

Sami Torppa

IV-KONEEN SEKOITUSOSAN TOIMINNAN TUTKIMINEN

IV-KONEEN SEKOITUSOSAN TOIMINNAN TUTKIMINEN

Sami Torppa
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Sami Torppa

Opinnäytetyön nimi suomeksi: IV-koneen sekoitusosan toiminnan tutkiminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Examination of Functioning of Damper in Ventilation Unit

Työn ohjaaja(t): Esa Pakonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 39+5 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ilmastointikoneen sekoitusosan toimintaa kolmessa liikekiinteistössä sekä yhdessä liikuntakäyttöön suunnitellussa monitoimihallissa, joissa kyseinen ilmavirtojen sekoitus on tavanomaista. Työn tavoitteena oli saada selville ilmalämmitysjärjestelmän toimivuus tilan painesuhhteita silmällä pitäen. Sekoitusosan toimintaa on yleisesti pidetty epävarmana vuosikausia, joten haettiin tietoa siitä, miten ilmavirtojen sekoittuminen oikeasti toimii.

Työn tilaajana toimi Peltisepänliike Nykänen Oy, heiltä yhteyshenkilönä toimitusjohtaja Matti Nykänen sekä projekti-insinööri Mika Männikkö, jotka esittelivät kohteet sekä niiden mahdolliset erityispiirteet. KPO-kiinteistöt Oy:n puolesta yhteyshenkilönä toimi energia-asiantuntija Tommi Kiiskilä.

Sekoitusosan toimintaa tutkittiin mittaamalla kuumalankamittauksin ilmavirran nopeutta ilmastointikoneelta lähtevistä tulo-, poisto-, ulkoilma- tai ulospuhallusilmanavista, tai jos mahdollista, kaikista edellä mainituista. Mittaustulosten perusteella laskettiin kanavissa kulkevat ilmamäärät.

Työn tuloksina saatiin todelliset ilmavirrat ja sekoitussuhteet ilmastointikoneessa, ja niitä vertailtiin tavoiteltuihin ilmavirtoihin. Tuloksien perusteella voidaan todeta, ettei ilmavirtojen sekoitus toimi kyseisissä kohteissa halutulla tavalla. Samalla voidaan todeta myös, kuinka ilmastointikonehuoneiden suunnittelussa ei tilantarvetta ole usein huomioitu riittävästi, mikä osaltaan vaikutti oleellisesti myös mittausten suorittamiseen.

Asiasanat: ilmastointikone, ilmavirta, sekoitusosa

ALKULAUSE

Kiitän opinnäytetyöni toimeksiantajaa Peltisepänliike Nykänen Oy:tä, josta varsinkin yhteyshenkilöitani Matti Nykästä ja Mika Männikköä. Kiitokset myös KPO-kiinteistöt Oy:lle, etenkin yhteyshenkilölleni Tommi Kiiskilälle. Aihe oli kiinnostava, ja yhteistyö toimi hyvin ja joustavasti läpi projektin. Haluan kiittää myös opinnäytetyöni ohjaajana toiminutta Esa Pakosta sekä kielenhuollosta vastannutta Pirjo Partasta.

Oulussa 3.4.2020

Sami Torppa

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN VALINNAN PERUSTEET	8
2.1 Yksivöhykejärjestelmä	8
2.2 Ilmavirtojen sekoitus	8
2.2.1 Poistoilmaluokat	10
2.2.2 Ilman nopeudet kanavassa	11
2.2.3 Palautusilma ja sen vaatimukset	12
2.2.4 Sekoitusosa	12
2.2.5 Sekoitusprosessi	13
3 KOHTEIDEN ESITTELY	15
3.1 S-Market nro 1	15
3.2 S-Market nro 2	17
3.3 Prisma	19
3.4 Monitoimihalli	21
4 MITTAUS	23
4.1 Ilman nopeuden mittaaminen kuumalankamittauksilla	23
4.1.1 S-Market nro 1	25
4.1.2 S-Market nro 2	26
4.1.3 Prisma	27
4.1.4 Monitoimihalli	28
4.2 Laskut	28
5 TULOKSET	30
5.1 S-Market nro 1	30
5.2 S-Market nro 2	31
5.3 Prisma	33
5.4 Monitoimihalli	35
6 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38

LIITTEET

Liite 1 Sääntökaavio, S-Market nro. 1

Liite 2 Sääntökaavio, S-Market nro. 2

Liite 3 Sääntökaavio, Prisma

Liite 4 Sääntökaavio, Monitoimihalli

Liite 5 Mittauspöytäkirjat

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia ilmanvaihtokoneissa käytettävien sekoituspeltien toimintaa ja sitä, tapahtuuko ilman sekoittumista siinä määrin kuin on tarkoitus. Kyseinen asia on ollut LVI-alalla ongelmana kauan, ja tarkkaa tietoa siitä, missä määrin ilman sekoittumista tapahtuu, ei ole olemassa.

Työssä perehdytään sekoituspeltien toimintaan neljässä eri kohteessa, joissa sekoituspeltien käyttö ilmastointikoneissa on tyypillistä. Näistä kolme on liikekiinteistöjä ja yksi monitoimihalli. Kyseisissä tiloissa käyttöaste vaihtelee huomattavasti eri ajankohtien välillä, ja näin ollen ulkoilman tarve muuttuu sen mukana. Tarkoituksena olikin selvittää, kuinka ilman sekoittuminen kyseisissä kohteissa tapahtuu ja onko se halutulla tasolla.

Työn tilaajana toimi Peltisepänliike Nykänen Oy, joka on jo vuosikymmenten ajan IV-alan urakoitsijana toiminut perheyritys. Työ tehtiin yhteistyössä KPO-kiinteistöt Oy:n kanssa

2 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN VALINNAN PERUSTEET

”Ilmastointijärjestelmän tärkeimpänä tavoitteena on luoda rakennukseen hyväksyttävä sisäilmasto kaikissa kuormitusolosuhteissa” (1, s. 247).

Järjestelmää valittaessa onkin oleellista tietää muun muassa kaikki rakennuksen käyttöön liittyvät vaatimukset, kuten kuormitus, lämpötilat, kosteuden hallinta, ilmanjakotavat, sekä järjestelmän muunneltavuus käyttötarkoituksen tai kuormituksen muuttuessa (1, s. 248). Rakennuksista pyritään saamaan myös mahdollisimman energiatehokkaita, mikä myös lisää ilmanvaihdon toimivuudelle asetettavia vaatimuksia.

2.1 Yksivyöhykejärjestelmä

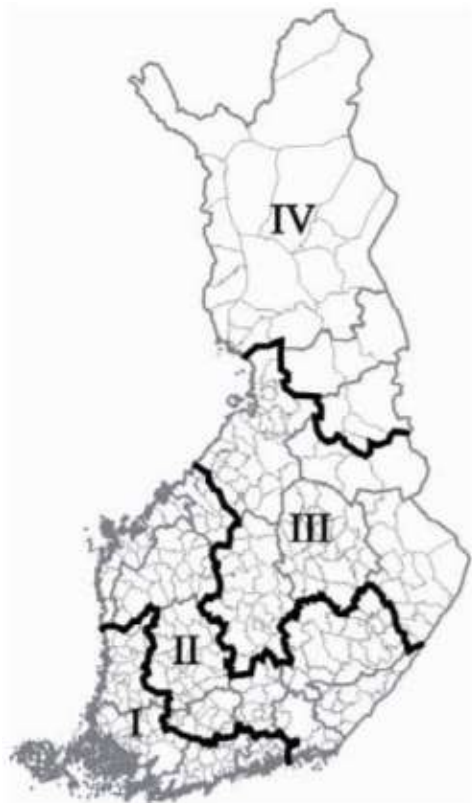
Yksivyöhykejärjestelmässä ilmastointikeskuskoneessa käsitelty ilma johdetaan kanavistoa myöten vyöhykkeeseen kuuluviin huoneisiin. Vyöhykkeiden laajuus vaihtelee yhdestä huoneesta koko rakennukseen. Täydellisimmillään yksivyöhykejärjestelmän ilmastointikone sisältää myös ilmavirtojen sekoitusosan, jonka toimintaa tässä työssä tutkitaan (1, s. 225). Tiloihin, joissa käyttöaste vaihtelee paljon eri vuorokaudenaikojen tai jopa tuntien välillä, on yksivyöhykejärjestelmä sekoitusosalla hyvä ratkaisu.

2.2 Ilmavirtojen sekoitus

”Jotta sisäilman laatu pysyisi vaaditulla tasolla, ei siinä saa terveydelle haitallisissa määrin esiintyä muun muassa hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyvyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja” (3, 5§).

Suunniteltaessa tilaan tulevaa ilmanvaihtoa halutaan ilmanlaatu mahdollisimman hyväksi. Määrittävinä tekijöinä tässä ovatkin muun muassa hiilidioksidipitoisuus sekä sisäilman lämpötila. Sisäilman hetkellinen hiilidioksidipitoisuus tilan aikana saakin olla enintään 1450 mg/m^3 (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (3, s.3).

Huonelämpötilana käytetään suunnittelussa 21:tä celsiusastetta. Lämpötilan hallinnan suunnittelussa sisäilman lämpötila voi kuitenkin vaihdella lämmityskaudella 20:sta 25 celsiusasteeseen, ja lämmityskauden ulkopuolella 20:sta 27:ään celsiusasteeseen. Näistä poikkeavia arvoja käytetään vain erityisestä syystä, joka johtuu esimerkiksi tilan käytöstä tai erityisluonteesta. Säävyöhykkeet esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Säävyöhykkeet (3, s. 11)

Huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa käytetään eri säävyöhykkeille säädettyjä testivuoden säätietoja ja lämmityskauden mitoittavia ulkoilman lämpötiloja. Mitoittavat ulkolämpötilat on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (3, s. 11)

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

Ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa sisäilman laatu on tärkeä suunnitteluperuste. Kohteen ilmanvaihtoa suunniteltaessa asetetaan sen sisäilmaston laadulle tavoitteet, joihin oikein valituilla teknisillä ratkaisuilla pyritään pääsemään. Sisäilmastot on jaettu kolmeen luokkaan, ja niille on annettu sanalliset kuvaukset. S1-luokka tarkoittaa yksilöllistä sisäilmastoa, jossa ilman laatu on erittäin hyvä, eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. S2-luokka tarkoittaa hyvää sisäilmastoa, jossa ilmanlaatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. S3-luokka tarkoittaa tyydyttävää sisäilmastoa. Siinä sisäilman laatu ja lämpöolot suunnitellaan täyttämään säännösten asettamat minimirajoitukset. Taulukossa 2 on esitetty ilman laadun tavoitearvot (13, s.5).

TAULUKKO 2. Ilman laadun tavoitearvot (13, s. 7)

	S1	S2	S3
Radonpitoisuus (Bq/m³)	<100	<100	<200
Hiilidioksidipitoisuuslisä* (Ppm)	<350	<550	<800
PM_{2,5} (µg/m³)	<10	<10	<25
PM_{2,5} sisällä/ulkona	<0,5	<0,7	-
Ilman suhteellinen kosteus (% RH)	-	-	-
Olosuhteiden pysyvyys (% käyttöajasta)			
Toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	-
Asunnot	90 %	80 %	-

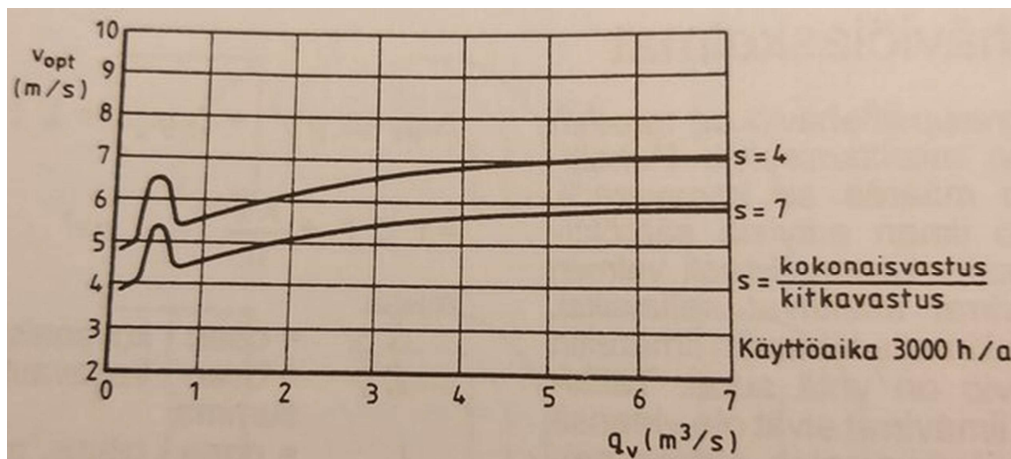
*Suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus

2.2.1 Poistoilmaluokat

Tilasta poistettava ilma jaetaan neljään luokkaan sen laadun mukaan. Luokkaan 1 kuuluu poistoilma, joka sisältää vähäisen määrän epäpuhtauksia, jotka ovat pääasiassa ihmisistä ja rakenteista lähtöisin. Luokka 2 sisältää jonkin verran epäpuhtauksia, kun taas luokka 3 sisältää epäpuhtauksia, kuten kemikaaleja, kosteutta taikka hajuja, jotka huonontavat ilman laatua oleellisesti. Luokan neljä poistoilma sisältää huomattavan paljon pahanhajuisia ja epäterveellisiä epäpuhtauksia taikka kemikaaleja. (3, s. 5.)

2.2.2 Ilman nopeudet kanavassa

Useasti ilmastointikanavistoa mitoitettaessa käytetään hyödyksi taulukon 3 mukaisia, ns. kokemusperäisiä nopeuksia. Se tarkoittaa, että ilman nopeus kanavassa alenee tasaisesti puhaltimelta huonetilaa kohti edettäessä kuvassa 2 esitettyjä pyöreiden peltikanavien optiminopeuksia noudattaen. Jos halutut painehäviöt eivät valituilla nopeuksilla haarakanavissa toteudu, käytetään säätöpeltejä tai pidennetään haarakanavaa tarkoituksellisesti (1, s. 102).



KUVA 2. Pyöreiden peltikanavien optiminopeudet (1, s. 102)

TAULUKKO 3. Ilmannopeuksia kanavistossa (1, s. 102)

Matalapaine-kanavat	Asunnot	Toimistorakennukset	Teollisuusrakennukset
Pääkanavat	4*-6**	5,5*-8**	6*-11**
Kokoojakanaavat	3-5	3-6,5	4-9
Liitäntäkanavat	2,5-4	3-6	4-8
Puhallinaukko	5-8,5	6,5-11	8-14

*=Suositeltu

**=Suurin

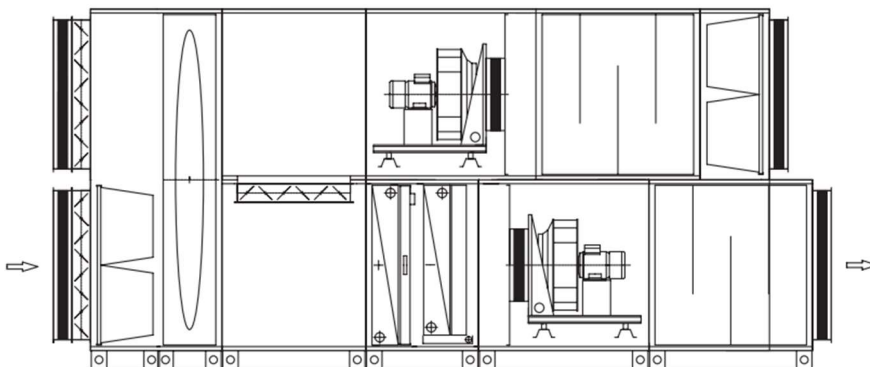
2.2.3 Palautusilma ja sen vaatimukset

Palautusilmalla tarkoitetaan poistoilmaa, jota sekoitetaan tuloilmaan halutulla suhteella sekoitusosassa ja puhalletaan sen jälkeen takaisin tilaan. Suunniteltaessa rakennuksen ilmanvaihtoa on otettava huomioon, että palautusilmana voidaan käyttää vain sellaista poistoilmaa, joka on peräisin ilmanlaadultaan samanarvoisista tai paremmista tiloista eikä sisällä ilmanlaatua heikentäviä epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi hajuja. Näin ollen palautusilmana ei voida käyttää poistoilmaluokkien 2, 3 ja 4 ilmaa. Palautusilmaa ei saa myöskään käyttää muun muassa asuinhuoneistoissa, ammattikeittiöissä, majoitusosastoissa, opetus-, lepo-, ja leikkitiloissa, ravintoloissa ja kahviloissa, ellei sitä ole puhdistettu tilan käyttötarkoituksen mukaiselle tasolle.

2.2.4 Sekoitusosa

”Säätötekniikalla on oleellinen merkitys ilmastointijärjestelmän toiminnan kannalta. Hyvin suunniteltu, rakennettu ja vastaanotettu automaatiojärjestelmä on yksi hyvän sisäilmaston perusedellytyksistä.” (2, s. 245.)

Tiloissa, joiden poistoilma kuuluu luokkaan 1, voidaan tuloilmakoneessa käyttää sekoitusosaa. Nimensä mukaisesti se sekoittaa tilasta poistettavaa ilmaa ulkoilmaan halutulla suhteella. Sekoitusosa sisältää säätöpellin, joka on kytketty toimimaan yhdessä ulkoilmapellin kanssa joko mekaanisesti yhden toimimoottorin avulla tai sähköisesti, jolloin kullakin pellillä on oma toimimoottori. Sekoitusosan sisältävä ilmastointikone on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Esimerkki sekoitusosan sisältävästä ilmastointikoneesta. Sekoitusosa lämmöntalteenoton jälkeen oikealla (5, s.53).

Peltien asentoja, hallitaan valvonta-alakeskuksesta eli VAK:sta. Tilaa suunniteltaessa on selvitetty kohteen käyttöajat, joiden perusteella voidaan ohjata ulko- ja sekoitusilmapeltien asentoa ja muuttaa palautusilman määrää tarpeen mukaan. Esimerkiksi jos liiketilassa ei ole yöaikaan käyttöä, voidaan ulkoilman saanti säätää minimiin ja käyttää pääasiassa palautusilmaa. Käyttöajan ulkopuolella muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran onkin oltava keskimäärin vähintään 0,15 dm³/s, m². Ilman on myös vaihduttava kaikissa huonetiloissa ja paine-erojen pysyttävä hallinnassa. Päiväaikaan, kun tila on käytössä, voidaan ulkoilman määrää säätää esimerkiksi lämpötilan tai hiilidioksidipitoisuuden perusteella (4, s.5).

Mitoitustekijöiden perusteella ominaiskäyrän ennustaminen on vaikeaa, sillä ilmavirtojen sekoittumisessa tapahtuva prosessi on epälineaarinen. Tästä aiheutuu ongelmia erityisesti ulkoilman minimiosuuden asettelussa. Ongelmia aiheuttavat myös pelleissä esiintyvät välykset sekä muun muassa se, etteivät pellit sulkeudu tiiviisti. Näin ollen voi ulkoilmaa päästä virtaamaan pysähdyksissä olevaan tuloilmakoneeseen aiheuttaen jäätymisvaaran lämmityspatterissa (2, s.262). Kuvassa 4 on esitetty sekoitusosa ilmastointikoneen ulkopuolelta katsottuna.



