



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Matias Mahlamäki

Ammattikoulurakennuksen ilmanvaihtosaneeraus – Varia Aviapolis

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

1.11.2018

Tekijä Otsikko	Matias Mahlamäki Ammattikoulurakennuksen ilmanvaihtosaneeraus – Varia Aviapolis
Sivumäärä Aika	37 sivua + 3 liitettä 1.11.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	lehtori Markku Leino varatoimitusjohtaja Eero Uusimaa
<p>Energian säästön, sisäilmaston nykymääräyksiä toteutumisen ja vanhojen laitteiden elinkaarien päättymisen vuoksi ilmanvaihtosaneeraukset ovat ajankohtaisia ja tarpeen monissa vanhemmissa kiinteistöissä. Tämän insinööryön tavoitteena oli kuvata Vantaan ammattiopisto Varian Aviapoliksen toimipisteeseen kesällä 2018 suoritettun ilmanvaihtosaneerausurakan eri vaiheita työnjohtajan näkökulmasta.</p> <p>Insinööryöhön kuului saneeraustyömaalla LVI-urakoitsijana toimineelle LVI-E. Uusimaa Oy:lle suoritettu työnjohtoharjoittelu ja tästä ilmanvaihtosaneeraustyöstä laadittu kirjallinen raportti. Insinööryön aiheena olleen ilmanvaihtosaneerausurakan tilaajana oli VTK Kiinteistöt Oy ja pääurakoitsijana toimi NCC Suomi Oy.</p> <p>Insinööryössä käytiin läpi ilmanvaihtosaneerausurakkaan liittyneet LVI-suunnitelmat ja ilmanvaihtosaneerausurakan toteutuksessa ilmenneet haasteet, liittyen muun muassa tilavarauksiin ja tiukkaan aikatauluun, sekä näiden haasteiden vaatimat toimenpiteet. Insinööryössä tarkasteltiin saneerauksen lopputuloksena saavutettuja ilmanvaihton parannuksia ja saneeraustyön onnistumista ja tavoitteisiin pääsemistä, jotka saavutettiin urakkaan osallistuneiden tahojen saumattoman yhteistyön ja ammattitaitoisen organisaation ansiosta.</p> <p>Insinööryöstä LVI-E. Uusimaa Oy sai yrityksen sisäiseen kehitykseen työkalun, jonka avulla pystyy tarkastelemaan yrityksen työmaalla suorittamia toimia ja omia toimintamallejaan. Insinööryön avulla yritys ja muut lukijat voivat ottaa oppia urakassa vastaan tulleista haasteista ja pyrkiä valmistautumaan vastaavanlaisiin tilanteisiin.</p>	
Avainsanat	LVI, ilmanvaihto, saneeraus, urakointi, ammattioppilaitos

Author Title Number of Pages Date	Matias Mahlamäki Ventilation Renovation in Vocational College Building – Varia Aviapolis 37 pages + 3 appendices 1 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Eero Uusimaa, Executive Vice President Markku Leino, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to describe the different stages of renovation of ventilation at the Vantaa Vocational College Varia, located in Aviapolis, in the summer of 2018, from the supervisor point of view.</p> <p>The Bachelor's thesis consisted of work supervision training for a company, a HVAC contractor at the renovation site, and a written report about the ventilation renovation project. The thesis described the HVAC plans related to the ventilation renovation project, the problems in the implementation of the project and the solutions for the encountered problems. The problems were related to space reservations and tight schedules.</p> <p>The thesis covered the ventilation improvements and the success of the renovation project. Thanks to the seamless cooperation and professional organization of the involved parties, the results were achieved.</p> <p>As the result of the final year project, a tool was created for internal development for the HVAC contractor company. The tool allows the company to look at its site-based activities and its own operating model. Through the Bachelor's thesis, the company and other readers can learn about the problems solved in this project and, thus, try to be prepared for similar situations.</p>	
Keywords	HVAC, ventilation, renovation, contracting, vocational college

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Varian Aviapoliksen toimipiste	2
3	Suunnitelmat	3
3.1	Rakennuslupa	3
3.2	Sisäilmastoluokitus	4
3.3	Ilmamäärien mitoitus	5
3.4	Rakennusmateriaalit	5
3.4.1	Kanavistot ja eristys	5
3.4.2	Päätelaitteet ja palonrajoittimet	7
3.5	Ilmanvaihtokoneet	9
3.5.1	IV-konehuone 1	11
3.5.2	IV-konehuone 2	13
3.5.3	Uusi IV-konehuone	15
4	IV-urakkaan liittyvät haasteet	16
4.1	Aikataulu	16
4.2	Tilavaraukset	17
4.2.1	IV-konehuoneet	17
4.2.2	Muut tilat	20
4.3	IV-asennukset	22
4.4	Vanhat säilytettävät IV-järjestelmänosat	23
4.5	IV-kone 316TK/PK:n raitis- ja jäteilmakanavisto	24
5	Säädöt ja mittaukset	30
5.1	Ilmanvaihdon säätö ja mittaukset	30
5.2	Saavutetut ilmamäärien muutokset	31
6	Urakan onnistuminen ja takuu aika	32
7	Yhteenveto	33

Liitteet

Liite 1. Poistoilmaluokkakohtaiset käytön rajoitukset ja tilaesimerkkejä

Liite 2. Työmaalla piirrettyjä skitsejä, eli luonnoksia kanavatilausta varten

Liite 3. Otteita IV-kone 315TK/PK:n mittauspöytäkirjoista

Lyhenteet

D2	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskoelman osa D2
EI60	Paloluokka, numero 60 kuvaa tuotteen palonkestävyyttä minuuteissa
FINVAC	The Finnish Association of HVAC Societies. FINVAC-organisaatioon jäsenet ovat Suomen LVI-liitto SuLVI ry, Sisäilmayhdistys ry, Lämpöinsinööriryhdistys ry ja VVS Föreningen i Finland rf. (FINVAC 2017)
IMS	ilmamääränsäädin
IV	ilmanvaihto
LTO	lämmöntalteenotto
LVIJA	lämmitys, vesi, ilmanvaihto, jäähdytys, automatiikka
PK	poistoilmanvaihtokone
RakMk	Suomen rakentamismääräyskokoelma. Laatinut Suomen ympäristöministeriö
RYL	Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
SFP-luku	Specific Fan Power. Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho. Kuvaa koneen käyttämää energiamäärää ilmavirtaan suhteutettuna. Yksikkö on kW/m ³ /
TK	tuloilmanvaihtokone
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, julkaistu vuonna 1998

1 Johdanto

Tekniikka ja sen mukana ilmanvaihtojärjestelmät ovat kehittyneet viime vuosina paljon. Ilmanvaihtokoneiden ja -laitteiden kehittymisen ja hyötysuhteiden paranemisen ansiosta ilmanvaihtojärjestelmistä on tullut entistä energiatehokkaampia. Energian säästöstä syntyvien taloudellisten hyötyjen, sisäilmaston nykymääräyksien toteutumisen ja vanhojen laitteiden elinkaaren päättymisen vuoksi ilmanvaihtosaneeraukset ovat ajankohtaisia ja tarpeen monissa vanhemmissa kiinteistöissä. Lisäksi rakennuksen tilojen käyttötarkoituksien muuttuessa vanhat ilmanvaihtokoneet eivät välttämättä enää sovellu uusiin tarkoituksiin, vaan joudutaan suunnittelemaan ja rakentamaan uusi käyttötarkoitusta vastaava ilmavaihtojärjestelmä.

Tämän insinööriyön tilaajana toimi LVI-E. Uusimaa Oy. LVI-E. Uusimaa Oy on vuonna 1988 perustettu LVI-alan urakointiyritys, jonka päätoimialana ovat asuinkerrostalojen ja liikekiinteistöjen LVIJ-saneeraustyöt. Tämän insinööriyön tavoitteena oli kuvata ammattikoulurakennuksessa suoritettun ilmanvaihdonsaneeraustyön eri vaiheita työnjohtajan näkökulmasta, keskittyen saneeraustyössä ilmenneisiin haasteisiin ja niiden vaatimiin toimenpiteisiin sekä tarkastellen saneerauksen lopputuloksena saavutettuja ilmanvaihdon parannuksia ja saneeraustyön tavoitteisiin pääsemistä.

Kohteena insinööriyölle toimi Vantaan ammattiopisto Varian Aviapoliksen toimipiste ja sinne suoritettu ilmanvaihtosaneeraus. Rakennushanke oli osa monivaiheista ilmanvaihdon saneerausta, jonka 1-vaihe suoritettiin kesällä 2017 ja tämän insinööriyön aiheena oleva 2-vaihe kesällä 2018. Urakka sisälsi yhteensä yhdeksän rakennuksen vanhaa osaa palvelevan ilmanvaihtokoneen uusinnat ja niiden palvelualueilla tehtäviä ilmanvaihtojärjestelmän muutos- ja korjaustöitä. Urakka käsitti ilmanvaihtotöiden lisäksi pienemmän määrän lämmityksen, käyttöveden ja viemäroinnin saneeraustöitä. Ilmanvaihtotyöt osoittautuivat kuitenkin urakassa kaikkein haasteellisimmaksi, ja siksi insinööriyö keskittyi ilmanvaihtosaneeraukseen.

Urakan tilaajana oli VTK Kiinteistöt Oy. Pääurakoitsijana toimi NCC Suomi Oy, jonka aliurakoitsijana LVI-töiden osalta toimi LVI-E. Uusimaa Oy. Muita urakkaan kuuluneita aliurakoitsijoita toimi rakennus-, sähkö-, automaatio- ja purkutöissä.

2 Varian Aviapoliksen toimipiste

VTK Kiinteistöt Oy:n omistuksessa oleva rakennus (kuva1) jossa Varian Aviapoliksen toimipiste toimii, sijaitsee Vantaalla Aviapoliksessa osoitteessa Rälssitie 13, 01530 Vantaa [LVIA-Rakennustapaselostus, 6573A002B 2017: 3]. Rakennuksessa toimivassa Vantaan ammattiopisto Variassa koulutetaan auto-, lentokoneasentaja- ja logistiikka-alan oppilaita [Vantaan ammattiopisto Varia. Ammattikoulut.fi]. Ilmanvaihtosaneeraus suoritettiin rakennuksen vanhempaan osaan, jonka saneerattaviin tiloihin kuuluvat autohallit ja pisteopetustilat toimivat autoalan opetustiloina. Kuvassa 1 etualalla oleva rakennuksen vanha osa (ruskeakattoinen rakennus) on rakennettu vuonna 1986 [Heinonen 2018]. Varia Aviapoliksen kokonaisbruttoala on 12 875 m², ja urakan muutostyöalueen eli vanhemman osan bruttoala on 6 094 m². [Rakennuslupa 52-0470-18-D 2018]

Rakennus on liitetty kaukolämpöön ja sen ilmanvaihto on toteutettu koneellisesti usealla tulo-/poistoilmanvaihtokoneella. Lisäksi tilojen poistoilmaa palvelevat useat erillispoistot, kuten pakokaasunpoistot. Vanhempaa osaa palvelee yhteensä kolme vesikatolla sijaitsevaa ilmanvaihtokonehuonetta, joista ensimmäinen, IV-konehuone 3, ja sen palvelualueet saneerattiin kesällä 2017. Saneerauksen 1-vaihe suoritettiin pääosin samojen urakoitsijoiden toimesta kuin kesällä 2018 suoritettu 2-vaihe, joka kattoi IV-konehuone 1:n ja IV-konehuone 2:n IV-koneiden ja niiden palvelualueiden saneerauksen. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 1. Varia Aviapolis, vanhan osan IV-konehuoneiden sijainnit vesikatolla.

