

Eero Jylli

# Lähes nollaenergiarakentaminen ja rakennus- automaatio

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

11.1.2017

Tekijä Otsikko	Eero Jylli Lähes nollaenergiarakentaminen ja rakennusautomaatio
Sivumäärä Aika	34 sivua + 3 liitettä 11.1.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	lehtori Hanna Stammeier johtava asiantuntija, rakennusautomaatio Veijo Happonen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia lähes nollaenergiarakennuksen käsitteitä ja antaa suuntaviivainen näkemys uudistuvasta rakennusten energiatehokkuuden lainsäädännöstä Suomessa sekä säädöksen vaikutuksesta rakennusautomaatioon. Työssä perehdyttiin myös rakennusautomaatioon ja tarkemmin energiatehokkaan rakennusautomaation suunnitteluun.</p> <p>Osana tätä opinnäytetyötä on aurinkokeräimillä ja maalämmöllä varustetun hybridilämmitysjärjestelmän rakennusautomaation uusinnan suunnittelu Hyvinkään kaupungin kohteeseen.</p> <p>Työ laadittiin yhteistyössä suunnittelu ja konsultointialan yrityksen Ramboll Finland Oy:n kanssa. Työssä käytettiin hyödyksi FlinZEB-hankkeessa määriteltyjä näkemyksiä lähes nollaenergiarakentamista koskeviin määritelmiin ja MagiCAD System Designer -ohjelmaa hybridilämmitysjärjestelmän suunnittelussa.</p> <p>Valmista työtä voidaan hyödyntää lähes nollaenergiarakennuksen rakennusautomaation suunnittelussa ohjeen muodossa. Työhön sisältyy hybridilämmitysjärjestelmän rakennusautomaation suunnittelun uusinta, jonka tarkoituksena on tehostaa rakennuksen energiatehokkuutta. Hybridilämmitysjärjestelmän säätökaaviota voidaan käyttää hyödyksi muissa hybridilämmitysjärjestelmän suunnittelu projekteissa.</p> <p>Voidaan todeta, että optimaalisesti toimivalla rakennusautomaation ohjauksella ja säädöllä vaikutetaan merkittäväällä tavalla rakennuksen energiatehokkuuteen. Yritys sai myös projekteissa hyödynnettävää tietoa energiatehokkaan rakennusautomaation suunnittelussa huomioon otettavista kohdista.</p>	
Avainsanat	lähes nollaenergiarakennus, energiatehokkuus, rakennusautomaatio, suunnittelu.

Author Title	Eero Jylli Near zero-energy constructing and building automation
Number of Pages Date	34 pages + 3 appendices 11 January 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Services Engineering, production orientation
Instructors	Hanna Stammeier, Senior Lecturer Veijo Happonen, Leading Specialist, building automation
<p>The purpose of this final year project was to study the concept of near zero-energy buildings, as defined in the FInZEB project, and to give a brief overview of the upcoming new legislation in Finland regarding, on one hand, energy efficiency in buildings and, on the other hand, the influence it has on building automation. The goal of the Bachelor's thesis was to provide building automation designers with information about both the near zero-energy building concept and its effects on automation design. Therefore, especially the design of building automation was covered. The project also aimed at finding ways to improve the energy efficiency of hybrid heating systems. Hence, the redesign of the automation of an already existing hybrid heating system was included.</p> <p>The automation redesign of the hybrid system strengthened its functionality and significantly improved its energy efficiency compared. The key element in improving the communication between different parts of the system was to connect both the solar and thermal heating in the same control subsystem. The thesis can be utilized as a guide in future projects.</p>	
Keywords	near zero-energy building, building automation, designing, hybrid heating system.

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähes nollaenergiarakentaminen	2
2.1	Lähes nollaenergiarakennuksen vaatimat ominaisuudet	2
2.2	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD)	4
2.3	FInZEB–hanke	4
2.4	Rakennuksen energiantuotantoratkaisut	6
2.4.1	Energialähteet ja niiden hyödyntäminen	6
2.4.2	Malliesimerkki Järvenpään talo	7
3	Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä	8
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	8
3.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaukset	10
3.2.1	Ohjaustavan valinta	10
3.2.2	Aikaohjaukset	11
3.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän säätö	12
3.3.1	Rakennusautomaatiosuunnittelun vaiheet lähes nollaenergiarakentamisessa	13
3.3.2	Energiatehokkaan automaatiojärjestelmän suunnittelu	17
3.3.3	Tilan olosuhteiden tarpeenmukainen ohjauksen suunnittelu	19
3.4	Energiatehokkaat automaatoratkaisut	20
3.4.1	Energiankulutuksen mittaus ja seuranta	20
3.4.2	Trendiseuranta	20
3.4.3	Energianhallintaohjelmat	21
3.4.4	Kysyntäjousto	21
3.4.5	Optimoitu käynnistys tai pysäytys	22
3.5	Rakennusautomaatio ja sisätilan olosuhteet	23
3.5.1	Ilmanvaihdon automaatio	23
3.5.2	Rakennuksen lämmitys ja jäähdytys	23
3.5.3	Valaistus	24
3.6	Rakennusautomaation toiminta ja ylläpito	25
3.6.1	Käyttöliittymä	25
3.6.2	Etäkäyttö ja valvonta	26
3.6.3	Tietoturvallisuus	26
3.6.4	Käyttö ja huolto	27

3.6.5	Hälytysten käsittely ja häiriötilanteet	28
4	Hybridijärjestelmän ohjaus	29
4.1	Hyvinkään päiväkodin maa- ja aurinkolämmitys, hybridilämmitysjärjestelmä	30
4.1.1	Hybridilämmitysjärjestelmän suunnittelu	30
4.1.2	Hälytykset ja varotoimet	31
4.2	Johtopäätökset ja yhteenveto	31
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Järvenpään nollaenergiatalon toimintakaavio	
	Liite 2. Järvenpään nollaenergiatalon energianseuranta raportti 2016	
	Liite 3. Hybridilämmitysjärjestelmän säätökaavio Hyvinkään päiväkoti	

## Lyhenteet

EPBD-direktiivi	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
FInZEB	Hanke, joka määrittelee lähes nollaenergiarakennuksen (nZEB) käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla.
IMS-pelti	Ilmamäärän säätöpelti
nZEB	Lähes nollaenergiarakentaminen
RAU	Rakennusautomaatiojärjestelmä
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin

## 1 Johdanto

Suomessa aloitettiin vuonna 2015 käynnistyvän säädösvalmistelun pohjaksi FInZEB hanke. Hankkeen tarkoituksena on luoda pohjatieto ympäristöministeriölle, jonka perusteella luodaan uudet lainsäädännöt ja ohjeet energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) lähes nollaenergiarakentamista koskeviin määritelmiin.

Tämä opinnäytetyön tehdään suunnittelu ja konsultointiyritys Ramboll Finland Oy:lle ja sen tarkoituksena on FInZEB-hanketta hyödyntäen selvittää uusien vaatimuksien merkitys rakennusautomaatio suunnitteluun. Työssä käydään myös läpi lähes nollaenergiarakentamisen taustoja sekä vaatimuksia ja selvennetään millä keinoin rakennusautomaatio ratkaisujen avulla saavutetaan lähes nollaenergiarakentamisen vaatimukset.

Valitsin tämän insinööritoiminnan aiheen sillä perusteella, että aihe on ajankohtainen lähiaikoina voimaan tulevien säädösten vuoksi. Aihe on haastava ja mielenkiintoinen, kun työssä joutuu pohtimaan ratkaisujen laajuutta.

Opinnäytetyötä hyödynnetään lähes nollaenergiarakennus rakennusautomaatiosuunnittelun tukena. Työhön liittyvä hybridilämmitysjärjestelmän automaatiojärjestelmän suunnittelun tarkoituksena on parantaa kohteen energiatehokkuutta, tehostamalla järjestelmän säätö- ja ohjaustapaa. Hybridilämmityksen säätökaaviota hyödynnetään mallisäätökaaviona tulevaisuuden hybridilämmitysjärjestelmien suunnittelussa.

### Työn sisältö ja tavoitteet

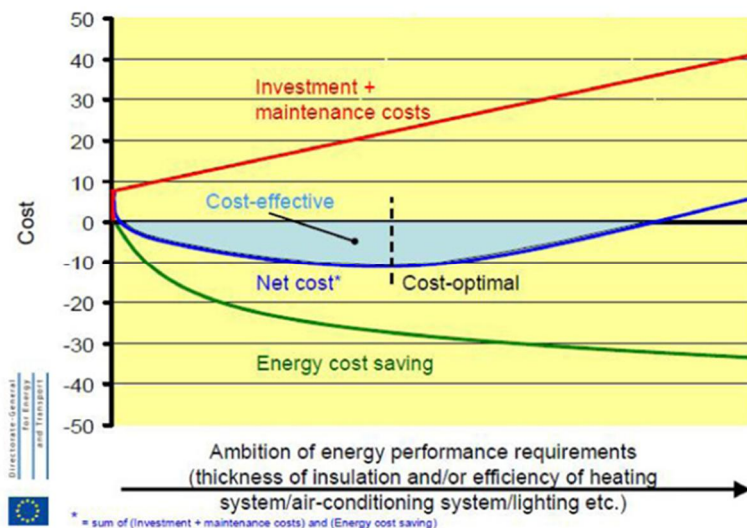
Työn tavoitteena on perehtyä FInZEB-hankkeeseen ja siinä luotuihin tulkintoihin energiatehokkuusdirektiiviä koskeviin määritelmiin. Määritelmien perusteella selvittää ja vertailla nykyisten yleisimpien käytettyjen taloteknisten järjestelmien ja energiatehokkuutta koskevan direktiivin jälkeisten järjestelmien vaikutuksia rakennusten energiatehokkuuteen.

Opinnäytetyö sisältää energiatehokkaan suunnittelun vaiheet ja usein lähes nollaenergiarakentamisessa käytetyn hybridilämmitys muodon rakennusautomaatio suunnittelun ja sen hyödyt energiatehokkuuden edistämisessä.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääsääntöisesti kolmeen osa-alueeseen: lähes nollaenergiarakentamiseen, rakennusautomaatioon ja hybridijärjestelmän ohjaukseen.

## 2 Lähes nollaenergiarakentaminen

Kansainvälisen määritelmän mukaan lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus ja rakennuksen tarvitsema vähäinen energia katetaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla. Rakennuksen energiatehokkuutta parantavana vaikutuksena luetaan myös rakennuspaikalla tai sen läheisyydessä tuotettava uusiutuva energiantuotanto. Lähes nollaenergiarakentamisessa tulee ottaa huomioon kuvan 1 mukaisesti rakennuksen kokonaiskustannukset suhteessa energiatehokkuuteen ja pyrkiä saavuttamaan niiden välinen tasapaino. [2, s. 8.]



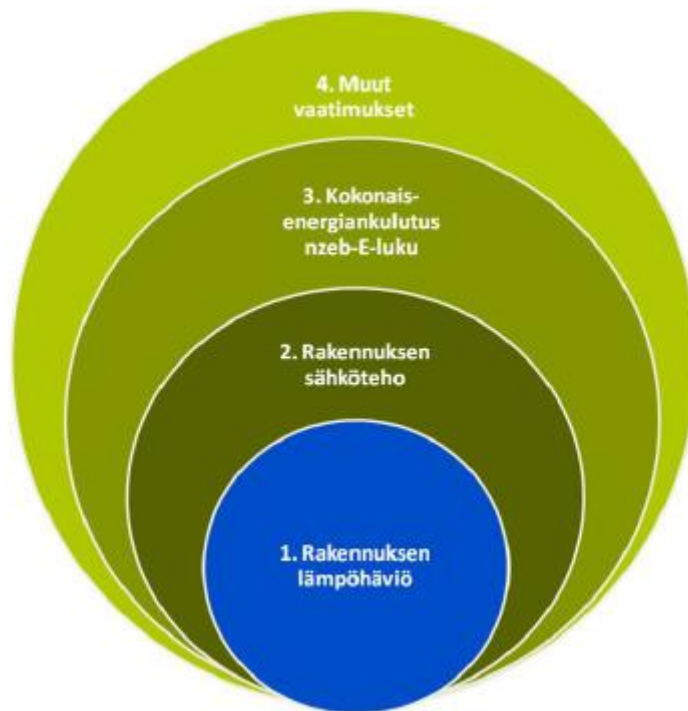
Kuva 1. Lähes nollaenergiarakentaminen perustuu rakennuskustannuksien optimointiin siten, että rakennuksen elinkaarikustannuksissa saavutetaan merkittävä säästö ilman, että investointikustannukset kasvavat kohtuuttomasti [2, s. 9].

### 2.1 Lähes nollaenergianrakennuksen vaatimat ominaisuudet

Rakennuksen suunnitteleminen lähes nollaenergiarakennuksen vaatimalla tasolle vaatii kokonaisuuden hallintaa. Energiatehokkaan rakentamisen perustana on kuvan 2 mukaisesti rakennuksen ja sen järjestelmien lämpöhäviöiden pienentäminen, johon pääs-



tään parantamalla useampaa energiatehokkuuteen liittyvää ominaisuutta, kuten rakenteita, ilmanvaihtoa, kulutuksen seuranta, rakennuksen tehokkaan käytön, ilmais- ja uusiutuvia energiamuotoja hyödyntämällä. [7, s. 6; 15, s. 29.]



Kuva 2. Lähes nollaenergiarakennukselta vaaditut ominaisuudet [15, s. 28.]

Lähes nollaenergiarakennuksen suunnitteleminen lähtee liikkeelle pienentämällä rakennuksen lämpöhäviöt mahdollisimman vähäisiksi. Lämpöhäviön pienentäminen aloitetaan valitsemalla rakennuksen ulkovaippaan eristeeksi laadukkaita ja korkean lämmöneristävyyden omaavia materiaaleja. Rakennuksen ikkunoiden tulisi olla U-arvoltaan pieniä sekä varustettu auringonsuojauksella, tämän lisäksi ilmanvaihdon lämmöntalteenotto tulisi olla vuosihyötysuhteeltaan mahdollisimman korkea. [7, s. 6; 15, s. 29.]

Energiatehokkaiden, yhteensopivien ja toimintavarmojen laitteiden ja järjestelmien valinnalla on merkittävä vaikutus lähes nollaenergiarakennuksen suunnitteluun ja sen lopulliseen energiatehokkuuteen. Tärkeänä osana tätä energiatehokkuutta on rakennuksen automaatiojärjestelmä jonka tehtävänä on ohjata ja säätää laitteita sekä järjestelmiä mahdollisimman energiatehokkaalla tavalla. [8, s. 9; 15, s. 9.]

FInZEB-hankkeessa on ehdotettu lähes nollaenergiarakentamista koskevat uudet E-luvun raja-arvot, joiden tarkoituksena on korvata vanhat lähes nollaenergiarakentamista koskevat E-luvun raja-arvot. E-lukuun eli rakennuksen kokonaisenergian kulutukseen vaikuttavat edellä mainittujen asioiden lisäksi Suomen rakentamismääräyskoelman osan D5 rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennan ohjeessa huomioon otettavat asiat. [15, s. 29.]

## 2.2 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD)

Rakennuksen energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) edellyttää, että kaikki uudet viranomaisten käytössä ja omistuksessa olevat rakennukset ovat 31.12.2018 jälkeen lähes nollaenergiarakennuksia sekä 31.12.2020 jälkeen kaikki uudet rakennukset täyttävät tämän vaatimuksen. [8, s. 6.]

Rakennuksen energiatehokkuuteen pyritään vaikuttamaan vähentämällä energiankulutusta mikä taas vuorostaan vähentää hiilidioksidipäästöjä. Parantamalla sisäilmaston laatua, järjestelmiä ja teknisiä laitteita varmistetaan mahdollisuus saavuttaa tarvittavat edellytykset hyvään energiatehokkuuteen. Rakennuksen järjestelmien ja laitteiden hyvällä automatisoinnilla on merkittävä vaikutus energiatehokkuuspotentiaalin saavuttamiseen. [8, s. 6.]