KUVA 4. Sekoitusosa ja sitä säättävä moottori ilmastointikoneen ulkopuolelta katsottuna, S-Market nro 1

2.2.5 Sekoitusprosessi

Sekoitusosassa tapahtuva sekoitusprosessi on nopea ja viiveetön. Samalla myös aikavakio jää hyvin pieneksi, ainoastaan muutaman sekunnin pituiseksi. Sekoit-

tumislämpötilaa mittaava anturi sijaitsee koneessa yleensä vasta lämpökapasiteettia hidastavien patterin ja puhaltimen jälkeen sen aikavakion ollessa usein moninkertainen sekoitusosan aikavakioon nähden. Näin anturi asettuukin säätöteknisesti määräävään asemaan. Itse pellissä joka toinen lamelli kääntyy aina vastakkaiseen suuntaan, kuten kuvasta kolme voidaan huomata.

Anturin asennuspaikkaa valittaessa on otettava huomioon ilman lämpötilojen voimakas kerrostuneisuus sekoitusosan jälkeen. Lämpötilaerot voivat olla kanavan poikkileikkauksessa suuria, jopa yli kymmenen asteen luokkaa. Jotta kerrostumista saadaan vähennettyä, on ulkoilmaa johdettava sekoitusosan yläpuolelta ja palautusilmaa alapuolelta. Mikäli nämä johdetaan toisinpäin, on vaarana, että patteri jäätyy ilman huonosta sekoittumisesta johtuvan kaksikerrosvirtauksen takia. Myös sekoituskammion pituudella on väliä: ilmavirrat sekoittuvat sitä paremmin mitä pidempi kammio on (2, s. 262 - 263).

3 KOHTEIDEN ESITTELY

Mittauskohteiksi työhön valikoitui työn tilaajan toiveiden mukaan kolme S-ryhmän Keski- ja Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevaa liikekiinteistöä, ja niiden lisäksi yksi Etelä-Pohjanmaalla sijaitseva, liikuntakäytössä oleva monitoimihalli. Kyseisissä kiinteistöissä on käytössä sekoitusosan sisältävät ilmastointikoneet, joiden avulla raittiin ilman osuutta tilassa säädellään. Ne ovatkin hyvin tyypillisiä sekoitusosaa hyödyntäviä tiloja.

Kyseessä olevissa kiinteistöissä käytetään ilmanjakotapana yleensä sekoittuvaa ilmanjakoa, jossa ilmalämmitys saadaan toimimaan halutulla tavalla. Sekoittuva ilmanjako mahdollistaakin lämpimän ilman sekoittumisen tasaisesti alla olevaan tilaan. Tällä tavoin myös pääte-elimet saadaan sijoitettua järkevästi ylhäälle valaisimien tasolle, jossa ne eivät ole asiakkaiden ja työntekijöiden tiellä eivätkä esteettisesti häiritse (6, s.18).

Kohteiden tarkemmat säätökaaviot ja toimintaselosteet ovat nähtävissä liitteissä 1–4.

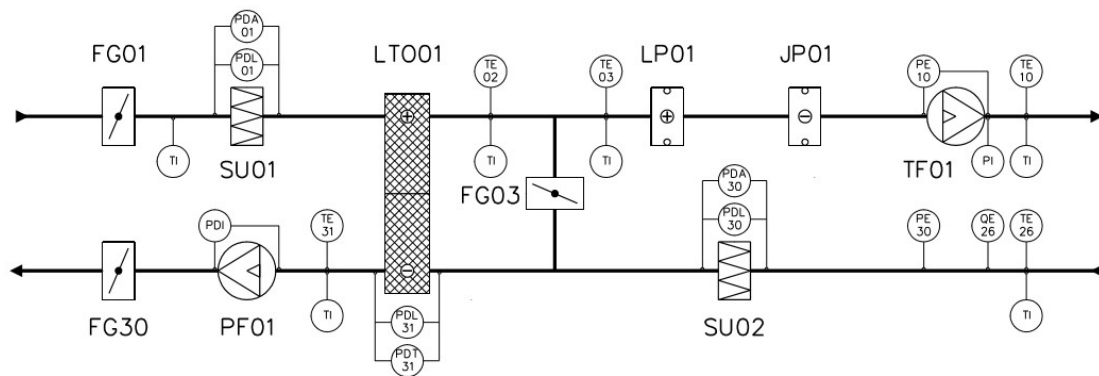
3.1 S-Market nro 1

Ensimmäisenä kohteena työssä oli Keski-Pohjanmaalla, reilun 3000 asukkaan kunnassa sijaitseva keskusta-alueen ainoa ruokakauppa. Kohde on rakennettu 2000-luvun alussa, jonka jälkeen sitä on remontoitu ja muutoksia tehty useasti. Viimeisin remontti tehty v. 2019, mistä myös säätökaaviot ovat peräisin.

Koja Oy:n valmistaman ilmastointikoneen TK1:n, jonka toimintaa tutkittiin, käyntiä ohjataan aikaohjelmalla tai lisäaikakytkimellä. Aikaohjelman ulkopuolella kojetta käyttää seisonta-aikaohjelma, jolla taataan ilman vaihtuvuus kaikissa tiloissa. Tulopuhallin TF01 käy aikaohjelman mukaan, ja poistopuhaltimen PF01 käynti on ohjelmallisesti lukittu tuloilmapuhaltimen TF01:n toimintaan ja asetusarvoihin, jotta rakennuksen paine saadaan pysymään tasapainossa.

Koneen käydessä ulospuhallusilmapelti FG30 on auki ja ulko- ja sekoitusilmapeltiä säädetään hiilidioksidianturi QE-26:en mittauksen perusteella, kuitenkin siten

että pitoisuus pysyy alle asetusarvon 700 PPM. Pelleillä on asetettu kolme kiinteää asentoa: ulkoilmapelti 50 %, ulkoilmapelti 75 % ja ulkoilmapelti 100 %. Mikäli hiilidioksidipitoisuus nousee täydellä ulkoilmamäärällä yli halutun, tehostetaan koneen ilmavirtaa portaattomasti 1,25-kertaiseksi. Ulospuhallusilmapelti on koneen käydessä aina 100 % auki. Tuloilmapuhallin TF01 käy asetetulla vakioilmavirralla. Tuloilman lämpötila TE10:ssä pidetään halutussa arvossa säätämällä lämmöntalteenottoa, lämmitys- ja jälkilämmityspatteria, sekoitusilmaa ja ilmavirtaa. Kuvassa 5 on nähtävissä koneen säätökaavio.



KUVA 5. Säätökaavio S-Market nro 1

Kuvassa 6 on nähtävissä kohteen ilmastointikoneen kokoonpano todellisuudessa ilmastointikonehuoneesta kuvattuna. Oikeassa yläaidassa on näkyvissä osa poistoilmakanavista, joista mittaukset tehtiin.

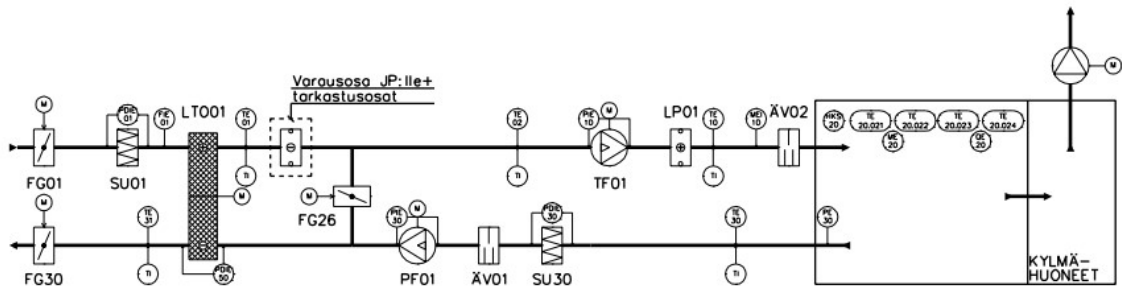


KUVA 6. Ilmastointikone, S-Market nro 1

3.2 S-Market nro 2

Toisena kohteena työssä oli Etelä-Pohjanmaalla n. 3000 asukkaan kunnassa sijaitseva vuonna 2019 valmistunut ruokakauppa. Ilmastointikone TK01, josta mittaukset suoritettiin, on Koja Oy:n valmistama. Sen käyntiä ohjataan aikaohjelmalla, tai halutuksi ajaksi käynnistyvällä lisäaikakytkimellä. Tulopuhallin TF01 käy aikaohjelman mukaan, ja poistopuhallin PF01 on ohjelmallisesti lukittuna sen toimintaan ja asetusarvoihin, jotta painesuhteet saadaan pysymään tasapainossa.

Kojeen käydessä ulospuhallusilmapelti FG30 on auki. Ulko- ja sekoitusilmapeltiä säädetään kuvan 7 mukaisesti tilassa olevan QE-20:n mittauksen perusteella.



KUVA 7. Säättökaavio S-Market nro 2

Kuvassa 8 on nähtävissä kohteen ilmastointikoneen kokoonpano ilmastointikonehuoneesta kuvattuna. Solukumilla eristetty ulospuhallusilmakanava, josta mitauksia tehtiin, lähtee kuvan ylä laidassa koneen päältä.



KUVA 8. Ilmastointikone, S-Market nro 2

3.3 Prisma

Kolmantena kohteena oli Keski-Pohjanmaalla noin 50000 asukkaan kaupungissa sijaitseva hypermarket. Markettia on useasti remontoitu ja laajennettu. TK11, eli kone, josta mittaukset suoritettiin, on Koja Oy:n valmistama, ja otettu käyttöön vuonna 2013.

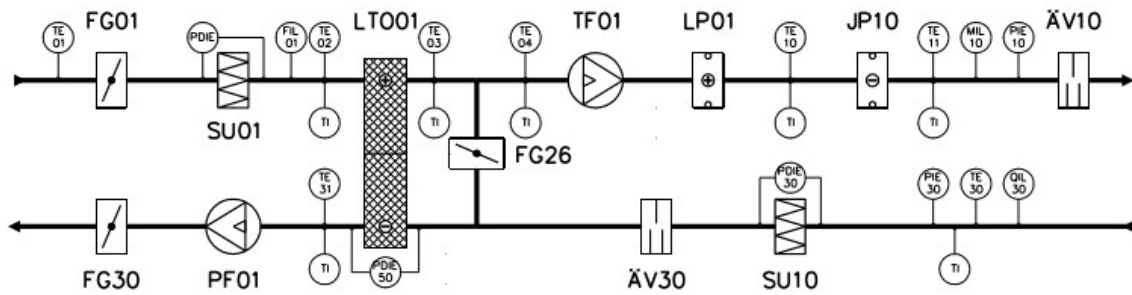
Mitattavan ilmastointikoneen TK11 käyntiä ohjataan aikaohjelmalla tai lisäaika-kytkimellä. Aikaohjelman mukaisella ilmanvaihdolla tuloilmapuhallin TF01 käy vakioilmavirralla. Poistoilmapuhallin PF01 toimii rinnan TF01:n kanssa.

Ulkoilman määrää säädetään hiilidioksidimittarin QIL-30:n poistoilmakanavasta tehdyn mittauksen perusteella pitoarvon ollessa 650+200 PPM. Ulkoilman määrää muutetaan säätämällä ulko- ja sekoitusilmapeltien FG01 ja FG26 asentoa. Poistoilmapuhaltimen PF01 pyörimisnopeuden säätö tapahtuu sekoitusilmapellin asennon perusteella. Ulospuhallusilmapelti on käyttöajan 100 % auki.

Ulkoilmamäärälle asetettavien minimi- ja maksimirajojen mukaan ulkoilmavirta on 30–100 % tilan mitoitusilmavirrasta.

Käyttöajan ulkopuolella, tässä tapauksessa yöaikana, TF01 käy vakioilmamäärällä, ulko- ja ulospuhallusilmapeltien ollessa kiinni. Sekoitusilmapelti FG26 on täysin auki. Näin kone kierrättää myymälässä olevan ilman täysin, eikä ulkoilmaa käytetä laisinkaan. Tuloilman lämpötila pyritään pitämään kaskadimittauksen mukaisessa asetusarvossa. Huonelämpötilan ylittyessä yli 15 minuutin ajaksi koje sammuu. Uudelleen se käynnistyy asetusarvon taas alittuessa.

Koneen seisonta-aikana ulko- ja ulospuhallusilmapellit FG01 ja FG30 ovat kiinni ja lämmöntalteenottokiekko on pysähdyksissä. Koneen eri instrumentit ovat nähtävillä kuvassa 9.



KUVA 9. Säättökaavio Prisma

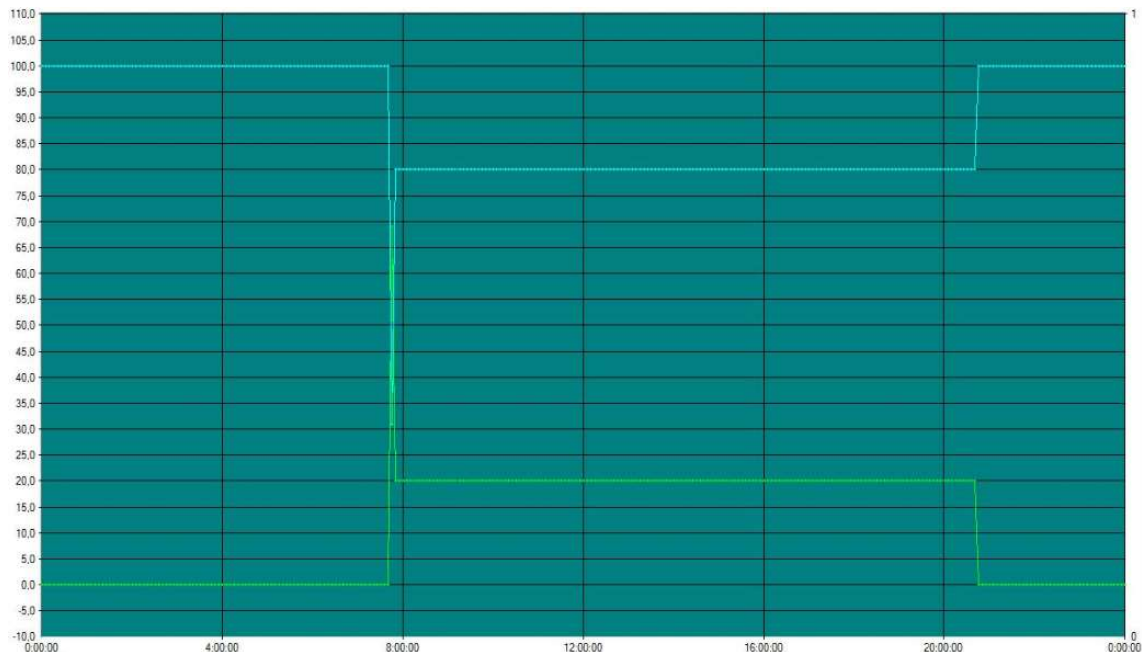
Kuvassa 10 on nähtävissä kohteen ilmastointikone. Kuvan perusteella huomataan hyvin myös koneen kokoero verrattuna muihin työn kohteisiin.



KUVA 10. Ilmastointikone, Prisma

Kohteena olleesta TK11:sta saatiin myös valvomosta käsin ajettua trendikäyrät ulko- ja sekoitusilmapeltien toiminnasta yhden vuorokauden ajalta. Trendin päivitysvälinä käytettiin viittä minuuttia. Trendikäyrä on näkyvissä kuvassa 11. Ylemmänä kuvassa kulkeva vaaleansininen käyrä kuvaa sekoitusilmapellin toimintaa,

kun taas alempana kulkeva vihreä viiva kuvaa ulkoilmapellin toimintaa. Taulukon oikea laita kertoo pellin asennon ja taulukon alareuna ajan.



KUVA 11. Trendikäyrä (12)

Trendikäyrän perusteella huomataan, että tiistaina 3.3.2020 eli kyseisen esimerkivuorokauden aikana ulkoilmapelti on asennossa 20 % noin klo 7.30 – 21 eli lähes koko päivän ajan. Tilan käyttöaikana hiilidioksidipitoisuus pysyy siis hyvin pienenä koko vuorokauden ajan. Yöaikana kone käyttää vain kiertoilmaa tilan ilmanvaihtoon, jolloin ulkoilmapelti on täysin kiinni, ja sekoitusilmapelti täysin auki.

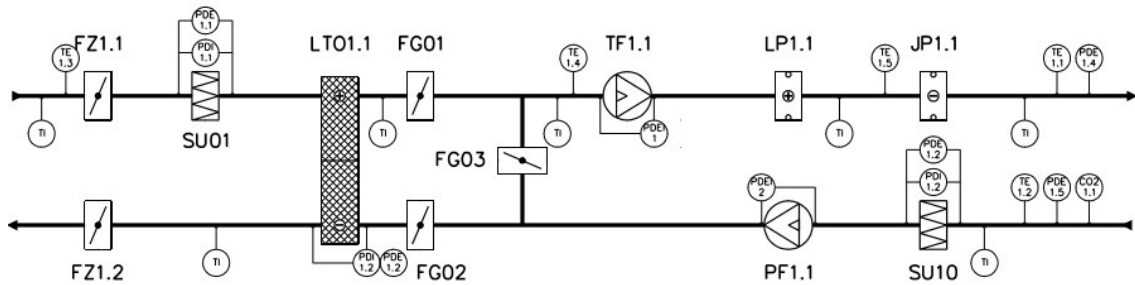
3.4 Monitoimihalli

Neljäntenä kohteena oli Etelä-Pohjanmaalla noin 10000 asukkaan kaupungissa sijaitseva liikuntahalli. Kohde on valmistunut vuonna 2019. Tutkimuksen kohteena oli IV-Produkt Ab:n valmistama TK1.

Suunnitelmien mukaan käyttötilassa tuloilmapuhallinta TF-1.1 ohjataan aikaohjelman mukaan. TF-1.1 ei saa käyntilupaa, mikäli lämmityspatterin pumppu P-1.1 ei ole käynnissä. Puhallustehoa ohjataan kanavapaineen mukaan.

Ulko-, poisto- ja sekoitusilmapellit toimivat kuvan 12 mukaisesti poistoilmakanavassa olevan CO2-1.1-anturin hiilidioksidimittauksen perusteella portaattomasti.

Pellit FZ1.1 ja FZ1.2 ovat koneen käydessä täysin auki. Ilmavirtoja muutetaan säätämällä peltejä FG01, FG02 ja FG03.



KUVA 12. Kyt kentäkaavio monitoimihalli

Kuvassa 13 on nähtävissä kohteen ilmastointikone. Todellisuudessa koneessa oli kaksi tulo- ja poistopuhallinta peräkkäin, jotta haluttu ilmamäärä saadaan tuotettua.

