

# SISEKLIIMA ja HALLITUSSEENED

Jørgen Bech-Andersen

Tartu 2005



Tõlgitud väljaandest  
Jørgen Bech-Andersen  
Indoor Climate and Moulds  
2nd Edition 2004  
Hussvamp Laboratoriet Publishers  
Vejdammen 28  
DK-2840 Gl. Holte  
Denmark

Tõlkinud Helle Järv  
Keeleliselt toimetanud Katrin Uind  
Kujundus Salibar OÜ

## SISEKLIIMA JA HALLITUSSEENED

Viimastel aastatel on ilmunud palju kirjandust ruumide sisekliima ja hallitusseente kohta, samuti koristusmeetodite, puitlaastplaadi, formaldehüüdide ja värvide kasutamisest ja mõjust ruumis valitsevale kliimale ning selle kõige seostest inimese tervisega.

### MILLEST SEE KÕIK TEGELIKULT RÄÄGIB?

Ruumide sisekliimaga seotud probleemid võib jaotada kaheks: nn haige maja ja niiske maja probleemid.

#### "Haige maja"

"Haige maja" korral esinevad üheskoos erinevad kahjulikku mõju omavad tegurid nagu puitlaastplaat, toksiline värv, puhastusvahendid, vaipkatetesse kogunenud tolm, antistaatilised vahendid ja halb koristamistehnika. Ühiskondlikes hoonetes võib probleemiks olla ka talumatu hais. Õhus on pidevalt tunda higi, halva hingeõhu, kõhutuule, higistavate jalgade vms lehka. Kontoriõhus esineb näiteks segu erinevatest parfüümidest, juuksehooldusvahenditest, deodorantidest ja sigaretsuitsust. Igat komponenti eraldi esineb hügieeninormide piires, kuid üksteisega segunenult tekib õhku väljakannatamatu aroomibukett. Ruumiõhu ja sisekliima kvaliteeti mõjutavad ka õhu süsinikdioksiidi sisaldus, liiga madal või liiga kõrge temperatuur ja õhu liikumine ruumis.

#### Niiske maja

Majades, kus on probleeme niiskusega, tekivad peagi seenetega seotud probleemid. Kasvama hakkavad mitmesugused puitu lagundavad seened ning kui puitkonstruktsioonide niiskusesisaldus on suurem kui 20%, hakkab nende vastupidavus peagi vähenema. Suurimaks probleemiks sisekliima seisukohast on sellises majas siiski seened. On hästi teada, et seeni leidub meie toidus. Vananeval leival või kissellil on kõik näinud hallituslaike. Hallitused katavad oma substraadi mõne päevaga, seejuures valmib tuhandeid eoseid, mis vabanevad ümbritsevasse õhku. Ruumis võivad hallitused kasvama hakata ka niiskel tapeedil või puidul. Hallitused tekitavad kopitanud lõhna, muudavad

materjalide värvi ja põhjustavad terviseprobleeme ruumi püsikasutajatele. Edaspidi keskendumeegi niiskele majale ja ruumide sisekliimale.

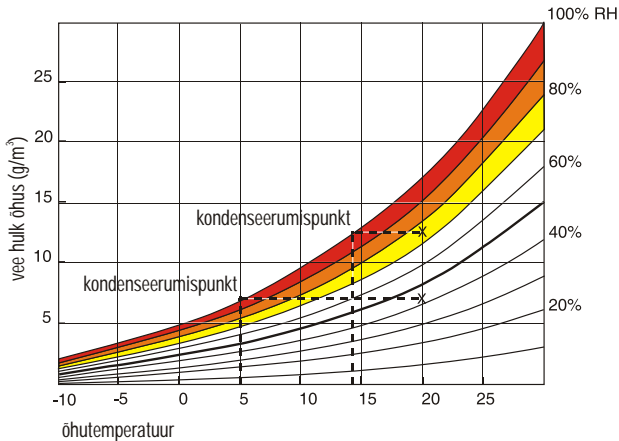
#### Kust tuleb niiskus?

Iga ruumi püsikasutaja toodab ööpäevas umbes 2 l vett (auruna). Seega tekitab viieliikmeline perekond ööpäevas ämbritäie vett, mis koguneb ruumi, kui seda ventilatsiooniga ei eemaldata. Mõned niiskuse tekkepõhjused saab hõlpsasti eemaldada, nagu lekkivad katused ja vihmaveetorud, köökidest ja vannitubadest tulvav veeaur. Peamiselt on probleem selles, et hallitusseened suudavad kasvada ka suhteliselt madala õhuniiskuse tingimustes ning kasutada ehitusmaterjalidesse absorbeerunud vett. Seened suudavad alustada kasvu, kui suhteline õhuniiskus on 70%, ning kasv üha intensiivistub, kui õhu niiskusesisaldus suureneb kuni 100% (joonised 2 ja 3). See tähendab, et niiske õhu kondenseerumisel külmale seinale tekkivast veest piisab, et hallitusseened saaksid hakata kasvama. Kondenseerumisest tulenevad probleemid on tavalised magamistubades ja muudes ruumides, mida ei kõeta, kuid kuhu soe õhk liigub vabalt teistest ruumidest. Tänapäevaste, tihedalt suletavate pakettakende kasutamisel suureneb kondensatsioonirisk veelgi. Sellised pakettaknad vähendavad õhu vahetumise



Joonis 1. Ruumide tihendamine võib kergesti tuua kaasa õhuniiskuse suurenemise ruumis ja vee kondenseerumisest tulenevad probleemid. Kui ruumis puudub ventilatsioon, ilmuvad seintele ja põrandale peagi tumedad hallituslaigud.

Õhu veeauru sisalduse sõltuvus temperatuurist ja suhtelisest õhuniiskusest



Joonis 2. Suhtelise õhuniiskuse tõus 40 protsendilt 80 protsendile temperatuuril 20 °C alandab kondenseerumispunkti seniselt 15 kraadilt 5 kraadini (Celsiuse jägi). Sellest võib järeldada, et majas, kus soojustamine põhjustab õhuniiskuse suurenemist, tekivad kergesti kondensatsiooniprobleemid.

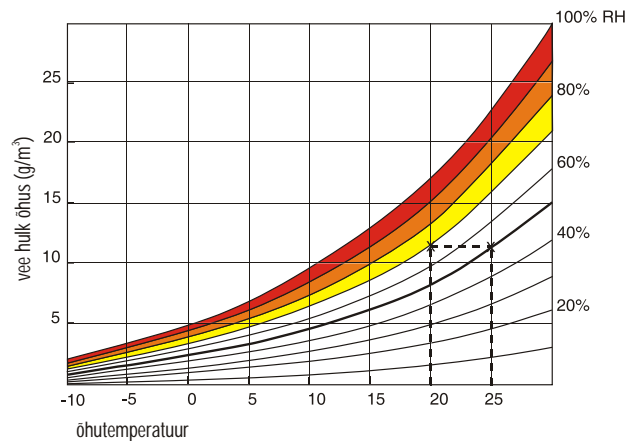
kiirust ruumis 1,5 korralt tunnis 0,5 korralt tunnis. Seega on oluline tagada õhu liikumine kõigisse ruumidesse ventilatsiooniavade rajamise või sundventilatsiooniga. Kõrvuti ebameeldiva lõhna ja pinnaviimistluse hävimisega võivad hallitused põhjustada allergiat ja nn haige maja sündroomi (ingl. k. *sick buiding syndrome*). Inimesed, kelle immuunsüsteem puutub pidevalt kas kodus või tööl kokku hallitustega, võivad muutuda ülitundlikuks. Väiksemgi kokkupuude hallitusseentega võib neil esile kutsuda tugeva vastureaktsiooni. Tihti ei ole neil teist väljapääsu, kui lahkuda oma töö- või elukohast ning leida uus, hallitusseentest ja teistest allergeenidest vaba elu- ja töökeskkond. Tugeva ülitundlikkuse korral peaksid inimesed vältima liikumist väljas ajal, mil õhus on suures koguses seeneeoseid, näiteks hilissuvel.

## ÕHU ANALÜÜSIMINE<sup>1</sup>

Kui inimestel on oma elu- või tööruumide sisekliima osas kaebusi, tuleks alustada lihtsa küsimustikuga ning seejärel ehitise üle vaadata. Nende andmete põhjal on võimalik otsustada, kas tegemist on nn haige maja või niiske maja sündroomiga. Kui põhjus ehitiste sisekeskkonnas leiduvate mikroorganismide uurimiseks on olemas, võib teostada analüüsi kasutades järgnevalt kirjeldatud meetodeid.

<sup>1</sup> Peatükki "Õhu analüüsimine" on täiendatud kooskõlas artikliga Morris, G., Kokki, M., Richardson, M. 2000. Methods for sampling Aspergillus spores in air. www.aspergillus.man.ac.uk.

Õhu veeauru sisalduse sõltuvus temperatuurist ja suhtelisest õhuniiskusest



Joonis 3. Ruumis, mille suhteline õhuniiskus on 50 protsenti, toob temperatuuri alanemine 25 kraadilt 20 kraadini (Celsiuse jägi) kaasa õhuniiskuse kasvu 70 protsendini ja kondenseerumisest tulenevad probleemid.

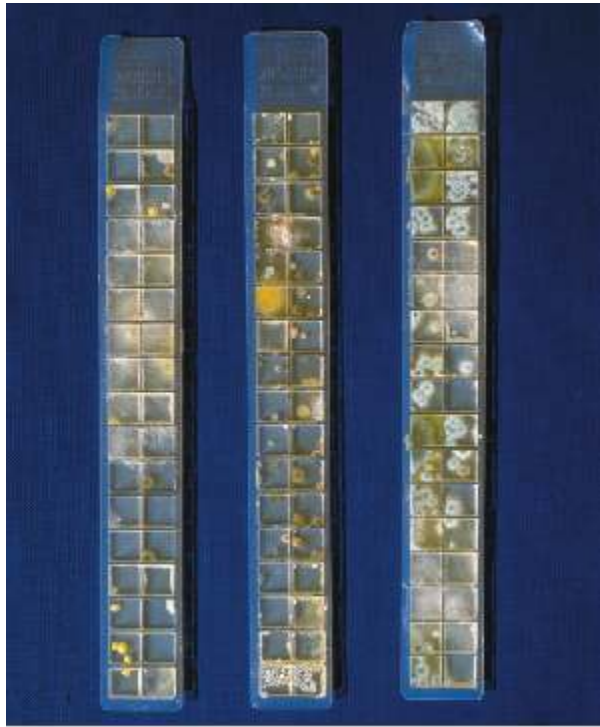
## Analüüsimetodid

### Õhu analüüsimine analüsaatorit kasutades

Hallitusseente hulka õhus on võimalik mõõta analüsaatoriga, kus läbiuuritud õhu kogus on teada. On oluline, et analüüsi teostatakse ruumi normaalse kasutusaktiivsuse juures. Õhu analüsaatoreid on erinevat tüüpi, mistõttu saadud tulemused võivad sõltuvalt analüsaatori tööpõhimõttest mõningal määral erineda. Levinumates analüsaatorites liigub õhk pumba jõul vastu tahke söötme täidetud plaate. Sellistest on tuntumad Anderseni analüsaator (ingl. k. *Andersen cascade sampler*), Casella analüsaator (ingl. k. *Casella slit sampler*, tootja Casella Ltd. Bedford, Suurbritannia),



Joonis 4. Reuteri õhu analüsaator ja söötme täidetud plaadid, mis paigutatakse analüsaatori sisse. Analüsaatoris tekkiv tsentrifugaaljõud surub seeneeosed söötmele.



Joonis 5. Reuteri analüsaatorist eemaldatud ja viis päeva termostaadis kasvatatud söötmeplaadid, millel on näha erinevate seente ja bakterite kolooniad.

ainult pärmseente ja hallituste või kõikide mikroorganismide (st ka bakterite) kasvuks sobiv sööde. Enamasti kasutatakse universaalsemat söödet, mis annab olukorrast parema ülevaate. Pärast analüüsi teostamist paigutatakse söötmeplaadid termostaati temperatuuriga 28 °C neljaks kuni viieks päevaks. Selle aja jooksul hakkab enamik eluvõimelisi seeneeoseid või bakterirakke kasvama ja moodustab söötmele silmaga nähtava koloonia. Söötmeplaatidel loendatakse kolooniate üldarv ja nii on võimalik arvutada seente ja bakterite üldhulk õhus. Tulemused esitatakse kolooniat moodustavate ühikute (olgu need siis seeneeosed, pärmirakud või bakterirakud) üldarvuna kuupmeetri õhu kohta (ingl. k. *colony forming unit* CFU/m<sup>3</sup>). Lisaks võib eraldi arvutada hallitusseente kolooniat moodustava ühiku kuupmeetris.

Tulemuste omavaheliseks võrdlemiseks on oluline kasutada ühe uuringu piires sama uurimismetoodikat ja teha võrdlev analüüs välisõhust, kuna eoste hulk välisõhus varieerub aasta jooksul oluliselt ja mõjutab ka ruumide sisekeskkonnas leiduvat seeneeoste hulka.

