

Kurmo Konsa, Kalle Pilt

Hoonete biokahjustused

Tartu 2012



Toimetanud Silvi Seesmaa
Tehniliselt toimetanud Kristi Kingo
Fotod Kalle Pilt, Kurmo Konsa
Joonised Meelis Friedenthal, Marike Laht
Kujundanud Ege Taškin

Projekti rahastas osaliselt Euroopa Liit Kesk-Läänemere
Interreg IVA programm 2007-2013.



Autoriõigus: Autorid ja Eesti Mükoloogiauuringu Keskuse SA

Kõik õigused kaitstud. Igasugune autoriõigusega kaitstud materjali ebaseaduslik
paljundamine ja levitamine toob kaasa seaduses ette nähtud vastutuse.

AS Atlex
Kivi 23
51009, Tartu
atlex@atlex.ee
www.atlex.ee

ISBN 978-9949-30-304-5

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Ülevaade hoonete biokahjustustest	7
1.1. Hoonete kahjustused	7
1.2. Mis on biokahjustus?.....	14
1.3. Organisme mõjutavad keskkonnategurid.....	16
1.4. Biokahjustuste iseloom	19
2. Hoonete biokahjustuste ekspertiis	23
3. Kuidas tulla toime hoonete biokahjustustega	45
3.1. Kaitse biokahjustajate eest	45
3.2. Tõrjemeetodid.....	47
3.3. Keemilise kahjuritõrje organiseerimine	50
3.4. Terviseriskid biokahjustajate tõrjel	53
4. Hoonete seenkahjustused.....	59
4.1. Ülevaade seentest.....	59
4.2. Seenkahjustuste tüübid.....	61
4.3. Seenkahjustuste tõrje hoonetes.....	69
5. Hoonete putukakahjustused.....	89
5.1. Ülevaade putukatest	89
5.2. Hooneid kahjustavad putukad	91
5.3. Putukkahjustuste tõrje.....	98
6. Biokihid hoonetel	107
6.1. Biokihte tekitavad organismid.....	108
6.2. Biokihtide teke ja põhjustatud kahjustused.....	111
6.3. Biokihtide tõrje.....	114

7. Taimed hoonete kahjustajadena	121
7.1. Taimede põhjustatud kahjustused	121
7.2. Taimede tõrje hoonetel	123
8. Lindude ja näriliste tekitatud hoonete kahjustused	127
8.1. Lindude tekitatud kahjustused	127
8.2. Lindude tõrje	128
8.3. Näriliste põhjustatud kahjustused	132
8.4. Näriliste tõrje	132
MÕISTETE SÕNASTIK	137
KASUTATUD JA SOOVITATAV KIRJANDUS	149
LISA	155
EMÜK biokahjustuste hindamise alus	155

Sissejuhatas

Nii elusorganismid kui ka inimese loodud tehiskeskkond moodustavad lahusamatut osa inimest ümbritsevast. Me elame hoonetes ja peame elama ka koos erinevate organismidega. Inimesed jagavad Maad kümnetesse miljonitesse liikidesse kuuluvate elusolenditega, kellest enamik on siia ilmunud ammu enne inimesi ja hooned. Paljud neist on meile kasulikud, suur hulk ka ebameeldivad või suisa ohtlikud. Tasakaalu leidmine elusolendite vajaduste ja inimeste tahtmistel vahel ei ole kunagi lihtne, aga see on hädavajalik. Inimene peab kahjulikeks neid organisme, kelle elutegevus võib meile tekitada erinevaid probleeme. Kahjurid võivad kahjustada ehitisi ja tooteid, toiduaineid ning materjale, aga samuti näiteks koduloomi ja kasulikke taimi. Kahjulike organismide tekitatud kahjustusi nimetatakse biokahjustusteks.

Kuna hooned, neid kasutavad inimesed ja neis paiknevad elusorganismid on kõik alati erinevad, siis on ka biokahjustused ainulaadsed. Nendega edukas toimetulek nõuab olukorra kompleksset käsitlemist ja suure hulga tervet mõistust. Enamik biokahjustusi on suhteliselt kerge vaevaga ärahoitavad. Samas tuleb neid igapäevases elus järjest sagedamini ette. Milles on siis asi?

Põhjusi võime leida nii inimeste tegemistest ja tegematajätmistest kui ka organismide võimes kohaneda erinevate keskkonnatingimustega, sealhulgas ka inimeste poolt loodutega. Tasuks pidada meeles, et organismid ei tegele mitte meie huvide kahjustamisega, vaid enda ellujäämise ja paljunemisega. Ja nad on selles vägagi osavad! Seetõttu on ilmselt üsna lootusetu unistus kahjurivabast maailmast, sest sellises maailmas poleks enam ka inimest.

Osaliselt on biokahjustuste esinemise põhjuseks teadmiste puudus, kuid märksa sagedamini see, et olemasolevaid teadmisi ei rakendata üldse või rakendatakse valesti. Vanade hoonete, mis on edukalt biokahjustajatele vastu pidanud, ehitamisel on jälgitud sajandite vältel väljakujunenud tavasid ja ehitusvõtteid. Põhitõed on ju vägagi lihtsad – hoida tarindidid kuivad, tagada kahjustusohutlike hooneosade ümber piisav õhu liikumine ja lubada hügrokoopsetel materjalidel „hingata“. Veade hoonete projekteerimisel ja ehitamisel, hoolduse puudumine ning hoonete ebaõige kasutamine viivad paratamatult selleni, et biokahjustused muutuvad üha sagedasemaks ja tõsisemaks. Üheks põhjuseks on ka üha uute ja uute ehitusmaterjalide kasutuselevõtt ning nende lausa agressiivne müük. Vaatamata sellele, et ehitusmaterjalide tootmisel on tehtud hulgaliselt katseid, näitab praktika, et nad käituvad reaalses tingimustes tarindites koos teiste „tänapäevaste“ materjalidega hoopis teisiti, olles tihti heaks kasvatavaks igasugustele organismidele. Biokahjustustega edukaks toimetulekuks on ainult üks võimalus – keskenduda tagajärgede likvideerimiselt põhjuste

kõrvaldamisele. Enne hoone ehitamist, rekonstrueerimist, renoveerimist või restaureerimist peaks alati konsulteerima erialainimestega. Selles valdkonnas võivad nii mõnedki pidada ennast spetsialistiks, kuid nendelt tasuks küsida, kust pärinevad nende teadmised ja kui pikaajalised on nende kogemused. Ka tehtud tööde loetelu ning varasemate klientide soovitusel aitavad kindlasti eristada spetsialisti isehakanud „teadjamehest“.

Kui aga kahjustused on juba tekkinud, tuleb need kõrvaldada minimaalsete kahjudega hoonele, inimestele ja keskkonnale laiemalt.

Tänapäeva arenenud keemiatööstus on loonud tuhandeid erinevaid kemikaale, millest paljud on väidetavalt „loodussõbralikud“ ja „ohutud“, kuid ei tasuks unustada ilmselget – kahjutuid aineid pole mõtet kasutada organismide hävitamiseks. Tegemist on alati inimesele rohkem või vähem kahjulike ühenditega. Vajadusel tuleb neid kasutada, aga alati endale aru anda ka nende negatiivsetest kõrvalmõjudest. Vahel võivad kemikaalide kahjulikud mõjud olla isegi ulatuslikumad kui tõrjutavate kahjurite poolt tekitatu.

Käesolevas raamatus on käsitletud Läänemere piirkonna hoonetes esinevaid biokahjustusi ning nende ennetamise, avastamise ja likvideerimisega seotud tegevusi läbi bioloogi ning ehitusinseneri pilgu. Biokahjustuste teoreetilise ja laiahaardelisema käsitluse leiab Kurma Konsa varasemast raamatust „Konserveerimisbioloogia“.

Peamised biokahjustused on raamatus esitatud peatükkide kaupa, alates kõige olulisematest, milleks on kahtlemata seemed, neile järgnevad putukad, mitmesugustest organismidest põhjustatud biokihid, taimed, ning lõpetades lindude ja närilistega. Raamatu esimeses kolmes peatükis antakse ülevaade biokahjustuste olemusest, nende äratundmisest ja kaitse üldpõhimõtetest. Muuhulgas kirjeldatakse biokahjustuste ekspertiisi tegemist ning hoone biokahjustuste kontrolli. Raamatu teises pooles käsitletakse põhjalikumalt erinevaid kahjustusi ning kahjurite tõrjemeetodeid.

1. Ülevaade hoonete biokahjustustest

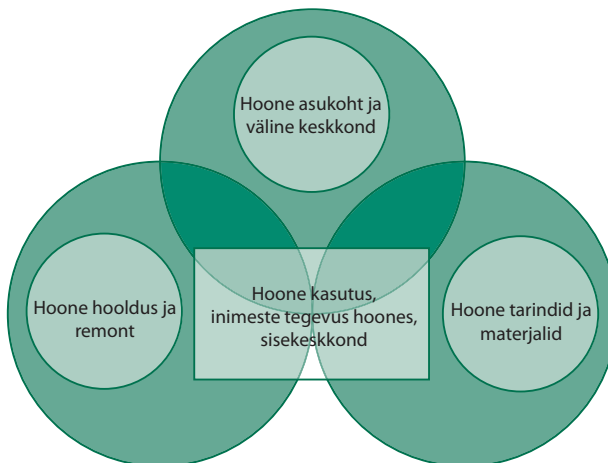
Lugenud läbi selle peatüki,

- tead, kuidas grupeeritakse hoonete kahjustusi ja oskad neid kirjeldada;
- oskad kirjeldada biokahjustuse situatsiooni;
- tead, millised keskkonnategurid mõjutavad elusorganisme;
- tead, milliseid kahjustusi materjalidele võivad organismid tekitada;
- omad ülevaadet organismide aine- ja energiavahetuse peamistest tüüpidest.

1.1. Hoonete kahjustused

Hooneid ei saa kunagi käsitleda eraldiseisvana keskkonnast ning inimeste tegevustest hoonetes ja nende ümber. Ükskõik, millist hoonet me ka vaatleksime, ikka näeme selle seoseid kohti, keskkonna ja inimestega (vt joonis 1).

Hoone on väliskeskkonnast katuse ja teiste välispiiretega eraldatud siseruumiga ehitist, mis moodustub keerukast materjalide ja tarindite kompleksist. Kõikidel ehitamise ja hilisema ümberehitamise või parandamise käigus kasutatud materjalidel on omad spetsiifilised omadused ning hooldusnõuded. Erinevad materjalid on erineva vastupidavusega ning reageerivad vastavalt keskkonnatingimustele. Traditsioonilised hooned, mille ehitamisel on kasutatud peamiselt looduslikke materjale, nagu puit, kivi, tellised, lubimört,



Joonis 1. Hooned moodustavad koos keskkonnaga keerulise süsteemi.



Foto 1. Tehnoloogilised hooned erinevad traditsioonilistest nii kasutatud materjalide kui ka välisilme poolest.

erinevad oluliselt nüüdisaegsetest hoonetest, mille juures on valdavateks materjalideks betoon, teras, klaas, plastid ja komposiitmaterjalid (foto 1).

Sõltumata aga sellest, milliste hoonetega on tegemist, esineb sageli nende juures kahjustusi ja lagunemist. See, millised kahjustused hoonel on, sõltub nii hoone ehitamiseks kasutatud materjalidest, ehitusviisidest, keskkonnatingimustest kui ka kasutamisest ja hooldusest.

Kahjustusprotsessid grupeeritakse:

- füüsikalised,
- keemilised,
- mehaanilised,
- bioloogilised.

Tegelikkuses ei ole eeltoodud kahjustusprotsesside mõju hoonetele kunagi rangelt piiritletud. Erinevad protsessid toimivad enamikul juhtudest koos, kahjustades hoonete materjale ja tarindeid.

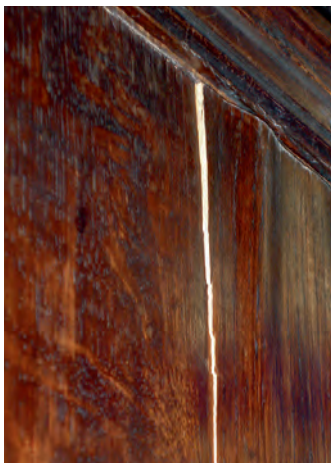


Foto 2. Niiskusesisalduse muutuste tõttu purunenud puit.



Foto 3. Vee külmumise tõttu purunenud sokkel.



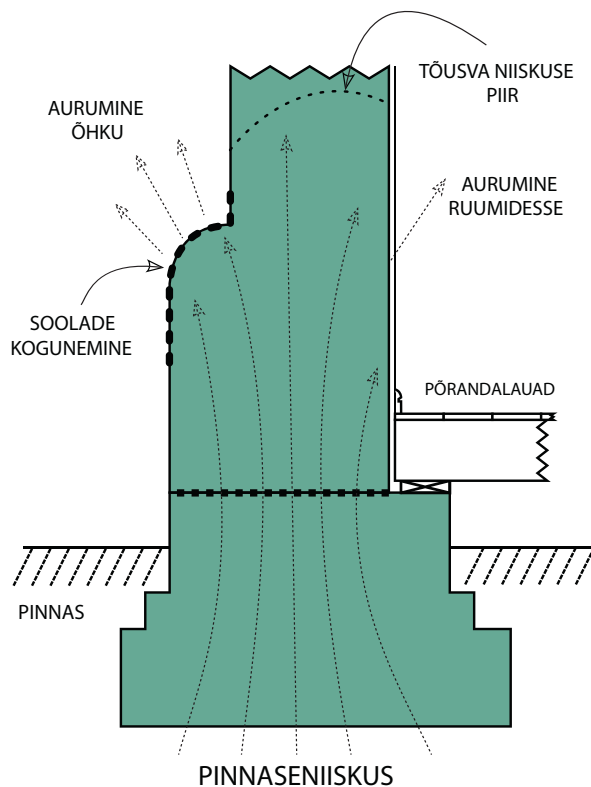
Foto 4. Soola-
kahjustused seinal.

Füüsikalised kahjustused

Füüsikalised kahjustused tekivad materjalide **niiskusesisalduse muutumisel kaasnevate mahumuutuste** ning soojus- ja valgusenergia põhjustatud mõõtmete ja molekulaarstruktuuri muutuste tõttu. Suur hulk orgaanilisi materjale, sealhulgas ka puit, muudavad oma niiskusesisaldust vastavalt suhtelise õhuniiskuse muutustele ümbritsevas õhus, selliseid materjale nimetatakse hügrokoopseteks. Enamik hügrokoopseid materjale paisub suhtelise õhuniiskuse tõustes ning tõmbub kokku, kui see langeb. Paisumine ja kokkutõmbumine põhjustavad materjalide deformatsioone ja purunemist (foto 2).

Väliskeskkonnas asuvatel objektidel ja hoonetel põhjustavad olulisi kahjustusi **talvised külmumis- ja sulamistsüklid**. Materjalide pragudes ja poorides asuva vee külmumine põhjustab jää suurema mahu (vee muutmisel jääks suureneb viimase ruumala ligikaudu 9%) tõttu materjali mehaanilisi kahjustusi (foto 3). Kahjustuste ulatus sõltub nii niiskusesisaldusest kui ka külmumise kiirusest ja pooride suurusest. Suurepoorilised materjalid, näiteks tellised, on külmakindlamad võrreldes materjalidega, millel on väiksemad poorid (näiteks betoon).

Kivimaterjalide soolakahjustused on seotud erinevate soolade lahustumise ja rekristalliseerumisega materjali poorides ja pinnal (foto 4). Soolade päritolu võib olla erinev. Soolad võivad sattuda materjalidesse õhust, kus on neid eriti hulgaliselt siis, kui ligiduses on meri. Samuti tekivad soolad saasteainete ja kivimaterjalide reageerimise tulemusena. Nii näiteks tekib happeliste saasteainete ja lubjakivi vahelise reaktsiooni tulemusena kaltsiumsulfaat. Olu- liseks soolade tekke- ja levimiskohaks on maapind ühenduses vundamendi või tugiseinaga. Kui müüritis ei ole kaetud korraliku hüdroisolatsiooniga, võib vesi koos lahustunud sooladega tõusta müüritisest üle maapinna kuni poole meetri võrra, väikeste pooridega materjali puhul kõrgemalegi, kusjuures tihti on suure soolasisaldusega vee kapillaartõusu kõrgus suurem soolavaese vee omast. Ehitusmaterjalid ise võivad samuti sisaldada erinevaid sooli. Sagedamini tekitavad probleeme sulfaatsed soolad, nagu näiteks tenardiit (Na_2SO_4) ja kips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$).



Joonis 2. Kiviseina soolakahjustused.

Vesi kannab lahustuvaid soolasid kivide kapillaaridesse. Vee aurumisel soolad kristalliseeruvad ja et moodustuvad kristallid on suurema mahuga, lõhuvad need kivi (joonis 2).

Soolade kahjustused ehituskividel ilmnevad järgmisel kujul:

- nakke kadumine materjalikihtide vahel ning selle tulemusena pealmiste kihtide koorumine;
- materjalide pragunemine;
- sidematerjali vähenemise tulemusena täitematerjali pudenemine (krohvid);
- et soolad on hügrokoopseid, st seovad vett, tekivad seintele niiskuse laigud;
- materjalide väljanägemise muutused.

Kahjustuste ulatus sõltub niiskuse hulgast ning suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri kõikumistest. Erinevat tüüpi kivimid on erineva poorsusega ja imavad seetõttu ka erineva hulga vett. Tardkivimid, näiteks graniit, ei ole üldjuhul poorsed ja veega seotud probleeme neil ei esine. Moondekivimid, näiteks marmor või gneisid, on vähesel määral poorsed ning võivad absorbeerida umbes

5% vett enda mahust. Paekivi ja muud settekivimid on poorsed ja võivad absorbeerida 15–30% vett nende enda mahust.

Kivi pinnal olevad soolad küll kahjustavad pinda, kuid nad ei ole kõige olulisemaks probleemiks. Pinnal olevaid soolasid saab kergesti eemaldada mehaaniliselt ja/või pesemisega. Oluline on eemaldada kivis sees olevad soolad. Üheks võimaluseks on ümbritseda kiviobjekt vees märjaks tehtud filterpaberiga. Kompresist imbub vesi objekti ja lahustab soolad. Siis kuivatatakse kompress ära ja pinnale liikuv vesi toob lahustunud soolad endaga kaasa. Pannakse uus kompress ja nii korratakse seda mitmeid kordi. Meetodi efektiivsus sõltub sellest, kui sügavale kivisse vesi tungib. Soolad seevastu kipuvad olema levinud kogu poorse kivi ulatuses.

Soolad võivad kahjustada ka puitu. Pikaajaliselt soolalahusega kokku puutunud puitmaterjali struktuuris laguneb ligniin ja järele jäävad vaid pikad peened tselluloosikiud (foto 5). Siiski esineb puidu soolakahjustusi oluliselt vähem kui kivimaterjalide kahjustusi.

Valguskiirgusel on enamikule materjalidele tugev kahjustav toime, mis avaldub fotokeemilises ja soojuslikus mõjus. Valguskiirgusest on eriti kahjuliku toimega violetne ja ultravioletne kiirgus (lainepikkuste vahemikus 380–420 nm). Valguskiirguse kahjulik toime avaldub ennekõike pinnakattematerjalidel, plastmassidel, teatud määral ka puidul. Valguskiirguse soojusliku toime suhtes on tundlikud bituumen, hermeetikud ning plaatmaterjalid.

Päikesekiirguse, tuule ja vihma mõjul toimub puidupinna aeglane **erosioon** (foto 6). Seda protsessi kutsutakse puidu korrosiooniks. Selle ulatus sõltub eespool nimetatud keskkonnategurite toimest ja puidu vastupidavusest. Puidu



Foto 5. Soolakahjustusega puittünn.



Foto 6. Keskkonnatingimuste mõjul toimub puidupinna aeglane erosioon.

pinnakorrosioon on väga aeglane protsess (kuni 1 cm sajandis). Korrosiooni vältimiseks ja puidu kaitsmiseks päikesekiirguse, tuule ja vihma eest kasutatakse puiduviimistlusvahendeid, mis tõkestavad UV-kiirguse mõju ja on vett-hülgava toimega.

Keemilised kahjustused

Õhus leidub erinevaid gaasilisi, vedelaid ja tahkeid aineid. Keemiliste kahjustusprotsesside hulka arvatakse mitmesugused reaktsioonid (hüdrolüüs, oksüdatsioon, korrosioon jpt), mis on esile kutsunud nii materjalide endi keemiliste koostisainete reageerimisest kui ka väliskeskkonnast materjalidesse sattuvate ainete toimest.

Saasteainetest on üks olulisemaid kivimaterjalide kahjustajaid vääveldioksiid. Vääveldioksiid moodustub väävliit sisaldavate kütteainete, näiteks kivisöe või masuudi põletamisel. Kivimaterjalide korral on peamiseks kahjustavaks mehhanismiks kaltsiumkarbonaadi muutumine väävliit sisaldavate saasteainete toimel kaltsiumsulfaadiks e kipsiks (CaSO_4). Vääveldioksiidi kõrval on saasteainete hulgas tähtsal kohal lämmastikuühendid, ennekõike lämmastikoksiidid. Peamiselt sisepõlemismootorite töö tulemusena õhku eralduvad lämmastikuühendid põhjustavad materjalide oksüdeerumist.

Järjest enam on kasvanud ka diislikütuste põlemisel moodustuvate ühendite osa saastekoormuses. Väliskeskkonnas leidub alati tolmu. Kõige ohtlikumad on väikesed, kleepuvad, mustad happelise reaktsiooniga tahmaosakesed, mis moodustuvad õlide, ennekõike diislikütuse ebatäielikul põlemisel. Hoonetele sadenedes moodustavad need musta õlise kihi.

Korrosioon on eelkõige metallide (kuigi korrosiooni terminit kasutatakse ka teatud tüüpi klaasi ja puidu kahjustuste kirjeldamisel) kahjustumine ümbritseva keskkonna toimel. Paljud metallid korrodeeruvad, st reageerivad hapniku, õhuniiskuse ja erinevate kemikaalidega. Raua ja rauasulamite korrosiooni nimetatakse roostetamiseks. Sulfaatkorrosioon on niisketes tingimustes toimuv reaktsioon sulfaatsete soolade ja trikaltsiumaluminaadi vahel, seda leidub portlandtsemendis ja hüdraulilises lubjas. Reaktsiooni tulemusena moodustub kaltsiumsulfoaluminaat, mille kristallid võivad põhjustada märkimisväärselt paisumist, müürivuukide lagunemist ja tellismüüride deformatsioone. Mõrdi paisumise tulemusena hakkavad horisontaalvuugid pikisuunaliselt pragunema, millele järgneb müüritise kõverdumine ja pragunemine.

Karboniseerumine tekib õhus oleva süsinikdioksiidi ja betoonis leiduvate hüdrokksiidide reageerimisel. Selle tulemusena moodustub kaltsiumkarbonaat, mis on vees vähelahustuv ning jääb betooni pooridesse. Betooni pinnakiht muutub karboneerituks ning betooni algne aluseline keskkond (pH 12–12,5) muutub

nõrgalt aluseliseks või neutraalseks ($\text{pH} < 9$). Selline betooni reaktsioon ei ole aga enam piisavalt aluseline, et kaitsta sarrustust korrosiooni eest.

Mehaanilised kahjustused

Mehaanilised kahjustusprotsessid on põhjustatud mehaaniliste jõudude toimest (deformatsioon, purunemine, rebenemine, kulumine, abrasioon) ja pinna määrdumisest. Tegemist on küllaltki suurte ja väga mitmepalgeliste kahjustusprotsessidega, mis osaliselt kattuvad ka teiste kahjustusprotsessidega. Samas on tegemist väga sageli esinevate kahjustustega, mis mõjutavad oluliselt hoonete ja rajatiste seisukorda. Mehaaniliste jõudude korral on olulised näiteks ülepinngetest tekkivad stabiilsuse kaod, deformatsioonid ja purunemised. Selline olukord võib tekkida näiteks siis, kui hoonete ümberehitamise käigus koormatakse tarindeid oluliselt suuremate koormustega, kui nende algne eesmärk oli. Pindade määrdumist põhjustavad keskkonnamõjude kõrval ka erinevad elusorganismid (vt lähemalt ptk 5, Biokihid hoonetel). Mehaanilisi kahjustusi põhjustab lisaks hoonete halb hooldus ning inimeste vandalism.

Tuulest tingitud mehaaniline erosioon on levinud rannikualadel ja saartel. Tuule mehaanilise toime mõjul eralduvad materjalidest väikesed osakesed. Mida pehmema materjaliga on tegemist, seda suurem on tuuleerosiooni mõju. Eriti tugeva tuulega võib vihmavesi samuti erodeerida ja lagundada pehmeid materjale nagu savi ja puit. Siiski ei ole tavaliselt meie kliimas tuule ja vee erosiooni osa hoonete kahjustustes suur.

Hoonele **sadenevad soolad** põhjustavad pinna määrdumise. Müüritise pind võib kattuda valkja kristallilise kihiga, sest müürimõrdis olev kaltsiumhüdrosiid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) reageerib õhus oleva süsihappegaasiga (CO_2). Selle tulemusel tekib kaltsiumkarbonaat (CaCO_3), mis hakkab sadestuma valkja kihina tarindi pinnale. Seda sademekihti ei ole võimalik seinalt lihtsalt maha pesta, eemaldamiseks on vaja kasutada happelahust. Tellistes leiduva raudsulfaadi ja mõrdis oleva lubja omavahelise reaktsiooni tulemuseks on seina pinnale tekkiv pruunikas hüdrosiidide ja raua karbonaatsete ühendite kiht.

Bioloogilised kahjustused

Bioloogilised kahjustusprotsessid tekivad mitmesuguste organismide (bakterid, aktinomütseedid, mikroseedid, putukad, närilised jne) elutegevusest, enamasti on tegemist olemuselt keemiliste või mehaaniliste kahjustustega, mis on tekitatud organismide poolt.

Enamikul juhtudest on objektide kahjustused põhjustatud erinevate tegurite koosmõjust ning seetõttu on kahjustuste täpset iseloomu raske kindlaks määrata.

1.2. Mis on biokahjustus?

H. J. Huecki (2001) pakutud klassikalise definitsiooni kohaselt on biokahjustus igasugune ebasoovitatav muutus materjalide omadustes, mis on esile kutsutud organismide elutegevusega. Eestis on kasutusele võetud kahjuri, kahjustuse ja kahjuritõrje mõisted, mis pärinevad Euroopa Liidu biotsiididirektiivi 98/8 tõlkest ning on defineeritud biotsiidiseaduses (vt mõisted). Põhiliseks erinevuseks direktiivi ja Eesti biotsiidiseaduse vahel on see, et direktiivis käsitletakse biotsiidina ka mehaanilisi ja füüsikalisi vahendeid, kuid Eestis ainult kemikaale ning bioloogilisi tõrjevahendeid.

Organisme, kes ründavad materjale, esemeid, hooneid ja toorainet ning muudavad nende omadusi inimesele ebasobivas suunas, kutsutakse **biokahjustajateks**. Biokahjustusi võivad ühel või teisel määral esile kutsuda kõik elusorganismid ning biokahjustuste objektiks võivad saada kõik materjalid, alates naftast ja lõpetades metallidega, ning kõik objektid, alates telliskivist ja lõpetades arvutiga.

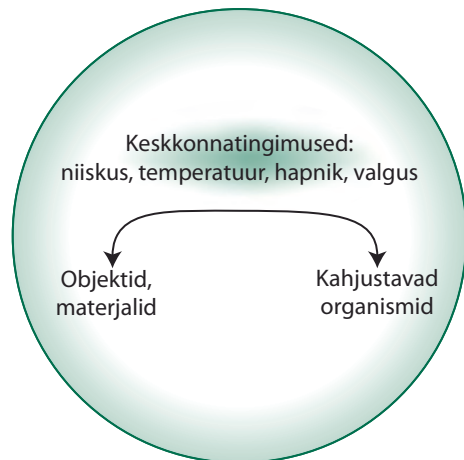
Biokahjustused on alati seotud ümbritseva keskkonnaga. Ümbritsev keskkond on foon, mille taustal toimuvad biokahjustusprotsessid ning mida keskkond pidevalt mõjutab. Biokahjustusprotsessid saavad toimuda ainult siis, kui keskkonnatingimused on sobivad neid põhjustavate organismide kasvuks ja arenguks.

Igasuguse biokahjustuse korral on olulisteks osalisteks selles protsessis (joonis 3):

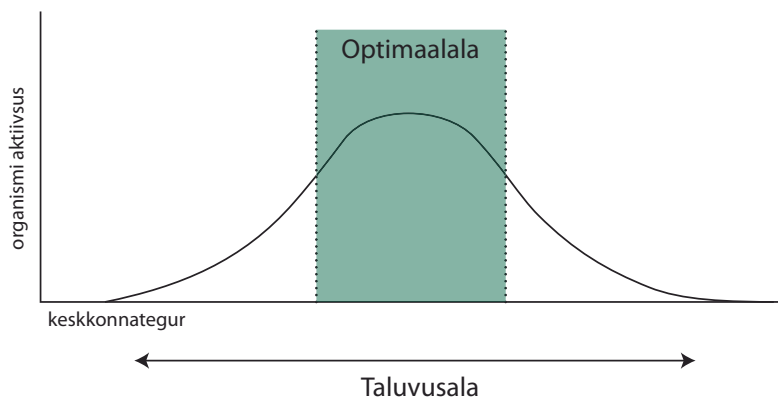
- materjal, mida kahjustatakse;
- organismid, kes kahjustavad (biokahjustajad);
- keskkond, mis mõjutab nii organisme kui ka materjale.

Organisme mõjutavatest keskkonnateguritest on olulisimad:

- niiskus,
- temperatuur,
- hapnik,
- valgus.



Joonis 3. Biokahjustuse situatsioon.



Joonis 4. Populatsiooni taluvus ja optimaalala.

Iga keskkonnateguri suhtes on organismil teatud vahemik, milles ta saab elada. Seda vahemikku kutsutakse taluvusalaks ehk ökoamplituudiks (joonis 4). Taluvusala piiridel kannatab organism stressi all. Optimaalalal on antud keskkonnategur kõige sobivam. Erinevatel liikidel on erinevad taluvusalad. Igal liigil on iga keskkonnateguri suhtes oma miinimum ja maksimum, st taluvuse piirid, millest väljaspool ei saa selle liigi organismid elada. Limiteerivad ehk piiravad tegurid on keskkonnatingimused, mis kitsendavad isendi või populatsiooni eluvõimalusi antud piirkonnas. Üldiselt võib iga tegur muutuda limiteerivaks, kui selle tase on antud liigi taluvuspiiride ligiduses (üleväl või allpool).

Kuna igal juhul ja alati on tunduvalt lihtsam biokahjustajatest hoiduda, kui nendega võidelda, siis on võimalike biokahjustajate limiteerivate keskkonnategurite tundmine ülioluline. See võimaldab luua kahjustusi esilekutsuvate organismide kasvuks ja arenguks võimalikult ebasoodsad keskkonnatingimused. Iga elusorganism vajab teatud ressursse – toitu, vett, varjupaiku. Seega iga konkreetne elupaik suudab ülal pidada teatud suurusega populatsiooni. Soodsas elukeskkonnas on raske organisme täielikult hävitada, sest kui ka suur osa populatsioonist mingil viisil hävitatakse, tõuseb ellujäänute viljakus ning organismide arvukus taastub kiiresti, kuid kui muudetakse keskkonnatingimusi, siis hävib populatsioon iseenesest.

Esmaseks ülesandeks biokahjustuste tõrjel on alati muuta keskkond organismidele võimalikult ebasoodsaks. Selleks tuleb aga teada, millised on nendes tingimustes limiteerivad tegurid organismide suhtes.

Vaatleme järgnevalt peamiste keskkonnategurite mõju elusorganismidele.

1.3. Organisme mõjutavad keskkonnategurid

Vesi

Organismide kasvuks ja arenguks on vee olemasolu hädavajalik, kuna rakkude elutegevus toimub vesilahustes. Vett leidub nii õhus, materjalides kui ka lah-tise veena. Materjalides leiduv vesi jaotatakse kolmeks: vaba vesi, mis paikneb materjali poorides, lõhedes ja pinnal, hügrokoopne vesi, mis on seotud mater-jali rakukestades ja rakkudes (orgaanilist ainet sisaldavate materjalide puhul), ning keemiliselt seotud vesi, mis on keemilise reaktsiooni tulemusel kaasatud materjali koostisse. Materjali niiskusesisaldust väljendatakse protsentuaalselt materjalis leiduva vaba ja hügrokoopse vee hulga suhtena materjali kuivaine osa kohta. Katseliselt määratakse materjali veesisaldus kuivatamiskatsega, kus kaalutakse katsekeha ning kuivatatakse seda seejärel kuni stabiilse kaaluni ning kaalutakse uuesti. Materjali niiskusesisaldus protsentides leitakse järgmise vale-miga: esialgse katsekeha (märja katsekeha) kaal miinus kuiva katsekeha kaal, jagada kuiva katsekeha kaaluga ning korrutada sajaga.

Materjali tasakaaluniiskus ehk tasakaaluline veesisaldus sõltub paljudel mater-jalidel ümbritsevas keskkonnas olevast vee hulgast. Materjali tasakaaluniisku-seks nimetatakse maksimaalset vee hulka materjalis antud keskkonnatingi-mustel. Lisaks materjali ja ümbritseva keskkonna struktuurile ja keemilisele koostisele sõltub materjalide tasakaaluniiskus põhiliselt erinevates olekutes olevast vee hulgast ümbritsevas keskkonnas, kuid ka temperatuurist ning vähe-sel määral õhurõhust. Erinevate materjalide tasakaalulised niiskusesisaldused on ühesuguste väliste tingimuste korral erinevad. Suurimaks tasakaaluniisku-seks materjalidel on enamasti tasakaaluniiskus, mille materjal saavutab siis, kui see on pikaajaliselt olnud otseses kontaktis lahtise veega. Sellist materjali võib nimetada veega küllastunuks (rahvakeeles läbivettinud).

Biokahjustusele tundlikkuse seisukohalt on oluline nii materjali koostis kui ka selle võime siduda vett. Anorgaanilise materjali puhul on eriti oluline selle poorsus. Seejuures tuleb arvestada, et poorsus sõltub ka materjali vananemisest ja kahjustumisest.

Enamik organisme nõuavad kasvuks ja arenguks kas vaba vee olemasolu või siis materjalide niiskusesisaldust üle 20%, kuid samas on paljudel organismidel ka ülemine niiskusesisalduse taluvuspiir ning absoluutselt märjas materjalis pole paljud neist võimelised arenema. Putukatel sõltub veevajadus liigist, kuid üldi-selt eelistavad ka nemad niiskemaid tingimusi.

Temperatuur

Enamik elusorganisme elab temperatuurivahemikus 0 kuni +50 °C. Paljud organismid, näiteks bakterid ja seemned taluvad küllaltki äärmuslikke temperatuure, ilma et nad kaotaksid eluvõimet, kuigi kasv ja areng on peatunud. Eriti vastupidavad mitmesugustele keskkonnatingimustele on bakterite spoorid ja seente eosed.

Väliskeskkonnas asuvate objektide biokahjustused sõltuvad paljuski ümbritsevast kliimast. Soe ja niiske kliima soodustab, kuiv ja külm kliima pidurdab biokahjustuste teket. Hoonete sisekeskkond on enamasti sõltuvuses väliskeskkonnast. Ehitustarindite standardites on lähtuvalt ümbritseva keskkonna niiskusest ja temperatuurist välja toodud erinevad materjalide kasutusklassid. Üldistades kõiki materjale, võib kasutusklassid jagada viieks:

1. kasutusklass – kuivad küttega ruumid (õhuniiskus enamasti alla 65%);
2. kasutusklass – kaetud kütteta ruumid ning niisked ruumid. Näiteks pööningud, varjualused, vannitoad, saunad jms;
3. kasutusklass – ilmastikuoludele avatud tarindid. Näiteks elektripostid, hoonete välisseina kattematerjalid, katused jms;
4. kasutusklass – pinnases või mageveega vahetus kontaktis olevad materjalid. Näiteks vundamendid, paadisillad mageveekogudes, aiapostide maasisene osa jne;
5. kasutusklass – soolase veega vahetus kontaktis olevad materjalid. Näiteks paadisillad meres, sadamakaid jms.

Hapnik

Hapnik on fotosünteesi põhisaadusi ja hädavajalik organismide aeroobseks hingamiseks. Hapnikuvajaduse järgi jaotatakse organismid aeroobideks ja anaeroobideks. **Aeroobid** vajavad hapnikku, mida kasutavad organismide elutegevuseks vajalikku energiat andvates ainevahetusprotsessides (hingamisel). **Anaeroobid** on võimelised elama keskkonnas, mis ei sisalda molekulaarset hapnikku. Selliste organismide energiavahetus põhineb käärimisel või anaeroobsel hingamisel.

Valdav enamik loomi, sealhulgas ka putukad, taimed, seemned ja suur osa baktereid on sellised, kes ei saa elada ilma molekulaarse hapnikuta. Siiski on bakterite hulgas liike, kes võivad elada ka hapnikuta keskkonnas või siis vaheldumisi hapnikuga ja hapnikuta keskkonnas.

Hapnikupuudus võib piirata aeroobsete organismide elutegevust pinnases ja vees. Aeroobide hävitamiseks on võimalik kasutada meetodeid, mille korral organismile sobiv gaasikeskkond asendatakse ebasobivaga. Selleks

vähendatakse hapniku kontsentratsiooni või suurendatakse süsihappegaasi kontsentratsiooni. Meetodid sobivad putukate hävitamiseks, kuid nõuavad spetsiaalsete seadmete olemasolu (Konsa 2006: 171–172).

Valgus

Valgus on fotosünteesivate elusorganismide (tsüanobakterid, vetikad, samblikud, taimed) jaoks hästi oluline keskkonnategur. Putukad eelistavad üldjuhul pimedust, kuigi osade liikide valmikud on positiivse fototaksisega, st valgus meelitab neid ligi. Ultraviolettkiirgus on kõikidele organismidele kahjuliku toimega, sest tekitab biomolekulides ebasoovitavaid muutusi.

Toitained

Organismi ainevahetus väliskeskkonnaga koosneb kahest põhilisest protsessist:

- rakuaine biosüntees (assimilatsiooniprotsessid),
- energia hankimine (dissimilatsiooniprotsessid).

Rakuaine biosünteesiks, mille käigus lihtsamatest molekulidest pannakse kokku kehaomased ühendid, kulub energiat, mis saadakse dissimilatsiooniprotsesside käigus. Dissimilatsiooni moodustavadki organismi kõik lagundamisprotsessid. Toiduga saadavad orgaanilised ühendid lõhustatakse ensüümide abil järk-järgult lihtsamateks molekulideks. Enamike dissimilatsiooniprotsessidega kaasneb energia vabanemine. Vabanev energia talletatakse energiarikastesse ehk makroergilistesse ühenditesse. Üheks peamiseks makroergiliseks ühendiks on adenosüütrifosfaat (ATP). Assimilatsiooniprotsessideks vajatakse lähteaineid ja täiendavat energiat, mis saadaksegi ATP molekulidest. Nagu näeme, on dissimilatsioon ja assimilatsioon organismis lahutamatult seotud.

Rakuaine biosünteesis kasutatava süsiniku allika järgi jaotatakse organismid autotroofideks ja heterotroofideks. **Autotroofid** on organismid, kes eluks vajalikke orgaanilisi aineid (sahhariide, lipiide, valke, vitamiine) ise lihtsatest anorgaanilistest ühenditest (süsihappegaas, vesi, mineraalsoolad, ammoniaak) sünteesivad. Selliste organismide hulka kuuluvad taimed ja osa baktereid. **Heterotroofid** on organismid, kes kehaainese lähtematerjaliks kasutavad organismivälist orgaanilist ainet. Heterotroofide hulka kuuluvad loomad, seened ja valdav osa baktereid. Energia hankimise viisi järgi jagunevad organismid **fototroofideks**, kes on võimelised kasutama valgusenergiat, ja **kemotroofideks**, kes kasutavad energia saamiseks keemilisi ühendeid.

Materjalide biokahjustused sõltuvad suurel määral sellest, milliste materjalidega on tegemist. Tabelist 1 on näha, et orgaanilisi materjale kahjustavad valdavalt heterotroofsed organismid ja anorgaanilisi peamiselt autotroofsed organismid, kuigi nende kahjustamisel osalavad ka heterotroofsed organismid.

Nagu selgub, võivad elusorganismid kasutada nii anorgaanilisi kui ka orgaanilisi ühendeid. Seega võivad biokahjustajate „ohvriks“ langeda tegelikult kõik võimalikud materjalid ja nendest valmistatud objektid. Kaitstud pole ka hooned ega sisustus.

Tabel 1. Peamised materjale kahjustavad organismirühmad
(Cultural Heritage and Aerobiology 2003:6; täiendatud)

MATERJALID	ORGANISMID							
	Autotroofsed bakterid	Heterotroofsed bakterid ja aktinomütseidid	Seened	Vetikad ja tsüanobakterid	Samblikud	Samblad, taimed	Putukad	Närlised
Orgaanilised materjalid								
Puit	-	+++	++++	+	+	-	++++	++++
Paber	-	+++	++++	-	-	-	++++	++++
Tekstiilid	-	++	++++	-	-	-	++++	+++
Nahk	-	++	++++	-	-	-	++++	++
Maalid	-	++	++++	-	-	-	+	+
Süntetilisised materjalid	-	++	+++	-	-	-	+	+
Anorgaanilised materjalid								
Kivi	+++	++	++	++++	++++	++++	-	-
Seinamaalingud	++	++	+++	++++	++	+	-	-
Klaas	++	-	-	++	++	-	-	-
Metall	++	-	-	++	+	-	-	-

Tähistus: - = puudub, + = haruldane, ++ = juhuslik, +++ = tavaline, ++++ = väga sagedane

1.4. Biokahjustuste iseloom

Oma elutegevusega kutsuvad organismid materjalides esile nii mehaanilisi kui ka keemilisi biokahjustusprotsesse. Sageli esinevad need kombineeritult.

Mehaanilised protsessid

Mehaaniliste biokahjustusprotsesside korral lagunevad materjalid organismide ja nende osade sissetungimise ja kasvu tõttu. Seejuures ei kasuta organismid materjali otseselt toiduks. Selliseid protsesse põhjustavad ennekõike seemned, samblikud ja taimed (näiteks ehitusmaterjalide lagunemine taimejuurte sissekasvamise tõttu, värvikihi eraldumine hallitusseente hüüfide sissetungimise tõttu jms). Mikroorganismid tekitavad mehaanilisi kahjustusi siis, kui kivi-materjalides toimub mikroobimassi paisumine. Putukad ja närilised kahjustavad materjalide makrostruktuuri närimise, uuristamise, kaevamise jms teel. Mehaaniliste kahjustusprotsesside hulka loetakse ka määrdumine, pinna saastumine ning objektide kattumine organismidega, kusjuures materjal ei pruugi olla kahjustatud (vähemalt mitte oluliselt). Seda laadi kahjustusi, mille käigus muutub objektide välimus, põhjustavad valdavalt seemned, samblikud, samblad, taimed ning nuivähid (vees asuvatel objektidel). Lindude ja näriliste väljaheidet võivad samuti rikkuda objektide väljanägemist.

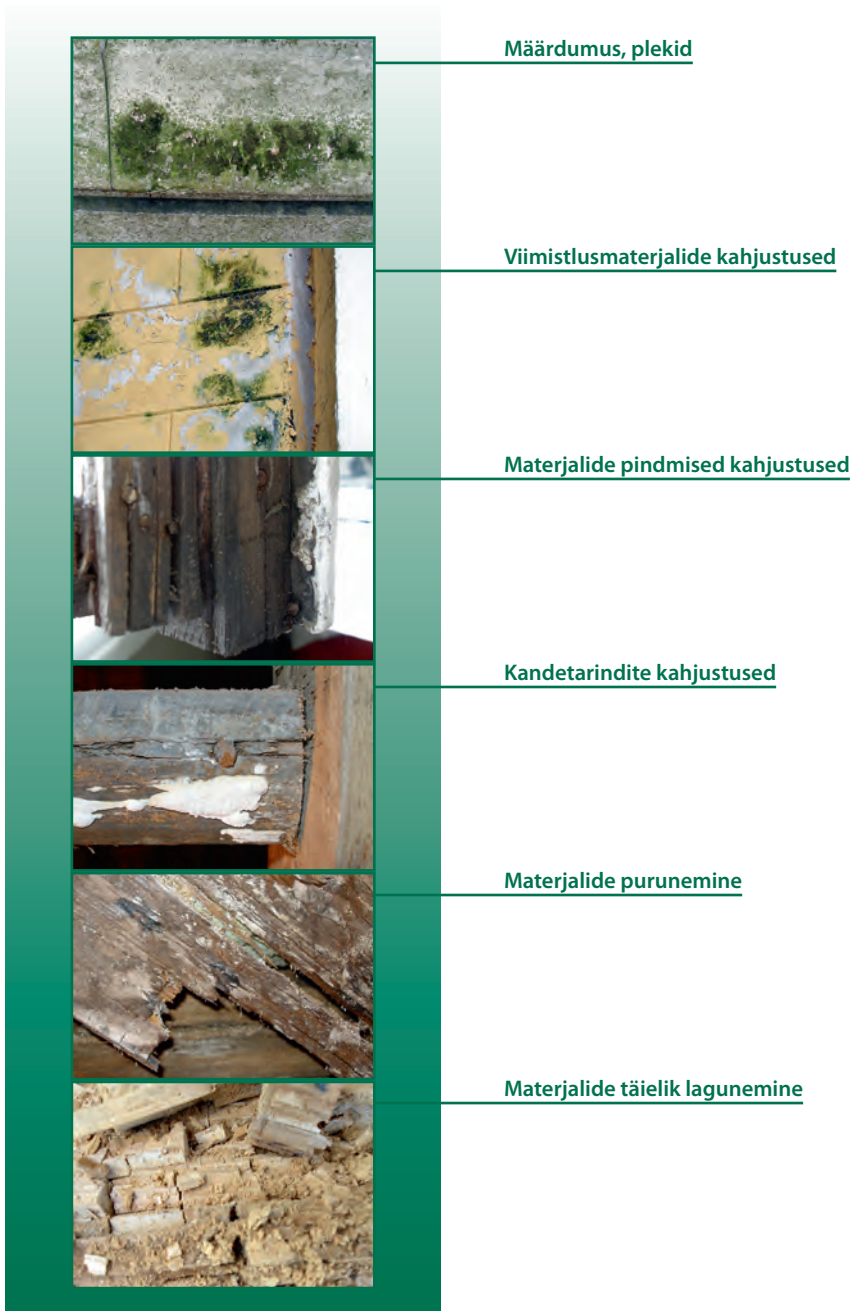
Keemilised protsessid

Organismide elutegevuse jooksul toimuvad protsessid, mille tulemusel materjalide keemiline koostis muutub. Keemiliste kahjustusprotsesside hulka kuuluvad:

- assimilatsiooniprotsessid, mille käigus organismid kasutavad materjale otseselt toiduks. Tegemist on organismide ensümaatilise aktiivsusega või ionivahetusprotsessidega;
- organismide metabolisme vahetavate, inhibiitorite või jääkainete eraldamine keskkonda.

Materjalidest toitudes eraldavad mikroorganismid keskkonda ensüüme, mis vastavaid makromolekule lagundavad. Tsellulaasse kompleksi ensüümid lagundavad tselluloosi ning muudavad seega võimalikuks toitumise puidust, paberist ning taimset päritolu kiududest. Putukad kasutavad tselluloosi lagundamisel nende seedekulgas elavate mikroorganismide ja ainuraksete abi.

Mikroorganismid ja taimed absorbeerivad keskkonnast elutegevuseks vajalikke metallide katioone. See toimub ionivahetusprotsessi teel. Ionivahetus on protsess, mille tulemusena tahkes faasis olevad ioonid vahetatakse väljaioonidega lahusest. Happelise reaktsiooniga taimede juurte tipud lagundavad pidevalt mulla mineraalosi ning metallide katioonid vahetatakse vesinikioonide vastu.



Joonis 5. Bioloogiliste kahjustuste ulatus.

Organismide eraldatavad happed põhjustavad erinevate materjalide korrosiooni, erosiooni ja happelist hüdrolüüsi. Tugevaid happeid, nagu väävel- ja lämmastikhape, eraldavad ainult üksikud bakteriliigid (nitro- ja sulfobakterid). Küllaltki paljud organismid on võimelised eraldama orgaanilisi happeid ja üsnagi suurel hulgal. Eraldatavad happed osalevad samuti materjalide lagunemises. See, kas organismide (ennekõike hallitusseente) poolt materjalidesse eraldatavad värvained (pigmentid) neid ka keemiliselt kahjustavad, pole selge. Küll aga mõjutavad pigmentilaigud ehitistel nende väljanägemist.

Kahjustuste ulatus võib olla erinev, alates pinna määrdumusest ja lõpetades materjali või tarindi täieliku lagunemisega (joonis 5).

KIRJANDUST

Allsopp, D., Gaylarde, C. C. 2002. *Heritage Biocare*; Training Course Notes CD. Archetype: London.

Allsopp, D., Seal, J. K., Gaylarde, C. C. 2004. *Introduction to Biodeterioration*. Second edition. Cambridge University Press.

Caneva, G., Nugari, M. P., Salvadori, O. 1991. *Biology in the Conservation of Works of Art*. ICCROM: Rome.

Hueck, H. 2001. The biodeterioration of materials – an appraisal. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 48, 1, 5–11.

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 13–27.

Pilt, K. 2010. Puidu eluea lühendajad. – *TM Kodu ja Ehitus*, 1, 52.

2. Hoonete biokahjustuste ekspertiis

Lugenud läbi selle peatüki,

- tead, mis on ehitiste ekspertiis;
- tead, kuidas liigendatakse ehitiste ekspertiise;
- oskad läbi viia hoonete biokahjustuste ülevaatus;
- tunnend erinevaid võimalusi tarindite kontrolliks.