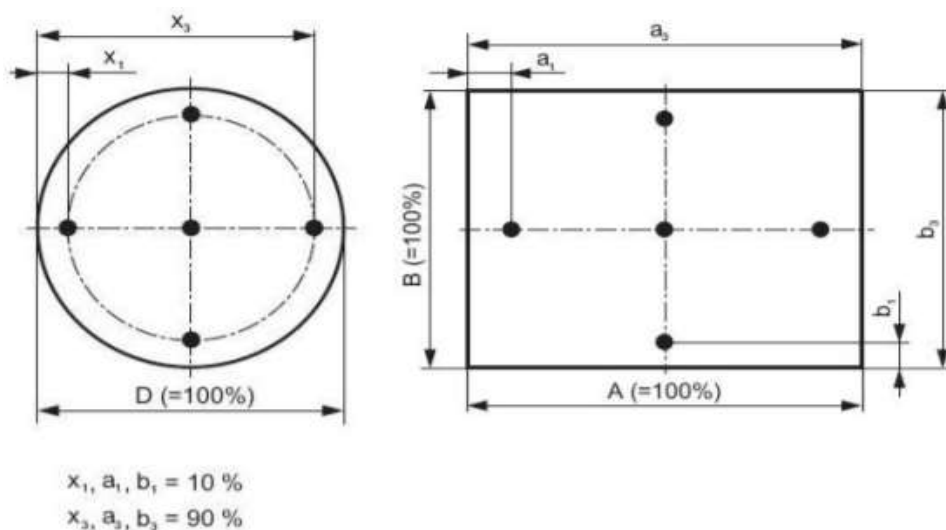


KUVA 13. Ilmastointikone, Monitoimihalli

4 MITTAUS

4.1 Ilman nopeuden mittaaminen kuumalankamittauksilla

Mittaukset tehtiin VelociCalc Plus 8386 -ilmannopeusmittarilla. Mitattiin ilman nopeutta kanavan eri osissa. Paras tulos saataisiin, kun mitattaisiin nopeutta kana-vaan kiinteästi kuuluvasta mittaussyhteestä. Mittausyhteitä ei kuitenkaan ollut asennettuna kyseisiin kanavistoihin, joissa mittaukset tehtiin, yhtä lukuun otta-matta lainkaan, joten mittaukset tehtiin näin ollen kuumalankamittauksin viisipis-temenetelmällä. Menetelmään päädyttiin tilaajan kanssa mittaussuunnitelmaa tehdessä. Mittarin kuumalanka-anturin tarkkuus on ± 3 % lukemasta tai ± 3 ft/min ($\pm 0,015$ m/s) riippuen siitä kumpi on suurempi (9, s.21). Mittauksien keruuvälinä oli 5 sekuntia. Mittauskohdat on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Mittauspisteet pyöreässä- ja suorakaidekanavassa (14, s.5)

Kohteissa pyrittiin mittaamaan ilman nopeudet tulo-, poisto-, ulko- ja ulospuhallu-silmakanavissa. Kaikkien neljän mittaaminen osoittautui kuitenkin useimmissa kohteista mahdottomaksi. Tähän syynä olivat ahtaat tilat ja vähäiset tai jopa täysin olemattomat kanavaosuudet koneen jälkeen. Useimmissa kohteissa uretaa-nielementeistä valmistettu ulkoilmakammio alkoi heti ulkoilmapellin jälkeen, eikä

näin ollen kyseiseltä osuudelta mittauksia voitu suorittaa. Myös ulospuhallusilmanava nousi usein suoraan ilmastointikoneen päältä ja lävisti katon, eikä väliin jäävään tilaan ollut mahdollista päästä, saati suorittaa mittauksia.

Ulospuhalluskanavan ilmavirta tällaisissa kohteissa saadaan tietoon VAK:sta, joka ilmoittaa ilmavirran poistopuhaltimelle. Kohteissa, joissa poistopuhallin sijaitsee kiertoilmapellin jälkeen, voidaan jäteilmavirtana käyttää poistopuhaltimen mittauksesta saatua ilmamäärää (8). Myös tuloilmamääränä käytettiin tulopuhaltimen mittauksen osoittamaa ilmamäärää. Kuvassa 15 esitetty työssä käytetty ilmannopeusmittari.



KUVA 15. VelociCalc Plus 8386-ilmannopeusmittari (9, s.1)

Mittauksia tehtäessä mittauspaikat pyrittiin valitsemaan pääkanavissa siten, että tarvittavat suojaetäisyydet täytyisivät. Näin mittaustuloksesta tulisi mahdollisimman luotettava. Tarvittavat suojaetäisyydet saadaan laskettua pyöreässä kanavassa kaavalla 1 ja suorakaidekanavassa kaavalla 2 (14, s.3). Nyrkkisääntönä suojaetäisyyksistä voidaan pyöreässä kanavassa pitää neljää kanavan halkaisijan mittaa ennen mittauspistettä ja puolitoista kanavan halkaisijan mittaa mittauspisteen jälkeen. Tällä pyritään tasaamaan haarasta tai kulmasta johtuvat pyörteet ilmavirrassa. Suorakaidekanavassa vastaavina etäisyyksinä voidaan pitää viisi kanavan halkaisijan mittaa ennen ja kaksi jälkeen mittauspisteen. (10, s.6)

$$L = NiD$$

KAAVA 1

$$L = Ni \frac{a+b}{2}$$

KAAVA 2

L = mittauskohdan ja häiriökohdan välinen etäisyys

D = kanavan halkaisija

a ja b = suorakaidekanavan sivujen mitat

N_1 = suojaetäisyyskerroin virtaussuunnassa mittauskohtaa ennen

N_2 = suojaetäisyyskerroin virtaussuunnassa mittauskohdan jälkeen

4.1.1 S-Market nro 1

Kohteessa 1 mittaukset tehtiin kolmella peltien suunnitellulla asennolla. Normaalitilanteessa ilmanvaihtokoneen automatiikka säätää peltejä poistokanavassa sijaitsevan hiilidioksidianturin ilmoittaman pitoisuuden mukaan. Tutkimusta tehtäessä pellit ajettiin käsikäytöllä näihin kolmeen eri asentoon. Tämän jälkeen mitauksia alettiin suorittaa.

Poistoilmakanavia ilmastointikoneelta lähti kolme kappaletta. Mittaukset tehtiin kaikista kolmesta, joiden perusteella laskettiin, paljonko poistoilmavirta tilasta on yhteensä. Poistoilman mittauksissa ainoaksi ongelmaksi muodostui suojaetäisyyksien toteutuminen. Ahtaassa konehuonetilassa suoria kanavaosuuksia oli hyvin vähän, mikä vaikeutti mittauspaikkojen valitsemista. Tulo- ja ulospuhallusilmavirta saatiin tietää automatiikan mittauksen perusteella. Automatiikka saa tiedon puhaltimien yli mitattavasta paine-erosta, jonka perusteella se laskee ilmavirran ja ilmoittaa sen VAK:n näytöllä. Mittauksien tuloksiksi saadut arvot ovat nähtävissä liitteissä 5/1 – 5/2 olevista mittauspöytäkirjoista. Taulukossa 4 on esitetty mitattujen ilman nopeuksien perusteella lasketut ilmavirrat tulo-, poisto- ja ulospuhallusilmakanavassa. Edellä mainitut ilmavirrat on laskettu kaavalla 3.

TAULUKKO 4. Ilmavirrat peltien eri asennoilla

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Tulo q_v (dm ³ /s)	Poisto q_v , MITATTU (dm ³ /s)	Ulospuhallus q_v (dm ³ /s)
40	60	1835	1584	1040
70	30	1835	1497	1200
100	0	1835	1502	1502

4.1.2 S-Market nro 2

Kohteessa 2 pelleille valittiin kolme eri asentoa: ulkoilmapelti 30 %, 50 % ja 70 %. Ulkoilmapellin asento 30 % valittiin siksi, että nähtäisiin sekoittuminen tilan käyttäessä enemmän sekoitusilmaa tuloilmana. Normaalitilanteessa automaattikka säätelee peltejä myymälässä sijaitsevan hiilidioksidianturi QE-20:n ilmoittaman hiilidioksidipitoisuuden perusteella.

Poistoilmakanavia ilmastointikoneelta lähti yksi kappale. Koneelta lähdettyään kanava lävisti pian seinän, joka oli palo-osaston rajana ja jossa näin ollen oli palopelti. Seinän toisella puolella kanava haarautui välittömästi kahdeksi kanavaksi, joista mittaukset oli hyvä tehdä, ja suojaetäisyyksiä voitiin täysin noudattaa. Toinen 500 mm:n kanava jatkoi suoraan kohti myymälätilaa, kun toinen 315 mm:n halkaisijaltaan oleva kanava jäi takahuonetilaan ja poisti sieltä ilmaa. Siinä sijaitsi Swegonin valmistama SIRI-mittaus- ja säätöpelti, jonka mittausyhteistä mittaus oli hyvä suorittaa, ja paine-ero mittauksen perusteella laskettua lopputulosta voidaan pitää tarkkana. Lopputulos saatiin kaavalla 5. Säätöpelti on esitetty kuvassa 16.



KUVA 16. SIRI -mittaus- ja säätöpelti (11, s.1)

Kohteesta mitattiin myös ilman nopeus ulospuhallusilmakanavassa, joka lähti koneen päältä 630 mm:n kanavalla suoraan kattoa kohti. Tuloilmavirta saatiin tietää VAK:sta, johon tieto tuli automatiikan suorittaman mittauksen perusteella. Taulukossa 5 on esitetty mittauksien perusteella kaavaa 3 käyttäen lasketut ilmavirrat.

Tarkemmat mittauksien tulokset nähtävissä liitteissä 5/3 – 5/4 olevista mittauspöytäkirjoista.

TAULUKKO 5. Ilmavirrat peltien eri asennoilla

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Tulo q_v (dm^3/s)	Poisto q_v , MITATTU (dm^3/s)	Ulospuhallus q_v , MITATTU (dm^3/s)
30	70	1135	1273	543
50	50	1135	1215	1004
70	30	1137	1245	1128

4.1.3 Prisma

Pellille valittiin kolme eri asentoa, joissa mittaukset suoritettaisiin: ulkoilmapelti 20 %, 50 % ja 75 %. VAK:n näyttöä ei konehuoneessa ollut, vaan peltejä säädettiin valvomosta käsin. Normaalisissa käyttötilanteissa automatiikka säätää peltejä poistoilmakanavasta tehtävän hiilidioksidimittauksen ilmoittaman pitoisuuden perusteella.

Kohteessa mittaukset tehtiin tulo-, poisto- ja ulkoilmakanavasta. Poistoilmakanavia ilmastointikoneelta lähti yhteensä neljä kappaletta, kolme 800mm ja yksi 630mm. Tulokanavia koneelta lähti kaksi 1000 mm, ulkoilmakanavia oli yksi, ja se lähti kanttisena kanavana koossa 1500 mm * 1000mm. Konehuone oli kohteessa harvinaisen tilava, ja mittaukset oli näin ollen hyvä toteuttaa. Myös suojaetäisyyksiä voitiin näin ollen pääasiallisesti noudattaa.

Taulukossa 6 on esitetty kohteesta mitattujen nopeuksien perusteella yhteenlasketut ilmavirrat. Ilmavirrat laskettu kaavalla 3. Tarkemmat mittauksien tulokset ovat nähtävissä liitteissä 5/5 – 5/10 olevista mittauspöytäkirjoista.

TAULUKKO 6. Ilmavirrat peltien eri asennoilla

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Tulo q_v , MITATTU (dm^3/s)	Poisto q_v , MITATTU (dm^3/s)	Ulkoilma q_v , MITATTU (dm^3/s)
20	80	4841	6662	399
50	50	5008	5002	2757
70	30	4727	3991	3075

4.1.4 Monitoimihalli

Kohteessa 4 ulkoilmapellille valittiin kolme eri asentoa: 25 %, 45 % ja 70 %. Peltien säätö tapahtui ilmastointikonehuoneessa sijaitsevan VAK:n näyttöpäätteeltä. Normaalissa käyttötilanteessa automatiikka säätää peltejä portaattomasti poistoilmakanavassa olevan hiilidioksidianturin mittaustuloksen perusteella (8).

Kohteessa mittaukset tehtiin poisto- ja ulospuhallusilmakanavista. Molempia kanavia koneelta lähti yksi kappale, poistoilmakanava koossa 1250 mm, ulospuhallusilmakanava taas koossa 1000mm. Konehuone oli tilava, ja mittaukset oli näin ollen hyvä suorittaa suojaetäisyyksiä noudattaen. Taulukossa 7 on esitetty mittaustulosten perusteella lasketut poisto- ja ulospuhallusilmavirrat. Ilmavirrat on laskettu kaavaa 3 käyttäen. Mittaustulokset ovat nähtävissä liitteissä 5/11 – 5/12.

TAULUKKO 7. Ilmavirrat peltien eri asennoilla

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Tulo q_v (dm ³ /s)	Poisto q_v , MITATTU (dm ³ /s)	Ulospuhallus q_v , MITATTU (dm ³ /s)
25	75	5555	6067	2130
45	55	5504	5513	2711
70	30	5483	6055	3845

4.2 Laskut

Mittaustuloksina saatujen ilman nopeuksien keskiarvon perusteella lasketaan kanavan ilmavirta. Ilmavirta lasketaan kaavalla 3.

$$q_v = v \cdot A \cdot 1000 \quad \text{KAAVA 3}$$

$$q_v = \text{ilmavirta (dm}^3/\text{s)}$$

$$v = \text{ilman nopeuksien keskiarvo (m/s)}$$

$$A = \text{kanavan pinta-ala (m}^2\text{)}$$

Pyöreän kanavan pinta-ala lasketaan kaavalla 4.

$$A = \pi \cdot r^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

$$A = \text{kanavan pinta-ala (m}^2\text{)}$$

$$r = \text{kanavan säde (m)}$$

Säätöpellin ilmavirta lasketaan kaavalla 5.

$$qv = k * \sqrt{P}$$

KAAVA 5

qv = ilmavirta (dm³/s)

p = todellinen mittauspaine (Pa)

k = korjauskerroin

5 TULOKSET

Tuloksina saadut ilmavirrat on laskettu käyttäen Microsoft Excel -ohjelmaa. Ilmavirrat on pyöristetty kokonaisluvuiksi, sillä ilmamäärät, joita työssä käsitellään ovat niin suuria, että se riittää tarkkuudeksi.

5.1 S-Market nro 1

Mittausten perusteella laskettujen tulo-, poisto- ja ulospuhallusilmavirtojen perusteella on laskettu ulko- ja sekoitusilmavirrat. Haluttujen sekoitussuhteiden perusteella on laskettu vertailua varten myös, paljonko ilmavirtojen teoriassa kuuluisi olla. Taulukossa 8 on esitetty teoriassa halutut ulko- ja sekoitusilmavirrat. Taulukossa 9 on todellisuudessa mitausten perusteella toteutuneet ulko- ja sekoitusilmavirrat valituilla pellin asennoilla.

TAULUKKO 8. Ilmavirrat teoriassa

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma $q_{v, \text{TEORIA}}$ (dm^3/s)	Sekoitus $q_{v, \text{TEORIA}}$ (dm^3/s)
40	60	734	1101
70	30	1285	551
100	0	1835	0

TAULUKKO 9. Ilmavirrat todellisuudessa

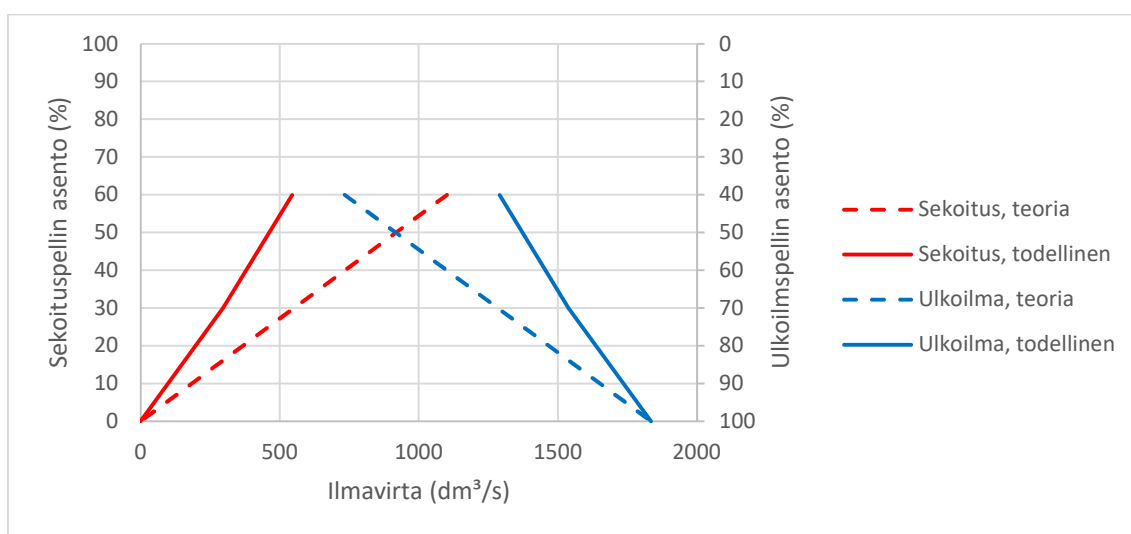
Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma $q_{v, \text{TODELLI-NEN}}$ (dm^3/s)	Sekoitus $q_{v, \text{TODELLI-NEN}}$ (dm^3/s)
40	60	1291	544
70	30	1538	297
100	0	1835	0

Taulukossa 8 ja 9 esitettyjen tulosten perusteella voidaan todeta, että sekoitusilmavirta on todellisuudessa noin puolet pienempi kuin teoriassa kuuluisi olla. Ulkoilmavirta taas on huomattavasti haluttua suurempi. Taulukossa 10 on laskettu ilmavirtojen todelliset suhteet. Tästä huomataan, kuinka mittauksien perusteella saadut ilmavirtojen suhteet eroavat halutuista, taulukossa 4 esitetyistä suhteista

huomattavasti. Kuvassa 17 on esitetty ero teoreettisen ja mitatun ilmamäärän välillä. Siitä ero on helppo huomata.

TAULUKKO 10. Ilmavirtojen todelliset suhteet

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma (%)	Sekoitus (%)
40	60	70	30
70	30	84	16
100	0	100	0



KUVA 17. Teoriassa halutun ja mitatun ilmavirran välinen ero

5.2 S-Market nro 2

Taulukossa 11 on laskettu, paljonko ulko- ja sekoitusilmavirtojen kuuluisi kyseisillä peltien asennoilla olla. Kohteessa 2 mitattujen ja taulukossa 5 esitettyjen tulo-, poisto- ja ulospuhallusilmavirtojen perusteella on laskettu taulukossa 12 esitetyt todelliset sekoitus- ja ulkoilmavirrat.

TAULUKKO 11. Ilmavirrat teoriassa

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TEORIA (dm^3/s)	Sekoitus q_v , TEORIA (dm^3/s)
30	70	341	795
50	50	568	568
70	30	796	341

TAULUKKO 12. Ilmavirrat todellisuudessa

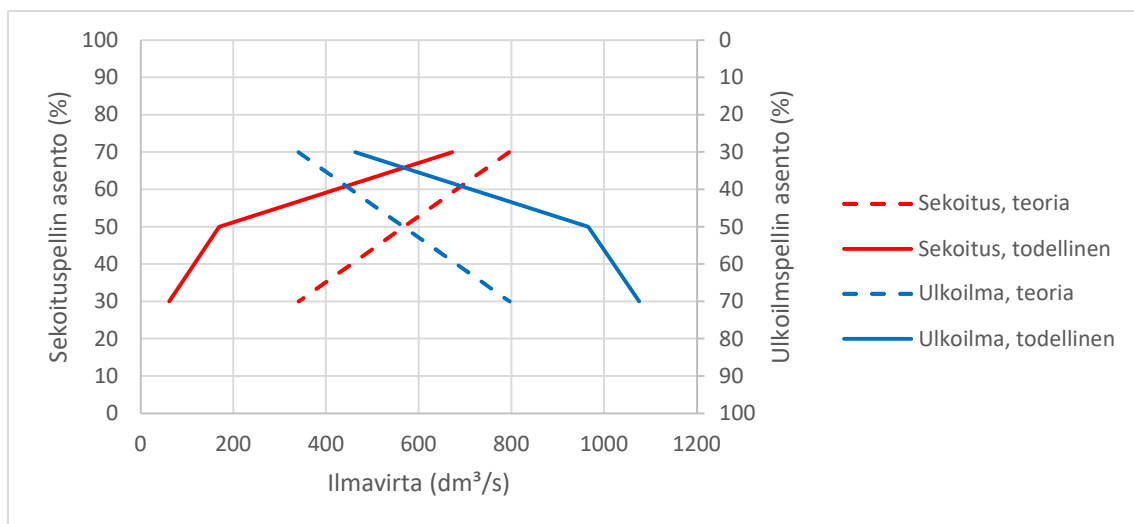
Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TODELLINEN (dm ³ /s)	Sekoitus q_v , TODELLI- NEN (dm ³ /s)
30	70	463	672
50	50	966	169
70	30	1076	61

Taulukoissa 11 ja 12 esitettyjen tulosten perusteella huomataan ero ilmavirtojen välillä. Sekoituspellin ollessa asennossa 70 % sekoitusilman osuus tuloilmavirrasta on 672 dm³/s eli melko lähellä haluttua. Kun pellin asentoa on muutettu, voidaan todeta, että eroa alkaa syntyä. Kun sekoituspellin asento on muutettu ensin asennolle 50 %, jää sekoitusilman todellinen osuus vain noin 30% tavoittelusta sekoitusilmavirrasta. Kun ulkoilmapellin asento on 30 %, on sekoitusilman osuus tavoittelusta enää alle 20 %.

