

Heikki Loukusa

**TALOTEKNIIKAN VASTAANOTTOMENETTELYN TYÖKALUJEN
KEHITTÄMINEN**

TALOTEKNIIKAN VASTAANOTTOMENETTELYN TYÖKALUJEN KEHITTÄMINEN

Heikki Loukusa
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Rakentamisen koulutusohjelma
(ylempi AMK-tutkinto)
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu, ylempi AMK
Rakentamisen koulutusohjelma, ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tekijä: Heikki Loukusa

Opinnäytetyön nimi: Talotekniikan vastaanottomenettelyn työkalujen kehittäminen

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: kevät 2017

Sivumäärä: 56 + 9 liitettä

Rakennuksen vastaanottovaiheessa taloteknisten järjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta täytyy varmistaa ja halutut sisäilmaolosuhteet tulee saavuttaa. Opinnäytetyöni tavoitteena on ollut kerätä tietoa rakennuksen vastaanottovaiheeseen soveltuvista taloteknisten järjestelmien testaus-työkaluista. Työn tilaajana on toiminut Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, jonka vastaanottoprosessia opinnäytetyössä kuvataan.

Opinnäytetyössä on kerätty kokemuksia rakennushankkeiden vastaanottoprosessien yhteydessä käytettävien työkalujen hyödyistä ja käyttömahdollisuuksista. Työssä on myös käsitelty rakennushankkeiden vastaanottoprosessin sisältöä, ja siihen kuuluvia tarkastuksia sekä rakennushankkeiden yleisaikataulun ja vastaanottoaikataulun laadintaan liittyviä ongelmia.

Uudet rakennusmääräykset ja kehittyneet talotekniikkajärjestelmät sekä rakennushankkeiden tiukat aikataulut asettavat talotekniikan valvonnalle ja vastaanottoprosessille suuria haasteita. Opinnäytetyössä kuvatun vastaanottoprosessin perusteella voidaan havaita, että lämpökameran hyödyntäminen talotekniikan vastaanotossa on erityisen tehokasta ja tärkeää. Savukokeilla voidaan puolestaan helposti todeta tilan ilmanvaihdon suunnitelmien mukainen toiminta ja puuttua ilmanjollisiin ongelmakohtiin.

Asiasanat: vastaanottotarkastus, laadunvarmistus, talotekniikka, rakennushanke, hankevalvonta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Engineering, Master`s degree

Author: Heikki Loukusa

Title of thesis: Developing tools for acceptance procedure of building service systems

Supervisor: Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017

Number of pages: 56 + 9 pages of appendices

In an acceptance phase of a building, working with plans of building service systems has to verify and wished indoor air circumstances must reach. The aim of my thesis was to collect information about test tools of building service systems which are suitable for acceptance phase of the building. The work was ordered by Suomen Yliopistokiinteistöt Oy whose acceptance process is described in this thesis.

In the thesis it was collected experiences about benefits and accessibilities of tools used during acceptance process of building projects. The thesis describes also content of acceptance process of building projects and inspections which belong to it. In addition, it describes problems that belong to creating the general and acceptance timetable of the building project.

New building regulations, developing building service systems and strict timetables of building projects set huge challenges to the inspection and acceptance process. On the basis of the acceptance process described in this thesis, it is possible to detect that it is extremely important and effective to utilize thermal camera in acceptance of building service system. In turn, using smoke tests it is possible to easily recognize that premise`s ventilation works as planned and if not operate with the problems in an air distribution.

Keywords: acceptance testing, project control, quality assurance, building services, building project

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 2 | RAKENNUSHANKKEEN KULKU | 8 |
| 2.1 | Rakennushankkeen vaiheet | 8 |
| 2.2 | Rakennushankkeiden osapuolet | 10 |
| 3 | VASTAAN- JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE | 12 |
| 3.1 | Vastaan- ja käyttöönottoprosessin laadunvarmistuksen tavoitteet | 12 |
| 3.2 | Vastaan- ja käyttöönottoprosessin tehtävät..... | 13 |
| 3.3 | Tilaaajan vastaanotto | 15 |
| 3.4 | Takuuaika..... | 16 |
| 4 | RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT | 17 |
| 4.1 | Hankkeen projekti aikataulu | 17 |
| 4.2 | Yleisaikataulu | 17 |
| 4.3 | Käyttöönottovaiheen aikataulu | 18 |
| 4.4 | Käyttöönottovaiheen aikataululliset haasteet..... | 19 |
| 5 | ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA ENERGIA TEHOKKUUSVAATIMUKSET..... | 21 |
| 5.1 | Energiamääräyksien ja energiatehokkuus vaatimusten huomioiminen suunnittelussa | 21 |
| 5.2 | Energiamääräyksien ja energiatehokkuus vaatimusten huomioiminen vastaanotto prosessissa | 23 |
| 6 | TALOTEKNIIKAN VASTAANOTON TYÖKALUJEN KEHITTÄMINEN..... | 28 |
| 6.1 | Toiminnalliset tavoitteet..... | 28 |
| 6.2 | Käytettävyyden tavoitteet | 30 |
| 6.3 | Taloudelliset tavoitteet..... | 30 |
| 6.4 | Huollon ja kunnossapidon tavoitteet..... | 31 |
| 7 | TALOTEKNIIKAN VASTAANOTON TYÖKALUJEN HYÖDYNTÄMINEN..... | 32 |
| 7.1 | Lämpökamerakuvaukset | 32 |
| 7.1.1 | Sähköjärjestelmien tarkastukset | 32 |
| 7.1.2 | LVIJ-järjestelmien tarkastukset | 33 |
| 7.2 | Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden varmistaminen..... | 38 |
| 7.3 | Savu- ja merkkiainetestaukset..... | 40 |
| 7.3.1 | LVIJS-järjestelmien tarkastukset..... | 41 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7.4 | Sähköverkkoanalysointit | 44 |
| 7.5 | Ilmanlaadunanturit | 45 |
| 7.6 | Ultraäänimittaukset | 49 |
| 7.7 | Talotekniikan laadunvarmistustyökalujen hyödyntäminen rakennuttamisessa | 50 |
| 8 | LOPPUSANAT | 52 |
| | LÄHTEET | 53 |
| | LIITTEET | 56 |

1 JOHDANTO

Suomen Yliopistokiinteistöjen talotekniikkajärjestelmien vastaanotto-prosessissa on koettu tarvetta valvonnan lisätyökalujen kehittämiseksi. Taloteknisten järjestelmien kehittymisen takia vastaanottovaiheen vaatimukset ovat kasvaneet, jolloin valvojiilta ja suunnittelijoilta vaaditaan yhä enemmän monialaista osaamista. Rakennuksen käyttöönottovaiheessa taloteknisten järjestelmien tulee olla suunnitelmien mukaisessa toimintakunnossa. Järjestelmien toiminnan varmistamiseksi vastaanottovaiheessa tarkastuksien suorittajien tulisi käyttää mahdollisimman monipuolisesti erilaisia tarkastuksiin soveltuvia työkaluja järjestelmien toimivuuden varmistamiseksi.

Opinnäytetyön sisältö keskittyy rakennushankkeen talotekniikan vastaanotto-prosessiin ja sen kehittämiseen. Talotekniikan vastaanotossa tunnistetaan valvonnan, aikataulutuksen, määräyksien ja niiden vaatimusten aiheuttamat haasteet. Opinnäytetyössä kartoitettiin ja testattiin uusia taloteknisiä vastaanoton työkaluja. Käsitellyistä työkaluista ja vastaanotto-prosessissa saaduista kokemuksista nostettiin esille valvonnan ja vastaanottomenettelyn kehittämisen kannalta keskeiset työkalut.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n hankkeiden talotekniikan vastaanoton laadunvarmistamisen parantamisen mahdollisuuksia erilaisten käytännön työkalujen avulla. Tavoitteena on, että kehittyvällä valvontamenettelyllä ja työkaluilla saavutettaisiin rakentamiselle asetetut toiminnalliset ja taloudelliset tavoitteet sekä valvonnan toimin myös käytönaikaiset häiriötekijät saataisiin minimoitua.

Tässä opinnäytetyössä on keskitytty talotekniikan vastaanotto-prosessin lämpö-, vesi-, ilma-, jäähdytys-, automaatio- ja sähköjärjestelmiin sekä niitä hyödyntävien työkalujen kehittämiseen. Työssä on myös käsitelty vastaan- ja käyttöönottoprosessin laadunvarmistamista ja käyttöönottovaiheen aikataulun laadintaa sekä energiamääräysten ja energiatehokkuusvaatimusten vaikutuksia taloteknisiin järjestelmiin.

2 RAKENNUSHANKKEEN KULKU

2.1 Rakennushankkeen vaiheet

Rakennushankkeita voidaan toteuttaa hyvin erilaisilla toteutusmalleilla. Perinteisesti julkisella ja yksityisellä sektorilla rakentaminen on toteutettu kokonaisurakoina tai osaurakoina, ja suunnittelun ohjauksesta on vastannut rakennuttaja. Kokonaisvastuulliset (KVR-urakka) ja yhteistoiminnalliset urakkamuodot ovat rakennuttajien tämän päivän rakentamisen trendejä. Yhteistoimintamallin urakoista Allianssimalli on tällä hetkellä nopeimmin kasvava urakkamuoto. Allianssimallissa kaikki rakennushankkeen osapuolet sitoutuvat yhdessä hankkeen rakentamiseen.

Rakennushanke alkaa siitä, kun päätetään hankkia rakentamalla tarvittavat tilat. Hanke päättyy erillisten vaiheiden jälkeen rakennuksen käyttöönottoon. Talonrakennushankkeet jakaantuvat pääasiassa uudisrakennuksiin ja korjausrakennuksiin. Valitusta hankkeen toteutustavasta riippumatta rakennushankkeissa on erillisiä välitavoitteellisia tehtäväkokonaisuuksia, joita kutsutaan hankkeiden vaiheiksi. (RT 10–10387. 1987, 2.)

Tarveselvitysvaiheessa (TS) selvitetään hankkeen tarpeellisuus, edellytykset ja toteuttamismahdollisuudet. Tuloksista kootaan tarveselvitys, jonka pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös. (RT 10–10387. 1987, 3.)

Hankesuunnitteluvaiheessa (HS) arvioidaan hankkeen toteuttamismahdollisuudet ja toteutusvaihtoehdot. Tulokset kootaan hankesuunnitelmaksi, jossa asetetut laajuus- ja laatutavoitteet määrittävät hankkeen kustannustason ja aikataulun. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös. (RT 10–10387. 1987, 3.)

Rakennussuunnitteluvaiheessa (RS) kehitetään hankesuunnitelman pohjalta lopputuotteen arkkitehtoninen ratkaisu, tekniset järjestelmät ja toteuttamistapa (RT 10–10387.1987, 3). Vaihe jakaantuu kahteen vaiheeseen, luonnos- ja toteutussuunnitteluun. Luonnossuunnitteluvaiheen tuloksena valitaan ja määritellään kohteen suunnitteluratkaisu, tekniset järjestelmät ja toteutustapa sekä tehdään päätös luonnossuunnitelmien hyväksymisestä. Toteutussuunnitteluvaiheessa määritellään

hankkeen urakointitapa, laaditaan hankinta-asiakirjat ja -piirustukset, valmistellaan hankinnat ja tehdään rakentamispäätös sekä solmitaan urakkasopimukset. (RT 10–10387.1987, 3–4.)

Rakentamisvaiheessa (RA) hankkeen urakoitsijat rakentavat suunnitellun lopputuotteen. Rakentamisvaihe alkaa urakkasopimuksen allekirjoittamisesta ja päättyy rakennuksen vastaanottotarkastukseen. (RT 10–10387. 1987, 3.)

Käyttöönottovaiheessa (KO) käynnistetään rakennuksen käyttötarkoituksen mukainen toiminta ja todetaan katselmuksin ja taloteknisten järjestelmien toimintakokein rakennuksen käyttövalmiudet. Rakennushanke päättyy takuutarkastukseen ja takuuajan vakuuden vapauttamiseen. (RT 10–10387.1987, 2–3.)

Rakennushankkeen vastaanottotarkastus toteutetaan yleisesti rakennushankkeiden yleisien sopimusehtojen YSE 1998:n mukaisesti. Vastaanottotarkastuksen ajankohdan määrittää rakennuksen valmiustaso. Urakoitsija tai rakennuttaja pyytää vastaanottotarkastuksen ajankohtaa, ja se voidaan sopia, mikäli keskeneräiset työt saadaan suoritettua loppuun ennen tarkastuksen suorittamista. Urakoitsijan tai rakennuttajan sopivat vastaanottotarkastuksen viimeistään 14 päivää ennen tarkastuksen aloitusta. Urakoitsijan on itse varmistettava rakennustyön valmius ja sopimuksen mukaisten vaatimusten täytyminen sekä viranomaistarkastuksien suorittaminen ennen vastaanottotarkastusta. (RT16–10660. 1998, 14.)

Vastaanottotarkastuksessa todetaan tarkastettavan työn sopimusasiakirjojen ja määräysten mukaisuus. Vähäiset suorittamattomat viimeistelytyöt eivät estä vastaanottoa, mikäli ne eivät estä tai haittaa rakennuksen käyttöönottoa. Vastaanottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, jossa todetaan urakkaan kuuluvien velvollisuuksien toteutuminen (RT16–10660. 1998, 14.)

Liitteessä 1 on esitetty YSE 1998:n mukaisen vastaanottotarkastuksen pöytäkirjan asialista. Vastaanottotarkastuksen pöytäkirjan laatii rakennuttaja tai rakennuttajan edustaja. Pöytäkirjassa kirjataan asialistan mukaiset asiat ja pöytäkirjaan liitetään viranomaistarkastusten muistiot ja rakennuttajan ennakkoon suoritettujen tarkastusten virhe- ja puuteluettelot. Vastaanottotarkastuspöytäkirjan allekirjoittavat rakennuttajan ja urakoitsijan edustajat.

2.2 Rakennushankkeiden osapuolet

Rakennukseen sijoitettavan toiminnan asiantuntemuksen ja tietämyksen edustajana rakennushankkeessa toimii käyttäjä. Rakennushanke perustetaan käyttäjän tarvitsemaa tilantarvetta varten. Toiminnalliset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet, jotka käyttäjä esittää, ovat lähtökohta hankkeelle. Käyttäjän tarpeiden toteutumisen varmistavat hankkeen muut osapuolet. (RT 10–10387. 1987, 5.)

Rakennuttaja toimii hankkeen toimeenpaneva osapuolena, joka käynnistää hankkeen ja hoitaa hankkeen läpiviennin. Rakennuttajan tärkeimpänä tehtävänä on rakennuttaa käyttäjän tarpeiden ja vaatimuksien mukaiset kustannustehokkaat tilat. (RT 10–10387. 1987, 6.)

Suunnittelijat vastaavat rakennuksen tuotesuunnittelusta. Suunnittelijat muodostavat suunnittelijaryhmän, jossa on edustettuna eri alojen suunnitteluasiantuntemus. Pääsuunnittelija vastaa suunnitteluryhmän työn koordinoinnista. (RT 10–10387. 1987, 6.)

Rakentajan tehtävänä rakennushankkeessa on toimia rakennuttajan toimeksiannosta lopputuotteen konkreettisena tuottajana ja rakennuksen rakentajana (RT 10–10387. 1987, 8).

Viranomaisten tehtävänä on valvoa suunnittelua ja rakentamista lakien, asetusten, eriateisten kaavojen, yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien pohjalta. Rakennusluvan saamiseksi viranomaiselle tulee osoittaa, että aiottu toimenpide on luvanvarainen. (RT 10–10387. 1987, 9.)

Kuvassa 1 on esitetty kaaviona rakennushankkeen tehtäviä ja osapuolia. Hanketta varten perustettavan toteutusorganisaation tehtävät sijoittuvat siniselle alueelle. Punaiset alueet kuvaavat karkeasti tehtävien ajallista painottumista. (RT 10–10387. 1987, 2.)

| | Hankkeen osapuolet | K | R | S | U | V |
|----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| Hank- keen vai- heet | | Käyttäjä | Rakennuttaja | Suunnittelija | Rakentaja | Viranomainen |
| TS | Tarveselvitys | | | | | |
| HS | Hankeselvitys | | | | | |
| RS | Rakennussuunnittelu | | | | | |
| RA | Rakentaminen | | | | | |
| KO | Käyttöönotto | | | | | |
| | | | | | | |

KUVA 1. Rakennushankkeen tehtävät ja osapuolet. (RT 10–10387. 1987, 2.)

3 VASTAAN- JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE

3.1 Vastaan- ja käyttöönottoprosessin laadunvarmistuksen tavoitteet

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy on laatinut teknisten järjestelmien vastaanotto- ja laadunvarmistusohjeistuksen. Ohjeistuksen lähtökohtana on ollut parantaa ja selkiyttää vastaan- ja käyttöönotto- vaihetta, minkä onnistuneella toteutuksella varmistetaan teknisten järjestelmien haluttu suunnitelmien mukainen laatutaso sekä valmiudet käyttöönotolle ja ylläpidolle. Ohjeistuksen tavoitteena on saavuttaa virheettömänä ja puutteettomana vastaanotettu hanke. Vastaanottoprosessi tulee johtaa ja dokumentoida asiakirjoissa siten, että tilaaja voi olla varma, että kaikki hankinnat ja asennukset on tehty määräysten ja suunnitelmien mukaisesti. Määrätietoisella laadunvarmistuksella voidaan ehkäistä järjestelmien virheellisiä ja puutteellisia toimintoja ja teknisten ongelmien selvityksiä. (Mälkönen 2015, 3.)

Toimivuustarkastuksen tavoitteena ovat hyvät ja terveelliset sisäympäristöolosuhteet, rakennuksen energiatehokkaan käytön varmistaminen sekä talotekniikan asianmukainen käyttö ja huollettavuus. Systemaattisen laadunvarmistusprosessissa on tarkoitus yhdistää hankkeen eri osapuolet suorittamaan vastaan- ja käyttöönottoprosessi laadukkaasti huomioiden myös käytön aikaisen toiminnan tarpeet. Vastaanoton laadunvarmistukselle määritellään selkeä aikataulu ja vastuhenkilö koordinoimaan laadunvarmistus siten, että jokainen tehtävä on suoritettu ja dokumentoitu ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. (Mälkönen 2015, 3.)

Vastaanoton laadunvarmistuksen kuuluvia järjestelmiä ja laiteryhmiä ovat muun muassa

- LVIJ-järjestelmät
- rakennusautomaatiojärjestelmät
- paineilmajärjestelmät
- merkki- ja turvavalojärjestelmä
- kulunvalvontalaitteet
- av-laitteet
- hissit
- palosammutusjärjestelmät
- kylmälaitteet
- varavoimalaitteet

- valaistuksen ohjausjärjestelmät
- muut suunnitelmissa esitetyt hankekohtaiset käyttäjän erityisjärjestelmät (Mälkönen 2015, 3).

3.2 Vastaan- ja käyttöönottoprosessin tehtävät

Vastaan- ja käyttöönottoprosessi jakaantuu suunnitteluvaiheeseen ja rakentamisvaiheeseen. Suunnitteluvaiheen alussa rakennuttajakonsultti toimii vastuuhenkilönä vastaan- ja käyttöönottoprosessin tehtävien suorittamisessa. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajakonsultin ja suunnittelijoiden avulla tilaajan tavoitteet dokumentoidaan sekä vastaan- ja käyttöönottovaiheen vaatimukset sisällytetään suunnittelutarjouspyyntöihin. Suunnittelijoiden valinnan jälkeen rakennuttajakonsultti nimeää laadunvarmistusryhmän. Suunnitteluvaiheessa laaditaan alustava vastaan- ja käyttöönottosuunnitelma, joka liitetään teknisten järjestelmien urakkalaskenta-asiakirjoihin. (Mälkönen 2015, 7–8.)

Rakentamisvaiheessa vastaan- ja käyttöönottoprosessin laadunvarmistusryhmää täydennetään urakoitsijoiden edustajilla. Rakentamisvaiheen tilaajan tavoitteiden toteuttamiseksi laaditaan toteutuksen mukainen vastaan- ja käyttöönottovaiheen asiakirja. (Mälkönen 2015, 8–17.)

Rakentamisvaiheen laadunvarmistuksen tehtävät jakaantuvat seuraavasti:

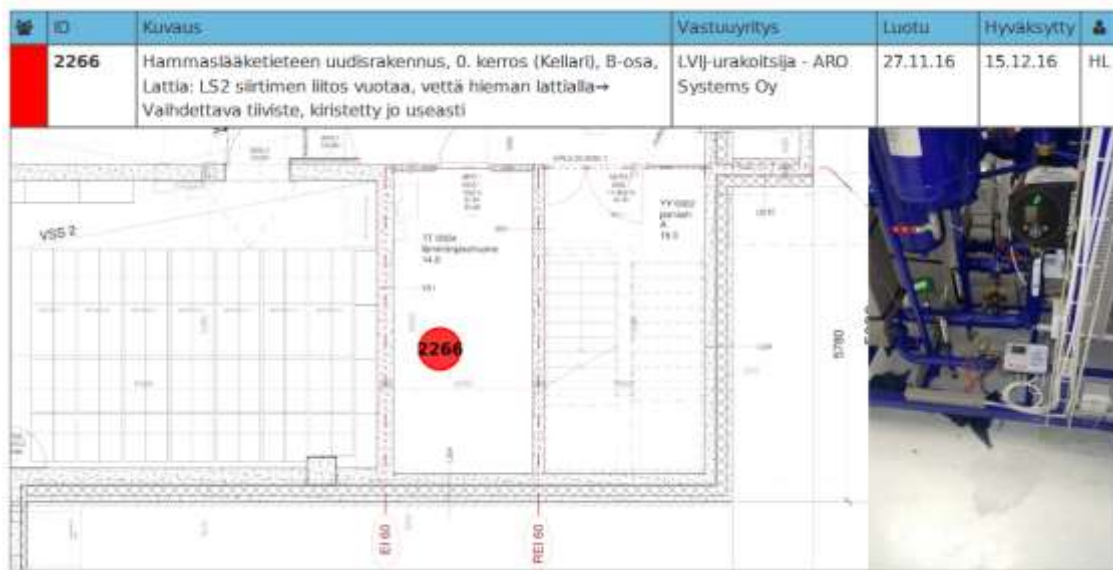
- materiaali- ja laitehyväksyntöjen kirjaaminen sekä kriittinen tarkastelu
- asennustapatarkastukset
- käyttäjän hankintoihin kuuluvat tekniset asennukset
- projektineuvottelu vastaanoton organisoimisesta
- rakennuksen luovutuksen ja käyttöönoton vahvistaminen
- urakoitsijoiden toimintatarkastussuunnitelma ja alustava toimintakoe- suunnitelma
- tilojen puhtauden toteaminen ja viimeistely
- perussäädöt LVI-urakoitsijoiden toimesta
- urakoitsijoiden toimintatarkastus
- LVIJA- järjestelmien mittaus- ja säätötyöt
- urakoitsijoiden itselleluovutus
- toimintakoesuunnitelma (tilaaja)
- vuokralaisen ennakkokatselmus

- toimintakokeet (tilaaja) ja käytönopastuksen vaihe 1
- kuormituskokeet & Turva Black-Out -testi
- ensimmäinen kuukauden tuuletusjakso
- viritys ja tarkistusmittaukset
- huoltokirja-aineisto
- viranomais- ja erillistarkastukset
- tarkastus- ja mittauspöytäkirjojen ym. tarkastus ja hyväksyminen (Mälkönen 2015, 8–17).

Urakoitsijoiden laadukkaasti suorittamien keskinäisten toimintatarkastusten ja itselleluovutusten jälkeen saavutetaan edellytykset onnistuneelle vastaanottoprosessille. Urakoitsijoiden omissa ja keskinäisissä toimintatarkastuksissa taloteknisten laitteiden toiminta testataan, ja urakoitsijat korjaavat havaitsemansa virheet ja puutteet. Urakoitsijat laativat toimintatarkastussuunnitelman, jonka pohjalta urakoitsijat testaavat järjestelmät. Liitteenä 2 on esitetty LVI-valvojan laatima toimintakoesuunnitelma, jonka pohjalta tilaajan edustajat suorittavat järjestelmien toimintakokeita.