3 Suunnitelmat

3.1 Rakennuslupa

Urakan luonteesta johtuen saneeraus vaati rakennusvalvonnan myöntämän rakennusluvan, jonka hakijana toimi urakan tilaaja VTK Kiinteistöt Oy. Luvan myöntämisen jälkeen IV-töille piti hyväksyttää ilmanvaihtotyönjohtaja, jonka vastuulla oli IV-töiden valvonta ja tarvittavien tarkastuksien ja niihin liittyvien asiakirjojen tekeminen. LVI-E. Uusimaa Oy:n toimitusjohtaja Katja Uusimaa hyväksyttiin rakennusurakan ilmanvaihtotyönjohtajaksi. Itse toimin Katja Uusimaan ja projektipäällikkönä toimivan LVI-E. Uusimaa Oy:n varatoimitusjohtajan Eero Uusimaan apuna LVI-työnjohtoharjoittelijana ja olin mukana IV-töiden valvonnassa sekä tarkastuksien ja asiakirjojen tekemisessä. IV-töihin liittyen rakennusvalvonta edellytti pitämään rakennustöiden edistymisen mukaan aloituskokouksen, ilmanvaihtotöiden katselmuksen ja loppukatselmuksen. [Rakennuslupa 52-0470-18-D 2018.]

3.2 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitus on Sisäilmayhdistys ry:n laatima ohjeistus, joka on tarkoitettu rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin apuvälineeksi tavoiteltaessa entistä terveellisempien ja viihtyisämpiä rakennusten rakentamista. Sitä voidaan soveltuvin osin käyttää uudisrakentamisen lisäksi myös korjausrakentamisessa. Sisäilmaluokat jakautuvat kolmeen tasoon, S1, S2 ja S3, joista tässä urakassa pyrittiin luokkaan S2. Luokka S2 tarkoittaa taulukossa 1 esitetyn suunnitteluvaiheessa voimassa olleen sisäilmastoluokitus 2008 mukaisesti hyvää sisäilmastoa. Tällöin tiloissa ei ole häiritseviä hajuja, eikä tiloissa ja rakenteissa ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lisäksi tilojen lämpöolot ovat hyvät, ja niissä tulee olla käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääniolosuhteet. Rakennustöiden puhtausluokitus jakautuu kahteen tasoon, jotka ovat P1 ja P2. Sisäilmaluokan S2 toteutumisen ehtojen mukaisesti ilmanvaihtojärjestelmä suunniteltiin tehtäväksi niistä paremman, luokan P1 mukaisesti. Rakennustöiden puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että luovutettaessa käyttäjälle rakennuksen tilat ovat puhtaat eikä rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia leviä sisäilmaan rakennuksen käytön aikana. [LVIA-Rakennustapaselostus, 6573A002B 2017: 5; Sisäilmastoluokitus 2008, sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset (RT 07-11299) 2008: 4 –11.]

Taulukko 1. Sisäilmaluokkien kuvaukset [Säteri 2008: 2.]

Sisäilmastoluokkien kuvaukset.
<p>S1: Yksilöllinen sisäilmasto</p> <p>Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylläampemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.</p>
<p>S2: Hyvä sisäilmasto</p> <p>Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylläampeminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.</p>
<p>S3: Tyydyttävä sisäilmasto</p> <p>Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.</p> <p>Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista tai tarvittaessa määrittellä jonkin suureen arvo.</p>

3.3 Ilmamäärien mitoitus

Ennen urakan aloitusta urakka-alueiden vanhat ilmamäärät mitattiin palvelualue- ja pää-telaitekohtaisesti, ja LVI-suunnittelija suunnitteli niitä apuna käyttäen uudet tilakohtaiset ilmamäärät. Lähtökohtana ilmamäärien mitoitukselle LVI-suunnittelija piti suunnitteleujankohtana voimassa olleita Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto -määräyksiä. Ilmamäärät on suunniteltu käyttäen taulukon 3 Oppilaitokset arvoja ja hygieniatilojen poistoilmavirroille RakMk osan D2 taulukon 11. Hygieniatilat arvoja. Ammattikoulurakennuksen urakka-alueeseen kuuluneissa autoalan koulutukseen tarkoitetuissa työtiloissa sovellettiin RakMk osan D2 taulukon 9. Työtilat yms. arvoja. IV-koneet mitoitettiin näitä arvoja käyttäen, ja lisäksi autoalan koulutukseen tarkoitettuihin tiloihin suunniteltiin määräysten mukaisesti pakokaasunpoistoja. [Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012: 30.]

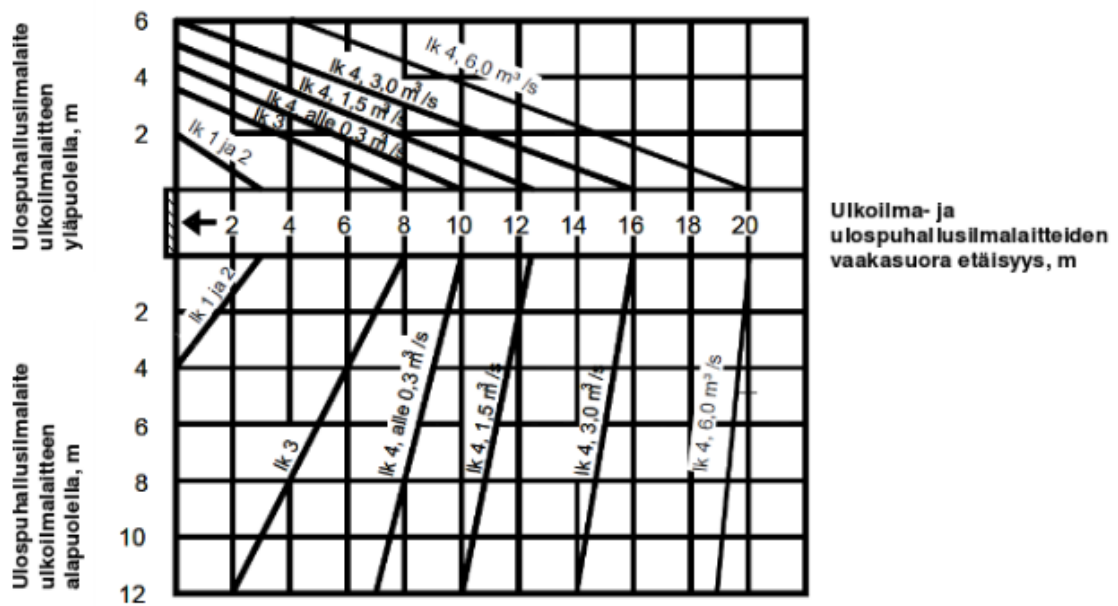
3.4 Rakennusmateriaalit

3.4.1 Kanavistot ja eristys

Uudet IV-kanavat oli suunnitelmissa pääosin määritelty tehtäväksi pyöreästä kierresaumakanavasta. Myös rakennuksen vanhat säilytettävät IV-kanavistot oli suurimmilta osin tehty pyöreästä kierresaumakanavasta. IV-kanava-asennukset suunniteltiin pääosin kulkemaan yleisiintiloihin katonrajassa näkyvänä asennuksena. WC- ja pesuhuonetiloiissa sekä osassa luokkatiloja kanavistot asennettiin alakaton yläpuolelle pois näkyvistä. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

IV-konehuoneissa 1 ja 2 sijaitsevien IV-koneiden raitisilmakammiot oli suunniteltu suorakaidekammioksi. Raitisilmakammioiden ulkoilmalaitteet oli suunniteltu tehtäväksi IV-konehuoneiden ulkoseinään. Ulkoilmalaitteen sijoittelussa piti valvoa, että suunnitelman mukaiset ja suunnitteluvaiheessa voimassa olleen RakMk osan D2 ja kirjoitushetkellä voimassa olevan Talotekniikkainfon ohjeistuksen vaatimat ulkoilmalaitteen sijoitusta koskevat määräykset täyttyivät. Jäteilmakanavat oli suunniteltu tehtäväksi pyöreillä kierresaumakanavilla ja suorakaidekanavilla. IV-konehuoneissa 1 ja 2 sijaitsevien IV-koneiden jäteilmakanavat oli suunniteltu liitettäväksi vanhoihin jäteilmakammioihin. Vanhojen jä-

teilmakammioiden kautta jäteilmat, jotka olivat IV-koneiden palvelualueista riippuen poistoilmaluokkaa 1–4, johdettiin ulos IV-konehuoneiden katoilta. Tällöin kuvassa 2 olevat RakMk osan D2 ja Talotekniikkainfon ohjeistuksen vaatimat ulospuhallusilmalaitteiden ja ulkoilmanlaitteiden väliset etäisyydet täyttyivät. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017; Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012: 11–14; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 14 Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittelu.]



Kuva 2. Ulospuhallus- ja ulkoilmalaitteiden väliset etäisyydet. Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittelu]

LVI-eristykset suunniteltiin tehtäväksi Talotekniikka RYL 2002:n kohdan G9 mukaisesti [LVIA-Rakennustapaselostus, 6573A002B 2017: 7]. Toteutuksessa noudatettiin lisäksi nykyisiä Talotekniikkainfon ohjeistuksia. Tulo- ja poistoilmakanavistot kulkivat lämpimässä tilassa, eikä IV-koneissa ole jäähdystystä, joten niitä ei tarvinnut lämpöeristää. Raitis- ja jäteilmakanavat, jotka kulkivat IV-konehuoneissa sekä ulkoilmassa, oli suunniteltu lämpö- ja kondenssieristettäväksi. Ersteinä käytettiin sallittuja kivivilla- ja solukumieristeitä. Suunnitelmissa oli huomioitu kanavaeristyksissä myös EI60-luokan paloeristys sitä vaativissa kanavistoissa. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 25 Ilmanvaihtojärjestelmän eristäminen.]

3.4.2 Päätelaitteet ja palonrajoittimet

Uusittavat päätelaitteet oli suunniteltu Halton Oy:n ja Fläktwoods Oy:n päätelaitteiksi. Pääasiassa uudet tuloilmapäätelaitteet olivat kattohajottaja -mallisia ja 600mmx600mm -jakoiseen alakattorakenteeseen asentuvia, jolloin kuvan 3 mukaisten alakatollisten tilojen esteettisyys säilyi oikeanlaisena. Uusiksi poistoilmapäätelaitteiksi oli suunniteltu URH-, KSO- ja AGC-malliset päätelaitteet. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 3. Halton Oy:n valmistama TRI/S päätelaitte asennettuna 600mm x 600mm jakoiseen alakattorakenteeseen. Kuva otettu IV-kone 322TK/PK:n palvelualueella sijainneesta avoimesta oppimisympäristöstä.

Ilmanvaihdon suunnittelussa noudatettiin voimassa olevaa ympäristöministeriön asetusta:

Ilmanvaihtojärjestelmä ei saa myötävaikuttaa palon tai savukaasujen leviämiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla. Useaa palo-osastoa tai osaa palvelevien ilmakäytävien seinämät on tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista. [Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 2017: 12.]