Taulukkoon 13 on laskettu mittaustulosten perusteella todelliset suhteet sekoittumiselle. Niiden perusteella huomataan, kuinka suhteet poikkeavat halutuista. Kuvassa 18 teoreettisen ja mitatun ilmamäärän ero on esitetty kuvaajien avulla, joiden muodon perusteella ero on helppo havaita.

TAULUKKO 13. Ilmavirtojen todelliset suhteet

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma (%)	Sekoitus (%)
30	70	41	59
50	50	85	15
70	30	95	5



KUVA 18. Teoriassa halutun ja mitatun ilmavirran välinen ero

5.3 Prisma

Taulukkoon 14 on laskettu paljonko sekoitus- ja ulkoilmavirtojen teoriassa kuuluisi olla eri peltien asennolla. Taulukossa 15 on esitetty mittaustulosten avulla saatujen tulo-, poisto- ja ulkoilmavirtojen perusteella lasketut todelliset sekoitus- ja ulkoilmavirrat.

TAULUKKO 14. Ilmavirrat teoriassa

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TEORIA (dm³/s)	Sekoitus q_v , TEORIA (dm³/s)
20	80	968	3873
50	50	2504	2504
70	30	3309	1418

TAULUKKO 15. Ilmavirrat todellisuudessa

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TODELLINEN (dm³/s)	Sekoitus q_v , TODELLINEN (dm³/s)
20	80	399	4442
50	50	2757	2251
70	30	3075	1652

Taulukoiden 14 ja 15 perusteella voidaan huomata vaihtelu mittaustuloksien perusteella saatujen ilmavirtojen ja teoriassa haluttujen ilmavirtojen välillä. Sekoitussuhteen ollessa 50/50 sekoitus- ja ulospuhallusilmavirrat ovat hyvin lähellä tavoiteltuja ilmavirtoja; ero on noin 10 %:n luokkaa.

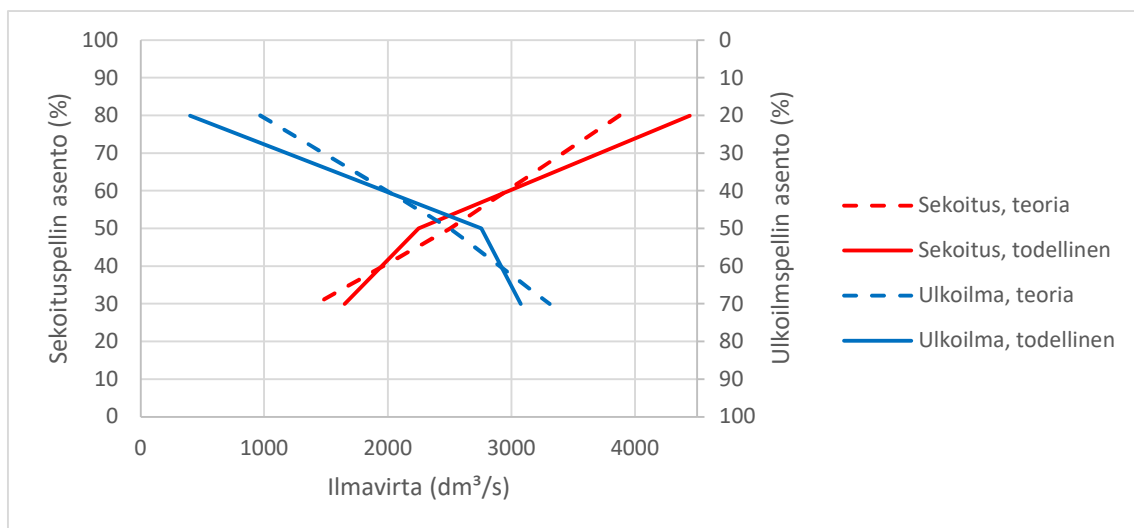
Ulkoilmapellin ollessa asennossa 20 % jää ulkoilman osuus mittausten perusteella epäilyttävän pieneksi, vain noin 400 dm³/s. Voidaan olettaa tämän johtuvan siitä, että pellin ollessa noin pienellä asennolla koskevat pellin kumitiivisteet jo toisiinsa, ja näin ulkoilman määrä jää vähäiseksi. Ulkoilmapellin asennolla 70 %, poistoilmaa sekoittuu 234 dm³/s enemmän kuin on tavoiteltu.

Laskutulosten perusteella voidaan pohtia syytä, minkä takia tulokset vaihtelevat näin. Kohteessa mitattaessa saatiin hyvin huomioitua suojaetäisyydet lukuun ottamatta ulkoilmakanavaa. Kanttinen ulkoilmakanava teki useita mutkia ja kanavakoon muutoksia, jotka vaikeuttivat mittauskohdan löytämistä. Tulosten perusteella voidaankin epäillä tämän vaikuttaneen osaltaan mittausvirheen syntymiseen.

Taulukkoon 16 on laskettu mittaustulosten perusteella todelliset suhteet sekoittumiselle. Niiden perusteella huomataan, kuinka suhteet ovat melko lähellä tavoiteltuja lukuun ottamatta ylintä riviä. Ilmavirtojen välinen ero on esitetty kuvassa 19, jonka kuvaajien perusteella ero on helppo huomata.

TAULUKKO 16. Ilmavirtojen todelliset suhteet

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma (%)	Sekoitus (%)
20	80	8	92
50	50	55	45
70	30	65	35



KUVA 19. Teoriassa halutun ja mitatun ilmavirran välinen ero

5.4 Monitoimihalli

Taulukkoon 17 on laskettu, paljonko ilmavirrat teoriassa eri peltien asennoilla kuuluisivat olla. Taulukossa 18 on esitetty mittaustuloksien avulla saatujen tulo-, poisto- ja ulkoilmavirtojen perusteella lasketut todelliset sekoitus- ja ulospuhallusilmavirrat.

TAULUKKO 17. Ilmavirrat teoriassa

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TEORIA (dm^3/s)	Sekoitus q_v , TEORIA (dm^3/s)
25	75	1389	4166
45	55	2477	3027
70	30	3838	1645

TAULUKKO 18. Ilmavirrat todellisuudessa

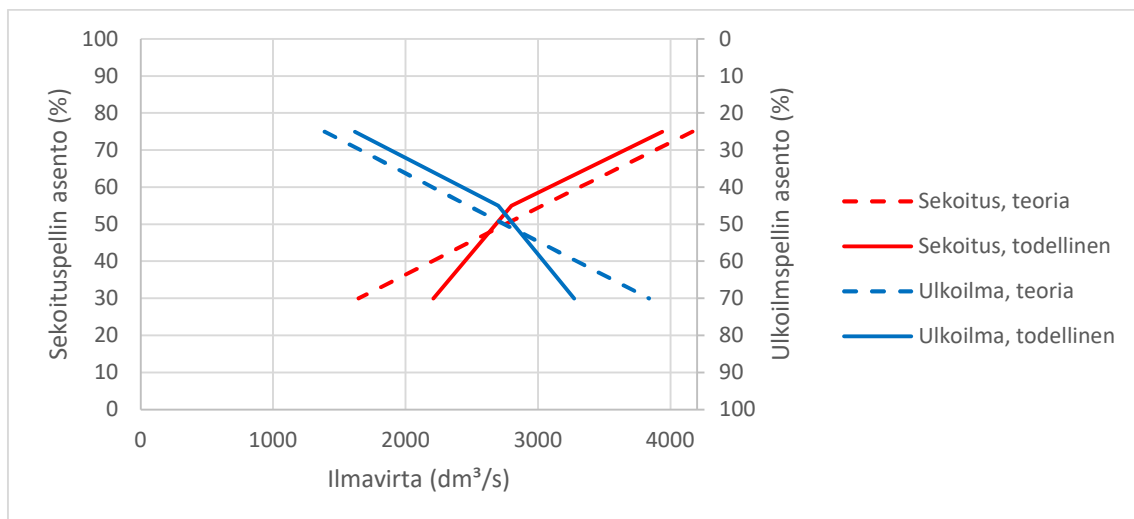
Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma q_v , TODELLINEN (dm^3/s)	Sekoitus q_v , TODELLINEN (dm^3/s)
25	75	1618	3937
45	55	2702	2802
70	30	3273	2210

Taulukkojen 17 ja 18 perusteella huomataan, että mittausten perusteella saadut ilmavirrat ovat hyvin lähellä teoriassa tavoiteltavia ilmavirtoja. Sekoitusilmapellin ollessa asennossa 75 %, on todellisen ja teoriassa tavoitellun sekoitusilmavirran ero vain noin 5 %. Myös sekoitusilmapellin asennolla 45 %, ero ilmavirtojen välillä pysyy lähes samana. Ainoastaan sekoituspellin asennolla 30 % eroa muodostuu hieman enemmän.

Taulukkoon 19 on laskettu mittaustulosten perusteella todelliset suhteet sekoittumiselle. Niiden perusteella huomataan, että suhteet ovat hyvin lähellä toisiaan eikä isoja eroja ole. Voidaankin todeta sekoittumisen kohteessa toimivan melko hyvin. Kuvassa 20 ero ilmamäärien välillä on esitetty myös kuvaajien avulla, jotka helpottavat eron havaitsemista.

TAULUKKO 19. Ilmavirtojen todelliset suhteet

Ulkoilmapellin asento (%)	Sekoituspellin asento (%)	Ulkoilma (%)	Sekoitus (%)
25	75	29	71
45	55	49	51
70	30	60	40



KUVA 20. Teoriassa halutun ja mitatun ilmavirran välinen ero

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää ilmalämmitysjärjestelmien toimivuus tilaajan valitsemisissa kohteissa painesuhteita silmällä pitäen. Kohteissa sekoitusosan toimintaa tutkittiin mittaamalla ilman nopeutta kuumalankamittauksin tulo-, poisto-, ulkoilma- ja ulospuhalluskanavissa. Työssä laskettiin edellä mainittujen mittausten tulosten perusteella todelliset ilmavirrat eri kanavissa ja verrattiin niitä teoriassa haluttuihin ilmavirtoihin.

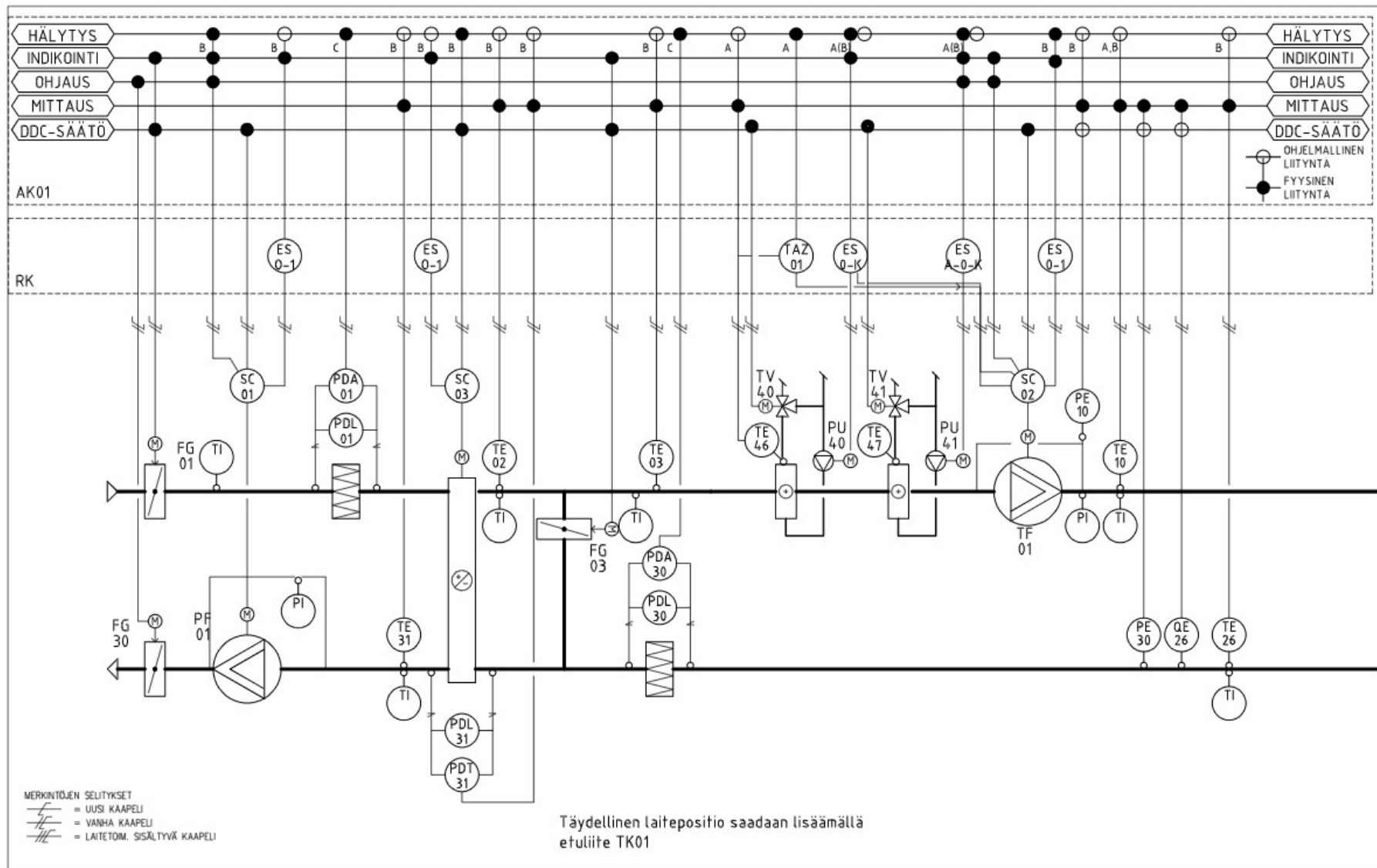
Aiheena sekoitusosan toiminta oli mielenkiintoinen. Vaikka sitä on hyvin yleisesti käytetty jo pitkän aikaa kohteiden kaltaisissa kiinteistöissä, ei sen toimivuudesta ollut kuitenkaan täysin takeita. Aiheesta oli myös hyvin vähän tutkittua tietoa saatavilla, mikä teki omalta osaltaan aiheesta kiinnostavan. Haasteina työssä ilmeni useassa kohteista konehuonetilojen ahtaus. Tämä vaikutti paljon mittauspaikkoihin; osassa kohteista oli kanavaosuuksia, joista mittauksia ei ollut mahdollista tehdä. Näissä kohteissa mittauksia tehtäessä suojaetäisyyksiä oli vaikeaa tai lähes mahdotonta noudattaa.

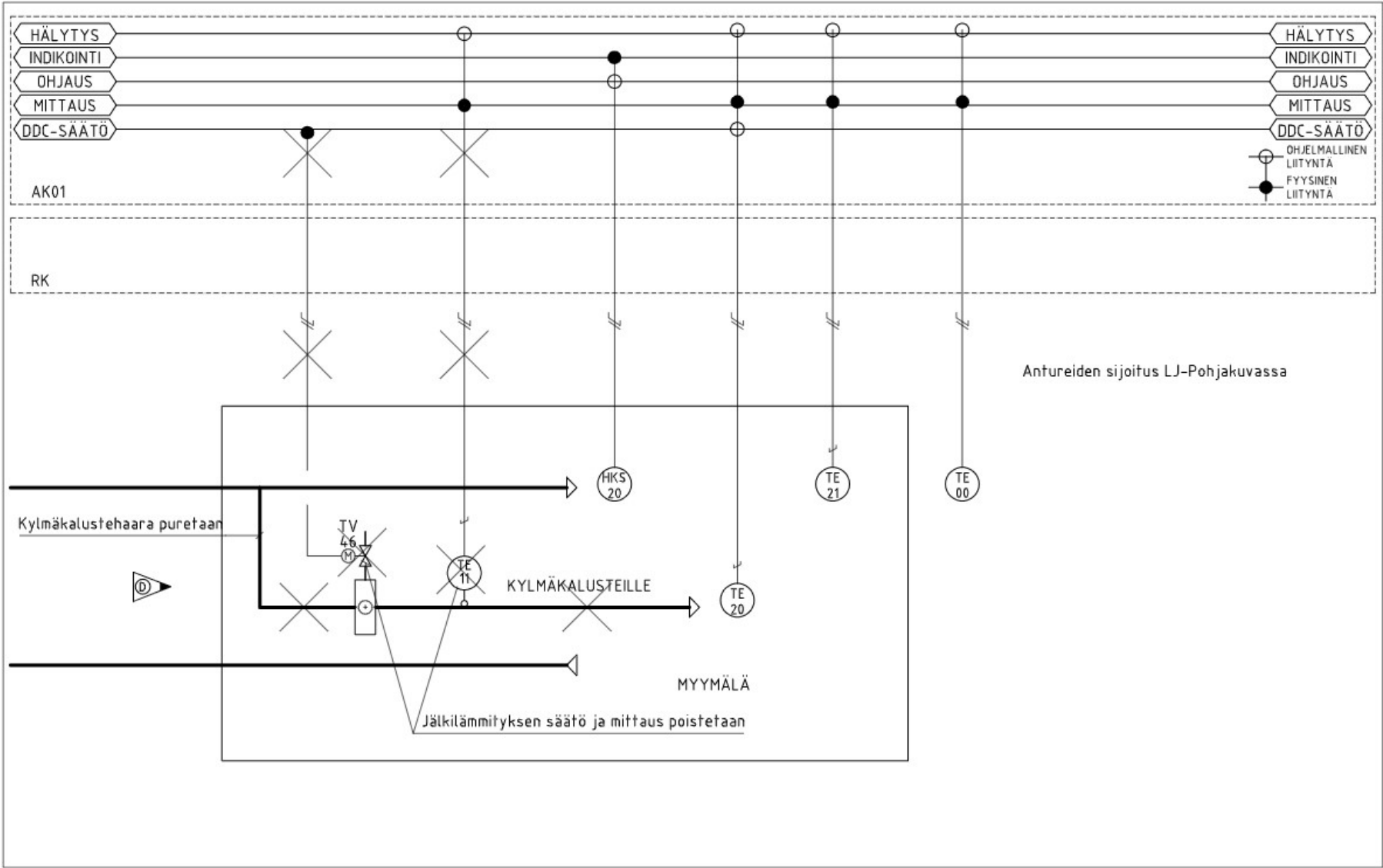
Vertaamalla mittaustuloksia ja niiden perusteella piirrettyjä kuvaajia teoriassa tavoiteltuihin arvoihin ja kuvaajiin nähdään osittain selvätkin erot niiden välillä. Vaikka osa kohteista on melko uusia ja järjestelmien oletetaan toimivan halutulla tavalla, näin ei kuitenkaan tulosten perusteella työssä kohteina olleissa kiinteistöissä ole.

