



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janika Filppula

TEUVAN KUNNANKIRJASTON
KUNTOTUTKIMUS

Tekniikka ja liikenne
2011

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Janika Filppula
Opinnäytetyön nimi	Teuvan kunnankirjaston kuntotutkimus
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	74 + 10 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

Työn tavoitteena on selvittää Teuvan kunnankirjaston tämänhetkinen kunto ja korjaustarve kuntotutkimuksen avulla. Kirjaston kuntotutkimukseen kuuluu olennaisena osana rakennuskohteen asiakirjoihin tutustuminen, silmämääräinen tutkimus, kosteusmittaukset ja lämpökamerakuvaus.

Kuntotutkimuksen kautta selvisi, että rakennuksen suurin ongelma on kosteus. Rakenteet ovat kostuneet kellarissa, maanvaraisessa laatasta ja ullakolla. Kellarin ja maanvaraisen laatan kosteus on peräisin maaperästä ja ullakon sadevedestä.

Koska homevaara on kohteen kostuneissa rakenteissa suuri, on kohteen kosteusrasitusta ensisijassa vähennettävä. Kosteusrasitusta saadaan vähennettyä salaojituksella, kapillaarikatkolla, perustusten ja kellarin seinien ulkopuolisella vesi- ja routaeristämällä sekä vesikaton uusimisella. Myös tuuletuksen parantaminen kellarissa ja ullakolla on jatkossa tärkeää, jotta rakenteet pysyisivät kuivina ja vältettäisiin mahdolliset lisävauriot.

Avainsanat: kuntotutkimus, maanvarainen laatta, kosteusrasitus, kapillaarikatko

ABSTRACT

Author	Janika Filppula
Title	Condition study of the municipality library of Teuva
Year	2011
Language	Finnish
Pages	74 + 10 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

The objective of the work is to clear the present condition and correction need of the municipality library of Teuva with the help of the condition study. The project included getting familiar with the documents of the project, visual examination of the object, moisture measurements and photographing with thermographic camera.

By means of the condition study, it became clear that the biggest problem of the building is moisture. The structures have moistened in the cellar, in the ground slab and in the attic. The moisture of the cellar and of the ground slab is from soil and from the rainwater of the attic.

Because the mould danger is big in the structures of the target which have moistened, the moisture stress of the target must be reduced primarily. The moisture stress will be reduced by subsurface drainage, by capillary break, the external water insulation and frost isolating of the walls of the foundations and cellar and renewing of the roof. Also the improvements of the ventilation in the cellar and in the attic are important in the future so that the structures would remain dry and the possible additional damages would be avoided.

Keywords: condition study, ground slab, moisture stress, capillary break

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	4
2	KUNTOTUTKIMUS YLEISESTI.....	5
	2.1 Kuntotutkimuksen vaiheet ja menetelmät.....	5
	2.2 Kuntotutkimuksen tekeminen	6
3	TURMELTUMISILMIÖT	8
	3.1 Muuratut rakenteet	8
	3.1.1 Pakkasrapautuminen	8
	3.1.2 Halkeilu	10
	3.1.3 Raudoitteiden korroosio	11
	3.2 Puu materiaali	11
	3.2.1 Lahoaminen.....	11
	3.2.2 Sinistuminen.....	14
	3.2.3 Homehtuminen.....	14
	3.2.4 Hyönteisvauriot.....	15
	3.2.5 Bakteerit	16
	3.2.6 Halkeilu	16
	3.3 Teräs, korroosio	16
	3.4 Betoni.....	17
	3.4.1 Kutistuminen	17
	3.4.2 Viruminen	18
	3.4.3 Halkeilu	18
	3.4.4 Raudoitteiden korroosio ja betonin karbonatisoituminen	20
	3.4.5 Pakkasrapautuminen	21
	3.5 Rappaus.....	22
	3.5.1 Kosteusrasitus- ja pakkasvauriot.....	22
	3.5.2 Halkeilu	23
4	TEUVAN KUNNANKIRJASTO	26
5	KIRJASTON KUNTOTUTKIMUS.....	27

5.1	Kellari	27
5.2	Perustus ja alapohja.....	30
5.3	Välipohja.....	33
5.4	Yläpohja.....	34
5.5	Julkisivut.....	35
5.5.1	Ulkoseinät	36
5.5.2	Ulko-ovet	39
5.5.3	Ikkunat.....	39
5.6	Täydentävät rakenteet	41
5.6.1	Sisäovet	41
5.6.2	Alakatot	42
5.7	Tilojen pintarakenteet	43
5.7.1	Lattiapinnat	43
5.7.2	Kantavat seinät	43
5.8	Katto ja ullakko.....	45
5.9	Muut.....	45
5.9.1	Koneellinen ilmastointi	45
5.9.2	Painovoimainen ilmanvaihto.....	46
6	KOSTEUSMITTAUS	49
6.1	Kosteusmittarit.....	49
6.2	Kosteusmittaus	50
6.3	Kosteusmittausten tulokset	51
6.3.1	Kellari.....	52
6.3.2	Ensimmäinen kerros.....	57
6.3.3	Toinen kerros	59
6.3.4	Ullakko.....	60
7	LÄMPÖKAMERAKUVAUS	66
7.1	Lämpökamera	67
7.2	Teuvan kunnankirjaston lämpökuvaus	68
7.3	Lämpökameran tulokset.....	69
8	YHTEENVETO	71
	LÄHTEET	73

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö sai aiheensa, kun Teuvan tekninen toimi päätti teettää hallinnoimaansa rakennukseen, nykyiseen Teuvan kirjastoon, kuntotutkimuksen. Rakennus on alun perin rakennettu kansakouluksi v. 1942, jonka jälkeen se on peruskorjattu kirjastoksi v. 1980. Peruskorjauksen yhteydessä rakenteita ja kalusteita uusittiin kirjaston käyttötarkoitukseen sopiviksi.

Koska kirjaston peruskorjauksesta on kulunut jo useita kymmeniä vuosia, on siihen siinä ajassa ehtinyt syntymään myös suuri määrä uusia vaurioita. Työni tarkoituksena onkin rakennuksen kuntotutkimuksen kautta selvittää kirjaston vaurioiden laajuus ja syntyperä sekä ehdottaa mahdollisista korjaustoimenpiteistä, jotta rakennus olisi mahdollisimman käyttöturvallinen myös tulevaisuudessa.

Työtäni olen pohjustanut kohteen eri rakennusmateriaalien tyypillisimmillä turmeltumisilmiöillä, jotta rakenteiden käyttäytyminen eri olosuhteissa tulisi mahdollisimman selväksi niin rakennusalan ammattilaisille kuin maallikoillekin. Oman haasteensa työhön toi kuitenkin se, että kirjaston rakenteista ei ole olemassa tarkkoja rakennepiirustuksia, joiden kautta rakenteiden turmeltumien arvioiminen olisi ollut helpompaa. Kirjaston kuntotutkimus perustuu lähinnä saatuihin tietoihin, asiakirjoihin, silmämääräisesti tehtyihin tutkimuksiin, kosteusmittauksiin, lämpökamerakuvaukseen sekä lämmönläpäisykertoimen määrittämiseen. Lähtötietojen, tutkimustulosten ja niiden kautta laskettujen laskujen kautta päädyin johtopäätöksiin, jotka antavat kokonaiskuvan kohteen vaurioista ja niiden vaatimista toimenpiteistä.

2 KUNTOTUTKIMUS YLEISESTI

”Kuntotutkimus on tietyn rakenteen, rakennusosan tai järjestelmän korjaus- tai perusparannussuunnitelman pohjaksi tehtävä tutkimus, jossa erilaisten tutkimusmenetelmien avulla selvitetään rakenteiden kunto, tekninen toimivuus, käytetyt materiaalit, rasitysympäristö ja sen vaatima korjaustaso.” /2/

Kuntotutkimuksen tavoite on paitsi rakenteen toimivuuden ja kunnon selvittäminen, myös vaurioiden laadun, laajuuden, asteen, syiden ja etenemisen arvioiminen. /2/

2.1 Kuntotutkimuksen vaiheet ja menetelmät

Kuntotutkimus koostuu käytännössä neljästä eri vaiheesta /2/:

- asiakirjoihin tutustumisesta,
- aistinvaraisesta arviosta,
- mittauksista, näytteiden otosta ja laboratoriotutkimusten teosta sekä
- kuntotutkimusraportista.

Kuntotutkimuksen ensivaiheessa tutustutaan kohteeseen ja sen asiakirjoihin piirustusten, asukas- ja käyttäjäkyselyjen sekä muiden dokumenttien ja taustatietojen hankinnan kautta. Kun tutkimuskohde tunnetaan asiakirjojen perusteella, tehdään aistinvarainen arviointi. Aistinvaraisen arvion kautta saadaan kohteesta hyvä yleiskuva, jonka kautta voidaan päätellä, mihin perusteellisimpiin tutkimuksiin eli tutkimusmenetelmiin on ryhdyttävä. Tämän jälkeen suoritetaan vasta mittaukset, otetaan näytteet ja tehdään laboratoriotutkimukset. Saadut kuntotutkimustulokset kootaan lopuksi kuntotutkimusraportiksi. /2/

Kuntotutkimusmenetelmät voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen perusteella, mitä tutkimusvälineitä käytetään ja aiotaanko kohteessa rikkoa rakenteita /2/:

- silmämääräinen arviointi,

- ainetta rikkomattomat tutkimukset sekä
- näytteiden otto ja laboratoriotutkimukset

Silmämääräisessä arvioinnissa ei saada yksityiskohtaista tietoa, ei rikota rakennetta eikä käytetä erityisiä tutkimuslaitteita. Tämän menetelmän avulla pyritään ainoastaan saamaan kokonaiskuva tutkimuskohteesta helposti ja nopeasti, ilman kalliita tutkimuksia. /2/

Ainetta rikkomattomissa tutkimuksissa ei rikota rakennetta lainkaan vaan tutkimukset tehdään mm. lämpökamerakuvausta, betonin lujuuden kimmovasaramittausta, röntgenkuvausta ja pintakosteusmittausta hyväksi käyttäen. Näillä eri menetelmillä saatavan tiedon tarkkuus kuitenkin vaihtelee paljon. /2/

Näytteiden otto ja laboratoriotutkimukset taas rikkovat tutkittavaa rakennetta. Näytteiden avulla pystytään kuitenkin tarvittaessa tutkimaan näytekohdan materiaali hyvinkin tarkasti. Epäselvää kuitenkin on se, kuinka hyvin näyte edustaa koko rakennetta. /2/

2.2 Kuntotutkimuksen tekeminen

Kuntotutkimus käynnistyy yleensä tutkimuksen tilaajan yhteydenotolla, joka johtaa usein myös ensimmäiseen kohdekäyntiin ja kuntotutkimuksen laajuuden arviointiin. /3/

Kuntotutkimuksen laatii kuntotutkija, jolla tulee olla korkea ammattitaito alaan liittyen. Kuntotutkijan tulee osata paitsi käyttää erilaisia mittaus- ja havainnointilaitteistoja sekä näytteenottolaitteita myös tuntea niihin liittyvät epävarmuustekijät. Kuntotutkijalla tulisi olla myös yhteistyökumppaneita erikoistoimenpiteiden ja laboratoriotutkimusten toteuttamista varten. /6/

Kuntotutkijan päätarkoituksena on määritellä järkevät ja taloudelliset korjausehdotukset olemassa oleville vaurioille hyödyntäen eri

kuntotutkimusvaiheita ja -menetelmiä niin, että korjaukset osataan toteuttaa ja kohdistaa oikeisiin asioihin välttäen ylimääräisten kustannusten muodostumista.

Kuntotutkimusvaiheiden ja -menetelmien kautta kuntotutkija arvioi tuloksia, tekee johtopäätökset sekä laatii raportin, jonka pohjalta myös tilaaja tietää tutkimuskohteen korjaustarpeista, korjaustapavaihtoehdoista sekä korjausten kiireellisyydestä. Kuntotutkimuksessa havaitut viat korjataan vasta sitten, kun kohteeseen parhaiten soveltuva korjausmenetelmä on selvillä. /4, 5/

Tärkeintä kuitenkin on, että kuntotutkija toimii tutkimustyössään ongelmakeskeisesti eikä menetelmakeskeisesti. Kuntotutkijan on oltava riittävän perehtynyt vanhoihin rakenteisiin, turmeltumisilmiöihin ja käytettävissä oleviin korjausmenetelmiin. /2/

3 TURMELTUMISILMIÖT

3.1 Muuratut rakenteet

3.1.1 Pakkasrapautuminen

Pakkasrapautuminen on merkittävin muurattujen rakenteiden, tiilien ja laastien, turmeltumisilmiö, joka johtuu tiilen korkeasta kosteuspitoisuudesta. /2/

Muuratut julkisivut ovat esimerkiksi alttiita kosteusrasitukselle, mikäli rakenteesta puuttuvat räystäät, syöksytorvet vuotavat, pellitykset on toteutettu virheellisesti, vettä valuu seinään muista rakenteista, sisäpuoliset putket vuotavat, rakenne jäätyy ja sulaa nopeasti ja useasti, veden ulosjohtaminen tuuletusraosta on unohdettu tai tiilimuurausta ei ole suojattu. /7/

Lämpö- ja kosteusliikkeiden aiheuttamat halkeama- ja pakkasvauriot ovat yleisiä erityisesti lämpöeristetyillä ulkoseinillä. Eniten pakkasvaurioita kuitenkin ilmenee viistosateelle alttiissa kuorimuureissa, aidoissa, puutteellisesti toimivien liitosten ja vuotavien pellitysten yhteydessä sekä maakosketuksessa olevissa rakenteissa, kuten perustuksissa, johon sadevesi, pohjavesi sekä nouseva kosteus vaikuttavat. /2/

Koska pakkasrapautuminen johtuu tiilen korkeasta kosteuspitoisuudesta, voi muurattuihin rakenteisiin syntyä helposti myös kosteus- ja homevaurioita. Vauriot voivat tulla ilmi siinä vaiheessa, kun huomataan ikkunasta päässeän vettä sisätiloihin, tiilipinnalle muodostuneen suolahärmettä, tiilen ja saumauslaastin rapautuvan tai tiilen kappaleiden irtoavan. Pakkasvauriot ilmenevät myös rakenteiden puuosien lahovaurioina, eristeiden kostumisena, seinän lämmöneristyskyvyn alenemisena sekä teräsosien korroosiona. /7/

Kosteusrasituksen lisäksi pakkasvaurioiden todennäköisyyttä lisäävät mm. pakkaskestävyydeltään liian heikot laastit ja tiilet, liian luja laasti, ohut kuorimuuri, rakenteen rakennusaineiden yhdistelmät, pintakäsittely, huonosti toteutettu limitys, seinän halkeilu ja huono muuraustyö. Huonoksi muuraustyöksi luetaan mm. jälkisaumaus, laastin huono tartunta sekä tuuletusrakojen huono

toteutus. Myös liian matala sokkeli, maanpinnan vietto julkisivuun päin sekä rakenteen sisäpuoliset rasiustekijät vaikuttavat tiilen kosteuspitoisuuteen ja lämpötilaan. /7/

Pakkasvaurioita pyritään estämään ja vaurioiden etenemistä rajoittamaan valitsemalla pakkasenkestäviä tiiliä ja laasteja, jotka ovat huokoisia ja lujia, vähentämällä tiilen kosteusrasitusta sekä kunnossapitämällä julkisivuja säännöllisten puhdistusten ja korjausten kautta. /2, 7/

Kosteusrasitusta saadaan vähennettyä mm. rajoittamalla veden sisääntuloa ja valumista, parantamalla tuuletusta rakenteen sisällä sekä vähentämällä sadevesivuotoja. Veden sisääntuloa ja valumista voidaan vähentää esimerkiksi tukkimalla ilma- ja kosteusvuodot. Sadevesivuotoja saadaan vähennettyä esimerkiksi pellitysten, räystäiden ja sadevesijärjestelmien ja ikkunaliitosten toimivuutta parantamalla. /7/

Korjaustarvetta vaativat etenkin vanhat kostuneet tiiliseinät, jotka saattavat toimia otollisena kasvuympäristönä erilaisille sienille, leville, sammaleille ja kasveille. /2/

Pakkasvaurion korjaustapa riippuu aina rapautuman laajuudesta ja syystä. Mikäli vauriot ulottuvat laajalle, muurausten pakkasvauriot korjataan vaihtamalla rakennusosat, kuten tiilet, entisen kaltaisiin tai vaihtoehtoisesti uusiin kestävämpiin rakennusosiin. /7/

Kosteusvaurioita ja rapautumia voidaan korjata myös mm. seinän liitoskohtia parantamalla, rapautuneita laastisaumoja uudelleen saumaamalla tai uudelleenverhoamalla seinät tuulettuviksi ja sateenpitäviksi. Myös seinän purkaminen ja uudelleen muuraaminen saattaa tulla kyseeseen, mikäli seinän tuuletusraosta on tehtävä toimivampi tai leveämpi. /2/

Perustuksiin syntyvät kosteusvauriot ovat yleisimpiä ja usein korjauskustannuksiltaan kalliita /2/. Maakosteuden pääsyn estäminen muuraukseen onkin tärkeää ja se voidaan toteuttaa mm. salaojitusta parantamalla, kapillaarikatkolla tai vedeneristämällä perusmuuri /7/.

3.1.2 Halkeilu

Halkeamat syntyvät tyypillisesti tiilen ja laastin väliseen tartuntapintaan ja etenevät muurattujen rakenteiden kantavissa seinissä usein portaittain /2/. Halkeamat johtuvat eri muodonmuutoksista, useimmiten tukirakenteiden, kuten perustusten, liikkeistä, kuormituksesta sekä lämpötila- ja kosteusmuutoksista /7/. Nämä muodonmuutokset ovat levyn tason suuntaisia siirtymiä korkeus- ja pituussuunnassa /2/.

