



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tero Närvä

KIINTEISTÖ OY HOVIKRUUNU
VYÖHYKESÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tero Närvä
Opinnäytetyön nimi	Kiinteistö Oy Hovikruunu vyöhykesäätöjärjestelmä
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	92 + 1 liitettä
Ohjaaja	Esala Tapani

Opinnäytetyön tarkoituksena oli olla osana tiimiä, joka toteuttaa Schneiderin kiinteistöhallintajärjestelmän eri osien asennuksen ja dokumentoinnin. Projektin luonteen vuoksi (Saneeraus) sekä tämänkaltaisen kokeiluluontoisen järjestelmän toteutuksen vuoksi, tarkoituksena oli myös selvittää mahdolliset ongelmat.

Tutkimukseen kerättiin tiedot järjestelmän eri osista, asennuksesta, säädöstä, järjestelmän käyttöönotosta sekä prosessin aikana kohdatuista ongelmista. Tutkimuksen prioriteettina oli dokumentoida kohteessa käytetyn järjestelmän eri osat, mittaus ja asiakaskohtainen energiansäätö.

Keskeiset havainnot liittyivät projektin edetessä seikkoihin, joita voidaan toteuttaa järjestelmän toimivuuden kannalta paremmin sekä kehittää tulevaisuudessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli nimenomaan keskittyä eri säätöalueisiin ja sen tuomiin etuihin. Projektin valmistumisen jälkeen oli selkeää, että vähäisistä vaikeuksista huolimatta saavutettiin ensiluokkainen lopputulos. Järjestelmä toimii moitteettomasti ja mikä tärkeintä, asiakkaat ovat olleet erittäin tyytyväisiä niin kohteen saneeraukseen kuin automatisointiinkin.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikka
Electrical engineering

ABSTRACT

Author	Tero Närvä
Title	Kiinteistö Oy Hovikruunu vyöhykesäätöjärjestelmä
Year	2017
Language	finnish
Pages	92 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Esala Tapani

The purpose of the thesis was implement the installation, commissioning and documentation of the various parts of the Schneider Estate Management System as a part of a team. Due to the nature of the project (Renovation) and the implementation of this kind of experimental system, the purpose was also to find out the potential problems.

Information was gathered for this study about various components of the system, the installation, the actuation, the implementation of the system and the problems encountered during the process. The study's priority was to document the different components of the system used, measurement and customer-specific energy control.

As the project progressed, the key findings of the study were related to factors which could be better implemented, and developed in the future. The purpose of the research was to focus on the various control areas and the benefits it has given. After the completion of the project, it is clear that, despite minor difficulties, a first-class result was accomplished. The system works smoothly and most importantly, customers have been very pleased with both the renovation and the automation system.

Keywords	Necessary adjustment, energy saving, distributed system, building automation
----------	--

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITET AV ANVÄNDADE VETENSKAPER
Sähkötekniikka
elektroteknik

ABSTRAKT

Skribent	Tero Närvä
Titel	Kiinteistö Oy Hovikruunu vyöhykesäätöjärjestelmä
År	2017
Språk	finska
Sidor	92 + 1 Bilagor
Handledare	Esala Tapani

Syftet med examensarbetet var att ingå i ett arbetslag som ska installera, driftsätta och dokumentera de olika delarna av Schneider Estate Management System. På grund av projektets art (Renovering) och den experimentella karaktären av denna typ av genomförande ingår det också i detta arbete att ta reda på potentiella problem.

Information samlades in om systemets olika delar, installationen, drifttagningen, systemets implementering och problemen som uppstod under processen. Examensarbetets fokusområde var att dokumentera de olika komponenterna i det installerade systemet, mätningar samt kundspecifika energikontroller.

När projektet framskred var de viktigaste resultaten i forskningen de faktorer som kunde implementeras bättre och utvecklas i framtiden. Syftet med forskningen var att koncentrera sig på de olika kontrollområdena och fördelarna dessa givit. Efter projektets slutförande var det uppenbart att, trots mindre utmaningar, uppnåddes ett förstklassigt resultat. Automationssystemet fungerar felfritt och framförallt så har kunderna varit mycket nöjda med både renoveringen och automatiseringen.

Nyckelord	Nödvändig justering, energibesparing, distribuerat system, byggautomatisering
-----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	11
2	HOVIKRUUNU.....	12
3	KIINTEISTÖNHALLINTAJÄRJESTELMÄ.....	13
4	VYÖHYKESÄÄDÖN TAVOITTEET.....	15
5	VYÖHYKESÄÄTÖJÄRJESTELMÄ.....	17
6	OHJAUS.....	21
6.1	MPM.....	21
6.1.1	Tekniset tiedot.....	23
6.1.2	Edut.....	24
6.1.3	Toimintaperiaate.....	25
6.1.4	BACnet edut.....	25
7	LVIJ-VYÖHYKESÄÄTÖ.....	27
7.1	Lämmitysjärjestelmä (kaukolämpö).....	31
7.2	Käyttövesi.....	32
7.3	Jäähdytys.....	33
7.4	Jäähdytyskonvektorit.....	37
7.4.1	Tekniset tiedot.....	41
7.4.2	Edut.....	42
7.4.3	Toimintaperiaate.....	42
7.5	Moottoriventtiilit (MZ19A).....	43
7.5.1	Tekniset tiedot.....	44
7.5.2	Edut.....	45
7.5.3	Toimintaperiaate.....	45
7.6	Ilmastointi.....	46
7.7	IMS-ilmamääräsäätimet (Swegon REACTa-M).....	49
7.7.1	Tekniset tiedot.....	55
7.7.2	Edut.....	55
7.7.3	Toimintaperiaate.....	56

7.8	CO ₂ -Anturit.....	57
7.8.1	Produal HDK.....	57
7.8.2	Tekniset tiedot.....	57
7.8.3	Toimintaperiaate	59
7.8.4	Schneider SCD100 (CO ₂ duct sensor)	60
7.8.5	Tekniset tiedot.....	60
7.8.6	Toimintaperiaate	61
7.9	Jäähdytys-/lämmitysenergianmittaus	61
7.9.1	Energiamittarin ominaisuuksia.....	62
7.9.2	Tekniset tiedot.....	62
7.9.3	Edut	64
7.9.4	Toimintaperiaate	64
7.10	Huonesäädin SE8300.....	65
7.10.1	Ominaisuudet	66
7.10.2	Tekniset tiedot.....	66
7.10.3	Edut	67
7.10.4	Toimintaperiaate	67
8	VALAISTUS.....	68
8.1	Painonapit (Enocean Trio2sys).....	71
8.1.1	Tekniset tiedot.....	72
8.1.2	Edut	73
8.1.3	Toimintaperiaate	73
8.2	Liiketunnistin (Enocean trio2sys)	74
8.2.1	Tekniset tiedot.....	74
8.2.2	Toimintaperiaate	75
8.3	Valoisuusanturit (Enocean trio2sys 02LINE).....	76
8.3.1	Tekniset tiedot.....	76
8.3.2	Toimintaperiaate	77
8.4	Apureleet (produal RY 1-U).....	78
8.4.1	Tekniset tiedot.....	79
8.4.2	Toimintaperiaate	80
8.5	Valaisimet	80

8.5.1	Tekniset tiedot.....	82
8.5.2	Toimintaperiaate	82
9	YHTEENVETO	84
9.1	Osa 1. Projektin valmistumisen jälkeen.....	84
9.2	Osa 2. Noin vuosi projektin valmistumisen jälkeen	86
	LÄHTEET.....	91
	LIITTEET	

KUVA/TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Hovikruunu	12
Kuva 2. Vyöhykesäätöjärjestelmä	19
Taulukko 1. Säättövyöhykkeiden tilakohtainen laitelista	20
Kuva 4. MPM (Multi Purpose Manager)	21
Kuva 5. MPM-laitteen liitännät	22
Kuva 6. Valvomo, säättövyöhykkeet	22
Kuva 7. MPM-laitteen sijoitus	23
Kuva 8. LVI-vyöhykesäätöjärjestelmä	28
Kuva 10. Valvomo	30
Kuva 11. Valvomo, lämmönjakuhuone	31
Kuva 12. Valvomo, lämmitys	32
Kuva 13. Valvomo, kylmänveden laskutus	33
Kuva 14. Jäähdytyskonehuone	34
Kuva 15. Lauhduttimet	35
Kuva 16. Valvomo, jäähdytyskonehuone	36
Kuva 17. Brezza-puhallinkonvektori	37
Kuva 18. Perinteinen jäähdytys	38
Kuva 19. Coanda-ilmio	38
Kuva 20. Valvomo, jäähdytyksen tarpeenmukainen käyttö	39
Kuva 21. Jäähdytyksen säätö	40
Kuva 22. Jäähdytyskonvektorin sijoitus	41
Kuva 24. Moottoriventtiilin sijoitus	44
Kuva 25. IV-konehuone 1/3	46
Kuva 26. Yhden ilmavaihtokoneen teho	47
Kuva 27. Schneiderin StruxureWare Automation Server	48
Kuva 28. Swegon 227vm-05-Mb	49
Kuva 29. Tavoiteltu lopputulos	50
Kuva 30. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö	50

Kuva 31. Ilmavirta jännitteen funktiona	52
Kuva 32. Valvomo, ilmamäärien säätö	53
Kuva 33. Ilmamäärien kulutuksen laskenta	54
Kuva 34. Ilmamääräsäätimen sijoitus	54
Kuva 35. Proidual hdk	57
Kuva 36. Hiilidioksidipitoisuus 800 ppm	59
Kuva 37. Poistoilman lämpötila	59
Kuva 38. Schneider Scd100	60
Kuva 39. Kamstrup Multical 601/602 (601 jäähdytys)	61
Kuva 40. Huonesäädin vyöhykesäätöön	65
Kuva 41. Esimerkkikuva järjestelmästä	67
Kuva 43. Valvomo, tilojen läsnäolon seuranta	70
Kuva 44. Valaistuksen ohjaus ja säätö	71
Kuva 45. Enocean-langatonpainonappi	72
Kuva 46. Liiketunnistin	74
Kuva 47. Valoisuusanturi	76
Kuva 48. Valaistuksen apurele	78
Kuva 49. Johdotuskaavion toteutus kentällä	79
Kuva 50. Releiden lopullinen sijoitus	80
Kuva 52. Valaisimen muuntaja	81
Kuva 53. Tilat projektin alkuvaiheessa	83
Kuva 54. Tilat projektin loppuvaiheessa	83
Kuva 55. Asiakaskäynti	87
Kuva 56. Havainnot asiakaskäynneillä 26.9.2017	88
Kuva 57. Valvomokuva, ilmamäärät	89

KÄYTETYT LYHENTEET

LVIJS	Lämpö, vesi, ilma, jäähdytys, sähkö
MPM	Monikäyttöinen hallintalaite (sarvi- jaakko)
BACNET	Tiedonsiirtoprotokolla
FV	Moottoriventtiili
IMS	Ilmamääräsäädin
QQ	Energiamittari
QE	Hiilidioksidianturi
KW/H	Kilowattitunti
HW	Hiiwatti (Kilowatin veli)
V	Voltti
A	Ampeeri
Ω	Ohmi
DC	Tasajännite
AC	Vaihtojännite
AI	Analogiatulo (input)
AO	Analogialähtö (output)
PPM	Miljoonasosa (part per million)
M ³	Kuutiometri
L/h	Litraa tunnissa
°C	Celsiusaste

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja on rakennuttajana projektissa toimiva Hovikruunu Oy. Hovikruunu Oy on tätä projektia varten perustettu osakeyhtiö, jonka omistavat vaasalaiset kiinteistösiirtoyhtiöt Airaksinen Capital ja Famkro Oy.

Opinnäytetyön päämääränä oli olla mukana toteuttamassa kiinteistönhallintajärjestelmää Hovikruunu Oy saneerauskohteeseen. Kohde saneerattiin täysin ja sen kaikki kiinteistötekniikka automatisoitiin. Tilojen sähköistys ja kiinteistönhallintajärjestelmä toteutettiin käyttäen Schneider Electricin laitteistoja ja ratkaisuja. Opinnäytetyössä on keskitytty kohteen vyöhykesäätöjärjestelmän eri osiin ja sen säätötapaan.

Projekti oli tämän kaltaisella laitteistolla kokeilutyypinen ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä kattava raportti vyöhykesäätöjärjestelmän laitteistosta, sen toteutuksesta, toimintaperiaatteesta ja sillä saavutetuista energiateknisistä hyödyistä ja säästöistä.

Järjestelmällä pyrittiin parantamaan ilmanlaatua, käyttämään energiaa vain tarpeen mukaan sekä suhteuttamaan ilmanvaihto ja valaistus tiloissa työskentelevien ihmisten määrään mukaan.

2 HOVIKRUUNU

Hovikruunu (ent. Pohjola-Talo) on Vaasassa Hovioikeudenpuistikko 19:ssa sijaitseva, J.S.Sirénin (Eduskuntatalo, Intiön vesitorni) suunnittelema 1940-luvulla rakennettu arvokiinteistö (**Kuva 1.**). Kiinteistön koko on 14 600 kerrosneliötä. Kaupat kiinteistöstä tehtiin vuonna 2013 ja saneeraustyöt aloitettiin vuonna 2016. Kiinteistön edellinen saneeraus tehtiin vuonna 1991.



Kuva 1. Hovikruunu

Toimistotilojen peruskorjauksen suunnittelu lämmön, veden, ilmanvaihdon, automaation ja sähkön osalta tehtiin tekniikka edellä: lähtökohtana olivat Schneider Electric Finland Oy:n kehittämät ratkaisut. Apuna suunnittelussa käytettiin Granelund Pohjanmaan Oy:n asiantuntemusta. /1/

3 KIINTEISTÖNHALLINTAJÄRJESTELMÄ

Kiinteistöautomaation tuomat edut kiinteistölle

Kiinteistöautomaatiolla on tärkeä rooli kiinteistön toimivuudessa. Kiinteistöautomaatiota tarvitaan niin julkiskiinteistöissä kuin omakotitaloissakin. Kun tekniikka toimii katkoitta, myös kiinteistön toimivuus paranee. Kokonaisuuden hallinta on kaikista tärkeintä. Kun jokainen kiinteistön pieni osa toimii, niin tuloksena on toimiva kokonaisuus sekä säästöä kustannuksissa. Hyvässä kiinteistöautomaatiassa kiinteistön eri järjestelmät toimivat yhteen ja ymmärtävät toisiaan.

Huomion arvoista on se, että uutta kiinteistöä rakennettaessa kiinteistöautomaation kustannukset ovat hyvin pienet, mutta sillä saavutettavat säästöt esimerkiksi energiakustannuksissa ovat suuret. Kiinteistöön huolellisesti valittu järjestelmä maksaa nopeasti hintansa takaisin sekä auttaa myös asumismukavuudessa.

Mitä on kiinteistöautomaatio?

Kiinteistöautomaatiolla tarkoitetaan kiinteistön tärkeimpien toimintojen ohjaamista, säätämistä ja valvomista. Kiinteistön tärkeimpiä toimintoja ovat, esimerkiksi viemärijärjestelmä, vesijärjestelmä, kiinteistön lämmitys ja jäähdytysjärjestelmät, sähkönjakelu, ilmastointi, kulunvalvonta, murtohälytykset, hissit ja liukuportaat. Kiinteistön kunnossapito liittyy myös läheisesti toimivaan kokonaisuuteen.

Kiinteistöautomaatio tuo säästöjä kiinteistölle

Kiinteistöautomaation avulla kiinteistön eri osa-alueiden hallinta sekä toiminta viikatilanteissa helpottuu huomattavasti. Tapahtuviin asioihin pystytään reagoimaan reaaliaikaisesti ja mahdolliset viat korjataan saman tien. Kiinteistöautomaatio myös tallentaa tietoa, jota voidaan hyötykäyttää jatkossa kiinteistön toimivuuden suunnittelussa. Tämä aiheuttaa merkittävää rahallista säästöä kiinteistölle energiasuunnitelmia laadittaessa esimerkiksi kiinteistön lämmitys- ja ilmastointikuluissa. Au-

tomaation kautta kaikkia osa-alueita pystytään säätämään kätevästi muuttuvissa tilanteissa vain nappia painamalla etähallintajärjestelmän avulla. Kenenkään ei tarvitse mennä paikan päälle selvittämään tilanteita. Myös hätätilanteissa kiinteistöautomaatiolla on keskeinen rooli. Etähallittava kiinteistöautomaatio voi pelastaa koko kiinteistön, kuten esimerkiksi sprinklerit ja palohälytysjärjestelmä tulipalotilanteessa. Myös hyvä murtohälytysjärjestelmä turvaa kiinteistön omaisuutta. /2/

4 VYÖHYKESÄÄDÖN TAVOITTEET

Vyöhykesäädöllä vastataan energiakäytön tarpeenmukaisuuteen. Toimeksiannon LVIJS (lämpö, vesi, ilma, jäähdytys, sähkö) ja kiinteistöhallintajärjestelmän kehittämisestä kohteeseen sai Schneider Electric Finland Oy. Päämääräksi tuli ilmanvaihdon, lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen säätäminen tarpeen mukaan (tilojen käytön mukaan). Tämä toteutettiin jakamalla tilat useaan eri säätövyöhykkeeseen ja niitä ohjaaviin MPM-laitejärjestelmiin.