Urakoitsijoiden tulee todeta sopimuksen mukaisen työn luovutusvalmius ja virheettömyys itselleluovutustarkastuksissa. Urakoitsijat laativat itselleluovutuksista virhe- ja puuteluettelot ja toimittavat luettelot rakennuttajalle. Rakennuttajan edustajat aloittavat omat tarkastukset kun itselleluovutuksen virhe- ja puuteluettelot on urakoitsijan toimesta todettu pääosin korjatuksi. Perinteisesti jokainen urakoitsija ja rakennuttajan edustaja ovat laatineet omista tarkastuksista omat virhe- ja puuteluettelot, joissa virheet on yksilöity ja selitetty esim. huonekohtaisesti.

Itselleluovutusten ja tarkastusten dokumentointiin on olemassa myös erilaisia mobiililyökaluja kuten Congrid-mobiilisovellus. Mobiiliversioiden avulla urakoitsija ja rakennuttaja voivat helposti kirjata, merkata ja tarvittaessa valokuvata virheet ja puutteet korjauskohdan pohjakuvaan. Kuvassa 2 on esitettyä Hammaslääketieteen laitoksen LVI-valvojan virhe- ja puuteluettelosta yhden virheen kuvaus. Dokumentissa esitetään kuvauksena virheen laatu, vastuuyritys, virheen luontipäivä ja korjatun virheen hyväksyntäpäivä. Congridin avulla virheiden ja puutteiden dokumentointi ja korjattujen virheiden osoittaminen on helpompaa. (Congrid-mobiiliapplikaati 2017.)



KUVA 2. Ote LVI-valvojan virhe- ja puuteluettelon Congridin tulosteesta

3.3 Tilaajan vastaanotto

Tilaajan rakennuksen vastaanottotarkastus suoritetaan YSE 1998:n mukaisesti. Talotekniikan RYL 2002:n mukaan vastaanottotarkastuksessa todennetaan sopimusasiakirjojen mukaisuus. RYL 2002:n mukaisesti vastaanottotarkastus voidaan pitää, kun urakoitsijoiden LVI-järjestelmiin liittyvät työsuoritukset ovat sopimusasiakirjojen vaatimusten ja viranomaismääräysten mukaisia. LVI-järjestelmien vastaavien työnjohtajien tulee osallistua vastaanottotarkastukseen. Yhtenä vastaanoton edellytyksenä pidetään rakennusvalvontaviranomaisen käyttöönoton hyväksyntää. Rakennusta ei voi ottaa käyttöön, mikäli rakennusvalvontaviranomainen ei ole hyväksynyt käyttöönottoa tai muissa järjestelmien tarkastuksissa on havaittu käyttöä vaarantavia puutteita. (Talotekniikan RYL 2002, 51.)

Vastaanottotarkastuksen jälkeen tehtäviä työvaiheita ovat

- toisen kuukauden tuuletusjakso
- käytönopastuksen vaihe 2
- käyttäjähankintojen asennukset
- käyttäjän muutto
- muuton loppukatselmus
- luovutusasiakirjat (Mälkönen 2015, 17–18).

3.4 Takuu aika

Urakoitsija vastaa suorituksensa sopimuksenmukaisuudesta takuuajan, jonka pituus on kaksi vuotta, ellei urakkasopimuksessa ole muuta määrätty. Urakoitsijan suoritukseen, jota takuu koskee, luetaan myös lisä- ja muutostyöt. (RT16–10660. 1998, 8.)

Takuuajan tehtävät jakaantuvat seuraavasti:

- käyttäjäpalaverit
- rakennuksen käyttäjäoppaan laatiminen
- toinen Black-out -testi
- ylläpidon käyttökoulutus
- toimivuustarkastukset
- ensimmäisen vuoden takuutarkastus
- takuuajan tehtävät (Mälkönen 2015, 18–20).

4 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT

4.1 Hankkeen projekti aikataulu

Projekti aikataulu laaditaan hankkeiden tehtävien ja vaiheiden mukaan. Projekti aikataulussa kuvaetaan vaiheiden ja tehtävien kestot ja ajalliset tavoitteet niin että projektin osapuolet voivat tahdistaa tehtävänsä aikataulun mukaisesti. Aikataulun laatijana toimii rakennuttaja tai rakennuttajan edustaja. Hankevaiheiden edetessä projekti aikataulua päivitetään ja tarkennetaan. Projekti aikataulun pohjalta suunnittelijat voivat laatia pääsuunnittelijan johdolla suunnittelua tarkentavia aikatauluja. Rakennuttajatoimisto Promen Oy:n laatima projekti aikataulun osatulo on esitettyä kuvassa 3.



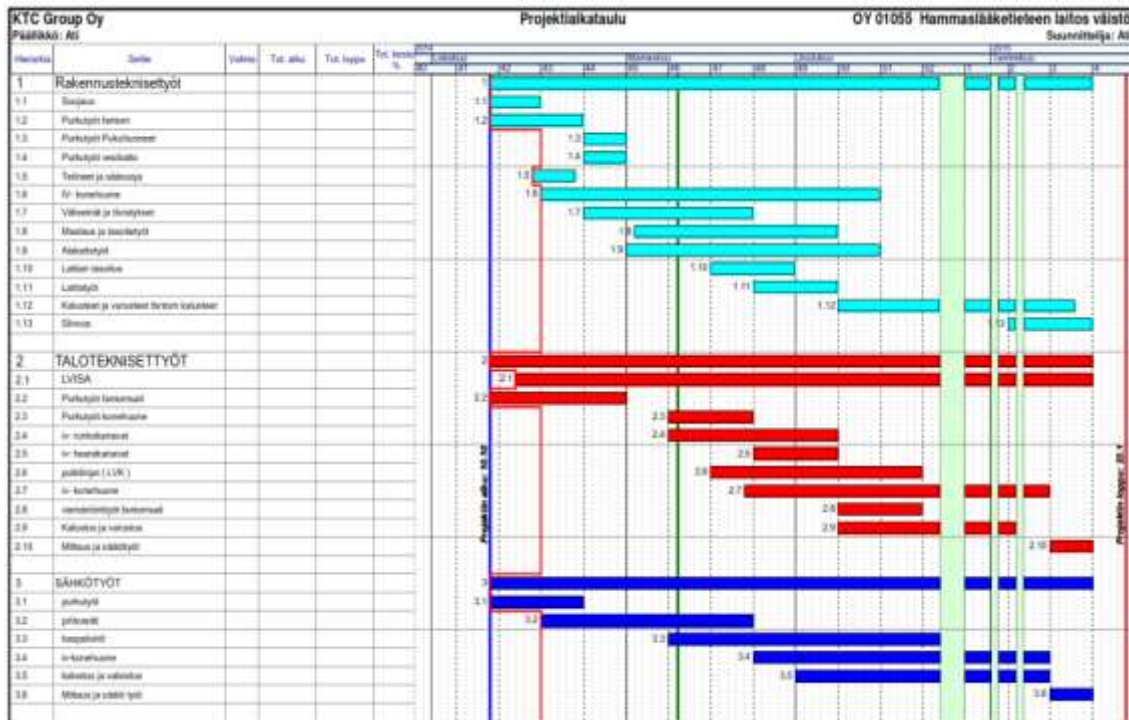
KUVA 3. Projekti aikataulun ote 20.11.2014 (Rakennuttajatoimisto Promen Oy)

4.2 Yleisaikataulu

Työmaan yleisaikataulun laatii työmaan johtovelvollisuuksista vastaava urakoitsija yhteistyössä muiden urakoitsijoiden ja tilaajan kanssa. Aikataulussa esitetään työvaiheiden ja niiden edellyttämien hankintojen keskinäinen suoritusjärjestys ja eteneminen siten, että kaikki urakoitsijat ja asiantuntijat voivat tahdistaa tehtävänsä sen mukaisesti. (RT16–10660. 1998, 14.)

Rakentamisen ajantarve vaihtelee rakennuskohteen koon ja luonteen mukaan. Aikataulun laadinnan pohjana toimii pääurakoitsijan aikataulu, johon on huomioitu rakennuttajan vaatimat välitavoitteet ja urakan valmistumisaika. Aikataulua laadittaessa tulee ottaa huomioon toimintakokeiden ja

koekäytön vaatimat aikataululliset vaateet. Muut urakoitsijat laativat omat aikataulunsa pääurakoitsijan aikataulun pohjalle. Urakoitsijoiden työvaiheiden ajallisten kestojen tulee perustua työmenekkilaskelmiin. Pääurakoitsijan johdolla aikataulu sovitetaan yhteen urakoitsijoiden ja tilaajan kanssa. Yhteensovituksen jälkeen aikataulu hyväksytään yhteisesti noudatettavaksi asiakirjaksi ja urakoitsija sekä tilaaja allekirjoituksellaan vahvistavat aikataulun. Hyväksyttyä aikataulua voidaan tarkentaa ja muuttaa vain urakoitsijoiden ja tilaajan yhteisellä sopimuksella. (RT16–10660. 1998, 4.)



KUVA 4. KTC Group Oy:n laatima yleisaikataulun ote 11.11.2014

4.3 Käyttöönottovaiheen aikataulu

Suomen Yliopistokiinteistöjen kohteissa rakennuttajakonsultti laatii alustavan vastaan- ja käyttöönottovaiheen aikataulun hankkeista. Vastaan ja käyttöönottoaikataulun pohjana toimii vastaan- ja käyttöönottovaiheen aikataulumalli, joka on esitettyinä kuvassa 5. Vastaan- ja käyttöönottovaiheen aikataulun tavoitteena on saavuttaa aikataulullisesti toimiva vastaanottoprosessi.

Vastaan- ja käyttöönottovaiheen lopullisessa laadinnassa on tärkeää saada urakoitsijat sitoutumaan aikatauluun ja sen laadintaan. Varsinkin suuremmissa rakennushankkeissa teknisten järjestelmien tarkastuksia tulee vaiheistaa, jotta kaikki osapuolet saavat riittävästi aikaa vastaanottoprosessin vaatimiin testauksiin ja tarkastuksiin. Vaiheistukset on järkevää suunnitella järjestelmittäin

ja IV-koneiden palvelualueittain. Vaiheistukset tulisi huomioida jo yleisaikataulun laadinnan aikana, koska vaiheistuksien myötä myös tilojen rakennusteknisiä töitä ja puhtauden toteamisia joudutaan vaiheistamaan.



KUVA 5. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, Vastaan- ja käyttöönottovaiheen aikataulu, malli

Teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistus ohjeistuksen mukaan tilaaja järjestää projektineuvottelun noin viisi kuukautta ennen hankkeen sopimuksen mukaista vastaanottoa. Projektineuvottelun tavoitteena on varmistaa, että hankkeen aikataululliset tavoitteet saavutetaan ja tilojen luovutuksen aikataulu voidaan vahvistaa tuleville käyttäjille. Projektineuvottelun yhteydessä nimetään vastaan- ja käyttöönottovaiheelle vastuuhenkilö. Vastuuhenkilö varmistaa, että projektin teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaihe voidaan hoitaa tilaajan edellyttämällä tavalla huomioiden aikataululliset ja ammatilliset tavoitteet. (Mälkönen 2015, 9–10.)

4.4 Käyttöönottovaiheen aikataululliset haasteet

Rakennushankkeitten koosta ja hankkeisiin varatuista rakennusajoista riippumatta käyttöönottovaiheessa esiintyy monesti aikatauluongelmia. Rakennustöiden viivästyksien takia joudutaan käyttöönottoaikataulua liian usein lyhentämään. Käyttöönottoaikataulun lyhentämisen seurauksena

vastaanottoprosessista tulee usein liian lyhyt ja kaikkien tarkastusten ja korjausten läpikäynnille ei jää riittävästi aikaa. Varsinkin korjausrakentamisessa pienissä ja keskisuurissa teknisesti haastavissa hankkeissa ei käyttöönottovaiheelle osata usein varata riittävästi aikaa. Teknisesti vaativissa hankkeissa talotekniikan urakoiden kokonaiskustannukset ovat yleensä huomattavasti suurempia kuin rakennustöiden kustannukset. Taloteknisten urakoitsijoiden suurin työmäärä painottuu yleensä rakennushankkeen keskivaiheesta käyttöönottovaiheeseen saakka. Vaativissa rakennushankkeissa pääurakoitsijalta vaaditaan huomattavaa aikataulun laadinnan ja aikataulun seuraamisen hallinnan osaamista.

Käyttöönottoprosessin tärkeyden takia on järkevää määrittää urakkasopimukseen sakolliseksi välitavoitteeksi tilaajan toimintakokeiden aloitus, jolloin urakoitsijat sitoutuvat sovittuun aikatauluun. Välitavoitteen tarkka sisältö tulee tarkentaa urakka-asiakirjoissa. Ennen tilaajan toimintakokeiden aloitusta urakoitsijoilla tulee olla tehtynä yhteiset toimintatarkastukset ja tarkastusten dokumentit.

5 ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA ENERGIATEHOKKUUSVAATIMUKSET

5.1 Energiamääräyksiä ja energiatehokkuus vaatimusten huomioiminen suunnittelussa

Suomi on valtiona sitoutunut EU:n energiansäästötoimenpideohjelman mukaiseen 20 %:n kasvihuonekaasujen säästötavoitteeseen vuoteen 2020 mennessä. Sitoumuksen mukaan vuoteen 2018 loppuun mennessä kaikki uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa ovat lähes nollaenergiarakennuksia ja 2020 vuoden loppuun mennessä kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, 2010.)

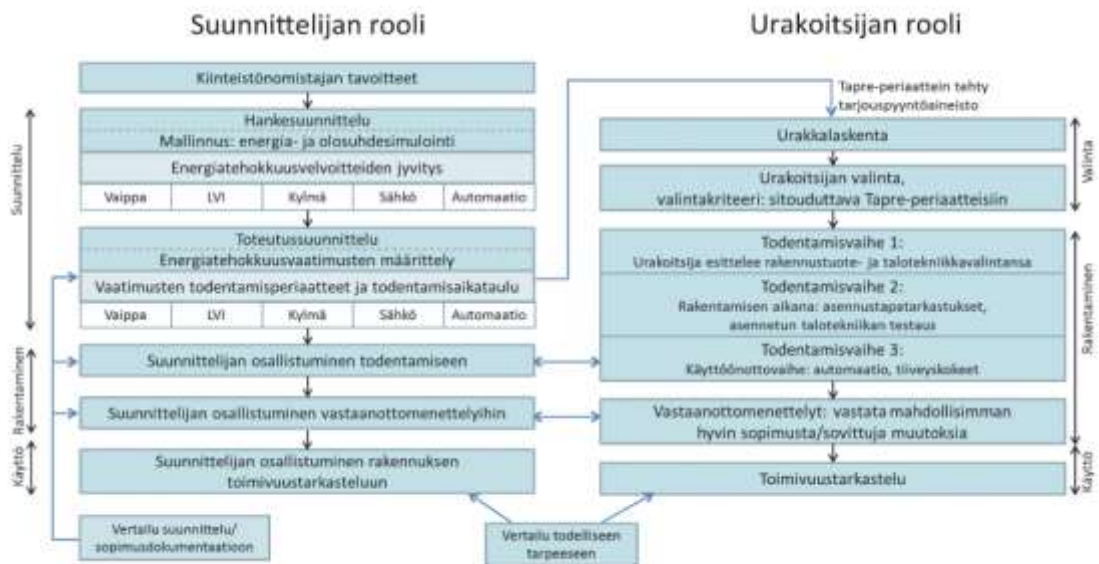
EU:n säästötavoitteiden takia energiamääräyksiä on viime vuosina päivitetty ja tiukennettu useaan otteeseen. Energiamääräyksiä tiukennuksien vuoksi rakennukseen valituilla talotekniikkajärjestelmillä on yhä enemmän vaikutusta rakennuksen kokonaisenergian kulutukseen. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kohtaan D LVI ja energiatalous on koottuna voimassa olevat rakentamisen LVI- ja energiatalouteen vaikuttavat määräykset ja ohjeet. Energiatalouteen vaikuttavat määräykset ja ohjeet on esitetty alla.

- D2 (2012) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet
- D3 (2012) Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
- D5 (2012) Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta, ohjeet
- Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä
 - 4/2013 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy on laatinut Tate-järjestelmäohjeen rakennusprojektien suunnittelijoiden ja rakennuttajien ohjeistukseksi. Järjestelmäohjeessa on esitetty talotekniikan laatutasovaatimukset ja suunnitteluohjeet, jossa esitettyjä määräyksiä tulee aina noudattaa. (Jyrkkäranta, Koivula, Mälkönen ja Sammallahti 2015, 5.)

Tate-järjestelmäohjeessa on noudatettu Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi periaatteita (Tapre). Tapre-periaatteiden mukaisesti energiatehokkuusvaatimukset esitetään

mahdollisimman selkeästi suunnittelijoiden laatimissa urakka-asiakirjoissa. Energiatohokkuusvaatimukset esitetään urakka-asiakirjoissa koneiden, laitteiden, rakenteiden, yksittäisten materiaalien, järjestelmien ja palveluiden osalta. Tate-järjestelmäohjeen mukaan suunnitelmissa määritellään myös miten ja milloin rakennushankkeessa energiatohokkuusvaatimukset todennetaan. (Jyrkkäranta ym. 2015, 5.)



KUVA 6. Tapre-ohjeen mukaiset suunnittelijan ja urakoitsijan roolit (Jyrkkäranta ym. 2015, 180).

Energiatohokkuusvaatimusten todentamiseksi Tate-suunnittelijat laativat Tate-järjestelmä-ohjeen liitteenä 8.1 mukaiset taulukot. Taulukoissa esitetään laitekohtaiset energiatalouteen liittyvät vaatimukset ja arvot. Liitteenä 3 on esitetty ilmanvaihtokoneen energiataloudellisten vaatimusten todentamisen Tapre-tuotetaulukko.

Talotekniikan suunnittelijat eivät yleensä ole esittäneet energiatohokkuusvaatimuksia taulukko- muodossa, joten Tapre-ohjeen mukainen esitystapa on myös useille suunnittelijoille uusi esitystapa. Laitteiden tarkemmat vaatimukset talotekniikkasuunnittelijat kuvaavat yleensä koneajoissa ja kojeluetteloissa. Tapre-ohjeen mukaan laaditussa esitystavassa suunnittelijoiden täytyy avata energiatohokkuusajattelun mukaisesti enemmän suunnitellun laitteen valintaa ja sen perusteita. Taulukossa suunnittelijat joutuvat esittämään ja samalla tarkistamaan halutun energiatohokkuusvaatimuksen täyttävän laitteen oikeellisuuden.

Tapre-taulukoiden käytön huonona puolena on se, että samoja laitteiden tietoja on LVI-suunnitelmissa useissa eri asiakirjoissa. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen teknisiä tietoja esitetään LVI-työselostuksessa, LVI-kojeluetelossa ja ilmanvaihtokoneiden koneajoissa. Samojen teknisten tietojen esittäminen useissa eri asiakirjoissa voi johtaa asiakirjojen keskinäisiin ristiriitaisuuksiin, mikäli esimerkiksi suunnitelmien päivitystilanteessa ei kaikkia asiakirjoja heti päivitetä. Erillisten energiatehokkuusvaatimusten esitystapakorttien sijaan suunnittelijat voivat täydentää konekortteja ja kojelutteleja niin, että energiatehokkuusvaatimukset tulevat niissä esitettyä selkeästi.

Rakennuksen energiatehokkuuden kannalta rakennuksen lämmöntuotantotavalla on keskeinen merkitys energiankulutukseen. TATE-ohjeen mukaisesti rakennuksen lämmöntuotantotapa valitaan suunnittelijan esittämien ja perustelemien vaihtoehtojen joukosta. Suomen Yliopistokiinteistö Oy:n projekteissa selvitetään vaihtoehtoisten energialähteiden, kuten maa-, vesi- ja aurinkolämpö käyttömahdollisuudet. Projekteissa kartoitetaan myös ilmaisenergian käyttömahdollisuudet esimerkiksi jäähdytyksen lauhde-energian käyttäminen lämmityksessä. (Jyrkkäranta ym. 2015, 15.)

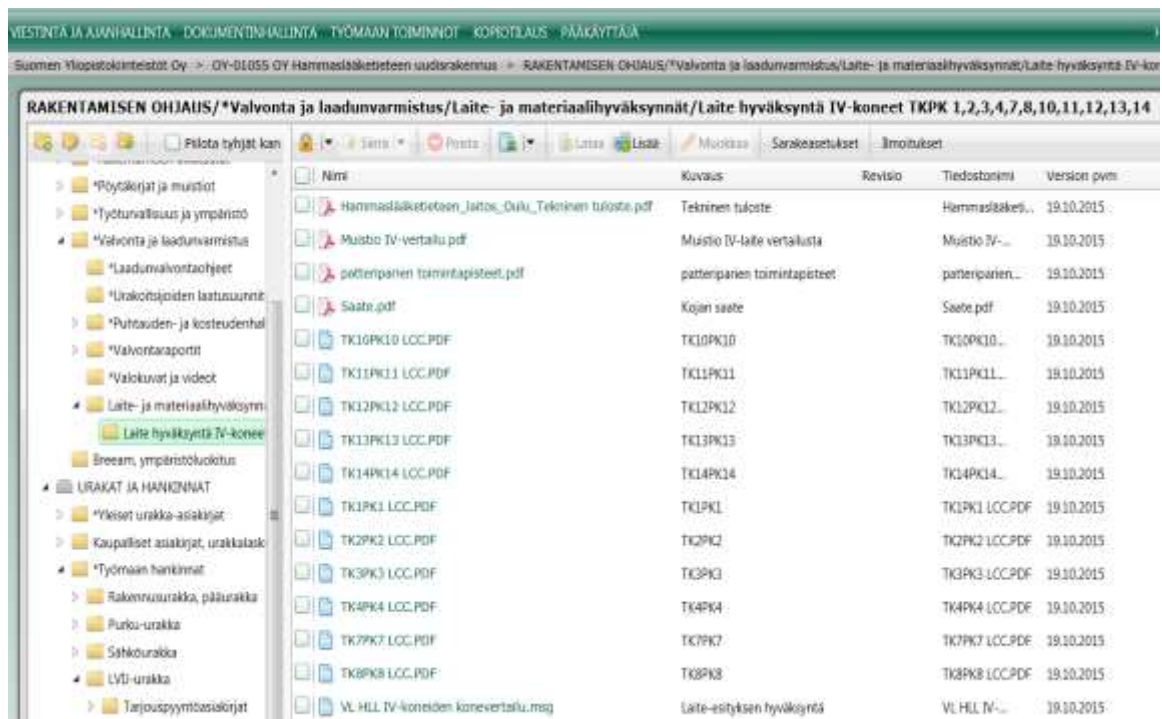
Tate-ohjeen mukaisesti suunnittelijat laativat projekteista kokonaisenergiatarkastelun ja määrättyjen järjestelmien elinkaarikustannuslaskelmat, joiden perusteella TATE-asiantuntijat esittävät rakennuttajalle valittavia talotekniikan järjestelmiä (Jyrkkäranta ym. 2015, 11). Suurissa hankkeissa suunnittelua voivat lisäksi ohjata erilaiset ympäristöluokitukset esim. Breeam. Rakennuksen talotekniikkajärjestelmien suunnitteluvaiheessa on hyvä pitää osapuolet yhdistävä seminaari, jossa eri osapuolet käyvät rakennuksen energiankulutukseen ja elinkaarikustannuksiin liittyviä asioita läpi. Liitteessä 4 on muistio Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n Hammaslääketieteen uudisrakennuksen Tate-, Ympäristö- ja elinkaariseminaarista.

5.2 Energiamääräyksien ja energiatehokkuus vaatimusten huomioiminen vastaanotto-prosessissa

Laitteiden ja järjestelmien energiatehokkuusvaatimusten selkeällä esitystavalla ja dokumentoinnilla varmistetaan urakoitsijan rakennuttajalle toimitettavien tuotteiden ja laitteiden suunnitelmien mukainen toiminta. Urakoitsijoiden esittämät materiaali- ja laitehyväksynnät tulee tarkastaa kriittisesti sekä ne tulee kirjata projektipankkiin. Kaikki urakoitsijoiden hankkimat teknisten järjestelmien laitteet, materiaalit ja asennustavat tulee hyväksyttävä rakennuttajalla. Talotekniikan valvojalle, suun-

nittelijalle ja tarvittaessa SYK Oy:n TATE-asiantuntijalle tulee toimittaa laite- ja materiaalihankintoihin liittyvä tekninen dokumentaatio hyväksyttäväksi. Täsmälleen suunnitelmien mukaisista laitteista ja järjestelmistä ei tarvitse toimittaa teknistä dokumentointia. TATE-valvoja tallentaa hyväksytyn teknisen dokumentaation projektipankkiin. (Mälkönen 2015, 8.)