Halkeamille on olemassa monia eri syitä, kuten esimerkiksi perustusten ja tukien epätasainen painuminen ja siirtyminen kuormituksen epätasaisesta jakautumisesta johtuen, ylikuormitus, eri seinäosien toisistaan poikkeavat lämpötila- ja kosteusolosuhteet sekä liikuntasauvojen puuttuminen, riittämättömyys tai väärä sijainti /7/. Myös estetyt muodonmuutokset, jotka aiheuttavat pakkovoimia ja jännityksiä, aiheuttavat halkeamia /2/.

Halkeilua voidaan rajoittaa huolellisella liikuntasauvojen sijoittelulla ja suunnittelulla, tukien jäykkyyden varmistamisella, huolellisella liitosten suunnittelulla sekä tarvittaessa raudoituksella /2/. Liikuntasauvoja voidaan lisätä esimerkiksi kohtiin, joihin halkeamat muutoinkin muodostuisivat, kuten nurkkiin, seinän korkeuserojen kohdille, materiaalien vaihtumiskohtiin, ikkunoiden reunojen kohdille ja kohtiin, joissa muurin vetolujuus heikkenee. Raudoituksella voidaan taas pienentää halkeamaleveyttä sekä jakaa muodonmuutokset esimerkiksi liikuntasauvoille. /7/

Myös kosteuden mukana kulkevat vesiliukoiset suolat saattavat tiilen sisälle kiteytyessään aiheuttaa tiilen pinnan rapautumista ja lohkeilua. Suolat ovat useimmiten peräisin joko laastista, maaperästä tai itse tiilestä. Suolojen vaurioittamat tiilet korjataan vaihtamalla tilalle uudet. /2/

Halkeamat voidaan korjata tiivistämällä ne elastisella massalla tai täyttämällä laastilla. Elastista massaa käytetään halkeaman tiivistämiseen, mikäli halkeamista aiheutuu vesivuotoja. Halkeama taas täytetään laastilla silloin, kun halkeaman liikkuminen on vähäistä. /7/

Mikäli muurattuja kantavia rakenteita joudutaan purkamaan, tiilet kannattaa irrottaa yksitellen joko piikkaamalla laastireunat auki tai sahaamalla timanttileikkurilla aukko seinään. Kantavia rakenteita purettaessa joudutaan yleensä myös rakentamaan väliaikaisia teräsrakenteisia tukia, jotta kuormat saadaan korjauksen ajaksi siirrettyä perustuksille. /2/

3.1.3 Raudoitteiden korroosio

Muuratuissa rakenteissa teräkset pääsevät ruostumaan, kun huokoinen laasti karbonatisoituu pH-arvoltaan neutraalien tiilien vuoksi, muurattuun rakenteeseen syntyy halkeamia ja kun terästä suojaava laastikerros on liian ohut tai sitä ei ole. /7/

Muuratuissa rakenteissa ei kannata käyttää seostamattomia teräksiä, koska niiden korroosiosuojan on todettu olevan puutteellinen. Myöskään eri metallit eivät saa olla muuratussa rakenteessa kosketuksissa toisiinsa, koska korroosio saattaa tällöin nopeutua. Julkisivumuurauksissa on suotavaa käyttää korroosiota kestäväenä roudoituksena vain kuumasinkittyjä tai ruostumattomia raudoitteita. /2/

Korroosiosta olen kirjoittanut tarkemmin kappaleissa 3.3 Teräs, korroosio ja 3.4.4 Raudoitteiden korroosio ja betonin karbonatisoituminen.

3.2 Puu materiaali

3.2.1 Lahoaminen

Lahoamisen aiheuttavat puussa kasvavat lahottajasienet, jotka käyttävät puuta ravintonaan. Lahottajasienivaara on, mikäli kosteus, ravinto, happi ja lämpöolosuhteet ovat suotuisat /11/. Lahottajasienten itiöt leviävät helposti ilmavirtausten mukana, itävät puun pinnalle ja kasvattavat rihmaston puun sisälle. Puu lahoaa, kun rihmat erittävät puun ainesosia hajottavia entsyymejä. Lahottajasienistä tunnetuin on lattiasieni. /2/

Lahottajasienten itiöt tarvitsevat itääkseen vapaata vettä ja rihmasto vaatii kasvaakseen kasvualustan, jonka kosteuspitoisuus on 30–120 painoprosenttia.

Lahottajasienet kasvavat parhaiten ympäristössä, jonka kosteuspitoisuus on 40–80 painoprosenttia ja lämpötila +25 – +32 °C. Paras happamuusaste kasvualustana on, kun pH on 5. Lahottajasientä ei häiritse kuivuus, sillä sen rihmasto säilyttää elinkelpoisuutensa, vaikka se olisikin kuivuuden takia vuosia lepotilassa. Sienet kestävät hyvin myös pakkasta. /11/

Lahottajasienet luokitellaan kolmeen tyyppiin: katko-, rusko- ja valkolahottajasieniin. Katkolahovaurioitunut puu muistuttaa ulkoisesti kelopuuta, koska puu harmaantuu ja sen ulkopinta irtoaa ruutumaisesti. Puu saattaa vaikuttaa pinnan alta terveeltä, mutta kuormitusta se ei juuri kestä. Lahottajasienen aiheuttamat vauriot puun soluseinämissä muistuttavat bakteerien aiheuttamia vaurioita. /11/

Ruskolahon sienirihmat kasvavat sekä puun pinnalla että sen solukossa. Puu halkeilee ja sen väri muuttuu ruskeaksi tai kellertäväksi sienirihmaston erittämien entsyymien johdosta. Sienet, jotka aiheuttavat ruskolahoa ovat merkittävimpiä lahovaurioiden aiheuttajia. Rakennusten ongelmallisimpana lahottajasienenä pidetään lattiasientä, joka kuuluu ruskolahoa aiheuttaviin sieniin. /11/

Valkolahoa esiintyy kasvavissa kuusi- ja koivupuissa. Valkolahottajat käyttävät ravintonaan kuitenkin pääosin lehtipuita, joten lahottajana sillä ei ole kovin suurta merkitystä Suomessa, sillä rakentamiseen käytetään puumateriaalina pääosin havupuita. Puu saattaa säilyttää pitkään ulkoisen muotonsa lahoisuudestaan huolimatta, mutta siitä häviävät lujuusominaisuudet. Valkolahottajat muuttavat puun väriä sekä aiheuttavat puun pehmentymistä ja halkeilua. /11/

Kosteusvauriot lisäävät lahoriskiä, puun lujuuden alentumista ja rakenteiden muodonmuutosten kasvua. Kosteusvaurio saattaa aiheutua rakennusaikaisesta kosteudesta, maasta tulevasta kosteudesta, rakennuksen sisältä tulevasta kosteudesta tai sadevedestä. Esimerkiksi lyhyet räystäät, liian loivat katot, tasakatot, ylä- ja alapohjan puutteellinen tuuletus, rakennusten rakentaminen liian alaville paikoille, työvirheet putkivetojen ja kosteiden tilojen rakentamisen yhteydessä, virheelliset lisäeristykset sekä kosteiden tilojen puutteelliset vedeneristykset lisäävät lahovaurioriskiä. Myös pohjavedenpinnan vaihtelut

saattavat johtaa puun lahoamiseen, mikäli pohjavedenpinta laskee niin, että alun perin pohjaveden alla olleet puiden päät pääsevät kosketuksiin hapen kanssa. /2/

Puun turmeltumisilmiöiltä saatetaan välttyä, mikäli havaitut viat korjataan ajoissa ja puutavaraa suojataan, käsitellään ja varastoidaan niin, että biologisilta ja mekaanisilta vaurioilta vältytään. Puurakenteissa tämä edellyttää juuri sisäpuolisen vedeneristyksen, putkien, vesikatteen, räystäskourujen, ala- ja yläpohjan tuuletuksen sekä salaojituksen kunnan seurantaa ja vikojen nopeaa korjaamista. /2/

Lahonkestävyyteen voidaan kuitenkin vaikuttaa myös puulajilla. Lahonarkoja puita ovat mm. männyn pintapuu sekä kuusi. Puun lahoamisnopeuteen ja sienirihmastojen kasvuun voidaan vaikuttaa mm. puun laadulla, kosteudella, lämpötilalla sekä hapen saannilla. Lisäksi puurakenne voidaan suojata lahoamisen vaikutukselta rakenteellista ja kemiallista suojausta käyttäen. /2/

Rakenteellisessa suojauksessa keskitytään rakentamistapoihin ja -toimenpiteisiin, jotka estävät tai vähentävät rakenteen lahoamista. Rakenteellisella suojauksella pyritään rajoittamaan lahoamista edistäviä tekijöitä, estämään kostuminen sekä varmistamaan kuivuminen. /2/

Kemiallista suojausta käytetään, kun puun sinistymistä, lahoamista ja hyönteistuhoja ei voida torjua rakenteellisin suojauksin. Kemiallisessa suojauksessa puu käsitellään käyttöön hyväksytyillä suoja-aineilla. Kemiallinen suojaus parantaa lahonkestävyyttä, mutta ei tee puusta lahoamatonta. /2/

Kuntotutkimuksella ja rakenneselvityksellä saadaan helposti selvitettyä lahovaurioiden laajuus, rakenteiden kantavuus ja muunnettavuus. Rakenteiden toimivuutta ja lahovaurioiden todennäköisyyttä voidaan tutkia silmämääräisesti sekä rakenteita avaamalla. Luotettavin tapa on kuitenkin rakenteen avaus. Lisäksi kosteusmittaus sekä rakennetta rikkovat menetelmät, poraaminen, naulaaminen ja vasaroiminen, saattavat paljastaa lahovaurion. Rakenteesta voidaan ottaa myös materiaalinäyte sienityypin ja oikean korjaustavan varmistamiseksi. /2/

Mikäli löydetään viitteitä lahottajasienestä, selvitetään sen aiheuttaman vaurion laatu, laajuus ja aiheuttaja. Lisäksi parannetaan rakenteen kosteusteknistä toimivuutta, poistetaan lahovaurioitunut puutavara, korvataan saastuneet rakenneosat uusilla materiaaleilla sekä varmistetaan rakenteen kantavuus. Tavallisesti lahonnut osa korvataan puutavaralla, mutta joskus vaurioituneita ja heikkoja rakenteita voidaan vahvistaa myös muototerästen avulla. Korvaavalla materiaalilla ei ole varsinaisesti merkitystä, kunhan rakenne kestää sille tulevat kuormat. Kosteustekninen toimivuus ja kestävyys voidaan varmistaa jatkossa myös käyttämällä puuta vain sellaisissa rakenneratkaisuissa, joiden kosteusolosuhteet voidaan hallita. /2/

3.2.2 Sinistyminen

Sinistäjäsiienten suurimpana haittana pidetään niiden aiheuttamaa puun värjäytymistä, mutta ne myös vahingoittavat puun pintasoluja ja aiheuttavat katkolahoa. Sinistyneen puun pintaosa voidaan puhdistaa esim. natriumhypokloriitilla ja käsitellä öljypitoisella suoja-aineella. Suojaava vaikutus on kuitenkin lyhytaikainen, sillä uusia itiöitä ilmaantuu jatkuvasti puun vahingoittuneelle pinnalle. /11/

Itiöt tarvitsevat itääkseen vapaata vettä. Rihmasto kasvaa vasta, kun puun kosteuspitoisuus on 30–120 painoprosenttia. Sinistäjäsiienten itiöt kasvavat parhaiten +22 – +28 °C:n lämpötilassa ja niiden parhaana kasvualustan happamuusasteena pidetään pH:n arvoa 5,5. Sinistäjäsienet pystyvät kuitenkin elämään myös -3 – +40 °C:n lämpötilassa. /11/

3.2.3 Homehtuminen

Homesienet aiheuttavat värihäiriöitä niin puuhun kuin muihinkin materiaaleihin. Homeen aiheuttamia värihäiriöitä on vaikea poistaa ja homeen haju tarttuu hyvin vaatteisiin. Lisäksi homesienten itiöt aiheuttavat allergiatyyppejä oireita, hengitystiesairauksia sekä kuumeen kaltaisia tuntemuksia. /11/

Homesienten rihmasto kasvaa ja muodostaa itiöitä, kun puun kosteuspitoisuus on 20–150 painoprosenttia. Homesienet pystyvät elämään 0 – +55 °C:n lämpötilassa,

mutta niiden ihanteellisena kasvuympäristönä pidetään +30 – +35 °C:n lämpötilaa. Itiöt kestävät hyvin pakkasta ja niiden parhaana kasvualustana pidetään happamuusasteikon pH arvoa 5-6. /11/

3.2.4 Hyönteisvauriot

Monet hyönteisvauriot johtuvat jonkin asteisesta lahovauriosta, sillä hyönteiset käyttävät ravintonaan lahottajasienten rihmastoja ja pehmyttä puuta /11/. Suomessa pahimpia hyönteisen aiheuttamia rakennustuhoja aiheuttavat kuolemankello, hirsijumi ja tupajumi. Lisäksi muita Suomen puuston tuholaisia ovat hirsikytry, puupistiäinen, suutari, hevostuorahainen ja sokermuurahainen. /10/

Tuholaisten torjunta on vaativaa, työlästä ja kallista sekä vaatii yleensä ammattilaisen apua. Lahoaminen ja tuholaihyönteisten aiheuttamat tuhot voidaan välttää käyttämällä rakennuspuuna kuivattua ja lahoa vastaan kyllästettyä puuta sekä estämällä puurakenteiden kostuminen. Tärkeää on myös välttää rakennuspuuna jo valmiiksi lahonnutta, sienten saastuttamaa tai tuulen kaatamaa puuta. Rakennuspuuna tulee käyttää aina huolellisesti kuorittua puuta. /10/

Tuhohyönteiset, jotka ovat jo asettuneet puuhun, voidaan torjua kemiallisin menetelmin, kaasuttamalla tai kuumailmakäsittelyllä. Kemiallisessa torjunnassa käytetään aina hyväksytyjä torjunta-aineita ja torjuntaruiskutukset tehdään aina kolmesti alan ammattilaisen toimesta. Kaasutuksessa käytetään fluorivetyä ja metyylibromidia, mutta niiden käyttöä ei kuitenkaan suositella asuinrakennuksissa. Kuumailmakäsittelyä voidaan käyttää asuinrakennuksissa, sillä se on myrkytöntä. Kuumailmakone lämmitetään n.120 °C:een, sillä puun sisäinen lämpötila on saatava ainakin 55 °C:een tunnin ajaksi, jotta kuoriaiset tuhoutuvat. Kaasutus ja kuumailmakäsittely eivät kuitenkaan suojaa puuta uudelta tuhohyönteishyökkäykseltä. /10/

Myös muurahaiset voidaan tuhota paikallisesti myrkyttämällä tai kuumailmakäsittelyllä. Mikäli pesää ei osata paikantaa, voidaan muurahaisten

kulkureiteille sirotella torjunta-aineita. Jos muurahaisten pesä on tiedossa, voidaan torjunta-aineena käyttää nestettä, josta haihtuu myrkkyykaasua. /10/

3.2.5 Bakteerit

Bakteerit tuhoavat puun rakennetta niin, että puu menettää kutistumis- ja laajenemisominaisuutensa, mutta ei lujuusominaisuuksiaan. Bakteerikasvu aiheuttaa myös hajua, joka tarttuu helposti vaatteisiin. Esimerkiksi ummehtunut epämiellyttävä maan ja kellarin haju ovat merkkejä sädesienestä. /11/

Bakteereita on monenlaisia ja ne kestävät hyvin lämpöä, kuivuutta sekä voimakkaita kemiallisia aineita. Bakteerit viihtyvät hyvin myös hapettomassa ympäristössä, kuten veteen asennetuissa puissa. /11/

3.2.6 Halkeilu

Erilaiset muodonmuutokset eri suunnissa johtavat puun käyristelyyn ja halkeiluun. Muodonmuutoksia liitoksissa aiheuttavat mm. suunnitteluvirheet ja ylikuormitus. Lisäksi työvirheet, kuten palkkien vedettyyn reunaan tehdyt loveukset ja kolot sekä vääriin kohtiin tehdyt reiät, aiheuttavat puurakenteen kantavuuden alenemista. /2/

Halkeilleet rakenteet voidaan korjata liimaamalla ja naulaamalla rakenteen kylkiin vahvistuksia esimerkiksi vanerista. /2/

3.3 Teräs, korroosio

Korroosiolla tarkoitetaan aineiden, erityisesti metallien syöpymistä sähkökemiallisten ja kemiallisten reaktioiden seurauksena. Korroosionopeuteen vaikuttavat mm. kosteus, märkänäoloaika, ilman happipitoisuus, suolat, lämpötila sekä rakenteen asento ja sijainti. /12/. Syöpyminen on myös sitä nopeampaa mitä epäpuhtaampaa ilma on /2/.