Eri palo-osastojen rajat ylittäviin uusiin IV-kanaviin oli suunniteltu asennettavaksi ohjeistusten mukaiset kuvassa 4 näkyvät EI60-luokan palopellit. Palopeltien toiminta testattiin ohjeistuksen mukaan ennen käyttöönottoa. LVI-luovutuskansioon laadittiin palopeltien asennuksesta asennuspöytäkirjat ohjeistuksen ja rakennusvalvonnan vaatimuksen mukaisesti. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017; Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas: 6.5 Palopellit; IV-Tarkastusasiakirja: 2.]



Kuva 4. Vasta-asennettuja EI60-luokan palopeltejä IV-konehuoneessa 1.

3.5 Ilmanvaihtokoneet

Vanhoja IV-konehuoneita rakennuksen saneerattavassa vanhassa osassa oli kaikkiaan kolme. Näistä IV-konehuone 3:ssa oli IV-koneet uusittu aikaisemmassa vaiheessa kesällä 2017 ja IV-konehuone 1:ssä sijaitseva, liikuntasalia palveleva 313TK/PK sekä IV-konehuone 2:ssa sijaitseva, auditoriota palveleva 324TK/PK oli uusittu muutama vuosi aiemmin. Urakkaan kuului uusittavaksi loput yhdeksän IV-konehuoneissa 1 ja 2 sijaitsevaa vanhaa IV-konetta. Näistä seitsemän oli tulo-/poistoilmanvaihdolla varustettuja pakettikoneita ja kaksi oli tuloilmakoneita. Tuloilmakoneiden palvelualueiden poistoilmanvaihtoa varten asennettiin kuvassa 10 näkyvät kaksi lämmöntalteenottoyksiköllä varustettua huippuimuria konehuone 2:n katolle. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

Ilmanvaihtojärjestelmän poistoilmaluokat jakautuvat neljään eri tasoon, ja ne määritellään seuraavanlaisesti. Luokkaan 1 luokitellaan poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia, jotka ovat lähtöisin pääasiallisesti ihmisistä ja rakenteista. Jonkin verran epäpuhtauksia sisältävä poistoilma luokitellaan luokkaan 2. Oleellisesti poistoilman laatua huonontavia epäpuhtauksia, kosteutta, kemikaaleja tai hajuja sisältävä poistoilma luokitellaan luokkaan 3, ja huomattavasti pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia tai kemikaaleja sisältävä poistoilma luokkaan 4. Tarkemmat poistoilmaluokkakohtaiset käytön rajoitukset sekä tilaesimerkit käyvät ilmi liitteessä 1 esitetystä talotekniikkainfon sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat taulukosta. [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat.]

Suunnitelmissa määritellyt IV-koneiden lämmöntalteenottomuodot oli suunnittelija valinnut perustuen palvelualueen poistoilmaluokkaan ja IV-koneen kokoon. Parhaan lämpötilahyötysuhteen omaava pyörivä LTO valittiin, jos poistoilmaluokka oli luokkaa 1-2 tai luokkaa 3, jossa poistoilma sisälsi enintään 5 % luokan 3 poistoilmaa. Poistoilmaluokan 4 ja 3, jossa poistoilma sisälsi yli 5 % luokan 3 poistoilmaa, IV-koneisiin valittiin lämmöntalteenottomuodoksi joko vastavirtalevylämmönsiirrin tai nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. Näistä vastavirtalevylämmönsiirtimellä on parempi lämpötilahyötysuhde. Vastavirtalevylämmönsiirtimeen päädyttiin, jos IV-koneelle suunnitellut ilmamäärät pysyivät siinä rajoissa, että vastavirtalevylämmönsiirrinkuutio ei kasvanut liian suureksi. Muissa tapauksissa IV-konehuoneen vähäisestä tilasta johtuen päädyttiin nestekiertoiseen vesi-

glykolilämmönsiirtimeen, joka vei pienemmän tilan kuin vastavirtalevyllämmönsiirrin. Lisäksi 321TK:n ja 323TK:n lämmöntalteenotot järjestettiin nestekiertoisen vesi-glykolilämmönsiirtimen avulla, koska niiden poistoilmakoneet 321PK ja 323PK sijaitsivat eri tilassa IV-konehuoneen 2 katolla. Tällöin nestekiertoisen lämmönsiirrin oli ainoa mahdollinen lämmönsiirtomuoto. [Penttinen 2018; LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017; Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2012; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 16 Epäpuhtauksien leviäminen lämmöntalteenottolaitteessa.]



Kuva 5. Uusittuja poistoilmapuhaltimia vesikatolla.

Lisäksi urakkaan kuului uusittavaksi seitsemäntoista vesikatolle asennettavaa erillispoistoina toimivaa poistopuhallinta pakokaasunpoistoiksi sekä palvelemaan porrashuoneita, muutamia WC-tiloja ja hallien pesu- ja kemikaalituloja. Kuvassa 5 näkyvät ylempänä etualalla puisille alustoille asennettuina hallin 1 pesu- ja kemikaalitulojen poistopuhallimet (2kpl), sekä alempana puisille alustoille asennettuina kolme kappaletta opetustilojen pakokaasunpoistopuhallimia. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

3.5.1 IV-konehuone 1

IV-konehuoneessa 1 uusittiin urakkaan kuuluvana viisi vanhaa IV-konetta. Uusista IV-koneista neljä oli suunniteltu asennettavaksi samaan tilaan kuin edeltävät koneet ja yksi asennettavaksi rakennuksen 1. kerrokseen uuteen IV-konehuoneeseen. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

- IV-kone 311TK/PK:n palvelualueena toimii 1. kerroksen aula, pukuhuoneet, pesuhuoneet, sauna, WCt ja väestönsuoja. Kone oli suunnitelmissa määritelty Recair Oy:n R3B-VL-R ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi koneelle oli suunniteltu 1,1 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 3, joka sisältää yli 5 % luokan 3 poistoilmaa [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii vastavirtalevyllämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]
- IV-kone 312TK/PK:n, kuvassa 6 vasemmalla oleva IV-kone, palvelualueena toimii 2. kerroksen aula, toimistot ja IV-konehuone 2. Kone oli suunnitelmissa määritelty Recair Oy:n A3C ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi koneelle oli suunniteltu 1,4 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 1 [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii pyörivä-LTO. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]
- IV-kone 314TK/PK:n, kuvassa 6 oikealla oleva IV-kone, palvelualueena toimii 1. kerroksen halli 1. Kone oli suunnitelmissa määritelty Recair Oy:n 4C-ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi koneelle oli suunniteltu 2,1 m³/s. Palve-

lualan poistoilmaluokka on luokka 4 [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

- IV-kone 315TK/PK:n palvelualueena toimivat 2. kerroksen pukuhuoneet ja niiden WC-tilat, jotka uusittiin remontissa täysin, sekä 2. kerroksen käytävä. Kone oli suunnitelmissa määritelty Recair Oy:n 3C ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi koneelle oli suunniteltu 1,5 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 3, joka sisältää yli 5 % luokan 3 poistoilmaa [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 6. IV-konehuone 1. Kuvassa vasemmalla 312 TK/PK ja oikealla 314 TK/PK. Takana näkyy kondenssieristetty tuloilmakammio.

3.5.2 IV-konehuone 2

IV-konehuoneessa 2 uusittiin urakkaan kuuluvana neljä IV-konetta. Uusista koneista kaikki neljä oli suunniteltu asennettavaksi samaan tilaan kuin edeltävät koneet, pois luki kahden koneen poistokoneet, jotka oli tilan puutteen vuoksi suunniteltu asennettavaksi konehuoneen katolle. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

- IV-kone 321TK:n (kuvassa 7 päällä oleva IV-kone) ja 321PK:n (kuvassa 10 vasemmalla oleva poistoilmakone) palvelualueena toimii 1. kerroksen halli 2. Tulokone 321TK oli suunnitelmassa määritelty Recair Oy:n 4D ilmanvaihtokoneeksi ja poistokone 321PK KOJAn HiLTO EC lämmöntalteenottoyksiköiksi. Kokonaisilmamääräksi koneille oli kummallekin suunniteltu 2,3 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 4 [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]
- IV-kone 322TK/PK:n palvelualueena toimii 2. kerroksessa sijainnut tila, joka urakassa muutettiin entisistä pukuhuoneista avoimeksi oppimisympäristöksi ja niiden WC-tiloiksi. Kone oli suunnitelmassa määritelty Recair Oy:n R2B ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi oli suunniteltu 0,6 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 3, joka sisältää yli 5 % luokan 3 poistoilmaa [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. Koneen lämmöntalteenottomuotona toimii vastavirtalevyllämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]
- IV-kone 323TK (kuvassa 7 alla oleva IV-kone) ja 323PK:n (kuvassa 10 oikealla oleva poistoilmakone) palvelualueena toimii 1. kerroksen halli 3. Tulokone 323TK oli suunnitelmassa määritelty Recair Oy:n 4E ilmanvaihtokoneeksi ja poistokone 323PK KOJAn HiLTO EC lämmöntalteenottoyksiköiksi. Kokonaisilmamääräksi koneille oli kummallekin suunniteltu 2,9 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 4 [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

- IV-kone 325TK/PK:n palvelualueena toimii 1. kerroksen luokkatilat sekä osa käytävästä. Kone oli suunnitelmissa määritelty Recair Oy:n R3B-VL-R ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi oli suunniteltu 1,1 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 3, joka sisältää yli 5 % luokan 3 poistoilmaa [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenotto-
muotona toimi vastavirtalevyylämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B ...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 7. IV-konehuone 2. Kuvassa päällä 321TK ja alla 323TK.

3.5.3 Uusi IV-konehuone

Rakennuksen 1. kerrokseen aikaisemmin varastona toimineeseen tilaan rakennettiin uusi IV-kone huone, johon yksi IV-konehuoneessa 1 aikaisemmin sijainneesta koneista uusittiin [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017].

- IV-kone 316TK/PK:n (kuva 8) palvelualueena toimii 1. kerroksen teoria/demo-luokkaa ja osa käytävää. Kone oli suunnitelmassa määritelty Recair Oy:n 3C ilmanvaihtokoneeksi. Tulo- ja poistoilmamääräksi koneelle oli suunniteltu 1,7 m³/s. Palvelualueen poistoilmaluokka on luokka 4 [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat]. IV-koneen lämmöntalteenottomuotona toimii nestekiertoinen vesi-glykolilämmönsiirrin. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 8. 1. kerroksen IV-konehuone. Kuvassa vasemmalla 316TK ja oikealla 316PK.

4 IV-urakkaan liittyvät haasteet

4.1 Aikataulu

Aikataulun tiukkuus loi haastetta urakan onnistumiselle. IV-urakan luonteesta johtuen sen aikataulu jouduttiin rajaamaan kuvan 9 mukaisesti viikon 21 alusta viikon 32 loppuun, eli vanhan järjestelmän purun ja uuden järjestelmän käyttöönoton väliin jäi aikaa 12 viikkoa. Tällöin opiskelijat ja kouluhenkilökunta olivat kesälomien vuoksi poissa työmaa-alueeksi muunnetulta koulualueelta, eikä koulua jouduttu sulkemaan remontin vuoksi.