Oulun yliopiston Hammaslääketieteen laitoksen LVIJA-työselityksessä kerrotaan seuraavasti: ”Mikäli urakoitsija haluaa vaihtaa esitettyjen laitteiden tilalle muita vastaavaksi katsomiaan laitteita, on niiden tilankäytöltään, toiminnaltaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan vastattava urakka-asiakirjoissa määritellyjä laitteita. Urakoitsijan on hyväksyttävä laitteiden vaihto rakennuttajalla ja suunnittelijalla. Heillä on molemmilla oikeus hylätä urakoitsijan ehdotus ilman perusteluja. Mahdollisen suunnitelmista poikkeavan laitteen vastaavuudesta vastaa aina urakoitsija.” (Laukka 2014, 8.)



KUVA 7. Projektipankkiin tallennettu iv-koneiden laite- ja materiaalihyväksyntäkansio

Perinteisesti rakennushankkeissa urakoitsijat ovat toimittaneet esittämiensä laitteiden esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden tekniset erittelyt ja laite-esitykset suunnittelijalle ja rakennuttajalle tarkistettavaksi. Laitetoimittajien ja suunnitelmien mukaisten koneajojen vertaaminen toisiinsa vaatii suunnittelijalta ja rakennuttajalta paljon asiantuntemusta, jotta voidaan vakuuttua mm. laitteiden energivaatimusten vastaavuudesta. Tapre-tuotteen mukaisesti toimitettu lisädokumentti helpottaa esi-

tetyn laitteen energiavaatimusten vastaavuuden vertailemista. Liitteessä 5 on esitetty LVI-suunnittelijan laatima Tapre-tuotteen mukainen iv-koneen tekninen erittely, johon urakoitsijan esittämä laiteomittaja on täydentänyt tarjotun laitteen tekniset tiedot ja energiatehokkuusvaatimukset. Tapre-tuotteen lisäksi urakoitsijalta voidaan vaatia laitteiden elinkaarikustannuksien laskelmia ja vastaavuusselvityksiä hyväksyttämisesityksen liitteiksi.

Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 Rakennuksen energiatehokkuus määräykset ja ohjeet mukaan Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voi olla edellä mainittuja suurempi, jos esimerkiksi rakennuksen sisäilmaston hallinta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia. (D3 (2012). 2011, 15)

Käyttööntovaiheessa esimerkiksi ilmanvaihtokoneen puhaltimien suunnitelmienmukaisuus voidaan todeta mittaamalla ilmavirta ja puhaltimien paineenkorotus sekä mittaamalla samanaikainen sähkönottoteho. Pumppujen suunnitelmienmukaisuus voidaan todeta mittaamalla mittausyhteistä paineenkorotus, virtaama sekä pumpun samanaikaisesti ottama sähkönottoteho. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon SFP-luvun laskenta suoritetaan ilmanvaihtojärjestelmien mittaus- ja säätötöiden yhteydessä.

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voidaan laskea konekohtaisesti kaavalla 1 (LVI 30–10529. 2013, 2).

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaitteet}}{q_{max}} \quad \text{KAAVA 1}$$

SFP = ilmankäsittelykoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} = tuloilmapuhaltimien sähköteho, kW/ (m³/s)

P_{poisto} = poistoilmapuhaltimen sähköteho, kW/ (m³/s)

P_{apulaitteet} = taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten Lto-pumppujen ja moottorien ottama sähköteho

q_{max} = koneenilmavirroista suurempi (tulo tai poisto) m³/s

Ilmanvaihtojärjestelmän tai koko rakennuksen ominaissähköteho SFP on rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho (kW) jaettuna koko rakennuksen poistoilmavirralla tai tuloilmavirralla (m³/s) (valitaan suurempi näistä). Ilmanvaihtojärjestelmän sähköverkosta ottama sähköteho sisältää puhaltimien moottorien sähkötehon lisäksi taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten lämmöntalteenotto (LTO)-pumppujen ja -moottorien ottama sähköteho. (LVI 30–10529. 2013, 2.)

Rakennuksen Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voidaan laskea kaavalla 2 (LVI 30–10529. 2013, 2).

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaitteet}}{q_{max}} \quad \text{KAAVA 2}$$

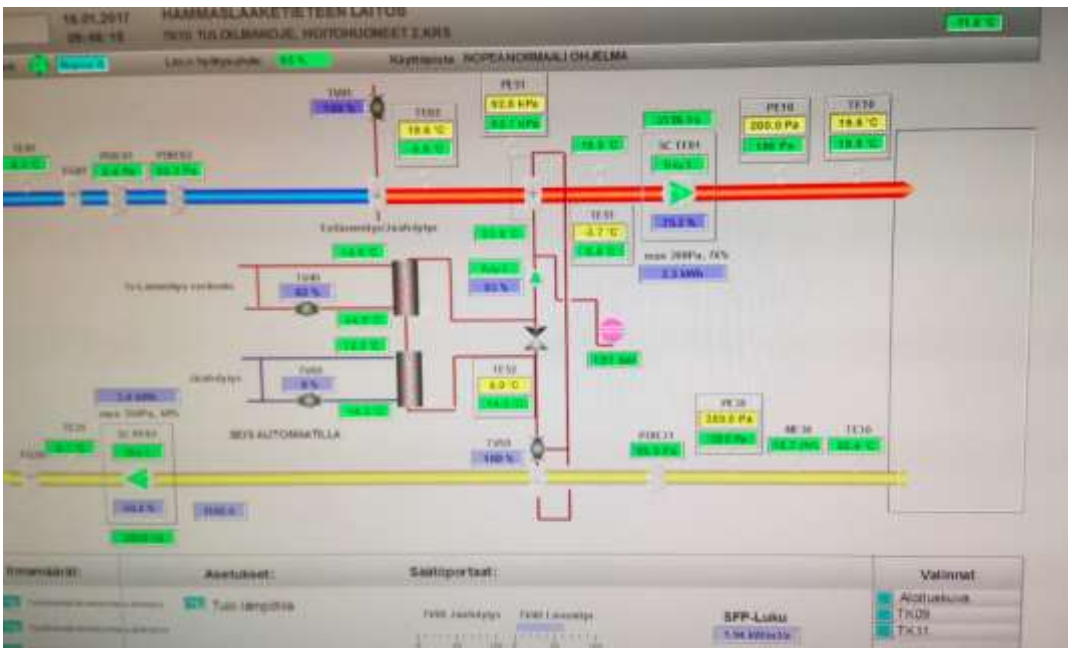
| | |
|----------------------------|--|
| SFP = | ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s) |
| P _{tulo} = | tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW |
| P _{poisto} = | poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW |
| P _{apulaitteet} = | taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten Lto-pumppujen ja moottorien ottama sähköteho |
| q _{max} = | mitoitettava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta m ³ /s |

Koko rakennuksen SFP-lukua varten tulee mitata kaikkien iv-koneiden sähköverkosta ottama sähköteho esimerkiksi iv-koneiden sähkökeskuksesta pihtimittarilla. Oulun Hammaslääketieteen laitoksen iv-ryhmäkeskuksen sähkötehon mittaus on esitettyä kuvassa 8. Yksittäisen iv-koneen sähkötehon mittaus on esitetty kuvassa 9.



KUVA 8. IV-ryhmäkeskuksen sähkötehon mittaus KUVA 9. IV-koneen sähkötehonmittaus (kuva: Heikki Loukusa 20.1.2017)

Yksittäisen IV-koneen sähkötehon mittaus voidaan todentaa myös jatkuvana mittauksena rakennusautomaatiojärjestelmässä. Hammaslääketieteen laitoksen TK10 valvomografiikkaan on otettu erillistietona SFP-luku, joka näkyy oikeassa alareunassa kuvassa 10. Valvomografiikasta luettu SFP-luku on 1,94 kW/m³/s. Laskennassa puhaltimien ja pumppujen taajuusmuuttajien sähkö tiedot on laskettu yhteen ja ne on jaettu poistoilmahuhtimen ilmamäärällä.



KUVA 10. Hammaslääketieteen laitoksen valvomografiikka TK10 (kuva: Heikki Loukusa 16.1.2017)

6 TALOTEKNIIKAN VASTAANOTON TYÖKALUJEN KEHITTÄMINEN

6.1 Toiminnalliset tavoitteet

Toiminnallisten testauksien avulla voidaan tilaajalle ja viranomaiselle osoittaa rakennuksen vaatimusten ja viranomaismääräysten mukaisen toiminnan toteutuminen. Perinteisten toimintakokeiden ja yhteiskoekäyttöjen lisäksi tässä työssä on tavoitteena löytää rakennushankkeiden vaatimuksiin soveltuvia monipuolisempia testaustapoja, joilla voidaan varmistaa laitteiden toiminta eri olosuhteissa. Testauksien tavoitteena on myös varmistaa ongelmatilanteiden ja poikkeustilanteiden hallinta. Vaativien kohteiden osalta vastaan- ja käyttöönottovaiheen aikataulussa tulee erilaisille testauksille varata riittävästi aikaa.

Rakennusten energiatehokkuuden tarkastelulla on merkittävä rooli rakennuksen toiminnallisissa tavoitteissa. Ilmanvaihdolla ja vuotavilla rakenteilla on merkittävä rooli rakennuksen kokonaisenergian kulutuksessa. Energiamääräykset velvoittavat rakennuksen ilmavuotoluvun q_{50} olevan enintään $4 \text{ (m}^3/\text{hm}^2)$ (D3 (2012). 2011, 15). Tilaajien ja suunnittelijoiden tahtotila on yleisesti rakentaa rakennukset vuotoilman osalta parempaan tiiveyteen. Rakentamismääräyksissä todetaan muun muassa, että uudiskohteissa on rakennus suunniteltava ja rakennettava tiiviiksi, jotta sisäilmassa ei esiinny haitallisissa määrin terveyteen ja viihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä, kuten mikrobeja tai hajuja (D2 (2012). 2011, 19). Vuotoilmalla ja vuotavilla rakenteilla on suuri vaikutus energian kuluksiin, rakenteiden toimintaan, sisäilmaolosuhteisiin ja ilmanvaihdon ja LTO:n toimintaan.

Rakennusten sisäilmalle asetettuja vaatimuksia käsitellään sisäilmalaatuluokituksessa. Tekniset järjestelmät suunnitellaan ja asennetaan valittujen sisäilmalaatulukitusten mukaisesti. Taulukossa 1 on esitetty sisäilmaluokituksen lämpötilatavoitearvoja ja taulukossa 2 on esitetty sisäilmaluokituksen keskeisiä tavoitearvoja. Sisäilmaluokiiin S1 ja S2 rakennettaessa rakennustyöt sekä ilmanvaihtojärjestelmien asennustyöt tulee suorittaa puhtausluokituksen P1 mukaisesti.

TAULUKKO 1. Sisäilmaluokituksen lämpötila tavoitearvoja (LVI-05-10440. 2008)

| | yksikkö | luokka S1 | luokka S2 | luokka S3 |
|--|---------|--|--|---|
| Operatiivinen lämpötila $t_u \geq 10 \text{ °C}$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$ $t_u > 20 \text{ °C}$ | °C | 21,5* $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$ 24,5* | 21,5 $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$ 24,5 | 21 $21 + 0,4 \times (t_u - 10)$ 25 |
| Sallittu poikkeama tavoitearvosta | °C | $\pm 0,5$ | $\pm 1,0$ | $\pm 1,0$ |
| Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo | °C | $t_{op} + 1,5$ | $t_u \geq 10 \text{ °C}$: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$: $23 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20 \text{ °C}$: 27 | $t_u \leq 15 \text{ °C}$: 25 $t_u > 15 \text{ °C}$: $t_{umax} + 5$ |
| Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo | °C | 20 | 20 | 18 |
| Olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustilat asunnot | % | 95 90 | 90 80 | - - |
| Ilman nopeus $t_{ilma} = 21 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 23 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 25 \text{ °C}$ | m/s | 0,14 0,16 0,20 | 0,17 0,20 0,25 | 0,2 (talvi) 0,3 (kesä) |

Tähdellä (*) merkityssä kohdassa S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneisto-kohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5 \text{ °C}$. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

TAULUKKO 2. Sisäilmaluokituksen keskeisiä tavoitearvoja (LVI-05-10440. 2008)

| Sisäilmaluokka | S1 | S2 | S3 |
|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Hiiidioksiidipitoisuus | < 750 ppm | < 900 ppm | < 1200 ppm |
| Radonpitoisuus | < 100 Bq/m ³ | < 100 Bq/ m ³ | < 200 Bq/m ³ |
| Valaistusvoimakkuus työalue | | > 500 (lx) | |
| Valaistusvoimakkuus lähialue | | > 300 (lx) | |
| Suodatusluokka | F8 | F7 | F6 |
| Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka | P1 | P1 | P2 |

6.2 Käytettävyyden tavoitteet

Taloteknisten järjestelmien tulee toimia erilaisissa olosuhteissa ja käyttötilanteissa. Järjestelmien kehittymisen myötä järjestelmistä on tullut hyvin paljon automatisoituja. Rakennuksessa tulisi olla rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia yksinkertaisia ja automatiikaltaan toimivia järjestelmiä.

Rakennuksen valmistumisen ajankohdasta riippumatta vastaanottovaiheessa tulisi järjestelmiä testata mahdollisimman monenlaisissa eri käyttötilanteissa. Järjestelmien testauksia tulisi vastaanottovaiheessa tehdä erilaisissa kuormitusilanteissa, jolloin järjestelmien toimivuuden varmistamista ei jouduttaisi tekemään käytössä olevassa rakennuksessa. Yleensä vastaanottoajankohdasta riippuen joudutaan kesä ja talvi testauksia suorittamaan myös rakennuksen ollessa käytössä.

6.3 Taloudelliset tavoitteet

Järjestelmien suunnitelmien mukaisella toiminnalla varmistetaan halutut sisäilma- ja valaistusolosuhteet ja saavutetaan järjestelmien halutut elinkaarikustannukset. Monipuolisien testausmenetelmien avulla voidaan saavuttaa merkittäviä energian säästöjä ja vähentää järjestelmien vikatilanteista aiheutuvia kiinteistön ylläpitokuluja.

Uusissa ilmatiiviissä ja energiatehokkaissa rakennuksissa toimimaton ilmastointijärjestelmä voi aiheuttaa rakenteille huomattavia riskejä. Vanhoissa rakennuksissa toimimattoman ilmanvaihdon takia rakenteista voi siirtyä epäpuhtauksia sisäilmaan. Sisäilmaongelmien selvittely ja korjaaminen vaatii huomattavasti aikaa ja rahaa.

Toiminnassa olevan rakennuksen teknisten järjestelmien korjaaminen on erittäin haastavaa ja aiheuttaa huomattavia kustannuksia kiinteistönomistajille. Vastaanottovaiheessa havaitsematta jääneen teknisen järjestelmän puutteen korjauksen kustannukset voivat kasvaa useita kymmeniä kertoja kiinteistön ollessa käytössä.

6.4 Huollon ja kunnossapidon tavoitteet

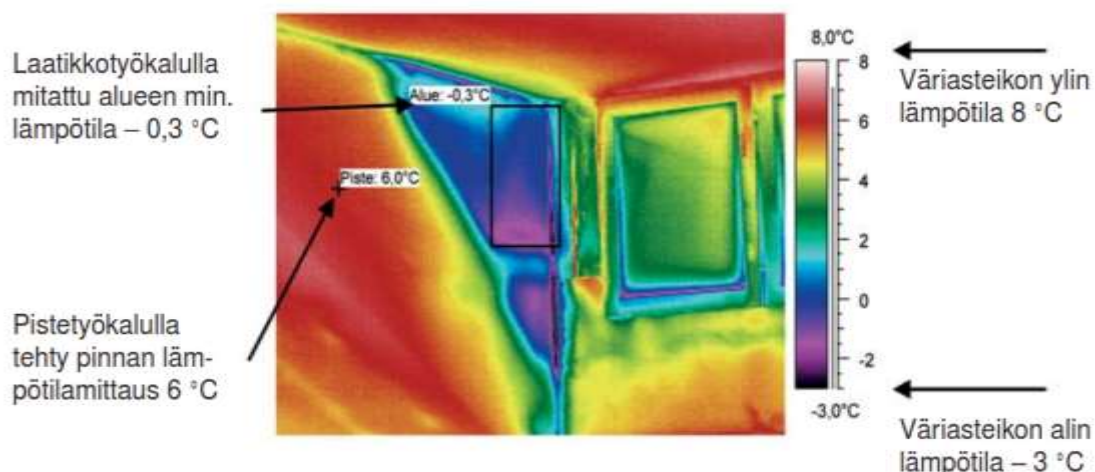
Taloteknisten järjestelmien toimivuus, helppokäyttöisyys, kestävyys ja huoltovarmuus ovat kunnossapidon tärkeimpiä taloteknisten järjestelmien tavoitteita. Huollon ja kunnossapidon mielestä monimutkaisista taloteknisistä järjestelmistä aiheutuu monesti ongelmia ja ylimääräisiä huoltokohteita. Järjestelmien tulee olla kestäviä ja talotekniikan erikoisjärjestelmien huollon tulee olla toimivaa.

Rakennuksissa toimivan kiinteistönhuollon perustana toimii huoltokirja. Rakennuksen huoltokirja-aineiston kasaamisessa ja tarvittavien tietojen keruussa on tarpeellista käyttää erillistä huoltokirjakoordinaattoria. Huoltokirjakoordinaattorin ohjeistuksen ja seurannan mukaan rakennuksen huoltokirja-aineisto saadaan toimivaksi ja huoltokirja käyttöön otetuksi heti vastaanottovaiheessa.

7 TALOTEKNIIKAN VASTAANOTON TYÖKALUJEN HYÖDYNTÄMINEN

7.1 Lämpökamerakuvaukset

Lämpökamerakuvauksia käytetään yleisesti yhtenä tutkimusmenetelmänä uudisrakennusten laadunvalvonnassa ja vanhojen rakennusten kuntotutkimuksissa. Lämpökuvauksessa haluttu pinta mitataan infrapunasäteilyllä ja pinnan lämpötilajakauma määritetään ja tulkitaan kuvasta. Lämpökameralla mitataan kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpö- ja infrapunasäteilyn voimakkuutta ja kamera muuttaa kohteen lämpösäteilyvoimakkuuden lämpötilatiedoksi ja digitaaliseksi lämpökuvaksi. (RT 14–10850. 2005, 1–2.) Kuvassa 11 on esitetty rakennuksen huoneen nurkan sisäpuolinen lämpökuvauus. Kuvan oikeassa reunassa oleva väripalkki ja lämpötila-asteikko esittävät värien ja lämpötilan välisen yhteyden. Lämpökuvasta voidaan selvästi havaita huoneen nurkassa oleva eristevika. (RT 14–10850. 2005, 5.)

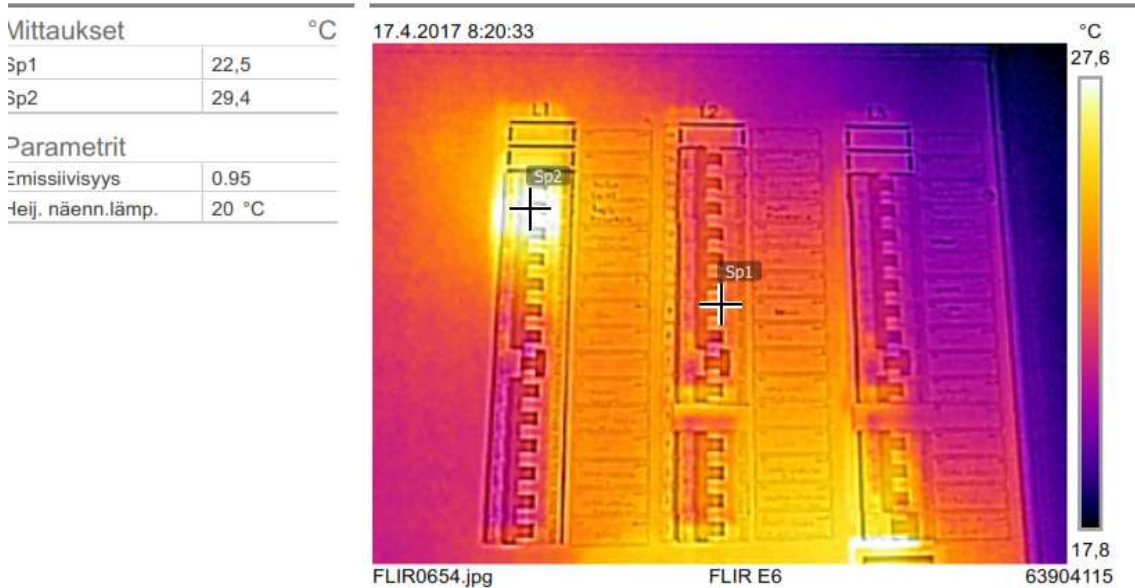


KUVA 11. Lämpökuvauksen tulkintaan liittyviä seikkoja ja vaatimuksia (RT 14–10850. 2005, 5.)

7.1.1 Sähköjärjestelmien tarkastukset

Lämpökamerakuvauksia on mahdollista käyttää sähköpääkeskusten ja ryhmäkeskusten tarkastuksissa apuna. Lämpökamarakuvauksien avulla sähkökeskuksista voidaan mm. havaita epäsuorat ja ylisuurat kuormitukset, johtojen löysät sähköjohtojen kiinnitykset ja ylikuormitetut johdotukset. Keskuksia kuvattaessa tulee huomioida, että keskuksien käyttötilanne on päällä ja keskuksissa on riit-

tävästi kuormia. Kuvassa 12 on esitettyä lämpökamerakuva ryhmäkeskuksesta, josta voidaan havaita mittauspisteessä SP2 normaalista poikkeava keskuksen lämpeneminen. Käyttötilanteen ja mittaustuloksen perusteella voidaan olettaa SP2-mittauspisteessä olevan sähköjohdon löysä kiinnitys.



Kuva 12. Lämpökamerakuva ryhmäkeskuksesta (kuva: Heikki Loukusa 17.4.2017)

7.1.2 LVIJ-järjestelmien tarkastukset

Lämpökameroiden käyttö LVIJ-järjestelmien vastaan ja käyttöönottovaiheen tarkastuksissa on yleisesti ollut vähäistä. Kameroita on hyödynnetty jo pitemmän aikaa ongelmatilanteiden, kuten vuotojen ja tukosten selvittelyssä. Alla on jaoteltu lämpökameran hyödyntämisen mahdollisuuksia LVIJ-järjestelmittäin.