Tavallisimpia korroosio-ongelmia ilmenee mm. rakennuksen teräskatteissa, julkisivun pellityksissä, betoniraidoiteissa, ulkopuolisissa teräsrakenteissa, kuten kaiteissa, tikkaissa ja kiinnikkeissä, ulkoseinien eristehalkaisuissa ja muissa

lämmöneristeissä olevissa metalliosissa, -putkissa ja -rakenteissa, sisätiloissa ja kosteissa tiloissa olevissa metallirakenteissa ja -tarvikkeissa sekä putkistojen sisä- ja ulkopinnoilla. /2/

Korroosiota voidaan ennaltaehkäistä ja torjua mm. hyvällä rakenteellisella suunnittelulla, valitsemalla materiaali ympäristön ja rakenteen mukaan, vaikuttamalla ympäristöolosuhteisiin, kuten kosteuteen, lämpötilaan ja pH-arvoon, käyttämällä puhdasta metallia sekä suojaamalla rakenteet metallisilla ja orgaanisilla pinnoitteilla, kuten maalilla, sinkillä tai muovilla. Lisäksi korroosionopeutta voidaan hidastaa mm. asettamalla eri metallit riittävän kauaksi toisistaan sekä muotoilemalla rakenteet ja yksityiskohdat toimiviksi. /2, 12/

Ennen teräsrakenteiden korjaus- tai vahvistamistoimenpiteiden aloittamista, on aina huolehdittava, että koko rakenne on tarkastettu ja ongelmat paikannettu. Syöpynyt rakenne vahvistetaan aina samalla tavalla kuin alkuperäinen rakenne on tehty tai vaihtoehtoisesti vastaavalla paremmalla rakenneosalla. /2/

3.4 Betoni

3.4.1 Kutistuminen

Kovettunut betoni kutistuu kuivuessaan ja laajenee jälleen kostuessaan. Kutistuminen on veden haihtumista betonista ja tapahtuu pienellä kappaleella huomattavasti nopeammin kuin suurella. /8/

”Kuivumiskutistuminen johtuu siitä, että kuivuminen aiheuttaa betonissa olevaan veteen jännityksiä, jotka imevät vettä pois geelihuokosista /8/.” Tämän seurauksena geelihiukkasten välit pienenevät ja geeli kutistuu pakottaen betonin kutistumaan. /8/

Betonin kutistumista lisäävät veden ja sementtiliiman suuri määrä, betonin huokostaminen, ympäristön kuivuus, kevytsoran käyttö sekä sementin korvaaminen masuunikuonalla. /8/

Betonin kutistuma on nopeampaa kuivissa olosuhteissa kuin kosteissa /2/. Kuivumiskutistuma on kuivissa sisätiloissa suuruusluokkaa 0,4-0,6 ‰ ja ulkona, sateelle alttiissa ympäristössä, noin puolet pienempi. /8/

3.4.2 Viruminen

Virumalla tarkoitetaan kuormitetun, esimerkiksi puristetun betonikappaleen muodonmuutosta, joka jatkuu ajan kuluessa. Betonin viruminen on sitä, että geelihuokosissa oleva vesi kuormituksen aiheuttaman paineen takia virtaa pois huokosistaan ja samalla sementtigeeli tiivistyy. Sementtigeelin tiivistyminen aiheuttaa sen, että muodonmuutos ei palaudu enää kokonaan, vaikka vesi imeytyisikin takaisin geelihuokosiin. /8/

Viruman aiheuttamaan muodonmuutokseen vaikuttavat mm. ympäristön kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, rakenteen poikkileikkauksen koko, jännitystaso, betonin lujuus, betonin koostumus sekä ikä ja kuormitusajankohta. Virumista voidaan vähentää kasvattamalla runkoaineen määrää, pitämällä lämpötila- ja kosteusolosuhteet matalina sekä huolehtimalla jälkihoidosta. Myös rakenteen raudoitus vähentää virumaa. Lisäksi viruminen tapahtuu massiivisissa rakenteissa eli poikkileikkaukseltaan isoissa rakenteissa hitaammin kuin pienissä rakenteissa, koska niiden sisäosat eivät pääse kuivumaan liian aikaisin. /2, 8/

3.4.3 Halkeilu

Halkeilu on betonille ja betonirakenteille tyypillistä. Betoni saattaa haljeta pian valun jälkeen tai vasta useiden vuosien ikäisenä /8/. Halkeilun määrä ja vaurion vakavuus riippuvat rakenteen jäykkyydestä /2/.

Betoni halkeaa, kun rakenteen todellinen vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Vetojännityksiä voivat aiheuttaa monet eri syyt, kuten esimerkiksi painuma ja plastinen kutistuma, jotka aiheutuvat siten, että vesi poistuu tuoreesta betonista nopeasti ja betoni kuivuu. Lisäksi betonin halkeilua aiheuttavat valmistusvirheet, lämpötilaerot betonin kovettumisvaiheessa, perustusten epätasainen painuminen, pakkovoimat, ympäristön lämpötilan muutokset, betonin muodonmuutoksen estävät tekijät, pakkasrapautuminen, rakenteen epätasainen

kuormitus, kutistuminen, viruminen, veden haihtuminen betonin pinnalta sekä raudoituksen korrosio. /2, 8/

Myös suunnitteluvirheet ja ylikuormitus aiheuttavat betonin halkeilua. Betonin suunnitteluvirheiksi luetaan mm. alimitoitus, liian tiheä raudoitus ja väärin mitoitettut perustukset. Rakenteiden ylikuormitusta aiheuttavat taas mm. rakennuksen käyttötarkoituksen muutokset sekä rakennusaikaiset kuormitukset. Mikäli kuormat kasvavat yli mitoitusten, rakenteet halkeilevat ja taipuvat, mutta harvoin kuitenkaan sortuvat. /2/

Tärkeintä kaikkien halkeamien korjausten osalta on selvittää aina halkeilun syy sekä mahdollinen jatkuminen. Halkeamat alentavat aina betonin laatua, koska ne lisäävät sen läpäisevyyttä. Kun betoni halkeaa, myös sen raudoitusta suojaava vaikutus vähenee, kun haitalliset aineet pääsevät tunkeutumaan helpommin betonin raudoituksiin ja suojaavaan betoniin. /8/

Halkeamista haitallisimpia ovat leveydeltään yli 0,2 - 0,4 mm:n halkeamat, koska ne ulottuvat raudoituksiin asti. Betonin pinnalta vaikeammin erottuvat mikrohalkeamat ovat vaarattomampia ja kooltaan vain 0,05 mm:n levyisiä. /8/

Rakenteiden oikealla suunnittelulla ja toteutuksella voidaan kuitenkin rajoittaa betonin halkeailua niin, että halkeamaväli ja leveys pysyvät riittävän pieninä. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi valitsemalla sopiva betonin koostumus, työnsuoritus ja pitkä jälkihoitoaika sekä tihentämällä liikuntasaumavälejä ja lisäämällä liikkeen sallivia kiinnityksiä. Halkeamien synty voidaan estää myös vähentämällä betonin lämpötilaeroja ja -vaihteluja. /8/. Raudoituksella taas pystytään pienentämään halkeamaleveyttä /2/.

Betonirakenteen korjausmenetelmiä ovat mm. kuivasullonta, betonipaikkaus, laastipaikkaus, ruiskubetonointi, injektointi, injektointibetoni ja muovibetonipaikkaus. Betonirakenteelle sopivan korjausmenetelmän valintaan vaikuttavat rakenteen käyttötarkoitus, rakenteelle asetetut vaatimukset, käytettävissä oleva aika sekä vaurion laajuus, laatu ja sijainti. Vaikka korjausmenetelmän valinta riippuu korjattavasta pinnasta ja vaurion laadusta,

kaikissa korjausmenetelmissä korjaus suoritetaan kuitenkin samalla tavalla ennen paikkausta. /2/

Betonirakenteen korjaus aloitetaan aina vaurioituneen, haljenneen ja irtonaisen betonin poistosta. Tämän jälkeen betonin pinnasta tehdään karhea riittävän tartunnan takaamiseksi esim. hiekkapuhaltamalla. Tartuntapinta puhdistetaan esim. vesi- tai ilmasuihkulla tai imuroimalla. Myös raudoituksessa oleva irtonainen ruoste ja epäpuhtaudet poistetaan. Tartuntapinta kostutetaan tartunnan parantamiseksi ja kuivumiskutistuman vähentämiseksi. Betoni pidetään kosteana 1-2 vuorokautta ja korjaus aloitetaan vuorokauden päästä kostutuksesta. Myös tartuntakerros, joka tehdään sementti-hiekkalaastista, parantaa vanhan ja uuden betonin tartuntaa. Lopuksi vähennetään betonin kutistumaa ja halkeilua sekä varmistetaan betonin lujuus huolellisella jälkihoidolla. /2/

3.4.4 Raudoitteiden korroosio ja betonin karbonatisoituminen

Betonissa raudoituksen korroosionopeus on suurimmillaan ilman suhteellisen kosteuden ollessa n. 95 %. Lisäksi suuri korroosiovaara on silloin, kun betoni vuoroin kastuu ja kuivuu. Myös lämpötilan nousu 20 °C:een lisää korroosionopeutta huomattavasti, jopa yli 10-kertaisesti. /8/.

Raudoitteiden korroosio ilmenee yleensä betoniin syntyvinä halkeamina, sisäisinä säröinä ja betonipeitteen lohkeiluna. Korroosio saattaa aiheuttaa myös betonipintaan värimuutoksen korroosiotuotteiden vaikutuksesta. Näkyvät korroosioauriot kertovat yleensä siitä, että korroosio on edennyt jo sen verran pitkälle, että se vaatii välitöntä korjausta. /8/

”Teräsbetonirakenteissa teräksen käyttökelpoisuus perustuu siihen, että betoni voi antaa raudoitukselle kemiallisen ja fysikaalisen suojan, joka estää ruostumisen ” /8/. Betoni antaa kemiallisen suojan raudoitukselle emäksisyydellään, kun betonin pH-arvo on 13–14. Emäksisessä ympäristössä teräs muodostaa pinnalleen oksidikalvon. Ilmiötä kutsutaan passivoitumiseksi, koska oksidikalvo estää korroosion etenemisen teräksessä. /8/

Betoni antaa raudoitukselle myös fysikaalisen suojan tiiveydellään. Mitä tiiviimpää betoni on, sitä paremmin se suojaa raudoitusta korroosiota aiheuttavilta aineilta, vedeltä, hapelta ja klorideilta. Betonista saadaan tiivistä riittävän pienellä betonin vesisementtisuhteella, tiivistyksellä, riittävän paksulla betonipeitteellä sekä jälkihoidolla. /8/.

Lisäksi betonin raudoitusta voidaan suojata paksua betonipeitettä, sideaineen tyyppiä ja määrää hyväksi käyttäen. Vaadittava betonipeitteen paksuus riippuu kuitenkin aina betonin laadusta ja ympäristön olosuhteista. /8/.

Yleensä korroosiosuojan puutteellisuus johtuu huonosta suunnittelusta, työnsuorituksesta ja valvonnasta /2/. Yleistä on myös se, että raudoitus ruostuu silloin, kun betonin raudoitukselle antama kemiallinen ja fysikaalinen suoja poistuu ympäröivässä betonissa tapahtuvien muutosten vuoksi. Näitä muutoksia ovat esim. betonin rapautuminen, halkeilu sekä betonin karbonatisoituminen. Betoni karbonatisoituu ilman hiilidioksidin vaikutuksesta, jonka seurauksena betonin kemiallinen suojauskyky lakkaa ja betonin pH-arvo laskee niin, että raudoitusta suojaava oksidikalvo voi tuhoutua. Myös kloridi pystyy rikkomaan raudoitusta suojaavan oksidikalvon. /8/

Betonin huokosrakenteesta ja kosteuspitoisuudesta riippuu, miten nopeasti hiilidioksidi voi tunkeutua betoniin ja aiheuttaa betonin karbonatisoitumisen. Alhaisella vesisementtisuhteella, toimivalla pintakäsittelyllä ja pintatarvikkeilla sekä huolellisella jälkihoidolla voidaan parantaa betonin lujuutta ja tiiviyyttä sekä vähentää halkeilua sekä sitä kautta hiilidioksidin pääsyä betonirakenteeseen. Myös vedellä kyllästetty betoni vähentää karbonatisoitumista, koska hiilidioksidi ei tällöin pääse kosketuksiin betonin kanssa. /2/

3.4.5 Pakkasrapautuminen

Pakkasrasitus aiheutuu betonin huokosverkostossa olevan veden jäätymisalenen synnyttämästä paineesta. Vesi pääsee huokosverkostoon esimerkiksi viistosateen ja sulavan lumen vaikutuksesta. /2/

Vesi jäätyy betonin huokosrakenteessa aina ensin suurimmissa huokosissa, pienemmissä vasta - 30 °C:n alapuolella. Veden tilavuus kasvaa jäätyessä n. 9 %. Suurien huokosten veden jäätyessä, jäällä ei ole tilaa laajeta. Tämä aiheuttaa rakenteeseen hydraulista painetta, joka saattaa pahemmissa tapauksissa aiheuttaa betonin murtumisen. Täten betoniin täytyy saada ilmatiloja, joihin laajeneva vesi voi tunkeutua aiheuttamatta hydraulista painetta. Tämä toteutetaan niin, että betoniin lisätään valmistuksen yhteydessä lisähuokostusainetta, jolloin ilmahuokosten välimatka tulee riittävän pieneksi ja huokokset jakaantuvat sementtikivessä tasaisesti. Pakkaskestävyydeltään hyvä, tiheä huokostus, saadaan aikaan huokostusainetta käyttäen. /2/

Lisähuokostuksen lisäksi pakkaskestävyyteen voidaan vaikuttaa alhaisella vesisementtisuhteella, joka takaa korkean lujuuden betonille sekä pienentää vedenimukykyä, vedenimunopeutta ja jäätyvän veden määrää. /2/

Myös betonin kriittisen vedelläkyllästysasteen ylittyessä, betoniin saattaa syntyä jäätyminen seurauksena vaurioita /8/. Pakkasvaurioituminen ilmenee betonin säröilyinä, joka vaikuttaa betonin lujuuteen ja vedenimukykyyn. Pitkään vaikuttava rasitus aiheuttaa myös betonin rapautumista. Vanhoissa rakenteissa pakkasrapautumista saadaan vähennettyä mm. vähentämällä kosteusrasituksen osuutta. /2/

3.5 Rappaus

3.5.1 Kosteusrasitus- ja pakkasvauriot

Rapatut julkisivut ovat erityisen arkoja kosteusrasitukselle. Kosteus aiheuttaa pakkasrapautumaa ja halkeilua rapatussa julkisivussa esimerkiksi silloin, kun julkisivupellitykset on toteutettu huonosti, rappauksen pintakäsittelystä on tehty liian tiivis ja kun teräs pääsee ruostumaan. /9/. Pakkasvaurion riskiä lisäävät myös alustan huono tartunta, suunnittelu- ja työvirheet, puutteellinen jälkihoito ja putkivuoto rakenteen sisällä. /2/

Kosteus- ja pakkasvaurioita voivat aiheuttaa monet eri syyt kosteusrasituksen ja tiiviin pintakäsittelyn lisäksi, kuten pakkaskestävyydeltään liian heikko tiili tai

laasti, työn suoritus, seinän sisäpuolinen lisälämmöneristäminen, kerrospaksuudet, liian matala sokkeli ja maanpinnan viettäminen julkisivuun päin sekä seinän liitososien huono tiiviys. /9/

Vauriot ilmenevät rappauksessa lujuuden alenemisena, verkkohalkeamina, pinnan irtoamisena, maalin hilseilynä ja irtoamisena, tartunnan pettämisenä sekä valumajälkinä /2, 9/. Pakkasrapautumisen aste voi vaihdella eri kohdissa seinäpintoja rasitustasosta, materiaaliominaisuuksien vaihtelusta ja paksuudesta johtuen. Pakkasrapautumisesta johtuu myös rappauspinnan kopous, joka merkitsee tartunnan pettämistä. Tämä irtonainen pintakerros saattaa pysyä pitkäänkin paikoillaan ennen irtoamistaan. /2/

Rapautumista voidaan silmämääräisen tarkastelun lisäksi tutkia yksinkertaisilla käsityövälineillä, kuten vasaralla, puukolla tai piikillä. Myös rapautumisastetta voidaan tutkia numeroarvoina kimmoavasaraa tai piikkivasaraa apuna käyttäen. Laboratoriokokeita hyödynnetään, mikäli laastin osa-aineet, seossuhteet tai maalin tyyppi halutaan selvittää. /2/.

3.5.2 Halkeilu

Rappauspinnan halkeamat syntyvät yleensä alustan halkeamista, rappauskerroksen tartunnan pettämisestä ja rapautumisesta. Halkeamat ovat tyyppillisiä myös rappausalustan materiaalien rajakohdissa. /2/. Halkeilun syynä voivat olla mm. muodonmuutokset ja liikkeet tai suunnittelu- ja työvirheet.

Rakenteen liikkeet ja muodonmuutokset saattavat aiheutua esimerkiksi kosteus- ja lämpötilan muutoksista, tukien siirtymistä, liikuntasaumojen vähyydestä tai puuttumisesta, perustusten epätasaisesta painumisesta ja rungon kuormituksesta. Suunnittelu- ja työvirheiden aiheuttamia vaurioita aikaansaavat väärin suunnitellut ja toteutetut yksityiskohdat, alusrakenteen ominaisuuksien muutokset, virheellinen laastin koostumus, huono esikäsittely, puutteellinen suojaus työn aikana, heikko alusta, liian paksu täyttörappaus ja jälkihoidon puute. /9/

Yleisimmin vauriot ilmenevät verkkohalkeamina pintakerroksessa, valumajälkinä, vaurioituneena rappauksena, halkeamina tai osittain irronneena rappauksena.