Kiinteistöön toteutettiin jäähdytyskonvektoreilla erillinen jäähdytysjärjestelmä. Vanha pattereilla toimiva kaukolämpöjärjestelmä automatisoitiin ja sen osat uusittiin ja päivitettiin, lämmitystavan pysyessä ennallaan. Ilmanvaihtoa päätettiin käyttää vain hiilidioksidimäärien perusteella, jolloin ilmaa käsitellään ainoastaan tarpeen mukaan ei jäähdytykseen. Tämä tarkoittaa, että ilmavirrat täsmennetään tilojen käyttöasteen mukaan ja sitä, että ilmavirrat pyritään kohdentamaan vyöhykkeittäin. Koko toiminta perustuu paineen mittaamiseen ja ohjaukseen.

Tämä toimintamalli yhdessä nykyaikaisilla ilmanvaihtokoneilla ja lämmön talteenotolla mahdollistavat energiatehokkaan ratkaisun. Energian käyttö perustuu suoraan läsnäolon havaitsemiseen, joten ylimääräistä energiaa ei käytetä missään vaiheessa.

Kohteessa on myös käytetty kulujen kohdennusta per/vuokralainen. Tämä tarkoittaa, että jokaisen vuokralaisen veden, lämmityksen, jäähdytyksen, sähkön, ja valaistuksen käyttämä energia mitataan erikseen. Tällöin kukin vuokralainen maksaa ainoastaan käyttämästään energiasta.

Kiinteistöön rakennettiin myös 40 kW:n tehoinen aurinkokennojärjestelmä. Järjestelmän tuottama energia käytetään kiinteistössä ja sillä voidaan tuottaa esimerkiksi osa jäähdytyksen tai ilmanvaihdon energian tarpeesta.

Ratkaisu automaation hajauttamisesta ja toteuttamisesta osin langattomana tehtiin, koska järjestelmä on helppo huoltaa ja tämän laajuinen kiinteistön automatisointi takaa joustavan muokattavuuden vuosikymmeniksi eteenpäin. Kaikki ratkaisut tehtiin kiinteistön historiallista arvoa silmällä pitäen.

Tarpeenmukaisen vyöhykesäätöjärjestelmän edut

- ei hukata energiaa, kun tilat ovat tyhjillään
- energiasäästö
- ilmanlaatu
- kustannustehokkuus
- huolettavuus
- muunneltavuus
- tarkat mittaukset
- säädettävyys (säätöalueet).

5 VYÖHYKESÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

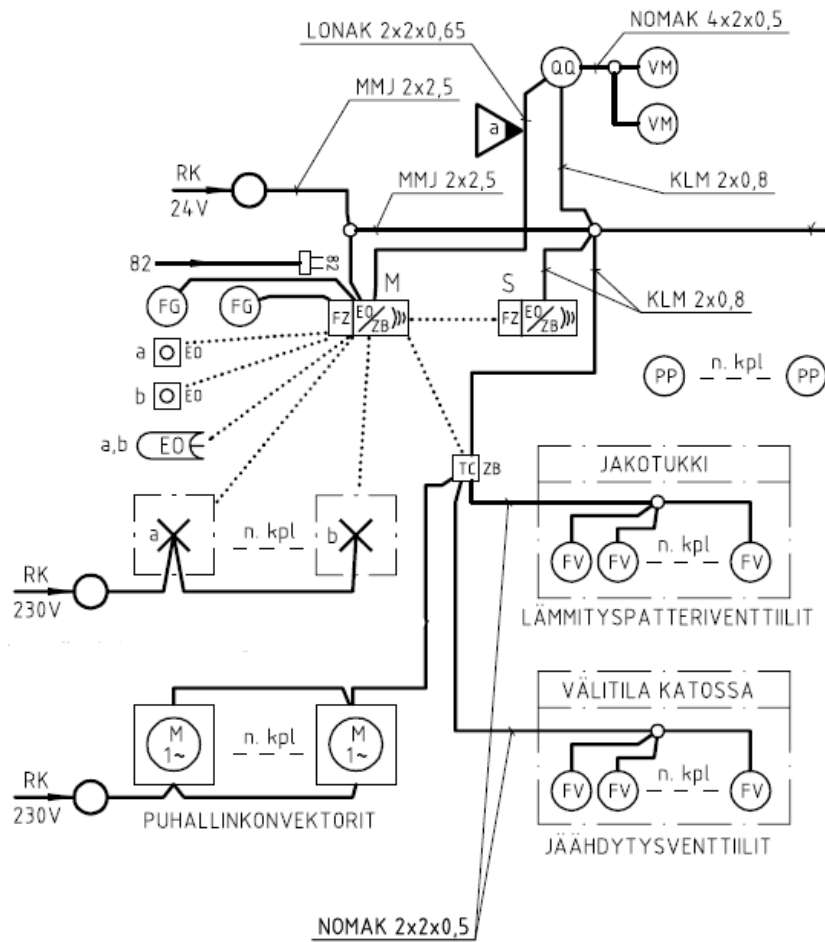
Kiinteistöhallintajärjestelmän osaksi kohteeseen suunniteltiin ja toteutettiin erillisiä itsenäisiä vyöhykesäätöjärjestelmiä, joilla jaettiin kerrokset eri liiketiloihin ja näiden sisäisiin vyöhykkeisiin. Näitä tilassa sijaitsevia itsenäisiä vyöhykkeitä ohjataan, säädetään ja mitataan MPM-laitteilla. Tämä tarkoittaa, että koko tilaa ei esimerkiksi jäähdytetä, vaan kyseisen vyöhykkeen jäähdytystä säädetään tarpeen mukaan.

Vyöhykesäätöjärjestelmä on yhdistetty ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettuun Schneiderin StruxureWare Automation Server-kiinteistöautomaatiojärjestelmään, mutta vain valvonta ja tiedon keräämistarkoituksessa. Itse säätövyöhykkeet toimivat itsenäisesti.

Ratkaisun lähtökohtina on ollut toteuttaa kevyempi ja edullisempi järjestelmä. Tärkeimpänä valintakriteerinä on ollut MPM-laitteiden langattomuus ja edullinen hinta. Myös kohteen jakaminen eri liiketiloihin johti automaation hajauttamiseen langattomasti kohteen sisäisiin vyöhykkeisiin.

Järjestelmän osat (**Kuva 2.**)

- ohjaus
 - MPM
- LVI-vyöhykesäätö
 - konvektorit
 - ilmamääräsäätimet
 - moottoriventtiilit (jäähdytys, lämmitys)
 - CO₂-anturit
 - jäähdytys/lämmitys energiamittaus
- valaistus
 - huonesäätimet
 - painonapit
 - liiketunnistimet
 - valoisuusanturit
 - apureleet
 - valaisimet



	LANGATON LIKETTUNNISTIN, SCHNEIDER ENOCEAN 902 MHz SED-CMS, VALOKENNOTOIMINEN		PALOPELTI
	SCHNEIDER 1-OSAINEN LANGATON PAINIKE (ENOCEAN)		VENTTIILIMOOTTORI
	HUONESÄÄDIN SCHNEIDER SE8300(ZIGBEE)		"ON/OFF"-PELTIMOOTTORI
	MPM-VA-MANAGER (MASTER)		VESIMITTARI
	MPM-VA-MANAGER (SLAVE)		JÄÄHTYKSEN MITTAUS (KAMSTRUP)
.....	LANGATON YHTEYS		
————	FYYSINEN YHTEYS / KAAPELI		

Kuva 2. Vyöhykesäätöjärjestelmä

Taulukko 1. Säätyöyöhykkeiden tilakohtainen laitelista

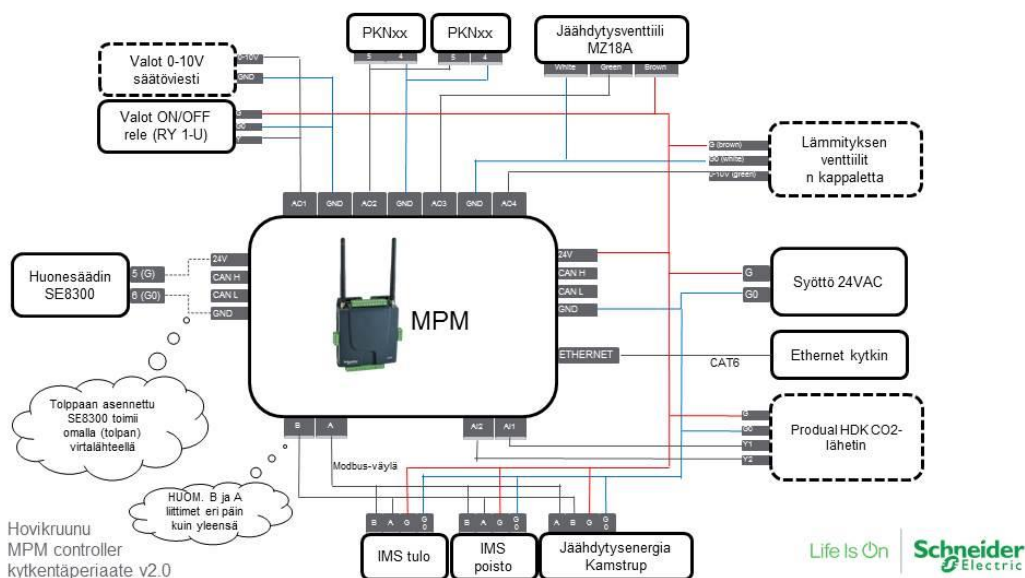
Huonenumero	Tila	SE8300	MPM IP-osoite	IMS	Lämmitysventtiili	Jäähdytysventtiili	Konvektori	Jäähd.Energia
248	Eteisaula	TC201	10.10.0.61	301IMSxx.31	-	401FV16.209	401PKN02.13 401PKN02.14	401QQ12
247	Neuvottelu 1	TC202	10.10.0.62	301IMSxx.32	103FV16.203	401FV16.201	401PKN02.01	
246	Neuvottelu 2	TC203	10.10.0.63	301IMSxx.33	103FV16.204	401FV16.202	401PKN02.02	
245	Neuvottelu 3	TC204	10.10.0.64	301IMSxx.34	103FV16.205 103FV16.206	401FV16.203	401PKN02.03	
253	Toimistotila	TC205	10.10.0.65	301IMSxx.35	103FV16.241 103FV16.242 103FV16.243	401FV16.210	401PKN02.15	
254	Taukotila	TC206	10.10.0.66	301IMSxx.36 301IMSxx.42	103FV16.240	401FV16.211	401PKN02.16	
251	Avokonttori	TC207	10.10.0.67	301IMSxx.37	103FV16.210 103FV16.211 103FV16.212	401FV16.205	401PKN02.06 401PKN02.07	
251	Avokonttori	TC208	10.10.0.68	301IMSxx.38	103FV16.207 103FV16.208 103FV16.209	401FV16.204	401PKN02.04 401PKN02.05	
243	Hiljainen huone	TC209	10.10.0.69	301IMSxx.39	103FV16.216	401FV16.207	401PKN02.10	
244	Neuvottelu 5	TC210	10.10.0.70	301IMSxx.40	103FV16.213 103FV16.214 103FV16.215	401FV16.206	401PKN02.08 401PKN02.09	
Pikkutiloja	V pikkutilat, lämmitys 24	TC211	10.10.0.71	301IMSxx.41	103FV16.217	-	-	
251	Avokonttori "ylä"	TC212	10.10.0.72	-	-	401FV16.208	401PKN02.11 401PKN02.12	
255, WC	Sos.tila + WC	TC213	-	-	103FV16.237 103FV16.238 103FV16.239	-	-	
220	Toimisto	TC214	10.10.0.73	303IMSxx.20	103FV16.232	-	-	
225	Avokonttori	TC215	10.10.0.74	303IMSxx.21	103FV16.233 103FV16.234	401FV16.217	401PKN02.24 401PKN02.25	
226	Taukotila	TC216	10.10.0.75	303IMSxx.22	103FV16.235 103FV16.236	401FV16.218	401PKN02.23	
227	Eteinen	TC217	10.10.0.76	303IMSxx.23	-	401FV16.212	401PKN02.18	
229	Varasto	TC218	10.10.0.77	303IMSxx.24	-	-	-	
230	Neuvottelu	TC219	10.10.0.78	303IMSxx.25	103FV16.218	401FV16.213	401PKN02.17	
231	Avokonttori "ala"	TC220	10.10.0.79	303IMSxx.26	103FV16.219 103FV16.220	401FV16.214	401PKN02.19 401PKN02.20	
231	Avokonttori "ylä"	TC221	10.10.0.80	303IMSxx.27	103FV16.220 103FV16.221 103FV16.222	401FV16.215	401PKN02.21 401PKN02.22	
224	Neukkari	TC222	10.10.0.81	303IMSxx.28	-	401FV16.216	401PKN02.26	

6 OHJAUS

Kiinteistön vyöhykkeiden ohjaus, säätö, mittaus, anturointi, tiedonkeruu ja kumulatiivinen energian laskenta toteutettiin MPM-laitteiden avulla (Multi Purpose Manager) (Taulukko 1).

6.1 MPM

MPM-laitetta käytetään kohteessa Vyöhykkeiden kokonaisvaltaiseen hallintaan (ilmamääräsäätimet, valaistus, jäähdytys, lämmitys ja energiamittaus) (Kuva 4). MPM laitteessa on omaa I/O:ta ja se on yhteydessä suoraan Ethernetin välityksellä. Tämä mahdollistaa kohteen säätöjen sekä käytönvalvonnan etäkäytön. Muokattavuus on otettu huomioon ja järjestelmä on muunneltavissa kunkin asiakkaan tarpeisiin. Lähtökohtana oli, että säätöalueita voidaan muuttaa tilan käyttötarkoituksen muuttuessa. Myös laitteiston lisääminen, niin langattomasti kuin kiinteästi, on otettu huomioon ja näin on saatu toteutettua myös tulevaisuudessa toimiva ratkaisu.

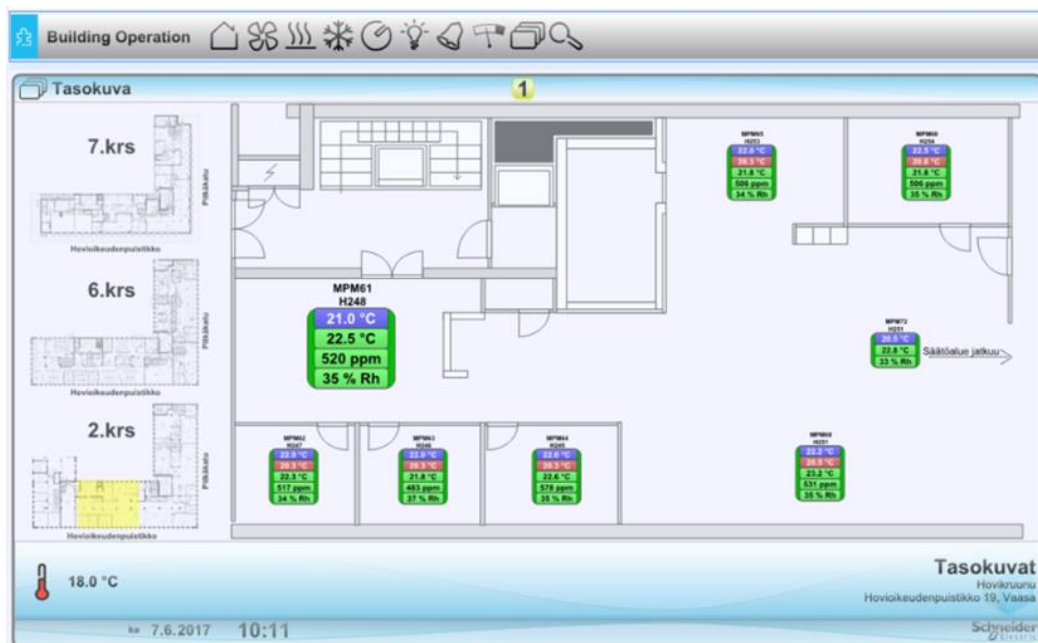


Kuva 4. MPM (Multi Purpose Manager)

MPM konfiguroidaan Bulding Expert-sovelluksella. MPM-laitteilla toteutettu järjestelmä on kevyempi ratkaisu vyöhykkeiden hallintaan sen langattomuuden, yksinkertaistetun rakenteen, monipuolisten liitännöiden (Kuva 5.) ja pienen koon vuoksi

MPM - Hovikruunu		
Riviliittimet		
1	Väylä B - kytke väylälaitteen A	
2	Väylä B - kytke väylälaitteen A	
3	Väylä A - kytke väylälaitteen B	
4	Väylä A - kytke väylälaitteen B	
5	AI1 CO2 tulo - HDK Y1 / SCD110 CO2 out	
6	AI2 Poistoilman lämpötila - HDK Y2 / SCD110 Temp out	
7	AI3 - varalla	
8	AI4 - varalla	
9	AI5 - varalla	
10	AI6 - varalla	
11	OP1 A	Relelähtö 1 varalla
12	OP1 B	
13	OP2 A	Relelähtö 2 varalla
14	OP2 B	
15	AO1 - Valojen lähtö	
16	AO2 - Konvektori lähtö	
17	AO3 - Jäähdytysventtiili lähtö	
18	AO4 - Lämmitysventtiili lähtö	
19	24V (G)	
20	GND (G0)	

Kuva 5. MPM-laitteen liitännät



Kuva 6. Valvomo, säätövyöhykkeet

Tila on jaettu kahdeksaan eri säätöalueeseen, joita jokaista ohjataan itsenäisesti, kunkin vyöhykkeen omalla MPM-laitteella (**Kuva 7.**). Valvomosta on havaittavissa lämpötila, haluttu lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja ilmankosteus (**Kuva 6.**).