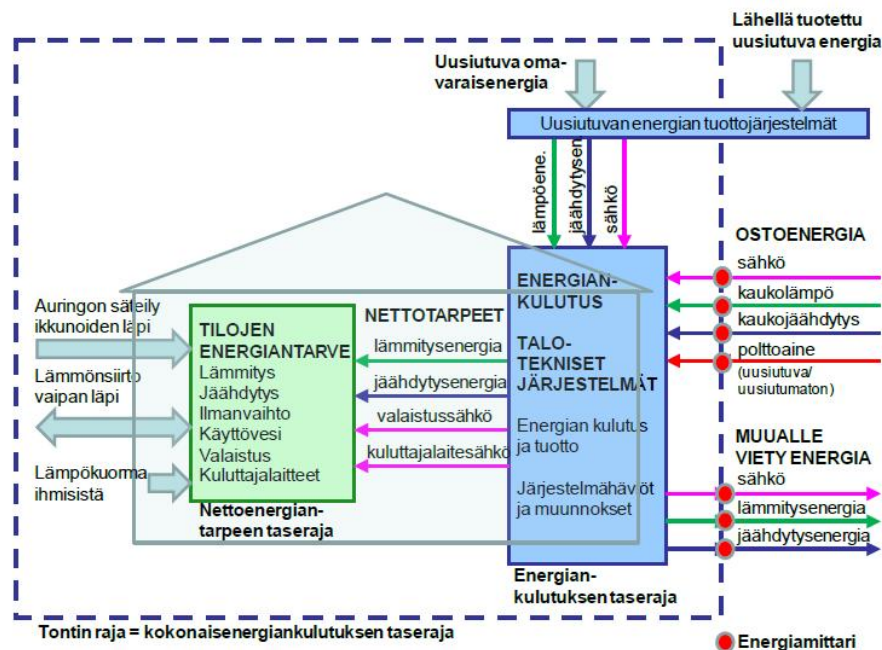
## 2.3 FInZEB-hanke

Energiatehokkuushankkeen tavoitteena ovat että uusien rakennusten energiatehokkuuden vaatimukset täyttäisivät rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vaatimukset vuoden 2020 loppuun mennessä. Tällä hetkellä rakennusten energiankulutus vastaa noin 40 prosenttia EU:n kokonaisenergiankulutuksesta. Energiankulutus EU:n ja Suomen alueella lisääntyy kuitenkin jatkuvasti, ja rakennusten eniten energiaa kuluttavia järjestelminä ovat valaistus, lämmitys, lämmin vesi ja jäähdytys. Energiariippuvuuden sekä kasvihuonepäästöjen vähentäminen ovat tärkeitä aiheita, joihin pyritään vaikuttamaan energiankulutusta vähentämällä sekä lisäämällä uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energian tuotantoa. [1, s. 1; 3, s. 1.]

FInZEB-hankkeen perusteella luodaan pohja kansainväliselle tulkinnalle rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) lähes nollaenergiarakennuksia koskeviin määrittelyihin. FInZEB-hankkeessa selvitettiin laskennallisten tarkastelujen ja selvitysten avulla riittävän haasteellisia, mutta teknisesti toimivia ja kustannustehokkaita ratkaisuja kansallisiin lähes nollaenergiarakennus (nZEB) -vaatimuksiin. [1, s. 31.]

FInZEB-hankkeessa ehdotetussa uudessa taserajassa, joka on esitettyä kuvassa 3. uusiutuva energia otetaan huomioon ostoenergiaa vähentävänä, mikäli järjestelmä on kytkettynä energiamittarin jälkeen. Uusiutuvaa energiantuotantoa ei siis liitetä suoraan palveluntarjoajan verkkoon vaan se liitetään rakennukseen siten, että tuotettu energia on erikseen mitattavissa. [1, s. 31.]

Hankkeessa ehdotetaan myös että uusiutuvan energian ulosmyynti vaikuttaisi E-luvun laskentaan tietyin rajoituksin. Ylisuurella uusiutuvan energian ulosmyynnillä ei kuitenkaan saisi kompensoida rakennuksen muista toiminnoista johtuvaa huonoa energiatehokkuutta. [1, s. 32.]



Kuva 3. Ehdotus uudesta lähes nollaenergiarakennuksen energiavirroista ja taserajasta [1, s. 31].

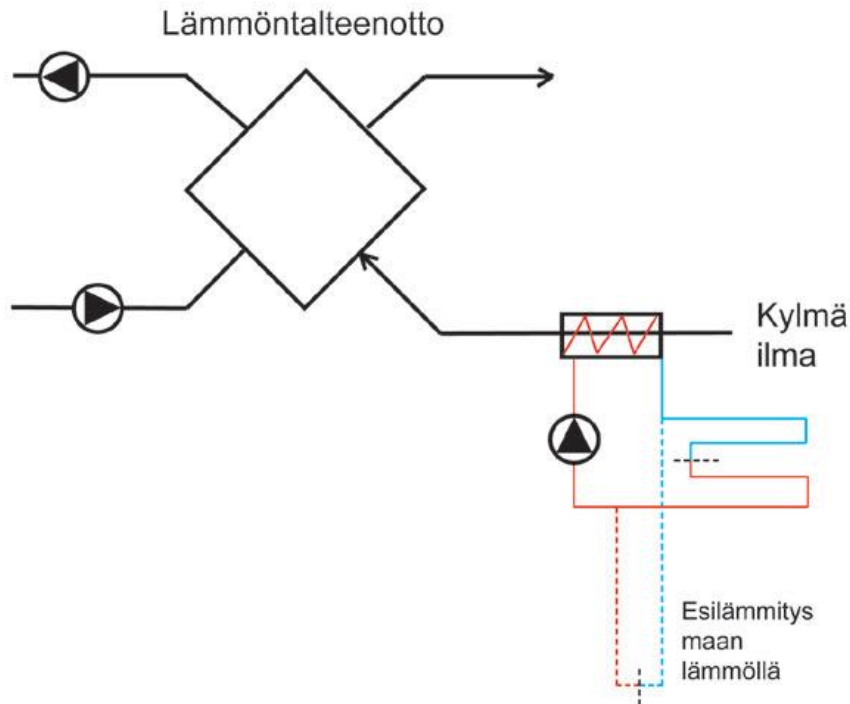
## 2.4 Rakennuksen energiantuotantoratkaisut

### 2.4.1 Energialähteet ja niiden hyödyntäminen

Lähes nollaenergiarakentamiseen kuuluu rakennuksessa tapahtuva uusiutuvan energian tuotanto. Erilaisia vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä on useita, mutta Suomessa käytettäviä yleisimpiä energialähteitä on aurinkoenergia sekä maan geoterminen lämpö. Maan geotermistä lämpöä hyödynnetään lämmitykseen sekä maan viileyttä kesäajan viilennykseen maalämpöpumppu järjestelmän avulla. Myös rakennukseen integroitu tai sen lähistölle rakennettu tuulivoima on hyväksi todettu vaihtoehto. Energiaa voidaan ottaa myös talteen eri lähteistä, kuten hissien jarrutusenergiasta sekä viemärivereden lämmöstä. Energian hyödyntäminen hissien jarrutusenergiasta ja viemärivereden lämmöstä vaatii rakennukselta ja sen käytöltä paljon, jotta talteen saadun energian määrä olisi merkittävä ottaen huomioon kaiken muun energiantuotannon ja investointikustannukset. Suurissa rakennuskokonaisuuksissa, jotka eivät kuulu kaukolämpöverkoston jakelun piiriin, voidaan energialähteinä harkita biopolttoainekattiloita tai sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia. [2, s. 13.]

Aurinkopaneelien paras asennus paikka on katolla sekä etelään suuntautuvalla seinällä. Aurinkoenergian tuotantopotentiaali kannattaa hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti aurinkopaneelien optimaalisella asennolla, säännöllisellä perushuollolla ja tarkastuksella varmistetaan aurinkoenergian tuotanto. [2, s. 13.]

Nestekierto perustuvaa maalämpöjärjestelmää voidaan hyödyntää ilmanvaihdon esilämmitys- ja viilennyksessä pelkällä pumppauskustannuksella kuvan 4 mukaisesti [2, s.14].



Kuva 4. Ilmanvaihdon esilämmitys ja –viilennys maalämpöä hyödyntäen [2, s. 14].

#### 2.4.2 Malliesimerkki Järvenpään talo

Liitteessä 1 on esitetty toiminnankuvaus pilottihankkeesta, joka on toteutettu usean tahon yhteisvoimin. Nollaenergiarakennuksen energiankulutusta voidaan seurata reaaliajassa julkisten online-seurantasivujen kautta. Seurantasivujen kautta voidaan esimerkiksi seurata rakennuksen energiakulutusta kuukausi- tai vuositasolla ja verrata kulutusta rakennukselle annettuihin tavoitteisiin.

Hankkeessa on käytetty energialähteinä aurinkoenergiaa, geotermistä lämmitystä ja viilennystä. Kohteessa on myös kokeiltu hissin jarrutusenergian hyödyntämistä, joka ei ole merkittävässä asemassa seurattaessa kohteen kokonaisenergian kulutusta, mutta verrattaessa hissin omaan energiankulutukseen jarrutusenergian talteen ottamisella on selvä merkitys. Energiatehokkuus ei tule pelkästään tuotetusta sähköstä, vaan jarrutusenergian talteenotolla vältetään perinteisissä hisseissä jarrutusenergiasta muodostuvasta lämmöstä ja sitä kautta sen poistosta ilmastointijärjestelmän avulla.

Hankkeen lämpimän käyttöveden lämpötilan vaihteluväli voi olla päivän aikana huomattavankin suurta, sillä lämmin käyttövesiverkosto niin sanotusti huuhdellaan tietyin väliajoin Legionella-bakteerien muodostumiselta välttyäkseen. Edellä mainitulla menette-

lyllä säästytään jatkuvalta käyttöveden lämmitykseltä, jos uusiutuvista energialähteistä peräisin oleva lämmitysenergia ole riittävä.

### **3 Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä**

Rakennusautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, jonka avulla hallitaan kiinteistön taloteknisten järjestelmien toimintaa. Tavoitteena on varmistaa järjestelmien toiminta, yhteensopivuus ja helppo käytettävyys. [10, s. 1–3.]

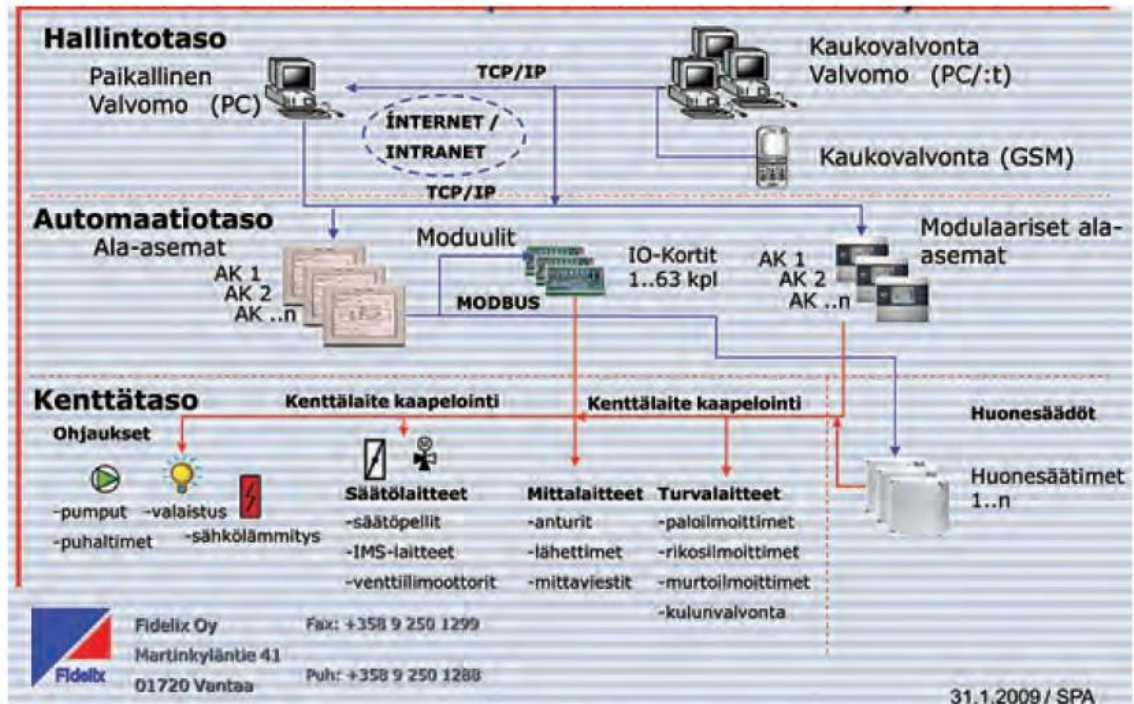
Rakennusautomaation toiminta perustuu säätöön, ohjaukseen, mittaukseen, hälytyksiin ja raportointiin sen tavoitteena on ohjata ja valvoa kiinteistön talotekniikan toimintaa ja luoda käyttäjän kannalta ihanteelliset olosuhteet mahdollisimman energiataloudellisesti. [12, s. 11, s. 25].

Nykpäivän automaatiojärjestelmät ovat avoimia järjestelmiä, joka mahdollistaa usean toimittajan laitteiden ja järjestelmien yhdistämisen yhteiseksi kokonaisuudeksi. Avoimen järjestelmän käyttöönoton jälkeen automaatiojärjestelmien muuntojoustavuus ja kustannukset ovat parantuneet kilpailutuksen lisääntyttyä. [12, s. 14.]

#### **3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne**

Rakennusautomaatio sisältää kolme tasoa, joiden välinen hierarkia on esitetty kuvassa 5.

- Hallintotaso
- Automaatiotaso
- Kenttätaso



Kuva 5. Rakennusautomaation hierarkia [4, s. 94]

Hallintotaso toimii käyttäjän ja järjestelmän välillä, sen tehtävänä on antaa käyttäjälle kiinteistön toimintaan liittyvää tietoa. Hallintatasoon kuuluvat paikallis- tai etävalvomot, joihin käyttäjä saa tiedon mahdollisista hälytyksistä, valvomoista voidaan seurata järjestelmien prosessikuvia, tehdä muutoksia järjestelmien asetusarvoihin ja aikaohjelmiin jne. Hallintotason toimintoihin liittyy usein myös raportointiin ja kunnossapitoon liittyvät ohjelmat, joita asiantuntijat yleensä hyödyntävät rakennuksen, ja energiankäytön hallinnoinnissa. [4, s. 93–94.]

Automaatiotaso koostuu alakeskuksista ja niihin liitettävistä I/O-moduuleista. Alakeskuksissa sijaitsevat mahdolliset ohjelmat jotka ohjaavat alakeskukseen liitettäviä prosesseja. Kommunikaatio automaatiotasolla tapahtuu yleensä LAN-tai WLAN-verkon välityksellä. Verkossa liikkuvaa tietoa hyödynnetään alakeskusten väliseen tiedon siirtoon esim. hyödyntäen samassa tilassa sijaitsevan järjestelmän antureiden mittaustuloksia. [4, s. 94.]

Kenttätason laitteet koostuvat pääosin antureista ja toimilaitteista. Antureiden mittaus tietoa hyödynnetään toimilaitteiden sekä tilojen olosuhteiden säädössä. Kenttätasolta löytyy yleensä myös niin sanottuja itsenäisiä säätimiä kuten huonesäätimet ja pakettiratkaisuihin sisältyvät integroidut säätimet. Kenttälaitteiden ja ala-aseman väline kom-

munikaatio toimii yleensä kenttäväylän (langaton järjestelmä (WLAN)), jännite- tai virta-  
viestin avulla. [4, s. 94.]