Lämmitysjärjestelmät

- lämmityspatterien- ja paneelien toimivuuden varmistaminen
- patterien- ja paneelien ilmojen havaitseminen
- lattialämmitysputkien asennuspaikkojen selvittäminen
- putkistojen tukoksien havaitseminen
- lämmitysverkostojen eristyspuutteiden havaitseminen
- lämmitysverkostojen lämpötilojen tarkastelu

- ikkunapintojen aiheuttamat konvektioiden havaitseminen
- siirtimien, pumppujen ja laitteiden kunnon tarkastelu
- rakenteessa menevien putkien sijaintien selvittäminen

Jäähdytysjärjestelmät

- jäähdytyspalkkinen, puhallinkonvektorien ja paneelien toimivuuden tarkastelu
- eristyspuutteiden havaitseminen (kondessio Ongelmien ennalta ehkäisy)
- jäähdytysverkoston lämpötilojen tarkastelu
- putkistojen tukoksien havaitseminen
- siirtimien, pumppujen ja laitteiden kunnon tarkastelu
- rakenteessa menevien putkien sijaintien selvittäminen

Ilmanvaihtojärjestelmät mm

- tulo- ja poistolämpötilat ja ilmanvaihdosta aiheutuvan vedon tunteen arviointi
- eristyspuutteiden havaitseminen (kondessio Ongelmien ennalta ehkäisy)
- piilossa olevien kanavien sijaintien selvittely
- puhaltimien laakereiden kunnon tarkastaminen
- rakennuksen painesuhteiden ja ilmapuoto kohtien tarkastelu
- kanavien vuoto kohtien havaitseminen

Vesi- ja viemärijärjestelmät

- rakenteessa menevien putkien sijaintien selvittäminen
- eristyspuutteiden havaitseminen
- käyttövesiverkoston lämpötilojen arviointi
- putkistojen tukoksien havaitseminen

Vuotojen etsintä

- rakenteissa olevien LVIJ-putkien vuoto kohtien paikantaminen
- vuotojen laajuuden arviointi
- vuotojen syyn arviointi (esim. kylmät rakenteet)

Vastaan- ja käyttöönotto vaiheessa lämpökamera on hyvä apuväline LVIJ-järjestelmien toimivuuden varmistamiselle. Kuvauksia on järkevää suorittaa toimintakokeen yhteydessä, mittaus- ja sää-

töiden jälkeen ja toimivuustarkastuksen sekä takuuajan ongelmatilanteiden selvittelyn yhteydessä. Lämpökameran avulla voidaan nopeasti todeta järjestelmien toiminta. Kuvassa 13 on esitettyä huoneen lämmityspaneelien toiminnan tarkastus lämpökameralla. Kuvasta voi havaita, että huoneen kaikki lämmityspaneelit toimivat ja ovat tasaisesti lämpimiä.

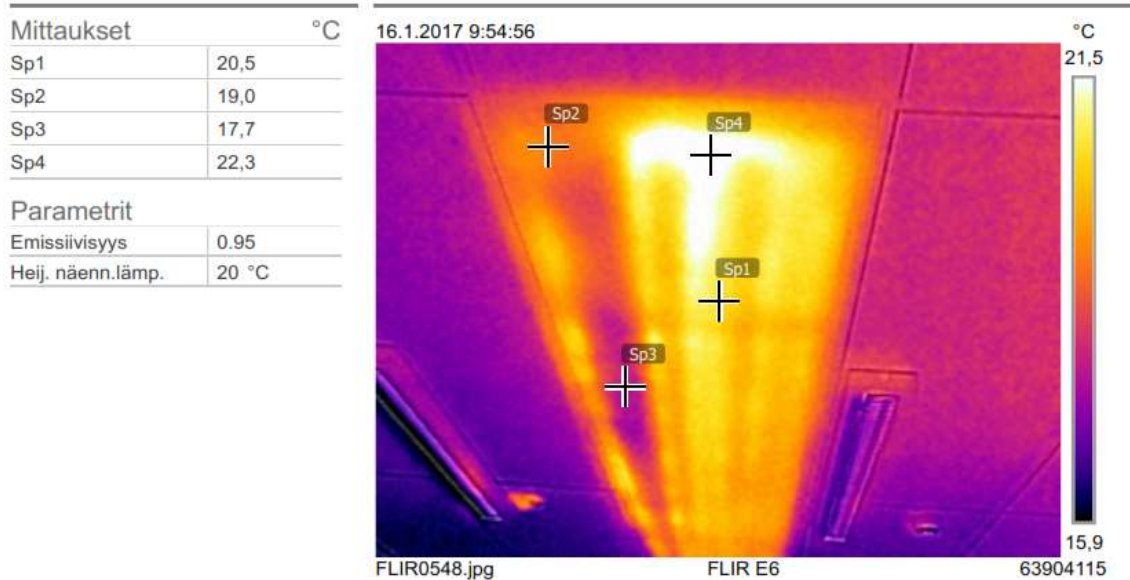


KUVA 13. Huoneen lämpöpaneelien toiminnan tarkastus (kuva: Heikki Loukusa 20.1.2017)

Kameroiden kuvien perusteella tehtävä tarkempi järjestelmien toiminnan arviointi on erittäin haastavaa, koska LVIJ-järjestelmien kuvauksista ei ole olemassa mitään erillistä ohjetta. Tarkastelussa tulisikin painottaa yleisellä tasolla mahdollisten ongelmakohtien kartoitukseen ja havaittujen ongelmakohtien syyt tulee varmistaa muita tarkastuskeinoja käyttäen.

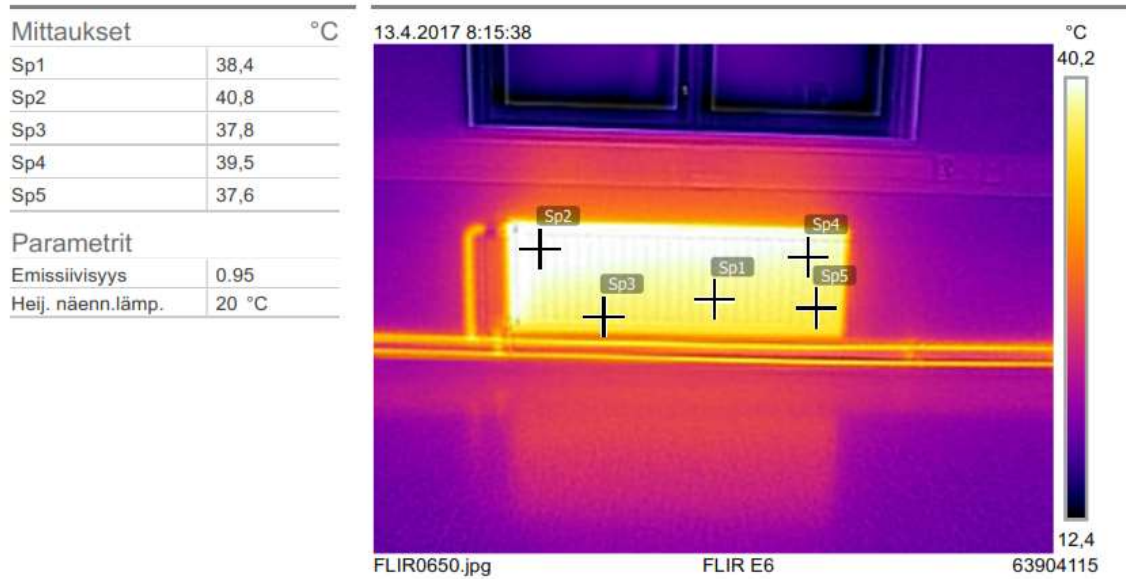
Uusissa toimitilarakennuksissa ovat lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmänä yleistyneet lämmitys ja jäähdytyspaneelit. Paneelijärjestelmän toiminnan varmistamisessa ja tarkastamisessa lämpökamera on erittäin hyvä ja tehokas työkalu. Paneeliverkoston toiminnan tarkastaminen voidaan aloittaa ajamalla valvomotietokoneesta kaikkien paneelien lämmityksen tai jäähdytyksen säätöventtiilit täysin auki. Paneelien lämpenemisen tai jäähtymisen jälkeen lämpökameralla todetaan paneelien tasainen lämpeneminen ja jäähtyminen. Vastaanottovaiheessa suoritetuissa lämpökamerakuvauksissa voidaan havaita mahdolliset putkien- ja säätöventtiilien ristiinkytkennät, tukoksien takia toimimattomat paneelit, läpi vuotavat venttiilit sekä verkoston ilmauspuutteista tai verkoston liian pienestä virtaamasta johtuvat lämpenemisongelmat. Huonosti toimivan lämmityspaneelin lämpö-

kamerakuva on esitetty kuvassa 14. Lämpöpaneelin toimimattomuus havaitaan epätasaisena lämpenemisenä, joka on havaittavissa selvästi kuvan värien ja erillismittaustietojen avulla. Kuvan paneelin osalla paneelin epätasainen lämpeneminen johtui paneeliin kertyneestä ilmasta.

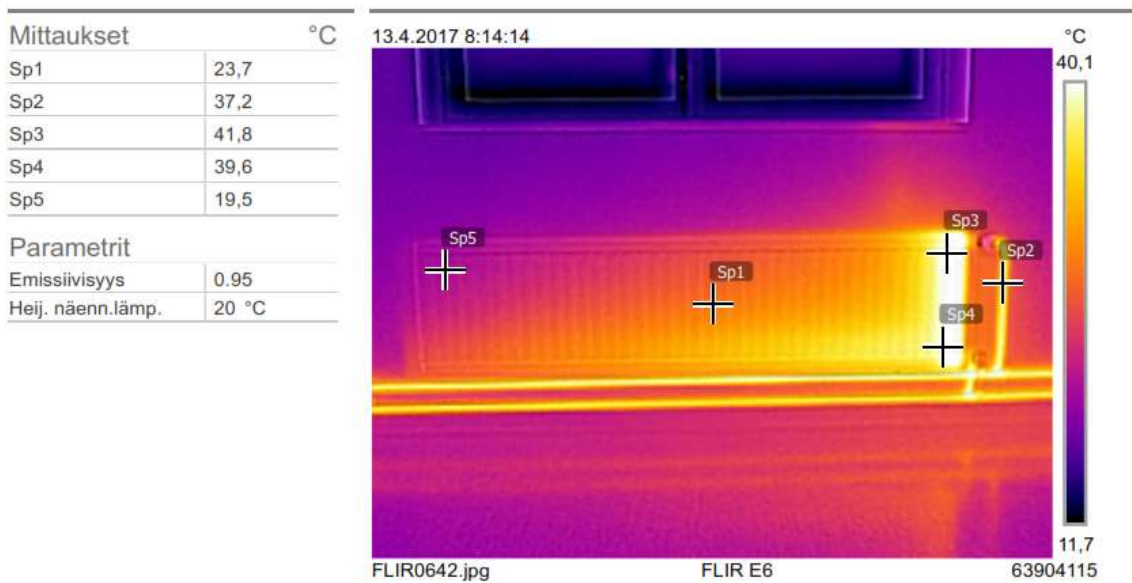


*KUVA 14. Lämpökamerakuva huonosti toimivasta lämmityspaneelista
(kuva: Heikki Loukusa 16.1.2017)*

Patteriverkoston toiminnalliset puutteet voidaan myös helposti todentaa lämpökameran avulla. Kuvassa 15 on esitettyä toimiva lämpöpatteri. Patterin tasainen lämpötila on havaittavissa selkeästi lämpökamerakuvasta. Toimimaton lämmityspatteri on esitettyä kuvassa 16. Patterin toimimattomuus on havaittavissa patterin epätasaisesta lämpenemisestä. Patteri lämpenee vain etuosasta ja patterin takaosa on kylmä. Lämpökamerakuvan perusteella voidaan olettaa patterissa olevan ilmaa.

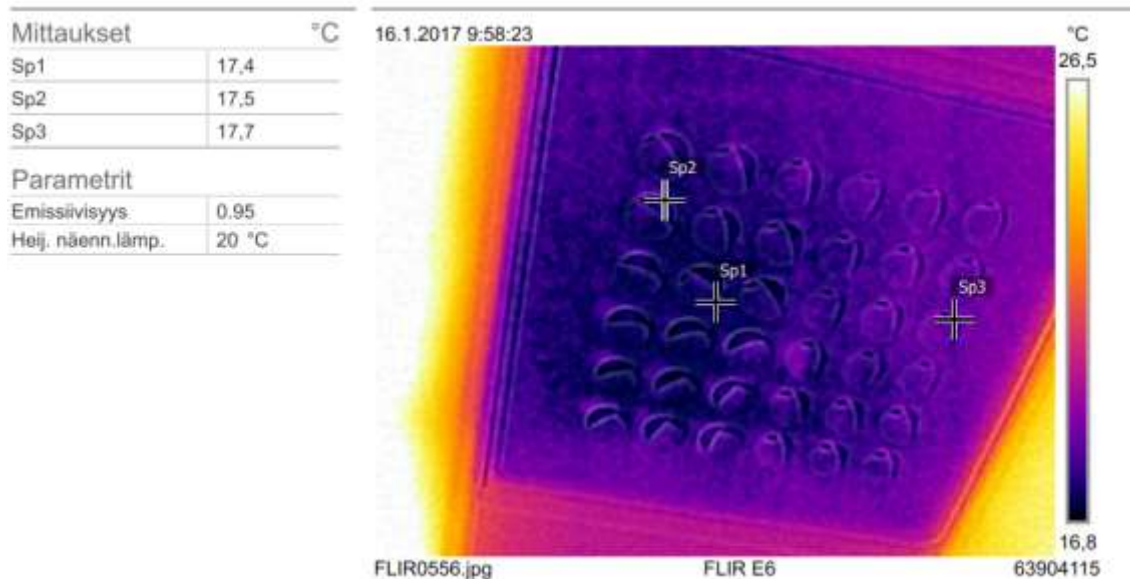


KUVA 15. Lämpökamerakuva toimivasta lämpöpatterista (kuva: Heikki Loukusa 13.4.2017)



KUVA 16. Lämpökamerakuva huonosti toimivasta lämpöpatterista (kuva: Heikki Loukusa 13.4.2017)

Huoneisiin puhallettavan tuloilman lämpötilan tarkastuksessa voidaan myös käyttää lämpökameraa apuvälineenä. Kuvassa 17 on esitettyä lämpökamerakuva tuloilmapäätelaitteesta. Kuvasta voidaan havaita, että tuloilman lämpötila on ollut mittaushetkellä aika viileä +17,5 °C. Liian matala tuloilman lämpötila voi aiheuttaa huonetilan lämpötilan viilenemistä ja vetoisuutta.



KUVA 17. Lämpökamerakuva tuloilmapäätelaitteesta (kuva: Heikki Loukusa 16.1.2017)

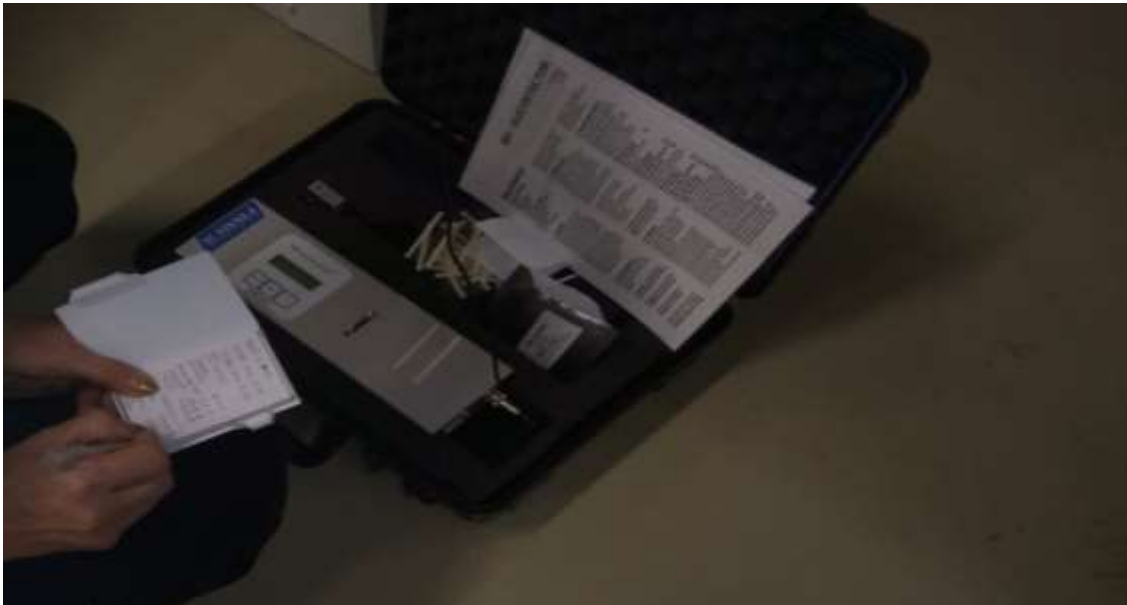
Lämpökameran avulla voidaan nopeasti varmistaa esimerkiksi teknisten tilojen laitteiden toiminnan edellytykset tai tarkistaa tilan LVI-järjestelmien toiminta. Lämpökamerakuvia Oulun Hammaslääketieteen laitoksen IV-konehuoneesta ja Fantom-laboratoriotilasta on esitettyä liitteessä 6.

7.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden varmistaminen

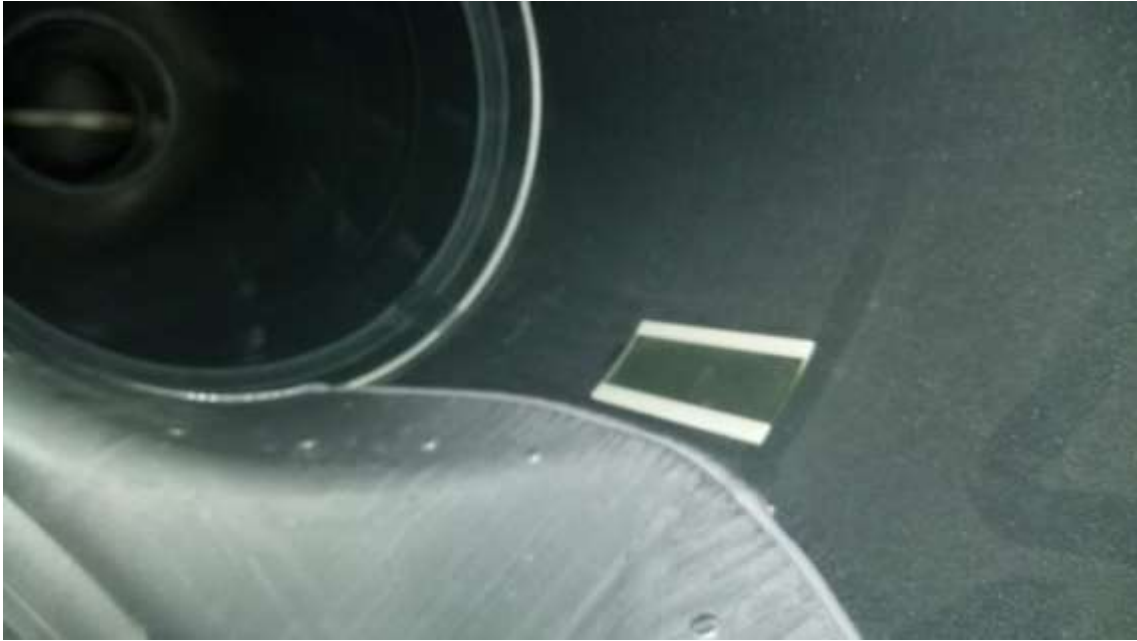
Sisäilmalaatuluokituksen mukaisesti laatuluokan S1 ja S2 saavuttaminen edellyttää puhtausluokan P1 mukaista ilmanvaihtojärjestelmää ja -rakennustöitä sekä M1-luokituksen mukaisien rakennusmateriaalien käyttöä. Puhtausluokituksen P1 mukaisesti kanavistot tulee säilyttää suojattuna ja tulpattuna työmaalla ja tuotteiden suojaukset poistetaan vasta juuri ennen asentamista. Kanavistojen ja laitteiden asentamisen aikana tilojen tulee täyttää puhtausluokan P1 vaatimukset, jolloin kanavistoon ei pääse kulkeutumaan tiloista pölyä. (LVI 05–10440. 2008, 9.) Ennen toimintakokeita varmistetaan rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmien P1-luokan mukainen puhtaustaso.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden arvioinnissa käytetään apuna visuaalista arviointiasteikkoa. Visuaalisessa arviointiasteikossa on kuvattuna kanaviston erilaisia pölykertymiä. Kanaviston visuaalisen tarkastelun perusteella voidaan yleisesti todeta kanaviston puhdistustarve tai puhdistuksen onnistuminen. Ilmanvaihtojärjestelmien puhtautta voidaan arvioida myös optisella geeliteippimennetelmällä tai suodatinkeräysmenetelmällä tehtävällä pölynkertymä mittauksella. (LVI 39–10409. 2007, 1–2.)

Ennen toimintakokeiden aloitusta Oulun Hammaslääketieteen laitoksella todettiin kanavistojen puhtaus IV-koneiden vaikutusalueittain visuaalisesti ja puhtaus varmistettiin geeliteippimenetelmällä. Kuvassa 18 on käynnissä geeliteippimittauksen tuloksen ylös kirjaaminen. Kuvassa 19 on käynnissä geeliteippinäytteen ottaminen kanavan pohjalta. Visuaalisen tarkastelun ja geeliteippinäytteiden perusteella voitiin todeta kanaviston riittävä puhtaus tai kanaviston puhdistustarve. Liitteenä 7 on esitetty raportti ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden toteamisesta geeliteippimenetelmällä. Raportista käy ilmi, että mittaustulokset ovat puhtausluokan P1 raja-arvojen alapuolella. Mittaustulosten perusteella kyseiset kanavistot täyttävät P1-puhtausluokan vaatimukset.



KUVA 18. Kanaviston pintapölymittaus käynnissä (kuva: Heikki Loukusa 7.10.2016)



KUVA 19. Pölymittaus kanavasta (kuva: Heikki Loukusa 7.10.2016)

Sisäilmalaatuluokituksessa kerrotaan, että puhtausluokkaan P2 rakennettaessa pölynhallinnan on oltava hyvän rakennustavan mukaista. Puhtausluokkaan P2 rakennettaessa ei ole varsinaisesti määritelty mitään sisäilmalaatuluokituksen ohjeistusta. (LVI 05–10440. 2008, 11.) P2-luokkaan rakentaessa ilmanvaihtokanavien pölykertymien arvot saavat olla korkeampia kuin P1-luokassa. P1-luokassa luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän suodatusmenetelmällä mitatun pölykertymän keskiarvo saa olla enintään 0,7 g/m² kun taas P2-luokassa pölykertymän keskiarvo saa olla enintään 2,5 g/m². P2-luokan ilmanvaihtojärjestelmien tiivistämateriaaleilta ei ole vaadittu M1- tai M2-luokituksia. (LVI 05–10440. 2008, 9.)

7.3 Savu- ja merkkiainetestaukset

Savu- ja merkkiainetestauksia voidaan tehdä kanaviston tiiviiden toteamiseksi, rakennusosien ja huoneistojen välisien paine-suhteiden määrittämiseksi sekä tuloilmalaitteiden heittokuvion tutkimiseen. Savu- ja merkkiainetestaukset ovat hyviä ja paljon käytettyjä lämpökamerakuvauksen jälkeisiä tarkempia tutkimuksia. (Kauppinen 2016.) Savu- ja merkkiainetutkimuksiin soveltuvia laitteita ovat savukone, merkkisavukynät ja merkkisavuampullit.

Merkkiainekoetta on käytetty pääasiassa rakenteiden ilmavuotojen toteamisessa. Merkkiainetta päästetään tutkittavan rakenteen sisään ja kaasunilmaisimella tutkitaan pitoisuuden käyttäytymistä

ja etsitään vuotokohtia tarkasteltavista tiloista. (E. Sanberg 2014. 71.). Merkkiainekoetta tehtäessä tulisi tutkittavan tilan olla -10 — -15 Pa alipaineessa tutkittavaan rakenteeseen nähden. Merkkiainekokeella voidaan myös varmistaa puhtaan ja likaisen tilan välinen painesuhde. (Sobott 2014.61.)

7.3.1 LVIJS-järjestelmien tarkastukset

Vastaanottovaiheessa mittaus- ja säätötoiden valmistuttua tulisi tilojen ilmanvaihdon toiminta ja ilman jakaantuminen tutkia savukokeilla. Kuvassa 20 ja 21 on esitetty tuloilman heittokuvion tutkimiseen soveltuvia savun tuottolaitteita. Kuvan 20 savukoneella voidaan tuloilmalaitteen tai päätelaitteiden läheisyyteen puhaltaa tarvittaessa runsaasti savua. Kuvan 21 savuampullilla on helppo tutkia yksittäisen päätelaitteen heittokuviota tai tilan painesuhdetta.



KUVA 20 Savukone isommalle savun tarpeelle (kuva: Heikki Loukusa 12.12.2016)



KUVA 21. Merkkisavuampulli (kuva: Heikki Loukusa 12.12.2016)

Tuloilman jakaantumista tutkivia savukokeita on järkevää tehdä rakennuksen eri tilatyypeissä. Päätelaitteiden tuloilmaa suuntaamalla voidaan ehkäistä vetoa ja parantaa tilan ilmanjakaantumista. Savukokeella voidaan heti vastaanottovaiheessa havaita esimerkiksi päätelaitteen asennusvirheestä johtuva ilmanjaollinen puute tai vääränlaisesta sijoitussuunnitelmasta johtuva puute.