Vastavalt Eesti Vabariigis kehtivale ehitusseadusele nimetatakse ehitise ekspertiisiks ehitise või selle osa vastavuse hindamist ehitisele ettenähtud nõuetele. Ekspertiisi käigus kontrollitakse ehitise või selle osade, sh ehitise kande-, piirde- ja jäigastavate tarindite ning ehitise tehnosüsteemide, ehitisse püsivalt paigaldatud ehitusmaterjalide ja -toodete vastavust nõuetele.

Ehitised jagunevad vastavalt ehitusseadusele hooneteks ja rajatisteks. Käesolevas peatükis keskendutakse hoonete biokahjustuste ekspertiisile, mis moodustab hoone ehitustehnilisest ekspertiisist ühe osa.

Hoonete ekspertiisi eesmärk, lähteülesanne ja tasemed

Enne ekspertiisi tegemist tuleb määrata ekspertiisi eesmärk ja püstitada lähteülesanne. Praktikas on ekspertiisil mitmeid võimalikke eesmärke, näiteks:

- hoone praeguse seisundi ja kahjustuste kindlakstegemine,
- muudatuste planeerimine hoones,
- energiaauditi läbiviimine,
- omaniku vahetusel teostatav kontroll,
- hoone kasutusotstarbe muutus,
- finantseerimine või refinantseerimine (hüpoteegi väärtuse hindamine),
- ümber- või juurdeehitused,
- hoone seisukorra vastavus eeskirjadele (nii terviklikult kui taristute kaupa),
- hoone restaureerimise, renoveerimise või rekonstrueerimise projekti lähteülesande määramine,
- muinsuskaitse (kultuuriväärtusliku) hinnangu andmine,
- häired või tõrked hoone kasutamisel (lokaalsed või ulatuslikumad),
- esteetilised kaalutlused – välisilme parandamine või muutmine.

Kõikide nende eesmärkide korral on lähteülesanne erinev ja sellest tulenevalt on ka hoonete biokahjustuste ekspertiisi meetoodika erinev. Toome siinkohal mõned näited, kuidas ekspertiisi eesmärk mõjutab selle läbiviimist.

Planeerimine – biokahjustuste ekspertiisi põhiliseks lähteülesandeks on muudatustevajaduste selgitamine nii tarindi- kui ka viimistlusmaterjalides. Kindlasti tuleks määrata kahjustuste liigiline koosseis ja kahjustuste ulatus.

Omaniku vahetus – enamasti on põhiliseks lähteülesandeks hoone väärtuse hindamine, lähtudes olemasolevatest biokahjustustest. Tehakse kalkulatsioonid kahjustuste töötlemiseks või hoone renoveerimiseks.

Muinsuskaitse all olevate hoonete ja/või detailide ning esemete juures on vaja leida võimalus hoone tarindite ja detailide säilitamiseks neid võimalikult vähe kahjustades. Samuti tuleb ülevaatusel kasutada meetodeid, mis ei kahjustaks kultuuriväärtusi.

Teiseks oluliseks täpsustuseks enne ekspertiisi tegemist on hindamise tüübi ehk ekspertiisi põhjalikkuse määramine. Selleks on vaja vaadata ekspertiisi eesmärki ja lähteülesannet ning rääkida läbi ekspertiisi tellijaga. Ekspertiis võib koosneda erinevatest etappidest ja sellisel juhul on iga järgnev etapp järjest põhjalikum. Põhjalikkuselt võib ekspertiisi jagada järgnevateks tasemeteks.

- Ülevaatlik hindamine. Tehakse hoone üldise seisundi visuaalne ülevaatus, vaadeldakse ja kirjeldatakse hoonet ümbritseva keskkonna seisukorda, sh maapinna reljeef, haljastus, veekogud, lähedalasestsevad rajatised ja muud olulised aspektid. Enamasti kasutatakse seda ekspertiisi taset uuringutevajaduse hindamisel ning ekspertiisi lähteülesande täpsustamisel, harvem esialgse hinnangu andmisel.
- Esialgne hindamine ehk piiratud mahuga hindamine. See koosneb hoonet ülevaatusel probleemsete piirkondade tuvastamiseks, saadaval olevate dokumentide (hoone projektdokumentatsioon, hooldusraamat jm asjakohased dokumendid) ülevaatamisest, asjasse puutuvate osapoolte intervjuerimisest ning esialgse aruande koostamisest leidude ja soovitude kohta. Kahjuks piirdub enamik biokahjustuste ekspertiisidest just selle tasemega, kuna puudub hea koostöö teadlaste, (ehitus-)ekspertide ja ehitusinseneride (ehitajate) vahel.
- Detailne hindamine, kus kasutatakse juba kõikvõimalikke abivahendeid põhjalikuks sise- ja välisvaatluseks, vajadusel avatakse tarindeid, katsetatakse neid kohapeal ning võetakse materjali ja/või kahjustustava organismi proove, mida analüüsitakse laboris. Hoone restaureerimis-, rekonstrueerimis- või renoveerimisprojekti kvaliteetseks teostamiseks on alati vaja teha hoone detailne hindamine, sh biokahjustuste osas.

Ekspertiisiks vajaminev tehniline varustus

Kui on määratud biokahjustuste ekspertiisi eesmärk, lähteülesanne ja tase, saab asuda komplekteerima ekspertiisivarustust. Et hooned on oma kasutusotstarbelt erinevad, siis ka varustus nende ülevaatamiseks on erinev. Näiteid ekspertiisiks vajalikest vahenditest:

- akudrell,
- boreskoop,
- digitaalne fotoaparaat, soovitatav kahe erineva objektiiviga, millest üks võiks olla lainurkobjektiiv,
- drell ja puuridekomplekt,
- infrapunatermomeeter,
- isikukaitsevahendid (kindad, prillid, respiraator, kombinesoon jms),
- kaasaskantav lamp,
- kilekotid puidu niiskusesisalduse proovide säilitamiseks,
- kirjutamisalus koos visandipaberi ja kirjutusvahenditega,
- kompass,
- liigendredel (u 3 m),
- mõõdulint ja lasermõõdik,
- nõelpüstol (Pilodyn),
- paberkotte puitu lagundavate seente proovide säilitamiseks,
- Petri tassid universaalsöötmega mikroseente proovideks,
- resistograaf,
- skalpell,
- ultraheliseade,
- universaalne niiskusemõõtja (õhuniiskuse ja materjalide niiskusesisalduse määramiseks),
- vesilood,
- väike sõrgkang.

Esitatud loetelu pole täielik ja iga ekspert valib endale vastavalt vajadusele sobivad seadmed ning abivahendid.

Erinevad võimalused hoonete tehnilise seisukorra hindamiseks. Purustavad ja mittepurustavad meetodid

Hoone tarindite tehnilist seisukorda on võimalik uurida nii neid avades ning laboris katsetades (purustavad meetodid) kui ka tarindeid oluliselt kahjustamata otse hoonetes (mittepurustavad meetodid). Järgnevalt on toodud pikem ülevaade mittepurustavatest meetoditest.

Mõistet „mittepurustavad meetodid“ käsitletakse erinevates valdkondades erinevalt. Väikesemõõtmeliste artefaktide säilitamisel on igasugune lisaava tegemine või materjaliproovi võtmine mõeldamatu, tarindite seisukorra hindamisel tähendab mittepurustav meetod seda, et ei nõrgestataks hoone kandetarindeid (kontrollpuurimise ava suurus kuni 5% elemendi ristlõikest), ning hooneomaniku (kinnisvara väärtuse) seisukohalt on mittepurustavaks meetodiks selline, kus pole vaja teisdada kattematerjale.

Raamatu „Nondestructive evaluation of wood“ definitsiooni kohaselt on mittepurustav meetod materjali füüsiliste ja mehaaniliste omaduste mõõtmine, muutmata selle kasutusomadusi.

Mittepurustavaid meetodeid saab rühmitada erinevalt. Kõige levinum on jagamine mõõdetavate omaduste järgi (vt tabel 2).

Tabel 2. Ülevaade mittepurustavatest meetoditest puidu seisukorra määramiseks (Niemz 2008)

Möödetav omadus	Füüsikaline printsiip, millel meetod baseerub	Mõõtmise tulemus	Kasutatavus hoonete seisukorra hindamisel <i>in situ</i>
Mehaanilised omadused	Puurimise resistentsus; kõvadus; sisenemiskäitumine	Mädanikseente kahjustuste määramine; mahukaalu leidmine	Kasutatav
Elektrilised omadused	Elektriline takistus		Kasutatav
	Elektrilise takistuse ja niiskusesisalduse vaheline korrelatsioon. Elektrilise takistuse ja mädanikkahjustuse vaheline korrelatsioon	Niiskusesisalduse määramine; mädanikseente kahjustuste määramine	Kasutatav
	Dielektrilised omadused	Niiskusesisalduse määramine	Kasutatav
Akustilised omadused	Heli kiirus; heli peegeldumine; helitugevuse nõrgenemine	Elastsuse määramine (E, G); defektide leidmine	Kasutatav
	Akustiline kiirgus	Mikropragude leidmine; mardikate tootumisel tekkiva heli salvestamine	Osaliselt kasutatav
	Omavõnkesagedus	Elastsuse määramine (E, G); liimliidete seisukorra hindamine	Kasutatav
Termilised omadused	Soojuseraldumine (termograafika)	Vead pealispinnas (struktuurivead, praod)	Kasutatav
Muud omadused	Nähtav valgus	Värvuse määramine (CI-Lab), vanuse määramine, värvierisused	Kasutatav
	IR/NIR radiatsioon	Suhteline niiskus; keemiline analüüs (lisandid); lisandunud mehaaniliste osakeste leidmine	Osaliselt kasutatav
	Röntgen (X-ray) (adsorptsioon/difusioon)	Mahukaal, tiheduse jaotumine ristlõike ulatuses; aastarõngaste profiil	Osaliselt kasutatav (ainult komplekssete seadmete olemasolul)
	Neutronikiirgus	Niiskuse jagunemine ristlõikes	Analüüsida on võimalik ainult laboris
	Sünkrotronikiirgus	Mikrostruktuuri analüüs	Analüüsida on võimalik ainult laboris

Tabelis 2 on toodud mittepurustavad meetodid põhiliselt puitmaterjalide uurimiseks, kuid ka teistel materjalidel mõõdetakse analoogilisi omadusi. Betooni tugevuse mõõtmiseks kasutatakse Amsleri haamrit, millega saab mõõta betooni kõvadust ja läbi selle leitakse teised betooni omadused. Ultraheliseadmeid kasutatakse lisaks puidule veel betooni-, terase-, kivi- ja komposiititarindite mõõtmisel. Samuti kasutatakse praktiliselt kõikide tarindiliikide puhul materjalide uurimiseks materjalide elektrijuhtivust ja elektromagnetilisi omadusi.

Kaltsiumkarbiidi niiskusemõõtur või Speedy testi kasutatakse kivimaterjalide, telliste, mördi ja betooni niiskusesisalduse määramiseks. Mõõdetavast materjalist võetakse proov, kaalutakse ja asetatakse koos kaltsiumkarbiidiga spetsiaalsesse suletud anumasse. Kaltsiumkarbiid reageerib proovis oleva niiskusega ja moodustab atsetüleengaasi, mis tõstab rõhku anumas. Rõhu muutumise suurus on otseses seoses materjali niiskusesisaldusega. Meetod on täpne ja kiire, kuid nõuab vastavate seadmete olemasolu ja proovi võtmist uuritavast materjalist.

Välja on töötatud mitmeid praktiliselt kasutatavaid seadmeid tarindite mittepurustavaks uurimiseks. Enne, kui neid tutvustama asuda, peab rõhutama asjaolu, et kõikide tehniliste vahenditega saadud andmed vajavad täpset analüüsi. Selleks on aga vajalik meetodite põhjalik tundmine ja suur kogemustepagas. Pärast tulemusi saadakse erinevate seadmete näitude omavahelisel võrdlemisel.

Eestis on tehnilistest seadmetest kõige enam kasutusel materjalide elektrilistel omadustel baseeruvad niiskusesisalduse mõõtjad, mis annavad olulist informatsiooni materjali niiskusesisalduse, õhu suhtelise niiskuse, temperatuuri ja kastepunkti kohta. Niiskusemõõtja peaks olema iga hoonete seisundi hindaja varustuses ning mida rohkem võimalusi nimetatud seade pakub, seda parem. Elektriliste niiskusemõõtjate kasutamisel tuleb arvestada, et elektrijuhtivus sõltub lisaks niiskusesisaldusele ka materjali omadustest (tihedus, struktuur, puiduki suund jne). Näiteks mädanikseente poolt kahjustatud puidul (tihedus ja struktuur oluliselt muutunud) on niiskusesisalduse näit, mõõtes elektriliste vahenditega, üldjuhul väiksem kui tegelik niiskusesisaldus. Põhjuseks on asjaolu, et mädanikseente elutegevuse tulemusena on puidu tihedus ja struktuur ning sellest tulenevalt ka elektrilised omadused oluliselt muutunud.

Viimasel ajal kasutatakse laialdaselt termograafi. Termograafia on meetod objektide pinnatemperatuuride määramiseks infrapunakiirguse abil. Termograafi kasutatakse hoonete piirete soojusjuhtivuse analüüsimiseks, kuid see annab kogenud spetsialistidele informatsiooni ka detailide ning tarindite seisukorra kohta. Kahjuks ei näita termograafi pildid materjali sisemuses leiduvaid kahjustuspiirkondi ning ainult selle seadme kasutamine ei anna piisavalt andmeid põhjalikuks kahjustuste analüüsiks.

Väga häid tulemusi on andnud ultraheliseadmete ning resistograafi kasutamine, mis töötavad vastavalt akustiliste ja mehaaniliste omaduste mõõtmise printsiibil. Nimetatud seadmed kasutatakse ka teistes Euroopa Liidu liikmesriikides ja nende abil kogutud andmehulk kasvab pidevalt. Ultraheli eeliseks on puitdetailidest tervikliku ülevaate saamine. Ultraheli andmete analüüsimisel saab leida oksakohti, lõhesid, struktuuririkkeid ja teisi looduslikke defekte ning ka biokahjustusi – puitu lagundavate seente poolt tekitatud mädanikke ning mardikate vastsete käikude ulatust, kuid ka puuritud avasid, sisselõikeid ja muid inimese tekitatud nõrgestusi. Ultraheli puudusteks on tulemuste tõlgendamise keerukus ning suhteliselt suured veapiirid kahjustuste ning nõrgestuste asukohtade määramisel. Resistograafi graafikute analüüsiga saame määrata puidu mehaanilisi omadusi ehk kõvadust, tihedust, tugevusklassi, jääkristlõiget, aga ka biokahjustusi, looduslikke defekte ning nõrgestusi. Resistograafi puuduseks on mõõtmistulemuste lokaalsus, kuid eelisteks suhteliselt suured võimalused mõõtmistulemuste analüüsiks. Resistograafiga saab määrata isegi puidu aastarõngaste laiust ja struktuuri ning selle abil saada olulisi andmeid kasutatud puitmaterjali kohta. Kuna resistograafiga on võimalik määrata puidu tugevusnäitajaid ja jääkristlõiget, siis saab kasutada ka olemasolevate puittarindite arvutamiseks *Eurocode 5* põhjal loodud standardeid ja juhiseid.

Lisaks tabelis nimetatutele võib mittepurustavate meetodite hulka lugeda ka visuaalse vaatluse abivahendid, mis aitavad vaadelda tarindite sisemust ja mõista nende mehaanilist käitumist. Selliseks abivahendiks on näiteks fiiberoptiline boreskoop (edaspidi lühidalt FOB), millega on võimalik läbi 10 mm ava uurida tarindi materjale, kahjustusi (nt seenkahjustusi, niiskuskahjustusi) ja ka muinsuskaitsjaid huvitavaid erinevaid viimistluskihte. Saadud info saab salvestada digitaalsete fotodena. Eesti Mükoloogiauuringute Keskus SA-s kasutusel oleva boreskoobi pikkus on 600 mm ning vaateulatus 360° radiaalsuunas ning 115° pikisuunas. FOB on suureks abiks seenkahjustuse ulatuse määramisel hoonetes, kus on elektrienergia kasutamise võimalus ning tarindites õhuvahed. Selline vaatlus aitab leida vastust küsimustele, kas seeneniidistik on levinud edasi leitud kahjustuse kohast kõrvalruumidesse või mitte, milline on põrandate ja seinte konstruktsioon, kas on olemas õhuvahed jne. Praktikas on sagedased juhtumid, kus pealmine põrandalaudis on tugev ja ilus, kuid alus-laudis juba väga tugevalt kahjustunud või lausa alla kukkunud.

FOBi saab kasutada mitmeti. Üheks võimaluseks on valgustada põrandaaluseid fiiberoptilise kaabli abil soklis paiknevate tuulutusavade kaudu. See valgus on oluliselt tugevam kui enamikul taskulampidel ning peenike kaabel ei varja ära niigi väikest vaateava. Kuna seade ise ei ütle, kas kahjustusi on või mitte, vajab FOBi kasutamine kogemusi, et näiteks eristada seeneniidistikku materjalikiududest. Vahel on mõttekas teha mõne millimeetri jagu suurem auk, et hinnata

puidu värvust ja tugevamate seeneniitide korral on ka neid puidukiudude vahel näha. Ainuuksi FOBi kasutamine ei anna siiski täielikku kindlust tarindite korrasoleku kohta, kuid on väga tõhus seade esialgse uuringu tegemiseks ning potentsiaalsete kahjustuspiirkondade kontrolliks neid lahti lõhkumata. Lisaks sellele on sihtasutuses Eesti Mükoloogiauuringu Keskus kasutusel optilise suurendusega digitaalne fototehnika, mis võimaldab kõrgel ja kaugel asuvaid kahjustusi oluliselt selgemalt jälgitavaks ning salvestatavamaks teha.

Mittepurustavate meetodite selgituseks on lisatud näide Vormsi Püha Olavi kiriku laetalade mehaaniliste omaduste uurimisest. Uurimisvajaduse tingis intensiivne mardikavastsete näripuru pudenemine laetalade otste piirkonnas, kuid visuaalsel vaatlusel ei täheldatud mingeid muid muutusi puidu omadustes (foto 7). Ultraheli seadmega uuringud näitasid, et otste piirkonnas kuni 1,5 m ulatuses on heli liikumise kiirus oluliselt vähenenud ja sellest järeldus, et puidu füüsikalistes ja mehhaanilistes omadustes on toimunud olulisi muutusi. Resistograafia mõõdistamisel selgus, et oli säilinud kohati alla poole algsest puidu ristlõikest (foto 8). Talaotste teisaldamisel leidsid saadud tulemused kinnitust ka visuaalsel vaatlusel.

Kokkuvõtteks võib öelda, et visuaalne vaatlus oli, on ja jääb oluliseks hoonete tehnilise seisukorra hindamisel, kuid üha enam tuleb kasutusse uusi seadmeid, mis töötavad teaduslikult läbiuuritud meetodikate alusel. Nende seadmetega on võimalik teostada ehitistarindite peamist tugevuskontrolli¹. Ainult läbi arvutusliku kontrolli saab otsustada, kas kontrollitav detail tuleb plommida, proteesida või asendada. Kõik otsused,



Foto 7. Mardikavastsete poolt kahjustatud laetalade otsad.

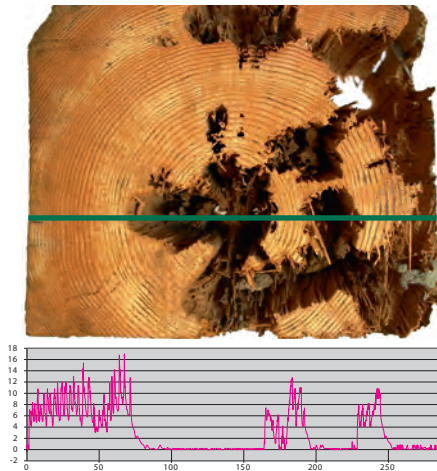


Foto 8. Kahjustatud laetala ristlõige ja resistograafia puurimise graafik.

¹ Puidu ja puittarindite uuringuid mittepurustavate meetoditega pakub Eestis Wood NDT OÜ.

mis on tehtud nimetatud kontrollita, on subjektiivsed ja sõltuvad oluliselt kontrollija kogemustest ning oskustest.

Hoonete ekspertiisi metoodika ja ülevaatuse alusdokumentatsioon

Hoonete tehnilise seisundi hindamine ja biokahjustuste ekspertiis on korduvad tegevused, seetõttu on oluline ette valmistada alusdokumentatsioon (metoodika ja ülevaatuse vormid), et ülevaadatavad hooned oleksid omavahel võrreldavad ning et saaks teha üldistusi hooneliikide kaupa. Hoonete jagamine liikideks on oluline, sest sõltuvalt nende vanusest, kasutusotstarbest ja suuruselt on tehnilise seisukorra hindamismetoodikad erinevad. Alusdokumentatsioon on vajalik ka üldistuste tegemiseks ning suuremale huviliste grupile suunatud artiklite ja raamatute kirjutamiseks. Nii Eestis kui väljaspool on välja töötatud mitmeid hoonete hindamise metoodikaid (Keskküla numbriline meetod, EMÜK biokahjustuste hindamise alus), viimane neist on toodud lisas. Need kõik on kasutatavad ka hoonete biokahjustuste hindamisel. Eestis on vaja välja töötada ühtne metoodika ja ülevaatuse vorm, et erinevate ekspertide hinnangud oleksid omavahel võrreldavad.

Hoone dokumentatsioon ja ajalugu

Lähtuvalt ülevaatuse eesmärgist ja lähteülesandest ning ekspertiisi tasemest on objekti ülevaatuse oluline osa töö projektdokumentatsiooniga ning hoone ajaloo uurimine. Projektdokumentatsiooni on vaja mitmel eesmärgil:

- hoonest ülevaate saamiseks,
- biokahjustuste eelnevate ohupiirkondade määramiseks,
- hoone projektile vastavuse võrdlemiseks,
- alusmaterjaliks ülevaatuse tegemisel (alusdokumentatsiooni üks osa), jne.

Juhul kui projektdokumentatsioon puudub, on oluline objekti külastamisel visandada hoone korruste põhiplaanid, vaated ja ka mõned ristlõiked hoonest. Visandamisoskus on eksperdi kvalifikatsiooni hindamisel olulisel kohal. Projektdokumentatsiooni koopiatele ja visanditele on vaja märkida objekti külastamisel võimalikult palju informatsiooni. Selle mahutamiseks plaanidele on hea kasutada tingmärkide süsteemi, mis on ülevaatuse metoodikas eelnevalt kirjeldatud.

Hoone ajalool on biokahjustuste hindamise seisukohast määrav roll. Hoone ajaloo all tuleks mõista kasutamise-, restaureerimis-, renoveerimis- ja rekonstrueerimisajalugu, aga ka hoone seoseid arhitektuuriajaloo, kunstiajaloo jms.

Hoone ajaloo väljaselgitamiseks on mitmeid võimalusi:

- arhiivitöö,
- kirjanduse uuringud,
- Interneti-uuringud (neisse tuleb suhtuda kriitiliselt),
- intervjuud hoone kasutajate, omanike, naabrite, spetsialistide ja ekspertidega.

Objekti (hoone) ülevaatus

Selles alajaotuses toome ära hoonete praktilise ülevaatus käigus kujunenud kogemuslikud seisukohad.

Hoone kontrolli alustatakse alati väljastpoolt hoonet. Jälgida tuleb järgnevaid asjaolusid.

- Ilmakaared ning hoone paiknemine ilmakaarte suhtes (kasutada kompassi).
- Maapinna reljeef ja struktuur (muld, täitematerjal, asfalt jms). Tuleb jälgida, kuhu valgub maja ümber olev pinnavesi, kas maja poole või majast eemale. Kui hoone paikneb teede läheduses, vaadata, kuhu valgub vesi sõidu- ja/või kõnniteelt. Määrata ja visandada plaanile sade- ja pinnavee liikumise ning kogunemise kohad.
- Kontrollida hoone ümbruses olevat haljastust (puud, põõsad, ronitaimed jne) ning jälgida, kus see puutub kokku hooneosadega. Seda saab kontrollida nii hooneosadel leiduvate jälgede järgi kui ka otseseid kokkupuutekohti vaadeldes. Vaadata, kuhu satuvad puude-põõsaste lehed ja murdunud oksaraod. Suurematel puudel prognoosida ka juurestiku levimise suundasid.
- Kontrollida üle hoone katus. Kui hoone on kõrge, siis vaadelda katust kaugemalt, kui tegemist on lamekatuse või väikese kaldega katusega, tuleb kontrollimiseks minna katusele. Viilkatustel (kahekaldelised katused) tuleks selgitada, kas harjajoon on sirge ning kas harja- ning viilulauad, -plekk või kivid on korralikult paigas. Oluline on panna tähele, kas korstnate ja läbi-viikude ümbruse tihendused on kindlalt kinni ning kas korstnakivid on paigas ja kas vuukides on pragusid. Plaatidest katustel ja kivist katustel kontrollida, kas plaadid/kivid pole kohalt nihkunud, kas pealtpoolt vaadates on plaatides pragusid või muid avasid. Eriti hoolikalt tuleks vaadelda neelukohtasid ning katuse-seina ühenduskohtasid (foto 9).



Foto 9. Hoone katusele neelukohta on kogunenud puitprahht.



Foto 10. Majavammi viljakehad vundamendil, kõrval näha suletud tuulutusava.

Lamekatustel on vaja kontrollida vee äravooluks oleva kalde olemasolu katusel; loikude tekkimise piirkondi; katusest läbitulevate korstnate, läbi-viikude ja parapeti ümbruse tihendust; katusekatte terviklikkust ning kinnitust, pragusid ja lõhesid katusekattes.

- Kontrollida sadevee äravoolusüsteemi toimimist: kas rennid on kaldu äravoolukohtade suunas ning puhtad prahist; kas rennid on terved ning ühendused vettpidavad ja katuselt tulev vesi satub renni ning kas rennidest tulev vesi valgub torudesse; kas torud on terved ning lõpevad maapinna lähedal ja on seinast eemal ning kas torude kinnitused on korras ning kindlalt paigas; kuhu valgub torudest tulev vesi ning kas veepritsmed langevad seinale või mitte.
- Jälgida ümbritseva pinnase või kattematerjali kokkupuutekohta vundamendi või seina alaosa ning kontrollida vundamendi ja/või seina alaosa võimalikku märgumist. Vundamendil, mis on seinast eemale ulatuv, on vajalik veelaud või -plekk. Kindlasti on oluline jälgida ka veelaua või -pleki kallet, mis peaks olema majast eemale suunatud.
- Kui vundamendis on tuulutusavad, siis on vaja kontrollida, kas avad on puhtad ning kas õhk avades liigub. Selleks võib kasutada anemomeetrit, kuid võib ka lihtsalt käe niiskeks teha ning pannes selle ava juurde, on õhu liikumine kohe tunda (jahedus). Kui tuulutusavad on seguga kinni pandud, siis tasub nende kohad ikkagi üles märkida (foto 10).
- Koos vundamentidega võib vaadata ka välistreppe. Treppidel kontrollida ühenduskohta trepi ning hoone vahel; astmete kaldeid ning plaadivuukide ja lauavahede korrasolekut ning puhtust.
- Kontrollida seinakattematerjale. Krohvi puhul otsida pragusid ning lahtisi krohvikihete. Laudisel on tähtis laudade ühtlus ning kindlasti oleks hea vaadata laudisejoont, kas see on kogu hoone ulatuses sirge või on kusagil kõrgemaid või madalamaid kohti.
- Avade ümbrustes on oluline piirdelaudis ja üleval veenina ning aknal all veepleki või laua olemasolu. Samuti nagu vundamendi veelaul on ka siin vaja kontrollida kallet, mis peaks olema seinast eemale.
- Eraldi tuleks vaadelda igasuguseid välja- ning juurdeehitisi ning kontrollida, kas ühendus pöhihoonega on kogu piirde ulatuses veetihe.

Hoonesisest ülevaatus võib alustada nii pööningult kui ka keldrist, arvestades aga biokahjustuste esinemise sagedust, on otstarbekam alustada keldrist, kus kahjustuste esinemise tõenäosus on suurem. Keldrit on vaja kontrollida sõltumata sellest, kas see on kasutuses või mitte. Mittekasutatavat keldrit tuleb kontrollida eriti hoolikalt, sest sageli kipuvad seal peremehetsema igasugused ebasoovitavad organismid.

Kelder

- Keldris kontrollida kõigepealt põranda aluspinda (foto 11) ja sellega vahetus kontaktis olevaid materjale.
- Põrandapinnal saab kontrollida materjali niiskusesisaldust.
- Vaadelda põrandapinda lähedalt, kas on olulisi värvimuutuseid põrandapinnal, nt valged, pruunid vms laigud. Kui selliseid esineb, siis kontrollida, kas laigu tekitanud aine on pinnalt eemaldatav või mitte, ja mõõta kindlasti niiskusesisaldus selles piirkonnas. Kui aine on eemaldatav, võib seda kergelt hõõruda – kui aine laguneb pulbriks või tolmuks, on tegemist suure tõenäosusega mineraalse ainega (nt soolad), kui hõõrumisel moodustub rull, siis on võimalus, et tegemist on orgaanilise ainega. Viimase puhul võiks pöörduda laborisse organismi liigi ja/või perekonna määramiseks. Kui on tegemist mineraalse ainega, siis tuleks selgitada välja, kust aine sinna sattus, kas on ehk midagi maha pudenenud või on niiskuse liikumisega kandunud põrandaalusest materjalist soolad pinnale. Oluline on teada, et tolmas kiht võib olla moodustunud seeneeostest. Sellisel juhul on tolm enamasti värviline (punakaspruun, kollakaspruun vms).
- Keldri põrandale koguneb ikka mittevajalikke asju ja prahti, mida peaks aeg-ajalt sealt välja vedama. Igasugused esemed põrandal on heaks substraadiks biokahjustajatele.
- Keldriseinu tuleks samamoodi kontrollida nagu põrandapindu. Seinte juures tuleks eriti tähelepanelikult uurida pragusid, kivi- ja muude materjalide vahesid.
- Kindlasti peaks kontrollima keldris paiknevate puitesemete (sh riiulid, vaheseinad, puitpõrandad, puidust



Foto 11. Seenkahjustus hoonealusel pinnasel.



Foto 12. Seenkahjustus keldris puitriiulitel.



Foto 13. Seenkahjustus keldri laes torustiku ümbruses.

alused jms) materjali tugevust. Sageli on kõige ohtlikumaks põrandapinna ja välisseinte lähedased piirkonnad. Tugevuskontrolli võib teha resistograafi, ultraheliseadme või ka käepäraste vahenditega. Viimase meetodi korral kasutada naasklit või kruvikeerajat, mille otsaga suruda puitu, kui naaskel või kruvikeeraja läheb puitu kergesti, siis on materjali juba kahjustanud kas seened või mardikad. Määratlemaks mõistet „kergesti“ võib kasutada võrdluseks kuiva värsket puitmaterjali ning teha surumisproov selle katsekehaga. Loomulikult pole tugevuskatset vaja tehagi, kui juba visuaalselt vaadates on puit lagunenu. Sellisel juhul tuleks kiiresti leida lagundaja, s.o seen või mardikas. Kui puitpindadele on tekkinud ämblikuvõrgusarnane või ka tihedam moodustis, siis on suure tõenäosusega tegemist puitu lagundava seenega (foto 12). Üksikud täpikesed, mis omavahel ühinevad ja moodustavad suuremaid laiike, viitavad enamasti hallitusseentele. Ümarad või ovaalsed augud puidus näitavad, et puitu kahjustavad mardikate vastsed. Kahjustuse puhul tuleks analüüsida kahjustajavastase töötamise võimalusi. Need kindlasti on liigipõhised ja siin saab soovitada jälle, et liigi määraksid spetsialistid.

- Keldri lage tuleks kontrollida samuti nagu seinugi. Tähelepanu pöörata ennekõike niiskusele ja pragudele. Tasub vaadata ka seeneniidistiku ning puidust vahelael ka mardikakahjustuste olemasolu (foto 13). Kahjustuste avastamisel tegutseda vastavalt eelmises punktis toodud juhiste.

Niisked ruumid

- Hoone põhiosas kontrollida kõigepealt üle niisked ruumid kui suurema ohu allikad. Niisketes ruumides tuleb eriti hoolikalt kontrollida märjad piirkonnad; need on pinnad, mis otseselt puutuvad kokku veega.

- Niisked ruumid on üldjuhul seotud torustikega. Esimeseks ülesandeks on kontrollida, ega torustik ei leki. Samuti on niisketes ruumides oht, et külmaveetorude pinnal kondenseerub olulisel määral õhuniiskust. Seega tuleks vaadata, kas külmaveetorude pind jääb kuivaks ka pärast seda, kui vesi on tükk aega jooksnud. Kui pind tõmbub märjaks, tuleks planeerida tegevuseks torustiku soojusisoleerimine.
- Põrandate kontrollimisel jaguneb ülevaatus kivimaterjalidest põrandate ja puitpõrandate kontrolliks. Kui põrand on betoonist, mis on kaetud keraamilise plaadiga või mingi muu mineraalainest kattega, ja seal puitu pole (ka mitte betooni sees ega all), siis nendel põrandatel tuleks vaadata pragude tekkimist ja põrandapinna vajumist. Ei tohi unustada, et vahel on betoon valatud puidust kandetarinditele. Sellisel juhul tuleb eriliselt kontrollida pragude tekkimist ning nende avastamisel kontrollida võimalusel ka puidust alustarindi. Ilma tarindeid avamata saab seda teha fiiberoptilise boreskoobiga.
- Kui tegemist on puitpõrandatega, puitu sisaldavate põrandatega või puidupõhistest materjalidest põrandatega puitalusel, siis tuleks esmajärjekorras kontrollida põranda alustarindi kandeomadusi. Lihtsaim katse kandetarindite kontrolliks on ajutise koormamise katse, selleks tuleb asetada põrandale koormus ning mõõta tekkivad deformatsioonid. Pikka aega on kasutatud selle katse lihtsustatud varianti, kus koormuseks on kontrollija ise ning deformatsiooni määratakse „põranda õõtsumise“ kaudu.
- Eraldi tuleks vaadata põrandaääri (põrandaliiste). Selles piirkonnas peaks tähelepanu pöörama kahele asjaolule. Esiteks, kui suur on liistu ja põranda või seina vahele tekkinud pragu ning kas pragu on ühtlane. Prao leidmisel tuleks jälgida prao dünaamikat. Kui pragu jääb samasuguseks, on hästi, aga kui see suureneb, siis on tegemist kasvavate vajumitega ning kindlasti tuleks välja selgitada nende põhjus. Põhjuse väljaselgitamisel tasub kasutada ehituseksperdi abi. Teiseks tuleb liistude juures vaadata seda, ega liistu nimetatud piirkonnas pole tekkinud seeneniidistikku, viljakehi ega eostolmu (foto 14). Ükskõik millise eespool nimetatud tunnusega tuleks kohe pöörduda laborisse seeneliigi määramiseks.



Foto 14. Seenkahjustus
põrandaliistu taga.

-
- Seinte juures (eriti märgades piirkondades) otsida võimalikke pragusid või avasid, kust vesi võib sattuda seinatagusesse või -sisesesse tarindisse. Kõik sellised kohad peavad olema korralikult tihendatud. Kui vähegi võimalik, tasub kontrollida ka seinakattetagust ruumi (veemöödusõlme luugid või torude läbiviikude kohad vms). Ka seal ei tohiks olla liigniiskust, mustust ega hallitusseente kolooniaid. Nendel seintel, kuhu satub lahtine vesi, kontrollida hüdroisolatsioonikihti ja selle ühtlust. Korraliku vee- ja niiskuskaitse kihi saavutab ainult spetsiaalsete võõpadega (Fibergum, Izofol jt.), laialt kasutusel olevad vedelikud (Aquastop jms.) on pigem mõeldud kruntimiseks.
 - Lagede pindade kontroll on analoogiline seinte pindadega, kusjuures arvestama peab, et ripplagedel on väga oluline näha ka ripplae kinnitusi ning põhilae pinda. Just seal on meeliskoht hallitusseentele, kelle eosed läbi ripp-laes olevate avade ja pragude levivad kogu ruumi õhku.
 - Kõikidel niiskete ruumide pindadel tuleks kontrollida hallitusseente levikut. Kui kusagil on tumedaid või värvilisi täpikesi, siis kindlasti tuleks need üles märkida ja hiljem tegevuste planeerimisel ka ette näha nende kõrvaldamine. Kui mitmel järjestikusel kontrollil kordub samas kohas sarnane hallitus, siis peab mõtlema ka selle tekkepõhjustele ning nende kõrvaldamisele.
 - Niisketes ruumides on tihti hallitusega kaetud kohaks nurkades ja äärtes olev tihendamiseks kasutatud silikooni pind. Nendes kohtades pole tegevuste planeerimisel mingit muud võimalust, kui olemasolev silikoon eemaldada ja asendada uue, hallituskindla silikooniga.

Abiruumid

- Järgmisena võiks kontrollida garaaže, koridore, kööke, abiruume ja panipaiku esimesel korrusel ehk neid ruume, mille õhuniiskuse tase on üldjuhul pisut kõrgem eluruumide omast.
- Nende ruumide kontrollimise üldised põhimõtted on samad, mis niisketil ruumidel, kuid muuhulgas tuleks eriti tähelepanu pöörata nurgapiirkondadele nii üleval kui all. Tavaliselt kipub põrandanurkadesse ja mööbli-seina nurkadesse sellistes ruumides ikka prahti kogunema, nii orgaanilist kui mineraalset. See praht on aga omakorda heaks toitainetallikaks hallitusseentele ja ka puitu lagundavatele seentele (viimaste puhul peab olema prahti hulgas paberit vms).
- Köökides tuleb eriti hoolas olla toiduvalmistamisega seotud piirkondades, kontrollida, kas ventilatsioon (kubu) toimib ning kas pinnad on kuivad ja puhtad. Sellises toidaineterohkes piirkonnas kasvavad hallitusseened levivad õhuga kõigisse eluruumidesse.

- Probleeme on tihti olnud abiruumide ja panipaikadega. Kindlasti tuleks kontrollida panipaiga ventilatsiooni, sest seisev õhk põhjustab nii niiskuse kui ka mikroste eoste ja osakeste kogunemise. Tihti on panipaigad vähem soojustatud (eriti vanematel majadel) ning seal on oluliselt suurem võimalus õhuniiskuse kondenseerumiseks temperatuuri muutudes. Kolmandaks kontrollitavaks piirkonnaks on panipaiku ja abiruumide läbivad torustikud, mida tuleb kontrollida samamoodi nagu niiskete ruumide torustikke.
- Abiruumides on enamasti ventilatsiooniseadmed. Nende kontrollimisel järgida kasutusjuhendeid. Oluline on, et seadmeid ja torustikku tuleb kontrollida regulaarselt ning vajadusel neid puhastada.

Eluruumid

- Eluruumides tuleb lisaks eelmistes punktides toodud näpunäidetele juurde lisada mööbliesemete aluse, taguse ning soklipiirkonna (s.o alumine suletud osa) kontroll. Sellises piirkonnas on esmajärjekorras võimalik avastada majaseente kasvamise tunnuseid (seeneniidistik, viljakehad ja eosed) ning ka hallitusseente kolooniaid.
- Keldrita hoonete esimese korruse põrandad on biokahjustuste puhul suurema riskiga piirkond. Kontrollimisel tuleks jälgida samu reegleid, mis eespool toodud põrandate kontrollimisel, kuid siin võiks lisada veel, et lakitud puitpõrandatel tuleks vaadata ka värvimuutusi (foto 15). Kui põrandalaki all hakkab laud pruuniks tõmbuma, siis on seal suure tõenäosusega alanud pruunmädanikku tekitavate seente elutegevus. Värvitud põrandatel iseloomustab sama protsessi värvi mullitamine ja mahakoorumine. Laudpõrandatel on oluline jälgida ka deformatsioone (pragude tekkimist ja laudade „pundumist“).



Foto 15.

Värvimuutused
põrandalauisel
annavad märku
seenkahjustuse
olemasolust
põrandatarindis.

- Veel on oluline kontrollida mööbliesemete taguseid ning pealseid. Mida tihedamalt ese vastu seinu või lage paikneb, seda olulisem on kontroll. Lisaks tolmule võib seal leida näriliste pesasid, putukate kookoneid, kuid ka seeneniidistikku, viljakehasid ning eostolmu.
- Kõigis ruumides tasub hoolikalt vaadata akende ümbrusi ja eriti aknalaua piirkonda ning aknaalust seinu, sest akende ümbrus on üldjuhul kuivade köetavate ruumide kõige niiskem osa.

Pööning ja katusealune

- Viimaseks kontrollitavaks kohaks on pööning ja/või katusealune piirkond. Ka siin võib jagada kontrollitava piirkonna kaheks võimalikuks osaks – katuslagi ja avatud katusealune piirkond.
- Kõigepealt tuleks kontrollida, kas katuslae soojustus on sobivalt paigas. Soovitav on kasutada katuslae kontrollimisel termokaamerat, sest läbi viimase korruse ning pööningu vahel on kõige suurem võimalus soojuskadudeks. Kui pööningule on kuhjatud kasutuid materjale, siis peaks kontrollima soojustust ka nende all. Vähesed või halvasti paigutatud soojustuse puhul tekib sageli katusekatte (või aluskatte) alumisele pinnale vee kondenseerumisest tingitud niiskustiht, mis valgub allapoole ning koguneb takistuste taha, kus võivad tekkida olulised niiskuskahjustused.
- Teiseks peaks kontrollima katuse kandetarindeid (sarikaid, penne, toolvärki jms). Kui need (enamasti puidust) elemendid on mingil põhjusel värvust muutnud või laiguliseks tõmmanud (foto 16), siis tasuks tähelepanelikult vaadata katusekatet selles piirkonnas. Oluline on ka katusekatte alune, seal ei tohiks samuti olla märgi laiuke (pärast vihma) ega ka tumedamaid plekke. Puitosade peale moodustunud valge aine võib olla nii seeneniidistik kui ka vanadel hoonetel lubjakiht.
- Erilist kontrolli vajavad korstnate ja katuseluukide piirkonnad ning neelukohad altpoolt. Just seal on tihti märgata märgumise jälgi.



Foto 16. Hallitusseente kahjustusega katuse-tarindi element.

- Pööningu olulised osad on aknad. Kindlasti tuleb vaadata, kas kõikidel akendel on ees klaasid või võred, sest lindude pääs pööningule on vahelae tarinditele kahjulik (väljaheited). Katuseakendel tasub kontrollida piirete niiskuskahjustust.
- Katuslae kontroll on üldjuhul raskendatud, sest enamasti on tarindid suletud ja seda, mis seal sees toimub, on välisel kontrollil raske avastada. Katuslael tuleb esmajärjekorras kontrollida katuseakende piirkondi. Kui seal on märgumise jälgi või hallitustäppe, siis tasuks mõelda nende tekkepõhjuste peale. Samuti saab kontrollida katuslae nurkasid, mis on tavaliselt ümbritsevast keskkonnast oluliselt külmemad piirkonnad ja selle tõttu on seal suur õhuniiskuse kondenseerumise oht. Katuslae kontrollimisel on termokaamera kasutamine äärmiselt oluline.
- Kui võimalik, siis tasub vaadelda katuslae külgedelt või ülevalt (kui on juurdepääs) katusekatte ja katuslae tuuletõkke vahelist ala. Hästi ehitatud katuslael on seal korralik tuulutusvahe.

Laboratoorsed uuringud ja ekspertiisi käigus tehtavad arvutused

Biokahjustusi saab laboratoorselt uurida ainult selleks ettenähtud laborites. Ehituslikke uuringuid (materjalide omadused, koostis jms) tehakse Eesti Maaülikooli maaehituse osakonna ja Tallinna Tehnikaülikooli laborites. Seeneproove saab analüüsida Eesti Mükoloogiauuringute Keskus SA ja Tartu Ülikooli laborites ning tarindite katsetamist saab teha vastavalt uuritavale parameetrile Tartu Ülikooli, Eesti Maaülikooli või Tallinna Tehnikaülikooli laborites. Laboratoorseteks analüüsideks proovide võtmisel tuleb kindlasti järgida labori poolt ette antud proovivõtmismetoodikaid, tarindite ja/või tarindiosade katsetamiseks on vaja eelnevalt koostada koos labori teaduritega katseplaan.

Kui ekspertiisi eesmärk on muuhulgas ka hoone kandetarindite tugevus- ja stabiilsusnõuete kontroll, siis on kindlasti vaja teha ka tugevusarvutused vastavalt kehtivatele standarditele. Tugevusarvutusteks tuleb modelleerida koormused ja leida tekkivad pinged kandetarindi elementides (sh. leida efektiivristlõige) ning teiselt poolt määrata/arvutada materjali arvutuslik tugevus. Ehituses kehtib reegel – pinge peab võrreldes tugevusega olema alati väiksem või võrdne.

Hoonete biokahjustuste ekspertiisi aruanne

Kui on tehtud ekspertiis vastavalt eeltoodud juhistele, siis oluliseks ekspertiisi osaks on tegevusaruanne (ka raport, eksperthinnang, kokkuvõte või muu nimetusega lõppdokument). Ekspertiisi aruanne peab kindlasti koosnema järgnevatest osadest.

-
- Tiitelleht, kus on toodud objekti nimetus, aadress, töö teostaja nimi (nimetus), MTR registreeringute numbrid ning ekspertiisi vormistamise koht.
 - Sisukord (kui ekspertiis on üle 10 lk pikk).
 - Üldandmed, kus on kirjas:
 - » töö tellija ning tema esindaja nimetus;
 - » töö eesmärk, lähteülesanne ja teostuse tase;
 - » ekspertiisi läbiviijate nimed, kvalifikatsioonid ning kontaktandmed;
 - » ekspertiisi algus- ja lõppkuupäev ning muud olulised ekspertiisiga seotud daatumid;
 - » ekspertiisi tegemiseks kasutatud seadmed ja/või abivahendid;
 - » ekspertiisi läbiviimisel kasutatud standardid ja muud juhendmaterjalid ning ekspertiisi aluseks olnud seadused ja muud õigusaktid. Ekspertiisiga seotud oluliste dokumentide nimetused;
 - » ekspertiisis kasutatud mõistete seletused või viited seletustele;
 - » muu oluline sissejuhatav informatsioon.
 - Ekspertiisi metoodika.
 - Ekspertiisi tulemused.
 - Järeldused ja selgitused.
 - Edaspidised tegevused (sõltuvalt lähteülesandest).
 - Kokkuvõte.
 - Ekspertide allkirjad ja kontaktandmed.
 - Lisad.

Biokahjustuste tunnused erinevatel materjalidel

Biokahjustuse äratundmiseks on vaja vilunud silma ja kogemusi. Käesolevas peatükis on välja toodud erinevatel materjalidel need põhitunnused, millest aru saada, et tegemist on kahjustusega. Kuna organismid ja nende tekitavad kahjustused on väga mitmekesised, siis pole toodud loetelu lõplik.

- Pruunmädanikku tekitavate seente kahjustuse tunnused.
 - » Struktuurimuutused. Puidu kiud katkevad ristikiudu ning tekiavad mikroskoopilised kuni silmaga nähtavad lõhed risti puidu kiuga (foto 17). Väikese kõrgusega laiad puitmaterjalid (lauad) kõmmelduvad intensiivselt.
 - » Puidu värvumine pruunikaks. Värvimata puidule tekivad pruunikad laigud või vöödid, mis aja jooksul suurenevad.
 - » Värvitud puidul värvikihti mullide tekkimine (v.a kohe pärast värvimist). Värvikihi koorumine.



Foto 17. Kaugele arenenud pruumädanik.



Foto 18. Eestolm põrandal.

- » Puidu kõvaduse ja tiheduse vähenemine.
- » Punakaspruuni eestolmu esinemine nii puidul kui ka teistel lähedal asetsevatel materjalidel (sagedasti just põrandaliistude piirkonnas ja nurkades) (foto 18).
- » Ämblikuvõrgusarnase seeneniidistiku esinemine ja/või viljakehade leiud puitmaterjalide läheduses. Viljakehad on algul valge laigu kujulised, hiljem võivad olla murumunasarnased ja lõpuks muutuvad tumedamaks eoskihiga kaetud liibuvateks ja/või kohevateks moodustisteks.
- » Hoones on tugev terav seenelõhn (värske seeneniidistiku olemasolul ning väga intensiivse kasvu korral).
- Valgemädanikku tekitavate seente tunnused.
 - » Struktuurimuutused. Puidu kiududevaheline materjal laguneb ja moodustuvad hästi eristuvad heledad puidukiud, milles mõned võivad olla ka katkenud ristikiudu.
 - » Puidu värvumine heledaks (kaasneb üldjuhul koos struktuurimuutustega).
 - » Puidu kõvaduse ja tiheduse vähenemine.
 - » Ämblikuvõrgusarnase seeneniidistiku esinemine ja/või viljakehade leiud puitmaterjalide läheduses.
 - » Hoones on tugev terav seenelõhn (värske seeneniidistiku olemasolul ning väga intensiivse kasvu korral).
 - » Tugev materjalide märgumine.
- Puitu moondavate seente kahjustused.
 - » Värske puidu värvumine sinakaks või punakaks (sõltub puuliigist ja kahjustavast seenest), mis ajapikku muutub üha tumedamaks kuni sinakasmustani välja.