## 3.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaukset

### 3.2.1 Ohjaustavan valinta

Laitteen, järjestelmän tai tilan olosuhteiden ohjauksessa pyritään käyttämään siihen soveltuvinta ohjaustapaa, joka usein on yksinkertainen päälle/pois-ohjaus. Yleisin rakennusautomaation ohjaustapa on kuitenkin aikaohjaukset, joilla voidaan ohjata laitteita sekä järjestelmiä niiden tarpeiden mukaan. Tilan käytön ollessa vaihtelevaa voidaan harkita sensoreiden hyödyntämistä siihen soveltuvien järjestelmien ohjauksessa. [12, s. 27.]

Rakennusautomaation ohjaukset voidaan luokitella viiteen eri ohjaustapaan:

- käsiohjaus
- lukitusohjaus
- pakko-ohjaus
- ohjaus säätöpiiriltä
- automaattiohjaus

Käsi­käytöllä ohjaaminen ohittaa aina kaikki muut ohjaukset, joten sen käytön tulee olla asiantuntevasti ja huolellisesti suunniteltu. Käsiohjauksen suunnittelulle tulee olla aina hyvät perustelut, sen anteeksiantamattoman toiminnan vuoksi järjestelmän kriittiset ohjaukset eivät toimi, jos käsiohjaus on käytössä. [12, s. 31.]

Rakennusautomaation ohjausta voidaan myös hyödyntää järjestelmien häiriötilanteissa, joihin käyttäjät eivät voi vaikuttaa. Häiriötilanteissa ohjelmallinen ohjaus toimii käyntitiedon tai hälytyksen mukaan. Ohjaukselle voidaan asettaa viive käyntitiedon tai hälytyksen poistuttua, jotta laitetta tai järjestelmää ei ohjata ennen kuin häiriötilanne ja sen seuraukset ovat varmasti poistuneet. [12, s. 29.]

Rakennusautomaation lukitukset ja pakko-ohjaukset estävät laitteistojen vääränlaista toimintaa ja samalla suojaavat laitteistoa niiden rikkoontumiselta. Lukitukset ja pakko-ohjaukset voidaan tehdä fyysisesti, releillä tai ohjelmallisesti valvontaohjelmassa. Tur-



vallisuuteen vaikuttavat lukitukset ja pakko-ohjaukset on hyvä tehdä fyysisin liitännöin varmistaen niiden toiminta kaikissa tilanteissa. [12, s. 30.]

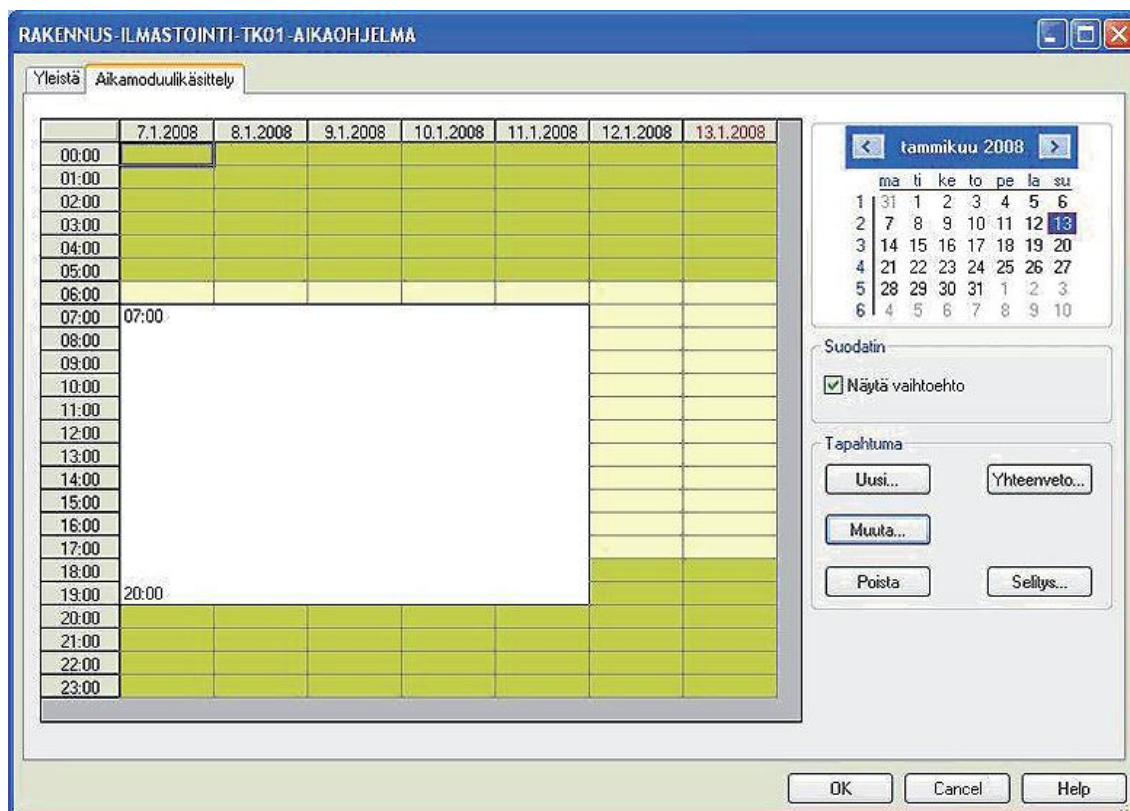
### 3.2.2 Aikaohjaukset

Valvomosta voidaan säätää aikaohjelmia, jotka ohjaavat lähes kaikkia rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä. Käyttäjän on hyvä tietää ennen muutoksien tekemistä aikaohjelmiin, mihin kaikkiin eri rakennuksen toimintoihin aikaohjelman muutos mahdollisesti vaikuttaa. Rakennusautomaatiojärjestelmän valvomografiikasta näkee, mitä järjestelmää tai laitetta aikaohjelma ohjaa. [16, s. 63.]

Aikaohjelman oikein asettelulla pidetään rakennuksen energiankulutus hallinnassa ja vaikutetaan merkittävästi rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Rakennuksen kiinteistönhuollon tulee hallita aikaohjelmien muuttaminen vastaamaan rakennuksen kulloistakin käyttöprofiilia. [16, s. 63.]

Valvomografiikasta voidaan nähdä ja määritellä laitteiden ja järjestelmien viikoittainen aikaohjaus. Viikoittainen aikaohjelma toistuu vuoden jokaisena viikkona. Kuvassa 6 nähdään normaali viikoittainen aikaohjelma, jonka käyntiaika on arkisin 7.00–20.00. Yhtä aikaohjausta nimitetään yleisesti aikakanavaksi. Aikakanavia tulisi olla aikaohjelmassa tarpeeksi, niin että tarpeen mukaan jokaiselle päivälle on mahdollista syöttää oma erilainen aikansa. [16, s. 63.]

Aikaohjelmaan voidaan myös syöttää tavallisesta toiminnasta poikkeavat ajat esimerkiksi arkipyhät ja erilaiset iltakäytöt. Ohjaus voidaan räätälöidä koskemaan jotain tiettyä päivää, ja arkipyhinä on usein tarve pysäyttää ilmastointi. Valvontajärjestelmään voidaan syöttää vuoden kaikki juhlapyhät toistaiseksi voimassa olevana. [16, s. 63.]



Kuva 6. Ilmastoinnin viikkoaikataulu arkisin kello 7:00–20:00 [16, s. 63].

### 3.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän säätö

Rakennusautomaation säädön tarkoituksena on jonkin laitteen tai järjestelmän ohjaaminen mittaustiedon perusteella. Säätö pidetään sille määritetyssä asetusarvossa tai tilassa seuraamalla säätöön liittyvää mittaustietoa ja tekemällä sen perusteella säätöön korjausliike. Säätöpiirien toimintaa on seurattava jatkuvasti, sillä säädön väärä toiminta näkyy suoraan rakennuksen energiatehokkuudessa ja sisäolosuhteissa. On tärkeää suunnitella säätöjen toiminta ja niiden asetusarvot huomioiden säädön vaikutus kohteen muihin järjestelmiin. [12, s. 32.]

Säätö on valittava laitteen tai järjestelmän ohjaukseen mahdollisimman hyvin, jotta vaikutus kohteen energiatehokkuuteen ei ole negatiivinen. Säätömenetelmät ovat monipuoliset, ja usein käytetäänkin eri säätötapojen yhdistelmiä. [12, s. 32.]

Yleisimmät säätömenetelmät ovat:

- vakioarvosäätö (kiinteä asetusarvo)
- olosuhteen mittaukseen perustuva säätö (lämpötila, kosteus jne.)
- kaskadisäätö (koostuu pääsädöstä ja sitä seuraavasta apusädöstä)
- sekoitussäätö (venttiilin tai pellin säätö mittaustiedon perusteella).

#### Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu

Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelun lähtökohtana on tuottaa toimiva, muuntojoustava ja edullinen ratkaisu rakennuksen omistajien, käyttäjien ja ylläpitäjien tarpeisiin. Suunnitelman tulee tasapainoilla järjestelmän kustannusten sekä tilaajan ja käyttäjän toiveiden välillä ja tulee pyrkiä toteuttamaan kaikkia tyydyttävä ratkaisu. [4, s. 167.]

RAU-suunnitteluprosessi jaetaan suunnittelun eri vaiheisiin, jotka ovat järjestelmän ja sen toiminnan määrittäminen, rakennuttajan ja urakoitsijan tiedottaminen rakentamisen vaiheista ja sen sisällöstä, prosessin pitää tuottaa riittävät tiedot laitehankinnoista, laitteiden kilpailuttamisesta ja asennuksesta. Suunnittelija tuottaa järjestelmän käytön ja ylläpidon dokumentoinnin sekä on osana järjestelmän käyttö- ja huoltosuunnitelmaa. [4, s. 167.]

##### 3.3.1 Rakennusautomaatiosuunnittelun vaiheet lähes nollaenergiarakentamisessa

Rakentamisen uudet määräykset eivät tuo merkittävää vaikutusta rakennusautomaatiosuunnitteluun, vaan uudistukset, jotka koskevat lähes nollaenergiarakentamista, vaativat useampien eri suunnittelualojen toimien yhdistämistä. Lähes nollaenergiarakennuksen suunnittelun pitää olla tapauskohtaista, jolloin tavoitteena on yrittää saavuttaa tavoitteet useilla eri kohteeseen soveltuvilla keinoilla. Lähes nollaenergiarakennuksen onnistuneessa suunnittelussa korostuu energiakonsultin rooli, jonka asiantuntemusta hyödynnetään erityisesti projektin alkuvaiheen valinnoissa. [15, s. 41–42.]

Lähes nollaenergiarakentaminen sisältäen suunnittelun, toteutuksen ja käytön vaiheet ovat esitettynä kuvassa 7 ja 8 lähes nollaenergiarakentamishankkeen prosessin etenemisen mukaisesti alkaen tarveselvityksestä ja päättyen rakennuksen purkuun. [9, s. 110.]

Suunnittelu ja rakentamisprosessin lyhenteet	
TS	Tarveselvitys
HS	Hankesuunnittelu
LS	Luonnossuunnittelu
HAL	Hankinta-aineiston laatiminen
TOS	Toteutussuunnittelu
RV	Rakentaminen ja valvonta
LV	Laadun varmistus
KY	Käyttö ja ylläpito
PP	Purku ja poisto

Kuva 7. Suunnittelu- ja rakentamisprosessin lyhenteet [9, s. 110].



Kuva 8. Lähes nollaenergiarakentamisen vaiheet [9, s. 111].

### Tarveselvitys

Rakentamisen suunnitteluprojekti alkaa tarveselvityksellä, jossa vastataan pääsääntöisesti kysymykseen, miksi taloa tai sen taloteknistä järjestelmä tarvitaan. Tarveselvitysvaiheessa selvitetään tilaajan tarpeet ja mahdollisen suunnitteluprojektiin liittyvät kohdat sisältäen tilat, materiaali, varustelun taso, järjestelmät ja laatu. [9, s. 111.]

### Hankesuunnittelu

Rakentamisen hankesuunnittelussa mietitään rakennuksen tyyli, mitat, järjestelmät, laitteet ja kustannukset. Hankesuunnittelussa ei vielä tehdä lopullista ratkaisua teknisistä järjestelmistä, vaan suunnittelussa tutkitaan olemassa olevien ratkaisujen soveltuvuutta kohteeseen. [9, s. 112–113.]

Rakennusautomaation hankesuunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

- energiankulutuksen seuranta ja mittauksen toteutus
- laitteista ja järjestelmistä tarvittava tieto rakennusautomaatiolle
- käyttäjäläheisten ratkaisujen selvittäminen
- rakennusautomaatiojärjestelmän toiminta rakennuksen käyttöiän aikana
- rakennusautomaatiojärjestelmän energiatehokkuus.

## Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnittelussa valitaan kohteeseen soveltuvat järjestelmät, joiden pohjalta aletaan hahmotella pohjaa järjestelmien toiminnalle. Luonnossuunnitelmat tuodaan esille projektin oleellisille henkilöille, jotka kommentoivat suunnitelmia ja niiden soveltuvuutta lopullinen toiminta huomioiden. [9, s. 113–114.]

### Luonnossuunnitteluun kuuluvat

- järjestelmien toteutuksen ja toiminnan luonnostelu
- järjestelmien vertailu
- laitevalinnat säätökaavio luonnosten perusteella
- luonnossuunnittelun kustannusvertailu.

### Rakennusautomaation hankinta-aineisto

Rakennusautomaation hankinta-aineistona toimivat pääsääntöisesti luonnossuunnittelussa tuotetut säätö- ja järjestelmäkaaviot, joita käytetään laitetoimittajien kilpailutuksessa. Hankinta-aineiston laadinnassa tulee kiinnittää huomiota suunnitelmissa esiintyvien laitteiden ja järjestelmien yhteensopivuuteen muiden suunnittelijoiden kanssa. [9, s. 114–115.]

### Hankinta-aineisto sisältää

- järjestelmän tai laitteiston
- toteutustavan
- määrän, rajauksen, toimittajan ja asentajan
- laatutason
- hankinnan muut tekniset asiat ja ehdot.

### Toteutussuunnittelu

Hankinta-aineiston aikana tuotetusta materiaalista tehdään yksityiskohtaisemmat suunnitelmat, joiden avulla urakoitsija toteuttaa kohteen rakennusautomaation. Toteutussuunnitelmissa pyritään täydentämään aikaisemmissa suunnitelmissa puuttuvat järjestelmät ja yksityiskohdat, jotta urakoitsijan ei tarvitse tehdä omia ratkaisuja. Urakoitsija voi kuitenkin vaikuttaa toteutussuunnitelmiin rakennusprojektin aikana havai-

nessaan suunnitelmissa puutteita tai muita suunnitelmien toimintaan liittyviä ongelmia. [9, s. 115–116.]

Toteutussuunnittelussa erityistä huomiota vaativat seuraavat toimet:

- Miten rakennusautomaation tiedon siirto toteutetaan? Tuleeko kohteeseen perinteinen kaapelointi, väyläratkaisu vai jokin muu tapa, esimerkiksi langaton järjestelmä?
- Järjestelmien ja laitteiden yhteensovitus sekä niiden toiminnan varmistaminen.
- Ennakoiva suunnittelu (järjestelmä ja laitevaraukset).

### Rakentaminen ja valvonta

Rakentamisen tarkoitus on toteuttaa kohteen rakennusautomaatiojärjestelmä ja siihen liitettävät laitteet suunnitelmien mukaisesti. Rakennusvaiheessa täydennetään toteutussuunnitelmia tarvittaessa ja varmistetaan että rakentamisen laatu on suunnitelmien mukainen. Rakentamisen valvonta sen toteutusvaiheessa on olennainen, jotta ratkaisut ovat suunnitelmien mukaisia ja rakentamisen kustannukset pysyvät suunnitelmien puitteissa. [9, s. 117.]

