

# LÄSNÄOLO-OHJATULLA ILMAVIRTOJEN SÄÄTÖTAVALLA VARUSTETUN LABORATORIORAKENNUKSEN TOIMIVUUS PITKÄLLÄ AIKAVÄLILLÄ

Raimo Niemelä<sup>1</sup>, Esko Tanner<sup>1</sup>, Kalevi Nieminen<sup>1</sup>, Sinikka Vainiotalo<sup>1</sup>, Kari Kakkonen<sup>2</sup>, Jouko Eloranta<sup>2</sup>, Juha Muttilainen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Työterveyslaitos, <sup>2</sup>Fanison Oy, <sup>3</sup>Senaatti-Kiinteistöt

## TIIVISTELMÄ

Tämän seuranta tutkimuksen tavoitteena oli demonstroida uusien laboratoriotilojen hallintatekniikoiden toimivuutta seuraamalla runsaat sata vetokaappia sisältävän laboratoriorakennuksen vetokaappien ilmamääriä ja muita toimintaparametrejä usean vuoden ajan. Pitkäaikainen monitorointi osoitti vetokaappien kehittyneen säätöjärjestelmän edut aidossa laboratorioikäytössä. Mittausaineiston mukaan keskimääräiset ilmamäärät pienenevät läsnäoloon perustuvalla säätöjärjestelmällä 39% verrattuna vastaavaan järjestelmään ilman läsnäoloanturia. Säätöjärjestelmän todettiin reagoivan nopeasti vetokaapin luokun äkilliselle muuttamiselle. Nopea vasteaika on tärkeä vetokaapin suojaustehokkuuden kannalta.

## JOHDANTO

Lääketieteellisten ja kemiallisten laboratoriorakennusten sisäilmaston hallinta on haasteellinen tehtävä sekä työympäristön että kiinteistö- ja energiatalouden kannalta. Laboratoriossa joudutaan säännöllisesti tekemisiin sellaisten aineiden kanssa, joiden käyttöön saattaa liittyä tapaturma- tai sairastumisriskejä. Laboratoriotyössä vapautuu kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia sekä liuotinhöyryjä. Erikoisalojen laboratoriossa saatetaan käsitellä radioaktiivisia aineita tai tarttuvia tauteja aiheuttavia mikrobeja. Terveysvaikutukset voivat vaihdella ärsytysvaikutuksista ja yleismyrkyllisistä vaikutuksista syöpä- ja lisääntymisterveysvaikutuksiin. Siten työturvallisuuteen ja -terveyteen sekä työhyvinvointiin liittyvät näkökohdat ovat keskeisiä laboratoriotiloissa. Työturvallisuudelle on välttämätöntä, että suojaustekniset laitteet toimivat suunnitellusti ja että henkilökunta osaa käyttää suojaustekniikoita oikein. Laboratorioiden yleisin suojaustekninen laitteisto on vetokaappi. Käytännön kokemukset ja tehdyt tutkimukset osoittavat kuitenkin, että vetokaapit eivät aina toimi tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.

Tyypillisesti laboratoriorakennus koostuu toimistohuoneista ja erityistiloista kuten vetokaappihuoneista, mittaus- ja testaushuoneista sekä muista kokeellisista laboratoriotiloista. Kattava seuranta tieto ja kokemukset uusista, kehittyneillä taloteknisillä järjestelmillä varustetuista rakennuksista on erityisen arvokasta uusien laboratoriorakennusten suunnittelua ja monien lähiaikoina saneerausvaiheeseen tulevien rakennusten korjausrakentamista varten. Laboratoriorakennukset ovat tänä päivänä erityisen ajankohtaisia energiatehokkuussäädösten kannalta, sillä tyypillisesti laboratoriorakennusten ilmavirrat ovat noin viisinkertaiset toimistorakennuksiin verrattuna.

Tämän seuranta tutkimuksen tavoitteena oli demonstroida uusien laboratoriotilojen hallintatekniikoiden toimivuutta seuraamalla runsaat sata vetokaappia sisältävän laboratoriorakennuksen vetokaappien ilmamääriä ja muita toimintaparametrejä vuosina 2003-2005 /1/.

## **DEMONSTRAATORAKENNUS JA MONITOROINTIMENETELMÄT**

### **Laboratoriorakennus**

Demonstraatiokohteena oli Työterveyslaitoksen vuonna 2000 valmistunut 7-kerroksinen kokeellisten laboratorioden rakennus, joka koostuu laboratorio- ja toimistosiiivistä. Rakennukselle asetettiin jo suunnitteluvaiheessa korkeat tavoitteet sisäilmaston laadun, muunneltavuuden ja energiatehokkuuden osalta. Rakennus varustettiin monipuolisilla taloteknisillä laitteilla ja LON-kenttävylyä käyttävällä rakennusautomaatiojärjestelmällä. Laboratorio-osassa oli n 100 omalla säätöjärjestelmä varustettua vetokaappia, joista pääosa oli standardikaappeja (leveys 1,2 m, nimellisilmavirta 160 l/s) ja muut leveämpiä (leveys 1,5m, nimellisilmavirta 200 l/s).