Huono tartunta esimerkiksi johtuu huonosta esikäsitteystä, heikosta alustasta ja virheellisestä laastista. Rappauksen pahoiksi vaurioiksi luokitellaan hyvin hauras ja alustastaan irronnut rappaus ja rappauksen uusimista suositellaan, mikäli pahoja vaurioita havainnoidaan enemmän kuin 30 % tarkasteltavasta julkisivun osasta. /9/

Rappausten rajakohtiin muodostuu usein myös kutistumishalkeamia /2/. Paikkauskohtien kutistuma vältetään tekemällä täyttörappaus useampana ohuena kerroksena, tarvittaessa kuumasinkittyä verkkoa käyttäen sekä estämällä rappauksen nopea kuivuminen esim. muovilla tai jälkikastelulla. Paikkarappauksessa koepintojen teko on suotavaa. /9/

Rappauksen käyttöikä voidaan parantaa huoltamalla, korjaamalla tai uusimalla rappauksen pinta. Rappauksen kunnossapitoon kuuluvat mm. julkisivun puhdistuksesta huolehtiminen, uusinta- ja paikkamaalaukset, julkisivun yksityiskohtien, kuten pellitysten ja sadevesijärjestelmien kunnossapito sekä parvekkeiden kunnossapito. /9/

Rappauksen kunnan tarkastusta suositellaan noin viiden vuoden välein ja uusimista noin 40–60 vuoden välein. Pintakäsittelyn uusimista suositellaan noin 10–15 vuoden välein. Kunnossapito riippuu paljolti maalityypistä, alustasta sekä ilmasto- ja ympäristöolosuhteista. /9/

Kaikista tiilistä poltettu tiili toimii rappauksen kestävyys- ja tartunnan kannalta hyvänä alustana, koska sillä on sopivat kosteudensiirto-ominaisuudet sekä suhteellisen pienet muodonmuutokset. Lisäksi massiivinen tiiliseinä toimii rappauksen kosteus- ja lämpötilarasituksen kannalta parempana alustana kuin kuorimuurit. /2/

Rappauksen kuntoa voidaan arvioida mm. selvittämällä alustan rakenne ja materiaali, tartunta alustaan sekä rappauskerroksen paksuus. Lisäksi rapautuneisuuden laajuutta ja lujuutta voidaan tutkia koputtelemalla tai rikkomalla pintaa, selvittämällä halkeamien sijainti, leveys, laajuus ja syvyys sekä tutkimalla mahdolliset vesivuotokohdat. Myös näytteenotto laastista tai maalikerroksesta saattaa olla tarpeen. Tutkimustulosten perusteella julkisivun eri osat voidaan

luokitella kuntoluokkiin ja täten määrittää julkisivuille sopivat korjaustarpeet ja -vaihtoehdot. /2, 9/

Halkeamat voidaan korjata paikkarappauksena tai uusintarappauksena /9/. Rappaukset korjataan paikallisesti, mikäli vauriot ovat paikallisia ja vaurioiden syyt ovat samalla poistettavissa /2/. Paikkarappauksessa vaurioituneet alueet poistetaan suorakulmaisesti ehjään, lujaan pintaan asti tai vaihtoehtoisesti vanha rappaus poistetaan alustaa myöten. Tämän jälkeen pinta puhdistetaan esimerkiksi vesipesulla. Korjaukseen käytettävän rappauslaastin ja -alustan tulee olla yhteensopivia sekä koostumuksen tulee vastata korjattavaa rappausta ja alustaa. Korjauksessa laastin lujuus on suotavaa pitää myös alkuperäistä vastaavana. /9/. Lisäksi rappauspaikkaukset on hyvä tehdä useampana kerroksena, jotta halkeamilta ja rappauksen valumiselta vältytään /2/.

Uusintarappaukseen päädytään, kun paikkarappauksella ei päästä taloudellisesti, teknisesti ja ulkonäköseikkojen vuoksi haluttuun lopputulokseen. Uusintarappauksessa julkisivupinnasta saadaan tasalaatuisempi, kun rappaus uusitaan laajemmalti. /9/. Esimerkiksi liian tiiviin maalikerroksen vaurioittama rappaus on useimmiten syytä uusida kokonaan, sillä rappauspinnan alla saattaa olla vaurioita, jotka eivät vain näy pinnalle asti. Lisäksi, kun kestävyys saadaan yhtä hyväksi joka julkisivussa, voidaan seuraava korjauskerta siirtää pitkälle tulevaisuuteen. /2/

4 TEUVAN KUNNANKIRJASTO

Kohteen yleistiedot

Teuvan kunnankirjasto sijaitsee Teuvan keskustassa osoitteessa Porvarintie 39, 64700 Teuva. Kiinteistö koostuu yhdestä rakennuksesta ja sen omistaa Teuvan kunta, joka toimii myös tämän kuntotutkimuksen tilaajana. Rakennus on rakennettu alun perin kansakouluksi v. 1942 ja peruskorjattu kirjastoksi v. 1980.

Kirjastossa työskentelee kuusi vakituista työntekijää, ja se palvelee arkisin n. 200 asiakasta. Kirjasto koostuu kahdesta kerroksesta, ullakosta ja kellarista, jonka pinta-ala on noin kolmasosa koko kerrosalasta. Kellarissa on pohjapiirustusten mukaan 8 huonetta, ensimmäisessä kerroksessa 15 huonetta ja toisessa kerroksessa 12 huonetta. Ullakko koostuu yhdestä suuresta tilasta.

Kirjaston ensimmäinen ja toinen kerros ovat pääosin asiakaspalvelukäytössä, sillä suurin osa kirjaston lainattavasta materiaalista sijaitsee näissä kerroksissa. Toisessa kerroksessa sijaitsee myös henkilökunnan toimistohuoneet ja sosiaalitulat. Ainoastaan palvelutiski on sijoitettu ensimmäiseen kerrokseen lähelle pääovea. Kellari toimii taas lähinnä arkistotilana, jota käytetään ullakon tapaan huomattavasti muita kerroksia harvemmin.

Kirjaston lämmitysjärjestelmä toimii kaukolämmöllä ja ilmastointijärjestelmä sekä koneellisesti että paineellisesti. Ilmastointi toimii koneellisesti ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa ja paineellisesti kellarissa. Kaukolämpökone sijaitsee kellarissa ja koneellinen ilmastointilaitteisto ullakolla. Ullakolle ei ole kuitenkaan järjestetty omaa ilmanvaihtoa.

Kerrosalaltaan rakennus on 760 neliometriä ja rakennusalaltaan 395 neliometriä. Tilavuutta rakennuksella on yhteensä 2950 kuutiometriä.

5 KIRJASTON KUNTOTUTKIMUS

5.1 Kellari

Kirjasto koostuu vain osittain kellarista. Kellarissa säilytetään pääosin vanhoja kirjoja, lehtiä, koristeita ja kalusteita. Kellari koostuu kahdeksasta huoneesta, kahdesta tilasta ja yhdestä käytävästä (liite 2). Kellari on kärsinyt tulvan aiheuttamasta kosteusrasituksesta useita kertoja, mutta veden nousukorkeutta kellarissa ja tulvien lukumäärää ei kukaan henkilökunnasta tarkalleen tiedä, sillä tilaa käytetään harvoin. Tilan käyttöä on vähennetty oleellisesti sen jälkeen, kun henkilökunta on alkanut oireilla tilassa. Yleisimpiä oireita ovat olleet päänsärky, limakalvojen kuivuminen sekä silmien kutina.

Kellarin seinät ovat poltettua tiiltä ja lattiat betonia. Sekä lattia- että seinäpinnat ovat kosteusvaurioiltaan koko kohteen pahimmat, sillä kellarin rakenteet olivat kosteusmittareiden mukaan edelleen märkiä (kts. 6.3.1 Kellari). Kellarin kosteuden syntyperäksi selvisi veden kapillaarinen nousu maaperästä. Lisäksi selvisi, että rakenteiden kuivumista hidastaa oleellisesti huonosti toimiva painovoimainen ilmanvaihto, seinistä puuttuvat routa- ja vesieristeet, huonosti alueella toimiva hulevesiviemäri sekä puutteellinen salaojitus. Kellarin tiilipintojen kuivumista hidastaa lisäksi liian tiivis maalikalvo (kuva 1).



Kuva 1. Arkistihuoneen (1) väliseinästä on rapautunut tiiltä kosteuden vaikutuksesta.

Kosteusvauriot ilmenevät kellarin tiiliseinissä lähinnä tiilen rapautumisena, halkeiluna, paksun maalipinnan irtoiluna sekä väripoikkeamina. Tiiltä murenee useissa huoneissa kellarin lattialle, mutta selvimmin tiilenkappaleet pyrkivät pois seinärakenteesta KL-huoneessa (liite 2). Lisäksi arkistohuoneen (2) julkisivuseinässä on havaittavissa homesienten kaltaisia vaurioita, jotka kaipaavat lisätutkimuksia (kuva 2).

Kauhajoen elintarvikelaboratorio on ottanut kohteesta useita sisäilmanäytteitä, mutta tulokset ovat viitanneet normaaleihin lukemiin myös kellarissa (liite 9). Sisäilmanäytteet on otettu kirjastosta 2.3.2010 ja 28.2.2011. Raporteista selviää näytteen ottaja, näytteenottoaikat, sisä- ja ulkolämpötilat, mittausaika, sekä tilan bakteri-, sädesieni- ja sieni-itiöpitoisuus. Raportteihin on lisätty myös lausunto kunkin tilan näytetiedoista. Mitatuista tiloista otetut sisäilmanäytteet viittasivat täysin normaaleihin lukemiin.



Kuva 2. Arkistohuoneen (2) takaseinä kaipaa lisätutkimuksia.

Myös kellarin betonilattioissa on havaittavissa samankaltaisia kosteusvaurioita kuten tiiliseinissä, sillä betonipinta on kulunut ja halkeillut lähes jokaisessa huoneessa. Selvimmän tulvien jättämät kuivuneet kosteusjäljet ovat havaittavissa kellarin käytävällä, sillä tulvavesi on sisältänyt maaperän suoloja, jotka ovat jääneet lammikon kuivuttua betonilattian pinnalle (kuva 3). Ainoastaan kellariin johtavat portaat ovat hyvässä kunnossa lukuunottamatta kolmea alinta rappusta, joista maali- ja betonipinta on paikoitellen irronnut (kuva 4).



Kuva 3. Kellarin käytävällä näkyy edelleen kosteusjäljet viime tulvan jäljiltä.



Kuva 4. Kellariin johtavat portaat ovat vaurioituneet vain kolmelta alimmaiselta rapulta.

Toimenpiteet

Kellarin kosteusrasitusta on vähennettävä salaojituksella, vesi- ja routaeristämällä seinät, parantamalla kellarin tuuletusta, kallistamalla maanpinta rakenteista pois päin, kapillaarikatkolla sekä uusimalla hulevesiviemäri (kts. 6.3.1 Kellari). Myös seinien ulkopuolisella lisäeristämällä saadaan vähennettyä kellarin kosteusrasitusta.

Lisäksi kellarin arkistohuoneen takaseinä vaatii lisätutkimuksia, sillä seinän vauriot saattavat viitata homeeseen vaikka sisäilmasta otetut näytteet viittasivatkin puhtaaseen sisäilmaan (kuva 2, liite 9). Kellarin käyttöä on rajoitettava, kunnes ollaan täysin varmoja kellarin sisäilman puhtaudesta ja siitä ettei kellarissa ole homeita.

5.2 Perustus ja alapohja

Rakennuksen perustus koostuu pääsääntöisesti maanvaraisesta laatasta, mutta se koostuu osaksi myös ryömintätilasta (kuva 5). Ryömintätila on tehty lähinnä putkituksille liiallisten läpimenojen välttämiseksi. Näkyvät kaksi ruostunutta putkea ovat vanhoja asbestieristeisiä lämpöputkia, jotka eivät ole enää käytössä. Myös niiden alapuolella oleva sinkkiputki on poistettu käytöstä.



Kuva 5. Kirjaston ryömintätilaista alapohjaa.

Perusmuuri koostuu sekä betonista että tiilestä, joiden ulkopinta on rapattu ja maalattu. Perusmuurin ja maaperän väliin on asennettu jälkikäteen, lähinnä kellarin ympärille, noin 40 cm korkea perusmuurilevy suojaamaan perustuksia suoloilta ja kosteudelta (kuva 6). Perusmuurilevyn suojaus on kuitenkin hyvin heikko, sillä se ei ulotu anturaan asti. Lisäksi perusmuurista puuttuvat routaeristeet ovat aiheuttaneet sen, että perusmuurilevy on noussut perustuksista koillisella julkisivulla (kuva 24).



Kuva 6. Perustuksia suojaava perusmuurilevy on vain 40 cm:n korkuinen.

Perusmuuri on pääasiassa hyvässä kunnossa, sillä ainoastaan pääsisäänkäynnin läheisyydessä oleva perusmuuri on rapautunut pahoin (kuva 7). Tämän lisäksi kellarin ikkunan ja perusmuurin liittymäkohta on rapautunut lounaisella julkisivulla (kuva 17). Pääsisäänkäynnin läheisyydessä olevan perusmuurin rapautumisen syynä on siihen kosketuksissa oleva märkä betonilaatta sekä sadevesi, jota pääsee valumaan perustuksiin pääsisäänkäynnin yläpuoliselta harjakatolta. Myös heikosti toimiva salaojitus sekä tasainen savinen maasto vaikuttavat siihen, että perusmuuri pysyy kosteana.



Kuva 7. Vaurioitunut perusmuuri kirjaston pääsisäänkäynnin läheisyydessä.

Alapohja koostuu pääosin maanvaraisesta betonilaatasta, sillä ainoastaan kellarin yläpuoliset lattiarakenteet ovat koolattuja puulattioita. Suurin osa latioista on päällystetty muovimatolla, sillä vain aikuisten lainaosastolla, lehtien lukutilassa,

porrashuoneessa ja välivarastossa on kvartsivinyylilaatta. Lattioiden pintavauriot olivat vähäisiä, sillä vain välivarastossa on näkyvissä vanha kosteuden aiheuttama värivoikkeama lähellä haljennutta ulkoseinää (kuva 8). Rakenne osoittautui pintakosteusmittarilla kuivaksi, mutta vaatii korjaavia toimenpiteitä sekä seinän että lattian osalta (liite 3; taulukko 2).



Kuva 8. Haljenneen ulkoseinän kautta on päässyt aikoinaan kosteutta välivaraston lattialle, joka pintakosteusmittausten yhteydessä osoittautui kuivaksi.

Kirjaston yhtenä ongelmana pidetään edelleen kuitenkin perustusten epätasaista painumista. Kirjaston maanvaraista laattaa on jouduttu suoristamaan viimeksi v. 1980 kohteen saneerauksen yhteydessä, sillä kirjaston luoteen puoleinen pääty oli painunut 34–37 cm. Maanvaraisen laatan alusta suoristettiin leca-sorabetonilla, eteisen alusta betonilla sekä kellarin yläpuoliset puulattiat koolaamalla. Suoristus oli tehtävä, sillä perustusten vajoaminen oli aiheuttanut muutoksia lattiarakenteisiin sekä halkeamia seiniin. Suoristus aiheutti kuitenkin myös halkeamia, sillä esimerkiksi koillisen puoleisen ulkoseinän läpi kulkeva halkeama syntyi suoristuksen yhteydessä (kuva 8).

Perustusten painuminen johtuu pääasiassa savisesta maalajista sekä märestä maaperästä, joka selvisi kohteessa tehtyjen kosteusmittausten kautta. Kosteusmittaustulokset osoittivat kosteusarvojen olevan koholla paitsi kellarissa myös maanvaraisessa laatassa (6.3 Kosteusmittausten tulokset).

Toimenpiteet

Alapohjan kosteusrasitusta tulee vähentää samoin keinoin kuten kellarissa (kts. 6.3.2 Ensimmäinen kerros). Lisäksi välivaraston lattiarakenne lähellä ulkoseinän halkeamaa tulee tarkistaa, sillä kosteutta on päässyt sekä seinä- että lattiarakenteisiin. Myös perusmuurin rapautunut kohta ja lounaisen julkisivun kellarin ikkunan ja perusmuurin liittymäkohta tulee korjata.

5.3 Välipohja

Kaikki toisen kerroksen vanhat puurakenteiset välipohjat ovat koolatut. Ainoastaan porrashuone on betonirakenteinen. Välipohjaa kannattelee rakennuksen vaakasuuntaiset teräsbetoniset rakenteet. Välipohjat on palosuojattu alapinnoilta.

Välipohjassa on useita halkeamia, jotka johtuvat perustusten epätasaisesta painumasta (5.2. Perustus ja alapohja). Laattoja on halkeillut myös kohdista, joissa lattiamateriaalit vaihtuvat. Esimerkiksi kirjavaraston ja varaston välisessä oviaukon lattiassa, kvartsivinyylilaatta on murtunut kohdasta, jossa kantava tiiliseinä yhdistyy koolattuun lattiarakenteeseen (kuva 9). Kyseinen halkeama voidaan paikata, mutta muut välipohjassa esiintyvät halkeamat ovat vaarattomia eivätkä vaadi toimenpiteitä.



Kuva 9. Lattialaatta on murtunut kirjavaraston ja varaston välisen oviaukon kohdalta.

Myös kosteusmittaustulokset viittasivat välipohjassa täysin normaaleihin lukemiin, sillä liiallista kosteutta ei esiintynyt lattiarakenteissa lainkaan (kts. 6.3.3 Toinen kerros). Välipohja oli kosteusmittareiden mukaan rakennuksen kerroksista kuivin. Lisätutkimuksia vaatii ainoastaan toisen kerroksen pesuhuoneessa sijaitseva suihkutilan lattia, sillä siellä veden epäillään karkaavan rakenteisiin. Henkilökunta ei käytä suihkua lainkaan, vaan päästävät hanasta vettä ainoastaan silloin, kun viemäri alkaa haista. Pintakosteusmittarilla sain suihkutilasta lukeman, joka viittasi kuivaan rakenteeseen (liite 3; taulukko 3).

Toimenpiteet

Pesuhuoneen suihkutilan lattiarakenteet ja putkitukset on tarkastettava, sillä veden uskotaan karkaavan rakenteiden sisälle. Lisäksi lattialaatan halkeama kirjavaraston ja varaston välissä on korjattava.

5.4 Yläpohja

Myös vanha yläpohja on puurakenteinen ja se on palosuojattu alapinnalta. Yläpohjan eristeenä on käytetty kutteria, joka osittain tunkeutuu akustiikkalevyjen reunoilta alemman kerroksen porrashuoneeseen.

