana, Illinois, University of Illinois. Kättesaadav: <http://www.clays.org/journal/archive/volume%2013/13-1-33.pdf>

Grigorjeva, I., 2004. Savi kasutamine Eestis. Tallinn. Tallinna Tehnikaülikool. Kättesaadav: [http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/loput/Grigorjeva\\_savi.pdf](http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/loput/Grigorjeva_savi.pdf)

Güven, N. 1991. Clays and Clay Minerals, Vol. 39, On a definition of illite/smectite mixed-layer. Lubbock, Texas. Department of Geosciences Texas Tech University. The Clay Minerals Society. Kättesaadav: <http://www.clays.org/journal/archive/volume%2039/39-6-661.pdf>

Haüy, A. R. J., 1801. Traité de Mineralogie, vol.4, 444

Hey, M. H., 1954. "A New Review of the Chlorites," Miner. Mag.,30 277-92.

Hillier, S., 2003. Encyclopaedia of sediments and sedimentary rocks: Clay Mineralogy Kluwer Academic Publishers, Dordrecht., pp. 139-142.

Huertas, F., Fiore, S., Huertas, F., Linares, J., 1999. Experimental study of the hydrothermal formation of kaolinite. Chemical Geology 156, pp. 171-190.

Jõgioja, E., Pahapill, L. 2000. Eesti kliimateadmik ehitajale. Eesti ehitusteave. 24 lk.

Karjäär.ee. Eestimaa karjäärid. Kättesaadav: <http://karjaar.ee/karjaarid/>

Kirk, A. 1938. Maalri käsiraamat I osa. Tallinn: „Tehniline Kirjastus“. 202 lk.

Kerr, P.F., 1932. Montmorillonite or smectite as constituents of fuller's earth and bentonite., The American Mineralogist, vol.17, pp. 192-198. Kättesaadav: [http://www.minsocam.org/ammin/AM17/AM17\\_192.pdf](http://www.minsocam.org/ammin/AM17/AM17_192.pdf)

Kerr, P.F., 1937. Economic Geology, vol.26, pp. 153.

Kirwin, R., 1794. Elements of Mineralogy, 2nd. ed., vol. 1, pp. 18.

Kitch, W., 2011. CE 531 Mod 2.1.1: Clay Mineralogy. California State Polytechnic University, Pomona, California. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=VqCQDpjdKKE> (20.05.2017).



EVS-EN 13914-2:2016. Krohvide projekteerimine, valmistamine ja pealekandmine. Osa 2: Sisekrohv. Eesti Standardikeskus.

Käerdi, H. 2005. Statistika. – Tallinn: Sisekaitseakadeemia. 92 lk.

Laanmaa, K., 2011. Tehnoloogia keraamikas I. Savi keemiline koostis. Eesti Kunstiakadeemia. Kättesaadav:

[http://www.artun.ee/materials/tehnoloogia\\_keraamikas\\_1/savi-keemiline-koostis.html](http://www.artun.ee/materials/tehnoloogia_keraamikas_1/savi-keemiline-koostis.html)

Lagaly, G., 1979. The "layer charge" of regular interstratified 2:1 clay minerals: *Clays & Clay Minerals* 27, pp. 1-10.

Lázaro, B.B., 2009. Illitization processes: Series of dioctahedral clays and mechanisms of formation. Zaragoza. Departamento de Ciencias de la Tierra. Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Zaragoza. Kättesaadav:

[http://www.ehu.es/sem/seminario\\_pdf/SEMINARIOS\\_SEM\\_3\\_31.pdf](http://www.ehu.es/sem/seminario_pdf/SEMINARIOS_SEM_3_31.pdf)

Loit, M.I. Restaureerimise infovoldik: Liimvärvid I. Liimvärv ehk kriitvärv. Muinsuskaitseamet. Kättesaadav:

[http://www.muinas.ee/files/17\\_liimvarv.pdf](http://www.muinas.ee/files/17_liimvarv.pdf)

Loit, M. II. Restaureerimise infovoldik: Liimvärvid II. Kaseiin- ehk kohupiimavärv. Muinsuskaitseamet. Kättesaadav:

<http://www.muinas.ee/files/18kaseinvarv.pdf>

Lowel, S., Shields, J., Thomas, A., Thommes, M. 2004. Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density. Holland. Kluwer Academic Publishers. 364 lk.

Masso, T. (toimetaja). 2010. Ehituskonstruktori käsiraamat. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus. 577 lk.

Masso, T. 2012. Ehitusfüüsika ABC. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus. 172 lk.

Minke, G., 2006. Building with Earth – Design and Technology of a Sustainable Architecture. Berlin: Birkhäuser. 200 lk.

Miranda-Trevino J.C., & Coles C.A., 2003. Kaolinite properties, structure and influence of metal retention on pH. *Applied Clay Science* 23, pp. 133–139. Kättesaadav:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.596.6815&rep=rep1&type=pdf>

Mitchell, J.K., 1993. Fundamentals of Soil Behavior, 2nd ed. Wiley, New York.

Nelson, B.W. & Roy, R., 1958. Synthesis of the chlorites and their structural and chemical constitution. *The American Mineralogist*, vol.43, pp. 707-725. Kättesaadav: [http://www.minsocam.org/ammin/AM43/AM43\\_707.pdf](http://www.minsocam.org/ammin/AM43/AM43_707.pdf)

Palolill, M., 2007. Looduslike savide ja savipinnaste geotehniliste omaduste sõltuvus savimineraalsest koostisest: Ekvivalentse basaalse distantansi kontseptsioon. Tartu: Tartu Ülikool. 53 lk.

Pauling, L., 1930. "The Structure of the Chlorites," *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 16, 478

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

Pere, R. 2009. Kohupiimavärv ja savikrohv. Tallinn: AS Ajakirjade Kirjastus. 96 lk.

Piirfeld, A. 2009. Välisseina difusiooni arvutus (ET-2 0404-0764). 2009. OÜ Ehitusteave. 11 lk.

Puustusmaa, L. Mittetäielikult karboniseerunud lubikrohvi niiskustehniliste omaduste uurimine: pinnakatete mõju sorptsioonile ja desorptsioonile ning veeauru läbilaskvusele. Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž, Säätva tehnoloogia õppetool. Tartu: TTÜ. 2016. 102 lk.

Safrani koduleht. 2012. Savivärv. Kättesaadav: <http://www.safran.ee/varvid/savivrv>

Saviukumaja koduleht. Savikrohv. Kättesaadav: <http://saviukumaja.ee/savikrohv>

Sinisalu, R., & Kleesment, A. 2002. Purdsetete granulomeetrisest klassifikatsioonist. *Eesti Geoloogiakeskuse Toimetised*. 10/1, lk 20–26.

Sudo, T., Hayashi, H., and Shimoda, S., 1962. Mineralogical problems of intermediate clay minerals: in *Clays and Clay Minerals*, Proc. 9th Natl. Conf., West Lafayette, Indiana, 1960, Ada Swineford, ed., Pergamon Press, New York, pp. 378-388.

The James Hutton Institute koduleht: Clay minerals. Kättesaadav: <http://www.claysandminerals.com/minerals/clayminerals>

Thomson, T., 1836 *Outlines of Mineralogy, Geology, and Mineral Analysis*, vol. 1, pp. 246

Trechsel, H. 1994. *Moisture Control in Buildings*. ASTM Intl. 480 lk

Tschermak, G., 1890. "Die chloritgruppe, II. Theil, Sitzungsber.," *Akad'. Wiss. Wien, Math-naturwiss, Kl., Abt. I*, 99, 174-278.

Tschermak, G., 1891. "Die chloritgruppe, II. Theil, Sitzungsber.," Akad. Wiss. Wien, Math-naturwiss, KI., Abt. I, 100, 29-107.

Uninaksi koduleht. Savikrohv. Kättesaadav: <http://www.uninaks.ee/savikrohv>

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

Veblen, D. R., Guthrie, G. D., Jr., Livik, J. T., & Reynolds, R. C., Jr., 1990. High-resolution transmission electron microscopy and electron diffraction of mixed-layer illite/smectite: Experimental results: *Clays & Clay Minerals* 38, pp. 1-13.