Kuva 7. MPM-laitteen sijoitus

6.1.1 Tekniset tiedot

- käyttöjännite: 24 V 50/60 HZ
- keskimääräinen kulutus: 5 VA + Output (VAC), 1,6 W + Output (VDC)
- Prosessori: ARM9 32-bit, 400 MHZ
- muisti: 64 MB flash
- tallennustila: 4 GB flash
- paristovarmennettu reaaliaikainen kello
- tiedonsiirtoprotokollat:
 - Zigbee Pro

- EnOcean
- Bacnet
- CANbus (125-500 Kbps)
- ethernet (10/100 Mbps)
- input (tulo-kanavat) 6 kpl (muokattavissa)
- analogiatulot, virta 4-20 mA, jännite 0-10 V
- output (lähtö-kanavat)
- analogialähdöt (x4) 0-12 V nimellinen 50 mA/max erottelukyky 12 bittiä
- relelähdöt (x2) 24 V 1.1 per rele
- vastaanottimen herkkyys -101 dBm/-105 dBm (vahvistettu)
- kantama MPM-laitteen (suositeltu 50 m) toimilaitteille (17 m).

6.1.2 Edut

- Toteutukseltaan kentällä oleva järjestelmä on kevyempi kuin perinteisellä rakennusautomaatiolla toteutettu kiinteistön säätö.
- Muokattavuus vaivatonta tilojen muutoksien yhteydessä.
- Kommunikointi eri säätöalueiden välillä.
- Liitännät ovat monipuoliset.
- Kiinteät kustannukset ovat pienet.
- LVIJS-, valaistus- ja mittarointijärjestelmien automatisoinnin täydet ominaisuudet.
- Ohjelmoitavissa täysin ja hallittavissa etänä.
- Kaapeloitu ja langaton hallinta sekä verkottaminen.
- Saumaton integraatio SmartStruxure-ratkaisuun.
- Täyttää tulevaisuudenkin integrointitarpeet.

6.1.3 Toimintaperiaate

MPM kerää säätövyöhykkeiden olosuhteista tietoa ja tämän perusteella ohjaa valaistusta, lämmitystä ja jäähdytystä. Tieto tuodaan MPM:lle väylää pitkin tai langattomasti. MPM käsittelee datan ja ohjaa tämän mukaan laitteiston tilaa niin, että olosuhteet saavuttavat asetellut arvot. Kommunikointi tapahtuu BACnet-protokollaa käyttäen.

6.1.4 BACnet edut

BACnet on tietoliikenneprotokolla, joka on kehitetty vastaamaan erityisesti talotekniikan tarpeisiin. BACnetin yksi perusajatus on, että se ei ole riippuvainen mistään tietystä laite- tai ohjelmistoalustasta.

BACnet-standardi on laajuudeltaan n. 700-sivuinen ja se määrittelee BACnetin sopivista kaapeleista lähtien yksittäisiin ohjelmakäskyihin asti. BACnet-verkossa toimiville laitteille on määritelty tarvittavat standardiobjektit ja objektien välinen tietoliikenne muodostetaan standardiviesteillä.

Monet eri toimittajien järjestelmät toimivat rinnakkain, esim. talotekniikka, valaistus, paloilmoitus, video- ja kulunvalvonta ja työajanseuranta. BACnet toimii yhteisenä ”kielenä” laitevalmistajien, laitteiden ja järjestelmien sekä valvomoiden välillä.

Lähtökohtana useamman eri automaatiojärjestelmän integroimisessa yhdeksi kokonaisuudeksi on laatia selkeä automaatiojärjestelmän hierarkiamalli. Hierarkiamallissa on huomioitava kaikki järjestelmän tasot:

- Hallinnollinen/järjestelmä taso (management level)
 - valvomojärjestelmät
 - visualisointi

- Automaatiotaso (automation level)
 - alakeskukset (VAK)
 - muut säätimet (DDC) ja taajuusmuuttajat
- Kenttälaitetaso (field level)
 - taajuusmuuttajat, peltimoottorit, venttiilit jne.

BACnetin alustasta ja valmistajasta riippumaton protokolla takaa avoimen vertailun. Viime vuoden loppuun mennessä 328 valmistajaa oli rekisteröinyt BACnet Vendor ID:n. Jokaisella BACnet-laitteella tulee olla luettava valmistajatunnus, joka estää tehokkaasti ”villit viritelmät”.

BACnet-laite on tulevaisuuden kanssa yhteensopiva. Tämä on yksi lisäsy, miksi BACnet on tällä hetkellä voimakkaimmin kasvava protokolla. /3/

7 LVIJ-VYÖHYKESÄÄTÖ

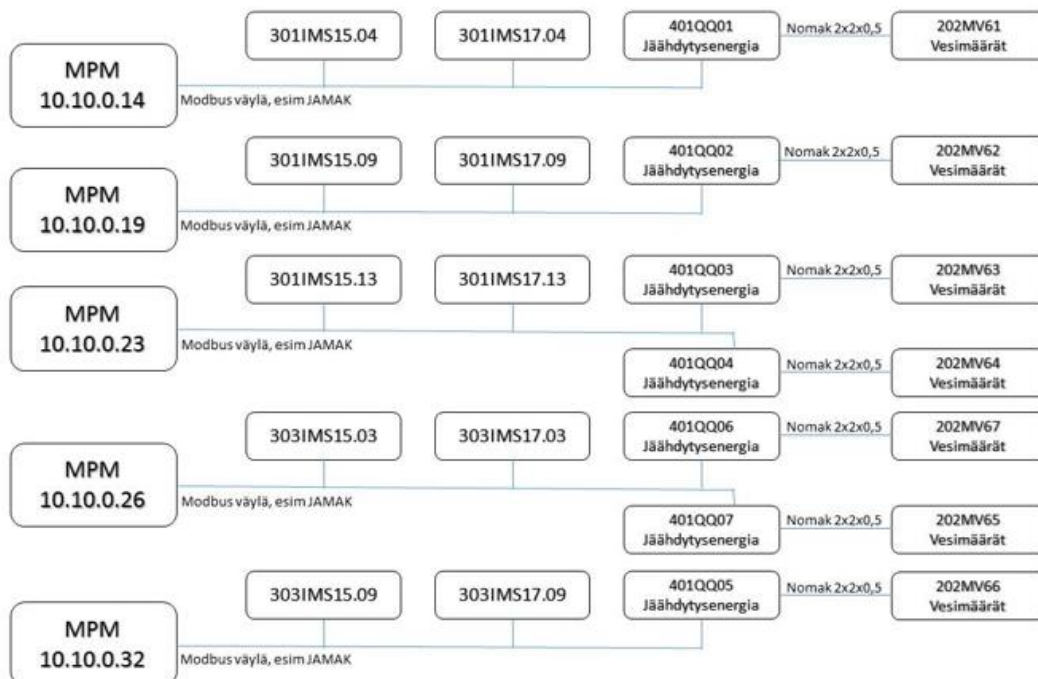
Lämmön, veden, ilman ja jäähdytyksen säätö on jaettu MPM-laitteiden avulla eri osakokonaisuuksiin, joilla jokaisella on oma itsenäinen mittaus sekä säätö. Alueet muodostavat yhdessä isompia kokonaisuuksia, mutta säätävät kuitenkin omina vyöhykkeinään (**Kuva 8.**).

Käyttöveden, ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytysenergian käyttö on kohdennettu säätöalueittain ja niistä on muodostettu isompia liiketiloja. Tällä ratkaisulla on pyritty tilanteeseen, jossa käytetään vain niin paljon energiaa kuin on tarpeellista kulakin hetkellä. Myös jokaisen liiketilan energian käyttö on mitattu erikseen, joten jokainen asiakas maksaa vain käyttämästään vedestä sekä jäähdytys -ja lämmitysenergiasta.

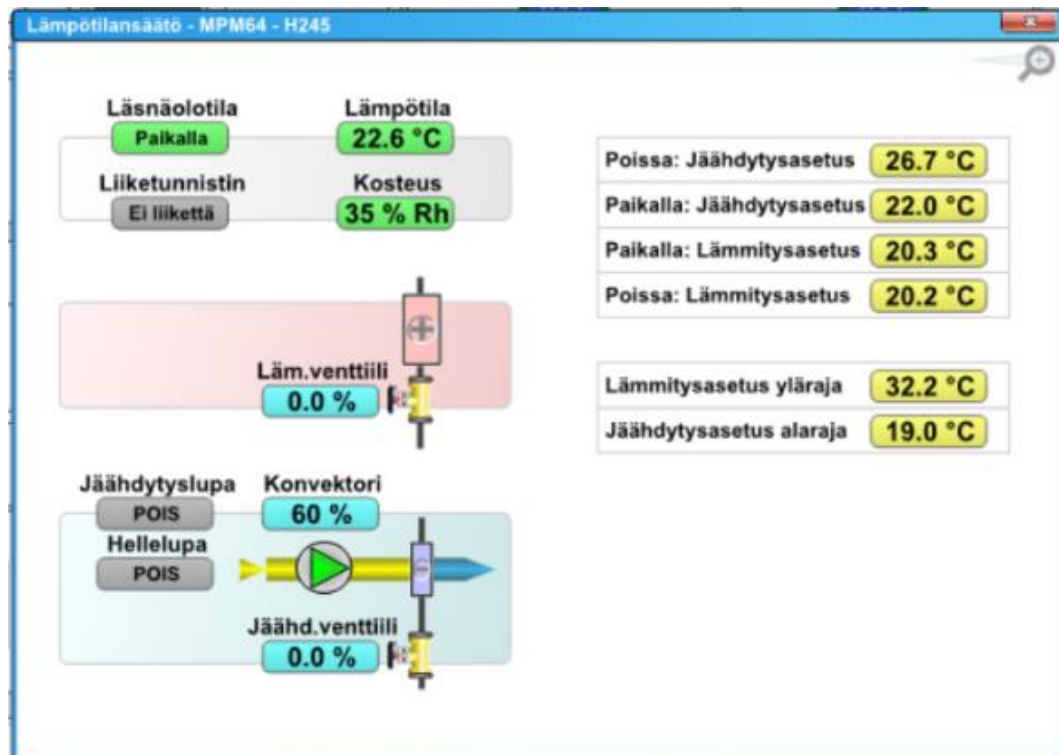
Lisää käytettyjä merkintöjä (**Kuva 8.**)

- IMS: ilmamääräsäädin
- M: puhallinkonvektori

Tasopiirustuksesta voidaan havaita viisi eri MPM-laitetta (FZ), joista kukin ohjaa määrättyjä osakokonaisuuksia (**Kuva 8.**). Nämä säätövyöhykkeet mahdollistavat suuremman alueen ohjauksen ja säätämisen sen mukaan missä ensisijainen säädön-tarve sijaitsee (**Kuva 9.**). Näin ollen saavutetaan tarpeenmukainen säätö, kun koko tilaa ei jäähdytetä, vaan kyseistä säätöaluetta, jolla lämpötila on yli asetellun.



Kuva 9. Periaatekuva, LVIJ-järjestelmän toteutus MPM-laitteilla

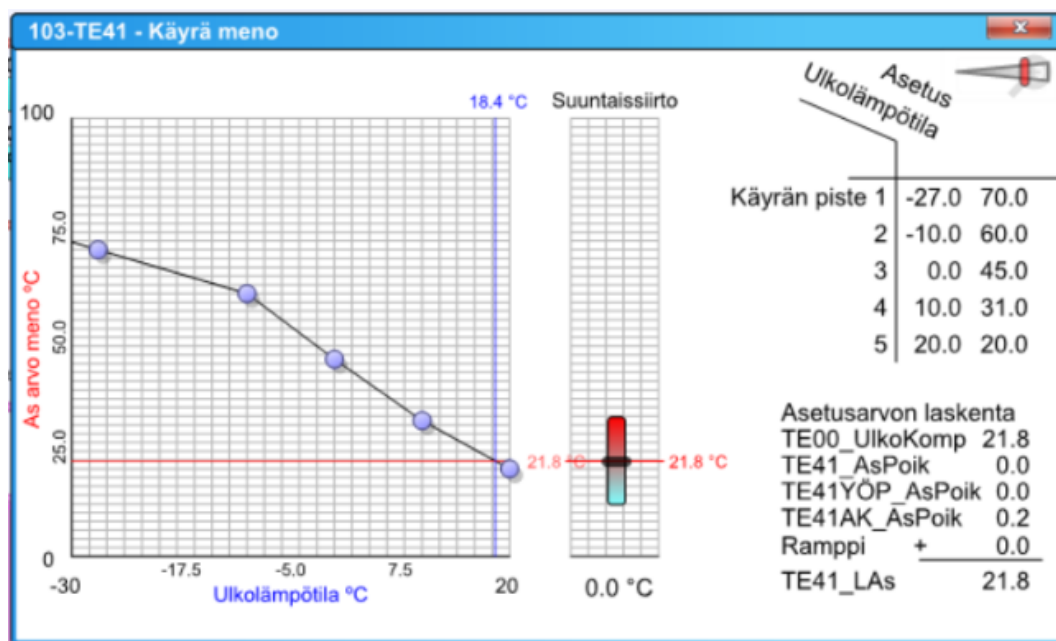


Kuva 10. Valvomo

Valvomokuvasta nähdään asetellut arvot ja reaaliaikaiset olosuhteet (**Kuva 10**). Jäähdytyksen ja lämmityksen säätö perustuu MPM-laitteen samaan tilatietoon läsnäolotunnistimelta. Jos tilojen käyttöä ei ole havaittu, niin siinä tapauksessa ajetaan vain tilojen vaatimaa rakenteellista minimiä.

Aikaisemmin, kun jäähdytys perustui ilmanvaihtoon ja rakennuksen sisälämpötilan keskiarvoon, tilojen jäähdyttämiseen kului huomattava määrä energiaa. Tällöin jäähdytettiin myös rakennuksen sellaisia osia, joita ei välttämättä ollut tarvetta jäähdyttää, joten tilojen läsnäoloon perustuvalla toiminnalla säästetään huomattavasti energiaa.

Lämmitys perustuu ulkolämpötilan valvontaan, jolloin verkostoon ajetaan määrättyllä ulkolämpötilan arvolla tiettyä asetusarvoa.



Kuva 12. Valvomo, lämmitys

Verkostossa on aina odottamassa käyrältä luettavissa oleva lämpötilan oloarvo (**Kuva 12.**). Sääto tapahtuu patteriverkostoon sijoitetuilla moottoriventileillä (FV). Säätovyöhykkeen mitatun lämpötilan laskiessa alle asetusarvon, ohjaa MPM-laitteisto moottoriventtiilien asentoa jänniteviestillä auki.

7.2 Käyttövesi

Käyttövesijärjestelmä päivitettiin ja automatisoitiin täysin. Putkistot sekä laitteistot uusittiin ja jokaiseen tilaan asennettiin omat vesimittarit. Ratkaisulla noudatettiin kohteessa ajatuksena ollutta tarpeenmukaista käyttöä sekä kulujen kohdentamista.