Yläpohja on pääosin hyvässä kunnossa, sillä sen betonipinnalla on havaittavissa ainoastaan muutamia halkeamia. Halkeamat ovat syntyneet ullakon ilman suuren suhteellisen kosteuden seurauksena (kts. 6.3.4 Ullakko). Yläpohjan pintaan pääsee kosteutta sen yläpuolella olevasta tiilikuvioisesta peltikatteesta, johon pääsee tiivistymään kosteutta. Myös peltikatteen lävistävät naulat johdattavat vettä ulkoilmasta puuristikoihin, mikä lisää ullakon ilman suhteellista kosteutta.

Toimenpiteet

Ullakon kosteusrasitusta on vähennettävä tuuletuksella (kts. 6.3.4 Ullakko). Koska peltikatteen alapinta vaatii aluskatteen, on suositeltavaa uusia kerralla koko kate. Mikäli edeltävät toimenpiteet eivät vähennä ullakon ilman suhteellista kosteutta, on yläpohjaa tiivistettävä, sillä kosteus on osittain lähtöisin alemmista kerroksista.

5.5 Julkisivut

Kirjaston julkisivut on esitetty eri ilmansuunnissa kuvissa 10–13. Kirjastoon on kaksi sisäänkäyntiä, niistä oikean puoleinen toimii pääsisäänkäyntinä (kuva 10).



Kuva 10. Julkisivu koilliseen.



Kuva 11. Julkisivu kaakkoon.



Kuva 12. Julkisivu lounaaseen.



Kuva 13. Julkisivu luoteeseen.

5.5.1 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinä on poltetusta tiilestä, joka on rapattu. Ulkoseinää on lisäeristetty ja lasikuiturapattu viimeksi v. 1980, jonka yhteydessä myös ullakon

ikkunat peitettiin. Ulkoseinän lämmöneristys on kuitenkin edelleen heikko, sillä seinästä laskettu lämmönläpäisykerroin ylitti Suomen rakentamismääräyskokoelman (2010) osan C3 enimmäisarvon $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ulkoseinän U-arvoksi saatiin $0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ Doftech -ohjelmalla laskien, joka tarkoittaa sitä, että rakennuksessa tapahtuu suuria lämpöhäviöitä (liite 8). Ulkoseinään ei kuitenkaan pääse tiivistymään kosteutta, sillä suhteellinen kosteus jäi alle 100 prosentin, jopa vuoden kolmen kylmimmän päivän aikana. Ulkoseinän U-arvon laskin sekä vuoden kolmena kylmimpänä päivänä että tammikuun aikana vallitsevilla ulkolämpötiloilla (liite 8). Doftech -ohjelman mukaan rakennuksesta karkaa lämpöä, mutta ulkoseinärakenne toimii kuitenkin kosteusteknisesti, sillä kummallakaan ajanjaksolla suhteellinen kosteus ei noussut 100 prosenttiin.

Lämmönläpäisykertoimella, nk. U-arvolla, kuvataan eri materiaalien lämmöneristyskykyä ja sen tarkoituksena on kuvata sitä lämpövirtaa, joka kulkee 1 m^2 -kokoisen rakenteen osan läpi lämpötilaeron ollessa $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Lämmöneristyskyky on sitä parempi mitä pienempi U-arvo on. /16/

Vaikka ulkoseinän lämmöneristys on heikko, on sekä lasikuiturappaus että maalipinta pysynyt seinäpinnalla, sillä räystäskourut ja ikkunan pellitykset toimivat. Kirjaston räystäskourut ja syöksytorvet on uusittu viimeksi kirjaston saneerauksen yhteydessä v. 1980 ja niitä on korjattu myöhemmin v. 2006. Myös kohteen maalipinta on uusittu viimeksi kesällä v. 2006.

Ulkoseinässä on ainoastaan yksi pitkä halkeama ja yksi tuloilmaritilän ruostuttama rappauskohta sekä paikallisesti vaurioitunut rappauskohta. Halkeama sijaitsee koillisella julkisivulla ja lävistää seinän pystysuuntaisesti alkaen vasemman alaikkunan ylänurkasta kohti yläseinää (kuva 14). Halkeama syntyi, kun ensimmäisen kerroksen lattioita suoristettiin perustusten epätasaisen painuman vuoksi (kts. 5.2 Perustus ja alapohja). Tuloilmaritilän ruostuttama rappauskohta sijaitsee koillisen julkisivun päätykolmiossa (kuva 11). Lisäksi rappaus on irronnut paikallisesti lounaisen julkisivuseinän alaosasta (kuva 15).



Kuva 14. Koillisen julkisivun halkeama on syntynyt, kun lattiat ovat koolatut.



Kuva 15. Paikallisesti irronnut rappaus lounaisella julkisivulla.

Toimenpiteet

Ulkoseinän halkeama voidaan paikata täyttämällä se laastilla. Ennen täyttöä on halkeaman laastisauma piikattava kokonaan avoimeksi, puhdistettava ja täytettävä uudelleen. Myös tiivistäminen elastisella massalla on suotavaa, sillä halkeama lävistää koko seinärakenteen.

Myös paikallisesti irronnut rappaus kannattaa poistaa suorakulmaisesti, puhdistaa sekä paikata vanhan rappauksen mukaisilla laastityypeillä. Tuloilmaritilän ruostuttama rappauskohta on puhdistettava. Lisäksi ritilä on puhdistettava

ruosteesta sekä käsiteltävä ruosteenestomaalilla. Vaihtoehtoisesti ritilä voidaan vaihtaa myös uuteen.

Myös ulkoseinien lisäeristämistä energiakulutuksen vähentämiseksi voidaan harkita.

5.5.2 Ulko-ovet

Kirjaston molemmat ulko-ovet on uusittu kirjaston saneerauksen yhteydessä v. 1980. Ulko-ovissa on erikoisikkunat, jotka on varustettu 2-kertaisilla umpiolaseilla (kuva 16). Sekä ovi että oveen kuuluvat ikkunat on teräskehystettyjä. Ovissa on myös potkulevyt, jotka suojaavat ovea kolhuilta. Molemmat ulko-ovet ovat hyvässä kunnossa, sillä lasipinnat ovat ehjiä ja maalipinta on pysynyt metallipinnoilla.



Kuva 16. Kirjaston pääsisäänkäynnin ovi on teräskehyksinen.

5.5.3 Ikkunat

Kaikkien ikkunoiden karmien ulko-osat, alakarmi, ulkopuitteet ja ulkolasilistat ovat painekyllästettyä puuta. Ikkunat ovat 3-kertaiset ja sisäänaukeavat kahdella puitteella. Sisälasina toimii 2-kertainen umpiolasi. Karmin ja seinärakenteen väli on tiivistetty mineraalivillalla ja elastisella kitillä sekä ikkunoiden sisä- ja

välipuitteet villapunostiivisteellä. Ikkunoiden vesipellit ovat kuumasinkittyä teräspeltiä ja ne toimivat kaikissa ikkunoissa.

Julkisivun kaikki suuret ikkunat ovat hyvässä kunnossa, sillä ikkunankarmit on maalattu rakennuksen julkisivumaalauksen yhteydessä viimeksi v. 2006. Ainoastaan ikkunat, jotka sijaitsevat lounaisen julkisivun perusmuurissa sekä kuuluvat osaksi kellaria, ovat huonossa kunnossa. Näistä ikkunoista vain toinen on kaksilasinen, sillä toisesta puuttuu ulkopuolinen lasi ja tilalla on ainoastaan rautaverkko (kuva 17). Molemmat ikkunat ovat auki niin, että ilmaa pääsee virtaamaan kellariin ulkoapäin. Tämä tarkoittaa sitä, että kellaritiloihin pääsee ikkunoiden kautta myös vettä. Kellariin on mahdollista myös päästä ikkunasta, joka on kaksilasinen, ja jossa ei ole rautaverkkoa (kuva 18). Kellarin ikkunoita ei saa kiinni asti, sillä puuikkunoiden karmit ovat turvonneet kosteudesta.



Kuva 17. Rappauspinta on irronnut ikkunan ja sokkelin rajakohdasta.



Kuva 18. Perusmuurissa oleva kellarin ikkuna lounaisella julkisivulla ei pysy kiinni.

Toimenpiteet:

Kellarin kaksi ikkunaa on uusittava tai poistettava, sillä niiden kautta pääsee vettä kellariin. Myös perusmuurin ja ikkunan rajakohdassa oleva rappauspinta on paikattava, sillä se on pahoin rapautunut.

5.6 Täydentävät rakenteet

5.6.1 Sisäovet

Kaikki kirjaston sisäovet on uusittu kirjaston saneerauksen yhteydessä v. 1980. Kohteessa on eniten laakaovia, jotka ovat materiaaliltaan mäntyä. Kirjastossa on myös ensimmäisen kerroksen satunurkan ja lasten lainausosaston välissä paljeovi, joka äänieristää satunurkan tarvittaessa. Lisäksi tuulikaappien sisäovet ovat teräsrakenteisia ja ne vastaavat rakenteeltaan ulko-ovia (5.5.2 Ulko-ovet).

Kohteessa on käytetty yhteensä myös kolmea erilaista palo-ovea: A30, A60 ja B30. Palomerkinnät ovat vanhoja, mutta viittaavat numeroillaan kuitenkin samaan kuin nykyiset paloluokkamerkinnät, kuten EI30. Merkinnöistä A30 ja A60 viittaavat teräskehysisiin oviin, kun taas B30 viittaa kovalevyypintaiseen oveen. Palo-ovien paikat selviävät ensimmäisen ja toisen kerroksen pohjapiirustuksista (liite 10).

Toimenpiteet

Kaikki kohteen sisäovet toimivat moitteettomasti. Ovet ovat myös pinnoiltaan hyvässä kunnossa, joten ne eivät vaadi korjaavia toimenpiteitä.

5.6.2 Alakatot

Ensimmäisessä kerroksessa on 30 mm paksuinen akustiikkalevy kaikissa huoneissa, paitsi välivarastossa, vessoissa ja siivouskomerossa, joissa on kipsilevyt. Lisäksi lasten lainausosastoa ennen oleva katto on alaslaskettu kipsilevykatto.

Toisessa kerroksessa akustiikkalevyt on asetettu kattoon porrashuoneessa, näyttelytilassa, käsikirjastossa sekä kotiseutuosastolla. Katot ovat kipsilevystä kirjastonhoitajan huoneessa, henkilökunnan työhuoneessa ja sosiaalitiloissa, kirjavarastossa, varastossa, pukuhuoneessa ja käytävällä. Lisäksi alaslaskettu kipsilevykatto sijaitsee pesuhuoneessa.

Alakatot ovat silmämääräisesti hyvässä kunnossa, sillä pinnalliset vauriot olivat niissä hyvin vähäisiä. Ainoastaan toisen kerroksen porrashuoneen katossa oli havaittavissa kuivunut kosteusläiskä, joka on valunut yläpohjan reunan kautta akustiikkalevyyn.

Lisäksi lämpökamera paljasti puutteita yläpohjan ja seinien liitoksissa, sillä niissä oli havaittavissa ilmavuotoja (liite 5). Ilmavuodot ovat kuitenkin vaarattomia, sillä niiden sijainti ei rajoitu oleskeluvyöhykkeelle. Ilmavuodot johtuvat yläpohjan ja seinien huonosta liitoksesta sekä siitä, että yläpohjan sijainti rajoittuu kylmään ullakkoon (kts. 7.2 Teuvan kunnankirjaston lämpökuvaus).

Toimenpiteet

Alakatot eivät vaadi toimenpiteitä, sillä pinnalliset vauriot olivat hyvin vähäisiä. Ainoastaan ullakon yläpohjan kosteutta on tarkkailtava ja vähennettävä (kts. 6.3.4 Ullakko).

5.7 Tilojen pintarakenteet

5.7.1 Lattiapinnat

Kellarin lattia on betonista, joka on maalattu. Kellarin lattiassa on useita halkeamia ja kuluneita pintoja, jotka johtuvat lattian märkydestä (kts. 6.3.1 Kellari) Ensimmäisessä kerroksessa on taas lattioiden pintamateriaalina käytetty lähinnä muovimattoa, sillä vain välivarastossa, porrashuoneessa ja sivuoven eteisessä on käytetty kvartsivinyylilaatta. Toisessa kerroksessa on muovimatto kaikissa muissa huoneissa paitsi näyttelytilassa, porrashuoneessa, kirjavarastossa, varastossa sekä käytävällä, joissa on kvartsivinyylilaatta.

Toimenpiteet

Lattiapinnat eivät kaipa erityisiä toimenpiteitä ensimmäisessä eivätkä toisessa kerroksessa. Myöskään kellarin lattian pinnoitetta ei ole järkevää uusida, sillä ensisijaisesti on vähennettävä kellarin lattian kosteutta (kts. 6.3.1 Kellari).

5.7.2 Kantavat seinät

Kirjaston kantavan pystysuoran rungon muodostavat vanhat tiiliseinät. Tiiliseinät ovat rapattuja ja maalattuja. Kantavat seinät ovat pääosin hyvässä kunnossa lukuun ottamatta seinien halkeamia ja kosteusvalumia. Halkeamien todennäköisenä syynä pidetään rakennuksen epätasaista vajoamista, sillä rakennus vajoaa luoteiselta julkisivulta nopeammin kuin muilta (kts. 5.2 Perustus ja alapohja). Rappauslaasti on irronnut pahiten toisen kerroksen kirjavaraston oven viereisestä seinästä (kuva 19).



Kuva 19. Rappauslaasti on irronnut kantavasta seinästä toisen kerroksen kirjavarastossa.

Myös kuivuneita kosteusvalumia näkyy muutamien ulkoseinien sisäpinnoilla, kuten esimerkiksi toisen kerroksen kirjavarastossa sekä henkilökunnan pukuhuoneessa (kuva 20). Valunut kosteus on lähtöisin ullakolta, jonne vettä on päässyt ulkoseinän ja katon rajakohdan eli ilmaraon kautta. Vesi on päässyt ilmaraon kautta sisään, koska kohteen räystäät ovat liian lyhyet.



Kuva 20. Kuivunut kosteusvaluma henkilökunnan pukuhuoneessa.

Toimenpiteet

Paikallisesti vaurioituneet rappauspinnat kannattaa poistaa suorakulmaisesti ehjään, lujaan pintaan saakka, puhdistaa sekä paikata vanhan rappauksen mukaisilla laastityypeillä. Kuivuneet kosteusvalumat voidaan puhdistaa, mutta ullakon kosteutta on rajoitettava, jotta kosteus ei pääse jatkossa rakenteisiin (kts. 6.3.4 Ullakko).

5.8 Katto ja ullakko

Kirjaston vesikatto on uusittu viimeksi v. 1983. Katteena toimii tiilikuvioinen peltikate, jota kannattelee puiset ristikkorakenteet k900 ja kantavat seinät. Ristikkorakenteiden materiaalina on käytetty kuusta. Kate on hyvässä kunnossa, sillä ainoastaan katteen läpi lyödyt naulat sekä kattoluukku aiheittavat ullakolla ongelmia. Katteen läpi lyötyjen naulojen kautta pääsee vesi ristikkorakenteisiin, sillä rakenteessa ei ole lainkaan aluskatetta eikä eristeitä. Lisäksi kattoluukku pääsee tuulisena päivänä auki, jonka kautta kosteus pääsee yläpohjarakenteisiin. Myös räystäät ovat kohteessa liian lyhyet, sillä kosteus pääsee ullakolle katteen ja seinän välisen ilmaraon kautta.

Toimenpiteet

Kate on uusittava, sillä aluskatetta on mahdotonta lisätä jälkikäteen ristikoiden ja katteen väliin. Samalla on suotavaa lisätä räystäiden mittaa niin, ettei kosteus pääse ilmaraon kautta rakenteisiin. Lisäksi kostunut yläpohja vaatii lisätutkimuksia, sillä ullakon suuri suhteellinen kosteus on saattanut aiheuttaa vaurioita sen rakenteisiin.

5.9 Muut

5.9.1 Koneellinen ilmastointi

Käyttötiloissa eli ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa on koneellinen ilmanvaihto. Kirjaston koneellinen ilmanvaihtolaitteisto sijaitsee ullakolla, jonne sille on rakennettu oma huoneensa (kuva 21). Tuloilma otetaan kaakkoisen

julkisivun puolelta ja poistoilma ulosjohdetaan katon läpi kulkevien ilmanpoistoputkien kautta ulos.



Kuva 21. Koneellinen ilmanvaihtolaitteisto sijaitsee kirjaston ullakolla.

Kirjaston ilmanvaihtokone ei täytä tämän päivän vaatimuksia. Ilmanvaihtokoneen teho on pienentynyt oleellisesti sen jälkeen, kun ilmanvaihtokoneen suodatinluokkaa on nostettu. Suodatinluokkaa on nostettu, sillä liikennepölyjen ja pakokaasujen pääsyä sisätiloihin on haluttu rajoittaa. Tämän seurauksena tilojen tuuletus on kuitenkin oleellisesti vähentynyt. Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu viimeksi kesällä v. 2010, jonka puhdistuspöytäkirjassa todettiin raitisilmasäleikön sijainnin olevan erittäin huono sisäilman laatua ajatellen.

Toimenpiteet

Koska ilmanvaihtuvuus on sisätiloissa heikko, on ilmanvaihtolaitteisto uusittava kokonaan vastaamaan tämän päivän vaatimuksia. Myös tuloilmaventtiilin paikkaa on vaihdettava, sillä saasteiden ja pölyjen määrää on rajoitettava sisäilmassa. Tuloilmaventtiili voidaan siirtää esimerkiksi rakennuksen toiseen päätykolmioon.

5.9.2 Painovoimainen ilmanvaihto

Perusmuurissa on yhteensä 5 tuloilmaventtiiliä, joista kolme sijaitsee kaakkoisella julkisivulla ja kaksi koillisella. Tuloilmaventtiilit, jotka johtavat kellariin ilmaa kaakkoiselta julkisivulta, ottavat ilmaa liikennöidyltä kadulta. Myös ne tuloilmaventtiilit, jotka sijaitsevat koillisella julkisivulla ottavat korvaavan

ilmansa saasteisesta ympäristöstä, parkkipaikalta. Lisäksi koillisen julkisivun, sivuovea lähinnä oleva, venttiili ei pysty tuomaan kellariin korvaavaa ilmaa, sillä sitä peittää routivan maan nostattama perusmuurilevy (kuva 22).