### **Monitorointi**

Tässä esityksessä tarkastellaan neljää eri laboratorihuonetta, joissa oli yhteensä 10 vetokaappia. Kaikki vetokaapit oli varustettu poistoilman säätöjärjestelmällä, joka pitää vetokaapin luukussa ilmavirran nopeuden vakiona luukun asennosta riippumatta. Tällöin poistoilmamäärä muuttuu käyttäjän tarpeiden eli luukun avauksen mukaan. Lisäksi säätöjärjestelmä oli varustettu vetokaappikohtaisella läsnäoloanturilla energian säästämiseksi, kun vetokaapilla ei työskennellä. Myös tuloilmaa säädettiin järjestelmään liittyvillä nopeilla säätöpelleillä. Sekunnin välein kerätty seurantatieto keskiarvoistettiin yhden minuutin välein, sillä säätöjärjestelmän vasteajat ovat tyypillisesti alle 5 sekuntia. Huoneista monitoroitiin tuloilmavirta, vetokaappien poistoilmavirrat ja läsnäolotieto vetokaapin lähellä /2/.

Suuren datamäärän käsittelyä varten luotiin tietokanta ja tietokannan laskennallista käsittelyä varten Java-sovellutus. Tietokanta mahdollisti monipuolisten kyselyjen tekemisen ja aikaikkunoiden valinnan. Tässä tarkastelussa mittaustuloksista laskettiin kolmen viikon keskiarvotulokset kausivaihtelujen havaitsemiseksi ja keräysaikana tarkastelussa käytettiin yhtä vuotta.

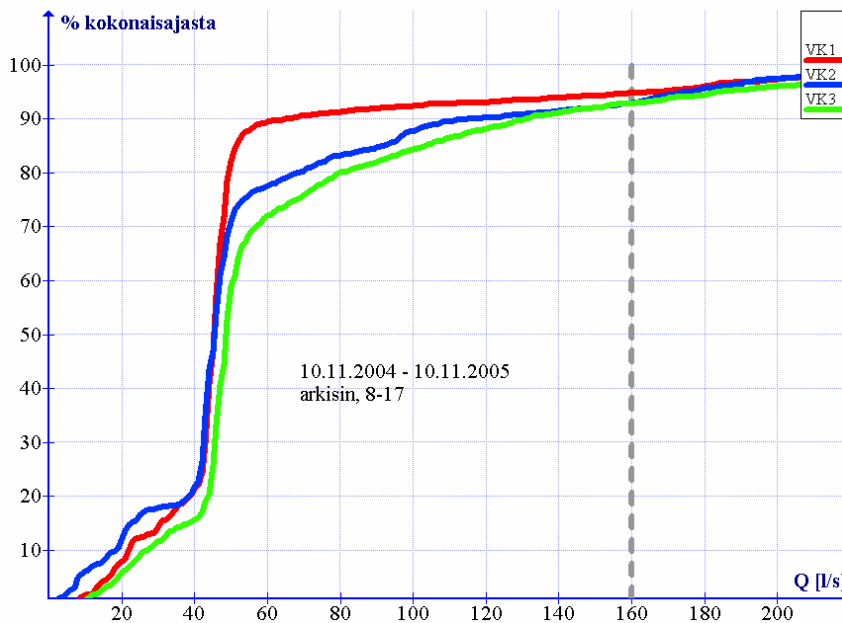


Kuva 1. Läsnäolo-ohjatulla ilmavirran säätötavalla varustettu vetokaappi

## TULOKSET

### Vetokaappien ilmavirrat eri säätöjärjestelmillä

Suuren datamäärän vuoksi seurantatiedot esitettiin pysyvyysskäyrinä, joista esimerkkinä kuvan 2 kolmen eri vetokaapin poistoilmavirtojen käyrät yhden vuoden ajalta monitoroituna.



Kuva 2. Esimerkki kolmen vetokaapin ilmavirtojen pysyvyysskäyristä monitoroituna työajalta yhden vuoden ajan. Vetokaappien nimellisilmavirta on 160 l/s.