Weiss, A., Becker, H. O., & Lagaly, G., 1970. Determination of charge density sequence in regular interstratified mica-type layer silicates in allevardite from Hungary: in *Proc. Int. Clay Conf., Tokyo, 1969, Vol. 2*, L. Heller, ed., Israel Univ. Press, Jerusalem, pp. 67-73

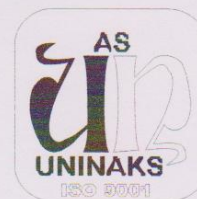
Winchell, A. N., 1926. "Chlorite as a Polycomponent System," *Amer. Jour. Scd*, ser. 5, Vol. 11, 283-300.

# LISAD

Tabel L.1 Katsekeha koondandmed

	Kõrgus	Keskmine kõrgus	Läbimõõt	Keskmine läbimõõt	Kuiva katsekeha kaal	Keskmine kuiva katsek. kaal
<b>0-1</b>	25,00	24,94	10,10	10,11	396,18	401,41
<b>I-1</b>	25,67		10,11		410,06	
<b>I-2</b>	25,33		10,15		407,55	
<b>I-3</b>	24,33		10,10		398,76	
<b>I-4</b>	25,00		10,09		398,54	
<b>I-5</b>	24,33		10,09		397,35	
<b>0-2</b>	25,00	25,17	10,05	10,13	413,77	412,35
<b>II-1</b>	24,67		10,15		410,83	
<b>II-2</b>	25,67		10,15		416,61	
<b>II-3</b>	25,33		10,13		428,26	
<b>II-4</b>	24,00		10,13		381,63	
<b>II-5</b>	26,33		10,14		423,02	
<b>0-3</b>	24,67	24,61	9,89	9,91	373,04	376,47
<b>III-1</b>	24,00		9,90		367,35	
<b>III-2</b>	24,67		9,91		382,65	
<b>III-3</b>	25,33		9,92		387,46	
<b>III-4</b>	25,33		9,91		383,60	
<b>III-5</b>	23,67		9,90		364,73	
<b>0-4</b>	25,00	25,11	10,01	10,04	395,09	392,26
<b>IV-1</b>	25,00		10,04		391,65	
<b>IV-2</b>	25,33		10,03		403,10	
<b>IV-3</b>	25,00		10,04		382,67	
<b>IV-4</b>	25,33		10,05		388,43	
<b>IV-5</b>	25,00		10,06		392,65	
<b>0-5</b>	25,33	25,67	10,07	10,11	401,82	401,95
<b>V-1</b>	26,00		10,12		410,65	
<b>V-2</b>	25,33		10,12		391,63	
<b>V-3</b>	26,33		10,11		408,94	
<b>V-4</b>	26,00		10,13		411,52	
<b>V-5</b>	25,00		10,12		387,13	
<b>0-6</b>	24,00	23,67	9,72	9,73	357,92	349,19
<b>VI-1</b>	23,33		9,77		353,36	
<b>VI-2</b>	24,00		9,75		361,12	
<b>VI-3</b>	22,67		9,72		334,80	
<b>VI-4</b>	23,67		9,76		345,06	
<b>VI-5</b>	24,33		9,68		342,87	
<b>0-7</b>	24,00	24,78	10,18	10,19	366,63	380,90
<b>VII-1</b>	25,00		10,20		387,23	
<b>VII-2</b>	25,00		10,19		387,71	
<b>VII-3</b>	24,67		10,20		367,42	
<b>VII-4</b>	25,00		10,18		382,45	
<b>VII-5</b>	25,00		10,19		393,97	
<b>0-8</b>	24,00	24,11	10,03	10,02	275,68	286,05
<b>VIII-1</b>	24,33		10,02		284,41	
<b>VIII-2</b>	23,33		10,03		287,46	
<b>VIII-3</b>	24,67		10,01		293,77	
<b>VIII-4</b>	24,00		10,04		286,00	
<b>VIII-5</b>	24,33		10,01		288,95	

## VASTAVUSDEKLARATSIOON



- **SAVIKROHV** *krohvisegu kasutamiseks kuivades ruumides.*

**Tootja:**  
AS UNINAKS  
Valuste tee 1  
Lihula 90303  
Eesti  
Telefon 00 372 65 65 744

**Toode:** Uninaks Lihula kuivsegude tehases toodetud looduslik savikrohv.

- **Kasutuskohad:** Savikrohv on kasutatav siseruumides seinte, soemüüride, dekoratiivpindade jne krohvimiseks.

**Tehnilised andmed:**

**Koostis:**

- Erinevates toonides looduslik kuivatatud ja peenestatud savipulber
- Klassifitseeritud kvartslüiv
- Sünteetiline kiud

**Paigaldatud Savikrohv:**

Kuivab seinas kuni saavutab ruumi niiskuse. Savikrohvist pinnad stabiliseerivad ruumi niiskust ja temperatuuri, võimaldades ruumi kasutajatele stabiilsemat elukeskkonda.

**Kasutustingimused:** vastavalt tootja juhisele pakendil.

Lisatava vee hulk kuivsegule vastavalt Savikrohvi kasutusvajadusele. Valmissegude kasutusaeg mitmeid päevi. Kuivanud savikrohvi on võimalik taaskasutada lisades uuesti vett ja segades.

**Tootja deklareerib:** toode on vastavuses Euroopa Liidu Ehitustoodete Direktiivile 89/106 EEC.

Uninaks AS tootmisprotsess vastab ISO 9001:2008 kvaliteedisüsteemi standardi nõuetele. Uninaks AS tehase testlabor võtab igast tootepartiist proovikehad, mida säilitatakse üks aasta võimalike võrdluskatsete teostamiseks.

Kuupäev: 03. Juuni 2013 a.