Kuvassa 22 testataan savulla toimistohuoneen tuloilman jakaantumista. Tilan ilman jakaantumista häiritsivät tilassa keskellä olevat pilarit. Savun avulla tehdyssä päätelaitteen suuntauksessa ilma saatiin jakaantumaan tilassa tasaisesti, eikä pilarin juuren läheisyydessä havaittu enää vetoa. Kuvassa 23 voidaan havaita pilarin juurella olevan päätelaitteen suuntausasennot savukokeen jälkeen. Kuvassa 24 on käynnissä savukoe laboratorio tilassa. Päätelaitteiden suuntauksella tuloilma saatiin jakaantumaan huonetilassa tasaisesti.



KUVA 22. Tuloilman jakaantumisen testaaminen savukokeella (kuva: Heikki Loukusa 12.12.2016)



Kuva 23. Tuloilmapäätelaite suunnattuna savukokeen jälkeen (kuva: Heikki Loukusa 12.12.2016)



Kuva 24. Savukoe laboratoriotilassa (kuva: Heikki Loukusa 12.12.2016)

Merkkisavukynää käytetään ilmavirtauksen suunnan tutkimiseen esimerkiksi ilmastoinnin pääte-elimissä, rakennuksen ulkovaipan tiiveystutkimuksissa ja työhygienisisissä tarkastuksissa. Savukynää voidaan käyttää myös savunilmaisimien testaamiseen.

7.4 Sähköverkkoanalysaattorit

Sähköverkkojen energiantehokkuutta voidaan tutkia sähköverkkoanalysaattorien avulla. Sähköverkkoanalysaattori voi olla kiinteästi asennettuna keskuksen yhteyteen, jolloin analysaattorista voidaan seurata jatkuvasti sähköverkon tilaa. Kannettavalla sähköverkkoanalysaattorilla voidaan tutkia sähköverkon tilaa, mikäli keskuksien yhteyteen ei ole kustannussyistä analysaattoria sijoitettu. (Romakkaniemi 2017.)

Analysaattorilla voidaan mitata kaikki olennaiset suureet ja häiriöt, mitä verkoissa yleisesti esiintyy. Seurattavia arvoja ovat mm. taajuus, hetkelliset sähkökulutukset, loistehot, harmoniset yliaallot ja sähkön laatu. Analysaattorin avulla voidaan todeta sähköverkon häiriöt ja analysoinnin avulla löytää häiriötä aiheuttavat laitteet. Pitkäaikaisten mittausten perusteella voidaan havaita tehopiikkien aiheuttajat ja loistehon kompensoinnin tarpeet. Tehopiikit ja häiriötä aiheuttavat laitteet ovat helposti löydettävissä analysoinnin avulla. (Romakkaniemi 2017.)

Kannettavien analysaattorien käytön yleistymistä on hidastanut laitteiden korkea hankintahinta. Kuvassa 25 on esitettyä kannettava Fluken sähköverkkoanalysaattori. Vastaan- ja käyttöönottoaiheissa analysaattorin avulla tehdyissä tarkastuksissa on mahdollista havaita teknisissä laitteissa olevia häiriöitä ja tehopiikkejä. Sähköverkkoa kuormittavat myös rakennuksen käyttäjien laitteet mm. ATK-laitteet, joten 1. takuuvuoden aikana olisi järkevää tutkia verkon tilaa lisää analysaattoreilla.



KUVA 25. Sähköverkkoanalysaattori Fluke 435-2 (Sähkönlaadunanalysaattorit 2016)

7.5 Ilmanlaadunanturit

Rakennuksen ilmanlaatua mitataan usein ilmanlaadunantureilla rakennusautomaatiojärjestelmän tarpeiden mukaisesti. Ilmanlaatua pystytään mittaamaan useilla eri laitteilla ja yleisesti käytetyillä ilmamäärämittareilla voidaan mitata paine-ero, lämpötila, kosteus ja hiilidioksidipitoisuus. Ilmanlaatua voidaan rakennuksessa pitempiajaisesti seurata erilaisten tallennin keräinten (dataloggerien) avulla.

Vastaan- ja käyttöönottovaiheessa tulee pistokokeittain varmistaa urakoitsijoiden toimittamien lämpö-, kosteus- ja määrääntureiden toiminta. Antureiden toiminta tulee varmistaa tilaajan toimintakokeissa vertaamalla automaatiojärjestelmästä saatavaa arvoa erillisellä mittarilla mitattuun arvoon. Rakennusautomaatioon liitettyjen antureiden kautta voidaan seurata trendiajojen avulla rakennusautomaation toimintaa ja tilojen olosuhteita. Varsinkin vaativien kohteiden vastaanottovaiheessa tulee urakoitsijoiden osoittaa trendiajojen avulla järjestelmien toimivuuden. Liitteenä 8 on esitetty Oulun yliopiston olosuhdetilojen vastaanottovaiheessa dokumentoidut trendiajot. Kyseessä olevan vaativan olosuhdetilan trendiajojen vaatimukset ovat käyttäjän asettamat ja urakoitsija on ajojen avulla osoittanut järjestelmän saavuttavan käyttäjän asettamat vaatimukset.

Sisäilmaongelmaisten rakennusten ilmanlaatua tutkitaan yleensä data-loggereilla suoritettujen pitempikestoisten sisäilmamittausten perusteella. Rakennushankkeiden vastaan- ja käyttöönotto vaiheessa on hyvä todentaa sisäilmamittauksin rakennuksen lähtötasot ennen käytön aloitusta. Data-loggereilla suoritettujen mittausten avulla tilaaja saa tarkempaa tietoa ja dokumentointia rakennuksen toiminnasta. Taulukoissa 3–6 on esitetty toiminnassa olevan kiinteistön sisäilmatutkimuksen seurantamittauksista saatuja minimi-, maksimi- ja keskiarvoja.

TAULUKKO 3. Sisä- ja ulkoilman paine-eron seurantamittaus 5.2.2016–18.2.2016 (Krum. 2016, 4.)

| | A-siipi | | | B-siipi | | |
|-------------------|---------|------|------|---------|-------|-------|
| | A152 | A159 | A175 | B127 | B130 | B143 |
| Keskiarvo | -6,3 | -1,9 | -3,9 | -6,8 | -6,4 | -7,5 |
| Pienin arvo | -15,3 | -7,8 | -8,4 | -18,3 | -12,9 | -15,4 |
| Suurin arvo | 4,2 | 1,9 | 1,9 | 8,5 | 0,2 | 1,7 |
| Käyntijaksojen KA | -2,6 | -0,7 | -2,2 | -2,9 | -2,9 | -3,9 |
| Muun ajan KA | -9,1 | -2,7 | -5,0 | -10,0 | -9,6 | -10,5 |

TAULUKKO 4. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaus 18.1.2016–25.1.2016 (Krum. 2016, 4.)

| Päivä | A152 | | A159 | | A175 | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Min [ppm] | Max [ppm] | Min [ppm] | Max [ppm] | Min [ppm] | Max [ppm] |
| 18.1. | 442 | 770 | 513 | 772 | 460 | 753 |
| 19.1. | 424 | 626 | 499 | 1354 | 451 | 619 |
| 20.1. | 417 | 761 | 510 | 1237 | 457 | 733 |
| 21.1. | 417 | 1356 | 506 | 691 | 463 | 799 |
| 22.1. | 431 | 720 | 500 | 586 | 437 | 499 |
| 23.1. | 419 | 438 | 495 | 515 | 448 | 462 |
| 24.1. | 413 | 436 | 494 | 1020 | 441 | 457 |
| 25.1. | 421 | 896 | 499 | 1019 | 436 | 456 |

TAULUKKO 5. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaus 25.1.2016–1.2.2016 (Krum. 2016, 5.)

| Päivä | B127 | | B130 | | B143 | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Min [ppm] | Max [ppm] | Min [ppm] | Max [ppm] | Min [ppm] | Max [ppm] |
| 25.1. | 408 | 591 | 503 | 714 | 423 | 646 |
| 26.1. | 394 | 476 | 491 | 744 | 413 | 662 |
| 27.1. | 407 | 581 | 487 | 838 | 421 | 747 |
| 28.1. | 406 | 433 | 487 | 778 | 420 | 736 |
| 29.1. | 403 | 443 | 477 | 966 | 411 | 551 |
| 30.1. | 398 | 492 | 473 | 504 | 403 | 450 |
| 31.1. | 403 | 419 | 461 | 483 | 416 | 429 |
| 1.2. | 403 | 422 | 458 | 556 | 416 | 591 |

TAULUKKO 6. Sisäilman suhteellisen kosteuden- ja lämpötilan seurantamittaus 18.1.2016–1.2.2016 (Krum. 2016, 5.)

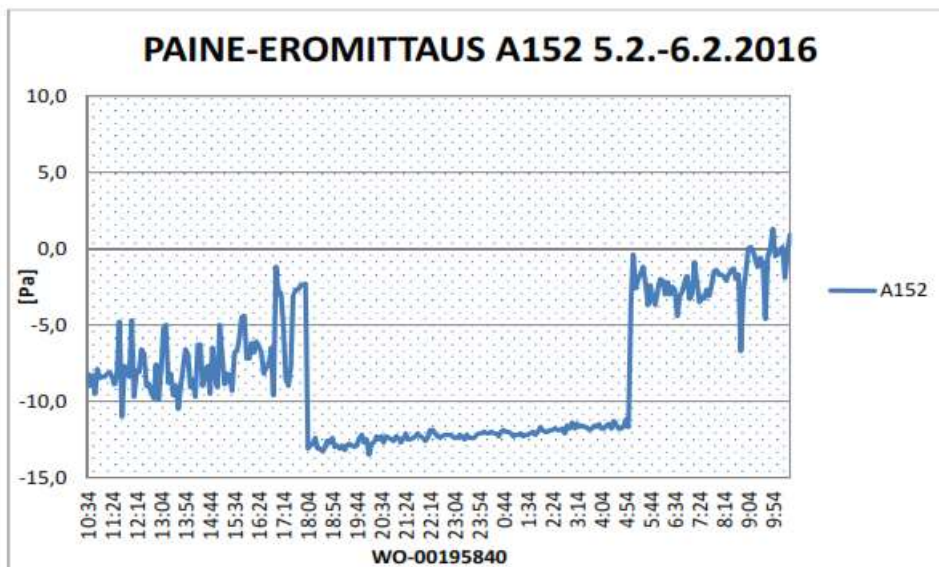
| | Huone A175 | | Huone A159 | | Huone A152 | | | Huone B143 | | Huone B130 | | Huone B127 | |
|-----|------------|-------|------------|-------|------------|-------|--|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | [°C] | [%rH] | [°C] | [%rH] | [°C] | [%rH] | | [°C] | [%rH] | [°C] | [%rH] | [°C] | [%rH] |
| max | 19,6 | 17,8 | 22,1 | 16,2 | 21,8 | 15,6 | | 23,4 | 21,9 | 23,0 | 20,8 | 23,9 | 19,3 |
| min | 18,0 | 4,4 | 19,0 | 6,1 | 19,7 | 6,2 | | 21,6 | 11,3 | 21,2 | 11,8 | 23,2 | 10,6 |
| KA | 18,6 | 9,5 | 19,9 | 9,9 | 21,0 | 10,3 | | 22,0 | 17,9 | 21,9 | 16,9 | 23,5 | 16,0 |

Paine-ero mittaustiedon perusteella voidaan selvittää tutkittavan rakennusosan painesuhteet ulko-vaipan yli. ”Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobien aiheuttamilta terveyshaitoilta. Alipaine ei

kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa” (D2 (2012). 2011, 19). Asumisterveysopas suosittelee rakennuksiin, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, 0 — -2 Pa paine-eroa ulkoilmaan nähden (Asumisterveysopas, 2009, 64).

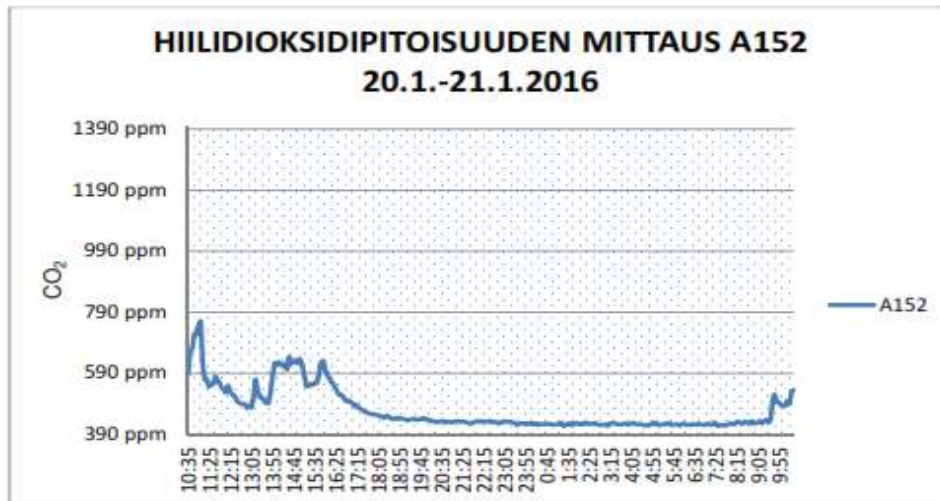
Paine-erojen mittauksiin vaikuttavat ilmanvaihdon käyntiajat, rakennuksen korkeus, sijainti ja tuuliolosuhteet, joten paine-eromittauksien tuloksia tulee tarkastella laajasti. Rakennusten ilmatiiveyden parantumisen takia rakennukset pitäisi suunnitella niin, että alipaineisuus pysyisi 0–10 Pa välillä. Kauppisen mukaan rakennuksen tavoiteltava alipaineisuus tulisi olla 5 Pa (Kauppinen 2016).

Kuvan 26 paine-eromittauksen perusteella voidaan havaita ilmanvaihdon käyttöaikojen vaikutukset paine-eromittaukseen. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihtuvuus toteutetaan yleisesti likaisten tilojen poistoilmanvaihdolla, jolloin rakennuksen alipaineisuus kasvaa. Alipaineisuuden kasvaessa rakenteista voi siirtyä epäpuhtauksia sisäilmaan.



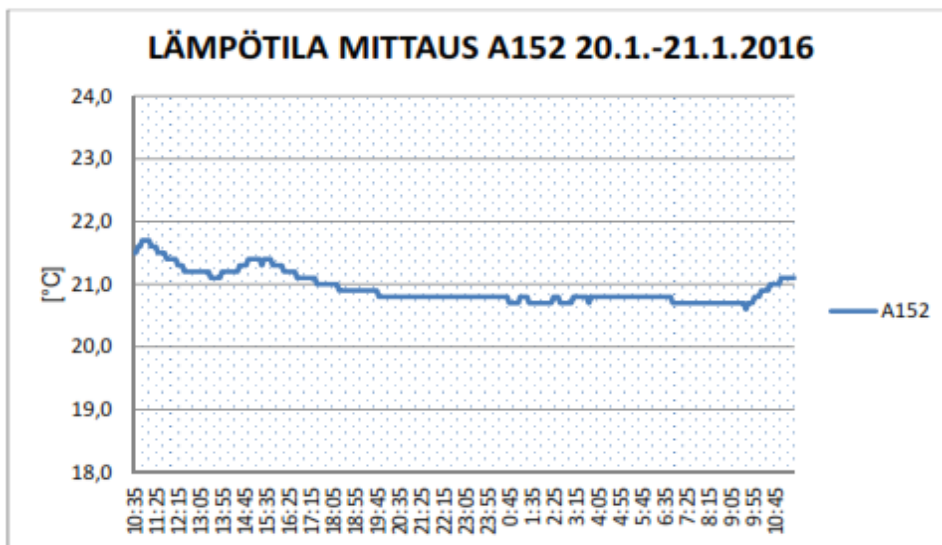
KUVA 26. Paine-eron seurantomittaus (Krum. 2016, 7.)

Ilmanvaihdon riittävyttä voidaan tutkia hiilidioksidipitoisuuden mittausten perusteella. Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m³ (1200 ppm), joka vastaa sisäilmanlaatuluokkaa S3 (D2 (2012). 2011, 7). Kuvan 27 seurantomittauksesta on havaittavissa hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen rakennuksen käyttöaikana.



KUVA 27. Hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaus (Krum. 2016, 24.)

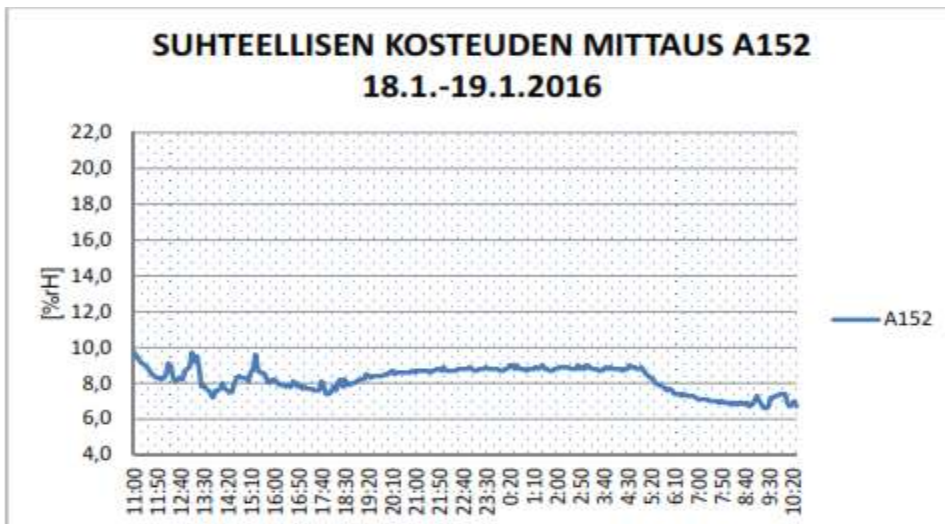
Huoneen lämpötilamittauksien perusteella voidaan selvittää tilojen lämpöolojen suunnitelman mukaisuus. Talvella huoneen sisäilman lämpötilan ollessa 24–25 °C esiintyy 40 % enemmän sisäilmastosta aiheutuvia oireita, kuin huoneen lämpötilan ollessa 21–22 °C (Sanberg 2014. 71). Kuvan 28 lämpötilamittaus osoittaa huoneen lämpötilan olevan viitearvojen sisällä.



KUVA 28. Lämpötilan seurantamittaus (Krum. 2016, 44.)

Sisäilman kosteuden suunnitelman mukaisuus voidaan selvittää kosteuden mittaamisen avulla. Rakennuksessa haluttu huoneilman kosteuden pitoisuus voi vaihdella tilojen vaatimuksien mukaan. Asumisterveysoppaan 2003 mukaan suhteellisen kosteuden tulisi asunnossa olla noin 20–60 % tilojen vaatimuksien mukaan (Asumisterveysohje 2003. 16). Sisäilman liian korkeassa suhteellisessa kosteudessa mm. sienet, pölypunkit ja materiaalien emissiot lisääntyvät. Vastaavasti

sisäilman liian matala suhteellinen kosteus aiheuttaa mm. limakalvojen ja ihon kuivumista. Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa ulkoilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet. Kuvasta 29 voidaan havaita alhaiset suhteellisen kosteuden mittaustulokset, jotka ovat hyvin tavanomaisia Suomen talvikauden olosuhteissa.



KUVA 29. Suhteellisen kosteuden seurantamittaus (Krum. 2016, 65.)

7.6 Ultraäänimittaukset

Nestevirtaamien mittaaminen putken ulkopuolelta ilman linjasäätöventtiiliä onnistuu ultraäänimittarin avulla. Ultraäänimittarilla voidaan mitata virtausta putken seinämän läpi kosketuksettomasti ja paineettomasti. Putken materiaalina voi olla muovi-, metalli- tai betonivuorattu putki ja nesteenä puhdasvesi, jätevesi tai glykoliseos. Ultraäänimittaus perustuu aikaeroperiaatteeseen, jossa lähetetään ultraäänipulssi anturilta toiselle ja tallennetaan sen kulku-aika. Seuraavassa vaiheessa vastaavanlainen pulssi lähetetään vastakkaiseen suuntaan ja tallennetaan kulku-aika. Aikaerojen ollessa samat putkessa ei ole virtausta. Virtaavassa putkessa syntyneestä aikaerosta lasketaan virtausnopeus ja virtauksen suunta. (Virtausmittarit: Neste.)



KUVA 30. Virtausmittari (Virtausmittarit: Neste)

Ultraäänimittarin avulla voidaan vastaanottovaiheessa varmistaa verkostojen vesimäärät, mikäli verkostoon tai sen osaan ei ole suunniteltu kiinteää virtausmittaria. Virtausmittauksen luotettavuuden arvioinnissa voidaan myös hyödyntää ultraäänimittaria, jonka avulla saadaan vertailevaa mitaustietoa verkoston virtaamasta. Verkostojen virtausmittauksissa ultraäänimittareita käyttö on aika vähäistä mittareiden korkean hinnan ja käytettävyyden takia. Kun virtausmittausta tehdään, putkesta täytyy olla poistettuna eristeet ja mittauksessa on huomioitava riittävät varoetäisyydet mm. mutkiin ja haarakohtiin.

7.7 Talotekniikan laadunvarmistustyökalujen hyödyntäminen rakennuttamisessa

Rakennuksen vastaanottotarkastukseen mennessä talotekniikan järjestelmissä tehdään Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistuksen ohjeistuksen mukaisesti huomattava määrä tarkastuksia ja mittauksia. Tarkastuksilla ja mittauksilla ei kuitenkaan voida vielä täysin taata toimivia taloteknisiä järjestelmiä ja suunnitelmissa asetettuja sisäilmaolosuhteita.

Talotekniikan laadunvarmistustyökalujen käytön tarve vaihtelee hankkeiden teknisten järjestelmien vaatimustasojen mukaan. Työkalujen käyttö ja tarkastusten ajankohdat on järkevää määrittää viimeistään toimintakoesuunnitelman laadinnan yhteydessä, jolloin kartoitetaan järjestelmät ja niiden tarkastuksiin soveltuvat työkalut. Tarkastusten tulosten dokumentointi tulee kirjata toiminta-

koemuistioihin, talotekniikan valvojan virhe- ja puuteluetteloihin tai eriliseen tarkastusmuistioon. Liitteenä 9 on esitetty toimintakoetarkastuksen muistio, johon on kirjattu lämpökameralla tarkastettujen lämmitys- ja jäähdytyspaneelien virheet ja puutteet.

Tarkistusmittauksissa saadaan rakennuksesta referenssimittaustietoa, jota voidaan ongelmatilanteissa hyödyntää. Mittaustyökaluilla saatua alkuperäistä mittaustietoa ja dokumentaatiota voidaan myöhemmin verrata ongelmatilanteissa tehtyihin mittaustuloksiin. Sähköverkon ongelmatilanteissa ongelman aiheuttajina voivat olla joko talotekniikan tai käyttäjän laitteet. Alkuperäisiä mittaustuloksia sekä samalla laitteella ongelmatilanteessa mitattuja tuloksia vertailemalla voidaan tehdä päätelmiä ongelman aiheuttajasta ja mahdollisista korjaustoimenpiteistä.

8 LOPPUSANAT

Opinnäytetyöni tavoitteena oli perehtyä rakennushankkeiden vastaanottovaiheeseen ja kerätä tietoa sekä testata taloteknisten järjestelmien vastaanottovaiheeseen soveltuvia työkaluja. Työaineistona hyödynnettiin Suomen Yliopistokiinteistöjen Tate-vastaanottoprosessin ohjeita sekä hankkeiden asiakirjoja ja projektitiedostoja. Vastaanottovaiheessa erilaisten työkalujen hyödyntäminen on ollut yleisesti aika vähäistä. Teknisten järjestelmien kehityksen ja vaativuuden vuoksi perinteisten toimintakokeiden ja koekäyttöjen lisäksi on tarvetta erilaisille talotekniikan testauksen työkaluille.

