



Ville Järvenpää

Rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus asuinkiinteistössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

4.4.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Ville Järvenpää
Otsikko:	Rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus asuinkiinteistöissä
Sivumäärä:	58 sivua + 1 liite
Aika:	4.4.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaajat:	Toimitusjohtaja Kari Malinen Lehtori Jarmo Tapio

Euroopan Unioni julkaisi tuoreimman rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vuonna 2018. Kesällä 2021 astui voimaan tuorein EU:n asettama ilmastolaki. Laki velvoittaa jäsenmaitaan vähentämään kasvihuonepäästöjään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Osana tätä niin kutsuttua 55-valmiuspakettia on otettu uudelleen tarkasteluun myös rakennusten energiatehokkuusdirektiivi ja mahdollisuutena sen kiristäminen. Tavoitteena on saada EU:sta ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä.

Suoraan rakennusautomaatiota koskevia lakeja ja määräyksiä on ollut varsin vähän, mutta määrä on kasvamassa enenemissä määrin energiatehokkuutta tehostavien määräysten kautta. Rakennusautomaatiolla on merkittävä rooli kiinteistön taloteknisten järjestelmien ja niiden energiankäytön hallinnassa. Automaatiojärjestelmän teknisenä käyttöikäenä pidetään noin 15:tä vuotta. Tämä tarkoittaa sitä, että taloteknisen järjestelmän käyttöaikana automaatio uusitaan pääsääntöisesti ainakin kertaalleen.

Opinnäytetyö tehtiin HK-Säätö Oy:lle, joka on pääkaupunkiseudulla toimiva rakennusautomaatioalalla toimiva yritys. Työn tarkoitus on tarkastella millaisia rakennusautomaatiota koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä on. Tavoitteena on myös selvittää miten uusi EU:n asettama rakennusten tämänhetkinen energiatehokkuusdirektiivi vaikuttaa suoraan tai välillisesti asuinkiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmiin. Työssä tutkitaan direktiivin tulevaisuutta ja seuraavaa päivitystä, jonka tavoite on olla aina aiempaa kunnianhimoisempi.

Rakennusautomaatiojärjestelmän uusimisen sykli on kohtuullisen nopea, ja hyvin suunniteltuna saneeraus mahdollistaa rakennuksen energiankäytön tehostamisen. Työssä käydään läpi asuinkiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän uusimisen perinteinen suunnittelu- ja hankintaprosessi. Esimerkkikohteessa toteutettiin rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus kaukolämpökeskuksen uusimisen yhteydessä. Työssä tuodaan esille, millaisin keinoin saneerattu automaatiojärjestelmä tuodaan tämän päivän tasolle ja miten energiatehokkuutta voidaan tehostaa kohtuullisen kevein toimenpitein asuinolosuhteista tinkimättä. Lopuksi pohditaan millaisia energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä voisi esimerkkikohteessa toteuttaa tulevaisuudessa.

Avainsanat: Automaatio, rakennusautomaatio, talotekniikka

Abstract

Author: Ville Järvenpää
Title: Renovation of Building Automation System in Residential Building
Number of Pages: 58 pages + 1 appendix
Date: 4 April 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Supervisors: Kari Malinen, Chief Executive Officer
Jarmo Tapio, Senior Lecturer

The purpose of the final year project was to study the laws, decrees, and regulations regarding building automation in order to establish how the current energy efficiency directive for buildings set by the EU directly or indirectly affects the building automation systems of residential properties. The thesis looked into the future of the directive and anticipated its next update, as every update aims to be more ambitious than the previous one.

The thesis saw the cycle of renewing the building automation system to be reasonably fast and took for granted that a well-planned renovation would make a building more energy efficient. Thus, the design and procurement process of building automation system renovation in a residential building was studied. The renovation of the case building automation system was done together with the renewal of the district heating centre. The case showed how an automation system can be brought up to date and how energy efficiency can be enhanced with reasonably light measures without compromising living conditions. Furthermore, the thesis suggested ways to improve the energy efficiency of the case building even more in the future. The thesis can be used for the planning similar renovations for similar buildings.

Keywords: Automation, building automation, building technology

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusten energiatehokkuus	3
2.1	Energian käyttö Suomessa	4
2.2	Energiatehokkuuden historia ja tulevaisuus	5
2.2.1	EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivi ja sitä seuraavat kansalliset päätökset Suomessa	6
2.3	Energiatehokkuutta parantavat korjaushankkeet ja energia-avustus	9
2.3.1	Matalalämpöinen kaukolämpö	10
3	Rakennusautomaatio Suomessa	11
3.1	Lait, asetukset, määräykset, säädökset ja pätevyudet	11
3.2	Rakennusautomaatio ja GDPR	14
3.3	Älyvalmiusindikaattori eli SRI-luku	14
3.4	Tekoäly ja koneoppiminen	16
3.5	Kyberturvallisuus	17
4	Energiatehokas talotekniikka	18
4.1	Ilmanvaihto	18
4.2	Lämmitysjärjestelmä	19
4.2.1	Perussäätö	20
4.3	Jäähdytys	23
4.4	Valaistus	23
4.5	Rakennusautomaatio	24
5	Rakennusautomaatiojärjestelmän saneerauksen suunnittelu	27
5.1	Suunnitteluvaiheet	28
6	Esimerkkikiinteistö Vaskivuorentie 12, Vantaa	30
6.1	Hankkeen suunnittelu ja aloitus	31
6.2	Lämmönjakokeskuksen uusiminen	32
6.2.1	Kaukolämpö	33
6.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus	35
6.3.1	Alakeskukset	35

6.3.2	Etäyhteys, valvomoliitos ja tietoturva	36
6.4	Lämmönjako	38
6.4.1	Käyttövesi	39
6.4.2	Lämmitysverkot	41
6.4.2.1	Huonelämpötilakompensointi	42
6.4.2.2	Säädata, ennakoitu ulkolämpötila ja tuulikompensointi	44
6.4.2.3	Kaukolämmön huipputeho	47
6.4.2.4	Ilmanvaihtoverkoston lämmöntarveohjaus	49
6.5	Ilmanvaihdon automaatio	50
6.6	Erillisohjaukset ja -hälytykset	52
6.7	Tulevaisuuden mahdollisuudet	53
7	Yhteenveto	56
	Lähdeluettelo	59

Liitteet

Liite 1: Esimerkkikohteen lämmönjakojärjestelmän vanhojen ja uusien kiertovesipumppujen sähkönkulutuksen vertailu energiansäästölaskelmana

Lyhenteet ja käsitteet

Ilmastoneutraali (=hiilineutraali):

Hiilidioksidipäästön tuotanto on yhtä suurta kuin kyky sitoa hiilidioksidia.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmä:

Kaikki kiinteistössä automaattisesti toimivat järjestelmät kokonaisuutena.

Rakennusautomaatio:

Talotekninen automaatiojärjestelmä, joka on osa kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Rakennusautomaatiolla hallitaan esimerkiksi kiinteistön ilmanvaihtoa ja lämmönjakoa.

Hiilinielu: Hiilinielulla on kyky kerätä ja varastoida hiiltä sisältäviä yhdisteitä. Tärkeimpiä hiilinieluja ovat metsät ja meret.

Ilmastonmuutos:

Ihmisen toiminnasta seurannut ilmaston lämpeneminen.

GDPR: (General Data Protection Regulation) EU:n yleinen tietosuojasetus eli henkilötietoja koskeva laki.

SRI-luku: (Smart Readiness Indicator) Tarkoittaa rakennuksen älyvalmiusindikaattoria, jolla arvioidaan rakennusten teknologisia valmiuksia älykkääseen ohjaukseen ja käyttöön.

EPBD: (Energy performance of buildings directive) Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

VAK: *Valvonta-alakeskus*. Perinteisen rakennusautomaation keskus, joka sisältää prosessiyksikön, I/O moduulit, väyläyksiköt, hälytysten siirto- ja valvomoliitoslaitteet sekä mahdollisen huoltokäyttöpäätteen.

I/O-moduuli:

Laitte, jolla fyysiset laitteet, kuten anturit, liitetään automaatiojärjestelmään.

Digitalisaatio:

Digitaalisen teknologian yleistymistä arjessa, mahdollistaen digitaalisen tiedon jakamisen, käsittelyn ja prosessoinnin.

Tietosuoja: Henkilötietojen suojaamista ja osa yksityisyyden suoja. Tietosuoja on ihmisen perusoikeus. Turvaa oikeuksien ja vapauksien toteutumisen henkilötietojen käsittelyssä.

Kyberturvallisuus:

Järjestelyt, joilla turvataan tietojärjestelmiä ja laitteita verkkoympäristössä. Kyberuhkia saattaa olla huolimattomuus, tietojen kalastelu, tietovuodot ja -murrot sekä palvelunestohyökkäykset.

Tietoturvallisuus:

Tietoaineiston tai tietojärjestelmän turvaamista laajemmin, kuten tietoon pääsyn rajoittamista fyysisesti sekä digitaalisesti tallennusympäristön ulkopuolelta.

BACnet: (Building Automation and Control Networks) Standardoitu tiedonsiirtoprotokolla, joka on kehitetty vastaamaan rakennusautomaation tarpeita

M-bus: (Meter-bus) väyläprotokolla, joka on kehitetty etenkin kulutuslukemien siirtoon. Mahdollista siirtää mittarin käyttöjännite väylän mukana.

Modbus: 1970-luvulla kehitetty sarjaliikenneprotokolla

Modbus TCP:

Ethernet-protokollaan perustuva väyläyhteys. Väyläkaapelina käytetään verkkokaapelia.

Modbus RTU:

RS-485 protokollaan perustuva väyläyhteys. Väyläkaapelina käytetään parikaapelointia.

KNX: Avoin väylästandardi, joka on kehitetty etenkin taloautomaatiota varten.

Rajapinta: Mahdollistaa tietokoneohjelmien välisen tietojen vaihdon ja kommunikoinnin (=API, application programming interface)

IP-osoite: (Internet Protocol) Tunniste, jolla laite tunnistetaan verkossa.

DynDNS: (Dynamic Domain Name System) Dynaaminen verkkotunnusjärjestelmä, jossa tunnus (domain) muunnetaan IP-osoitteiksi.

55-valmiuspaketti:

(Fit for 55) Ehdotuspaketti, jonka tarkoituksena on ottaa käyttöön uusia keinoja sekä tarkistaa ja päivittää EU:n lainsäädäntöä ilmastotavoitteiden täyttymiseksi.

REPowerEU:

Direktiiviehdotus, jonka tarkoitus on tehdä EU-lainsäädäntöön kohdennettuja muutoksia koskien uusiutuvaa energiaa ja päättää EU:n riippuvuudesta venäläistä fossiilista polttoainetta kohtaan.

VPN: (Virtual private network) Virtuaalinen erillisverkko, joka mahdollistaa salatun yhteyden.

Avoin data: Vapaasti ja maksutta hyödynnettävää tietoa rakenteisessa muodossa

Spot-hinta: (Pörssisähkö) Sähkömarkkinan tuntikohtainen hinnoittelu, jossa sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan

Keskitetty ilmanvaihto:

Kerrostalon ilmanvaihtoratkaisu, jossa useamman asunnon ilmanvaihto toteutetaan yhden ilmanvaihtokoneen avulla.

IOT: (Internet of Things) Esineiden internet, ratkaisut, joilla jatkuvasti tietoa tuottavat, tekniset laitteet liitetään langattomaan verkkoon.

1 Johdanto

Kaikkia kiinteistön automaattisesti toimivia järjestelmiä kutsutaan kootusti kiinteistöautomaatiojärjestelmäksi. Osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää toimii myös rakennusautomaatiojärjestelmä. Rakennusautomaatiojärjestelmäksi kutsutaan järjestelmää, jolla valvotaan, seurataan, hallitaan, mitataan, säädetään, ohjataan ja optimoidaan taloteknisiä prosesseja sekä integroidaan erilaisia järjestelmiä yhteen. Taloteknisiä järjestelmiä ovat esimerkiksi ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys- sekä erilaiset sähköiset ohjausjärjestelmät.

Rakennusautomaatiojärjestelmällä mahdollistetaan taloteknisen järjestelmän oikea ja tarkoituksenmukainen käyttötapa. Synonyymeinä rakennusautomaatiolle on käytetty esimerkiksi säätö- ja valvontajärjestelmää, talotekniikan automaatiota tai taloautomaatiota.

Suomessa pitkä lämmityskausi ja vaihtelevat vuodenaajat tekevät rakennusautomaatiojärjestelmästä käytännössä välttämättömän suuremmissa kiinteistöissä. Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan lisätä arjen sujuvuutta, rakennuksen energiatehokkuutta, taloudellista ja turvallista käyttöä sekä sisäilman laatua saavuttaen halutut olosuhteet ja toiminnallisuudet. Järjestelmän ylläpidolla on suuri vaikutus rakennuksen edellä mainittuun toimintaan. Toimivalla järjestelmällä voidaan havaita ongelma jo ennen suuremman vahingon sattumista sekä estää järjestelmien tarpeeton käyttö ja tätä kautta säästää energiaa. Rakennusautomaatiojärjestelmä on kiinteistöä ylläpitävän organisaation työkalu.

Kiinteistön teknisten järjestelmien kokonaisvaltainen ohjaus ja hallinta mahdollistaa asumisen haluttujen olosuhteiden luomisen helposti verrattuna yksittäisten osien itsenäiseen toimintaan. Motivan julkaisemassa Ohje taloautomaation hankintaan -verkko-oppaassa [1] on hahmoteltu kuva (kuva 1 s. 2) mitä kaikkea kiinteistö- ja rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan liittää.

suuntaan tarpeen mukaisella ohjauksella, energiavirtoja kierrättämällä ja energian talteenotoilla. Avainrooli uusien energiamääräysten saavuttamisessa on talotekniikalla. [4]

Opinnäytetyön tavoite on selvittää nykyiset rakennusautomaatiojärjestelmiä koskevat lait, määräykset ja asetukset. Työssä tarkastellaan EU:n asettamaa rakennusten energiatehokkuuslakia ja sen kansallisia vastineita sekä tutkitaan energiatehokkuuslain seuraavaa, kunnianhimoisempaa päivitystä, ja sen mahdollisia vaikutuksia asuinrakennusten rakennusautomaatiojärjestelmiin.

Työ tehtiin HK-Säätö Oy:lle. HK-Säätö Oy on rakennusautomaatioalalla toimiva yritys, joka on perustettu vuonna 1991 ja joka toimii Uudenmaan alueella.

Työssä esitellään asuinrakennuksen rakennusautomaatiojärjestelmän saneerausprojekti, joka toteutettiin Vantaalla Vaskivuorentie 12:ssa ja esitellään projektissa automaatiojärjestelmällä toteutetut energiankulutusta pienentävät ratkaisut.

2 Rakennusten energiatehokkuus

Rakennusten energiatehokkuutta hallitaan kokonaisuutena, jossa keskiössä ovat rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen. Ensimmäisenä rakennuksella pitää olla pienet lämpöhäviöt, minkä jälkeen tehostetaan energiakulutusta, tarkkaillaan energian tuotantomuotoa ja hyväksi käytetään ilmaisenergioita. Talotekniikka suunnitellaan energiatehokkaaksi ja automaatiojärjestelmällä ohjataan laitteiden optimaalinen ja tarpeenmukainen käyttö. [5]

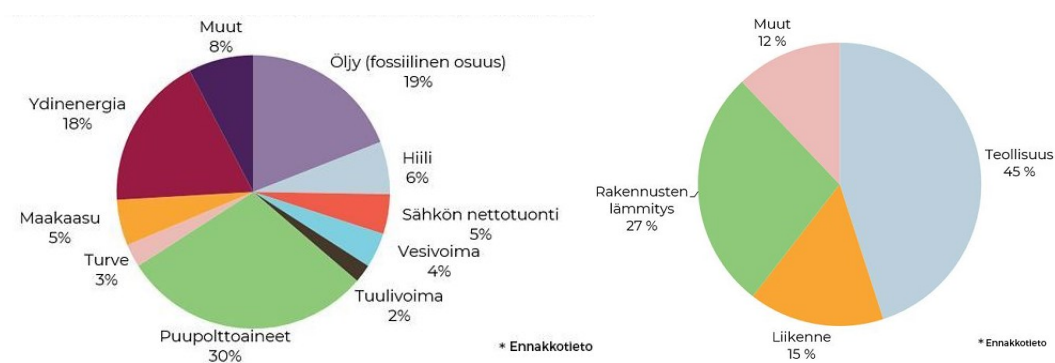
Ensimmäinen rakennusten automaatiojärjestelmien energiatehokkuutta koskeva eurooppalainen standardi SFS-EN 15232 ”Rakennusten energiatehokkuus. Osa 1: Kiinteistöautomaation, ohjauksen ja kiinteistönhallinnan vaikutus. Moduulit M10-4,5,6,7,8,9,10”, julkaistiin vuonna 2007. Standardin tarkoitus on esittää luettelo toiminnoista, joilla rakennusautomaatiolle voidaan määritellä tehokkuus-

luokka eli taso. Tasojen avulla voidaan käydä keskustelua automaatiojärjestelmien energiatehokkuusvaikutuksista ja antaa keinot tarkastella automaation hyötyjä. [3]

Standardin viimeinen versio vuodelta 2017 on kumottu 18.03.2022 ja se on korvattu uudella standardilla SFS-EN ISO 52120-1:2022. Uuden standardin julkaisupäivä on ollut 22.3.2022 eikä siitä ole toistaiseksi julkaistu suomenkielistä versiota. [6]