Urakan laajuus ja monet pitkäkestoiset työvaiheet tekivät tästä 12 viikon aikavälistä hankalan toteuttaa. Työvoimaa piti kiinnittää tarpeeksi työmaalle, ja työntekijöiden lomat piti tarkasti rytmittää keskenään, jotta työntekijävajautta ei pääsisi syntymään missään vaiheessa. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

Varia Aviapolis jana-aikataulu	Toukokuu		Kesäkuu				Heinäkuu				Elokuu	
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
IV-konehuoneet	IV-koneiden purku (purku urakka)		Uusien IV-koneiden ja kanavistojen asennus									
2. Kerros	Osan vanhoista kanavista purku (purku urakka)		Uusien kanavistojen ja järjestelmän osien asennus									
1. Kerros	Osan vanhoista kanavista purku (purku urakka)		Uusien kanavistojen ja järjestelmän osien asennus									
											Säädöt ja mittaukset	
											Säädöt ja mittaukset	
											Säädöt ja mittaukset	
	Rakennusvalvonnan IV-töiden loppukatselmus											

Kuva 9. IV-urakan viikkokohtainen jana-aikataulu

Työmaalla toimi samanaikaisesti LVI:n lisäksi monen eri alan toimijoita, muun muassa rakennus-, sähkö- ja automaatioalalta, joiden jokaisen erillisen työvaiheen aikataulutuksen yhteensovittaminen oli ensisijaisen tärkeää. Pienikin viivästyminen yhdessä työvai-

heessa saattaisi venyttää koko työmaa-aikataulua. Tästä syystä jouduttiin laatimaan tarkat suunnitelmat, miten mikäkin työvaihe tulisi etenemään ja pohtimaan ennalta mahdollisia vastaan tulevia esteitä ja niihin ratkaisuja. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

Ilmanvaihtokoneiden ja muiden tarvikkeiden, joiden toimitusajat ovat esimerkiksi tuotannollisista syistä pitkät, tilaus ja hyväksyttäminen suunnittelijalla piti suorittaa hyvissä ajoin ennen työmaan alkamista ja toimitukset piti saada tarkasti sovittua. Kesäloma-aika loi haastetta myös siitä syystä, että tuolloin monilla tuotevalmistajilla valmistus- ja toimitusajat ovat työntekijöiden kesälomista johtuen vielä normaalia pidemmät. Pitkät toimitusajat loivat haastetta erityisesti ennakoimattomien ongelmien ilmetessä. Lisäksi ongelmien ratkaisuksi kehitetyt toimenpiteet piti saada pikaisesti hyväksytyä suunnittelijoilla ja tilaajalla, jottei aikataulusta jääty jälkeä. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

4.2 Tilavaraukset

4.2.1 IV-konehuoneet

Koska konehuoneet oli rakennettu vanhojen, kooltaan pienempien, IV-koneiden koon ja tilantarpeen mukaan, piti uusien koneiden sijoittelu suunnitella tarkkaan, jotta koneiden vaatimat huoltotilojen tilavaatimukset tulisi täytettyä. Ilmanvaihtokoneiden huoltoa ja korjausta varten on varattava vähintään samanmittainen tila kuin huollettavien laitteiden mitta huoltosuunnassa. Yleisimmin tämä vastaa kyseisen IV-koneen leveyttä. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 24 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuus ja huollettavuus.]

Uusien IV-koneiden suuremmasta koosta johtuen kaikki uudet IV-koneet eivät mahtuneet samoille asennuspaikoille kuin niitä edeltäneet koneet. Tilan puutteen vuoksi rakennettiin 1. kerrokseen uusi IV-konehuone, ja hallitiloja palvelevat 321PK ja 323PK asennettiin 2. konehuoneen katolle. IV-koneiden sijoittelu ja kanavoinnit IV-konehuoneissa oli suunniteltu valmiiksi LVI-piirustuksissa, mutta niiden todelliset paikat ja asennettavuus jouduttiin yhdessä suunnittelijan kanssa tarkistamaan ja tarkentamaan vielä paikan päällä, kun vanhat koneet oli saatu purettua purkuliikkeen toimesta ja todellinen asennukselle jäävä tila saatu selville. Aikaa suunnitteluun ei jäänyt paljon, ja kanavareitit täy-

tyi suunnitella lähes samaa tahtia kanaviston asennuksen kanssa, jotta pysyttiin aikataulussa. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B ...6573A310B Revisio 3 2017.]

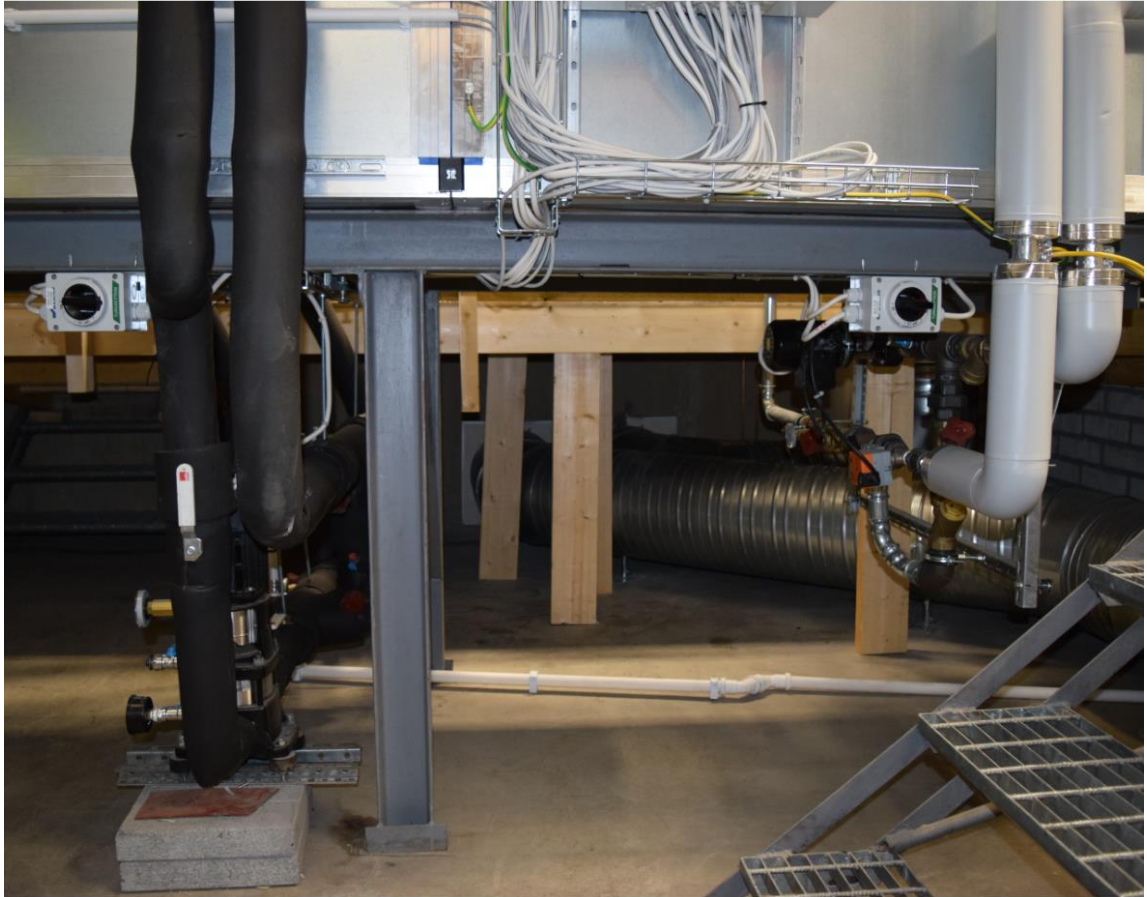


Kuva 10. IV-konehuoneen katto. Kuvassa vasemmalla 321PK ja oikealla 323PK.

IV-konehuoneiden 1 ja 2 IV-koneiden raitisilmakammiot pystyttiin suunnittelemaan, piirtämään ja tilaamaan, vasta kun IV-koneet oli saatu asennettua oikeille paikoilleen ja haalausreitit vuoksi purettu IV-konehuoneen kantavat tukirakenteet rakennettua uusiksi. Kammiot jouduttiin muotoilemaan rakennetta kannattelevien teräspalkkien mukaan, jotka taas pienensivät valmiiksi suunniteltua raitisilmasäleiköltä kammioon virtaavan ilman sisäänvirtausalaa. Kammioiden mitoituksessa piti varmistaa, että Talotekniikkainfossa esitetty 2,0 m/s virtausnopeus vapaalla aukolla ei ylitä [Saari 2018.]. Tiukan aikataulun vuoksi työvaiheiden porrastaminen ja suorittaminen aikataulussa vaati saumatonta yhteistyötä kaikkien urakan osapuolien välillä. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

Huoltotilan lisäksi IV-koneiden pumppuryhmät vaativat omat suunnitelmien mukaiset tilansa koneiden vierustasta. IV-konehuoneiden rajoitetusta koosta johtuen jouduimme kehittämään suunnitelmista poikkeavia vaihtoehtoisia ratkaisuja pumppuryhmien asennuspaikoiksi. Osa IV-koneista asennettiin vanhojen IV-koneiden asennusalustoille, jotka olivat noin metrin korkeudella konehuoneen lattiatasosta. Alustoilta IV-koneet saatiin kytkettyä suoraan raitisilmakammioon, mutta alustoja jouduttiin muokkaamaan leveämmiksi

uusien IV-koneiden suurempien kokojen vuoksi. Näiden IV-koneiden pumppuryhmät onnistuttiin asentamaan IV-koneiden alle kuvan 11 mukaisesti. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