Proovi nr.	Koht	Mikroorganismide arv	Kolooniate arv	Eoste hulk (CFU/m <sup>3</sup> )	Liigid
P.0.	Välisõhk	Koguhulk Hallitusseened	27 13	1350 650	<i>Cladosporium herbarum</i> , peamiselt steriilsed mütseelid
P.1.	Eluruum	Koguhulk Hallitusseened	100 40	5000 2000	<i>C. herbarum</i> , peamiselt <i>Penicillium chrysogenum</i> , bakterid
P.2.	Magamistuba	Koguhulk Hallitusseened	85 50	4250 2500	<i>P. chrysogenum</i> , peamiselt <i>C. herbarum</i> , bakterid

Tabel 1. Näide ruumiõhu analüüsi tulemustest Reuteri analüsaatoriga, milles kasutati universaalset söödet. Analüüsi aeg oli ½ minutit, mille jooksul uuriti 20 liitrit õhku.

pindade ja õhu analüsaator SAS (ingl. k. *Surface Air Systems*, tootja Cherwell Laboratories, Bicester, Suurbritannia). Mõned analüsaatorid tekitavad tsentrifugaaljõu, mis surub õhus leiduvad mikroorganismid söötmele, näiteks Reuteri analüsaator (ingl. k. *Reuter centrifugal sampler*, tootja Biotest Folex, Birmingham, Suurbritannia). On analüsaatoreid, kus õhus leiduvad mikroorganismid püütakse vedelikku. Sellised analüsaatorid on näiteks mikroanalüsaator (tootja SKC Ltd, Dorset, Suurbritannia) ja May analüsaator (ingl. k. *May liquid impinger*, tootja AW Dixon, Kent, Suurbritannia). On ka analüsaatoreid, milles mikroorganismide eraldamiseks kasutatakse elektrostaatilist sadestamist või filtratsiooni. Sööde võib olla erinev, sõltuvalt uuringu eesmärgist kas



Joonis 6. Paralleelsed välisõhu analüüsid on alati vajalikud, kuna eoste kontsentratsioon välisõhus kõigub aasta jooksul ning mõjutab ruumide siseõhus leiduvat liigilist koostist.



Joonis 7. Õhu analüüsid tuleb alati teostada ruumi normaalse kasutusaktiivsuse hetkel. Üks uurimisgrupi liige on õhu analüüside teostamise ajal imiteerimas mängutoas toimuvat tegevust.



Joonis 8. Sadestusmeetodil võetud õhuproovid. Kaks alumist proovi pärinevad ruumidest, mille asukatel on sisekliima osas kaebusi ja kus esineb arvukalt hallitusseeni. Ülemine söötmeplaat on võrdlusanalüüs välisõhust. Söötmel kasvab 25 kolooniat, mis võrdub 12 500 CFU ruutmeetri kohta tunnis, kui söötmeid eksponeeriti viis minutit.

### 1. Suruõhku kasutavad analüsaatorid

Kõige laiemalt on levinud analüsaatorid, kus õhk liigub analüsaatorisse pumba, ventilaatori või aspiraatori kaudu ja mikroorganismid sadenevad kleepuvale pinnale või söötmeplaadile. Analüsaatorisse tuleva õhu kogust on võimalik mõõta. Sellised analüsaatorid võivad olla ühe-

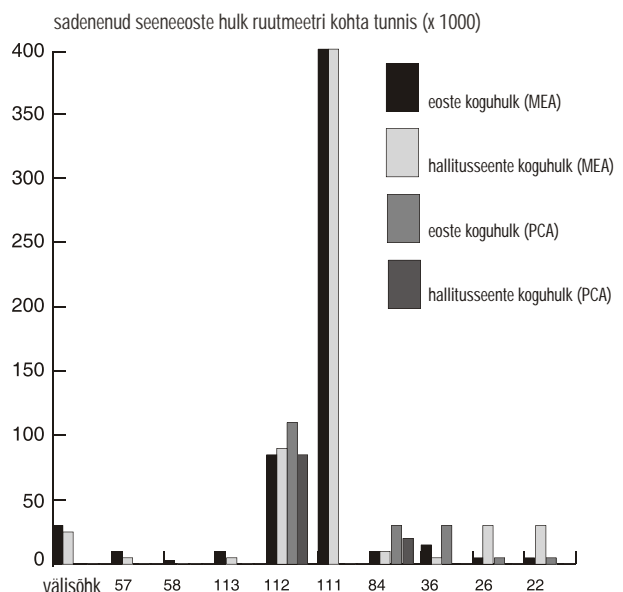
või mitmeastmelised.

Üheastmelises analüsaatoris juhitakse sissetulev õhuvoo otse söötmele. Õhuvoo kiirendamiseks on seda suunav ava ahendatud piluks (Casella analüsaatoril) või siis läbib õhuvoo perforatsiooniga plaadi (SAS-analüsaator). Mikroorganismide koguva pinna pöörlemine tagab nende jaotumise söötmeplaadil. Sadenemise efektiivsus sõltub eelkõige õhu liikumise kiirusest ja sadenevate partiklite suurusest.

Mitmeastmelises analüsaatoris (nagu näiteks Andersen analüsaator) liigub õhk läbi mitme, üksteisele järgneva perforatsiooniga plaadi. Nagu üheastmelises analüsaatoris, juhitakse sissetulev õhuvoo läbi esimese perforatsiooniga plaadi söötmele, kuid seejärel muudetakse õhuvoo suunda nii, et see läbib taas perforatsiooniga plaadi, mille avad on eelmisest väiksemad, ja liigub järgmisele söötmele. Selliselt kogutakse erineva suurusega partiklid (läbimõõduga 0,3-15 µm) erinevatele söötmeplaatidele.

Meetodite, kus uuritavast õhust sadenevad osakesed otse söötmele, eeliseks on, et söötmeplaate pole vaja enam töödelda. Eluvõimelised mikroorganismid hakkavad kasvama algselt analüsaatorisse paigutatud söötmel, mis asetatakse termostaati. Puuduseks on see, et väga tugevalt saastunud õhu korral tekib kolooniate ülekasv ja neid ei saa enam loendada. Seda on võimalik ennetada, reguleerides uuritava õhu hulka ja õhu liikumise kiirust analüsaatoris. Enamikus uurimustes, mis käsitlevad

### Seeneeoste hulka ruumiõhus uuriti sadestusmeetodikaga



Joonis 9. Hallitusseente ja bakterite uuringu tulemused erinevates ruumides. Kasutati linnaseagarit ja loendamisagarit (ingl k. *plate count agar*) ning sadestusmeetodit. Ruumides 111 ja 112 on probleeme sisekliimaga.



Joonis 10. Kui ehituskonstruktsioonide sees kasvab seeni, ei pruugi seente eoseid ruumide õhus leiduda, kuigi seente elutegevuse tagajärjel tekkivad kergesti lenduvad ühendid (VOC) mõjutavad ruumi kliimat.

seente kasvu mittetööstuslikes keskkondades, on kasutatud Anderseni analüsaatorit.

## 2. Tsentrifugaaljõul töötavad analüsaatorid

Nendes analüsaatorites kasutatakse õhust partiklite eraldamiseks tsentrifugaaljõudu. Õhk tuleb ventilaatorit läbides masinasse ning surutakse tsentrifugaaljõuga vastu masina siseseina paigutatud söötmeribasid, mida saab edasiseks mikroorganismide kasvatamiseks eemaldada (joonis 4). Ka sellist tüüpi analüsaatoritel on teatavaid eeliseid ja puudusi. On näidatud, et Reuteri analüsaator eraldab teatud õhuvoolu kiirustel halvasti partikleid, mille mõõtmed on väiksemad kui 15 µm. Sellise suurusega partiklid on aga inimese tervise seisukohast kõige olulisemad, kuna need satuvad hingamisel sügavale alumistesse hingamisteedesse.



Joonis 11. Pinna analüüs kontaktplaatidega. Kumerad linnaseagarist söötmeplaadid suruti vastu hallitavat seinapinda ning hoiti mõned päevad termostaadis. Nüüd kasvavad söötmel erinevate hallitusseente kolooniad.

Sarnaselt Reuteri analüsaatoriga kasutatakse tsentrifugaaljõudu ka tsükloon-analüsaatorites, kus sissetulevasse õhku pihustatakse vedelikku ning koos vedelikuga sadenevad partiklid kogutakse masina põhja. Kogutud vedelikust, mis sisaldab õhust eraldatud partikleid, teostatakse külvid söötmetele.

## 3. Vedelikku kasutavad analüsaatorid

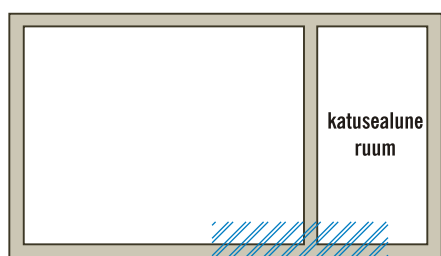
Nendes analüsaatorites liigub uuritava õhu voog läbi vedeliku, õhus leiduvad partiklid moodustavad vedelikus suspensiooni. Sellised analüsaatorid võivad olla nii ühe- kui ka mitmeastmelised ja nende eeliseks loetakse asjaolu, et mikroorganisme ei kahjustata füüsiliselt ja need püsivad eluvõimelistena.

4. Õhus leiduvate partiklite elektrostaatiline sadestamine  
Elektrostaatiline sadestamine on õhu tolmu puhastamiseks kasutatud juba pikka aega. Tuntum sellist

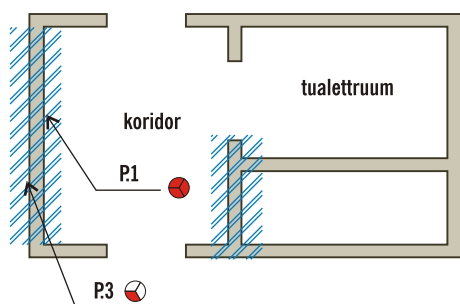
Proovi nr.	Asukoht	Kasvu tüüp	Kolooniate arv	Kategooria	Liigid
P.1.	Seina alumine osa alumise korruse koridoris	Kogu Hallitused	> 150 > 150	Kõrge Kõrge	Aspergillus versicolor, domineerivad steriilsed mütseelid
P.2.	Vannitoa sein esimesel korrusel	Kogu Hallitused	29 26	Keskmine Keskmine	Penicillium chrysogenum, domineerivad steriilsed mütseelid, bakterid
P.4.	Seina alumine osa alumise korruse koridoris	Kogu Hallitused	5 5	Madal Madal	Chaetomium globosum, domineerivad steriilsed mütseelid, bakterid

Tabel 2. Uuringu tulemuste näide, pinnalt võeti proovid linnaseagarist (ingl. k. malt extract agar) kontaktplaatidega (vt lisaks ehitise ruumide skeemi joonisel 11a).

## 2. korruse vannituba



## 1. korrus



- ⊗ P.xx hallitusseeni ei leidu    ⊙ P.xx hallitusseeni keskmiselt  
⊖ P.xx hallitusseeni vähe    ⊕ P.xx hallitusseeni arvukalt  
////// niiskunud ehituskonstruktsioonid

Joonis 11a. Skeem kujutab hallitusseente kasvuga maja, varjutatud on niiskuskahjustusega alad ja proovide võtmise kohad. Hallitusseente hulk (kategorooria) on lisatud eraldi märgistusega (vt ka joonis 11 ja tabel 2).

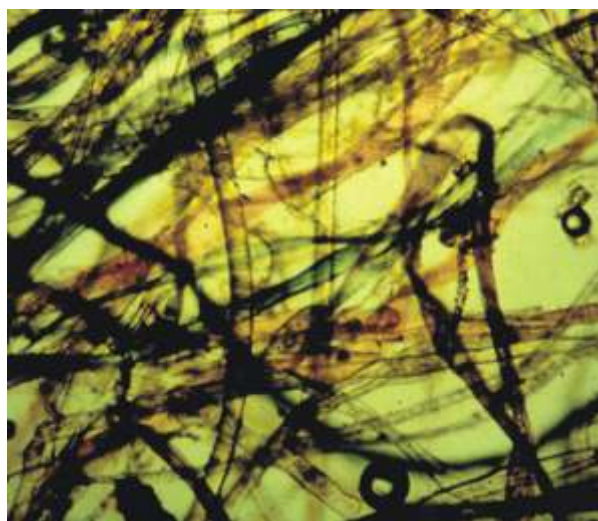
tüüpi analüsaator on Littoni analüsaator. Analüsaatorisse liikuvast õhuvoo leitudvatele partiklitele antakse laeng. Elektrilise laengu saanud partiklid sadenevad vastaslaengut kandvale plaadile. Plaadile kantakse õhuke kiht vedelikku, mis peseb plaadilt osakestega plaati ümbritsevasse kanalisse. Kogutud vedelikust teostatakse külvid mikroorganismide kasvuks sobivale söötmele.