2.1 Energian käyttö Suomessa

Energian loppukäyttö kattaa sähkön ja kaukolämmön sekä rakennusten lämmitykseen käytetyn polttoaineen, liikennepolttoaineen sekä teollisuuden polttoaineen kulutuksen. Vuonna 2021 energian loppukäyttö Suomessa oli 305 TWh, mikä tarkoittaa 55 MWh asukasta kohden. Vuoteen 2020 verrattuna loppukäyttö lisääntyi kuusi prosenttia. Myös rakennusten lämmittämiseen käytetty energia lisääntyi 15 prosenttia, minkä osaltaan selittää vuosien välinen lämpötilaero. Kuvassa 2 näkee vuoden 2021 energian kokonaiskulutuksen lähteittäin sekä loppukäytön jakautumisen Suomessa. [7]



Kuva 2. Vasemmalla energian kokonaiskulutus lähteittäin ja oikealla loppukäytön jakautuminen vuonna 2021 [7]

Fossiilisen polttoaineen ja turpeen käyttö energian tuotannossa ja kulutuksessa aiheutti vuonna 2021 hiilidioksidipäästöjä 34,0 miljoonaa tonnia. Vertailuvuoteen 1990 nähden päästöt ovat laskeneet 33 prosenttia. [2]

2.2 Energiatehokkuuden historia ja tulevaisuus

Alkujaan energiaa on säästetty lähinnä energian hinnan takia. Energiantuotannon ja kulutuksen rasitus maapallolle on varmistunut vasta 2010-luvulla ja sen myötä on pystytty ymmärtämään nykyrakenteen päästöt ja niistä seuraavat ilmastovaikutukset. Maailman ilmastosopimuksilla pyritään tehostamaan energian käyttöä ja sitä kautta pienentämään kasvihuonepäästöjä. [5]

YK:n ilmastosopimuksen allekirjoittaneet maat tavoittelevat maan pintalämpötilan nousun rajoittamista kahteen celsius-asteeseen verrattuna esiteollisen kauden tasoa. Tavoite on puolittaa maailmanlaajuiset päästöt vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna, ja täysi hiilineutraalius tulisi saavuttaa ennen vuosisadan loppua. EU ilmoitti tukevansa tavoitetta ja ilmoitti pyrkivänsä vuoteen 2030 mennessä vähentämään kasvihuonepäästöjä 40 prosenttia ja vuoteen 2050 noin 80–90 prosenttia vuoden 1990 tasosta. EU on tehnyt lainsäädäntöä, jonka tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä ja parantaa käytettävien laitteiden energiatehokkuutta. [8]

Alkuperäinen YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus astui voimaan vuonna 1994, ja tätä sopimusta on täydennetty Kioton pöytäkirjalla, joka astui voimaan vuonna 2005 sekä Pariisin ilmastosopimuksella, joka astui voimaan vuonna 2016. Pariisin sopimus oli ensimmäinen oikeudellisesti sitova globaali ilmastosopimus, joka velvoittaa allekirjoittajamaita toimiin kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Sopimuksen on ratifioinut 193 maata. Sopimuksen mukaan tavoitteiden edistymistä seurataan viiden vuoden välein. Kunkin osapuolen tulee valmistella oma kansallinen tavoite viiden vuoden välein ja uusimman tavoitteen tulee olla aina aiempaa kunnianhimoisempi. Vuonna 2023 tehdään ensimmäinen kokonaistarkastelu. [9] [10]

2.2.1 EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivi ja sitä seuraavat kansalliset päätökset Suomessa

Vuonna 2018 EU:n julkaiseman rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD 2018/844/EU2) tarkoituksena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta, lisätä uusiutuvan energian käyttöä, pienentää energiankulutusta, vähentää hiilidioksidipäästöjä ja tällä tavalla hillitä ilmastonmuutosta. Asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi olemassa olevan rakennuskannan kustannustehokkaita perusparannuksia nopeutetaan ja samalla lisätään älykkään teknologian käyttöä rakennuksissa. [11]

Direktiivi on tuonut muutoksen Suomen rakennuksia koskevaan lainsäädäntöön. Ympäristöministeriö on julkaissut lain 733/2020 ”Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä” sekä asetuksen 718/2020 ”Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista”, joilla säädetään energiatehokkuuden vaatimukset rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmille, paikallisille sähköntuotantojärjestelmille sekä it-sesäätöille laitteille. Laki ja asetus koskevat niin uudisrakennuksia kuin myös olemassa olevaa rakennuskantaa niiden korjaus- ja muutostöissä tai rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa. Laki 733/2020 on astunut voimaan 11.11.2020 ja asetus 718/2020 1.1.2021. [12]

Suomen 2019 hallitusohjelmassa Suomen hiilineutraaliudelle asetettu tavoite on vuoteen 2035 mennessä [13]. Joulu-tammikuussa 2021 oli lausuntokierroksella suunnitelma keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikasta. Helmikuussa 2022 tekivät tutkimuslaitokset suunnitelman riittävyysarvioinnin. Arvioinnissa todettiin, että luonnosversion toimia on vahvistettava, jotta tavoitteisiin päästäisiin riittävällä varmuusmarginaalilla. [14]

EU-johtajat keskustelivat 15.-16.10.2020 vuoden 2030 ilmastotavoitteista ja pyysivät Eurooppa-neuvostoa järjestämään jäsenmaiden kuulemisen arvioidakseen päästövähennystavoitteen kiristämisestä 55 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna [15]. EU-suurlähettiläät hyväksyivät

5.5.2021 EU:n ilmastolain kompromissitekstin, jossa sovittiin nettopäästöjen vähennystavoitteeksi 55 prosenttia vuodelle 2030 sekä ilmastoneutraaliustavoite vuodelle 2050. [16]

Osana tätä laajaa 55-ilmastopakettia Euroopan komissio julkaisi 15.12.2021 ehdotuksen energiatehokkuusdirektiivin muuttamisesta. Ehdotus sisältää uusien avauksien lisäksi nykyisten energiatehokkuustoimien tehostamista. Ehdotuksella komissio haluaa vauhdittaa rakennusten peruskorjauksia ja hiilestä irtautumista [17]. Suomen hallitus suhtautuu kriittisesti EU-tasoiseen päätöksen tekkoon olemassa olevien rakennusten energiatehokkuustasoista ja korjausaikatauluista, mutta pitää hyvinä tavoitteita uusien rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta ja päästöttömän energian käytöstä. [18]

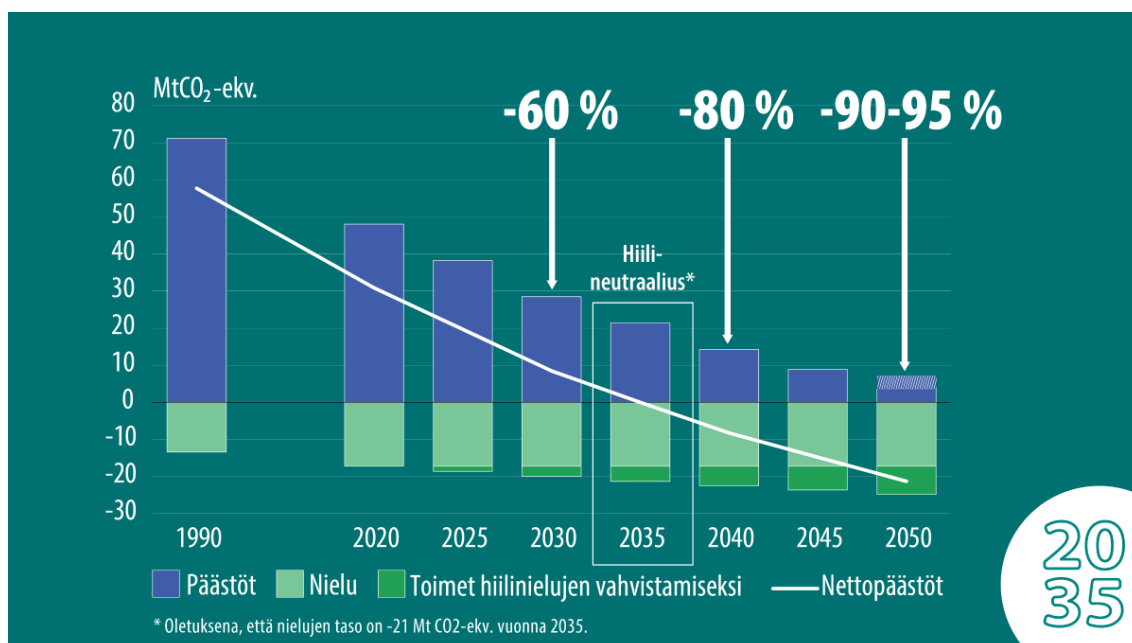
18.5.2022 komissio julkaisi REPowerEU-suunnitelman tavoitteenaan nopeuttaa siirtymistä puhtaaseen energiaan ja katkaista riippuvuus venäläisistä fossiilisista polttoaineista mahdollisimman pian. Ehdotuksena on aurinkoenergian käytön edistämisen lisäämistä uudistettavaan rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin. [17]

Komission ehdotuksen mukaan velvoitteet koskisivat yli 250 neliömetrin laajuisia julkisia ja kaupallisia rakennuksia, joihin olisi varmistettava sopiva aurinkojärjestelmän käyttöönotto vuoteen 2026 mennessä uusille rakennuksille ja olemassa oleville vuoteen 2027 mennessä. Valtioneuvosto pitää tärkeänä aurinkoenergian edistämistä EU:n alueella ja pitää komission antamaa ehdotusta tervetulleena, mutta pitää komission ehdottamaa aikataulua liian tiukkana. Myöskään ehdotusta pakollisesta velvoitteesta asentaa olemassa olevaan julkiseen rakennuskantaan aurinkoenergiajärjestelmiä valtioneuvosto ei pidä hyvänä. Valtioneuvosto hyväksyykin ehdotuksen asennuksesta uusiin julkisiin ja kaupallisiin rakennuksiin sekä olemassa oleviin, laajamittaisen peruskorjauksen yhteydessä. [19]

Komissio ei anna ehdotusta koskien olemassa olevaa asuinrakennuskantaa, mutta uudistuotantoa koskeva aurinkoenergian käyttöönotto olisi varmistettava

vuoteen 2029 mennessä. Valtioneuvosto korostaa, että asuinrakennusten sää- telyssä on otettava huomioon kansalliset olosuhteet, ilmasto-olosuhteet sekä soveltuvuus kansalliseen energiajärjestelmään. Myöskään vaadittavaa aurin- koenergiajärjestelmää ei saa säätää liian yksityiskohtaisesti. [19]

Suomen uusi ilmastolaki (423/2022) astui voimaan 1.7.2022. Ilmastolaki laaje- nee koskemaan maankäyttösektorin päästöjä, ja siihen on asetettu nielujen vahvistamista koskeva tavoite sekä päästövähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050 (kuva 3). Hallitus teki esityksen 20.10.2022 kuntien ilmastosuunni- telmista ja muutoksenhakua koskevasta sääntelystä. Eduskunta hyväksyi lain 9.12.2022 ja se astuu voimaan 1.3.2023. Laki velvoittaa kuntia laatimaan ilmas- tosuunnitelman. [20] [21]



Kuva 3. Ilmastolakiin asetetut päästövähennystavoitteet [21]

EU:n neuvosto pääsi yksimielisyyteen 25.10.2022 ehdotuksessaan, jonka tar- koituksena on tarkastaa rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä ja tiukentaa energiatehokkuussääntöjä. Ehdotuksen yleisnäkemyks on, että uusien rakennus- ten tulisi olla päästöttömiä vuoteen 2030 mennessä ja olemassa oleva raken- nuskanta olisi muutettava päästöttömäksi vuoteen 2050 mennessä. Tämä olisi

ratkaisevan tärkeää tavoitteessa saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä.

Ehdotuksessa otettiin kantaa myös olemassa olevaan asuinrakennuskantaan. Ehdotuksen mukaan asuinrakennusten keskimääräisen primäärienergian käytön tulisi vastata vähimmäisvaatimuksena energiatehokkuusluokka D:tä vuoteen 2033 mennessä. Lisäksi primäärienergian käyttöä vähennetään asuinrakennuskannassa asteittain siten, että vuoden 2050 asuinrakennuskanta vastaa päästö- töntä rakennuskantaa. Vaatimukset toteutettaisiin jäsenmaiden kansallisten rakennusten perusparannussuunnitelmien mukaan. [22]

2.3 Energiatehokkuutta parantavat korjaushankkeet ja energia-avustus

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA myöntää asuinrakennusten energiatehokkuutta parantaviin korjaushankkeisiin energia-avustusta vuosina 2020–2023. Korjaushankkeen on saavutettava koko rakennuksen energiatehokkuutta parantavalle toimenpiteelle asetuksessa määritetty taso, jotta avustusta voi saada. Jotta määritetylle tasolle päästään, tarkoittaa se pääsääntöisesti useampaa toimenpidettä. [23]

Avustuksen vaatimustaso asuinkerrostalossa on, että energiatehokkuutta tulee parantaa laskennallisesti vähintään 20 % rakennuksen rakentamisajankohdan säännösten mukaista vähimmäistason vertailulukua parempaan tasoon. Avustukseen laskentaan huomioitavista kustannuksista avustuksen osuus on puolet. Toimenpiteiden avustettavat osuudet lasketaan yhteen, ja yhteenlaskettu avustussumma on enintään 4 000 euroa asuntoa kohden tai lähes nollaenergiatasoa tavoiteltaessa 6 000 euroa asuntoa kohden. Ara suosittelee E-luvun laskennassa pätevoityneen energiatodistusten laatijan käyttöä. [24]

2.3.1 Matalalämpöinen kaukolämpö

Yksittäisenä toimenpiteenä matalalämpöiseen kaukolämpöön siirtyminen ei ole pääsääntöisesti riittänyt energia-avustukseen. Osana pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmaa 10.12.2019 toteutukseen otettiin toimenpidetkokonaisuus, jonka tarkoitus on tukea hiilijalanjäljen pienentämistä asumisessa, olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamista ja päästöttömän lämmöntuotannon tukemista. Valtion vihreää siirtymistä ja huoltovarmuutta tuetaan vuoden 2022 valtion talousarviossa myöntämällä enintään 10 000 000 euroa avustusta asuinrakennusten lämmönvaihtimien vaihtamisen matalalämpöiseen kaukolämpöön. Vastaava esitys löytyy valtiovarainministeriön vuoden 2023 ehdotuksesta.

Ympäristöministeriö julkaisi 12.8.2022 perustelumuistion ”Valtioneuvoston asetus avustuksista asuinrakennusten kaukolämpölaitteistojen uusimiseen matalalämpötilaiseen kaukolämpöön soveltuviksi vuosina 2022 ja 2023”. Avustuksen tavoitteena on nopeuttaa siirtymistä matalalämpötilaisiin kaukolämpölaitteistoihin.

Matalalämpöinen kaukolämpö vaatii lämmönvaihtimelta enemmän lämpöä siirrettävää pinta-alaa, mikä tarkoittaa, että vaihdinkoot kasvavat. Tämä aiheuttaa sen, että matalalämpöiseen kaukolämpöön siirryttäessä perinteiset lämmönvaihtimet tulee uusia. Eniten kustannuksia lämmönvaihtimien kasvamisesta tulee kerrostaloille.

Muistion mukaan jo muutaman asiakkuuden siirtyminen matalalämpöiseen kaukolämpöön mahdollistaisi kaukolämpöverkon lämpötilan laskemisen. Tällöin etenkin biopolttolaitosten hyötysuhde paranee ja samalla polttoainekulut laskevat. Avustuksen arvioidaan kannustavan ja nopeuttavan siirtymistä matalalämpöiseen kaukolämpöön.

Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna siirtyminen enintään 90-asteiseen kaukolämpöön mahdollistaisi uusien lämmönlähteiden, kuten aurinkoenergialla tuotettu-

jen lämpöjen, hukkalämpöjen, ja geotermisen energian tehokkaamman hyödyntämisen. Näiden ansiosta ympäristövaikutukset olisivat melko suuria. Myös kaukolämpöverkon lämmönvaihtelusta aiheutuva verkoston rasitus pieneneisi. [23]

Valtioneuvosto julkaisi 29.8.2022 asetuksen, jonka mukaan asuinrakennuksia tuetaan siirtymisessä matalalämpöisen kaukolämmön käyttöön vaihtamalla siihen soveltuvaan laitteistoon. Asetuksessa määritetään avustuksen määrä, joka asuinkerrostaloyhtiössä on 4 000 euroa laitteistoa uusittaessa ja lisäksi samassa yhteydessä 2 000 euroa järjestelmää säädettäessä ja tasapainotettaessa. Asetus astui voimaan 1.9.2022. [25]

3 Rakennusautomaatio Suomessa

Suomessa rakennusautomaatiotoimialan markkinan liikevaihto on noin 160 miljoonaa euroa sisältäen urakoinnin, huollot ja laitemyynnit. Yrityksissä, jotka toteuttavat järjestelmiä tai tarjoavat ylläpitoa, on työntekijöitä noin 1000 henkilöä. Rakennusautomaatioala on suomessa hyvin hintakilpailtu, mikä tarkoittaa, että projekteissa on pienet katteet. [4]

Rakennuksen suunnittelu- ja rakennuskustannuksista automaation osuus on noin 1–3 %. Keskimääräinen käyttöikä automaatiojärjestelmälle on noin 15 vuotta, minkä jälkeen varaosien saatavuus ja tuen saanti heikkenee. Onkin normaalia, että taloteknistä järjestelmää ohjaava automaatiolaitteisto uusitaan ainakin kertaalleen sen käyttöiän aikana. [26]

3.1 Lait, asetukset, määräykset, säädökset ja pätevyudet

Rakennusautomaatiota suoraan koskevia viranomaismääräyksiä on vähän, mutta epäsuorasti lähes kaikki talotekniikkaa koskeva säädäntö koskee myös automaatiota. Viime vuosina suoraan rakennusautomaatiota koskevia standardeja ja ohjeita on julkaistu kuitenkin enenevässä määrin.