Rakentamisessa ja sen valvonnassa on hyvä huomioida seuraavaa:

- Ovatko järjestelmät, laitteet ja niiden toiminta teknisesti yhteensopivat?
- Täyttääkö laite tai järjestelmä suunnitelmissa määritellyt vaatimukset?
- Miten rakennusautomaation integraatio on määrää toteuttaa muiden järjestelmien kanssa?

### Rakentamisen laatu ja sen varmistaminen

Rakennusautomaation laadun varmistamisessa todetaan kohteen laitteiden ja järjestelmien laatu ja se, että niiden toiminta on sopimuksen mukainen [9, s. 117].

Rakennusautomaatiosuunnitelmien laadunvarmistuksessa on huomioitava seuraavaa:

- kohteen perinpohjainen vastaanoton testaus
- laitteiden ja järjestelmien tarkoituksenmukainen toiminta
- tarkentaa punakynämerkinnät lopulliseen suunnitelmaan.

## Käyttö ja ylläpito

Rakennusautomaation suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon kohteen käytön ja ylläpidon aikainen käyttäjäystävällisyys. Rakennusautomaatio tulee suunnitella mahdollisimman energiatehokkaasti ja pitkäikäikäisesti suhteessa sen hankinta-, toiminta- ja huoltokustannuksiin. Rakennusautomaation laitteet ja niiden toiminta vanhenevat yleensä muita järjestelmiä nopeammin, joten on erityisen tärkeää tehdä järjestelmästä mahdollisimman huoltovapaa. [9, s. 118–119.]

## Purku ja poisto

Rakennuksen purku- ja poistovaiheessa lähes nollaenergiarakennuksessa hyödynnetyt laitteet ja järjestelmät arvioidaan käyttökelpoisuuden mukaan ja pyritään hyödyntämään esimerkiksi olemassa olevien järjestelmien varaosina. [9, s. 119.]

### 3.3.2 Energiatehokkaan automaatiojärjestelmän suunnittelu

Rakennusautomaatiolla on merkittävä rooli energiatehokkaassa rakentamisessa. Yksi automaatiosuunnittelun tärkeimmistä tehtävistä onkin varmistaa laitteiden ja järjestelmien oikea ohjaus, säätö sekä käyttötapa. Automaatiolla vaikutetaan energiankulutusta vähentävien toimintojen lisäksi energiamuodon valintaan. Sen tärkeys korostuu etenkin kun käytetään vaihtoehtoisesti hybridijärjestelmiä, joiden käyttö tarkoittaa useamman energiamuodon hyödyntämistä. [7, s. 7; 8, s. 9.]

Energiatehokkaan rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelussa on erityisen tärkeää, että suunnitellut prosessit optimoidaan energiatehokkain ratkaisuin ja varmistetaan että järjestelmien käytössä ei tapahdu yhtäaikaista toimintaa. Esimerkiksi rakennuksen lämmitysjärjestelmällä nostetaan tilan lämmitystä, johon heikosti suunniteltu ilmanvaihtojärjestelmän automaatio reagoi kompensoimalla lämpötilan nousua lisäämällä ilmanvaihdon jäähdytystä. [8, s. 9.]

Rakennusautomaatiota suunniteltaessa on otettava huomioon, miten sidoksissa järjestelmät voivat olla toisiinsa. Muuttamalla tietyn järjestelmän asetusarvoa usein tietämättä vaikutetaan rakennuksen muihin järjestelmiin ja niiden toimintaan, mikä heikentää sisäolosuhteita ja rakennuksen energiatehokkuutta. [12, s. 11–12.]

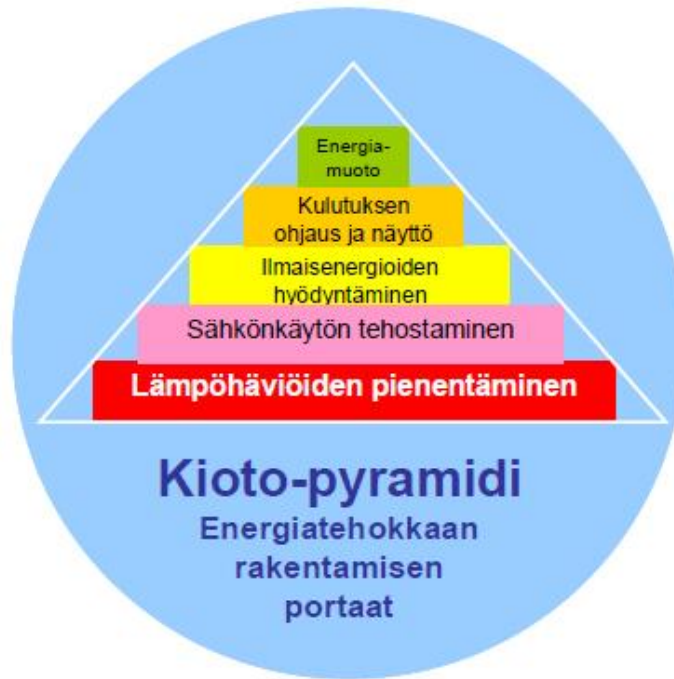
Rakennusautomaatiosuunnittelussa on tärkeää ylläpitää tiivistä yhteistyöllä eri suunnittelu osa-alueiden kanssa, jotta suunnittelussa tarvittava tiedon vaihto eri osapuolien välillä olisi jatkuvaa. Lähtötietojen pitämällä ajan tasalla ja niiden oikeellisuudella on merkittävä vaikutus rakennusautomaatiosuunnitteluun. [8, s. 9.]

Taulukko 1 on luotu Kioton energiatehokkaan rakentamisen portaiden (kuvan 16) mukaisesti. Taulukko 1 sisältää rakennusautomaation vaikutuskeinoja energiatehokkuuteen. Vaikutuskeinoissa korostuu oikeaoppisen ja innovatiivisen suunnittelun merkitys, sillä jokaiseen kohtaan vaikutetaan suunnittelulla tai sen aikana tehdyillä ratkaisulla. [7, s. 7; 8, s. 9.]

Taulukko 1. Automaatiotoimintojen vaikutusmahdollisuuksia energiatehokkuuteen. [7, s. 7]

Kioto-pyramidin ”porras”	Esimerkki rakennuksen automaation vaikutuskeinosta
energiamuoto	raportointi energialajeittain, kullakin hetkellä tehokkaimman energiamuodon valinta, rakennuksen E-luvun laskenta
kulutuksen ohjaus ja näyttö	huoneolosuhteiden säätö ja ohjaus, käyttölaitteet, laitteiden ja järjestelmien energiatehokas automaattinen käyttö
ilmaisenergioiden hyödyntäminen	lämmöntalteenoton ohjaus, vapaajäähdytys, dynaaminen lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus
sähkönkäytön tehostaminen	energiankäytön optimointi, tarpeenmukaiset olosuhteet tiloissa ja painetasot ilman ja veden siirrossa
lämpöhäviöiden pienentäminen	tarpeenmukaiset lämpötilatasot käyttöveden ja lämmitysveden siirrossa, aurinkosuojaus (jäähdytys)





Kuva 9. Energiatehokkaan rakentamisen portaat, Kioto-pyramidi [8, s. 8].

### 3.3.3 Tilan olosuhteiden tarpeenmukainen ohjauksen suunnittelu

Rakennuksen automaatiossa käytetään tarpeenmukaista ohjausta, kun tilan tarkoitus tai sen käyttö on epäsäännöllistä. Tarpeenmukaista ohjausta hyödynnetään yksittäisten huoneiden tai tiettyyn tarkoitukseen rakennetun tilan olosuhteiden hallinnassa. [4, s. 237.]

Tilan talotekniikkaa ohjataan sensoreiden, antureiden tai niiden yhdistelmien avulla joiden tarkoituksena on säätää olosuhteet mittauksen ja havaintojen perusteella. Tilan järjestelmät voivat olla tarpeenmukaisesti ohjattu joko täysin tai osittain riippuen tilaajan toiveesta. Ohjatessa tilan lämmitystä, jäähdytystä ja ilmanvaihtoa tarpeenmukaisesti tilan käytön mukaan tehostetaan rakennuksen energiankulutusta. [4, s. 236.]

Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystarpeen vähentyessä taajuusmuuttajilla varustetuilla verkoston pumput tuovat elinkaarensa aikana huomattavan säästön energiankulutuksessa. Ilmanvaihdon tarpeenmukaisessa ohjauksessa IMS-peltejä käytettäessä perinteisten moottoripeltien sijasta voidaan puhaltimen kierrosnopeutta pudottaa IMS-peltien asentojen mukaan. [4, s. 236.]

### 3.4 Energiatehokkaat automaatoratkaisut

#### 3.4.1 Energiankulutuksen mittaus ja seuranta

Energiankulutuksen seurannan tavoitteena on tuottaa tietoa rakennuskokonaisuuden energiankäytöstä, jossa energianhallintamittarit ovat merkittävässä asemassa, kun pyritään todentamaan rakennukselle asetettujen tavoitteiden toteutumista. Energiatehokkaita ratkaisuja käytettäessä korostuu kulutuksen seurannan merkitys, joka viime kädessä voidaan todentaa ainoastaan hyödyntämällä siihen kehitettyjä mittauslaitteita. [7, s. 20.]

Energiamittareita käytetään sähkön kulutuksen, lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksessa. Mittaustietoa hyödyntävät niin energianhallintaohjelmat kuin asiantuntijat energiankulutuksen optimoinnissa. [7, s. 20.]

Osana energianhallintaa ja sen seurausta on myös rakennusautomaatiosta saatavat mittaustieto, jota käytetään yleensä, kun järjestelmässä tai sen laitteissa havaitaan vika, olosuhteiden seurannassa, poikkeamaraporteissa sekä yleisesti kiinteistönhoidossa [7, s. 20].

Rakennusautomaatioon liittyvien laitteiden ja järjestelmien mittauksista sekä kiinteistön energiankulutusmittareiden mittaustiedosta saadaan luotua yhteinen koottu raportti, josta voidaan seurata asetettujen tavoitteiden toteutumista. Malliesimerkki kootusta energiankulutuksen seurannasta on liitteestä 2.

#### 3.4.2 Trendiseuranta

Rakennuksen LVI-prosessien mittaus- ja ohjauksista voidaan kerätä tietoa erilliseen tietokantaan. Prosessien perusmittaukset kannattaa tallentaa jatkuvaan historiatallennukseen siten, että viimeisen kuukauden tapahtumat on tallennettu levyille. Tapahtumien seuraaminen auttaa häiriötilanteiden selvityksessä, ja mahdolliset prosessien käyttäytymisen muutokset voidaan havaita historiatiedoista. Tietojen kerääminen prosesseista on nykypäivänä kannattavaa levytallennuskapasiteettirajoitusten käytännössä poistuttua. [16, s. 44.]

Määritelmällä trendi yleisesti tarkoitetaan yhden tai useamman mittauksen jatkuvaa seuranta ja tulostusta. Numeerinen tapa on mahdollista, mutta jos mitattavan datan määrä trendiseurannassa on huomattava, tulevat graafisen tulostuksen hyödyt ja havainnollisuus parhaiten esille. [16, s. 44.]

Prosessien toiminnan seurannassa tehokkain tapa on käyttää mittausseuranta- eli trenditoimintoja. Trendejä on kahdenlaisia: dynaamisia ja historiatrendejä. Dynaamisen trendin avulla voidaan seurata mittaus- ja ohjausarvoja reaaliaikaisesti. Merkittävä lisäarvo saadaan kuitenkin historiatrendillä, joiden mittausdataa voidaan käyttää käyttäjän halutuissa suureissa, mittauksista ja jälkikäteen tahdottaessa ajaa trendikäyrästäksi. [16, s. 44.]

Dynaamisia trendejä käytetään yleensä laitoksien toimintojen tarkkailussa ja historia-trendejä taas tapahtuneiden häiriöiden ja hälytyksien analysoinnissa [16, s. 44].

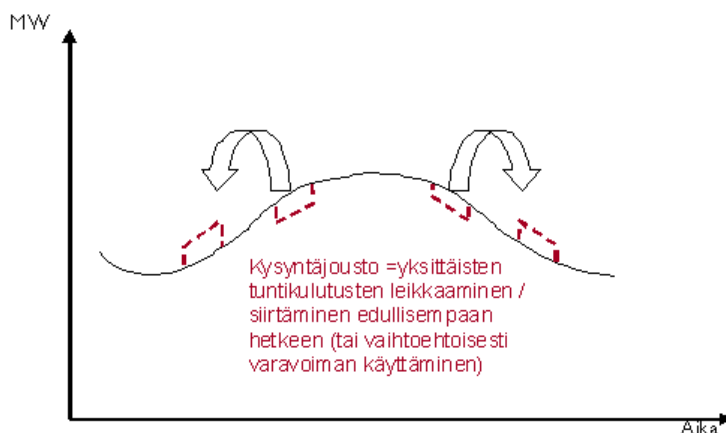
### 3.4.3 Energianhallintaohjelmat

Markkinoilla on useita erilaisia energianhallintaohjelmia, joiden yhteisenä tavoitteena on ohjata laitteita mahdollisimman energiataloudellisesti. Energianhallintaohjelmilla voidaan seurata kiinteistön energiankulutusta ja sisäilmaolosuhteita reaaliajassa, jolloin poikkeamiin voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti. Energianhallintaohjelmiin saadaan yhteinen tiedonkeruu kiinteistön eri järjestelmistä, mikä helpottaa vertailua asetettuihin tavoitteisiin. [4, s. 111.]

### 3.4.4 Kysyntäjousto

Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkön käytön siirtämistä korkeamman hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan, kuvan 10 esimerkin mukaisesti. Äkilliset hintavaihtelut ovat lisääntyneet, ja niiden voidaan odottavan lisääntyvän edelleen, koska Suomessa sähkön kysyntä kasvaa nopeammin kuin sen tuotantokapasiteetti. Kysyntäjoustolla pyritään rajoittamaan sähkön ostamista kulutus- ja hintapiikkien aikana. [13, s. 53–54.]

Kysyntäjouston hyödyntäminen rakennuksen sähkön käytössä on tehokkain tapa parantaa verkoston toiminta- ja käyttövarmuutta. Kysyntäjoustolla vaikutetaan markkinoihin alentamalla sähkön hintaa ja nostamalla yritysten kilpailukykyä. [13, s. 54.]



Kuva 10. Sähkönkulutuksen siirtäminen korkeamman sähkön hinnan ajalta edullisempaan hetkeen [14, s. 1].

### 3.4.5 Optimoitu käynnistys tai pysäytys

Rakennusautomaatio ohjelma pyrkii optimoimaan lämmityksen tai jäähdytyksen aloitus- ja lopetushetken rakennuksen käytön mukaan. Ohjelma ottaa laskennassa huomioon sisä- ja ulkolämpötilojen muutokset sekä rakennuksen massasta aiheutuvan muutoshitauden. Rakennuksen käyttäjä määrittelee kiinteistön käyttöjaksot, joiden perusteella usein itseoppiva ohjelmisto pyrkii määrittelemään laskennallisesti edullisimman aloitus- ja lopetusajankohdan siten, että asetetut olosuhteet täyttyvät käyttöjakson aikana. [4, s. 111.]

Uusimmissa ohjelmissa on mahdollista vaihtaa tietoa ympäristön tietojärjestelmien kanssa. Rakennuksen automaatio pystyy huomioimaan sääennusteet ohjaavana elementtinä, jolloin säätö tapahtuu ennen lämpötilan tai kosteuden vaihtelua. Tuntitason sääennusteen ohjelmisto hakee ulkopuoliselta sääpalvelutoimittajalta esimerkiksi ilmatieteenlaitoksen sääennustetietokannasta. Ennusteesta on usein hyötyä mm. siksi, että rakennuksen terminen lämpötilavaihtelu on hidasta. [4, s. 111.]