### Õhu analüüsimine sadestusmeetodiga

Seeneoste hulka õhus on ligikaudselt võimalik määrata ka sadestusmeetodit või nn OPD-meetodit (ingl. k. *opened Petri dish*) kasutades. Sobiva söötmega (näiteks linnaseagar, ingl. k. *malt extract agar*) söötmeplaati (Petri tass), mille diameeter on teada, hoitakse avatuna kindlaks määratud ajavahemiku jooksul. Gravitatsiooni tõttu sadenevad õhus leiduvad partiklid varem või hiljem, sõltuvalt osakeste suuruselt ja kaalust. Seejärel kaetakse söötmeplaat kaanega ja paigutatakse termostaati temperatuuriga 28 °C neljaks kuni viieks päevaks. Söötmeplaadile ilmunud kolooniad loendatakse ja tulemused esitatakse eluvõimeliste seeneoste ja bakterite üldarvuna (CFU) ruutmeetri ja tunni kohta. Ka sadestusmeetodiga ruumiõhu uurimisel tuleb seda teha



Joonis 12. Tolmuimeja, millel on spetsiaalne otsik tolmuproovide kogumiseks.



Joonis 13. Analüüsiks kogutud tolm sisaldab peamiselt erinevaid riidekiude (suurendus 100 korda).

ruumi normaalse kasutusaktiivsuse korral. Meetodit loetakse siiski pigem kvalitatiivseks kui kvantitatiivseks. Mõningatel juhtudel, eriti kui on vaja uurida õhku väga pika aja jooksul, võib sellel meetodil olla eelis analüsaatoritega teostatud mõõtmiste ees.

### Pindade analüüsimine kontaktplaatidega

Pinnaproove, näiteks seinalt või laest, saab võtta, kui suruda kumera pinnaga söötmeplaati vastu uuritavat pinda. Söötmeplaate hoitakse termostaadis temperatuuriga 28 °C neli kuni viis päeva ning seejärel loendatakse plaadile ilmunud kolooniate arv. Tulemused esitatakse kolooniat moodustavate ühikute (CFU) üldarvuna söötmeplaadi kohta (25 cm<sup>2</sup>) ja jaotatakse nelja kategooriasse. Kategooriad oleksid: kasv puudub (CFU=0), vähene kasv (CFU= 1-10), keskmine kasv



(CFU = 11-50) ja tugev kasv (CFU > 50). Tegemist on pigem kvalitatiivse kui kvantitatiivse analüüsimeetodiga.

### Kleplindi meetod

Seeneoste ja mütseelifragmentide kogumiseks pindadelt võib kasutada läbipaistvat kleplinti. Kleplindiga võetud proov asetatakse vedelikutikka mikroskoobi alusklaasile ja uuritakse. Sellisel on võimalik hinnata hallitusseente kasvu esinemist uuritaval pinnal ning enamasti määrata esinevad seened perekonna tasemel.

### ATP-meetod

Kõik elusorganismid kasutavad energiavarude säilitamiseks keemilist ühendit adenosiin trifosfaat (ATP). ATP-meetod võimaldab määrata elujõulise ja aktiivselt kasvava seeneniidistiku olemasolu erinedes seega analüsaatori või pinna kontaktproovidest, mis määravad puhkestaadiumis seeneoste hulka, mille ATP sisaldus on madal.

ATP-meetodi jaoks pühitakse 9 cm<sup>2</sup> suurust pinda füsioloogilises lahuses niisutatud vatitampooniga. Laboris pestakse tampooni steriilses vees ja kogutakse seostunud materjal katsutisse. Katsutisse lisatakse spetsiifilist reagenti ja ATP kogust mõõdetakse vastava fluorestsentsseeruvat kiirgust määrava aparaadiga (Labsystem Luminoscan).

### Tolmu analüüs

Ruumidest, mida ajutiselt ei kasutata (näiteks puhkuse ajal), võib uurimiseks koguda tolmu. Tolmu kogumiseks

võib kasutada filtritega varustatud tolmuimejat. Kogutud tolmuproovid kaalutakse, seejärel arvutatakse tolmu kogus ruutmeetri kohta, samuti seeneoste arv tolmus. Eoste koguhulk loendatakse mikroskoobi all kasutades loenduskaamrit. Tolmus leidub nii elusaid kui ka surnud seeneoseid. Eluvõimeliste seeneoste arvu saab määrata, kui teha tolmust väljakulvid söötmeplaadile. Tolmu analüüsimine annab ülevaate ja võimaldab võrrelda ruumide üldist puhtusastet ja kasutatavate koristusmeetmete efektiivsust.

## TULEMUSED

### *Liikide määramine*

Nii õhu analüsaatoritest saadud kui ka kontakt- ja sadestusplaatidel kasvanud seenekolooniaid moodustavad hallitusseened määratakse liigilise täpsusega. Eriti oluline on see juhul, kui tegemist on inimese tervisele potentsiaalselt ohtliku seenerühmaga. Inimene, kellel on vaevused, võib saadud informatsiooniga pöörduda allergoloogi vastuvõtule, kes teeb edasised vajalikud uuringud. Allergiat uurivates laborites on võimalik määrata, kas inimene on ülitundlik antud ehitises leitud seeneliigi suhtes, samuti uurida reaktsioone teistele levinud allergeenidele nagu lemmikloomad, õietolm ja erinevad toiduained.

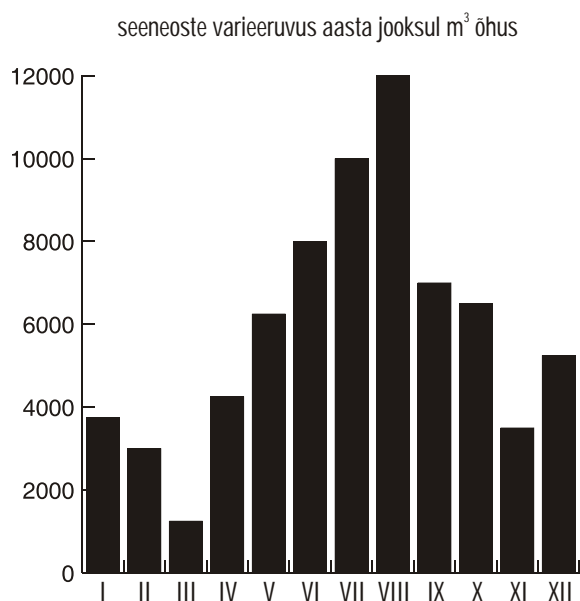
Kui hallitusseente liikide täpsemal määramisel ilmneb, et tegu on erinevate seeneliikidega, on tõenäoline, et seeneosed pärinevad välisõhust (näiteks on sisse toodud jalanõudega vms). Kui aga proovides kasvavad valdavalt üksikud seeneliigid, on tõenäoline, et hallitusseened kasvavad ruumis sees.

### *Kriitiline määr*

Ei töö- ega eluruumidele pole olemas hügieeninorme, mis määraksid hallitusseente ja bakterite arvud pindadel või õhus.

Looduses varieerub hallitusseente eoste arv aastas 1000 kuni 20 000 eoseni kuupmeetris õhus. Eoseid leidub õhus kõige rohkem hilissuvel, kui lehe- ja heinakõdudel ning viljadel kasvab palju hallitusseeni. Heinaküünides ja ladudes võib hallitusseene eoseid kuupmeetris õhus olla kuni 1 000 000.

Erialakirjanduses esile toodud soovituslikud piirväärtused hallitusseente ja bakterite arvukuse kohta kuupmeetris õhus varieeruvad 100 kuni 10 000 kolooniat muudustava ühikuni (CFU). Jagatud soovitused põhinevad väga erinevatel meetoditel. Mõne uurija arvates peaks ruumide



Joonis 14. Seeneoste arvukuse kõikumine aasta jooksul välisõhus (Taani tehnoloogiainstituudi andmed 1979-1980).

siseõhus leiduv eoste hulk moodustama 1/3 välisõhus leiduvatest eostest. Hussvamp Laboratorie (Taani) kogemustele toetudes oleks siseruumides soovituslik maksimum seeneeoste puhul 3000 CFU/m<sup>3</sup> ja bakterite puhul 5000 CFU/m<sup>3</sup>. Andmed on saadud Reuteri analüsaatoriga kasutades universaalset söödet. Söötmeribasiid inkubeeriti 4-5 päeva temperatuuril 28 °C. Ruumiõhus on ebasoovitavad seeneliigid *Stachybotrys chartarum* ja *Aspergillus versicolor*, kuna need liigid toodavad mükotoksiine. Võimalik, et soovimatute liikide nimekirja pikeneb, kui mükotoksiine õpitakse põhjalikumalt tundma.

Pinnaproovides on normiks 10 hallitusseene kooniat 25 cm<sup>2</sup> söötmeplaadil (linnaseagar, inkubeeritakse 4-5 päeva temperatuuril 28 °C). Üldmainitud toksiine tootvate liikide esinemine on ebasoovitav.

## SEENTEST TINGITUD TERVISEPROBLEEMID

### *Allergia ehk ülilitundlikkus*

#### Tüüp I. Allergiline reaktsioon

Sissehingatavad seeneeosed ja õietolmuterad kui antigeenid (allergeenid) kutsuvad organismis esile antikehade moodustumise. Kui organism puutub teist korda kokku samade antigeenidega, toimub antigeenide ja antikehade seostumine ning vabanevad teatud aktiivained, mis võivad esile kutsuda sümptomeid nagu limaskestade ärritus või hingeldamine.

#### Tüüp II. Tsütotoksiline reaktsioon

Tegemist on allergilise seisundiga, kus rakud võitlevad sama keha teiste rakkude vastu. Sellist tüüpi allergiat esineb harva<sup>2</sup>.

#### Tüüp III. Immuunkomplekside teke

Tekib antigeeni (allergeeni, näiteks seeneeoste või mikroorganismide lenduvate ainevahetussaaduste) korduval ja sagedasel sattumisel hingamisteedesse või nahale. Väljendub kopsupõletiku või gripilaadsete sümptomitena nagu palavik, lihas- ja liigesvalud ja mälu nõrgenemine (ingl. k. tuntud *sick building syndrome*). Tihti on seotud elukutsetega, kus inimesed töötavad kopitanud söötadega (näiteks hein, põhk vms) või muul viisil tolmuses keskkonnas (näiteks saeveskis

puidutolmus). Samuti on näidatud, et seda tüüpi allergiat esineb inimestel, kelle elu- või tööruumides esineb ulatuslik hallitusseente kasv.

#### Tüüp IV. Kontaktülilitundlikkus

Esineb tüüpilisel juhul nikli, kroomi jt kemikaalide korduval sattumisel nahapinnale.

#### Vees lahustuvad sekundaarsed metaboliidid

Elutegevuse käigus moodustavad paljud hallitusseened sekundaarseid ainevahetusprodukte. Mõned nendest on loomadele ja inimesele toksilised, osa aga, nagu näiteks penitsilliin, mis tapab Gram-positiivseid baktereid, lahustuvad vees ja ei põhjusta imetajatele mingit kahju. Penitsilliini toodab seeneliik *Penicillium chrysogenum* (esmaltp kirjeldati kui liiki *Penicillium notatum*). Mõned hallitusseened toodavad erinevates keskkondades kasvades kartsinogeenseid keemilisi ühendeid aflatoksiine. Näiteks *Aspergillus flavus*, mis kasvab maapähklitel.

#### Lenduvad sekundaarsed metaboliidid

Mõned hallitusseened moodustavad teiste seente ja bakterite vastaseid aroomaatseid, kergesti lenduvaid aineid, mis võivad ka inimestel, kes ei ole allergilised, põhjustada gripilaadseid sümptome. Sümptomite kompleksi tuntakse nn haige maja sündroomina (ingl. k. *sick building syndrome*), millele on iseloomulik limaskestade ärritus, valu kurgus, köha, hingeldamine, üldine väsimus, peapööritus, naha ärritusnähud ning raskematel juhtudel immuunsüsteemi talitluse häired. Kergesti lenduvaid ühendeid on võimalik määrata gaaskromatograafia meetodil ning siia kuuluvad mitmed alkoholid, ketoonid ja aroomaatsed ühendid. Praeguseks on kergesti lenduvate ühendite mõjust inimese tervisele teada veel suhteliselt vähe, kuid kaugemas tulevikus peaks olema võimalik mõõta nende ühendite kontsentratsioone ruumiõhus ning seeläbi hinnata täpsemalt ka nende mõju inimese tervisele. Hallitusseente kasv, nii silmaga nähtav kui ka konstruktsioonidesse peidetud (näiteks katuste kandekonstruktsioonides kasutatavates plastiktordes), võib ruumi õhu kvaliteeti mõjutada just seente poolt toodetud kergesti lenduvate ühendite kaudu.