Rakennusautomaation mahdollistamaa energiatehokkuutta koskevaan kansalliseen lainsäädäntöön on tuotu paljon asiaa EU:n direktiivien kautta. Direktiiveihin ja lainsäädäntöön liittyen on määräyksiä, ohjeita ja raportteja julkaissut ympäristöministeriön rakennetun ympäristön osasto. Rakennusautomaatiourakoitsijan onkin tunnettava erityisesti vuonna 2020 hyväksytty laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä (733/2020), ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista (718/2020), sähköturvallisuuslaki (1135/2016) ja standardit, Suomen rakentamismääräykset ja erillisjärjestelmiä koskevat määräykset. Rakennusautomaatioon liittyviä ohjeita löytyy kattavasti ST-kortistosta. [27]

Uusi rakennusautomaatiota koskeva laki 733/2020 sekä asetus 718/2020 asetettiin koskemaan suurehkoja, nimellistehoaltaan 290 kW ylittäviä, ei-asuinrakennuksia. Laissa veloitetaan edellä mainittuja, myös olemassa olevia kiinteistöjä hankkimaan automaatiojärjestelmän vuoteen 2025 mennessä. Laki tai asetus ei ota kantaa olemassa olevan asuinkäytössä olevan rakennuskannan automaatiojärjestelmien tilanteeseen. [28]

Laki asettaa vaatimuksia automaatiojärjestelmälle. Järjestelmän on jatkuvasti kyettävä analysoimaan energian käyttöä, tekemään vertailevaa analyysiä rakennuksen energiatehokkuudesta ja ilmoittamaan järjestelmää hallinnoimalle henkilölle mahdollisista energiatehokkuutta parantavista mahdollisuuksista. Asetuksessa ei anneta yksityiskohtaisia vaatimuksia tai teknisiä yksityiskohtia ominaisuuksille, eikä oteta energiatehokkuuden raja-arvoihin kantaa. [28]

Rakennusautomaation mahdollistamien toimintojen, palveluiden sekä tietojen käsittelyn yhteydessä tulee noudattaa digitaaliseen turvallisuuteen annettuja lakeja ja ohjeistuksia. Järjestelmät saattavat olla omaisuuden suojan ja turvallisuuden kannalta kriittisiä ja osa käsiteltävistä tiedoista yksityisyyden suojaan kuuluvia. Taloteknisten tietojärjestelmien digitaalinen turvallisuus voidaan jakaa karkeasti kolmeen osa-alueeseen, jotka ovat tietoturva, tietosuoja sekä kyberturvallisuus. [29]

SFS 6000 -standardisarja pienjännitesähköasennuksista päivitetään viiden vuoden välein. Standardeja noudattamalla täytetään sähköturvallisuuslain vaatimukset. Viimeisin päivitys on tehty elokuussa 2022. Uusimmassa päivityksessä standardeihin on tehty päivityksiä ja parannuksia sekä julkaistu kaksi uutta standardia, jotka liittyvät kiinteisiin akustoihin ja tehonsiirtoon käytettäviin tietokonepeleihin. SFS 6000 -sarjan osilla 1–7 on esikuvana Canelecin standardisarja HD60364 Low-voltage electrical installations. Viimeisellä osalla 8 ei ole kansainvälistä esikuvaa vaan se sisältää kansalliset täydentävät vaatimukset. Standardit kokoava käsikirja julkaistaan myöhemmin vuoden 2022 aikana. [30]

SFS 6000 -standardisarjan päivityksen myötä päivitetään myös D1-käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Käsikirjan jaottelu noudattaa pääosin standardisarjan SFS 6000 jaottelua. D1 sisältää standardeja täydentäviä ja havainnollistavia ohjeita sekä selventää vaatimuksia esimerkkien ja kuvien avulla. D1-käsikirja antaa ohjeita käytännön soveltamiseen. [31]

Kaikkien sähkötöitä tekevien tulee viiden vuoden välein käydä SFS 6002 -standardiin perustuva sähkötyöturvallisuuskurssi. Kolmas ja viimeisin painos standardista on julkaistu vuonna 2015. Julkaisu perustuu eurooppalaisiin standardeihin EN 50110-1 (2013) Operation of electrical installations – Part 1: General requirements ja EN 50110-2 (2010) Operation of electrical installations – Part 2: National annexes. [32]

Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy myöntää rakennusautomaatioalalle hakemuksesta RAU-urakoitsijahyväksymisiä ja RAU-henkilöpätevyyksiä. Nämä pätevydet ovat kuitenkin vapaaehtoisia. Pätevyytodistus on voimassa kerrallaan viisi vuotta. Pätevyyden ylläpitoa varten pidetään Sähköinfo Oy:n toimesta RAU-pätevyyspäiviä. [33]

3.2 Rakennusautomaatio ja GDPR

Nykyaikaisella rakennusautomaatiojärjestelmällä voidaan kerätä asuinkiinteistössä kattavaa tietoa myös asunnoista kiinteistön käytön ja hallinnan helpottamiseksi. On varsin tavallista, että automaatiojärjestelmään on liitetty asuntokohtaisia kulutuslukemia sekä erilaisia mittaus- ja tilatietoja. Asunnoissa saattaa olla väylään kytkettyjä laitteita, joista saadaan kattavaa informaatiota asunnon erilaisista käyttötottumuksista.

EU:n yleinen tietosuojasetus GDPR (General Data Protection Regulation) on henkilötietoja koskeva laki, joka astui voimaan 25.5.2018 [34]. Ensimmäisenä automaatiojärjestelmän tarkoitus on harvoin henkilötietojen käsittely. On kuitenkin tärkeää tunnistaa tilanteet, joissa tietosuojalait tulevat sovellettaviksi. Kaikki tiedot, jotka liittyvät elävään ihmiseen, ovat henkilötietoja.

Yleinen alue, jossa automaatiojärjestelmä liittyy henkilötietojen käsittelyyn, on järjestelmän käyttäjähallinta. Myös itse järjestelmään kytketyt, esimerkiksi aika- ja paikkatietoon perustuvat erilaiset mittaus- ja tilatiedot, saattavat olla henkilötietoja, jos ne pystytään yhdistämään tiettyyn henkilöön.

Automaatiojärjestelmää suunniteltaessa olisikin hyvä pohtia mitä tietoja kerätään, kuinka tietoja käsitellään, millä tavalla tiedot esitetään ja kenelle pääsy tietoihin annetaan. [34]

3.3 Älyvalmiusindikaattori eli SRI-luku

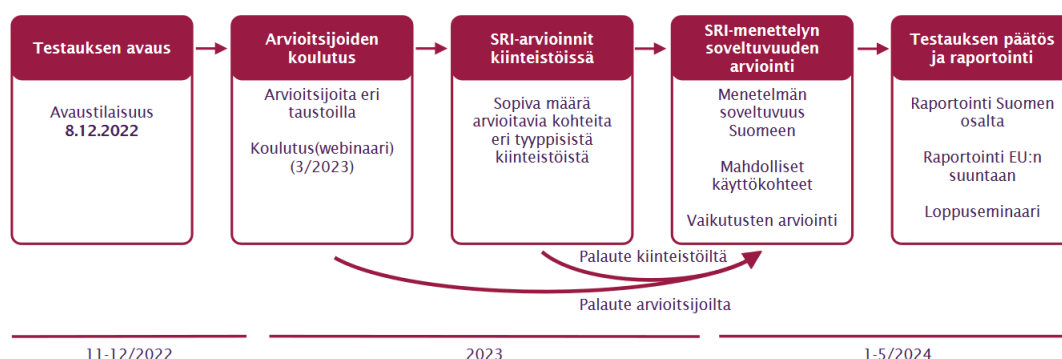
Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) artiklassa 8 (Rakennuksen tekniset järjestelmät) on säädetty, vapaaehtoisena menettelynä, rakennuksia koskevasta älyindikaattorista tai toiselta kutsumanimeltä älyratkaisuvalmiutta koskevasta indikaattorista, Smart Readiness Indicator (SRI), josta ei vielä ole virallista suomen kielistä käännöstä. Kyse on kuitenkin samasta asiasta. [35]

Älyindikaattorilla on tarkoitus arvioida rakennusten älyvalmiuksia energiatehokkuuden, rakennuksen käyttäjän ja energian kysyntäjoustop näkökulmasta yhteisen menetelmän avulla. Kohteena ovat ennen kaikkea rakennuksen talotekniset järjestelmät. Älyindikaattorin laskennassa käydään kukin talotekninen järjestelmä yksi kerrallaan läpi ja toiminnallisuuksien perusteella annetaan kullekin oma arvosanansa. Lopullinen arvosana muodostuu yhteistuloksesta.

Arvioinnin tulos vaihtelee 0–100 % välillä. Korkea arvo kertoo, että rakennuksen energiakäyttö on joustavaa ja mukautuu tarjonnan mukaan, ylläpidossa on mahdollista käyttää järjestelmien keräämää tietoa sekä rakennuksella on kyky varastoida energiaa että säilyttää hyvät olosuhteen rakennuksen käyttäjälle. [35]

Rakennusten energiatehokkuustodistus ja älyindikaattori ovat eri asioita, eikä älyvalmiusindikaattorilla ole tarkoitus ilmaista energiatehokkuutta. Sen sijaan älyvalmius voi auttaa parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja sillä voidaan korostaa niitä lisähyötyjä, joita älyteknologioista on saatavilla esimerkiksi tarpeenmukaisen käyttömukavuuden ja hyvinvoinnin lisääntymisenä.

Suomessa rakennusten älyvalmiuden arvioinnin eli SRI-menetelmän testaaminen aloitettiin vuoden 2022 lopussa ja sen on tarkoitus kestää noin kaksi vuotta. Testausvaiheen perusteella arvioidaan menetelmän soveltuvuus Suomen olosuhteisiin ja missä laajuudessa se olisi mahdollista ottaa Suomessa käyttöön. Kuvassa 4 on hahmotelma testausvaiheen rakenteesta. [35]



Kuva 4. SRI-menetelmän eli rakennusten älyvalmiuden arvioinnin testausvaiheen rakenne [35]

Testausvaiheen jälkeen raportti järjestelmän toimivuudesta Suomessa toimitetaan EU:n komissiolle. Komissio toimittaa jäsenvaltioille 1.1.2026 mennessä kertomuksen tuloksista. Jos laadittu arvio on positiivinen, hyväksytään rakennusten älyvalmiutta koskevan luokittelujärjestelmän soveltamisesta viimeistään 31.12.2026.

Käynnistyvään arvioitsijakoulutukseen voi ilmoittautua 20.1.2023 mennessä. Koulutukseen haetaan talotekniikan osaajia Suomen joka kolkasta vaihtelevalla kokemuksella ja taustoilla. Kiinteistönomistajilla on mahdollisuus ilmoittaa kiinteistönsä testaushankkeeseen vielä tämän jälkeenkin. SRI-arvioinnit laaditaan erityyppisille olemassa oleville, korjattaville tai suunnitteilla oleville kiinteistöille. [35]

3.4 Tekoäly ja koneoppiminen

Tekoälyn ja rakennusautomaatiojärjestelmän yhdistämisestä puhutaan yleensä energian käytön optimoinnin yhteydessä. Tekoäly voidaan jakaa eritasoisiin kategorioihin, joista koneoppiminen on sen yleisin sovellusmuoto. Koneoppimista käytetään ympäristöissä, jotka toimivat suhteellisen muuttumattomina.

Tekoäly vaatii runsaasti laskentatehoa, ja toiminnot on yleensä rakennusautomaatiojärjestelmissä toteutettu pilvivalvomoihin, koska paikallisen keskusyksikön laskentateho on rajallinen. Tekoäly oppii järjestelmästä kerättävän ja syötetyn datan pohjalta luokittelemaan asioita ja tunnistamaan poikkeamat ympäristössä sekä reagoimaan niihin ja ennakoimaan tulevaa. Tekoälyn tavoite on tehostaa prosessin tai toiminnallisuuden suorituskykyä. [36]

Tämän hetken rakennusautomaatiossa käytettävä tekoäly, kuten moni muukin nykypäivän käytännön sovellus, kuuluu niin sanotusti heikon tai kapean tekoälyn kategoriaan. Heikko tekoäly keskittyy selkeästi rajattuun tehtävään.

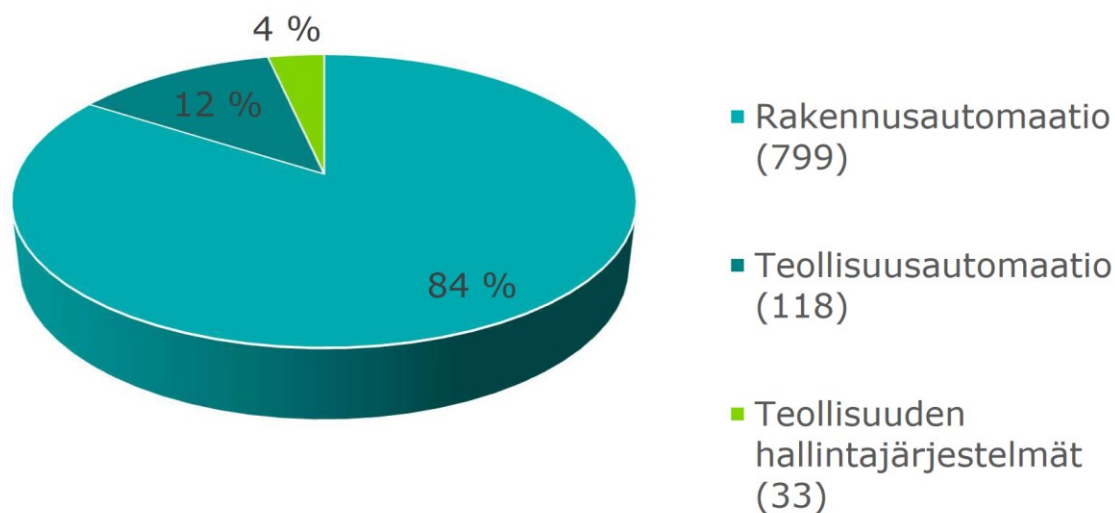
Heikon tekoälyn vastakohta on vahva tekoäly, joka toimii määrittelemättömässä, rajaamattomassa ympäristössä ja joka kykenee itsenäiseen ajatteluun. Vahva

tekoäly pystyy selviämään yllättävistä tehtävistä, joihin ei ole valmista ratkaisumallia tai kaavaa. Vahva tekoäly pystyy päättämään oikean ratkaisun esimerkiksi historiallisen ja kulttuurisen tuntemuksen pohjalta. Vahvaa tekoälyä ei ole vielä pystytty kehittämään. [36]

3.5 Kyberturvallisuus

Rakennusten digitalisoituminen ja järjestelmien etäyhteydet ovat nostaneet rakennusten digitaalisen turvallisuuden yhdeksi kehittämisen kohteeksi. Suojaamaton yhteys altistaa järjestelmän erilaisten toivomattomien digitaalisten vaikutuskeinojen uhan alle. Uhkina saattaa olla esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmän hallinnan kaappaus tai järjestelmän keskusyksikön ruuhkauttaminen palvelunestohyökkäyksellä, joka voi aiheuttaa järjestelmän toimintojen lakkaamisen. Motiiveina erilaisille hyökkäyksille voi toimia esimerkiksi terroriteko tai kiusanteko.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomın Kyberturvallisuuskeskus teki kartoituksen vuonna 2020 tietoverkkoihin kytketyistä suojaamattomista automaatiolaitteista. Vuonna 2021 julkaistiin raportti kartoituksen tuloksista. Tuloksena verkosta löytyi noin 1000 suojaamatonta automaatiolaitetta, joista noin 800 oli rakennusautomaatiojärjestelmiä. Kuvassa 5 (s. 18) on havainnoitu avointen järjestelmien osuudet piirakkadiagrammina. [37]



Kuva 5. Avoimena löydettyjen järjestelmien osuudet vuonna 2020 [37]

4 Energiatehokas talotekniikka

Taloteknisten järjestelmien energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa niiden käytön lisäksi suunnittelun ja valintojen avulla. Automaatiolla taataan taloteknisten järjestelmien optimaalinen ja tarpeenmukainen käyttö. Automaatiojärjestelmällä tehostetaan, seurataan ja ohjataan energiankulutusta kokonaisuutena. [28]

4.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon avulla tiloihin tuodaan puhdasta ilmaa ja poistetaan epäpuhtauksia eli hallitaan rakennuksen sisäilmaolosuhteita. Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 mukaan ilmanvaihdon on poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallinen kosteus, epämiellyttäviä hajuja sekä epäpuhtauksia ja tuotettava riittävä ulkoilmavirta siten että terveellinen, turvallinen ja laadukas sisäilma toteutuu. Hyvällä sisäilmalla parannetaan työtehoa, lisätään viihtyvyyttä ja ylläpidetään terveyttä, kun taas huono sisäilma esimerkiksi lisää sairastavuutta. [28]

Hyvä ilmanvaihto on energiatehokas ja määräykset täyttävä. Lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde uudiskohteissa tulee saavuttaa vertailulämpöhäviön laskennassa arvon 55 prosenttia. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voi olla enintään 1,8 kW/(m³/s) ja poistoilmamajärjestelmässä enintään 0,9 kW/(m³/s). Kuitenkin rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisen sisäilmaston niin vaatiessa, voidaan ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho ylittää.