-
- » Puidu kiuline struktuur joonistub eri värvides välja.
 - » Puidu pinnale tekivad üksikud värvilised täpid (hallitusseente kolooniad ehk hallitus).
 - Mardikakahjustused.
 - » Väljalennuavad puidu pinnal, mille suurus sõltub mardika liigist ja soost. Avadel on kindlasti vaja määrata ava tekkevanus. Kui avapiirde on tumedad, siis see viitab vanale kahjustusele, kui avapiirde on heledad, siis võib kahjustus olla tekkinud hiljaaegu (või on mõni teine elusorganism ava „uuendanud“).
 - » Tunnelid ja nukkumiskambrid puidu ristlõikes (koorest kuni säsini sõltuvalt kahjustavate mardikate liigist).
 - » Närimispuru leidumine puidu pinnal ja/või puitmaterjalide vahetus läheduses. Puru jämedus ja struktuur sõltub kahjustava mardika liigist. Puru puhul on võimalik, et mõned teised putukad koloniseerivad puitu kahjustavate mardikate vastsete käike ning tühjendavad neid purust.
 - » Hoones leitakse elusaid või surnud mardikaid, vastseid või nukukesti (avade läheduses).
 - Hallituskahjustused:
 - » erineva värvusega (mustad, hallid, valged, rohelised, pruunid) ja erineva pinnamustriga (jahujad, viltjad, sametjad) mikrosteente kolooniad, mis moodustuvad algul väikeste täppidena, kasvades ühinevad ning moodustavad üha suuremaid kolooniaid;
 - » värvilised pigmendilaigud materjalidel;
 - » suur niiskus siseruumides, kopitus või rõskuslõhn.
 - Näriliste kahjustused:
 - » väljaheited;
 - » kahjustatud objektid ja näritud toit ning pakendid;
 - » käigurajad, näritud avad;
 - » määrdumus – avadele, taladele ja postidele tekib tumedat värvi määrdumus seal, kus rotid armastavad oma karvu mustusest ja tolmust puhastada. Mida tugevam on määrdumus, seda rohkem rotte hoones elutseb;
 - » iseloomulik näriliselõhn;
 - » sage krabin seina taga või lae peal, närimishääl.
 - Biokihid:
 - » erineva värvuse, paksuse ja struktuuriga kihid ning laigud materjalide pinnal. Pinnakiht võib olla kobrutav, pulbriline, pealmised kihid võivad lahti kooruda, pudeneda. Puidul on selliseid kihte harvem, kõige

sagedamini on tegemist rohelist värvi tsüanobakteritest ja vetikatest koosneva kihiga.

- Samblad, taimed:

- » hoone osadel kasvavad erinevad samblad ja taimed;
- » kõrge haljastuse läheduses hõõrdumisjäljed (mehaanilised kahjustused) hoone välispinnal;
- » juurestiku (või ronitaimedel taimeväärtide) leidmine hoone sisemuses;
- » okste, lehtede ja muu taimse päritoluga materjalide kogumid hoone katusel, ühenduskohtades või sadeveesüsteemides.

- Linnud:

- » elavad linnud hoonete tarindites ja pööningutel. Iseloomulik häälitsemine ja liikumishääled;
- » väljaheidete kogumid, suled ja pesad hoone välispiirdel ja/või siseruumides (nt pööningul);
- » nokkimise tulemusena tekkinud sakilise servaga avad, enamasti puitdetailides (foto 19).



Foto 19. Rähni kahjustused metsas Vormsi saarel.

KIRJANDUST

Abels, M. 2011. *Assessment Matrix for Timber Structures. Basis for Standardized Building Checks*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Andreasson, J. M., Bech-Andersen, J., Elborne, S. A., Singh, J., Sterler, J. C. 2004. *The dry rot fungus found in natural habitats*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.

Bech-Andersen, J. 2004. *Indoor climate and moulds*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.

Bech-Andersen, J. 2005. *Sisekliima ja hallitusseened*. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus.

Bowles, R., Beckmann, P. 2005. *Structural Aspects of building conservation*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

-
- Boyd, J. A., Jalal, F. K., Rogers, P. P. 2008. *An Introduction to Sustainable Development*. Routledge.
- Bravery, A., Berry, R., Carey, J., Cooper, D. 1987. *Recognizing wood rot and insect damage in buildings*. Bucks: Building Research Establishment.
- Brebbia, C. A. 2009. *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XI*. WIT Press.
- Caneva, G., Mandrioli, P., Sabbioni, C. 1998. *Cultural Heritage and Aerobiology. Methods and Measurement Techniques for Biodeterioration Monitoring*. Springer.
- Carmody, J., Lstiburek, J. 1994. *Moisture Control Handbook. Principles and Practices for Residential and Small Commercial Buildings*. John Wiley and Sons.
- Claxton, B. 2008. *Maintaining and repairing old houses. A Guide to Conservation, Sustainability and Economy*. Crowood Press.
- Gauzin-Müller, D. 2004. *Wood Houses. Spaces for Contemporary Living and Working*. Birkhäuser-Publishers for Architecture.
- Hetreed, J. 2008. *The Damp House. A Guide to the Causes and Treatment of Dampness*. Crowood Press.
- Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 138–142.
- Lourenço, P. B., Modena, C., Roca, P. 2005. *Structural analysis of historical constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques 2*. Taylor & Francis.
- Mattsson, J. 2004. *Mögel svamp i byggnader. Förekomst, bedömning och åtgärder*. Mycoteam AS.
- Oliver, A., Douglas, J., Stirling, J. S. 1997. *Dampness in Buildings*. Wiley-Blackwell.
- Pellerin, Roy F., Ross, Robert J. 2002. *Nondestructive evaluation of wood*. Forest products Society, Madison, USA.
- Pilt, K. 2010. Mittepurustavad meetodid puittarindite kestvuse uurimiseks kultuuriväärtuslikes hoonetes. – *Muinsuskaitse aastaraamat 2009*. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Kultuuriväärtuste Amet, Eesti Kunstiakadeemia muinsuskaitse ja restaureerimise osakond, 78–80.
- Rostron, J. 2004. *Sick Building Syndrome. Concepts issues and practice*. Spon Press.
- Saron, J. 1997. *Maaehitised Eesti Vabaõhumuuseumis*. Tallinn: Huma.
- Stroh, L. T. 2005. *Maja ja niiskus*. Tallinn: Kodukiri.

3. Kuidas tulla toime hoonete biokahjustustega

Lugenud läbi selle peatüki,

- *tead, millised on keemilise tõrje peamised puudused;*
- *tead, millel põhineb nüüdisaegne kahjuritõrje;*
- *tead, millises olukorras kasutada mittekeemilisi ja millises keemilisi tõrjemeetodeid;*
- *tead, mis on biotsiidid ja kuidas nad jagunevad;*
- *oskad organiseerida kahjurite keemilist tõrjet;*
- *tead terviseriske, mis esinevad kahjuritõrjel.*

Et biokahjustuse situatsioon on kompleksne (joonis 3, ptk 1), siis peavad kõik biokahjustuste vältimiseks ja kontrollimiseks tehtavad ettevõtmised arvestama selle keerukusega. Biokahjustustega toimetulekuks ei ole olemas lihtsaid meetodeid ja võimalusi. Biokahjustusprobleemiga kokkupuutumisel on oluline mõista kogu biokahjustuse situatsiooni võimalikult terviklikul kujul. Ainult selline lähenemine loob aluse edukaks toimetulekuks biokahjustustega. Kuna raamatus keskendutakse hoone biokahjustustele, siis on käesolevast peatükist välja jäetud olmekahjurite (prussakad, kirbud, lutikad jms) teema, sest nende kahjustused hoone materjalidele ja tarinditele ei ole märkimisväärsed.

3.1. Kaitse biokahjustajate eest

Hoonete kaitsmine biokahjustuste eest on keerukas ülesanne. Tuleb arvestada, et lihtsaid lahendusi ja odavaid meetodeid selleks ei ole. Biokahjustused hoones on seotud hoone keskkonna haldamisega laias mõttes. Oluline on käsitus- ja mõtteviisi muutus seniselt kahjustuste töötlemisele keskendumisest väheinsivsetele, kogu hoonet ja seda ümbritsevat keskkonda terviklikult käsitlevale lähenemisele. Biokahjustuste tõrje ei tähenda ainult keemilist töötlemist ja kahjustatud hooneosade kõrvaldamist. Tegemist on hoone keskkonna kontrolliga, mille käigus rakendatakse vastavaid seire-, hooldus- ja kontrollimeetmeid.

Biokahjustajatega võitlemise kõige levinum strateegia on pikka aega olnud keemiline tõrje. Keemilisel tõrjel on aga mitmeid puudusi:

- puudub kahjustusi ärahoidev efekt, tavaliselt töödeldakse kemikaalidega alles pärast kahjustuste ilmnemist;
- kasutatavad keemilised ühendid on üldjuhul kahjuliku toimega nii inimestele kui sageli ka materjalidele;

-
- biokahjustajad võivad muutuda keemiliste ühendite suhtes resistentseks;
 - keemiline töötlemine saastab keskkonda ja ruumide õhku.

Nüüdisaegses kahjuritõrjes on põhiraskus mitte keemilisel tõrjel, vaid keskkonna kontrollil. Keemilist töötlemist kasutatakse ainult hädaolukorras, kui teised meetmed pole soovitud tulemust andnud. Lähtutakse tõdemusest, et tunduvalt lihtsam on biokahjustajatest hoiduda, kui nendega võidelda. Eelkõige tähendab see kahjustusi esilekutsuvate organismide kasvuks ja arenguks võimalikult ebasoodsate keskkonnatingimuste loomist. Iga elusorganism vajab teatud ressursse – toitu, vett, varjupaiku. Seega iga konkreetne elupaik suudab ülal pidada teatud suurusega populatsiooni. Tõrjemeetmeid rakendatakse ainult sel juhul, kui ennetavad abinõud ei ole vilja kandnud ning hooned on ikkagi kahjustunud.

Kasutatav tõrjemeetod sõltub:

- kahjustavatest organismidest,
- kahjustuste ulatusest,
- kahjustatud objektist,
- kahjustatud objekti väärtusest,
- tõrjeks kasutatavatest vahenditest.

Väga oluline on tegutsemise läve kehtestamine, mis tegelikult tähendab vastamist küsimustele:

- millisel juhul rakendatakse tõrjemeetodeid ja
- kui palju mingit liiki kahjureid võib hoonetes esineda?

Probleem on selles, et suures ja keerukas keskkonnas ei ole praktiliselt võimalik biokahjustajatest täiesti vabaneda. Mikroorganismid on ju alati keskkonnas olemas, sageli ka putukad. Eesmärk ei ole biokahjustajate täielik hävitamine iga hinna eest ja alati, vaid nende aktiivsuse allasurumine ja arvukuse piiramine. Iga hoone jaoks on talutav lävi erinev. Näiteks moodsas hoones on see lävi madalam kui ajaloolises hoones või rehetares. Samuti on troopilistes piirkondades kõikvõimalike biokahjustajate arv märksa suurem, võrreldes näiteks parasvöötmega.

Kõige olulisem biokahjustajatega toimetulekuks on vastavate ennetusmeetmete rakendamine ja seda loomulikult enne biokahjustajate ilmumist hoonesse. Tegelikult algab hoone kaitse biokahjustuste eest juba selle asukoha valiku ja projekteerimisega. Kõikidele nõuetele ja headele tavadele vastavalt ehitatud hoone peaks juba olema küllaltki kindel erinevate biokahjustajate suhtes. Valmisehitatud hoone korral on tähtis selle heaperemehelik kasutamine ja reeglipärane hooldus. Spetsiifilisematest nõuetest saab lugeda vastavatest peatükkidest, kõige üldisematest nõuetest on tähtsad järgmised:

- tagada katusekatte ja sadevee ärajuhtimise süsteemide heakord;
- korrastada hoone tehnosüsteemid (vee- ja kanalisatsioonitorud);
- hoolitseda piisava ventilatsiooni eest nii ruumides kui tarindites;
- tagada tarindite piisav soojusisolatsioon;
- tagada tarindite piisav hüdrolisolatsioon;
- järgida ehitamisel ja remontimisel ehitusseadust, -standardeid ning head ehitustava.

Nagu näha, seostub enamik nendest töödest hoone niiskuselukorraga. Eesti kliimas ongi niiskus peamiseks biokahjustajate tegevust soosivaks keskkonnanähtumuseks.

3.2. Tõrjemeetodid

Kui konstruktsioonilised ja hooldusest tulenevad ennetusmeetmed ei ole mingil põhjusel õnnestunud ja biokahjustajad on ikkagi hoone kallal, tuleb rakendada tõrjemeetodeid. Tõrjemeetodid jagatakse keemilisteks, mehaanilisteks, füüsikalisteks ja bioloogilisteks. Üha laiemalt leiavad kasutamist füüsikalised ja mehaanilised tõrjemeetodid, mille eeliseks on materjalidele ja inimestele kahjulikult toimivate kemikaalide mittekasutamine. Samal ajal ei kaitse ükski mittekeemiline meetod materjale edasise kahjustumise eest ning sageli ei toimi mittekeemilised meetodid kõikide biokahjustajate suhtes ühesuguse efektiivsusega. Hoonete juures on füüsikaliste tõrjemeetodite (madalad ja kõrged temperatuurid, muudetud gaasikeskkonnad) kasutamine raskendatud kas või näiteks juba hoonete mõõtmete tõttu. Mehaaniliste tõrjemeetodite all mõeldakse kahjustatud materjalide teisaldamist ning asendamist uute materjalidega või siis kahjustatud pinna puhastamist. Mehaanilisi meetodeid kasutatakse väga laialt, kuid need võivad osutuda väga kulukateks ning tihti (nt kultuuriväärtuslikel objektidel) ka lubamatuteks. Bioloogiliste meetodite korral kasutatakse kahjuritõrjeks teisi elusorganisme. Tüüpiline näide sellest on kassi kasutamine näriliste arvukuse vähendamisel. Siiski tuleb alamaste organismide puhul enne bioloogilist tõrjet mõelda, ega kasutatav tõrjeorganism kahjulikuks ei muutu. Keemiline tõrje põhineb kahjustatud materjalide töötlemisel biokahjustajate suhtes aktiivsust omavate keemiliste ainetega (toimeainetega).

Keemilist tõrjet rakendatakse ainult siis, kui on täiesti selge, et teisi tõrjeabinõusid ei ole võimalik rakendada või need ei ole efektiivsed. Biokahjustajate keemiline tõrje on õigustatud ainult siis, kui on üheselt selge, et selle mitterakendamisel tekitavad biokahjustajad hoonele või hoones paiknevatele esemetele olulisi kahjustusi. Alati kasutatakse võimalikult väheohtlikke aineid. Ainete ohtlikkus on määratud aine ohutuskaardil ning selle kohta on võimalik informatsiooni

saada ka terviseameti kemikaaliohutuse osakonna kodulehelt. Eriti tähtis on pöörata tähelepanu ohutunnustele (sümbolitele) ning R- ja S-lausetele, uue nimetusega **ohulaused (H-laused)** ja **hoiatuslaused (P-laused)** P-laused kirjeldavad kemikaalide kasutamise seotud hoiatusi. H-laused kirjeldavad kemikaali ohutu käitlemise nõudeid. H- ja P-lauseid on mõlemaid koos ühendlausetega üle 100.

Uued põhilised H- ja P-lausede piktogrammide on järgmised.

Tabel 3. Uued ohu- ja hoiatuslausede piktogrammide koos eestikeelsete nimetustega

OHUPIKTOGRAMMID			
FÜÜSIKALISED OHUTEGURID			
	• Ebapüsivad lõhkeained • Isereageerivad ained ja segud • Orgaanilised peroksiidid		• Oksüdeerivad gaasid, vedelikud või tahked ained
	• Tuleohtlikud gaasid • Tuleohtlikud aerosoolid, vedelikud või tahked ained • Isereageerivad ained ja segud • Pürofoorsed vedelikud või tahked ained • Isekuumenevad ained ja segud • Ained ja segud, mis veega kokkupuutel eraldavad tuleohtlikke gaase • Orgaanilised peroksiidid		• Röhu all olevad gaasid • Kokkusurutud gaas • Veeldatud gaas • Külmutatud veeldatud gaas • Lahustatud gaas
			• Söövitavad ained ja segud
TERVISEOHUD			
	• Äge mürgisus (suukaudne, nahakaudne, sissehingamisel)		• Nahasöövitus • Raske silmakahjustus
	• Äge mürgisus (suukaudne, nahakaudne, sissehingamisel) • Nahaärritus • Silmade ärritus • Naha sensibiliseerimine • Mürgisus sihtlundi suhtes – ühekordne kokkupuude • Hingamisteede ärritus • Narkootiline toime		• Hingamisteede sensibiliseerimine • Mutageensus sugurakkudele • Kantserogeensus • Reproduktiivtoksilisus • Mürgisus sihtlundi suhtes • Hingamiskahjustused

KESKKONNAOHUD	
	• Ohtlik vesikeskkonnale

Piktogrammide kasutamise kohta saate lähemat informatsiooni Terviseameti Kemikaaliohutuse osakonnast. Seal on toodud ka lingid, kõiki uusi piktogramme puudutava seaduse kohta vaata <http://www.terviseamet.ee/kemikaaliohutus/>.

Kahjulike organismide tõrjes kasutatavaid tooteid kutsutakse biotsiidideks. Biotsiid on toimeaine või üht või mitut toimeainet sisaldav valmistas, mis on ette nähtud kahjulike organismide hävitamiseks, tõrjeks, nende kahjustava toime ärahoidmiseks või muul viisil nende kahjuliku tegevuse ohjamiseks keemilisel või bioloogilisel teel (Biotsiidiseadus).

Biotsiidid jagatakse vastavalt sellele, millisele organismirühmale tema toime on suunatud:

- bakteritsiidid – bakterid;
- fungitsiidid – seened;
- algitsiidid – vetikad;
- herbitsiidid – taimed (samblikud, samblad, kõrgemad taimed);
- insektitsiidid – putukad;
- rodentitsiidid – närilised;
- avitsiidid – linnud.

Osa biotsiide omab toimet mitmele süstemaatilisele rühmale, näiteks bakteritsiid – algitsiid, fungitsiid – algitsiid. Üldiselt eelistatakse kasutada selliseid biotsiide, mis avaldavad toimet mitmele lähedasele ja koos kahjustusi põhjustavale organismirühmale.

Biotsiidide koostises on lisaks otsest bioloogilist aktiivsust omavale ühendile või ühenditele ka erinevaid lisandaineid, mis toimivad kandjatena, tugevdavad mürgi toimet vms. Keemilises mõttes ühte ja sama biotsiidi võidakse turustada erineva nime all ja erinevate lisandainetega segatult. Ei tohi unustada, et lisandained ja lahustid võivad samuti esile kutsuda materjalide kahjustusi. Lahustitena sageli kasutatavad petrooleumi destillaadid ja teised orgaanilised lahustid pehmenavad plaste, rikuvad värvitud ja poleeritud pindu. Vesi võib tekitada plekke, voolujooni, suurendada materjali niiskusesisaldust ning põhjustada soolade liikumist. Emulsioonides leidub tihti erinevaid õlisid, mis jätavad pindadele laiike ja kleepuvaid jääke. Emulsioonid ja lahused võivad sisaldada ka happelise või aluselise reaktsiooniga emulgaatoreid ja pindaktiivseid aineid.

Suitsugeneraatorites kasutatavad põlemisained jätavad pindadele korrosiivseid kloriide ja nitrile.

Biotsiidide kasutamisel tuleb arvestada järgmiste asjaoludega:

- erinevad bakteri-, seene- ja putukaliigid on mingi konkreetse keemilise ühendi suhtes erineva vastupanuvõimega ning biotsiidid on sageli liigispetsiifilise mõjuga;
- biotsiidi toime kiirus ja efektiivsus sõltuvad keskkonnatingimustest (temperatuur, õhuniiskus, keskkonna reaktsioon);
- biotsiidi toime sõltub organismi elutsükli faasist;
- elusorganismid kohanevad biotsiididega (tekib resistentsus);
- biotsiidi toime sõltub aine kontsentratsioonist, ebaõige kontsentratsiooniga biotsiid võib osutada mitte ainult mõjutuks, vaid isegi stimuleerida biokahjustajaid;
- biotsiidi lisaained üldjuhul ei mõju sihtorganismile, kuid võivad mõjutada materjalide omadusi ning omada mõju ümbritsevale keskkonnale ja teistele elusolenditele, sh inimesele.

Mitte ükski kasutatav keemiline ühend ei vasta kõigile neile nõuetele ning seega pole universaalset biotsiidi olemas. Elusorganismid kohanevad mürkidega, seetõttu tuleb pidevalt kasutusele võtta uusi kemikaale ja töötlemismeetodeid.

3.3. Keemilise kahjuritõrje organiseerimine

Keemiline töötlemine nõuab tõrjeks kasutatavate keemiliste ainete olemasolu, varustust, kaitseriietust ning oskusteavet. Suureulatuslik keemiline kahjuritõrje tuleks kindlasti tellida vastavast ettevõttest.

Kahjuritõrje korraldust reguleerib Eesti Vabariigis biotsiidiseadus, kuid lähemate aastate jooksul seadusandlus muutub ning biotsiidiseadus kui selline kaob sootuks. Biotsiidide ja nende käitlemise alast informatsiooni edastab Eesti Desinfektsiooni- ja Kahjuritõrjeettevõtete Liit.

Vastavalt seadusele käsitletakse kahjuritõrje objektina hoonet, rajatist või selle osa või nende juurde kuuluvat piiritletud maa-ala, kus on võimalik kahjulike organismide levik. Objekti valdaja korraldab kahjulike organismide arvukuse jälgimise objektil ning vastutab kahjurite kahjustava toime ennetamise ja kahjurite hävitamise eest. Objekti valdaja loob vajalikud tingimused ohutuks kahjuritõrjeks objektil ning koos kahjuritõrjet tegeva isikuga (kahjuritõrjuja) töötab välja kahjuritõrje plaani.

Sotsiaalministri määrusega on kehtestatud täpsustatud nõuded kahjuritõrje läbiviimisele, plaanile ja aruandele. Vastavalt määrusele on kahjuritõrje tellijaks objekti valdaja, kes vastutab kahjurite kahjustava toime ennetamise ja nende hävitamise eest tema valduses oleval objektil. Objekti valdaja töötab koostöös kahjuritõrjajaga välja objekti kahjuritõrje plaani, kus on kirjas järgmised andmed:

- 1) objekti asukoht, aadress ja nimetus;
- 2) objekti valdaja või tema esindaja nimi;
- 3) objekti põhiplaan koos ruumide nimetuse, pindala ning kasutusotstarbega;
- 4) objektile enamlevinud kahjurid;
- 5) kahjurite leviku jälgimiseks rakendatavad meetmed ning kahjuritõrjeks ettenähtud biotsiidid;
- 6) kahjurite seire ning kahjuritõrje sagedus;
- 7) kahjuritõrje ennetamise ja kahjuritõrje eest vastutav isik või isikud.

Kahjuritõrjuja koostab tehtud kahjuritõrje kohta objekti valdajale aruande, mida säilitatakse vähemalt viis aastat. Aruanne peab sisaldama järgmisi andmeid:

- 1) objekti asukoht, aadress ja nimetus;
- 2) objekti valdaja või tema esindaja nimi;
- 3) kahjuritõrje tegemise kuupäev ja kellaaeg;
- 4) tõrjutava kahjuri liik;
- 5) biotsiidide ohutuskardid;
- 6) objekti ruumide nimetuste või pindade loetelu või objektiga piirnevate maa-alade pindala, kus tehti kahjuritõrjet;
- 7) kasutatud kahjuritõrjemeetme nimetus;
- 8) kasutatud biotsiidide ja nende toimeainete nimetused, kontsentratsioon ja kulu;
- 9) aeg, mille möödumisel võib uuesti kasutada ruume või pindu;
- 10) puhastustööd ja muud vajalikud kahjuritõrjejärgsed meetmed enne objekti taaskasutamist;
- 11) paigaldatud püüniste, söödakarpide või söödakastide arv ja paigalduskoht;
- 12) juhised esmaabiks, näidates ära tõrjeaines esineva toimeaine vastumürgi;
- 13) kahjurite seire eest vastutaja nimi ja ametikoht;
- 14) kahjuritõrje läbiviinud isiku ja objekti valdaja või tema esindaja allkiri.

Biotsiide võib kasutada erineval kujul, sõltuvalt töödeldavast ruumist või objektist ja selle materjalist, organismist, kelle vastu biotsiidi kasutatakse, ning kasutatavast biotsiidist. Biotsiidid võivad olla gaasilisel, vedelal või tahkel kujul. Biotsiididega töötlemisel kasutatakse kas fumigeerimist, sissepritsimist, udutamist, kompresse, vanne, pealekandmist, injekteerimist (surveimmutust) või piserdamist. Insekttsiide, avitsiide ja rodenttsiide kasutatakse ka tahkete söötadena ning herbitsiide graanulitena. Mittegaasilisel kujul olevad biotsiidid lahustatakse harilikult vees või mõnes muus lahustis. Tavaliselt jääb keemilise toimeaine kontsentratsioon vahemikku 0,1–3%, sissepritsimisel kasutatakse tugevamaid kontsentratsioone (kuni 10%).

Kompresse kasutatakse siis, kui on vaja pikendada biotsiidi toimeaega ning suurendada biotsiidi kontakti objektiga. Biotsiidiga immutatakse karboksümetüültselluloosi, paberimassi või mõnda muud inertset kandjat. Niiske segu asetatakse töödeldavale objektile ja kaetakse aurumise vähendamiseks kilega. Töötlemise aeg võib olla üks või mitu päeva. Kompresse rakendatakse eelkõige kivimaterjalide töötlemisel. Kasutatakse hoonetel ja monumentidel, näiteks samblike, eriti endoliitsete samblike tugeva kolonisatsiooni korral.

Biotsiidide sissepritsimist kasutatakse ennekõike puidust objektidel. Biotsiidi pritsitakse putukate endi näritud käikudesse. Survelist sissepritsimist koos kemikaali tagasiliikumist takistavate abivahenditega (injektoritega) nimetatakse injektsiooniks ehk surveimmutuseks.

Töötlemist mürgise gaasi või aurudega nimetatakse fumigatsiooniks. Fumigatsioonil kasutatavad ained võivad olla gaasilised, vedelad või tahked. Gaasilised fumigandid on kõige ohtlikumad, neid võib kasutada ainult spetsiaalse sisseseade olemasolul. Fumigatsiooni eelisteks teiste meetodite ees on efektiivsus, hea läbitungimisvõime, töötlemise kiirus ning hävitamise massilisus. Meetodi puudusteks on kasutatavate keemiliste ühendite kõrge toksilisus, töötlemise ohtlikkus inimestele ja keskkonnale ning kasutatavate keemiliste ühendite võimalik kahjustav toime materjalidele.

Tentfumigatsiooni korral ümbritsetakse objekt või hoone õhku mitteläbilaskva kilest (impregneeritud nailon, polüetüleen vms) ümbrisega. Sellisesse ümbri-
sesse lastakse gaasilisel kujul biotsiid. Piisavalt õhutihedates hoonetes ja ruumides võib kasutada ka nn struktuurset fumigatsiooni, mille puhul täidetakse hoone või ruum tervikuna fumigandiga. Selline töötlemine võib olla vajalik, kui on tegemist mikroorganismide laiaulatusliku saastumisega. Termoaerosoolide kasutamisel tekitab generaator õhku biotsiidi aerosooli. Meetod on efektiivne seente ja nende spooride vastu ning ei tekita ruumis temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse kõikumisi.

3.4. Terviseriskid biokahjustajate tõrjel

Biokahjustuste tõrje käsitlemist tuleb kindlasti alustada võimalike terviseriskide vaatlemisega. Olgu ettevõtetud ehitus- ja parandustööd nii olulised kui tahes, ei maksa unustada, et inimeste tervis ja heaolu on alati kõige tähtsamad. Biokahjustuste tõrjel võivad terviseprobleeme põhjustada nii kahjustavad organismid, ennekõike seened, aga samuti tõrjel kasutatavad kemikaalid. Vt ptk 3.2. ja piktogrammideid.

Ettevaatusabinõud mürkemikaalidega töötamisel

Kuna kõik organismide tõrjeks kasutatavad kemikaalid on suuremal või väiksemal määral inimeste tervisele ohtlikud, tuleb nende kasutamisel väga täpselt jälgida eeskirju ja juhendeid.

Aine mürgisus e toksilisus on suhteline ja oleneb paljudest asjaoludest. Olulised on nii aine keemilised ja füüsikalised omadused kui ka aine kogus. Oma osa etendab ka väliskeskkond, milles aine ja organism kokku puutuvad, samuti on tähtis organismi seisund ning aine suhtes reageerimine. Kõige tavalisem protseduur aine toksilisuse hindamisel on määrata aine surmavat hulka, näiteks seda, mis tapab 50% uuritava liigi isenditest. LD tähistab letaalsel doosi, mille määramiseks kasutatakse katseloomi (rotte või küülikuid). LD50 on selline kogus keemilist ühendit, mis suu kaudu manustatult põhjustab 50% katseloomade surma. Väljendatakse mg/kg kehakaalu kohta. Toksilisematel ainetel on LD väiksem kui vähemtoksilistel. LC tähistab ühendi letaalsel kontsentratsiooni õhus. Et kahjustuse ulatus sõltub ka ekspositsioonist, siis antakse LC50 ja LD50 teatud ajavahemiku, näiteks 24 või 48 tunni kohta. Tabelis 4 on toodud mõne aine toksilisus. Biotsiidid jaotatakse nelja mürgisuskategooriasse:

- ülimürgised (LD50 alla 50mg/kg),
- väga mürgised (50–200 mg/kg),
- mürgised (200–1000 mg/kg),
- vähe mürgised (üle 1000 mg/kg).

Biotsiidide tuleb kasutada õiges kontsentratsioonis, sageli aga määratakse kontsentratsioon n-ö silma järgi. Eriti ohtlik on inimesele mürgiste biotsiidide üledoseerimine. Inimesele loetakse ohtlikeks kõiki selliseid aineid, mille surmav annus (letaalne doos LD) soojaverelistele katseloomadele (rottidele) on alla 200 mg/kg kehamassi kohta.

Tabel 4. Keemiliste ühendite toksilisus

Keemiline ühend	Toksilisus LD50 mg/kg
Alkohol	10 600
Permetriin (putukamürk)	6000
Naatriumkloriid (keedusool)	3750
Boorhape	3000
Aspiriin	1000
Ibuprofeen	625
Kofeiin	355
Atsetoon	10,7
Nikotiin	0,3

Tüüpilised biotsiidimürgitustunnused on peavalu, väsimus, peapööritus, nohu, maokrambid ja kõhulahtisus. Selliste haigusnähtude ilmnemisel tuleb haige toimetada kiiresti arsti juurde ning arsti teavitada, millise mürgiga millises kontsentratsioonis töötati.

Tuleb arvestada, et üldjuhul suureneb biotsiidide toksilisus järgmises reas:

- tahked biotsiidid,
- vedelad biotsiidid,
- gaasilised biotsiidid.

Biotsiididega töötamisel on kindlasti vaja individuaalseid kaitsevahendeid. Kaitseriietuseks on pikkade käistega pluus, püksid (riided soovitatavalt puuvillast), nahkjalsid, sokid. Pea peab olema kaetud ning kanda tuleb prille, respiraatorit ja kindaid. Kindad peavad olema ilma voodrita, vedelikukindlad, valmistatud kas kummist, neopreenist või polüvinüülkloriidist (PVC). Lateksist kindad ei sobi, kuna ei paku piisavalt kaitset. Samuti on sobimatud puuvillased või nahkkindad, mis võivad mürke endasse imeda. Suuremamahuliste tööde korral ja siis, kui biotsiidi pritsitakse, tuleks kanda kogu keha katvat spetsiaalset kaitsetürpi.

Biotsiididega töötamisel tuleb meeles pidada:

- kasutada õiget biotsiidi õigel kujul,
- kasutada vastavaid seadmeid,
- kasutada kaitsevahendeid,
- kasutada biotsiidi õigel viisil.

Kaitse bioloogiliste ohutegurite eest

Bioloogilised ohutegurid on bakterid, viirused, seened, rakukultuurid ja inimese endoparasiidid ning muud bioloogiliselt aktiivsed ained, mis võivad põhjustada nakkushaigusi, allergiat või mürgistust. Mikroorganismidest kujutavad peamist ohtu hallitused ehk mikroseed. Nende eosed ja hüüfitükikesed levivad hõlpsasti õhu kaudu, ja et nende rakke katab paks kest, on nad väga vastupidavad erinevatele mõjutustele (kuivus, temperatuur, kiirgus). Soodsatel tingimustel areneb igast eosest uus seen, kes omakorda intensiivselt paljuneb.

Seentest võivad terviseprobleeme põhjustada hallitused ja mädanikseed. Hallitustega tugevalt saastunud ruumides viibimine ja hallitanud objektide töötlemine võivad põhjustada inimestel mükoose, mükoallergoose ja isegi mükotoksikoosi. Mükoosid on erinevate kudede ja organite otsesed seenkahjustused – seenemütseel areneb ja kasvab inimeses. Eristatakse pindmisi ehk dermatomükoosi ja sisemisi ehk vistseraalseid mükoosi. Sisemise mükoosi puhul tabanduvad kõige sagedamini kopsud, kuid nakatuda võivad kõik organid ja koed. Üldiselt esineb sisemisi mükoosi suhteliselt harva. Mükoosid võivad probleemiks saada nõrgenenud immuunvastusega isikuil.

Tunduvalt sagedamini põhjustavad hallitused mükoallergoose. Eksoallergeenid on peamiselt seente eosed, mis tungivad organismi hingamisteede ja naha kaudu. Allergilised reaktsioonid on võimalikud eelkõige hingamisteede kaudu, ent neid võivad esile kutsuda kõik hallitusseene struktuurid, sõltumata sellest, kas nad on elus või surnud. Alguses on tagajärjeks allergiline nohu, kauaaegse kontakti korral võib aga välja kujuneda bronhiaalastma. Niiskus- ja hallituskahjustustega hoonete elanikel on suurenenud risk haigestuda silmade, hingamiselundite ja naha põletikulistesse haigustesse. Iseäranis tundlikud mükoallergooside suhtes on lapsed.

Mükoallergooside kujunemisel on määravaks allergeeni olemus (seeneliik, kontakt spooride või hüüfifragmentidega), allergeeni kogus õhus (kui palju on hallitusseeni 1 m³ õhus), kokkupuuteaeg (mida kauem on töötatud saastatud ruumides, seda suurem on allergia kujunemise risk) ja organismi tundlikkus (inimeste tundlikkus seeneallergeenide hulga suhtes on väga erinev). Inimesed, kes töötavad või elavad hoonetes, kus kasvab palju hallitusseeni, või kes puutuvad nendega pidevalt kokku tööl, muutuvad aja jooksul hallitusseente suhtes tundlikuks (sensibiliseeruvad). See tähendab, et isegi väikesed kogused allergeeni (tolm, hallitusseened) kutsuvad nendel inimestel esile ägeda allergilise reaktsiooni.

Näriliste ja lindude väljaheited võivad sisaldada tervisele ohtlikke baktereid ja mikroseed. Selliselt saastunud ruumides töötamisel on kindlasti vaja kasutada isiklikke kaitsevahendeid.

Bioloogilised ohutegurid võivad enim mõju avaldada lastele, vanuritele, allergikutele, kroonilisi haigusi ja astmat põdevatele ning nõrgenenud immuunsüsteemiga inimestele. Kindlasti on enam ohustatud ka need, kellel on olnud varasemaid probleeme bioloogiliste ohuteguritega kokkupuutumisel.

Igati tuleb püüda vältida otsest kokkupuudet hallitusega ning spooride sissehingamist. Bioloogilised ohutegurid mõjutavad organismi sissehingamisel, suu kaudu, kokkupuutel limaskestade või katkise nahaga. Kohustuslik on kasutada ka individuaalseid kaitsevahendeid (kindad ja respiraatorid). Hea on kanda eririietust, mis pärast töötlemist pestakse. Hallitust ei tohi eemaldada paljaste kätega. Enne respiraatorite kasutamist tuleb veenduda, et need tõepoolest pakuvad kaitset. Näiteks tavaline tolumumask ei paku bioloogiliste ohutegurite eest piisavalt kaitset. Üldjuhul levivad bioloogilised saasteained tolmu või vedelikupüiskade vahendusel. Tolmufiltrid filtreerivad välja õhus levivad tolmuosakesed ja koos nendega ka bioloogilised saasteained. Kasutatav respiraator peab vastavalt Euroopa Liidu standardile EN 149 olema FFP2S-klassist. Isiklikud kaitsevahendid, mida kasutatakse korduvalt, tuleb desinfitseerida, kas kuuma vee ja pesuvalgendajatega pesta või siis etanooli või propanooliga üle pühkida. Isiklike kaitsevahendite kasutamisel tuleb täpselt jälgida nende kasutusjuhendeid.

Oluline on jälgida isiklikku hügieeni. Pärast hallitanud materjalidega kokkupuutumist tuleb pesta käsi. Mitte mingil tingimusel ei tohi samas ruumis süüa ja juua. Tähtis on bioloogiliste ohuteguritega kokkupuutuvate töötajate eelnev ja perioodiline instrueerimine ning väljaõpe. Töötamisel ilmnevatest terviseprobleemidest peab kohe teavitama töö organiseerijaid, et teha kindlaks võimalik seotus bioloogiliste ohuteguritega. Käesoleval ajal ei ole bioloogilistele ohuteguritele kehtestatud mingeid kutseekspositsiooni piirväärtusi, kuigi mõned liikmesriigid on sätestanud piirväärtused nende toksiinidele. Bioloogiliste ohutegurite ja muude ohtlike ainete vaheline põhierinevus seisneb paljunemisvõimes. Väike kogus mikroorganisme võib soodsates tingimustes väga lühikese ajaga märkimisväärselt kasvada. Kui biokahjustuste likvideerimise tööd on suuremahulised, tuleb bioloogilistest ohuteguritest mõjutatud piirkonnad töökeskkonnas märgistada ning paigaldada vajalikesse kohtadesse hoiatusmärgid „Bioloogiline oht“. Kõik jäätmed, mis biokahjustatud objektide ja hoonete töötlemise käigus tekivad, tuleb kokku koguda ja hoida neid töökeskkonnast kõrvaldamiseni spetsiaalsetes märgistatud konteinerites.

KIRJANDUST

Andreasson, J. M., Bech-Andersen, J., Elborne, S. A., Singh, J., Sterler, J. C. 2004. *The dry rot fungus found in natural habitats*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.

Bech-Andersen, J. 2004. *Indoor climate and moulds*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.

Bech-Andersen, J. 2005. *Sisekliima ja hallitusseened*. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus.

Bech-Andersen, J. 1995. *The dry rot fungus and other fungi in houses*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.

Bioloogilised riskitegurid töökeskkonnas. 2001. Tartu Ülikool, tervishoiu instituut, toimetanud Eda Merisalu. Tartu: Elmatar.

Biotsiidiseadus. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13334028>

Boyd, J. A., Jalal, F. K., Rogers, P. P. 2008. *An Introduction to Sustainable Development*. Routledge.

Caneva, G., Mandrioli, P., Sabbioni, C. 1998. *Cultural Heritage and Aerobiology. Methods and Measurement Techniques for Biodeterioration Monitoring*. Springer.

Gauzin-Müller, D. 2004. *Wood Houses. Spaces for Contemporary Living and Working*. Birkhäuser-Publishers for Architecture.

Keemilised ohutegurid töökeskkonnas: õppevahend. 2002. Tartu Ülikool, tervishoiu instituut, toimetaja Eda Merisalu. Tartu: Elmatar.

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 206–215.

Loogna, N. 2008. *Elukutsed ja terviseriskid*. Tallinn: Teabekirjanduse OÜ.

Mattsson, J. 2004. *Mögel svamp i byggnader. Förekomst, bedömning och åtgärder*. Mycoteam AS.

Riski hindamine töökeskkonnas: keemiarisk. 1999. Tallinn: Ten-Team.

Rostron, J. 2004. *Sick Building Syndrome. Concepts issues and practice*. Spon Press.

Täpsustatud nõuded kahjuritõrje läbiviimisele, plaanile ja aruandele. Sotsiaalministri 3. juuli 2009. a määrus nr 66. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=13230155&id=13201844>

Singh, J. 1994. *Building mycology. Management of decay and health in buildings*. London: E & FN Spon.

Schmidt, O. 2006. *Wood and Tree fungi. Biology, Damage Protection, and Use*. Springer.

4. Hoonete seenkahjustused

Lugenud läbi selle peatüki,

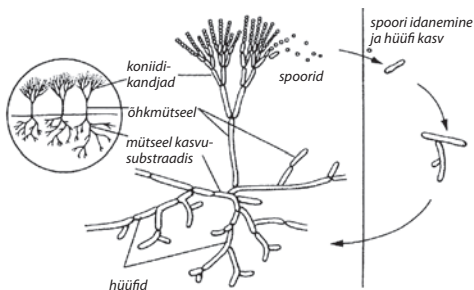
- tead, mis on seened;
- oskad eristada seenkahjustuste tüüpe;
- tead, milliseid meetodeid rakendada seenkahjustuste tõrjel;
- tead, mis on puiduimmutusvahendid ja milleks neid kasutatakse;
- oskad valida hallituskahjustuste töötlemiseks kõige sobivama meetodi.

4.1. Ülevaade seentest

Seened on kõige olulisemateks hoonete biokahjustajateks. Hooneid kahjustavad seened on ehituselt ja eluviisidelt metsas leiduvate söögiseentega sarnased, ehk küll teistsuguse välimusega. Seened toituvad juba valmis orgaanilisest ainest, lagundades seda endale toiduks sobivateks aineteks. Looduses on seened olulised orgaanilise aine lagundajad. Seened kohanevad kergesti erinevate tingimustega, seetõttu leidub neid praktiliselt kõikjal, kus on orgaanilist ainet, eriti puitmajades.

Seente keha (mütseel) koosneb seeneniitidest (hüüfidest) (joonis 6). Hüüfide läbimõõt on 2–30 µm ning pikkus võib ulatuda 2 µm-st mitme sentimeetrini. Hüüfid kasvavad apikaalselt (tipust) ja harunevad külgedelt ning mütseeli kasv toimub radiaalselt. Mütseeli keskosas, kus toitained on ära tarvitatud, mütseel sureb ja levib niimoodi radiaalselt laiemale.

Sõltuvalt kasvu iseloomust eristatakse substraatset ja õhkmütseeli. Substraatne mütseel paikneb substraadi pinnal ja sees (foto 20). Suurem osa mütseelist (kuni 2/3) asub harilikult kasvusubstraadi sees, seetõttu on seente tekitatud kahjustused alati märksa ulatuslikumad, kui esmapilgulisel vaatlusel arvatakse. Õhkmütseel



Joonis 6. Seente ehitus.



Foto 20. Seenemütseel puidul.



Foto 21. Seenediistik telliskiviseinal ja elektrijuhtmetel.

asetseb substraadi kohal, üksikutes punktides sellele toetudes. Harilikult moodustuvad õhkmütseelil paljune-misorganid.

Ebasoodsate välistingimuste suhtes on mütseel küllaltki vastupidav – ta kannatab kuivust, suurt temperatuuririkõikumist ja läbikülmumist. Viljakehas asetsevad seenehüüfid tihedalt pakituna ja läbipõimunult, see tagab viljakehale vajaliku püsivuse ja tugevuse. Risomorf ehk seenenöör on seeneniitidest koosnev suhteliselt jäme (1–2 mm) meetritepikkune lihtne või harunev, tumeda paksu koorja kihiga kaetud nöörjas moodustis. Risomorfid koosnevad paljudest hüüfidest, nad aitavad seentel uut substraati kiiresti koloniseerida.

Mõnede hoonetes levivate seente (nt majavammi) risomorfid levivad ka anorgaanilistes materjalides (krohv, tellismüürid jms), kuna seen püüab nende abil leida uusi toiduallikaid (foto 21).

Seened eritavad ümbritsevasse keskkonda ensüüme, mis lagundavad keerulise-maid ühendeid lihtsamateks, seene rakukesta läbivateks molekulideks. Seente üheks eripäraks ongi nende vahetu kontakt toiduallikaga. Mikroskoopilised seenehüüfid kasvavad otse toitaineid sisaldava substraadi pinnale ja sisse. Vahetu kontakt toiduallikaga tagab seeneraku eritatud ensüümide suure tõhususe. Ensüümid jõuavad kiiresti toiduallikani, lagundavad selle lihtsamateks molekulideks, mis omakorda imenduvad seenerakku.

Seened paljunevad peamiselt mütseelitükikeste ja eoste abil. Harilikult tekib eoseid väga suurel hulgal. Eosed on väga kerged (läbimõõt enamasti 1–50 µm) ning kanduvad õhus hõlpsasti edasi. Neid levitavad ka vesi, vihm, putukad, loomad ja inimesed. Samuti kanduvad eosed edasi mitmesuguste esemetega. Eosed on mütseelist tunduvalt vastupidavamad, nad säilitavad idanemisvõime isegi sadade aastate jooksul. Tänu paksule kestale taluvad nad kuumutamist kuni 120 °C.

Seened levivadki õhu kaudu eoste (foto 22) ja mütseelitükikeste abil, nakatunud puidu ja muude materjalidega, inimesed kannavad neid edasi riiete, jalanõude ja saastunud tööriistadega. Seente eoseid ja mütseelitükikesi leidub kõikjal.

Miks siis igal pool seened ei kasva? Põhjus peitub neile sobivate keskkonnatingimuste olemasolus.

Nagu kõikide elusolendite, nii ka seente kasvu ja arengut mõjutavad erinevad keskkonnategurid. Seentele on kõige olulisemaks keskkonnateguriks niiskus. Niiskus on vajalik toitainete difusiooniks rakku, samuti rakusiseseks metabolismiks. Erinevatel seeneliikidel on niiskusevajadus erinev. Mitmed materjale kahjustavad mikro- ehk hallitusseened on võimelised kasvama ka siis, kui suhteline õhuniiskus on kõigest 60%.

Seenemütseel ja eriti spoorid on võimelised pikka aega taluma kuivust. Näiteks säilitavad eosed eluvõime ka mitu aastat vaakumis olles. Eoste arenemise alguseks on tihti vaja kõrgemat niiskust kui seene edasiseks kasvuks.

Küllaldase niiskuse olemasolu on seente kasvuks hädavajalik. Niiskusetaseme langus teeb lõpu kõikide seente elutegevusele.

Seened on võimelised kasvama laias temperatuurivahemikus (-5 kuni $+50$ °C), sobivaim kasvutemperatuur enamikule seentest on $+18$ kuni $+30$ °C. Seened taluvad küllalt hästi nii madalaid kui ka kõrgeid temperatuure. Nende kasv ja areng võivad ebasoodsates tingimustes küll peatuda, kuid eluvõime säilib.

Hapnikuvajaduse järgi on enamik seeni aeroobid, see tähendab, et nad vajavad hapnikku vähemalt mõnes elustaadiumis. Paljud seened võivad aga kasvada ja areneda väga madala hapnikutaseme juures ning mitmed liigid on ka fakultatiivsed aeroobid, olles võimelised kasvama nii aeroobsetes kui ka anaeroobsetes tingimustes.

4.2. Seenkahjustuste tüübid

Seened on võimelised kahjustama praktiliselt kõiki materjale, kuid enam kahjustavad nad orgaanilisi materjale. Hoonete korral tähendab see ennekõike puitu. Puidu vastupidavus seentele sõltub suuresti liigilisest kuuluvusest. Kahjustuskindlad on mänd ja saar ning lehise ja tamme lülipuit. Keskmise



Foto 22. Eoste arv võib olla viljakehade läheduses väga suur.

kahjustuskindlusega on kuusk, seeder, nulg ja lehise maltspuit ning kase lüli-puit. Vähevastupidavad on jalakas, vaher ning kase ja tamme maltspuit. Mittevastupidavad on haab, pärn ja lepp. Kõige vastupidavamad puiduliikidest on punane seeder ja rannikusekvoia.

Puitu kahjustavaid seeni võib jagada gruppidesse mitmel viisil. Bioloogilises kirjanduses eristatakse harilikult kolme rühma:

- puidu pinnal arenevad seened e hallitusseened,
- puitu värvivad seened,
- puitu lagundavad seened.

Puidukaitset käsitlevad standardid eristavad kaks rühma:

- puitu moondavad seened (hallitusseened ja sinavust põhjustavad seened),
- puitu lagundavad seened.

Järgnev käsitlus tuginebki viimasena toodud jaotusele.

Puitu moondavad seened

Hallitusseened

Sobivates tingimustes (RH 70–100%, puidu niiskusesisaldus 35–120%, temperatuur umbes 24 °C) hakkavad puidu pinnal kiiresti arenema hallitusseened. Mikro- ehk hallitusseened on seened, mis moodustavad mütseeli, kuid ei moodusta makroskoopilisi viljakehasid. Tegemist pole teaduslikult täpse terminiga, kuna seente hüüfid ja mütseel on alati mikroskoopilised.

Hallitusseened arenevad kõige sagedamini pinnakattevahenditega (värv, lakk vms) kaetud puitmaterjalide pinnal või värske märja saematerjali pinnal. Pike-malt kasutuses oleva ehituspuidu pinnale tekivad mikroseeente kolooniad ehk hallitus vaid väga kõrge niiskusesisalduse puhul või siis teiste orgaaniliste ainete sattumisel puidu pinnale. Puidu pinnal esinev hallitus on nähtav üksikute laikude või lauskirmena (foto 23). Värvuselt võib see olla rohekas, must, sinakas-roheline, helesinine, roosa või ka mõnda muud värvi. Puidu pinnal kasvavad mikroseened ei lagunda lignifitseerunud rakuseinu, vaid nad kasutavad toiduks parenhüümirakkudes leiduvaid suhkruid, tärklisi, valke jms.

Hallitusseente kasv puidul põhjustab puidu pinnapealse värvumise, sügavusega umbes 1 mm. See ei avalda mõju puidu mehaanilistele omadustele, kuid halvendab puidu välisilmet. Just sellepärast nimetataksegi neid puitu moondavateks seenteks.

Sinavust põhjustavad seened

Neid seeni iseloomustab see, et puidul kasvades muudavad nad materjali värvust (foto 24). Puutüve otspinnal on kahjustus nähtav kiilukujuliste lai-



Foto 23. Hallitusseened puidul.