#### Ülilitundlikkus

Inimesed, kes elavad või töötavad ehitises, kus kasvab palju hallitusseeni, muutuvad aja jooksul nende suhtes tundlikuks (sensibiliseeruvad). On teada, et inimesed, kelle kodus leidub palju hallitusseeni, reageerivad teistest

<sup>2</sup>Näiteks reesuskonflikti puhul vastsündinutel (tõlkija märkus).

kiiremini ja ägedamalt uuel kokkupuutel hallituseentega, olgu see siis ümbritsevas välisõhus või ruumiõhus töökohal. Tänapäeval on allergoloogia laborites võimalik määrata nahatesti või vereuuringutega, kas inimene on mingi seeneliigi suhtes ülitundlik. Võrreldes selle analüüsi tulemust ruumiõhu uuringu tulemusega inimese kodus või töökohal, saame teada, kas seal leidub sama seeneliik (näiteks *Penicillium chrysogenum*). On ka teisi allergeene, nagu tolmulestad, loomakarvad, toiduained ja metallid, mille suhtes inimene võib olla ülitundlik ning mida uuritakse sarnaste meetoditega. Ülitundlikkuse kahtlustamisel tuleks pöörduda esmalt pere- või üldarsti vastuvõtule ning vajadusel edasisteks uuringuteks allergoloogi poole.

#### Hallituse lõhn

Mõnede kergesti lenduvate ühendite koosinemisel tekib iseloomulik kopitanud lõhn, mida inimesed kirjeldavad erinevalt - heinarõugu, suvila, vannitoa, keldri, kanalisatsioonitorude, halva hingeõhu või higiste jalgade lõhn. Lõhn varieerub sõltuvalt õhuniiskusest, temperatuurist, seeneliikidest ja lenduvate ühendite keemilisest koostisest. Need lõhnad ärritavad silmi, nina ja kurku, kuid neid on raske kirjeldada.

Teadlane, kes imestas, et Egiptuse püramiidist leitud 3000 aasta vanune kampripuust kirst lõhnab endiselt tugevalt, arvutas välja, et kirst on kaalust kaotanud nii pika aja jooksul ainult 2 mg lõhnamolekulidena. Inimese ajus on lõhnakeskus hästi arenenud ning seetõttu tajume ka ainete lõhna, mida esineb väga väikeses koguses. Häiriv lõhn on sageli põhjuseks, miks majadest tuleb eemaldada hallituseentega nakatunud materjalid, sest seente poolt eritatavatest lenduvatest ühenditest põhjustatud iseloomulik lõhn ei kao iseenesest.

#### Kuivmädaniku bioloogiline tõrje

Ühena vähestest osaleb Taanis asuv labor Hussvamp Laboratoriet Euroopa Liidu projektis, mis püüab seentest põhjustatud puidu kuivmädanikku tõrjuda teise seene abil. Tõrjeks kasutatakse hallituseent *Trichoderma harzianum*. Teada on kümmekond selle seene poolt toodetavat lenduvat ühendit ja vees lahustuvat antibiootikumi, mida on võimalik kasutada kuivmädaniku arengu takistamiseks puidus. Pruunmädanikku tekitava seenega nakatunud puitu puuritakse augud, kuhu asetatakse hallituse niidistikku ja eoseid sisaldavad tabletid. Sellise tõrjemeetodi kasutamisel on oluline hinnata ka hallituse kasvust tulenevaid riske ruumide sisekliimale.

#### Aflatoksiinid

Maailmas on teada arvukalt juhtumeid, kus seeneliigiga *Aspergillus flavus* nakatunud vilja, sojaubade ja maapähklite inimtoiduks kasutamisel on tekkinud mürgitus. See seeneliik on tuntud kui vähkitekivate (kantserogeensete) aflatoksiinide tootja. Toksiini on leitud ka brasiilia pähklitelt, mida turustatakse ainult puhastamata kujul, kuna hallitusseeneiga nakatunud kooritud pähkleid on võimatu kvaliteetsetest eristada.

#### Seeninfektsioonid

Mõned hallitusseened on võimelised inimest nakatama ja haigusi põhjustama. Näiteks *Aspergillus fumigatus* tekitab kopsuinfektsioone, *Scopulariopsis brevicaulis* küünte infektsioone ja *Candida albicans* limaskestade ja naha infektsioone. Peamiselt nakatuvad siiski inimesed, kelle immuunsüsteem on nõrgestatud.

# EHITUSMATERJALIDE KEEMILINE KOOSTIS

## Anorgaanilised ehitusmaterjalid

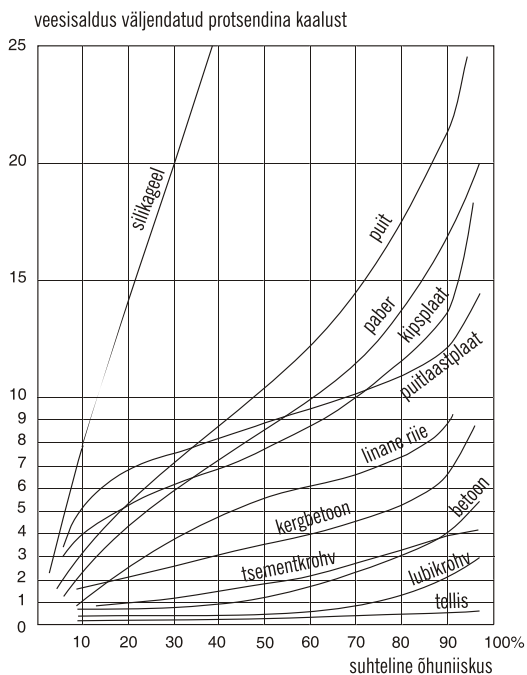
Ehitusmaterjale võib jaotada orgaanilisteks ja anorgaanilisteks. Viimased ei ole seentele toitained. Anorgaanilised materjalid on näiteks põletatud savist tellised, vulkaanilisest kivimist kivivill või klaasvill, mis on segu kvartsiliivast, naatriumkarbonaadist ja kaltsiumkarbonaadist. Ometi võib niisketes majades tihti näha, et neil materjalidel leidub seeni. See on võimalik, kuna anorgaanilistel ehitusmaterjalidel leidub orgaanilisi koostisosi sisaldavat tolmu, mis sobib seente substraadiks. Anorgaanilistest ehitusmaterjalidest on levinumad veel betoon, lubimört ja silikaatkivi. Samuti kasutatakse ehituses mitmeid metalle nagu vask, tsink ja raud, mis paljudel juhtudel oksüdeeruvad tekitades seentele mürgiseid soolühendeid.

## Orgaanilised ehitusmaterjalid

Orgaanilised ehitusmaterjalid on taimset või loomset päritolu ning osalevad seega looduslikus ainerings, kus seente osaks on neid materjale lagundades saada eluks vajalikke toitained, energiat ja vitamiine. Kasvades, eoseid produtseerides ja vabastades ümbritsevasse keskkonda oma elutegevuse käigus tekkivaid kergesti



Joonis 16. Puuvillane kangas, mida hoiti temperatuuril 20 °C suhtelise õhuniiskuse poolest erinevatel tingimustel (100, 75, 50 ja 25%). 100% suhtelise õhuniiskuse korral on näha arvukalt hallitusseente kolooniaid, 75% õhuniiskuse korral ainult mõningaid ning 50% ja 25% suhtelise õhuniiskuse korral hallituste kasvu ei ilmnenu.



Joonis 15. Erinevate ehitusmaterjalide vee mahtuvus konstantsel temperatuuril, kuid erineva suhtelise õhuniiskuse korral (Hagemann 1981 järgi).

lenduvaid ühendeid (ingl. k. VOC), vähendavad need mikroorganismid orgaaniliste materjalide tugevust ja elastsust kuni selle täieliku lagunemiseni. Orgaaniliste materjalide näiteks oleksid puit, paber, puuvill, vill ja erinevad värvained.

## Komposiitmaterjalid

Tänapäeval kasutatakse laialt orgaaniliste ja anorgaaniliste materjalide kombineerimisel tekkinud komposiitmaterjale. Näiteks on asbestsemendis asbest asendatud tselluloosikiuga. Kipsplaat sisaldab kipsi (anorgaaniline) ja tärklise (orgaaniline) segu, mis on kaetud papiga (orgaaniline). Puitu võib tugevdada klaaskiuga ning seinakattematerjalid võivad sisaldada puidukiudu, formaldehüüdiimi, polüstereenvahtu, fooliumit (alumiinium ja paber), lehtplastikut jm.

## EHITUSMATERJALIDE VASTUPIDAVUS NIISKUSELE

Sõltuvalt suhtelisest õhuniiskusest absorbeerivad ehitusmaterjalid õhust rohkem või vähem niiskust. Niiskussisaldus sõltub ka materjali veeaktiivsusest ( $a_w$ ). See omakorda sõltub õhus oleva veeauru ja materjalis oleva vee rõhkude vahekorra.

Üleujutuse korral, on väga oluline avada kohe konstruktsioonid ja need kiiresti kuivatada. Vastasel juhul algab konstruktsiooni puitosadel mõne päeva möödudes hallitusseente kasv.

Vastavalt oma veevajadusele jaotatakse seeni esmasteks koloniseerijateks ( $a_w < 0,8$ ), sekundaarseteks koloniseerijateks ( $a_w = 0,8-0,9$ ) ja tertsiaarseteks koloniseerijateks ( $a_w > 0,9$ ). Esmasteks koloniseerijateks on näiteks liigid *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium brevicompactum* ja *Aspergillus versicolor*. Teisete koloniseerijate hulka kuuluvad liigid, mis looduses on levinud taimede lehtedel, nagu seeneperekondadesse *Cladosporium*, *Ulocladium* ja *Alternaria* kuuluvad liigid. Kolmanda rühma moodustavad liigid nagu *Stachybotrys chartarum*, *Chaetomium globosum*, *Aureobasidium pullulans* ja perekonna *Trichoderma* liigid.



Joonis 17. Konstruktsioonide avamine ja hoolikas kuivatamine on ulatusliku niiskumise korral väga oluline. Vastasel juhul hakkavad konstruktsioonide puitosadel juba mõne päeva möödudes arenema hallitusseened.



Joonis 18. Hallitused puidust torudel, mida ei ole enne kohale asetamist piisavalt kuivatatud.

### Materjalid ja hallitusseened

#### Hallitusega majad

Et materjalides ja ehitistes leidub hallitusi, on hästi teada ja tihti osutuvad laigud, mis algul tunduvad olevat pori, tahm vms, mikroskoobi all hallitusseente kolooniateks. Kui lisandub ebameeldiv lõhn, lenduvad eosed ja mitmesugused kergesti lenduvad keemilised ühendid (VOC), võibki alguse saada terviseprobleem.

#### Puit

Elusad puud kaitsevad end seente vastu terpeenide, vaigu ja muude keemiliste ühenditega. Kui puit on surnud, siis nakatub see kohe hallitusseentega, mis annavad puidule sinaka värvi leiab aset puidu sinistumine<sup>3</sup>. Selle vältimiseks on oluline puit kohe pärast langetamist korralikult kuivatada. Kui langetatud puit vinnastatakse, tekib omakorda oht uuteks puidunakkusteks. Eriti juhul, kui värskest langetatud ja vinnastatud puit kaetakse kile või mõne muu plastikmaterjaliga, on oht, et puit kattub üleni hallitustega ja muutub mustaks. Isegi immutatud puit võib nakatuda vaseühendite suhtes vastupidavate seentega, kui seda pole piisavalt kuivatatud. Puit võib seentega nakatuda ka ehitusprotsessi käigus ning probleemid ehitise sisekliimaga algavad veel enne, kui

<sup>3</sup>Eestikeelses kirjanduses on puidu sinistumist põhjustavate seente tähistamiseks kasutatud termineid "siniseened" ja "sineseened" (tõlkija märkus).



Joonis 19. Pabil, mida on kasutatud seinal isolatsioonimaterjalina, kasvavad nii hallitusseened kui ka puitu lagundavate seente hulka kuuluv majamädik (*Coniophora puteana*).

elanikud sisse kolivad.

Mõnikord kasutatakse fungitsiide juba metsas, kuid seda tuleb teha kohe puidu langetamise järel, kui puitu pole võimalik korralikult kuivatada.

Vähem teatakse, et puit iseenesest võib põhjustada allergiat, näiteks saepurutolmu või okaspuupuidus leiduva vaigu lenduvate komponentide tõttu. Tänapäeval lisatakse materjalidele, mis võivad mõjutada ruumide sisekliimat, vastav määrgistus.

#### Pehme saepuruplaat

Paljudes vanemates ehitistes on saepuruplaati kasutatud



Joonis 20. Niiskunud puitu ja puidust valmistatud pabertapeeti kahjustavad kergesti hallitusseened.



Joonis 21. Teadaannet kirikuuksel ründavad hallitusseened nii nagu teistki niiskunud trükipaberit.

välisseinte soojustamiseks. Selle tagajärjel langeb välisseina temperatuur veelgi, ruumist tulev soe õhk läheb läbi saepuruplaadi ning niiskus kondenseerub seinapinnale. Kui sein on kaetud tapeediga, siis peab arvestama, et nii tapeet kui ka saepuruplaat on orgaanilised materjalid ning võivad kergesti seentega nakatuda.