Ilmanvaihtokoneen energiatehokkuutta voidaan edesauttaa lämmöntalteenoton lisäksi käyttämällä hyötysuhdeluokitukseltaan mahdollisimman korkealuokkaisia sähkömoottoreita sekä ilmanvaihtojärjestelmän tarpeenmukaisella ohjauksella. Ilmanvaihtoa voidaan ohjata esimerkiksi aikaohjelman, läsnäolon tai ilmanlaadun mukaan säätämällä puhallinnopeutta esimerkiksi taajuusmuuttajien avulla. [28]

4.2 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmönjakojärjestelmään kuuluu tilojen lämmitys, ilmanvaihdon lämmitys sekä lämpimän käyttöveden valmistus. Näistä kolmesta tekijästä muodostuu rakennuksen lämmitysjärjestelmän energiankulutus. [28]

Ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 mukaan lämmitysjärjestelmän teho mitoitetaan tilojen ja ilmanvaihdon tehontarpeen mukaan ottaen huomioon sijaintipaikkakunnan mukaisen säävyöhykkeen mitoittavan ulkolämpötilan. Energiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon rakennuksen lämpöhäviöt, lämmön luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus.

Kuten ilmanvaihtoa, lämmitysverkostonkin energiatehokkuutta voidaan edistää hyvien laitevalintojen ja tarpeen mukaisen säädön avulla. Kiertovesipumpuksi kannattaa valita hyvän hyötysuhteen omaava sähkömoottori, joka on varustettu taajuusmuuttajalla ja verkoston paine-erosäädöllä. [28]

4.2.1 Perussäätö

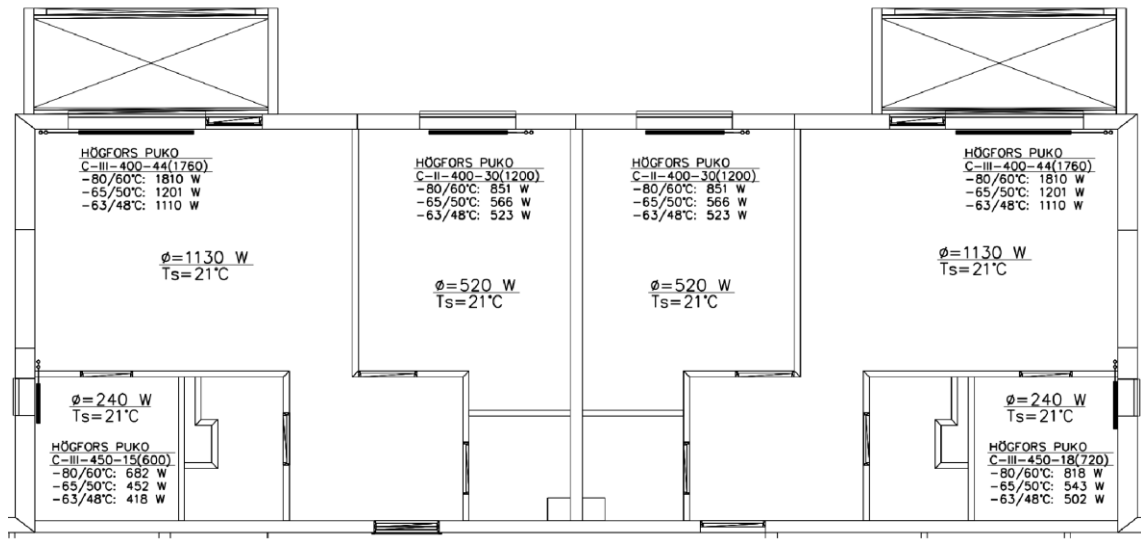
Lämmitysverkoston perussäädön tarkoitus on varmistaa veden kierto jokaisella patterilla ja lämmön jakautuminen tasaisesti rakennuksessa. Verkoston linjasäätöventtiileille ja patterikohtaisille patteriventtiileille asetellaan suunnittelijan laskemat esisäätöarvot. Patterikohtainen termostaatti pitää huoneen lämpötilan säädettyssä arvossa. Tasapainossa oleva lämmitysverkosto mahdollistaa kiinteistön huoneistojen tasaisen lämpötilan lämmityskaudella, jolloin myös asuinviihtyvyys paranee ja lämmitykseen käytettävä energiamäärä pienenee. [38]

Lämmitysverkoston perussäätö on hyvä toteuttaa, jos on epäilyksiä, ettei lämpö verkostossa jakaudu tasaisesti tai jos rakennuksessa on tehty energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä esimerkiksi julkisivun lisäeristys ja ikkunoiden saneeraus. Kuvissa 6 (s. 21) ja 7 (s. 22) nähdään esimerkki todellisesta kohteesta, jossa on tehty julkisivuremontti, jossa ulkovaipan eristystä on lisätty ja ikkunat on uusittu. Ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistoilmalla. Ennen remonttia lämmitysverkosto on suunniteltu ja säädetty 80/60 °C lämpötiloille. Lämmitysverkoston patterit on hyödynnetty.

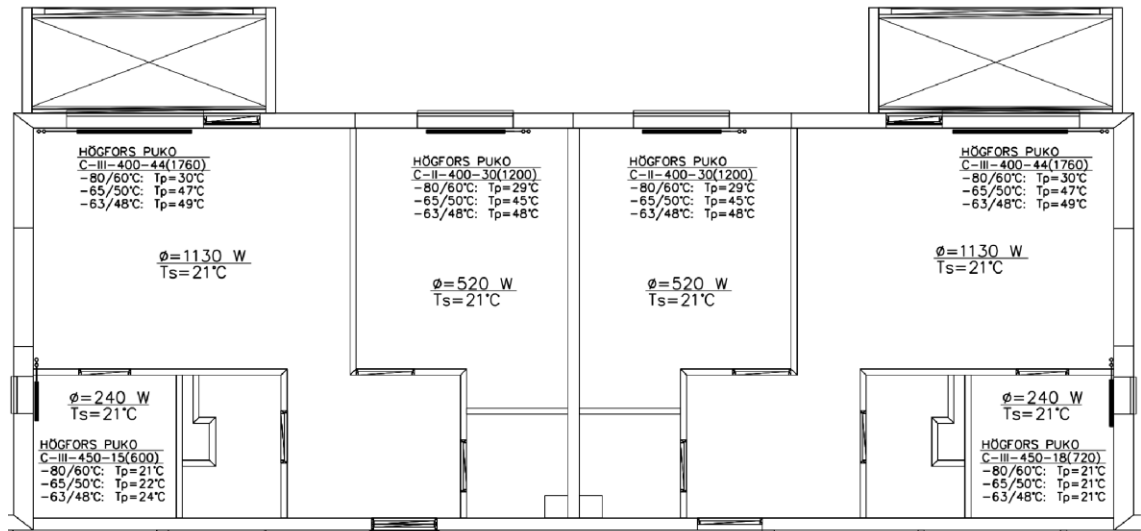
Verkoston tarkan tasapainotuksen perusedellytys on tuntee tarkasti koko lämmönluovutusjärjestelmä ja todelliset tuotetiedot. Lämmityslaitteiden lämmönluovutuksen tulee vastata huoneen lämmöntarvetta. Optimitilanteessa kaikissa huonetiloissa saavutetaan tavoiteltu huonelämpötila esisäätöjen avulla, joka käytännössä on kuitenkin mahdotonta.

Kun patteriventtiileiden esisäädöt on säädetty kohdilleen, optimitilanteessa termostaatit pitävät venttiiliä täysin auki. Tällöin säädöllä on auktoriteettia ja verkosto toimii paremmin. Jos lämmitysverkosto on säädetty liian korkealle lämpötilatasolle, termostaatit rajoittavat venttiileitä, mikä saattaa aiheuttaa ääniongelmia. Ääniongelmariskit kasvavat, jos patteriventtiilit ovat lähes kiinni, kun paineero patteriventtiilin yli kasvaa.

Kuvassa 6 nähdään huonekohtaiset tehontarpeet tavoitellulle sisälämpötilalle ja hyödynnettyjen lämmityspattereiden lämmönluovutustehot verkoston eri lämpötilatasoilla. Kuvassa 7 (s. 22) nähdään patterimallin optimi paluulämpötila kullakin esitetyllä lämpötilatasolle. Kuvista voidaan päätellä, että entinen 80/60 °C lämmönsäätö on aivan liian korkea ja saneerauksen jälkeen jopa 63/43 °C taso toimii paremmin. [39]



Kuva 6. Perussäätöä tehdessä tulee verkoston pattereiden lämmönluovutustehot tutkia tarkkaan eri lämpötilatasoilla [39]



Kuva 7. Pattereiden paluuviesilämpötilalla on merkitystä lämmönluovutuksen toiminnan kannalta [39]

Perinteisesti lämmitysverkoston menoveden lämpötila on säädetty ulkolämpötilaan perustuvan kiinteistökohtaisen säätökäyrän mukaan. Menoveden asetusravon hienosäätöä on mahdollista tehostaa automaatiojärjestelmällä esimerkiksi huoneistokohtaisten lämpötila-antureiden mittaustiedon perusteella tai ennustetun säätiedon perusteella. [38]

Perussäädön yhteydessä yleensä uusitaan lämmitysverkoston patteri-, linja- säätö- ja sulkuventtiilit. Mahdollisesti myös verkoston kiertovesipumppu uusitaan, jos se ei ole paine-erosäädettävä. Paine -erosäädöllä varustettu lämmitysverkoston kiertovesipumppu tunnistaa patteritermostaattien aiheuttamat muutokset lämmitysverkostossa ja taajuusmuuttaja säättää pumpun kierroksia haluttuun suuntaan. Tällöin esimerkiksi auringon paistaessa ja termostaattien sulkiessa pattereiden venttiilit, kiertovesipumppu laskee kierroksia pitäen verkoston paine-eron vakiona.

4.3 Jäähdytys

Rakennusten eristyksien parantuessa, vaipan tiivistyessä ja lämpökuormien lisääntyessä kasvaa rakennuksen jäähdytyksen tarve. Ennen jäähdytysjärjestelmän suunnittelua, kannattaa rakennuksen sekä passiivinen että aktiivinen aurinkosuojaus suunnitella. Erilaisilla kaihtimilla ja markiiseilla voidaan vähentää auringon aiheuttamaa lämpökuormaa merkittävästi.

Jäähdytysjärjestelmä tulee suunnitella mahdollisimman energiatehokkaaksi, joten kompressoreiden, putkistojen ja lauhduttimien oikea mitoitus on tärkeää. Jäähdytysjärjestelmää tulee ohjata tarpeen mukaisesti. Vapaajäähdytyksellä sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton käännteistä toiminnolla voidaan tehostaa jäähdytyksen energiatehokkuutta. [28]

4.4 Valaistus

Valaistuksen kuluttama sähköenergian määrä koko Suomen kulutuksesta on noin kymmenen prosenttia. Valaistus on lämmityksen jälkeen suurin energian kuluttaja kiinteistössä. Tunnusmerkkejä hyvälle valaistukselle ovat ympäristöystävällisyys, energiatehokkuus ja muunneltavuus tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa. [40]

Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 mukaan sisätiloissa tulee pystyä pitämään näkötehtävää edellyttämää valaistusta tilojen suunniteltuna käyttöaikana sekä ryhmittelemään valaistus siten että ohjaus voidaan toteuttaa toimintojen mukaan. Energiatehokas valaistus suunnitellaan ja toteutetaan laitevalinnoilla, valaisimien sijoittelulla ja sopivalla ohjauksella. Rakennusmääräysten mukaan sisätiloissa suunniteltuna käyttöaikana on voitava ylläpitää näkötehtävän edellyttämää valaistusta. Valaistus on ryhmiteltävä ja olla ohjattavissa toimintojen ja tarpeen mukaan. [28]

Valaistusvoimakkuus on suoraan verrannollinen valaistuksen energiankulutukseen. Valaistus tulee suunnitella tarpeen mukaan, mutta sitä ei tule ylivoimistaa.

Tarkalla valaistuksen ryhmittelyllä ja ohjauksella voidaan säästää jopa 50–90 prosenttia energiaa verrattuna kiinteään valaistukseen. Valaistuksella voidaan vaikuttaa viihtyvyyteen, visuaalisuuteen, toiminnallisuuteen, turvallisuuteen ja tuottavuuteen.

Älykkäillä valaistuksen ohjausjärjestelmillä voidaan parantaa merkittävästi valaistuksen laatua, käyttömukavuutta ja energiatehokkuutta. Uudet ohjausjärjestelmät mahdollistavat myös langattomat toiminnallisuudet, jotka ovat käyttökelpoisia etenkin saneerauskohteissa.

Valaistussuunnittelussa on otettava huomioon myös valaisimien huolto ja likaantumisen aiheutuva valon määrän pieneneminen, joka on suuruusluokaltaan noin kymmenen prosenttia valaisimen eliniän tai puhdistusvälin aikana. Valaisimet tulee puhdistaa säännöllisin väliajoin yhteen tai useampaan kertaan valaisimen eliniän aikana. Valaisimen valovirran alenema kuvaa valonlähteen ikääntymisen aiheuttamaa valovirran prosentuaalista pienenemistä. Ylimoitettulla valaistuksella voidaan huoltoväliä pidentää, mutta samalla ylimääräinen energiankulutus kasvaa. Valonlähteiden teknologisen kehityksen myötä valovirran alenema on pienentynyt. Valovirran aleneman kompensoitumisesta on säästettävissä noin 10–25 prosentin säästö. [41]

Valaistustekniikka kehittyi nopeaan tahtiin. Hehkulamppujen tuonti ja valmistus kiellettiin EU:n alueella 1.9.2012, ja halogeenilampuilla oli vastaava kohtalo 1.9.2018 joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Perinteisen valaistuksen on korvannut Led-tekniikka, joka mahdollistaa energiatehokkaat ja pitkäikäiset valaisimet. Led-valaisin syttyy välittömästi, ei sisällä elohopeaa, sopii myös ulkokäyttöön ja antaa myös vapauksia valaistuksen suunnitteluun.

4.5 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on kiinteistön hallintaan tehty työkalu kiinteistön käytöstä vastaavalle organisaatiolle. Sillä mitataan, ohjataan, säädetään ja valvotaan

sekä kerätään olosuhde-, tilatieto- ja kulutusinformaatiota. Rakennusautomaation avulla pidetään talotekniikka kunnossa mahdollisimman pienellä energiankulutuksella.

Yksinkertaisimmillaan talotekninen käyttöliittymä on päälle/pois -kytkin, jolla ohjataan jokin toiminto päälle ja pois. Rakennusautomaation käyttöliittymä on kuitenkin yleensä graafinen näkymä, jolla voidaan operoida joko paikallisesti kiinteästä käyttöpäätteestä tai etänä internet-yhteyden avulla millä tahansa käyttöliittymällä. [28]

Perinteisesti rakennusautomaatiojärjestelmä on jaettu kolmeen eri tasoon. Ensimmäisenä ja käyttäjää lähimpänä on ollut valvomo, joka on koostunut yleensä PC:stä oheislaitteineen. Toisena tasona on ollut valvonta-alakeskukset (VAK) eli prosessiyksiköt, I/O-moduulit, alakeskuspäätteet ja niiden ohjelmalliset toiminnot. Kolmantena tasona on toiminut kenttälaitteet, joita ovat esimerkiksi toimimootorit, anturit, lähettimet, säätöventtiilit ja -pellit eli luettavat, ohjattavat tai säädettävät laitteet, joissa ei ole ”omaa älyä”.

Ensimmäiset automaatiojärjestelmät olivat laitetoimittajakohtaisia ja suljettuja järjestelmiä. Tietoliikenne ja toteutus oli salattua, ja järjestelmä sitoi asiakkaan järjestelmän toimittajaan.

Nykyaikaisen rakennusautomaation käsitettä ei enää luontevasti jaeta kolmen tason malliin. Rakennusautomaatioala on valtavan tietoteknisen muutoksen vaikutuksen alla, ja järjestelmien rakenne on muuttunut rajusti viime vuosina ja muovautuu edelleen. Valvomotoiminnot ovat siirtyneet pilveen ja huoltopäätteet älypuhelimiin ja tablettipäätteisiin. I/O-pisteet on hajautettu ja älykkäät kenttälaitteet liitetään väylillä osaksi kokonaisjärjestelmää.

Automaatioalalla on tultu jatkuvasti ja tullaan edelleen kohti entistä avoimempia kokonaisuuksia. Tämä tarkoittaa tekniikan ja protokollien julkisuutta, rajapintojen liitettävyyksiä sekä tietojen vakiointia. Väyläratkaisut eivät ole valmistajakoh- taisia, vaan standardoituja, kuten esimerkiksi Modbus, BACnet tai KNX. Tämä

on mahdollistanut sen, että eri järjestelmätoimittajien laitteilla voidaan toteuttaa kokonaisuuksia, eikä asiakas ole enää yhden toimittajan varassa.