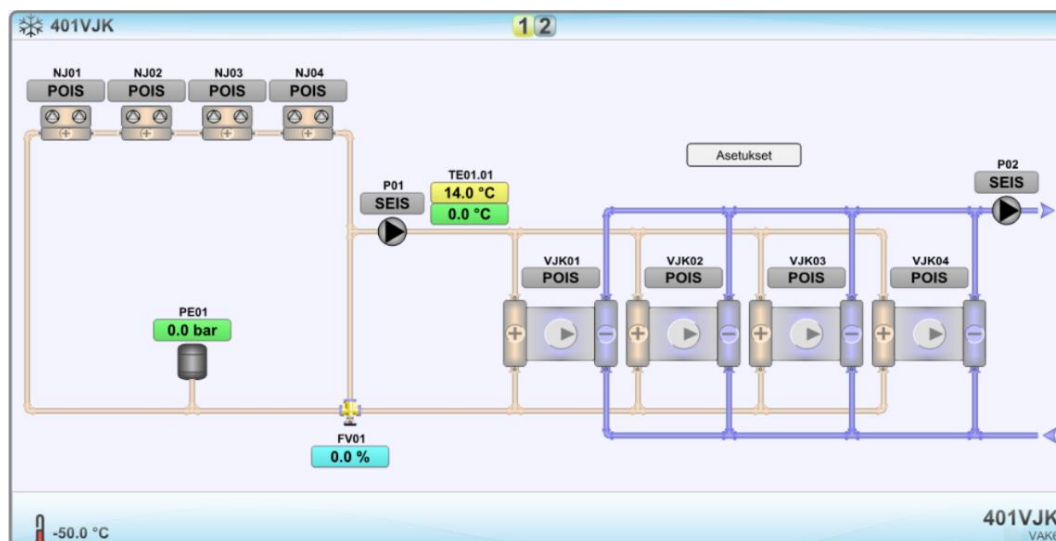
Kuva 14. Jäähdytyskonehuone

Prosessin sivutuotteena syntyy kuumaa vettä, joka täytyy jäähdyttää ja ajaa takaisin verkostoon. Tätä tarkoitusta varten jäähdytyskonehuoneen läheisyydessä on lauhduttimet, joiden tarkoituksena on jäähdyttää prosessissa syntyvä kuuma vesi ja ajaa se takaisin verkostoon.



Kuva 15. Lauhduttimet

Kuuma vesi ajetaan lauhduttimen kennostoon ja jäähdytysilma imetään kennoston läpi puhallinmoottoreiden avulla, jolloin kuuma vesi jäähtyy ja voidaan ajaa tämän jälkeen takaisin kiertoon (**Kuva 15.**).



Kuva 16. Valvomo, jäähdytyskonehuone

Pumpulla P01 ajetaan lauhduttimille menevää jäähdytettävän veden verkostoa ja oikeassa reunassa olevalla pumpulla P02 ajetaan konvektoreille menevän jäähdytysveden verkostoa (**Kuva 16**).

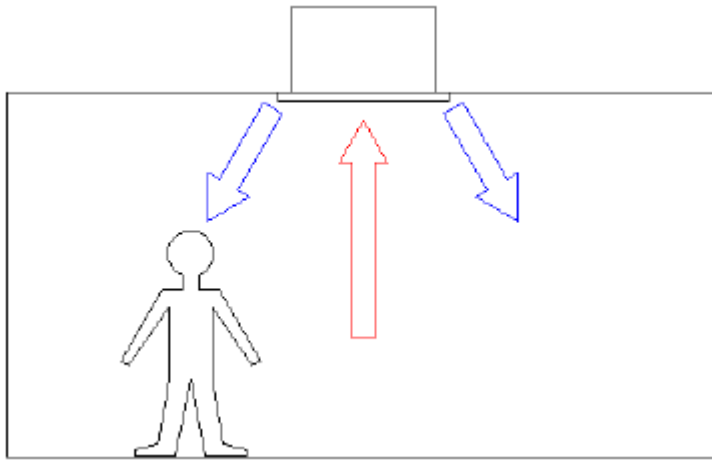
7.4 Jäähdytyskonvektorit

Aertesin valmistamia brezza-puhallinkonvektoreita käytettiin säätöalueiden jäähdytykseen (**Kuva 17.**). Niiden tarvitsema teho on tuotettavissa kiinteistön aurinkopaneelijärjestelmällä. Monipuoliset säätömahdollisuudet täyttävät kohteen tarpeenmukaisen energiankäytön vaatimukset ja sitä ohjataan olosuhteiden muutoksien mukaan MPM-laitteistolla.

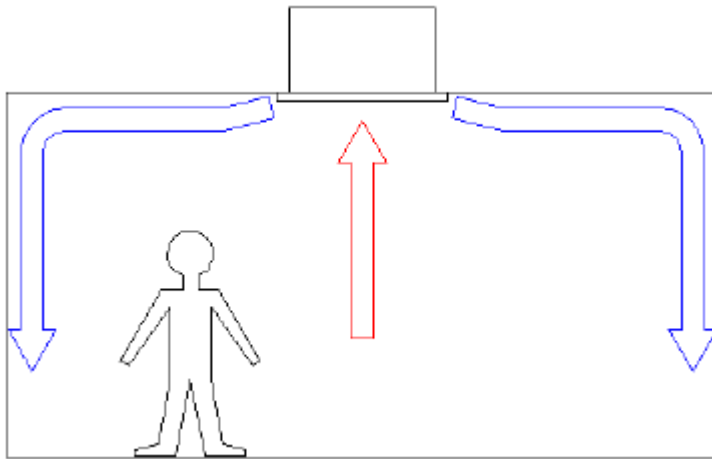


Kuva 17. Brezza-puhallinkonvektori

Aertesin Brezza-puhallinkonvektoreiden käyttötapoja ovat asuin- ja liikekiinteistöjen lämmitys, jäähdytys, kuivaus ja sisäilman suodatus. Toisin kuin perinteiset kaasettikonvektorit, perustuu Aertesin Brezza-konvektorin toiminta coanda-ilmiöön (**Kuva 18. -19.**). Perusajatuksena on, että erityisen kehyksen muodon ansiosta ilmavirtauksen leviäminen tapahtuu niin, että virtaus seuraa katon pintaa ja laskee lähellä seinää, tällöin viileä jäähdytysilmavirta ei häiritse käyttäjää. /4/



Kuva 18. Perinteinen jäähdytys



Kuva 19. Coanda-ilmiö

Laskutus		Ilmastointi Jäähdytys Kylmävesi Lämminvesi					
Asiakasnumero		Tämä Kuukausi	Edellinen Kuukausi	Asiakasnumero	Tämä Kuukausi	Edellinen Kuukausi	
135	Handelsbanken	0.6 MWh	0.0 MWh	162	Innolink Staff	0.0 MWh	0.0 MWh
138	Granlund	0.2 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
155	RL-Trans	0.0 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
141	Mandatum	0.1 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
139	Lumi	0.1 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
142	Schneider Electric	0.0 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
158	Softman	43.0 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
144	Eiisa	0.1 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
137	Enia	0.4 MWh	0.0 MWh	-----	-----	0.0 MWh	0.0 MWh
140	Klever	0.1 MWh	0.0 MWh	Hovikruunu	-----	0.0 MWh	0.0 MWh

14.8 °C

Jäähdytys Laskutuslukemat
Hovikruunu
Hoviokoulu Hoviokoulu 19

ma 26.6.2017 13:11

Schneider Electric

Kuva 20. Valvomo, jäähdytyksen tarpeenmukainen käyttö

MPM-laite saa reaaliaikaisen tiedon kulutetusta jäähdytysenergiasta ja laskee kumulatiivista lukemaa jäähdytysenergian käytöstä. Lukema koostuu energiamittauksen (Kamstrup) havaitsemasta menevän nesteen sekä palaavan nesteen lämpötilaerosta. Tämän tiedon mukaan, laskutetaan asiakkaalta energiamittarin lukema. Valvomokuvasta voidaan todeta järjestelmällä saavutetun lopputuloksen (**Kuva 20.**).

158 Softman = kyseistä tilaa huuhdeltu täydellä virtaamalla konvektoreiden ohi säätämättömän linjan päässä olevan kierron kautta.

Suunnitellut säästöt saavutetaan säätämällä konvektorien kierrosnopeutta ja täten viileän ilman virtausnopeutta, esimerkiksi voidaan vertailla asiakkaan Handelsbanken jäähdytyksen tarvetta, verrattuna asiakkaan Enia jäähdytyksen tarpeeseen. Enian tilat ovat kooltaan noin puolet Handelsbankenin tiloista, mutta kuitenkin jäähdytyksen tarve on samaa tasoa. Tämä johtuu tilojen käyttöasteesta, koska Handelsbankenissa on vähemmän ihmisiä tilojen käyttöaikana. Näin ollen myös jäähdytyksen tarve on suhteessa pienempi.

```

-- Puhallinteho prosenteiksi parametri AV98:een
-- Estetään puhallus jos ei jäädyksellä
-- Käsin asettelut pyörittää konvektoria
if FanMode == 1 then Teho = 0
elseif FanMode == 2 then Teho = 60
elseif FanMode == 3 then Teho = 100
elseif FanMode == 4 then
  if U012 == 0 then
    Teho = 0

    -- Maksimiteho 100%
    elseif High == 1 and Hellelupa == 1 then
      Teho = 100

    -- Normaaliteho 60%
    elseif (High == 1 and Hellelupa == 0) or Medium == 1 then
      Teho = 60

    -- Minimiteho 30%
    elseif Low == 1 then
      Teho = 30

    -- Pois päältä 0%
    else Teho = 0
  end
end

-- Skaalataan puhallinteho prosentteina AO-lähtöön
PKN = scale(Teho,0,0,0,100,10)

-- Jäähdytysventtiilin ohje AO3 lähtöön
if VJKlupa == 1 then
  CoolOut = U012
else CoolOut = 0
end

-- Jäähdytysventtiilin ohje skaalaus prosenteiksi AV99:een
Cool = scale(CoolOut,0,0,0,10,100)

-- Lämmitysventtiilin ohje AO4 lähtöön
HeatOut = U011

```

Kuva 21. Jäähdytyksen säätö

Jäähdytyksen ohjauksen ja säädön ohjelmointi toteutettiin lua-ohjelmointikielellä (Kuva 21.). Kyseisessä ohjelman patkässä ohjataan venttiilejä, säädetään tehoa ja skaalataan halutut ohjausarvot prosenteiksi koko säätöalueesta.



Kuva 22. Jäähdytyskonvektorin sijoitus

Jäähdytyskonvektoreiden sijoitukseen ja määrään vaikuttaa kunkin vyöhykkeen tilavuus sekä käyttötarkoitus (**Kuva 22.**).

7.4.1 Tekniset tiedot

- syöttöjännite: 220-240 V / 50 Hz
- tehonkulutus: 0,5 kW
- ilmavirtaus: 350-710 l/h
- jäähdytysteho: 2,12-3,62 kW
- melutaso: 33-48 Db(A)
- tulevan veden lämpötila: 5-70 °C.

7.4.2 Edut

- esteettisyys
- energiatehokkuus (tarpeenmukainen ohjaus)
- älykäs säätö
- pieni tehonkulutus
- voidaan tarvittaessa myös lämmittää (optio)
- puhaltimen moottorin pieni virrankulutus
- vyöhykesäätö (ei jäädytetä koko rakennusta).

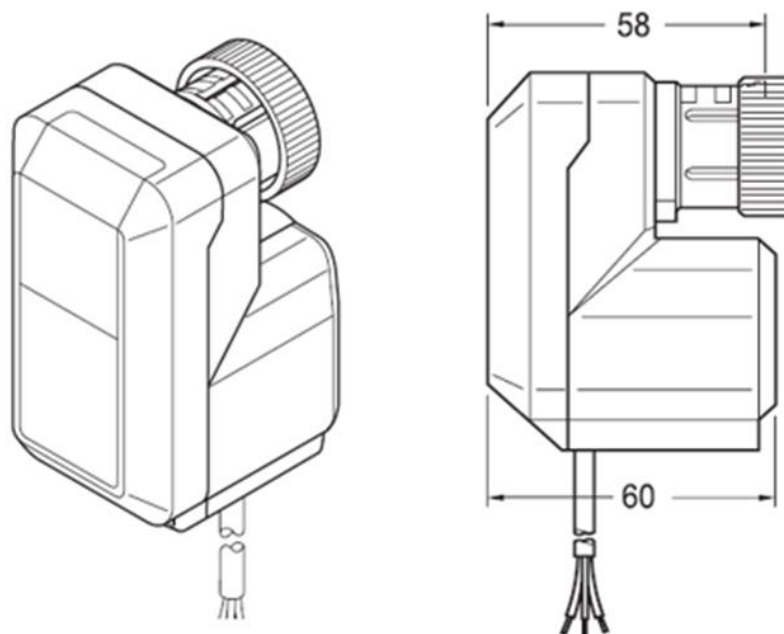
Puhallinkonvektorin käytön huono puoli on, että aina kun puhalletaan ilmaa se kuluttaa sähköä ja levittää sisäilmassa olevia epäpuhtauksia sekä partikkeleita. Ilmanvaihtokoneen suodatuksen vuoksi määrät ovat kuitenkin oikealla käytöllä todennäköisesti hyvin vähäisiä. Myös puhallinkonvektorin korkea hinta on otettava huomioon.

7.4.3 Toimintaperiaate

Konvektoria säädetään kierroslukuviestillä. Tämä tarkoittaa, että lämpötilan noustessa saadaan tilan antureilta mittauksia MPM-laitteelle. Tämä lähettää pyörimisnopeussignaalin muodossa (maksimi = 9,8 V keskitaso = 6,6 V minimi = 4,7 V). Myös moottoriventtiilit tuovat oman lisänsä säätämällä konvektoreille tulevan jäädytys veden virtausta. Kohteessa käytetyillä konvektoreilla päästään maksimissaan n.710 m³:n jäädytysilmavirtaukseen ja jäädytystehoa saadaan noin 4,46 kW:a. Konvektorien ansiosta voitiin ilmanvaihtokoneita käyttää vain ilmanlaadun parantamiseen, jolloin myös koneilta vaadittu teho pieneni huomattavasti.

7.5 Moottoriventtiilit (MZ19A)

Schneider Electricin mikroprosessoripohjaisia moottoriventtiileitä käytettiin ohjaamaan jäähdytyksen ja lämmityksen veden virtausta (**Kuva 23.**). Venttiilin asentoa muutetaan analogiaviestillä. Venttiili ei tarvitse takaisinkytkentää ohjaustilastaan, jolloin ei tarvita myöskään mekaanisia kytkimiä. Venttiilit on sijoitettu suoraan jäähdytys- sekä lämmityslinjastoon (**Kuva 24.**) ja toimintaa ohjataan jänniteviestillä 0-10 V



Kuva 23. Moottoriventtiili



Kuva 24. Moottoriventtiilin sijoitus

7.5.1 Tekniset tiedot

- käyttöjännite: 24 VAC, $\pm 15\%$, 50/60 Hz
- tehonkulutus: 1,4 VA
- jänniteviesti (input): 0-10 V, 2-10 V
- säädettävä: $<0,1$ mA
- toiminta: suora/käänteinen (säädettävä)
- mäntä: 6,5 mm
- käyntiaika: 150 s 50 Hz:llä, 120 s 60 Hz:llä
- suojausluokka: IP 40 EN 60529
- eristysluokka: III EN 60730
- ilmastollinen toimintalämpötila: 0 – +55 °C
- paino: 0,4 kg.

Moottoriventtiilin toiminta jäähdytyksessä

Huonesäätimen indikoima lämpötilan nousu säätöalueella oletuslämpötilan asette-
luun nähden lähettää langattomasti MPM-laitteelle tiedon lämpötilan noususta.
MPM- laite lähettää analogiasignaalin (0-10 V), tällöin venttiili ajaa asentoaan auki
ja säättää kyseisen säätöalueen jäähdytyksen virtausta. Venttiilin asento riippuu jän-
niteviestin suuruudesta $10\text{ V} = 100\%$ auki.

Moottoriventtiilin toiminta lämmityksessä

Huonesäätimen indikoima lämpötilan lasku säätöalueella oletuslämpötilan asette-
luun nähden lähettää langattoman signaalin MPM-laitteelle tiedon lämpötilan las-
kusta. MPM-laite lähettää analogiasignaalin (0-10 V), tällöin venttiili ohjaa kysei-
sen säätöalueen lämmityksen virtausta. Venttiilin asento riippuu jänniteviestin suu-
ruudesta $10\text{ V} = 100\%$ auki.

7.5.2 Edut

- kompakti rakenne
- pieni
- edullinen.

7.5.3 Toimintaperiaate

Sähkötoimilaitteen liike syntyy ruuvikaralla, jota ajetaan molempiin suuntiin synk-
ronointimoottorin vaihteiden välityksien avulla. Magneettinen kytkin rajoittaa vaih-
teiden vääntömomenttia ja siirtyvää voimaa.

7.6 Ilmastointi

Kohteeseen toteutettiin kolme ilmanvaihtokonehuonetta, joista jokainen palvelee tiettyä rakennuksen osaa (**Kuva 25.**).



Kuva 25. IV-konehuone 1/3

Ilmanvaihtoa käytetään vain sisäilman laadun parantamiseen ja käyttö perustuu tarpeenmukaisuuteen, joten koneiden suuruusluokat ja investoinnit ovat pienempiä (**Kuva 26.**).