Guido Piksar  
AS UNINAKS Juhatuses liige



**Joonis L.1 Uninaksi vastavusdeklaratsioon (Uninaksi koduleht)**

# SAVIKROHV

## VIIMISTLUS 0-2

<b>Kirjeldus</b>	Saviukumaja viimistuskrohv koosneb kvaliteetsest savist ja spetsiaalse sõelkõvera järgi hoolikalt valitud liivast, millele on lisatud hundinüüa tõlviku kiudu. Savi viimistuskrohv (terasuurus 0-2mm, kuivsegu)
<b>Kasutus</b>	Sobib erinevate pindade krohvimiseks sisetingimustes. Kasutatakse savi aluskrohvi viimistlemiseks. Sobib erinevate pindade krohvimiseks (puu, kivi, tellised, savi, lubi- jt mineraalkrohv, rooplaad, põhusein, betoonplokid, Aeroc, Fibro jne).
<b>Värvivalik</b>	Tumepunane. Eraldi tellimisel punane, pruun, sinine ja hall.
<b>Omadused</b>	Savikrohv reguleerib ruumi õhuniiskust, akumuleerib soojust, pärsib hallistuste teket, neutraliseerib elektromagnetilist saastet, summutab kaja, sobib allergikutele. Saviukumaja savikrohv on väga hea nakkuvuse, töödeldavuse ja pinnatugevusega, 100% looduslik ja taaskasutatav, võimalus on kujundada ümaraid nurkasid ja erinevaid vorme.
<b>Aluspind</b>	Aluspind peab olema stabiilne, raskust kandev, kuiv, imav, hea nakkuvusega ning kindlasti puhas tolmust, värvidest ja määrdainetest (õlid, rasvad jne). Puitpindade (palk, laudis, sileda pinnaga puitlaast- jm plaadid) krohvimisel soovitage kasutada hõredat pilliroomatti ja soojustamiseks pilliroo-, puitkiud-, korkplaati vm looduslikku isolatsioonimaterjali ning esimese(d) kihi(d) krohvida Saviukumaja savi aluskrohviga. Teises kihis soovitage krohvi armeerimiseks kasutada džuutkangast täies ulatuses.
<b>Tingimused</b>	Aluspinna ja õhutemperatuur peab olema kõrgem kui 5°C.
<b>Segu valmistamine</b>	Ühele kotile kuivsegule (25 kg) lisada 5-6 liitrit puhast vett ja segada korralikult läbi. Kõige parem on segu valmistada krohvimisele eelneval päeval, minimaalselt võiks segu enne kasutamist seista 0.5h, pärast seismist tuleb krohvi uuesti segada.
<b>Töövahendid</b>	Kellud, hõõrutid, silutid, liibid. Pealekandmine käsitsi või krohvipritsiaga.
<b>Paigaldus I</b> (Lõpptulemus- struktuurne pind)	Aluspinna eelnevalt puhastada ja niisutada. Kandke peale kiht paksusega 4-6 mm. Tasandage pind pika liibi või pika pahtlilabidaga. Laske krohvil taheneda ning tasandage pind kummi- või krohvihõõrutiga sõõrjate liigutustega.
<b>Paigaldus II</b> (Lõpptulemus- sile pind)	Aluspinna eelnevalt puhastada ja niisutada. Kandke peale kiht paksusega 4-6 mm. Tasandage pind pika liibi või pika pahtlilabidaga. Laske krohvil taheneda ning tasandage pind niiske svammiga sõõrjate liigutustega. Enne täielikku kuivamist siluda uuesti õrnalt niiske svammiga, et lahtised terad pinnalt eemaldada.
<b>Kuivatamine</b>	Savikrohv kuivab vee välja aurustumise teel, seetõttu tuleb krohvitud pindade kuivatamiseks soojal perioodil ruumi korralikult tuulutada. Kütteperioodil on ideaalseks kuivamiseks soovituslik kasutada ventilaatoreid, soojapuhureid ja niiskusimureid. Liiga pikk kuivamisajaeg ja liigne õhuniiskust võivad põhjustada krohvi pinnal hallituse teket, mis ei ole tervisele ohtlik. Kui pind on kuivanud, tuleks hallitus pinnalt maha pühkida.
<b>Lõppviimistlus</b>	Kui viimistuskrohv jääb viimistuskihiks, soovitage pinna kruntida Saviukumaja viimistluskrundiga. Enne kruntimist pühkida pinnalt pehme harjaga lahtised liivaterad. Peenema teraga või siledama pinnastruktuuriga lõppviimistluse saavutamiseks soovitage kasutada laia toonivalikuga Saviukumaja savi peenviimistluskrohve, mida on võimalik väärindada erinevate dekoratiivsete looduslike lisanditega.
<b>Hooldus</b>	Võimalikele pinnavigastusele saab teha kohtparandusi, selleks on soovitatav säilitada samast partiiist viimistlusmaterjali. Määratud krohvi võib kuivpuhastada või uuesti katta sama viimistlusmaterjaliga. Savikrohv on antistaatiline ega kogu tolmu. Õlid ja vedelikud imab savikrohv endasse.
<b>Materjali kulu</b>	7-10 kg/1m <sup>2</sup>

PAKEND	KATVUS 4mm	KATVUS 6mm
25 kg kott	ca 3.5 m <sup>2</sup>	ca. 2.5 m <sup>2</sup>
1000 kg kott	ca 140 m <sup>2</sup>	ca 100 m <sup>2</sup>

<b>Ohutus</b>	Vältida tolmu sissehingamist ja silma sattumist. Silma sattumisel pesta füsioloogilise lahusega.
<b>Säilitamine</b>	Säilitada kuivades tingimustes.  Tootekirjelduses on välja toodud materjali kasutusvõimalused ja soovitusel töötamiseks. Tootja on materjali testinud ja tagab toote kvaliteedi, kuid ei saa garanteerida selle õiget kasutusviisi ega vabasta seega kasutajat vastutusest. Iga objekti puhul tuleb lähtuda konkreetsetest tingimustest ja pindadest. Tooteleht kaotab kehtivuse uue väljaandmisel. Viimati uuendatud: 04.12.2015.

Saviukumaja OÜ  
Mooste Möis Põlvamaa 64616  
+372 56 505 505  
info@saviukumaja.ee  
www.saviukumaja.ee  
www.facebook.com/Saviukumaja

## Joonis L.2 Saviukumaja savikrohvi (0...2mm) kasutusjuhend (Saviukumaja koduleht)

**Tabel L.2 Hügroskoopsuse määramine. Pakendita katsekehade kaalumise tulemused adsorptsioonil vahemikus RH 0...30% (g)**

	Aeg tundides										
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
<b>0-1</b>	369,885	369,960	370,001	370,020	370,092	370,221	370,388	370,508	370,538	370,539	370,546
<b>I-1</b>	382,886	383,014	383,087	383,131	383,248	383,354	383,426	383,421	383,428	383,416	383,424
<b>I-2</b>	379,894	379,967	380,011	380,031	380,107	380,233	380,404	380,533	380,561	380,562	380,574
<b>I-3</b>	371,106	371,227	371,291	371,335	371,450	371,567	371,614	371,622	371,626	371,621	371,627
<b>I-4</b>	371,344	371,494	371,562	371,595	371,702	371,821	371,868	371,879	371,867	371,854	371,857
<b>I-5</b>	368,248	368,394	368,457	368,498	368,603	368,731	368,780	368,778	368,794	368,790	368,797
<b>0-2</b>	384,842	384,916	384,956	384,985	385,063	385,212	385,420	385,638	385,748	385,773	385,792
<b>II-1</b>	382,599	382,662	382,704	382,735	382,809	382,943	383,150	383,368	383,470	383,495	383,514
<b>II-2</b>	386,967	387,041	387,082	387,115	387,195	387,353	387,571	387,779	387,864	387,879	387,892
<b>II-3</b>	399,064	399,122	399,170	399,204	399,285	399,416	399,605	399,838	399,943	399,971	399,992
<b>II-4</b>	354,595	354,664	354,702	354,731	354,800	354,957	355,146	355,339	355,417	355,427	355,443
<b>II-5</b>	392,145	392,220	392,247	392,286	392,362	392,504	392,710	392,938	393,044	393,075	393,093
<b>0-3</b>	344,681	344,809	344,886	344,927	345,072	345,316	345,691	346,220	346,590	346,796	346,916
<b>III-1</b>	338,254	338,381	338,442	338,502	338,640	338,878	339,264	339,798	340,151	340,344	340,452
<b>III-2</b>	353,651	353,759	353,694	353,731	353,838	354,067	354,426	354,964	355,348	355,561	355,608
<b>III-3</b>	356,844	356,953	357,017	357,066	357,195	357,417	357,800	358,318	358,698	358,937	359,082
<b>III-4</b>	353,195	353,301	353,392	353,436	353,586	353,829	354,233	354,791	355,175	355,394	355,512
<b>III-5</b>	335,866	335,974	336,048	336,103	336,244	336,480	336,872	337,393	337,738	337,926	338,036
<b>0-4</b>	365,740	365,800	365,815	365,859	365,915	366,022	366,165	366,310	366,382	366,396	366,408
<b>IV-1</b>	362,118	362,167	362,194	362,236	362,294	362,405	362,554	362,684	362,733	362,751	362,764
<b>IV-2</b>	373,660	373,729	373,746	373,777	373,849	373,949	374,105	374,247	374,298	374,321	374,321
<b>IV-3</b>	353,095	353,147	353,188	353,215	353,280	353,389	353,536	353,656	353,710	353,715	353,707
<b>IV-4</b>	358,675	358,741	358,770	358,801	358,870	358,982	359,139	359,248	359,310	359,315	359,330
<b>IV-5</b>	363,995	364,056	364,097	364,123	364,190	364,294	364,456	364,572	364,635	364,640	364,650
<b>0-5</b>	374,314	374,376	374,406	374,441	374,511	374,630	374,803	374,957	375,023	375,031	375,049
<b>V-1</b>	381,918	381,991	382,002	382,035	382,104	382,225	382,395	382,557	382,618	382,628	382,635
<b>V-2</b>	364,335	364,400	364,430	364,460	364,529	364,651	364,817	364,962	365,012	365,014	365,020
<b>V-3</b>	381,008	381,069	381,095	381,125	381,198	381,321	381,440	381,655	381,717	381,729	381,744
<b>V-4</b>	382,325	382,562	382,596	382,622	382,697	382,817	382,988	383,150	383,212	383,222	383,235
<b>V-5</b>	356,945	357,015	357,032	357,051	357,113	357,218	357,372	357,493	357,516	357,509	357,484
<b>0-6</b>	326,110	326,223	326,292	326,337	326,479	326,709	327,065	327,581	327,949	328,165	328,328
<b>VI-1</b>	323,483	323,601	323,669	323,728	323,883	324,173	324,588	325,142	325,488	325,682	325,798
<b>VI-2</b>	330,565	330,673	330,729	330,778	330,926	331,159	331,532	332,064	332,444	332,701	332,874
<b>VI-3</b>	299,633	299,729	299,799	299,854	299,984	300,236	300,612	301,125	301,473	301,680	301,803
<b>VI-4</b>	314,162	314,264	314,333	314,380	314,513	314,748	315,124	315,646	316,019	316,253	316,395
<b>VI-5</b>	316,820	316,938	317,000	317,050	317,182	317,422	317,781	318,290	318,651	318,870	319,018
<b>0-7</b>	335,451	335,519	335,532	335,512	335,522	335,534	335,538	335,547	335,546	335,550	335,549
<b>VII-1</b>	360,945	361,014	361,030	361,010	361,012	361,005	361,011	361,000	360,995	360,999	361,004
<b>VII-2</b>	359,650	359,669	359,693	359,703	359,733	359,734	359,747	359,756	359,757	359,752	359,758
<b>VII-3</b>	341,362	341,404	341,415	341,401	341,414	341,425	341,433	341,437	341,439	341,432	341,436
<b>VII-4</b>	356,004	356,036	356,072	356,068	356,080	356,091	356,098	356,101	356,101	356,102	356,101
<b>VII-5</b>	365,789	365,855	365,859	365,827	365,830	365,818	365,824	365,819	365,818	365,816	365,813
<b>0-8</b>	248,667	248,778	248,834	248,888	249,038	249,264	249,657	250,164	250,476	250,639	250,735
<b>VIII-1</b>	255,630	255,739	255,801	255,857	255,993	256,220	256,590	257,102	257,446	257,642	257,763
<b>VIII-2</b>	258,627	258,754	258,813	258,871	259,012	259,265	259,629	260,132	260,473	260,657	260,767
<b>VIII-3</b>	265,082	265,195	265,252	265,301	265,428	265,646	265,994	266,496	266,844	267,074	267,222
<b>VIII-4</b>	257,064	257,159	257,243	257,297	257,432	257,668	258,033	258,527	258,862	259,053	259,178
<b>VIII-5</b>	264,072	264,188	264,247	264,301	264,436	264,674	265,049	265,566	265,911	266,109	266,240