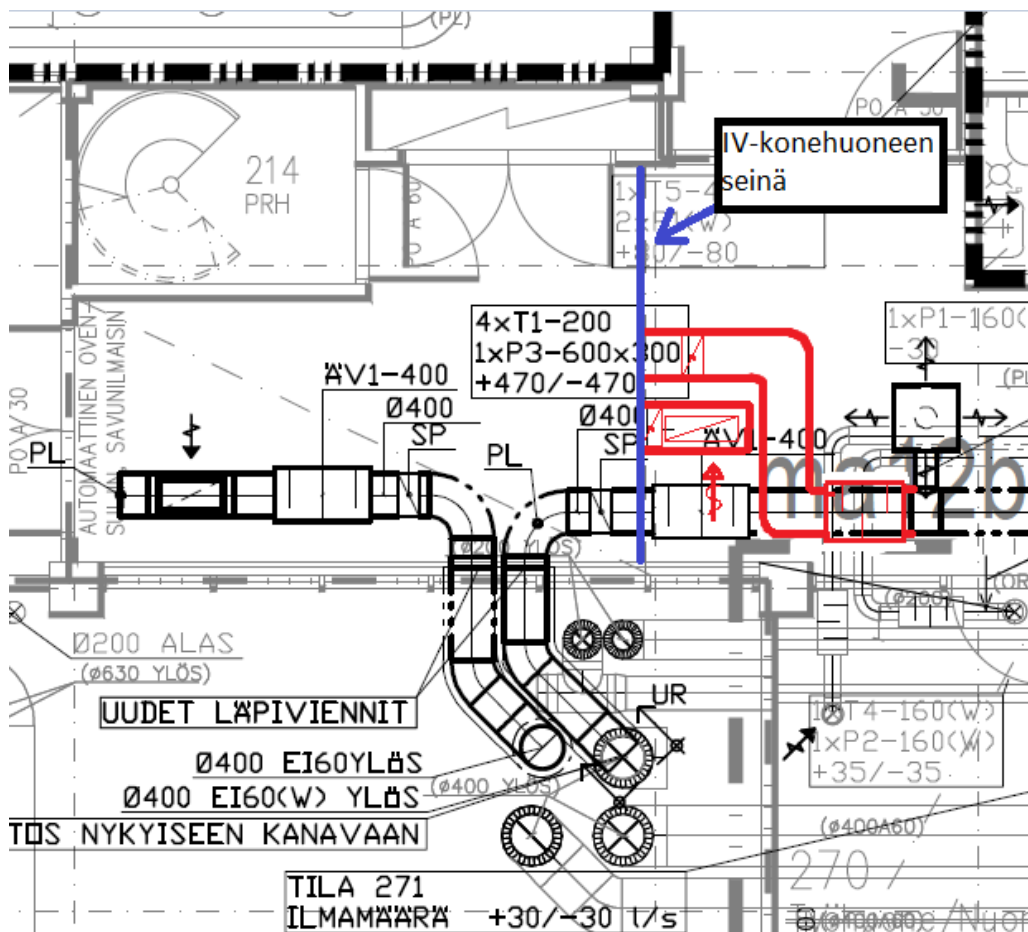


Kuva 11. IV-kone 315TK/PK:n glykolilämmöntalteenoton ja lämmityksen pumppuryhmät. Takana 315TK/PK:n palvelualueena toimivan käytävän runkokanavat ja palopellit.

IV-kone 316TK/PK asennettiin omaan erilliseen konehuoneeseensa, jossa huonekorkeutta oli koneen asennuspaikan kohdalla lattiasta kattoon alle kaksi metriä. Kuvasta 8 näkee, kuinka tulo- ja poistoilmakoneet täytyi matalan tilan vuoksi asentaa vierekkäin, tavanomaisesta päällekkäinasennuksesta poiketen. Raitis- ja jäteilmakanavistoille mahdollinen lävistyskohta konehuoneen seinässä sijaitti aivan lattianrajassa, joten koneet päätettiin asentaa aivan lattian tuntumaan, niin alas kuin konealustojen sallituissa säätörajoissa päästiin. Tilaa pumppuryhmälle jäi onneksi vielä poistoilmakoneen päältä, johon se tilan puutteen vuoksi asennettiin suunnitelmista poiketen. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

4.2.2 Muut tilat

Luokka-, käytävä-, aula- ja hallitiloissa uusien IV-kanavien asennuksia ja läpivientejä hankaloitti vanhat käyttöön jäävät kanavistot sekä kanavien kulkureitille osuneet kantavat palkkirakenteet, joita ei voitu lävistää. Kanaviston tielle osuneet esteet ilmenivät useassa tilanteessa vasta työmaalla, joten uusia reittisuunnitelmia jouduttiin tekemään nopealla aikataululla. Palo-osaston rajojen ylittämistä pyrittiin välttämään, jotta välttyttiin lisäkustannuksia tuovien uusien palopeltien ja paloeristysten tekemiseltä. Tämä hankaloitti vaihtoehtoisten kanavareittien suunnittelua. Hallitiloissa IV-kanavien asennuksia hankaloittivat kiinteät autonostimet, joita ei pystynyt siirtämään. Kanavat onnistuttiin asentamaan suunnitelluille paikoilleen käyttämällä pitkän ulottuvuuden omaavia kuukulkijoita tavallisten henkilönostimien sijaan. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B ...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 12. Kuvakaappaus ilmanvaihtosuunnitelmasta LVI-6573A302B, johon punakynällä piirrettiin käytävän tulo- ja poistoilmakanavien toteutetut reittimuutokset.

LVI-suunnitelmissa 315 TK/PK:n 2. kerroksen ilmanvaihdon runkokanavat oli piirretty kulkemaan lävistäen IV-konehuoneen lattian ja laskeutuen alapuoliseen 1. halliin, josta ne oli suunniteltu kulkemaan hallin katon rajassa ja IV-koneen palvelualueelle 2. kerroksen käytävälle lävistäen tilojen välisen seinän kuvan 12 mukaisesti. Eri paloalueeseen kuuluvan hallitilan lävistäviin kanaviin oli määräysten mukaan suunniteltu EI60 paloneristys. Tilassa 2. kerroksen käytävällä, johon kanavat oli suunniteltu hallin puolelta tulemaan, oli rakennettu kiinteä alakatto. Täten suunniteltuja Ø400:n pyöreitä kanavia ei voitu asentaa kyseiseen kohtaan alakaton alle kanavien asentuessa liian matalalle käytävässä, vaan alakattorakenne olisi pitänyt purkaa. Helpommaksi ja taloudellisemmaksi ratkaisuksi keksittiin kanavien vaihtoehoiseksi reitiksi tuoda ne kuvan 11 ja kuvan 13 mukaisesti IV-konehuoneessa 315 TK/PK:n konepedin alta ja lävistää IV-konehuoneen ja 2. kerroksen käytävän välinen seinä 2. kerroksen puolelle tilaan, jossa huonekorkeus oli kanavien asennukseen riittävä. Nyt kun hallitilaan ei tarvinnut kanavoinneilla mennä, riittivät palonrajoitukseen palopellit paloalueen rajalla (IV-konehuoneen seinällä, katso kuva 4). [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B ...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 13. IV-kone 315TK/PK:n käytävän runkokanavien reittimuutos käytävän ja IV-konehuoneen välillä.

4.3 IV-asennukset

IV-järjestelmää ja sen osia oli työmaalla samanaikaisesti asentamassa enimmillään kymmenisen asentajaa. Asentajat ovat kaikki kokeneita ja omatoimisia työssään, mutta siitä huolimatta ja työmaan laajuuden ja asentajamäärän vuoksi, vähintään yhden työnjohtajan oli oltava päivittäin läsnä asennustyön ohjaamisessa ja valvonnassa. Asentajien kanssa kävimme yhdessä läpi urakka-alueet, joissa milloinkin päästiin etenemään ja mitä kussakin urakka-alueessa tultaisiin tekemään. Asentajien tuli viipymättä ilmoittaa meille työnjohdolle, mikäli jonkin työvaiheen eteneminen pysähtyi. Tällöin, jotta aikataulussa pysyttiin, piti työnjohdon pikaisesti kehittää seuraava työvaihe, jossa päästiin etenemään. Jos taas työn seisahtuminen johtui jostakin asennuksen estävästä ongelmasta, kehitettiin yhdessä asentajan kanssa ratkaisu, jotta työt saatiin jatkumaan. Asennustarvikkeiden ja osien tilaukset tapahtuivat pääsääntöisesti työnjohdon kautta, pieniä tukusta pakettiautolla saatavia pikaisen tarpeen tarvikkehankintoja lukuun ottamatta. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

Urakassa asennettavien uusien IV-koneiden asennus tuotti osaltaan omat haasteensa. IV-koneet olivat pituudeltaan 1 880–3 600 mm ja kuivapainoltaan 488–913 kg, joten ne toimitettiin työmaalle lohkoissa. Lohkot nostettiin vesikatolle nosturilla, mutta IV-konehuoneeseen haalaus tapahtui käsin kantamalla. IV-konehuoneista 1 ja 2 purettiin rakennusliikkeen toimesta haalausaukoiksi eteläpäädyn seinät, joihin koneiden raitisilmäsäleiköt tultiin myöhemmin suunnitelmien mukaan asentamaan. Tästä huolimatta haalaukselle jäi tilaa rajoitetusti, ja erityisesti pyörivän LTO-kennon, jonka akseli voi vaurioitua liiasta kallistamisesta, sisään saamisessa täytyi noudattaa suurta tarkkaavaisuutta. Konehuoneiden tilanpuutteen vuoksi koneiden sisäänhaalausjärjestys piti suunnitella tarkoin, asennuspaikalleen haalatun koneen ohi ei kyennyt haalaamaan toista konetta. Tarkka työn johtaminen raskaiden lohkojen haalauksessa oli välttämätöntä, jotta tapaturmilta vältyttiin. Ryhmähenkeä nostattaakseen ja työvoimaa lisätäkseen työnjohtajatkin antoivat oman panoksensa haalaustöissä. Koneiden lohkot saatiin kasatuiksi ja asennetuiksi paikoilleen turvallisesti ja ilman tapaturmia. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

4.4 Vanhat säilytettävät IV-järjestelmänosat

Kohteeseen oli suunniteltu asennettavaksi uusia kanavistoja ja kanavavarusteita. IV-konehuoneiden kanavistot uusittiin kokonaisuudessaan ja kerrosten kanavointeja uusittiin osittain. Urakan edetessä kävi ilmi, että osa vanhoista säätöpelleistä ja palopelleistä ei ollut enää toimintakuntoisia ja ne täytyi uusida. Lisäksi tuloilmakanavistosta löytyi kuvan 14 mukaisia osia, joissa oli käytetty rakennusaikaisen tavan mukaisesti kanavan sisäisenä äänieristeenä villaa. Saneerauksen yhteydessä tällaiset kanavaosat uusittiin. Kaikki ennakoimattomat muutokset tuli hyväksyttävä suunnittelijalla ja niistä aiheutuvat lisäkustannukset tilaajalla. Tiukasta aikataulusta johtuen työt eivät voineet pysähtyä, joten asentajille piti kehittää välittömästi vaihtoehtoinen työvaihe, jossa päästiin eteneämään. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]



Kuva 14. Tuloilmakanavistossa ollut ilmanjakolaatikko, jonka sisällä äänieristeenä reikäpellillä päällystettyä villaa.

Vanhojen säilytettävien kanavien liian pienet kanavakoot muodostuivat ilmavirtojen säädön yhteydessä haasteeksi. Rakennuksen WC-tiloihin oli suunniteltu poistoilma $30 \text{ dm}^3/\text{s}$, suunnitteluvaiheessa voimassa olleen Rakentamismääräyskokoelman D2 mukaan. Kirjoitushetkellä voimassa olleen FINVACin: Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen

muissa kuin asuinrakennuksissa mukaan poistoilmaa tulee olla koulurakennuksen WC-tilassa 20 dm³/s WC-istunta kohden. Osassa rakennuksen WC-tiloja poistoilmanvaihto toteutettiin vanhojen olemassa olevia kanavistojen kautta. Kolmessa WC-tilassa ilmamääriä ei saatu säädettyä suunnitelmia vastaavaksi pienien kanavakokojen vuoksi. Ilmamäärät saatiin kuitenkin säädettyä lähtötilannetta paremmaksi, lähelle määrättyä arvoa 20 dm³/s sallitun 20 %:n poikkeaman puitteissa. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017; Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012: 31; Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2017: 22; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 27 Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmanmukaisuuden toteaminen.]