Projektin yhteenlaskettu sähköteho	16.5 kW
Projektin yhteenlaskettu SFP	1.66 kW/(m ³ /s)

Koneen kuvaus

Ilman tiheys	1.2 kg/m ³
SFP	1.72 kW/(m ³ /s)
Tulokone	
Konekoko	1512
Ilmavirta	4.00 m ³ /s
Otsapintanopeus	2.16 m/s
Raitisilmavirta	m ³ /s
Kanaviston painehäviö, pst	300 Pa
Poistokone	
Konekoko	1512
Ilmavirta	3.00 m ³ /s
Otsapintanopeus	1.62 m/s
Kanaviston painehäviö, pst	300 Pa
Ulkoilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	27.0 °C / 50 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	-29.0 °C / 90 %
Tuloilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	22.0 °C / 66 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	20.0 °C / 1 %
Poistoilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	25.0 °C / 30 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	22.0 °C / 30 %

Kuva 26. Yhden ilmavaihtokoneen teho

Koko järjestelmän toiminta perustuu paineohjaukseen, joten vyöhykkeiden olosuhteiden muutokset nostavat tai pudottavat kanavapainetta, jolloin ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus muuttuu tarpeen mukaan.



Kuva 27. Schneiderin StruxureWare Automation Server

Ilmanvaihdon säätö toteutettiin konehuoneessa sijaitsevalla Schneiderin StruxureWare Automation Server-kiinteistöautomaatiojärjestelmällä (**Kuva 27.**).

StruxureWare Automation Server

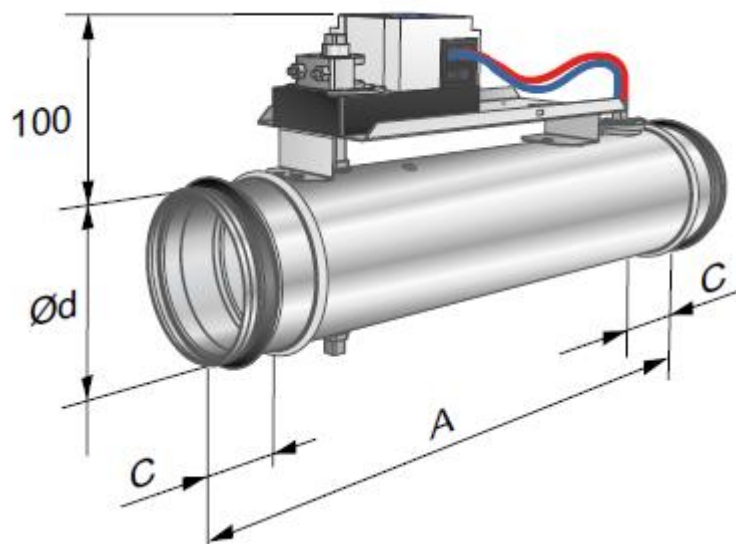
StruxureWare Automation Server on Linux-pohjainen tietokoneella käytettävä ohjelmoitava logiikka, joka luo kiinteistön hallintaan tarkoitettua omaa palvelimen ja valvomon.

Ilmanvaihtokoneen, vyöhykkeiden ja lämmönjaon järjestelmät ovat yhteydessä toisiinsa kiinteistöverkon kautta tiedonvälitystarkoituksessa. Järjestelmät toimivat valvomon kautta omina osina ja muodostavat koko kiinteistön kattavan säätöjärjestelmän.

Struxureware Automation Server voidaan myös liittää osaksi isompaa valvomokonnaisuutta Enterprise Server valvomo-ohjelmistoon. Kiinteistö Oy Hovikruunun automation serverit on liitetty Schneider Electricin pilvipalveluun eValvomon, jonka pohjalla pyörii Enterprise Server valvomo-ohjelmisto.

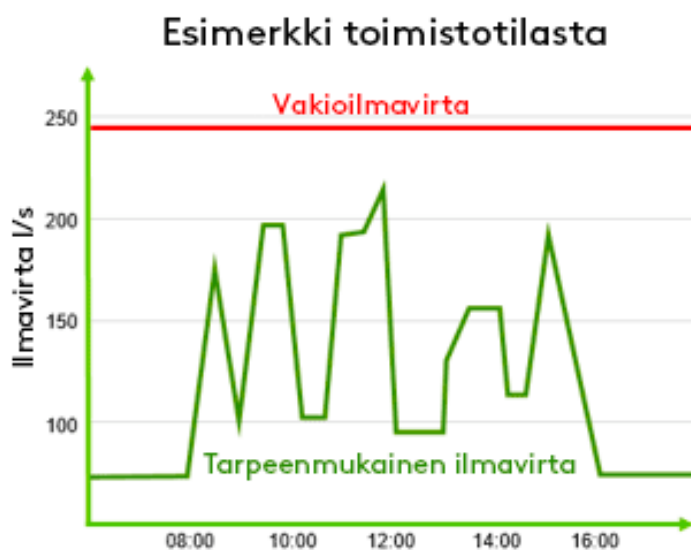
7.7 IMS-ilmamääräsäätimet (Swegon REACTa-M)

Kohteessa käytettiin vyöhykesäädön vuoksi vain poistupuolen hiilidioksidianturia, jonka mukaan ilmavirta säädetään. Muut mitta-anturit sijoiteltiin eri vyöhykkeille. Säätyvyöhykkeiden tarpeenmukainen ilmanvaihto toteutetaan Ims-ilmamääräsäätimillä (**Kuva 28.**). Järjestelmässä on useita käyttötiloja, jotka soveltuvat ilmavirrat ja lämpötilan tarpeen ja tilan läsnäoloasteen mukaan.



Kuva 28. Swegon 227vm-05-Mb

Tarveohjatussa järjestelmässä ilmavirta sovitaan lämpötilan tai ilmanlaadun mukaan. Swegon ilmamääräsäädin on tarkoitettu tarveohjattuun ilmanvaihtoon kohteissa, joissa kuormitus ja ilmantarve vaihtelee (**Kuva 29.**). Hovikruunulla ilmamääräsäätimiä on käytetty tuloilmakanavien sekä poistoilmakanavien ilmavirtojen hallintaan. Ratkaisulla on saavutettu aukoton ja tehokas ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtauksen säätö. Laitteissa on mahdollisuus myös integroituihin lämpötila- ja läsnäoloantureihin sekä niillä on mahdollista ohjata useampaa kanavaa samanaikaisesti.



Kuva 29. Tavoiteltu lopputulos

Building Operation

Laskutus **Ilmastointi** Jäähdytys Kylmävesi Lämminvesi

Asiakasnumero		Tämä Kuukausi	Edellinen Kuukausi	Asiakasnumero		Tämä Kuukausi	Edellinen Kuukausi
135	Handelsbanken	12.9 €	82.6 €	162	Innolink Staff	1.6 €	4.9 €
138	Granlund	17.6 €	79.6 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
155	RL-Trans	1.2 €	7.9 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
141	Mandatum	2.7 €	19.1 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
139	Lumi	17.0 €	58.8 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
142	Schneider Electric	10.6 €	34.3 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
158	Softman	15.1 €	23.6 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
144	Elisa	5.6 €	12.7 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
137	Enia	20.9 €	80.7 €	-----	-----	0.0 €	0.0 €
140	Klever	4.8 €	20.4 €	Hovikruunu	-----	0.0 €	0.0 €

17.7 °C

IMS Laskutuslukemat
Hovikruunu
Hoviokaudenpuistikko 19

ke 7.6.2017 10:25

Schneider
ELECTRIC

Kuva 30. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö

Ilmavaihtokoneen ottaman sähkön, lämmitysenergian ja jäähdytysenergian mitta-
reiden perusteella lasketaan hintaa koneen tuottamalle ilmalle reaaliaikaisesti. Tä-
män tiedon perusteella MPM-laite laskee oman vyöhykkeensä ilmanvaihdon hintaa

sen mukaan paljonko kyseinen vyöhyke on ilmaa käyttänyt. Asiakkaan vyöhykkeiden hintalaskurit lasketaan yhteen ja laskutetaan kuukausittain kyseiseltä asiakkaalta. Voidaan todeta, että projektin lopputulos on ollut toivotunlainen (**Kuva 30.**) ja suunnitellut säästöt on saavutettu ohjaamalla ilmamääriä hiilidioksidipitoisuuksien mukaan.

Esimerkiksi voidaan vertailla asiakkaan Handelsbanken ilmanvaihdon tarvetta, verrattuna asiakkaan Enia ilmanvaihdon tarpeeseen. Enian tilat ovat kooltaan noin puolet Handelsbankenin tiloista, mutta kuitenkin ilmanvaihdon tarve on samaa tasoa. Tämä johtuu jälleen tilojen käyttöasteesta, koska Handelsbankenissa on vähemmän ihmisiä tilojen käyttöaikana, joten myös ilmamäärät ovat on suhteessa pienemmät.

Ilmavirtojen laskentaan käytetty kaava, ohjaussignaalilla (0..10 VDC)

$$Q_{\text{act}} = Q_{\text{min}} + \frac{Y}{10 \text{ VDC}} * (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}) \quad (1)$$

Y = ohjaussignaali [V] DC

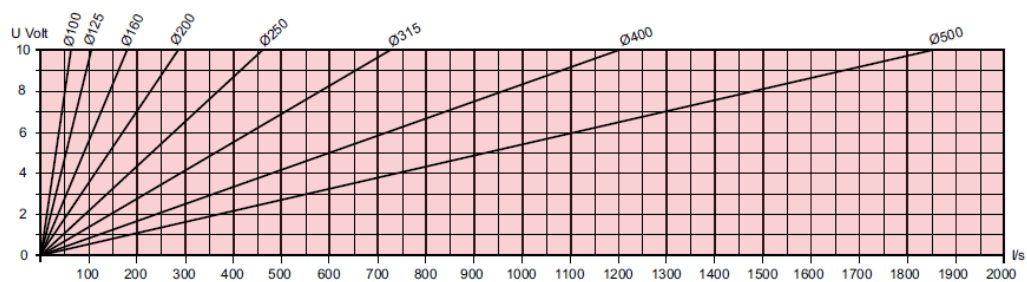
U = oloarvosignaali [V] DC

Q_{act} = nykyinen ilmavirta [I/s]

Q_{min} = asetettu minimi-ilmavirta [I/s]

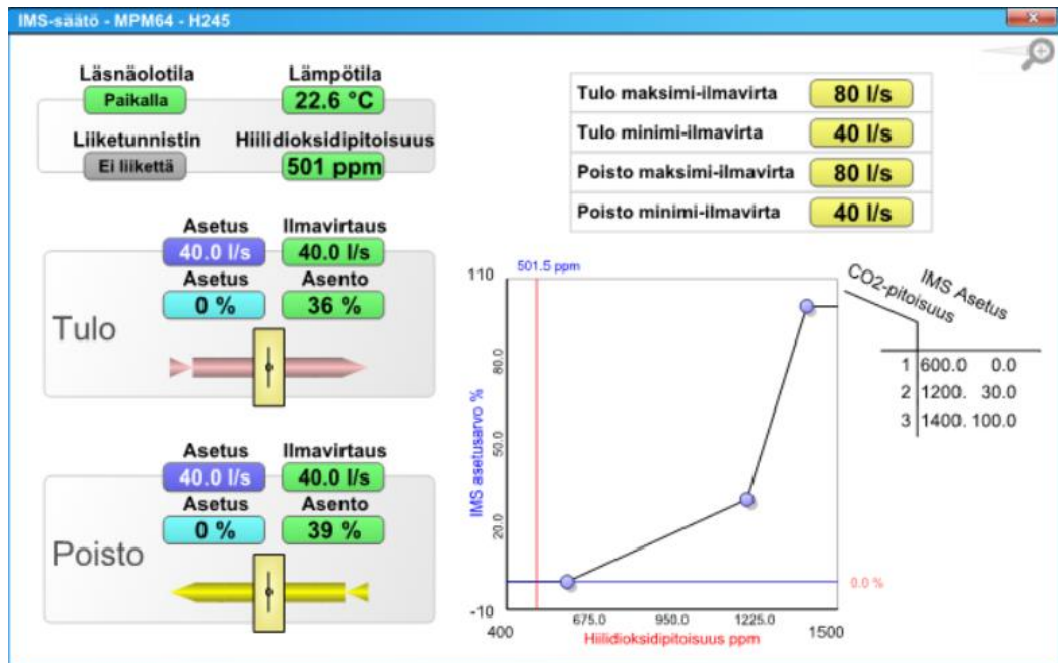
Q_{max} = asetettu maksimi-ilmavirta [I/s]

Q_{nim} = nimellisvirta [I/s]



Kuva 31. Ilmavirta jännitteen funktiona

Voimme havaita, että jännitteen ja kanavan halkaisijan kasvaessa myös ilmavirtaus kasvaa l/s (**Kuva 31.**).



Kuva 32. Valvomo, ilmamäärien säätö

Valvomokuvasta nähdään asetellut arvot ja reaaliaikaiset olosuhteet (**Kuva 32**). Myös asetusarvon funktio hiilidioksidipitoisuuteen nähden on luettavissa kuvajasta. Ilmanvaihto perustuu MPM-laitteen saamaan tilatietoon läsnäolotunnistimelta. Jos tilojen käyttöä ei ole havaittu, ajetaan säätövyöhykkeelle ilmaa rakenteiden vaatiman minimi ilmanvaihdon mukaan (perusilmanvaihto).

```

387 t = os.date("%t") --Kellonaika
388 tunti = t.hour
389
390 if tunti ~= kuluvatunti and kuluvatunti ~= nil and FlowCount > 150 then --Jos tunti on vaihtunut
391   kuutiot = (FlowAdd / FlowCount) * 3.6
392   eurokeskiarvo = EuroAdd / EuroCount
393   ME["AV" .. Point + 20] = ME["AV" .. Point + 20] + kuutiot -- Kumulatiivinen m3 laskenta tunnin välein
394   ME["AV" .. Point + 22] = ME["AV" .. Point + 22] + (kuutiot * eurokeskiarvo) -- Kumulatiivinen euromäärä
395   -- Nollataan kuutio ja eurokeskiarvo laskurit seuraavaa tuntia varten
396   FlowAdd = 0
397   FlowCount = 0
398   EuroAdd = 0
399   EuroCount = 0
400 end
401
402 -- Laskennallinen litra-asetus IMSseille
403 TuloAsetus = ME["AV" .. Point + 0]
404 TuloMinimi = ME["AV" .. Point + 4]
405 TuloMaksimi = ME["AV" .. Point + 5]
406 PoistoAsetus = ME["AV" .. Point + 6]
407 PoistoMinimi = ME["AV" .. Point + 10]
408 PoistoMaksimi = ME["AV" .. Point + 11]
409 ME["AV" .. Point + 18] = TuloMinimi + ((TuloMaksimi - TuloMinimi) * (TuloAsetus / 100))
410 ME["AV" .. Point + 19] = PoistoMinimi + ((PoistoMaksimi - PoistoMinimi) * (PoistoAsetus / 100))

```

Kuva 33. Ilmamäärien kulutuksen laskenta

Lasketaan kumulatiivista (reaaliaikaista kertymää) tunnin välein ja säädetään tulevan ja menevän ilman laskennallisia litramääriä. Ilmamäärien säätö ja kulutuksen laskenta toteutettiin Lua-ohjelmointikielellä (**Kuva 33.**).



Kuva 34. Ilmamääräsäätimen sijoitus

Ilmamääräsäätimien määrään ja sijoituspaikkaan vaikuttaa kunkin vyöhykkeen tilavuus ja käyttötarkoitus (**Kuva 34.**).

7.7.1 Tekniset tiedot

- syöttöjännite 24 V AC/DC $\pm 20\%$, 50/60 Hz
- näytöllinen säätö- ja mittaustoiminnolla varustettu ilmavirtasäädin
- tarkoitettu lämmitettyihin tiloihin
- ilmavirta mitataan ohjaussauvalla
- kaikki säädöt reaaliarvoina
- integroitu hiilidioksidianturi
- jännitesignaali 0-10V
- kanavapaineesta riippumaton
- räätälöity yleisilmanvaihtoon
- säätö läsnäolon tai hiilidioksidin perusteella
- master/slave-toiminta
- voidaan liittää analogisesti
- monipuoliset säädöt (paine, virtaus, kanavanopeus)
- huoltovapaa
- tehonkulutus, muuntajan mitoitus:
 - REACT 10 Nm 2,5 W 4,5 VA
 - GUAC DM3 säädin 0,6 W 1,3 VA
 - jousipalautusmoottori 10 Nm 5 W (standby 2 W) 8 VA.