**Tabel L.3 Hügrokoopsuse määramine. Pakendita katsekehade kaalumise tulemused adsorptsioonil vahemikus RH 30...50% (g)**

	Aeg tundides										
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
<b>0-1</b>	370,546	370,594	370,586	370,613	370,658	370,767	370,827	370,875	370,913	370,931	370,929
<b>I-1</b>	383,424	383,515	383,506	383,545	383,615	383,76	383,739	383,801	383,752	383,792	383,781
<b>I-2</b>	380,574	380,618	380,615	380,636	380,675	380,793	380,853	380,949	380,934	380,952	380,958
<b>I-3</b>	371,627	371,714	371,709	371,750	371,816	371,947	371,930	371,985	371,953	371,979	371,983
<b>I-4</b>	371,857	371,955	371,935	371,974	372,084	372,175	372,145	372,215	372,172	372,210	372,204
<b>I-5</b>	368,797	368,879	368,869	368,898	368,977	369,119	369,098	369,157	369,116	369,156	369,152
<b>0-2</b>	385,792	385,833	385,830	385,848	385,922	386,023	386,138	386,249	386,315	386,310	386,311
<b>II-1</b>	383,514	383,553	383,561	383,566	383,634	383,743	383,844	383,834	384,013	383,996	384,01
<b>II-2</b>	387,892	387,931	387,933	387,953	388,025	388,138	388,249	388,347	388,400	388,398	388,397
<b>II-3</b>	399,992	400,036	400,038	400,052	400,117	400,231	400,338	400,456	400,511	400,517	400,528
<b>II-4</b>	355,443	355,480	355,482	355,484	355,581	355,675	355,771	355,868	355,903	355,912	355,909
<b>II-5</b>	393,093	393,122	393,134	393,153	393,221	393,331	393,438	393,552	393,613	393,619	393,621
<b>0-3</b>	346,916	346,982	347,008	347,015	347,167	347,347	347,578	347,822	347,958	348,019	348,054
<b>III-1</b>	340,452	340,506	340,537	340,534	340,669	340,841	341,078	341,317	341,436	341,500	341,526
<b>III-2</b>	355,608	355,668	355,688	355,693	355,815	356,006	356,250	356,510	356,660	356,678	356,703
<b>III-3</b>	359,082	359,145	359,166	359,185	359,313	359,501	359,747	360,023	360,188	360,269	360,314
<b>III-4</b>	355,512	355,570	355,596	355,614	355,743	355,933	356,182	356,453	356,593	356,663	356,705
<b>III-5</b>	338,036	338,096	338,123	338,133	338,268	338,453	338,685	338,926	339,058	339,113	339,138
<b>0-4</b>	366,408	366,451	366,458	366,462	366,533	366,635	366,744	366,850	366,924	366,960	366,978
<b>IV-1</b>	362,764	362,799	362,812	362,819	362,887	362,992	363,099	363,196	363,273	363,302	363,312
<b>IV-2</b>	374,321	374,370	374,374	374,379	374,450	374,554	374,668	374,783	374,847	374,867	374,883
<b>IV-3</b>	353,707	353,752	353,749	353,765	353,834	353,936	354,047	354,148	354,197	354,230	354,244
<b>IV-4</b>	359,330	359,370	359,380	359,389	359,471	359,565	359,675	359,779	359,830	359,862	359,871
<b>IV-5</b>	364,650	364,700	364,704	364,706	364,779	364,882	365,000	365,089	365,164	365,192	365,192
<b>0-5</b>	375,049	375,087	375,089	375,106	375,186	375,273	375,368	375,467	375,502	375,508	375,515
<b>V-1</b>	382,635	382,680	382,684	382,697	382,752	382,872	382,959	383,063	383,094	383,105	383,119
<b>V-2</b>	365,020	365,057	365,051	365,066	365,118	365,22	365,310	365,398	365,432	365,435	365,439
<b>V-3</b>	381,744	381,777	381,777	381,798	381,862	381,96	382,052	382,161	382,196	382,185	382,195
<b>V-4</b>	383,235	383,273	383,277	383,291	383,359	383,461	383,559	383,656	383,704	383,712	383,715
<b>V-5</b>	357,484	357,480	357,460	357,475	357,539	357,645	357,736	357,827	357,853	357,857	357,866
<b>0-6</b>	328,328	328,348	328,408	328,397	328,553	328,719	329,001	329,291	329,457	329,552	329,6
<b>VI-1</b>	325,798	325,864	325,912	325,911	326,068	326,25	326,514	326,774	326,893	326,966	326,989
<b>VI-2</b>	332,874	332,930	332,983	332,978	333,115	333,297	333,578	333,865	334,036	334,132	334,184
<b>VI-3</b>	301,803	301,859	301,907	301,901	302,046	302,211	302,467	302,727	302,839	302,919	302,952
<b>VI-4</b>	316,395	316,450	316,506	316,495	316,638	316,81	317,078	317,358	317,499	317,583	317,617
<b>VI-5</b>	319,018	319,057	319,121	319,121	319,262	319,428	319,682	319,952	320,103	320,175	320,231
<b>0-7</b>	335,549	335,581	335,576	335,579	335,617	335,623	335,618	335,634	335,635	335,641	335,644
<b>VII-1</b>	361,004	361,026	361,024	361,029	361,043	361,074	361,068	361,082	361,079	361,083	361,084
<b>VII-2</b>	359,758	359,785	359,767	359,745	359,744	359,77	359,757	359,776	359,771	359,774	359,738
<b>VII-3</b>	341,436	341,463	341,460	341,466	341,486	341,509	341,498	341,514	341,509	341,525	341,524
<b>VII-4</b>	356,101	356,128	356,100	356,101	356,127	356,151	356,144	356,159	356,162	356,162	356,162
<b>VII-5</b>	365,813	365,845	365,840	365,847	365,865	365,885	365,884	365,900	365,894	365,904	365,904
<b>0-8</b>	250,735	250,790	250,829	250,833	250,965	251,146	251,401	251,684	251,831	251,918	251,958
<b>VIII-1</b>	257,763	257,818	257,844	257,855	257,990	258,178	258,440	258,737	258,910	259,011	259,06
<b>VIII-2</b>	260,767	260,828	260,862	260,867	261,017	261,19	261,454	261,739	261,896	261,998	262,046
<b>VIII-3</b>	267,222	267,280	267,322	267,324	267,453	267,633	267,896	268,209	268,408	268,522	268,597
<b>VIII-4</b>	259,178	259,235	259,266	259,274	259,403	259,591	259,836	260,140	260,310	260,407	260,463
<b>VIII-5</b>	266,240	266,304	266,334	266,344	266,474	266,66	266,923	267,216	267,395	267,497	267,55