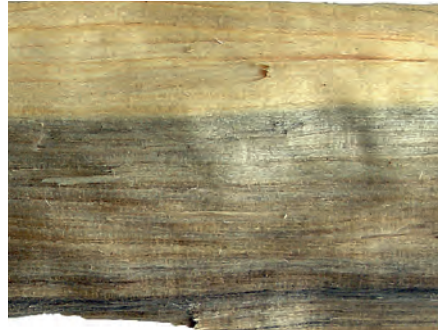


Foto 24. Sinavusseente poolt värvitud puit.

kudena või hõlmab kogu maltspuidu osa. Külgpindadel näeb seda ribade või piklike laikudena. Erinevalt hallitusseentest tungivad puitu värvivad seened sügavale puitu. Lühiajalisel kahjustamisel (kuni mõni kuu) ei mõjuta nad puidu mehaanilisi omadusi märgatavalt. Seente kestva toime korral väheneb siiski teatud määral vastupanu löökkkoormusele. Puidu mehaanilised omadused (serve-, tõmbe-, nihke- ja paindetugevus) muutuvad sinavusseente arengu tõttu umbes 2% ulatuses. Seened halvendavad puidu välisilmet ja suurendavad veeimavust. Samuti näitab selliste kahjustuste esinemine puidul, et puitu on säilitatud ebasobivates tingimustes. Sinavusseentele optimaalsed keskkonnatingimused on temperatuur 20–30 °C ning puidu niiskusesisaldus 50–120% (suhteline õhuniiskus kestvalt 95–100%). Eriti vastuvõtlik sinavusseentele on männipuit. Varakevadiste ja sügiseste niiskete ilmadega tekib värskete männi saematerjalile sinavus juba mõne päevaga. Seda tüüpi seenkahjustuste vältimiseks on oluline, et lõigatud puit läbiks kiiresti nn poolmärja seisundi.

Puitu lagundavad seened

Puitu lagundavate seente tegevus on tuntud puidu mädanemisena. Seda tüüpi seened põhjustavad puitmaterjalidele kõige suuremat kahju. Kahjustused võivad tabada kõiki puuliike. Seened lagundavad puidu struktuurseid komponente rakuseinas – tselluloosi, ligniini ning hemitselluloose. Puitu lagundavate seente kahjustatud materjal säilitab esialgu enam-vähem terve kahjustamata puidu kuju, kuid tema kaal ja tihedus vähenevad, olenevalt protsessi intensiivsusest ja kestvusest muutuvad puidu mehaanilised, füüsikalised ja keemilised omadused. Protsessi arenedes muutub puit vähemal või suuremal määral kasutamiskõlbmatuks. Algstaadiumis on kahjustused isegi mikroskoopilisel vaatlusel väga raskesti avastatavad. Kuid puidu tugevus võib juba selles staadiumis olla oluliselt vähenenud.

Puitu lagundavate seente kasvuks peab puidu niiskusesisaldus olema üle 20%. Madalama niiskusesisalduse korral on seente kasvutingimused ebasoodsad ning kasv aeglustub.

Värvuse ja iseloomu järgi jagatakse mädanikud kolme põhitüüpi:

- pehmemädanik,
- pruunmädanik,
- valgemädanik.

Hoonete kahjustajatena on kõige olulisemad pruunmädanikku tekitavad seened. Nii on leitud, et Eesti hoonetes kuuluvad puitu lagundavatest seentest 97% pruunmädaniku tekitajate hulka. Valge- ja pehmemädaniku kahjustusi leiti vaid üksikuid (Pilt 2008). Pehmemädanik esineb ainult küllaltki äärmuslikes tingimustes asuva puidu korral (kasutusklassid 3 ja 4).

Pehmemädanik

Pehmemädanikku põhjustavad seened kasvavad puidu pinnalt aeglaselt sisemusse ning arenevad valdavalt puitunud rakuseintes, lagundades tselluloosi ja hemitselluloose. Ligniini lagundavad väga vähesel määral. Eelistavad lehtpuude puitu (Ridout 1999, 29). Väga sageli on seda tüüpi kahjustuse tekkes lisaks seentele osalised ka bakterid (Kim Singh 2000: 141–143). Nõuded puidu niiskusesisaldusele on varieeruvad, alates kiudude küllastuspunktist (elavad kuivades tingimustes) kuni veega täielikult küllastunud puiduni. Seened taluvad hästi ka vähest hapnikusisaldust. Kasvavad laias temperatuurivahemikus, mitmed liigid on seejuures soojalembesed. Toime poolest sarnaneb pehmemädanik pruunmädanikuga. Kahjustuste tulemusena puit tumeneb, on toorelt šokolaadi- ja kuivades pruuni värvi. Kuivades tekivad praod, mis eraldavad puidust üles kaarduvaid riskülikukujulisi tükke. Puidu pind on käsnjas ja erodeerunud. Sageli näib kahjustunud puit väliselt terve ning ei tekita haamriga koputamisel õõnsat, kõdunenud heli. Pehmemädanikku tekitavad seened lagundavad peamiselt suhteliselt ekstreemalsetes tingimustes asetsevat puitu – vees asuvat, liigniisket või pinnasega kontaktis olevat puitu (foto 25). Kahjustavad ka niisketes tingimustes olevaid laastu- ja sindelkatuseid. Kahjustused piirduvad harilikult puidu pealmise kihiga ning kahjustus kulgeb küllaltki aeglaselt. Samas on pehmemädanikku põhjustavad seened fungitsiidide toimele vastupidavad, nad taluvad hästi kromaate, vaske ja arseeni sisaldavaid antiseptikuid (CCA-d).

Pruunmädanik

Pruunmädanikku tekitavad seened, kes eelistatult lagundavad rakuseintes tselluloosi, jättes ligniini puutumata, ning see põhjustab ka pruunmädanikule iseloomuliku kahjustuspildi. Puit tumeneb ühtlaselt, muutudes pruuniks, tume-



Foto 25. Pehmemädaniku poolt kahjustatud puit.



Foto 26. Pruunmädaniku poolt kahjustatud puit.

pruuniks või punakaspruuniks, lõheneb risti ja pikikiudu ning laguneb lõpuks kuubikukujulisteks osadeks, mis kergesti laiali pudenevad (foto 26). Puidu tugevus võib juba lagunemise algstaadiumis, kui massikadu on kõigest mõni protsent, väheneda kuni poole võrra. Pruunmädanikku tekitavad seened eelistavad okaspuitu.

Hoonetes ja tarindites esineb mitmeid pruunmädanikku tekitavaid seeni, mis võivad põhjustada olulisi kahjustusi. Kõige tuntum ja ka kõige sagedamini esinev on kahtlemata majavamm. Juba märksa vähem esineb majamädikut ning ülejäänud seente, näiteks männi mädiknahkise või majakorgiku esinemine on juba küllaltki haruldane (Pilt 2008).

Pruunmädanikku tekitavate seente esinemine hoones on ohtlik. Sõltumata seeneliigist kahjustub puit tugevasti. Vaja on kohe rakendada tõrjemeetmed.

Majavamm (*Serpula lacrymans*) levis 16.–17. sajandil Inglismaale või Kesk-Euroopasse tõenäoliselt Himaalajast sissetoodud nakatatud okaspuiduga. Peale Himaalaja mägede kasvab majavamm looduses veel Californias Kaljumägedes, kuid alati kõrgemal kui 2000–3000 meetrit üle merepinna. Mujal maailmas esineb see seen ainult majades. Kahjustab nii okas- kui ka lehtpuude puitu (Krzyzanowski Oduyemi *et al.* 1999, 151).

Majavamm on levinud küllaltki laialdaselt. Pärast viljakeha moodustumist annab majavamm sadu miljoneid eoseid, mis levivad õhu kaudu või inimeste, loomade, putukate, tööriistade ja nakatunud puiduga, ning sobivasse keskkonda sattudes moodustavad uue nakkuskolde. Majavammi eose arenemiseks on kriitiline tähtsus puidu niiskusesisaldusel, see peab olema vahemikus 20–30% (Schmidt 2007). Mütseeli arenedes kasvab niiskusesisaldus isegi kuni 240%-ni. Optimaalne temperatuur seeneniidistiku arenguks on 18–23 °C. Kuna

majavammi looduslikus elukeskkonnas valitseb üsna jahe kliima, ei talu ta kõrgemaid temperatuure. Maksimaalne temperatuur, mille juures majavamm veel kasvab, on 26–27 °C, aga kui temperatuur on üle 50–70 °C, siis ta sureb (Schmidt 2007).

Majavammi kasvuks soodsaid tingimusi loovad hoonete läbijooksev katus, keldrisse valguv vesi, katkised vihmaveetorud, lekkivad torustikud, aga ka liigniiske ehituspuidu või täitematerjali kasutamine.

Majavammi ilmumise tunnused:

- terav seenelõhn ruumides,
- puittarindite deformatsioonid,
- puidu intensiivne lõhenemine ristikiudu,
- puidu või selle katematerjalide värvimuutused,
- viljakehade, mütseeli või seeneväätide olemasolu,
- punakaspruuni eostolmu suur hulk.

Majavamm hakkab arenema peamiselt hoone alumistes osades – keldrites, seinte allosas ja esimese korruse põrandates, levides soodsate tingimuste korral ka kõrgemale. Nakatunud puidule ilmub esialgu valge, udusulgedega sarnanev mütseel. Mütseel kasvab küllalt kiiresti. Eksperimentaalsetes tingimustes on leitud majavammi mütseeli kasvukiiruseks 5–9 mm ööpäevas. Tegelikes hoonetes on mõõtmisi vähem tehtud, nii näiteks leidis Coggins, et temperatuuril 20 kraadi oli mütseeli kasvukiiruseks 2,25 mm ööpäevas (Ridout 2000: 83). Mõne aja pärast ilmuvad roosad ja helekollased täpid. Varjatud kohtades, näiteks puidu lõhedes või põranda all, kasvavad seene kuni rusikasuurused mütseelitombud – kollaka või roosaka tooniga hallikad vatjad seeneniitide põimikud. Seene viljakehad on kuni 4 cm paksused, kümmekonna sentimeetri kuni poole meetrise läbimõõduga lihakad, liibunud, jämedavoldilise roostepruuni pinnaga ning valkja servaga pannkoogilaadsed moodustised (foto 27). Neil valmivadki seene eosed. Viljakehade esinemine on juba kaugelearenenud seene tunnus. Majavammi jämedad hallid seeneväädid ehk -nöörid (mõne millimeetri kuni sentimeetri jämedused) võivad kiiresti levida mitme meetri kaugusele seene toiduallikaks olevast puidust, kasvades ka läbi anorgaanilistest materjalidest, nagu krohv, tellised ja kivid (Schmidt 2006). Toituda suudab majavamm siiski ainult puidust ja muudest puidupõhistest materjalidest (nt paber, puitlaastplaadid jms). Huvitavaks asjaoluks majavammi puhul on paljunemine, nimelt on ka majavammi eostel kaks „sugu“ ja seen suudab paljuneda (luua eosed) ainult siis, kui kokku satuvad erinevast „soost“ arenenud seeneniidistikud. Sellega on seletatavad ka kahjustused, kus on palju seeneniidistikku, kuid mitte kübetki eostolmu.



Foto 27. Majavammi viljakehad.

Majamädik (rahvakeeles tuntud ka keldrivammina) (*Coniophora puteana*) on nooremas eas valkjas, hiljem kollakas kuni kohvipruun, mügarliku pinnaga ning lihakalt nahkjate viljakehadega. Viljakeha on substraadi külge liibunud, läbimõõduga 2–10 cm (mõnikord liituvad viljakehad kuni 30 cm pikkuselt) ning õhuke (0,2–1 mm paksune) (foto 28). Viljakeha on substraadilt kergesti eraldatav. Peale viljakehade leidub puidul lehvikjalt hargnenud peenikesi (kuni 1 mm jämedusi) alguses valkjaid, hiljem oliivpruune ja ka musti seenevääte. Erinevalt majavammist ei ulatu majamädiku seeneväädid oluliselt kaugemale otseselt kahjustatud puidust. Mütseel on alguses valge, hiljem kollakas – pruunika värvusega. Majamädikut leidub metsas, kus ta lagundab nii okas- kui lehtpuitu. Hoonetes kahjustab peamiselt välisõhu juurdepääsuga osi. Sageli esineb majamädikut värskel puidul. Puidu minimaalne niiskusesisaldus, mille juures majamädiku eosed kasvavad, on 20–30%. Majamädiku mütseeli arenedes kasvab niiskusesisaldus 36–210%-ni. Sobivaimaks temperatuuriks on 22–25 °C, surmavaks temperatuuriks on 65–75 kraadi (Schmidt 2007). Kahjustatud puit omandab tüüpilisele pruunmädanikule omased tunnused.



Foto 28. Majamädik.

Majakorgik (mõnedel allikatel ka majanääts) (*Antrodia sinuosa*) vajab oma arenguks suuremat niiskust kui majavamm. Substraadile liibunud viljakeha on algul selgelt valge (foto 29), hiljem muutub helepruuniks ja poorseks. Looduses esineb okaspuude lamavatel puutüvedel, tarapostidel, kändudel. Hoonetes halvasti ventileeritud katusealustes (kus on suur õhuniiskus), katuste tarinditel ja välimistel pindadel, näiteks akendel. Puidu minimaalne niiskusesisaldus, mille juures majakorgiku eos arenema hakkab, on 29%. Puidu optimaalne niiskusesisaldus majakorgiku eoste kasvuks on 33–55%, sobivaimaks temperatuuriks on 25–30 °C (Schmidt 2007).

Vähemtähtsatest pruunmädanikku tekitavatest seentest võiks näiteks nimetada kollast hammaslehekut (*Lentinus lepideus*), kes esineb männikändudel, aga ka liipritel, sillapalkidel, postidel, palkidel. Lagundab kresoodiga töödeldud lüli-puitu, tungides läbi lõhede, mis tekivad korralikult kuivatamata puidu impregneerimisel. Hilisemates arengustaadiumides talub seen kuiva ja sooja, samuti kresoodi tugevaid kontsentratsioone. Kõrbikud (*Gloeophyllum abietinum* ja *G. sepiarium*) lagundavad uksi, aknaraame jms, taludes hästi kuiva ja kuumust (foto 30).

Valgemädanik

Valgemädanikku tekitavad seened lagundavad puidus eelistatult ligniini, kuid vähesel määral ka tselluloosi ja hemitselluloosi. Välimuselt muutub puit hele-daks, valgeks, helekollaseks, kollaseks või kollastest ja valgetest vöötidest ribaliseks ning väga kergeks. Valge värvus ja kiulusus näitavad tselluloosi osatähtsuse suurenemist puidus. Osa seeni tekitavad puitu musti jooni, mis moodustavad



Foto 29. Majakorgiku seeneniidistik laudisel.

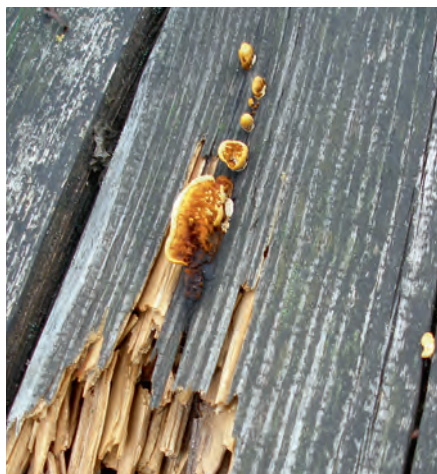


Foto 30. Pruun kõrbik.

marmormustri. Valgemädanik kihistab puitu mööda aastarõngaid, hili- semates arengujärgkudes muutub puit sõrmede vahel kergesti lõhustuvateks kiududeks (foto 31). Esineb valdavalt lehtpuidus, seetõttu on valgemädanikku hoonetes harva, kuna seal kasutatakse rohkem okaspuupuitu. Valgemädanikukahjustusi võib esineda niisketes tingimustes ja mullaga kontaktis oleval puidul (kasutusklassid 3 ja 4).



Foto 31. Valgemädaniku poolt kahjustatud puit.

4.3. Seenkahjustuste tõrje hoonetes

Sinavusseente poolt kahjustatud puidu töötlemine

Sinavusseened ei vaja tõrjet, sest vähendades puidu niiskusesisaldust alla 25%, sinavusseente areng peatub. Kuna pärast seente elutegevuse lõppu ei taastu puidu värvus, siis sageli puit valgendatakse. Nimetatud tegevuseks kasutatakse kemikaali Sinesto, mis tagab puidu pealispinna valgenemise. Puidu ülejäänud ristlõike ulatuses jäävad värvimuutused samaks.

Mädanikseente tõrje

Mädanikseente tõrje on keeruline protsess, mis eeldab ulatuslikke teadmisi ehitusfüüsikast, ehitusbioloogiast, biotsiidide käitlemisest, ohutustehnikast, kahjuritõrjest ja veel paljudes teistes valdkondades. Sellepärast on soovituslik tellida tõrjetööd ning sellega kaasnevad vajalikud ehitustööd vastavat kompetentsi omavalt ettevõttelt. Eestis kehtiva süsteemi kohaselt on võimalik kontrollida ettevõtete pädevust MTR registris, kus mädanikseente töötlusega tegeleva ettevõtte peaks olema ehitusalane registreering ning kahjuritõrje registreering. Majandustegevuse registrit saab näha kodulehel <http://mtr.mkm.ee/>. Kui siiski on otsustatud ise kahjustusega võidelda, oleks vaja järgida kahjustuse kõrvaldamisel järgneva protseduure.

1. Kahjustuse liigi ja ulatuse kindlakstegemine

Selle tegevuse läbiviimisel soovitame järgida hoone biokahjustuste alase kontrolli peatükis toodud reegleid. Eriti oluline on seene liigi määramine, sest

enamiku mädanikseente tõrjel piisab niiskuseallika leidmisest ja kõrvaldamisest, st mingit tõrjet kui seene hävitamisele suunatud tegevust pole vaja, sest seen hävib ise.

Kahjustusulatuse määramine on keerulisem protsess, kus soovitame siiski kasutada vastava tehnilise varustusega spetsialisti abi, sest suletud tarindite kontrollimine on keerukas tegevus ning tarindite avamine on kulukas tegevus. Kahjustusulatuse määramisel on oluline silmas pidada, et kui hoones on leitud kahjustus, siis on vaja kontrollida kogu hoonet, sest sageli asetsevad kahjustuskolded teineteisest eemal ning neid võib olla hoones mitu.

2. Kahjustuse põhjuse väljaselgitamine

Põhjuse selgitamine on tõrjel määrava tähtsusega, sest ilma põhjuseid välja selgitamata ning kõrvaldamata pole ükski töötlusmeetod piisavalt efektiivne seenkahjustuse täielikuks likvideerimiseks. Kahjustuse põhjuseid võib olla palju, järgnevalt on toodud mõned nendest.

- Ehitus- ja renoveerimisvead.
- Ebapiisav ruumide ja tarindite ventilatsioon, mis tagaks õhu optimaalse suhtelise niiskuse selles piirkonnas.
- Ebapiisav soojustus, mistõttu veeaur kondenseerub tarindites.
- Torude isolatsiooni puudulikkus, mistõttu veeaur kondenseerub külmaveetorudel.
- Katuste konstruktsioonilise lahenduse vead ning katusekatte paigaldusvead.
- Katustelt tuleva sadevee ärajuhtimise süsteemi puudumine või puudulikkus.
- Torustiku lekked.
- Katuste lekked.
- Hoonete ehitamine veesoontele ja kõrge põhjavee tasemega aladele.
- Maapinna tõstmine hoonete ümbruses (foto 32).
- Üleujutused ja tormikahjustused. Ilmastikutingimused, näiteks vihmasel ja soojal suvel on kahjustuste esinemise tõenäosus oluliselt suurem.
- Ebakvaliteetsete ehitusmaterjalide kasutamine.
- Hoonete ebapiisav ja ebaõige hooldus.
- Keldrite kasutamise lõpetamine.

Ebapiisav tarindite ja ruumide ventilatsioon on üheks olulisemaks niiskuse kogunemise põhjuseks hoonetes. Pinnase kas tahtlik kuhjamine vundamentide ümber või hoonet ümbritseva pinnase taseme pikaajaline tõus (teede ehitamine, täitmine jms) sulgeb ventilatsiooniavad ja rikub põrandaaluse niiskuserežiimi. Tuulutusavad peavad olema puhtad ja neid peaks olema piisav arv põrandaaluse hea niiskuserežiimi tagamiseks. Tuulutusavad peavad asuma vastasseinas, et tekiks tõmme. Juhul kui esimese korruse põranda tasapind on maapinnale liiga ligidal ja puudub korralik niiskusisolatsioon, mõjutab see oluliselt niiskus-

tasakaalu hoones. Niiskusraežiimi võib samuti rikkuda lagunenenud puitpõrandate asendamine betoonpõrandatega renoveerimise käigus või niiskete ruumide (saunad, duširuumid) ehitamine vanematesse hoonetesse, kuhu need ei olnud algselt ette nähtud. Kui selliseid ruume ei isoleerita nõuetele vastavalt muust hoonest, on nad üheks sagedasemaks seenkahjustuste põhjustajateks.

3. Kahjustuspiirkonna avamine

Sõltumata seenkahjustuse liigist tuleks kahjustuspiirkonna tarindid avada ning kontrollida materjalide mehaanilisi omadusi, st kontrollida, kas kahjustatud materjalid on piisavalt tugevad tagamaks tarindite edaspidise stabiilsuse ja kandvõime. Tugevus- ja stabiilsusarvutuste tegemiseks on vajalikud ehitusinseneri teadmised, kuid arvutusi on võimalik teha ka lihtsustatud korras, modelleerides tarindielemendid ja neile mõjuvad koormused joonisele. Teisaldama peab ainult materjalid, mille tugevus pole tagatud (sh puitmaterjalid). Jääkristlõike ja materjali tugevusomaduste määramiseks otse hoones on võimalik kasutada resistograafi, ultraheliseadet, infrapunatermomeetrit ja/või pilodini. Eriti hea tulemuse annab nende seadmete kooskasutamine.

Mitmetes õpetustes on kirjas, et tuleb teisaldada kõik kahjustatud materjalid ning isegi mingi osa nähtava kahjustuseta materjali, kuid sellised soovitusel on vastuolus säästva arenguga, mille põhimõtete kohaselt on vaja välja vahetada vaid nii palju materjale, kui on vaja hea tulemuse saavutamiseks. Mädanikseente tõrje kogemused on näidanud, et töödeldes kahjustatud materjale keemiliselt (eriti intensiivsete mädanikseenete korral) ning muutes ehitusfüüsilisi tingimusi ehk seene kasvukeskkonda, on kvaliteetne tulemus tagatud. Teisaldamise ulatuse (eriti aluspinnase ja/või täitematerjali) määrab taastatava tarindi lahendus, nt puitpõrandatel tuleb põrandaalust pinnast teisaldada piisavalt ehitamiseks uus alt tulduv puitpõrand.



Foto 32. „Maasse vajunud“ hoone. Maapinna tõstmise tagajärg.

Teiseks kahjustuspiirkonna avamise põhjuseks on materjalide niiskusesisalduste kontrollimine kogu tarindi ulatuses. Nimetatud tegevus on vajalik materjalide kuivatamisvajaduse määramiseks.

Kolmandaks avamise põhjuseks on täpse konstruktsioonilise lahenduse määramine. Avamata võib küll abivahendeid (fiberoptiline boreskoop) kasutades saada ülevaate materjalidest, kuid seda on kahjustuspiirkonnas vaja täpsemalt kontrollida. Avamisel on vaja jälgida ka kahjustuse levitamise takistamist, st kahjustuspiirkond tuleb isoleerida ümbritsevast keskkonnast ning soovitatav on piirkonnas tekitada alarõhk, kasutades eoste lendumist takistavaid HEPA filtriga seadmeid. Samuti on vaja isoleerida kahjustatud materjal enne selle utiliseerimist. Isikukaitsevahendite kasutamine avamistöödel on kohustuslik ning kindlasti tuleb jälgida, et kandetarindite teisaldamisel allesjäävad osad ajutiselt toestataks.

4. Kahjustuspiirkonna kuivatamine

Järgmiseks tuleb teisaldamata materjalid kuivatada. Kuivatamisel on vaja jälgida, et oleks tagatud materjalide soovitatav niiskusesisaldus kogu ristlõike ulatuses. Massiivsetel elementidel võib nimetatud protsess võtta väga kaua aega, kuid töödega pole soovitatav jätkata, kui kõik säilitatavad kahjustuspiirkonna materjalid pole kuivad. Suomen JVT ja Kuivausliikkeiden Liitto RY spetsialistid soovivad kuivatamisel kasutada ühe niiskusekogu kohta kahte ventilaatorit, mis tagaksid piisava õhuringluse kuivatamisprotsessi ajal. Betooni- ja teiste kivipindade kuivatamiseks on head ka spetsiaalsed plaatkuivatid, kus on niiskusekogujad ja ventilaatorid juba sisse ehitatud. Niiskusekogujatest on sobivamad adsorptsioonimeetodil töötavad, sest nende energiakulu ning kuivatamise efektiivsus on oluliselt parem kondensatsioonimeetodil töötavatest õhukuivatajatest. Väikeste niiskusekoormuste korral piisab ka ruumi kütmisest ja ventileerimisest loomuliku ventilatsiooni kaudu (avades aknad-uksed). Kõige raskem (kui mitte võimatu) on pörandaaluse pinnase kuivatamine. Selleks on lihtsam märg (üldjuhul peene struktuuriga savine pinnas) teisaldada ja asendada minimaalselt 150 mm ulatuses kuiva keskmise fraktsiooniga liivaga. Kivipindade kuivatamiseks on kasutatud infrapunalampe, kuid tingimata tuleb jälgida, et temperatuur ei tõuseks üle 70 kraadi (Plant biology 2008: 318).

5. Aluspinna ja kivipindade töötlus

Pärast kuivatamist tuleb aluspind hoolikalt puhastada puitprahist ja -detailidest (sh saepuru, paber jt puitu sisaldavad materjalid), termotöödelda pindmine kiht (sinna sattunud eoste hävitamiseks) ja seejärel ülejäänud pinnas ning asenduseks toodud liiv töödelda boori sisaldavate antiseptikutega. Väga sobivaks

antiseptikuks on näiteks booraks. Antiseptik raputatakse pinnasele ja rehitsetakse 2–4 cm sügavuselt sisse.

Kui mädanikku tekitavad seened on levinud ligidalasuvale müüritisele, on vaja ka see töödelda. Seeneniidistiku hävitamiseks kiviseintelt eemaldada esmalt krohv, süvendada vuugid umbes 3 cm sügavuseni ja kuumutada seinu põleti või kuumaõhupuhuriga. Seejärel kantakse seinale antiseptiku lahus. Sobivad antiseptikud on näiteks PuleiumSpecial, Boracol 20-2Bd, Bochemit QB ja Adolit M Flüssig. Lahus kantakse seinale kahes osas 24-tunnise vahega. Pinnale kandmiseks on võimalikud järgmised meetodid: pintsliga pinnale kandmine, pritsimine (pihustamine), puuraukimmutus ja puurauksurveimmutus. Kui on näha, et seene mütseel ja risomorfid on tunginud müüritise sisse ning kahjustatud ala on suur (rohkem kui mõned ruutmeetrid), eraldatakse kahjustatud piirkond nn sanitaaralaga. Selleks kasutatakse puuraukimmutust või puurauksurveimmutust. Puuraukimmutuse korral puuritakse seinu puuraugud vastakuti nihkes ridadena nurgaga 30°–45° suunaga allapoole umbes 25 cm vahedega horisontaalselt ja ligikaudu 15–20 cm vahedega vertikaalis. Puuraugu läbimõõt peaks olema 10–30 mm ja sügavus müüri paksus miinus 15 cm. Palgiotste tugeudel vähendada kaugusi 10 cm vertikaalis ja horisontaalis. Sõltuvalt imavusvõimest täidetakse puuraugud mitu korda antiseptiku lahusega. Puurauksurveimmutuse korral viiakse antiseptiku lahus puuraukudesse madalsurve all (rõhk 3–4 bar). Kahjustatud müüritise tervikuna töötlemist puuraukmeetodil ei peeta vajalikuks, kuna sellega viiakse müüritisse liiga palju vett, mis võib tekitada märksa suuremaid kahjustusi.

Töödeldud müüritise elu- või olmeruumide poole jääv külg tuleb krohvida või katta muude viimistlusmaterjalidega (soovitavalt mitte kipsplaadiga). Seente poolt kahjustatud telliseid või muid kive võib pärast puhastamist ja antiseptiku sisse kastmist uuesti kasutada.

6. Ümbritsevate materjalide ennetav töötlus

Mädanikseente kahjustuse korral on soovitatav (majavammi kahjustuse korral vajalik) töödelda pärast tarindite avamist ka ümbritsevad puit- ja puidupõhised materjalid. Biotsiididega töötlemisel tuleb kindlasti järgida konkreetse vahendi kasutusjuhiseid. Järgnevalt anname lühiülevaate puidukaitsevahenditest.

Puidukaitsevahendid võib kasutusviisi järgi jagada puiduimmutusvahenditeks, mis on ette nähtud puittarindite (sarikad, müürlatid, postide maa-aluste osad, vundamendi peal asuvad palgid jms) töötlemiseks, ning pindade kaitseks ette nähtud viimistlusmaterjalideks. Immutusvahendid sobivad hästi niiskes keskkonnas oleva puidu kaitseks. Immutusvahendeid ei ole harilikult soovitatav kasutada otsese päikese kiirguse käes asuvate pindade kaitseks, kuna pikaajaline

UV-kiirgus vähendab biotsiidi kaitsevõimet. Samuti ei tohi neid kasutada avatud tarinditel siseruumides. Töödeldav puitpind peab olema kuiv (niiskusesisaldusega alla 20%), puhas, kvaliteetne ning vaba seenkahjustustest. Määratud pind puhastada soovitavalt kuivalt harjaga. Tugevasti seotud tolmu, rasva ja nõi eemaldada mõne leeliselise reaktsiooniga pesuvahendiga, seejärel pind loputada puhta veega ja kuivatada enne töötlemist. Immutusvahenditega immutatud pind jääb enamikul juhtudest värviline (roheline, pruun vms) ning ei ole mõeldud ülevärvimiseks ega muude puidukaitsevahenditega töötlemiseks. Siiski võib osade immutusvahendite korral ka pinda viimistleda, kuid tuleb jälgida viimistlus- ja immutusvahendi keemilise koostise sobivust. Näiteks kui on selline immutusvahend, mille toimeaine puitu viimiseks kasutatakse õli, siis peaks ka viimistlusvahendid olema õlil baseeruvad.

Pindade kaitseks ette nähtud dekoratiivseid pinnakaitsevahendeid kasutatakse fassaadide, aialippide ja muude nähtavate puitosade töötlemiseks. Dekoratiivseid pinnakaitsevahendeid kasutatakse tooniva poolläbipaistva puidukaitsevahendi ja värvi all puitfassaadisarnaste pindade esmasel töötlemisel. Nad sobivad kasutamiseks puitfassaadidel rootsi ja punnlaudise puhul, voodrilaudadel, aknaraamide välispindadel, aedadel, aiapiiretel, aiämööblil. Pinnakaitsevahendid tagavad kaitse vaid puidu pinnal ning ei imbu sügavale puitu.

Immutusvahenditega töötamisel tuleb järgida konkreetse vahendi kasutusjuhiseid. Immutusvahendeid võib kanda pinnale pintsliga, rulliga või pihustamise teel. Samuti võib puitmaterjali leotada biotsiidivannis ning kasutada puurauk-immutust või injekteerimist. Pintsli, rulli või pihustiga pealekandmisel tuleb seda teha vähemalt kaks korda. Kõige efektiivsem on puidu immutamine vedela biotsiidi vannis. Kui lahus kantakse puidupinnale pintsli või pihustiga, peab töötlust umbes ühe kuu pärast kordama. Tuleb arvestada, et immutusvahendite pealekandmisel pintsli või pihustamisega ei tungi nad sügavale puitu ja kaitse ei ole seega täielik. Toodet tuleb kanda pinnale ohtralt, tagamaks võimalikult hea puidupinna küllastumise. Mida rohkem imendub immutusvahendit puitu, seda parem kaitsevõime saavutatakse. Puuraukude kaudu immutamisel tungib biotsiid sügavamale puitu. Selleks puuritakse 20 cm vahega 10 mm läbimõelduga augud 2/3 materjali paksusest ja täidetakse kaks korda biotsiidi lahusega. Seejuures on kahe täitmise vaheaeg 24 tundi. Veelgi sügavamale puitu tungib biotsiid injekteerimismeetodil, kus puuritud aukudesse paigaldatakse spetsiaalsed injektorid ning biotsiid surutakse puitu survega kuni 9 atmosfääri.

Seen- ja putukkahjurite tõrjeks maapinnaga kokkupuutes olevas ning pidevalt niisketes tingimustes asuvas puitmaterjalis kasutatakse tahkeid boraati sisaldavaid vardaid, mis pannakse puitu puuritud aukudesse. Sellised on näiteks Impeli vardad, mis koosnevad dinaatriumoktaboraattetraahdraadist, ja Cobra

Rod, mille koostisaineteks on dinaatriumoktaboraattetrahüdraat ja vaskhüd-roksiid. Vardad paigaldatakse sinna, kus on suur puidu niiskumise oht. Varrastega saab kaitsta ka juba paigaldatud ja pinnasega kontaktis olevaid detaile. Varraste toimeaine imendub puitu ja kaitseb seda paljude aastate jooksul. Vardaid on mõtet kasutada, kui puidu niiskus on üle 25% või satub puit aeg-ajalt sellistesse tingimustesse. Kuivas puidus vardad ei lahustu. Tavalisemad kasutuskohad on aknaraamide ja piitade alumised nurgad, pööningu nurgad, kus on olnud vee läbijooks, treppide ja talade maapinnalähedased või maasse ulatuvad otsad, maja alumised palgid, põrandad, müürlattide kiviseina ulatuvad otsad, metallkambrite või poltidega seotud talad, kus võib vesi kondenseeruda. Samuti kasutatakse vardaid aia- ja elektripostide, puitsildade ja raudteeliiprite kaitsmiseks.

Vastavalt puitdetaili mõõtmetele puuritakse sellesse auk kuni 2/3 materjali pak-susest. Puuritud augu läbimõõt peab olema varda diameetrist 1–2 mm suurem. Puuraugud täita esmalt kaks korda Boracol 20-2Bd-ga, seejärel paigutada sinna sobiva suurusega vardad. Augud võib sulgeda ilutüübliga, sellisel juhul peab ilutüübli ja varda vahele jääma vähemalt 2 mm paisumisruumi. Aknaraamide ja piitade kaitsmisel asetada alumistest nurkadest 10 cm kaugusele puuritud aukudesse nii vertikaal- kui horisontaalsuunas üks boraadivarras, mis kaetakse ilutüübliga. Palkidesse ja taladesse asetatakse vardad puidu pikisuunas 20 cm vahega ja pikiteljest veidi nihkes (ratsukäiguga). Maapinnas olevatesse posti-desse puuritakse maapinna lähedal terava nurga all allapoole maapinda augud, sinna asetakse vardad ja suletakse kaitsekorgiga. Materjalis, mis on (nt postid) otseses kontaktis maapinnaga, tuleb iga 3–5 aasta järel varraste lahustumist kontrollida ja vajadusel asendada need uutega. Vastavalt puitdetaili mõõtmetele kasutatakse erineva suurusega boraadivardaid. Ühe boraadivarda kaitsev toime ilmneb umbes 10 cm raadiuses. Pinnases paikneva puidu töötlemisel tuleb arvestada kasutatava kemikaali sattumisega pinnasesse ning pinna- ja põhja-vette. Soovitav on kasutada keskkonnale vähemohalikke kemikaale.

7. Uute tarindite ehitamine

Avatud ja teisaldatud materjalide ja tarindite taastamisel tuleks enne tööde alustamist põhjalikult läbi mõelda uute tarindite ehitusfüüsikalised parameet-rid ning suuremate taastustööde puhul koostada kindlasti renoveerimistööde projekt. Juhul kui tõrje- ja taastustööd on tellitud sellele spetsialiseerunud ette-võttelt, on vaja enne taastustööde alustamist tutvuda projektiga. Selleks kulu-tatud aeg ja vahendid tasuvad end hiljem ära kvaliteetse töö ning üldjuhul ka väiksemate aja- ning materjalikuludega. Projekteerimisel tuleks eriti tähele-panu pöörata:

-
- niiskus- ja veetõketele,
 - ruumide ja tarindite ventilatsioonile,
 - kasutatavate ehitusmaterjalide ehitusfüüsikalistele omadustele,
 - kasutatavate materjalide koosmõjule (omavahelisele kokkusobivusele),
 - temperatuuri muutustele tarindites, sh kastepunkti arvutustele,
 - niiskuskooormustele hoones ja/või ruumides.

Uute tarindite ehitamisel tuleb arvestada, et kui tulevikus võib esineda tarindites mädanikseentele soodsaid tingimusi, siis tuleks ka uus ehituspuit ja puidupõhised materjalid töödelda fungitsiidseid toimeaineid sisaldavate puiduimmutusvahenditega.

Puiduimmutusvahendid jagatakse viide rühma:

- vees lahustuvad,
- orgaanilistes lahustites lahustuvad,
- õliantiseptikud,
- pastad,
- biotsiidseid dekoratiivsed katteained.

Nagu nimestki näha, tarvitatakse vees lahustuvaid biotsiide vesilahustena. Vees lahustuvates antiseptikutes kasutatakse harilikult järgmisi biotsiididena toimivaid ühendeid:

- naatriumdikromaat,
- kaaliumdikromaat,
- vasksulfaat,
- naatriumfluoriid,
- naatriumränifluoriid,
- naatriumpentakloorfenolaat,
- vaskoksiidi ja kroomanhüdriidi segu,
- tsinkkloriid,
- booriühendid.

Vees lahustuvad antiseptikud imenduvad küllaltki hästi puitu, kuid samas võidakse nad jällegi veega puidust välja uhta. Vees lahustuvate antiseptikute hulka kuuluvad näiteks Pinotex Imprä, Inwood Eco, Holz Bio, Bochemit Plus, Boc-hemit QB, Boracol 20-2Bd, Adolit M Flüssig, Aidol Induline SW-900, Puleium special, Shell Guard, Boral 20 (tabel 5).

Tabel 5. Puidumädanikku tekitavate seente tõrjeks kasutatavad biotsiidid ja nende toimeained

Immutusvahend	Toimeained
Pinotex Impr	3-jodo-2-proponüülbutüülkarbamaat ja propikonasool
Inwood Eco	Vask(II)karbonaat ja tebukonasool
Holz Bio	Booriühendid
Bochemit Plus	Alküülbensüüldimetüülammooniumkloriid ja tebukonasool
Bochemit QB	Alküülbensüül diemetüülammooniumkloriid ja boorhape
Boracol 20-2Bd	Dinaatriumoktaboraattetrahüdraat, didetsüüldimetüülammooniumkloriid, lahustiks on monopropüleenglükool
Adolit M Flüssig	Alküülbensüüldimetüülammooniumkloriid ja naatriumpolüboraat (dinaatriumtetraaboraat, boorhape 1:1)
Aidol Induline SW-900	Propikonasool ja 3-jodo-2-propünüülbutüülkarbamaat
Puleium special	3-jodo-2-propünüülbutüülkarbamaat
Sovereign Environmental Deepkill	Permetriin ja 3-jodo-2-propünüülbutüülkarbamaat
Shell Guard	Dinaatriumoktaboraattetrahüdraat, propüleenglükool ja polüetüleenglükool
Boral 20	Dinaatriumoktaboraat ja propüleenglükool

Orgaanilistes lahustites lahustuvad biotsiidid sisaldavad:

- pentakloorfenooli,
- vasknaftenaati.

Selliste biotsiidide hulka kuuluvad näiteks vasknaftenaati sisaldav Sadolin Impr, Aura Protect Green New, mis sisaldab biotsiididena tolüülfluaniidi, permetriini ja tebukonasooli.

Õliantiseptikutena kasutatakse kivisöe- ja põlevkiviõli või siis näiteks nende töötlemisel saadud metüülfenooli (kresool). Kreosoot on tume õline vedelik, mis saadakse kivisöetorva destillatsioonil, Eestis kasutatakse ka põlevkiviõli, mis on sarnaste omadustega. Selliste biotsiididega töödeldud puit lõhnab esialgu tugevasti, seismisel lõhn veidi väheneb. Lisaks sellele immutatud puit ka määrib ja pinnaviimistlus jääb ebakvaliteetne. Biotsiidina on nimetatud kemikaal tuntud kui Ligno-Ekstra.

Pastad on biotsiidid, mis on segatud mingi sideainega (bituumen, lakk, savi). Nii on näiteks Sovereign Environmental Deepkill permetriini ja fungitsiidi

3-jodo-2-propünüülbutüülkarbamaati sisaldav pasta, mis toimib nii seente kui ka putukate vastu.

Kuigi puidu pinnakattevahendid võivad sisaldada biotsiide, ei ole tege-mist immutusvahenditega. Nad ei paku pikaajalist kaitset seente ja putu-kate eest. Pinnaviimistlusmaterjalid kaitsevad puitu niiskuse, valgus-kiirguse, mehaanilise kulumise ja teatud määral ka biokahjustajate eest. Pinnaviimistlusmaterjalid ei tungi nii sügavale puitu kui immutami-seks kasutatavad antiseptikud ning seega ei ole ka kaitse mädanikseente eest nii tõhus. Antiseptiliste omadustega puiduviimistlusmaterjalideks on näi-teks Pinotex Base, Pinotex Classic(AE), Pinotex Ultra, dekoratiivne puidu-kaitsevahend AURA LASUR, Capalac holz imprägnierung, Capadur Color Weterschutzfarbe, klassikaline dekoratiivne puidukaitsevahend Aura Balance, Aura Biostop, Pino Plus, Eskaro Protect Brown, AURA BALANCE, Ecostil Pui-dukaitse, Imtex UV.

Termotöödeldud puit, mida on kuumutatud temperatuuril 180–230 °C, on samuti seenkahjustustele vastupidavam, võrreldes töötlemata puiduga. Levi-nuimad termotöödeldavad puiduliigid on saar, kuusk, mänd, haab ning kask. Välistingimustes soovitatakse termotöödeldud puitu kasutada ennekõike ter-rassi- ja voodrilauana. Samuti valmistatakse termopuidust aiamööblit, aknaid ja ukse.

Kõige parema kaitse seente vastu annab puidu tööstuslik süvaimmutamine, sest immutusvahend tungib märksa sügavamale puitu. Töötlemisel kasutatakse kas vaakum- või surveimmutust. Surveimmutusel asetatakse puit autoklaavi, kus tugeva surve all pressitakse immutusvahend sügavale puitu. Puidu niiskussisal-dus peab selle meetodi puhul olema alla 20%. Kuna puidu rakuõõnsustes leidub alati õhku, mis takistab immutusvahendi sissetungimist, eemaldatakse see enne survestamist vaakumiga. Protseduur lõpeb veel sageli lühikese vaakumiperioo-diga, mis kuivatab puidu. Kui kaua aega tuleb puitu hoida survestatuna, sõltub puidu mõõtmetest, ulatudes 30 minutist mõne tunnini. Immutusaine kogus, mis kulub 1 m³ männi maltspuidu immutamiseks, on keskmiselt 600 l (Saar-man, Veibri 2006, 196).

Vaakummeetodi korral eemaldatakse vaakumiga puidurakkudest õhk, kuid immutusvahendi sissesurumiseks kasutatakse mitte tugevat rõhku, vaid ümb-ritseva atmosfääri rõhku või siis väga väikest kõrgendatud survet.

Männipuit on lihtsalt immutatav ja immutusvahend tungib kergesti männi-puitu kogu maltspuidu ulatuses. Männi lülipuitu on keerukam immutada, kuid see omab ka iseenesest suuremat vastupidavust biokahjustajate toimele. Kuusk on küllaltki raskesti immutatav puit. Lehtpuudest immutatakse näiteks pööki.

Samuti saab immutada nii kaske kui leppa, kuid nende vastupidavus jääb immutamisele vaatamata ikkagi väikeseks.

Immutatud puitu iseloomustatakse immutusklassiga. Immutusklass näitab, kui palju peab immutusainet koguseliselt olema viidud männi maltspuitu sõltuvalt kasutuskohast. Immutusklasside eristamiseks kasutatakse nii Põhjamaade Puidukaitsenõukogu (NTR) standardit kui ka Eurostandardit EVS-EN 351.

Immutusklassid on järgmised.

Immutusklass A (NTR – Põhjamaade Puidukaitsenõukogu standard),
P8/HC4 (EVS-EN 351).

A-klassi nõuete kohaselt immutatud puit on mõeldud kasutamiseks kontaktis maa, vee ja betooniga. Kasutukohtadeks on näiteks elektri- ja sideliinipostid, raudteeliiprid, rõdulaudiste talad, paadisilla tarandid, vundamendi peal olevad palgid jmt.

Immutusklass AB (NTR – Põhjamaade Puidukaitsenõukogu),
P8/HC3 (EVS-EN 351).

AB-klassi immutatud puit on mõeldud kasutamiseks välitینگimustes ilma maa- ja veekontaktita, näiteks aialippide, rõdulaudiste, aiamööbli, välisvoodrilaudade jmt immutamiseks.

Erinevatel immutusainetel on nõutavad kogused männi maltspuidus (kg/m^3) erinevad (vt tabel 6).

Tabel 6. Immutusainete nõutavad kogused männi maltspuidus vastavalt immutusklassile

Immutusaine	Klass A	Klass AB
Tanalith E	16	9
Celcure CCA tüüp C	12	5
Kemwood ACQ 2200	Ei taga kaitset	12

Immutusainetena kasutatakse järgmisi ühendeid: Tanalith E, Celcure CCA tüüp C, Kemwood ACQ 2200, Osmose CCA-C, Wolmanit CX-10 ja CX-8, Adolit KDA, kreosoot jt. CCA immutusaineid (*copper, chromium and arsenic salts*), mis sisaldavad vase, kroomi ja arseeni soolasid, ei tohi üldjuhul enam kasutada. CCA tüüpi C-lahustega lubatakse töödelda sellist puitu, mida kasutatakse ainult professionaalsel ja tööstuslikul otstarbel ning mitte eluhoonetes. Kõige parema kaitse puidule annab kresooliga immutamine. Kresooliga töödeldakse näiteks raudteeliipreid, elektriposte jms (foto 33).



Foto 33. Kresooliga immutatud elektripost.

Immutatud puidu värvitoon on harilikult kas roheline või pruun, aga on olemas ka värvitud puiduimmutusvahendid. Immutatud puitu saab värvida. Värvimiseks sobivad õlivärvid, alküüdvärvid, samuti puidupeitsid ja -õlid.

Immutatud puidu juures kasutada kuumtsingitud, messingust, vasest või roostevabast terasest kinnitusvahendeid. Kõikides kandvates ja turvalisust nõudvates tarindites tuleb kasutada roostevabast terasest kinnitusvahendeid. Teistes tarindites võib kasutada ka kuumtsingitud kinnitusvahendeid. Samas tuleb arvestada, et

kuumtsingitud metalli eluiga on lühem kui immutatud puidu eluiga.

Immutatud puit on töödeldav nagu tavaline puit. Peab arvestama, et puit on pärast immutamist märg ja tema maht kahaneb kuivamisel. Vajalikud mehaanilised töötlemised, nagu saagimine, hõveldamine jmt, on soovitatav võimalikult suures mahus teha enne puidu immutamist. Puidu lõhestumise vältimiseks võiks puurida naelade ja kruvide augud juba ette.

Immutatud puidu otsene kontakt alumiiniumiga pole soovitatav ja võimaluse korral tuleks seda vältida. Kui see on vältimatu, peaks arvestama, et immutatud puidu ja alumiiniumi (nt aknaraamid) vahe oleks minimaalselt 6 mm.

Kuna puidu immutamisel kasutatakse toksilisi aineid, siis tuleb sellise puidu saagimisel kanda tolumumaski ja kaitseprille ning -kindaid. Pärast puiduga töötamist tuleb utiliseerida kogu saetolm ja muu ehituspraht, seda ei tohi põletada ega kompostimiseks kasutada.

8. Kahjustustega hoone monitooring ja edaspidine hooldus

Pärast seenkahjustuse tõrjet ning hoone tarindite taastamist tuleb regulaarselt jälgida nende seisukorda. Leides vähimagi märgi seenkahjustustest, tuleb viivitamatult uuesti avada tarindid või pöörduda töid teostanud ettevõtte poole garantiitingimuste täitmise nõudega. Seenkahjustuste tõrjele spetsialiseerunud ettevõtted annavad erineva pikkusega garantii. Pikimat garantiid, 15 aastat, pakub praegu Puleium OÜ.

Edaspidisel hooldusel tuleb jälgida niiskuselukorda. Meetmed selle parandamiseks sõltuvad suuresti niiskuse allikast. Järgnevalt on toodud mõningad soovituslikud meetmed hoonete niiskuselukorra parandamiseks.

Hoonesse ülaltpoolt (katkine katus, läbijooksvad aknad, katkised äravoolurenid jms) tungiv niiskus:

- katuse puhastamine ja korrastamine;
- räästarennide puhastamine ja korrastamine;
- taimede, samblike ja sammalde eemaldamine katuselt, rennidest ja seintelt;
- akende tihendamine;
- vee- ja aknalaudade parandamine;
- pritsimistökete paigaldamine;
- eenduva sokli ülaserv peab olema sademete eest kaitstud veelaua või plekiga.

Hoonesse altpoolt (maapinna niiskus, pinnavesi) tungiv niiskus (sh kapillaarvesi):

- drenaaži rajamine;
- vundamendi ja sokli isoleerimine;
- kahekordne põrand ventileeritava vahega;
- keldrites ei tohiks hoida suuremas hulgas niiskust imavaid materjale;
- seinte puhastamine taimestikust;
- seintel vett mitteläbilaskvate katete ja värvide asendamine vett läbilaskvatega;
- kahekordsed seinad ventileeritava vahega.

Veeauru kondenseerumine seintele:

- siseruumides liigse niiskuse kogunemise vältimine (vähendada külastajate arvu, vähendada suhtelist õhuniiskust);
- normaalse ventilatsioonimäära tagamine. Eluruumides loetakse normaalseks ventilatsiooniks 0,5–1 korda tunnis, mis tähendab seda, et 1–2 tunniga peaks vahetuma kogu ruumides olev õhk;
- talvel ventileerida kuiva ja jahedama õhuga, mis takistab niiskuse aurumist seintest;
- külmaveetorude isoleerimine.