Kuva 22. Arkistohuoneen (3) tuloilmaventtiiliä peittää perusmuurilevy.

Tuloilma kulkeutuu kellarissa viiteen eri arkistohuoneeseen, joista huono ilma johdatetaan ilmanpoistovenktiilien kautta ulos. Ilmanpoistovenktiilit ovat yhteydessä kellarin savupiippuun, josta huono ilma siirtyy painovoimaisesti savupiipun kautta ulkoilmaan.

Koska tuloilmavenktiilit ottavat ilmansa saasteisesta ympäristöstä, on lähes selvää, että kaikkien tuloilmavenktiilien ympäristö on alkanut ajan myötä tummumaan (kuva 23). Paras keino välttää saasteisen ilman pääsy kellarin, on vaihtaa tuloilmavenktiilien paikkaa saasteettomaanpaan ympäristöön.



Kuva 23. Tuloilmaventtiili, jonka ympärille on kertynyt saastetta ja pölyä.

Toimenpiteet

Kellarin tuloilmaventtiilien paikkaa muutettava ympäristöön, joka on saasteeton tai vähemmän saasteinen. Tuloilma voidaan ottaa esimerkiksi luoteiselta julkisivulta. Vaihtoehtoisesti ilmanvaihto voidaan kellarissa myös koneellistaa, joka suodattaa pölyt ja parantaa kostean kellarin kuivumista.

6 KOSTEUSMITTAUS

6.1 Kosteusmittarit

Gann Hydromette RTU B 50

Gann Hydromette RTU 600 -kosteusmittari koostuu kolmesta eri laitteesta: iskuanturista M 20, junta-anturista M 18 sekä aktiivielektrodista B 50. Sekä iskuettä junta-anturia käytetään puun kosteuden mittaamiseen ja aktiivielektrodia kovien materiaalien, kuten tiilen ja betonin pintakosteusmittaukseen. /13/.

Junta-anturin M 18 ja iskuanturin kosteusmittaus perustuu sähköisen vastuksen mittaukseen mittauspiikkien välillä. Aktiivielektrodi B 50 taas muodostaa materiaalin pintaa koskettaessaan mittauskentän, jonka laite rekisteröi kosteuskokemuksi. Kosteuskokemaan vaikuttaa sekä materiaalin tiheys että kosteuspitoisuus. Mitä suurempi lukema mittarista saadaan, sitä suuremmasta kosteuspitoisuudesta on myös kyse. /13/. Aktiivielektrodilla B 50 saatujen kosteuskokemien analysointia helpottaa oleellisesti taulukko 1.

Taulukko 1. Aktiivielektrodista B 50 saatujen kosteuskokemien ohjearvot./13/

	Puu	Tiili	Tiili kellaritiloissa, betoni sisätiloissa
kuiva	alle 40	alle 40	alle 50
kostea	40-80	40-80	70-100
märkä	yli 80	yli 80	yli 100

Vaisala HM44 -kosteusmittari

Vaisala HM44 -kosteusmittarilla mitataan rakenteen sisäistä kosteutta esimerkiksi betonista. Kosteusmittari ilmoittaa suhteellisen kosteuden, kastepistelämpötilan, märkälämpötilan sekä absoluuttisen kosteuden HMI41-näyttölaitteella /15/.

Suhteellisella kosteudella RH tarkoitetaan prosenteissa ilmaistuna absoluuttisen kosteuden v suhdetta kyllästyskosteuteen v_k (1). Absoluuttisella kosteudella

tarkoitetaan ilmassa olevaa kosteusmäärää ja kyllästyskosteudella ilmaan maksimissaan mahtuvaa kosteusmäärää. /16/.

$$RH = v / v_k \quad (1)$$

RH = suhteellinen kosteus [%]

v = absoluuttinen kosteus [g/m³]

v_k = kyllästyskosteus [g/m³]

Vaisala HM44 -kosteusmittari koostuu kahdesta eri laitteesta: lämpötila-anturista ja HMP44 -mittapäätä. Lämpötila-anturia käytetään oleskeluvyökkeen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaamiseen ja HMP44 -mittapäätä suhteellisen kosteuden mittaamiseen rakenteen sisältä. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan aluetta, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta 1,8 metrin korkeudelle lattiasta ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydelle seinistä /14/.

Vaisalan lämpötila-anturin käyttö ei vaadi mitään erillisiä toimenpiteitä, kun taas Vaisalan HMP44-mittapää vaatii. Vaisalan HMP44-mittapäälle tulee porata 16 Ø mm:n reikä ja porattuun reikään asentaa asennusholkki, joka suojataan asennussuojalla. Asennussuojan kautta mittapää työnnetään asennusholkin kärkeen asti. Asennusholkin toinen pää tiivistetään sinitarralla tms. ja kaapeli taitetaan asennussuojan sisään. Tämän jälkeen kansi suljetaan ja mittapää jätetään tasoittumaan 48 tunniksi, jonka jälkeen tulokset luetaan. Tämä toimenpide tehdään, koska mittapään täytyy asettua tasapainokosteuteen sitä ympäröivän rakenteen kanssa, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavina. HMP44 -mittapäällä saadut lukemat ovat huomattavasti todenmukaisempia kuin pintakosteusmittarilla saadut tulokset. /15/

6.2 Kosteusmittaus

Kosteusmittauksessa käytin kahta kosteusmittaria: Gann Hydromette RTU 600 ja Vaisala HM44. Gann Hydromette RTU 600 pintakosteusmittaria käytin niin puun, tiilen kuin betoninkin kosteuden mittaukseen /13/. Pintakosteusmittaustuloksia täydensin myöhemmin luotettavammalla Vaisalan HM44-kosteusmittarilla, joka

taas mittaa rakenteen, kuten betonin, sisäistä kosteutta /15/. Molemmat kosteusmittarit lainasin Vaasan Technobotnialta.

Gann Hydromette RTU 600 -pintakosteusmittauksessa käytin sekä juntta-anturia M 18 että aktiivielektrodia B 50. Juntta-anturia M 18 käytin ainoastaan ullakon puisten ristikkorakenteiden kosteuden mittaukseen, kun taas aktiivielektrodia B 50 käytin rakennuksen kaikissa kerroksissa niin tiili-, betoni- kuin eri lattiapintojenkin kosteuden mittaukseen. Juntta-anturin M 18 kosteusmittaukset suoritin 30.3.2011 ja aktiivielektrodin B 50 26.- 31.3.2011.

Täydensin Gann Hydromette RTU 600 -kosteusmittarin kosteustuloksia Vaisala HM44:lla 28.3 ja 30.3.2011, sillä halusin tietää lattiarakenteiden todelliset kosteuslukemat. Mittauksia varten suoritettut poraukset tehtiin yhteensä kuuteen eri huoneeseen, niistä kaksi kellariin, kaksi alapohjaan, yksi välipohjaan ja yksi yläpohjaan. Lattiarakenteista ja yläpohjasta ei ole olemassa tarkkoja tietoja, mutta porattu 100 mm:n reikä paljasti kuitenkin sitä ympäröivän materiaalin, jotka olen kustakin huoneesta kirjannut erikseen liitteen 4 taulukkoon 1.

Vaisala HM44 -kosteusmittauksessa käytin sekä lämpötila-anturia että HMP44 -mittapäätä. Lämpötila-anturia käytin ulkona sekä kuudessa huoneessa, joihin olin asentanut HMP44-mittapäät. Lämpö-anturilla selvitin sekä ulko- että sisälämpötilat ja niiden suhteelliset kosteudet. Lämpötila-anturia käytin HMP44 -mittapään asennuspäivänä 28.3. ja tulosten lukupäivänä 30.3.2011 (liite 4; taulukko 2 ja 4). Lämpötila-anturista saatuja huoneilman tietoja täydensin myöhemmin laskuilla (liite 7). Laskuissa sovelsin kaavaa (1), koska halusin selvittää myös huoneiden kastepistelämpötilat sekä absoluuttiset kosteudet (liite 7). HMP44 -mittapään tulokset taulukoin liitteen 4 taulukkoon 3.

6.3 Kosteusmittausten tulokset

Gann Hydromette RTU 600 -pintakosteusmittarin avulla sain selville, että kohteen pahimmat kosteuslukemat sijoittuivat pääosin kellariin ja ullakolle. Ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa kosteutta oli jo huomattavasti vähemmän ja poikkeamatkin hyvin vähäisiä. Pintakosteusmittarilla saatujen lukemien

analysoinnissa hyödynsin taulukkoa 1. Kaikki kohteen alhaisimmat ja suurimmat lattian ja seinän kosteuslukemat merkkasin liitteeseen 3 sekä niitä vastaavat kosteudenmittauspisteet tummennetuin numeroin liitteeseen 2.

Luotettavamman Vaisala HM44 -kosteusmittarin tulosten kautta varmistuin kellarin märkyydestä, mutta sen lisäksi löysin kosteutta myös alapohjasta. Tuloksissa vertailin lähinnä kunkin huoneen ilman ja rakenteen absoluuttista kosteutta, sillä yleensä niiden merkittävät eroavaisuudet paljastavat mahdollisen kosteuslähteen (liite 4, liite 7).

Absoluuttinen kosteus ilmaisee veden määrää huokosrakenteessa tai ilmassa. Mikäli rakenteen absoluuttinen kosteus on suurempi kuin huoneilman, tarkoittaa se sitä, että rakenteeseen pääsee jostain vettä esimerkiksi kapillaarisesti maaperästä nousemalla. Kun rakenteen absoluuttinen kosteus on suurempi kuin huoneilman, pyrkii rakenne kosteustasapainoon eli luovuttamaan vettä sitä kuivempaan tilaan, tässä tapauksessa huoneilmaan. Jos lattiassa ei olisi kosteutta, huoneilman ja lattiarakenteen absoluuttiset kosteuslukemat olisivat alhaisia ja kutakuinkin samaa suuruusluokkaa.

6.3.1 Kellari

Kellarin suurimmat kosteuslukemat sijoittuivat pääosin betonilattioihin ja tiilijulkisivuseiniin. Betonilattia oli pääosin märkä, sillä kosteuslukemat ylittivät arvon 100 lähes kaikissa huoneissa lukuunottamatta arkistohuoneita 1, 2 ja 5 (liite 3; taulukko 1). Arkistohuoneiden 1 ja 2 kosteuslukemat lattiasta viittasivat selvästi muita painovoimaisia ilmanvaihtohuoneita (arkistohuoneita 3, 4 ja 5) alhaisempaan kosteuteen, jonka syynä on mahdollisesti paremmin toimiva ilmanvaihto. Etenkin arkistohuoneen 3 ilmanvaihtoa vähentää oleellisesti sen tuloilmaventtiiliä peittävä perusmuurilevy, joka on noussut perusmuurin ja maaperän välistä routivan maan johdosta (kuva 24). Perusmuurilevy on eriste, jonka tarkoituksena on suojata perustuksia kosteudelta ja vedeltä.



Kuva 24. Perusmuurilevy peittää arkistohuoneen (3) tuloilmaventtiilin.

Betonilattian suurin pintakosteusmittarilla saatu kosteuslukema (145) (liite 3; taulukko 1) sijaitsi tilan (1) nurkassa, joka viittaa hyvin märkään rakenteeseen. Betonilattioissa oli kuitenkin myös kuivia kohtia. Betonilattian kosteuslukemat olivat alhaisimpia yleensä huoneiden keskellä ja korkeimmillaan lattioiden reunoilla, sillä lattiat viettivät huoneissa pääasiassa seiniin päin (liite 3; taulukko 1). Betonilattioiden märkyden pystyi havaitsemaan myös silmin, sillä kostunut betonipinta oli yleensä muuta lattian ympäristöä tummempi (kuva 25).



Kuva 25. Kostunut nurkka kattilahuoneessa.

Myös kellarin seinistä mitatut pintakosteuslukemat viittasivat siihen, että seinät ovat pääosin märkiä (liite 3; taulukko 1). Suurimmat kosteuslukemat sain julkisivuun kuuluvista tiiliseinistä, joissa kosteuslukemat olivat koholla 1,5 metrin korkeudelle asti betonilattian pinnasta. Seinien kosteuden pystyi havaitsemaan myös silmämääräisesti, sillä tiilipinnat olivat pahoin rapautuneet (kuva 26).



Kuva 26. Kellarin poltetut tiiliset julkisivuseinät rapautuneet n. 1,5 metrin matkalta betonilattian pinnasta.

Suurin kellarin seinästä saatu kosteuslukema oli 145 (liite 3; taulukko1), jonka sain arkistihuoneen (4) julkisivuseinästä. Oudoimman kosteuspoikkeaman (125) havaitsin taas arkistihuoneen (2) väliseinässä, joka erottui muusta ympäristöstä vaakasuuntaisena kosteusviivana (kuva 27). Kaikki kellarin alhaisimmat kosteuslukemat viittasivat kuivaan rakenteeseen ja niitä sain pääosin kellarin väliseinien ja julkisivuseinien yläosista (liite 3; taulukko 1).



Kuva 27. Arkistihuoneen (4) väliseinässä oleva vaakasuuntainen kosteuspoikkeama sijaitsi lähellä betonilattian pintaa.

Myös tarkempi Vaisalan HMP44-mittapää paljasti kellarin lattian olevan märkä, sillä suhteellinen kosteus kellarin käytävällä lähenteli jopa sataa prosenttia (liite 4; taulukko 3). Toinen mittaus kellarin lattiasta (KL-huoneesta) ei osoittanut yhtä suurta suhteellista kosteutta kuin käytävältä otettu, mutta todisti myös rakenteessa olevan kosteutta (liite 4; taulukko 3). Käytävän lattiarakenteen suhteellinen kosteus oli 93,1 % ja KL-huoneen 74,5 % (liite 4; taulukko 3). Lisäksi käytävän lattiarakenteen absoluuttinen kosteus oli sitä ympäröivää huoneilmaa jopa $8,5 \text{ g/m}^3$ suurempi ja KL-huoneen $5,9 \text{ g/m}^3$ (liite 4; taulukko 3, liite 7). Lattiarakenteen ja huoneilman erot absoluuttisessa kosteudessa paljastivat, ettei lattiarakenne ole kosteustasapainossa sitä ympäröivän ilman kanssa (liite 4; taulukko 3, liite 7). Suhteellinen kosteus on kellarin lattiarakenteessa hälyttävän korkea, sillä kun suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % kyseisessä lämpötilassa, on riski homesienten ja hiivojen kasvulle suuri. /3/

Vaisalan HM44-kosteusmittarin tuloksista voidaan päätellä, että betonilattia sisältää huomattavasti enemmän kosteutta kuin sitä ympäröivä huoneilma. Koska betonin ja huoneilman suhteelliset ja absoluuttiset kosteuden arvot poikkesivat merkittävästi toisistaan, tarkoittaa se sitä, että kosteus on lähtöisin betonilattian alapuolelta eli maaperästä. Todellinen varmuus betonin vesikosketuksesta selvisi kuitenkin vasta sitten, kun poraus tehtiin koko betonilaatan läpi. Porattu reikä paljasti, että vettä oli kertynyt betonilaatan ja tiiviin savikerroksen väliin jopa 1 cm:n verran. Maaperän kosteus toimii selityksenä myös sille, miksi tiilen sisäpuoliset vauriot ja kohonneet kosteuskokoukemat pintakosteusmittarilla mitattuna päättyivät kellarissa juuri samalle korkeudelle maan pinnan kanssa. On siis hyvin todennäköistä, että sekä tiilijulkisivujen että betonilattioiden kosteus selittyy maaperän kosteudella.

Maaperässä kosteus voi esiintyä pintavetenä, pohjavetenä, kapillaarivetenä, vajovetenä sekä maan huokosissa olevana vesihöyrynä /17/. Koska kosteuskokoukemat olivat kohonneita myös kellarin väliseinissä, kuten tilassa (2) (liite 3; taulukko 1), selittyy maaperän kautta rakenteisiin tuleva kosteus mitä todennäköisimmin kapillaarivetenä.

Veden kapillaarisella nousulla tarkoitetaan sitä, että rakennusaineilla ja maaperällä on kyky imeä ja siirtää vettä itseensä niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa /17/. Vesi pääsee kuitenkin imeytymään kapillaarisesti huokoiseen materiaaliin myös silloin, kun rakenne on kapillaarisessa kontaktissa toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan rakennusaineeseen tai maaperään. Maaperästä kapillaarisesti tulevan kosteuden määrä riippuu maalajista, sen kapillaarisuudesta, pohjavedenpinnasta sekä salaojien toimivuudesta. Veden kapillaarinen nousu johtuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta. Huokosalipaine on sitä suurempi mitä pienempi on materiaalin huokonen. /3/.

Maaperän kosteus on päässyt nousemaan kellarin rakenteisiin kapillaarisesti, sillä salaojitus ja hulevesiviemärit toimivat alueella heikosti. Salaojitus toimii heikosti, koska se on sijoitettu kohteessa anturan alle eikä anturan viereen, jonne se oikeasti kuuluisi. Lisäksi hulevesiviemäreiden toimintaa hidastaa se, että ne ovat halkaisijaltaan pieniä. Kellarin seinistä puuttuvat myös vesi- ja routaeristeet.

Koska kapillaarisella kosteusalueella olevien materiaalien ja niiden läheisyydessä olevien rakenteiden vaurioitumis- ja homehtumisriski on merkittävän suuri, on kellarin korjaustoimenpiteet aloitettava nopeasti. Kellarin arkistohuoneessa (2) on esimerkiksi havaittavissa homesienen kaltaisia vaurioita, jotka kaipaavat lisätutkimuksia (kuva 28).