**Tabel L.4 Hügrokoopsuse määramine. Pakendita katsekehade kaalumise tulemused adsorptsioonil vahemikus RH 50...80% (g)**

	Aeg tundides										
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
<b>0-1</b>	370,929	370,976	370,904	370,934	371,096	371,238	371,515	371,799	371,737	371,856	371,878
<b>I-1</b>	383,781	383,876	383,731	383,803	384,085	384,295	384,561	384,764	384,711	384,641	384,674
<b>I-2</b>	380,958	381,010	380,917	380,976	381,134	381,260	381,531	381,802	381,669	381,855	381,899
<b>I-3</b>	371,983	372,070	371,939	372,012	372,288	372,483	372,768	372,925	372,867	372,771	372,819
<b>I-4</b>	372,204	372,295	372,147	372,232	372,512	372,661	372,967	373,127	373,049	372,961	373,022
<b>I-5</b>	369,152	369,243	369,118	369,189	369,470	369,666	369,956	370,131	370,080	369,994	370,045
<b>0-2</b>	386,311	386,352	386,327	386,320	386,475	386,692	386,914	387,277	387,470	387,517	387,508
<b>II-1</b>	384,010	384,055	384,024	384,021	384,173	384,371	384,635	384,966	385,153	385,174	385,198
<b>II-2</b>	388,397	388,434	388,410	388,402	388,561	388,781	389,012	389,368	389,542	389,575	389,58
<b>II-3</b>	400,528	400,563	400,528	400,528	400,681	400,884	401,144	401,499	401,668	401,704	401,726
<b>II-4</b>	355,909	355,944	355,917	355,918	356,069	356,274	356,530	356,861	357,013	357,014	357,021
<b>II-5</b>	393,621	393,656	393,631	393,620	393,777	393,984	394,242	394,588	394,780	394,813	394,831
<b>0-3</b>	348,054	348,097	348,105	348,050	348,274	348,633	349,063	349,589	349,800	349,948	349,985
<b>III-1</b>	341,526	341,548	341,550	341,480	341,706	342,039	342,466	342,945	343,164	343,310	343,377
<b>III-2</b>	356,703	356,745	356,738	356,697	356,907	357,266	357,632	358,149	358,396	358,556	358,592
<b>III-3</b>	360,314	360,357	360,356	360,315	360,520	360,877	361,301	361,791	362,033	362,229	362,329
<b>III-4</b>	356,705	356,739	356,747	356,699	356,910	357,255	357,756	358,266	358,520	358,673	358,75
<b>III-5</b>	339,138	339,182	339,173	339,134	339,344	339,705	340,107	340,551	340,801	340,935	341,004
<b>0-4</b>	366,978	367,006	366,996	366,984	367,119	367,356	367,707	368,052	368,251	368,336	368,47
<b>IV-1</b>	363,312	363,345	363,331	363,306	363,452	363,718	364,078	364,423	364,603	364,701	364,799
<b>IV-2</b>	374,883	374,929	374,922	374,893	375,042	375,299	375,644	376,009	376,212	376,326	376,424
<b>IV-3</b>	354,244	354,282	354,263	354,252	354,389	354,656	354,955	355,314	355,496	355,571	355,681
<b>IV-4</b>	359,871	359,913	359,895	359,884	360,021	360,305	360,648	360,980	361,146	361,226	361,33
<b>IV-5</b>	365,192	365,242	365,227	365,213	365,351	365,627	365,944	366,293	366,481	366,579	366,671
<b>0-5</b>	375,515	375,561	375,520	375,447	375,607	375,794	376,098	376,455	376,605	376,617	376,643
<b>V-1</b>	383,119	383,162	383,110	383,130	383,285	383,47	383,761	384,099	384,245	384,285	384,331
<b>V-2</b>	365,439	365,474	365,432	365,439	365,590	365,79	366,061	366,408	366,544	366,562	366,591
<b>V-3</b>	382,195	382,227	382,170	382,172	382,328	382,513	382,808	383,177	383,340	383,365	383,396
<b>V-4</b>	383,715	383,749	383,711	383,716	383,874	384,081	384,318	384,678	384,856	384,887	384,918
<b>V-5</b>	357,866	357,897	357,853	357,861	358,020	358,22	358,492	358,799	358,934	358,958	358,988
<b>0-6</b>	329,600	329,643	329,705	329,584	329,856	330,194	330,599	331,139	331,460	331,682	331,706
<b>VI-1</b>	326,989	327,041	327,095	327,000	327,269	327,645	328,142	328,690	328,939	329,096	329,126
<b>VI-2</b>	334,184	334,220	334,276	334,180	334,432	334,768	335,200	335,734	336,072	336,286	336,259
<b>VI-3</b>	302,952	302,990	303,035	302,949	303,192	303,526	304,006	304,513	304,787	304,949	304,997
<b>VI-4</b>	317,617	317,660	317,708	317,616	317,863	318,197	318,627	319,143	319,450	319,650	319,686
<b>VI-5</b>	320,231	320,263	320,307	320,227	320,461	320,811	321,178	321,697	321,997	322,189	322,255
<b>0-7</b>	335,644	335,665	335,637	335,650	335,731	335,779	335,818	335,856	335,873	335,839	335,856
<b>VII-1</b>	361,084	361,109	361,067	361,075	361,158	361,208	361,265	361,306	361,307	361,281	361,281
<b>VII-2</b>	359,738	359,762	359,376	359,735	359,816	359,864	359,885	359,923	359,888	359,865	359,863
<b>VII-3</b>	341,524	341,546	341,511	341,530	341,609	341,65	341,701	341,742	341,741	341,724	341,73
<b>VII-4</b>	356,162	356,187	356,156	356,166	356,245	356,3	356,354	356,390	356,398	356,375	356,369
<b>VII-5</b>	365,904	365,928	365,894	365,904	365,989	366,045	366,095	366,131	366,148	366,127	366,137
<b>0-8</b>	251,958	252,000	252,027	251,958	252,196	252,566	253,044	253,658	253,981	254,213	254,277
<b>VIII-1</b>	259,060	259,103	259,128	259,066	259,299	259,662	260,213	260,838	261,173	261,390	261,48
<b>VIII-2</b>	262,046	262,092	262,121	262,056	262,301	262,688	263,207	263,781	264,116	264,314	264,424
<b>VIII-3</b>	268,597	268,637	268,680	268,591	268,839	269,182	269,644	270,235	270,615	270,831	270,96
<b>VIII-4</b>	260,463	260,505	260,526	260,463	260,694	261,071	261,527	262,097	262,436	262,659	262,782
<b>VIII-5</b>	267,550	267,589	267,619	267,557	267,794	268,165	268,640	269,204	269,578	269,791	269,903

**Tabel L.5 Hügroskoopsuse määramine. Pakendita katsekehade kaalumise tulemused desorptsioonil vahemikus RH 80...50% (g)**