7.7.2 Edut

Ilmamääräsäätimet ovat osa järjestelmää, jolla säädetään ilmastointia ja ilmanvaihtoa tarpeen mukaan. Ilman puhaltamiseen käytetyn energian osalta säästöt voivat olla jopa 80 % /5/

7.7.3 Toimintaperiaate

Ilmamääräsäätimen tarkoituksena on parantaa säätövyöhykkeiden ilmanlaatua ohjaamalla ilmavirtaa vain tarpeen mukaan. Toiminta perustuu hiilidioksidipitoisuuden nousun indikointiin, jolloin CO₂-anturi lähettää analogiatiedon MPM-laitteelle. MPM-laite kirjoittaa Modbus-väylän kautta ohjearvon ilmamääräsäätimille, jotka avautuvat/sulkeutuvat sen hetkisen tarpeen mukaan. Ilmamääräsäätimen avautuessa ilmanvaihtoputken paine laskee, jolloin ilmanvaihtokone indikoi paineenalenneman ja nostaa pyörimisnopeuttaan tilanteen mukaan. Ilmavirtauksen määrästä välitetään reaaliaikainen tieto Modbus-väylän kautta MPM-laitteelle, joten virtauksen määrä kullakin hetkellä on tiedossa sekä säädettävissä sen hetkisen tarpeen mukaan. MPM-laite laskee kumulatiivista lukemaa, kuinka paljon ilmaa on virrannut. Tämän tiedon mukaan laskutetaan asiakkaalta ilmanvaihdon käytöstä.

7.8 CO₂-Anturit

Hiilidioksidipitoisuuksien mittaamiseen käytettiin kahdentyyppisiä antureita kanavakoon mukaan. Antureiden mittaustiedoista muodostettiin tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta hiilidioksidipitoisuuden perusteella.

7.8.1 Produal HDK

HDK-lähettimillä mitataan hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja kosteutta (**Kuva 35.**). Hiilidioksidipitoisuuden sekä lämpötilan mittaustiedot anturilta tuodaan kiinteästi johtimella MPM-laitteen analogiatuloille.



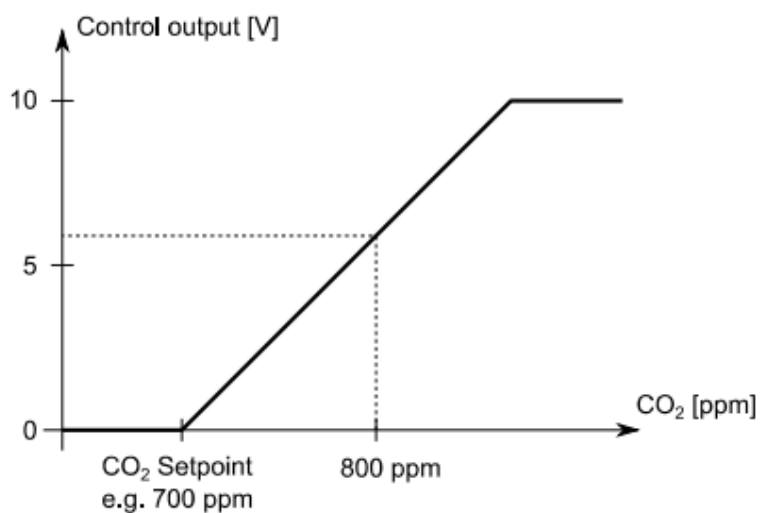
Kuva 35. Produal hdk

7.8.2 Tekniset tiedot

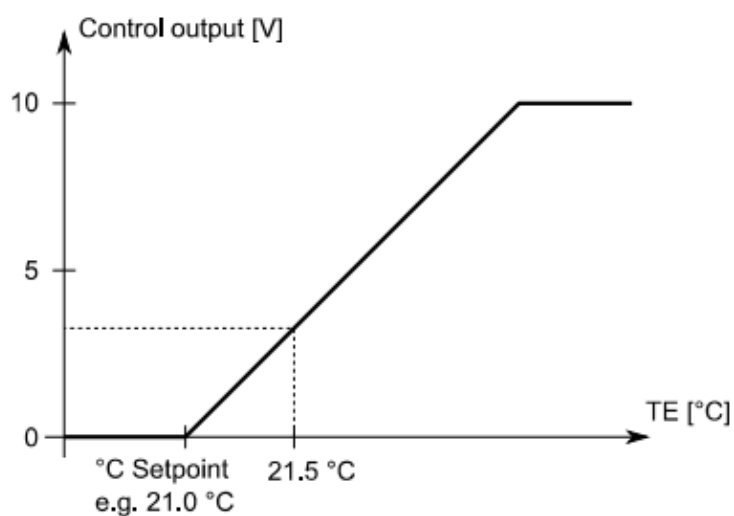
- syöttöjännite: 24 VAC/DC (22...28 V), < 2 W
- hiilidioksidimittaus
 - mittausalue: 0...2000 ppm
 - tarkkuus: (25 °C) tyyp. ±40 ppm +3 % lukemasta (ABCLogic™)
 - pitkän ajan stabiilius / vuosi: < 2 % FS (ABCLogic™)
 - aikavakio: < 2 min

- lämpötilan mittaus
 - mittausalue: 0...50 °C
 - tarkkuus: (25 °C) ±0,5 °C
 - mittayhde: Ø 10 mm x 110 mm;
 - kanavan eriste: < 75 mm
- lähdöt: 0...10 V < 2 mA
- käyttölämpötila: 0...+50 °C
- ympäristön kosteus: 0...85 % rH (ei kondensoituva)
- kotelointi: IP54
- mitat (l x k x s): 105 x 104 x 155 mm.

Mitattavan suureen kasvaessa (hiilidioksidi ja lämpötila) myös jänniteviestin suuruus kasvaa lieneaaraisesti (**Kuva 36. -37.**).



Kuva 36. Hiilidioksidipitoisuus 800 ppm



Kuva 37. Poistoilman lämpötila

7.8.3 Toimintaperiaate

Anturi mittaa hiilidioksidin ja ilmankosteuden poistupuolen ilmanvaihtokanavasta ja muodostaa saadusta mittausarvosta jänniteviestin. Jänniteviesti kulkee kiinteästi MPM-laitteelle. Tämä säättää tarpeen mukaan ilmamääräsäätimiä sekä jäähdytyskonvektoreita.

7.8.4 Schneider SCD100 (CO₂ duct sensor)

SCD100 kanava-antureilla mitataan hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja kosteutta (**Kuva 38.**). Hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilan mittaustiedot anturilta tuodaan kiinteästi johtimella MPM-laitteen analogiatuloille.



Kuva 38. Schneider Scd100

7.8.5 Tekniset tiedot

- syöttöjännite: 24 VAC
- hiilidioksidimittaus
 - mittausalue: 0...2000 ppm
 - tarkkuus: ± 1 % mittausalueesta ± 5 % mitatusta arvosta
- lähtöjännite: 0-10 V/0-5 V valittavissa

7.8.6 Toimintaperiaate

Anturi mittaa hiilidioksidipitoisuutta poistupuolen ilmanvaihtokanavasta ja muodostaa mitatusta arvosta jänniteviestin. Jänniteviesti kulkee kiinteästi MPM-laitteelle ja tämä säättää tarpeen mukaan ilmamääräsäätimiä sekä jäähdytyskonvektoreita.

7.9 Jäähdytys-/lämmitysenergianmittaus

Jäähdytys/lämmitysenergianmittaukseen käytettiin Kamstrup Multical 601/602-energiamittareita, joiden mittaustiedot luetaan Modbus-väylän kautta (**Kuva 39**). Mittarit sisältävät yhdessä paketissa kaikki tarvittavat elementit sekä täyttävät vaaditut laatuvaatimukset.



Kuva 39. Kamstrup Multical 601/602 (601 jäähdytys)

Dataloggerit valvovat siihen liitettyjä järjestelmiä reaaliajassa. Tieto asennusvirheistä, halkeamista, sähkökatkoksista ja vuodoista näkyvät asiakkaalle laitteen näytössä välkkyvillä infokodeilla. Energiankulutuksen seuraaminen on mahdollista tunti-, päivä-, kuukausi- ja vuosikohtaisesti. Tiedot tallennetaan ja asiakas voi seurata energiakäyttöään eri aikoina.

7.9.1 Energiamittarin ominaisuuksia

- jäähdytysmittaus vesipohjaisissa järjestelmissä
- lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus
- bifunktionaaliset lämpö- ja jäähdytysmittaukset erillisissä rekistereissä
- jäähdytys -ja lämmityslinjastojen vuotojen valvonta
- tehon- ja virtauksenrajoitin, jossa on säätöventtiili
- tietojen keräys
- energianmittaus avoimissa järjestelmissä.

7.9.2 Tekniset tiedot

- syöttöjännite: 3,6 VDC \pm 0,1 VDC
- paristo: 3,65 VDC, litium, D-koko
- suljettu piiri: < 35 μ A, lukuun ottamatta virtausanturia
- vaihtoväli:
 - seinäasennuksessa: 12 + 1 vuotta @ tBAT < 30 °C
 - asennettu virtausanturiin: 10 vuotta @ tBAT < 40 °C
 - vaihtoväli pienenee käytettäessä datamoduuleja, lyhyttä luentaväliä tai jos ympäristön lämpötila on korkea.
- verkkovirta:
 - 230 VAC +15/-30%, 50/60 Hz
 - 24 VAC \pm 50%, 50/60 Hz
- eristysjännite: 4 kV
- virtalähde: < 1 W
- varakäyntivirtalähde: Sisäinen superkondensaattori estää lyhyen sähkökatkon keskeyttämästä toimintaa
- EMC-tiedot: Täyttää prEN 1434-4:2009 luokka C (MID luokka E2) vaatimukset
- virtaama: 0,6qp ja 1,000 m³/h

- veden lämpötilat:
 - lämmitys: +2...180
 - jäähdytys: +2...50
- datalogger: 1392h + 460p + 36v + 1...1440 min
- tiedonsiirtoprotokollat:
 - LON, SIOX, M-Bus, Modbus, BACnet MS/TP Metasys N2 ja Ethernet/IP.
- langaton: M-Bus, ZigBee tai esim. GSM/GPRS, 3G GSM/GPRS tai High-P.

Laskijalaitteen tiedot

Tyypillinen tarkkuus:

- laskijalaite EC: $\pm(0,15 + 2/\Delta\Theta)\%$
- lämpötila-anturipari ET: $\pm(0,4 + 4/\Delta\Theta)\%$
- näyttö: LCD – 7 (8) digits with a digit height of 7,6 mm
- tarkkuus: 9999,999 – 99999,99 – 999999,9 – 9999999
- energiayksikko: MWh – kWh – GJ – Gcal.

Energian laskentaan käytetään kaavaa:

$$E = V\Delta\Theta k \qquad V = \text{vesimäärä} \qquad (2)$$

$$\Delta\Theta = \text{mitattu lämpötilaero}$$

$$k = \text{veden lämpötilakerroin}$$

Energian laskenta tapahtuu wattitunteina [Wh] ja tästä arvosta voidaan muuntaa haluttuun yksikköön [KWh, MWh]

7.9.3 Edut

- huoltovapaa
- käyttökustannukset
- tarkkuus
- luotettavuus
- pieni paineen alenema
- nopea vianpaikannus
- suunnittelun helpottuminen
- kaikki mittaukset samassa paketissa
- asennuskustannukset
- tarkka vikahistoria
- pitkä käyttöikä.

7.9.4 Toimintaperiaate

Mittarit ovat mikroprosessoripohjaisia ja ne on varustettu Ultraflow-virtausantureilla. Mittaus perustuu siirtymäajan mittaamiseen kaksisuuntaisella ultraäänimittauksella. Mittaustieto muodostetaan menevän ja tulevan nesteen lämpötilan muutoksen mukaan ja laite laskee siihen käytetyn energian. Kohteessa mittari on yhdistetty kiinteästi vesimittariin sekä MPM-laitteeseen. Tiedot luetaan suoraan näytöltä sekä Modbus-väylän kautta.

7.10 Huonesäädin SE8300

Huonetermostaatteina käytettiin Schneiderin huonesäätimiä SE8300, jotka soveltuvat myös vyöhykesäätöön (**Kuva 40.**). Säädin noudattaa kohteen muunneltavuuden periaatetta, koska kaikki ohjaukset sekä mittaustietojen anturoinnit ovat langattomia. Tämän johdosta ei tarvitse tulevaisuudessakaan erikseen johdottaa eri ohjauksia ja antureidenindikoiteja. Tilojen layoutin muuttuessa voidaan myös ohjaus vaihtomasti päivittää vastaamaan uutta kokonaisuutta. Huonesäätimillä on myös mahdollisuus ohjata itsenäisesti säätöalueita ilman MPM-laitetta. Hovikruunulla tätä vaihtoehtoa on käytetty pienemmissä tiloissa lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaukseen.



Kuva 40. Huonesäädin vyöhykesäätöön

Laitteen valintaan vaikutti sen muokattavuus ja eri käyttömahdollisuudet. Myös asiakkaan näkökulmasta laite on erittäin käyttäjäystävällinen, koska käyttöliittymä ei sisällä monimutkaista ohjelmistoa. Edut saavutetaan kokonaiskustannuksissa sekä

asennukseen ja käyttöönottoon kulutetussa ajassa. Huonesäädin tarvitsee vain käyttö­sähkön 24 VDC ja kaikki ohjaukset sekä mittaukset toimivat langattomasti. Sää­döt ovat ohjelmoitavissa ennakkoon tarpeen mukaan. Huonesäätimen avulla voi­daan esimerkiksi ohjelmoida ennakkoon säätöalueelle heikommat vaatimukset il­manlaadun suhteen silloin kun tila on tyhjillään.

7.10.1 Ominaisuudet

- kosketusnäytöllinen
- langaton säätö
- integroitu läsnäolotunnistin
- kosteusanturi
- konfiguroidaan building expert-sovelluksella
- script-pohjaiset täysin ohjelmoitavat ohjaussekvenssit
- halutut säädöt ohjelmoitavissa ennakkoon
- puhaltimien nopeuden ohjaus
- mittausten indikoinnit.

7.10.2 Tekniset tiedot

- tiedonsiirtoprotokollat:
 - BACnet MS/TP (B)
 - Modbus (B)
 - ZigBee Pro wireless mesh network (P) (optio)
- syöttöjännite: 24 VAC \pm 15 %, 50/60 Hz
- tehonkulutus: 6 VA
- analogia lähtö: 0 - 10 VDC minimi resistanssi 2 k Ω
- paino: 0,34 kg (0,75 lb).

7.10.3 Edut

Edut Saavutetaan kokonaiskustannuksissa sekä asennukseen ja käyttöönottoon kulutetussa ajassa. Huonesäädin tarvitsee vain käyttösjhkön 24 V ja kaikki ohjaukset sekä mittaukset toimivat langattomasti.



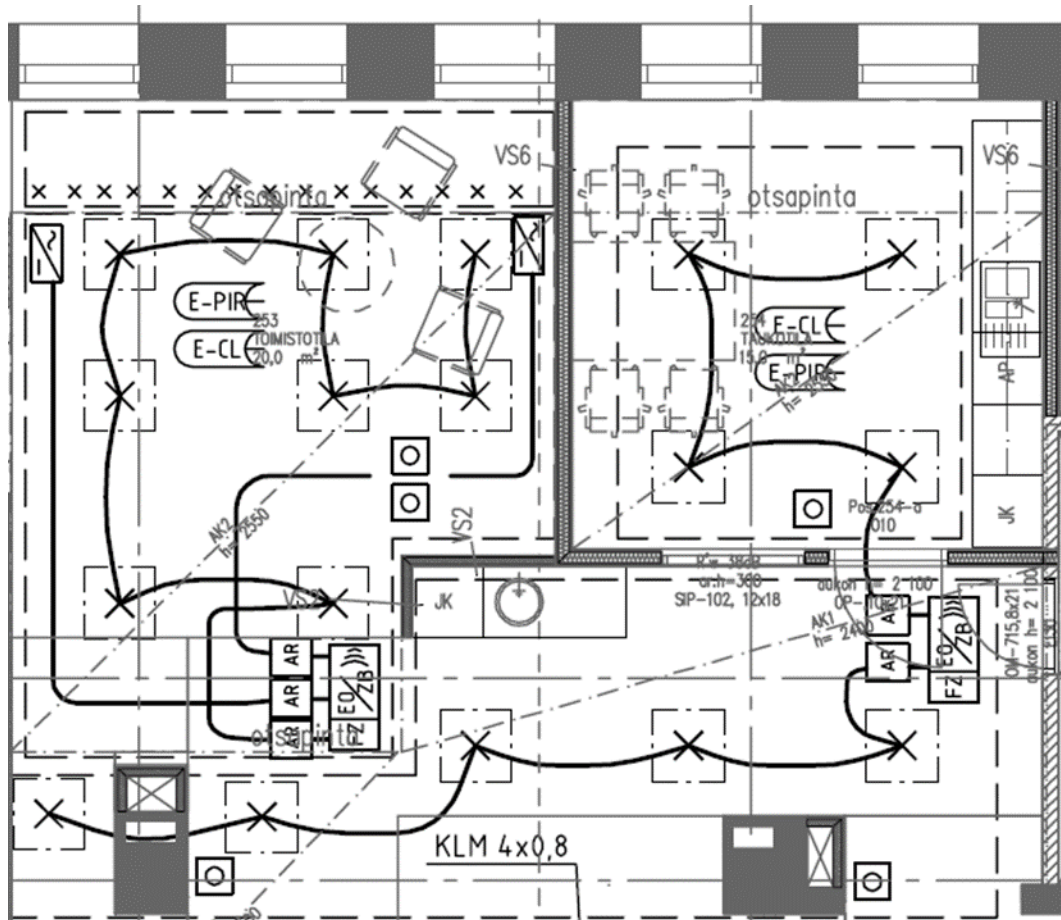
Kuva 41. Esimerkkikuva järjestelmästä

7.10.4 Toimintaperiaate

Huonesäädin monitoroi huoneiston tilaa reaaliajassa ja kerää antureiden mittaus-tietojen perusteella dataa tilan olosuhteista (**Kuva 41.**). Tämän perusteella lähettää langattomasti halutun säätötiedon MPM-laitteelle, joka välittää tiedon, esimerkiksi jäädytystarpeesta kierroslukuviestinä konvektorille.