Kuva 28. Arkistohuoneessa (2) mahdollisten homesienten aiheuttamat vauriot kaipaavat lisätutkimuksia.

Toimenpiteet

Koska kellarissa olosuhteet ovat homeelle hyvin otolliset, tulee ensisijassa kohteen kosteusrasitusta vähentää. Kellarin kosteutta saadaan vähennettyä mm. sijoittamalla salaojitus anturan viereen, vesieristämällä seinärakenteet ja lisäämällä kellarin tuuletusta. Myös seinärakenteiden routaeristys ja maanpinnan kallistaminen julkisivusta pois päin vähentävät kellarin kosteusrasitusta. Lisäksi hulevesiviemäri on uusittava. Kellarin tuuletusta voidaan parantaa esimerkiksi koneellisella ilmanvaihdolla, sillä kostuneet tiili- ja betonirakenteet on saatava kuivaksi.

Kapillaarinen vedennousu voidaan estää kellarissa kapillaarikatkolla, joka saadaan aikaan patolevyä tai bitumikermiä käyttäen. Kapillaarikatkon lisäksi kellarin kosteutta voidaan vähentää impregnoinnilla. Impregnoinnilla tarkoitetaan esim. betonipinnan sisäistä tiivistystä ilman varsinaisen pintakerroksen muodostamista. Impregnoinnissa käytetään hartsipohjaista ainetta, joka levitetään betonipinnan päälle. Se lisää betonipinnan sään- ja kulumisenkestävyyttä sekä parantaa vedenhylkimisominaisuuksia. /18/.

6.3.2 Ensimmäinen kerros

Ensimmäisen kerroksen lattian kosteuslukemat pintakosteusmittarilla mitattuna viittasivat märkään rakenteeseen ainoastaan kahdessa huoneessa: tk-huoneessa ja miesten vessassa. Tk-huone viittaa tuulikaappiin, joka sijaitsee lähinnä pääsisäänkäyntiä (liite 2). Tuulikaapin suurin kosteuslukema (108) (liite 3; taulukko 2) merkitsi märkää rakennetta, jonka osasyynä saattaa olla siihen kosketuksissa oleva märkä betonilaatta. Betonilaatta on kosketuksissa perusmuurin kautta alapohjaan, koska se toimii kirjastoon johdattelevina portaina ja invalidiliuskana. Betonilaatta on märkä, koska sillä ei ole suojaavaa katosta. Betonilaatta on siis kosketuksissa sekä maaperän että ulkoilman kosteuden kanssa.

Miesten vessan lattiasta saatu kosteuslukema (133) (liite 3; taulukko 2) viittasi myös hyvin märkään rakenteeseen. Tämän kosteuslukeman sain kohdasta, joka sijaitti lähellä väliseinän toisella puolella olevaa naisten vessan vesipistettä (liite

2). Näkyviä kosteusvaurioita ei lattiassa näkynyt, mutta kyseessä voi silti olla esimerkiksi putkivuoto, joka vaatii lisätutkimuksia.

Koska ainoastaan kahdessa huoneessa esiintyi märkyyttä, muiden huoneiden suurimmat kosteuskokemat viittasivat pääosin kosteaan lattiarakenteeseen (liite 3; taulukko 2). Betonilattioissa ja koolatuissa lattioissa oli kuitenkin myös kuivia kohtia, sillä kaikki alhaisimmat kosteuskokemat viittasivat kuivaan lattiarakenteeseen (liite 3; taulukko 2).

Ensimmäisen kerroksen kaikki alhaisimmat seinän kosteuskokemat viittasivat kuivaan rakenteeseen, joita sain pintakosteusmittarilla jokaisesta huoneesta niin ala- kuin yläseiniltäkin (liite 3; taulukko 2). Suurimmat kosteuskokemat viittasivat seinissä osassa rakenteita kuivaan osassa rakenteita kosteaan. Yli 60 kosteuskokeman arvot sain tk-huoneen, eteisen ja satunurkan kantavista seinärakenteista (liite 3; taulukko 2). Suurin kosteuskokema näistä kolmesta (68) sijaitsi eteisen väliseinässä (liite 3; taulukko 2).

Vaisalan HM44-kosteusmittarilla sain puolestaan selville lattian märkyyden hyvin yllättävästä paikasta, nimittäin lainausosaston lattialta, jossa suhteellinen kosteus oli 67,1 % ja absoluuttinen kosteus $14,0 \text{ g/m}^3$ (liite 4; taulukko 3). Absoluuttinen kosteus oli rakenteessa $11,1 \text{ g/m}^3$ korkeampi kuin sitä ympäröivä huoneilma (liite 4; taulukko 3, liite 7). Toisesta huoneesta (välivarastosta) mitattu rakennekosteus ei osoittanut yhtä suuria lukemia suhteellisen kosteuden ja absoluuttisen kosteuden osalta. Välivaraston lattian suhteellinen kosteus oli 36,8 % ja absoluuttinen kosteus $3,8 \text{ g/m}^3$ (liite 4; taulukko 3). Välivaraston lattian absoluuttinen kosteus erosi huoneilman absoluuttisesta kosteudesta vain 8 g/m^3 verran (liite 4; taulukko 3, liite 7).

Rakennekosteusmittari paljasti maanvaraisessa laatussa olevan huomattavasti enemmän kosteutta kuin sitä ympäröivässä huoneilmassa. On hyvin todennäköistä, että myös maanvaraisen laatan märkyys johtuu kellarin tapaan veden kapillaarisesta noususta, sillä maanvarainen laatta on kosketuksissa märkään maaperään.

Toimenpiteet

Toimenpiteet ovat hyvin pitkälti samat kuin kellarissa: perusmuuri tulee routa- ja vesieristää, alue on salaojitettava sekä maan pinta kallistettava julkisivuista pois päin. Perusmuuri ja antura voidaan vesieristää esimerkiksi patolevyillä ja routaeristää eristelevyillä, jotka asennetaan rakennuksen perustusten viereen salaojaputkien päälle. Maanvaraisen laatan ja pääsisäänkäynnin edessä olevan betonilaatan kosteusrasitusta saadaan taas vähennettyä anturan alle sijoitettavalla kapillaarikatkolla. Kapillaarikatko saadaan aikaan esimerkiksi kevytsoraa tai sepeliä käyttäen.

Lisäksi ensimmäisen kerroksen miesten vessan lattia vaatii lisätutkimuksia, sillä pintakosteuslukema (133) viittasi hyvin märkään rakenteeseen, jonka syynä saattaa olla esimerkiksi putkivuoto.

6.3.3 Toinen kerros

Toisen kerroksen huoneiden latioista ei löytynyt pintakosteusmittarilla lainkaan märkyyttä, vaan kosteuslukemat latioista viittasivat pääosin kuiviin ja kosteisiin pintarakenteisiin (liite 3; taulukko 3). Kosteutta esiintyi ainoastaan neljässä huoneessa: porrashuoneen, pesuhuoneen, siivouskomeron ja näyttelytilan latioissa (liite 3; taulukko 3). Näistä suurimman kosteuslukeman (54,8) (liite 3; taulukko 3) sain siivouskomeron viemärin läheisyydestä. Siivouskomeron lattiasta saatu kosteuslukema viittaa täysin normaaliin ottaen huomioon tilan käyttötarkoitus.

Seinän suurin kosteuslukema (57,8) (liite 3; taulukko 3) sijoittui myös siivouskomeroon, jonka sain huoneen alaseinästä. Muut paikalliset kosteaan seinärakenteeseen viittaavat kosteuslukemat sain porrashuoneesta (47,8) ja pesuhuoneesta (53,9) (liite 3; taulukko 3). Pesuhuoneen kosteuslukeman sain vessanpöntön läheisyydestä. Pääosin seinärakenteet olivat kuitenkin kosteuslukemien mukaan kuivia eivätkä täten vaadi korjaavia toimenpiteitä.

Vaisala HM44 -kosteusmittarilla en myöskään löytänyt toisesta kerroksesta märkyyttä. Rakennekosteuden selvitin kirjavaraston lattiasta, jonka suhteellinen

kosteus osoitti 17,2 % ja absoluuttinen kosteus $2,5 \text{ g/m}^3$ (liite 4; taulukko 3). Lattiarakenteen absoluuttinen kosteus erosi sitä ympäröivän huoneilman absoluuttisesta kosteudesta vain $0,4 \text{ g/m}^3$ verran, joka tarkoittaa sitä, että lattiarakenne on suurimmaksi osaksi kosteustasapainossa sitä ympäröivän ilman kanssa (liite 4; taulukko 3, liite 7). Lattiarakenteen ja sitä ympäröivän ilman absoluuttiset ja suhteelliset kosteudet vaikuttavat täysin normaaleilta, eivätkä täten vaadi erityisiä toimenpiteitä.

Toimenpiteet

Kohteen pintakosteusmittarilla saadut lukemat eivät olleet hälyttäviä, joten toimenpiteitä ei kyseisten kosteuslukemien osalta tarvitse tehdä. Myös Vaisala HM44 -kosteusmittarista saadut tulokset kirjavaraston osalta vaikuttivat normaaleilta.

6.3.4 Ullakko

Pintakosteusmittarilla (Aktiivielektrodilla B 50) sain selville, että betonipintainen yläpohja oli märkä pohjakuvassa ilmenevän numeron 3 kohdalla (liite 2, liite 3; taulukko 4). Kosteuslukema oli korkea (100), koska betonipintaan oli tippunut kosteutta sen yläpuolella sijaitsevasta lankusta. Ristikon lankku oli märkä, koska sen lävisti katteen läpi tullut naula (kuva 29).



Kuva 29. Kostunut lankku katteen alla, joka johtuu naulan reiästä tulleesta kosteudesta.

Gann Hydromette RTU 600 -kosteusmittarin junta-anturilla M 18 mittasin puuristikoiden kosteutta ja havaitsin, että puurakenteet olivat kaikki kosteita, sillä

jopa alhaisin puuristikosta saatu painoprosenttilukema (13,8) (liite 3; taulukko 5) viittasi kosteuteen. Puu on kuiva, kun painoprosenttilukema jää alle 10 ja kostea, kun se ylittää sen. Kaikki kahdeksan puusta mitattua painoprosenttilukemaa siis ylittivät arvon 10. Suurimman painoprosenttilukeman (25) (liite 2; taulukko 5) sain puuristikon alareunasta, jonka paikka selviää pohjakuvasta lukeman 7 kohdalta (liite 2, kuva 30)



Kuva 30. Kostuneesta puuristikosta otettu kosteuslukema (25) viittasi hyvin kosteaan materiaaliin.

Myös Vaisalan HM44-kosteusmittari todisti tilassa olevan kosteutta, sillä ullakon ilman suhteellinen kosteus tulosten mukaan oli 72 % ja yläpohjarakenteen 62 % (liite 4). Tässä tapauksessa ullakon ilman absoluuttinen kosteus ($3,8 \text{ g/m}^3$) oli yläpohjarakenteen absoluuttista kosteutta korkeampi ($2,5 \text{ g/m}^3$) $1,3 \text{ g/m}^3$ verran (liite 4, liite 7). Koska rakenne pyrkii kosteustasapainoon sitä ympäröivän materiaalin kanssa, pyrkii yläpohjarakenne tässä tapauksessa saavuttamaan saman absoluuttisen kosteuden ullakon ilman kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että kosteutta on vähennettävä ullakolla.

Ullakon suuri suhteellinen kosteuspitoisuus (72 %) johtuu pääosin siitä, ettei tuuletus ole tilassa riittävä. Tuuletusta tilassa vähentää oleellisesti lankut, jotka on asetettu yläpohjan ja katteen rajakohtaan, josta ilman juuri pitäisi päästä kulkemaan. Ilma vaihtuu tilassa käytännössä edelleen samasta kohdasta, mutta nyt enää vain lankkujen ja katon välisistä pienistä ilmaraoista. Lisäksi puuristikot ovat kostuneet, koska vesi pääsee niihin katteen läpi lyötyjen naulojen kautta (kuva

31). Kosteuden pääsy katteen läpi ja huono tuuletus yhdessä ovat aikaansaaneet sen, että puuristikot ovat päässeet lahoamaan (kuva 32). Ullakon suuri suhteellinen kosteus (72 %) selittyy osin myös ulkoilman kosteudella, sillä ulkoilman suhteellinen kosteus oli mittaushetkellä 74 %.



Kuva 31. Peltikatteen läpi tulevat naulat tulevat myös aluskatteen läpi.



Kuva 32. Valkolahottajan aiheuttamia vauriota ullakon ristikkorakenteissa.

Tavallisesti kunnolliset räystäät suojaavat seinän ja katon liitoskohtaa kosteudelta. Kirjastossa räystäät ovat kuitenkin vain 10 cm:n mittaiset, joten liitoskohdan suojaus on heikko. Tämä on todennäköisin syy, miksi myös ilmarakona toimiva liitoskohta on aikoinaan tukittu lankuilla (kuva 33).



Kuva 33. Seinän ja katon liitoskohta on tukittu lankuilla.

Kosteuden tiivistyminen on ullakolla myös hyvin todennäköistä, sillä katossa on aluskate vain katteen reunoilla (kuva 34). Kate toimii tilassa ns. kylmäsiirtana, joka tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että se on kylmenee muuta ympäristöä nopeammin alle kastepisteen. Kun katteen lämpötila laskee alle kastepisteen, tiivistyy sen pinnalle kosteutta. Asian ymmärtämistä helpottaa kaava 2.



Kuva 34. Kahden metrin mittainen aluskate on asetettu vain katteen reunoille.

$$t_p > t_{kp} \quad (2)$$

t_p = pintalämpötila

t_{kp} = ympäröivän ilman kastepistelämpötila /17/

Kosteuden tiivistymistä tapahtuu kun vesihöyry jäähtyy kastepisteeseensä. Kastepistelämpötilaan vaikuttavat ilman lämpötila, ilmassa olevan vesihöyryn määrä sekä pinnan lämpötila. /18/

Koska ilman lämpötila oli tilassa $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja suhteellinen kosteus 70 % on sitä vastaava kastepistelämpötila ilmassa $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Katteen lämpötila on varmasti kylminä öinä laskenut alle kyseisen kastepistelämpötilan, joka on aiheuttanut kosteuden tiivistymisen katteen alapintaan. Kosteus on myöhemmin katteen alapinnasta tippunut yläpohjaan, pölyiselle betonipinnalle. Betonipinnasta näkee edelleen tippuneiden pisaroiden aiheuttamat värierot (kuva 35).



Kuva 35. Katteen alapinnassa tiivistynyt vesi on tippunut betonipintaisen yläpohjan päälle.

Kosteus yläpohjassa saattaa johtua myös siitä, että ullakon yläpohjaa on lisäeristetty. Lisäeristäminen on voitu tehdä materiaalista, joka ei ole tiivistänyt rakennetta riittävästi. Tämä on aiheuttanut sen, että yläpohjan läpi on edelleen päässyt virtaamaan lähes sama määrä kosteutta kuin ennen lisäeristämistä. Vaikka tuuletus pysyisi entisellään, tuuletustilan lämpötila voi laskea rakenteen paremman eristyskyvyn ansiosta alle kastepisteen. Kun lämpötila laskee alle kastepisteen, tiivistyy tilaan kosteutta. /17/.

Toimenpiteet

Koska kosteus on ullakolla aiheuttanut puun lahoamista, on hyvin todennäköistä, että ristikkorakenteiden lujuus on heikentynyt. Lahonneet puut tulee poistaa ja korvata uusilla terveillä puilla. Lisäksi kaikki märät rakenteet on kuivattava.

Tuuletuksen estävät lankut on poistettava katteen ja seinän rajakohdasta, jotta painovoimainen tuuletus pääsisi tapahtumaan ja yläpohjan läpi tuleva kosteus saataisiin johdatettua ulos. Lankkuja poistettaessa on kuitenkin huolehdittava siitä, ettei kosteus pääse lyhyiden räystäiden kautta ullakolle. Myös aluskate on lisättävä kaikkialle kattoon. Koska aluskatteen lisääminen jälkikäteen ristikoiden ja katteen väliin lähes mahdotonta, on kate suotavampaa uusia kokonaan.

Mikäli tuuletus on katteen uusimisen jälkeen edelleen heikko, voidaan ilmanvaihtoa lisätä esimerkiksi päätykolmioiden kautta. Lisäksi vesihöyryn tiivistymistä rakenteiden sisäpinnoille voidaan rajoittaa aluskatteella, joka tulee lisätä kaikkialle kattoon. Myös yläpohjan tiivistämisellä voidaan vähentää ullakon suhteellista kosteutta, sillä yläpohjan läpi saattaa päästä tilaan kosteutta.

7 LÄMPÖKAMERAKUVAUS

Lämpökameraa käytetään pääosin asuin-, liike- ja toimistotilojen lämpökuvaukseen. Sitä käytetään myös usein kuntotutkimusten yhteydessä, sillä sen avulla saadaan helposti arvioitua rakennuksen kunto ja laatu rakenteita rikkomatta. /14/.

Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn eli infrapunasäteilyn voimakkuutta. Näin ollen lämpökuvauksella voidaan määrittää nopeasti rakenteita rikkomatta lämpövuotokohdat sekä arvioida, onko kyseessä eristyspuute, ilmavuoto, kylmäsilta tai mahdollisesti kosteusvaurio. Lämpökamerakuvauksella on helppo määrittää suurienkin pintojen pintalämpötilajakaumat. /14/.

Lämpökamerakuvat tallennetaan kuvauksen jälkeen sovellusohjelmaan myöhempää raportointia, tulosten jälkikäsitteilyä ja analysointia varten. Sovellusohjelma auttaa lämpökuvien tulkinnassa, sillä se muodostaa siihen sisällytetyistä kohdetiedoista, lämpökuvista ja olosuhdetiedoista kokonaiskuvan, josta selviää myös kuvauskohteen suurin ja pienin lämpötilaindeksi. /14/.