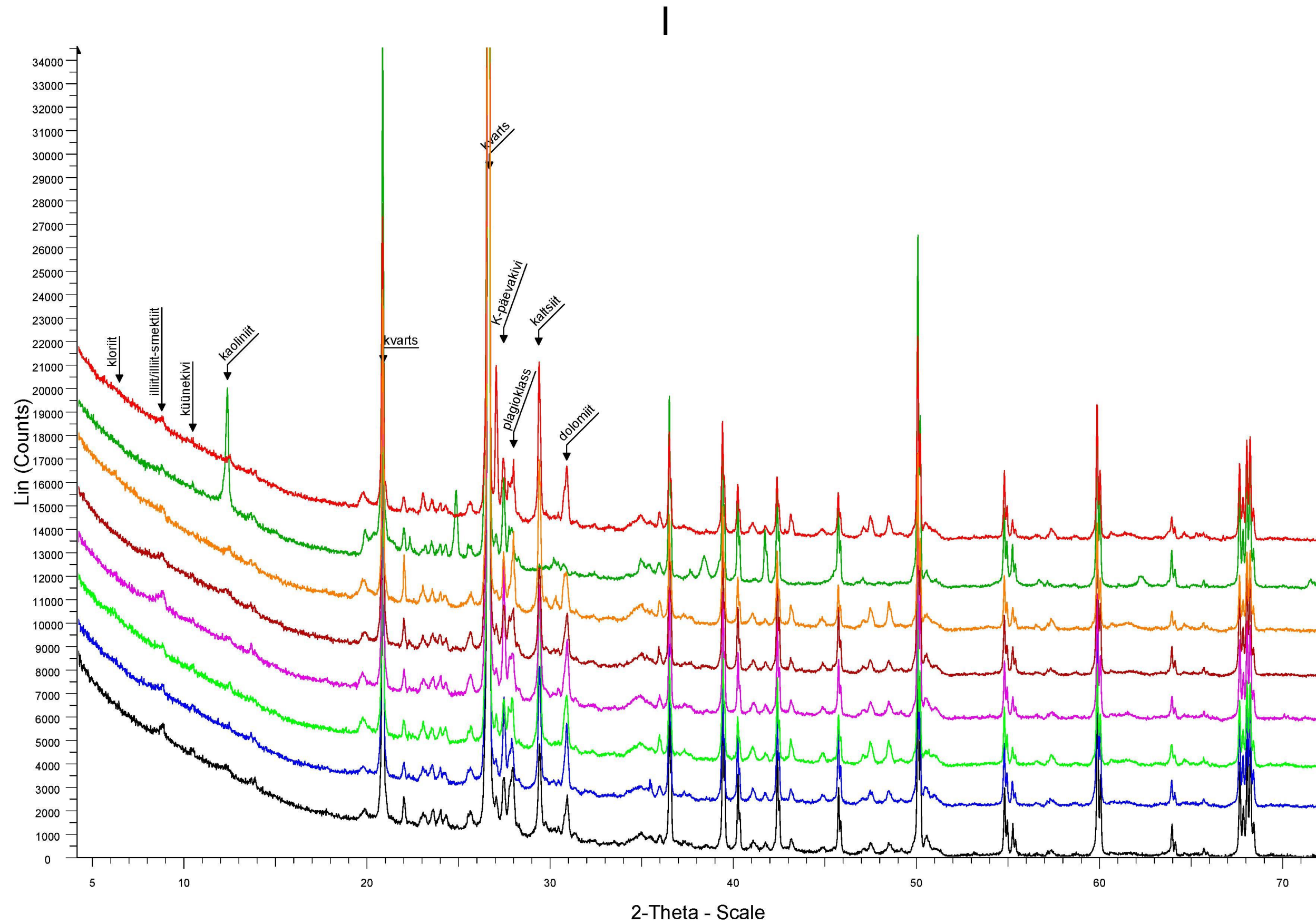
	Aeg tundides										
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
<b>0-1</b>	371,878	371,759	371,644	371,616	371,484	371,339	371,143	371,021	370,981	370,995	370,977
<b>I-1</b>	384,674	384,453	384,192	384,140	383,902	383,807	383,720	383,715	383,700	383,729	383,678
<b>I-2</b>	381,899	381,783	381,656	381,636	381,500	381,374	381,160	381,048	381,010	381,032	380,997
<b>I-3</b>	372,819	372,589	372,348	372,304	372,083	371,981	371,909	371,903	371,894	371,928	371,871
<b>I-4</b>	373,022	372,799	372,549	372,510	372,294	372,206	372,121	372,127	372,103	372,135	372,089
<b>I-5</b>	370,045	369,834	369,586	369,543	369,322	369,229	369,151	369,154	369,134	369,179	369,132
<b>0-2</b>	387,508	387,384	387,295	387,231	387,145	386,956	386,765	386,586	386,494	386,476	386,466
<b>II-1</b>	385,198	385,083	384,992	384,947	384,833	384,663	384,456	384,276	384,177	384,170	384,161
<b>II-2</b>	389,580	389,455	389,357	389,293	389,192	389,01	388,803	388,640	388,554	388,549	388,541
<b>II-3</b>	401,726	401,620	401,520	401,463	401,372	401,186	400,991	400,804	400,683	400,690	400,68
<b>II-4</b>	357,021	356,908	356,816	356,751	356,650	356,472	356,269	356,120	356,044	356,050	356,036
<b>II-5</b>	394,831	394,714	394,622	394,565	394,470	394,29	394,089	393,879	393,799	393,790	393,779
<b>0-3</b>	349,985	349,769	349,650	349,529	349,346	349,139	348,853	348,521	348,435	348,370	348,358
<b>III-1</b>	343,377	343,117	343,038	342,920	342,754	342,524	342,258	341,934	341,843	341,775	341,781
<b>III-2</b>	358,592	358,386	358,273	358,156	357,999	357,783	357,508	357,188	357,091	357,024	357,011
<b>III-3</b>	362,329	362,089	361,988	361,883	361,728	361,506	361,231	360,894	360,772	360,699	360,678
<b>III-4</b>	358,750	358,478	358,394	358,278	358,110	357,881	357,596	357,249	357,138	357,078	357,064
<b>III-5</b>	341,004	340,781	340,674	340,569	340,408	340,191	339,909	339,607	339,522	339,465	339,454
<b>0-4</b>	368,47	368,269	368,199	368,107	368,019	367,862	367,661	367,418	367,338	367,290	367,265
<b>IV-1</b>	364,799	364,594	364,519	364,463	364,328	364,163	363,944	363,717	363,634	363,580	363,561
<b>IV-2</b>	376,424	376,209	376,141	376,060	375,947	375,79	375,582	375,337	375,255	375,194	375,173
<b>IV-3</b>	355,681	355,471	355,384	355,316	355,199	355,031	354,830	354,615	354,553	354,495	354,483
<b>IV-4</b>	361,330	361,107	361,021	360,950	360,825	360,656	360,443	360,226	360,171	360,121	360,106
<b>IV-5</b>	366,671	366,475	366,388	366,326	366,192	366,043	365,829	365,602	365,534	365,488	365,472
<b>0-5</b>	376,643	376,521	376,416	376,365	376,235	376,057	375,844	375,654	375,577	375,563	375,554
<b>V-1</b>	384,331	384,209	384,096	384,046	383,930	383,76	383,534	383,340	383,252	383,245	383,236
<b>V-2</b>	366,591	366,463	366,351	366,291	366,164	365,985	365,763	365,585	365,508	365,496	365,485
<b>V-3</b>	383,396	383,262	383,170	383,118	383,005	382,829	382,599	382,408	382,316	382,311	382,284
<b>V-4</b>	384,918	384,797	384,687	384,631	384,524	384,35	384,135	383,945	383,856	383,845	383,831
<b>V-5</b>	358,988	358,861	358,743	358,633	358,574	358,388	358,184	358,010	357,950	357,949	357,934
<b>0-6</b>	331,706	331,498	331,374	331,165	330,986	330,751	330,457	330,065	329,936	329,859	329,873
<b>VI-1</b>	329,126	328,898	328,800	328,631	328,440	328,189	327,912	327,537	327,434	327,375	327,394
<b>VI-2</b>	336,259	336,070	335,987	335,829	335,665	335,444	335,186	334,807	334,678	334,599	334,61
<b>VI-3</b>	304,997	304,732	304,670	304,522	304,354	304,114	303,849	303,496	303,395	303,325	303,345
<b>VI-4</b>	319,686	319,458	319,392	319,229	319,058	318,832	318,569	318,196	318,080	317,995	318
<b>VI-5</b>	322,255	322,036	321,949	321,801	321,640	321,414	321,150	320,787	320,673	320,602	320,612
<b>0-7</b>	335,856	335,789	335,728	335,721	335,700	335,691	335,686	335,690	335,675	335,695	335,682
<b>VII-1</b>	361,281	361,210	361,162	361,145	361,112	361,092	361,092	361,091	361,071	361,084	361,083
<b>VII-2</b>	359,863	359,786	359,722	359,708	359,675	359,667	359,655	359,665	359,642	359,658	359,647
<b>VII-3</b>	341,730	341,665	341,591	341,588	341,566	341,553	341,547	341,550	341,537	341,550	341,542
<b>VII-4</b>	356,369	356,298	356,245	356,226	356,203	356,191	356,187	356,188	356,178	356,182	356,182
<b>VII-5</b>	366,137	366,059	365,998	365,984	365,935	365,933	365,923	365,929	365,915	365,931	365,918
<b>0-8</b>	254,277	254,026	253,943	253,805	253,633	253,396	253,127	252,775	252,686	252,601	252,595
<b>VIII-1</b>	261,480	261,214	261,143	261,005	260,840	260,609	260,335	259,967	259,841	259,756	259,748
<b>VIII-2</b>	264,424	264,189	264,094	263,947	263,777	263,551	263,265	262,919	262,807	262,728	262,715
<b>VIII-3</b>	270,960	270,739	270,656	270,518	270,365	270,152	269,912	269,548	269,407	269,322	269,314
<b>VIII-4</b>	262,782	262,555	262,464	262,335	262,171	261,953	261,685	261,339	261,216	261,134	261,119
<b>VIII-5</b>	269,903	269,688	269,588	269,454	269,285	269,048	268,778	268,431	268,312	268,227	268,213