Seente elutegevuse tulemusena tekkivad kergesti lenduvad ühendid (VOC), mis tekitavad limaskestade ärritust ja immuunsüsteemi nõrgenemist, pääsevad kergesti läbi saepuruplaadi. Sarnaselt ebameeldiva hallituse lõhnaga, mis ruumis levima hakkab.

#### Tapeet

Välisseintele, millele võib kondenseeruda vesi (eriti mööbli ja muude seinäärsete esemete taga), ei sobi paigaldada suure tselluloosi-sisaldusega seinakatematerjale. Samuti võib lisaprobleeme tekitada kõdunemisprotsessi käigus tekkiv niiskus.

Kui seintele paigaldatakse isolatsioonimaterjal, on väga oluline eemalda vana seinakate ja selle paigaldamiseks kasutatud liim. Pehkimiskindel seinamaterjal on oluline ka kondensatsiooniveest tekkivate probleemide vältimiseks.

#### Tekstiilid

Päikesevarjud, seinakatted ja present on enamasti valmistatud puuvillast või dzuudist. Ka need materjalid nakatuvad kergesti tselluloosi lagundavate seentega ning kaitseks tuleb need hoida kuivad või immutada sobiva



Joonis 22. Hallituseente poolt kahjustatud tekstiilist päikesevari. kaitsevahendiga.

#### Isolatsioonimaterjalina kasutatav hein

Mõnikord on ajaloolistes ehitistes, eriti vahetult pärast Teist maailmasõda valminud majades, vahelagede ja katusekonstruktsioonide isolatsioonimaterjalina kasutatud purustatud heina, samuti õlgi või freesturvast. Kõrge õhuniiskuse korral hakkavad sellistel materjalidel kiiresti kasvama kiirikulised (*Actinomyces*), tekitades iseloomulikku läppunud heina lõhna. Mõttekas on asendada orgaaniline isolatsioonimaterjal anorgaanilisega ja säilitada ehitises madal õhuniiskus.

#### Orgaanilisest materjalist valmistatud vaibad

Vaibad, mis on valmistatud puuvillast või villast, võivad kergesti hakata hallitama. Viimastel aastatel paigaldatakse ka vannitubadesse vaipkatteid ja matte, mis võivad seal peagi põhjustada ebameeldiva, läppunud



Joonis 23. Puuvillane matt, mis niiskusest pehhib, on heaks kasvukohaks hallituseentele.

lõhna. Kui vaadata sellises niiskes ruumis oleva vaiba tagakülge, võib seal sageli märgata hallituslaike. Niisketes ruumides peaks vältima orgaanilisest materjalist vaipkatteid või siis kuivatama need vajadusel kohe. Ei ole juhus, et pesuruumides kasutatakse sein- ja põrandakatteks anorgaanilisi materjale.

#### Anorgaanilisest materjalist valmistatud vaibad

Anorgaanilisest materjalist vaipasid seened otseselt ei kahjusta. Vaipa kogunenud tolm ja mustus, puhastusvahend või antistaatiline aine võivad saada seentele soodsaks kasvukeskkonnaks. Töö- ja eluruumides, kus on põrandal ja seintel vaipkatted, on oht, et tekib hallituseente kasv. Probleemide ennetamiseks tuleb valida kvaliteetsed materjalid, vaipu regulaarselt vahetada ja tagada piisav igapäevane



Joonis 24. Vaipkatted, millesse jääb püsima väljast sisse toodud niiskus ja mustus, muutuvad peagi hallituseente kasvukohaks, mis omakorda mõjutab ruumi kliimat.

hooldus. Koolides, lasteaedades ja hooldusasutustes, kus liigub palju inimesi, on vaipade kasutamine sageli ebaotstarbekas, vaatamata vaipkatte müra vähendavale funktsioonile.

#### Anorgaanilised isolatsioonimaterjalid

On rida anorgaanilisi isolatsioonimaterjale, mida mikroorganismid ei kahjusta, nagu näiteks kivivill, klaasvill, perliitmaterjalid (Leca & Perlite). Samas võib nende materjalide niiskumisel materjali pinnale kogunenud tolmu tõttu areneda seal arvukalt hallituseeni.

#### Orgaanilised isolatsioonimaterjalid

Viimastel aastatel on laialdast kasutamist leidnud orgaanilised isolatsioonimaterjalid, mida toodetakse odavatest taaskasutatavatest materjalidest nagu ajalehepaber või villased ja puuvillased riided. Katseliselt on kasutatud ka õlgedest, linakiust ja džuidist toodetud



Joonis 25. Tänapäeval ei koosne asbesttsement enam anorgaanilistest materjalidest nagu asbest ja tsement, vaid esimene on asendatud puidukiuga, mis akumulereib hästi niiskust ja võib hallitusseentest kahjustuda. Hallitusseened omakorda mõjutavad ruumide sisekliimat.

isolatsioonimaterjale. Tulekindluse suurendamiseks töödeldakse neid materjale 15% boorhappega, mis ühtlasi omab ka seente- ja putukavastast toimet.

#### Asbesttsement

Asbesttsement on pikka aega olnud kasutusel kui anorgaaniline ehitusmaterjal, milles asbest on elastsust tagav ja tsement materjali tugevust tagav komponent<sup>4</sup>. Arenenud riikides on asbesti kasutamist piiratud, mistõttu see on oluliselt vähenenud. Tegemist on vähkitekitava ehk kantserogeense ainega. Kümne viimase aasta jooksul on asbest asendatud tselluloosikiududega (tselluloosikiudtsement). Materjali veemahutavus on seetõttu kahekordistunud, samuti absorptsioonivõime. Kui ventilatsioon ei ole piisav ja asbesttsemendile kondenseerub niiskus, võib see tugevasti hallitusseentega nakatuda. See omakorda põhjustab tõsiste tagajärgedega probleeme, kuna materjalis olevad orgaanilised kiud võivad murduda ja materjal habrastub. Teadlikult probleemi ennetades tuleb valida piisav ventilatsioon või vältida vee kondenseerumist, võimalik on kasutada ka materjali kaasaegsemaid versioone, mille kiud on probleemsetes tingimustes stabiilsemad.

#### Kipsplaat

Kipsplaati ei saa käsitleda kui anorgaanilist ehitusmaterjali, kuna see koosneb papiga kaetud kipsi ja tärklise segust. Kipsplaat imab hästi pinnasest tõusvat niiskust, samuti võib probleemiks olla

<sup>4</sup>Asbesttsemendist valmistatud eterniit on katematerjalina olnud ka Eestis laialdaselt kasutusel (tõlkija märkus).



Joonis 26. Kipsplaat sisaldab tärklist, mida kasutatakse sideainena, ning pappi. Kui kipsplaat niiskub, ilmuvad sellele peagi hallitusseened. Kipsplaat näib olevat hea kasvukeskkond liigile *Stachybotrys chartarum*.

kondensatsioonivesi. Kipsplaat nakatub niiskudes sageli hallitusseentega, muuhulgas ka tervist ohustava seeneliigiga *Stachybotrys chartarum*. Ruumidesse, kus on ette näha püsivalt kõrget õhuniiskust, tuleb valida anorgaanilised ehitusmaterjalid, et vältida hallitusseente kasvu.

#### Värv

Varem sisaldasid värvid pliid, tsinki ja pliioksiide, mis on seentevastase toimega ning kaitsevad värvitud pinda hallitus- ja puitu lagundavate seente rünnaku eest. Tänapäeval on need metallid värvide koostisainetena



Joonis 27. Värv on erineva keemilise koostisega. Kui tegemist on orgaanilise värviga, millele ei ole lisatud fungitsiide, võib värvitud pind nakatuda hallitusseentega.

keelatud ning asendatud orgaanilist päritolu fungitsiidsete komponentidega<sup>5</sup>. Tulevikusuundumusteks on kaitsta puitu esmase immutava töötuse või

<sup>5</sup>Eestis ei peeta puidu keemilist kaitset siseruumides vajalikuks. Vt ka tarbijakaitseameti kodulehekülge (tõlkija märkus).





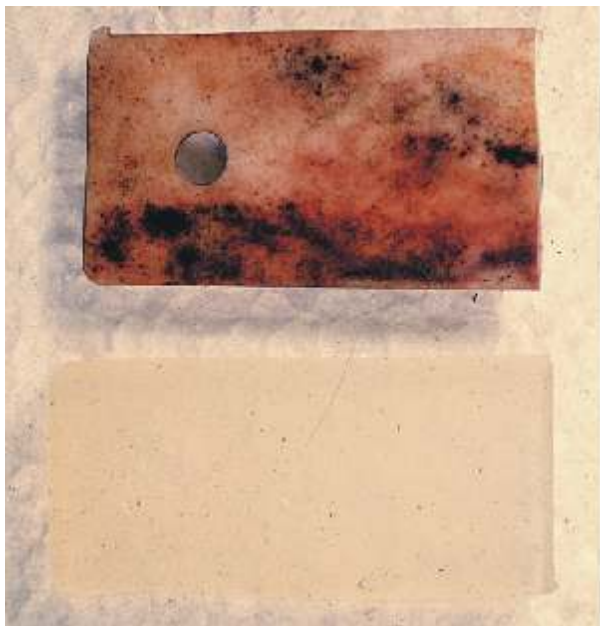
Joonis 28. Värvide vastupidavust valgusele, niiskusele, hallitus- ja puitu lagundavatele seenetele uuritakse välitingimustes.

vaakumtöötusega nii, et hallitusseened ei suuda toitainete otsingul värvikihist läbi tungida.

Linaseemneõliga töötlemine on hetkel väga levinud, kuid kuna linaseemneõli sisaldab arvukalt valke, mida seened on võimelised kasutama, siis on puidu töötlemisel oluline lisada ka fungitsiide.

Hallituseened lagundavad värvi füüsiliselt või eritades lagundavaid ensüüme, kindlustades nende elutegevuseks vajaliku puidu niiskumise.

Värvide lahustid, nagu lakibensiin ja tärpentiinõli, on tugevad allergeenid. Taanis kasutatakse värvidel kahest numbrist koosnevat märgistust (nn MAL-koodi), mille esimene pool kirjeldab, kui mitu kuupmeetrit värsket õhku on vajalik liitri värvi kohta, ja teine pool hindab toksilisust juhul, kui värv sattub seedekulgasse. Vee baasil



Joonis 29. PVC-kate, mida on kahjustanud hallitusseened, pehmeneb ning jäigastub, muutudes kasutamiseks ebasobivaks. All on võrdluseks esitatud kontrollproov.



Joonis 30. Rukkileib, millel kasvab perekonda *Penicillium* kuuluv hallitusseen. Eriti palju on seenete eoseid õhus suve lõpul, mil ka õhuniiskus ja temperatuur on kõrged.

valmistatud värvidel on MAL-kood 00-1 ja lakibensiinil baseeruvatel värvidel 3-3<sup>6</sup>.

#### Materjalide füüsikaliste omaduste muutumine

Puit paisub niiskudes ning muutub seeläbi vastuvõtlikuks puitu lagundavatele seenetele. Plastik niiskudes ei paisu ning seetõttu seened seda ei kahjusta. Pehmendajad, mida plastmaterjalide puhul kasutatakse, võivad seenete poolt kahjustuda ning materjal muutub jäigaks ja kõvaks, tekivad värvuse muutused ja iseloomulik lõhn.

#### Toiduained

Toiduained, mida sööme, sisaldavad ka seenetele kergesti kättesaadavaid toitaineid ja vett ning seened kahjustavad neid seetõttu sageli. Näiteks rukkileival kasvavad hilissuvel sageli rohekad, perekonda *Penicillium* kuuluvad hallitused, üleküpsenud puuviljadele ilmuvad nädala möödudes perekonda *Mucor* kuuluvate hallitusseente kolooniad. Temperatuuri aldamisel mõne kraadi võrra õnnestub hallitusseente ilmumist mõningal määral edasi lükata. Varem soovitati hallitusega toitu isegi kasutada, sest penitsilliin arvati olevat tervislik. Tänapäeval on üldine arvamus, et riknenud ja

<sup>6</sup>Eestis on tarbijakaitseameti nõuded ohtlike kemikaalide märgistusele järgmised: ohtlike kemikaalide pakendil peab olema selgeltloetav ja püsiv eestikeelne märgistus, mis sisaldab kemikaali kaubanduslikku nimetust, valmistaja või tarnijaettevõtte nime, aadressi ja telefoninumbrit, ohutunnust, kemikaali käitlemise riski kirjeldust, kemikaali käitlemise ohutusnõudeid, kemikaali kogust pakendis ja keemilist koostist (tõlkija märkus).

hallitusseentega nakatunud toitu ei tohiks kasutada, kuna teatakse, et seente elutegevuse tagajärjel tekib ka tervisele ohtlikke komponente ning seened levivad ümbritsevas keskkonnas kergesti. Niisketes tingimustes, näiteks külmkapi seinal, võib küllalt sageli leida hallitusseeni. Need tuleks sealt võimalikult kiiresti ära puhastada, et vältida ebameeldiva lõhna teket ja toiduainete riknemist.