Lämpötilaindeksi ilmoitetaan aina prosentin tarkkuudella. Lämpötilaindeksi lasketaan sisäpinnan lämpötilan eli lämpökuvatun materiaalin pintalämpötilan sekä sisäilman ja ulkoilman lämpötilojen avulla kaavalla 3. Lämpötilaindeksin arvosta voidaan helposti päätellä, onko havaitun lämpötilapoikkeaman korjaamiseen tarvetta. Lämpötilaindeksiä hyödynnetään pääosin asuin- ja oleskelutilojen korjausluokituksessa, mutta sitä sovelletaan osittain myös muihin rakennuksiin, kuten liike- ja toimistotiloihin. Korjausluokan arvioinnissa pyritään ottamaan huomioon aina tilan käyttötarkoitus, rakennuksen toiminnan vaatimat olosuhteet, lämpötilapoikkeaman laajuus sekä sijainti. /14/.

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

$$TI = \text{lämpötilaindeksi [%]}$$

$$T_{sp} = \text{sisäpinnan lämpötila [°C], (mitattu esim. lämpökameralla)}$$

T_i = sisäilman lämpötila [$^{\circ}\text{C}$]

T_o = ulkoilman lämpötila [$^{\circ}\text{C}$]

Sosiaali- ja terveysministeriön (2003) julkaisema opas (Asumisterveysohje) antaa ohjearvot asuin- ja oleskelutilojen korjausluokitukseen. Asumisterveysohje auttaa lämpökamerakuvattujen kohteiden pintalämpötilojen tulkinnassa, sillä se antaa ohjearvot pintalämpötiloille. Asumisterveysohjeen mukaan asuin- ja oleskelutilojen korjausluokitus voidaan jakaa neljään osaan: korjattava, korjaustarve selvitettävä, lisätutkimukset ja hyvä. /14/.

Rakenne on korjattava silloin, kun pinnan lämpötila ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa eli silloin kun lämpötilaindeksi jää alle arvon 61 %. Kun lämpötilaindeksi jää alle raja-arvon kyseessä saattaa olla ilmavuoto, eristevika tai kosteusvaurio, joka heikentää oleellisesti rakenteen rakennusfysikaalista toimintaa. /14/.

Korjaustarve on selvitettävä ja erikseen harkittava, mikäli lämpötilaindeksi on 61-65 %. Lämpötilaindeksi täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa. /14/.

Rakenne vaatii lisätutkimuksia, mikäli epäillään kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riskin olevan rakenteessa, joka ylittää lämpötilaindeksin arvon 65 % eli täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset. Tällöin on hyvä tarkastaa rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehdä muita lisätutkimuksia, kuten tiiviysmittaus. /14/.

Rakenne on lämpötilaindeksiltään hyvä, mikäli se ylittää arvon 70 %. Rakenne ei vaadi tällöin korjaustoimenpiteitä. /14/.

7.1 Lämpökamera

Käytin Flir ThermaCAM PM 695 -merkkistä lämpökameraa, jonka sain lainaksi Vaasan Technobotnialta. Lämpökameran käytössä minua ohjasi laboratorioinsinööri Mika Korpi, jolla on VTT:n myöntämä sertifikaatti lämpökameran käytölle. Sertifikaatti myönnetään henkilölle, joka osaa tulkita

lämpökamerakuvia, tuntee rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan sekä osaa käyttää lämpökameran sovellusohjelmaa /14/.

7.2 Teuvan kunnankirjaston lämpökuvaus

Suoritin kirjaston lämpökuvauksen 9.3.2011 sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolelta. Otin lämpökuvia kuitenkin pääosin kohteen sisäpuolelta, ensimmäisestä ja toisesta kerroksesta, sillä julkisivuissa ei ollut poikkeavia lämpötilaeroja. Jätin myös kellarin ja ullakon lämpökuvaamatta, sillä niistä otettujen lämpökuvien tuloksien tulkinnalle ei ole olemassa tarkkoja ohjeita.

Samalla kun lämpökuvasin, Mika Korpi suoritti paine-eromittauksen TSI DPCALC 8710 -mittarilla. Paine-ero oli 1. kerroksessa -5...-15 Pa ja 2. kerroksessa -2...-8 Pa. Lämpökuvauksen sovellusohjelmassa pystyin käyttämään vain toista arvoa, joten käytin 1. kerroksen paine-eroarvoa. Ulkoilman lämpötila oli kuvaushetkellä -1 °C ja sisäilman +21 °C. Tuulen nopeus oli 8 m/s. Lämpökuvaukset suoritin puolenpäivän jälkeen, jolloin ilma oli puolipilvinen.

Otin kohteesta kaikenkaikkiaan 28 lämpökuvaa. Jokaista ottamaani lämpökuvaa vastaa aina yksi digikuva, joka auttaa lämpökuvatun alueen hahmottamisessa. Kuvat, kohteen tiedot ja olosuhdetiedot tallensin ThermaCAM Reporter 2000 Professional -sovellusohjelmaan, jonka sain laboratorioinsinööri Mika Korvelta. Sovellusohjelman avulla pystyin vielä jälkikäsittelemään, analysoimaan ja raportoimaan lämpökuvia, sillä se sisälsi kaikki lämpökuvien tulkitsemiseen tarvittavat tiedot (liite 5). Lämpökameran mittauspisteet merkitsin liitteeseen 6.

Sovellusohjelman kautta sain selville, että kuvauskohteeni olivat hyvin tyypillisiä, sillä ottamani lämpökuvat kohdistuivat pääosin rakennuksen ulkonurkkiin, lattianrajoihin ja ikkunoiden nurkkakohtiin, joiden pintalämpötilat ovat lähes aina muuta ympäristöä kylmempiä. Lämpökuvien alanysoinnin apuna käytin Rakennusteollisuuden ohjekorttia 1213-S /14/.

7.3 Lämpökameran tulokset

Asumisterveysohjeen mukaisesti asuintiloissa alin sallittu pintalämpötila on tyydyttävällä tasolla +11 °C, joka vastaa lämpötilaindeksin arvoa 61 % /14/. Pintalämpötila (+11 °C) alittui kirjastossa yhteensä neljässä lämpökuvassa (liite 5). Myös lämpötilaindeksi (61 %) (liite 5) alittui kaikenkaikkiaan kahdeksassa lämpökuvassa. Lämpötilaindeksi alittui yhteensä viidessä ikkunan nurkkakohdassa, yhdessä ullakkoluukussa, yhdessä lattianrajassa ja yhdessä ulkoseinän nurkassa. Asuin- ja oleskelutilojen korjausluokituksen mukaan pinnat tulisi korjata, mutta koska kyse on rakennuksesta, jossa ei asuta, sitä ei pidetä tässä kohteessa välttämättömänä.

Lisäksi on huomioitava, että varsinainen terveystaitta koskee ainoastaan oleskeluvyöhykettä. Kaikki ottamani lämpökuvat on otettu rakennuksen ja ikkunoiden ulkonurkista sekä lattianrajoista, jotka eivät sijoitu kyseiselle oleskeluvyöhykkeelle. Oleskeluvyöhykkeeksi nimitetään aluetta, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta 1,8 metrin korkeudelle lattiasta ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydelle seinistä /14/.

Alhaisin indeksilukema tuli 2. kerroksen lämpökuvasta 27, jossa lämpötila oli alimmillaan +4,3 °C ja lämpötilaindeksi 24 %. Kuva on otettu yläpohjassa sijaitsevasta metallisesta ullakkoluukusta, jonka reunan lämpötila on huomattavasti muuta ympäristöä alhaisempi. Koska ullakkoluukun pintalämpötila oli korkeimmillaan 17,1 °C ja lämpötilaindeksi 81 %, viittaa tulos tiivistevuotoon. Vaikka poikkeava lämpötila on yli kymmenen astetta muuta ympäristöä alhaisempi, poikkeavan lämpötilan sijainti ja lämpötilapoikkeaman laajuus huomioon ottaen, kylmäsillasta ei synny kuitenkaan suurta haittaa. Myös kohteen toiseksi alin lämpötilaindeksi 42 % ja lämpötila +8,2 °C (liite 4) saatiin vaarattomasta ympäristöstä, välivarastosta, jota käytetään harvoin.

Yleisesti tulkiten, rakennuksen jokaisesta ikkunan alanurkasta vuoti kylmempää ilmaa sisätiloihin. Lämpökuvasin ainoastaan ne ikkunan nurkkakohdat, joissa huomasin selvän ilmavuodon. Ikkunan nurkkien tiivistystä voidaan parantaa tulevaisuudessa, mikäli ilmavuodoista alkaa syntyä haittaa rakennukselle tai

rakennuksen käyttäjille. Tiivistys voidaan suorittaa esimerkiksi uretaanilla. On kuitenkin huomattava, että nurkkaikkunat harvemmin täyttävät välttävää tasoa. Lisäksi lämpökuvatuloksia on saattanut myös hieman vääristää kuvauspäivän poikkeuksellisen voimakas tuuli (8 m/s).

Myös toisen kerroksen seinän ja yläpohjan rajakohdissa oli havaittavissa ilmavuotoja, sillä ullakolla lämpötila on huomattavasti sisälämpötilaa alhaisempi. Koska nämäkin ilmavuodot sijaitsivat oleskeluvyöhykkeen ulkopuolella, ei korjaus niiden osalta ole välttämätöntä. Mikäli ilmavuodoista alkaa syntyä haittaa rakennukselle tai käyttäjille voidaan ilmavuodot tukkia esimerkiksi ilmansulkupaperilla tai höyrynsulkumuovilla.

Kirjaston käyttötarkoitus huomioon ottaen, ilmavuodot eivät aiheuta kirjaston rakenteille ja käyttäjille haittaa, sillä poikkeamat ovat laajuudeltaan pieniä. Lisäksi poikkeamat sijaitsevat oleskeluvyöhykkeen ulkopuolella.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyöaiheeni oli mielenkiintoinen, sillä minua on aina kiinnostanut vanhat rakennukset ja sen aikaiset rakennustavat. Kuntotutkimuksen avulla pääsin tutustumaan vuonna 1942 rakennettuun kansakouluun, nykyiseen kirjastoon, ja sen vaurioihin, joiden kautta laadin kohteelle sopivat korjaustoimenpiteet ottaen huomioon rakennuksen nykyisen käyttötarkoituksen.

Kirjaston kuntotutkimukseen kuului olennaisena osana rakennuskohteen asiakirjoihin tutustuminen, silmämääräinen tutkimus, kosteusmittaukset ja lämpökamerakuvaus, joiden kautta sain hyvän yleiskuvan kohteen nykykunnosta, vaurioista ja tarvittavista korjaustoimenpiteistä. Tehtyjä kosteusmittauksia täydensin myöhemmin laskuilla, jotka auttoivat kosteusmittaustulosten analysoinnissa. Lisäksi määritin Doftech-ohjelmaa hyödyntäen kohteen ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen rakenteen eristyskyvyn arvioimiseksi. Rinnakkaistutkimukset auttoivat minimoimaan mahdolliset epävarmuustekijät sekä lisäsivät tehtyjen tutkimustulosten luottavuutta.

Kirjaston suurimmaksi ongelmaksi paljastui rakenteiden suuri kosteuspitoisuus niin kellarissa, maanvaraisessa laatassa kuin ullakollakin. Kellarin ja maanvaraisen laatan kosteuden syntyperäksi osoittautui maaperästä kapillaarisesti nouseva kosteus, kun taas ullakon kosteuden pääsyyinä oli sekä sadevesi että katteen alapintaa tiivistyvä kosteus.

Koska sekä kellarin että maanvaraisen laatan kosteus oli peräisin samasta kohteesta, maaperästä, myös korjaavat toimenpiteet rakenteiden osalta ovat molempien rakenteiden osalta hyvin pitkälti samat. Kosteutta voidaan vähentää kellarissa ja maanvaraisessa laatassa kapillaarikatkolla, kallistamalla maanpinta rakenteista pois päin, vesi- ja routaeristämällä perusmuuri ja kellarin seinät, parantamalla salaojitusta, uusimalla hulevesiviemäri sekä parantamalla rakenteiden tuuletusta. Myös kellarin ikkunat on syytä vaihtaa uusiin tai vaihtoehtoisesti poistaa, sillä kosteus pääsee kellaritiloihin myös heikosti toimivien ikkunoiden kautta.

Ullakon kosteutta saadaan vähennettyä niin ikään tuuletuksella. Varmimmin ullakon kosteutta saadaan kuitenkin rajoitettua vesikaton uusimisella ja räystäiden mitan kasvattamisella, sillä nykyinen katto päästää vettä lävitseen ja sadevesi pääsee ullakon yläpohjarakenteisiin lyhyiden räystäiden kautta. Katteen uusimisen yhteydessä on myös hyvä uusida ullakon ristikkorakenteiden lahonneet rakenteet uusiin terveisiin puihin, sillä lahonneet puut heikentävät ristikkorakenteiden kantavuutta oleellisesti.

Rakennuksen tuuleutusta on parannettava paitsi kellarissa ja ullakolla myös muissa kerroksissa, sillä tällä hetkellä tilat eivät pääse tuulettumaan riittävästi myöskään ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa. Koska ilmanvaihtokoneen teho on pienentynyt suodatinluokan noston jälkeen, on ilmanvaihtokone uusittava kokonaan vastaamaan tämän päivän vaatimuksia. Lisäksi tuloilmaventtiilin paikkaa on vaihdettava paitsi ullakolla myös kellarissa, sillä tuloilma otetaan tällä hetkellä liikennöidyltä kadulta.

Korjaavia toimenpiteitä vaativat myös muutamat halkeamat kantavissa seinissä, sillä etenkin kirjaston ulkoseinän läpi kulkevan halkeaman kautta on päässyt aikoinaan kosteutta ensimmäisen kerroksen välivarastoon. Lisäksi ulkoseinän lisäeristämistä energiakulutuksen vähentämiseksi voidaan harkita, sillä ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen kautta selvisi, että rakennuksessa tapahtuu suuria lämpöhäviöitä.

Lisätutkimuksia kirjastossa vaativat pääosin kellarin märät seinät, joissa muutamissa on havaittavissa homesienten kaltaisia vaurioita. Myös ullakon yläpohjarakenne on kostunut useasti, joten yläpohjarakenteen kunto on syytä tutkia vesikaton uusimisen yhteydessä. Lisäksi ensimmäisen kerroksen miesten vessan lattian märkyyden syynä saattaa olla putkivuoto, joka täytyy tarkistaa.

Vaikka oman haasteensa tutkimustyöhön toi epäselvyys kirjaston olemassa olevista rakenteista, mielestäni tutkimus onnistui siitä huolimatta hyvin. Haluankin kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita henkilöitä asiantuntevista kommentteista, sillä niiden kautta sain koottua Teuvan kirjaston kuntotutkimuksesta ehyen kokonaisuuden.

LÄHTEET

- /1/ Ympäristöministeriö (2007). Kiinteistön kuntotutkimukset. Saatavana Internetissä: <URL:http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=221722&lan=FI >.
- /2/ Kaivonen, J-A (2006). Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- /3/ Ympäristöministeriö (1997). Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus.
- /4/ Inspecta (2011). Rakennetekninen kuntotutkimus. Saatavana Internetissä: <URL:http://www.inspecta.fi/palvelut/testauspalvelut/talotekniikka/rakennetekninen_haittaaine.php>
- /5/ Taloyhtiö.net. Asuntojen lääkärintarkastus, kuntotutkimusten osa-alueet. Saatavana Internetissä: <URL:http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus/>
- /6/ Taloyhtiö.net. Kuntotutkimusohjeita. Saatavana Internetissä:<URL:http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus/kuntotutkimusohjeita/>
- /7/ RT 82-10608 (1996). Muuratut julkisivut, korjausrakentaminen. Rakennustieto Oy. Saatavilla RT-Net palvelusta: <URL:http://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/fi/index.html.stx>
- /8/ Suomen betoniyhdistys r.y. (2005). Betonitekniikan oppikirja 2004 By 201.
- /9/ RT 82-10612 (1996). Rapatut julkisivut, korjausrakentaminen. Rakennustieto Oy. Saatavilla RT-Net palvelusta: <URL:http://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/fi/index.html.stx>
- /10/ RT 08-10421 (1990). Puurakenteiden tuohyönteiset ja niiden torjunta. Rakennustieto Oy. Saatavilla RT-Net palvelusta: <URL:http://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/fi/index.html.stx>
- /11/ RT 08-10420 (1990). Puurakenteiden lahottajasienet ja-bakteerit. Rakennustieto Oy. Saatavilla RT-Net palvelusta: <URL:http://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/fi/index.html.stx>
- /12/ Ere Vänskä (1999). Raportti: korroosio kunnossapidon kannalta. [siteerattu 26.10.1999]. Saatavana Internetissä osoitteessa: <URL:http://yliyveska.cop.fi/kunnossapito/Opiskelumateriaali/Tekniikka/Vanska.html>

- /13/ Gann Hydromette RTU 600 – kosteusmittarin käyttöohjeet. Saatavana Vaasan technobotniasta.
- /14/ Ratu 1213-S (2005). Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennusteollisuus RT ry. Saatavilla RT-Net palvelusta:
<URL:http://yliyieska.cop.fi/kunnossapito/Opiskelumateriaali/Tekniikka/Vanska.html>
- /15/ Vaisala HM44 –kosteusmittarin käyttöohjeet. Saatavana Vaasan technobotniasta.
- /16/ Hahtokari Tapani. Rakennusfysiikka. Saatavana Vaasan ammattikorkeakoulusta.
- /17/ Dick Björkholtz (1987). Lämpö ja kosteus, rakennusfysiikka. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.
- /18/ Säteri, Jorma (1995). [päivetty 27.10.1995]. Sisäilmayhdistys. Homevaurioiden ehkäisy ja tunnistaminen. Saatavana Internetissä osoitteessa:
<URLhttp://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/homevaurioiden_ekaisy_ja_tunnistaminen/>