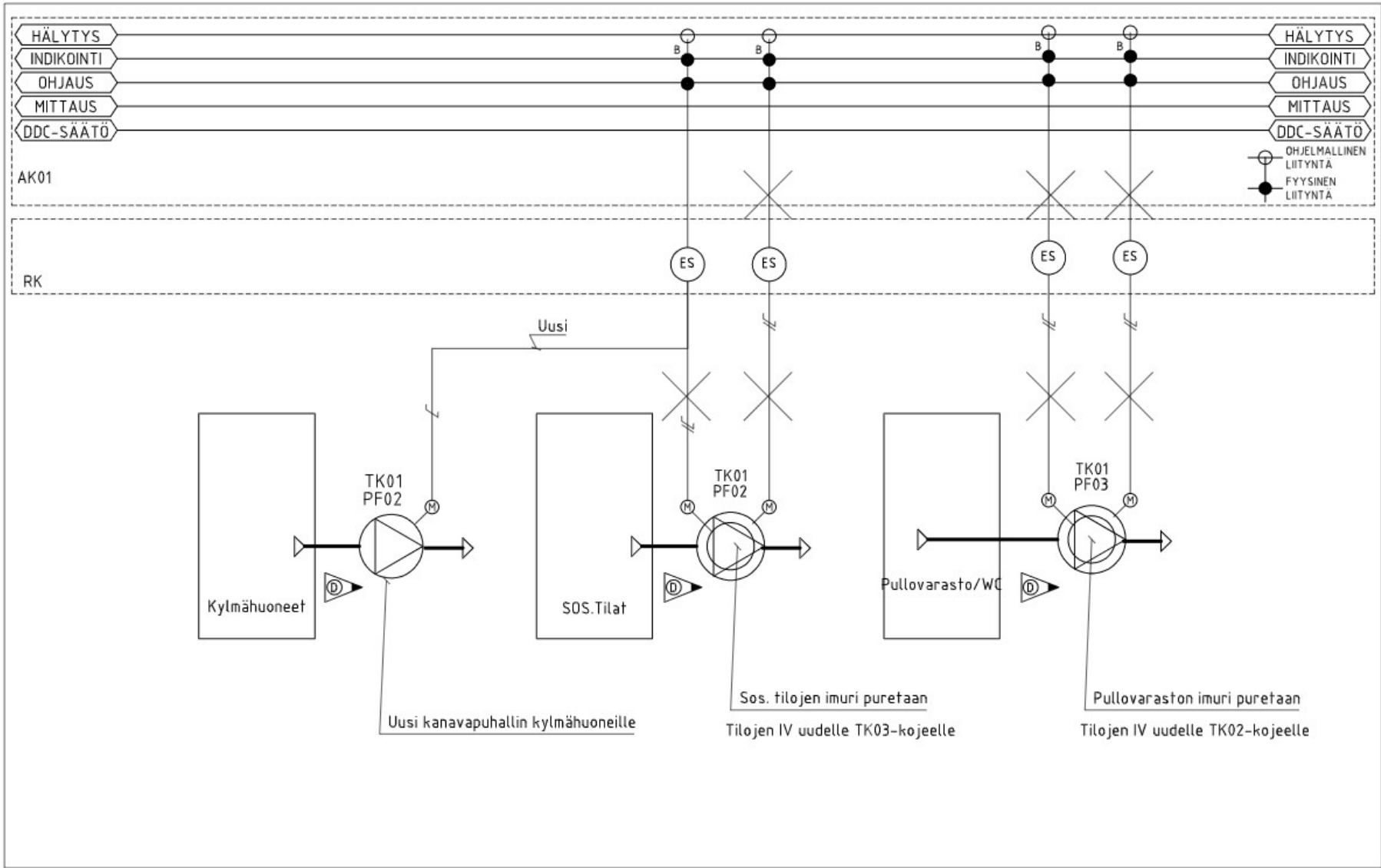
LÄHTEET

1. Seppänen, Olli 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Suomen LVI-liitto.
2. Seppänen, Olli – Hausen, Alvar – Hyvärinen, Kalevi – Heikkilä, Pekka – Kaappola, Esko – Kosonen, Risto – Oksanen, Risto – Railio, Jorma – Ripatti, Harri – Saari, Arto – Tarvainen, Kaija – Vuolle, Mika 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka Julkaisut Oy.
3. 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017 Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875> . Hakupäivä: 4.2.2020.
4. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2019 Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BD9B578DC-66D4-44BC-B1AE-DCAB875D5907%7D/144726>. Hakupäivä: 4.2.2020.
5. NORDahu–ilmanvaihtokoneet, ETS-Nord. 2017. Saatavissa: https://www.ets-nord.fi/wp-content/uploads/2017/06/15_NORDahu_Ilmanvaihtokoneet_TPM088-12_0617.pdf . Hakupäivä: 5.2.2020.
6. Eloneva, Tuomo 2009. Myymälätilojen ilmanvaihto. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3575/Myymalatiilojen+ilmanvaihto.pdf?sequence=1> . Hakupäivä: 6.2.2020.
7. Nykänen, Matti. Toimitusjohtaja, Peltisepänliike Nykänen Oy. Keskustelut lokakuun 2019 – maaliskuun 2020 aikana.
8. Männikkö, Mika. Projekti-insinööri, Peltisepänliike Nykänen Oy. Keskustelut lokakuun 2019 - maaliskuun 2020 aikana.

9. VelociCalc Plus Air Velocity Meter Operation and Service Manual. 2000. TSI. Saatavissa: <https://www.tsi.com/getmedia/382745b3-69a6-487d-9fc7-c972684c45bb/1980321J-8384-86-VelociCalc-Plus?ext=.pdf>. Hakupäivä 12.2.2020.
10. Anttila, Joonas 2012. Tarkastuslista: Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötyöt. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49061/Anttila_Joonas.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä: 12.2.2020.
11. SIRI-mittaus- ja säätöpelti. Swegon. 2012. Saatavissa: <https://www1.swegon.com/Global/PDFs/Flow%20control/Commissioning%20dampers/fi/SIRI.pdf>. Hakupäivä: 18.2.2020.
12. Kangasvieri, Tero. Tekninen asiantuntija Caverion Suomi Oy. Sähköposti-viesti 4.3.2020.
13. Sisäilmastoluokitus. 2018 Espoo: Sisäilmayhdistys ry, Rakennustietosäätiö RTS sr, Suomen Arkkitehtiliitto SAFA ry, RAKLI ry, Suunnittelu- ja konsultointiyritykset SKOL ry. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/24863#page=1> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 26.3.2020.
14. LVI 014-10190. 1992. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/11972#page=1> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 26.3.2020.
15. Tervahuhta, Anna 2016. Kauppakeskus Valkean ilmavirtojen säätö ja analysointi. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108536/Tervahuhta_Anna.pdf?sequence=1. Hakupäivä 26.3.2020.







TOIMINTASELOSTUS



1. OHJAUKSET

Kojeen käyntiä ohjataan aikaohjelmalla tai lisäaikaohjelmalla HKS20. Lisäaikaohjelmalla käynnistää kojeen asetettavaksi ajaksi (0...4h). Seisonta-aikaohjelma käyttää kojetta kojeen aikaohjelman ulkopuolella jotta ilma vaihtuu kaikissa tiloissa. Ohjelman käyntitaajuus ja aika aseteltavissa (1h/10min).. TF01 käy aikaohjelman mukaan. Poistopuhallin PF01 on ohjelmallisesti lukittu TF01:n toimintaan ja asetusarvoihin siten että rakennuksen paine pysyy tasapainossa. Poistoilmapiuhallin PF02 käy aina. Kojeen käynnistyessä seis-tilasta koje käynnistyy ensin miniulkoilmavirralla ja sitten LTO:n lämmentyä koje siirtyy hiilidioksiidi säätöön. Kojen käy aseteltavalla vakioilmavirralla. Ilmavirtaa tehostetaan 125%:n mikäli hiilidioksiidi-pitoisuus nousee yli asetuksen täydellä raitisilmämäärällä. Pumppu PU40 käy aina. Pumppu PU41 käy lämmityskaudella, pumpulle ohjelmoidaan pyöräytysohjelma 1min/vko.

2. TOIMINTA KOJEEN KÄYDESSÄ

Pelti FG30 on auki, peltejä FG01 ja FG26 säädetään hiilidioksiidi mittauksen mukaan. Puhallin TF01 käy asetettulla VAKIO ilmavirralla anturin PE10 mittaustuloksesta muunnetaan ilmavirta ja ilmavirtaa vastaava taajuusmuuttajan arvo. Grafiikkakuviissa anturien PE10 ja PE30 mittaustulokset esitetään myös ilmavirroiksi muunnettuna.

Lämpötilan säätö

Tuloilman lämpötila TE10 pidetään asetusarvossaan säätämällä sarjassa (KUVA 1) 1. Lämmöntalteenottoa SC03 (100%-0%-100%), 2. lämmitystä TV40, 3. jälkilämmitystä TV41, 4. kiertoilmaa FG26 ja 5. Ilmavirtaa Ohjaavana anturina toimii TE10, jonka laskennallista asetusarvoa muutetaan huonelämpötilojen TE20, TE21 ja poistoilmanlämpötilan TE26 mittaustuloksen keskiarvon mukaisesti (painotukset muutettavissa). Lämmöntalteenotto (1.) asetetaan aseteltava ulkolämpötilaraja (-10C) jonka alapuolella lämmöntalteenottoa ei rajoiteta ellei huurtumisen esto sitä vaadi.

Ulkoilmavirran säätö

Raitisilmämäärää FG01 ja FG26 säädetään tilan hiilidioksidipitoisuus mittauksen QE26 mukaan siten, että pitoisuus pysyy alle asetusarvon 700 PPM. Pilleille asetetaan kolme kiinteää asentoa. Raitis ilma 50%, 75% ja 100%. (50%→ RI 918l/s, JI 903l/s, 75%→ RI 1376l/s, JI 1361l/s, 100%→RI=Tulo +1835l/s, JI=poisto -1820l/s). Mikäli hiilidioksiidi pitoisuus nousee yli asetusarvon täydellä raitisilma määrällä, kojeen ilmavirtaa tehostetaan portaattomasti 1,25 kertaiseksi (Tulo +2295 l/s, poisto -2275 l/s).

3. LTO-N HUURTUMISENESTO

Paine-eron roottorin yli kasvaessa yli asetusarvon (asetusarvo muuttuu poistopuhaltimen nopeuden mukaan) roottorin pyörimisnopeus rajoitetaan minimikierronnopeudelle. Paine-eron laskiessa normaalki roottorin pyörimisnopeus palautuu normaaliin LTO-käyttöön asetellun viiveajan jälkeen. Huom! LTO:n käynnistyessä säädölle asetetaan roottorin palamisen estämiseksi minimijännite 2V.

4. JÄÄHDYTYKSEN TALTEENOTTO

Ulkolämpötilan ollessa korkeampi kuin poistoilman lämpötila ja tuloilman lämpötila korkeampi kuin sen asetusarvo siirtyy lämmöntalteenotto täydelle teholle.

5. TOIMINTA KONEEN SEISONTA-AIKANA

Pellit FG01 ja FG30 ovat kiinni, lto-kiekko on seis. Paluuveden lämpötila TE45 pidetään seisonta-ajan asetusarvossa (+20C) säätämällä venttiiliä TV45.

6. YÖLÄMMITYS

Huonelämpötilojen TE20 ja TE21 keskiarvon laskiessa alle asetusarvon (+16C) pelti FG26 avautuu kiertoilma-asentoon ja puhallin TF01 käynnistyy. Huonelämpötilan saavuttaessa pysäytysrajan (+17,5C) puhallin seisahtuu ja kone siirtyy seisonta-aika asentoon.

7. JÄÄTYMIS-SUOJAN RAJOITUS- JA HÄLYTYSOIMINTA

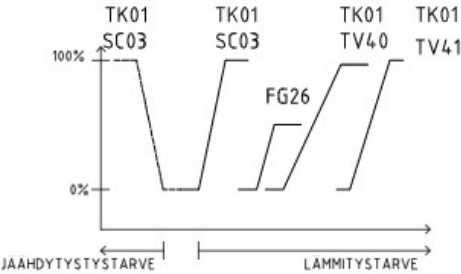
Jäätymis-suojassa on aseteltavat rajoitus- ja hälytysarvot. Rajoitustoiminta avaa venttiiliä TV40, jos paluuveden lämpötila TE46 laskee alle rajoitusarvon (+12C). Jos paluuveden lämpötila kuitenkin alittaa hälytysarvon (+8C), jäätymis-suoja estää puhaltimien käynnin, sulkee pellit FG01 ja FG30 ja antaa hälytyksen. Rajoitustoiminta avaa venttiiliä TV41, jos paluuveden lämpötila TE47 laskee alle rajoitusarvon (+12C). Jos paluuveden lämpötila kuitenkin alittaa hälytysarvon (+8C), jäätymis-suoja estää puhaltimien käynnin, sulkee pellit FG01 ja FG30 ja antaa hälytyksen.

8. OHJELMALLISET LUKITUKSET

Koje ei saa käydä mikäli jokin seuraavista ehdoista on voimassa: -kiertovesipumppu PU40 ei käy. -iv-hätäseis on hälytystilassa Kojen ei saa käydä jos ulkoilman lämpötila on alle +1C ja jokin seuraavista ehdoista on voimassa: -iv-verkoston pääpumppu on seis-tilassa -iv-verkoston lämpötila on alle liukuvan hälytysrajan -iv-verkoston painehälytys on voimassa

8. HÄLYTYKSET JA VAROTOIMINNOT

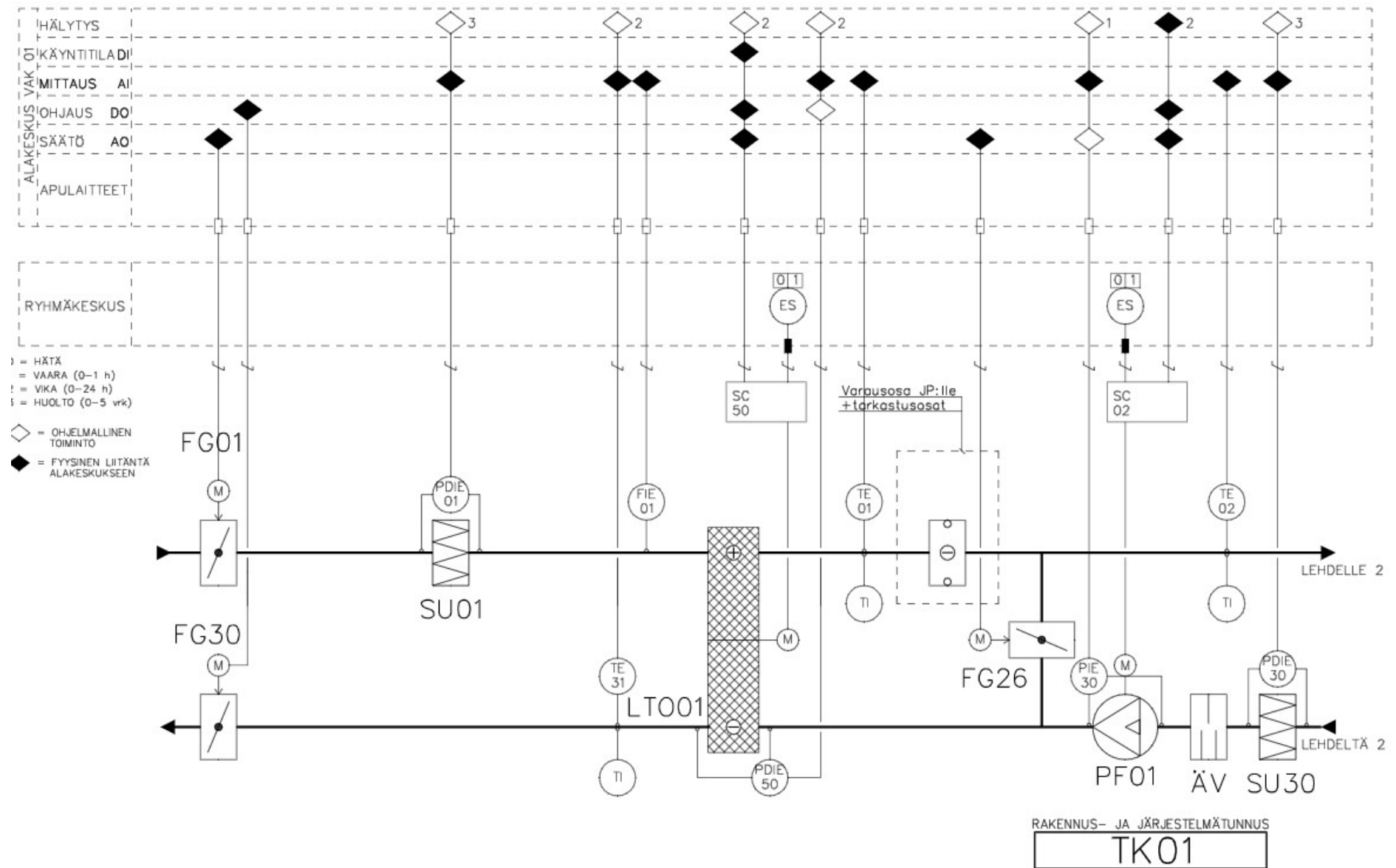
Paluuveden lämpötilan laskiessa alle asetettun hälytysrajan koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys. Kiertovesipumpun pysähtyessä koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys. Pumpun tai puhaltimien käsiohjauksesta saadaan ristiriita hälytys. Tulo- tai poistoilman TE10/TE26 ylittäessä / alittaessa asetusarvot saadaan hälytys. Hiilidioksidipitoisuus mittauksen QE30 ylittäessä hälytysrajan 1200 PPM saadaan hälytys. IV-hätäseisnapin painaminen pysäyttää kaikki puhaltimet ja aiheuttaa hälytyksen. Suodattimien paine-eron alittaessa tai ylittäessä asetetut ala/ylärajat tapahtuu hälytys (liukuvat rajat ilämäärän mukaan). Puhaltimien taajuusmuuttajien ohjautuessa väärin, tai mennessä häiriöön tapahtuu hälytys. Sähkökatkon jälkeen puhaltimet käynnistyvät automaattisesti.