**Tabel L.6 Hügroskoopsuse määramine. Pakendita katsekehade kaalumise tulemused desorptsioonil vahemikus RH 50...30% (g)**

	Aeg tundides										
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
<b>0-1</b>	370,977	370,934	370,906	370,871	370,819	370,755	370,654	370,585	370,572	370,560	370,56
<b>I-1</b>	383,678	383,588	383,530	383,464	383,372	383,302	383,253	383,238	383,241	383,224	383,203
<b>I-2</b>	380,997	380,961	380,932	380,896	380,840	380,776	380,673	380,603	380,590	380,584	380,577
<b>I-3</b>	371,871	371,794	371,728	371,668	371,591	371,538	371,482	371,478	371,467	371,466	371,456
<b>I-4</b>	372,089	372,019	371,958	371,903	371,814	371,746	371,701	371,685	371,695	371,674	371,664
<b>I-5</b>	369,132	369,049	368,992	368,940	368,826	368,8	368,747	368,741	368,739	368,730	368,717
<b>0-2</b>	386,466	386,415	386,370	386,347	386,282	386,2	386,085	385,943	385,893	385,874	385,866
<b>II-1</b>	384,161	384,109	384,075	384,045	383,992	383,913	383,787	383,673	383,620	383,605	383,597
<b>II-2</b>	388,541	388,489	388,455	388,420	388,387	388,274	388,147	388,032	387,991	387,984	387,975
<b>II-3</b>	400,680	400,623	400,594	400,564	400,498	400,429	400,299	400,177	400,128	400,099	400,092
<b>II-4</b>	356,036	355,982	355,948	355,919	355,856	355,787	355,668	355,567	355,528	355,511	355,503
<b>II-5</b>	393,779	393,732	393,694	393,649	393,596	393,524	393,395	393,270	393,226	393,199	393,185
<b>0-3</b>	348,358	348,261	348,209	348,179	348,053	347,923	347,696	347,462	347,335	347,261	347,224
<b>III-1</b>	341,781	341,671	341,618	341,584	341,468	341,34	341,116	340,876	340,751	340,676	340,645
<b>III-2</b>	357,011	356,919	356,860	356,822	356,702	356,586	356,348	356,115	355,966	355,893	355,85
<b>III-3</b>	360,678	360,603	360,546	360,511	360,395	360,276	360,039	359,796	359,650	359,571	359,52
<b>III-4</b>	357,064	356,976	356,925	356,891	356,772	356,643	356,414	356,165	356,017	355,943	355,897
<b>III-5</b>	339,454	339,366	339,315	339,285	339,163	339,046	338,808	338,579	338,459	338,407	338,356
<b>0-4</b>	367,265	367,214	367,179	367,153	367,095	367,007	366,876	366,734	366,676	366,655	366,63
<b>IV-1</b>	363,561	363,512	363,479	363,450	363,383	363,297	363,159	363,023	362,977	362,950	362,944
<b>IV-2</b>	375,173	375,117	375,087	375,060	374,983	374,901	374,755	374,613	374,541	374,525	374,519
<b>IV-3</b>	354,483	354,427	354,390	354,374	354,296	354,208	354,077	353,959	353,901	353,888	353,882
<b>IV-4</b>	360,106	360,057	360,019	360,003	359,916	359,841	359,700	359,588	359,548	359,533	359,521
<b>IV-5</b>	365,472	365,420	365,387	365,369	365,291	365,208	365,068	364,940	364,886	364,871	364,862
<b>0-5</b>	375,554	375,513	375,423	375,439	375,381	375,299	375,184	375,080	375,049	375,033	375,031
<b>V-1</b>	383,236	383,155	383,150	383,130	383,050	382,983	382,859	382,751	382,720	382,708	382,697
<b>V-2</b>	365,485	365,437	365,406	365,372	365,309	365,233	365,118	365,025	364,998	364,982	364,974
<b>V-3</b>	382,284	382,242	382,206	382,178	382,122	382,043	381,917	381,816	381,778	381,763	381,760
<b>V-4</b>	383,831	383,780	383,737	383,711	383,652	383,576	383,456	383,352	383,318	383,301	383,299
<b>V-5</b>	357,934	357,876	357,846	357,803	357,745	357,683	357,554	357,468	357,445	357,436	357,427
<b>0-6</b>	329,873	329,751	329,697	329,658	329,529	329,394	329,149	328,882	328,725	328,633	328,59
<b>VI-1</b>	327,394	327,266	327,206	327,156	327,016	326,879	326,633	326,386	326,255	326,171	326,153
<b>VI-2</b>	334,610	334,497	334,450	334,412	334,283	334,16	333,924	333,655	333,489	333,400	333,346
<b>VI-3</b>	303,345	303,232	303,187	303,141	303,027	302,901	302,662	302,411	302,277	302,203	302,179
<b>VI-4</b>	318,000	317,898	317,853	317,805	317,692	317,551	317,318	317,057	316,907	316,814	316,779
<b>VI-5</b>	320,612	320,506	320,455	320,414	320,296	320,168	319,941	319,675	319,540	319,460	319,417
<b>0-7</b>	335,682	335,660	335,643	335,629	335,624	335,62	335,609	335,605	335,603	335,593	335,599
<b>VII-1</b>	361,083	361,057	361,038	361,023	361,019	361,007	360,996	360,997	360,994	360,989	360,98
<b>VII-2</b>	359,647	359,605	359,574	359,555	359,550	359,539	359,495	359,471	359,464	359,454	359,458
<b>VII-3</b>	341,542	341,518	341,502	341,483	341,480	341,477	341,457	341,432	341,434	341,430	341,427
<b>VII-4</b>	356,182	356,155	356,136	356,119	356,116	356,107	356,101	356,097	356,093	356,079	356,075
<b>VII-5</b>	365,918	365,889	365,877	365,868	365,855	365,846	365,836	365,831	365,845	365,841	365,843
<b>0-8</b>	252,595	252,503	252,453	252,404	252,283	252,135	251,880	251,613	251,469	251,387	251,369
<b>VIII-1</b>	259,748	259,637	259,603	259,559	259,437	259,298	259,057	258,771	258,612	258,513	258,467
<b>VIII-2</b>	262,715	262,619	262,557	262,513	262,387	262,255	261,998	261,725	261,569	261,481	261,414
<b>VIII-3</b>	269,314	269,210	269,160	269,134	269,010	268,878	268,638	268,357	268,181	268,075	268,02
<b>VIII-4</b>	261,119	261,021	260,972	260,924	260,816	260,678	260,431	260,147	259,998	259,909	259,859
<b>VIII-5</b>	268,213	268,114	268,061	268,030	267,909	267,77	267,510	267,238	267,079	266,978	266,926