Rakennukseen on myös mahdollista liittää ulkopuolisen tietokannan lisäksi oma sääasema, jolloin ympäristön olosuhteiden vaihteluiden perusteella muutoksiin voidaan reagoida nopeammin [9, s. 43].

### 3.5 Rakennusautomaatio ja sisätilan olosuhteet

#### 3.5.1 Ilmanvaihdon automaatio

Ilmanvaihdon tavoitteena on parantaa sisäilman laatua poistamalla epäpuhtauksia, kosteutta ja ylikuumuutta sekä tuomalla tilalle puhdasta korvausilmaa. Ilmanvaihtojärjestelmien säädöllä ja ohjauksella on merkittävä vaikutus sisäilmanlaatuun ja ilmanvaihdon energiatehokkuuteen varsinkin matalaenergiarakennuksissa, joissa vaipan lämpöhäviöt on suunniteltu todella vähäisiksi. [11, s. 104.]

Nykyisin käytetään yleensä kolmea eri ilmanvaihtojärjestelmää: koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla ja ilman lämmön talteenottoa. Hyvin suunnitellussa ilmanvaihdon automaatiossa käyttäjän ei tarvitse itse huolehtia kuin korkeintaan tilan olosuhteiden hienosäädöstä. [9, s. 47.]

Rakennuksessa sijaitsevien antureiden avulla pyritään ylläpitämään laadukkaat sisäilmasto-olosuhteet vuodenajasta riippumatta. Antureiden avulla saadaan kohdistettua ilmanvaihto sinne, missä sitä eniten tarvitaan. Antureilla voidaan mitata muun muassa lämpötilaa, kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. Ilmanvaihdon ohjauksessa voidaan myös hyödyntää läsnäolotunnistimia, ilmanvaihdon tehostuskytkimiä tai erilaisia aikaohjelmaan perustuvia toimintoja. Hyvän sisäilmaston automatisoinnissa onkin erityisen tärkeää rakennuksen riittävä anturointi ja antureiden oikea sijoittelu, jotta ne antavat mahdollisimman luotettavan tuloksen ilman ulkoista vaikutusta. [8, s. 10.]

#### 3.5.2 Rakennuksen lämmitys ja jäähdytys

Lähes nollaenergiarakennuksen vaatimuksien mukaisesti rakennettuna rakennuksen lämpöhäviöt jäävät vähäiseksi, jolloin perinteisten lämmitysjärjestelmien käytön lisäksi vaihtoehtona on hoitaa lämmitys ilmanvaihtolämmityksenä. Ilmanvaihtolämmityksellä saadaan keskitettyä rakennuksen ilmanvaihto ja lämmitys samaan järjestelmään, jolloin saadaan aikaan huomattava säästö tilankäytössä, investointi- ja käyttökustannuksissa, kun välttyään usein käytetyiltä järjestelmiltä kuten radiaattori- tai lattialämmitykseltä. [2, s. 24.]

Rakennuksen huoneiden lämpökuormat eivät ole tasaiset johtuen tilojen käyttöasteesta, aurinkokuormasta ja muista sisäisistä lämpökuormista kuormista joten huoneiden

lämpötilan säätö tulee olla erikseen säädettävissä. Ilmanvaihtolämmityksen säädettävyydessä on kolme periaatevaihtoehtoa. Tuloilma voidaan lämmittää joko ilmanvaihtokoneessa, joka tuottaa kaikkiin tiloihin saman lämpöistä ilmaa, jolloin huonekohtainen lämpötilan säätö ei ole mahdollista. Tuloilma lämmitetään ilmanvaihtokanavan lämmityspatterilla, joka asennetaan ennen tilan päätelaitteita, tai ilmanvaihdon päätelaitteella, joka sisältää lämmitysvastuksen. Näillä kahdella viimeksi mainitulla tavalla tilan huonekohtainen lämpötilan säätö on mahdollista, jolloin voidaan vaikuttaa käyttäjän viihtyvyyteen. [2, s. 24.]

Samoja järjestelmiä, jotka pitävät rakennuksen lämpimänä talvella, voidaan käyttää usein myös kesäajan viilennykseen. Aurinkoenergiaa hyödyntävien järjestelmien kesäaikainen liiallinen aurinkokuorma voi aiheuttaa rakennuksessa ylikuorman, joka suunnittelijan on otettava järjestelmän käytössä huomioon ja pyrittävä hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti passiivisia keinoja ennen mahdollista koneellista jäähdytystä ongelman ehkäisemiseksi. [2, s. 26]

### 3.5.3 Valaistus

Gloaalista sähkönkulutuksesta noin 19 % kuluu valaistukseen. Valaistuksen tehostamista energiatehokkaiden ratkaisujen avulla tästä voidaan vähentää noin neljäsosa. Pelkästään energiatehokkaiden valaisimien käyttäminen ei yksissään riitä, vaan tehokkaan valaistuksen suunnittelussa tulee hyödyntää rakennusautomaatiota. [9, s. 49.]

Tärkeää on valon tehokas kohdistaminen sinne, missä sitä tarvitaan, esimerkiksi heijastuspinnoilla tai varjostuksella. Valaistuksen suuntaus voidaan tehdä myös automaatiota hyödyntäen kohdistuen valaistusta liike- ja läsnäolotunnistimien avulla. Automaatiojärjestelmä voidaan ohjelmoida pitämään tiettyä ajanhetkenä ennalta määrättyä valaistustasoa, tai oppimaan käyttäjän rutiinit, joiden perusteella valaistus säädetään käyttäjän mieltymyksen mukaiseksi. [9, s. 50–51.]

Älykäs valaistus säätyy julkisivuun asennettavan valoisuusanturin avulla auringon nousun ja laskun mukaan. Hyödyntäessä säätietopalveluita automaation ohjauksessa voidaan valoisuusanturin sijasta käyttää säätietopalvelun tietoa auringon sijainnista. [9, s. 50–51.]

### 3.6 Rakennusautomaation toiminta ja ylläpito

#### 3.6.1 Käyttöliittymä

Usein rakennusautomaatiota kuvataan rakennuksen aivoiksi, joka yhdistää kaikki käytössä olevat talotekniset järjestelmät. Rakennusautomaation käyttöliittymällä on samanlainen merkitys automaation toimivuuteen. Käyttäjä kommunikoi rakennuksen automaation kanssa käyttöliittymän välityksellä. [4, s. 155.]

Usein harhaluulona on se, että käyttöliittymä on vain rakennuksen valvomotason käyttöohjelma, mutta nykypäivänä siihen sisältyy paljon muutakin. Valvomotason käyttöohjelman lisäksi käyttöliittymä usein löytyy alakeskuksista sekä taloteknisten järjestelmien osaprosesseista. Esimerkiksi ilmastoinnin puhaltimien taajuusmuuttajilla voi olla erillinen käyttöliittymä, ja laitetasolle vietynä voidaan tarvittaessa vaikuttaa huonesäätimen omalla käyttöliittymällä yksittäisenkin huonetilan olosuhteisiin. [4, s. 155.]

Rakennuksen käyttöliittymän määrittäminen on tärkeä osa hyvän rakennusautomaation suunnittelua, koska rakennusautomaatiossa käsiteltävän tiedon määrä voi olla huomattavankin suuri, suunnittelussa on otettava huomioon, että käyttöliittymä on mahdollisimman helppokäyttöinen sekä looginen unohtamatta tarvittavien ominaisuuksien varmistamista. [4, s. 157.]

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään haluttu teknis- taloudellisesti soveltuvin rakennusautomaation taso. Käyttöjärjestelmän valintaan vaikuttavat tilaajan tarpeet, sekä suunnittelijan ehdotuksesta seuraavat asiat: valvomoiden määrä, järjestelmän laajennettavuus, muuntojoustavuus, tulevaisuuden tarpeet, integrointitarpeet ja energiatehokkuus. [4, s. 171.]

Oikea käyttöliittymä on energiatehokkuuden hallinnan työkalu, joka mahdollistaa siihen liitettävillä ominaisuuksilla energiankäytön optimoinnin. Energiankäytön optimoinnissa hyödynnetään käytön optimointi-, raportointi- ja energianlaskentaohjelmia, joiden perusteella tehdään tarvittavat muutokset esim. etäkäytön tai valvonnan avulla. [5, s. 8; 4, s. 176.]

### 3.6.2 Etäkäyttö ja valvonta

Nykypäiväinen rakennusautomaatiojärjestelmä mahdollistaa tilojen ohjauksen sekä seurannan reaaliaikaisesti. Web-selainohjelmaan perustuvan etäkäyttöjärjestelmän avulla pystytään hallitsemaan rakennuksen säätöjä ja hälytyksiä esimerkiksi tietokoneella, puhelimella tai tabletilla. [4, s. 247.]

Etäkäyttö tuo kiinteistönhoitoon paremmat toimintamahdollisuudet mahdollistaen työskentelyn sijainnista tai ajasta riippumatta. Isännöitsijä tai energialaitos saa tarvitseman sa kulutustiedot tai toiminnan raportit suoraan rakennusautomaatiosta käyttöönsä etäyhteyden välityksellä. [4, s. 248.]

Etäkäyttöpalveluita käyttävät niin kiinteistönhoidon henkilökunta, kiinteistön omistaja kuin asiantuntijaorganisaatiot, jotka ovat mukana kiinteistön seurannassa [4, s. 247].

Etäkäyttöpalvelujen päätehtävät ovat:

- energiankulutuksen seuranta, analysointi ja raportointi
- tekniikan seuranta ja hallinta
- teknisten järjestelmien toiminnan varmistaminen
- sisäolosuhteiden optimointi.

### 3.6.3 Tietoturvallisuus

Tietoturvallisuuden merkitys korostuu, kun älyrakennukset tulevat ajankohtaiseksi ja rakentaminen siirtyy kohti lähes nollaenergiarakentamista. Monimutkaisten taloteknisten järjestelmien käytön lisääntymisen myötä turvallisuustaso on yksinkertaisinta jakaa osiin, mikä pienentää väärinkäytön riskiä. Kriittisiä henkilö- tai paloturvallisuuteen vaikuttavia järjestelmiä ei saa missään nimessä vaarantaa, vaan uhkatekijät tai riskit on joko poistettava tai torjuttava suojaamalla järjestelmät tarpeeksi tehokkaasti. [8, s. 145–146.]

Suurin ongelma on järjestelmien haavoittuvaisuus, joka voi johtaa siihen, että ulkopuolinen tai tuntematon henkilö pääsee sotkemaan järjestelmän aiheuttaen järjestelmään huomaamattomiakin vahinkoja. Jos järjestelmän muutos jää huomaamatta, voi sillä olla



pitkääaikaisia vaikutuksia esimerkiksi rakennuksen käyttöön, viihtyvyyteen ja energiatehokkuuteen. [8, s. 147.]

Henkilöiden aiheuttamien tietoturvaluottisuusriskien sijaan luonnonilmiöistä aiheutuviin uhkatekijöihin tulee varautua suunnitellessa järjestelmiä ja toimintoja. Varavoiman, palonkestävien kaapeleiden käyttö ja ohjauksen toiminta voidaan varmistaa esimerkiksi vikaviestin avulla, jossa järjestelmän toimivuutta testataan tietyin väliajoin. [8, s. 146.]

Tietoturvan hallinta sisältää turvajärjestelmien suunnittelun, laitteiden käytön, ylläpidon ja järjestelmiä käyttävien koulutuksen. Tietoturvan suunnittelu huomioidaan kokonaisuutena, jossa kartoitetaan järjestelmien käyttö- ja turvallisuudelta vaadittava taso. [17, s. 10.]

#### 3.6.4 Käyttö ja huolto

Rakennuksen teknisten järjestelmien testaus tulee tehdä huolellisesti, jotta varmistetaan osajärjestelmien toimivuus ja yhteensopivuus sekä käyttäjäliittymän toiminta rakennuksen käyttöönottovaiheessa. Käyttöönottovaiheessa tulisi lisäksi panostaa käyttäjien, omistajan, ylläpitäjän, asukkaiden tai työntekijöiden riittävään perehdyttämiseen. [9, s. 121.]

Kiinteistön onnistuneeseen käyttöön ja ylläpitoon kuuluu rakennuksen tekniset järjestelmät, rakennusautomaatio ja näiden hallintaohjelmat. Laitteiden ja järjestelmien tulisi sisältää halutut ominaisuudet ja tuottaa käyttäjälle oleellinen tieto käyttöliittymän avulla. [9, s. 121.]

Rakennuksen automaatiota ja sen toimintaa pyritään ylläpitämään ja parantamaan mm. käyttäjiltä saatujen palautteiden perusteella. Rakennuksen teknisten järjestelmien huolto- ja kunnossapitönäkökulmat on hyvä huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Rakennuksen toteutusvaiheessa varmistetaan, että ne toteutuvat suunnitellusti. [9, s. 121.]

Laitteiden ja järjestelmien tulee olla teknisesti ja elinkaartiloudellisesti suunniteltu ennakoiden kiinteistön tulevaisuuden tarpeet. Tekniset järjestelmät tulee ylläpitää sekä uusia niiden elinkaaren aikana hallitusti noudattaen suunniteltua huolto- ja ylläpitosuunnitelmaa. Tietotekniset järjestelmät tulisi uusia riittävän usein, sillä ne vanhenevat

järjestelmien muita laitteita nopeammin. Tietoteknisten järjestelmien hyvä uusimissykli on yleensä alle 10 vuotta. [9, s. 121.]

Rakennusautomaatiojärjestelmän takautuvasti toimiminen tarkoitetulla tavalla vaatii ennakoivaa huoltoa. Ennakoivat tehtävät ja toimenpiteet sisältävät lokien ja raporttien tarkastelua suunnitelluin väliajoin. Näiden edellä mainittujen rutiinien perusteella päätetään mahdollisista huolloista ja laiteinvestoinneista. [16, s. 79.]

### 3.6.5 Hälytysten käsittely ja häiriötilanteet

Rakennuksen eri järjestelmistä saatavat hälytykset liitetään ja ohjelmoidaan rakennusautomaatiojärjestelmään. Hälytyksiä voidaan tarkastella valvomo- tai rakennuksen alakeskuksista, joko reaaliaikaisesti tai hyödyntäen automaatiojärjestelmän hälytyshistoriaa. [16, s. 51.]

Hälytystietojen käsittely valvomossa tulee suunnitella niin, että se on erillisenä kokonaisuutena riippumatta talotekniikan muista laitteista, niiden säädöstä tai ohjauksesta. Rakennusautomaation käyttöliittymässä tulee olla erillinen tulostus hälytyksistä ja hälytyksien poistumistiedoista. Hälytyksistä saatava oleellinen tieto voidaan tulostaa näytölle, hälytysikkunaan, taulukkoon tai tarvittaessa hälytyksiä varten varattuun tulostimeen. Hälytystiedoille suunnitellaan erillinen historiatiedosto, joka takaa hälytystietojen käsittelyn kaikissa tilanteissa. [16, s. 51.]

Yleisimmät hälytykset LVI-järjestelmissä aiheuttaa pumppujen pysähtyminen tai niiden ristiriitatilanteet (kojeen käyntitila ei vastaa sen ohjausta). Lämmitysjärjestelmän verkostopaineen hälytys on harvinainen, mutta ongelman ilmettyä sillä voi olla merkittävät vaikutukset, jos verkosto ja siihen liitetyt laitteet jäätyvät. Verkoston jäätymisestä voi ilmetä putki- tai laiterikkoja, joten verkostohälytyksiin tulee ongelmatilanteessa reagoida nopeasti. Ulkolämpötilan laskiessa IV-järjestelmän tuloilmakoneet joudutaan pysäyttämään, jos koneen lämmitysjärjestelmässä ilmenee vika, jonka seurauksesta koneen jäätymissuojatermostaattista saadaan hälytys. [16, s. 51.]