4.5 IV-kone 316TK/PK:n raitis- ja jäteilmakanavisto

IV-kone 316TK/PK:n konehuoneen yläpuolella 2.kerroksessa sijaitsee auditorio, joten koneen raitis- ja jäteilmakanavisto oli suunniteltu kulkemaan konehuoneen seinästä läpi teoria/demoluokkaan, josta se nousisi kattoikkunan kohdalta auditorion seinustaa myöden kymmenen metriä ylös vesikatolle. Kummatkin kanavat oli suunniteltu tehtäväksi Ø630:n pyöreällä kanavalla, joista raitisilmakanava 50 mm lämpöeristettynä ja jäteilmakanava 100 mm lämpöeristettynä sekä kummatkin kanavistot pellitettynä. Haasteeksi muodostui kanavien eristäminen ja pellittäminen kanavien paikalleenasennuksen jälkeen. Kanavat oli suunniteltu kulkemaan aivan seinustaa vasten, ja eristys/pellitustyö tulisi olemaan erittäin työläs ja aikaa vievä työvaihe. Lisäksi kattoikkuna, jonka kautta kanavien olisi tarkoitus kulkea, ei ollut tarpeeksi suuri suunnitelluille eristetyille kanaville. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018; LVI-piirustukset; 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

Ratkaisuksi ongelmaan syntyi idea käyttää pyöreiden kanavien sijaan suorakaidekanavia, jotka pystyimme tilaamaan valmiiksi eristettynä ja pellitettynä. Ennen muutoksen hyväksyttämistä suunnittelijalla laskin oikean kokoiset suorakaidekanavan koot, joilla suunniteltuja ilmamääriä käytettäessä virtausnopeudet ja painehäviö eivät kasvaisi liian suuriksi. Suunnittelijan hyväksytyä ehdotetut suorakaidekanavat piirsin kanavista skitsit (ks. liite 2, jossa osa piirustuksista) ja lähetin ne kanavavalmistajalle. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]



Kuva 15. IV-kone 316 TK/PK:n raitis- ja jäteilmakanaviston suorakaidekanavien ja pyöreiden kanavien liitososat 1. kerroksen teoria/demoluokassa.

Ikkuna-aukko, josta kanavien oli tarkoitus kulkea, oli kooltaan noin 1,5 m x 1,2 m, joten kanavien eristetty yhteisleveys saisi enintään olla 1,5 m. Kun vähennetään kanavien lämpöeristykset, jää kanavien yhteisleveydeksi:

$$x = 1,5 \text{ m} - (2 * 0,1 \text{ m}) - (2 * 0,05 \text{ m}) = 1,2 \text{ m},$$

jossa x on kanavien yhteisleveys ilman eristyksiä

Tällöin yhden kanavan leveydeksi ilman lämpöeristyksiä saadaan:

$$y = \frac{1,2 \text{ m}}{2} = 0,6 \text{ m},$$

jossa y on yhden kanavan leveys ilman lämpöeristyksiä

Kanavan toisen kantin leveyden laskemisessa käytin apuna Lindab Oy:n Suorakaidekanavat-esitteen vastaavan halkaisijan laskentataulukkoa (taulukko 2). Suorakaidekanavan vastaava halkaisija d_e tarkoittaa sen kokoisen pyöreän kanavan halkaisijaa, jonka painehäviö vastaa suorakaidekanavan painehäviötä käytettäessä samaa ilmavirran määrää. Suorakaidekanavan vastaavaksi halkaisijaksi d_e haluttiin siis tässä tapauksessa suunnitellun Ø630:n pyöreän kanavan halkaisija eli 630 mm. [Suorakaidekanavat-esite: 3.]

Vastaavan halkaisijan laskentataulukosta (taulukko 2) käy ilmi, että vastaava halkaisija 630 mm saadaan aikaiseksi suorakaidekanavalla, jonka kantin leveys a on haluttu 600 mm ja kantin leveys b on 500 – 600 mm. Tällöin vastaavaksi halkaisijaksi d_e tulisi 599 – 657 mm.

Taulukko 2. Vastaavan halkaisijan laskentataulukko [Suorakaidekanavat-esite: 5]

Vastaava halkaisija, d_e [mm]

b \ a	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
100	152	169	183	207									
150	189	210	229	260	287	310							
200	219	244	267	305	337	366	414						
250		274	299	344	381	414	470	518					
300			328	378	421	458	521	575	621				
400				438	489	534	610	675	732	783	829		
500					547	599	688	763	829	888	941	991	1036
600						657	757	842	916	982	1043	1098	1150
800							876	978	1068	1148	1221	1289	1351
1000								1095	1199	1292	1376	1454	1527
1200									1314	1419	1514	1602	1684
1400										1534	1639	1736	1826
1600											1753	1858	1957
1800												1972	2078
2000													2191

Sijoittamalla vastaavan halkaisijan laskentataulukon yhteydessä olevaan laskentakaavan (kaava 1) arvoiksi leveys $a = 600\text{mm}$ ja arvioitu leveys $b = 552\text{mm}$, saatiin vastaavaksi halkaisijaksi d_e haluttu 630mm. [Suorakaidekanavat-esite: 5.]

$$d_e = 2 * b * \left((\pi^{2-n}) * \left(\frac{\left(1 + \frac{a}{b}\right)^{1+n}}{\left(\frac{a}{b}\right)^3} \right) \right)^{\frac{1}{(n-5)}} \quad (1)$$

n on $1/(1,05 * \log(\text{Re}) - 0,45)$

Re on $v_m * d_h / \nu$

v_m on 5 m/s

d_h on $(2 * a * b) / (a + b)$

ν on $0,000\,000\,101\,312 * t + 0,010\,013\,001\,375\,72$

t on 20 °C

$$d_e = 2 * 522 * \left((\pi^{2-n}) * \left(\frac{\left(1 + \frac{600}{522}\right)^{1+n}}{\left(\frac{600}{522}\right)^3} \right) \right)^{\frac{1}{(n-5)}} = 630,141619093396$$

$$d_e \approx 630$$

Ilmavirran nopeus ei myöskään saanut kasvaa suunnitellun kanavan nopeudesta. Virtauksen jatkuvuus yhtälöllä (kaava 2) saadaan lasketuksi kanavien massavirrat, joiden tulee säilyä vakiona riippumatta kanavan virtausalasta [Seppänen 1996: 94].

$$q_m = \rho_1 * v_1 * A_1 = \rho_2 * v_2 * A_2 \quad (2)$$

q_m on ilman massavirta [kg/s]

ρ_1 ja

ρ_2 on vastaava ilman tiheys [kg/m³]

v_1 ja

v_2 on vastaava ilman nopeus [m/s]

A_1 ja

A_2 on ilman virtausala [m²]

Yleisissä matalapainelaitoksissa virtaus ei ole kokoonpuristuvaa, ja tällöin tiheys pysyy vakiona [Seppänen 1996: 94]. Tällöin

$$q_v = v_1 * A_1 = v_2 * A_2 \quad (3)$$

q_v on ilman tilavuusvirta [m^3/s]

Suunnittelussa Ø630:n pyöreässä kanavassa ilman virtausala saadaan laskemalla ympyrän pinta-ala (kaava 4) käyttämällä halkaisijana kanavan halkaisijaa 630 mm.

$$A_1 = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4)$$

A_1 on ympyrän pinta-ala [m^2]

d on ympyrän halkaisija [m]

$$A_1 = \frac{\pi * (0,63m)^2}{4} \approx 0,3117 m^2$$

Suorakaidekanavan virtausala saadaan laskemalla suorakaiteen pinta-ala (kaava 5) kanavan kanttien leveyksillä 600 mm ja 552 mm.

$$A_2 = a * b \quad (5)$$

A_2 on suorakaiteen pinta-ala

a on toisen kantien leveys

b on toisen kantien leveys

$$A_2 = 0,6m * 0,552m = 0,3312 m^2$$

Suunniteltu ilmavirta kummassakin kanavassa oli $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Nyt kaavan 3 avulla saadaan kanavien virtausnopeudet laskettua.

$$1,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = v_1 * 0,3117 \text{ m}^2 ; v_1 = \frac{1,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,3117 \text{ m}^2} = 5,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$1,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = v_2 * 0,3312 \text{ m}^2 ; v_2 = \frac{1,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,3312 \text{ m}^2} = 5,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

v_1 on pyöreän kanavan virtausnopeus

v_2 on suorakaidekanavan virtaus nopeus

Suorakaidekanavissa $552 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ painehäviöt pysyvät siis samana kuin suunnitelluissa $\text{Ø}630$ pyöreissä kanavissa käytettäessä samaa ilmavirran määrää. Lisäksi ilmavirtausnopeus laski hiukan suunnitelluista. Kanavat sopivat lisäksi kulkemaan suunniteltua reittiä kattoikkunan kautta (kuva 15 ja 16) joten tilavaraus oli riittävä.



Kuva 16. IV-kone 316 TK/PK:n raitis- ja jäteilmakanaviston lävistysreitti kattoikkunan kautta ja nousu vesikatolle.

5 Säädot ja mittaukset

5.1 Ilmanvaihdon säätö ja mittaukset

Ennen rakennusvalvonnan loppukatselmusta IV-järjestelmä ja sen päätelaitteet tuli säätää suunnittelijan määrittämiin arvoihin ja säädön yhteydessä tapahtuneista ilmavirtojen mittauksista laadittiin mittauspöytäkirja rakennusvalvonnan vaatimuksen mukaan [IV-Tarkastusasiakirja: 2]. Mittaustulokset kirjattiin excel-pohjaiseen IV-konekohtaisen mittauspöytäkirjapohjaan, jonka laadin mittaajien käyttöön ennen ilmanvaihdon säädön ja mittauksen aloittamista. Ennen kuin säätö pystyttiin aloittamaan, tuli koko järjestelmän olla valmis sähkö- ja automaatiokytkennät mukaan lukien. Urakka-alueen suuresta koosta, joka kattoi yhdeksän ilmanvaihtokoneen palvelualueet, johtuen ilmanvaihdon säädölle ja mittauksille varattiin aikaa urakan lopusta kymmenen päivää. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

LVI-E. Uusimaa Oy:n työntekijöistä koottiin ilmanvaihdon säätöä ja mittauksia varten kolme kahden hengen mittausryhmää. Jokaiselle ryhmälle jaettiin kolme IV-konetta ja niiden palvelualueet. Kussakin ryhmässä toinen toimi säätäjänä/mittaajana ja toinen kirjasi mittaustulokset ja säätöarvot laatimaani mittauspöytäkirjapohjaan. Pääosin mittausmenetelmänä käytettiin paine-eroon perustuvaa mittauksia, joka perustuu siihen, että tunnetaan venttiilin ja huoneilman välisen paine-eron ja venttiilistä kulkevan ilmamäärän riippuvuus toisistaan [Harju 2006: 129]. Paine-eroarvon avulla laskettiin päätelaitekohtainen virtaama laitevalmistajan taulukon avulla. Osan päätelaitteista kohdalla säätö ja mittaus tapahtuivat päätelaitekohtaisesti kanavaan asennetusta säätöpelistä. [Työmaapöytäkirja Varia Aviapolis 2018.]