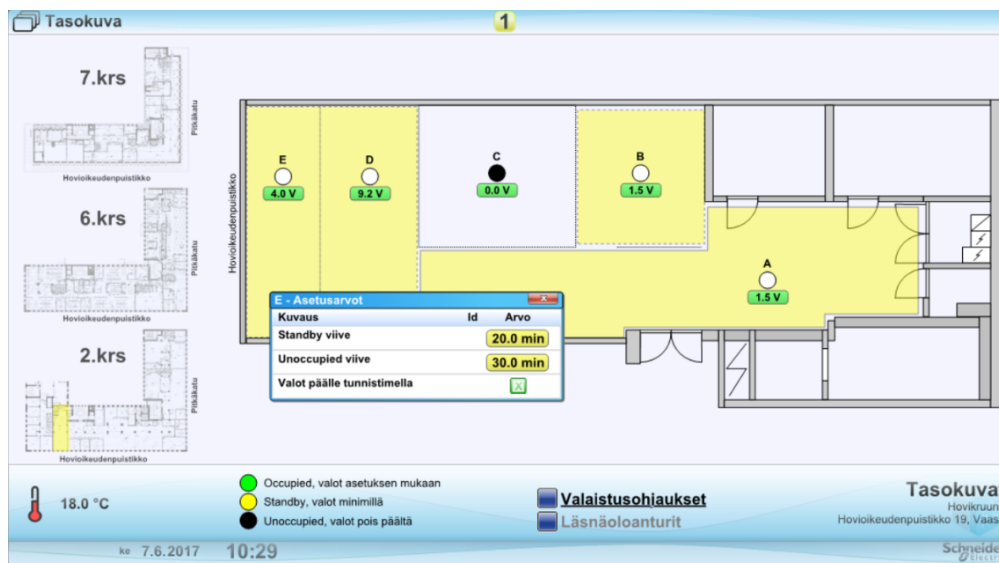
8 VALAISTUS

Valaistuksen säätö on jaettu MPM-laitteiden avulla osakokonaisuuksiin, joilla jokaisella alueella on oma itsenäinen säätönsä (**Kuva 42.**). Alueet muodostavat yhdessä isompia kokonaisuuksia, mutta säätävät kuitenkin omina vyöhykkeinään. Valaistusvyöhykkeet on jaettu säätöalueittain ja niistä on muodostettu isompia liiketiloja. Tällä ratkaisulla on pyritty säätämään valaistusvoimakkuutta kunkin osa-alueen tarpeen mukaan kullakin hetkellä. Täten myös valaistukseen käytettävää energiaa säädetään tarpeen mukaan. Myös jokaisen liiketilan valaistukseen käytettävän energian määrä on mittaroitu erikseen.



Kuva 42. Valaistuksen ohjaus vyöhykesäätöjärjestelmällä

- AR: valaistuksen apurele
- FZ: MPM
- E-PIR: valoisuusanturi
- E-CL: liiketunnistin.



Kuva 43. Valvomo, tilojen läsnäolon seuranta

Valaistuksen ohjaus ja säätö perustuu läsnäolon havaitsemiseen. Läsnaolotunnistimen tieto kulkee langattomasti MPM-laitteelle, joka säätää valaistusta tarpeen mukaan. Voidaan havaita, että alueen c läsnäolotunnistin ei ole havainnut tilojen käyttöä (**Kuva 43.**). Tämän vuoksi valaistuksen ohjauksen ehdot eivät täyty ja tilan valot ovat pois päältä. Tilojen a, b, d, ja e läsnäolotunnistin on havainnut tilojen käyttöä. Tämän vuoksi valaistuksen ohjauksen ehdot täyttyvät ja valot ovat päällä.

Asiakkaan toiveen mukaan valot käynnistyvät joko suoraan liiketunnistimella, tai vain kun painikkeesta on painettu. Valot sammuvat kuitenkin joka tapauksessa viiveen jälkeen, kun tilassa ei havaita liikettä. Tiloissa joissa on valoisuusanturi, säätää MPM-laite jatkuvasti valoisuustehoa vastaamaan asetusta, joka on valoisuuspainikkeista haluttu. Eli jos ulkoa tulee enemmän valoa, säädetään valaistusta pienemmälle ja päinvastoin. /10/

```

237 --valoissuussäätö
238 if LastPito == 1 and oikeapainettu == 0 and Occupancy == 1 and vasentila == 1 then
239     LuxTrig = aika --Laskuri käyntiin kun valoisuus säädetty painikkeesta
240     esto = 1
241 end
242 if LuxTrig ~= nil and aika > LuxTrig + 30 then
243     esto = 0
244     asetettu = 1 --Valoisuustaso on asetettu, jäädään odottamaan lux-muutosta
245     if debuggi == 1 then display("Valoisuustaso on asetettu painikkeista") end
246     LuxTrig = nil
247     AsetusTrig = aika
248 end
249 if Anturi == 0 then odotus = 300 else odotus = 1230 end
250 if asetettu == 1 and Occupancy == 1 and vasentila == 1 and (Valoisuus ~= LastLux o:
251     asetettu = 0
252     AsetusTrig = nil
253     if debuggi == 1 then display("Vanha valoisuusasetus = " .. LuxAsetus) end
254     LuxAsetus = Valoisuus -- Otetaan valoisuusasetus talteen
255     if debuggi == 1 then display("Uusi valoisuusasetus = " .. LuxAsetus) end
256 elseif Occupancy ~= 1 or vasentila == 0 then
257     asetettu = 0
258     LuxTrig = nil
259     AsetusTrig = nil
260 end

```

Kuva 44. Valaistuksen ohjaus ja säätö

Laskuri laitetaan siis käyntiin, kun havaitaan valaistuksen ohjaus painonapista. Tallennetaan vanha asetukset muistiin ja otetaan uusi käyttöön. Tilojen läsnäolon tunnistuksen puuttuessa valoisuutta vähennetään asteittain ja saavutetaan tila, että läsnäoloa ei ole havaittu tiettyjen ohjelmakiertojen aikana. Lopuksi valot sammuvat kokonaan, kunnes läsnäolo (tilojen käyttö) havaitaan jälleen. **(Kuva 44.)**

8.1 Painonapit (Enocean Trio2sys)

Langattomilla painonapeilla (Enocean trio2sys) ohjataan valaistusta ja säädetään haluttu valaistusteho **(Kuva 45.)**. Niiden tarvitsema käyttöjännite tuotetaan laitteen toiminnan yhteydessä, joten paristoja tai kaapeleita ei tarvita.



Kuva 45. Enocean-langatonpainonappi

8.1.1 Tekniset tiedot

- toimintataajuus: 868 MHz
- toimintasäde: 30 m
- maximimäärä per portti: 20
- mitat (l x k x s): 86 mm × 86 mm × 15 mm
- paino: 150 g
- materiaali: muovi
- IP-luokitus: IP30
- operointiolosuhteet:
 - ilmaston lämpötila: 0 °C - 50 °C

- suhteellinen kosteus: Max. 90 %, ei kondensoiva.

8.1.2 Edut

- langaton ei paristoja
- voidaan sijoittaa mihin vain
- asennuskustannukset
- ei kaapelointia
- nopea asennus sekä käyttöönotto
- voidaan ohjata kaikkia tarvittavia valaistuksia ja kaikkea mitä releillä voidaan ohjata päälle.

8.1.3 Toimintaperiaate

Tilaa säädettäessä, säätösignaalin lähettämiseen vaadittava energia tuotetaan painamalla tai vapauttamalla nappi, jolloin signaali lähetetään MPM-laitteelle.

8.2 Liiketunnistin (Enocean trio2sys)

Läsnäolon havaitsemiseen käytettiin langattomia Enocean trio2sys liiketunnistimia (Kuva 46.). Laitteet ovat aurinkokennolla toimivia ja tällöin ei tarvita ohjauksen eikä käyttösähkön kaapelointeja, joten ne noudattavat kohteen muunneltavuuden periaatetta.



Kuva 46. Liiketunnistin

8.2.1 Tekniset tiedot

- toimintasäde/antennin lähetysalue: 300 m avoimet alueet, n 30 m sisätiloissa
- käyttöjännite: aurinkokenno (50-200 lux)
- paristo varmennettu
- toimintataajuus: 868,3 MHz
- minimi latausaika: 20 min (>500 lux) tai 5 min hyvin valaistulla alueella kun paristo varmennettu
- kokonaislatausaika 200 luxilla: n.9 h
- toiminta-aika täydellisessä pimeydessä: 48 h (täyteen ladattuna)

- tunnistusmatka: 12 m
- asennuskorkeus: 2-3 m (suositus)
- mitat (l x k x s): 160x60x37 mm
- paino: 125 g
- toimintaympäristö:
 - lämpötila: -10 °C - (+40) °C
 - ilmankosteus: 20 to 95 % kosteudesta.

8.2.2 Toimintaperiaate

Ilmais on varustettu jatkuvasti aktiivisella PIR-anturilla. Eli jos tiloissa havaitaan liikettä, lähetetään radiosignaali, että tiloissa on havaittu käyttöä. Tämän jälkeen alkaa kahden minuutin päälläoloaika ja jos tämän aikana ei havaita uutta läsnäolon tunnistusta todetaan, että tiloissa ei ole käyttöä.

Kahden minuutin aikana voi tapahtua kaksi eri tapahtumaa

A) Läsnäolo havaitaan ja laite lähettää signaalin. Uusi ajastin käynnistyy.

B) Läsnäoloa ei havaita, laite lähettää kaksi signaalia ilmoittaakseen tilojen käytön tarpeettomuuden: ensimmäinen tapahtuu kymmenen minuutin päästä ja toinen kolmenkymmenen minuutin päästä viimeisimmästä läsnäolon tunnistuksesta. Jos liikettä havaitaan tämän aikana, lähetetään jälleen signaali tilojen havaitusta käytöstä.

8.3 Valoisuusanturit (Enocean trio2sys 02LINE)

Valon määrän mittaamiseen käytettiin (enocean trio2sys 02LINE)-antureita (**Kuva 47.**). Laitteet ovat aurinkokennolla toimivia ja tällöin ei tarvita ohjauksen eikä käytösähkön kaapelointeja, joten ne noudattavat kohteen muunneltavuuden periaatetta.



Kuva 47. Valoisuusanturi

8.3.1 Tekniset tiedot

- toimintasäde: 30 m sisällä
- käyttöjännite: 1 aurinkokenno, sisäisellä varauskapasiteetilla
- toimintataajuus: 868,3 MHz
- tunnistusalue: 50 - 1,020 lux

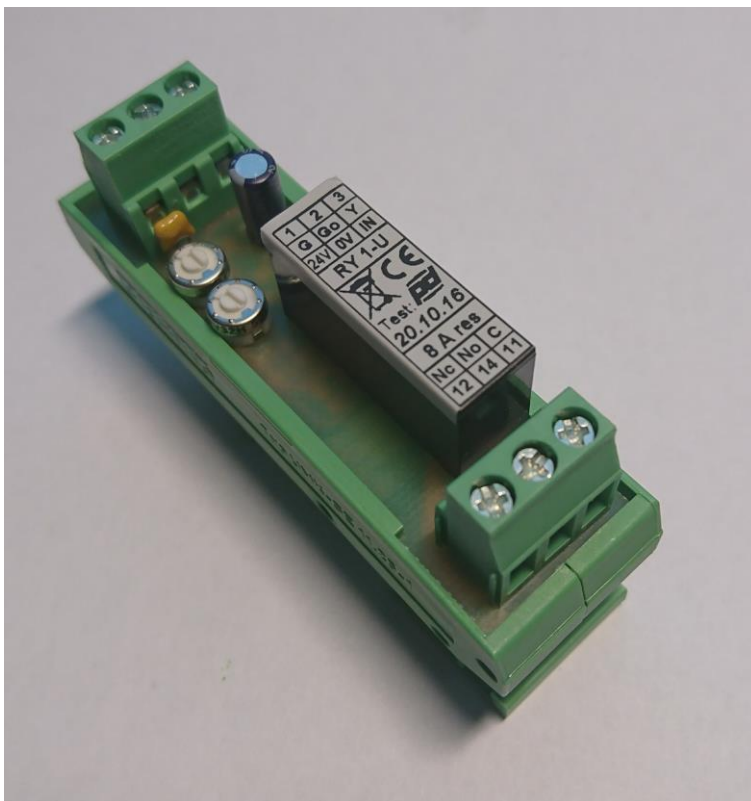
- IP-luokitus: IP 54
- toimintalämpötila-alue: -20 °C – (+60 °C)
- mitat (l x k x s): 80x32x18 mm
- paino: 22 g.

8.3.2 Toimintaperiaate

Toiminta perustuu valaistusvoimakkuuden indikointiin. Painikkeilla säädetään haluttu lamppujen teho. Tästä pyydetystä tehosta otetaan muistiin haluttu valon määrä ja aletaan ylläpitää sitä. Voimakkuuden vaihtelun ylittäessä 20 luxia sensorin tunnistusalueella (50-1020 luxia), lähetetään MPM-laitteelle langattomasti tieto muutoksesta. Jos vaihtelua ei tapahdu, signaali lähetetään 20 minuutin välein ja näin ollen tilojen valaistusvoimakkuus säätyy automaattisesti haluttuun arvoon. Jos siis ulkoa tulevan valonmäärä kasvaa, pudotetaan vastaavasti lamppujen tehoa ja päinvastoin.

8.4 Apureleet (produal RY 1-U)

Apureleitä ei alkuperäiseen suunnitelmaan kuulunut, mutta ne päätettiin lisätä valaistuksen ohjaukseen eri vyöhykkeillä (**Kuva 48.**). Releillä muokattiin alueita kunkin säätövyöhykkeen valaistuksen tarpeen mukaan.



Kuva 48. Valaistuksen apurele

Releet tarvitaan, että voidaan katkaista valaistuksen syöttö (**Kuva 49.**). Tämä siksi, että varsinkin useiden valaisimien ryhmissä valaisimien 0-10V säätötulossa ilmenee "haamujännitettä", joka pitää ryhmän valaisimet päällä pienellä valoteholla koko ajan. Apureleellä katkaistaan valaisimien syöttö, kun MPM-laitteen antama säätöviesti tippuu asetellun rajan alle (noin 1,5V). /10/



Kuva 49. Johdotuskaavion toteutus kentällä

8.4.1 Tekniset tiedot

- käyttöjännite: 24 VAC/VDC
- ohjausjännite: 0..10 VDC
- ulostulojännite: 250 V
- ulostulovirta: 8 A.



Kuva 50. Releiden lopullinen sijoitus

8.4.2 Toimintaperiaate

Rele saa ohjausjännitteen MPM-laitteelta ja ohjaa valaistuksen sähkönsyöttöä tämän mukaan (**Kuva 50.**). Myös muuntajan valaistusvoimakkuuden ohjausjännite otetaan releen tulopuolelta. MPM-laite antaa releelle ohjausviestin, jonka mukaan rele ohjaa muuntajalle menevää 230 V jännitettä päälle/pois.

8.5 Valaisimet

Valaisimina käytettiin Hellan office eco 600-sarjaa (**Kuva 51. -52.**). Valaisimina olisi voitu käyttää kymmeniä muitakin valaisimia. Kiinteistössä päädyttiin kuitenkin käyttämään Hellan valaisimia niiden kompaktin rakenteen, säädettävyyden sekä edullisen hinnan vuoksi.



Kuva 51. Valaisin



Kuva 52. Valaisimen muuntaja

8.5.1 Tekniset tiedot

- käyttöjännite: 200-240 VAC
- käyttövirta: 0,27
- ulostulojännite: 24-37 VDC
- ulostulovirta: 1059 mA

8.5.2 Toimintaperiaate

MPM-laite antaa jänniteviestin väliltä 0-10 V. Muuntaja muuntaa 230 V jännitteen tämän viestin perusteella 24-37 V tasajännitteeksi valaisimelle. Valaistusvoimakkuus säädetään suoraan tämän jänniteviestin perusteella. Samaisen viestin perusteella ohjataan myös apurelettä, joten viestin puuttuessa ei ole myöskään valaistusta.