Hallitusseente kahjustused ja tõrje hoones

Hallitusseened esinevad praktiliselt kõikjal – pinnases, maapinnal, õhus, vees, taimedel ja loomadel. Nende kolooniaid võib leida mis tahes materjalil, kuid nende arengu võimaldab orgaanilise aine olemasolu materjalis või selle pinnal ning piisav vee hulk materjali pinnal. Hallitusseened kasvavad otse substraadil ehk toitainetallikal. Orgaanilise aine kogus, mis tagab koloonia (hallituse) tekke, võib olla väga väike. Isegi toidu valmistamisel tekkivas auras võib olla piisavalt toitu hallitusseente arenguks ning kui aur kondenseerub materjali pinnale, võib seal tekkida hallitus. Hallitusseened kahjustavad ka värve, eriti neid, mis baseeruvad linaseemneõlil. Akrüüllateksid on vastupidavamad. Kohtades, kus on hallitusoht, tuleks kasutada fungitsiide sisaldavaid värve, mis vähendavad hallituse tekke võimalust, kuid ei välista seda. Pärast liigniiskuse kadumist ja



Foto 34. Hallitusseened korterelamu viimasel korrusel toa rõdupoolses välisnurgas.



Foto 35. Hallitusseente kahjustus toanurgas, kus on tugev vee kondenseerumise probleem.

materjali kuivamist on hallitus kergesti eemaldatav, jättes siiski mõnikord materjali pinnale mustad või värvilised laigud. Pinda tuleks pesta sooja vee ning pesuaine ja valgendi (naatriumhüpoklorit) seguga. Sellisteks vahenditeks on näiteks Savo, naatriumhüpoklorit firmalt Oke F, Aura Wood Cleaner. Naatriumhüpoklorit on tugeva söövitava ja pleegitava toimega aluseline kemikaal (pH 12–14). Pärast töötlemist tuleb materjali pind kindlasti pesta puhta veega ning kuivatada. Vett tuleb mitu korda vahetada ning mingil juhul ei tohiks kasutada fosfaate sisaldavaid pesuaineid, kuna need loovad hallituste kasvuks soodsad tingimused. Sobivad vahendid hallitusseente kahjustuste töötlemiseks on ka vesinikperoksiid ehk vesinikülihapend ning alkoholil põhinevad kemikaalid. Nendega töötlemisel pole materjali pinda vaja pärast töötlust pesta.

See, kas ruumides tekivad hallitusseente kolooniad (hallitus), sõltub ruumide õhu niiskusetasemest. Kui ruumides tõuseb suhteline õhuniiskus püsivalt (vähemalt paar nädalat) üle 60%, siis võivad hallitusseened juba hakata arenema. Väga soodsate tingimuste (kõrge niiskus ja soe) korral hakkab hallitus kasvama juba ühe ööpäeva jooksul.

Kõige sagedamini leidubki hallitusseeni ruumides, mille niiskustase on kõrgem – vannitoad, köögid, keldrid, rõdud ja verandad (eriti suur hallituse tekke oht on kinniehitatud rõdude korral) (fotod 34 ja 35). Hallitusseened võivad kasvada ka pindadel, kus esineb vee kondenseerumist, näiteks külmadel välisseintel, eriti kui seal on ka takistatud õhu liikumine kas siis mööbli, seinavaipadega või seinale riputatud maalidega (foto 36).

Hallitusseened kahjustavad ehitus- ja viimistlusmaterjale ning ruumide sisustust. Hallitustega saastunud ruumides viibimine tekitab inimestel terviseprobleeme (vt lähemalt ptk 3.4.).

Hallituskahjustuste ärahoidmiseks ei tohi suhteline õhuniiskus ruumides olla üle 60%. Samuti tuleb jälgida, et ehitustarindid ei niiskuks. Niiskustingimuste kontroll on peamine ja kõige olulisem hallituskahjustuste ärahoidmiseks. Vaja on kontrollida kõiki potentsiaalseid veeallikaid – veetorusid, tualettruume, kööke, konditsioneeride, lillepotte jms.

Ventileerimine vähendab seenesporide kuhjumist, ühtlustab erinevates piirkondades õhuniiskust ning vähendab üldist saastumisfooni. Õhu liikumine takistab seentele sobiva mikrokliimaga keskkonna teket varjatud kohtades (riiulite alused, nurgad jne). Püsiv ventilatsioon aeglustab oluliselt bakterite ja mikrosteente kasvu, isegi küllalt kõrge (80%) suhtelise õhuniiskuse korral. Selleks peab ventilatsiooni määra olema vähemalt neli õhuvahetust tunnis. Ventilatsioonisüsteem on soovitatav varustada filtritega. Õhutsirkulatsiooni on võimalik parandada ka teisaldatavate ventilaatoritega (puhuritega), mis tuleb paigutada välisseinte vastu ja pörandale ligidale. Samuti saab liigse niiskuse eemaldada lokaalsete õhukuivatite abil. Nende kasutamisel tuleb kindlasti jälgida, et seadeldis oleks piisavalt võimas teatud mahuga ruumi õhu kuivatamiseks.

Igasugune hallitus on kahjulik inimesele ja ehitusmaterjalidele, sest kui on tekkinud juba ulatuslikud kolooniad, siis on üldjuhul hallitusseente eoste ja müetseeliosakeste kontsentratsioon õhus väga suur. Erinevate hallitusliikide eemaldamiseks ja tõrjeks kasutatakse ühesuguseid meetodeid. Seega tuleb iga-sugune hallitus KOHE kõrvaldada. Täpset hallitusliiki ei ole alati vaja määrata. Seda tehakse spetsiaalsetes laborites ning see võib olla vajalik mõne spetsiifilise probleemi (näiteks teatud tüüpi haiguste esinemine) korral. Hallituskahjustuste eemaldamine sõltub kahjustuse ulatusest ja kahjustatud objektidest. Esmaseks ettevõtmiseks on aga alati niiskuseallika, mille tõttu on tekkinud hallituste kasv, kindlakstegemine ja kõrvaldamine.

Kui hallitanud pindade suurus on kuni paar ruutmeetrit, ei ole puhastamiseks vaja ruumiosa eraldada tihedate kilekardinatega. Suuremate pindade töötlemisel on vaja ruumiosad eraldada teipidega kinnitatud kilekardinatega ning võimaluse korral tekitada puhastatavas ruumis HEPA filtritega varustatud ventilatsiooniseadmete abil negatiivne rõhk. Selleks pumbatakse ruumist õhku välja, nii et puhastatav piirkond oleks



Foto 36. Kapiga varjatud jahedal väliseinal kondenseerub niiskuse ja arenevad hallitusseened.

negatiivse rõhuga ja õhk liiguks väliskeskkonnast ruumi, mitte vastupidi. See väldib seeneeoste levikut hoone teistesse osadesse. Alarõhku tekitavate seadmete kasutamine on kohustuslik, kui kahjustatud alade pindala on üle 10 m². Kindlasti tuleb sulgeda kõik teistesse ruumidesse viivad ventilatsiooni- ja õhukonditsioneeride avad.

Kõik tugevasti hallitanud esemed, põrand-, seinakattematerjalid, kipsplaadid jms, mis ei ole hädavajalikud, eemaldatakse hoonest ja likvideeritakse. Allesjäävad esemed tuleb puhastada ja töödelda.

Pindadelt, kus kasvab palju hallitust/kus hallituskiht on tugev, tuleks enne seente eosed ja kergemini lahtitulevad mütseeliosad eemaldada kas tolmuimejatega (kontrollida, et oleks varustatud HEPA filtriga!), niiskete või elektrostaatiliste lappidega. Väga oluline on jälgida, et mehaanilise eemaldamisega ei paisataks õhku täiendavalt seeneeoseid ja mütseelitükke.

Kõik suuremamahulised puhastustööd tehakse siis, kui hallituse pind on niiske, vajadusel tuleb pinda isegi kergelt niisutada. Sellisel juhul vähendatakse hallituse levikut. Kui hallitus kuivatada, muutub ta väga kergesti lenduvaks ning puhastamisel tekitatakse väga tugev hallitussaastuse foon. Esemete kuivatamine enne hallituse eemaldamist on asjakohane väga väikese ulatusega hallituskahjustuse korral, aga samuti väärtuslike raamatute, dokumentide, fotode, mööbli ja museaalide korral. Kuivatatud objekte puhastatakse hallitusest kas siis HEPA filtriga varustatud tolmuimejaga või 70% etanoolis niisutatud lappide ja vattitampoonidega pühkides.

Alati puhastatakse puhtamalt mustema, ülevalt alla suunas. Soovitatav on kasutada ühekordseks kasutamiseks mõeldud või kergesti puhastatavaid lappe. Korduvkasutusega lapid tuleks eelnevalt niisutada, pesulahuses lappide pesemisel vahetada lahust piisavalt sageli. Pragudest ja pooridest hallituse eemaldamiseks on hea meetod aurupuhastus. Katsed on näidanud, et aurupuhastus annab kestvamaid ja paremaid tulemusi kui kemikaalid.

Puhastamiseks sobivad vahendid, mis sisaldavad järgmisi desinfektante: aktiivkloor, naatriumhüpoklorit, kvaternaarsed ammooniumiühendid, vesinikperoksiid, alkoholi (etanool, propanool) 70–80% lahus. Klooril baseeruvad mitmed desinfitseerimis- ja puhastusained, nagu näiteks Chlorinex, Whitewash Des, Halamid, DM Cid-S, Bio Lavatio, Aura Wood Cleaner, Rensa Homepesuliuos, Domestos jt. Naatriumhüpokloritit sisaldavad ka osa pesuvalgendajatest (vt kindlasti sildilt järele!). Kvaternaarseid ammooniumiühendeid sisaldab näiteks samblaemaldi, desinfektandid Bactacid, Chemipharm des new, Clean Foam, Sterident Forte, Virobac, Bioquat, Borakleen jt. Vesinikperoksiidi sisal-

davad näiteks desinfitseerivad ained MycoCleaner, Odox, Maxox PF. Alkohole sisaldavad näiteks Globacid AF, Cutasept. Kasutatakse puhastusvahendite lahjendatud lahuseid, mis kantakse käsna, pintsli või pihustajaga hallitanud pinnale. Lastakse umbes 15 minutit seista, loputatakse hästi veega (v.a vesinikperoksiidi ja alkoholipõhiste kemikaalide korral) ja kuivatatakse kiiresti.

Tuleb arvestada, et puhastusvahendid, eriti valgendajaid ja oksüdeerivaid ühendeid sisaldavad, võivad kahjustada töödeldavaid pindu. Paremini oleks kontrollida vahendi mõju enne väikesel proovipinnal. Erinevaid puhastusvahendeid ei tohi kokku segada. Nii näiteks tekib valgendajaid sisaldavate ainete segamisel ammoniaaki sisaldavatega mürgine gaas.

Tähtis on pärast hallituse eemaldamist materjal võimalikult kiiresti kuivatada. Materjalide kuivamise ajaks tuleb tagada hea ventilatsioon. Kui pärast puhastamist jääb keskkond endiselt niiskeks, tekib hallitus kiiresti tagasi. Sellisel juhul ei aita ka fungitsiididega töötlemine.

Hallitusseente olemasolu enne ja ka pärast puhastamist on võimalik määrata, kasutades vastavaid teste, näiteks *Hygiculti* omi. Proovi võtmine on iseenesest väga lihtne, keerukas on aga saadud tulemuste tõlgendamine ja õigete järelduste tegemine. See tuleks jätta spetsialistide hooleks.

Kui tegemist on ulatuslike hallituskahjustustega likvideerimisega, tuleks elanikel ajutiselt hoonest välja kolida. Puhastustöid ei tohi teha inimesed, kes on allergilised või põevad mingeid immuunsüsteemi häiretega seotud haigusi. Hallituskahjustustega materjalide puhastamisel tuleb kindlasti kasutada isiklikke kaitsevahendeid – kindaid, respiraatoreid ja kaitseprille. Kui puhastatavate pindade suurus on üle paari ruutmeetri, tuleks kanda ka kaitseriietust. Hallitust ei tohi kindlasti eemaldada paljaste kätega.

Hallituskahjustustega pindade töötlemiseks võib kasutada järgmisi biotsiide: Boracol 10-2Bd, Biotol kontsentraat, Mögel-Fri, Capatox, Chemipharm des new, Boral 20 (vt tabel 7).

Biotsiidid sobivad eriti kasutamiseks sellistes kohtades, kus kahjustuse põhjust ei saa kõrvaldada, st püsivalt niisked pinnad sise- ja välistingimustes, samuti külmasillad siseruumides, nurgad jne, kus õhuniiskus kondenseerub jahedatele pindadele. Vahend kantakse pinnale pintsli, rulli või pritsiga. Pritsida võivad ainult professionaalid ning kasutama peab täielikku kaitsevarustust. Materjal peab võimaldama biotsiidi sisseimbumist, nii näiteks peab puidu pind olema puhas ja ilma kateteta (värv, lakk vms). Saematerjal tuleb töödelda igast küljest.

Tabel 7. Hallituskahjustuste tõrjeks kasutatavad biotsiidid ja nende toimeained

Biotsiid	Toimeained
Boracol 10-2Bd	Dinaatriumoktaboraattetrahüdraat didetsüüldimetüülammooniumkloriid lahustiks on monopropüleenglükool
Biotol kontsentraat	2-oktuul-3-(2H)-isotiasool 5-kloro-2-metüül-3(2H)-isotiasool ja 2-metüül-3(2H)-isotiasool(3:1) - 2-(2-butoksüetoksü)etanool 1 formaldehüüd
Mögel-Fri	N-alküülbensüüldimetüülammooniumkloriid (C8-C10)
Capatox	Alküüldimetüülbensüülammooniumkloriid
Chemipharm des new	Kvaternaarsed ammooniumiühendid, naatriumkarbonaat, mitteionogeensed tensiidid, kompleksmoodustaja
Boral 20	Dinaatriumoktaboraat ning propüleenglükool

Biotsiididega töötlemine ei anna alati soovitud tulemust, kui liigniiskuse allikas on likvideerimata.

Välistingimustes töötlemine on efektiivsem, kui seda tehakse kahes jaos kolme-kuulise vahega. Esimene töötlus hävitab mikroorganismide kasvu pinnal. Seejärel kantakse peale teine pool vahendit, mis tungib nüüd sügavamale materjali sisse, mis tagab kestvama kaitse. Ilmastiku käes olevate pindade kaitsmine sademete eest pikendab biotsiidide mõjuaega.

Mögel-Fri sisaldab ultravioletaktiivseid ained, mis võimaldab kontrollida töödeldud pindu. Ruum tehakse pimedaks ning seejärel valgustatakse töödeldud pindu UV-lambiga, mis annab sinise helgiga tooni.

Niisketes ruumides, kus on hallituskahjustuste oht, võib kasutada värve, millesse on lisatud fungitsiide. Tuleb arvestada ohuga, et kasutatud biotsiidid võivad ka sattuda ruumide õhku. Biotsiidilisandiga värvide hulka kuuluvad näiteks Fungitex-W, Indeko-W, fassaadivärv SAKRET Topsan jt.

KIRJANDUST

Kim, Y. S., Singh, A. P. 2000. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: a review. – *IAWA Journal*, 21, 2, 135–155.

Konsa, K. 2008. Seened – kutsumata majulised. – *Maakodu*, 5, 16–17.

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 49–63, 115–123, 189–190.

- Krzyzanowski, N., Oduyemi, K., Jack, N., Ross N., Palfreyman, J. 1999. The management and control of dry rot: A survey of practitioners' views and experiences. – *Journal of Environmental Management*, 57, 3, 143–154.
- Kruusalu, H. 2000. Sinetus- ja hallitusseened puidus. – *Ehitaja*, 10, 68–69.
- Kruusalu, H. 2000. Majavamm. – *Ehitaja*, 6, 55–57; 7/8, 68–71.
- Kuidas maja puhtaks saada? 2010. – *TM Kodu ja Ehitus*, 6, 40–41.
- Pilt, K. 2010. Seened ja mardikad puidu kallal. – *TM Kodu ja Ehitus*, 1, 53–55.
- Pilt, K. 2008. *Biodeterioration of Cultural Heritage in Estonia*. <http://www.woodculther.com/wp-content/uploads/2008/10/pilt.pdf>
- Pilt, K. 2008. Põrandate rajamisel hoidu majavammi soodustavatest teguritest. – *Ehitaja*, 9, 62–64.
- Pilt, K., Järv, H., Oja, J. 2007. Seened meie kodus 1. Mikro- ehk hallitusseened. – *Eesti Loodus*, 6, 16–19.
- Pilt, K., Järv, H., Oja, J. 2007. Seened meie kodus 2. Majaseened. – *Eesti Loodus*, 7, 48–51.
- Pilt, K. 2005. Majavammi areng ja leviku põhjused. – *Ehitaja*, 7/8, 80–84.
- Raitviir, A. 2001. Seened majas. – *Horisont*, 4, 37–41.
- Ridout, B. 2000. *Timber decay in buildings: the conservation approach to treatment*. London: E&FN Spon.
- Riistop, M. 2010. Kaitse puitu immutamiseks. – *TM Kodu ja Ehitus*, 7, 54–55.
- Saarman, E., Veibri, U. 2006. *Puiduteadus*. Tartu: Eesti Metsaselts.
- Schmidt, O. 2007. Indoor wood-decay basidiomycetes: damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control. – *Mycological Progress*, 6, 261–279.
- Schmidt, O. 2006. *Wood and Tree Fungi*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.

5. Hoonete putukakahjustused

Lugenud läbi selle peatüki,

- tead, millised on putukatele iseloomulikud tunnused;
- tead, kuidas toimub putukate areng;
- tunnend peamisi puitu kahjustavaid putukaid;
- oskad valida putukakahjustuste töötlemiseks kõige sobivama meetodi.

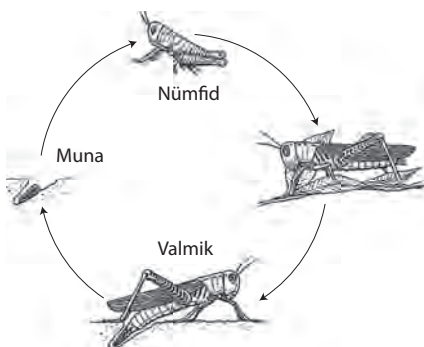
Seente kõrval on putukad teised väga olulised hooneid kahjustavad elusorganismid. Lüljalgsete hõimkonda kuuluvad putukad moodustavad loomariigi kõige liigirikkama klassi. Õnneks ei ole enamik nendest siiski meie hoonetele ohtlikud. Putukad kasutavad ehitusmaterjale, ennekõike puitu, toiduallikana, aga hoone sobib neile ka elu- ja paljunemiskohaks.

5.1. Ülevaade putukatest

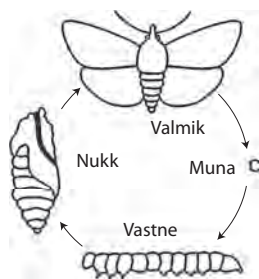
Putukate kolmeks osaks – peaks, rindmikuks ja tagakehaks – jaotunud keha on kaetud kestaga, kutiikuliga. Tegemist on tugeva, keemiliste ainete toime suhtes püsiva ning vett ja gaase mitteläbilaskva välisskeletiga. Putukad hingavad atmosfääriõhku, seega on tegemist aeroobsete organismidega. Enamik putukaid eelistab kasutada toiduks mitmesuguseid valke sisaldavaid aineid, kuid paljud putukad on võimelised toituma ka tselluloosi sisaldavatest materjalidest.

Putukate tavaline paljunemisviis on harilik suguline sigimine. Putukate munad on üldjuhul väga väikesed (läbimõõduga 0,5–1 mm). Paljude putukaliikide emasloomi iseloomustab suur viljakus ja vastseid lühike arengutsüklid, mistõttu on nad võimelised andma aastas mitu põlvkonda järglasi. Seega võib putukate arvukus lühikese ajavahemiku jooksul märkimisväärselt suurened.

Putukate areng toimub valdavalt moondega, st nende elutsüklis vaheldub mitu järku, mis erinevad nii väliskuju, elutalitluse kui ka eluviiside poolest. Moondega areng võib toimuda vaegmoondega või täismoondega. **Vaegmoonde** korral kooruvad munadest vastsed, kes on täiskasvanud isendite (valmikute) sarnased, kuid neil puuduvad tiivad, keha on väiksem ning sugunäärmed pole arenenud (joonis 7). Mitme kestumise järel erinevused järk-järgult kaovad ja vastne muutub valmikuks. Vanemaid kasvujärke, kellel esinevad tiivaalged, nimetatakse nümfiideks ehk neidisteks. Vaegmoondega arenevad tarakan, raamatutäi, soomukas, termiidid jmt.



Joonis 7. Vaegmoone:
muna → vastne → valmik.



Joonis 8. Täismoone:
muna → vastne → nukk → valmik.

Täismoonde korral on vastsed valmikutest selgelt erinevad, sageli usjad ning ilma tiibadeta. Vastne toitub, kasvab ja pärast viimast kestumist nukkub. Nukustaadiumis vastse elundid peaaegu täielikult hävivad (histolüüs) ja tekivad uued. Mõne aja pärast väljub nukust täiskasvanud isend ehk valmik (joonis 8). Täismoondega arenevad mardikalised, liblikad, kärbsed jmt.

Putukate vastsed on kohastunud toitumiseks ja kasvamiseks, valmikud paljunemiseks ja levikuks. Vastsete varjatud eluviisi tõttu on neid raske märgata. Nukustaadiumis viibivad putukad taluvad ka ebasoodsaid keskkonnatingimusi.

Putukate areng võib kesta mõnest päevast mitme aastani. Arengu- ehk elutsükkel hõlmab arengufaase munast kuni suguküpse valmikuni ning selle läbimise kiirus sõltub putukatel eelkõige temperatuurist. Putukad ei ole võimelised oma kehatemperatuuri reguleerima ning nende elutegevus aeglustub oluliselt, kui keskkonna temperatuur langeb alla +10 °C. Sobivaim temperatuur enamikule putukatest on +20–30 °C. Madalad temperatuurid (sõltuvalt liigist alates –10 °C), samuti temperatuuri tõus üle +50 °C mõjuvad putukatele surmavalt.

Vee olemasolu on kõikidele putukatele hädavajalik. Putukad saavad vett joogist ja toidust, mingi kogus vett moodustub ka metabolismi käigus organismisiseselt



Foto 37. Diapausis liblikas.

ning mõned putukad on võimelised omastama niiskust otse õhust. Sobivaim õhuniiskuse enamikule putukatele on 60–80%. Kohastumusena halbade elutingimuste üleelamiseks on putukatel kujunenud puhkeseisundid (tarre ja diapaus). Neid iseloomustab toitumise katkemine ja ainevahetuse taseme langemine miinimumini, millega kaasneb hingamise ja liikuvuse

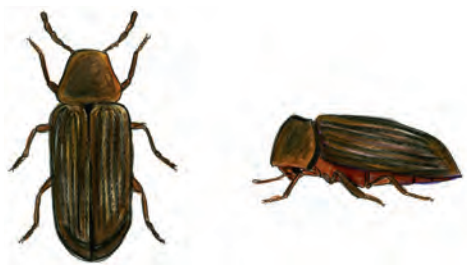
järsk langus. Sellisel kujul on organism väga vastupidav madalatele temperatuuridele, vee ja toidu puudusele, aga ka mürkainete toimele (foto 37).

5.2. Hooneid kahjustavad putukad

Mardikalised

Hoonetes esinevatest puidukahjuritest on olulisemad tooneseplased (ennekõike mööbli-toonesepp ja suur-toonesepp, harvem ka hääletu toonesepp), majasikk ning niisketes tingimustes ka kärsaklased.

Tooneseplased, keda kutsutakse ka puidukoideks, puutõukudeks või tiksutajateks, on kahtlemata kõige levinumad puidukahjurid hoonetes. Tooneseplasi on Eestist leitud 29 liiki. Nad on väikesed, 4–8 mm pikkused silindrilise kehaga mardikad, tumepruuni, musta või punaka värvusega (joonis 9). Mardikad ei toit, nende ülesandeks on tagada liigi paljunemine ja levik. Emased munevad mitmesugustesse lõhedesse, pragudesse või puidu karvastatud pinnale keskmiselt 20–30 piimvalget, ovaalse kujuga muna. Palja silmaga ei ole munad hästi nähtavad (pikkus 0,5–0,7 mm). Munast väljunud väga väikesed (alla 1 mm) vastsed närivad ennast puitu ning ei välju sealt enam enne nukkumist. Täiskasvanud vastne on 5–10 mm pikkune, valge, C-kujulise kehaga, usjas, kolme paari lühikeste rindmikujalgadega. Vastne närib puitu umbes 1 mm läbimõõduga käike. Nukkumiseks õonestab vastne puidu pinna lähedale (mitte sügavamale kui 1 mm) laiema kambri ning valmistab puidujahust kookoni. Nukkumine kestab 2–3 nädalat. Nukust väljunud mardikas närib puitu ümmarguse väljalennuava. Väljalennuavade läbimõõt on 1–5 mm (foto 38). Mardikaid on raske märgata, kuna nad on aktiivsed öhtusel ajal. Tooneseplaste kahjustusi ei ole kerge avastada, kuna vastsed elavad puidus ning nende areng



Joonis 9. Mööbli-toonesepp.

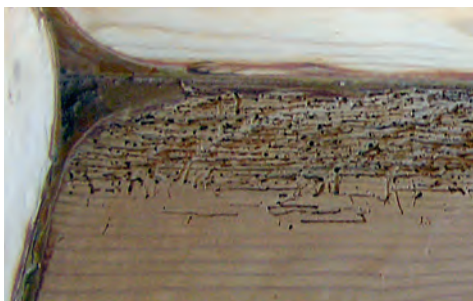


Foto 38. Mööbli-tooneseppa kahjustused põrandalauas nurgapiirkonnas.

kestab mitmeid aastaid (tavaliselt 2–4, mõnikord kuni 6 aastat). Samuti on kahjustusi võimalik avastada alles pärast seda, kui mardikad on puidust lahkunud. Tooneseplaste valmikud on aktiivsed maist septembrini. Valmikud elavad 20–30 päeva.

Vastsetele, kes oma elutegevusega puitu kahjustavadki, on kõige sobivam temperatuur vahemikus 21–24 °C ja suhteline õhuniiskus 60–90% ning puidu niiskusesisaldus 28–30%. Minimaalne temperatuur, mille korral vastsed veel toituvad, on 12 kraadi, surmavalt mõjuvad temperatuurid üle +50 kraadi. Puidu niiskusesisaldus, mis sobib tooneseplaste vastsetele kasvuks ja arenguks, jääb vahemikku 12–30%.

Kui suhteline õhuniiskus langeb alla 50%, siis kaotavad putukad eluvõime. Vastsed on keskkonnatingimuste suhtes vastupidavamad (Unger Schniewind *et al.* 2001: 58). Toonesepade munad ja noored vastsed vajavad puidu niiskusesisaldust vähemalt 12%, mis vastab suhtelisele õhuniiskusele üle 65%. Madalama niiskusetaseme juures munad ja vastsed hukkuvad (Child 2001).

Enamuse oma elust veedavad mardikad vastsena puidus käikudes.

Mitmed liigid tekitavad rütmilisele tiksumisele sarnanevaid helisid, koputades peaga vastu käigu seina. Need helid aitavad isastel ja emastel üksteist puidus üles leida. Õhtuvaikuses kostva tiksuva heli järgi kutsutaksegi neid toonesepadeks, vanarahvas arvas, et see heli ennustab ette kellegi surma majas. Uuringute põhjal teame, et tiksvat heli tekitab raudsepp, ladinakeelse nimega *Xestobium rufovillosum*, sellega kutsub isasmardikas emaseid paarituma.

Hoonetes elutsevad toonesepad varjatud niiskemates ja jahedamates piirkondades, mis on otsese päikeseikiirguse eest kaitstud ning mis ei külmu talvel läbi. Tavalised on nad vahelagedes, keldrites, põrandaliistudes, toanurkades, aknalaudade all. Eestis tehtud vaatlused näitavad, et toonesepad tavatsevad asus-

tada elamute puittarindeid, mida on mõnda aega kahjustanud vesi. Eriti sobivad neile vahetult müüri- asetatud tarindid – palgid ja talad, kuhu pääseb ligi niiskus, näiteks veetorudeta räästastest pritsiv vihmavesi (Martin 2007). Vastsed toituvad nii okas- (mänd, kuusk) kui ka lehtpuude (pärn, vaher, kask, tamm, jalakas, sara- puu, hobukastan) puidust. Muude sarnaste tingimuste korral eelistavad nad lehtpuitu. Võivad kah-



Foto 39. Tooneseplaste poolt tugevasti kahjustatud puit.

justada ka kartongi, paberit, vineeri ning vitspunutisi. Sageli kahjustavad ka mööblit. Üldiselt meeldib neile eriti mädanikseente poolt kergelt kahjustatud puit. Vastsete näritud käigud on tavaliselt maltspuidus ja kulgevad paralleelselt puidukiududega. Suhteliselt lühikesed tunnelid on täidetud ühtlase tolmla näripuruga (foto 39).

Mööbli-toonesepa kahjustustele on vastupidav kõrgel temperatuuril (üle 100 °C) kuivatatud puit, isegi kui seda hiljem hoitakse niisketes tingimustes. Tõsi küll, pärast paariaastast seismist niisketes oludes muutub termiliselt töödeldud puit putukatele kättesaadavaks. Väga vana puit (250–300 aastat) ei ole tooneseplastele samuti vastuvõetav. Tooneseplaste põhjustatud kahjustused hoonetes on pidevalt vähenenud, põhjuseks nüüdisaegsete hoonete korralik kütmine ja ventilatsioon, mis muudavad need tooneseplastele ebasobivateks (Pinniger Child 1996).

Siklased on võrdlemisi suured (tavaliselt üle 20 mm pikad), saleda, sageli karvadega kaetud kehaga mardikad. Väga pikkade, tihti mardikast pikemate, tundlatega (joonis 10). Vastsed on valkja või kollaka lapiku kehaga. Vastsed närivad ennast puitu ning ei välju sealt enam mitmete aastate kestel. Siklaste väljalennuavad on tunduvalt suuremad kui tooneseplaste omad ning enam-vähem ovaalse kujuga. Kõige olulisem hoonetes esineva puitmaterjali kahjustaja on majasikk. Majasiku vastsed kahjustavad enamasti maltspuitu. Nad närivad käigud peamiselt piki puidukiude. Käigud on kõverad ja neid on nii tihedalt, et sageli sulavad erinevad käigud kokku. Käigud on tihedalt täidetud puidupulbri ja ekskrementidega (foto 40). Puidu pealmise kihi jätab harilikult puutumata. Vastsed arenevad kiiremini seente poolt kahjustatud puidus. Vastsete areng ei kesta alla 2 aasta, ebasobivates tingimustes aga võib kesta isegi kuni 12 aastat. Täiskasvanud vastne on 30 mm pikkune ja 6,5 mm laiune. Mardikate lend toimub juulis-augustis. Väljalennuavad on ovaalsed, suurusega 3 x 6 kuni 5 x 12 mm. Mõnikord valmikud ei lahkugi puidust, paarituvad käikudes ja siin ka munevad. Majasiku vastsed tekitavad puitu närides iseloomulikku heli.



Joonis 10. Majasikk (emane isend).



Foto 40. Siklaste kahjustused puidus. Suured ovaalsed käigud on täidetud näripuruga.



Foto 41. Siklaste poolt kahjustatud palksein.



Foto 42. Ruhnu uue kiriku kahjustatud tornitarindid.

Majasikk kahjustab ainult okaspuitu ning eelistab puitu, mille niiskusesisaldus on 30–40%. Talle sobib kõrgem temperatuur (vastsete elutegevuseks on kõige sobivam temperatuur 28–30 kraadi) ja levib seetõttu hoonete soojades osades, asustades põrandaid, aknaraame, laetalasid ja sarikaid (Unger Schniewind *et al.* 2001: 58). Kui putukaid on palju, võivad kahjustused olla väga suured (foto 41). Eestis on majasikk levinud peamiselt läänesaartel, eeskätt Ruhnul (foto 42) ja Saaremaal, ning Loode-Eestis. Mandri-Eesti idaosast on teada vaid üksikuid praegusaegseid leiukohti. Suuri kahjustusi on ta tekitanud Kuressaares ja ka Tallinnas. Võitlus majasikuga on küllaltki keeruline. Nakatunud puitosad (põrand, lagi) vahetatakse välja. Kuumutamine temperatuuril 50–60 °C tapab kõik vastsed.

Teised siklased, näiteks sinisikk, võivad küll hoonetesse sattuda, kuid nad ei ole võimelised seal kogu elutsükli läbima ja paljunema ning seega ohtu ei kujuta. Küll võivad erineda siklaseliigid, näiteks tüvesikk ja kännusikk, kahjustada maasse kaevatud poste ja palke. Harilikult tegutsevad nad maapinna ligiduses, kus on piisavalt niiskust.

Kärsaklased on väikesed mardikad, pikkus 3–6 mm, mustad või pruunid, õrnalt läikivad. Pea on välja veninud kärsakuks, millele kinnituvad ka tavaliselt nuijad tundlad (joonis 11). Vastsed on jalutud, valged, C-kujulised, kaetud hõredate karvadega, suure pruunika peaga. Kärsaklased arenevad märjas, kõdunevas puidus, mille niiskusesisaldus peab olema vähemalt 35%. Harilikult esinevad koos seenkahjustustega (pruunmädanikuga). Kahjustavad ehitustarindeid keldrites, pööningutel, vanu palkhooneid. Kahjustusi tekitavad nii vastsed kui ka mardikad, kes närvivad puidu pinnale käänulisi käike. Eelistavad üldiselt okas-



Joonis 11. Kärsaklane.

puitu, kuid võivad kahjustada ka lehtpuude puitu. Kahjustatud puit on tumeda värvusega, käsnjas (foto 43). Elavad mädanevas puidus ja hoonete maa-alustes osades kolooniatena, mis koosnevad erinevas arengujärgus vastsetest ja valmikutest. Kuni puidus säilivad arenguks soodsad tingimused, ei lenda mardikad laiali, vaid munevad samasse kohta. Nii kasvab koloonia pidevalt ja võib ulatuda tuhandete isenditeni.



Foto 43. Puit, mida kärsaklased on tugevasti kahjustanud.

Mardikalistest võib ehituspuidus teinekord kohata ka näiteks hundlaste hulka kuuluvat **tähnikaardlast**, kes on 11–22 mm pikkune, tumepronksjas, sageli rohelise, harva sinirohelise metallihelgiga mardikas. Vastne on ilma jalgadeta, sirge kehaga. Tõugud arenevad puukoore all ja puidu pealmises kihis. Hoone-tesse satub ainult vastsetega nakatatud puidu kasutamisel. Ehituspuidule valmikud ei mune. Väljalennuavad on üksikud, ovaalsed, suuremast osast 7–8 mm läbimõõduga. Hundlaste poolt kahjustatud puit tõrjet ei vaja.

Muud putukad

Puiduvaablast on pika silindrilise, tagaosas teravdunud kehaga, kahe paari kilejate tiibadega putukad (joonis 12). Emastel on arenenud pikk muneti. Vastsed on valged või kollakad, rudimentaarse rindmikujaalgadega. Keha tipul



Joonis 12. Puiduvaablane.

on terav oga, mida tarvitatakse edasiliikumisel käigu seinu vastu toetamiseks. Arenevad nii elavas kui ka värskest lõigatud puidus. Vastsete näritud käigud on ristlõikes silindrilised, mitte ovaalsed nagu siklastel, ning täidetud peene puurimisjahuga, aga mitte jämeda näripuruga. Vastsete areng kestab vähemalt kaks aastat. Nukkuvad käigu lõpus, kookonit ei ehita. Nukust väljunud mardikas närib 4–5 mm diameetriga väljalennuava. Kõige sagedasem liik on hiid-puiduvaablane (*Sirex gigas*), kes muneb koorimata värskesse puitu 20–25 mm sügavusele. Vastsed närivad puitu keerulisi käike. Vastne nukkub 1–2 cm sügavusel puidus. Väljalennuava on läbimõõduga 4–5 cm. Töötlemist vaja ei ole, sest ehitustarindites kasutatav puit teistkordselt ei nakatu.

Sipelgad

Putukatest võivad hoonetes leida endale sobivaid elupaiku ka sipelgad. Ehitustarindite kahjustusi põhjustavad nad harva, kuid on igal juhul väga tülikateks ja ebameeldivateks kaasüürilisteks majas. Sipelgatest võivad majades esineda mullamurelased, vaaraosipelgad, hobusipelgad ja arukuklased. Hoone tarinditele kujutavad nendest tõelist ohtu ainult hobusipelgad. Üksikud hoones või selle lähemas ümbruses kohatud sipelgad ei tähenda veel seda, et hoones on sipelgapesa. Pidevalt esinev suurem hulk sipelgaid viitab aga juba kindlasti ligiduses asuvale pesale.

Mullamurelased ja neist märksa suuremad hobusipelgad on meie tavalloodusesse kuuluvad putukad. Vaaraosipelgad on aga Eestisse toodud troopilistest maadest ning seetõttu suudavadki nad elada ainult köetavates hoonetes. Nad on väga väikesed (2–2,5 mm pikkused) pruunikad sipelgad. Vaaraosipelgad ehitustarindeid ei kahjusta, küll tarbivad nad inimeste toitu, eelistades liha ja muid valke sisaldavaid saadusi, ning tekitavad seega üldisi hügieeniprobleeme.



Foto 44. Mullamurelaste pesa maja vundamendi ääres.

Kõige tavalisemaks hoonetes kohatavaks sipelgaks on **mullamurelane**. Tegemist on pisikese (4–5 mm pikkune) musta sipelgaga. Tavaliselt asub nende pesa hoonest väljas, kas siis rohumätastes, lillepeenardes, plaatide, kivide ja lauamaterjali all või maja sokli ääres. Maapinnal on nende pesad märgatavad väikestest mullasõmeratest kuhilatena (foto 44). Hoonesse tungivad nad harilikult kevadel ja suvel toidu otsimiseks. Kui nende pesa asub aga maja tarindites maja all või selle vahetus läheduses, siis

hoiab soojus harilikult talveund magavad murelased talvel üleval. Sellisel juhul on neid ruumides näha ka talvel. Siiski on majatarindites nende pesasid väga harva.

Hobusipelgad on kuni 30 mm pikkused sipelgad, kes võivad närida pesa ka maja puittarindisse, nagu näiteks seinataladesse või põrandasse, lagede vahele ning muudesse varjatud kohtadesse. Pesa suurus piirdub tavaliselt paari meetriga talast, kuid uuristatud pesakäigud on väga ohtlikud, kui nad asuvad hoone vastupidavuse seisukohast olulistest kohtades. Siseruumidesse satub hobusipelgas enamasti juhuslikult. Kahjustusi võib tekkida metsade läheduses asuvates hoonetes. Hobusipelgate koloonia tekitab kuiva sahisevat häält, mis sarnaneb

tsellofaani krabinaga. Hääl muutub tugevamaks, kui kolooniat häirida näiteks vastu seina koputamise­ga. Hobusipelgatel on tavaliselt üks peapesa, mis asub üldjuhul hoonest väljas ligidalasuvas elavas või surnud puutüves, puuriidas, kännus. Kui peakoloonia kasvab suuremaks, asutavad sipelgad ühe või mitu satelliitpesa. Hoonetes asuvadki tavaliselt satelliitpesad. Peapesas elavad emasipelgas, noored vastsed ja töösipelgad. Satelliitpesades elavad vanemad vastsed, nukud, töö­lised ja tiivulised emased ja isased sipelgad. Hobusipelgad ei toitu puidust, vaid uuristavad sellesse oma pesa. Nende poolt puidusse näritud käigud ja galeriid on puidupurust puhtad, siledad, justkui poleeritud seintega (foto 45). Puidust pudenenud peen puru võib olla viiteks pesa esinemisele. Peapesa asub harilikult niiskes puidus, sest pesas asuvad munad vajavad niiskust, satelliitpesad võivad asuda kuivades tingimustes. Hoones on pesa asukohaks tavaliselt mingil põhjusel niiskunud ehitustarindid. Kui hoones on hobusipelgaid näha ka talvel, viitab see kindlasti hoones asu­vale pesale.



Foto 45. Hobusipelgate poolt näritud käigud puidus.

Arukuklased, kes on Eestis kaitsealune liik, võivad samuti rajada pesa aeda, pööningule, puukuuri või maja vundamenti. Pruuni värvusega töösipelgas on harilikult 8–10 mm pikkune. Arukuklased elavad keskmise suurusega pesakuhilates, mille nad ehitavad rohukõrtest, okstest, raagudest, vaigutükkidest jms materjalist.

Toituvad sipelgad peamiselt teistest putukatest, lehetäide magusast nektarist ja taimemahlast, osa sipelgaid sööb ka seemneid või kasvatab pesas toiduks seeni. Sipelgad elavad pesades. Sipelgapesas on üks kuni mitusada ema, kes elavad pesa sügavamas osas ning nende ülesandeks on muneda munasid. Sipelgad arenevad täismoondega. Kord aastas kasvab pesas põlvkond tiibadega isaseid ja emaseid sipelgaid, kes suunduvad pulmalennule. Pärast seda isased hukkuvad ning emased murravad oma tiivad ning pöörduvad tagasi pesasse või loovad uue pere. Töösipelgad, kes on viljatud emasipelgad, moodustavad suurema osa sipelgakolooniast. Tiivuliste isaste ja emaste sipelgate esinemine hoones viitab kindlasti majas asu­vale pesale.

Sipelgad liiguvad peapesa ja satelliitpesade ning toitumisalade vahel kindlaid radu pidi. Sipelgad võivad liikuda toiduotsingul pesast küllaltki kaugemale, hobusipelgad näiteks kuni 100 m kaugusele.

Puidumesilased

Emane puidumesilane närib puidusse käigu, mille jaotab kambriteks. Igasse kambrisse toob ta õietolmu ja nektarit ning muneb ühe muna. Puidumesilased puidust ei toitu. Käigud on küllaltki suured, sisenemisava läbimõõt kuni 12 mm, ning kulgevad puidu pinna lähedal. Käikude pikkus sõltub sellest, kui kaua aega on need kasutusel olnud, ja võib ulatuda kuni mitme meetrini. Ees- tis on puidumesilased küllaltki haruldased. Nende tekitatud kahjustused ei ole harilikult märkimisväärsed. Juhul kui ühte ja sama pesitsuskohta kasutatakse aastate jooksul korduvalt, võib kahjustus osutuda tõsiseks. Üldiselt kahjustavad nad katmata puitu. Tavalisemad kahjustuskohad on postid, rõdude ja terrasside käsipuud, seinavoodrilauad, räätalauad, aknalauad ja uksed.

5.3. Putukkahjustuste tõrje

Enne putukkahjustuste tõrjet on kindlasti vaja selgitada, kui aktiivsed kahjustavad putukad on. Tihti on kahjustajad ammu puidust lahkunud ja jätnud järele hulgaliselt lennuavasid ja näripuru. Samuti asuvad sageli kahjustajate loodud käikudesse teised putukad, kes ainult kasutavad käike, kuid ei tekita uusi kahjustusi. Aktiivsuse väljaselgitamiseks on parim lahendus mardikate tegevuse jälgimine – monitooring. Monitooringu periood võiks olla vähemalt kuus kuud, alates aprillist kuni oktoobrini, sest sellel ajal on mardikate tegevus aktiivne.

Monitooringuks võib kasutada mitmeid võtteid, kõige levinumaks on näripuru- ruga piirkondade puhastamine ning uue näripuru tekke regulaarne jälgimine. Selle meetodi eeliseks on lihtsus, kuid ohuks teiste putukate tegevus puitu kahjustavate mardikavastsete käikudes – ka nemad võivad käikudest näripuru välja ajada. Teine lihtne ja levinud võte on lennuavade märkimine. See monitooringumeetod seisneb olemasolevate lennuavade tähistamises kas värvi, markeri või muu vahendiga ning seejärel uute tähistamata lennuavade tekke regulaarne jälgimine (pärast uute avade leidmist tuleb tähistada ka need). Kolmandaks



Foto 46. Putukate liimpüünis.

võtteks on paberi liimimine (spetsiaalse liimiga) kahjustusega puitdetailidele. Nüüd tuleb jälgida lennuavade teket liimitud paberile ning need tähistada. Neljandaks levinud monitooringu- võtteks on liimpüüniste kasutamine (foto 46). Spetsiaalsed püünised paigaldatakse mardikate aktiivse tegevuse piirkonda ning nende hele värvus meelitab erinevaid putukaid juurde ning lii- mikihht takistab nende lahkumist. Selle meetodi eeliseks on mardikate kinnipüüdmise, mis liht- sustab nende liigilist määramist, ning võimalus

kontrollida mardikate arvukust. Puuduseks on paljude teiste putukate sattumine liimipinnale. Loomulikult võib kasutada eespool nimetatud meetodeid nii üksikult kui kombineerituna.

Kui puitu kahjustavate mardikate või teiste putukate liigilisus ja aktiivsus on määratud, siis saab koostada tegevuskava nende populatsiooni vähendamiseks kõigis elutsükli etappides ning puittarindite kaitseks uute kahjustuste vastu. Putukate tõrjel on kõige olulisem muuta hoone kui putukate elukeskkond neile võimalikult ebasobivaks ja takistada putukate pääsu hoonesse. Hoone korralik hooldus on eelduseks putukakahjustuste ärahoidmiseks. Ei tohiks unustada, et kõige suuremas ohus on elaniketa ja tühjalt seisvad hooned.

Putukad satuvad hoonesse:

- lennates läbi avatud akende, uste ja muude ehitustarindi avauste;
- tuuakse ehitusmaterjalide, esemete ja pakenditega.

Putukad on aktiivse eluviisiga ning valmikumud liiguvad kergesti ühest ruumist teise, kasutades selleks kõikvõimalikke avausi, ventilatsioonisüsteemi jms. Putukate sissetungi ja levimise takistamiseks peavad kõik ehitustarindid (seinad, põrandad, laed) olema avade ja pragudeta. Kõikvõimalikud läbipääsud tuleb sulgeda ja tihendada. Ventilatsiooniavad peavad olema putukate sisselennu vältimiseks kaetud metallist või kapronist võrguga, mille silma diameeter ei ületa 1 mm. Kontrollida tuleb kõiki ventilatsiooni- ja õhutusavasid, mille kaudu võivad hoonesse tungida putukad, närilised või linnud. Ohtlikud võivad olla ka kõikvõimalikud hoonesse tulevad kommunikatsioonitrassid.

Kui ehitus- ja remonditöödel kasutatakse puitmaterjali, peab see olema kooritud ja korralikult kuivatatud. Putukate vastsed ei suuda üldjuhul tungida viimistletud puitu (värvitud, lakitud, vahatatud, immutatud jms). Seega saab materjali kahjurputukate eest kaitsta katmise ja immutamise kas laki, õlivärvi, tärpentiniga segatud vaha, formaldehüüdvaikude, polüuretaanlakkidega või siis spetsiaalsete antiseptikutega. Puidu pinna töötlemine ei hävita küll juba olemasolevaid vastseid puidus, kuid kaitseb uue nakkuse eest. Kuna enamik puitu kahjustavaid putukaid eelistab niiskemat puitu, siis tuleb hoida ruumides niiskus normi piires ja tagada tarindite korralik ventilatsioon. Kuivas puidus aeglustub olulisel määral ka seal esinevate puidukahjurite vastsete kasv ja areng.

Kõikide ettevõtmiste eelduseks on selgitada välja kahjustuste asukoht ja ulatus. Sageli on putukakahjustused seotud suurenenud niiskusega mingites tarindielementides. Sellisel juhul on esmatähtis likvideerida suurem niiskus ja puitosad kuivatada. Kahjustatud puitosade seisukorda tuleb hoolikalt hinnata ning tugevamini kahjustatud detailid ja sellised, mille kandevõime on vähenenud, tuleb välja vahetada.

Väga sageli piirduvad putukkahjustused maltspuidu osaga (vt ptk 5.2.) ja märksa vastupidavam lülipuit jääb kahjustamata. Putukate kahjustatud maltspuiduosa ei ole mõtet eemaldada kraapimise, löikamise, traatharjaga hõõrumise, liivapritsiga töötlemisega ega mõnel muul meetodil. Praktiline mõju insektitsiidilahuse sisseimbumisele on sellel tühine (Ridout 2000: 50). Järelejääv lülipuiduosa on putukakindlam ja insektitsiidilahused ei imbu sellesse nagunii hästi. Puidu välisilme muutub aga äärmiselt inetuks.

Putukate tõrjel kasutatakse nii keemilisi kui ka mittekeemilisi desinfitseerimismeetodeid. Hoonetes tuleb meie tingimustes kõne alla põhiliselt keemiline tõrje, mille käigus töödeldakse puitu putukaid hävitavate kemikaalidega – insektitsiididega. Kasutatud on hoonete terviklikuks töötluks ka gaasiga töötlemist (fumigeerimist), kus hoone isoleeritakse ümbritsevast keskkonnast (sh maapinnast, sest gaas levib kiiresti ka pinnasesse) ja lastakse isoleeritud piirkonda biotsiidne gaas, kusjuures gaasitamise kestus sõltub kasutatavast gaasist. Selle töötlu eeliseks on kahjurite hävitamine kõikides elutsükli faasides, kuid puuduseks keskkonnaohtlikkus. Väiksemaid puitobjekte on võimalik töödelda mittekeemiliselt, kas siis külmutamise või kuumutamise. Külmutamisel hoitakse puitosi temperatuuril -20 kraadi vähemalt 72 tunni kestel. Kui puitosad on suuremad (paksemad kui 5 cm), tuleks külmutamisega pikendada. Kuumutamine peab toimuma temperatuuril $50-60^{\circ}\text{C}$ vähemalt kuus tundi. Kuumutamisel tuleks arvestada seda, et puit kuivab liigselt ja võib praguneda. Samuti võib kuumutamine kahjustada puiduviimistlust. Kuumutamist on võimalik kasutada ka hoonete terviklikuks töötluks, kuid sellisel juhul tuleks temperatuuri isoleeritud hoones tõsta kuni 100°C , kusjuures enne töötlust on vaja hoonest teiseldata või isoleerida kõik esemed ja materjalid, mis ei talu kõrgeid temperatuure. Temperatuuriga töötlemisel kasutatakse ka nn kontrollitud niiskusega termotöötlust (Thermo Lignum meetod). Sellisel juhul niisutatakse hoonesse juhitavat sooja õhku, mis aitab vähendada puidukahjustuste (pragude jms) teket ning suurendab puittarindite soojusjuhtivust. Viimast meetodit rakendades saab kasutatavat temperatuuri vähendada kuni 70°C -ni.