Nykyisin rakennusautomaatiojärjestelmä ovatkin usein hajautettuja, eivätkä enää keskitetty yhteen keskusyksikköön. Tämä lisää automaation luetettavuutta; jos esimerkiksi joku osa järjestelmästä vikaantuu, pienet hajautetut osakokonaisuudet jatkavat toimintaansa itsenäisesti. Mittaroinnit, langattomat laiteliitokset, integroinnit ja erilaiset rajapintaliitokset sekä itseoppivuus ja koneäly lisääntyvät, ja eri järjestelmistä saatavat tiedot ovat ristiin hyödynnettävissä. [33]

Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu vaatii automaatio-osaamisen lisäksi ymmärrystä niin taloteknisistä järjestelmistä kuin energiatehokkuudesta. Huolellisesti suunniteltu rakennusautomaatiojärjestelmä mahdollistaa ominaisuuksien tehokkaan hyödyntämisen. Rakennuksen sähkö-, tieto- ja taloteknisten järjestelmien integrointi yhdeksi kokonaiseksi toimivaksi kokonaisuudeksi mahdollistaa rakennuksen kokonaisenergiakulutuksen optimoinnin. Yhteensovitusta varten kannattaa käyttää standardoituja tiedonsiirtoprotokollia.

Automaation avulla rakennusten energiatehokkuutta lisätään erilaisten optimointi- ja rajoitusohjelmien ja tarpeenmukaisen käytön avulla. Asuinkiinteistöissä voidaan yleisten tilojen valaistusta, lämmitystä ja ilmanvaihtoa ohjata helposti tarpeen mukaan läsnäolon, ilmanlaadun, lämpötilan tai kosteuden perusteella. Tiloissa, joissa ei ole paljon käyttöä tai joissa käyttö tapahtuu tiedosteuille ajanjaksoille, kuten kerho-, pesula- ja saunatiloissa, voidaan käyttöajan ulkopuolella tilojen energiankulutusta laskea normaalin viihtyvyyden alueen ulkopuolelle.

Rajoitusohjelmien tarkoitus on tasata kulutushuippuja. Automaatiojärjestelmä seuraa kulutuksen tarvetta ja kulutuksen ylittäessä asetetun tavoitearvon, leikkaa tai jaksottaa tilapäisesti osaa toissijaisista toiminnoista.

Jäähdytyskaudella kohteissa, joissa on jäähdytys, kannattaa hyödyntää vapaajäähdytystä. Kohteissa, joissa ei ole jäähdytystä mutta joissa on viilennyksen

tarvetta, kannattaa hyödyntää yöviilennystä ilmanvaihdolla, jolloin viileämpää yöilmaa tuodaan rakennukseen ulkolämpötilan ollessa sopivalla tasolla.

Käytännössä automaatiojärjestelmä ohjelmoidaan valvomaan ja hallinnoimaan siihen kytkettyjä pisteitä. Asetetuille arvoille säädetään raja-arvot, joiden ylittyessä järjestelmä hälyttää kiinteistön hoitajalle. Rakennusautomaation valvontajärjestelmät tallentavat kaikkea mitta- ja kulutusdataa sekä tila- ja hälytystietoja trendeihin. Näiden avulla järjestelmä viritetään käyttökuuntoon ja kiinteistön olosuhteita ja järjestelmän toimintaa seurataan ja ylläpidetään. [28]

Tekoäly on osa digitalisaation trendiä. Tekoäly, syväoppiminen tai koneoppiminen sopii erityisen hyvin erilaisten asioiden tunnistamiseen signaaleista tai näiden avulla ennustamiseen. Kun koneälyä halutaan hyödyntää, on saatavilla olevan datainfran oltava kunnossa, eli datan saatavuuden on oltava reaaliaikaista ja laadultaan kunnollista. Dataa tarvitaan mallin opettamiseen.

Kun järjestelmät ovat kiinni verkossa, hyökkääjien mahdollisuudet eli uhat ovat kasvaneet. On olemassa kahdenlaista kyber-hyökkäysmallia. Toisen tarkoitus on manipuloida ja toisen hankkia dataa hyökkääjän käyttöön. Manipuloinnilla hyökkääjä yrittää sabotoida käyttöjärjestelmää, kiristää tai aiheuttaa luottamuksen rappeutumisen. Datan varastamisella hyökkääjä voi kiristää, tavoitella mainehaittaa tai vakoilla. Rakennusautomaatiojärjestelmän tietotekninen kehitys on tuonut mukanaan vaatimuksen myös tietoturvan kehittymiselle. [42]

5 Rakennusautomaatiojärjestelmän saneerauksen suunnittelu

Rakennusautomaatiojärjestelmää hankittaessa kannattaa käyttää apuna ammattitaitoista suunnittelijaa tai asiantuntijaa. Asiantuntijan kanssa tulisi käydä

läpi taloyhtiön tarpeet ja järjestelmän halutut toiminnot sekä tavoitteet. Tavoitteena voi olla esimerkiksi energiatehokkuuden tai asumisen olosuhteiden parantaminen tai ainoastaan edullisin ratkaisu. [1]

Suunnitelmat on hyvä tehdä siten että järjestelmä voidaan toteuttaa eri toimijoiden laitteistoilla, jolloin kilpailutus on helpompaa. Tarjouksen voi pyytää myös osissa ja toteutus on mahdollista toteuttaa jaksoittain.

Jos automaatiojärjestelmän uusiminen toteutetaan osana suurempaa saneerausta, on hyvä varmistaa, että hankintarajat ovat selkeät, jottei tule turhia päällekkäisyyksiä. Suunnitelmista tulee myös selvittää mahdolliset yhteensopivuudet ja -sovitukset.

Yhdessä asiantuntijan kanssa vertaillaan saadut tarjoukset sekä niissä tarjottujen laitteistojen takuehdot, varaosien saatavuudet sekä varmistetaan mahdollisuus järjestelmän huolto- ja ylläpitopalveluille. Myös automaatiojärjestelmän tieto- ja kyberturvallisuus varmistetaan. Tämän jälkeen valitaan talolle sopivin ratkaisu. [1]

5.1 Suunnitteluvaiheet

Suunnittelu aloitetaan hankesuunnittelulla, jossa lähtötietojen ja erityisvaatimusten mukaan asetellaan hankkeelle tavoitteet. Erityisvaatimuksina saattaa olla esimerkiksi järjestelmän käyttö- ja etäkäyttöliittymä tai tarpeelliset väylä- sekä liityntärajapinnat. Hankesuunnittelun pohjalta tehdään investointipäätös. Suunnittelija laatii automaatiojärjestelmälle järjestelmäkuvauksen, josta selviävät toteutuksen vaihtoehdot ja kohteen perustiedot sekä järjestelmäkaavion, jossa esitetään toteutuksen alustava rakenne ja alustavat laitesijoituspiirustukset. [43]

Seuraava askel on ehdotussuunnitteluvaihe, jossa esitetään asetettujen tavoitteiden täyttymiseksi vaihtoehtoiset toteutustavat. Tämän vaiheen perusteella suunnittelija laatii luonnokset eri vaihtoehdoista. Vaihtoehtoina saattavat olla hajautettu tai keskitetty järjestelmä tai sitten väyläliitännäiset laitteet tai fyysiset

I/O-pisteet. Valinnalla voidaan vaikuttaa esimerkiksi tarvittavan kaapeloinnin määrään.

Kolmantena vaiheena tulee yleissuunnittelu, jossa tehdään tarkennukset sekä viedään aiempien suunnitteluvaiheiden suunnitelmat pidemmälle. Jos urakassa on mukana muita suunnittelijoita, kuten sähkö- tai LVI-suunnittelijoita, pidetään heidän kanssaan yhteyttä ja yhteensovitetaan suunnitelmat.

Tarjousvaiheeseen päästään urakkalaskentasuunnitelmien perusteella. Näiden suunnitelmien perusteella urakoitsijat tekevät omat tarjouksensa. Tämän vaiheen suunnitelmien tulee olla mahdollisimman yksiselitteiset, jotta saadaan vertailukelpoisia tarjouksia. [43]

Urakoitsijavalinnan jälkeen tehdään toteutussuunnitelmat. Toteutussuunnitelmiin päivitetään urakkalaskentavaiheen jälkeen tulleiden mahdollisten muutosten osalta sekä tarkennetaan hyväksytyt laitevalinnat.

Viimeiseksi vastaanottovaiheessa tehdään vielä loppupiirustukset. Urakoitsija toimittaa suunnittelijalle niin sanotun punakynäsarjan, jonka perusteella suunnitelmat piirretään puhtaaksi. Urakoitsija vastaa siitä, että loppupiirustukset vastaavat toteutusta.

Aina kaikkia suunnitteluvaiheita ei toteuteta. Joskus saattaa riittää, etenkin saneerauskohteissa, että laaditaan suoraan urakkalaskentasuunnitelmat. [43]

6 Esimerkkikiinteistö Vaskivuorentie 12, Vantaa

Työssä käytettävä esimerkkikiinteistö sijaitsee Vantaalla Myyrmäessä. Kiinteistö on rakennettu vuonna 2003. Kohde on asunto-osakeyhtiö, jossa on tarjolla vanhusten palveluita. Asuntoja kohteessa on 76 kappaletta, ja talossa on kolme rappua ja yhteisiä tiloja. Lämmitysmuotona on kaukolämpö, ja asuntojen päälämmönlähteenä toimii vesikiertoinen patteriverkosto. Asuntojen ilmanvaihto on toteutettu porraskohtaisilla keskitetyillä tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla, joissa on lämmöntalteenotto.

Automaatiojärjestelmän käyttöikä pidetään noin 15 vuotta. Tässä ajassa järjestelmän katsotaan vanhenevan, mikä tarkoittaa varaosien sekä teknisen käytätäjätuen saannin hankaloituvan. Automaatiojärjestelmän saneerauksen yhteydessä järjestelmän taso on normaalia nostaa sen hetkisellem teknologiselle tasolle.

Uudistetun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD, 2018/844/EU) myötä suuriin ei-asuinrakennuksiin, joiden lämmityksen- ja ilmanvaihdon nimellisteho on yli 290 kW, tuli velvoite varustamisesta automaatio- ja ohjausjärjestelmällä vuoteen 2025 mennessä. Suurille asuinrakennuksille (yli 290 kW tehontarve) asetettiin vapaaehtoinen automaatiovelvoite.

Suomen ympäristökeskuksen tekemän tutkimuksen mukaan suurten asuinrakennusten lämmityksen ostoenergiankulutuksessa olisi mahdollista säästää kymmenen prosenttia parempien automaatiojärjestelmien avulla. Tämä tarkoittaisi automaatiojärjestelmän parantamisen takaisinmaksuaikana noin 2,5–3 vuotta. Tehokkaamman teknologian käyttöönoton voi kustannustehokkaasti yhdistää esimerkiksi lämmitysjärjestelmän uusimisen yhteyteen. Energiansäästön keinoina tutkimuksessa listattiin sisälämpötilojen pitämisen tasaisempina, ilmaisenergioiden tehokkaamman käytön sekä ennakoitun lämmöntarpeen arviointi sääennusteen avulla [26]. Kuvan 8 (s. 31) taulukossa on tutkimuksen vertailu suurten ei-asuinrakennusten sekä suurten asuinrakennusten energiansäästö- ja päästövähennyksen potentiaalista.

Taulukko 7. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien energiansäästöt, päästövähennykset ja nettosäästöt.

Politiikkamuutos:	Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite	Suurten asuinrakennusten vapaaehtoinen automaatiovelvoite
Vuosi 2021		
Energiansäästö (GWh/a)	39-54	37
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	8-11	7
Nettokustannus (1000 euroa/a)	-140...-1 180	-500...-700
Nettokustannus (euroa/tCO ₂)	-18...-105	-65...-90
Vuosi 2030		
Energiansäästö (GWh/a)	195-270	328
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	40-55	72
Nettokustannus (1000 euroa/a)	-700... -5 900	-4500...-6300
Nettokustannus (euroa/tCO ₂)	-18...-105	-65...-90

Kuva 8. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien mahdollistamat energiasäästöt, päästövähennykset ja nettosäästöt [26]

6.1 Hankkeen suunnittelu ja aloitus

Automaatiojärjestelmän saneeraus toteutettiin lämmönjakokeskuksen uusimisen yhteydessä. Uusinnan suunnittelusta vastasi Helsingin Laskentasäätö Oy, joka on erikoistunut lämmönjakokeskusten uusimisen ja lämmitysverkoston perussäädön suunnitteluun sekä kokonaisvaltaiseen projektien läpivientiin.

Urakan tarjouspyynnön automaatio-osuuden tarjouspyyntömateriaalissa hyödynnettiin rakennusaikaisia, Premier Planning Oy:n tekemiä automaatiojärjestelmän säätökaavioita sekä alkuperäisen automaatiojärjestelmän kytkentäkuvia. Hankkeen työselostuksessa oli tarkennettu järjestelmän muutoskohdat työselostuksena. Lisäksi urakoitsijoiden oli tutustuttava kohteeseen ennen tarjouksen antamista.

6.2 Lämmönjakokeskuksen uusiminen

Suunniteltu urakka kilpailutettiin. Valittu putkiurakoitsija toimi urakan pääurakoitsijana, ja työhön liittyvät muut urakat, kuten sähkö- ja automaatiourakat, suoritettiin aliurakkana.

Urakassa uusittiin kaukolämpökeskuksen lisäksi lämmitysverkostojen paisunta-astiat. Lämmönjakokeskus eristettiin ja merkinnät tehtiin asiaankuuluvalla tavalla. Lämmitysverkoston perussäätöä ei urakan yhteydessä toteutettu.

Kohteessa on kolmen vaihtimen lämmönjakokeskus, jonka uusiminen suunniteltiin matalalämpöisen kaukolämmön mitoituksen mukaan. Lämpimän käyttöveden vaihtimen teho on 410 kW, patteriverkoston 260 kW ja ilmanvaihtopiirin 115 kW. Verkostot täytettiin ja ilmattiin. Lisäksi urakkaan kuului lämmitysverkostojen koneellinen ilmaus kahden viikon aikana.

Uusi kaukolämpökeskus toimitettiin sähkö- ja säätölaitteineen valmiiksi johdotettuna. Vanhan lämmönjakokeskuksen kiertovesipumput olivat vakionopeuspumppuja. Uudet kiertovesipumput ovat energiatehokkaita, taajuusmuuttajaohjattuja ja varustettu kattavilla älykkäillä ominaisuuksilla. Patteriverkoston kiertovesipumpulle asennettiin erillinen paine-erolähetin mittamaan verkoston menon ja paluupiirien paine-eroa. Mittauksen perusteella säädetään pumpun kierrosnopeutta ja pidetään verkostossa vakiopaine-eroa. Ilmanvaihtopiirin pumppu asennettiin käymään kiertovesipumpun oman logiikan paine-erosäädön mukaan mutta samalla periaatteella.

Sen lisäksi että uudella pumpputekniikalla saadaan hyötyä lämmitysjärjestelmän toiminnassa, uudet pumput kuluttavat myös vähemmän sähköä. Liitteessä 1 on pumppuvalmistajan toimittama laskentakaavio ja sen avulla tehdyt esimerkkilaskennat pumppujen takaisinmaksuajasta.

6.2.1 Kaukolämpö

Euroopan vihreä kehitys osana 55-valmiuspakettia sisältää myös tavoitteita energian tuotannolle. Uusiutuvien energialähteiden osuus EU:n markkinoista ehdotetaan kasvatettavaksi nykyisestä 32 prosentista 40 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjen syntymistä, lisätä energiatehokkuutta ja yhteen liittää sähköverkkoja. [44]

Suomessa rakennusten yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. EU:n ja Suomen asettamat ilmastotavoitteet vaikuttavat myös kaukolämmön tuotantoon. Suomen kaukolämmön tuotanto on Pohjoismaiden suurinta suhteutettuna väkilukuun. Noin kolme neljäsosaa kaukolämmön tuotannosta perustuu sähkön ja lämmön yhteistuotantoon. Yhteistuotannon katsotaan olevan EU:n piirissä merkittävin kasvihuonepäästöjen syntymistä vähentävä yksittäisenä keino.

Lämmöntuotanto toteutetaan yleensä polttolaitoksissa, joissa polttoaineena käytetään puu- tai muuta biomassaa, kivihiiltä, maakaasua, turvetta, jätettä tai öljyä paikkakunnasta ja tuotantolaitoksesta riippuen. Tuotantotavat ovat kehittyneet ja polttoon perustuvan ratkaisun rinnalle on tuotu niin sanottuja hybridiratkaisuja. Erilaisilla lämpöpumpuilla saadaan esimerkiksi teollisuuden ylijäämälämpö sekä jätevesien lämpö hyödynnettyä kaukolämmöksi. Jo lähes puolet kaukolämmön lämmönlähteiden osuudesta on hiilidioksidineutraalia. Suurta mielenkiintoa alalla herättävät lämmön kausivarastoinnin mahdollisuudet, geoterminen lämpö syväältä maankuoresta sekä aurinkolämpö, kaksisuuntainen kaukolämpö ja matalampien lämpötilatasojen hyödyntäminen. [45]

Vaskivuorentielle kaukolämmön toimittaa Vantaan Energia, jonka kaukolämpö toteutetaan yhteistuotantona sähkön kanssa Itä-Vantaan jätevoimalalla sekä Martinlaakson voimalaitoksella (kuva 9 s. 34). Jätevoimalassa poltetaan noin 1,5 miljoonan suomalaisen kierrätykseen kelpaamaton sekajäte ja tulevaisuudessa kaupan ja teollisuuden jätettä, jota toistaiseksi ei olla voitu Suomessa

hyödyntää. Martinlaaksossa biovoimalaitos polttaa teollisuudelta ylijäävää biomateriaalia, kuten sahanpuruja, harvennushaketta, risuja, puunkuorta, kantoja ja kierrätyspuuta. [46]



Kuva 9. Vasemmalla Martinlaakson voimalaitos ja oikealla Itä-Vantaan jätevoimala [47]

Vantaan Energian tavoite on olla hiilinegatiivinen vuoteen 2030 mennessä tulevien hiilineutraalien investointien ja kierrätyspolttoaineiden avulla. Kivihiilen käyttö on päätynyt Vantaan Energialla vuonna 2022 ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä luovutaan vuoteen 2026 mennessä. Käynnissä ja suunnitteilla on useita hankkeita, kuten geoterminen voimalaitos Varistoon, hiilidioksiditonta bio-kaasua valmistava laitos, hiilidioksidin talteenotto raaka-aineeksi ja jalostaminen kokonaan uudeksi tuotteeksi sekä investointi kierrätysbiohiililaitokseen. Vantaan Energian esittämään aikajanaan (kuva 10 s. 35) on onnistuneesti saatu tavoite havainnollistettua. [48]



Kuva 10. Vantaan Energian tavoiteaikajana kohti hiilinegatiivisuutta [48]

6.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus

Vaskivuorentiellä saneerattu rakennusautomaatiojärjestelmä oli alkuperäinen ja jo teknisen käyttöikänsä päässä. Järjestelmä koostui neljästä alakeskuksesta, joiden fyysisten pisteiden perusteella uusi järjestelmän laitekanta rakennettiin kattamaan. Pääosin olemassa ollut kenttälaitetekanta hyödynnettiin yksittäisiä kenttälaitteita lukuun ottamatta.