Kuva 53. Tilat projektin alkuvaiheessa



Kuva 54. Tilat projektin loppuvaiheessa

9 YHTEENVETO

9.1 Osa 1. Projektin valmistumisen jälkeen

Alun perin lähdin Hovikruunulle 2016 kesällä keräämään työkokemusta ja jossakin vaiheessa sitten heräsi ajatus, että kohteen kiinteistöhallintajärjestelmästä voisi dokumentoida opinnäytetyön. Aiheeksi tarkentui vyöhykesäätö hajautetulla automaatiolla ja sillä tavoiteltu tarpeenmukainen käyttö.

Omasta näkökulmasta nähtynä, kiinteistönhallintajärjestelmällä saavutettiin sille asetetut tavoitteet energiansäästö, tarpeenmukainen käyttö, kulujen kohdentaminen, sisäilman laatu, langattomuus ja tilojen muokattavuus.

Oma panos projektin toteuttamisessa oli lähinnä laitteistojen asentamisessa, ratkaisujen toteuttamisessa kentällä, käyttöönotossa ja havaittujen ongelmien korjaamisessa (**Kuva 53. -54.**).

Suunnittelusta vastasi Granlund Pohjanmaa siltä osin, kun suunnitelmia oli saatavilla. Lopullisesta ohjelmistojen toteutuksesta sekä valvomorajapinnan toimittamisesta oli vastuussa Schneider Electric Finland.

Koko projekti oli haastava ja erittäin mielenkiintoinen. Vastaavanlaista vyöhykesäätöjärjestelmää ei oltu ennen toteutettu tällä laitteistolla. Myös suunnitelmien osittainen puuttuminen sekä viivästyksset vesivahinkojen ym. osalta sotkivat myös aikataulun kiinteistön automatisoinnin osalta. Ratkaisuja tehtiin kentällä ja joitakin sitten korjailtiin aika pitkäänkin. Myös muutokset laitteistoon sekä toteutukseen projektin edetessä lisäsivät työmäärää todella paljon. Osa ratkaisuista oli toimivia, mutta esimerkiksi valaistuksen kanssa tuli muutoksia matkan varrella aika paljon. Valaistuksen ohjausta muuteltiin eri releillä, ohjauksen hienosäätöä muokattiin ja lopulta päästiin haluttuun lopputulokseen.

Tarkempi arviointi automaation osalta on ehkä vielä liian aikaista, mutta ainakin voidaan todeta, että kohteessa ei pitäisi tulevaisuudessa olla hometta tai sisäilma-ongelmia.

Myös järjestelmän säätäminen haluttuun toimintaan vie aikaa. Viimeisimmät ongelmat johtuivat rakennuksen eri osien olosuhteiden eroavaisuuksista toisiinsa nähden. Eli joissakin tiloissa on havaittu lämmityksen tarvetta myös kesällä, kun taas kiinteistön toisessa osassa jäähdytyksen tarve on suurempi. Tämä luo haasteen nimenomaan lämmityksen osalta, koska yleensä patteriverkostoa ei käytetä ulkolämpötilan ollessa riittävän suuri. Tämänkaltaiset pienet järjestelmän säätöön liittyvät asiat olivat kuitenkin tiedossa alusta asti, joten niihin on varauduttu ja säätöä muokataan sitä mukaan, kun ongelmia ilmaantuu.

Omasta näkökulmasta saavutettiin päämäärät, vaikkakin aikataulu meni useampaan kertaan uusiksi ja lopullinen hinta kiinteistön automatisoinnille oli varmasti huomattava. Ratkaisun on tarkoitus olla toimiva vuosikymmeniksi eteenpäin ja muunneltavissa vaivattomasti tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa.

Ehkä mielenkiintoisimpana ja mielestäni absurdina seikkana jäi erityisesti mieleen aurinkopaneelit. Paneeleja kohteessa on paljon ja niitä olisi voinut olla enemmänkin, mutta tässä kohtaa tuli niin sanotusti seinä vastaan.

Päämääränä oli tuottaa omaan käyttöön energiaa ja mahdollisesti ylimääräinen tuotto myydä. Aurinkoenergian tuottaminen yli käyttötarpeen ei ole kannattavaa, kun sen siirtämisestä verkkoon muodostuu menoja siirtomaksun muodossa sekä hyvityksen jäädessä vain prosentuaaliseen osaan täydestä hinnasta per/siirretty kWh.

9.2 Osa 2. Noin vuosi projektin valmistumisen jälkeen

10 kuukautta projektin päättymisen jälkeen päätettiin tehdä hieman kartoitusta kohteessa ja arvioida järjestelmän toimintakykyä. Hovikruunun vyöhykesäätöjärjestelmän käytöstä sekä säädöstä vastaa Schneider Electricin Pirjo Kalliomaa kuvassa 55 oikealla. Hänen tehtävänkuvansa on ePalveluasiantuntija. Eli kaikki Hovikruunun järjestelmät ovat hänen valvonnassaan ja hän vastaa järjestelmän säädöstä.

Schneiderin toimisto sijaitsee samassa kiinteistössä, joten mahdollinen säädön tarve voidaan käydä toteamassa itse säätöalueella. Tämän ohessa voidaan kuunnella myös asiakkaan mahdolliset toivomukset säädön tarpeesta. Esimerkiksi, onko tiloissa liian kylmä, kuuma ja onko ilman laatu toivotunlainen ym.

Hovikruunulle asiakaspalvelu on todella tärkeä osa toimintaa. ePalveluasiantuntijan ja järjestelmän käyttäjän mahdollisuus käydä keskustelua kasvotusten mahdollistaa järjestelmän säädön räätälöinnin asiakkaan tarpeiden mukaan, ja näissä keskusteluissa kerättyä tietoa käytetään jatkuvasti parantamaan järjestelmän toimintaa **(Kuva 55.)**.



Kuva 55. Asiakaskäynti

Lopullinen arvio kohteen automatisoinnista on, että siinä on onnistuttu kiitettävästi, vaikkakin työ jatkuu edelleen säädön osalta. Järjestelmä toimii halutulla tavalla ja tavoite energian säästämisestä on saavutettu. Tiettyjä järjestelmän komponentteja

on päivitetty jälkikäteen, jotta tilojen olosuhteiden havainnointi on voitu viedä seuraavalle tasolle. Myös joidenkin lopullisen toteutuksen järjestelmän osien toiminta ei ollut toivotunlainen, joten myös tämän osalta on tullut muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin. Hovikruunu oli ensimmäinen kohde, johon toteutettiin tällä kokoonpanolla kiinteistöhallintajärjestelmä ja sen seurauksena järjestelmän käyttöönotossa odotetusti oli omat ongelmansa, jotka on ratkaistu.

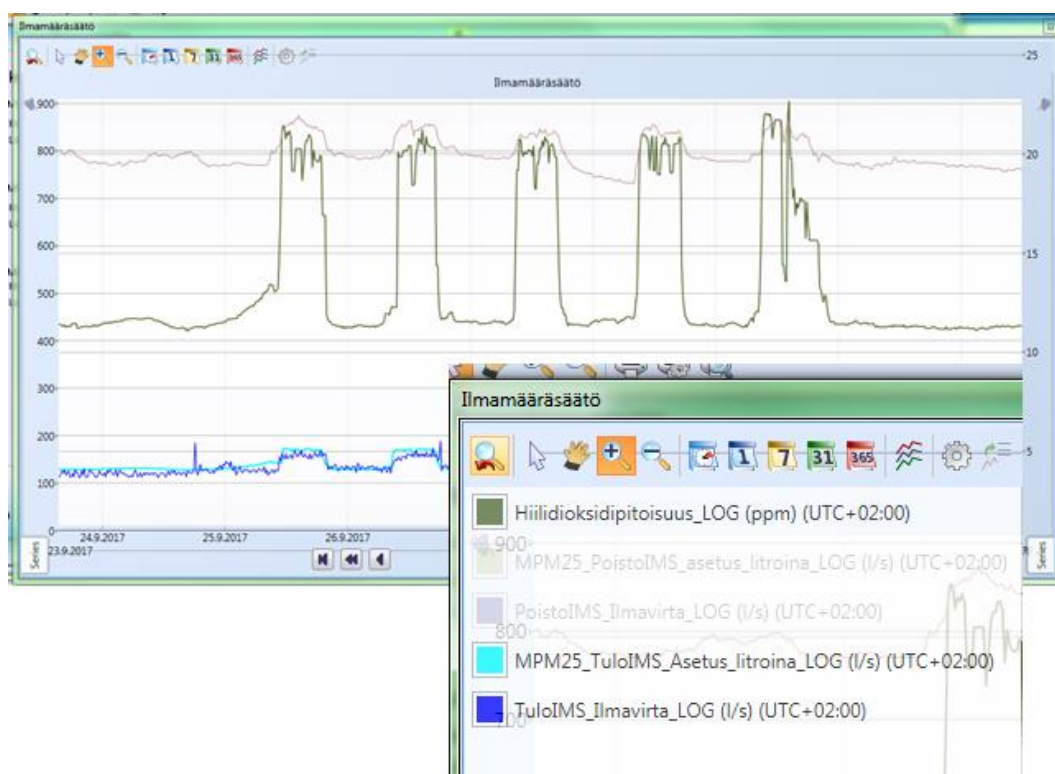
Säätö on kehittynyt järjestelmän käyttöönotosta ja tavoitteena on, että asiakaskäynneillä havaitut ongelmat korjataan sitä mukaan, kun niitä havaitaan. Käyntejä tehdään tarpeen mukaan ja niiden tarkoituksena on, että havaintolistausta ei tietyn ajan kuluttua ole enää tarpeellista tehdä, koska järjestelmän toiminta on halutunlaista **(Kuva 56.)**.

Automaatio
 Pirjo Kalliomaa 26.9.2017 17:30:38
 Kiersimme Hovikruunun käytössä olevat kerrokset.
 Havaintoja:
 6.krs:
 Mandatum- olosuhteet hyvät
 Granlund: Varsinkin MPM14-16 alueella lämmin, kuten as.arvot pyysivät. MPM14 alueella raskasilma. CO2_min[600->500] , CO2_Medium [1200->900]
 MPM15 samoin kun edellä
 MPM16 ja MPM12 alueella oli tippunut elokuussa vettä. Venttiili oli laitettu käsin kiinni. Tippovesi allas paikoillaan, pumppun toiminnasta ei tietoa.
 MPM11 huoneessa vetänyt ikkunoista, jotka nyt tiivistetty.
 Enia: MPM26- noin 8-13 hlöä tilassa, ilmamääräkäyrä jo ennestää, vieläkin mieluummin kuuma
 Elisa: OK
 7.krs:
 Lumi: Lattialämmityksessä selkeitä "liian kuumia" alueita MPM42, 44, -57 alueet
 Klever: toimistossa kylmä, Mikan viime vko käynti auttoi. Lattialämmityksessä selkeitä eroja lattialämmössä. MPM49 liiankuuma
 MPM51 lattia kylmä vaikka venttiili pitäisi olla täusillä, mittaus21.1 pyynti 24C. Konvektorin puhallin on SERistä laitettu 60%. Kahdet äärimmäiset putket lymän parvekkeen oven jakotulilla.
 2.krs:
 Softmanilla raskas ilma paitsi MPM84 alueella vaikka lämpötila olivat 21,5C, kylmempää ei tarvita.
 MPM83 ja MPM85 ilmamääräsäätö muutettu kuten Granlundilla
 Handelsbanken: OK
 Innolink: kylmää. MPM60 konvektorin puhallus on pakotettu SER-paneelistä 60%

[Muokkaa](#) [Poista asiakkaalta](#) [Vastaa](#)

Kuva 56. Havainnot asiakaskäynneillä 26.9.2017

Asiakaskäynneillä havaittuihin ongelmiin vastattiin välittömästi ja esimerkiksi ilmamäärien osalta muutokset kohdistuivat hiilidioksidimäärien säätökäyrien muokkaamiseen (**Kuva 57.**).



Kuva 57. Valvomokuva, ilmamäärät

Valvomokuvan ylin punainen käyrä kuvaa lämpötilaa. Hiilidioksidin määrän vaikutusta ilmamääriin säädetään valvomosta käsin. Asiakaskäynneillä havaitut ilmamäärien ongelmat korjattiin muuttamalla hiilidioksidi käyriä jyrkemmiksi. Tämä tarkoittaa, että hiilidioksidin noustessa ilmaa ajetaan enemmän kohdealueelle. Tällöin jo pieni hiilidioksidi määrän kasvu saa aikaan suuremman ilmavirtauksen kyseiselle säätöalueelle.

Seuraavassa järjestelmän säädön ohjelmoinnista sekä käyttöönotosta vastaavan Mika Saaren mietteitä projektin eri vaiheista, hänen kohtaamistaan haasteista, järjestelmän toiminnasta ja kehityksestä matkan varrella.

Projektin toteuttamisen haasteet omalla kohdalla olivat uudet laitteet ja niiden toimintojen sisäistäminen. Ennen kuin laitteita lähdettiin asentamaan työmaalle, tehtiin kuitenkin riittävästi suunnitelmia sekä testauksia, mikä auttoi näiden haasteiden kanssa merkittävästi. Uudet laitteet ja erilainen toteutustapa luonnollisesti toivat haasteita myös aikataulutukseen. Tällainen yhteen järjestelmään keskitetty kokonaisvaltainen kiinteistönhallinta antaa todella hyvät mahdollisuudet kiinteistön ylläpitoon ja energiatehokkaaseen säätämiseen. Kuten monessa muussakin asiassa, on aina hyvä nähdä kokonaiskuva, ja tällaisessa toteutusmallissa sen näkeminen on hyvin helppoa, kun lähes kaikki mahdollinen on liitetty yhteen kiinteistönhallintajärjestelmään.

Uudenlainen toimintamalli saa aikaan myös sen, että järjestelmän käyttöönoton jälkeisiä säätöjä on jouduttu tekemään hieman normaalia enemmän. Tämä on toteutettu seuraamalla järjestelmän antamia hälytyksiä, tutkimalla eri mittausten seuranta- ja kuuntelemalla loppukäyttäjiä. Näihin haasteisiin on pystytty vastaamaan hyvinkin nopeasti Schneider Electricin ePalvelun toimesta. Koska järjestelmään on liitetty niin valtava määrä dataa on hyvä, että myös jatkossa järjestelmää seurataan aktiivisesti. Kun seuranta tekee ePaveluasiantuntija, jolla on hyvät kokonaistiedot sekä kiinteistöstä että järjestelmään liitettyistä laitteista, pystytään myös jatkossa parantamaan ja ylläpitämään energiatehokkuutta. /13/

LÄHTEET

/1/ Historia. Vasek. 2016. Korjausrakentamisen malliesimerkki keskellä kaupunkia. Viitattu 13.8.2017.

<https://www.vasek.fi/vaasanseudun-kehitys-oy-vasek/viestinta/artikkeleita/korjausrakentamisen-malliesimerkki-keskella-kaupunkia>

/2/ Kiinteistöautomaation tuomat edut kiinteistölle. Viitattu 13.8.2017

<http://www.ajankohtaista.fi/kiinteistoautomaation-tuomat-edut-kiinteistolle>

/3/ Vem. Bacnet-avoin rakennusautomaatiojärjestelmä. Viitattu 13.8.2017.

<http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/talotekniikka/bacnet-avoin-rakennusautomaatiojarjestelma>

/4/ Aertesi. Brezza. 2015. Technical Manual New Water Casette. Viitattu 13.8.2017.

<http://www.arfit.pt/public/uploads/files/d59aedeb88a7f9774ff56a3f40261da7.pdf>

/5/ Swegon. Tarpeenmukainen ilmanvaihto. Viitattu 13.8.2017.

<http://www.swegon.com/fi/Tuotteet/Tarpeenmukainen-ilmanvaihto/>

/6/ Swegon. Reacta. Asennus-säätö-Hoito. Viitattu 13.8.2017.

<https://www.swegon.com/Global/PDFs/Flow%20control/Demand%20controlled%20ventilation/fi/REACTa-m.pdf>

/7/ Pro dual. 2014. HDK-Technical brochure. Viitattu 13.8.2017.

http://www.produal.com/fi/shop/web_concentration_transmitters/sku-1135050#dataSheet

/8/ Kamstrup. 2009. Multical Datasheet. Viitattu 13.8.2017.

http://www.multical.hu/MC601_UF14_cooling_datasheet.pdf

http://www.multical.hu/MC602_UF14_cooling_datasheet.pdf

/9/ Koja. Tekninen tuloste Iv-koneen teho. 11.7.2017.

/10/ Schneider Electric Finland (Saari.M. & Santala.T.) 2017. Haastattelu.
13.8.2017.

/11/ Granlund Pohjanmaa. Tasokuvat. (Kuvat 2, 8, 9, 42.) 13.8.2017.

/12/ Vaasan sähköpalvelu (Vierola.I). Releohjaus johdotuskaavio. 13.8.2017.

/13/ Schneider Electric Finland. (Saari, M.) 2017. Service Technician. Haastattelu.
16.10.2017.

LIITE1. Aurinkopaneelien tuotto