Tavaliselt koosnevad putukate tõrjes kasutatavad biotsiidid aktiivainest (sisuliselt insektitsiid) ja mitmesugustest kasutamist lihtsustavatest ja toimet tugevdavatest lisaainetest. Insektitsiidid võivad olla lahustatud vees või mingites orgaanilistes lahustites. Üldjuhul eelistatakse kasutada veepõhiseid insektitsiidilahuseid. Põhjuseks on nende parem toime ja väiksem keskkonnaohtlikkus võrreldes orgaanilistel lahustitel baseeruvate insektitsiididega.

Puidukahjurite tõrje keemiliste ühendite – insektitsiididega võtab üldjuhul küllaltki kaua aega, kuna sügaval puidus asuvaid vastseid ei pruugi puidu pinna

töötlemine insektitsiidi lahusega tappa. Sellisel juhul hukuvad alles vastsest tekkinud valmikud, kui nad ennast puidu pinnale läbi närvivad. Nii võibki 3–5 aasta jooksul leida uusi valmikute väljalennuavasid, kuid uusi vastseid töödeldud puitu ei tungi. Tõrje tõhustamiseks võib kasutada puidu süvaimmutust ehk injekteerimist.² Selle meetodi puhul sisestatakse lahus puitelementidesse surve all ning lahuse levimist kogu ristlõike ulatuses soodustavad mardikavastsete käigud.

Kui on kindlaks tehtud aktiivne putukkahjustus, tuleks töödelda kogu puitmaterjal selles piirkonnas, igal juhul tuleks vältida kahjustamata puitosade n-ö igaks juhuks töötlemist. Puidu töötlemiseks kasutatakse vedelaid insektitsiide. Suletud ruumide töötlemiseks võib kasutada ka suitsuküünlaid³ ja aerosooli tekitavaid seadmeid. Puidukahjurite tõrjes on aga nende efektiivsus kindlasti väiksem võrreldes puidupinna otsese töötlemisega ning injektsioonimeetodi kasutamisega.

Puidupinnad on vaja enne töötlemist puhastada tolmust ja mustusest. Seda saab teha mehaaniliselt ja vastavate tööstuslike tolmuimejatega. Ei ole mõtet töödelda värvitud või mingil teisel viisil kaetud puitu, kuna insektitsiid ei imbu puidu pooridesse. Lahustega töötlemisel alustatakse katmata otsapindadest, mida immutatakse kuni küllastumiseni, seejärel viiakse lahust kõikvõimalikesse lõhedesse, pragudesse ning lõpuks töödeldakse ese üleni (pintsli või pritsiga). Kemikaal kantakse pinnale 2–4 korda 24-tunniste vahedega. Insektitsiidide viimine ainult väljalennuavadesse ei taga kõikide putukate täielikku hävitamist. Kui on võimalik, tuleks kasutada puuraukude meetodil immutamist või injektsioonimeetodit. Nii jõuab mürkaine kiiremini ja kindlamini vastseteni. Puidu pinnalt töötlemisel imbub antiseptik tegelikult ainult maksimaalselt kuni 5 mm sügavusele. Puuraukimmutuse korral tehakse kandevõimet arvestades 10–20 cm vahedega vastamisi nihkes augud (läbimõõt 10–15 mm, 3/4 palgi jämedusest) pikikiudu ja ristikiudu 5 cm vahedega. Vertikaalsesse puitu puuritakse augud kaldenurgaga 35–45°. Puuraugud täidetakse 3–4 korda insektitsiidilahusega ja seejärel suletakse immutatud puittüübliga. Igal juhul tuleb pintseldada ka puidu pind. Injektsioonimeetod tagab kogu ristlõike töötlemisel, kuid seda pole soovitatav teha kogemusteta isikutel, kuna kasutatav rõhk on suur ning kemikaal võib sattuda ka ebasoovitavatesse piirkondadesse.

Biotsiididega töötlemisel tuleb kindlasti järgida konkreetse vahendi kasutusjuhiseid. Mitmetel biotsiididel on nii fungitsiidne (seeni hävitav) kui ka insektitsiidne toime, näiteks Shell-Guard, Boral 20, Sovereign Environmental Deepkill, Bochemit Plus, Aura Protect Green New, Bochemit QB (vt tabel 8).

² Injektsioonimeetodil töötlust pakub Puleium OÜ.

³ Näiteks suitsuküünlad Coopex Maxi Smoke Generator. Tootja Prantsuse firma AgrEvo. Sisaldavad perimetriini.

Tabel 8. Puitu kahjustavate putukate tõrjeks kasutatavad biotsiidid ja nende toimeained

Biotsiid	Toimeained
Shell-Guard	Dinaatriumoktaboraattetraahüdraat, propüleenglükool, polüetüleenglükool
Boral 20	Dinaatriumoktaboraat ning propüleenglükool
Sovereign Environmental Deepkill	Permetriin ja fungitsiid 3-jodo-2-propünüülbutüülkarbamaati
Bochemit Plus	Alküülbensüül diemetüülammooniumkloriid ja tebukonasool
Aura Protect Green New	Tolüülfluaniid, permetriin ja tebukonasool
Bochemit QB	Alküülbensüüli diemetüülammooniumkloriid ja boorhape
Aidol Anti Insekt	Permetriin
Woodworm Treatment HSE3911 PCS 93092	Permetriin
HWT	Flufenoksuroon

Seen- ja putukkahjurite tõrjeks maapinnaga kokkupuutes ning pidevalt niisketes tingimustes asuvas puitmaterjalis kasutatakse tahkeid boraadivardaid, mis pannakse puitu puuritud aukudesse. Sellised on näiteks Impeli vardad ja Cobra Rod. Ainult putukate tõrjeks kasutatavad antiseptikud sisaldavad insektitsiide, näiteks lahustipõhised Aidol Anti Insekt, Woodworm Treatment HSE3911 PCS 93092 ja HWT.

Toonesepade ja majasikkude tõrje

Toonesepade ja majasikkude tõrjeks sobivad biotsiidid, mis sisaldavad järgmisi toimeaineid (loetelu pole lõplik):

- booriühendid,
- tsüflutriin,
- tsüpermetriin,
- esfenvaleraat,
- permetriin.

Kärsaklaste tõrje

Kärsaklaste kahjustused esinevad juba tugevasti niiskunud ja väga sageli ka seenkahjustustega puidus. Tavaliselt ei ole vaja eraldi putukatõrjega tegelda. Lahenduseks on ehitustarindite niiskuseolukorra parandamine, kahjustatud puitosade väljavahetamine fungitsiidsete ja insektitsiidsete antiseptikutega töödeldud puiduga.

Sipelgate tõrje

Sipelgate nagu ka kõikide teiste putukate tõrjeks on esmatähtis muuta elukeskkond neile võimalikult ebasobivaks. Oluline on eemaldada võimalikud toidu- ja veeallikad. Hoone ümbrus tuleks hoida võimalikult puhas. Vahetult hoone lähedal olevad sipelgapesad peaks teisaldama. Sipelgatest täieliku vabanemise tagab pesa või pesade üleseleidmine ja nende teisaldamine või töötlemine insektitsiididega nii, et hävivad ka kuningannad.

Esmatähtis on teha kindlaks pesa (nii peamise pesa kui ka satelliitpesade asukoht). Ainult satelliitpesade eemaldamisest või hävitamisest ei ole mingit kasu, kuna sipelgad asustavad need peamisest pesast uuesti. Ringiuitavate sipelgate töötlemine aerosoolidega on äärmiselt ebaefektiivne, sest korraga on pesast väljas vaid väike osa sipelgatest (1–3%). Pesa asukohta kindlakstegemiseks on vaja jälgida sipelgate liikumist, leida nende liikumisrajad ja vaadata, kuhu need viivad. Hobusipelgad on kõige liikuvamad alates päikeseloojangust kuni keskööni. Nende jälgimiseks on sobilik kasutada punase filtriga taskulampi, sest sipelgad punast valgust ei erista. Sipelgate jälgimise hõlbustamiseks võib panna välja neile meeldivat sööta, näiteks mett, suhkrut, vees konserveeritud tuunikala jms.

Kõige efektiivsem ja ka humaansem on sipelgapesa teise kohta viia. Selle võib lükata vineerplaadile või tõsta kotti ja viia majast eemale vähemalt 500 meetri kaugusele. Pesa tuleb kindlasti üles kaevata nii, et kõik emad ja varuisendid oleksid leitud. Väljakaevatud pesakohta töödeldakse insektitsiididega. Kui väljaspool hoonet avastatud sipelgapesa ei saa teisaldada, tuleb seda töödelda insektitsiididega. Pesade töötlemiseks sobivad järgmisi insektitsiide sisaldavad biotsiidid (loetelu pole lõplik):

- permetriin (näiteks pulber Bros sipelgate tõrjeks ja sipelgaerosool RAID),
- karbarüül,
- bifentriin,
- tsüflutriin,
- atsetaat,
- alfa-tsüpermetriin (näiteks Fastac),
- propoksuur.

Kõige sobivamad on vedelad biotsiidid. Vedela biotsiidiga tuleb pesa korralikult läbi leotada, suurte pesade jaoks võib kuluda mitu liitrit lahust. Töödeldud pesa tuleks jälgida ning sipelgate elutegevuse taastudes töötlust korrata. Pesa võib töödelda ka tahke või aerosooli kujul esineva insektitsiidiga.

Kui hoonest väljas asuvat sipelgapesa ei õnnestu leida, tuleb sipelgatele majja sissepääsu takistamiseks kasutada insektitsiidiriba ümber maja. Selleks töödeldakse 0,5–1 meetri laiune riba ümber kogu hoone ning vundament. Selline kaitse on ajutine ja insektitsiidiriba vajab pidevat uuendamist. Töödelda võib nii tahkete

insektitsiididega (nn sipelgapulber) kui ka vedelate või aerosooli kujul esinevate insektitsiididega.

Insektitsiidiriba tegemiseks sobivad järgmisi insektitsiide sisaldavad biotsiidid (loetelu pole lõplik):

- permetriin (näiteks pulber Bros sipelgate tõrjeks),
- bifentriin,
- karbarüül,
- tsüflutriin,
- deltametriin (sipelgapulber RAID ja sipelgaaerosool Biolit Plus),
- lambda-tsühalotriin (Karate Zeon),
- α -küpermetriin (Sipelgapulber Detia).

Hoones asuvate sipelgapesade töötlemiseks on esmalt vaja avastada pesa asukoht. Kuna sageli peituvad pesad ehitustarindite varjatud osades, võib vajadusel puurida väikesed augud (diameetriga 3–5 mm) ning läbi nende töödelda pesa insektitsiididega. Kõige sobivam on pesa töötlemiseks kasutada pulbri kujul esinevat mürki, mis sisaldab deltametriini, permetriini, bendiokarbi või boorhapet. Pulbriliste insektitsiidide kasutamiseks on olemas vastavad seadmed, nende puudumisel võib panna pulbri toruga varustatud plastpudelis ja selle abil kanda pulber läbi aukude pessa. Pulbrilisi insektitsiide kasutatakse ainult kuivades tingimustes. Kui ehitustarind on niiske, tuleb kasutada vedelaid või aerosooli kujul esinevaid insektitsiide.

Kui pesa asukohta hoones ei õnnestu tuvastada, on ainukeseks lahenduseks mürksöötade kasutamine. Mürksööt koosneb sipelgatele sobivast toiduainest, mida on töödeldud vastavate insektitsiididega. Töölised toituvad mürgitatud söödast ja toimetavad selle ka pessa. Mürksöödad toimivad küllaltki aeglaselt, kogu pesa hävitamiseks nendega võib kuluda mitu kuud. Mürksööt tuleb valida selline, mis kindlasti oleks määratud just sipelgate hävitamiseks. Mürksöötades kasutatakse järgmisi insektitsiide (loetelu pole lõplik):

- abamektiin, ka avermektiin,
- fiproniil (sipelga söödatoos Combat, sipelga söödageel Combat, sipelga söödageel Dohlox, söödageel Goliath Gel),
- sulfuramiid (N-etüülperfluorooktanesulfonamiid),
- dinaatriumoktaboraat,
- ortoboorhape,
- hüdrametülnoon (sipelga söödatoos Combat).

Propoksuuri sisaldavad mürksöödad ei ole kuigi efektiivsed, sest see mürk toimib liiga kiiresti.

Söödad esinevad tahkel või vedelal kujul ning on tavaliselt paigutatud vastavatesse toosidesse. Head on korduvkasutatavad toosid, kus vajaduse korral kuiva-

nud või ära söödud sööta saab lihtsalt asendada. Toosidesse tasub panna paar erinevat söödavarianti, kuna erinevatel sipelgaliikidel on toidu suhtes kindlad eelistused. Seejärel jälgida, millist toitu sipelgad kõige enam söövad. Geeljad mürksöödad on pakendatud tuubidesse ning neid on võimalik kasutada ka raskesti ligipääsetavates kohtades nagu lõhed ja praod. Geeljas mürksööt asetatakse samuti kohtadesse, kus on nähtud sipelgate liikumist, sipelgaradade kõrvale, pesa lähedusse (2–3 mm läbimõõduga täpid või 0,5–1 cm pikkused triibud). Otseses päikesevalguses kaotavad mürksöödad oma mõju.

Mürksöötade efektiivsuse suurendamiseks on oluline enne töötlemist puhastada ruumid võimalikest muudest sipelgate toiduallikatest. Kindlasti ei tohi söötadega samaaegselt kasutada insektitsiide muul kujul, näiteks töödelda ruume vedelate mürkidega või aerosoolidega. Mürksöötade kasutamine on kõige efektiivsem varakevadel, kui sipelgakolooniad alustavad suurenemist.

Söödatoosid paigutatakse hoones sipelgate käiguradadele, toidukappide, külmutuskapi, veekraanide ja -torude lähedusse. Keskmiselt arvestatakse 1–2 toidumajakest 10 m² pinna kohta. Toidumajakeste kaugus üksteisest on 3–4 m. Mürksöötasid saab edukalt kasutada ka õues asuvate pesade hävitamiseks. Õues tuleb söödatoosid asetada sipelgapesa lähedusse nii, et vihm neile peale ei sajak.

Puidumesilaste tõrje

Kui tõrje on hädavajalik, töödeldakse putukate käikude avausi tolmu või aerosooli kujul olevate insektitsiididega ning pärast 24-tunnist ootamist suletakse augud puidupunnidega. Töötlemine tehakse õhtul, kui mesilased on oma käikudes. Sobivad on mürgid, mis sisaldavad järgmisi insektitsiide (loetelu pole lõplik):

- booriühendid,
- bendiokarb,
- karbarüül,
- tsüflutiin,
- tsüpermetriin,
- permetriin.

KIRJANDUST

- Child, R. 2007. Insect Damage as a function of climate. – *Museum Microclimates*. Eds. T. Padfield and K. Borchersen. National Museum of Denmark, 57–60.
- Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 75–97, 164–172, 191–202.

Management of Wood-Destroying Pests. Editor: Carolyn J. Randall. Michigan State University. <http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/E2047.html>

Martin, M. 2007. Puukoi ehk toonessepp närib puitu ja tekitab ebausku. – *Eesti Loodus*, 12, 44–46.

Martin, M. 2003. *Kutsumata külalised*. Tallinn: Maalehe Raamat.

Pilt, K. 2010. Seened ja mardikad puidu kallal. – *TM Kodu ja Ehitus*, 1, 53–55.

Pinniger, D., Child, R. 1996. Woodworm – a necessary case for treatment? New techniques for the detection and control of furniture beetle. – *Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests*. Ed. K. B. Wildey, 353–359.

Ridout, B. 2000. *Timber decay in buildings: the conservation approach to treatment*. London: E& FN Spon.

Unger, A., Schniewind, A., Unger, W. 2001. *Conservation of wood artifacts: a handbook*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Wood-destroying Pest Management. University of Missouri. <http://extension.missouri.edu/explorepdf/manuals/m00096.pdf>

6. Biokihid hoonetel

Lugenud läbi selle peatüki,

- *tead, millised on hoonetel esinevad biokihid;*
- *tead, mis organismid osalevad biokihtide moodustamisel;*
- *tead, milliseid kahjustusi hoonetele võivad biokihid tekitada;*
- *tead, kuidas ennetada biokihtide teket hoonetel;*
- *tead, milliseid meetodeid saab kasutada biokihtide tõrjel.*

Paljud organismid, eriti mikroorganismid, armastavad elada tahketele pindadele kinnitunult. Tihti leiame hoonetelt erineva värvuse ja pinnastruktuuriga laike, koorikuid ja kihte. Laigud on tavaliselt väga ebaühtlased. Ennekõike esinevad nad seal, kus materjal on niiskunud või kuhu vesi on otseselt peale jooksnud. Seetõttu on näiteks hoonetel enam kahjustunud vundamendid ja seinte alumised osad, mis on niiskemad (foto 47). Lekkivad vihmaveetorud on samuti sageli sobivaks niiskuseallikaks biokihtide tekkele.

Ühest küljest rikuvad need hoonete ja muude objektide välisilmet, teisest küljest võib olla ka tegemist küllaltki oluliste hoonet kahjustada võivate protsessidega. Enamasti kombineeruvad sellist liiki kahjustuste korral nii keemilised kui ka bioloogilised kahjustusprotsessid.

Seda tüüpi kahjustused on iseloomulikud kivimaterjalidele. Sõltuvalt niiskustingimustest võivad need tekkida aga ka puidule, värvitud pindadele ja süntee-tilistele materjalidele. Puithoonetel esinevad samblikud ja väga niisketes tingimustes ka vetikakihid.



Foto 47.
Niiskunud seinale
iseloomulikud
biokihid.

6.1. Biokihte tekitavad organismid

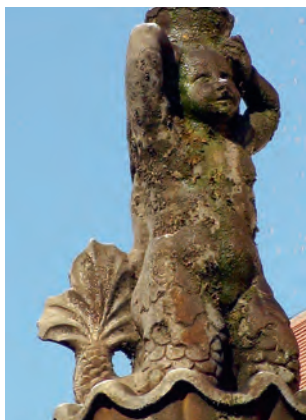


Foto 48. Biokihtidega kaetud purskkaev.

Organismidest on selliste kahjustuste korral tavalisemad osalised mitmesugused bakterid, tsüanobakterid, aktinomütseedid, mikroseedid, vetikad ja samblikud. Rohelised ja punakasrohelised biokihiid on tingitud fotoautotroofsetest mikroorganismidest, nagu tsüanobakterid ja vetikad, ning sageli ka samblikest. Punased või roosad biokihiid on enamjaolt tekitanud teatud vetikad ja heterotroofsed bakterid (Plant biology 2008: 195–196). Vetikad ja tsüanobakterid moodustavad aluspinnale paatina või erineva suuruse, paksuse, konsistentsi ja värviga laiike (foto 48). Hästi valgustatud ja suhteliselt kuivades tingimustes on paatina õhuke, tugev, mõnikord roheline, sageli ka hall või must (foto 49). Vähese valgustusega hästi niisketes tingimustes, nagu näiteks käikude,

keldrite ja koobaste seintel, on vetikate kiht paks, želatiinjas ja erinevat värvi (roheline, kollane, oranž, violetne, punane).

Must, paks ja kleepuv kiht koosneb peaaesjalikult tsüanobakteritest (foto 50). Rohelise värvusega kiht viitab rohevetikate ülekaalule.

Bakterid on mikroskoopilised, üherakulised, eeltuumsed (prokarüootsed) organismid. Bakterid on nii väikesed, et palja silmaga neid ei näe. Neid esineb kõikjal üsna suurel hulgal. Bakterid toituvad osmootselt. Nad omastavad väliskeskkonnast vees lahustunud toitaineid kogu raku pinnaga ja eritavad rakust välja ainevahetuse jääkprodukte. Bakterite hulgas on nii hetero- kui ka auto-



Foto 49. Vetikate kiht seinal.

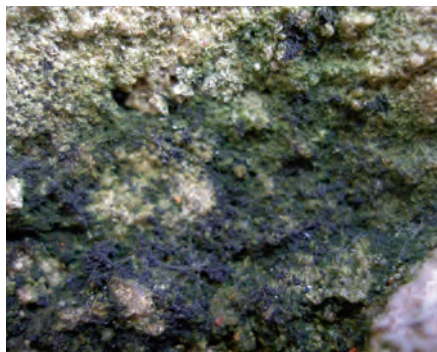


Foto 50. Tume ja kleepuv kiht koosneb peamiselt tsüanobakteritest.

troofseid organisme. Baktereid leidub kõikjal, kuid aktiivselt kasvavad nad seal, kus on vett. Temperatuur ei ole seejuures eriti oluline, kuid loomulikult eelistab enamik bakteritest soojemat kliimat. Samas taluvad nad aastate kestel täielikku kuivust ja sobivate keskkonnatingimuste taastudes hakkavad edasi kasvama. Autotroofsed bakterid kahjustavad enam anorgaanilisi ja heterotroofsed bakterid jällegi orgaanilisi materjale.

Tsüanobakterid on bakterid, kelle rakud sisaldavad klorofüll, järelikult on tegemist autotroofsete organismidega. Neil on ühiseid jooni nii bakterite (raku ehitus, biokeemiline koostis) kui ka vetikatega (fotosünteesivõime). Tsüanobakterite kasvuks ja arenemiseks hädavajalikud keskkonnatingimused on valgus ja niiskus. Samal ajal on nad vastupidavad läbikuivamise ja veestressi suhtes, suudavad kasvada valguse väikse intensiivsuse juures, taluda ka valguse tugevat intensiivsust ja kõrget temperatuuri. Tsüanobakterid on hoonetel üsna levinud organismid.

Hoonetel puuduvad tsüanobakterid maapinna lähedal, esinevad aga kõrgemal, kuhu paistab piisavalt valgust. Seintel kasvades kutsuvad nad esile värviliste laikude (rohelist, pruunide, sinakasrohelist) ilmumise, samuti võib värv või krohvikihht seinalt ära pudeneda. Niitjate tsüanobakterite niidid moodustavad tugeva, kivile kinnitunud võrgustiku. Kuivamisel kokku tõmbudes avaldab see kivile kinnituskohdades suurt pinget. Selle tulemusena võib kivimaterjali pind puruneda. Tsüanobakterite biokiled on biotsiidide toimele vastupidavamad võrreldes roheliste vetikakihtidega.

Aktinomütseedid moodustavad sarnaselt tsüanobakteritega iseseisva rühma bakterite hulgas. Samas on neil mitmeid sarnaseid jooni seentega – keha ehk mütseel moodustub kiirjalt hargnenud üherakulistest niitidest (hüüfidest). Aktinomütsetide hüüfid on seenehüüfidest läbimõõdult väiksemad (0,5 kuni 0,8 µm). Aktinomütseedid on väga tavalised müüridel, tellistel, krohvipindadel ja freskodel. Üldjuhul esinevad nad väga niisketes tingimustes ja pinnasega kontaktis olevatel materjalidel. Intensiivse kasvu korral on seintel näha valkjast või hallikas mütseel. Välisel vaatlusel sarnanevad aktinomütseedid hallitusseentega. Nad on äratuntavad iseloomuliku pinnaselõhna järgi. Nende kasv ei ole küll nii ulatuslik kui bakteritel või hallitusseentel, kuid nad on vähetundlikud erinevate keemiliste ja füüsikaliste desinfitseerimismeetodite suhtes.

Vetikad on päristuumsed, fotosünteesivad, ühe- või mitmerakulised organismid. Nad on autotroofid, kes on võimelised sünteesima orgaanilist ainet anorgaanilisest, kasutades energiaallikana päikese kiirgust. Olulised keskkonnatingimused vetikate kasvuks on valguse intensiivsus, niiskus, temperatuur ja pH. Elutegevuseks vajavad nad kõrget õhuniiskust (RH 100%). Vetikad on hoonete ja monumentide väliskeskkonnas asuvatel pindadel tekkiva biokile ühed



Foto 51. Vetikalaik seinal.

toimet. Vetikatest biokile muudab märgudes ja kuivades oluliselt ruumala ning lõhub sellega materjale. Talvel akumulunud vesi külmub, lõhkudes jällegi kive. Kuna kivid on kaetud hügrokoopse biokilega, takistab see vee liikumist ning põhjustab kivi lagunemist (soolade lahustumine ja rekristalliseerumine). Vetikad kahjustavad kivimaterjale ka hingamisel eralduva süsihappegaasi ning hapete ja kelaate moodustavate ühendite eraldamisega. Hoonetel ja monumentidel moodustavad vetikad suuri laike, mis rikuvad hoone välimust, aitavad kaasa kivimaterjalide lagunemisele ning loovad soodsad tingimused kõrgemate taimede kasvuks (foto 51).

Seentest on juttu peatükis neli.

Samblikud on seente ja vetikate või tsüanobakterite komposiitorganismid, kes kuuluvad seeneriiki. Samblikku moodustavat seent nimetatakse mükobiondiks ja vetikat või tsüanobakterit fotobiondiks. Viimane nimetus tuleneb nende organismide fotosünteesivõimest. Üldiselt on samblikus selgeks dominandiks seen. Mükobiont varustab fotobionti vajalike mineraalainetega ja saab vastu orgaanilisi ühendeid ning tsüanobakteri olemasolul ka lämmastikku, samuti kaitseb ta fotobionti kuivamise ja liigse valguse eest.

Vähenõudlike organismidena elutsevad samblikud küllaltki äärmuslikes tingimustes. Sellistes kasvutingimustes ellujäämiseks on samblikel välja kujunenud eriline kohastumus – võime läbi kuivada ja säilitada seejuures eluvõime. Hoonetel ennekõike kasvavad kooriksamblikud moodustavad siledaid, pulber-

olulisemad osalised. Suhteliselt kuivemates tingimustes võivad vetikate biokiled olla rohekad, hallikad või mustad ning niiskemates oludes rohelised, kollased, punased või violetsed.

Vetikad on sageli koos tsüanobakteritega hoonete esimeste koloniseerijate hulgas, sest nad vajavad kasvuks vaid vett, valgust ja vähesel määral anorgaanilisi aineid.

Maismaal elavad vetikad eritavad hügrokoopseid ekstratsellulaarseid polümeerseid ühendeid, mis talitlevad veereservuaarina, et kindlustada vetikatele elutegevuseks vajalik veekogus. See suurendab oluliselt biomassi hoitud veehulka ning avaldab ehitusmaterjalidele kahjustavat

jaid või kõbrulisi koorikuid, mida on materjalilt võimatu tervikuna eemaldada. Kividel kasvavad samblikud võivad olla epiliitsed või endoliitsed. Epiliitsete samblike tallus kasvab kivi pinnal. Endoliitsete samblike tallus kasvab kivide mõnemillimeetrises pindmises kihis. Endoliitsed samblikud on näiteks kirmesamblikud.

Tsüanobakterid ja samblikud on olulised pioneerliigid, kes koloniseerivad nii looduslikke kui ka inimese valmistatud kivimaterjale. Samblikud on hoonete ja monumentide väga olulised kahjustajad (foto 52). Samblikud võivad esialgu olla vähem märgatavad, võrreldes näiteks vetikakihiga hoonel, ning sageli aetakse väikseid samblikukolooniaid segamini mustuse ja üldise määrdumusega. Samblike hüüfid tungivad materjali sisse ning lagundavad seda. Samblike tallused avaldavad kuivas kokku tõmbudes ja niiskes jällegi paisudes substraadile füüsikalist survet, mille tulemusena rebitakse substraadilt lahti mineraalsed osakesed. Risoidid hoiavad lõhedes kõrge niiskuse, mis külmununa lõhub kive mehaaniliselt. Märksa olulisemad on samblike põhjustatud keemilised kahjustused. Mõned samblikuliigid eraldavad orgaanilisi happeid, näiteks oblikhapet, mis lagundavad mineraalseid materjale. Hapete toimel kahjustub kivimaterjalide pind ja suureneb poorsus, see omakorda viib veekahjustuse tugevnemisele.



Foto 52. Samblikud seinal.

6.2. Biokihtide teke ja põhjustatud kahjustused

Mingile tahkele pinnale kinnitunud organismid moodustavad õhukese biokile ehk biofilmi (Gaylarde Morton 1999). Looduses elabki valdav enamik mikroorganismide mitmesugustes biokiledes, sest sinna jäävad toitained ja see soodustab bakterite kasvu. Biokile sisaldab peale mikroorganismide peamiselt vett ja organismide poolt eraldatud ühendeid, näiteks erinevaid biopolümeere. Mikroorganismidest eritunud rakuvälised polümeerid moodustavad veega ühinedes hüdrogeele, nii et tekib limalaadne rakuväline maatriks, milles on lahustunud toitained ja muud ained. Rakuvälise maatriksi moodustavad glükoproteiinid ja erinevad polüsahhariidid. Biokiledes elavad tavaliselt koos erinevad organismid. Lisaks bakteritele, tsüanobakteritele, seentele ja vetikatele võivad seal elada ka üherakulised organismid, näiteks amööbid ja ripsloomad. Biokile kujul on organismid tunduvalt vastupidavamad nii ebasobivate keskkonnategurite



Foto 53. Must koorik kividel.

kahjustusega, mis on väga tüüpiline saastunud linnaõhuga piirkondades. See on kompleksne kahjustus, milles osalevad keemilised (kipsi moodustumine), mehaanilised (tolmu- ja tahmaosakeste sadenemine pinnale) ja bioloogilised protsessid (väävlit oksüdeerivad bakterid) (Nijland Dubelaar *et al.* 2004).

Tsüanobakterid ja seened moodustavad samuti musta värvusega kihte, aga need esinevad hoonel alati vaid niisketes piirkondades. Valdavalt keemilise päritoluga mustad koorikud on aga hoonetel nendes piirkondades, kuhu vesi otseselt peale ei satu. Kivimaterjalide biokahjustused sõltuvad olulisel määral materjali mineraalsest koostisest, reaktsioonist, soolsusest, niiskusesisaldusest, poorsusest ja tekstuurist. Ümbritseva keskkonna tingimustest mängivad olulist osa temperatuur, suhteline õhuniiskus, valgustingimused, saasteained, tuul ja sademed. Viimase aja uurimused (*Interactive* 1995) näitavad, et biokahjustustel on hoonemälestiste lagunemisel seni arvatust olulisem roll. Hoonete lagunemisel osalevad erinevad organismirühmad, kes moodustavad keerulisi ja mitmekesiseid kooslusi. Osaliselt on selle põhjuseks kindlasti asjaolu, et hoonetel ja monumentidel võivad ka ligistikku asetsevates piirkondades olla väga erinevad tingimused. Selle tulemusena on erinevatel materjalidel erinev organismide liigiline koosseis ning kõigub ka nende arvukus. Kivimaterjalide koloniseerimine mikroorganismide poolt on küllalt aeglane protsess, mida mõjutavad keskkonnatingimused, kivimaterjali tüüp ja pinna siledus ning toitainete olemasolu. Organismide toime materjalidele sõltub paljuski sellest, millistes kooslustes nad elavad. Tekkivad kooslused ei ole staatilised, vaid ajas arenevad. Ilmesti on kivide esimeste koloniseerijate hulgas desulfaatijad ja denitritifitseerijad bakterid ning tsüanobakterid. Rohevetikad koloniseerivad ehitusmaterjale küllalt kiiresti, kuid tõrjutakse välja neist ülekasvavate tsüanobakterite poolt, kes taluvad paremini niiskumis-kuivamistsükleid. Heterotroofsed bakterid ja seened on harilikult teisete koloniseerijate hulgas, kasutades esimeste koloniseerijate eraldatud metaboliite, nende jäänuseid ja keskkonnast sattunud toita-

kui ka näiteks nende tõrjeks kasutatavate biotsiidide toime suhtes. Biokile kogub tolmu, pinnaseosakesi, orgaanilisi jääke, spoore jms, see omakorda muudab pinna heterotroofsete mikroorganismide, sammalde ja kõrgemate taimede jaoks sobivamaks ja toitainerikkamaks.

Bioloogilised kahjustused kombineeruvad sageli keemilistega. Kivimaterjalidele võivad tekkida nn mustad koorikud (foto 53). Tegemist on

neid. Mõnikord on täheldatud, et just seened on kivimaterjalide esmaste koloniseerijate hulgas (Urzi, De Leo, Salamone *et al.* 2001). Kui biokile on saavutanud sobiva paksuse, hakkavad seda koloniseerima ränivetikad ja samblad.

Erinevad materjalid on elusorganismide kasvuks erineva sobivusega. Materjalide vastuvõtlikkust biokahjustajatele nimetatakse bioretseptiivsuseks (Guillitte 1995). Kõrge bioretseptiivsusega on

- ajalooline mört,
- käsitsi valmistatud tellised,
- gaseeritud betoon.

Keskmise bioretseptiivsusega on

- lubjakivi,
- tänapäeva mört ja tellised.

Madala bioretseptiivsusega on

- marmor,
- graniit.

Bioretseptiivsus on otseselt seotud materjalide poorsuse ja pinna tekstuuriga, ennekõike mikrolõhede leidumisega. Olulised omadused on veel materjali niiskusesisaldus ja keemiline koostis. Kindlasti tuleb arvestada asjaolu, et kivimaterjalide pinna omadused aja jooksul muutuvad. Mitmesuguste keskkonatingimuste mõjul toimub kivimaterjalide pidev lagunemine ja see muudab omakorda ka nende bioretseptiivsust.

Elusorganismide põhjustatud kivimaterjalide kahjustused on

- mehaanilised,
- keemilised,
- funktsionaalsed (välimuse muutus).

Poorsetes materjalides (näiteks krohv) tungib seente mütseel väga sügavale (kuni 10 mm ja enamgi) ning põhjustab pinnakihtide irdumise. Niisketes tingimustes koloniseerivad tsüanobakterid ja vetikad kivipindu väga kiiresti (mõne nädalaga), moodustades erineva värvusega laiike, mis rikuvad hoonete ja monumentide väljanägemise ning kahjustavad ka materjalide pinda (foto 54).



Foto 54. Tsüanobakterite, vetikate ja samblike koostoime tulemusena lagunenud krohvihiht.

Kivide pinnale moodustuva biokile paksus on kuni 2 mm. Biokile takistab vee liikumist ja aurumist, sest käitub poolläbilaskva membraanina. Niiskuse tase tõuseb ning see võib põhjustada soolakahjustusi. Kahjustuste tekkimisel on olulised biokile aastaajalised muutused. Kui biokile kuivab, tsüanobakterid surevad ning orgaaniline kiht eraldub kivilt. Kuna biokile on tugevasti kivi pealmise pinnaga seotud, tõmbab see lahti ka õhukese kivikihi. Biokiles olev vesi lõhub materjale külmununa. Biokile moodustumine sõltub olulisel määral materjalist ja selle pinna omadustest. Biokile moodustumine algab kõikvõimalikest pinna ebatasasustest, kuhu mikroorganismidel on kergem kinnituda ja kus nad leiavad esialgset varju. Siledatele pindadele, näiteks poleeritud marmorile, on mikroorganismidel märksa raskem kinnituda ja selliste materjalide koloniseerimine võtab kauem aega (katsete alusel pakutakse 6–8 aastat). Krohvid ja muud poorsed pinnad koloniseeritakse juba mõne kuu möödumisel. Mitmel juhul on leitud, et kivimaterjalide töötlemiseks kasutatud epoksü- ja silikoonimmutusvahendid on kiirendanud seente kolonisatsiooni (De Leo, Urzi 2003).

6.3. Biokihtide tõrje

Biokilede ja paatinade teket on võimalik ka ära hoida. Biokihtide kasv hoonetel on valdavalt seotud vee ning kõikvõimalike saasteainete, tolmu ja lindude väljaheidete kogunemisega. Kuna ennekõike on biokihtide ilmumine seotud niiskusega, on nendest hoidumiseks esmatähtis hoone niiskusolukorra muutmine. See võib tähendada vee ärajuhtimissüsteemide parandamist, seintele pritsiva vee kõrvalejuhtimist jmt. Kasutatakse ka kivimüüritise katmist kattekihtidega, mis vähendavad materjali poorsust ja muudavad selle vetthülgavaks. Vetthülgavate kihtide kasutamine on küllaltki keerukas. Kindlasti peab aluspind olema vastav, korralikult puhastatud ja kuivatatud. Tuleb arvestada vee liikumist seintes ja selle aurumise võimalusi. Valesti paigaldatud vetthülgavad kihid hoonel takistavad niiskuse liikumist ja muudavad olukorra hoopiski hullemaks. Vetthülgavatest ainetest on kõige enam kasutatavad metallide stearaadid (näiteks polüoksüalumiiniumstearaat) ja silikoonid⁴.

Ohtlikes tarindiosades ei tohiks kasutada poorseid ja mikrolõhedega materjale, näiteks vanu telliseid, käsitsi raiutud raidkivisid. Oluline on siin arvestada materjali pinna siledust, kuna organismid asuvad ennekõike koloniseerima poorseid ja ebatasase pinnaga materjale. Ühenduskohad peavad olema korralikud, tihedad. Karniisid ja muud pinnad peavad olema kumerad, järsud, et vesi voolaks ära ja ei jääks pidama. Hoone piirkondades, kus on suur oht biokihtide moodustumiseks, tuleks kasutada võimalikult vastupidavaid materjale (rooste-

⁴ Näiteks: Sikagard 702 W-Aquaphob.

vaba teras, graniit). Võib kasutada ka vastavaid biotsiide sisaldavaid krohve ja fassaadivärve.

Oluline on hoone seisundi pidev kontrollimine ja vajalike hooldetööde õigeaegne tegemine. Lõhed, praod ja puuduvad osad hoone tarindis on vaja kohe parandada. Jälgida, et vee ärajuhtimise süsteemid oleksid puhastatud ja töötaksid korralikult. See väldib liigse niiskuse kogunemist. Hoone peab olema võimalikult puhas igasugusest prahist ja saasteainetest. Hoone pindade regulaarne puhastamine on tegelikult kõige kindlamaks viisiks biokihtide tekke ärahoidmiseks. Tähtis on alustada puhastamisega juba siis, kui biokihid ei ole kasvanud väga paksuks.

Autotroofsete organismide tõrjeks on kasutatud objektide mähkimist valgust mitteläbilaskvasse kilesse, sest valguse puudus vähendab nende arvukust ja pidurdab kasvu. Sõltuvalt kahjustavatest organismidest ja kahjustuse ulatusest on pimendamisaeg ulatunud kahest nädalast kahe kuuni (Plant biology 2008: 317). Meetod ei taga aga kõikide vetikate hävitamist, sest osa neist võivad pimedas minna üle heterotroofsele toitumisviisile. Biokilesid ja paatinasid eemaldatakse hoonetelt ja monumentidelt mehaaniliselt, veega pesemisega, veeauruga puhastamise ja biotsiididega töötlemise teel.

Mikroorganisme ja samblikke tuleb kindlasti töödelda siis, kui nad on aktiivses kasvufaasis, see tagab töötluse toimimise. Enamikul juhtudest tähendab see seda, et biokiled peavad enne eemaldamist olema niisked.

Mehaaniline eemaldamine

Mehaanilist eemaldamist kasutatakse kivimaterjalide ja hoonete puhastamiseks. Puhastatakse kas käsitsi, tugevaharjalise pintsli, metallharja, skalpelli, spaatli, kühvli, kraabitsaga. Mehaaniline eemaldamine ei paku harilikult pikaajalist kaitset, kuna tingimused, mis võimaldasid biokahjustajate kasvu, jäävad harilikult endiseks. Samuti jäävad materjalsse sageli alles organismide vegetatiivsete osade tükid või seemned ja eosed, millest uus organism saab hakata kasvama. Organismide täielikuks eemaldamiseks tuleb puhastamist aeg-ajalt korrata. Küllalt suur on oht, et puhastamise käigus kahjustatakse materjalide pinda, eriti kui eemaldatakse biokihte ja paatinasid, mis on aluspinnale tugevasti kinnitunud. Vetikakihtide mehaanilisel eemaldamisel võivad rakud puruneda ja tulemuseks on roheliste, raskesti eemaldatavate laikude teke pinnale.

Pesemine

Kivipindade puhastamine veega on levinud ja efektiivne meetod eemaldamiseks lahustunud soolasid, musti koorikuid ja üldist saastust. Veega pesemist

kasutatakse ka mikroorganismide tekitatud koorikute, kihtide ja laikude eemaldamiseks. Vetikate, samblike ja sammalde eemaldamiseks sobib nõrk survepesu. Tuleb olla ettevaatlik, et seejuures ei vigastataks materjali. Survepesu võib olla keelatud ajalooliste ja konserveeritavate hoonete juures. Enne eemaldamist töödeldakse samblikku aluselise lahusega (näiteks 2–5% ammoniaagilahusega), et samblike tallus porsuks ja muutuks pehmemaks. Pärast puhastamist on vaja pinda töödelda biotsiididega, sest samblikud paljunevad vegetatiivselt ning ainult mehaaniline puhastus võib hoopis nende levikule kaasa aidata (Seaward, Giacobini, Giuliani *et al.* 1989). Ammoniaagilahus on osutunud üldse küllaltki sobivaks selliste biokihtide eemaldamisel, mis koosnevad samblikest, vetikatest, seentest ja sammaldest. Seejuures ei kahjusta ammoniaagilahus ka materjale. Veega töötlemisel on ohuks mikroorganismide ja vetikate kasvuks soodsa keskkonna loomine, kuna pinna märjakstegemine suurendab niiskust. Selle vältimiseks võib olla vaja hiljem materjale biotsiididega töödelda. Sõltuvalt keskkonnatingimustest taastub organismide kasv kuue kuni kaheksa kuu pärast, kui pärast puhastamist pindu biotsiididega ei töödelda.

Auruga puhastamist on kasutatud seente ja vetikate eemaldamiseks.

Töötlemine biotsiididega

Enne biokihtide biotsiididega töötlemist tuleb neid paar tundi varem niisutada veega, et organismid muutuksid aktiivseks. See suurendab märksa töötlemise tõhusust. Biokilede eemaldamisel tuleb biotsiidiga töötlust kindlasti korrata. Pärast töötlemist tuleb biotsiid pinnalt eemaldada kas vee või sobiva pesulahusega. Vajalik võib olla ka täiendav mehaaniline puhastus surnud organismide eemaldamiseks. Biotsiidi võidakse ka mitte eemaldada või katta uuesti biotsiididega selleks, et takistada organismide kasvu edaspidi.

Samblike eemaldamiseks kasutatud biotsiidid on mõnel juhul põhjustanud rohkem kahju kui kasu. Biotsiid tapab küll sambliku, mille pealmine kiht laguneb, materjalisse kinnitunud tugevamad seenehüüfid purunevad talvel, kui neisse kogunenud vesi külmub. Lõpptulemusena paljastub poorne kivipind, mis hakkab kiiresti absorbeerima saasteaineid. Alusmaterjalile tugevasti kinnitunud biokihtide eemaldamiseks kasutatakse kompresse.

Biokihtide eemaldamisel kasutatakse kõige sagedamini selliseid biotsiide nagu vesinikperoksiid ja hüpokloritid (peamiselt naatriumhüpoklorit ning vähemal määral ka kaltsiumi ja liitiumi hüpokloritid). Hüpokloritite biotsiidne toime organismidele ületab vesinikperoksiidi mõju. Häid tulemusi on andnud näiteks töötlemine naatriumhüpokloriti lahusega 15 minuti kestel ja selle järgnenud survepesu. Nimetatud ühendid on kättesaadavad, madala hinnaga ja väikese toksilisusega inimesele ning samuti on neil puhastavad ja valgendavad oma-

dused. Samas on nende efektiivsus küllaltki piiratud ja sõltub suuresti kasutamise viisist. Kui kontsentratsioon ei ole sobiv ja toimeaeg jääb lühikeseks, ei ole mõju märgatav. Kuna vesinikperoksiid on ebastabiilne ühend, lisatakse selle püsivuse suurendamiseks töötlemislahusesse happelisi ühendeid. See muudab aga töötlemislahuse happeliseks, mis omakorda võib kahjustada mõningaid alusmaterjale, näiteks lubjakive. Tugeva oksüdeerijana võib vesinikperoksiid põhjustada värviliste raua- või erinevate orgaaniliste ühendite tekke. Hüpokloriidid võivad samuti oksüdeerida rauaühendeid ja põhjustada seeläbi värviliste laikude ilmumise kivimaterjalidele ning samuti võivad nad osaleda lahustuvate soolade tekkes. Selliste valgendajate nagu kaltsiumhüpoklorit, vesinikperoksiid ja kloramiin kasutamisel tuleb olla ettevaatlik. Nende sage kasutamine võib viia kivimaterjalis lahustuvate soolade moodustumisele, samuti oksüdeeruvad nende toimet värvilisteks ühenditeks kivimaterjalides leiduvad rauaühendid (Warscheid Braams 2000: 357). Töötlemine valgendajatega küll puhastab pinna, kuid ei taga kaitset järgneva koloniseerimise eest.

Praegu on kõige levinumad biotsiidid, millega biokihte töödeldakse, kindlasti kvaternaarsed ammooniumiühendid (Warscheid Braams 2000: 358–359). Nad toimivad erinevatele organismidele, on madala toksilisusega inimese suhtes ja toimivad ka pindaktiivsete puhastusainetena. Sellesse gruppi kuulub palju ühendeid, mis varieeruvad oma toime poolest. Kõige enam kasutatakse alküüldimetüülbensüülammooniumkloriidi, millel on bakteritsiidne, fungitsiidne, algitsiidne ja lihhenitsiidne toime. Eriti efektiivse toimega on kvaternaarse ammooniumiühendite segud tributüülnaoksiidiga või kaaliumortofenüülfenooliga, kuid tinaorgaanilised ühendid on oma suure toksilisuse tõttu keelustatud. Samblike hävitamiseks on kasutatud järgmise koostisega segu: bensalkooniumkloriid (20%), naatriumhüpoklorit (13%), formaldehüüd (5%). Seguga immutatud puuvillariide ribasid hoiti töödeldaval pinnal 16 tundi ning seejärel puhastati materjal harja ja veega. Kvaternaarseid ammooniumiühendeid sisaldavad näiteks Grön-Fri, Biotol Spray, Sambla Septik, Sikagard-715W, Capatox, Borakleen.

Vaseühenditest leiab kõige sagedamini kasutamist vasksulfaat, millel on tugev toime seentele, vetikatele ja samblikele. Vaske sisaldavad biotsiidid (vasketanoolamiin ja vasksulfaat) on osutunud efektiivseks samblike kasvu ärahoidjaks (Warscheid Braams 2000: 360). Vaseühendid tagavad pindade pikaajalise kaitse, kuid samal ajal jätavad nad materjalile plekke. Vaskribasid on pikemaajalise kaitse tagamiseks kasutatud hoone ülemistes osades, kust vihmavee mõjul mürgised vaseühendid valguvad hoone alumistele osadele ja kaitsevad sel teel hoonet taimede eest. Arusaadavalt on raske saavutada vaseühendite ühtlast jaotust, sageli kaasnevad sellega roheline vaskkarbonaadi laigud hoonel ning mõnikord võivad vaseühendid lubjakivil moodustada vett mitteläbilaskva katte, millega

kaasnevad soolakahjustused ja kivi pinnakihi lagunemine. Anorgaanilistest ühenditest leiavad kasutamist ka ammooniumsulfamaat ja mitmed booriühendid. Naatriumtetraboraati kasutatakse monumentide puhastamiseks vetikatest, samblikest ja sammaldest. Toime on aeglane, kuid püsib aastaid. Dinaatrium-oktaboraati kasutatakse koos tsingiühenditega ning materjali pinnale moodustub biotsiidne tsinkboraat. Pärast puhastamist soovitatakse pinda korduvalt pesta, et ei tekiks lahustuvate soolade moodustumise oht, kuna boraadid võivad moodustada kivimaterjalis lahustuvaid soolasid (*Plant biology* 2008: 332). Booriühenditel põhinevatest biotsiididest on tuntud näiteks Boracol 10-2Bd.

Tinaühenditest kasutati varem laialdaselt tri-n-butüültinaoksiidi, mis toimib nii bakteritele, seentele, vetikatele kui ka samblikele. Toksilisuse tõttu on tema kasutamisest üha enam maid loobumas. Märksa vähem toksiline tri-n-butüültinanaftenaat on aga laialdaselt kasutuses. Sageli segatakse seda kvaternaarse ammooniumsooladega suurema toime saavutamiseks. Tegemist on biotsiidiga, mis tagab ka kivipinna edasise kaitse vähemalt mõne aasta kestel.

Püridiiniühend 2,3,5,6 – tetrakloro-4-met-sulfonüülpürodiin omab bakteritsiidset, fungitsiidset, algitsiidset ja lihhenitsiidset toimet. Vetikakihte on selle ühendiga töödeldud pärast kvaternaarse ammooniumiühenditega pinna puhastamist, et anda pinnale kestav kaitse (kuni 5 aastat) vetikate vastu (Pietrini Ricci *et al.* 1999). Biokihtide tõrjes on edukalt kasutatud ka mitmeid karbamaadi derivaate – fluometurooni, monurooni, diurooni ja klorobroomurooni.

Biotsiidide lahused kantakse töödeldavale pinnale pritsi, rulli, pintsi või pesukäsna. Tulemust võib näha juba mõne päeva möödudes, kui kihtide värvus on muutunud ning seda saab eemaldada harja abil. Tugevamalt alusmaterjalile kinnitunud biokihtide eemaldamiseks on kasutatud järgmist meetodit. Biokiht kaetakse puuvillase riidega ja seda niisutatakse lahusega pidevalt 16 tunni kestel, seejärel eemaldatakse biokiht mehaaniliselt ja pestakse pind veega. Kasutatakse järgmisi lahuseid: bensalkooniumkloriidi 20% lahus vees, naatriumhüpokloriti 16% lahus või formaldehüüdi 5% lahus.