6.3.1 Alakeskukset

Alakeskukset sijaitsevat lämmönjakohuoneessa sekä kolmen portaan, A, B ja C, porraskohtaisissa ilmanvaihtokonehuoneissa. Alakeskusten kytkentäkaapit sekä kaapeloinnit hyödynnettiin. Vanhan automaatiojärjestelmän järjestelmälaitteet purettiin kokonaisuudessaan. Automaatiojärjestelmän uusimisen yhteydessä ilmanvaihtokoneiden jäätymissuojayksiköt uusittiin. Kuvassa 11 (s. 36) on B-portaan ilmanvaihtokonehuoneen alakeskus saneerauksen jälkeen.



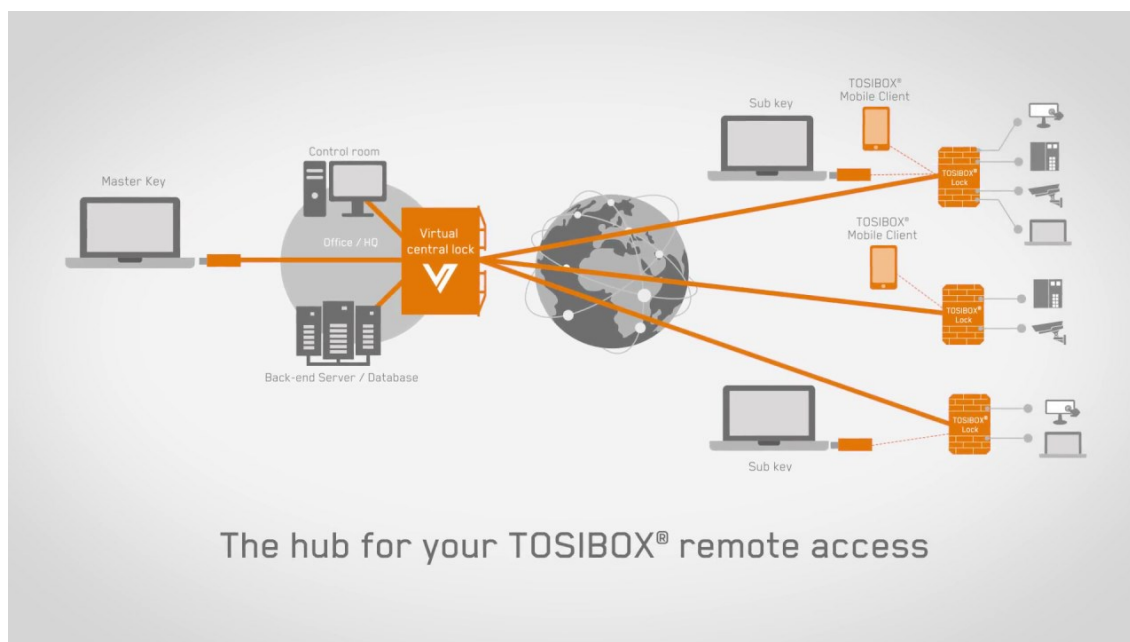
Kuva 11. B-portaan ilmanvaihtokonehuoneen uusittu alakeskus ulko- ja sisäpuolelta

Alakeskusten keskusyksiköt kytkettiin Modbus TCP:n avulla yhdeksi järjestelmäkokonaisuudeksi. Keskusyksiköiden kytkentämoduulit liitettiin Modbus RTU:n avulla laitevähylään. Kaikki alakeskukset varustettiin paikallispäätteillä, joissa ei ole graafista näkymää, mutta jotka helpottavat alakeskuskohtaista huoltokäyttöä, mikäli etävalvomoon ei ole pääsyä.

6.3.2 Etäyhteys, valvomoliitos ja tietoturva

Kohteen paikallinen automaatiojärjestelmä koostuu neljästä keskusyksiköstä ja niiden laitevähylästä. Keskusyksiköt ovat keskenään väylässä Modbus TCP:n avulla eli niin sanotusti sisäverkossa. Järjestelmän etäyhteys Kiinteistöpilvi-valvomoon on suojattu Tosibox-järjestelmän avulla. Kohteeseen asennettu Tosibox-modeemi toimii kohteen lukkona.

Valvomon serveripäähän on asennettu virtuaalinen keskuslukko. Keskuslukko yhdistää pääsyoikeudet omaavalle käyttäjälle pääsyn kohteisiin, joihin käyttäjän tunnukset on yhdistetty. Yhteys aukeaa suojattuna VPN-tunnelina. Tosibox ei tarvitse toimiakseen kiinteää IP-osoitetta, DynDNS-palvelua tai erillistä palomuuria. Kuvassa 12 on havainnekuva järjestelmän toiminnasta.



Kuva 12. Tosibox virtuaalisen keskuslukon toiminta [49]

Tosibox on luonut helposti käyttöönotettavan ja -hallittavan kyberturvajärjestelmän. Teknologia perustuu kaksivaiheiseen todennukseen, salausteknologiaan ja automaattisiin turvapäivityksiin. Yhteys on riippumaton verkkoyhteyden tyypistä ja järjestelmä on varustettu ”itsestään korjaavalla” toiminnolla, joka palauttaa katkenneen yhteyden automaattisesti. [49]

Kiinteistöpilvi mahdollistaa automaatiojärjestelmän etäkäytön laitteella, jossa on internet-selain. Kiinteistöpilvi mahdollistaa myös hälytys- ja mittaus tietojen kattavan historiaseurannan, kulutusraportoinnin sekä pilvien välisen liikennöinnin. Valvomoon voidaan tallentaa kohteen sähköisiä liitteitä, esimerkiksi laitteiden käyttöohjeita tai suunnitelmia.

Pilvien välinen kommunikointi mahdollistaa erilaisten tietojen siirtoja palvelimelta toiselle. Esimerkiksi Ilmatieteenlaitokselta saatavaa avointa säädataa voidaan hyödyntää lämmönsäädössä tai sähkön spot-hintaa erilaisissa sähkötehon ohjauksissa. Pilvien välinen tiedonsiirto toteutetaan yleensä palvelutyypillisesti, josta palveluntarjoaja perii usein käyttömaksun.

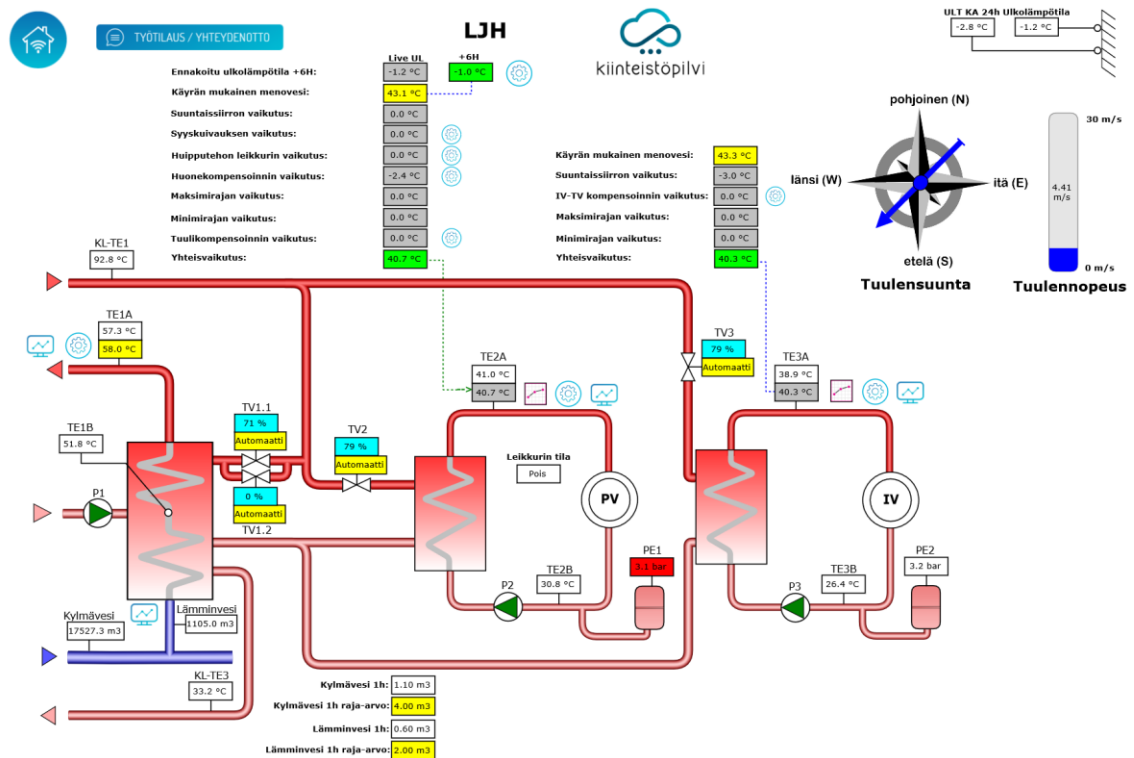
6.4 Lämmönjako

Energiateollisuus ry:n julkaisema Kaukolämmityksen määräykset ja ohjeet K1 vaikuttaa myös kiinteistön automaatiojärjestelmään, sillä se määrittelee rajat lämmitysjärjestelmien toiminnoille ja säädöille. Julkaisun viimeisin päivitys on vuodelta 2021 ja sitä on sovellettu 1.2.2022 lähtien. [50]

Kuvassa 13 on kohteen uusittu lämmönjakokeskuksesta sekä kuvassa 14 (s. 39) kaavionäkymä Kiinteistöpilvivalvomosta.



Kuva 13. Uusittu lämmönjakokeskus



Kuva 14. Lämmönjakokeskuksen valvomokaavio

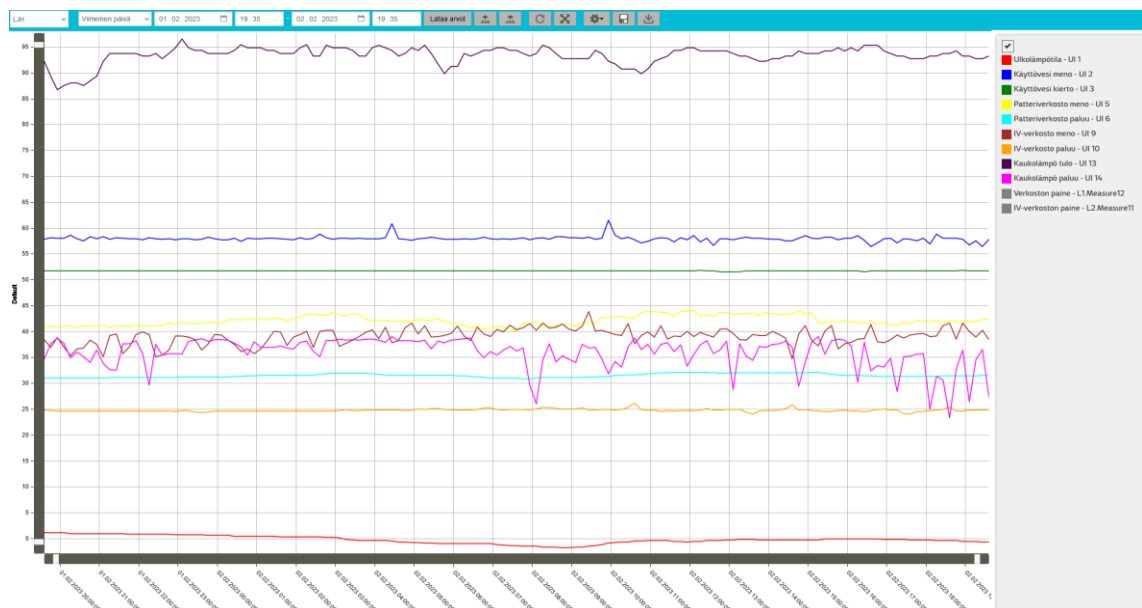
6.4.1 Käyttövesi

Lämpimän käyttöveden asetusarvo mitoitus määräytyy K1:n mukaan 58 asteeseen. Hetkellistä poikkeamaa asetusarvosta sallitaan + 7 – (-10) astetta. Ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 6 §:n mukaan lämminvesilaitteistosta saatavan veden lämpötila saa olla korkeintaan 65 astetta. Lämpimän kiertoveden lämpötila pitää olla vähintään 55 astetta. Olemassa olevien kiinteistöjen kanssa voidaan kiertoveden paluulämpötilaksi hyväksyä 50 astetta tietyin poikkeuksin. [50]

Automaatiojärjestelmään kytkettyä kiertoveden lämpötilamittausta ei voi välttämättä käyttää ympäristöministeriön asettaman minimiarvon seurantaan, jos lämpötilamittaus on asennettu vaihtimen sisään. Tällä tavalla asennettua anturia käytetään lämpimän käyttöveden säädön ennakoitianturina. Anturin sijoituspaikka on vaihtimen sisällä lämpimän kierron ja kylmänveden sekoituspis-

teessä, jolloin kulutuksen alkaessa kiertoveden lämpötila laskee, jolloin kaukolämmön säätöventtiilin avautumista voidaan nopeuttaa. Todellista käyttöveden kiertoveden lämpötilamittausta varten anturi tulisi sijoittaa vaihtimen ulkopuolelle.

Lämpimän käyttöveden säätö perustuu suureksi osaksi toimivaan prosessiin. Veden pitää kierrä verkostossa. Mikäli prosessi ei ole kunnossa, ei säätöä saada toimimaan säätölaitteiden viritysarvoja muuttamalla. Lämpötilasäätöjen toimintaa voi seurata esimerkiksi valvomon trendistä (kuva 15).



Kuva 15. Vuorokauden mittaustrendi lämmönjakokeskuksen mittauksista

Kiinteistön käyttöveden kulutusmittarit, eli päävesimittari ja lämpimän veden mittari, oli varustettu pulssilähdöllä. Pulssimittauksille ohjelmoitiin kulutusmittauksen lisäksi tunti- sekä vuorokausikohtaiset kulutusrajat. Veden kulutuksen poikkeuksellisesta kulutuksesta tulee huoltoon A-luokan hälytys. Lisäksi päävesimittarille ohjelmoitiin vuotovesihälytys, eli mittarin tulee olla pysähtyneenä asetetun ajanjakson vuorokauden aikana. Kulutusmittauksista valvomo luo raportit, johon voi luoda vertailujaksoja (kuva 16 s. 41).