Hälytystietojen lisäksi rakennuksen teknisistä järjestelmistä saadaan ns. huoltotason tietoja, esimerkiksi tilatieto tai mittaustieto, josta voidaan tulkita mahdollinen vika laitteessa auttaa teknisten järjestelmien hallinnassa ja niistä voidaan järjestelmään huoltaa ennakoidusti. Järjestelmän toimintaan mahdollisesti vaikuttavat epäkohdat voidaan

korjata ennakoivasti ennen varsinaista laiterikkoa. Rakennusautomaatiojärjestelmän kuuluu valvoa omaa toimintaansa ja ilmoittaa mahdollisista viallisista toiminnoista tai laitteista. [16, s. 51–52.]

Rakennusautomaatio järjestelmän toiminnan ja käytön helpottamiseksi voidaan fyysisen hälytyksen sijasta käyttää ohjelmallisia hälytyksiä, joiden tarkoituksena on estää esimerkiksi turhia jäätymissuojatermostattien laukeamisia tai lämmön talteenottokiekon huurtuminen. Ohjelmallisella hälytyksellä voidaan tehdä järjestelmän toiminnan kannalta älykkäämpiä hälytyksiä, jotka aiheuttavat järjestelmässä tai laitteessa jonkin laitteen toiminnan kannalta merkittävän toiminnon. [16, s. 55.]

#### **4 Hybridijärjestelmän ohjaus**

Lähes nollaenergiarakentamiseen kehitellään uusia lämmitysjärjestelmiä, joiden yhdistelmät eli hybridilämmitysjärjestelmät tulevat yleistymään. Hybridilämmitysjärjestelmissä yhdistetään pääenergiälähde ja yksi tai useampi uusiutuva energialähde. Hybridijärjestelmää suunnitellessa usein käytetty aurinkolämmitys on hyvä yhdistelmä maalämmön kanssa, sillä aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää maalämpöpumpun ostosähkön vähentämiseen. [8, s. 18–19.]

Hybridilämmitys voidaan rakentaa ilman varaajaa, mutta järjestelmän perustana on yleensä monipuolisesti toteutettu energiavaraaja joka usein vaikuttaa lämmönlähteen hyötysuhteeseen. Varaaja toimii samalla lämpöakkuna, johon tuotettu energia voidaan varastoida ja käyttää vasta haluttuna ajankohtana.

Hybridilämmitys tuo lämmitykseen toimintavarmuutta ja joustavuutta, kun järjestelmän pääenergiälähteen rinnalla käytetään yhtäaikaisesti muita energiamuotoja vastaamaan kulutushuippujen tehontarpeeseen. Hybridijärjestelmään voidaan lisätä varaajan ominaisuuksien mukaan muita energialähteitä, jos energiantarve rakennuksessa kasvaa.

#### 4.1 Hyvinkään päiväkodin maa- ja aurinkolämmitys, hybridilämmitysjärjestelmä

##### 4.1.1 Hybridilämmitysjärjestelmän suunnittelu

Opinnäytetyössä luotiin Hyvinkään kaupungin päiväkotiin uudet suunnitelmat maa- ja aurinkohybridilämmitysjärjestelmän automaation uusimisesta. Järjestelmän uusinta aloitettiin määrittelemällä järjestelmän tarpeet vastaamaan nykypäivän automaatiotekniikkaa.

Suunnitelmat sisältävät seuraavat dokumentit:

- lämmitysjärjestelmän säätö- ja LV-kaavio
- säädön toimintaselostus kaavion yhteydessä
- piste- ja laiteluettelo.

Hybridilämmitysjärjestelmän säätökaavion suunnittelussa hyödynnetään olemassa olevia suunnitelmia. Järjestelmän uusinnassa pyritään hyödyntämään vanhan järjestelmän antureita ja mittauksia mahdollisimman tehokkaasti ja lisäämällä olemassa olevien antureiden lisäksi vain oleelliset anturit uuden toiminnan mahdollistamiseksi. Uudessa järjestelmässä aurinkolämmityksen säätölaitteisto ja maalämmön ohjauskeskus poistetaan, ja järjestelmien ohjaus tapahtuu valvonta-alakeskuksen avulla mikä parantaa järjestelmien toiminnan yhteensopivuutta. Järjestelmien uusi rakennusautomaatio on yhdistetty samaan keskukseen, mikä parantaa järjestelmien keskinäistä keskustelua ja näin ohjaa toimintaa huomioiden järjestelmien ristiriitatilanteet. Ohjauksien uusi toiminta säästää energiaa pysäyttämällä tarpeettoman järjestelmän toiminnan, kun havaitaan, että lämmöntuotannolle ei ole tarvetta.

Aurinkolämmityksen lämmön tuotannon ollessa riittämätön valvonta-alakeskus VAK01 käynnistää maalämpöpiirit MLP1.1–MLP2.2 piirien vuorottelujärjestyksessä energiatarpeen mukaan.

Maalämpöjärjestelmän uusinnassa maalämmön vuorottelu on hajautettu maalämpöpumppujen MLP1 ja MLP2 vuorottelusta maalämpöpiirikohtaiseksi, mikä tehostaa energiankulutusta ja laitteiden käyttöaikaa.

Aurinkolämmitysjärjestelmä seuraa varaajan lämpötilaa, ja lämpötila-anturin (AL01 TE40) asetusarvon alittaessa sille asetetun arvonsa käynnistetään pumppu (AL01 PU01).

Valvonta-alakeskukseen liitettävät mittaukset lisätään trendiin ja mittauksia voidaan seurata paikallis- tai etäpäätteeltä.

#### 4.1.2 Hälytykset ja varotoimet

Hybridilämmitysjärjestelmä on maa- ja aurinkolämpöjärjestelmän lisäksi varustettu kolmella erillisellä lämmitysvastuksella, joista kaksi vastusta ohjautuu valvonta-alakeskukseen ohjelmoitujen parametrien mukaisesti ja viimeisen lämmitysvastuksen toiminta on sidottu termostaattikytkimeen.

Aurinkolämmityksen paneelien ylikuumentumista mittaavat paneelien lämpötila-anturit, joiden mittaustuloksen perusteella valvonta-alakeskus ohjaa aurinkolämmityksen kiertovesipumpun käyntiin, vaikka virallista lämmöntarvetta ei olisikaan.

#### 4.2 Johtopäätökset ja yhteenveto

Kohteen maa- ja aurinkohybridilämmitysjärjestelmän automaation uusinnan tuloksena parannettiin laitteiden käyttöikää ja energiatehokkuutta tehostamalla järjestelmien säätöä ja ohjausta sekä maa- ja aurinkolämmön keskinäistä toimintaa. Rakennusautomaatioon liitettävistä mittaustiedoista saadaan trendi, josta voidaan tulostaa raportti lämmitysjärjestelmän käyttäytymisestä ja energiakulutuksesta, joiden perusteella järjestelmään tehdään tulevaisuuden päätöksiä.

Aurinkoenergiaa on saatavilla melkein rajattomasti, mutta sen tuotanto on epätasaista. Varaajan avulla tasataan tuotannon epätasaisuutta ja helpotetaan energian varastointia sekä lämmitysjärjestelmän säätöä.

Maalämmitysjärjestelmä on sopivin yhdistelmä aurinkolämmityksen kanssa, koska maalämmitys toimii varmistaen lämmitysenergian tarpeen ja molemmat järjestelmät varastoivat pääsääntöisesti lämmitysenergian varaajaan.

Hybridilämmitysjärjestelmän automaation uusinta oli ajankohtainen, ja sen vaikutus energiatehokkuus on merkittävä. Järjestelmää olisi kuitenkin halutessa ollut mahdollista tehostaa lisäämällä maa- ja aurinkolämmitysjärjestelmän välille kolmitieventtiilin, jolla aurinkolämmityksen kesäaikana kerryttämän lämmitysenergian olisi voinut varastoida maalämpöpiiriin.

## Lähteet

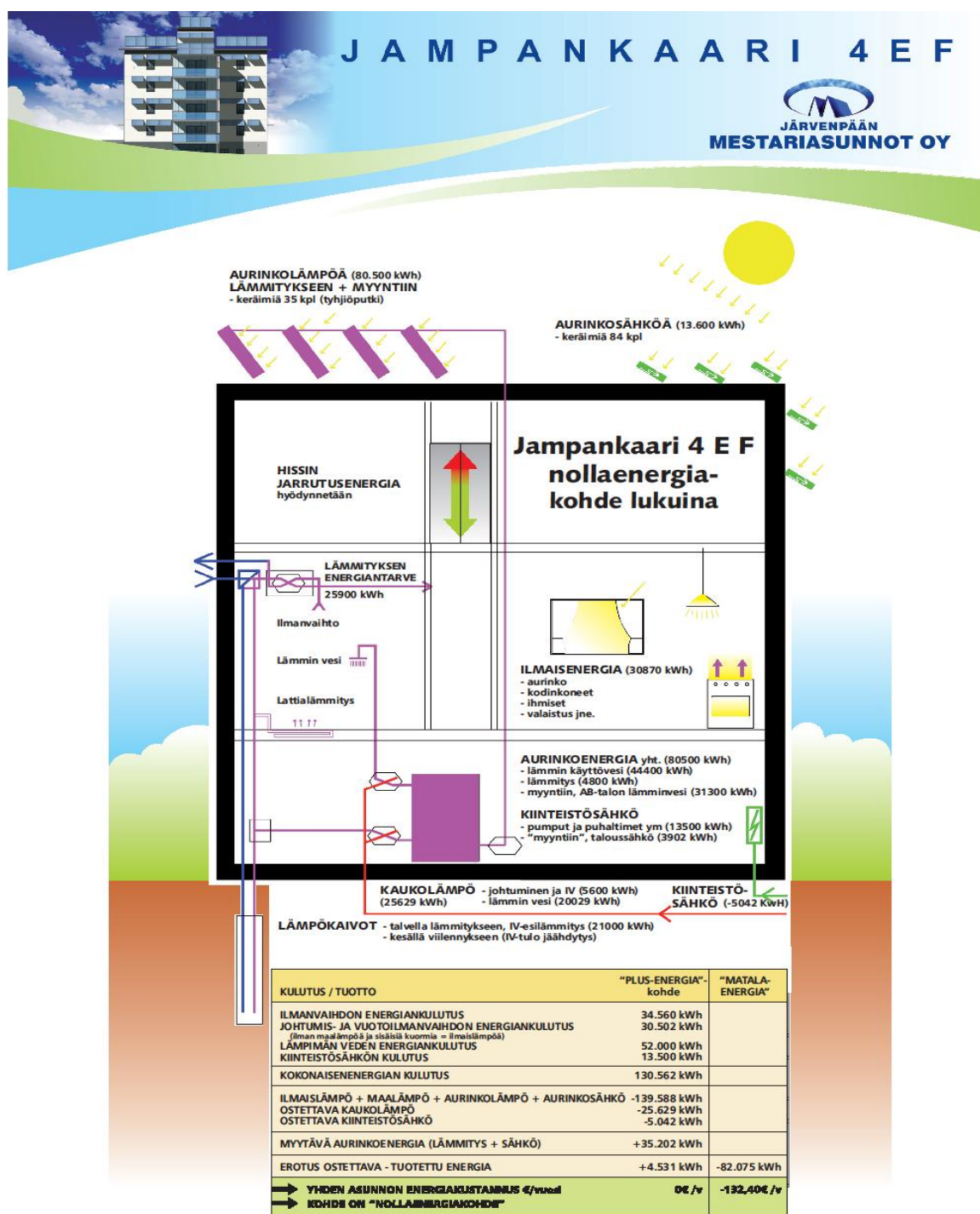
- 1 Lähies nollaenergiarakentamisen lainsäädännön valmistelu. 2015. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.ym.fi/lahesnollaenergiarakentaminen>. Päivitetty 6.7.2016. Luettu 8.7.2016
- 2 Lähies nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. 2015. Verkkodokumentti. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. [www.ara.fi/download/noname/%7BE7FE1AD9-4529-4CC5-8063-8D7D078C15E8%7D/24217](http://www.ara.fi/download/noname/%7BE7FE1AD9-4529-4CC5-8063-8D7D078C15E8%7D/24217). Päivitetty 11.9.2015. Luettu 11.7.2016
- 3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2010/31/EU. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF> Luettu 7.8.2016.
- 4 Piikkilä, Veijo. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17. Espoo. Sähkötieto ry.
- 5 CUBE- talotekniikan teknologiaohjelma 2002–2006. Teknologiaohjelmaraaportti 19/2006. <https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/cube-loppuraportti.pdf>. Luettu 12.8.2016
- 6 Kysyntäjousto. 2016. Verkkosivut. Fingrid. <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>. Luettu 17.9.2016
- 7 Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. 2012. Perusteet ja opas. Verkkodokumentti. Avoin automaatio ry. [http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi\\_sfs-en\\_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf](http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf). Luettu 20.7.2016
- 8 Kukkonen Petri, Hyvärinen Juhani, Saari Mikko, Nyman Mikko. 2015. Rakennusautomaatio rakentamisen sääntelyssä. Teknologian tutkimuskeskus. VTT-raportti. <http://www.sti.fi/Download.ashx?id=e9571810-fe28-4c35-8ce6-5abbc1e6bcca&type=1&attachment=True&version=635832619391030000>. Luettu 12.10.2016
- 9 Käyttäjälähtöinen älyrakennus. 2015. RIL267-2015. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
- 10 Piikkilä, Veijo. 2004. LonWorks-tekniikan perusteet. Tampere: Tammertekniikka.
- 11 Värjä, Pertti ja Mikkola, Jukka-Matti. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Automaatio- ja säätötekniikka. Kymmenes painos. Kuusankoski. Mikro-oppi.