Vetikakihtide hävitamiseks kivilt ja värvimata krohvisentelt on kasutatud ka ultraviolettkiirgust. Edukad on olnud katsed, kus kasutati madalrõhulampe (Phillips TUV G36T UV-C long life) pinnast 25 cm kaugusel, kolme tsükli kaupa, iga tsükkel kestis 10 tundi (Bartolini Pietrini *et al.* 1999). Kindlasti tuleb arvestada UV-kiirguse kahjulikku mõju orgaanilistele materjalidele ja värvi-dele.

Katuste puhastamine

Katuselt harjatakse maha sinna kogunenud lehed, okkad ja muu praht ning puhastatakse vihmaveesüsteemid ja lumetõkked. Katust võib puhastada ka sur-

vepesuga, kuid üle 50-baarine rõhk hakkab katusekatet kahjustama. Kui katus on määrdunud ja sinna on kasvanud samblikud ja samblad, siis tuleb seda pesta pehme harja ja voolava veega (foto 55). Pesemiseks on kõige sobilikumad neutraalsed pesuained, näiteks autošampoon. Pesuaine jäägid tuleb hoolikalt maha pesta. Kui katus on kaua olnud hooldamata või on samblast raske lahti saada, siis võib kasutada samblatõrjevahendeid, näiteks Gön-Fri, Sambla Septik.



Foto 55. Puhastamist vajav katus.

KIRJANDUST

- Bartolini, M., Pietrini, A. M., Ricci, S. 1999. Use of UVC irradiation on artistic stoneworks for control of algae and Cyanobacteria. – *An International Conference on Microbiology and Conservation (ICMC'99), Of Microbes and Art. The role of Microbial Communities in the Degradation and Protection of Cultural Heritage*, Florence, 221–227.
- Crispim, C., Gaylarde, C. 2005. Cyanobacteria and Biodeterioration of Cultural Heritage: A Review. – *Microbial Ecology*, 49, 1, 1–9.
- De Leo, F., Urzì, C. 2003. *Fungal colonization on treated and untreated stone surfaces*. – Sainz-Jimenez, C. (ed.), *Molecular Biology and Cultural Heritage*. Lisse, Abington, Exton (PA), Tokio: A. A. Balkema Publishers.
- Gaylarde, C., Morton, L. 1999. Deteriogenic Biofilms on Buildings and their Control: a Review. – *Biofouling*, 14 (1), 59–74.
- Guilliette, O. 1995. Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. – *The Science of Total Environment*, 167, 215–220.
- Interactive physical weathering and bioreceptivity study of building stones, monitored by Computerized X-Ray Tomography (CT) as a potential non-destructive research tool*. 1995. Protection and Conservation of the European Cultural Heritage. Research Report n° 2.

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 43–48, 64–74, 130–136.

Macedo, M., Miller, A., Dionísio, A., Saiz-Jimenez, C. 2009. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. – *Microbiology*, 155, 3476–3490.

Nijland, T., Dubelaar, C., Van Hees, R., Linden, T. 2004. Blackweathering of Bentheimand Obernkirchen sandstone. – Kwiatkowski, D., Löfvendahl, R. (eds.), *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Stockholm:1:27–34.

Pietrini A. M., Ricci S., Bartolini M., 1999. Long-Term evaluation of biocide efficacy on algal growth. – *Microbiology and Conservation of Microbes and Art (ICMC '99), Proceedings Of the International Conference*, Firenze, 238–245.

Plant biology for Cultural heritage: Biodeterioration and Conservation. 2008. Ed by Caneva, G., Nugari, M., Salvadori, O. Los Angeles: The getty Conservation Institute.

Seaward, M. 2003. Lichens, agents of monumental destruction. – *Microbiology Today*, 30, 110–112. http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/080303.pdf

Seaward, M., Giacobini, C., Giuliani, M., Roccardi, A. 1989. The role of lichens in the biodeterioration processes. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 25, 49–55.

Urzi, C., De Leo, F., Salamone, P., Criseo, G. 2001. Airborne fungal spores colonising marbles exposed in the terrace of Messina Museum, Sicily. – *Aerobiologia*, 17:11–17.

Warscheid, Th., Braams, J. 2000. Biodeterioration of stone: a review. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 46, 4, 343–368.

7. Taimed hoonete kahjustajadena

Lugenud läbi selle peatüki,

- tead, millised taimed võivad hooneid kahjustada;
- tead, milliseid kahjustusi võivad taimed põhjustada;
- tead, kuidas tõrjuda taimede tekitatud kahjustusi.

7.1. Taimede põhjustatud kahjustused

Taimeriiki kuuluvad hulkraksed päristuumsed fotosünteesivad organismid, kes on kohastunud eluks maismaal. Taimede rakud on kaetud tselluloosist rakukestaga. Kõrgemad taimed jaotatakse ehituse ja elutsükli alusel kahte suurde rühma: samblad ja soontaimed. Soontaimed omakorda jaotuvad sõnajalgtaimedeks, paljasseemnetaimedeks ja katteseemnetaimedeks ehk õistaimedeks.

Suurem osa taimi on autotroofid, nad toituvad üksnes anorgaanilistest ainetest. Fotosünteesiprotsessis kasutatav süsihappegaas on taimede süsinikuallikaks ning energiat saavad nad valguskiirgusest.

Taimed kasvavad hoonetel ja arheoloogilistel objektidel, kus on piisavalt pinnast ning sobivad keskkonnatingimused (foto 56). Taimede kasvuks ja arenguks on vajalikud niiskus, valgus ning alusmaterjali piisav poorsus. Viimane on oluline, et säilitada küllaldast niiskusetaset ning hõlbustada risoidide ja juurte sissetungimist. Kahjustusmehhanismid on kompleksed, hõlmates nii mehaanilisi kui ka keemilisi protsesse. Taimede juured avaldavad ümbritsevale materjalile suurt rõhku (kuni 15 atmosfääri) ja tekitavad seeläbi materjalidele mehaanilisi



Foto 56. Ajaloolise hoone ümbrus on hooldamata.



Foto 57. Kivimüüril kasvavad taimed.

kahjustusi. Üldjuhul tungivad taimejuured hoone väiksema vastupanuga osadesse, näiteks kivide või telliste vahelisse mörti või krohvi ning külmumislõhedesse (foto 57). Juured avaldavad kasvusubstraadile ka keemilist toimet.

Halba võivad teha ka majale liiga lähedale istutatud ilutaimed. Eriti ohtlik on jasmiin, kelle võimsad juured tungivad ka vundamendi alla. Vundamendile ohtlikud on veel tamme, pärna, saare ja kastani juured. Need tõstavad üles nii vundamendi kui asfaldi.

Mõni taim, näiteks luuderohi, eraldab kasvusubstraati värvilisi orgaanilisi ühendeid, muutes sellega heledate kivipindade värvust. Taimed muudavad ka hoone mikrokliimat, nad tõstavad niiskusesisaldust, vähendavad päikese kiirguse hulka, tuule ja saasteainete mõju. Hoonel kasvavad ronitaimed kahjustavad hoonet oma kinnitusorganitega, samuti on nad sobivaks elukohaks putukatele, lindudele ja närilistele. Mööda hoone seinal kasvavaid taimi võivad närilised üles ronida ja leida sobivaid sissetungikohti. Hoone vaatlus ja korras-hoid on raskendatud. Hoonele kogunevad taimeosad on mikroorganismidele ja teistele taimedele sobiv kasvupinnas (foto 58).

Kui hoone ligiduses kasvavaid taimi kastetakse või niisutatakse, võib see tekitada probleeme nii vundamentide kui ka seinte niiskumisega. Hoone seina ääres kasvav taimestik võib katta tuulutused ja põhjustada sellega täiendavalt hoone niiskuse- ja režiimis ebasoovitavaid muutusi. Hoone ligiduses kasvavad puud võivad kujutada ka vahetut ohtu, näiteks tormide või tugeva tuule



Foto 58. Tihe taimestik kahjustab hoonet.

ajal. Puid võivad sissetungiks hoonesse kasutada ka inimesed. Hoone ligiduses kasvavate puude juured võivad tungida hooneni ning põhjustada kahjustusi drenaažisüsteemis, veevarustuses ja loomulikult ka vundamendis.

Hoone lõunaküljes võivad taimed olla ka kasulikud, kaitstes materjale päikese UV-kiirguse eest ning takistades seinte ülekuumenemist (suveperioodil).

Taimedest on samblad ehk sammaltaimed ühed esimestest hoonete ja monumentide koloniseerijatest. Samblad on suhteliselt vähenõudlikud, enamasti niiskemate või ajuti niiskete kasvukohade taimed. Nad hakkavad kasvama siis, kui pindadele on tekkinud piisavalt paks huumusekiht. Sammalde risoidid võivad tungida kivimaterjalides, näiteks ajaloolistes tellistes, mitme sentimeetri sügavusele. Lubjakivides on leitud sammalde (näiteks *Tortura muralis*) risoide kuni 5 mm sügavusel. Kuna sambalad on märksa suuremad taimed kui samblikud, seovad nad efektiivsemalt tolmu ja kõikvõimalikke saasteaineid ning osalevad seega suuremal määral sobiva kasvupinnase tekitamisel (foto 59). Samblad kasvavad tipust ja samal ajal kõdunevad altpoolt. Kõdunevate samblaosade arvel moodustub juurde huumust. Sel moel aitavad samblad ette valmistada pinnast teistele taimedele.



Foto 59. Samblad betoontrepil.

7.2. Taimede tõrje hoonetel

Taimestik võib moodustada hoonete loomuliku koostisosa, väljendades sellega looduse ja inimese seoseid ning ühendades inimese loodud hooned loodusega (foto 60).



Foto 60. Mätaskatusega maja väljendab inimese seoseid loodusega.

Hoonetel ja monumentidel elavad organismid muudavad oluliselt nende väljanägemist. Kuigi sageli loetakse selliseid funktsionaalseid muutusi ainult väljanägemise seisukohalt tähtsaks, võib tegemist olla olulise biokahjustusega. Üldjuhul eelistatakse tänapäeval organismide (ronitaimed, samblikud, samblad jms) eemaldamist hoonetelt ja monumentidelt, lähtudes asjaolust, et nad põhjustavad kivimaterjalide kahjustusi (Kumar, Kumar 1999: 11).

Taimede tõrje seisukohalt kõige olulisem on hoonete ja monumentide korrapärane hooldus ja puhastamine. Lõhed, praod ja puuduvad osad hoone tarindis on vaja kohe parandada. Jälgida, et vee ärajuhtimise süsteemid oleksid puhastatud ja töötaksid korralikult. See väldib liigse niiskuse kogunemist, mis on taimede kasvu peamiseks soodustajaks. Hoone peab olema võimalikult puhas prahist ja saasteainetest. Oluline on hoone seisundi pidev kontrollimine ja vajalike hooldetööde õigeaegne tegemine. Ronitaimi ei tohiks lasta kasvada hoonele. Taimedele toeks tuleb püstitada eraldi sõrestik. Üldiselt on ka parem, kui ronitaimed ei kasvaks seinale liiga lähedal.



Kui hoonel kasvavad taimed, tuleb need kohe eemaldada ja kasvukoht puhastada, vajadusel parandada lõhed ja muud kahjustused. Taimestik eemaldatakse hoonetelt ja monumentidelt kõige sagedamini mehaaniliselt ja tõrjutakse herbitsiididega. Ronitaimed kinnituvad tugevasti seinale. Kui rebida ära kasvavaid taimi, kahjustab see oluliselt seina pinnakihti (foto 61). Taimede varred tuleks läbi lõigata ja asuda nende eemaldamisele alles paari nädala pärast, kui taim on surnud. Sellisel juhul tulevad taimede varred seina küljest märksa kergemini lahti ja seina pind kahjustub vähem. Kui puu juured on tunginud müüridesse, võib puu eemaldamine põhjustada müüride lagunemise. Kui selline oht tekib, tuleb müürid enne puu eemaldamist kindlustada.

Foto 61. Ronitaimed kinnituvad tugevasti seinale.

Keemiline tõrje

Taimede hävitamiseks kasutatakse ka keemilisi ühendeid – herbitsiide. Herbitsiide kasutatakse samblike, sammalde ja kõrgemate taimede hävitamiseks. Sageli omavad need toimet ka vetikate vastu. Keemiline töötlus võib olla vajalik siis, kui mehaanilisest eemaldamisest ei piisa kogu taime juurestiku hävitamiseks ning allesjäänud osadest kasvavad uued taimed.

Taimede terviklik mehaaniline eraldamine võib olla raskendatud või lausa võimatu ka siis, kui taimede juured on tunginud väga olulisel määral hoonesse ning nende eemaldamine ähvardab lõhkuda müüre. Üldiselt ei soovitata herbitsiide kasutada taimestiku perioodiliseks hävitamiseks hoonetelt. Märksa parem on kasutada nende osalist mehaanilist eemaldamist. See on efektiivne, vähekahjulik inimesele ja loodusele (Caneva Galotta 1994). Herbitsiididega tuleb töödelda siis, kui taimedel on aktiivne kasvuperiood (kevad, suvi ja varasügis), sest sel ajal osutub töötlemine kõige mõjusamaks.

Herbitsiide pritsitakse, süstitakse, nendega tehakse kompressesid ja neid puistatakse laiali graanulitena. Herbitsiidilahuse pritsimisel taimedele või mullale (kui ühend mõjub taimele juurte kaudu) kasutatakse küllaltki lahja biotsiidikontsentratsiooniga vesilahuseid (üldiselt 0,1–1%). See on ka kõige levinum töötlemisviis. Injektsiooni korral süstitakse kanget biotsiidilahust (kontsentratsiooniga 1 : 10) otse taime varde. Seda kasutatakse ainult puittaimedel ja tavaliselt pärast seda, kui taime tüvi on maha lõigatud. Kändu puuritakse augud ja sinna süstitakse sisse biotsiidilahust. Meetodi eeliseks on see, et biotsiid ei satu keskkonda ning töödeldakse üksnes eemaldatavat taime.

Kompressesid kasutatakse samuti ainult puudel. Tahkel kujul olev herbitsiid segatakse mingi kandjaga ja siis asetatakse saadud mass lõigatud puu kännule või juurekalale. Biotsiid toimib ainult lokaalselt, aga võrreldes injektsioonimeetodiga on selle efektiivsus väiksem, sest biotsiid ei tungi nii sügavale taimesse. Herbitsiidi graanuleid võidakse puistata ka laiali pinnasele, kus need vihmavee toimel lahustuvad ja toimeaine vabastavad. Seda tehakse harilikult varakevadel, et takistada seemnete idanemist ja taimede kasvamahakkamist. Toimeaine eraldumine kestab 15–30 päeva sõltuvalt vihmasadudest.

Herbitsiididega töötlemisel peab arvestama võimalikku saastust, mis levib vihmavee kaudu, ohutust inimesele ja kaitsevõime kestust. Hoonetelt, monumentidelt ja arheoloogilistelt mälestistelt on taimestiku eemaldamiseks kasutatud kõige sagedamini karbamiidi derivaate ning di- ja triasiine – fluometuuron (biotsiid Lito 3), monuroon (biotsiidid Telvar, Urox), diuroon (biotsiid Karmex) ja sulfonüüluurea ühendid. Triasiinidest on kasutatavaimad toimeained simasiin ja atrasiin. Neid ja ka teisi triasiine on kasutatud arheoloogilistel objektidel kõrgemate taimede hävitamiseks ning samblike ja sammalde tõrjeks.

Heksatsinoon (sisaldub näiteks biotsiidides Velpar ja DPX 3674) toimib nii otsekontakti kui ka juurte kaudu. Mõjub kõrgematele taimedele ja ka sammaldele. Fosfororgaanilistest ühenditest kasutatakse glüfosaati (herbitsiid Roundup) nii kõrgemate taimede kui ka samblike hävitamiseks, näiteks arheoloogilistel mälestistel. Nikotiinhappe derivaat imasapüür (herbitsiid Arsenal) sobib väga vastupidava taimestiku, näiteks puude ja põõsaste töötlemiseks ning on andnud häid tulemusi ka puude injektsioonidel.

KIRJANDUST

Caneva, G., Galotta, G. 1994. Floristic and structural changes of plant communities of the Domus Aurea (Rome) related to a different weed control. – *Proceedings of the 3rd International Symposium "The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin"*, V. Fassina, H. Off, F. Zezza, (eds.), Venezia, 317–322.

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 71–74, 202–204.

Kumar, R., Kumar, V. A., 1999. *Biodeterioration of Stone in Tropical Environments*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

8. Lindude ja näriliste tekitatud hoonete kahjustused

Lugenud läbi selle peatüki,

- oskad nimetada peamisi biokahjustusi põhjustavaid linde;
- tead, milliseid kahjustusi võivad linnud põhjustada;
- tead, millised on lindude tõrjemeetodid;
- tead peamisi biokahjustusi põhjustavaid närilisi;
- tead, milliseid kahjustusi võivad närilised põhjustada;
- tead, kuidas tõrjuda närilisi.

8.1. Lindude tekitatud kahjustused

Linnud kuuluvad selgroogsete klassi, nende ühistunnuseks on sulgkate ja tiivad. Võimalikke biokahjustusi tekitavad hinnanguliselt sada liiki, kusjuures kahjustada saavad ennekõike väliskeskkonnas asuvad objektid. Eestis on peamisteks kahjustuste põhjustajaks tuvid, kuldnokad, hakid, künnivaresed, hallvaresed, koduvarblased ja kajakad.

Linnud ehitavad pesi ja puhkavad hoonetel, monumentidel ning erinevatel tehnovõrkudel. Nende väljaheited mõjutavad objektide esteetilist väljanägemist (foto 62). Lisaks sisaldavad lindude ekskremendid erinevaid happeid (kusi-, fosfor-, lämmastikhape jt), mis kutsuvad esile puidu, kivi ja metallide keemilisi kahjustusi. Samuti lõhnavad väljaheited ebameeldivalt. Elektriliinidel ja alajaamades võivad lindude väljaheited põhjustada elektrilühiseid. Nõrga vastupidavusega materjalidele on ohtlik ka lindude kõndimine. Lindude elutegevuse



Foto 62. Lindude väljaheited rikuvad nii objektide väljanägemise, kui kahjustavad neid ka keemiliselt.

tulemusena kogunevad objektidele orgaanilised ained, mis on omakorda kasvu-substraadiks mikroorganismidele. Linnud on ka mitmete haigustekitajate (ornitoos, paratüüfus, tuberkuloos) edasikandjaks ning nende suled võivad põhjustada allergiat. Linnud ise ja nende pesad võivad olla putukate (näiteks nahanäklased) elupaigaks, kust nad levivad ka hoonetesse.

8.2. Lindude tõrje

Lindude tõrje algab olukorra hoolika vaatlusega. Vaadeldakse varahommikul, keskpäeval ja õhtul ning selle käigus tehakse kindlaks:

- millised linnuliigid hoonete piirkonnas esinevad,
- kui palju on linde,
- kas linnud elutsevad kohapeal või on juhuslikud läbirändajad,
- kas tegemist on täiskasvanud või noorlindudega,
- kas linnud pesitsevad, toituvad, puhkavad,
- kust saavad linnud süüa ja juua,
- mis meelitab neid hoone juurde,
- kas linnud põhjustavad hoone kahjustusi ja kui, siis milliseid,
- kuhu ärapeletatud linnud suunduksid.

Lindude tõrje organiseerimisel peab kindlasti arvestama kohalike elanike suhtumisega.

Teatud elemendid hoonete juures meelitavad linde ligi. Lamedad karniisid, kõikvõimalikud varjatud nurgatagused, katmata ventilatsioonivad, räästad, ligipääs põõningutele – kõik need loovad lindudele sobivaid elupaiksid. Hoone tuleks üle vaadata ja võimaluse korral sellised lindudele sobivad tingimused likvideerida. Olukorda aitab lindudele ebasobivamaks muuta katkiste akende parandamine, võrkude paigaldamine avade ette, lõhede ja pragude parandamine. Karniiside kalle peaks olema 45 kraadi või rohkem, see takistab lindude pesitsemist.

Objektide kaitsevahendid jagunevad mõju järgi lindudele järgmiselt:

- põhjustavad organismi hukkumise, kui ta kahjustab objekti või satub sellega kokkupuutesse;
- põhjustavad organismi seisundi halvenemise objekti lähedal;
- mõjutavad organismi käitumist, kutsudes esile põgenemisreaktsiooni, püüde objekti vältida (etoloogilised vahendid).

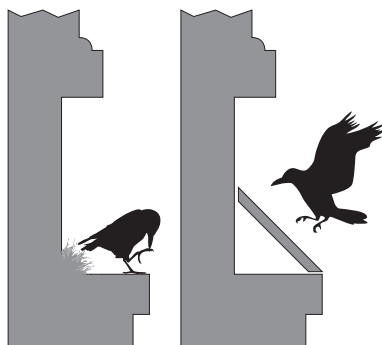
Traditsiooniliselt on peamine lindude tõrje viis nende hävitamine küttimise, mürkide, liimide või lõksude abil. Kui aga ei võeta midagi ette linde kohale meelitavate keskkonnategurite muutmiseks, siis lindude suure lii-



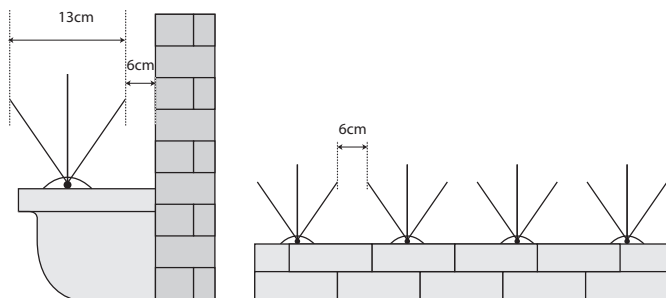
Foto 63. Metallvõrguga takistatakse lindude ligipääsu sobivatele maandumiskohtadele.

kuvuse tõttu pole hävitamisest erilist kasu. Esmane ülesanne on lindude toiduallikate ja pesitsuskohtade elimineerimine. Võimalike toiduallikate eemaldamine tähendab ennekõike korralikku hooldust ja puhtuse tagamist. Sageli tekivad probleemid paikades, kus külastajad mingil põhjusel linde toidavad. Lindude toitmine tuleks lõpetada ning hoolitseda üldise puhtuse eest, et linnud leiaksid võimalikult vähe toitu. Pesitsusvõimaluste piiramine tähendab lindude pööningutele pääsu takistamist, katuste ja vee äravoolusüsteemide nõuetekohast hooldust ning räästaste kinniehitamist. Kõikvõimalikud avad tuleks sulgeda metallvõrguga.

Tänapäeval eelistatakse lindude tõrjeks kasutada mitmesuguseid etoloogilisi meetodeid, mis on odavad, majanduslikult kasulikud, efektiivsed, töökindlad ja ei tapa organisme. Lindude ligipääsu hoonetele ja monumentidele piiratakse võrkudega, nende maandumispikadele asetatakse metallogad või kaetakse pinnad erilise geeliga. Kasutatakse metallvõrke ja üha sagedamini ka mustast polüpropüleenist võrke. Sobivad pesitsuskohad võib katta ka metallist varjete või katetega (foto 63). Nii näiteks on pesitsuseks sobiv karniis võimalik muuta lindudele ebasobivaks, asetades sinna 45-kraadise kaldega metallplekist katte (joonis 13). Teiseks väga levinud meetodiks lindude hoonetele maandumise takistamiseks on metallist



Joonis 13. Kaldus kate muudab lindude maandumise ja pesitsemise võimatuks.



Joonis 14.
Lindude
peletamiseks
kasutatavad
metallokad.

ogade kasutamine (joonis 14). See õigustab ennast küllaltki hästi, probleemiks võib osutuda nende mõju hoone väljanägemisele. Kui hoone välimus on väga oluline, võib kasutada läbipaistvast plastist ogasid. Võrkude ja ogadega kaitstud alasid tuleks iga poole aasta tagant kontrollida, parandada võimalikud vigastused ja eemaldada kogunenud praht.

Liimjad peletussegud kujutavad endast geele või vedelikke, mis koosnevad polübuteenist, isopolübuteenist või petrooleumi naftenõlidest. Enne segude pealekandmist tuleb pinnad puhastada traatharja või survepesuriga ning lasta kuivada. Poorsed pinnad, nagu betoon, värvimata puit, liivakivi, tuleb katta kaitsva kihiga (silikoon, värv, lakk), sest geelid imuvad materjalsisse. Seejärel kaetakse pind geelikihiga, mille paksus on umbes 1 cm. Geelikiht on kleepuv ja linnud tunnevad end seal ebamugavalt. Tegemist ei ole nn linnuliimiga, mille küljest linnud ennast enam lahti ei saa. Linnuliimi kasutatakse lindude otseseks püüdmiseks.

Välja on pakutud ka madalsageduslikul elektrivoolul töötavad peletusseadmed. Traatvõrku juhitakse 2000–3500 V ja 0,5 mA elektrivool sagedusega 2 Hz. See peletab linde eemale, olles inimestele täiesti ohutu. Linde on võimalik eemale peletada ka sobivate visuaalsete või akustiliste signaalidega. Akustilisel peletamisel kasutatakse liigispetsiifilisi hädasignaale või madalsageduslikku müra, mis linde häirib. Akustilised meetodid on peamised lindude tõrjeks lennuväljadel ja põldudel. Visuaalseks hirmutamisevahendiks on kõikvõimalikud lindudele peletavalt mõjuvad kujutised, nagu nende looduslike vaenlaste (pistrikud) maketid, pallid, millel on kujutatud röövlinnu silmi ja mis liiguvad tuules, inimfiguurid, aga ka sensorset diskomforti põhjustavad peegelklaasist kerad ja skaneeriv laserikiir. Kõikvõimalikud lindude peletamise vahendid mõjuvad tavaliselt lühikest aega (paar nädalat kuni paar kuud), seepärast linnud harjuvad nendega ja jätkavad senist käitumist.

Millised linnupeletamismeetodid osutuvad kõige sobivamaks, sõltub konkreetsest olukorrast ja probleeme põhjustavast linnuliigist.

Linde saab mingil määral eemaldada nende püüdmisega ja mujale transportimisega. Selleks kasutatakse spetsiaalseid püüniseid. Linde võib tõrjuda ka keemiliste vahenditega, kuigi seda tehakse võrdlemisi harva. Avitsiididena kasutatakse α -kloraloosi, avitrool-100, 4-aminopüridiini ja tiuraami. Mõnda neist pannakse toidu sisse, teisi puistatakse vedeliku või pulbri kujul laiali. Need ühendid tekitavad krampe, oksendamist, linnud karjuvad ja surevad. Seda nähes põgenevad ka ülejäänud isendid.

Tuvisid, kajakaid ja vareslasi on võimalik peletada pesitsuskohtadest nende munade ja pesade pideva hävitamisega. Samas aga näiteks varblaste ja kuld-nokkade peletamiseks see meetod ei sobi. Pesasid on kõige sobivam hävitada tugevate veejugade abil (tuletõrjemasinad). Kui see pole võimalik, kasutatakse pikkade varraste külge kinnitatud konkse. Pesasid tuleb hävitada alates kevadest iga kahe nädala järel, kuni linnud piirkonnast lahkuvad.

Puidust hooneid võivad kahjustada rähnid. Tegemist on küllaltki haruldase kahjustusega. Eestis pesitseb kaheksa liiki rähne, kuid majade ümbruses võib kohata kõige tavalisemat suur-kirjurähni, harvem ka väike-kirjurähni. Rähnid võivad hoonetel trummeldada oma territooriumi tähistamiseks ja emaste lindude ligimeelitamiseks. Trummeldamine on peamiselt häiriv oma heli tõttu, suuremaid kahjustusi hoonele see ei põhjusta. Puitmajad võivad rähnidele huvi pakkuda toiduotsimise eesmärgil. Metsas otsivad rähnid putukaid just surnud puudest. Samuti võivad nad teha hoone seintesse pesaõõnsusi. Rähnide eemalepeletamiseks tuleb neid pidevalt häirida. Kahjustatud ala tuleks katta kas riide, võrgu või muu pehme materjaliga. Kahjustatud koha ette riputatud fooliumiribad, konservikarbikaaned, CD-plaadid jms aitavad samuti rähne eemale peletada. Rähne võivad meelitada maja ligiduses asuvad surnud puud ja kuivanud oksad puudel. Need tuleks kõik eemaldada.

Lindude väljaheidete koristamine

Hoonete ja muude rajatiste puhastamiseks lindude väljaheidetest kasutatakse mehaanilist puhastust. Puhastamisel on kindlasti vaja kanda isiklikke kaitsevahendeid – respiraatorit, prille, kindaid ja tihedat riietust. Lindude väljaheidetel võivad olla saastunud inimesele ohtlike haigustekitajatega. Enne eemaldamist tuleks väljaheidet kindlasti niisutada, see aitab vältida nende lendumist. Niisutamiseks võib kasutada vett. Hoonest eemaldamiseks pannakse väljaheidet suletavatesse plastkonteineritesse või prügikottidesse. Pindade desinfitseerimiseks ja iseloomuliku lõhna eemaldamiseks võib neid töödelda ammoniaaki või klooriühendeid sisaldavate puhastusainetega. Pärast töö lõppu tuleb kasutatud kaitsevahendid ja riietus hoolikalt pesta.

8.3. Näriliste põhjustatud kahjustused

Närilistest, keda Eestis on 20 liiki, võivad hoonetele tekitada kahjustusi rändrott, kodurott ja koduhiir. Nad kahjustavad käikude tegemisega ehitustarindeid, närivad pesamaterjali hankimiseks riideid, paberit ja muud pehmet materjali. Lisaks pehmetele materjalidele võivad nad vajaduse korral ennast läbi närida ka alumiiniumist ja betoonist. Sageli kahjustavad nad elektrijuhtmeid ja plastmassist veetorusid, põhjustades sellega nii tulekahjusid kui ka veeavariisid. Näriliste löikehammastel ei ole juuri, mistõttu nad kasvavad senikaua, kuni loom elab. Selleks, et hambad liiga pikaks ei kasvaks, peavad närilised pidevalt midagi (soovitavalt kõvemat) närima. Rotid ja hiired on kõigesööjad ja toituvad enam-vähem samadest toiduainetest, millest inimenegi. Närilised saastavad oma karvade ja ekskrementidega vähemalt kolm korda rohkem toitu, kui nad ise söövad.

8.4. Näriliste tõrje

Näriliste tõrje seisukohalt on kõige olulisemad ennetavad meetmed, mis väldivad näriliste ligimeelitamist ja muudavad nende sissetungi hoonetesse keeruliseks. Oluline on ümbritseva keskkonna sanitaarseisundi parandamine. Iga-sugune prügi, praht, pakkematerjalid jms tuleb nii ruumidest kui ka hoonete ümbrusest likvideerida. Mõistlik on kaotada ka veeallikad, et takistada näriliste juurdepääsu joogiveele. Prügikonteinerid peavad olema tihedalt suletavad ja soovitatavalt metallist. Hoonetes on oluline hoida toiduaineid rottidele ja hiirtele kättesaamatult.

Rottide ja hiirte hoonetesse sissepääsu vältimiseks tuleb sulgeda kõik augud ja praod vastupidava materjaliga, näiteks betooni, pleki vms. Tuulutusaugud ja muud avad tuleks katta tugevast traadist võrguga. Kindlasti on vaja kontrollida tehniliste infrastruktuuridega (torustikud, kaablid, elektrijuhtmed jms) seotud avasid. Kuna rotid on osavad ronijad, tuleb üle vaadata ja vajadusel võrkudega katta (kasutada tugevat metallvõrku silmaavaga mitte üle 5 mm) ka ventilatsioonivad ja vihmaveetorud. Närilised võivad mööda vihmaveetorusid üles ronida ja tungida katuse serva alt hoonesse. Kui selline võimalus tundub reaalsena, tuleb ülesronimise tõkestamiseks panna torude otsa metallvõrgud ja torude külge koonilised metallist kraed. Uksed ja aknad peavad olema terved ning tihedasti sulguvad. Võimalikke sissetungikohti tuleb kontrollida, veendumaks, et närilised ei ole neist läbi närinud.

Näriliste tõrjel on kõige levinum ja ka efektiivsem meetod biotsiidide – rodentitsiidide kasutamine. Varem olid kõige levinumad akuutse toimega rodentit-

siidid (tsinkfosfid, naatriumfluoratsetaat, fluoratseetamiid). Kuna tegemist on nii inimesele kui ka teistele loomadele mürgiste ühenditega (LD50 40 mg/kg), millele puudub vastumürk, siis on vanema põlvkonna rotimürkide kasutamisest loobutud.

Kumulatiivse toimega mürgid ehk antikoagulandid põhinevad kumariinil (varfariin, zookumariin) või indationaadil (ratindaan, fentolaktsiin). Olles K-vitamiini antagonistid, takistavad sellised mürgid vere hüübimist. Nad jagatakse esimese ja teise põlvkonna antikoagulantideks. Esimese põlvkonna antikoagulandid on varfariin (LD50 58 mg/kg) ja kumatetralüül (LD50 16,5 mg/kg). Võrreldes järgmise põlvkonna mürkidega on nende toime suhteliselt nõrgem. On ilmunud resistentsed populatsioonid varfariini suhtes. Pidevalt neid mürke seega kasutada ei saa, kuna muutuvad ebaefektiivseks. Esimese põlvkonna antikoagulante kasutatakse suhteliselt vähe. Teise põlvkonna antikoagulandid on bromadioloon (LD50 1,12 mg/kg), mida sisaldavad näiteks rotimürgid 342, Rateks, Detia, Bros Granul, Gardentop, Anti-rats 2 ja Lanirat, flokumafeen (LD50 0,25 mg/kg), seda sisaldab näiteks rotimürk Storm ja difenaakum (LD50 1,5–2,1 mg/kg), mida sisaldab näiteks Detia Professional rotimürk. Mürgid on väga efektiivsed, sest nende toimeaeg on viivitatud, toime saabub 4–8 päeva pärast ning nii pika aja möödudes ei suuda närilised seostada mürksööta mürgistusega. Närilise surmaks piisab sellest, kui ta on mürgitatud toitu söönud üks kord.

Vastumürgiks on vitamiin K. Pideval kasutamisel tuleks kahte mürki omavahel vahetada, et vältida igasugust resistentsuse väljakujunemise võimalust. Resistentsuse väljakujunemisele viitab asjaolu, et mürki süüakse, aga rottide arvukus ei vähene. Rotid ei erista antikoagulante toidus ning söövad peibutusööta meelsasti. Selleks, et vältida juhuslikke mürgistusi, on rotimürkidesse segatud inimesele maitset ebameeldivat ainet ja sinist värvainet. Kasutatakse näiteks denatooniumbensoaati, mis on äärmiselt hapu maitsega aine.

Rotimürgid võivad esineda järgmisel kujul:

- tükisööt,
- pressitud sööt,
- terasööt,
- helbesööt,
- vedelsööt,
- geel,
- tolmutuspuuder.

Sööt mürgid jagunevad omakorda sise- ja välisruumidesse sobivaiks. Siseruumidesse sobivad kaerahelbepõhised söödad, näiteks Rotex-2, rotimürk 342, Detia hiire- ja rotimürk või ka liha-kondijahu baasil valmistatud söödad,

näiteks Anti-rats. Pressitud sööt sisaldab parafiini, ei lagune laiali ning sobib ka niiskettesse ruumidesse ja väliskeskkonda. Sellist tüüpi on näiteks Redentin, Detia hiire- ja rotimürgitabletid. Mürgid tuleb asetada mööbli ja torude alla, võimalikult näriliste käiguteede ja toitumiskohtade ligidale. Söödad tuleb paigutada üksteisest umbes 2–3 meetri kaugusele, korraga 50–100 g, hiirtele tihedamalt väiksemad kogused korraga. Rottidele arvestatakse üks söödakogus keskmiselt 10–15 m² kohta ja hiirtele 50 m² kohta.

Mürki ei tohi põrandale puistata, vaid tuleb panna laialikandmise vältimiseks mingile alusele. Kõige parem on kasutada spetsiaalseid söödamajasid. Puudriga võib tolmutada rotiauke. Tavaliselt kestab üks mürgikuur kolm-neli nädalat, selle ajaga peaksid närilised kaduma. Vajadusel võib protseduuri korrata. Hiirtele ja rottidele meeldib õlu ja alkohol (konjak, piiritus). Kui nad kuiva mürki ei taha süüa, siis võib mürgile lisada pisut õlut.

Kõik mürgsöödad ja ka mehaanilised lõksud, kui neid kasutatakse, tuleb nummerdada ning kanda plaanile. Söötasid tuleb regulaarselt kontrollida, sest sageli on need toiduallikaks ka putukatele. Kui söödal on näha putukaid või vastseid, tuleb sööt kohe asendada. Rottide ja hiirte söötmürgi toime on efektiivsem, kui näriliste juurdepääs muule toidule on raskendatud, eriti just värskele juurviljadele, mis sisaldavad palju K₁-vitamiini.

Söötade ja lõksude käsitsemisel tuleb kanda PVC- või kummikindaid, sest inimese lõhn äratas närilistes kahtlust ning muudab nad söötade ja lõksude suhtes ettevaatlikuks.

Mürgi söömise tagajärjel hukkunud näriliste surnukehad jäävad harilikult leidmata. See ei too kaasa mitte ainult ebameeldiva lõhna levimise, vaid surnukehad võivad saada elupaigaks erinevatele putukatele. Viimase põlvkonna rodentitsiidid mõjuvad ka mumifitseerivalt, mis tähendab seda, et surnud loomad kuivavad ära ja ei lähe haisema.

Kindlasti tuleb rodentitsiidide kasutamisel arvestada nende mürgisusega. Alla-neelamise korral võib tekkida tõsine mürgitus, mis mõjutab vere hüübivust, võivad tekkida naha ja limaskestade veritsused. Toote suures koguses manustamisel tuleb esile kutsuda oksendamist, teha maoloputus, pöörduda arsti poole, kes jälgib protrombiini aktiivsust ja selle vähenemise korral manustab K-vitamiini.

Isoleeritavates ruumides on võimalik näriliste hävitamiseks kasutada fumigatsiooni vääveldioksiidi, süsinikoksiidi, süsinikdioksiidi, kloorpikriini, broommetüüli või sinihappe preparaatidega. Kuid fumigatsioon on ohtlik ja keerukas ettevõtmine ning seda võib kasutada üksnes äärmusliku vahendina.

Kuigi näriliste hävitamise peamine meetod on mürkide kasutamine, leidub ka alternatiivseid vahendeid. Ultrahelil põhinevad näriliste peletamiseks mõeldud vahendid ei ole tõhusad, sest närilised harjuvad heliga kiiresti. Lõksud võivad olla efektiivsed näriliste suure arvu korral. Samas õpivad nad lõksudest hoiduma, eriti kui on end nendega vigastanud. Lõksud, mis närilisi ei vigasta, vaid püüavad neid elusalt, on seetõttu sageli efektiivsemad. Lõksude kasutamisel need vinnastatakse ja paigutatakse seinä äärde pedaaliga seinä poole kohtades, kus on näha rottide aktiivset liikumist. Osa lõkse (näiteks Victor) on sellised, millele pole vaja lisada sööta, kuna lõksu pedaal on lõhnastatud närilisi ligimeelitava juustulõhnaga.

Lõksude eritüübiks on liimpüünised, mis kujutavad endast väga kleepuva liimiga kaetud plaate. Müügil on nii liimiga juba kaetud kartongist või plastist plaadid kui ka näriliste liim. Liimiga tehakse paksemale papile (suurusega umbes 20 x 10 cm) ligikaudu 5 mm laiused triibud. Niisketes ruumides võib kasutada klaas-, plekk- või plastmasstahvli.

Liimiga kaetud plaadid asetatakse näriliste liikumisradadele. Liimiga kontakti sattunud närilised jäävad kinni ja hävitatakse pärast. Liimpüünist kasutades on välistatud oht, et rott sureb varjatud kohas, näiteks põranda all, ja hakkab haisema. Liimi koostises kasutatakse närilisi ligimeelitavaid lõhnaaineid. Liim on lõhnatu, värvitu, ei karda niiskust ega vett ning ei kuiva aja jooksul. Lõkse ja liime kasutatakse siis, kui mürkide kasutamine on mingil põhjusel võimatu.

Professionaalset lindude peletamise ja näriliste tõrje teenust pakuvad Eestis Rentokil Eesti OÜ ja teised kahjuritõrjeettevõtted, kelle kohta leiate infot www.kahjur.ee

KIRJANDUST

Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool, 98–103, 177–179, 204–206.

Lodjak, J. 2008. *Probleemsed linnuliigid linnamaastikus*. http://haridus.opleht.ee/Arhiiv/9_102008/34-37.pdf

Vertebrate Pest Management. 1999. Michigan State University. <http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/E2050.html>

MÕISTETE SÕNASTIK

A

abiootilised (keskkonna-) tegurid – ökoloogilised tegurid, mis tulenevad organismide ümbritsevast anorgaanilisest (eluta) maailmast

aeroobid – organismid, kes vajavad elutegevuseks hapnikku. Aeroobide hulka kuuluvad kõik kõrgemad organismid ning suur osa mikroorganismidest

aerosool – gaas, milles hõljuvad väga peened vedeliku või tahke aine osakesed

aktinomütseetid – bakterite hulka kuuluvad organismid. Sarnaselt mikroseenetega moodustub keha hüüfidest. Võivad kahjustada erinevaid objekte

algitsiid – keemiline aine või ühend vetikate hävitamiseks

algoloogia – bioloogia haru, mis tegeleb vetikate uurimisega

alkalofiilid – aluselist keskkonda eelistavad organismid

allergeen – allergiat põhjustav aine

allergia – organismi harilikust erinev tundlikkus või ülitundlikkus mõne aine suhtes. Võib olla kaasasündinud või elu jooksul tekkinud

aminohape – valkude põhiline ehitusüksus; erinevad aminohapped (20 põhilist) moodustavad peptiidsidemetega seostudes erinevaid valkusi

anabioos – organismi seisund, milles eluprotsessid on sedavõrd aeglustunud, et nähtavaid eluavaldusi ei ole. Anabioosis on sageli mikroobid ja ainuraksed, nad elavad nõnda üle ebasoodsaid keskkonnatingimusi. Paljudel organismidel kuulub anabioos normaalsesse arengutsükklisse (seemned, eosed)

anaeroobid – organismid, kes elavad hapnikuta keskkonnas. Anaeroobide hulka kuulub osa mikroorganisme

antibiootikumid – keemilised ühendid, mis pärsvivad bakterite elutegevust või hävitavad neid

antifüdandid – keemilised ühendid, mis kutsuvad putukatel esile vastumeelsuse toidusubstraadi vastu ning sellega takistavad või hoiavad ära putukakahjustuse

antikoagulandid – ained, mis takistavad vere hüübimist. Kasutatakse rodentitsiidide koostises

antiseptiline – mikroorganisme hävitav või nende arenemist pidurdav

arengutsükkel – organismi areng tema tekkest viljastamisel kuni surmani

assimilatsiooniprotsessid – rakuaine biosünteesi protsessid. Assimilatsioonil ühinevad lihtsama ehitusega molekulid keerukamateks, selleks on vaja energiat

atraktandid – keemilised ühendid, mis meelitavad ligi putukaid

atsidofiilid – organismid, kes eelistavad happelist keskkonda

autotroofid – organismid, kes sünteesivad eluks vajalikke orgaanilisi aineid anorgaanilistest ühenditest (süsihappegaasist, veest, mineraalsooladest jm). Selleks saavad nad energiat mineraalühendeist (näiteks nitrifitseerivad bakterid) või päikesekiirgusest (rohelised taimed, fotosünteesivad bakterid). Autotroofid on taimed, vetikad ja osa bakteritest

B

bakterid – mikroskoopilised üherakulised eeltuumsed organismid

bakteristaatikud – keemilised ained või ühendid, mis pärsivad bakterite kasvu ja paljunemist

bakteritsiidid – keemilised ained või ühendid bakterite hävitamiseks

binaarne nomenklatuur – liikide teaduslik nimetamisviis, mille järgi on organismil kahesõnaline ladinakeelne nimi. Esimene sõna tähistab perekonda ja teine konkreetset liiki

biokahjustus – igasugune ebasoovitatav muutus materjalide või keskkonna omadustes, mille on põhjustanud organismide (kahjurite) elutegevus

biokatalüsaator – vt ensüüm

biokile – tahkele pinnale kinnitunud mikroorganismidest moodustunud kiht

biolagunemine – aine lagundamine keskkonnas, nii makroorganismide (näiteks putukad) kui ka mikroorganismide (bakterid, seened) toimetel

bioloogilised ohutegurid – bakterid, viirused, seened, rakukultuurid, inimese endoparasiidid ning muud bioloogiliselt aktiivsed ained, mis võivad põhjustada nakkushaigust, allergiat või mürgistust

bioretseptiivsus – materjalide vastuvõtlikkus erinevate biokahjustajate toime suhtes

biotsiidne toode ehk **biotsiid** – kasutamiseks ettenähtud olekus ja kujul toimeaine või toimeained või ühte või mitut toimeainet sisaldav valmistis, mis on ettenähtud kahjulike organismide hävitamiseks, tõrjeks, nende kahjustava toime ärahoidmiseks või muul viisil nende kahjuliku tegevuse ohjamiseks keemilisel või bioloogilisel teel

D

dehüdratatsioon – vee eraldumine ainest või materjalist

denaturatsioon – valkudele iseloomulike füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste omaduste pöördumatu muutumine. Valkude denatureerumist põhjustavad kõrgem temperatuur, happed, alused, lahustid, detergendid jm tegurid

deratisatsioon – näriliste hävitamine

dermatomükoos – pindmiste kudede (ennekõike naha ja küünte) seenkahjustus

desinfitseerimine – biokahjustajate, peamiselt mikroorganismide ja putukate hävitamine füüsikaliste ning keemiliste meetoditega

desinsektatsioon – putukate hävitamine

dissimilatsiooniprotsessid – energia hankimisega seotud protsessid, mille käigus keerulisema ehitusega orgaanilistest ainetest moodustuvad lihtsamad ja vabaneb energia

DNA – desoksüribonukleiinhape, pärilikkusinfo kandja organismis

E

eeltuumsed organismid (prokarüoodid) – organismid, kellel puudub rakutuum

ehitamine – kõik tegevused, mis on tehtud ehitustöö tulemuse saavutamiseks sh ehitise püstitamine; ehitise laiendamine; ehitise rekonstrueerimine; ehitise tehnosüsteemi või selle osa muutmine või tehnosüsteemi terviklik asendamine või ehitise lammutamine

ehitis – kõik, mida ehitatakse või on ehitustegevuse tulemus (nii hooned kui ka insenerirajatised)

ehitise (tarindi) tüüp – näitab ehitise (tarindi) tööskeemi, näiteks tala, post, kaar, jätkuvtala jne

ekspert – isik, kellel on hariduse, koolituse ja kogemuse poolest eriteadmised ja -oskused teatud probleemiga tegelemiseks

elukeskkond – vt ökoloogiline keskkond

emulsioon – dispersne süsteem, milles ühe või mitme vedeliku tilgad on ühtlaselt jaotunud nende vedelikega segunematus vedelikus

endospoorid – spoorid, mida bakterid moodustavad ebasoodsate tingimuste ületamiseks

ensüüm – valk, mis katalüüsib biokeemilisi reaktsioone, muutes need võimalikuks ning kiirendades reaktsiooni kulgu

F

feromoonid – keemilised ühendid, mida eritavad keskkonda elusorganismid; need kutsuvad esile spetsiifilise vastusreaktsiooni sama liigi teistel isenditel. Eristatakse sugu-, häire-, agregatsiooni- jm feromoonid. Kasutatakse feromoonpüünistes putukaid ligimeelitava ühendina

fotobiont – samblikku moodustav vetikas või tsüanobakter

fotosüntees – klorofüllis sisalduvates organismides (taimed, osa baktereid) päikeseenergia kaasabil süsinikdioksiidist ja veest orgaanilise aine tootmine

fototroofid – organismid, kes kasutavad energia saamiseks valgusenergiat

fumigant – fumigatsioonil kasutatav keemiline ühend. Tuntumad fumigandid on etüleenoksiid, metüülbromiid, formaldehüüd, tümool

fumigatsioon – desinfitseerimine mürgise gaasi või aurudega

fungistaatikud – seente kasvu ja paljunemist pärssivad keemilised ained või ühendid

fungitsiidid – seente hävitamiseks kasutatavad keemilised ained või ühendid

H

hallitus – hallitusseente kasvav koloonia elutegevuseks vajalikke aineid sisaldaval alusmaterjalil (substraadil)

halofilid – organismid, kes eelistavad soolarohket keskkonda

happelisus ehk **pH** – vesinikioonide negatiivne kümnendlogaritm ehk vesinikioonide kontsentratsioon. Mida madalam on pH, seda rohkem H⁺ ioone on. Neutraalseks loetakse pH vahemikku 6,5–7, alla 6,5 on happeline ning üle 7 on leeliseline

hemitselluloosid – koos tselluloosiga taimede rakukestas ja vahelamellis esinevad polüsahhariidid. Väiksema molekulmassiga kui tselluloos

hemolümf – avatud vereringega loomade (näiteks putukate) kehavedelik, mis ringleb soontes ja rakkudevahelistes õõnsustes