Kylmävesimäärä

(1.1.2023 - 31.1.2023)

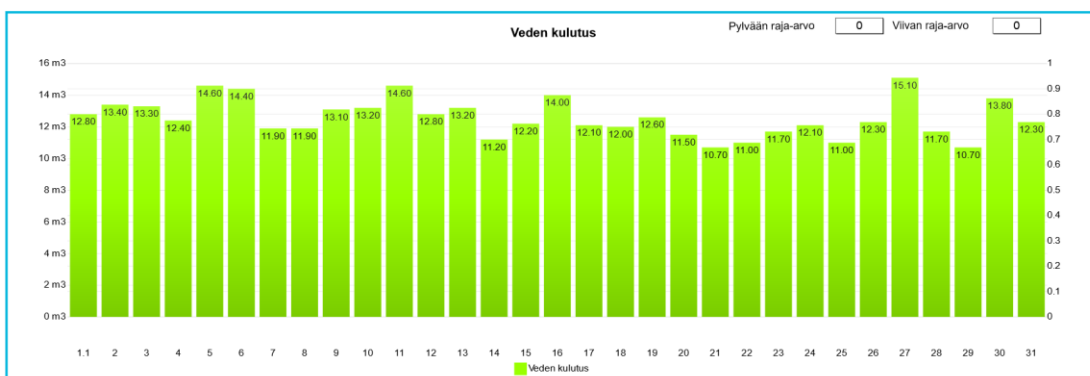
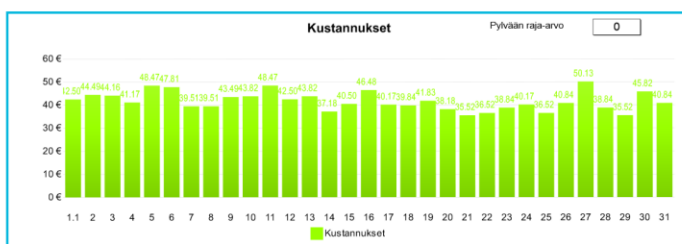


Kiinteistö: Vaskivuorentie 12
 Raken. pinta-ala: 1000 m³
 Paikkakunta: Vantaa
 Muuta veden hintoja

YHTEENVETO

Vertailujakso
(1.1.2022 - 31.1.2022)

Kulutus yhteensä: 389.60 m³ - m³
 Kustannukset yhteensä: 1293.47 €

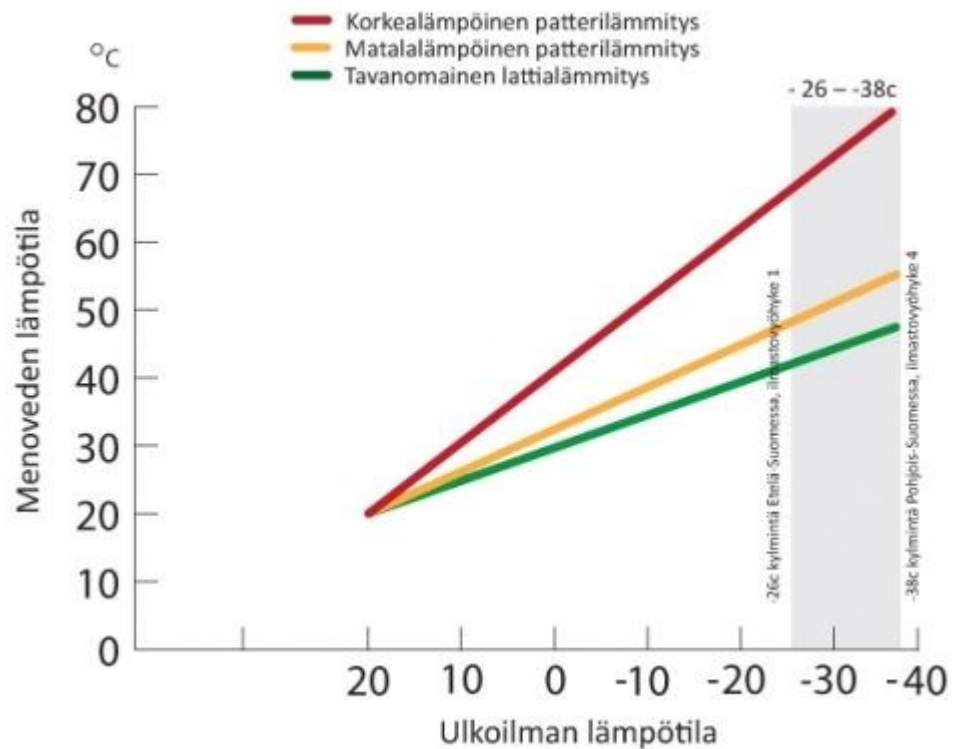


Kuva 16. Valvomoon liitetyistä kulutusmittauksista luodaan raportit, joista voi seurata kulutuslukemia

Suomalainen kuluttaa keskimäärin 155 litraa vettä vuorokaudessa. Huoneisto-kohtaisella vedenmittauksella voidaan kulutusta pienentää jopa kolmanneksella. Veden kulutuksen vähenemisen lisäksi energia kulutus ja jäteveden syntyminen pienenee. Esimerkkikohteessa asuntokohtaista vedenmittausta hoitaa Vesi-vertto-järjestelmä, jota ei kytketty rakennusautomaatiojärjestelmään.

6.4.2 Lämmitysverkostot

Asuntojen päälämmönlähteenä toimii patteriverkosto. Kiinteistössä on myös keskitetty ilmanvaihto, jossa tuloilma lämmitetään omalla kaukolämpövaihtimella. Perinteisesti lämmitysverkoston menoveden asetusarvon säätö on toteutettu ulkolämpötilaan perustuvan säätökäyrän mukaan. Kuvassa 17 (s. 42) on esimerkkinä säätökäyrät erityyppisille lämmönlähteille, jossa x-akselilla ulkolämpötila ja y-akselilla verkoston menovesiarvo.

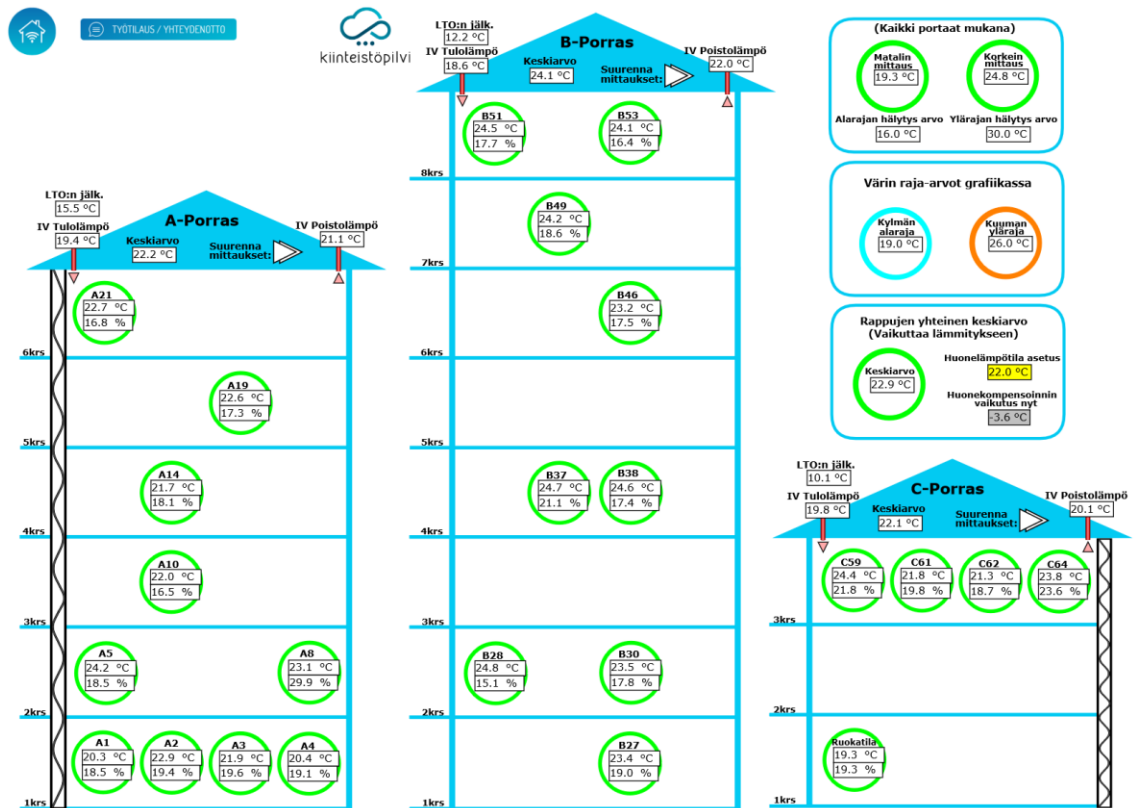


Kuva 17. Erilaiset säätökäyrät patteri- ja lattialämmityspiireihin [51]

6.4.2.1 Huonelämpötilakompensointi

Vaskivuorentie 12 patteriverkoston perinteistä ulkolämpötilan mukaista säätöä kompensoidaan huonelämpötilamittausten perusteella. Urakan yhteydessä kiinteistöön asennettiin langaton huonelähetinjärjestelmä kattamaan noin 30 prosenttia asuntojen määrästä. Lähettimiä asennettiin 24 kappaletta ja niillä mitataan tilojen lämpötilaa sekä kosteutta (kuva 18 s. 43).

Valvomon kaavioon on huonelämpötilojen lisäksi nostettu asuntojen ilmanvaihtokoneiden poistojen lämpötilat, joita voi verrata asuntojen lämpötiloihin. Huonelämpötilojen ympärille on lisätty lämpötilan mukaan väriä vaihtavat ympyrät, joista nopealla katsauksella havaitsee, ovatko lämpötilat normaalien rajojen sisäpuolella. Vihreä väri indikoi lämpötilan olevan normaalia, sininen lämpötilan olevan alle raja-arvon ja oranssi lämpötilan olevan yli raja-arvon.



Kuva 18. Langattomien huonelämpötilamittausten sijoitukset kiinteistössä

Lähettimet liikennöivät radioverkossa vastaanottimeen 432–434 Mhz:n taajuudella. Jokaiselle lähettimelle annetaan käyttönotossa oma tunnus sekä salaussävy, jolla toteutetaan laitteiden välinen salattu viestintä. Laitteessa on näyttö, jossa lämpötila ja kosteusarvo vuorottelevat. Normaaleissa olosuhteissa lämpötilaa ja kosteutta mittaavan lähettimen paristonkesto on noin kymmenen vuotta lähetysvälin ollessa 10 minuuttia.

Langattoman mittausjärjestelmän vastaanotin on kytketty Modbus TCP/IP:n avulla automaatiojärjestelmään. Verkkoon voidaan asentaa langaton vahvistin, joka kommunikoi radioverkon avulla vastaanottimeen. Jos tarvitaan useampi vahvistin, täytyy ne kytkeä kaapelilla väylään. Vastaanottimet ja vahvistimet tarvitsevat sähköyötön, joten täysin langattomia ne eivät ole.

Modbus-väylän avulla mittausdata noudetaan automaatiojärjestelmään. Mittaus-tiedon avulla lasketaan keskiarvo, jonka mukaan lämmitysverkoston menove-den asetusarvoa kompensoidaan tarvittavaan suuntaan asetetun kertoimen voi-makkuudella. Lämpötilamittauksille asetellaan rajat, joiden sisällä mittauksen täytyy olla, jotta se huomioidaan laskentaan mukaan. Kuvassa 19 on esitetty näkymä valvomosta aseteltavista huonekompensoinnin asetusarvoista.

Huonekompensoinnin aktivointi:	Käytössä
Huonekompensointisuhde:	4
Huonelämpötilan asetus:	22,0 °C
Keskiarvo mittaus:	22,8 °C
Huonekompensoinnin vaikutus nyt:	-3,2 °C

Kuva 19. Huonekompensoinnin asetusarvonäkymä

6.4.2.2 Säädata, ennakoitu ulkolämpötila ja tuulikompensointi

Kiinteistöpilvi valvomo kerää Ilmatieteen laitoksen saatavaa dataa hetkellisestä ja tulevasta säästä. Säätietoja luetaan valvomon serveriin avoimen datan avulla. Avoimen datan luennassa Kiinteistöpilvi-valvomoon käytetään Python-ohjelmointikieltä. Pääasiassa valvomosta kohteeseen tuodaan sääaseman paikka, ennustettu ulkolämpötila, ilmanpaine ja -kosteus, tuulen nopeus ja suunta sekä sademäärä. Datan avulla voisi tietoa tuoda lukemattoman määrän ja esimerkiksi auringon säteilytehon tuonti voi olla tulevaisuudessa tarpeellista. Kuvassa 20 (s. 45) kuvakaappaus ohjelmakoodista ja kuvassa 21 (s. 45) Kiinteistöpilvi-näkymässä käyttöön valittavat ohjelmalliset pisteet.

```

107 def OpenDataValues(x, URL):
108     mtl = ["lämpö", "paine", "ilmankosteus", "tuulensuunta", "tuulennopeus", "sademäärä", "auringonteho", "sääsymboli"]
109     tag = {"wfs": "http://www.opengis.net/wfs/2.0",
110           "omso": "http://inspire.ec.europa.eu/schemas/omso/3.0",
111           "om": "http://www.opengis.net/om/2.0",
112           "wml2": "http://www.opengis.net/waterml/2.0",
113           "gml": "http://www.opengis.net/gml/3.2"}
114     }
115     vals = [
116         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-Temperature"]/wml2:point',
117         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-Pressure"]/wml2:point',
118         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-Humidity"]/wml2:point',
119         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-WindDirection"]/wml2:point',
120         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-WindSpeedMS"]/wml2:point',
121         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-PrecipitationAmount"]/wml2:point',
122         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-RadiationWAccumulation"]/wml2:point',
123         './wml2:MeasurementTimeseries[@gml:id="mts-1-1-WeatherSymbol3"]/wml2:point',
124     ]
125     API = x.get("apiKutsu")
126     REQ = requests.get(URL + API)
127     root2 = ET.fromstring(REQ.content)
128     storedump(x)
129     trgl = ET.SubElement(x, "Details")
130     i = 0
131     for meases in vals:
132         dig1 = root2.findall(meases, tag)
133         ET.SubElement(trgl, mtl[i])
134         trg2 = trgl.find(mtl[i])
135         for xaa in dig1:
136             h = {"Value": [], "Timestamp": []}
137             xbb = xaa.find("./wml2:MeasurementTVP/wml2:value", tag)
138             xcc = xaa.find("./wml2:MeasurementTVP/wml2:time", tag)
139             h["Value"].append(xbb.text)
140             h["Timestamp"].append(xcc.text)
141             ET.SubElement(trg2, "Point", h)

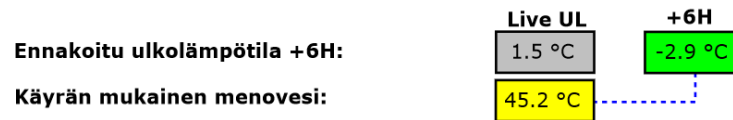
```

Kuva 20. Python-ohjelmakielellä säädata tuodaan Kiinteistöpilvi valvomon käyttöön

Kiinteistöpilvi-valvomoon on tehty ohjelmallinen Modbus-laite säätietojen siirtämistä varten. Laitteen rekisteristä on tehty vakio, jotta kohdekohtainen ohjelmointi helpottuisi.

Laitteet	Pisteet	Etsi...	740 laitepistettä
▼ Vaskivuorentie T2			
▼ Ilmatieteenlaitos			
Alarms			
Aika-asetukset			
Järjestelmäasetukset			
Viimeisin tieto palvelimelta			
Espoo - Lämpötilaennuste			
Espoo - Ilmanpaine			
Espoo - Ilmankosteus			
Espoo - Tuulensuunta			
Espoo - Tuulennopeus			
Espoo - Sademäärä			
Espoo - Auringon teho			
Espoo - Sääsymboli			
Helsinki - Lämpötilaennuste			
Helsinki - Ilmanpaine			
Helsinki - Ilmankosteus			
Helsinki - Tuulensuunta			
Helsinki - Tuulennopeus			
Helsinki - Sademäärä			
Helsinki - Auringon teho			
Helsinki - Sääsymboli			
Vantaa - Lämpötilaennuste			
Vantaa - Ilmanpaine			
Vantaa - Ilmankosteus			
Vantaa - Tuulensuunta			
Vantaa - Tuulennopeus			
Vantaa - Sademäärä			
Vantaa - Auringon teho			
Vantaa - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			
Kirkkonummi - Sääsymboli			
Kirkkonummi - Lämpötilaennuste			
Kirkkonummi - Ilmanpaine			
Kirkkonummi - Ilmankosteus			
Kirkkonummi - Tuulensuunta			
Kirkkonummi - Tuulennopeus			
Kirkkonummi - Sademäärä			
Kirkkonummi - Auringon teho			

Ennusteen perusteella lämmityksen säätöä voidaan ohjata lämmittämään kiinteistöä jo ennen kylmenevää säätä tai toisin päin. Esimerkkikohteessa valittiin ennustettu säätö kuuden tunnin ennusteen mukaan (kuva 22). Ennustetta voidaan käyttää myös pidemmän ennusteen mukaan.



Kuva 22. Ennakoitu ulkolämpötila kuuden tunnin kuluttua

Lämmitysverkoston menoveden asetusarvoon voidaan vaikuttaa myös tuulikompensoinnin avulla (kuva 23). Säädästä poimitaan hetkellinen tuulen nopeus ja tuulen suunta. Tuulikompensoinnille asetellaan aloituspiste, minkä jälkeen kompensoinnin vaikutusta nostetaan käyrän mukaan; tuulen voimistuessa myös asetusarvoa nostava kompensointiarvo nousee. Tuulikompensoinnille voidaan asettaa myös purevuuskerroin, jossa ulkolämpötilan kylmetessä kompensointiarvoa nostetaan. Myös tuulen suunnan perusteella voidaan nostaa kompensoinnin arvoa. Esimerkiksi meren rannalla sijaitsevalle kiinteistölle, mereltä puhaltavalle tuulelle voidaan asettaa voimakkaampi kerroin.