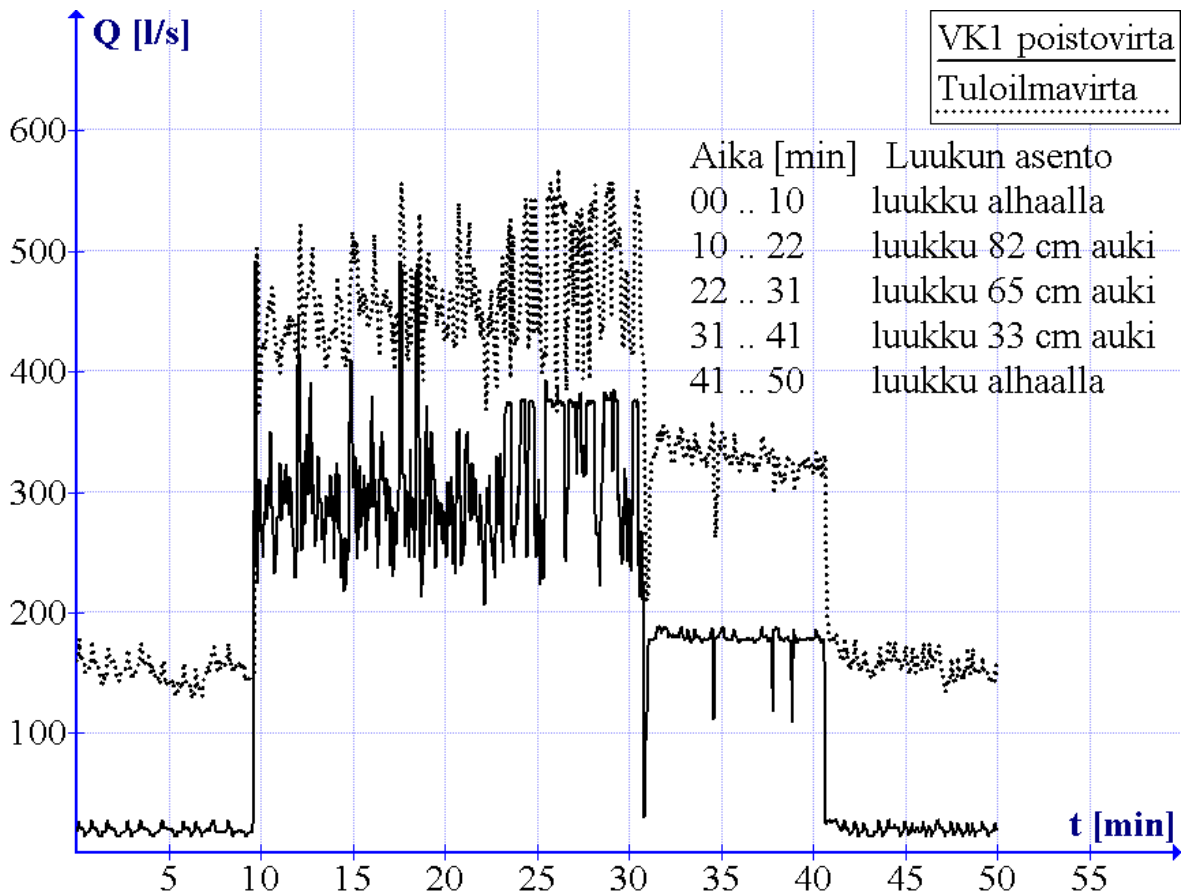
Koska monitoroitu seurantatieto perustui kehittyneeseen säätötapaan, voitiin seurantatiedosta laskennallisesti erotella esimerkiksi läsnäoloanturin vaikutus ilmamääriin ja siten saada kuva tilanteesta läsnäoloanturin kanssa ja ilman sitä. Voitiin myös simuloida laskennallisesti säätöjärjestelmää, jossa luukun otsapintanopeuden arvoa pienennetään luukun ollessa auki alle 100 mm. Esimerkiksi yhdellä vetokaapilla seurantajaksolla 28.5.2003 - 8.6.2004 voitiin todeta luukun keskimääräiseksi avauksen pinta-alaksi 0,09 m<sup>2</sup> eli avauskorkeudeksi 75 mm. Keskimääräinen työntekijän läsnäoloaika oli 377 h eli 4,3 % vuosityöajasta ja keskimääräinen vetokaapin poistoilmamäärä oli 27 l/s. Seuraavassa Taulukossa 1 on vertailun vuoksi esitetty simulointilaskelmat kolmelle muulle järjestelmälle.