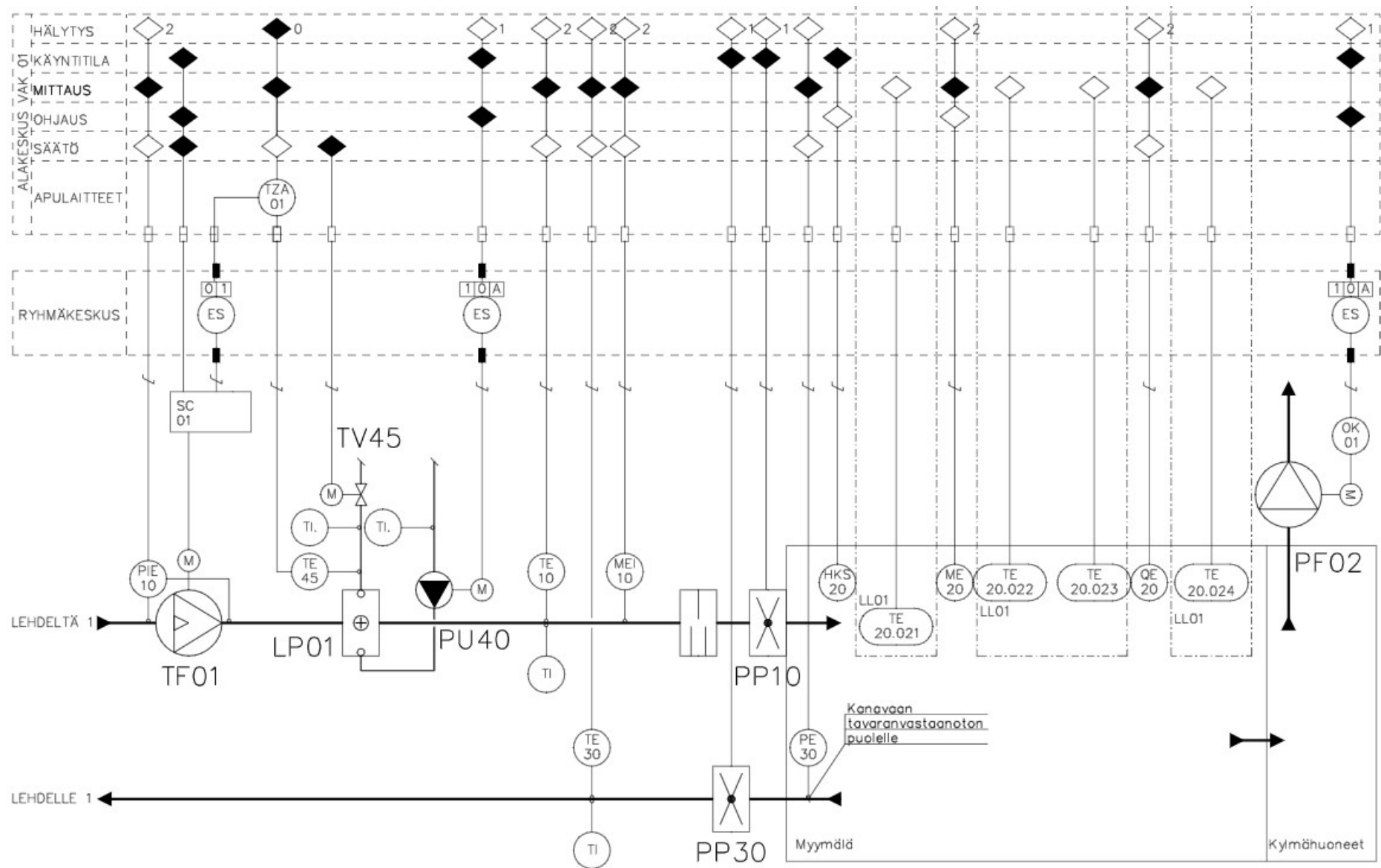


KUVA 1



TUNNUS	LAITE	TEKNISET ARVOT	OHJE- ASETUSARVO	HAN- KINTA	ASEN- NUS	HUOM!
FG-01	Peltimoottori	24 V		AU	AU	Jousip
FG-03	Peltimoottori	24 V		AU	AU	
FG-30	Peltimoottori	24 V		AU	AU	Jousip
HKS-20	Käsi käyttöajastin	Lisäaikakytkin		AU	SU	
PDA-01	Paine-erolähetin			AU	AU	
PDA-30	Paine-erolähetin			AU	AU	
PDL-01	Paine-ero-osoitin			AU	AU	
PDL-30	Paine-ero-osoitin			AU	AU	
PDL-31	Paine-ero-osoitin			AU	AU	
PDT-31	Paine-erolähetin			AU	AU	
PE-10	Paineanturi	0...700 Pa		AU	AU	
PE-30	Paineanturi	0...700 Pa		AU	AU	
PF-01	Puhallin	1500 l/s		IU	IU	
PI						
PU-40	Pumppu			PU	PU	
PU-41	Pumppu			PU	PU	
QE-26	CO2-anturi			AU	AU	
SC-01	Taajuusmuuttaja			SU	SU	
SC-02	Taajuusmuuttaja			SU	SU	
SC-03	Taajuusmuuttaja			IU	AU	
TAZ-01	Jäätymissuoja			AU	AU	
TE-00	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-02	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-03	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-10	Lämpötila-anturi			AU	PU	
TE-11	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-20	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-21	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-26	Lämpötila-anturi			AU	PU	
TE-31	Lämpötila-anturi			AU	AU	
TE-46	Lämpötila-anturi			AU	PU	
TE-47	Lämpötila-anturi			AU	PU	
TF-01	Puhallin	3500 l/s		IU	IU	
TK01-PF02	Huippumuri			IU	IU	
TK01-PF03	Huippumuri			IU	IU	
TK01TV40	3-tie venttiili	2,0l/s 15 kPa		AU	PU	
TK01TV41	3-tie venttiili	1,45 l/s 15 kPa		AU	PU	
TV-46	2-tie venttiili	0,081 l/s 15 kPa		AU	PU	
TK01-PF02	Kanavapuhallin	28 l/s, 100 Pa		IU	IU	Uusi laite 2019





LAITETUNNUS	NIMITYS	VAIKUTUSALUE	SIJAINTI	TEKNISET ARVOT	NYKY- NEN	HANKKII/ ASENTAA	HUOM.
TK01FG01	PELTIMOOTTORI	ULKOILMA	KOJEESSA	24 V		AU/AU	Pelti IU
TK01FG26	PELTIMOOTTORI	KIERTOILMA	KOJEESSA	24V		AU	Pelti IU
TK01FG30	PELTIMOOTTORI	POISTOILMA	KOJEESSA	24V		AU	Pelti IU
TK01HKS20	LISÄAIKAKYTKIN	TK01	HUONETILA	0...5h		AU	
TK01ME20	KOSTEUSANTURI	HUONEILMA	MYYMÄLÄ			AU	
TK01ME110	KOSTEUSANTURI	TULOILMA	KOJEESSA	Näytöllä		AU	
TK01OK01	Muuntojäsäädin	PF02				IU/SU	
TK01PDIE01	PAINE-EROMITTARI	Suodatin SU01	KOJEESSA	ALUE 0...600 Pa, Näytöllä		AU	
TK01PDIE30	PAINE-EROMITTARI	Suodatin SU30	KOJEESSA	ALUE 0...600 Pa, NÄYTÖLLÄ		AU	
TK01PDIE50	PAINE-EROMITTARI	LT001	KOJEESSA	Näytöllä		AU	
TK01PE30	PAINEANTURI	PF01	KANAVASSA	KANAVAAN, ALUE 0...500Pa		AU	
TK01PP10	PALOPELTI	TULOILMA	IVKH	Mikrokytkimellä		IU	
TK01PP30	PALOPELTI	POISTOILMA	IVKH	Mikrokytkimellä		IU	
TK01QE20	VOC-ANTURI	Tuloilma	Myymälässä			AU	
TK01SC01	KIERROSNÖPEUDEN SÄÄDIN	TF01	IV-KONEH.			IU	
TK01SC02	KIERROSNÖPEUDEN SÄÄDIN	PF01	IV-KONEH.			IU	
TK01SC50	KIERROSNÖPEUDEN SÄÄDIN	LT01	KOJEESSA	PORTAATON		IU	
TK01TE01	TULOILMAN LÄMPÖTILA	TULOILMA	KOJEESSA			AU	
TK01TE02	TULOILMAN LÄMPÖTILA	TULOILMA	KOJEESSA			AU	
TK01TE10	TULOILMAN LÄMPÖTILA	TULOILMA	KOJEESSA			AU	
TK01TE20.021	LÄMPÖTILA-ANTURI	HUONEILMA	HUONETILA			AU	LL01
TK01TE20.022	LÄMPÖTILA-ANTURI	HUONEILMA	HUONETILA			AU	LL01
TK01TE20.023	LÄMPÖTILA-ANTURI	HUONEILMA	HUONETILA			AU	LL01
TK01TE20.024	LÄMPÖTILA-ANTURI					AU	LL01
TK01TE30	POISTOILMAN LÄMPÖTILA	POISTOILMA	KOJEESSA			AU	
TK01TE31	LÄMPÖTILA-ANTURI	JÄTEILMA	KOJEESSA			AU	
TK01TE45	PALUUVEDEN LÄMPÖTILA	LP01	PATTERISSA			AU/PU	
TK01TI	LÄMPÖTILAMITTARI			ALUE -30'...+60' (ULKOILMA), ALUE 0...+60°C (TULO/POISTOILMA)		AU	
TK01TV45	MOOTTORIVENTTIILI	LP01	PUTKESSA	2-TIESÄÄTÖVENTTIILI, VIRTAAAMA 0,49 l/s, PAINE-ERO 19 kPa, kvs 4,0		AU/PU	
TK01TZA01	JÄÄTYMISSUOJA	LP01	ALAKESKUS	KÄSIPALAUTUS		AU	
TK01TI	LÄMPÖMITTARI VESI					PU	
TK01PIE10	PAINE-EROMITTAUS	TF01	KOJEESSA	0...1000 Pa, NÄYTÖLLÄ		AU	
TK01PIE30	PAINE-EROMITTARI		KOJEESSA	0...1000 Pa, NÄYTÖLLÄ		AU	
TK01FIE01	VIRTAUSMITTARI	RAITISILMA	KOJEESSA			AU	
TK01PU40	KIERTOVEDISIPUMPPU	LP01	PUTKESSA	AE-26/4, 0.49 dm3/s, 30 kPa, 400V 0.08kW 0.28A		PU	

[illegible]

TOIMINTASELOSTUS**1. OHJAUKSET**

Kojeen käyntiä ohjataan aikaohjelmalla tai lisäaikakytkimellä HKS20. Lisäaikakytkin käynnistää kojeen asetettavaksi ajaksi (0...4h). Seisonta-aikaohjelma käyttää kojetta kojeen aikaohjelman ulkopuolella jotta ilma vaihtuu kaikissa tiloissa. Ohjelman käyntitajuus ja aika aseteltavissa (1h/10min)..

TF01 käy aikaohjelman mukaan. Poistopuhallin PF01 on ohjelmallisesti lukittu TF01:n toimintaan ja asetusarvoihin siten että rakennuksen paine pysyy tasapainossa. Poistoilmahuuhallin PF02 käy aina. Kojeen käynnistyessä seis-tilasta koje käynnistyy ensin miniulkoilmavirralla ja sitten LTO:n lämmentyä koje siirtyy hiilidioksiidi säätöön.

Koje käy aseteltavalla vakioilmavirralla joka on (75%) mitoitusilmavirrasta. Ilmavirtaa tehostetaan mikäli VOC-pitoisuus nousee yli asetuksen täydellä raitisilmäärällä.

Pumppu PU40 käy aina.

2. TOIMINTA KOJEEN KÄYDESSÄ

Pelti FG30 on auki, peltejä FG01 ja FG26 säädetään hiilidioksiidi mittauksen mukaan. Puhallin TF01 käy asetettulla VAKIO ilmavirralla anturin PIE10 mittaustuloksesta muunnetaan ilmavirta ja ilmavirtaa vastaava taajuusmuuttajan arvo. Grafiikkakuviissa anturien PIE10, PE30 ja PIE31 mittaustulokset esitetään myös ilmavirroiksi muunnettuna.

Lämpötilan säätö

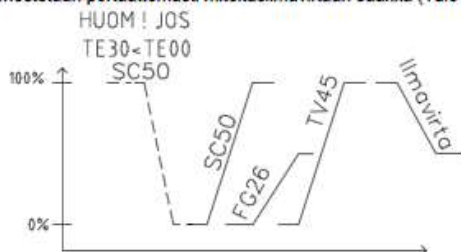
Tuloilman lämpötila TE10 pidetään asetusarvossaan säätämällä sarjassa (KUVA 1)

1. Lämmöntalteenottoa SC50 (100%-0%-100%), 2. jälkilämmitystä TV45, 3. kiertoilmaa FG26 ja 4. Ilmavirtaa

Ohjaavana anturina toimii TE10, jonka laskennallista asetusarvoa muutetaan huonelämpötilan TE20 ja poistoilmanlämpötilan TE30 mittaustuloksen keskiarvon mukaisesti. Lämmöntalteenotolle (1.) asetetaan aseteltava ulkolämpötilaraja (-10C) jonka alapuolella lämmöntalteenottoa ei rajoiteta ellei huurtumisen esto sitä vaadi.

Ulkoilmavirran säätö

Raitisilmamäärää FG01 ja FG26 säädetään tilan hiilidioksidipitoisuus mittauksen QE30 mukaan siten, että pitoisuus pysyy asetusarvossaan 700 PPM. Peltteille asetetaan kolme kiinteää asentoa. Raitis ilma 50%, 75% ja 100%. (50%=> RI 428l/s, JI 368l/s, 75%=> RI 641l/s, JI 581l/s, 100%=>RI=Tulo +855l/s, JI=poisto -795l/s). Mikäli hiilidioksiidi pitoisuus nousee yli asetusarvon täydellä raitisilma määrällä, kojeen ilmavirtaa tehostetaan portaattomasti mitoitusilmavirtaan saakka (Tulo +1140 l/s, poisto -1080 l/s).

**3. LTO:N HUURTUMISENESTO**

Paine-eron roottorin yli kasvaessa yli asetusarvon (asetusarvo muuttuu poistopuhaltimen nopeuden mukaan) roottorin pyörimisnopeus rajoitetaan minimikierto nopeudelle. Paine-eron laskiessa normaalki roottorin pyörimisnopeus palautuu normaaliin LTO-käyttöön asetellun viiveajan jälkeen. Huom! LTO:n käynnistyessä säädölle asetetaan moottorin palamisen estämiseksi minimijännite 2V.

4. JÄÄHDYTYKSEN TALTEENOTTO

Ulkolämpötilan ollessa korkeampi kuin poistoilman lämpötila ja tuloilman lämpötila korkeampi kuin sen asetusarvo siirtyy lämmöntalteenotto täydelle teholle.

5. TOIMINTA KONEEN SEISONTA-AIKANA

Pellit FG01 ja FG30 ovat kiinni, lto-kiekko on seis. Paluuveden lämpötila TE45 pidetään seisonta-ajan asetusarvossa (+20C) säätämällä venttiiliä TV45.

6. JÄÄTYMIS-SUOJAN RAJOITUS- JA HÄLYTYSOIMINTA

Jäätymis-suojassa on asetellavat rajoitus- ja hälytysarvot. Rajoitustoiminta avaa venttiiliä TV45, jos paluuveden lämpötila TE45 laskee alle rajoitusarvon (+12C). Jos paluuveden lämpötila kuitenkin alittaa hälytysarvon (+8C), jäätymis-suoja estää puhaltimien käynnin, sulkee pellit FG01 ja FG30 ja antaa hälytyksen.

7. OHJELMALLISET LUKITUKSET

Koje ei saa käydä mikäli jokin seuraavista ehdoista on voimassa:

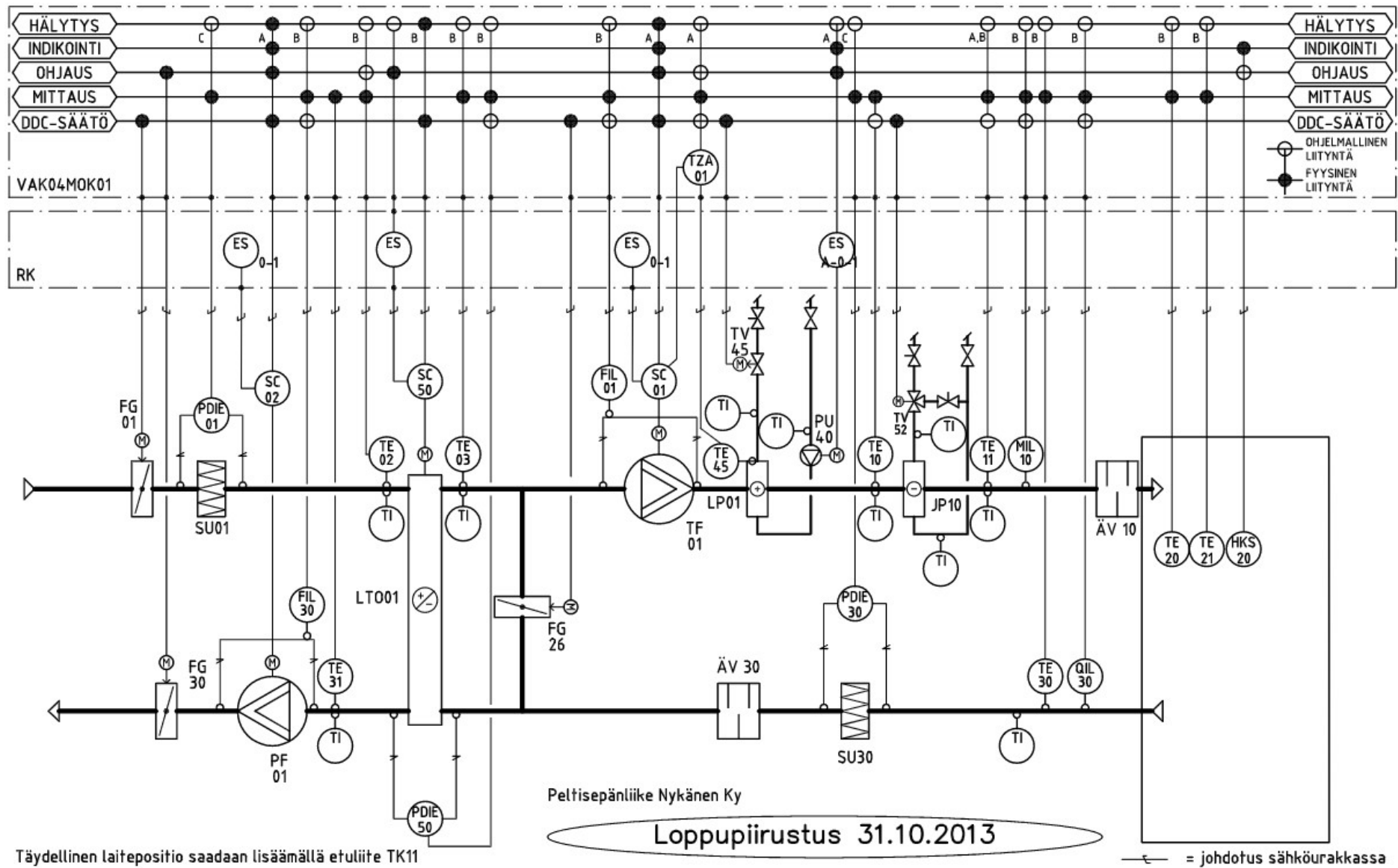
- kiertovesipumppu PU40 ei käy.
- iv-hätäseis on hälytystilassa

Koje ei saa käydä jos ulkoilman lämpötila on alle +1C ja jokin seuraavista ehdoista on voimassa:

- iv-verkoston pääpumppu on seis-tilassa
- iv-verkoston lämpötila on alle liukuvan hälytysrajan
- iv-verkoston painehälytys on voimassa

8. HÄLYTYKSET JA VAROTOIMINNOT

Paluuveden lämpötilan laskiessa alle asetettun hälytysrajan koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys. Kiertovesipumpun pysähtyessä koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys. Pumpun tai puhaltimien käsiohjauksesta saadaan ristiriita hälytys. Tulo- tai poistoilman TE10/TE30 ylittäessä / alittaessa asetusarvot saadaan hälytys. Hiilidioksidipitoisuus mittauksen QE30 ylittäessä hälytysrajan 1200 PPM saadaan hälytys. Palopellin sulkeutuminen aiheuttaa hälytyksen ja pellin sulkeutuminen pysäyttää koneen. IV-hätäseisnapin painaminen pysäyttää kaikki puhaltimet ja aiheuttaa hälytyksen. Suodattimien paine-eron alittaessa tai ylittäessä asetetut ala/yläraajat tapahtuu hälytys (liukuvat rajat ilämäärän mukaan). Puhaltimien taajuusmuuttajien ohjautuessa väärin, tai mennessä häiriöön tapahtuu hälytys. Sähkökatkon jälkeen puhaltimet käynnistyvät automaattisesti.