**Tabel L.7 Hügroskoopsuse määramine. Pakendiga katsekehade kaalumise tulemused veeauru läbilaskvuse mõõtmisel, RH 50% (g)**

	Aeg tundides									
	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96
<b>0-1</b>	1070,341	1069,771	1069,225	1068,700	1068,069	1067,493	1066,294	1065,314	1064,578	1063,952
<b>I-1</b>	1077,789	1077,221	1076,643	1076,101	1075,471	1074,870	1074,284	1073,657	1073,087	1072,522
<b>I-2</b>	1073,396	1072,882	1072,349	1071,838	1071,244	1070,681	1070,117	1069,525	1068,977	1068,425
<b>I-3</b>	1068,830	1068,316	1067,768	1067,257	1066,663	1066,079	1065,503	1064,920	1064,341	1063,800
<b>I-4</b>	1066,809	1066,315	1065,772	1065,216	1064,581	1063,989	1063,427	1062,832	1062,271	1061,714
<b>I-5</b>	1084,062	1083,576	1083,007	1082,424	1081,729	1081,130	1080,495	1079,852	1079,237	1078,627
<b>0-2</b>	1083,618	1083,128	1082,568	1082,044	1081,398	1080,819	1080,225	1079,604	1078,983	1078,384
<b>II-1</b>	1083,828	1083,368	1082,739	1082,141	1081,417	1080,752	1080,099	1079,402	1078,739	1078,074
<b>II-2</b>	1103,447	1102,958	1102,423	1101,908	1101,295	1100,724	1100,141	1099,535	1098,919	1098,315
<b>II-3</b>	1089,314	1088,836	1088,290	1087,770	1087,156	1086,595	1086,036	1085,458	1084,899	1084,337
<b>II-4</b>	1045,176	1044,583	1043,902	1043,158	1042,337	1041,540	1040,805	1039,584	1039,202	1038,456
<b>II-5</b>	1045,100	1044,453	1043,674	1042,925	1042,080	1041,214	1040,449	1039,952	1038,752	1037,912
<b>0-3</b>	1068,808	1068,236	1067,535	1066,800	1066,025	1065,232	1064,482	1063,608	1062,793	1061,985
<b>III-1</b>	1057,588	1057,102	1056,446	1055,769	1054,930	1054,159	1053,401	1052,572	1051,776	1050,996
<b>III-2</b>	1049,609	1049,056	1048,394	1047,682	1046,874	1046,118	1045,379	1044,542	1043,795	1043,040
<b>III-3</b>	1066,823	1066,339	1065,814	1065,257	1064,672	1064,029	1063,442	1062,777	1062,203	1061,612
<b>III-4</b>	1071,268	1070,908	1070,465	1069,992	1069,473	1068,901	1068,364	1067,815	1067,289	1066,761
<b>III-5</b>	1058,814	1058,381	1057,905	1057,342	1056,736	1056,099	1055,552	1054,937	1054,363	1053,793
<b>0-4</b>	1062,151	1061,773	1061,324	1060,854	1060,323	1059,737	1059,216	1058,661	1058,116	1057,603
<b>IV-1</b>	1068,922	1068,519	1068,053	1067,550	1066,981	1066,391	1065,850	1065,280	1064,705	1064,155
<b>IV-2</b>	1071,899	1071,507	1071,044	1070,547	1069,969	1069,376	1068,833	1068,290	1067,721	1067,198
<b>IV-3</b>	1086,050	1085,653	1085,188	1084,687	1084,116	1083,455	1082,858	1082,266	1081,677	1081,124
<b>IV-4</b>	1058,419	1057,991	1057,522	1057,013	1056,435	1055,858	1055,314	1054,739	1054,175	1053,635
<b>IV-5</b>	1081,198	1080,777	1080,303	1079,782	1079,231	1078,638	1078,114	1077,558	1076,982	1076,462
<b>0-5</b>	1077,092	1076,648	1076,129	1075,601	1075,017	1074,391	1073,821	1073,227	1072,636	1072,071
<b>V-1</b>	1040,900	1040,647	1040,131	1039,484	1038,799	1038,065	1037,355	1036,673	1035,955	1035,274
<b>V-2</b>	1031,607	1031,325	1030,817	1030,197	1029,495	1028,772	1028,094	1027,418	1026,698	1026,045
<b>V-3</b>	1041,696	1041,379	1040,839	1040,198	1039,458	1038,706	1038,016	1037,297	1036,536	1035,853
<b>V-4</b>	1014,444	1013,977	1013,343	1012,616	1011,861	1011,039	1010,281	1009,533	1008,754	1008,022
<b>V-5</b>	1027,438	1027,107	1026,543	1025,856	1025,147	1024,378	1023,649	1022,937	1022,188	1021,471
<b>0-6</b>	1033,788	1033,189	1032,690	1032,133	1031,560	1030,990	1030,361	1029,821	1029,225	1028,670
<b>VI-1</b>	1051,720	1051,177	1050,718	1050,222	1049,702	1049,168	1048,629	1048,113	1047,584	1047,086
<b>VI-2</b>	1034,249	1033,646	1033,132	1032,569	1031,971	1031,378	1030,751	1030,204	1029,616	1029,043
<b>VI-3</b>	1051,402	1050,837	1050,344	1049,795	1049,252	1048,696	1048,109	1047,574	1047,015	1046,478
<b>VI-4</b>	1059,346	1058,745	1058,194	1057,610	1057,010	1056,396	1055,755	1055,172	1054,547	1053,950
<b>VI-5</b>	945,654	945,250	944,653	943,898	943,118	942,343	941,521	940,785	939,971	939,173
<b>0-7</b>	961,989	961,633	961,145	960,440	959,710	958,970	958,184	957,466	956,703	955,975
<b>VII-1</b>	967,009	966,627	966,098	965,357	964,627	963,874	963,075	962,344	961,559	960,806
<b>VII-2</b>	957,475	957,115	956,597	955,874	955,129	954,395	953,604	952,887	952,127	951,376
<b>VII-3</b>	957,529	957,117	956,544	955,762	954,943	954,139	953,295	952,530	951,678	950,833
<b>VII-4</b>	1070,341	1069,771	1069,225	1068,700	1068,069	1067,493	1066,294	1065,314	1064,578	1063,952
<b>VII-5</b>	1077,789	1077,221	1076,643	1076,101	1075,471	1074,870	1074,284	1073,657	1073,087	1072,522
<b>0-8</b>	1073,396	1072,882	1072,349	1071,838	1071,244	1070,681	1070,117	1069,525	1068,977	1068,425
<b>VIII-1</b>	1068,830	1068,316	1067,768	1067,257	1066,663	1066,079	1065,503	1064,920	1064,341	1063,800
<b>VIII-2</b>	1066,809	1066,315	1065,772	1065,216	1064,581	1063,989	1063,427	1062,832	1062,271	1061,714
<b>VIII-3</b>	1084,062	1083,576	1083,007	1082,424	1081,729	1081,130	1080,495	1079,852	1079,237	1078,627
<b>VIII-4</b>	1083,618	1083,128	1082,568	1082,044	1081,398	1080,819	1080,225	1079,604	1078,983	1078,384
<b>VIII-5</b>	1083,828	1083,368	1082,739	1082,141	1081,417	1080,752	1080,099	1079,402	1078,739	1078,074



Joonis L.3 Savikrohvide difraktogramm. Gruppide I-VII difraktogramm id järjestuvad alt üles.