Vastaanottoprosessien kokemusten perusteella voidaan havaita, että erityisesti lämpökameran hyödyntäminen talotekniikan vastaanotossa on erityisen tehokasta ja tärkeää. Urakoitsijoiden ja valvojen lämpökameralla tehtyjen tarkastusten perusteella saadaan vastaanottovaiheessa ilmeneviä ongelmakohtia poistettua tehokkaasti. Lämpökameran avulla voidaan nopeasti tarkastaa sähkö- ja LVIJ-järjestelmien lämpötiloja ja haluttuja toimintoja. Savukokeilla voidaan helposti todeta tilan ilmanvaihdon suunnitelmien mukainen toiminta ja puuttua mm. pilareista, palkeista, laitteista ja kalusteista aiheutuviin ilmanjaon ongelmakohtiin. Savukokeilla urakoitsijat voivat myös osoittaa suunnitelmista poikkeavien tuotteiden suunnitelman mukaisen toiminnan ja laitevastaavuuden.

Vastaanottoprosessin toimivuuden kannalta tärkein asia on kuitenkin riittävä aikataulu taloteknisten järjestelmien testauksille. Vastaanottovaiheessa täytyy olla riittävästi aikaa urakoitsijoiden omille testauksille ja rakennuttajan testauksille. Valvojan testauksia ei tule aloittaa, mikäli urakoitsijan keskinäiset toimintatarkastukset ovat puutteellisia tai keskeneräisiä. Rakennusten vaativat talotekniset järjestelmät asettavat suuria haasteita urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja valvojen osaamiselle. Vastaanottoprosessien testauksissa tulee osata hyödyntää kaikkien osapuolten erityisosaamista, kuten esim. laitevalmistajien, urakoitsijoiden, suunnittelijoiden, valvojen tai käyttäjien tietoa. Riittävällä rakentamisen ja vastaanottovaiheen aikataululla sekä monipuolisilla testauksilla saavutetaan hyvin toimivat talotekniset järjestelmät.

LÄHTEET

Asumisterveysopas 2009. 3. korjattu painos. Sosiaali ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Ympäristö- ja Terveys-lehti.

Asumisterveysohje 2003, Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen. Saatavissa http://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje_pdf.pdf. Hakupäivä 11.3.2016.

Congrid-mobiiliapplikaatio 2017. Congrid. Saatavissa: <http://www.congrid.fi/applikaatio/> Hakupäivä 10.5.2017

D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Saatavissa. http://www.ymparisto.fi/FI-Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys. Hakupäivä 11.3.2016.

D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa. http://www.ymparisto.fi/FI-Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä 11.3.2016.

D5 (2012). 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa http://www.ymparisto.fi/FI-Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä 11.3.2016.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, 19.5.2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu). Saatavissa. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32010L0031>. Hakupäivä 15.2.2016

Jyrkkäranta, J. – Koivula, U. – Mälkönen, T. – Sammallahti, T. 2015. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, TATE-järjestelmä ohje 26.6.2014, versio 2.0. Saatavissa <http://sykoy.fi/yhtio/materiaalipankki/>. Hakupäivä 15.2.2016.

Kauppinen, T. 2016. Tuntiopettaja, Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Keskustelu 2.3.2016.

Krum, K. 2016, Sisäilmatutkimus, Paine-eron, lämpötilan, kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden seuranta- ja mittaus, Suomen Yliopistokiinteistöt Oy/ Hutk 4.3.2016. Inspecta Oy.

Laukka, J. 2014. LVIJA-työselitys, Hammaslääketieteen uudisrakennus 29.10.2014. Insinööritoimisto Optiplan Oy

LVI 30–10529. 2013. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Rakennustieto Oy.

LVI 05–10440.2008. Sisäilmaluokitus 2008. Rakennustieto Oy.

LVI 39–10409. 2007. Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden tarkastus. Rakennustieto Oy.

Mälkönen T. 2015. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, Teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistuksen ohjeistus 25.8.2015 versio 1.0. Saatavissa <http://sykoy.fi/yhtio/materiaalipankki/>. Hakupäivä 5.2.2016.

Romakkaniemi, Aulis 2017. Sähkötöiden valvoja. Rakennuttajatoimisto Promen Oy. Keskustelut tammikuu-huhtikuu 2017 aikana.

RT 10–10387. 1989. Talonrakennushankeen kulku. Rakennustieto Oy.

RT 16–10660. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Rakennustieto Oy.

RT 14–10850. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus, rakenteiden lämpötekniinen toimivuus. Rakennustieto Oy.

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Sobott, J. 2014. Tiiveystarkastelut ja tiivistyskorjaukset toimisto- ja palvelurakennuksiin. Opinnäytetyö, Ylempi-AMK, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa. <https://theseus.fi/handle/10024/82613>. Hakupäivä 3.3.2016.

Sähkönlaadunanalysointit 2016. Yleiselektroniikka Oyj. Saatavissa. <https://www.yeint.fi/mittaus-ja-testaus/sahkonlaadunanalysointit>. Hakupäivä 24.4.2017.

Talotekniikka RYL 2002, Talotekniikan yleiset laatuvaatimukset 2002, osa 1. Rakennustieto Oy.

Virtausmittarit: Neste FinnPri Oy. Saatavissa. <http://www.finnpri.com/tuotteet/virtausmittarit/ultra-ani/neste>. Hakupäivä 4.4.2017.

LIITTEET

LIITE 1 Vastaanottotarkastuksen asialista

LIITE 2 Toimintakoosuunnitelma rakennusautomaatio

LIITE 3 ilmanvaihtokoneen energiataloudellisten vaatimusten todentamisen Tapre-tuote taulukko

LIITE 4 Muistio Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, Hammaslääketieteen uudisrakennus Tate-, Ympäristö- ja elinkaariseminaarista, 2014 (ei julkisessa työssä)

LIITE 5 Ilmanvaihtokoneen energiatehokkuusvaatimuksien vertailu, 2015

LIITE 6 Lämpökamerakuvia Oulun Hammaslääketieteen laitoksen IV-konehuoneesta ja Fantom laboratoriotilasta, 2017

LIITE 7 Ilmanvaihtolaitteiston puhtauden toteaminen geeliteippimenetelmällä, Hammaslääketieteen laitos, 25.10.2016 Sirkka-Liisa Nissilä

LIITE 8 Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, Oulun Kliimatilojen trendiajot, 2015

LIITE 9 Hammaslääketieteen laitos, LVIA-toimintakoemuistio 2.11.2016 (ei julkisessa työssä)

HANKE:**VASTAANOTTOTARKASTUS**

Aika:

Paikka:

Läsnä:

- 1 Kokouksen avaus
- 2 Tarkastuksen sopimuksenmukaisuus ja suorittajat
- 3 Tarkastuksen sisältö
- 4 Ennakkoon suoritettavat tarkastukset
- 5 Suorittamattomat tarkastukset
- 6 Urakoitsijan vastattavaksi katsottavat virheet ja puutteet
- 7 Virheet, jotka eivät aiheuta seuraamuksia sekä syy tähän
- 8 Viimeistään takuutarkastuksessa käsiteltävät muistutukset
- 9 Rakennuttajalle/tilaajalle toimitettavat luovutusasiakirjat
- 10 Urakkasuorituksen hyväksyminen ja vastaanottaminen
- 11 Työntulosten hylkääminen ja syy tähän
- 12 Takuuajat
- 13 Takuuajan huollot ja tarkastukset
- 14 Hoito- ja käyttökustannusten siirtyminen
- 15 Valmistumisaika
- 16 Maksamattoman urakkasumman maksukelpoisuus ja mahdolliset pidätykset
- 17 Jälkitarkastukset
- 18 Mielialue-eroavuudet
- 19 Sopijapuolten toisiinsa kohdistamat vaatimukset
- 20 Vakuudet
- 21 Taloudellinen loppuselvitys
- 22 Muut asiat
- 23 Pöytäkirjan tarkastaminen ja allekirjoittaminen
- 24 Kokouksen päättäminen

SUOMEN YLIOPISTOKIINTEISTÖT OY OY-03089, Pajatilat vaihe 2

TOIMINTAKOESUUNNITELMA RAKENNUSAUTOMAATIO

Toimintakoevalmiuden osalta tilojen ja järjestelmien puhtaustasot varmistetaan viikoilla 19–21/2016

Toimintakoevalmiuden tarkastus pidetään 30.5.2016. Urakoitsija toimittaa katselmukseen mennessä urakoitsijoiden kesken pitämistä toimintatarkastuksista muistiot. Muistiot toimitetaan suunnittelijoille Jani Jaako ja Pertti Poutiainen ja valvojille Aulis Romakkaniemi ja Heikki Loukusa. Ensimmäisen kuukauden tuuletusjakso aloitetaan 6.6.2016.

Rakennuttajan toimintakokeet aloitetaan 7.6.2016 klo.09.00. Urakoitsijat toimittavat päivitetyt urakoitsijoiden keskinäisten toimintatarkastuksien muistiot viimeistään 6.6.2016. Muistiot toimitetaan suunnittelijoille Jani Jaako ja Pertti Poutiainen ja valvojille Aulis Romakkaniemi ja Heikki Loukusa.

Toimintakokeen suoritusjärjestys ja suorittajat

- Toimintakokeet suoritetaan LVI-suunnittelijan ja valvojan vetäminä. Toimintakokeisiin osallistuu kiinteistönhoidon edustaja (käytönopastus vaihe 1). Urakoitsijoiden edustajien tulee osallistua toimintakokeisiin.
- Testataan järjestelmien toiminnot säätökaavioittain (tarvittaessa pistokoemaisesti).
 - o TK227 (Säätökaavio L6201 sekä peltimoottorien toimintaselostus L6202) (7.6.2016 klo.09.00)
 - o Poistoilmapuhaltimien ja muuntamoiden puhaltimien toiminta (7.6.2016) (Säätökaaviot L6203-L6208, L6216-L6218)
- Jäähdytysverkostojen toiminta (Säätökaaviot L6213 ja L6214) (7.6.2016)
- Purunpoistolaitteiston toiminta (Säätökaavio L6209) (Tarkastetaan AU, sähkö ja PU valmiudet (9.6.2016), järjestelmän toiminta testaan laitteiston asennuksen jälkeen 12/2016)
- Testataan huonesäätimien (Säätökaavio L6212) toiminta, muutetaan asetusarvoja säätimeltä ja katsotaan jäähdytys/lämmitysportaiden toimilaitteiden toiminta. Tarkistetaan huonesäätimien kommunikointi järjestelmään. (9.6.2016)
- Testataan KK227KF01:n MODBUS-väyläliitäntä (Säätökaavio L6210). (9.6.2016)
- Erillispisteet (Säätökaaviot L6215) (9.6.2016)
- Valvomo grafiikan asetusarvojen tarkastus (9.6.2016)
- Kuormituskokeet & Turva Black Out testi (21.6.2016 klo 12.00)
- Tilaajan mittaus ja säätötyöt aloitetaan 4.7.2016.

Heikki Loukusa

Rakennuttajatoimisto Promen Oy

**TAPRE-tuote:
ENERGIATEHOKKUUSVAATIMUKSET JA NIIDEN TODENTAMINEN**

ILMANVAIHTO

ILMANVAIHTOKONEET

YLEISET ENERGIATALOUDELLISET
VAATIMUKSET

Ilmanvaihtokoneen on tuotettava vaaditut ilmavirrat vähintään Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyn määräyksen mukaisella ominaissähköteholla. Ilmanvaihtokoneen ja sen osien on täytettävä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt tiiviysvaatimukset. Ilmanvaihtokoneen ja sen osien on oltava Eurovent-sertifioituja. Lisäksi ks. EN 1886

LAITEKOHTAISET, ENERGIATALOUTEEN LIITTYVÄT VAATIMUKSET

| POSITIO | | SUUNNITELTU | TARJOTTU |
|---------------------------------------|------------------------|---|--|
| Tuloilmakoneen ilmavirta | m ³ /s | | |
| Poistoilmakoneen ilmavirta | m ³ /s | | |
| Tuloilmakoneen kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Poistoilmakoneen kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Tuloilmakanavien kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Poistoilmakanavien kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Raitisilmakanavien kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Jäteilmakanavien kokonaispainehäviö | Pa | | |
| Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho | kW / m ³ /s | | |
| Dokumentit | | Laiteluettelo, yleiset vaatimukset, mitoituslaskelmat | Laitetoimittajan mitoitus, todistus Eurovent-sertifioinnista, vaatimustenmukaisuusvakuutus |

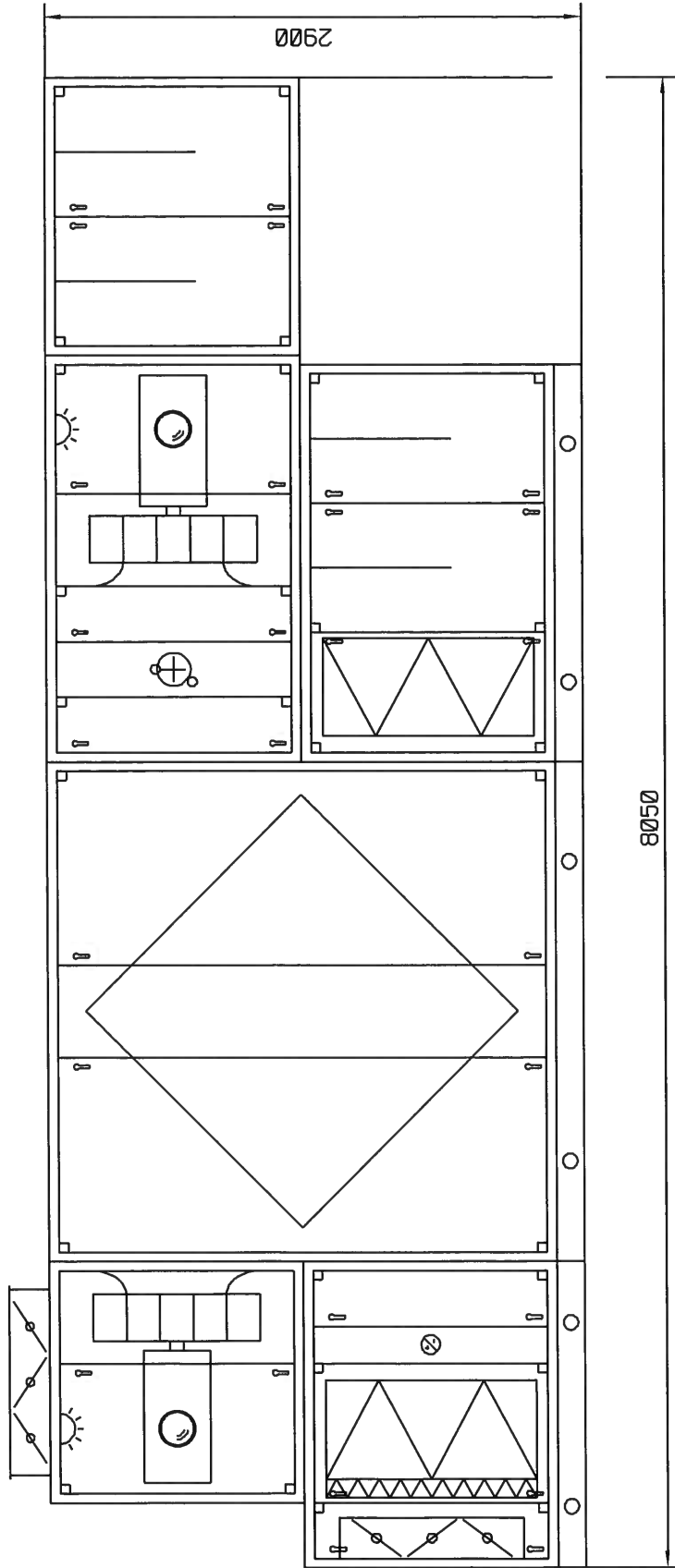
TODENTAMISMENETELMÄT

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2012) määräys: Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitattava ja säädettävä, ominaissähköteho on mitattava ja järjestelmän toiminta sekä puhtaus on todettava suunnitelman mukaiseksi ennen rakennuksen käyttöönottoa. Selvitykset näistä on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan.

Mikäli mittauksissa osoittautuu, että vaadittu ominaissähköteho ei toteudu, tarkastellaan tarkemmin ilmanvaihtokoneen yksittäisiä komponentteja ja tarvittaessa myös kanavia.

| | | | | |
|-------|--------|--------|--|--|
| TUNN. | LUKUM. | MUUTOS | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

TK01



KONEEN SYVYYS 2000

HUOM! TARKISTA AINA KONEIDEN KÄTISYYDET
POHJAKUVASTA

optiplan

SOUM. J.L.O. PART. M/M
PVT. 29.10.2014
ALLERKOORUS

HAMMASLÄÄKETIEHEN
UUDISRAKENNUS
AAPISTIE 3

ILMANVAIHTOKONEET
TK01 - TK14
TEKNINEN ERITTELY

URAKKALASKENTAAN
SUORITTELU-, TYÖ- JA PÄRJUSTYSN°
LVI 2255 L-G3100
LEIHTY 1
LEIHTY 28
TEKIJÄN N°

| | | | |
|---|--|--|--|
| TK01 | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| TEKNISET TEDOT JA ENERGIA-TEHOKKUUSVAATIMUKSET: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMANVAIHTOKONEET: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| POSITIO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| TULOILMAKONEEN ILMAVIRTA: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| SUODATTIMEN TYYPPI: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| SUODATTIMEN TEHO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTE: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTEVERTA: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTEEN LÄMPÖTILAT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMAN LÄMPÖTILAT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| OTSAPINTANOPEUS: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| LÄMPÖPUOLEN PAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| RAITISILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| RAITISILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| JÄTEILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMANVAIHTOKONEEN OMAISSAKKOTEHO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| PUHALTIMET: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| POSITIO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| TYYPPI: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMAVIRTA TULO/POISTO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| KOKONAISPAINENKOROTUS TULO/POISTO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| KOKONAISHYÖTYYSUHE TULO/POISTO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| LÄMMÖN TALLENDOTTOLAITTEET: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| POSITIO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| TYYPPI: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| LÄMPÖTILAYHDYTYSUHE MITOITUSPISTEISSÄ: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| TULOILMAPUOLEN PANEHAVIOT MITOITUSILMAVIRRALLA: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| POISTOILMAPUOLEN PANEHAVIOT MITOITUSILMAVIRRALLA: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| SUODATTIMET: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| POSITIO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| SUODATTIMEN TYYPPI: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| SUODATTIMEN TEHO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTE: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTEVERTA: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| NESTEEN LÄMPÖTILAT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMAN LÄMPÖTILAT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| OTSAPINTANOPEUS: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| LÄMPÖPUOLEN PAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| RAITISILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| RAITISILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| JÄTEILMAKANAVIEN KOKONAISPAINEHAVIOT: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |
| ILMANVAIHTOKONEEN OMAISSAKKOTEHO: | | SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: SUUNNITELTU: | |



SUUNNITTELU- JA PROJEKTIO- YHTIÖ
 SUUNNITTELU- JA PROJEKTIO- YHTIÖ
 Puh. 29.10.2014
 ALLEKOULUTUS

HAMMASLÄÄKETIEHEN
 UUDISRAKENNUS
 AAPISTIE 3

ILMANVAIHTOKONEET
 TK01 - TK14
 TEKNIINEN ERITTELY

| | | | |
|------------------|----------------------------------|------|-------------|
| URAKKALASKENTÄÄN | SUUNNITTELU- JA PROJEKTIO- YHTIÖ | | |
| URAKKALASKENTÄÄN | LVI | 2255 | L-G3100 |
| URAKKALASKENTÄÄN | LEIHTI | 2 | YHTEYSTIETO |
| URAKKALASKENTÄÄN | LEIHTI | 28 | YHTEYSTIETO |

TARJOTTU:
 29,4 kW
 1,6 l/s
 +5/-2,9 C
 -32/-26,9 C
 1,65 m/s
 10 Pa
 2 kPa

SUUNNITELTU:
 ESILÄMMITYS/-VIILENNYS
 30 kW
 1,6 l/s
 -5/0 C
 -32/-27 C
 2,2 m/s
 25 Pa
 30 kPa

LÄMMITYS
 128 kW
 VESI
 1,55 l/s
 -50/-30 C
 -2/-19 C
 2,2 m/s
 50 Pa
 10 kPa

LAHMISSÄÄTIN
 122 kW
 1,5 l/s
 50/30 C
 -2/+19 C
 1,65 m/s
 12 Pa
 8 kPa

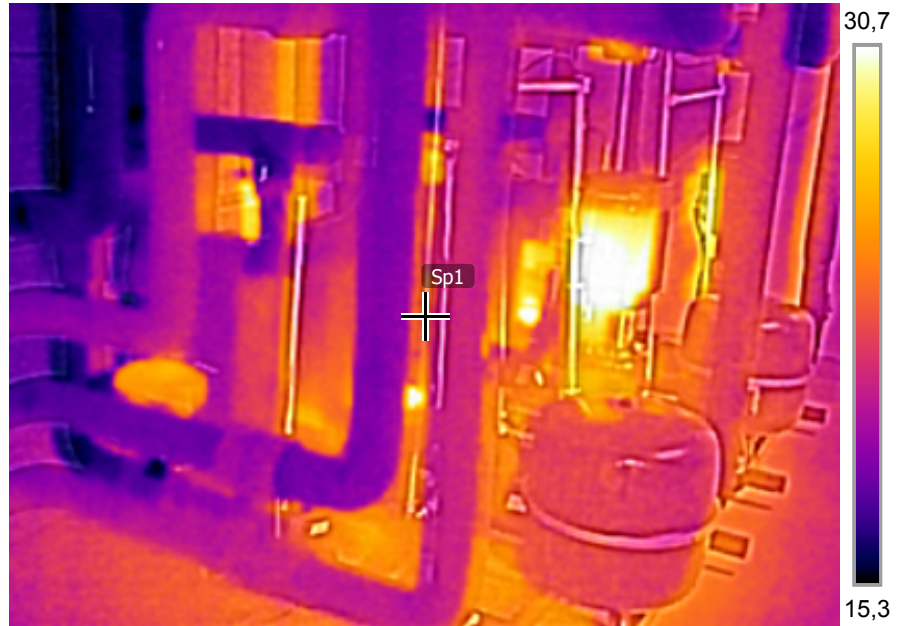
TARJOTTU:
 67 dB(A)
 61 dB(A)
 55 dB(A)
 80 dB(A)
 74 dB(A)

SUUNNITELTU:
 67 dB(A)
 61 dB(A)
 51 dB(A)
 85 dB(A)
 61 dB(A)

| | | |
|-------|--------|--------|
| TUNN. | LUKUM. | MUUTOS |
|-------|--------|--------|

| Mittaukset | | °C |
|-------------------|-------|----|
| Sp1 | 19,7 | |
| Parametrit | | |
| Emissiivisyys | 0.95 | |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C | |

20.1.2017 10:22:30



FLIR0566.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:22:30



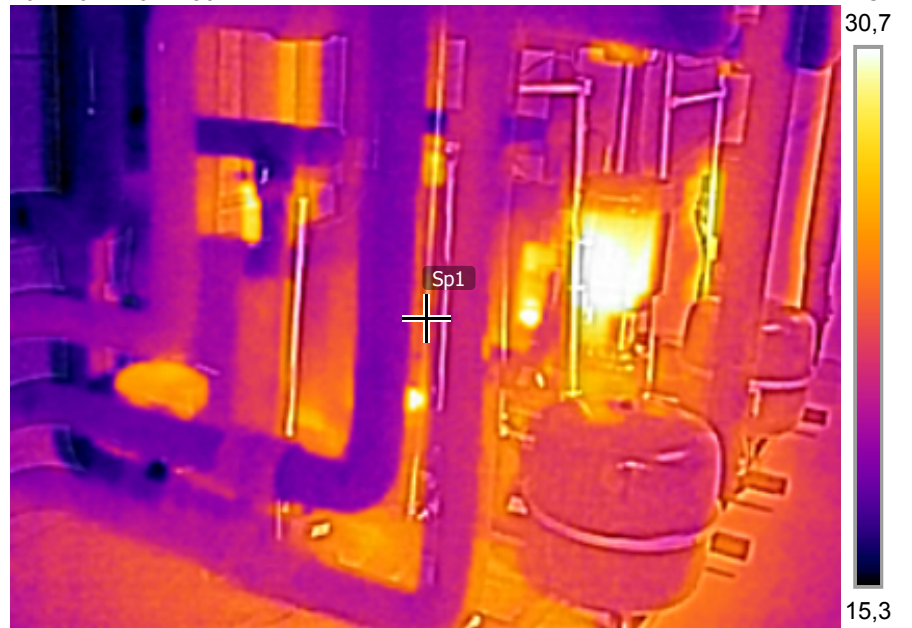
FLIR0566.jpg

FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|-------------------|-------|----|
| Sp1 | 19,7 | |
| Parametrit | | |
| Emissiivisyys | 0.95 | |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C | |