- 12 Suomäki, Jorma ja Vepsäläinen, Sami. 2013. Talotekniikan automaatio. Helsinki. Kiinteistöalan kustannus Oy
- 13 Linna, Jutta ja Nuutinen, Jenni. 2012. Energiaopas pienille ja keskisuurille yrityksille. Verkkodokumentti. <https://ek.fi/wp-content/uploads/energiaopas.pdf>. Luettu: 11.10.2016
- 14 Sähkönkäytön kysyntäjousto. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.elfi.fi/sahkomarkkinat/sahkonkayton-kysyntajousto/>. Luettu: 11.10.2016
- 15 FinZEB-hanke loppuraportti. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.finzeb.fi/finzeb-hankkeen-loppuraportti-on-julkaistu/>.
- 16 Piikkilä, Veijo. 2008. ST-käsikirja 22 Kiinteistöjen valvontajärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy
- 17 Arenius, Kimmo. 2015. ST-ohjeisto 22 Verkottuneen talotekniikan tietoturva. Espoo: Sähköinfo Oy



## Järvenpään nollaenergiatalo

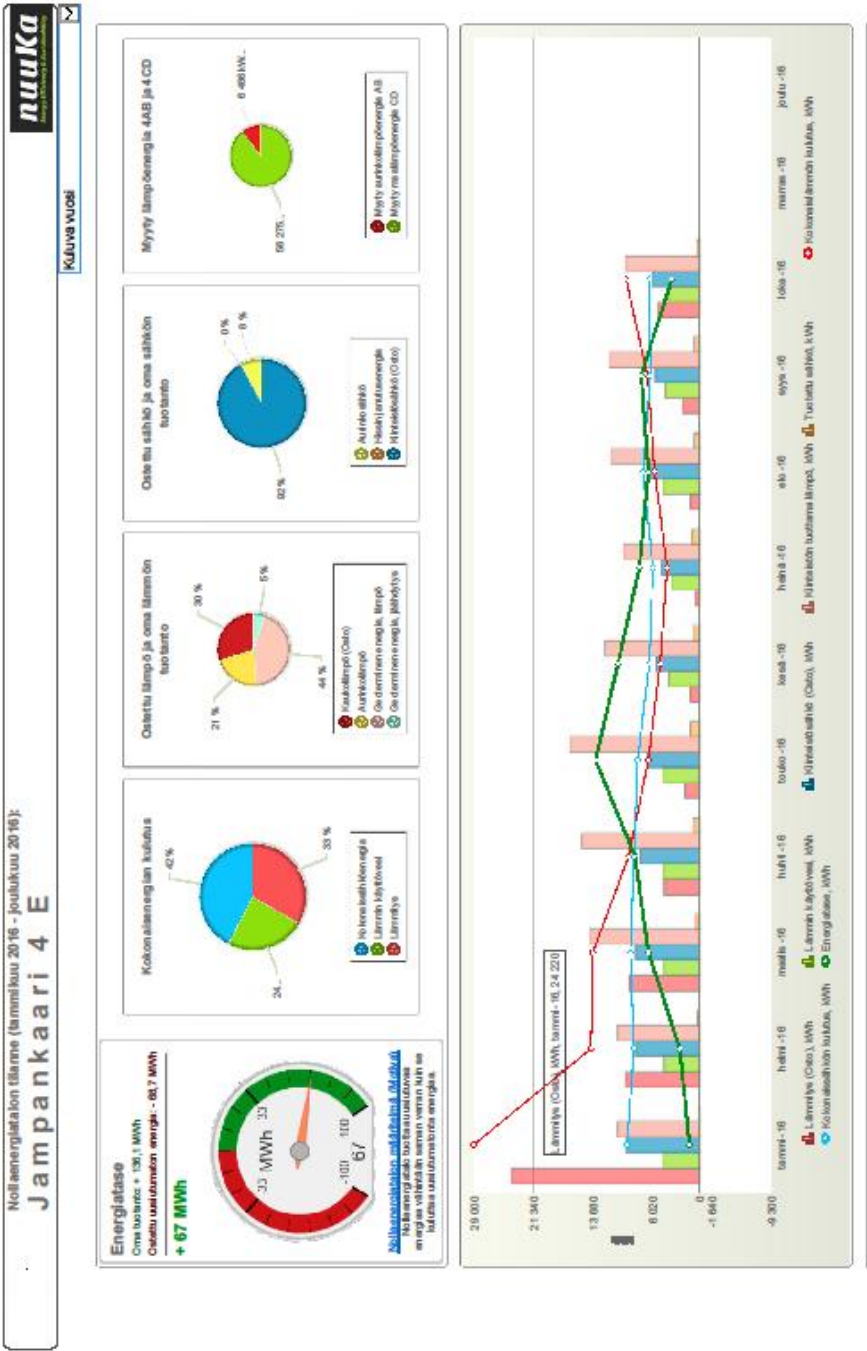
Järvenpään nollaenergiarakennuksen toimintakaavio.



Järvenpään nollaenergiatalo

Energianseuranta raportti 2016

Nollanenergiatalo: Jampankaari 4 E



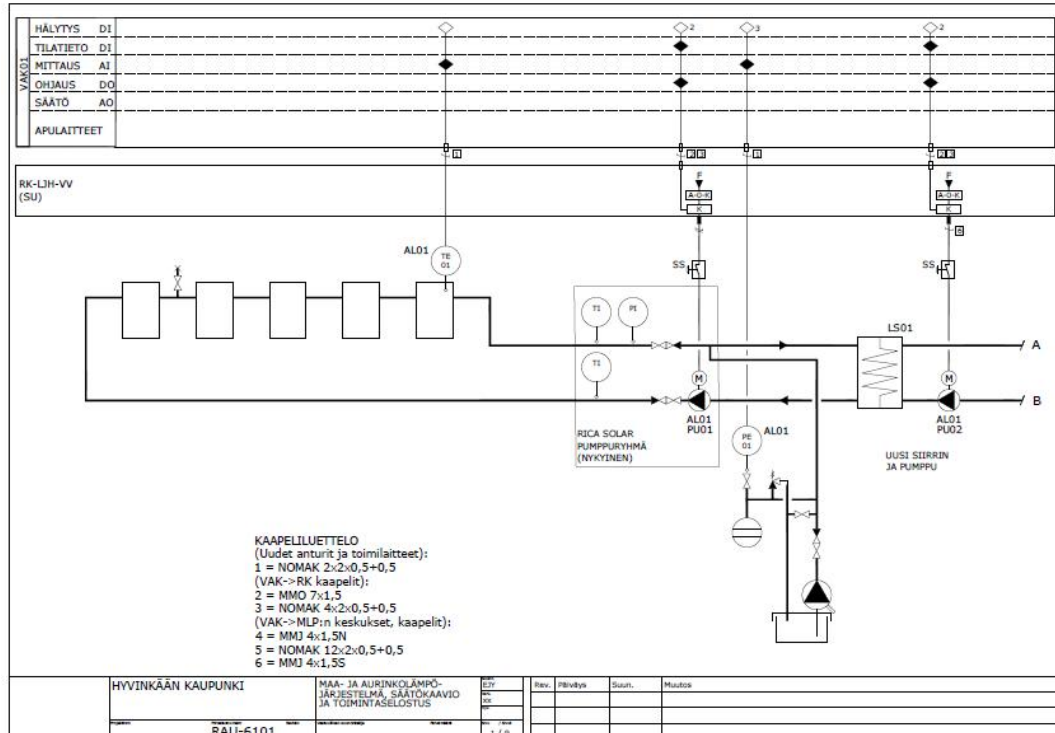
http://85.76.242.3/NuukaUtils/nuukaroot/forms/tailed/Jarvenpaa.aspx

31.10.2016

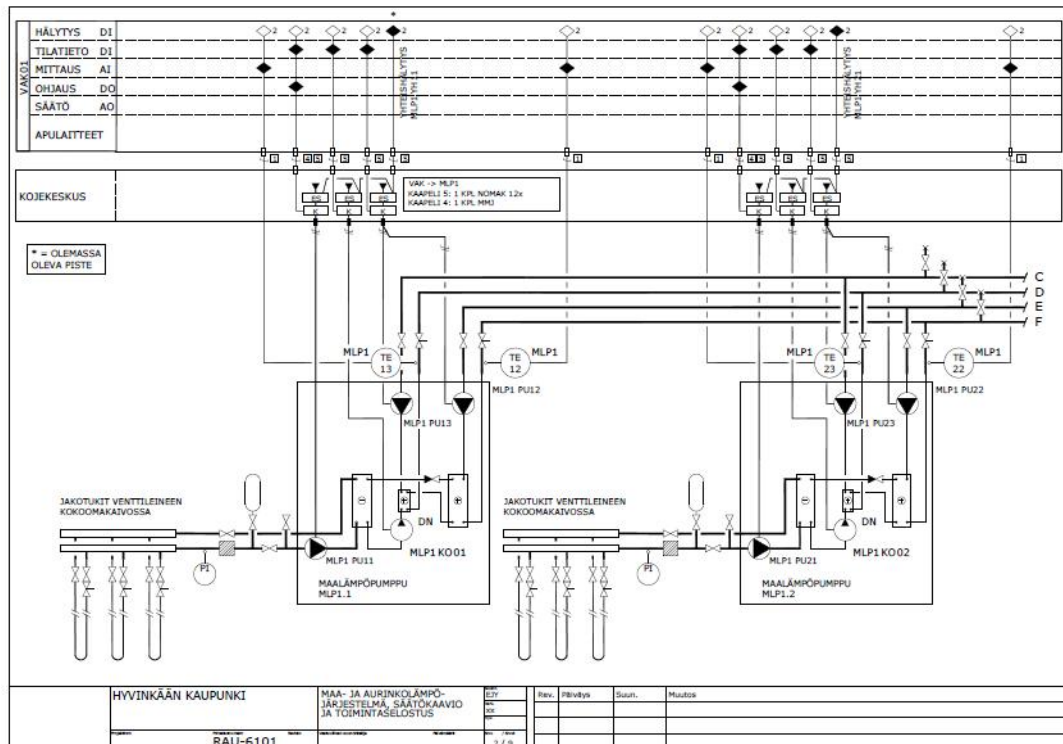
Energiatehokkuuden tunnusluvut														Kokonaispäästöt tCO2e: 20	
Lämmön ominaiskulutus kWh-m3 - 17,3														Veden ominaiskulutus l/asukas/vrk: 121,8	
Energialaji															
E1: Kihlailäisön tuottama energia (MWh)															
Aurinkoenergia															
Aurinkoenergia	0	740	3 770	5 460	8 960	6 270	4 240	4 200	3 760	1 360	0	0	0	38 760	
Geotermiallisen energia	30 490	9 782	10 330	9 626	7 691	5 782	5 493	7 098	7 840	8 088	0	0	0	82 200	
Geotermiallisen energia, jälk...	0	0	2	15	2 209	3 044	1 933	1 043	731	0	0	0	0	8 977	
Aurinkoenergia	30	196	566	764	1 146	833	934	683	637	259	0	0	0	5 947	
Hissien jarrutuksen energia	23	23	24	23	20	17	21	19	18	17	0	0	0	206	
	10 523	10 671	14 692	15 887	20 026	15 946	12 621	13 043	12 987	9 693	0	0	0	136 090	
E2: Omat energia (MWh)															
Kaukolämpö	25 758	10 209	7 802	2 506	760	749	1 074	1 566	1 742	4 824	0	0	0	56 992	
Käyttövesin energia	9 295	8 196	8 191	7 612	6 712	5 515	4 934	6 548	5 611	6 136	0	0	0	68 710	
	35 053	18 405	15 993	10 118	7 472	6 264	6 008	8 116	7 353	10 960	0	0	0	125 702	
E3: Kihlailäisön tuottama energia (MWh)															
Myyty energia	0	0	3	4	8	10	22	6	6	4	0	0	0	61	
Myyty energia	6 949	6 490	7 196	7 209	7 640	5 763	4 966	5 743	5 553	5 012	0	0	0	62 761	
	6 949	6 490	7 199	7 213	7 648	5 793	5 008	5 749	5 559	5 016	0	0	0	62 822	
E4: Vuokratuotanto (MWh)															
Kokonaislämpöenergia	30 490	10 512	14 100	15 086	16 651	12 052	9 733	11 298	11 600	9 418	0	0	0	120 960	
Kokonaislämpöenergia	9 262	-6 017	-7 599	-6 811	-3 336	-1 621	-2 046	-4 803	-4 224	-5 861	0	0	0	-53 589	
	1 228	2 515	6 501	8 275	13 315	10 431	7 687	6 495	7 376	3 557	0	0	0	67 380	
E5: Vedenkulutus (M3)															
Kokonais veden kulutus	798	189	198	194	202	167	215	195	189	172	0	0	0	1 919	
	198	189	198	194	202	167	215	195	189	172	0	0	0	1 919	
E6: Kihlailäisön käyttämä energia (MWh)															
Kokonaislämpöenergia	9 328	8 294	8 781	8 398	7 878	6 365	5 889	7 280	6 266	6 412	0	0	0	74 862	
Lämmön käyttöenergia	4 746	4 436	4 639	4 598	4 701	3 851	3 506	4 561	4 408	3 993	0	0	0	43 437	
Lämmitys	24 220	9 440	9 040	4 480	1 790	1 120	930	1 190	2 200	5 380	0	0	0	59 330	
	38 294	22 171	22 460	17 474	14 369	11 337	9 945	12 920	12 874	15 784	0	0	0	177 629	

## Hybridilämmitysjärjestelmän säätökaavio Hyvinkään päiväkot

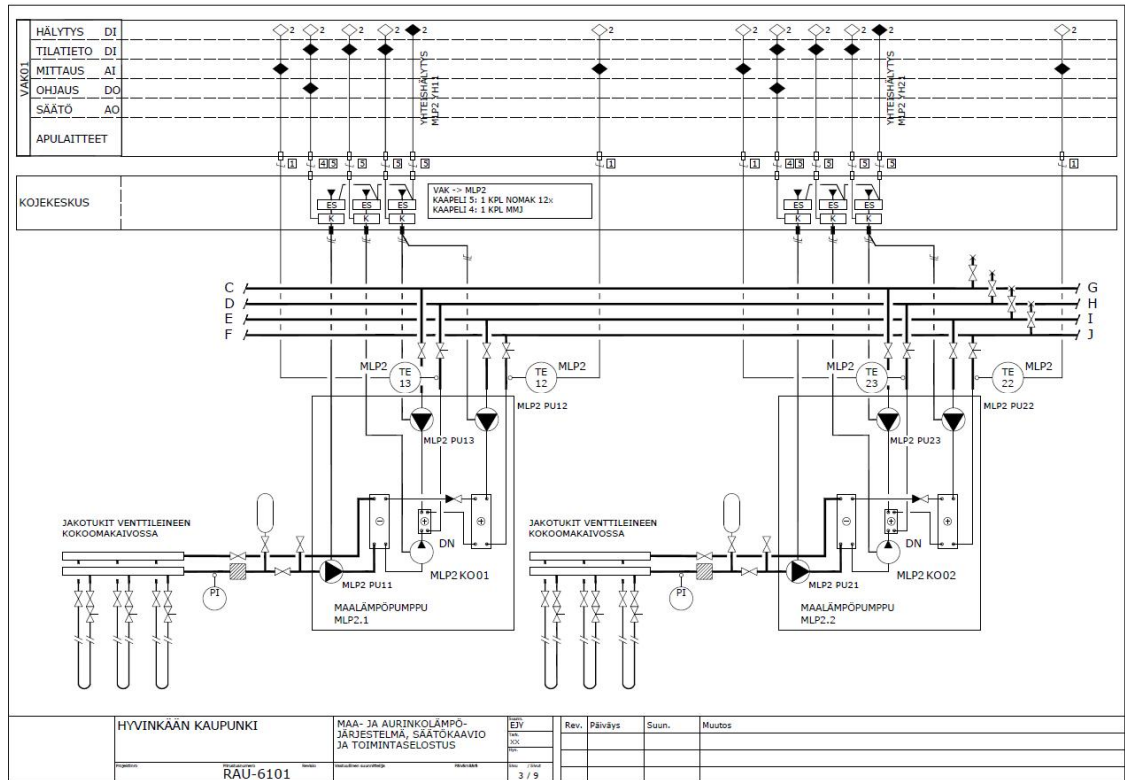
### Aurinkolämmitysjärjestelmä (AL01)