## KONSTRUKTSIOONIDE SEES PEITUVAD HALLITUSSEENED

### Toiduainetööstus

Piimatööstuses, pagaritööstuses ja õlle tootmisel tekkivaid seentest põhjustatud hügieeniprobleemesse tuleb suhtuda täie tõsidusega, sest seente kasv toorainetel, tootmisruumide seintel või töötlemisliinidel võib tugevasti mõjutada saaduste lõppkvaliteeti ning olla tervisele ohtlik. Enne desinfektantide kasutamist on oluline tagada piisav ruumide ja masinate hooldus ning puhastamine, tihendamine, pesu kuuma vee ja auruga.

### Betoonlagede isoleerimine

Ainuüksi anorgaaniliste isolatsioonimaterjalide kasutamisest ei piisa alati, et vältida seente kasvu ehitistes. Paljudel betoonehitistel, millel on lamekatuse, paigutatakse isolatsioonimaterjal otse katusematerjalina



Joonis 31. Katuse, mis koosneb betoonplaatidest, kivivillast ja asfaldikihist. Vesi tungib kergesti katuse alla, soodustades seente ja bakterite kasvu. Päikese käes kuumenedes surub vee aurustumisel tekkiv rõhk saastunud vett edasi katuse all paiknevasse ruumi.



Joonis 32. Augud katuses või akendes võimaldavad lindudel pääseda maja põõningule. Peagi on põõningul pesad ja ohtralt lindude poolt tekitatud räpsu, mis on heaks kasvukeskkonnaks mikroorganismidele.

kasutatava ruberoidi alla. Viimane aga lekib või laseb läbi altpoolt tulevat niisket õhku. Mõlemal juhul on tulemuseks niiskunud isolatsioonimaterjal, mis on heaks kasvukohaks bakteritele ja hallitusseentele. Kui katus aga päikese käes soojeneb, liigub aur koos mikroorganismidega läbi betoonipragude ruumidesse. Lahenduseks on katuse desinfitseerimine või viilkatuse ehitamine, mis tagab traditsioonilisel viisil isolatsiooni ja ventilatsiooni. Mõnel juhul ehitatakse viilkatuse paigaldamisel esialgselt lamekatuse ja betoonkonstruktsiooniga majale katusekorrus juurde. Sel juhul on eriti oluline varasem katusekonstruktsioon puhastada ja desinfitseerida. Lisaks tuleks teha ventilatsiooniavad pörandaliistudesse, mis võimaldavad õhutada varem katuseks olnud pinda.

### Tuvid põõningul

Kui kasutamata põõningule pääsevad tuvid, on see peagi täis pesi, lindude väljaheiteid, surnud poegi ja muud räpsu. Kõik see on soodsaks kasvukeskkonnaks seentele. Kaasnev ebameeldiv lõhn, mida täiendavad hallitusseente poolt toodetud kergesti lenduvad ühendid, võib kanduda ülemise korruse korteritesse. Tuvide sõnnikus leidub sageli seent *Filobasidiella neoformans* (sünonüüm *Cryptococcus neoformans*), mis põhjustab süsteemseid seeninfektsioone.

### Täisehitatud katusealune

Täisehitatud katusealused on end õigustanud suhteliselt kuivas kliimas, kus aastane temperatuuri kõikumine on väike ning temperatuur ruumis ja väljas erineb vähe.



Joonis 33. Läbitilkuv katus tuleb kohe parandada. Ämbrite kasutamine läbijooksu all pole lahendus, sest katusekonstruktsioonid kahjustuvad niiskuse toimel.

Parasvöötme kliimas kaasnevad täisehitatud katusealustega sageli probleemid, kuna niiskustõke lekib ja katuseplaatidele kondenseerub niiskus või on ventilatsioon ebapiisav. Puidust katusekonstruktsioonide niiskusesisaldus erineb talvel (kuni 200%) ja suvelperioodil (5%) väga tugevasti. See tingib puidu paindumise, mis tipneb katusekinnituste nõrgenemise ning katuse lekkima hakkamisega aja jooksul. Sageli ilmneb, et katusepind on sedavõrd paindes, et selle kõrgemad kohad on tekkinud äravooluks mõeldud kohtadesse ning vesi jääb katusele püsima. Katusedetailide niiskumisest tingitud probleemid panevad alguse hallitussente kasvuks. Sageli on katustel probleeme tekitavad hallitused kohastunud kasvama kõrgel temperatuuril, mis isolatsioonimaterjali all tekib, ning neid ei saa kuumutamise hävitada.



Joonis 34. Vee kondenseerumine katusekattematerjali alla paigaldatud kilel tekitab sageli soodsad tingimused hallitussente kasvuks.



Joonis 35. Kui katusealuses ruumis on õhu vaba liikumine takistatud, võivad laelaudadel ja taladel areneda hallitussened.

### Ventilatsiooni blokeerimine täiendava isolatsioonimaterjaliga

Kinnisvara müüjad ei saa ega taha võtta vastutust inimeste tervise eest, seetõttu tuleb seentega seotud probleemide ilmnemisel selgitada selle põhjus ja leida lahendus. Hallituslõhn hoones võib olla probleem, mis takistab kinnisvara ostu-müüki ja mille põhjuse leidmine ning kõrvaldamine on võimalik, kuid sageli väga kulukas. Vahelagede ja pööningu valesti teostatud soojustamine on üks sagedasemaid probleemide allikaid. Soojustamise käigus tuleb säilitada olemasolevad ventilatsioonivad või vajadusel luua täiendavad ventilatsioonivõimalused. Juba hallitusega hoones võib tõrjeks kasutada kahjustatud konstruktsioonide kuumusega töötlemist või desinfektsiooni naatrium hüpokloriti (Klorine) lahusega.



Joonis 36. Kui pööningul on suhteline õhuniiskus püsivalt kõrge, hakkavad seal asuvad orgaanilised materjalid hallitama nagu see kohver.



Joonis 37. Lamekatuse pind võib aja jooksul painduda nii, et sademete äravool on häiritud ja katusele tekib seisev vesi.

### Avad katuses

Paljudel juhtudel, kui katusealune on täis ehitatud ja kahtlustatakse niiskuskahjustust, püütakse probleemi lahendada konstruktsioonide õhutamise kaudu katusesse tehtud avade kaudu. See aga võib olukorda veelgi halvendada, kuna tuul, mis liigub katuse pinnal, tekitab vaakumi ning ruumidest tulev soe ning niiskem õhk imetakse ülespoole, katuse alla, kus tekib temperatuuride erinevuse tõttu kondenseerumine. Seente eosed ei läbi niiskustõket, kuid seente poolt tekitatud kergesti lenduvatest ühenditest tulenev lõhn läbib. Täisehitatud põõninguga majade uurimisel võetakse proovid katuse pinnalt, samuti katusematerjalist. Muidugi juhul, kui katus pole üleujutatud. Sel juhul tuleb piirduda katuse-



Joonis 38. Katusesse tehtud avad halvendavad olukorda, kuna ruumidest tulev niiske õhk ning katuse pinnal puhuv tuul tekitavad katusealuses ruumis vaakumi ja vee kondenseerumise tulemusel saavad seal arenema hakata hallitusseened.



Joonis 39. Hoonele rajatud viilkatus ei ole veekindel ning ventilatsioon ei toimi, seetõttu on taladele ilmunud kondensatsioonivesi ja hallitusseened.

aluse pinna uurimisega.

### Heledad fassaadid

Kuuekümnendatel oli moeasjaks ehitada puitraamistikul heledaid fassaade, mida katsid väljastpoolt hele vineer või asbesttsemendist plaadid. Väliskatte all oli ventilatsioonivadega liigendatud tuuletõkkeplaat, isolatsioonimaterjal, fooliumist niiskustõke ning siseviimistluses taas vineer või kipsplaat. Aeg on näidanud, et rajatud ventilatsioonivad olid sageli liiga väikesed ja niiskustõke ebaefektiivne, et ennetada maja seest tuleva sooja ja niiskema õhu liikumist külmadele pindadele, kus toimub kondenseerumine. Kondenseerunud vesi voolab sel juhul mööda seinaplaate, põhjustades hallitusseente ja puitu lagundavate seenete kasvama hakkamist. Kui ostitakse lahendust püsiva hallituslõhna probleemile, tuleb sellised "heleda fassaadi" tüüpi konstruktsioonid alati avada ja neid hallituste suhtes uurida.

### Ripplaed

Betoonehitistes on laialt levinud praktika ripplagede paigaldamine, et muuta ruume hubasemaks ja alandada müra taset. Ruumi sisekliima seisukohast ei ole see kõige otstarbekam, kuna ripplagede peale koguneb tolm, mis tekitab ruumis sumbunud lõhna ja mida on raske eemaldada. Tolmu kipub kogunema ka uksepiitadele ja kappide peale, mille kõrgus on rohkem kui kaks meetrit.

### Hallitavad katuseräästad

Majade räästaalused värvitud puitpinnad hallitavad



Joonis 40. Kui õhuniiskus on püsivalt kõrge, tekib külmasildadele ja väiksema õhu liikumisega kohtadesse (näiteks seinä äärde paigutatud mööbli tagusele seinale) kondensatsioonivesi.

sageli. Probleemi põhjustab nähtavasti puudulik isolatsioon ja ventilatsioon ning sellega seotud kondenseerumine. Niiskus peseb ajapikku puidust välja sinna imunud värvi veeslahustuvad komponendid, mille tulemusel saavad kasvama hakata hallitusseened.

#### Akende vahetusega seotud ventilatsiooniprobleemid

Pärast akende uuendamist võivad korteris ilmnedä tõsised ventilatsiooniprobleemid. Puitaknaid võib nendele kogunev kondensatsioonivesi sedavõrd paisutada, et neid on võimatu avada. Seinä ligi paikneva mööbli tagusel tapeedil ja aknaraamidil hakkavad kasvama hallitusseened. Probleemi olemuse selgitamine võib



Joonis 41. Ventilatsioonivavad on tihti täis tolmu ja seeneseid, mis just ei paranda ruumis valitsevat kliimat.



Joonis 42. Ventilatsioonivava ümbruses on läbijooks või toimub vee kondenseerumine ruumiõhust ning kasvama on hakanud hallitusseened.

nõuda tõelist detektiivitööd. Probleemide ennetamiseks tuleb akende uuendamisel säilitada endine ventilatsioonitase. Kui varem on akendel olnud õhutusavad, siis tuleb need teha ka uutele akendele või paigaldada lisaventilatsioon.

#### Sundventilatsiooni seadmed

Suurematesse hoonetesse paigaldatakse sageli ventilatsiooniseadmed, kuid mõnikord on need ebaotstarbekalt ehitatud. Näiteks juhul, kui õhk siseneb ventilatsiooniseadmesse maapinna lähedal, kus leidub palju hallitusseeni, või kui ventilatsiooniseadmesse on paigaldatud müra isoleeriv materjal või filter, mis soodustab niiskuse kondenseerumist ja seega ka hallitusseente kasvu. Arvatav värske õhk sisaldab seetõttu juba algselt palju seeneseid.

Ventilatsiooniseadmete sisemuses on sageli paks tolmuhiht ja levib iseloomulik kopitanud lehk. Soovitav on, et õhk siseneks ventilatsiooniseadmesse ülalt ja süsteemi oleks võimalik kogu ulatuses puhastada ja desinfitseerida. Sageli pole ventilatsioonisüsteeme puhastatud nende paigaldamisest alates. Oluline on tagada süsteemi regulaarne puhastamine ja filtrite vahetus vastavalt tootja ettekirjutustele.

Kui õhk puhutakse ruumi läbi sundventilatsiooni seadmete, on oluline regulaarne koristamine, sest ventilatsioon võib ruumis leiduva tolmu õhku laiali puhuda ja tekitada seega täiendavaid probleeme. Ruumist juba kasutatud õhu eemaldamine tekitab vähem ruumis leiduva tolmu seonduvaid probleeme, võrreldes õhu pideva ringlusega ventilatsioonis.



Joonis 43. Haagissuvilad ei sobi aasta läbi elamiseks.

#### Probleemid suvilate ja laevade aasta läbi kasutamise

Suvilad on ehitatud pidades silmas nende kasutamist ainult suveperioodil, võtmata arvesse isolatsiooni, ventilatsiooni ja kütmisega tekkivaid probleeme. Kui suvilaid kasutatakse terve aasta, ilmnevad sageli akendel, mööblil või konstruktsioonidel niiskuse kondenseerumisest tulenevad probleemid. Sama kehtib



Joonis 44. Vannitoad peaksid olema hästi õhutatud, et vältida hallitusseente kasvu seintel. Antud juhul oleks seina hallitamist saanud ära hoida, kui kahlhelplaadid katnuks kogu seina.

ka haagissuvilate ja laevade kohta, mida kasutatakse aastaringseks elamiseks. Suvila ümberehitamine aasta ringi kasutamiseks sobivaks elamuks võib osutuda keerukaks ülesandeks.