Hallitilojen ja teoria/demoluokan poistoilmakanaviin asennettiin kuvan 17 mukaiset suunnitelmiin määritetyt moottoritoimiset IMS-ilmavirransäätölaitteet, joilla kompensoitiin tilojen pakokaasunpoistoja. Ilman IMS-ilmavirransäätölaitteita hallitiloissa toimineet vanhat ja teoria/demoluokan asennetut uudet pakokaasunpoistoon tarkoitetut letkuketat, jotka vesikatolla kytkettiin omiin huippuimureihin, aiheuttaisivat käytössä ollessaan tilan alipaineistumisen liiasta poistoilmasta johtuen. Moottoritoimiset IMS-ilmavirransäätölaitteet kytkettiin tilan poistoilmakanavaan siten, että pakokaasun poistojen ollessa käytössä IMS-ilmavirransäätölaite säätää tilan muuta poistoilmavaihtoa pakokaasun poistojen

verran pienemmäksi, jotta tasapaino tulo- ja poistoilmavirtojen välillä säilyy vakiona. [LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]



Kuva 17. Hallin 2 poistoilmakanavaan asennettu moottoritoiminen IMS-ilmavirransäätölaite.

5.2 Saavutetut ilmamäärien muutokset

Vanhat ilmavirrat oli säädetty osassa tiloista riittämättömiksi nykyisiin tarpeisiin ja niissä ilmamäärää kasvatettiin, jotta saavutettiin määräysten vaatimat ilmamäärät. Osan tiloista käyttötarkoitus muuttui kokonaan, ja näissä suunnittelija suunnitteli järjestelmän ja sen

ilmamäärät uusiksi. Tästä syystä uusittavat IV-koneet suunniteltiin tehoiltaan ja ilmamääriltään edeltäjiensä suuremmiksi. [IV-mittauspöytäkirjat Varia Aviapolis 2017; LVI-piirustukset 6573A004B...6573A310B Revisio 3 2017.]

Tilakohtaiset ilmamäärät saatiin urakassa säädettyä suunnitelmien mukaisiksi, muutamissa tiloissa määräysten salliman 20 % tilakohtaisen poikkeaman puitteissa [Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 27...], mitkä johtuivat vanhoista säilytettävistä IV-kanavista ja päätelaitteista. Ennen urakkaa suoritetuista mittauksista käy ilmi, että kaikkien tilojen tilakohtaiset ilmamäärät eivät olleet tasapainossa tai vanhojen suunnitelmien mukaan oikein säädetty. Urakan lopussa suoritetuista mittauksista käy ilmi, että tilojen ilmanvaihto on saatu toimimaan uusien suunnitelmien mukaan ja säädettyä oikein. Esimerkkinä liitteen 3 sivulta 1 käy ilmi, että vanhoissa suunnitelmissa 2. kerroksen käytävälle on suunniteltu ja toteutettu tulo-/poistoilma määräksi +60/-0 l/s. Liitteestä 3 sivulla 2 käy ilmi, että urakassa käytävälle suunniteltiin tulo-/poistoilma määräksi +470/-470 l/s, joka saatiin säädettyä arvoihin +483/-480 l/s. [IV-mittauspöytäkirjat Varia Aviapolis 2017; IV-mittauspöytäkirjat Varia Aviapolis 2018.]

6 Urakan onnistuminen ja takuu aika

Ilmanvaihdon saneeraus oli haastava projekti niin suunnittelun, työnjohdon kuin asennuksenkin osalta. Urakka onnistui hyvin, ja IV-työt saatiin valmiiksi määräajassa rakennusvalvonnan loppukatselmukseen mennessä, ja Varian oppilaitos pääsi jatkamaan toimintaansa normaalisti syyslukukauden alkaessa. Tosin tämä vaati työvoiman lisäystä ja ylitoita asentajien ja työnjohdon osalta. LVI-työt laskutettiin ennalta laaditun maksuerätaulukon mukaisesti. Suunnitelmat olivat niin kattavat ja hyvin laaditut, ettei suuremmille lisätoille ilmennyt urakassa tarvetta.

Vastaanottotarkastuksen yhteydessä tilaajalle luovutettiin IV-järjestelmän ja sen osien käyttö- ja huolto-ohjekansio. Huoltohenkilöstölle pidettiin laitteiston käytönopastustilaisuus, jossa käytiin läpi huollettavat kohteet, esimerkiksi ilmanvaihtosuodattimien vaihto ja mahdollisten hälytysten lukeminen/kuittaaminen automaatiojärjestelmästä. IV-töiden osalta takuu on voimassa kaksi vuotta kohteen vastaanotosta YSE1998:n mukaisesti.

Urakoitsija on tänä aikana velvollinen korjaamaan omalla kustannuksellaan ne urakka-suorituksessa ilmenneet virheet ja vauriot, jotka eivät ole aiheutuneet normaalista kulumisesta tai virheellisen käytön, taikka tilaajan vastuulle kuuluvien huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä. [Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998 (RT 16-10660) 1998: 8.]

7 Yhteenveto

Ammattikoulurakennuksen ilmanvaihtosaneeraustyö oli haasteellinen projekti, ja siinä onnistuttiin mielestäni hyvin. Ammattikoulurakennuksessa haasteita loivat tavalliseen toimitilarakennukseen verrattuna ammattiopetuksen vaatimat erilaisiin käyttötarkoituksiin tehtyjen tilojen ilmanvaihtojärjestelmien toteutukset. Suurimmat haasteet ilmanvaihtojärjestelmän saneerauksessa olivat tilavaraukset, jotka aiheuttivat kattavista suunnitelmista huolimatta nopeita työaikaisia muutoksia. Lyhyt aikataulu yhdistettynä urakanaikaiseen suunnitteluun, joka usein pystyttiin suorittamaan vasta kun aikaisempi työvaihe oli suoritettu ja todellinen jäljelle jäänyt tila saatu selville, loivat oman kiireensä ja haasteensa urakalle. Tähän lisättyä muut urakassa tulleet odottamattomat hidasteet ja haasteet lisäsivät aikataulun tiukkuutta. Tämä loi painetta työnjohdolle, joka loppukädessä vastasi työsuoritusten ja laadun valvonnasta sekä työn valmistumisesta aikataulussa ja ilman suurempia kustannusten nousuja.

Uusien IV-koneiden parempien SFP-lukujen ansiosta energian kulutusta saatiin optimoitua. Usean IV-koneen ilmamäärät oli kuitenkin suunniteltu edeltäjiensä suuremmiksi palvelualueiden tilojenmuutosten ja määräysten vaatimien suurempien ilmamäärien johdosta, joten IV-koneiden energiankulutuksia ei voida suoraan verrata urakkaa edeltäneisiin energiankulutuksiin.

Työt saatiin valmiiksi määräajassa ja tilaajan tavoitteet hankkeeseen ryhtymiselle täytettyä. Tilamuutokset onnistuivat suunnitellusti, ilmamäärät saatiin säädettyä suunnitelmien mukaisiksi ja ilmanvaihtojärjestelmä saatiin päivitettyksi nykypäivään. Tavoitteet siis saavutettiin ja siinä onnistuttiin urakkaan osallistuneiden tahojen saumattoman yhteistyön ja ammattitaitoisten organisaatioiden ansiosta.

Insinööriyön aiheena ollut ilmanvaihdon saneeraus oli minulle ensimmäinen ilmanvaihtosaneeraukseen liittyvä projekti ja työmaa, johon osallistuin työnjohtotehtävissä. Sain työmaan parissa työskentelystä ja sen luomista haasteista paljon arvokasta oppia tulevalle työuralleni, ja se valmisteli minua seuraaviin vastaavanlaisiin työhaasteisiin.

Tämä LVI-E. Uusimaa Oy:lle suorittamani työ koostui työmaalla suoritetusta työnjohto-
harjoittelijan työstä ja siihen liittyvästä IV-urakkaan ja sen haasteisiin työnjohtajan näkö-
kulmasta syventävästä kirjallisesta insinööriyöstä. Olen tyytyväinen suoritukseeni kum-
mankin osa-alueen osalta ja saavutin tätä työtä tehdessä itselleni ja yrityksen minulle
asettamat tavoitteet. Pääsin näyttämään tätä työtä tehdessäni yrityksen johdolle osaa-
miseni ja mielenkiintoni alaa ja yritystä kohtaan, ja sen ansiosta sain solmittua työsuhteen
jatkumisen kyseisessä yrityksessä.

Usein tämän työn aiheena olleen IV-urakan kaltaisten työmaiden kohdalla yrityksen si-
säinen lopputarkastelu keskittyy pääasiassa urakan taloudellisen puolen tarkasteluun ja
urakalle asetettujen taloudellisten päämäärien saavuttamiseen. Tässä insinööriyössä
syvennyttiin kuitenkin urakan onnistumiseen ja sitä edeltävän ja siihen tähtäävän jo suo-
ritetun työn varrella kohdattuihin haasteisiin ja niiden vaatimiin toimenpiteisiin. Tämän
työn avulla yritys pystyy tarkastelemaan omia tehtyjä toimia ja toimintamallejaan ja otta-
maan niistä oppia ja mahdollisesti kehittää niitä, mikäli kokee sen aiheelliseksi. Uskon,
että tämän työn avulla niin yritys kuin muutkin lukijat pystyvät samankaltaiseen urakkaan
ryhdyttäessä valmistautumaan vastaaviin tilanteisiin, joita tämä työ piti sisällään.

Kyseinen työmaa ja muutamat sen ohessa käynnissä olleet työmaat työllistivät minut
työnjohtoharjoittelijana kokopäiväisesti, joten päädyin kirjoittamaan kirjallisen insinööri-
työn pääosin vasta työmaan loputtua. Näin jälkikäteen pohdittuna olisin voinut jo työ-
maan aikana dokumentoida ja paneutua joihinkin urakan osa-alueisiin syvemmin sekä
luonnostella kirjoitusta, kun asiat olivat vielä tuoreessa muistissa. Lisäksi nykyisellä ener-
gian säästöön tähtäävällä aikakaudella insinööriyössä olisi voitu perehtyä syvemmin
myös saavutettuihin energiankulutuksen parannuksiin vanhan ja uuden järjestelmän vä-
lillä. Tämä olisi tosin karannut alkuperäisestä työnaiheesta liaksi sivuraiteille ja vaatinut
pitkän tarkastelujakson rakennuksen energiankulutuksissa, joten jätetään se mahdol-
liseksi jatkokehitysideaksi ja mahdolliseksi uuden insinööriyön aiheeksi.

Lähteet

FINVAC. 2017. Verkkoaineisto. FINVAC. <www.finvac.org/1>. Luettu 23.10.2018.

Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. Kouvola. Penan Tieto-Opus Ky.

Heinonen, Sampsa. 2018. Rakennusmestari, NCC Suomi Oy, Vantaa. Puhelinkeskustelu. 24.10.2018

Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas: 6.5 Palopellit. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/6-5>. Luettu 16.10.2018.

IV-mittauspöytäkirjat, Varia Aviapolis. 2017. LVI-E. Uusimaa Oy. Vantaa

IV-mittauspöytäkirjat, Varia Aviapolis. 2018. LVI-E. Uusimaa Oy. Vantaa

IV-Tarkastusasiakirja. Rakennusvalvonta tarkastusosasto. Vantaa: Vantaan kaupunki.

Säteri, Jorma. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008 Sisäympäristön uudet tavoitearvot. Espoo. Sisäilmayhdistys.

LVIA-Rakennustapaselostus, 6573A002B. 31.10.2017. Hepacon Oy. Helsinki.

LVI-piirustukset, 6573A004B...6573A310B, Revisio 3. 31.10.2017. Hepacon Oy. Helsinki.