TOIMINTA-SELOSTUS

1. OHJAUKSET

TF01 käy aikaohjelman mukaan.

Koje voidaan aikaohjelman ulkopuolella ohjata käyntiin lisäaikakytkimellä HKS20. Lisäaikakytkin käynnistää kojeen asetettavaksi ajaksi (0...4h).

2. TOIMINTA KONEEN KÄYDESSÄ

Käynnistyminen:

Kojeen käynnistyminen seis-tilasta.

Pelti FG30 avautuu, raitisilmapeltti FG01 ja kiertoilmapeltti FG26 ovat kiinni. Poitopuhallin PF01 käynnistyy asetetulle ilmamäärälle ja roottori LTO01 käynnistyy. Asetettavan viiveajan jälkeen (30s.) LTO-roottorin lämmentyvä peltti FG01 avautuu ja puhallin TF01 käynnistyy. Lämpötilasäätö kanavaanturin TE30, huoneanturin TE20 ja TE21 keskiarvosta anturin TE10 toimissa rajoittavana anturina (+35). tuloilman lämpötilalle ulkolämpötilasta riippuva liukuva ala- ja yläraja.

Aikaohjelman mukaisen ilmanvaihdon toiminta:

Puhallin TF01 käy asetetulla VAKIO ilmavirralla anturi PIE10 mittaustuloksesta muunnetaan ilmavirtaa vastaava taajuusmuuttajan arvo. PF01 käy rinnan TF01:n kanssa. PIE10:n ja PIE30:n mittaustulos muutetaan ohjelmistossa puhallintoimittajan nomogrammin tai laskentakaavan avulla ilmamääräksi l/s.

Hiilidioksidisäätö:

Raitisilmamäärää säädetään tilan hiilidioksidipitoisuuden mukaan pitäen hiilidioksidimittauksen pitoarvona 650+ 200 PPM.

Raitisilmamäärää säädetään peltejä FG01 ja FG26 säätämällä, poistoilmapuhaltimen PF01 pyörimisnopeutta säädetään kiertoilmapellin asennosta riippuen KUVA 1.

Raitisilmamäärälle asetetaan minimi- ja maksimirajat siten, että raitisilmavirta on 30-100% mitoitusilmavirrasta.

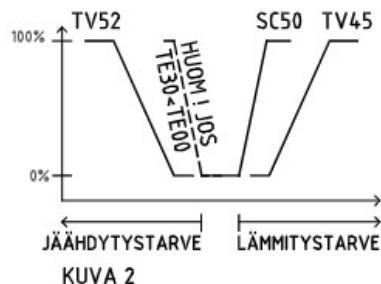
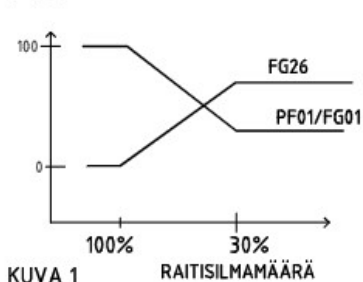
Lämpötilasäätö:

Lämpötilan säätö tapahtuu 3 portaassa KUVA 2. Ohjaavana anturina toimii kanava-anturi TE11, jonka laskennallista asetusravoa muutetaan TE30, TE20 ja TE21 mittaustuloksen keskiarvon mukaisesti.

Lämmityksen säätöportaat:

1. Jäähdytys TV52 2. LTO SC50 3. Lämmitys TV45

Jäähdytyksen rajoitus kojeen jäähdytys ei voi toimia, jos ulkolämpötila on alle asetellun arvon (+15 C).

Aikaohjelman ulkopuolinen toiminta:YÖLÄMMITYSKÄYTTÖ:

TF01 käy vakioilmamäärällä. Peltit FG01 ja 30 ovat kiinni, LTO seis, FG26 on täysin kiertoilma-asennossa.

Tuloilman lämpötila pidetään yhdistetyn kaskadimittauksen mukaisessa asetusravossa. Mikäli huonelämpötila nousee asetun ajan (yli 15 min) korkeammaksi kuin huonelämpötila asetus niin koje sammuu. uudellenkäynnistys asetusravon alittuessa

YÖTUULETUS:

Ohjelma käynnistää kojeen täydelle raitisilmamäärälle aikaohjelman ulkopuolella, kun:

- sisälämpötila on yli asetellun arvon (+22 oC)
- ulkolämpötila on yli asetellun arvon (+12 oC)
- ulkolämpötila on min. 3 oC alempi kuin sisälämpötila

3. LÄMMÖNTALTEENOTON TOIMINTA

LTO:n HUURTUMISEN ESTO

Paine-eron roottorin yli kasvaessa yli asetusravon (asetusarvo muuttuu raitisilmamäärän mukaan) roottorin pyörimisnopeus rajoitetaan minimikierronopeudelle. Paine-eron laskiessa normaaliksi roottorin pyörimisnopeus palautuu normaaliin LTO-käyttöön asetellun viiveajan jälkeen.

JÄÄHDYTYKSEN TALTEENOTTO

Ulkolämpötilan ollessa korkeampi kuin poistoilman lämpötila ja on jäähdytys tarvetta siirtyy lämmöntalteenotto täydelle teholle.

ROOTTORIN PUHTAAKSIPUHALLUS

Kojeen käydessä ja LTO:n ollessa pois toiminnasta ohjelmakäynnistää roottorin määrätyn aikavälein ja määrätys ajaksi minimikierronopeudelle.

4. TOIMINTA KONEEN SEISONTA-AIKANA

Pellit FG01 ja FG30 ovat kiinni, lto-kielko on seis.

Paluuvien lämpötila TE45 pidetään seisonta-ajan asetusravossa (+20C) säätämällä venttiiliä TV45.

5. JÄÄTYMIS-SUOJAN RAJOITUS- JA HÄLYTYSOIMINTA

Jäätymis-suojassa on asetettavat rajoitus- ja hälytysarvot. Rajoitustoiminta avaa venttiiliä TV45, jos paluuvien lämpötila TE45 laskee alle rajoitusarvon (+12C). Jos paluuvien lämpötila kuitenkin alittaa hälytysarvon (+8C), jäätymis-suoja estää puhaltimien käynnin, sulkee pellit FG01 ja FG30 ja antaa hälytyksen.

LUNTIKSET

Koje ei käy mikäli kiertovesipumppu PU40 ei käy. Jäätymissuojan lauettua sammuu kaikki puhaltimet ja pellit sulkeutuu.

5.1 JÄÄTYMIS-SUOJAN VAKIOMINNAT

Suodattimien paine-eron laskiessa alle asetettun alarajan tapahtuu hälytys.

Suodattimien paine-eron noustessa yli asetettun ylärajan tapahtuu hälytys

Paluuvien lämpötilan laskiessa alle asetettun hälytysrajan koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys.

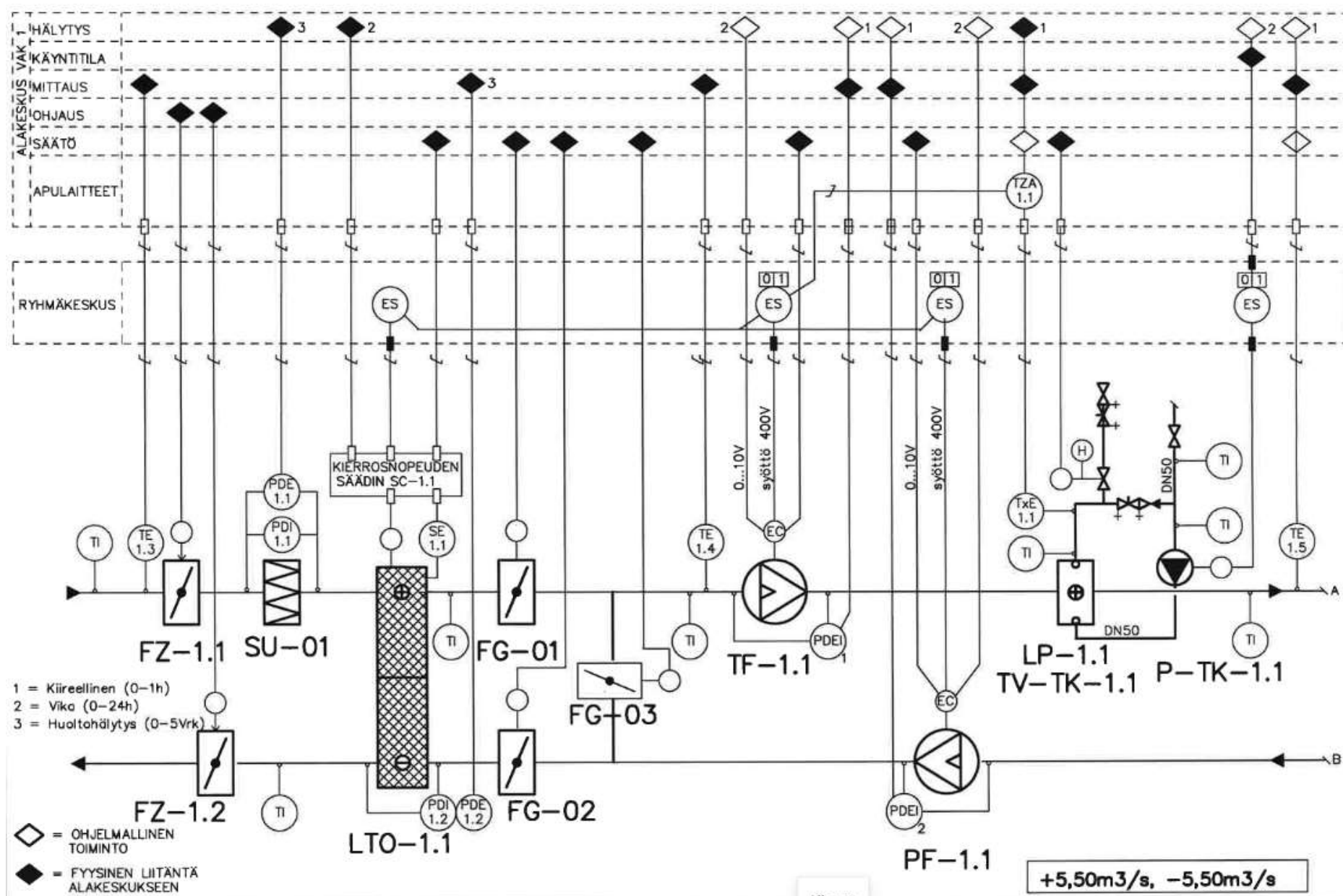
Kiertovesipumpun pysähtyessä koje pysähtyy ja tapahtuu hälytys Tuloilman lämpötilan noustessa yli asetettun rajan tapahtuu palovaarahälytys.

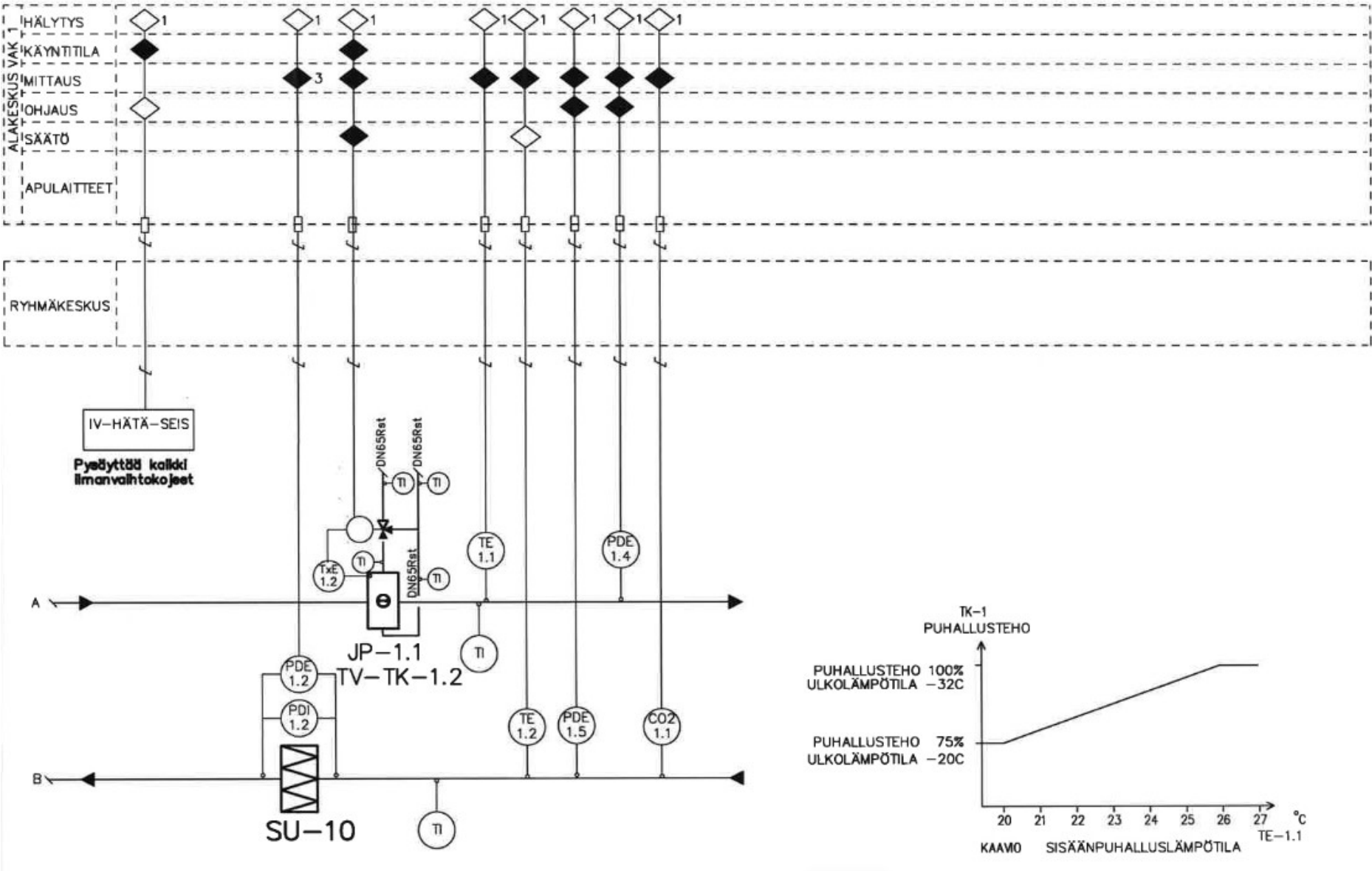
Tuloilman lämpötilan laskiessa alle asetettun rajan tapahtuu alilämpöhälytys.

Ulkaisen palo- tai saastevaarahälytyksen tullessa koje pysähtyy hätä-seis.painikkeesta

Puhaltimien taajuusmuuttajien ohjautuessa väärin, tai mennessä häiriöön tapahtuu hälytys.

Sähkökatkon jälkeen puhaltimet käynnistyvät automaattisesti.





TOIMINTASELOSTUS

OHJAUKSET KÄYTTÖTILASSA

Tuloilmapuhaltimen TF-1.1 käyntiä ohjataan valvontajärjestelmän aikaohjelman mukaan. Tuloilmapuhallin TF-1.1 ei saa käydä, mikäli lämmityspatterin pumppu P-1.1 ei ole käynnissä. Lukitus tehdään ryhmäkeskuksessa. Puhallustehon ohjaus kanavapaineen mukaan.

Kun poistokanavassa olevan CO₂-anturin 1.1 kohdalla aseteltu CO₂ pitoisuus ylittyy lisätään TK-1 koneen tehoa siten että haluttu CO₂-pitoisuus saavutetaan poistoilmakanavassa. Muutoin konetta ohjataan VAK aikaohjelman mukaan siten että kone käy päivällä 100% teholla ja yöllä 60% teholla.

Jos poistoilmalämpötila laskee 3 astetta alle asetusarvon niin puhallin käy silloin 100% teholla

Tulo- ja poistopuhaltimille asetetaan kolme (3) käyttötilannetta, päivä-, yö- ja pakkaskäyttö. Päivä- ja yökäyttöä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmalla. Pakkaskäytöllä ulkoilman lämpötilan laskiessa alle raja-arvon voi tuloilmapuhallin käynnistyä vain asetetulle arvolle.

Raitis- ja poistoilmapelit (FZ-1.1 ja FZ-1.2) avautuvat asetellun viiveajan (30...60s) verran aikaisemmin, kuin puhaltimet käynnistyvät. Viiveaika asetetaan rakennusautomaatiojärjestelmästä

Lämmityspatterin kiertopumppu P-1.1 on käynnissä aina.

LTO:n käyntivalmius on voimassa jatkuvasti puhtaaksipuhallusta varten. LTO:n pyörimisnopeuden säätökeskus pyörittää LTO-kiekkoa määrätyin väliajoin lämmitystarpeesta riippumatta.

Rakennusautomaatiojärjestelmään ohjelmoidaan konekohtaiset LTO:n hyötysuhdelaskentaohjelmat. LTO:n hyötysuhdelaskentaohjelma tulostaa pyydettyä a.o. lämpötilat ja LTO:n lämpötilahyötysuhteen. Mikäli LTO:n hyötysuhde on alle asetellun raja-arvon, kun säätö on ohjannut LTO:n täydelle tehalle, tapahtuu hälytys. Hälytykselle asetetaan viive, ettei huurtumisenestotoiminta aiheuta hälytystä. Hälytyksen alaraja esimerkiksi 45%. LTO:n hyötysuhdetta ei lasketa, mikäli poistoilman ja ulkoilman välinen lämpötila ero on alle 2 C

Palovaaraohjelma pysäyttää tuloilmapuhaltimen TF-1.1, kun tuloilman lämpötila TE-1.1 ylittää +50C.

Jäähdytystä ohjaa kylmävesiaseman oma ohjauskeskus.

Jäähdytys ei saa olla toiminnassa, kun lämmitystoiminto on toiminnassa.

SÄÄTÖ

KONE KÄYNNISSÄ
LÄMPÖTILANSÄÄTÖ

Lämmöntarpeen kasvaessa säätöohjelma käynnistää ensinmäisessä portaassa lämmön talteenotto-roottorin (LTO-kiekon) ohjaamalla roottorin kierrosnopeutta. Toisessa portaassa ohjataan lämmityspatterin venttiiliä TV-1.1 kunnes tuloilman lämpötila pysyy asetusarvossaan.

Tuloilman lämpötilan ylittäessä asetusarvon sulkee säätöohjelma ensinmäisessä portaassa lämmityspatterin venttiiliä TV-1.1. toisessa portaassa lämmön talteenotto-roottorin kierrosnopeutta lasketaan kunnes tuloilman lämpötilan asetusarvo on saavutettu.

Tuloilman lämpötilan ylittäessä asetusarvon avaa säätöohjelma kolmannessa portaassa jäähdytyspatterin venttiiliä TV-2.1 kunnes tuloilman lämpötilan asetusarvo on saavutettu. Lämpötilan laskiessa alle asetusarvon on toiminta päinvastainen.