20.1.2017 10:22:30



FLIR0566.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:22:30



FLIR0566.jpg

FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|------------|------|----|
| Sp1 | 13,1 | |

| Parametrit | |
|-------------------|-------|
| Emissiivisyys | 0.95 |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C |

20.1.2017 10:24:22



FLIR0572.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:24:22



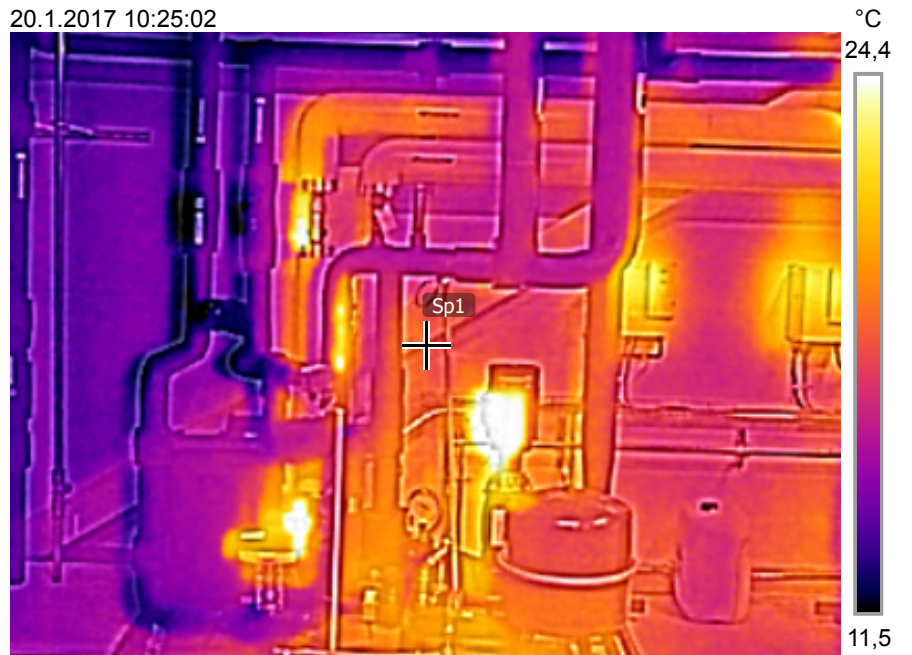
FLIR0572.jpg

FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|-------------------|-------|----|
| Sp1 | 15,8 | |
| Parametrit | | |
| Emissiivisyys | 0.95 | |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C | |

20.1.2017 10:25:02



FLIR0574.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:25:02



FLIR0574.jpg

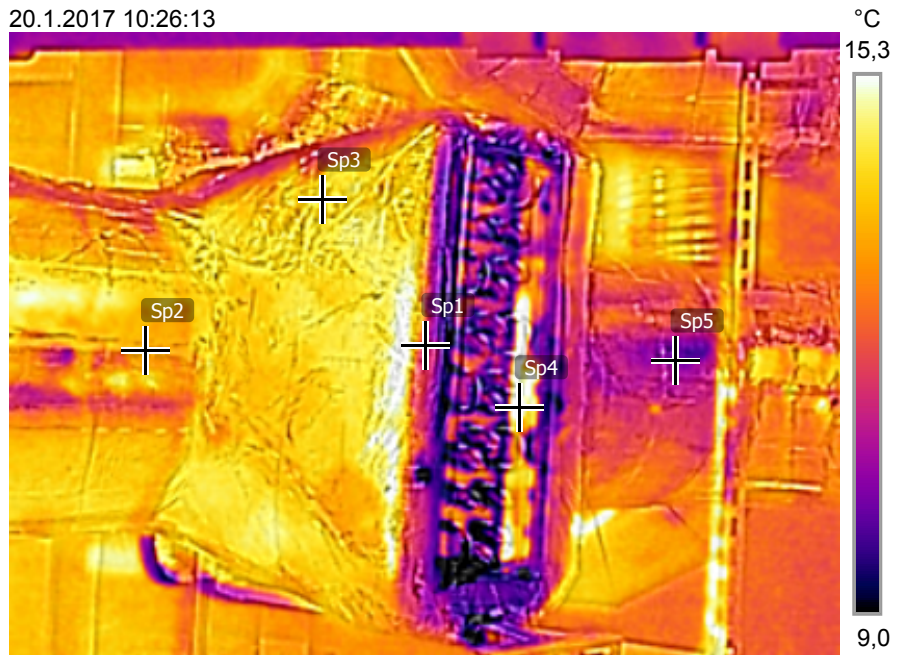
FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|------------|------|----|
| Sp1 | 12,3 | |
| Sp2 | 13,6 | |
| Sp3 | 14,0 | |
| Sp4 | 18,0 | |
| Sp5 | 10,9 | |

| Parametrit | |
|-------------------|-------|
| Emissiivisyys | 0.95 |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C |

20.1.2017 10:26:13



FLIR0576.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:26:13



FLIR0576.jpg

FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|-------------------|-------|----|
| Sp1 | 20,7 | |
| Sp2 | 24,6 | |
| Sp3 | 18,3 | |
| Sp4 | 24,5 | |
| Parametrit | | |
| Emissiivisyys | 0.95 | |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C | |

20.1.2017 10:37:52



FLIR0598.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:37:52



FLIR0598.jpg

FLIR E6

63904115

| Mittaukset | | °C |
|------------|------|----|
| Sp1 | 22,2 | |

| Parametrit | |
|-------------------|-------|
| Emissiivisyys | 0.95 |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C |

20.1.2017 10:38:00



FLIR0600.jpg

FLIR E6

63904115

20.1.2017 10:38:00

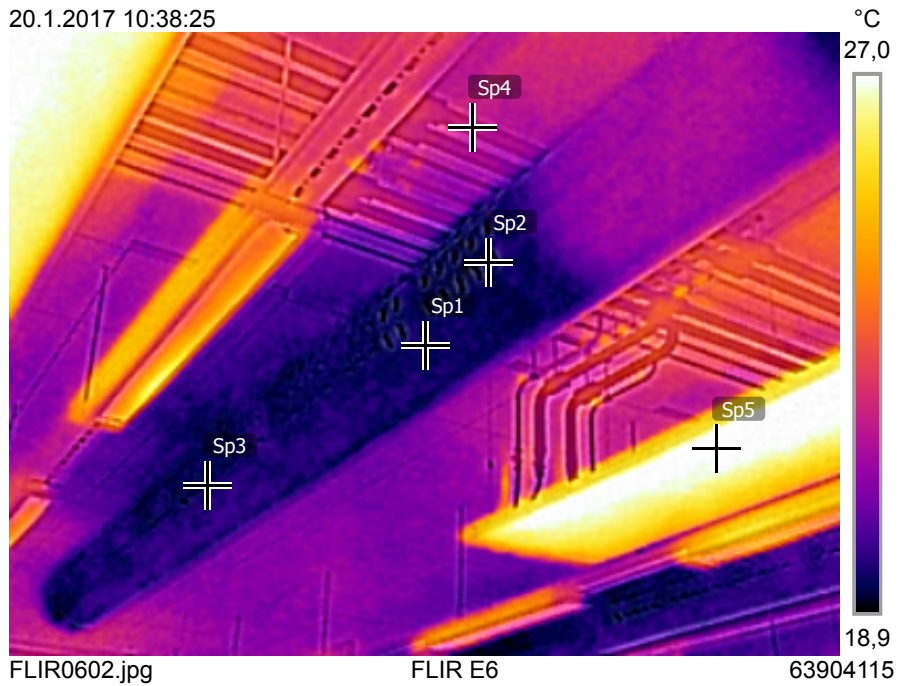


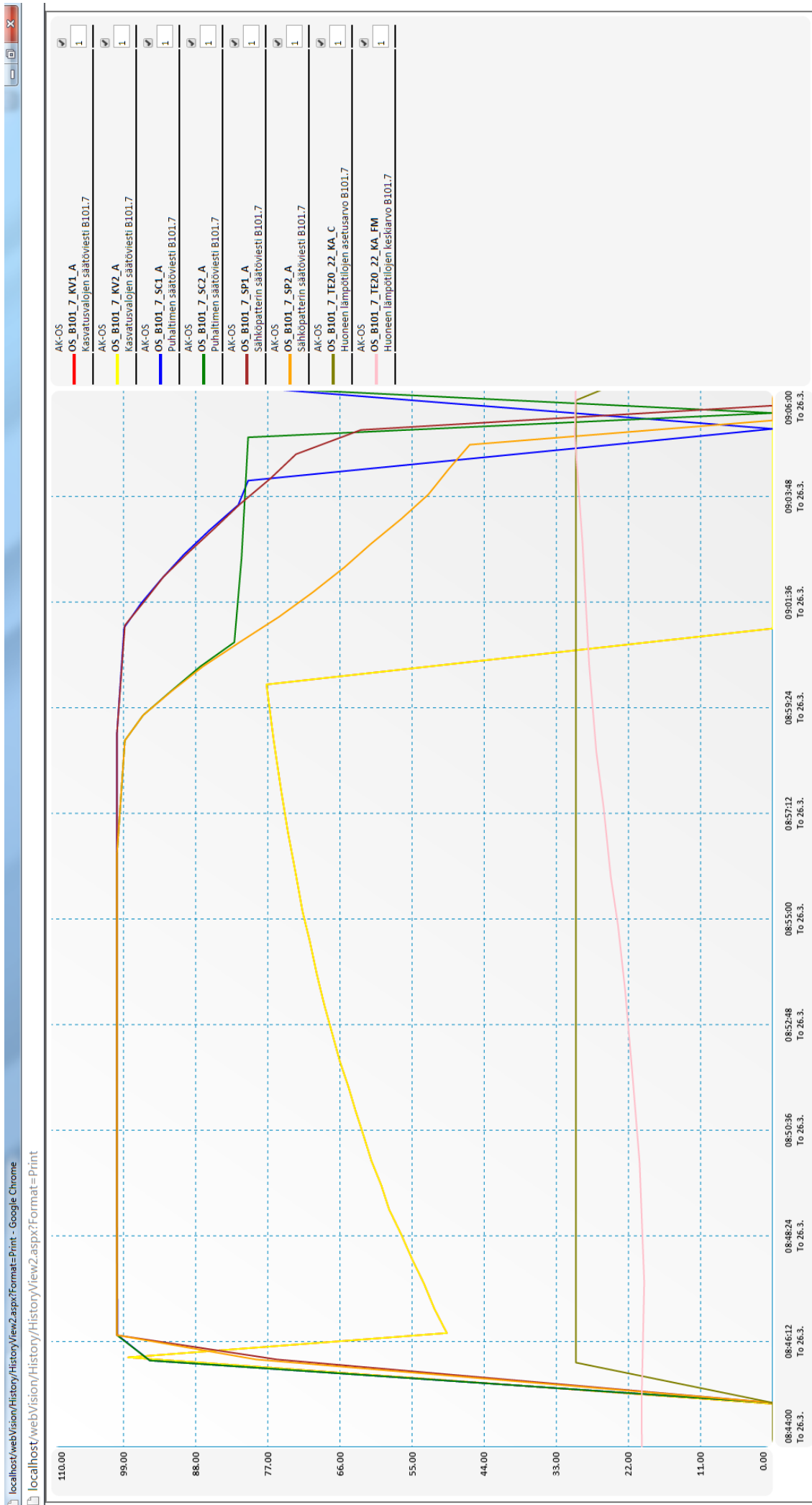
FLIR0600.jpg

FLIR E6

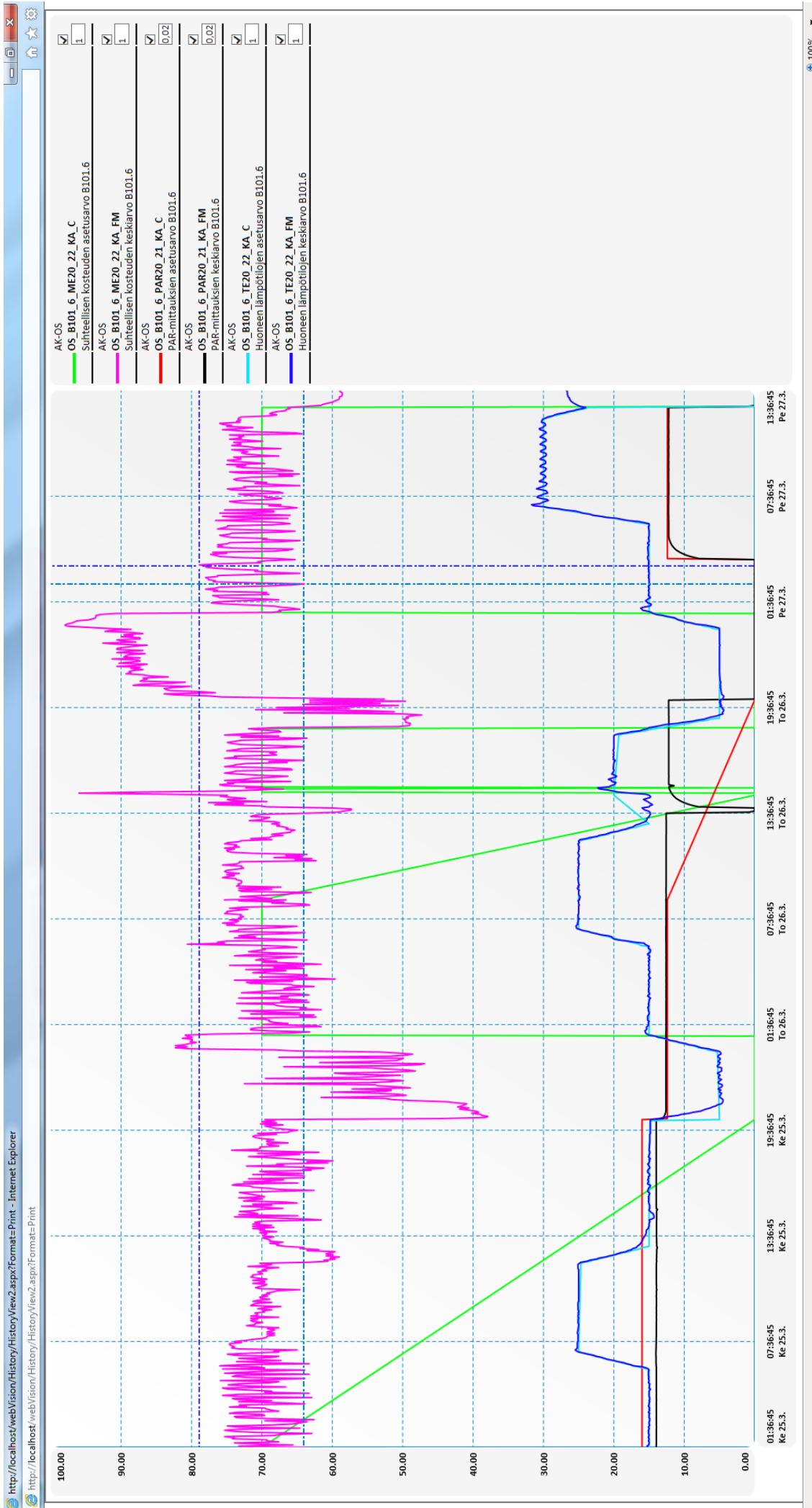
63904115

| Mittaukset | | °C |
|-------------------|-------|----|
| Sp1 | 19,5 | |
| Sp2 | 19,3 | |
| Sp3 | 19,5 | |
| Sp4 | 20,8 | |
| Sp5 | 27,4 | |
| Parametrit | | |
| Emissiivisyys | 0.95 | |
| Heij. näenn.lämp. | 20 °C | |

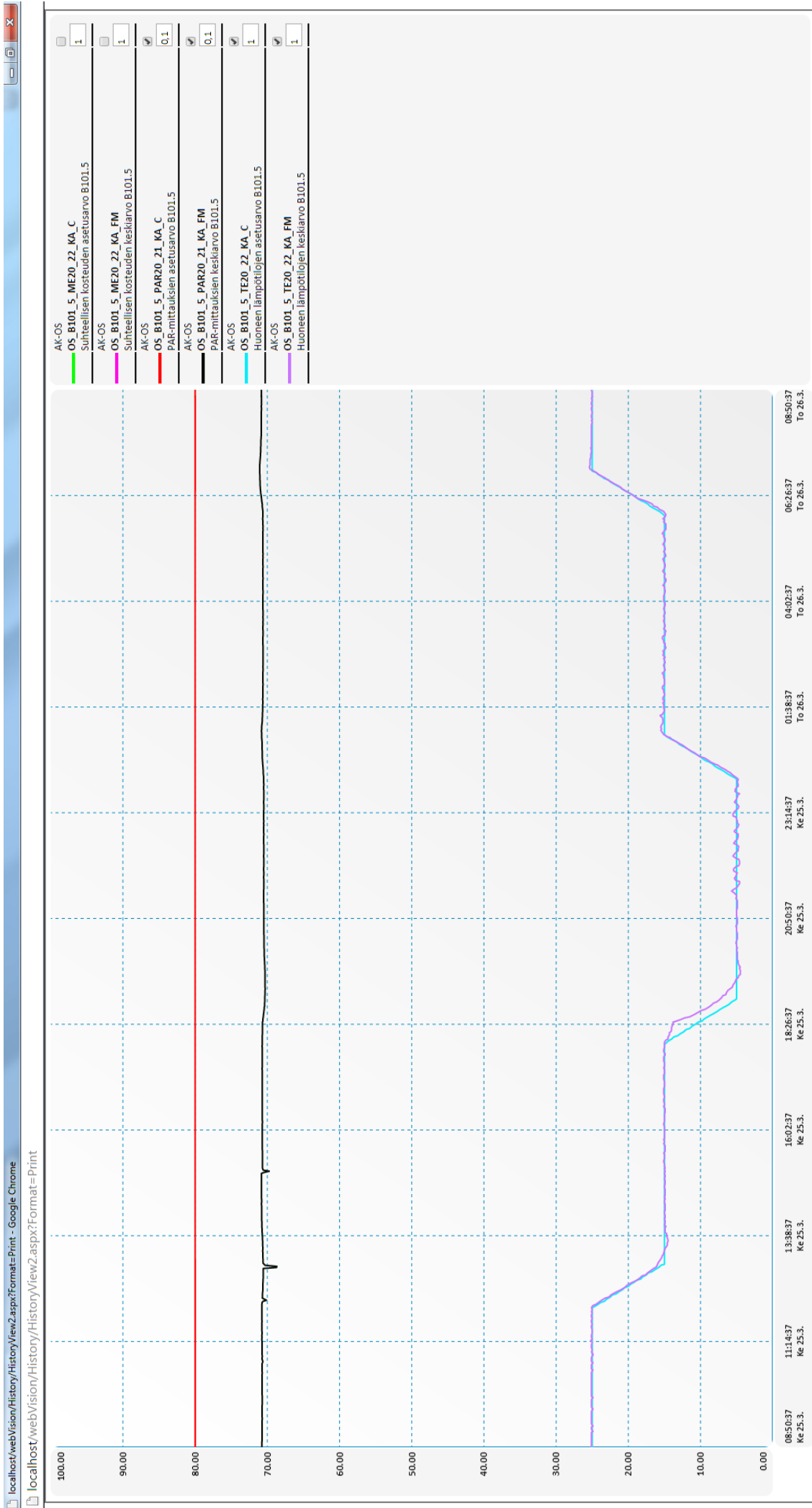




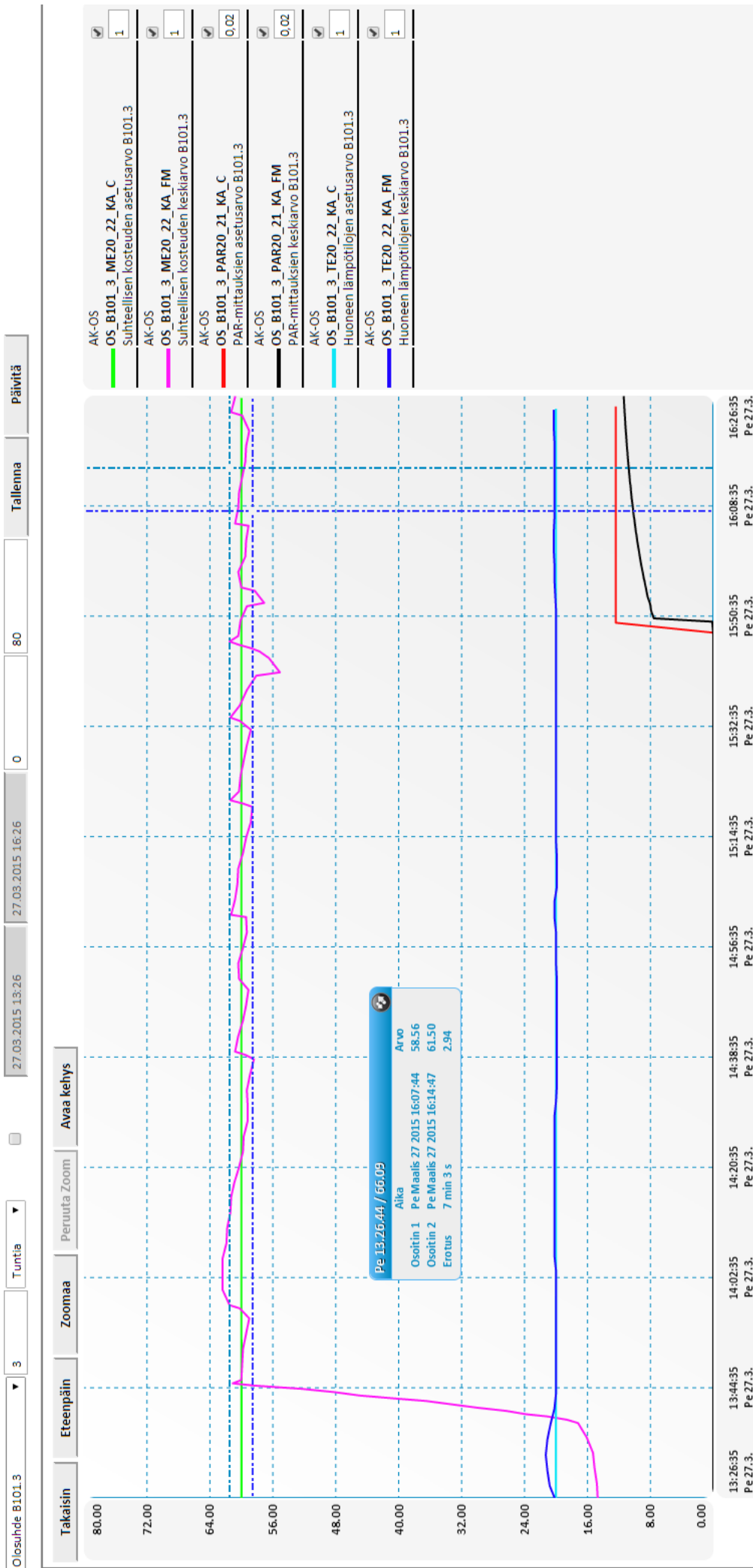
Oloudehuoneen lämpötilatoiminnon testaus: kun t -> B-rajaaan, niin valot sammuvat. Lämpötilan noustessa A-rajaaan kaikki toiminnot kytkeytyvät pois. OK



Olosuhdehuoneen ajo eri lämpötiloilla. Rh-asetus 70 %RH



Olosuhdehuone. Lämpötila-ajo. Ei kosteudensäätöä.