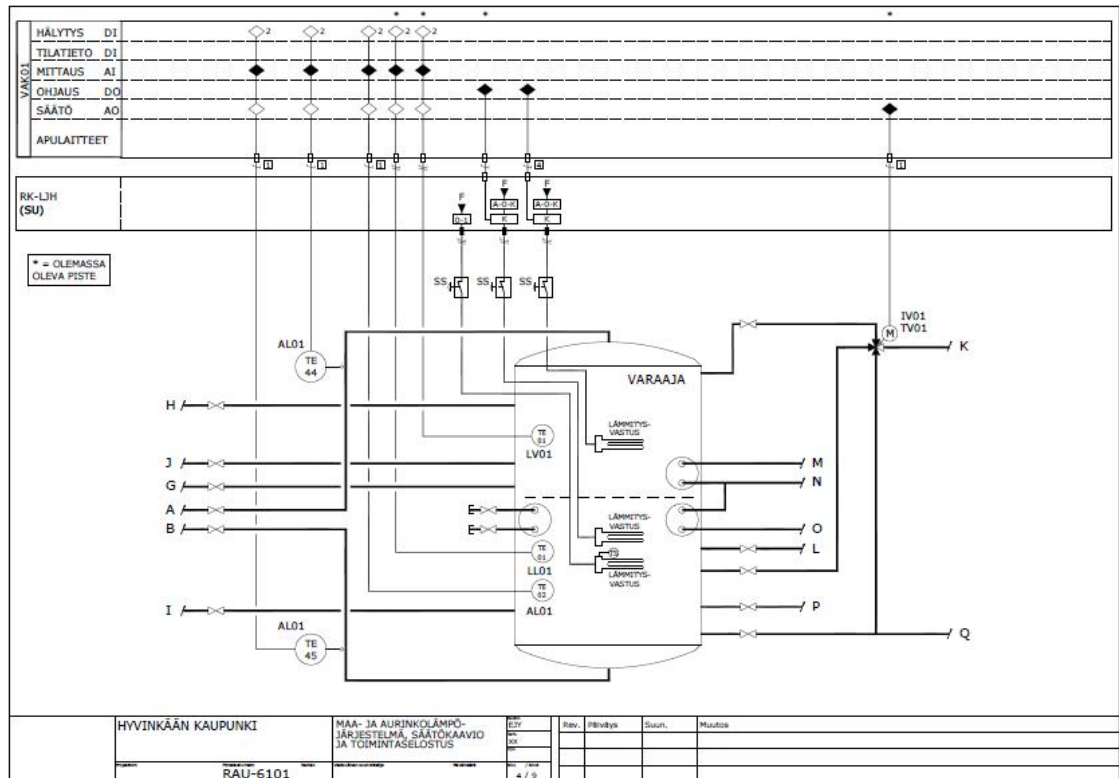
### Maalämpöjärjestelmä (ML01 MLP1)



## Maalämpöjärjestelmä (ML01 MLP2)

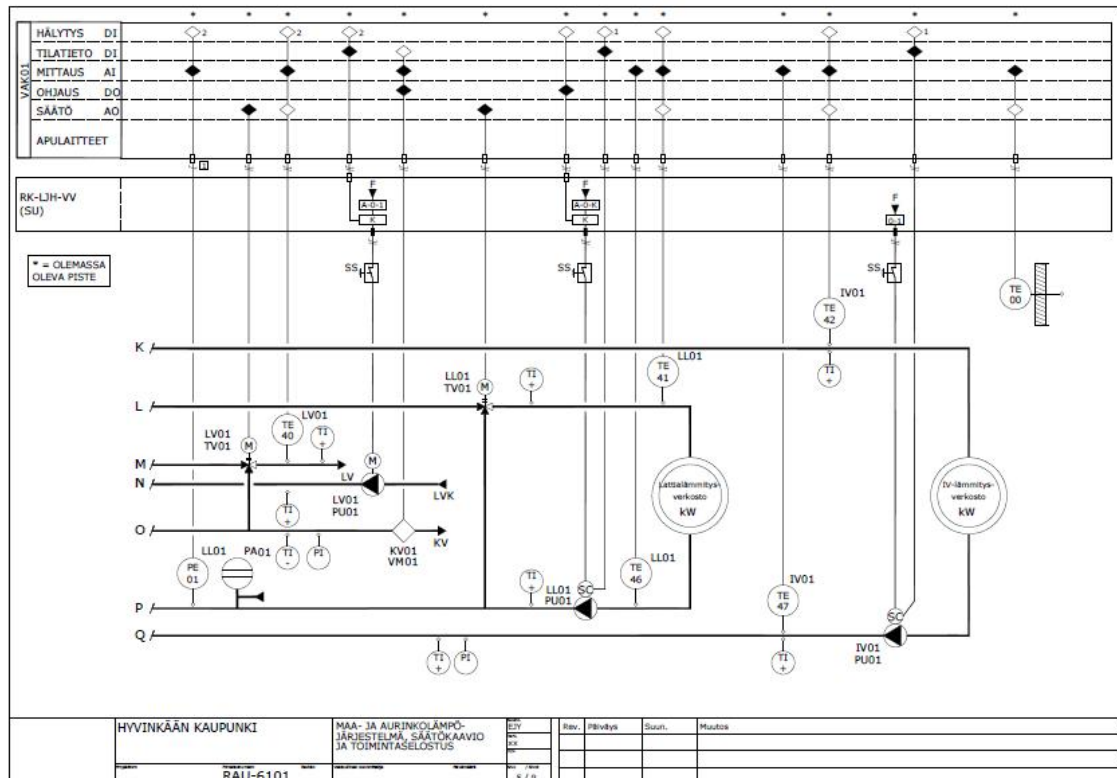


## Lämminvesivaraaja (VS01)





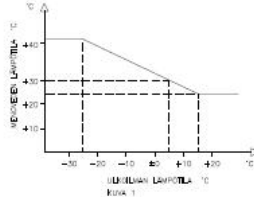
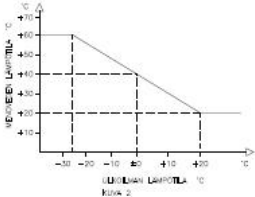
## Lämminvesiverkosto



## Toimintaselostus osa (1/2)

TOIMINTASELOSTUS:					
1. YLEISTÄ					
Kaikki toimintaselostuksessa mainitut arvot ovat aseteltavissa valvomografiikalta ja alakeskuspäätteiltä.					
2. AURINKOLÄMMITYS					
Aurinkolämmitys otetaan käyttöön, kun aurinkokeräimien lämpötila (AL01) on yli asetetun (+60°C, riittää käyttöveden lämmitykseen) ja varaajan yläosan lämpötila on tätä alempi. Tällöin verkoston pumput (AL01 PU01 ja -PU02) käynnistyvät.					
Pumput pysäytetään kun varaajalle palaavan veden lämpötila (AL01 TE44) laskee alle asetetun (+58°C) tai kun varaajan alaosan lämpötila (AL01 TE02) on noussut yli asetetun (+70°C)					
Aurinkolämmityksen ollessa käytössä eivät maalämpöpumput käy.					
3. MAALÄMPÖPUMPUT MLP1 JA MLP2					
Rakennusautomaatiojärjestelmään liitetään seuraavat tiedot. - Kompressoreiden käyntitiedot - Pumppujen käyntitiedot - Yhteishälytykset (vika, huolto) - Ohjaukset (4 kpl) pumppuyksiköille					
Varaajan yläosan lämpötilalle (LV01TE01) asetetaan neljä asetusarvoa esim 0,5°C välein. Kun aurinkolämmityksen kapasiteetti ei riitä ja varaajan yläosan lämpötila laskee alle ylimmän asetusarvon, käynnistää rakennusautomaatiojärjestelmä ensimmäisenä käyntivuorossa olevan maalämpöpumpun. Mikäli lämpötilan asetetun ajan (3min) kuluessa laskee alle seuraavaan asetusarvoon, käynnistää järjestelmä seuraavana käynnistysvuorossa olevan maalämpöpumpun. Mikäli lämpötila laskee edelleen, käynnistetään vastaavasti kolmas ja neljäs maalämpöpumppu. Lämpötilan nousua eroalueen (2°C ) verran yli em. asetusarvojen, pysäytetään maalämpöpumput samassa järjestyksessä kuin ne ovat käynnistyneet. Pysäytysten välillä on aseteltavissa oleva viive (3min).					
Maalämpöpiirien laitteiden käyntiaika pidetään samana vuorottelemalla piirin					
käynnistysjärjestystä edellisestä käynnistysjärjestyksestä aloittamalla portaattainen käynnistys seuraavasta piiristä.					
Maalämpöpiirien käynnistysvuorottelu:					
1 käynnistys: MLP1.1, MLP1.2, MLP2.1 ja MLP2.2					
2 käynnistys: MLP1.2, MLP2.1, MLP2.2 ja MLP1.1					
3 käynnistys: MLP2.1, MLP2.2, MLP1.1 ja MLP1.2					
4 käynnistys: MLP2.2, MLP1.1, MLP1.2 ja MLP2.1					
Kierroksen jälkeen maalämpöpiirien vuorottelu alkaa alusta.					
4. SÄHKÖLÄMMITYS					
Sähkölämmitys toimii lämmitysjärjestelmän lisälämmittimenä jos maar- ja aurinkolämmityksen lämmöntuotanto ei ole riittävä.					
Varaajan lämpötila-antureiden (LV01-, LL01- ja AL01 TE01) mittaustiedon mukaan ohjataan varaajan lämmitysvastukset (LL01 SL01 ja LL01 SL02) päälle. Varaajan lämpötilan noustessa yli sille asetetun asetusarvon vastukset ohjataan pois päältä.					
5. LÄMMIN KÄYTTÖVESI (toiminta ennallean)					
Käyttöveden lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla LKV-verkoston sekoitusventtiiliä LV01TV01 lämpötila-anturi LV01TE40 mittaustiedon perusteella.					
Kiertovesipumppu PU01 käy jatkuvasti, pumpun pysähtymisestä seuraa ohjelmallinen hälytys.					
6. LATTIALÄMMITYSVERKOSTO (toiminta ennallean)					
Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötila (LL01TE41) pidetään ulkoilman lämpötilaan verranollisessa arvossa ohjaamalla verkoston sekoitusventtiiliä LL01TV01, kuvassa 1 esitetyn käyrän mukaisesti. Verkoston lämpötilaa voidaan pudottaa yöaika ja viikonloppu asetusarvojen mukaisesti. Verkoston lämpötilan nosto ja pudotus tapahtuu optimoidusti niin, että huonelämpötila pysyy käyttöajaksi asetetussa asetusarvossaan.					
HYVINKÄÄN KAUPUNKI					
MAA- JA AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ, SÄÄTÖKAAVIO JA TOIMINTASELOSTUS					
RAU-6101					

## Toimintaselostus osa (2/2)

<p>Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan (LL01TE41) noustessa yli asetusarvonsa +45°C (aseteltavissa), kiertovesipumppu LL01PU01 pysähtyy (viive 5 min).</p> <p>Verkoston kiertovesipumppu LL01PU01 käy jatkuvasti, pumpun pysähtymisestä seuraa ohjelmallinen hälytys.</p> <p>7. IV-VERKOSTO (venttiiliytyyyn muutos, toiminta ennallaan)</p> <p>IV-verkoston menoveden lämpötila (IV01TE42) pidetään ulkoilman lämpötilaan verranollisessa arvossa ohjaamalla verkoston sekoitusventtiiliä IV01TV01, kuvassa 2 esitetyn käyrän mukaisesti.</p> <p>IV-verkoston kiertovesipumppu IV01PU01 käy jatkuvasti, pumpun pysähtymisestä seuraa ohjelmallinen hälytys.</p> <p>8. VAROTOIMINNAT JA HÄLYTYKSET</p> <p>Verkoston painemittauksesta LL01PA01 saadaan verkoston yli- ja alipainehälytys</p> <p>Ulkolämpötilan ollessa alle +5°C kaikki säätöjärjestelmällä ohjatut IV-verkoston kytketyt kojeet pysähtyvät, mikäli IV-verkoston menoveden lämpötilasta tai paineesta saatava hälytys on yli 5 min. IV-verkoston kojeet pysähtyvät myös tilanteissa jossa verkoston kiertovesipumppu hälyttää.</p> <p>Maalämpöpiireistä saadaan rakennusautomaatiojärjestelmään yhteishälytys toiminnan häiriintyessä ja erillinen hälytys jokaisen laitteen toiminnasta.</p> <p>Aurinkolämmitysjärjestelmän paneelin ylikuumenemista valvoo lämpötila-anturi (TE01). Paneelin lämpötilan noustessa yli niille asetetun asetusarvon (esim. +90°C) käynnistyy aurinkolämmitysjärjestelmän pumpput (AL01PU01 ja PU02) lämmitystarpeesta huolimatta.</p> <p>Varaajan alin vastus (LL01 SL03) estää varaajan lämpötilan laskemasta alle sallitun (+25°C jäätymsvaara). Lämpötilan asetus vastuksen omalla termostaatilla.</p> <p>Kaikkien lämpötila-antureiden raja-arvohälytykset ovat käyttäjän</p>		<p>muutettavissa.</p> <p>9. VESIMÄÄRÄLASKENTA (toiminta ennallaan)</p> <p>Rakennusautomaatiojärjestelmä laskee kiinteistössä kulutetun käyttöveden määrän vesimittarilta (FQ01) saatavien impulssitietojen perusteella. Käyttöveden päävesimittarin implussi tiedoista saadaan vesivuotohälytys murtovesivalvonnan ollessa aktiivisena. Valvontajärjestelmästä saatavat laskennat liitetään rakennusautomaatiojärjestelmän raportointiohjelmaan.</p>	
		 <p>KUVA 1</p>  <p>KUVA 2</p>	
<p>HVINKÄÄN KAUPUNKI</p> <p>RAU-6101</p>		<p>MAA- JA AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ, SÄÄTÖKAAVIO JA TOIMINTASELOSTUS</p> <p>Rev. 1</p> <p>8 / 9</p>	

## RAU-laiteluettelo osa (1/2)

RAU-LAITELUETTELO:						
Tunnus	Nimitys	Vaikutusalue	Laitetyyppi	Toimittaa	Asentaa	Lisäselvitykset
MLP1TE13	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP1TE12	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
AL01TE45	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
AL01TE44	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP1TE23	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP1TE22	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP2TE23	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP2TE22	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP2TE13	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP2TE12	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
AL01PU02	Pumppu, kierto			PU	PU	Uusi laite
AL01TE01	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolatoaskun paineluokka 16/6 bar	AU	PU	Uusi laite
MLP1PI	Painemittari		Putkeen, 0 ... 6 bar			
MLP2PI	Painemittari		Putkeen, 0 ... 6 bar			
MLP2KO02	Kompressor					
MLP2PI	Painemittari		Putkeen, 0 ... 6 bar			
MLP2KO01	Kompressor					
MLP1KO02	Kompressor					
MLP1KO01	Kompressor					
AL01TE02	Lämpötila-anturi					
LV01TE01	Lämpötila-anturi					
LL01TE01	Lämpötila-anturi					
AL01PU01	Pumppu					
IV01TV01	4-tie sekoitusventtiili ja toimilaitte	1,15l/s, 13kPa		AU	PU	Uusi laite (esim. FSBF YRB140 + ARA600)
AL01PE01	Painemittari			AU	PU	Uusi laite
AL01PI	Painemittari					
AL01TI	Lämpötilamittari					
AL01TI	Lämpötilamittari					
<p>HVINKÄÄN KAUPUNKI</p> <p>RAU-6101</p>		<p>MAA- JA AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ, SÄÄTÖKAAVIO JA TOIMINTASELOSTUS</p> <p>Rev. 1</p> <p>8 / 9</p>				

Tunnus	Nimitys	Vaikutusalue	Laitetyyppi	Toimittaa	Asentaa	Lisäselvitykset
LL01PE01	Paineanturi			AU	PU	Uusi laite
IV01PI	Painemittari		Putkeen 0 ... 6 bar			
LL01TE46	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolataskun paineluokka 16/6 bar			
LL01TE41	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolataskun paineluokka 16/6 bar			
LL01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
LL01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
LV01TV01	3-tie sekoitusventtiili ja toimilaite		0,85 l/s, 25 kPa			
KV01PI	Painemittari		Putkeen 0 ... 6 bar			
LV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
LV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
KV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
IV01TE42	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolataskun paineluokka 16/6 bar			
IV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
IV01TE47	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolataskun paineluokka 16/6 bar			
IV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
IV01PU01	Pumppu integroidulla raajusmuuttajalla					
LL01PU01	Pumppu integroidulla raajusmuuttajalla					
LV01PU01	Pumppu					
LL01TE40	Lämpötila-anturi		Putkeen, suolataskun paineluokka 16/6 bar			
LL01TE00	Ulkoinen-anturi					
IV01TI+	Lämpötilamittari		Putkeen 0...+120 °C			
LL01TV01	3-tie sekoitusventtiili ja toimilaite		1,18 l/s, 14 kPa			