Ulkoilmlämpötilan ollessa alle asetusarvon ja tuloilmapuhaltimen käytyä yhtäjaksoisesti yli kuusi (6) tuntia, säätöohjelma ohjaa huurteen poistamiseksi LTO:n minimikierrosluvulle määräajaksi, esimerkiksi 10 minuuttia.

ILMAMÄÄRÄNSÄÄTÖ (kanavapainesäätö)

Tuloilma:

Kun ulkoilmanlämpötila on -20 C (75% teholla) niin ohjataan suhteellisesti kierroslukua suuremmaksi -32 C asti jolloin ilmamäärä on 100%. Säätöohjelma ohjaa taajuusmuuttajan välityksellä tuloilmapuhaltimen pyörimisnopeutta.

Poistoilma:

Kun ulkoilmanlämpötila on -20 C (75% teholla) niin ohjataan suhteellisesti kierroslukua suuremmaksi -32 C asti jolloin ilmamäärä on 100%. Säätöohjelma ohjaa taajuusmuuttajan välityksellä poistoilmapuhaltimen pyörimisnopeutta.

KONE SEIS

SÄHKÖKATKON AIKANA PELLIT FZ1.1 JA FZ1.2 SULKEUTVAT JOUSIVOIMALLA KIINNI. Jäätymisvaaran ehkäisemiseksi pidetään lämmityspatterin paluuveden lämpötila TxE 1.1 asetusarvossa (esimerkiksi +25 C). Säätöohjelma ohjaa venttiiliä TV-1.1.

JÄÄTYMISVAARATERMOSTAATIN TOIMINTA

Jäätymisvaararmostaatin TZA 1.1 toimiessa tuloilmapuhallin pysähtyy. Tämän jälkeen säätö kuten kohdassa "kone seis"

Jäätymisvaararmostaatin TxE 1.2 toimiessa tuloilmapuhallin pysähtyy. Tämän jälkeen säätö kuten kohdassa "kone seis"

OHJELMALLISET HÄLYTYKSET

Tulo- ja poistopuhaltimille ohjelmoidaan ristiriitahälytykset.

Suodattimien paine-eromittauksen perusteella ohjelmoidaan suodatin- ja virtausvahtihälytykset. Suodatinvahtihälytys toimii, kun suodattimen paine-ero kasvaa yli asetun raja-arvon. Virtausvahtihälytys toimii puhaltimien käydessä, kun suodattimen paine-ero laskee alle asetetun raja-arvon.

Tuloilman lämpötilan TE-1.1 ohittaessa asetetut raja-arvot, antaa rakennusautomaatiojärjestelmä hälytyksen.(Palovaara-asetus +50 C).

Mikäli kanava paine-eromittauksen PDE 1.4 tai PDE 1.5 raja-arvo ylittyy tapahtuu hälytys ja tulo- ja poistoilmapuhaltimet ajetaan 40%-teholle

HÄLYTYSLUOKAT, VIIVEET JA-RAJA-ARVOT

Hälytysluokkaan 1 (kiireelliset hälytykset) kuuluvat lämmityspatterin pumpun P-1.1 hälytys ja jäätymisvaaratermostaatin TZA 1.1 hälytys.

Hälytysluokkaan 3 kuuluvat (huoltohälytykset) kuuluu suodatinvahtien sekä LTO:n hyötysuhde hälytykset. Muut hälytykset luokkaa 2 (vika-hälytykset)

Hälytyksien viiveaikojen ohjeasetusarvot ovat:

- lämmityspatterin pumpun P-1.1 ja TZA 1.1 hälytys 5 sekuntia
- lämpötilamittaus TE 1.1 1 min
- tulo- ja poistopuhaltimien ristiriitahälytykset 30 sekuntia
- taajuusmuuttajien sekä LTO:n vikahälytys 30 sekuntia
- hihnavahdinhälytykset PDE 1.1 ja PDE 1.23 30 sekuntia
- suodatinvahtihälytykset PDE 1.1 ja PDE 1.3 5 min
- LTO:n hyötysuhdehälytys 5min
- kanavapainehälytykset PDE 1.4 ja PDE 1.5 5 min
- hiilidioksidihälytykset CO2-1.1 alaraja 650 ppm, yläraja 1000ppm 5 min

LP 1

Lämmitysteho 101 kW (Tu -9,8C/Ts +25 C Tm +60/29,5C Qv 5,50 m3/s)

JP 1

Jäähdytysteho 112,6 kW (Tu +28C(50%) /Ts +16C (88%) Vesi Tm +7/12,5C Qv 5,50 m3/s)

TF-1.1

Qv 3,0....5,50 m3/s / dp kanavisto 250 Pa

PF-1.1

Qv 3,0....5,50 m3/s / dp kanavisto 250 Pa

LTO-HYÖTYSUHDE 82,0% (kuiva) (EN803) Qv+5,50 m3/s -5,50m3/s (-29=>+12,8C /+22=>-19,7C) (Entalpia hs 78,1%)

SFPv-LUKU 1,63 kW/m3/s

TOIMINTO	SÄÄTÖMUOTO	SÄÄTÖKOHDE	OHJEASETUSARVO
Säätö/TE 1.1	PI+P kaskadi	Tuloilman lämpötila	
TxE 1.2		Jäätymisvaara	3 C
Säätö / TxE 1.1	PI	Patterivesi/kone seis	25 C
TZA 1.1	on-off	Jäätymisvaara	8 C
PDE 1.1		Suodatin-/hihnavahdi	74 Pa / 154 Pa
PDE 1.3		Suodatin-/hihnavahdi	44 Pa/ 124 Pa
PDE 1.4		Kanavapaine-ero	kanavapaine 250 Pa häl.raja 300 Pa
PDE 1.5		Kanavapaine-ero	kanavapaine 250 Pa häl.raja 300 Pa

SÄÄTÖVENTTIILIT

SUUNNITELTU

IV-KOJEIDEN SÄÄTÖVENTTIILIT	TV-1.1	TV-1.2	
VALMISTAJA			
MALLI			
VIRTAUS dm³ /s	0,79	2,69	
PAINEHÄVIÖ kPa	8,1	15	
KOKO/KVS-ARVO DN/kvs	25/10	40/25	/

P-1.1 Qv=0,79 l/s H=25 kPa

VALITTU

IV-KOJEIDEN SÄÄTÖVENTTIILIT	TV-1.1	
VALMISTAJA		
MALLI		
VIRTAUS dm³ /s		
PAINEHÄVIÖ kPa		
KOKO/KVS-ARVO DN/kvs	/	/

Mittaaja: Sami Torppa
 Kohde: S-Market nro. 1
 Mittari: VelociCalcPlus 8386
 Pvm: 27.12.2019

Ulkoilmapelti (%) 40
 Sekoitusilmapelti (%) 60

Kanava Poisto/1
 Putkikoko (mm) 630
 Putkikoko (m) 0,63
 Pinta-ala (m²) 0,31

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,1
 2 2,04
 3 2,05
 4 1,96
 5 1,71

Keskiarvo 1,97

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 615

Kanava Poisto/2
 Putkikoko (mm) 315
 Putkikoko (m) 0,315
 Pinta-ala (m²) 0,08

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,11
 2 2,07
 3 1,89
 4 2,19
 5 1,89

Keskiarvo 2,03

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 158

Kanava Poisto/3
 Putkikoko (mm) 500x860
 Pinta-ala (m²) 0,43

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 1,65
 2 1,78
 3 2,23

Keskiarvo 1,89

Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm³/s) 811

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm³/s) 1584

Ulkoilmapelti (%) 70
 Sekoitusilmapelti (%) 30

Kanava Poisto/1
 Putkikoko (mm) 630
 Putkikoko (m) 0,63
 Pinta-ala (m²) 0,31

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,06
 2 1,89
 3 2,07
 4 1,98
 5 1,92

Keskiarvo 1,98

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 618

Kanava Poisto/2
 Putkikoko (mm) 315
 Putkikoko (m) 0,315
 Pinta-ala (m²) 0,08

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2
 2 1,75
 3 1,87
 4 2,2
 5 1,71

Keskiarvo 1,906

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 149

Kanava Poisto/3
 Putkikoko (mm) 500x860
 Pinta-ala (m²) 0,43

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 1,8
 2 1,49
 3 1,8

Keskiarvo 1,697

Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm³/s) 730

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm³/s) 1497

Ulkoilmapelti (%)	100
Sekoitusilmapelti (%)	0

Kanava	Poisto/1
Putkikoko (mm)	630
Putkikoko (m)	0,63
Pinta-ala (m ²)	0,31

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,05
2	1,87
3	1,97
4	1,92
5	1,75
Keskiarvo	1,91
Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm ³ /s)	596

Kanava	Poisto/3
Putkikoko (mm)	500x860
Pinta-ala (m ²)	0,43

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	1,88
2	2,32
3	1,12
Keskiarvo	1,773
Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm ³ /s)	763

Kanava	Poisto/2
Putkikoko (mm)	315
Putkikoko (m)	0,315
Pinta-ala (m ²)	0,08

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	1,97
2	1,73
3	1,73
4	2,04
5	1,72
Keskiarvo	1,838
Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm ³ /s)	143

Poistoilmavirta $q_{v,yht.}$ (dm ³ /s)	1502
---	------

Mittaaja: Sami Torppa
 Kohde: S-Market nro. 2
 Mittari: VelociCalcPlus 8386
 Pvm: 20.1.2020

Ulkoilmapelti (%) 30
 Sekoitusilmapelti (%) 70

Kanava Poisto/1
 Putkikoko (mm) 500
 Putkikoko (m) 0,5
 Pinta-ala (m²) 0,20

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,65
 2 5,55
 3 5
 4 5,1
 5 4,86

Keskiarvo 5,265

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 1034

Kanava Poisto/2
 Putkikoko (mm) 315
 Putkikoko (m) 0,315
 Pinta-ala (m²) 0,08

Mittauspiste Paine-ero (Pa)
 1 37

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 181

Kanava Ulospuhallus
 Putkikoko (mm) 630
 Putkikoko (m) 0,63
 Pinta-ala (m²) 0,31

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,55
 2 1,68
 3 1,45
 4 1,63
 5 1,4

Keskiarvo 1,742

Ulospuhallusilmavirta q_v
 (dm³/s) 543

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$
 (dm³/s) 1215

Ulkoilmapelti (%) 50
 Sekoitusilmapelti (%) 50

Kanava Poisto/1
 Putkikoko (mm) 500
 Putkikoko (m) 0,5
 Pinta-ala (m²) 0,20

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,2
 2 5,1
 3 4,95
 4 5,1
 5 5,1

Keskiarvo 5,09

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 999

Kanava Poisto/2
 Putkikoko (mm) 315
 Putkikoko (m) 0,315
 Pinta-ala (m²) 0,08

Mittauspiste Paine-ero (Pa)
 1 34

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 174

Kanava Ulospuhallus
 Putkikoko (mm) 630
 Putkikoko (m) 0,63
 Pinta-ala (m²) 0,31

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,25
 2 3,45
 3 1,62
 4 0,68
 5 5,1

Keskiarvo 3,22

Ulospuhallusilmavirta q_v
 (dm³/s) 1004

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$
 (dm³/s) 1173

Ulkoilmapekti (%)	70
Sekoitusilmapekti (%)	30

Kanava	Poisto/1
Putkikoko (mm)	500
Putkikoko (m)	0,5
Pinta-ala (m ²)	0,20

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	5,4
2	5,25
3	5,15
4	4,92
5	4,9
Keskiarvo	5,124

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm ³ /s)	1006
--	------

Kanava	Poisto/2
Putkikoko (mm)	315
Putkikoko (m)	0,315
Pinta-ala (m ²)	0,08

Mittauspiste	Paine-ero (Pa)
1	38

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm ³ /s)	184
--	-----

Kanava	Ulospuhallus
Putkikoko (mm)	630
Putkikoko (m)	0,63
Pinta-ala (m ²)	0,31

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	3,59
2	3,78
3	3,59
4	3,54
5	3,6
Keskiarvo	3,620

Ulospuhallusilmavirta q_v (dm ³ /s)	1128
--	------

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm ³ /s)	1190
---	------

Mittaja: Sami Torppa
 Kohde: Prisma
 Mittari: VelociCalcPlus 8386
 Pvm: 27.1.2020

Ulkoilmapelti (%) 20
 Sekoitusilmapelti (%) 80

Kanava Poisto/1
 Putkikoko (mm) 800
 Putkikoko (m) 0,8
 Pinta-ala (m²) 0,50

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,39
 2 2,48
 3 2,64
 4 2,55
 5 2,63
 Keskiarvo 2,538

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 1276

Kanava Poisto/3
 Putkikoko (mm) 800
 Putkikoko (m) 0,8
 Pinta-ala (m²) 0,50

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,61
 2 2,58
 3 2,6
 4 2,51
 5 2,39
 Keskiarvo 2,538

Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm³/s) 1276

Kanava Poisto/2
 Putkikoko (mm) 800
 Putkikoko (m) 0,8
 Pinta-ala (m²) 0,50

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,1
 2 5,75
 3 6,5
 4 5,8
 5 5,95
 Keskiarvo 5,82

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 2925

Kanava Poisto/4
 Putkikoko (mm) 630
 Putkikoko (m) 0,63
 Pinta-ala (m²) 0,31

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,25
 2 4,35
 3 3,44
 4 2,75
 5 3,22
 Keskiarvo 3,802

Poistoilmavirta $q_{v,4}$ (dm³/s) 1185

Kanava	Tulo/1
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	3,06
2	3,76
3	3,57
4	3,61
5	3,99
Keskiarvo	3,598

Tuloilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 2826

Kanava	Tulo/2
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,68
2	2,75
3	2,39
4	2,45
5	2,56
Keskiarvo	2,566

Tuloilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 2015

Kanava	Ulkoilma
Putkikoko (mm)	1500x1000
Putkikoko (m)	
Pinta-ala (m ²)	1,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	0,4
2	0,28
3	0,21
4	0,15
5	0,29
Keskiarvo	0,266

Ulkoilmavirta q_v (dm³/s) 399

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm³/s) 6662

Tuloilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm³/s) 4841

Ulkoilmapelti (%)	50
Sekoitusilmapelti (%)	50

Kanava	Poisto/1
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,17
2	2,07
3	1,98
4	2,08
5	2,04
Keskiarvo	2,068

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 1039

Kanava	Poisto/3
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	1,78
2	1,93
3	2,27
4	1,98
5	2,14
Keskiarvo	2,02

Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm³/s) 1015

Kanava	Tulo/1
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	3,3
2	3,79
3	3,68
4	3,9
5	4,15
Keskiarvo	3,764

Tuloilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 2956

Kanava	Poisto/2
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	4,1
2	4,24
3	5,1
4	4,36
5	4,55
Keskiarvo	4,47

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 2247

Kanava	Poisto/4
Putkikoko (mm)	630
Putkikoko (m)	0,63
Pinta-ala (m ²)	0,31

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	3,31
2	2,05
3	1,45
4	3
5	1,42
Keskiarvo	2,246

Poistoilmavirta $q_{v,4}$ (dm³/s) 700

Kanava	Tulo/2
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,83
2	2,79
3	2,44
4	2,52
5	2,48
Keskiarvo	2,612

Tuloilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 2051

Kanava	Ulkoilma
Putkikoko (mm)	1500x1000
Pinta-ala (m ²)	1,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,41
2	0,74
3	0,99
4	0,64
5	4,41
Keskiarvo	1,838

Ulkoilmavirta q_v (dm ³ /s)	2757
--	------

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm ³ /s)	5002
---	------

Tuloilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm ³ /s)	5008
---	------

Ulkoilmapelti (%)	70
Sekoitusilmapelti (%)	30

Kanava	Poisto/1
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	1,57
2	1,55
3	1,64
4	1,66
5	1,59
Keskiarvo	1,602

Poistoilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 805

Kanava	Poisto/3
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	1,53
2	1,59
3	1,63
4	1,58
5	1,68
Keskiarvo	1,602

Poistoilmavirta $q_{v,3}$ (dm³/s) 805

Kanava	Tulo/1
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,45
2	3,34
3	3,34
4	3,66
5	4,11
Keskiarvo	3,38

Tuloilmavirta $q_{v,1}$ (dm³/s) 2655

Kanava	Poisto/2
Putkikoko (mm)	800
Putkikoko (m)	0,8
Pinta-ala (m ²)	0,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	3,23
2	3,44
3	4,3
4	3,49
5	3,63
Keskiarvo	3,618

Poistoilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 1819

Kanava	Poisto/4
Putkikoko (mm)	630
Putkikoko (m)	0,63
Pinta-ala (m ²)	0,31

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,47
2	1,19
3	1,71
4	1,19
5	2,45
Keskiarvo	1,802

Poistoilmavirta $q_{v,4}$ (dm³/s) 562

Kanava	Tulo/2
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,69
2	2,79
3	2,57
4	2,52
5	2,62
Keskiarvo	2,638

Tuloilmavirta $q_{v,2}$ (dm³/s) 2072

Kanava	Ulkoilma
Putkikoko (mm)	1500x1000
Pinta-ala (m ²)	1,50

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	2,94
2	2,05
3	1,83
4	1,28
5	2,15
Keskiarvo	2,05

Ulkoilmavirta q_v (dm ³ /s)	3075
--	------

Poistoilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm ³ /s)	3991
---	------

Tuloilmavirta $q_{v,YHT.}$ (dm ³ /s)	4727
---	------

Mittaja: Sami Torppa
 Kohde: Monitoimihalli
 Mittari: VelociCalcPlus 8386
 Pvm: 2.1.2020

Ulkoilmapelti (%) 25
 Sekoitusilmapelti (%) 75

Ulkoilmapelti (%) 45
 Sekoitusilmapelti (%) 55

Kanava Poisto
 Putkikoko (mm) 1250
 Putkikoko (m) 1,25
 Pinta-ala (m²) 1,23

Kanava Poisto
 Putkikoko (mm) 1250
 Putkikoko (m) 1,25
 Pinta-ala (m²) 1,23

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 4,64
 2 5,11
 3 5,05
 4 4,87
 5 5,05

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 4,84
 2 4,74
 3 4,46
 4 4,37
 5 4,05

Keskiarvo 4,944

Keskiarvo 4,492

Poistoilmavirta q_v (dm³/s) 6067

Poistoilmavirta q_v (dm³/s) 5513

Kanava Ulospuhallus
 Putkikoko (mm) 1000
 Putkikoko (m) 1
 Pinta-ala (m²) 0,79

Kanava Ulospuhallus
 Putkikoko (mm) 1000
 Putkikoko (m) 1
 Pinta-ala (m²) 0,79

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 2,91
 2 2,7
 3 2,62
 4 2,8
 5 2,53

Mittauspiste Nopeus (m/s)
 1 5,7
 2 5,65
 3 1,6
 4 2,24
 5 2,07

Keskiarvo 2,712

Keskiarvo 3,452

Ulospuhallusilmavirta q_v (dm³/s) 2130

Ulospuhallusilmavirta q_v (dm³/s) 2711

Ulkoilmapelti (%)	70
Sekoitusilmapelti (%)	30

Kanava	Poisto
Putkikoko (mm)	1250
Putkikoko (m)	1,25
Pinta-ala (m ²)	1,23

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	4,88
2	5,05
3	5,05
4	4,74
5	4,95
Keskiarvo	4,934
Poistoilmapvirta q_v (dm³/s)	6055

Kanava	Ulospuhallus
Putkikoko (mm)	1000
Putkikoko (m)	1
Pinta-ala (m ²)	0,79

Mittauspiste	Nopeus (m/s)
1	4,98
2	4,84
3	4,81
4	4,85
5	5
Keskiarvo	4,896
Ulospuhallusilmavirta q_v (dm³/s)	3845