HEPA (*high efficiency particulate air*) – esimene mikrofiltristandard, mille koostas Teise maailmasõja päevil USA Aatomienergia Komisjon. HEPA filter puhastab õhu 0,3 µm suuruse aerodünaamilise diameetriga aerosoolist vähemalt 99,97% tõhususega

herbitsiidid – keemilised ained või ühendid, mida kasutatakse taimede (sambliku, samblad, kõrgemad taimed) hävitamiseks

heterotroofid (konsumendid) – organismid, kes kehaainese lähtematerjalina kasutavad organismivälist orgaanilist ainet. Ainevahetuse üldtüübilt on heterotroofid kemo- või fotoorganotroofid (saavad energiat valmis orgaanilisest ainest või Päikese valguskiirgusest). Heterotroofid on loomad, seemned, parasiitained ja valdav enamik baktereid

hindamine – andmete süstemaatiline kogumine ja analüüs, dokumenteerimine, hindamine ja soovitude andmine seoses olemasoleva hoone piirdetarindi erinevate osadega, mis kuuluvad uurimise alla

hingeavad ehk **stigmad** – putukate kehas olevad avad, mille kaudu õhk tungib nende hingamiselunditesse – trahheedesse

hooldus – tarindi kasutusea jooksul tehtavad toimingud, võimaldamaks täita töökindluse nõudeid

hoone – väliskeskkonnast katuse ja teiste välispiiretega eraldatud siseruumiga ehitis

hoone piirdetarind – see osa hoonest, mis eraldab hoone sisemust väliskeskkonnast ja hoone välisümbrusest. Paljud süsteemid suudavad väliskoormused või -jõud hoone konstruktsiooni edastada. Piirdetarindil võib olla ka esteetilisi omadusi. Väljaulatuvad osad, näiteks korstnad, väliseeskojad, katused, rõdud, varikatused, trepid, varuväljapääsud jne, võib samuti hoone piirdetarindi laia definitsiooni alla kaasata

hormoonid – bioloogiliselt aktiivsed ained, mis reguleerivad organismide ainevahetust, elutalitlust ja arengut

hüdrofiilne – aine ja vee tugev vastastikune mõju. Hüdrofiilsed ained märguvad veega hästi ning lahustuvad või punduvad. Hüdrofiilsed on anorgaanilised soolad, tärklis, želatiin jpm

hüdrofoobne – aine ja vee vastastikuse mõju puudumine. Hüdrofoobsed on paljud metallid, rasvad, vahad, plastmassid jpm

hügroskoopus – õhust niiskuse imamise võime. Esineb hästi lahustuvatel (kaltsiumkloriid, kontsentreeritud väävelhape) ja poorsetel ainetel (puit, paber, nahk)

hüüf – seeneniit

I

insektitsiidid – keemilised ained või ühendid putukate hävitamiseks

insektitsiidiresistentsus – insektitsiidide kasutamise tingimustes putukapopulatsioonil arenenud võime taluda mürgiannuseid, mis sama liigi normaalpopulatsioonis oleksid enamikule isenditele surmavad

ioonvahetus – protsess, mille tulemusena tahkes faasis olevad ioonid vahetatakse välja lahuses leiduvate ionidega

isiklikud kaitsevahendid – seadmed, mis on ette nähtud töötajatele, et kaitsta nende tervist ja kindlustada ohutus töökohal. Isiklike kaitsevahendite hulka kuuluvad kaitsekiiver, prillid, mask, kindad, kaitserõivastus jms

K

kahjulik organism ehk **kahjur** – iga soovimatu organism või organism, mis on kahjulik inimesele või tema tegevusele, toodetavale või kasutatavale tootele, loomale või keskkonnale

kahjuritõrje – tegevused kahjulike organismide keemiliseks või bioloogiliseks hävitamiseks, tõrjeks, kahjustava toime ennetamiseks või muul keemilisel või bioloogilisel viisil nende ebasoovitava tegevuse ohjamiseks

kandetarind – organiseeritud kogum ühendatud elemente, mis on projekteeritud koormuse kandmiseks ja piisava jäikuse tagamiseks

kemotroofid – organismid, kes kasutavad energia saamiseks keemilisi ühendeid

keskkond – tingimuste kompleks, milles asub biosüsteem. Ühelt poolt on see aineeline oluluskeskkond (nt vesi, muld, teise organismi sisemus), teiselt poolt kõigi mõjutavate välistegurite (meteoroloogilised, edaafilised, biootilised jm tegurid) kogum

keskkonnategurid ehk **ökoloogilised tegurid** – keskkonna ained ning energia- ja infovood, mis mõjutavad biosüsteeme. Keskkonnategurid liigitatakse abiootilisteks ja biootilisteks

kestamine – lülilajsetele, sh putukatele omane jäiga kitiinkesta vahetamine. Kest ei võimalda pidevat kasvamist ja seepärast kestavad nad kindlas arengustaadiumis

kitiin – tugev orgaaniline aine, polüsahhariid, millest koosneb näiteks putukate välistoes. Kitiini sisaldavad ka seente rakukestad

klorofüll – taime roheline pigment, mis muudab valgusenergia fotosünteesil orgaaniliste ainete keemiliseks energiaks

kloroplastid – rohelse värvusega organellid fotosünteesivate organismide tsütoplasmas. Neis toimub fotosüntees

kollageen – naha põhiline struktuurne valk. Koosneb kolmest omavahel keemiliste sidemetega seotud heeliksisse keerdunud polüpeptiidahelast

kompleksühend – osake, mis koosneb tsentraalsest metalli aatomist ja temaga koordinatiivse kovalentse sidemega (doonor-aktseptorsidemega) seotud molekulidest või ioonidest. Molekule või ioone, mis kompleksi moodustamisel liituvad tsentraalse metalliiooniga, nimetatakse ligandideks

koniid ehk **lülideos** – iseseisva liikumisvõimeta seeneeos. Lülistub ja eraldub spetsiaalse seeneniidi tipust

konsumendid ehk **tarbijad** – organismid, kes otse või kaude (teiste tarbijate vahendusel) toituvad tootjate toodetud primaarproduktidest. Konsumentide hulka kuuluvad kõik heterotroofid

kookon – nahkjas või siidniidist kaitsekest, mis ümbritseb putukate nuppe

kooreürask – ürasekaste sugukonda kuuluvad väikesed mardikad, kes uuristavad puude tüvede ja okste koore alla käike. Puidu pinnale tekib liigiomane käigumuster ehk haudepilt. Kahjustavad tormilangevad puid ja värsket metsamaterjali. Mõned liigid võivad kahjustada suure arvukuse korral ka kasvavaid puid

kude – ühesuguse tekke, ehituse ja talitlusega rakkude rühm

kutiikul – tugev kaitsekiht selgrootute, näiteks putukate nahal

kõdunemine – puidu lagunemine erinevate tegurite (biokahjustajad, niiskus, valgus) toimel

L

lagundajad ehk **redutsendid** ehk **destruendid** – ensüümide abil loomset ja taimset surnud orgaanilist ainet lagundavad bakterid ja seened. Nende tegevuse tagajärjel vabanevad mineraalained, mida seejärel kasutatakse uuesti produktsiooniprotsessis

letaalne ehk surmav doos, LD50 – doos, mille manustamisel sureb 50% katsealustest loomadest. Ühikuks on mg/kg mürgistatu kehakaalu kohta

letaalne ehk surmav kontsentratsioon, LC50 (*lethal concentration, LC50*) – aine kontsentratsioon, mis surmab 50% katseloomadest. Ühikuks on ml/kg mürgistatu kehakaalu kohta

ligniin – looduslik fenoolne polümeer, leidub peamiselt puitunud taimeosades

lihhenoloogia – samblikke käsitlev bioloogia haru

liik – pärilikult sarnaste tunnustega isendid, kellel on omad, teistest liikidest erinevad tunnused ja looduslik levila. Ühte liiki kuuluvad isendid ristuvad vabalt ja saavad sigimisvõimelisi järglasi

limakapsel – paljude bakterite limast ümbris, paikneb rakukestal ja aitab säilitada niiskust või siduda üksikud rakud kolooniaks

limiteerivad ehk piiravad tegurid – keskkonnatingimused, mis kitsendavad antud piirkonnas isendi või populatsiooni eluvõimalusi

lipaasid – ensüümid, mis katalüüsivad rasvade hüdroolüüsi glütserooliks ja rasvhapeteks

lipofiilne – rasvades lahustuv

läbivettinud – rahvakeeles kasutatav väljend veega küllastunud materjali tähistamiseks

lävikontsentratsioon, TLV – kahjuliku aine kontsentratsioon õhus, mis ei kutsu 8-tunnise tööpäeva ja 40-tunnise töönädala korral esile terviseprobleeme

lülipuit – maltspuidust seespool asuv elutute rakkudega tüve osa

M

maltspuit – puutüve välimised koorealused aastarõngad (keskmiselt 10–30 rõngast), kus puidurakud on veel elavad ja võtavad puu elutalitlusest aktiivselt osa

mikroseeded ehk **hallitusseeded** – seeneriiki kuuluvad päristuumsed (eukarüootsed) heterotroofsed, ainu- või hulkraksed organismid, kes ei moodusta makroskoopilisi viljakehasid. Olulised biokahjustajad

mittepurustav katsetamine – materjali, komponendi või süsteemi mõõdetud hindamine, mis viiakse läbi ilma selle omadusi muutmata või tulevast kasutamist kahjustamata

monitooring ehk **seire** – keskkonna seisundi teatud parameetrite plaanipärane ja pidev jälgimine

muna – valminud munarakk koos teda ümbritsevate kestadega

mutageenne – keemiliste, füüsikaliste ja bioloogiliste tegurite võime põhjustada mutatsioone

mutualism ehk **sümbioos** – liikidevaheliste suhete vorm, kahe eri liiki organismi mõlemale kasulik või vajalik kooselu

mädanik – rahvakeeles tähistab puidu lagunemist valdavalt seenkahjustuste tõttu

mükoallergoos – allergiline reaktsioon, mida kutsuvad esile seened

mükobiont – samblikku moodustav seen

mükofloora – seeneliikide kogum mingil alal

mükoloogia – bioloogia haru, mis tegeleb seente uurimisega

mükoosid – erinevate kudede ja organite otsesed seenkahjustused

mükoriisa ehk **seenjuur** – kõrgemate taimede ja seente kooselu: seen varustab taime vee ja mineraalidega, vastu saab taimelt süsivesikuid

mükotoksiinid – mürkained, mida eraldavad seened

mütseel – mikroseente keha, koosneb seeneniitidest (hüüfidest). Substraatne mütseel paikneb substraadi pinnal ja sees ning õhkmütseel substraadi kohal. Õhkmütseelil asetsevad harilikult seene paljunemisorganid

N

neutrofilid – neutraalset keskkonda eelistavad organismid

närilised – taimtoiduliste imetajate selts. Lõikehambad kasvavad kogu elu, seepärast peavad närilised neid pidevalt närides kulutama. Võivad põhjustada objektide ja hoonete kahjustusi

O

omadused – hoone piirdetarindi tööomadused või karakteristikud, näiteks selle terviklikkus, kasutuskõlblikkus ja esteetilised omadused

optimum – mingi keskkonnateguri suhtes organismi elutegevuseks kõige soodsam piirkond ökoamplituudis

osmofilid – organismid, kes taluvad kõrget osmootset rõhku

P

paljunemine – organismide hulga suurenemine varem olemasolevatest jagunemise, sigimise või muul teel

parasiidid ehk **nugilised** – organismid, kes elavad teistes organismides (endoparasitism) või nende pinnal (ektoparasitism) ja kasutavad nende koostis- või toitaineid

parasiitlus ehk **nugilisus** – eri liiki organismide toitumissuhe, mille puhul üks organism (parasiit ehk nugiline) toitub teise organismi (peremehe) kehavedelikest, kudedest või seedunud toidust

parenhüümirakud – rakud, mis moodustavad taimeelundite põhimassi

pehkinud puit – mehaanilise vastupidavuse täielikult kaotanud puit

poikilotermised ehk **kõigusoojased** – loomade kehatemperatuuri ja seega kogu elutegevuse muutuvus sõltuvalt keskkonna temperatuurist. Poikilotermised on kõik selgrootud, sealhulgas putukad

primaarproduktioon – autotroofsete organismide kasutatud energia, mis moodustab toiduahela esimese astme

produtsendid ehk **tootjad** – orgaanilist ainet sünteesivad rohelised taimed ja autotroofsed bakterid. Moodustavad kõigis toiduahelais esimese lüli

projekteritud kasutusiga – eeldatav ajavahemik, mille kestel tarind või selle osa peab olema eesmärgi kohaselt kasutatav ettenähtud hooldusega, kuid ilma suurema remondivajaduseta

proteaaasid – valke aminohapeteks lagundavad ensüümid

proteolüütilised ensüümid – peptiidsidet lõhustavad ensüümid, võtavad osa valkude lagundamisest

protoplasma – raku elusaine kolloidne lahus

putukad – lüljalgsed, kelle keha on liigendunud peaks, rindmikuks ja tagakehaks. Olulised objektide ja hoonete kahjustajad

puukoi – rahvakeelne väljend kõiki puitu kahjustavate putukate kohta

puutemürgid – vedelal või tahkel kujul kasutatavad mürgid, mis peavad toime avaldamiseks organismiga otseselt kokku puutuma

päristuumsed organismid ehk **eukarüooidid** – organismid, kelle rakus esineb membraaniga ümbritsetud tuum

R

redutsendid – vt lagundajad

repellendid – keemilised ained või ühendid, mida kasutatakse kahjurputukate peletamiseks

respiraator – isiklik kaitsevahend, mis väldib mürkgaaside, tolmu vms sattumise hingamiselunditesse

risoidid – sammaltaimede ühe- või mitmerakulised niitjad väljakasvud, aitavad kinnituda ja substraadist vett hankida

risomorf ehk **seenenöör** – seeneniitidest koosnev suhteliselt jäme (1–2 mm) meetritepikkune lihtne või harunev, tumeda paksu koorja kihiga kaetud nöörjas moodustis

rodentsiidid – keemilised ained või ühendid, mida kasutatakse näriliste (rotid ja hiired) hävitamiseks

S

samblad ehk **sammaltaimed** – väikesed igihaljad risoididega kinnituvad taimed, kellel on kas lehtedega vars või lame tallus. Moodustavad ühe eostaimede hõimkonna

samblikud – seene ja vetika või tsüanobakteri kooselu tulemusena moodustunud liitorganismid, kes kuuluvad seeneriiki

saprofaagid – kõdu- ehk lagutoidulised loomad, toituvad taimse või loomse päritoluga orgaanilisest aineist

saprotoofid – organismid, kes toituvad organismide jäänustest ja organismide ainevahetusjääkides leiduvatest orgaanilistest ainetest

spoor ehk **eos** – seente, vetikate ja eostaimede paljunemis- ja levimisvahend. Tavaliselt üherakulised, väikesed, kaetud mitmekihilise kestaga, mis muudab nad ebasoodsate keskkonnatingimuste suhtes vastupidavaks. Spoorideks nimetatakse ka bakterite püsirakke, mis moodustuvad ebasoodsate tingimuste üleelamiseks (vt endospoor)

substraat – organismide toitekeskkond või alus, millele nad kinnituvad või toetuvad

sümbioos – kahe eri liiki organismi (sümbiondi) mõlemale kasulik või vajalik kooselu

sünergism – keskkonnatingimuste koosmõju

süstemaatika – teadusharu organismide rühmadeks jaotamisest

T

taimed – kasvupinnale kinnitunud fotosünteesivad organismid

takson – süstemaatika ühik, mis ühendab organisme sarnaste omaduste alusel ühte gruppi

tallus – lihtsa ehitusega hulkrakse vetika, sambliku või taime keha, mis pole eristunud organeiks

taluvusala – vt ökoamplituud

tarindi liik – näitab tarindielemendi põhimaterjali, näiteks raudbetoontarind, metalltarind, puittarind, kivitarind

tasakaaluline niiskusesisaldus – iseloomustab materjalis leiduvat veekogust, mis on dünaamilises tasakaalus ümbritseva õhu niiskusesisaldusega. Materjali tasakaaluline niiskusesisaldus väljendatakse kaalukao protsendiga materjali kuivatamisel

toimeaine – aine või mikroorganism, sealhulgas viirus või seen, millel on kahjulikele organismidele üldine või spetsiifiline toime

toksiinid – elusorganismidest pärinevad mürkained

tolerantsus ehk **taluvus** – ökoamplituudi piires mis tahes keskkonnateguri või tegurite kompleksi talumine

trahheiidid – taimede juhtkoe elemendid, mille kaudu liiguvad vesi ja mineraalained

tsellulaasid – tselluloosi lagunemisreaktsioone katalüüsivad ensüümid

tselluloos – looduslik polüsahhariid, mille lineaarsed molekulid koosnevad glükoosijääkidest. Tselluloosi molekulid on vesiniksidemete varal liitunud kimpudeks. Taimsete kiudude põhikomponent

tsüanobakterid – üherakulised, koloonialised või hulkraksed, sageli limast ümbriisega eeltuumused organismid

täismoone – putukate arenguviis. Elutsükliks muna, vastne, nukk ja valmik

U

ULPA (*ultra low penetration air*) – mikrofiltristandard, mis töötati välja 1970. aastatel. ULPA filtrid peavad puhastama õhu 0,12 µm suurustest kübemetest tõhususega vähemalt 99,999%. ULPA filtrid sarnanevad konstruktsiooni poolest HEPA filtritega, erinevus on kõrgemas puhastusastmes

ultraviolettkiirgus – elektromagnetiline kiirgus lainepikkuste vahemikus 5–400 nm. Ultraviolettkiirgus on tugeva materjale kahjustava toimega

V

vaegmoone – putukate arenguviis. Elutsükliks muna, vastne ja valmik

valgud ehk **proteiinid** – biopolümeerid, mis koosnevad peptiidsidemega seostunud aminohapetest. Valkudele on iseloomulik mitmetasemeline struktuurne organisatsioon

valmik – täiskasvanud isend (putukatel)

vee aktiivsus – materjalis oleva vee veeaururõhu (p) ja puhta vee veeaururõhu (p₀) suhe kindla temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse juures

vegetatiivne paljunemine – mittesugulise paljunemise viis, mis toimub pooldumise, pungumise või hulgijagunemisena

vesinikperoksiid – suure oksüdeerimisvõimega viskoosne värvuseta vedelik, laguneb veeks ja hapnikuks

vetikad – päristuumused, fotosünteesivad, ühe- või mitmerakulised organismid. Nõuavad elutegevuseks väga kõrget õhuniiskust (RH 100%). Võivad kahjustada väliskeskkonnas asuvaid objekte

viljakeha – seenekoest koosnev eoseid kandev struktuur
vistseraalne mükoos – organismi sisemiste kudede seenkahjustus

Õ

õhu absoluutne (tegelik) niiskus – 1 m^3 õhu veeisisaldus grammides
õhu küllastav (võimalik) niiskus – antud temperatuuril õhus maksimaalselt sisalduda võiv veeaurukogus
õhuniiskus – õhus leiduv veeaur
õhu relatiivne (suhteline) niiskus – näitab, kui lähedal on õhus leiduv veeaur küllastusolekule. Võrdub absoluutse ja küllastava niiskuse suhtega (protsentides)

Ö

ökoamplituud (ökoloogiline amplituud) – keskkonnaparametri piirkond, milles taksoni isendid saavad elada, kasvada ja paljuneda (ökoloogilise teguri intensiivsuse vahemik, mis jääb alumise ja ülemise taluvusläve vahele)
ökoloogiline keskkond – tingimuste kompleks, milles organism või biosüsteem asub

Ü

ülevaatus – uurimise, mõõdistamise, katsetamise, kalibreerimise ning teiste protseduuride kasutamine hoone kvaliteedi või seisundi määramiseks, vigade, defektide või kahjustuste leidmiseks ja muul viisil materjalide, komponentide, süsteemide või keskkondade hindamiseks

KASUTATUD JA SOOVITATAV KIRJANDUS

- Abels, M. 2011. *Assessment Matrix for Timber Structures. Basis for Standardized Building Checks*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Allsopp, D., Gaylarde, C. C. 2002. *Heritage Biocare*; Training Course Notes CD. Archetype: London.
- Allsopp, D., Seal, J. K., Gaylarde, C. C. 2004. *Introduction to Biodeterioration*. Second edition. Cambridge University Press.
- Andersons, B., Daugavietis, M., Grīnfelds, A., Tuherm, H., Viesturs, U. 2009. *Substantiation of deciduous trees cultivation and rational utilisation, new products and technologies. (Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas)*. Rīga: Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts.
- Andreasson, J. M., Bech-Andersen, J., Elborne, S. A., Singh, J., Sterler, J. C. 2004. *The dry rot fungus found in natural habitats*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.
- Bartolini, M., Pietrini, A. M., Ricci, S. 1999. Use of UVC irradiation on artistic stoneworks for control of algae and Cyanobacteria. – *An International Conference on Microbiology and Conservation (ICMC'99), Of Microbes and Art. The role of Microbial Communities in the Degradation and Protection of Cultural Heritage*, Florence, 221–227.
- Bech-Andersen, J. 2004. *Indoor climate and moulds*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.
- Bech-Andersen, J. 2005. *Sisekliima ja hallitusseened*. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus.
- Bech-Andersen, J. 1995. *The dry rot fungus and other fungi in houses*. Holte: Hussvamp Laboratoriet Publishers.
- Benedetti, C. 2010. *Timber buildings. Low-energy constructions*. Bozen-Bolzano University Press.
- Bioloogilised riskitegurid töökeskkonnas*. 2001. Tartu Ülikool, tervishoiu instituut, toimetanud Eda Merisalu. Tartu: Elmatar.
- Biotsiidiseadus*. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13334028>
- Bowles, R., Beckmann, P. 2005. *Structural Aspects of building conservation*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Boyd, J. A., Jalal, F. K., Rogers, P. P. 2008. *An Introduction to Sustainable Development*. Routledge.

-
- Bravery, A., Berry, R., Carey, J., Cooper, D. 1987. *Recognizing wood rot and insect damage in buildings*. Bucks: Building Research Establishment.
- Brebbia, C. A. 2009. *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XI*. WIT Press.
- Caneva, G., Galotta, G. 1994. Floristic and structural changes of plant communities of the Domus Aurea (Rome) related to a different weed control. – *Proceedings of the 3rd International Symposium "The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin"*, V. Fassina, H. Off, F. Zezza, (eds.), Venezia, 317–322.
- Caneva, G., Mandrioli, P., Sabbioni, C. 1998. *Cultural Heritage and Aerobiology. Methods and Measurement Techniques for Biodeterioration Monitoring*. Springer.
- Caneva, G., Nugari, M. P., Salvadori, O. 1991. *Biology in the Conservation of Works of Art*. ICCROM: Rome.
- Carmody, J., Lstiburek, J. 1994. *Moisture Control Handbook. Principles and Practices for Residential and Small Commercial Buildings*. John Wiley and Sons.
- Child, R. 2007. Insect Damage as a function of climate. – *Museum Microclimates*. Eds. T. Padfield and K. Borchersen. National Museum of Denmark, 57–60.
- Claxton, B. 2008. *Maintaining and repairing old houses. A Guide to Conservation, Sustainability and Economy*. Crowood Press.
- Cook, G. M. 2009. *Energy Efficiency in old houses*. Crowood Press.
- Crispim, C., Gaylarde, C. 2005. Cyanobacteria and Biodeterioration of Cultural Heritage: A Review. – *Microbial Ecology*, 49, 1, 1–9.
- De Leo, F., Urzi, C. 2003. *Fungal colonization on treated and untreated stone surfaces*. – Sainz-Jimenez, C. (ed.), *Molecular Biology and Cultural Heritage*. Lisse, Abington, Exton (PA), Tokio: A. A. Balkema Publishers.
- Gauzin-Müller, D. 2004. *Wood Houses. Spaces for Contemporary Living and Working*. Birkhäuser-Publishers for Architecture.
- Gaylarde, C., Morton, L. 1999. Deteriogenic Biofilms on Buildings and their Control: a Review. – *Biofouling*, 14 (1), 59–74.
- Gril, J. 2010. *Wood Science for Conservation of Cultural Heritage - Braga 2008*. Firenze University Press.
- Guilliette, O. 1995. Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. – *The Science of Total Environment*, 167, 215–220.
- Hetreed, J. 2008. *The Damp House. A Guide to the Causes and Treatment of Dampness*. Crowood Press.

- Hueck, H. 2001. The biodeterioration of materials – an appraisal. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 48, 1, 5–11.
- Interactive physical weathering and bioreceptivity study of building stones, monitored by Computerized X-Ray Tomography (CT) as a potential non-destructive research tool.* 1995. Protection and Conservation of the European Cultural Heritage. Research Report n° 2.
- Kaila, P. 1999. *Majatohter 3. osa*. Tallinn: Viplala.
- Keemilised ohutegurid töökeskonnas: õppevahend.* 2002. Tartu Ülikool, tervishoiu instituut, toimetaja Eda Merisalu. Tartu: Elmatar.
- Konsa, K. 2008. Seened – kutsumata majulised. – *Maakodu*, 5, 16–17.
- Konsa, K. 2006. *Konserveerimisbioloogia*. Eesti Kunstiakadeemia restaureerimiskool.
- Krzyzanowski, N., Oduyemi, K., Jack, N., Ross N., Palfreyman, J. 1999. The management and control of dry rot: A survey of practitioners' views and experiences. – *Journal of Environmental Management*, 57, 3, 143–154.
- Kruusalu, H. 2000. Sinavus- ja hallitusseened puidus. – *Ehitaja*, 10, 68–69.
- Kruusalu, H. 2000. Majavamm. – *Ehitaja*, 6, 55–57; 7/8, 68–71.
- Kuidas maja puhtaks saada? 2010. – *TM Kodu ja Ehitus*, 6, 40–41.
- Kumar, R., Kumar, V. A. 1999. *Biodeterioration of Stone in Tropical Environments*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Lodjak, J. 2008. *Probleemsed linnuliigid linnamaastikus*. http://haridus.opleht.ee/Arhiiv/9_102008/34-37.pdf
- Loogna, N. 2008. *Elukutsed ja terviseriskid*. Tallinn: Teabekirjanduse OÜ.
- Lourenço, P. B., Modena, C., Roca, P. 2005. *Structural analysis of historical constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques 2*. Taylor & Francis.
- Macedo, M., Miller, A., Dionísio, A., Saiz-Jimenez, C. 2009. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. – *Microbiology*, 155, 3476–3490.
- Management of Wood-Destroying Pests*. Editor: Carolyn J. Randall. Michigan State University. <http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/E2047.html>
- Martin, M. 2003. *Kutsumata külalised*. Tallinn: Maalehe Raamat.
- Martin, M. 2007. Puukoi ehk toonesepi närib puitu ja tekitab ebausku. – *Eesti Loodus*, 12, 44–46.

-
- Mattsson, J. 2004. *Mögel svamp i byggnader. Förekomst, bedömning och åtgärder*. Mycoteam AS
- Mumovic, D., Santamouris, M. 2009. *Earthscan*.
- Nijland, T., Dubelaar, C., Van Hees, R., Linden, T. 2004. Blackweathering of Bentheimand Obernkirchen sandstone. – Kwiatkowski, D., Löfvendahl, R. (eds.), *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Stockholm:1:27–34.
- Oliver, A., Douglas, J., Stirling, J. S. 1997. *Dampness in Buildings*. Wiley-Blackwell.
- Parmasto, E. 2005. *Ühe seenevana lood*. Varrak.
- Pellerin, Roy F., Ross, Robert J. 2002. „*Nondestructive evaluation of wood*“. Forest products Society, Madison, USA.
- Pietrini A. M., Ricci S., Bartolini M. 1999. Long-Term evaluation of biocide efficacy on algal growth. – *Microbiology and Conservation of Microbes and Art (ICMC '99), Proceedings Of the International Conference*, Firenze, 238–245.
- Pilt, K. 2010. Puidu eluea lühendajad. – *TM Kodu ja Ehitus*, 1, 52.
- Pilt, K. 2010. Mittepurustavad meetodid puitkonstruktsioonide kestvuseuurimiseks kultuuriväärtuslikes hoonetes. – *Muinsuskaitse aastaraamat 2009*. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Kultuuriväärtuste Amet, Eesti Kunstiakadeemia muinsuskaitse ja restaureerimise osakond, 78–80.
- Pilt, K. 2010. Seened ja mardikad puidu kallal. – *TM Kodu ja Ehitus*, 1, 53–55.
- Pilt, K. 2008. *Biodeterioration of Cultural Heritage in Estonia*. <http://www.woodculther.com/wp-content/uploads/2008/10/pilt.pdf>
- Pilt, K. 2008. Põrandate rajamisel hoidu majavammi soodustavatest teguritest. – *Ehitaja*, 9, 62–64.
- Pilt, K., Järv, H., Oja, J. 2007. Seened meie kodus 1. Mikro- ehk hallitusseened. – *Eesti Loodus*, 6, 16–19.
- Pilt, K., Järv, H., Oja, J. 2007. Seened meie kodus 2. Majaseened. – *Eesti Loodus*, 7, 48–51.
- Pilt, K. 2005. Majavammi areng ja leviku põhjused. – *Ehitaja*, 7/8, 80–84.
- Pinniger, D., Child, R. 1996. Woodworm – a necessary case for treatment? New techniques for the detection and control of furniture beetle. – *Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests*. Ed. K.B. Wildey, 353–359.
- Plant biology for Cultural heritage: Biodeterioration and Conservation*. 2008. Ed by Caneva, G., Nugari, M., Salvadori, O. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

- Raitviir, A. 2001. Seened majas. – *Horisont*, 4, 37–41.
- Ridout, B. 2000. *Timber decay in buildings: the conservation approach to treatment*. London: E&FN Spon.
- Ridout, B. 2004. *Timber Decay in Buildings. The conservation approach to treatment*. Taylor & Francis.
- Riistop, M. 2010. Kaitse puitu immutamiseks. – *TM Kodu ja Ehitus*, 7, 54–55.
- Riski hindamine töökeskonnas: keemiarisk*. 1999. Tallinn: Ten-Team.
- Rostron, J. 2004. *Sick Building Syndrome. Concepts issues and practice*. Spon Press.
- Saarman, E., Veibri, U. 2006. *Puiduteadus*. Tartu: Eesti Metsaselts.
- Saron, J. 1997. *Maaehitised Eesti Vabaõhumuuseumis*. Tallinn: Huma.
- Schmidt, O. 2007. Indoor wood-decay basidiomycetes: damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control. – *Mycological Progress*, 6, 261–279.
- Schmidt, O. 2006. *Wood and Tree Fungi*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Schmidt, O. 2006. *Wood and Tree fungi. Biology, Damage Protection, and Use*. Springer.
- Seaward, M. 2003. Lichens, agents of monumental destruction. – *Microbiology Today*, 30, 110–112. http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/080303.pdf
- Seaward, M., Giacobini, C., Giuliani, M., Roccardi, A. 1989. The role of lichens in the biodeterioration processes. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 25, 49–55.
- Singh, J. 1994. *Building mycology. Management of decay and health in buildings*. London: E & FN Spon.
- St. Clair, L., Seaward, M. 2004. Biodeterioration of Stone Surfaces. *Lichens and Biofilms as Weathering Agents of Rocks and Cultural Heritage*. Springer.
- Stroh, L. T. 2005. *Maja ja niiskus*. Tallinn: Kodukiri.
- Täpsustatud nõuded kahjuritõrje läbiviimisele, plaanile ja aruandele*. Sotsiaalministri 3. juuli 2009. a määrus nr 66. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=13230155&id=13201844>
- Unger, A., Schniewind, A., Unger, W. 2001. *Conservation of wood artifacts: a handbook*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Urzi, C., De Leo, F., Salamone, P., Criseo, G. 2001. Airborne fungal spores colonising marbles exposed in the terrace of Messina Museum, Sicily. – *Aerobiologia*, 17:11–17.

Uzielli, L. 2009. *Wood Science for Conservation of Cultural Heritage* - Florence 2007. Firenze University Press.

Vertebrate Pest Management. 1999. Michigan State University. <http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/E2050.html>

Warscheid, Th., Braams, J. 2000. Biodeterioration of stone: a review. – *International Biodeterioration and Biodegradation*, 46, 4, 343–368.

Wood-destroying Pest Management. University of Missouri. <http://extension.missouri.edu/explorepdf/manuals/m00096.pdf>

LISA

EMÜK biokahjustuste hindamise alus

Ülevaatuste eesmärgiks on kaardistada Läänemere saarte ja rannikuala hoonete ehitismükoloogiline ja entomoloogiline seisukord. Ülevaatusel osalevad vähemalt kaks inimest: ehitusinsener ja bioloog. Kaasas olevad vahendid: joonlaud, pastakas, skalpell, alusklaasid, teip, ümbrikud ja soonkinnisega kilekotid, slaidikarp, taskulamp, frees, pikendusjuhe, luup, ülevaatuslehed, hoone dokumentatsioon, kruvikeerajad (ristpea ja tavaline), näpitsad, haamer, peitel, põlvealus, kummikindad, respiraatorid (isiklikud), kaitseülikonnad, lisaakud, akulaadijad, optikapuhastuslapp, desinfitseerimisvahend, puhastuspaberid.

Ülevaatusel kasutatavad seadmed on loetletud hiljem.

ÜLEVAATUS NR (näiteks II/12, kus rooma number tähistab hoone gruppi, araabia number hoone järjekorranumbrit)

___ 2012

Ülevaatus algus kell: _____ (5 min täpsusega)

Ülevaatus lõpp kell: _____ (5 min täpsusega)

HOONE AADRESS: (talu/tänav, küla/linn, vald, maakond)

.....

OMANIK, KONTAKTID: (eesnimi, perenimi, meiliaadress, telefon või organisatsioon, aadress)

.....

HALDAJA, KONTAKTID: (eesnimi, perenimi, meiliaadress, telefon, organisatsioon, esindaja nimi, kontaktid)

.....

ÜLEVAATUSEL OSALENUD ISIKUD/ AMETINIMETUSED: (osavõtjateks vähemalt kaks inimest, kellest üks on ehitusinsener ja teine bioloog; hoone esindaja(d), muud spetsialistid)

.....

HOONE DOKUMENTATSIOON (loetelu)

☐ plaan ☐ lõige ☐ vaated

☐ muu

HOONE KASUTUSOTSTARVE (kirik, koolimaja, kõrts, puhkekodu vms. Kui on renoveerimisjärgus, siis märkida „kasutuseta“ ja lünka „renoveerimisjärgus“)

KASUTUS ☐ pidev ☐ hooajaline ☐ kasutuseta (selgitus)

HOONE KANDEKONSTRUKTSIOONI TÜÜP:

☐ puithoone: sõrestik, rõht- või vertikaalpalkhoone, plank (alla joonida)

☐ kivihoone: maakivi, paekivi, silikaat, põletatud tellis, erinevad (alla joonida)

☐ muu

VÄLISVAATLUS

Kõrgused mõõdetakse maapinnast.

Fotode numbrid märgitakse probleemsetes kohtades plaanile.

Üks uurijatest kirjutab, teine pildistab.

Põhja-lõuna suund märgitakse joonise paremasse ülemisse nurka.

Hoone iga nurga juurde märgitakse plaanile maapinna kõrgus puhtast põrandapinnast. Mõõdetakse meetrites, 5 cm täpsusega.

1. FOTODE NUMERATSIOON:

2. SUHTELINE ÕHUNIISKUS% (täpsus 0,1 protsenti)

3. TEMPERATUUR°C (täpsus 0,1 kraadi)

4. HOONE PAIKNEB ☐ tasasel pinnal ☐ kallakul ☐ künkal

(maapinna kalded märgitakse nooltega plaanile, igasse nurka üks nool: hoonest eemale või hoone poole. Maapinna kalde % märgitakse noole kõrvale 5% täpsusega)

5. SOKKEL

☐ olemas ☐ puudub
☐ praod ☐ nihked
☐ lahtine või osaliselt puuduv krohv
☐ seenkahjustus ☐ märmumine
☐ soolakahjustus ☐ biokahjustus ☐ kahjustus puudub

(kahjustused jäädvustatakse, foto nr märgitakse plaanile; vajadusel kirjeldatakse kahjustust ilmakaarte järgi, täpsustatakse ulatus, tihedus jne).....

6. SOKLIS TUULUTUSAVAD

☐ ei ☐ jah (märgitakse plaanile väljapoole hoone piiret ...)

MÄRKUSED: (kas tuulutusavasid on piisavalt, milliste ruumide puhul puuduvad, kas on suletud)

7. SEINAD

☐ praod ☐ nihked ☐ kumerused
☐ lahtine või osaliselt puuduv krohv
☐ seenkahjustus ☐ mardikakahjustus
☐ biokahjustus (sammal, samblik, vetikad) ☐ märmumine
☐ soolakahjustus ☐ kahjustused puuduvad

(kahjustused jäädvustatakse, foto nr märgitakse plaanile; vajadusel kirjeldatakse kahjustust ilmakaarte järgi, täpsustatakse ulatus, tihedus jne).....

8. KATUS

☐ korras ☐ oletatavate veeläbijooksudega
☐ osaliselt/täielikult sisse varisenud (joonitakse alla)

(kahjustused jäädvustatakse, foto nr märgitakse plaanile; kirjeldatakse kahjustust, asukohta)

9. SADEVEESÜSTEEM

☐ toimiv ☐ puudulik ☐ puudub

(kahjustused jäädvustatakse, foto nr märgitakse plaanile, vajadusel täpsustatakse vigu süsteemi osades nagu torudes, mis näiteks lõpevad liiga kõrgel maapinnast; rennides, mis on katusekatte suhtes paigaldatud ebaõigele kaugusele jne)

10. SADEVESI HOONEST EEMALE JUHITUD/JUHTIMATA (joonitakse alla)

SISEVAATLUS

Kõrgused mõõdetakse puhtast põrandapinnast.

Probleemsed piirkonnad pildistatakse, foto number märgitakse plaanile.

Kahjustuse piirid märgitakse plaanile: –SE– seinä kõrval tähistab kahjustust seinal;

–PÕ– kahjustus põrandas; –L– kahjustus laes; Kn – kahjustuspiirkonna number.

KELDER

1. FOTODE NUMERATSIOON:

2. SUHTELINE ÕHUNIISKUS% (täpsus 0,1 protsenti) RUUMIS (nimetus)

3. TEMPERATUUR°C (täpsus 0,1 kraadi)

(kui on teistest ruumidest oluliselt erineva sisekliimaga ruum, märgitakse see eraldi reale: RH, °C ja ruumi nimetus)

4. VEE LÄBIJOOKSUKOHAD

☐ puuduvad

☐ tehnosüsteemid

☐ pinnavesi

☐ torustik

☐ teadmata

☐ aktiivne

☐ parandatud

5. PÕRANDAD

☐ puitpõrand

☐ betoonpõrand

☐ pinnas

☐ muu

6. KAHJUSTUNUD ELEMENDID

Sein	Põrand	Lagi
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Kirjeldatakse kahjustunud piirkonda:

Kn – kahjustuspiirkonna number

Foto number

M – mardikakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

S – seenkahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

SO – soolakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

V – veekahjustus

BK – biokahjustus (sammal, samblik, vetikad)

praod

nihked

kumerused

lahtine või varisenud krohv

7. PUIT- JA PUIDUPÕHISTE MATERJALIDE VEESISALDUSED KAHJUSTUSPIIRKONNAS *

(märgitakse plaanil Vn; lehele märgitakse: PÕ – põrand, L – lagi, SE – sein; H – kõrgus puhtast põrandapinnast, täpsus 1%)

V1	V11
V2	V12
V3	V13
V4	V14
V5	V15
V6	V16
V7	V17
V8	V18
V9	V19
V10	V20

(* vajadusel mõõdetakse võrdluspunkte kahjustuseta alalt)

8. PROOVID (märgitakse plaanil tähisega Pn; kirjeldusse märgitakse: S – seeneproov, M – mardikaproov, H – kõrgus puhtast põrandapinnast; asukoht: SE – sein, PÕ – põrand, L – lagi, aknaraam jne; foto number)

P1	P11
P2	P12
P3	P13
P4	P14
P5	P15
P6	P16
P7	P17
P8	P18
P9	P19
P10	P20

9. BORESKOobiUURING (ainult kahjustuse kahtluse korral, omaniku ja/või muinsuskaitse inspektori loal)

☐ JAH

☐ EI

(kui „JAH“, siis märgitakse kontrollaugud plaanil: O|n – auk seinas, Õn – auk laes, Qn – auk põrandas; lisatakse iga kontrollitud suletud konstruktsiooni kirjeldus)

.....

10. SISUSTUS (märgitakse ruumi nimetus/number, kahjustunud sisustuselemendid, kahjustuse liik ja intensiivsus)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I KORRUS

1. FOTODE NUMERATSIOON:
2. SUHTELINE ÕHUNIISKUS% (täpsus 0,1 protsenti) RUUMIS (nimetus)
3. TEMPERATUUR°C (täpsus 0,1 kraadi)

(kui on teistest ruumidest oluliselt erineva sisekliimaga ruum, märgitakse see eraldi reale: RH, °C ja ruumi nimetus)

4. VEE LÄBIJOOKSUKOHAD

- ☐ tehnosüsteemid ☐ torustik ☐ teadmata
- ☐ katus ☐ puuduvad
- ☐ aktiivne ☐ parandatud

5. PÕRANDAD

- ☐ pinnas ☐ betoonpõrand
- ☐ muu
- ☐ puitpõrand (kui osaline, siis kirjeldatakse asukoht)

6. PUITPÕRANDAD

- ☐ osaliselt / täielikult siseõhuga ventileeritavad (joonitakse alla)
- ☐ ventileerimata

7. KAHJUSTUNUD ELEMENDID

Sein	Põrand	Lagi
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Kirjeldatakse kahjustunud piirkonda:

Kn – kahjustuspiirkonna number

Foto number

M – mardikakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

S – seenkahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

SO – soolakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

V – veekahjustus

BK – biokahjustus (sammal, samblik, vetikad)

praod

nihked

kumerused

lahtine või varisenud krohv

8. PUIT- JA PUIDUPÕHISTE MATERJALIDE VEESISALDUSED KAHJUSTUSPIIRKONNAS *

(märgitakse plaanil Vn; lehele märgitakse: PÕ – põrand, L – lagi, SE – sein; H – kõrgus puhtast põrandapinnast, täpsus 1%)

V1	V11
V2	V12
V3	V13
V4	V14
V5	V15
V6	V16
V7	V17
V8	V18
V9	V19
V10	V20

(* vajadusel mõõdetakse võrdluspunkte kahjustuseta alalt)

9. PROOVID (märgitakse plaanil tähisega Pn; kirjeldusse märgitakse: S – seeneproov, M – mardikaproov, H – kõrgus puhtast põrandapinnast; asukoht: SE – sein, PÕ – põrand, L – lagi, aknaraam jne; foto number)

P1	P11
P2	P12
P3	P13
P4	P14
P5	P15
P6	P16
P7	P17
P8	P18
P9	P19
P10	P20

10. BORESKOOBIUURING (ainult kahjustuse kahtluse korral, omaniku ja/või muinsuskaitse inspektori loal)

☐ JAH

☐ EI

(kui „JAH“, siis märgitakse kontrollaugud plaanil: O|n – auk seinas, Õn – auk laes, Qn – auk põrandas; lisatakse iga kontrollitud suletud konstruktsiooni kirjeldus)

.....

.....

.....

.....

11. SISUSTUS (märgitakse ruumi nimetus/number, kahjustunud sisustuselemendid, kahjustuse liik ja intensiivsus)

.....

.....

.....

.....

.....

ÜLEJÄÄNUD KORRUSED

1. FOTODE NUMERATSIOON:
2. SUHTELINE ÕHUNIISKUS% (täpsus 0,1 protsenti) RUUMIS (nimetus)
3. TEMPERATUUR°C (täpsus 0,1 kraadi)
- (kui on teistest ruumidest oluliselt erineva sisekliimaga ruum, märgitakse see eraldi reale: RH, °C ja ruumi nimetus)
-

4. VEE LÄBIJOOKSUKOHAD
- | | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| ☐ tehnosüsteemid | ☐ torustik | ☐ teadmata |
| ☐ katus | ☐ puuduvad | |
| ☐ aktiivne | ☐ parandatud | |

5. PÖRANDAD
- | | |
|---|------------------------------------|
| ☐ betoonpõrand | ☐ muu |
| ☐ puitpõrand (kui osaline, siis kirjeldatakse asukoht) | |
-

7. KAHJUSTUNUD ELEMENDID

Sein	Põrand	Lagi
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Kirjeldatakse kahjustunud piirkonda:

Kn – kahjustuspiirkonna number

Foto number

M – mardikakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

S – seenkahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

SO – soolakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

V – veekahjustus

BK – biokahjustus (sammal, samblik, vetikad)

praod

nihked

kumerused

lahtine või varisenud krohv

8. PUIT- JA PUIDUPÕHISTE MATERJALIDE VEESISALDUSED KAHJUSTUSPIIRKONNAS *

(märgitakse plaanil Vn; lehele märgitakse: PÕ – põrand, L – lagi, SE – sein; H – kõrgus puhtast põrandapinnast, täpsus 1%)

V1	V11
V2	V12
V3	V13
V4	V14
V5	V15
V6	V16
V7	V17
V8	V18
V9	V19
V10	V20

(* vajadusel mõõdetakse võrdluspunkte kahjustuseta alalt)

9. PROOVID (märgitakse plaanil tähisega Pn; kirjeldusse märgitakse: S – seeneproov, M – mardikaproov, H – kõrgus puhtast põrandapinnast; asukoht: SE – sein, PÕ – põrand, L – lagi, aknaraam jne; foto number)

P1	P11
P2	P12
P3	P13
P4	P14
P5	P15
P6	P16
P7	P17
P8	P18
P9	P19
P10	P20

10. BORESKOOBIUURING (ainult kahjustuse kahtluse korral, omaniku ja/või muinsuskaitse inspektori loal)

☐ JAH

☐ EI

(kui „JAH“, siis märgitakse kontrollaugud plaanil: O|n – auk seinas, Õn – auk laes, Qn – auk põrandas; lisatakse iga kontrollitud suletud konstruktsiooni kirjeldus)

.....

.....

.....

.....

.....

11. SISUSTUS (märgitakse ruumi nimetus/number, kahjustunud sisustuselemendid, kahjustuse liik ja intensiivsus)

.....

.....

.....

.....

.....

KATUSEALUNE

1. FOTODE NUMERATSIOON:
2. SUHTELINE ÕHUNIISKUS% (täpsus 0,1 protsenti) RUUMIS (nimetus)
3. TEMPERATUUR°C (täpsus 0,1 kraadi)
- (kui on teistest ruumidest oluliselt erineva sisekliimaga ruum, märgitakse see eraldi reale: RH, °C ja ruumi nimetus)
-

4. VEE LÄBIJOOKSUKOHAD
- ☐ tehnosüsteemid ☐ torustik
- ☐ katus ☐ puudub ☐ teadmata
- ☐ aktiivne ☐ parandatud

5. PÕRANDAD
- ☐ betoonpõrand ☐ muu
- ☐ puitpõrand (kui osaline, siis kirjeldatakse asukoht)
-

7. KAHJUSTUNUD ELEMENDID

Sein	Põrand	Lagi
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Kirjeldatakse kahjustunud piirkonda:

Kn – kahjustuspiirkonna number

Foto number

M – mardikakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

S – seenkahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

SO – soolakahjustus, ulatus: H = 0.2...0.7 (kõrgus meetrites), B = 1.5 (horisontaalsuunas meetrites)

V – veekahjustus

BK – biokahjustus (sammal, samblik, vetikad)

praod

nihked

kumerused

lahtine või varisenud krohv

8. PUIT- JA PUIDUPÕHISTE MATERJALIDE VEE SISALDUSED KAHJUSTUSPIIRKONNAS *

(märgitakse plaanil Vn; lehele märgitakse: PÕ – põrand, L – lagi, SE – sein; H – kõrgus puhtast põrandapinnast, täpsus 1%)

V1	V11
V2	V12
V3	V13
V4	V14
V5	V15
V6	V16
V7	V17
V8	V18
V9	V19
V10	V20

(* vajadusel mõõdetakse võrdluspunkte kahjustuseta alt)

9. PROOVID (märgitakse plaanil tähisega Pn; kirjeldusse märgitakse: S – seeneproov, M – mardikaproov, H – kõrgus puhtast põrandapinnast; asukoht: SE – sein, PÕ – põrand, L – lagi, aknaraam jne; foto number)

P1	P11
P2	P12
P3	P13
P4	P14
P5	P15
P6	P16
P7	P17
P8	P18
P9	P19
P10	P20

10. BORESKOOBIUURING (ainult kahjustuse kahtluse korral, omaniku ja/või muinsuskaitse inspektori loal)

☐ JAH

☐ EI

(kui „JAH“, siis märgitakse kontrollaugud plaanil: O|n – auk seinas, Õn – auk laes, Qn – auk põrandas; lisatakse iga kontrollitud suletud konstruktsiooni kirjeldus)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. SISUSTUS (märgitakse ruumi nimetus/number, kahjustunud sisustuselemendid, kahjustuse liik ja intensiivsus)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MÄRKUSED (kontrollimata ruumid ja konstruktsioonid, põhjus(ed))

.....

.....

.....

.....

.....

.....

TAUSTINFORMATSIOON

(ajalugu, hoone vanus, kasutusotstarbe muutused, ümberehitused, varasemad lekked)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

VARUSTUS (loetleda kasutatud seadmed)

- ☐ Õhuniiskuse mõõtja Wawetek Meterman TRH22
- ☐ Veesisalduse mõõtja Protimeter Moisture Measurement System
- ☐ Digitaalne fotoaparaat Olympus E-3/E-330
- ☐ ZUIKO DIGITAL Lainurkobjektiiv ED 7–14 mm 1:4
- ☐ ZUIKO DIGITAL Teleobjektiiv 50–200 mm 1:2.8–3.5
- ☐ Makrovõtete objektiiv Olympus Digital 14–54 mm 1:2.8–3.5
- ☐ Fiiberoptiline boreskoop Olympus R080-063-045SW115-50
- ☐ Kompas
- ☐ Termokaamera FLIR B50
- ☐ Anemomeeter Delta OHM HD2103.2
- ☐ Laserkaugusemõõtja Leica Disto™ D3

OLETATAVAD KAHJUSTUSTE PÕHJUSED JA SOOVITUSED (lühidalt, nt madal sokkel, haljastus – hoonele lähemal kui 3 m, jne)

.....

.....

.....

.....

EHITUSFÜÜSIKA, -TEHNOLOOGIA (probleemsete konstruktsioonide kirjeldused)

.....

.....

.....

.....

SÕLMEJONISED (probleemsete sõlmede visandid)