*Taulukko 1. Vetokaappien säätöjärjestelmien vertailu*

Järjestelmä	Säädön kuvaus	Vetokaapin keskimääräinen poistoilmavirta l/s
Järjestelmä 1	2-portainen, 8 h työaikana 160 l/s, työajan ulkopuolella 40 l/s (simuloitu)	68
Järjestelmä 2	poistoilman säätöjärjestelmä pitää luukun otsapintanopeuden vakiona avauksesta riippumatta (simuloitu)	44
Järjestelmä 3	säätötapa, jossa otsapintanopeus 0,3 m/s, kun luukun avaus on alle 100 mm (simuloitu)	35
Järjestelmä 4	järjestelmä 2 varustettuna läsnäoloanturilla (todellinen)	27

### **Säätöjärjestelmän dynaaminen käyttäytyminen**

Ilmavirtasäädöllä varustetun vetokaapin suojaustehokkuuden kannalta on oleellista, miten nopeasti säätöjärjestelmä reagoi vetokaapin luukun muutoksiin ja miten stabiilina ilmavirrat pysyvät. Jos säätöjärjestelmän vasteaika on useita sekunteja, riski haitallisten aineiden leviämisestä vetokaapista työhuoneeseen kasvaa. Säätöjärjestelmän vastetta tutkittiin muuttamalla yhden vetokaapin luukun asentoa ja rekisteröimällä vetokaapin poistoilmavirta sekä laboratoriohuoneen tuloilmavirta ja poistoilmavirta sekunnin välein (Kuva 3).



Kuva 3. Vetokaapin ilmapuhtausdynaaminen käyttäytyminen

Kuvasta 3 nähdään, että vetokaapin ja tuloilmavirran ilmapuhtausdynaamiset muutokset seuraavat viiveettä luukun asennon muutosta käytännössä esiin tulevaan luukun yläasentoon (avaus 0,65m) asti. Säätojärjestelmä oli viritetty avauksille 0,04m – 0,44m .

## POHDINTA

Pitkäaikainen monitorointi osoitti vetokaappien kehittyneen säätojärjestelmän edut aidossa laboratorioikäytössä. Mittausaineiston mukaan keskimääräiset ilmapuhtausdynaamiset muutokset pienenevät läsnäoloon perustuvalla säätojärjestelmällä (Järjestelmä 4) 39% (17 l/s) verrattuna vastaavaan järjestelmään ilman läsnäoloanturia. Energiataloudellinen tarkastelu Helsingin alueen lämmitystarveluvulla osoittaa, että säätoenergiaksi saadaan 1955 kWh vuodessa, kun sisäisiä lämmönlähteitä eikä auringon säteilyä oteta huomioon. Energian hinnalla 6 snt/kWh säästyneen ilmapuhtausdynaamisuuden kustannusvaikutukseksi tulee 117 € vuodessa vetokaappia kohden.

Ilmapuhtausdynaamiset käyrät osoittavat, että laboratoriovetokaappien käyttöasteet jäivät seurantaajaksolla melko alhaisiksi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että vetokaapin käyttö olisi turhaa. Ilman epäpuhtausdynaamisten suojautumisen kannalta on tärkeää, että epäpuhtausdynaamiset eivät pääse karkaamaan vetokaapista, vaikka sillä ei työskenneltäisi. Tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen laboratorioille on tyypillistä käyttöasteiden suuret vaihtelut riippuen tutkimusprojektien luonteesta. Demonstraatorakennuksen laboratoriohenkilökunta on kokenut työpistekohtaiseen säätoon perustuvan järjestelmän

hyödylliseksi. Sekä käyttäjän että laitteiden suunnittelijan kannalta on kuitenkin otettava huomioon läsnäoloanturin sijainti siten, että se reagoi nimenomaan käyttäjään eikä muutoin vain ohikulkevaan henkilöön.

Säätöjärjestelmän todettiin reagoivan nopeasti vetokaapin luukun äkilliselle muuttamiselle. Nopea vasteaika on tärkeä vetokaapin suojaustehokkuuden kannalta /3/. Säätöjärjestelmien vasteaikoihin on kiinnitetty huomiota vasta viime vuosina. Asia käsittelevä standardi on julkaistu vuonna 2006 /4/.

## **KIITOKSET**

Työ tehtiin CUBE-teknologiaohjelman Virtual Space-4D hankkeessa. Parhaimmat kiitokset Tekesille hankkeen rahoitustuesta.

## **LÄHDELUETTELO**

1. Sisäympäristön mallintaminen ja havainnollistaminen - Virtual Space 4D Loppuraportti (2006). Niemelä, R. (toim). Työympäristötutkimuksen raporttisarja 20, Helsinki, 107 s
2. Niemelä, R., Tanner, E., Nieminen, K., Tuusa, A. and Vainiotalo S. (2007) Long-term performance of the laboratory VAV ventilation. Clima 2007. Helsinki.
3. Ekberg, L.E. and Melin, J (2000) Required response time for variable air volume fume hood controllers. Ann. occ. Hyg Vol. 44, s 143-150
4. SFS-EN 14175-6. 2006. Fume cupboards- Part 6. variable air volume cupboards