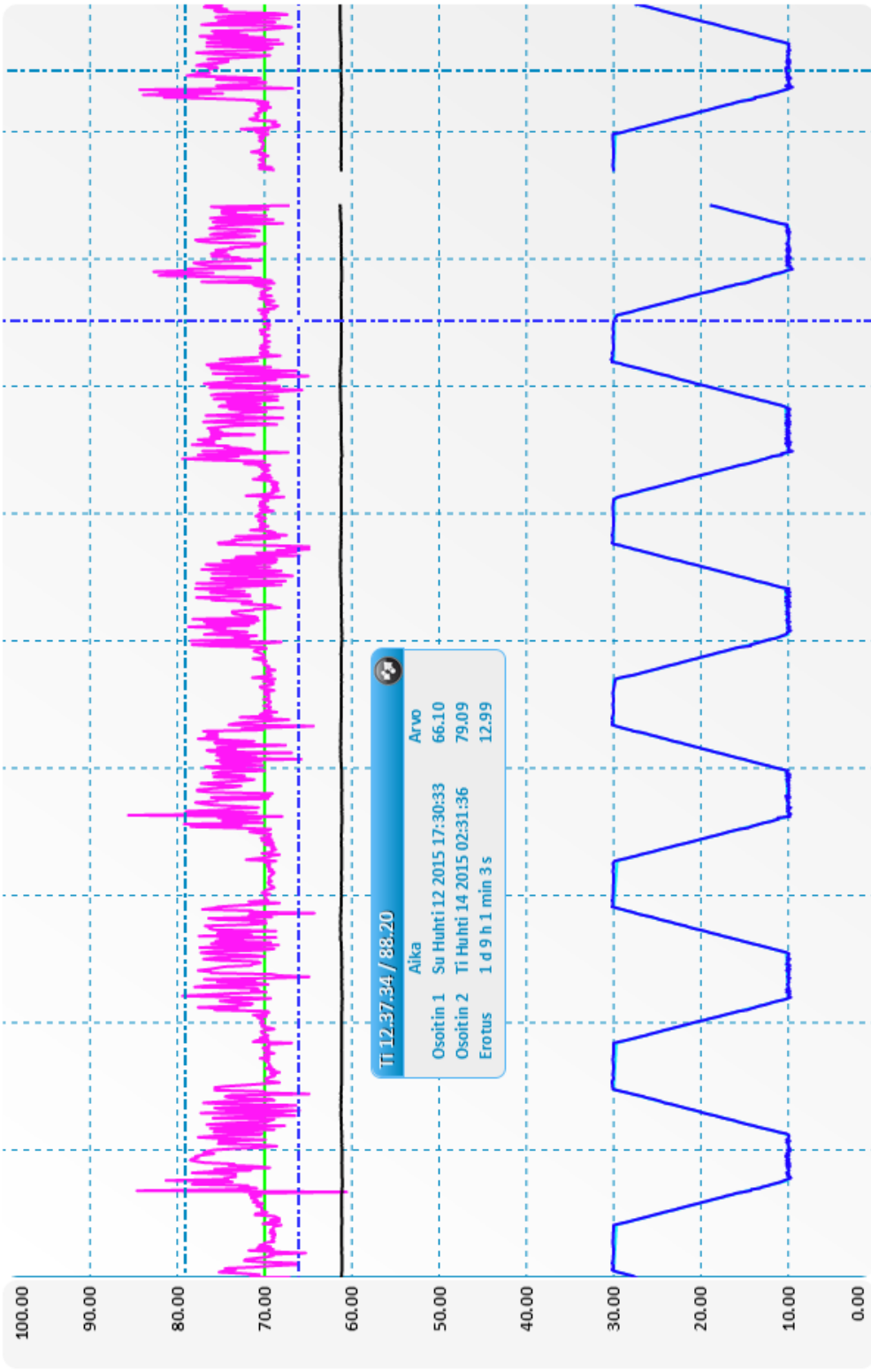


Vakiolämpötila (+20) ja -kosteus (60%RH). Valot päälle klo 15:50. Kosteuden huojuunta ~3%RH!

Ryhmä Olosuhde B101.3 Taaksepäin nykyhetkestä Määrittä aikajakso Aloitushetki Lopetusaika Min. arvo Max. arvo Päivitä Tallenna Päivitä

7 07.04.2015 11:16 14.04.2015 11:16 0 100

Takaisin Eteempään Zoomaa Peruu Zoom Avaa kehys



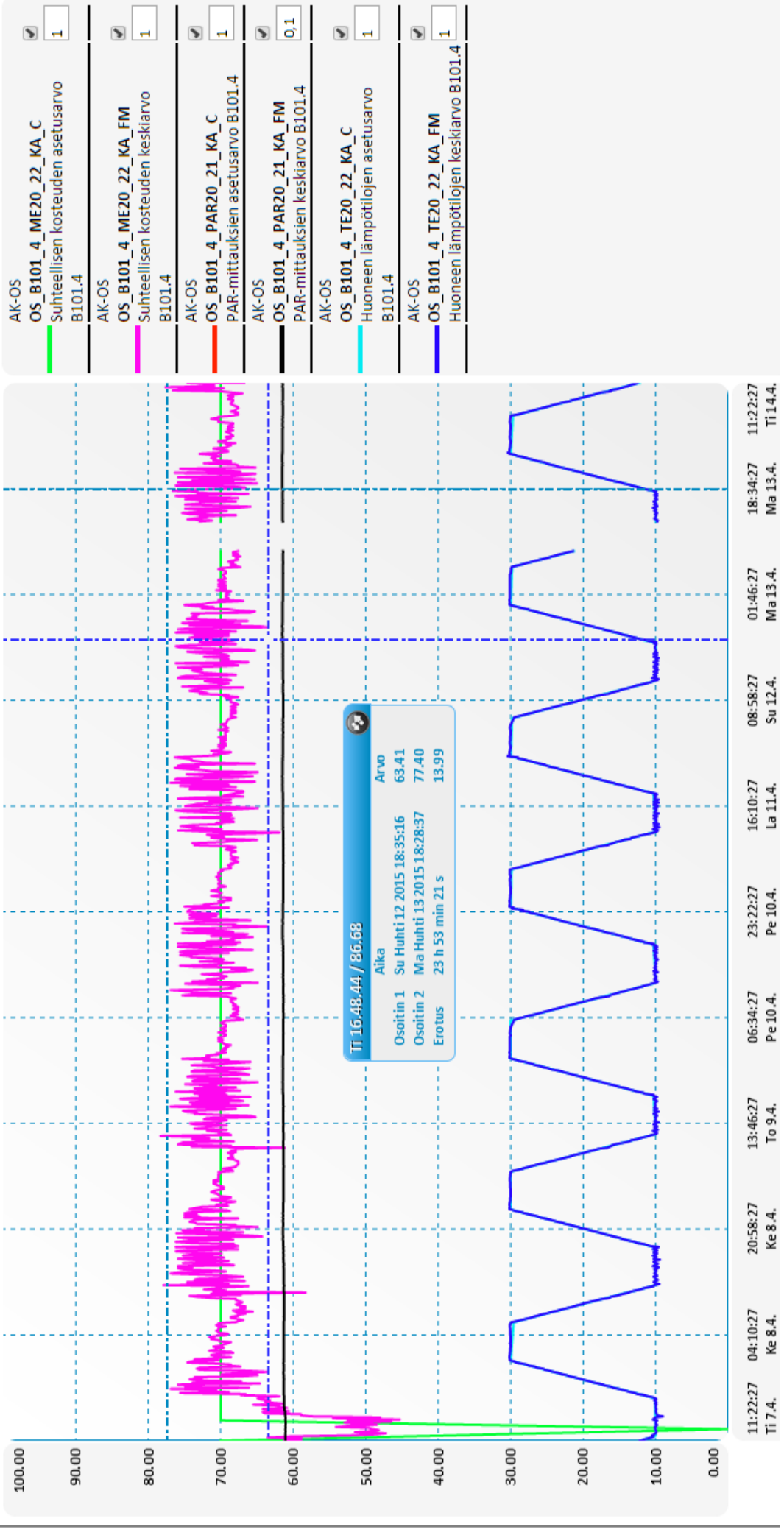
- AK-OS OS_B101_3_ME20_22_KA_C Suhteellisen kosteuden asetuarvo B101.3 1
- AK-OS OS_B101_3_ME20_22_KA_FM Suhteellisen kosteuden keskiarvo B101.3 1
- AK-OS OS_B101_3_PAR20_21_KA_C PAR-mittauksien asetuarvo B101.3 1
- AK-OS OS_B101_3_PAR20_21_KA_FM PAR-mittauksien keskiarvo B101.3 0,1
- AK-OS OS_B101_3_TE20_22_KA_C Huoneen lämpötilojen asetuarvo B101.3 1
- AK-OS OS_B101_3_TE20_22_KA_FM Huoneen lämpötilojen keskiarvo B101.3 1

11:16:00 04:04:00 20:52:00 13:40:00 06:28:00 23:16:00 16:04:00 08:52:00 01:40:00 18:28:00 11:16:00
 Ti 7.4. Ke 8.4. Ke 8.4. To 9.4. Pe 10.4. Pe 10.4. La 11.4. Su 12.4. Ma 13.4. Ma 13.4. Ti 14.4.

Lämpötilasyklus (10-30 °C). 7 vrk. Vakiokosteus 70%RH. Täysi valokuorma 620 umol/m2/s

Ryhmä Olosuhde B101.4 Taaksepäin nykyhetkestä Määrittä aikajakso Aloitushetki Lopetusaika Min. arvo Max. arvo Päivitä Tallenna Päivitä

7 07.04.2015 11:22 14.04.2015 11:22 0 100

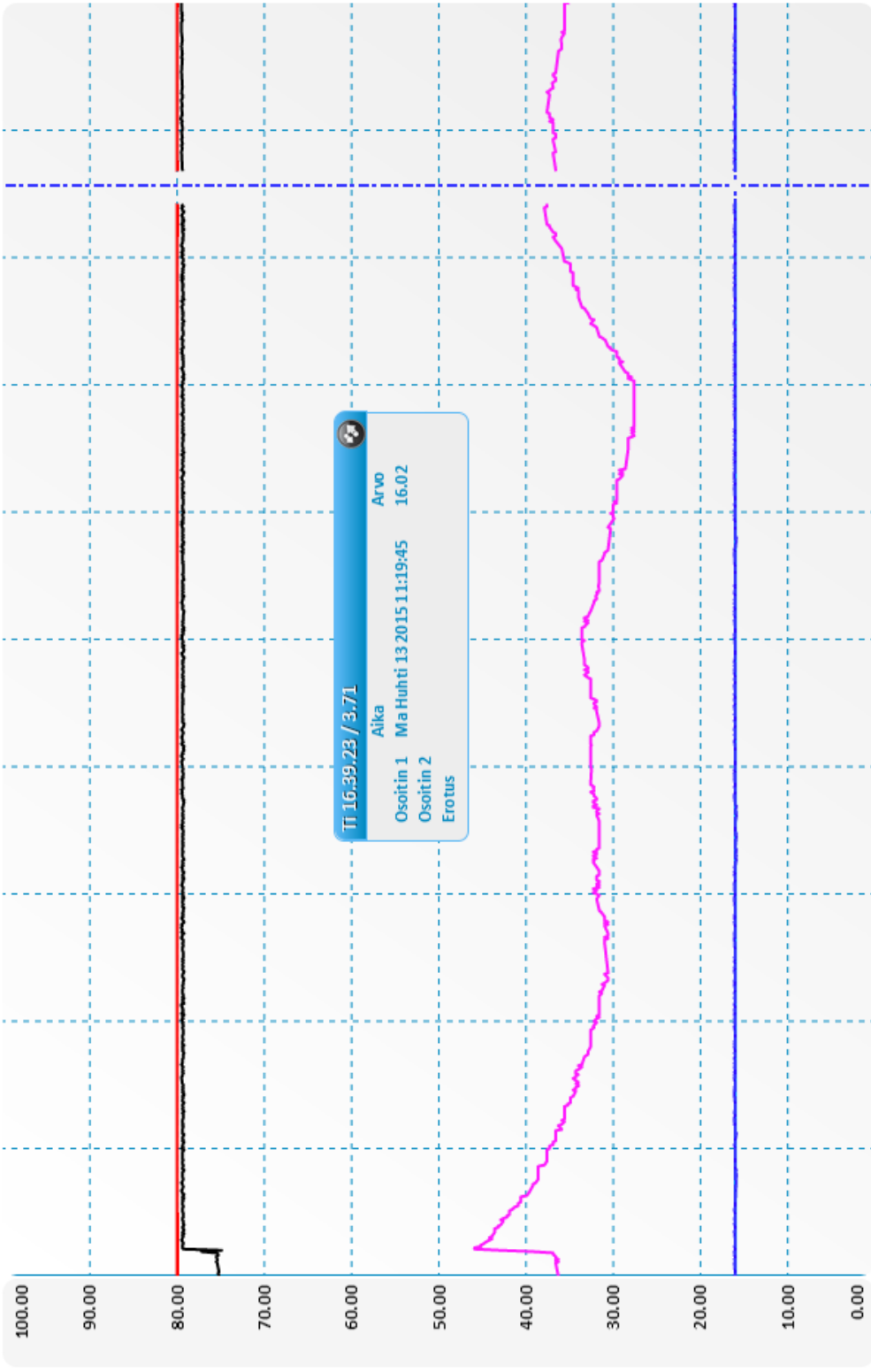


Lämpötilasyklus (10-30 °C). 7 vrk. Vakiokosteus 70%RH. Täysi valokuorma 620 umol/m2/s

Ryhmä Olosuhde B101.7 Taaksepäin nykyhetkestä Määrittä aikajakso Aloitushetki Lopetusaika Min. arvo Max. arvo Päivä Tallenna Päivitä

7 07.04.2015 11:24 14.04.2015 11:24 0 100

Takaisin Eteenpäin Zoomaa Peruuta Zoom Avaa kehys



- AK-OS OS_B101_7_ME20_22_KA_C Suhteellisen kosteuden asetusarvo B101.7 1
- AK-OS OS_B101_7_ME20_22_KA_FM Suhteellisen kosteuden keskiarvo B101.7 1
- AK-OS OS_B101_7_PAR20_21_KA_C PAR-mittauksien asetusarvo B101.7 1
- AK-OS OS_B101_7_PAR20_21_KA_FM PAR-mittauksien keskiarvo B101.7 1
- AK-OS OS_B101_7_TE20_22_KA_C Huoneen lämpötilojen asetusarvo B101.7 1
- AK-OS OS_B101_7_TE20_22_KA_FM Huoneen lämpötilojen keskiarvo B101.7 1

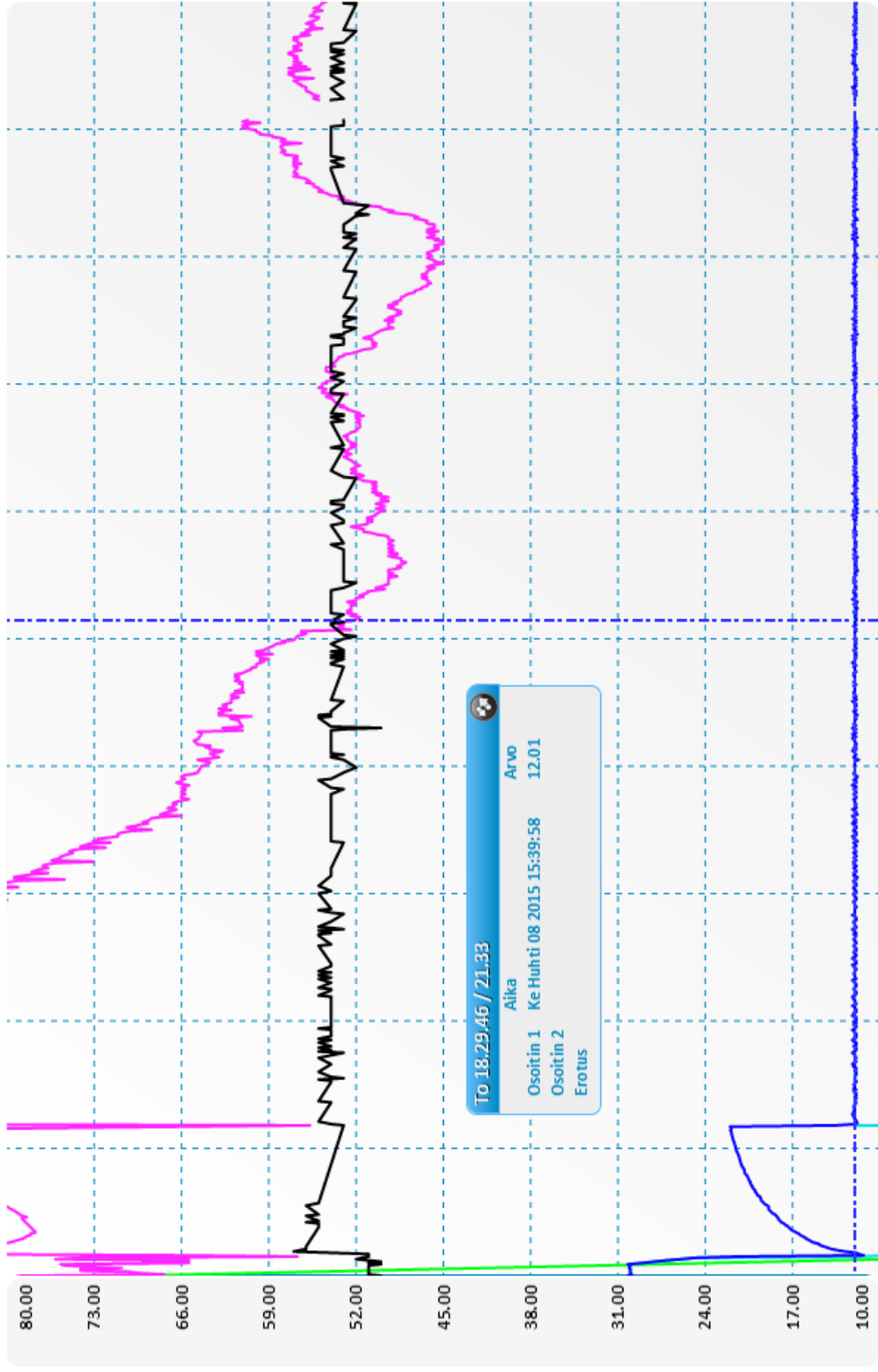
11:24:45 04:12:45 21:00:45 13:48:45 06:36:45 23:24:45 16:12:45 09:00:45 01:48:45 18:36:45 11:24:45
 Ti 7.4. Ke 8.4. To 9.4. Pe 10.4. Su 12.4. Ma 13.4. Ti 14.4.

Vakioajo: 16 °C. 7 vrk. Ei kosteudensäätöä. Valokuorma 80 umol/m2/s

Ryhmä Olosuhde B101.8 Taaksepäin nykyhetkestä Määrittä aikajakso Aloitushetki Lopetusaika Min. arvo Max. arvo Päivitä Tallelnna

12 Päivää 02.04.2015 11:30 14.04.2015 11:30 10 80

Takaisin Eteenpäin Zoomaa Peruuta Zoom Avaa kehys



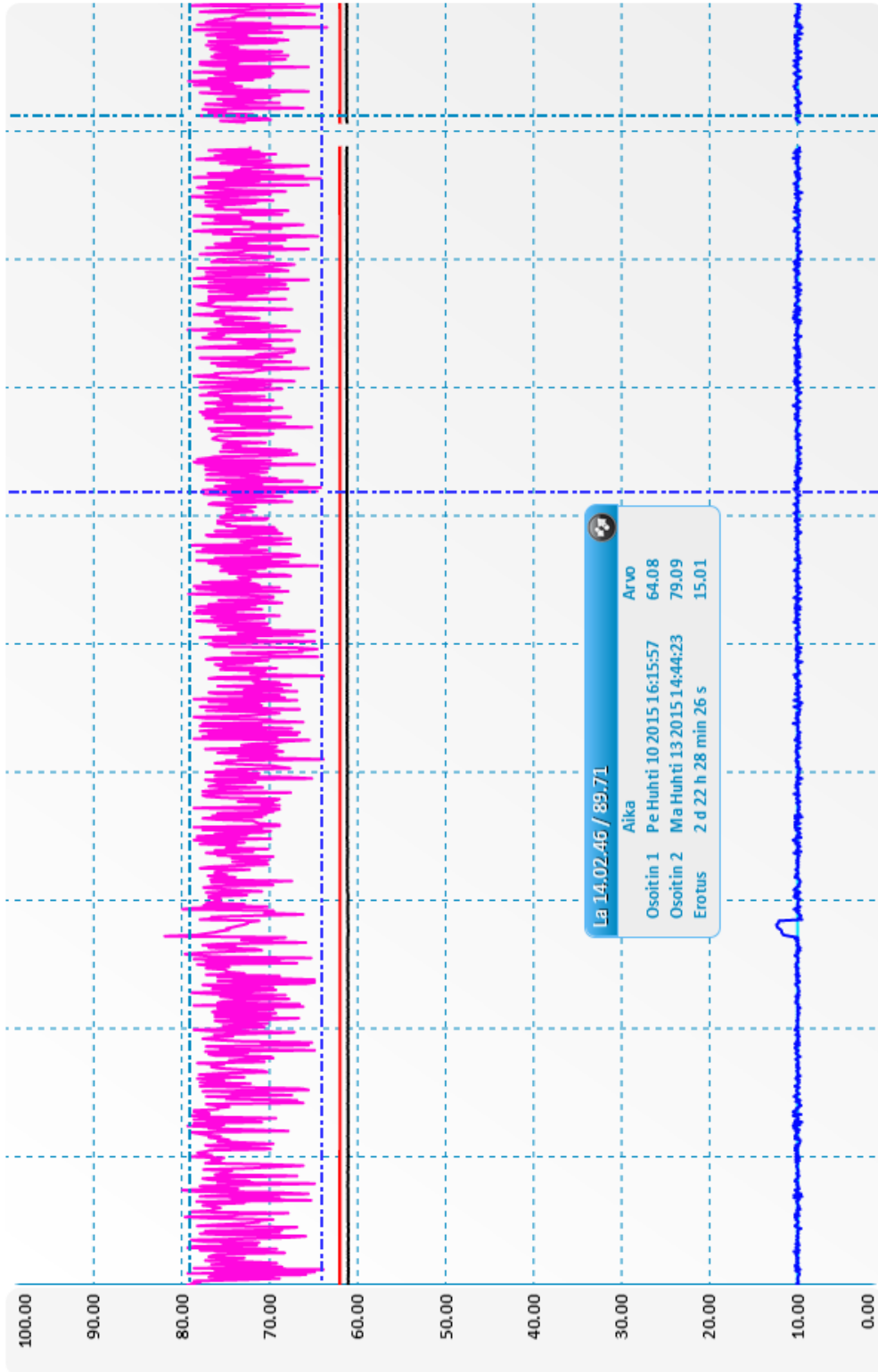
11:30:16 16:18:16 21:06:16 01:54:16 06:42:16 11:30:16 11:30:16
 To 2.4. Pe 3.4. La 4.4. Ma 6.4. Ti 7.4. Ke 8.4. To 9.4. Pe 10.4. Su 12.4. Ma 13.4. Ti 14.4.

Vakioajo: 12 °C. 12 vrk. Ei kosteudensäätöä. Vain kulkuvalot

Ryhmä Olosuhte B101.9 Taaksepäin nykyhetkestä Määrittä aikajakso Aloitushetki Lopetusaika Min. arvo Max. arvo Päivä Tallenna Päivitä

10 Päivää 04.04.2015 11:49 14.04.2015 11:49 0 100

Takaisin Eteenpäin Zoomaa Peruuta Zoom Avaa kehys



- AK-OS OS_B101_9_ME20_22_KA_C Suhteellisen kosteuden asetusarvo B101.9 1
- AK-OS OS_B101_9_ME20_22_KA_FM Suhteellisen kosteuden keskiarvo B101.9 1
- AK-OS OS_B101_9_PAR20_21_KA_C PAR-mittauksien asetusarvo B101.9 1
- AK-OS OS_B101_9_PAR20_21_KA_FM PAR-mittauksien keskiarvo B101.9 1
- AK-OS OS_B101_9_TE20_22_KA_C Huoneen lämpötilojen asetusarvo B101.9 1
- AK-OS OS_B101_9_TE20_22_KA_FM Huoneen lämpötilojen keskiarvo B101.9 1

11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36 11:49:36
 La 4.4. Su 5.4. Ma 6.4. Ti 7.4. Ke 8.4. To 9.4. Pe 10.4. La 11.4. Su 12.4. Ma 13.4. Ti 14.4.

Vakioajo: 10 °C. 10 vrk. Vakioasteus 70%RH. Täysi valokuorma 620 umol/m2/s