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2017. FINVAC. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Penttinen, Jukka. 2018. Projektipäällikkö, Hepacon Oy, Vantaa. Puhelinkeskustelu. 24.10.2017.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rakennuslupa 52-0470-18-D. 2018. Vantaan kaupunki. Vantaa: Rakennusvalvontavirasto.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998 (RT 16-10660). 1998. RT-kortisto. Maaliskuu 1998. Rakennustieto.

Saari, Mikko. 2018. Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/ulkoilmalaitteiden-ja-ulospuhallusilmalaitteiden-sijoittaminen>. Luettu 7.10.2018.

Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Suomen LVI-yhdistysten Liitto.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 13 Poistoilmaluokat. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/13-ss-poistoilmaluokat>. Luettu 24.10.2018.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 14 Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittelu. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/14-ss-ulkoilmalaitteiden-ja-ulospuhallusilmalaitteiden-sijoittaminen>. Luettu 22.10.2018.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 16 Epäpuhtauksien leviäminen lämmöntalteenottolaitteissa. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/21-ss-epapuhtauksien-leviaminen-lammontalteenottolaitteissa>. Luettu 24.10.2018.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 24 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuus ja huollettavuus. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/24-ss-ilmanvaihtojarjestelman-puhdistettavuus-ja-huollettavuus>. Luettu 7.10.2018.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 25 Ilmanvaihtojärjestelmän eristäminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/luonnos-sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/luku-3-ilmanvaihto-ja-ilmanvaihtojarjestelmat/25>. Luettu 15.10.2018.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 27 Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmanmukaisuuden toteaminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/27-ss-ilmavirrat-ja-ominaissahkoteho>. Luettu 9.10.2018.

Sisäilmastoluokitus 2008, sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset (RT 07-10946). 2008. RT-kortisto. Joulukuu 2008. Rakennustieto.

Sisäilmastoluokitus 2008 Sisäympäristön uudet tavoitearvot. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys Ry. <<http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>>. Luettu 30.10.2018.

Suorakaidekanavat-esite. Verkkoaineisto. Lindab Oy. <itsolution.lindab.com/lindabweb-productsdoc/pdf/documentation/ads/fin/technical/11-rectangular-fi.pdf>. Luettu 17.10.2018.

Työmaapöytäkirja, Varia Aviapolis. 2018. LVI-E. Uusimaa Oy, yrityksen omat dokumentit. Vantaa

Vantaan ammattiopisto Varia. Ammattikoulut.fi. Verkkodokumentti. <www.ammattikoulut.fi/koulutukset/vantaan-ammattiopisto-varia/>. Luettu 24.10.2018.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 2017. Suomen säädöskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.

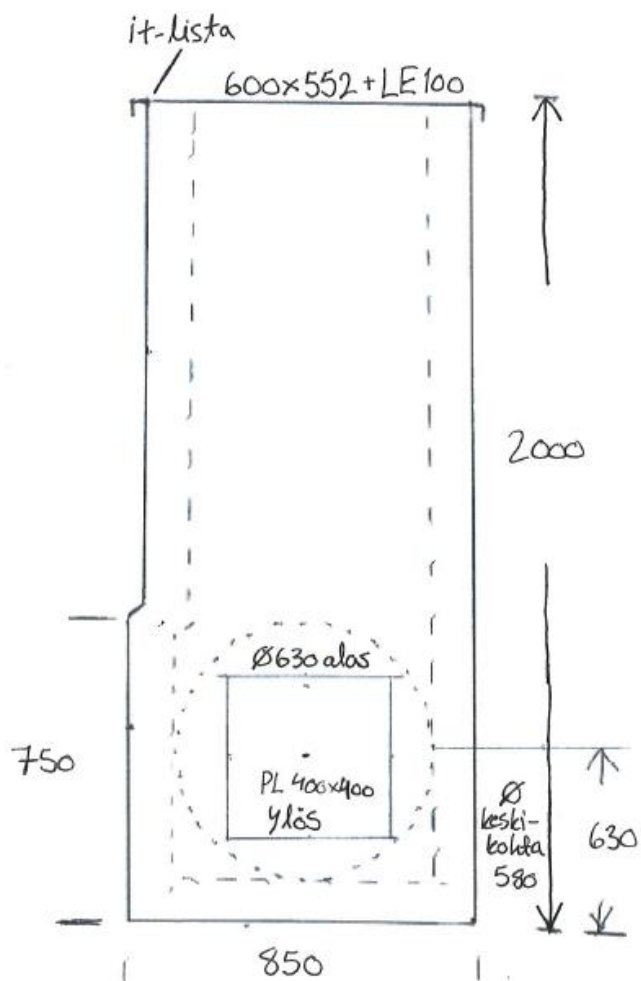
Poistoilmaluokkakohtaiset käytön rajoitukset ja tilaesimerkkejä

Poistoilma-luokka	käytön rajoitus	tilaesimerkkejä
Luokka 1	Ilmaa soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
Luokka 2	Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat. Myymlöiden, kahviloiden ja pizzerioiden kierto-/pizzauunin huuvan poistoilma voidaan liittää luokan 2 poistoilmakanavaan.
Luokka 3	Poistoilmaa tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, pyykin kuivatushuoneet, ulkoiluvälinevarastot, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, kopiolaitokset
Luokka 4	Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot sekä pesuloiden likapyykkiätilat. Autosuojat, katsastusasemat, autokorjaamot ja -maalaamot, ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot ja tupakointitilat. Elintarviketeollisuuden ja suurpesuloiden tilat.

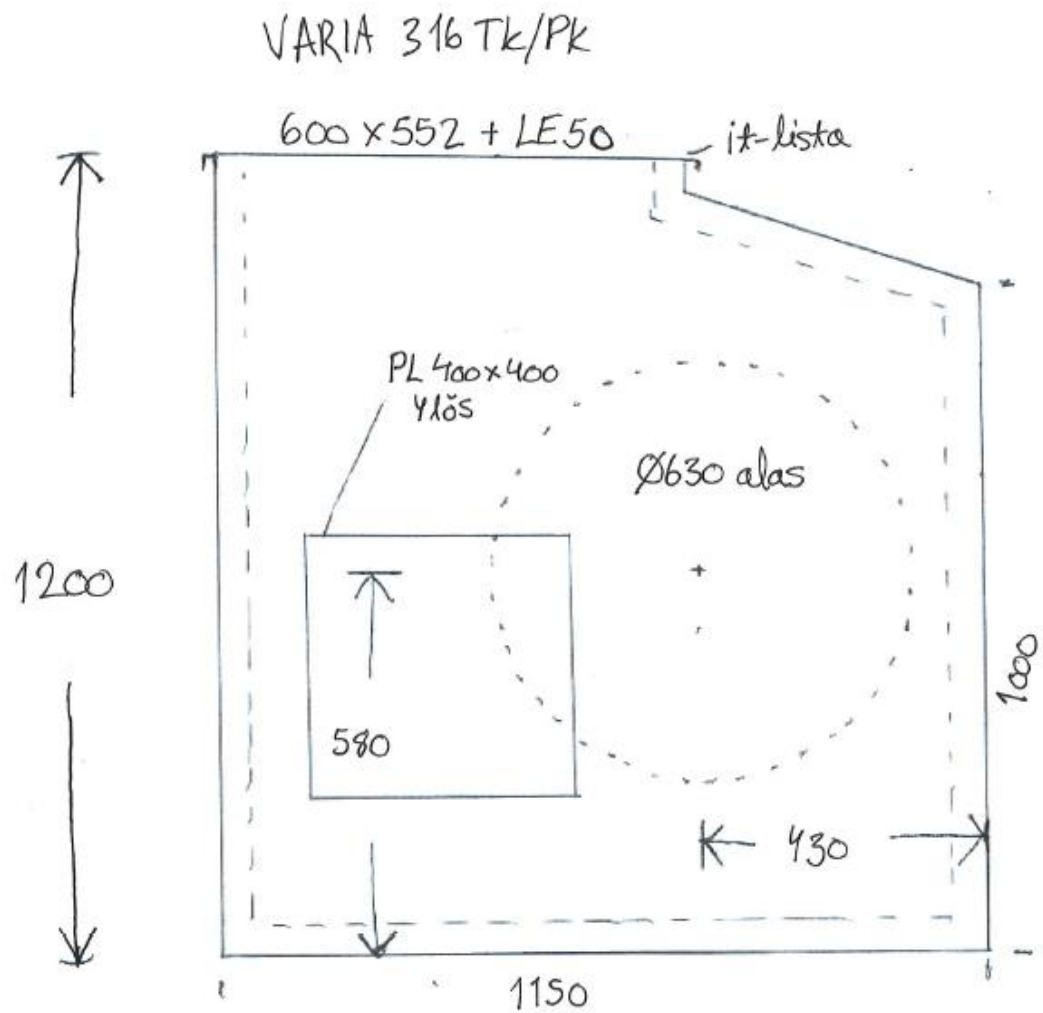
[Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas: 14 Poistoilmaluokat]

Työmaalla piirrettyjä skitsejä, eli luonnoksia kanavatailausta varten

VARIA 316 TK/PK



Kuvio 1. IV-kone 316 TK/PK:n jäteilmakanaviston suorakaidekanavan ja pyöreän kanavan liitososa.



Kuvio 2. IV-kone 316 TK/PK:n raitisilmakanaviston suorakaidekanavan ja pyöreän kanavan liitososa

Otteita IV-kone 315TK/PK:n mittauspöytäkirjoista

IV-kone 315TF/PF1 (Ristivirta LTO)													
Tilanum.	Tilatyyppi	Van.suun. mukainen tuloilmam. [l/s]	Van.suun. mukainen poistoilmam. [l/s]	Erillispoistot/ulpparit	Mittattu tuloilmamäärä	Mittattu poistoilmamäärä	Tuloilmapäätelaite tyyppi	Tuloilmapäätelaite lkm	Tuloilmapäätelaite koko	Poistoilmapäätelaite tyyppi	Poistoilmapäätelaite lkm	Poistoilmapäätelaite koko	päätelaitteissa villaa
235	Käytävä		60	0	809/4=167 + 80/4		HEB	4	160	T			

Kuvio 1. Ote vanhan IV-kone 315TK/PK:n mittauspöytäkirjasta, joka on mitattu enne urakan aloitusta.

LVI-E. Uusimaa Oy		Ilmämäärämittauspöytäkirja												
Sireenitie 32		Kohde: Vantaan Varia												
01390 Vantaa		Tontti/RNO												
Mittaja(t):		Kortteli/tila												
Mittauslaite:		Pressovac PHM-V1												
Pvm.														
IV-kone 315TK		POISTOILMA					TULOILMA							
tila	kpl	Paatelaitte	m/s	Pa	Ventt.as.	mitattu	vaadittu	kpl	Paatelaitte	m/s	Pa	Ventt.as.	mitattu	vaadittu
235 Käytävä	1	P3 AGC-600x300	239	2,5		480	470	4	T1 DKS+TRI/S-200	17	28,3	127	470	
										20	28,3	128		
										16	28,3	112		
										16	28,3	116		

Kuvio 2. Ote uusitun IV-kone 315TK/PK:n mittauspöytäkirjasta, joka on mitattu urakkaan kuuluvana.