#### Kopituslõhn

Sageli jääb suvilas ületalve hoitud riitele ja mööblile külge iseloomulik kopituslõhn. Tihti on see põhjustatud hallitusseentest, mis põhjustavad kõdunemisprotsessi maja sügise jahtumise käigus. Temperatuuril 20°C sisaldab kuupmeeter õhku 20 grammi veeauru, temperatuuril 5°C aga ainult 5 grammi. Õhu jahtumisel tekivad ülemäärane vesi kondenseerub hoone seintele, riitele ja mööblile. Hallituste kasvu ennetamine ja kondenseerumise vältimine eeldab väga efektiivset ventilatsiooni või kütmist. Riitel arenevad hallitusseened sageli kraesse ja varrukatesse imendunud higil ja rasul.

#### Vannitoad

Kaasajal ei soosi ehitusnormid enam orgaaniliste ehitusmaterjalide nagu puitlaastplaat või kipsplaat kasutamist vannitubades ja teistes niisketes ruumides isegi juhul, kui need on kaetud klaaskiudtapeedi või spetsiaalsete pinnatöötlusvahenditega. On korduvalt tõestatud, et väiksemastki pinnaisolatsiooni vigastusest võib alguse saada materjali niiskumine, mis vallandab seente kasvu. Vaatamata sellele, et ehitustavad on muutunud, on säilinud veel väga palju seente kasvuks sobivaid pesemisruume. Sageli võib leida, et kahlhelplaadid on paigaldatud krohvitud puitseinale, millel puudub niiskustõke. Sellisel juhul võite ühel päeval tõdeda, et teil on naabriga ühine vannituba, kuna



Joonis 45. Tilkuvad veetorud panevad aluse ulatuslikule seenkahjustusele.



Joonis 46. Tingimustes, kus ümbritsevas keskkonnas materjalid kõdunevad püsiva kõrge õhuniiskuse tõttu ja vesi kondenseerub külmaveetorudele, on väga raske vältida hallitusseente kasvu tuletõkke materjalidel.

vahesein on sedavõrd kahjustunud, et kukub kokku. Vannitoa kehva ventilatsiooni korral tuleks liigne vesi kahhlpindadelt iga pesukorra järel kuivatada ja juhtida äravoolusüsteemi, selle asemel, et lasta sel aurustuda korteri sisemusse.

#### Õhu niisutamine

Vanemat tüüpi õhuniisutajad, kus vesi aurustub mahutist, põhjustavad sageli sisekliima probleeme või isegi nn leegionäride haigust, kuna veemahuti on heaks kasvukohaks bakteritele. Kloori kasutamine ei ole lahendus, kuna ka surnud bakteritest vabaneb toksilisi ühendeid, mis võivad põhjustada raskekujulisemaid haigussümptomeid. Tänapäevastes õhuniisutusüsteemides aurustub voolav vesi otse torusüsteemist ning bakterite kasvuks ei teki võimalust.

#### Külmadele torustikele kondenseerunud vesi

Keldrites ja peidikutes võib külmadele torustikele kondenseeruda suures koguses vett. Kui suhtelise õhuniiskuse alandamine ei ole võimalik, on vajalik paigaldada torudele isolatsioon (joonis 46).

#### Torustiku lekked

Vanemates majades tuleb torustike korrasolekut regulaarselt kontrollida. Torustikes, mis on peidetud konstruktsioonide sisse, voolab suures koguses vett ning lekke korral on tagajärjed tõsised.

#### Tule leviku takistamine

Tule levikut takistavad materjalid ja konstruktsioonid korrusmajade keldrikorrusel põhjustavad sageli niiskuse ja mädanemisega seotud probleeme. Keldrites tuleks vältida orgaanilise päritoluga materjale.



Joonis 47. Vinüülist põrandakatte alaküljel võib liigniisketes tingimustes tihti näha, et katte paigaldamiseks kasutatud orgaanilisel liimil on kasvama hakanud hallitusseened.

#### Linoleumi paigaldamiseks kasutatav orgaaniline liim

Maja võib välja näha kuiv ja puhas, kuid seal levib ometi kopituslõhn. Pärast hoolikat uurimist jääb ainsaks võimaluseks põrandakatte, mille alakülg on nakatunud hallitusseentega. Seened kasutavad toiduks linoleumi paigaldamiseks kasutatud orgaanika baasil valmistatud liimi. Mõned liimid peavad vastu ka niisketes tingimustes (näiteks vinüülist katete jaoks kasutatav Casco-Proff-Solid ja linoleumi jaoks kasutatav Casco-Lim-Solid) ning väliselt ei ole probleemi lihtne märgata.

#### Aja jooksul arenev pehkimisprotsess

Vanadel majadel on keldrikorrusel sageli telliskiviseintega ruumid. Mõrdiga seotud tellismüür toimib tahina, mis imab maapinnast tulevat niiskust ja annab seda edasi kaitsmata puitkonstruktsioonidele ja tapeedile.



Joonis 48. Kui ruumi õhu niiskusesisalduse suureneb, on sagedaseks probleemiks hallitusseened puidul ja tapeedil.

Kõdunemisprotsessi on võimalik peatada, kui isoleerida müür terasplaadi või asfaldiga, kuid see on kulukas lahendus. Kaasaegseks lahenduseks oleks seintele silikaatliimi kandmine. Silikaatliim on anorgaaniline ja tagab ühtlasi läbilaskvuse, et vesi saaks aurustuda. Puitkonstruktsioone võib kaitseks immutada fungitsiidiga.

#### Konstruktsioonide sisse peidetud torustikud

Varem valati vee- ja kütetorud sageli betoonpõranda sisse. Sellistel süsteemidel on siiski oma ekspluatatsiooniga ning varem või hiljem hävitab torud korrosioon. Torude lekkima hakkamist on raske märgata. Esimesteks märkideks võivad olla hallitavad kandetalad või põrandakate, samuti kaasnev kopituslõhn. Hiljem võivad kasvama hakata ka puitu lagundavad seened.

Probleemid võivad alguse saada otse pinnasele paigaldatud kütetorustikust. Küttesüsteemist lähtuva soojuse tõttu tekib pindmises kihist pinnase kuivamine, mis omakorda põhjustab pinnase kapillaarvee liikumist ülespoole. Sel viisil pumbatakse pinnasest ülespoole suurtes kogustes vett, mis võib akumulereeruda ehitise konstruktsioonis. Torustike varjatud leketega seotud probleemid on muutunud nii tavaliseks, et kindluskompaniid on pidanud vajalikuks laiendada kindlustuspoliise selliselt, et need katavad ka hallituseentest ja puidumädanikku tekitavatest seentest



Joonised 49 ja 49a. Uus vannituba näib kena, kuid peagi algavad probleemid hallitusega, sest vaipkatte paigaldaja on lõhkunud kuumaveetoru kahes kohas. Tulemus on näha korrus allpool, kus tapeedi all leiti massiliselt kasvamas *Aspergillus versicolor* (vt ka joonis 11 ja tabel 2).



Joonis 50. Riiulis paiknevad kiirkõitjad ja ruumi seinad on hallitustest kahjustatud, kuna kanalisatsioonitoru ummistuse tagajärjel tekkis üleujutus.

põhjustatud kahju.

#### Üleujutus

Sademetest või halvasti paigaldatud torustikust alguse saanud üleujutuse järel on väga oluline kõik konstruktsioonid avada ja korralikult kuivatada. Ämbritäis vett puitpõrandal võib põhjustada hallitusseente kasvu mitmel ruutmeetril isegi siis, kui see kiiresti kokku korjatakse. Telliskivimüür või betoon absorbeerivad suurtes kogustes vett ning nädalane kuivatusperiood (isegi ruumide kütmise korral) ei ole küllaldane. Kui kuivatamisprotsess lõpeb liiga vara, on tulemuseks hallitusseente arenemine. On tõestatud, et puidu pruunmädanik võib tekkida üleujutuse järgselt.

Juhul kui üleujutus on toimunud tihtikasutatavates elu- või tööruumides, võivad ruumis viibivatel inimestel tekkida konstruktsioonides arenevatest hallitusseentest tingitud terviseprobleemid (limaskestade ärritus, naha punetus jms). Põranda kuivatamiseks puuritakse sellesse augud, mis kaetakse võrega. Üleujutustesse tuleb suhtuda tõsiselt ning enne, kui konstruktsioonid taas suletakse, tuleks nende niiskusesisaldust mõõteriistadega kontrollida. Kui konstruktsioonid juba hallitavad, on liiga hilja alustada nende õhutamist ja kuivatamist.

#### Kanalisatsioonitorustiku ummistused

Kui aasta läbi kuiv püsinud kelder muutub äkki niiskeks ja seinetele ilmub hallitus, tasub olla tähelepanelik kanalisatsioonitorustiku suhtes.





Joonis 51. Äravoolutoru on veidi murdunud, kuna pinnas on vajunud ning kõdunemisprotsess ja seened tungivad ruumidesse.

### Vundamendi puudumine

Rootsis on olemas pikaajalised kogemused vundamendita majades arenevatest seenetest tingitud probleemidega. Paljud majad on ehitatud otse kaljupinnasele, millest vesi väga aeglaselt liigub. Kui maja-alust pinnast ei puhastata, ei desinfitseerita ja ei ventileerita, algavad probleemid eluruumidesse jõudva hallituslõhnaga. Sobiv näide on järgmine: pere ostis maja, kahtlustamata midagi isegi siis, kui nad nägid, et kuumal suvepäeval on maja aknad avatud ja küttesüsteem töötab maksimumvõimsusel. Pereliikmete sõnul valitses majas meeldiv, värskelt küpsetatud koogi lõhn. Mõne aja möödudes tekkisid lastel koolis probleemid, kuna neid halvustati riietest leviva kopituslõhna tõttu. Maja ülevaatusel tuvastasid eksperdid, et kõikjal on kopituslõhn. Maja all oli 50 cm kõrgune tühi ruum. Kui põrandakonstruktsioonid avati, leiti, et isolatsioonimaterjal, pinnase pealmine kiht ja seinad on ilma nähtava põhjuseta üleni kaetud hallitusseentega. Asja uurimisel selgus, et ventilatsiooniavad olid konstruktsiooni sisse löigatud hiljem, ilmselt pärast selle kindlustamist, mil hallituste kasv oli juba alanud. Ilmselt oletati, et ventilatsiooniavade rajamine lahendab probleemi, kuid nii see pole (vt ka kopituslõhna käsitlevat alalõiku). Kuna eemaldamata jäeti hallitusseentega nakatunud isolatsioonimaterjal, siis probleem ainult laienes.

Probleemi lahendusena eemaldati 30 cm paksune pinnasekiht nii, et paljastus aluskivim, ning vahetati välja isolatsioonimaterjal. Tegemist on kuluka ettevõtmisega, mida kindlustusfirmad enamasti ei rahasta.

### Uusehitised

Varem oli ehitamine suhteliselt aeglane protsess, mille käigus jäi betoonile ja mördile kuivamiseks piisavalt aega.

Tänapäeval näete sageli hommikul tühja ehitusplatsi, millele õhtuks on kerkinud kahekorruseline elamu. Puitpõranda või linoleumi paigaldamine enne, kui ehitamise käigus tekkinud niiskus on hoonest eemaldatud, loob suure riski hallitusseente arenguks põranda või seinakattematerjalide all. Samuti tuleb ehitamise käigus kõiki ehitusmaterjale hoida niiskumise ja vettimise eest.

## HALLITUSSEENTE ENNETAMINE

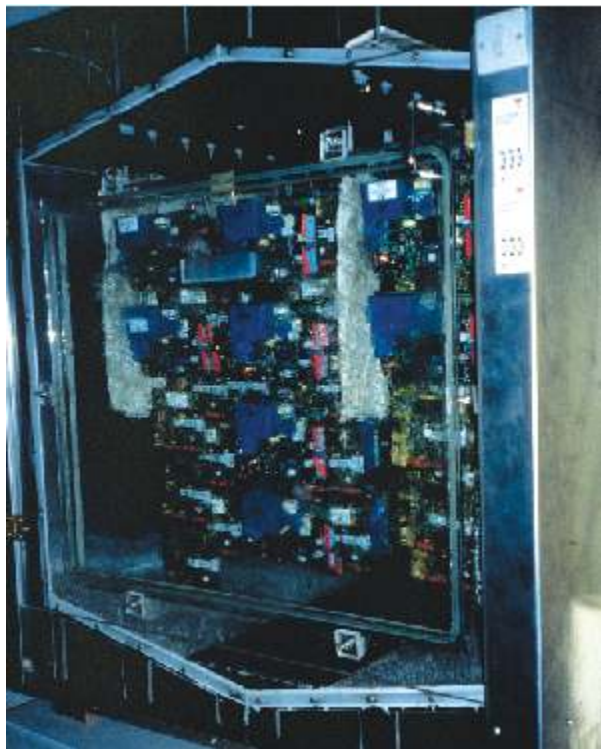
### Optimaalne suhteline õhuniiskus

Milline on ruumi optimaalne suhteline õhuniiskus?

Suhteline õhuniiskus sõltub aastaajast. Talvel on suhteline õhuniiskus madalam ja suvel kõrgem. Hea enesetunde saavutamiseks, aga ka hallituste kasvu vältimiseks hoones tekkivatel külmasildadel, võiks see olla umbes 45%. Sellisel juhul välditakse ka tolmulestad levikut, mis on probleemiks, kui õhuniiskus suureneb üle 50%.

On väga raske öelda, kui palju tuleb ruumi ventileerida, et saavutada optimaalne õhuniiskuse tase, kuna asjaolud on erinevad. Mõnikord elab kaks inimest kümne toaga korteris ja teinekord vastupidi, samuti erinevad elustiil ja vee kasutamise tavad. Rusikareegel on, et majas on niiskusprobleem, kui kahekordsed aknad või alumiiniumpinnad, mis toimivad külmasildadena, muutuvad rohkem kui ruutsentimeetri suurusel pinnal uduseks. Juhul kui akendel on udu, kondenseerub vesi arvatavasti seinale või tapeedile väheringleva õhuga kohtades, näiteks seinäärde paigutatud mööbli taga.

Vanades majades, kus akende paigaldamiseks on kasutatud mörti ja paneele raamide ja klaasi ümber, on õhu vahetumise kiirus akna lähedal 1,5 korda tunnis. Uute



Joonis 52. Kliimakamber, kus saab reguleerida temperatuuri ja niiskust. Kliimakamber sobib ehitusmaterjalide, värvide ja fungitsiidide uurimiseks erinevatel keskkonnatingimustel. Kambris uuritakse parajasti trükkplaati.



Joonis 53. Infrapunakiirgust saab kasutada hoone külmasildade kindlaks tegemiseks. Pildil on külmasild näha sinisena.

akende puhul, mille paigaldamiseks kasutatakse vuugitäite segusid, on see ainult 0,5 korda tunnis. Moodsates tihedates majades sõltub ventilatsiooni vajadus sellest, kui palju inimesi seal elab, kui tihti nad vannid kasutavad, kui tihedad on aknad, kui palju on toataimi ja kuidas kuivatatakse pesu. Ventileerimine ei tohi kunagi toimuda läbi külmade ruumide, kuna siis lisandub vältimatult veeauru kondenseerumisest tulevat niiskust. Paljud inimesed on pöördunud tagasi vanemat tüüpi akende paigaldamise juurde, sest liigtihedas majas on niiskuse kogunemist, kondenseerumist ja hallitussente kasvu on raske vältida. Mõnikord on vajalik tõsta ruumide temperatuuri, et suhteline õhuniiskus püsiks madalam (joonis 3).

### Külmasildade vältimine

Hoone siseseinad on alati soojemad kui välisseinad ka ainult siis, kui soojust toodavad üksnes ruumi elanikud. Eriti suur on sise- ja välisseina temperatuuride erinevus akende ümbruses ja nurkades. Samuti võib teistest külmem olla välissein, mis on risti valitsevate tuulte suunaga, kuna seda jahutavad pidevalt tuul ja sademed. Üldine õhuniiskuse tõus või õhutemperatuuri langus suurendab suhtelist õhuniiskust ja selle tulemusel jõutakse kondensatsioonipunkti, kus tekib udu.

### Kliimakamber

Kliimakambri tingimustes, kus saab kontrollida suhtelist õhuniiskust ja temperatuuri, on võimalik uurida materjalide vastupidavust hallitussentele kasutades olemasolevaid standardeid. Üks võimalikest standarditest on USA-s kasutatav MIL-STD-810D, mis määrab trükkplaatide resistentsuse hallitussentele. Kliimakambrit võib kasutada ehitusmaterjalide, samuti fungitsiidide ja desinfektantide toime uurimiseks.



Joonis 54. Kui maja põranda all on hästitöötav ventilatsioon, ei tohiks seda talvel sulgeda. See aitab vältida kondensatsioonivee tekkimist suvel.

### Majaaluse ruumi ventileerimine

Ehitusnormid näevad ette, et ventilatsioon peab olema vähemalt 1/500 kogu ehituse alusest pinnast ja ventilatsiooniavad paigutatakse kõigisse hoone nurkadesse. Ka siin on optimaalseid ventilatsiooninorme võimatu anda, sest pinnas võib olla kuiv, nagu kõrbes, või läbi vettinud, moodustades seisva veega lombi. Ventilatsiooni ülesandeks on tagada puitkonstruktsioonidele niiskusesisaldus alla 20%, kuna sel juhul on seente leviku oht väike. See omakorda tähendab, et suhteline õhuniiskus peaks jääma vahemikku 80-85% sõltuvalt temperatuurist. Hallituseente kasvu oht on väike, kui puidu niiskusesisaldus jääb alla 14%, mis tähendab et suhteline õhuniiskus peaks olema umbes 70%. Kuuma suveilmaga võib näha, et ventilatsiooniavade ümbruses tekib seinale kondensatsioonivesi, sest seal liigub niiske ja soe õhk külma keldrisse. Nii võivad maja-alusesse ruumi sattuda hallituseened ja puitu lagundavad seened. Põhimõtteliselt peaksid ventilatsiooniavad olema suvel suletud (vähemalt mõningatel juhtudel) ja talvel avatud.

### Kuivatusseadmed

Õhu kuivatamise seadmed töötavad põhimõttel, et niisket õhku puhutakse piki külma pinda, millele siis liigne niiskus kondenseerub. Vesi kogutakse seejärel kokku ja juhitakse eemale. Pärast üleujutust on oluline mõõta kuivatamise käigus materjalide veesisaldust niiskusemõõdikuga. Hallitustel kulub soodsates tingimustes (näiteks põrandaplaatide all) kasvama hakkamiseks aega ainult mõni päev ning

kuivatamisprotsessi ei tohiks teostada pimesi. Vettinud müüritise niiskusesisaldust saab mõõta, kui puurida sellesse augud, paigutada aukude seest puidust punnid ning mõne aja möödudes mõõta nende niiskusesisaldust. Kui niiskusesisaldus on väiksem kui 20%, on seentest tingitud oht minimaalne.

### Ventilatsioon köögis

Tavaline on, et pliidilt kerkiv veeaur ja tahm juhitakse ruumist välja. Siiski kasutatakse pliidi kohal ka tõmbkappe, millel on küll õli- ja süsinikdioksiidi filtrid ja mis eemaldavad tahma ja ebasoovitava lõhna, kuid juhivad veeauru ruumi tagasi. Seda ei saa pidada heaks lahenduseks, kuna veeaur tuleks samuti eemaldada. Mõnikord ei ole äratõmbeseadmed väliskeskkonnaga ühendatud ning see võib põhjustada hallitusprobleeme kogu majas.

### Pesu kuivatamine

Vanemat tüüpi majades, kus aknad ei ole väga tihedad, ei põhjusta toas pesu kuivatamine mingeid probleeme. Tänapäevastes, tihedate akendega majades, kus akende paigaldamisel on kasutatud silikooni, tuleks pesu kuivatamine toas seadusega keelustada. Seda on lihtne selgitada näite varal. Kui näiteks viis kilo käterätikuid hoiavad 18 kilogrammi vett, siis kuivatamise käigus aurustub see ruumi õhku.

### Ruumide õhutamine

Vanadel headel aegadel oli koduperenaistel, kes olid pere kodust välja saatnud ja voodite ülestegemise ja tolmu võtmisega algust teinud, tavaks aknad avada. Sellised



Joonis 55. Keldrit saab õhutada vana korstna kaudu, mida enam ei kasutata.



Joonis 56. Keldri õhutamiseks võib vaheseintesse augud puurida.

ajad on päästmatult kadunud. Igaüks meist toodab päevas kaks liitrit vett, mis tuleks majast välja juhtida. Selleks on vajalik sundventilatsioon. Optimaalne oleks ventileerida 15 minutit igal hommikul ja öhtul. Pikem õhutamine pole soovitatav, kuna seinad ja mööbel muutuvad jahedaks.

Kui muudetakse maja ruumide asendit, tihendatakse aknaid või muutub elanike arv, tasub tähelepanelikult jälgida õhuniiskuse taset. Seda võib teha mõõteriista (hügromeetri) abil või jälgides üldiseid ohumärke nagu udu ilmumine kahekordse klaasiga akendele. Suhtelise õhuniiskuse määramiseks hügromeetriga tuleb see



Joonis 57. Tänapäevastes tihedalt soojustatud majades on pesu kuivatamine rangelt keelatud.

eelnevalt kalibreerida. Hügromeeter asetatakse 12 tunniks märjale käterätikule, mille eeldatav niiskusesisaldus on 100%. On olemas ka elektrilisi õhuniiskuse määramiseks mõeldud mõõteriistu.

#### Loomulik ventilatsioon

Maja-aluse ruumi ja pööningu õhuvahetus toimub otse väliskeskkonda. Ilmastikumuutused lasevad sel loomulikul teel toimuda. Madala õhurõhu korral imetakse maja seest tulev niiske õhk välja, kõrge õhurõhu korral surutakse kuiv õhk maja sisemusse. Selleks et loomulik ventilatsioon toimiks, ei tohi pööningule paigaldada täiendavat isolatsioonikihti või maja-alusesse ruumi viivaid ventilatsioonivahendid kinni toppida. On ju väga mugav, et maja on võimalik õhutada loomulikult ja täiesti tasuta.

#### Ehitusmaterjalide füüsiline lagunemine

Värvil, plastikul ja komposiitmaterjalidel kasvavad hallitusseened võivad lisaks värvusele põhjustada muutusi ka materjalide elastsuses ja tugevuses. Seetõttu on oluline uurida materjalide loomulikku vastupidavust seentele erinevates tingimustes, samuti selgitada, millised keemilised ja füüsikalised muutused eelnevad materjali nakatumisele seentega.

#### Ennetav töötlemine fungitsiididega

Puitu võib seente eest kaitsta ka kemikaale kasutamata. Kui puitu kuumutada temperatuurini 190-200 °C 1-2 tunni jooksul, muutub puidus olev hemitselluloos ja tekivad uued ühendused nii, et seened ei suuda seda enam efektiivselt toiduks kasutada. Männi- ja kuusepuidu selline töötlemine tõstab puidu vastupidavust mädanemisele, kuid ei muuda seda täiesti mädanemiskindlaks.

Puidu vastupidavuse suurendamiseks võib kasutada ka keemilist kaitset. Tänapäeval ei ole üheselt kasutatavat standardmenetlust puidu kaitsmiseks hallitusseente eest. Kasutatakse järgmisi kemikaale: 1)joodiühendid, 2)propikonasool, 3)tebukonasool, 4)boorhape, 5)bensalkooniumkloriid.

Taanis on kasutusel järgmised fungitsiidid (sulgudes on antud nende põhilised keemilised komponendid numbrilise viitega eelnevale lausele):

- Beta (4 + 5),
- Borakool 20 (4),
- Borakool 10 Rh (4 + 5),
- Gori 11 (1 + 2),
- Micobor (4),
- Pinotex Aqua (1 + 2),

Töötlus	ATP-testi väärtus	Kolooniat moodustavate ühikute (CFU) arv Petri tassi kohta
X-1 (koostis teadmata)	15.2	> 450
X-3 (koostis teadmata)	0.4	170
X-6 (koostis teadmata)	0.17	69
Klorin®	6.2	> 300
Rodalon®	12.7	> 300
Gori 11®	1.0	27
Boracol 10 Rh®	1.1	30
Boracol 20®	1.9	> 300
Töötlemata puit	23.2	> 300

Tabel 3. Preventatiivseks puidutöötluks kasutatavate fungitsiidide võrdluskatse tulemused nelja kuu järel ATP-testiga ja kontaktplaatidega

Protox Svamp (2),  
Rodalon (5).

Kui fungitsiide kasutatakse pikka aega, võivad seened nende suhtes resistentseks muutuda. Seetõttu on vajalik kasutada erinevaid fungitsiide.

#### Fungitsiidide katsetamine

Allpool toodud näitajate abil võrreldakse hallituseente tõrjeks pika aega kasutusel olnud ja uuemaid fungitsiide. Puit jäeti hilissuvel kaheks nädalaks välja seisma, et tagada selle loomulik nakatumine hallitusseentega. Seejärel töödeldi puitu fungitsiidiga (400 g ruutmeetri kohta) ja hoiti temperatuuril 200°C ja suhtelise õhuniiskuse 99,9% juures neli kuud. Seejärel kontrolliti töötluks efektiivsust nn ATP-testiga, samuti puidu pinnalt võetud kontaktplaatidega (külv). Võrdlevad tulemused on esitatud tabelis 3.

Uuringu tulemusel võib öelda, et oksüdeerivatele tõrjevahenditele nagu Klorin® ja Rodalon® on ainult lühiajaline toime, samas kui X-6®, Gori 11® ja Boracol 10 Rh® olid üsnagi efektiivsed veel nelja kuu möödudes. Toode X-6 on veel katsetustes ja pole müügile jõudnud.