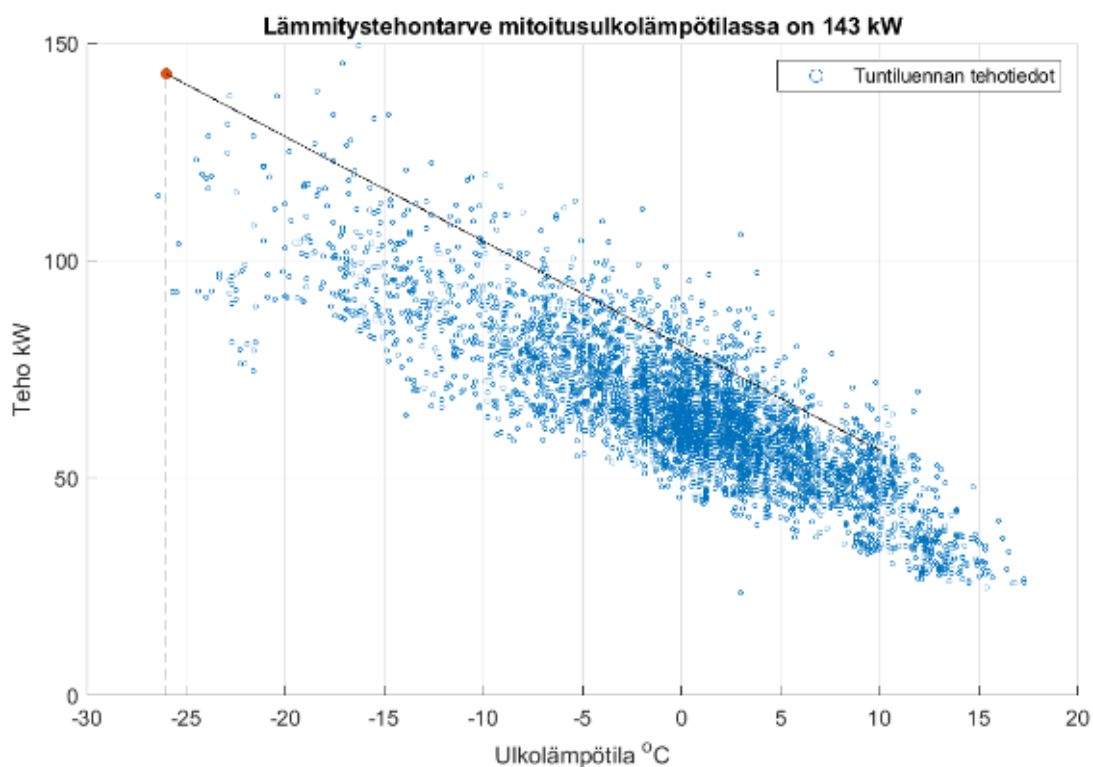


Kuva 23. Tuulikompensoinnin asetusarvot

6.4.2.3 Kaukolämmön huipputeho

Vantaan Energian kaukolämmön perusmaksu perustuu kiinteistön kuluttamaan, tuntiluennatietoihin perustuvaan, laskutustehoon. Laskutusteho tarkastetaan vuosittain. Laskutustehoon voidaan vaikuttaa kiinteistön rakenteellisilla korjauksilla tai energiatehokkuutta parantavilla järjestelmillä.

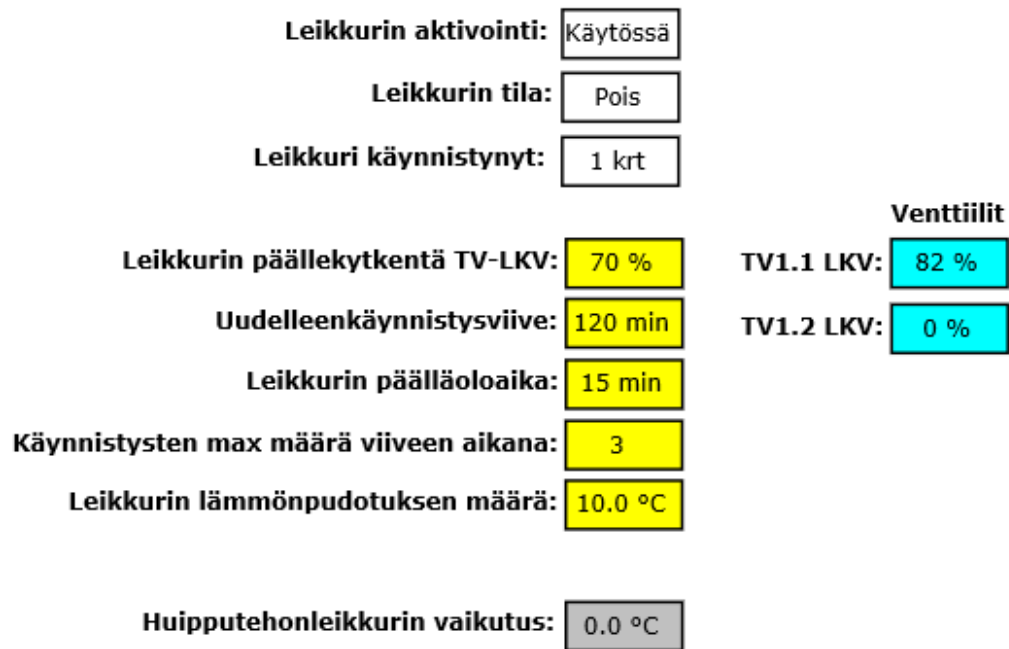
Vantaan Energiolla on ollut vuodesta 2013 lähtien kaikki verkkoon kytkettyjen kiinteistöjen energiamittarit tuntiluennassa. Lämmityskauden (1.10.–31.3.) huipputeho selvitetään kuvaajalla, joka muodostetaan lämpötilan ja käyttöpaikan kulutustehon mukaan. Alla kuvassa 24 on malliraportti, jossa kuvan suora kuvaa suurinta tarvittavaa kaukolämpötehoa. [52]



Kuva 24. Malliraportti kaukolämmön laskutustehon muodostumisesta

Esimerkkikiinteistössä pyritään vaikuttamaan kaukolämpöenergian huippukulutukseen ajamalla tilapäisesti lämmitysverkostoon viileämpää vettä lämpimän käyttöveden kulutuksen ollessa suuri. Lämpimän käyttöveden valmistuksen

lämmöntarvetta seurataan. Lämmöntarpeen ylittäessä asetetun rajan, ajetaan lämmitysverkoston menoveden asetusarvoa tilapäisesti aseteltavan lämpötilan verran alaspäin. Esimerkiksi pyynnin ylittäessä 70 prosenttia, ajetaan lämmitysverkostoon 15 minuutin ajan kymmenen astetta viileämpää vettä. Myös tuntikohtainen käynnistysten maksimimäärä on aseteltavissa. Kuvassa 25 on esitetty leikkurin asetusarvonäkymä valvomosta.



Kuva 25. Patteriverkoston huipputehon leikkurin asetusarvot

Patteriverkoston kaukolämpöventtiilin toimimoottorin ajoajalla on suuri vaikutus leikkurin toimintaan. Perinteisesti lämmitysverkostoissa on käytetty hitaita, 150:n sekunnin ajoajalla varustettuja toimimoottoreita. Leikkurin toiminnan kannalta nopeampi, esimerkiksi 30:n sekunnin toimimoottori antaa mahdollisuuden nopeampaan reagointiin.

Toinen yksinkertainen tapa laskea huippukulutuksen piikkiä on ilmanvaihdon tehonohjausten jaksottaminen kohteissa, joissa on useampi keskitetty ilmanvaihtokone. Perinteisesti ilmanvaihtokoneita on ajettu aikaohjelman mukaan tehos-

tusjaksoissa. Tehostusjaksot on ajoitettu oletettuihin ruoanlaitto- ja peseytymis-aikoihin. Jottei ilmanvaihdon lämmitysverkostoon synny yhtäkkisestä lämmöntarpeesta nousevaa piikkiä, olisi tehostusjaksojen käynnistymisiä hyvä porrastaa esimerkiksi tapahtumaan 15 minuutin välein.

6.4.2.4 Ilmanvaihtoverkoston lämmöntarveohjaus

Ilmanvaihtoverkostoon on perinteisesti ajettu kohtuullisen korkealla säätökäyrällä ulkolämpötilakompensoitua menoveden asetusarvoa. Lämmönsäädin ei ole saanut ilmanvaihdon säätimeltä tietoa koneiden todellisesta lämmöntarpeesta.

Esimerkkikohteessa on säätö toteutettu siten että ilmanvaihdon lämmitysverkostoon ajetaan lämpöä matalan säätökäyrän mukaan. Samalla seurataan ilmanvaihtokoneiden lämmönpyyntiä. Jos joku venttiileistä ylittää asetetun rajan, nostetaan lämmitysverkoston menoveden asetusarvoa tarpeen mukaan. Lämmöntarvekompensointiohjelman asetusarvonäkymä on esitetty kuvassa 26.

IV-TV kompensointi aktivointi:	Käytössä
IV-TV kompensointisuhde:	10.0 °C
IV-TV kompensoinnin hidastus:	15 min
IV-TV aloituspiste (TV min%):	80 %
IV-TV kompensoinnin vaikutus:	0.0 °C

Lämmitysventtiilin asento

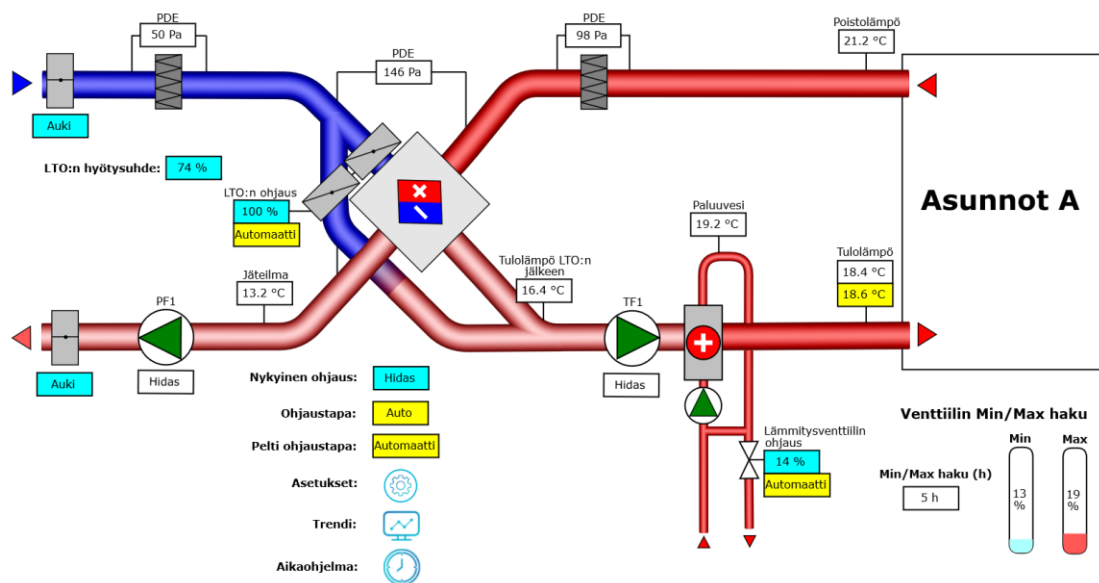
IV-Kone A:	17 %
IV-Kone B:	16 %
IV-Kone C:	31 %

Kuva 26. Lämmöntarveohjauksen asetusarvot

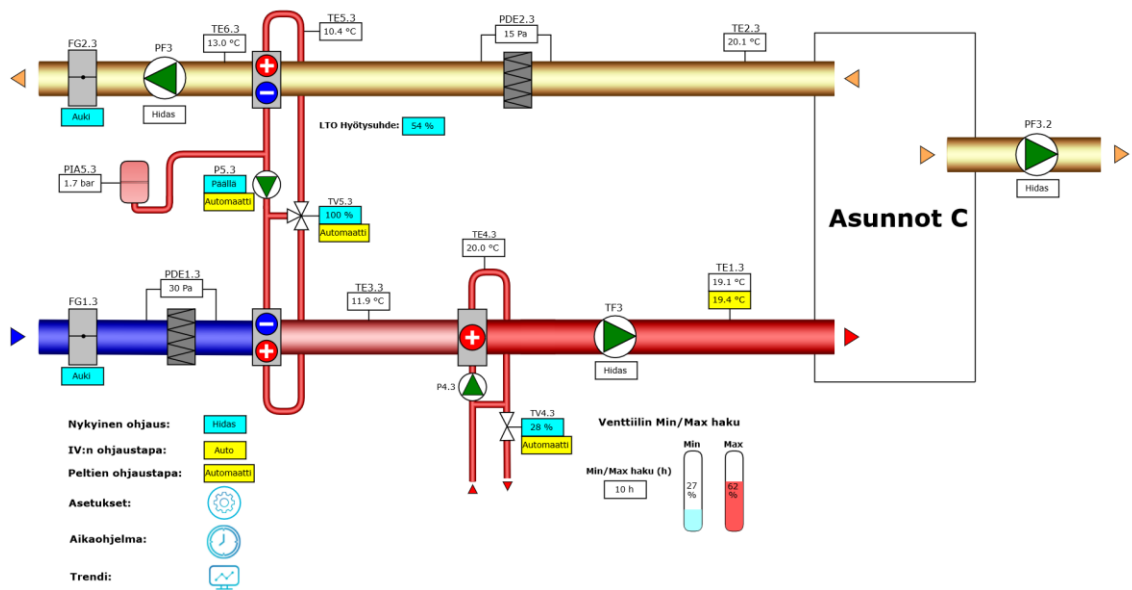
Lämmöntarveohjauksen mahdollistamaa matalaa säätökäyrää tukevat ilmanvaihtokoneiden toimivat lämmöntalteenotot. Koneiden lämmöntalteenoton toimintaa sekä lämmityspatterin paluuveden lämpötilaa pitää erityisesti seurata matalaa menoveden lämpötilaa ajettaessa, jottei pakkasella lämmöntalteenoton huurteen sulatuksen aikana kone pääse laukaisemaan jäätymissuojaa.

6.5 Ilmanvaihdon automaatio

Esimerkkikohteessa asuntojen ilmanvaihto on toteutettu porraskohtaisilla, keskitetyillä tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla. A ja B-portaiden ilmanvaihtokoneet on varustettu kuutiolämmöntalteenotolla ja C-portaan ilmanvaihtokone nestekiertoisella lämmöntalteenotolla. Puhallinmoottorit ovat hihnavetoisia kaksinopeuskooneita. Kuvissa 27 ja 28 (s. 51) on esitetty havainnekuvat valvomokaaviosta.



Kuva 27. A- ja B-portaissa asuntojen keskitetyt ilmanvaihtokoneet on varustettu kuutiolämmöntalteenotolla



Kuva 28. C-portaan asuntojen keskitetty ilmanvaihtokone on varustettu neste-kiertoisella lämmöntalteenotolla

Tuloilman lämmitystä ohjataan kahdessa portaassa, joista ensimmäinen porrass on lämmöntalteenoton säätö ja toisena portaana on vesikiertoinen lämmityspatterit. Lämmityskauden alkaessa ja syyskuivauksen kytkeytyessä päälle automatiojärjestelmä ajaa lämmöntalteenoton täydelle teholle sen hetkisestä sisään puhalluksen asetusarvosta huolimatta. Syyskuivauksen toiminta voidaan ohjelmoida esimerkiksi ulkolämpötilamittauksen keskiarvomuutokseen perustuen tai esimerkiksi ulkolämpötilan, -kosteuden ja tuulen yhteisvaikutuksen mukaan. Perinteisesti syyskuivausjaksolla on nostettu ainoastaan päälämmitysverkoston menoveden lämpötilaa. Syyskuivausjakson jälkeen lämmöntalteenotto palaa normaaliin toimintaan.

Kuutiolämmöntalteenotto on toteutettu yhdellä akselilla, jota ohjataan yhdellä säätömoottorilla. Säätömoottoria ohjataan viestisäätöisesti 0–100 % -asentoon. Auki -asennossa, eli ohjauksen ollessa 100 %, raitis ilma ohjataan lämmöntalteenottoon. Kiinni -asennossa, raitis ilma ohjataan lämmöntalteenoton ohi. Kuutiolämmöntalteenoton toimintaa seurataan poistoilmakanavaan asennettavan paine-erolähtetimen avulla, mikä asennetaan mittaamaan paine-eroa kuution yli. Mikäli paine-ero alkaa kasvamaan, tarkoittaa se, että talteenottolaite alkaa

huurtumaan. Huurtumisessa poistoilman kosteus jäätyy talteenottolamellin pintaan. Huurtumistoiminnolla raitista ilmaa ohjataan osittain ohituksen kautta ohi lämmöntalteenoton, jotta lamellit lämpenisivät ja kennosto sulaisi.

Erillistilojen, kuten hissikuilujen, jätehuoneen ja alapohjien ilmanvaihto on toteutettu huippuimurein, jotka käyvät jatkuvasti, ja ainoastaan aseteltava pakkasraja pienentää pyörimisnopeutta puolelle teholle. Pesula- ja saunatilat on varustettu tilakohtaisilla lämmöntalteenottokoneilla. Näitä koneita ohjataan käytön mukaan aseteltavin veto- ja päästöhidastuksin.

6.6 Erillisohjaukset ja -hälytykset

Rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa sähkön erillisohjauksipisteitä. Ulkovaloja ohjataan useassa ryhmässä aikaohjelman ja ulkovaloisuuden mukaan. Myös osa sisätilojen valoista saadaan ulkovaloisuuden mukaan tarvittaessa ohjattua jatkuvalla käytölle. Ulko-ovien koodipaneeleilta voidaan estää yökäyttö aikaohjelmalla, jolloin kulku tapahtuu ainoastaan avaimella. Pesulan ovea ja kuivaushuoneen koneita ohjataan aikaohjelman mukaan.

Saunatilojen kiukaita ohjataan aikaohjelman mukaan. Kiukaan aikaohjelmaa seuraavat tilan muut ohjaukset, kuten ilmanvaihto ja oven lukko. Saunatilan lämpötilaa seurataan ja mittauksesta saadaan hälytys, mikäli kiuas ei jostain syystä lämpene. Mittaustiedosta kerättävän trendin avulla voidaan seurata löylyhuoneen lämpenemisaikaa sekä kiukaan termostaatin toimintaa ja tarkastaa, pysyykö löylyhuoneen lämpötila halutussa arvossa.

Rakennusautomaatiojärjestelmään on koottu kiinteistön erillishälytykset, jotka on liitetty järjestelmään fyysisten hälytyskoskettimien avulla. Hälytyspisteitä on muun muassa turvalokeskus, paloilmotinkeskus, rikosilmotinkeskus, käyttöveden kulutusmittausjärjestelmä, sprinklerijärjestelmä ja ilmanvaihdon hätäseis-painikkeet.

6.7 Tulevaisuuden mahdollisuudet

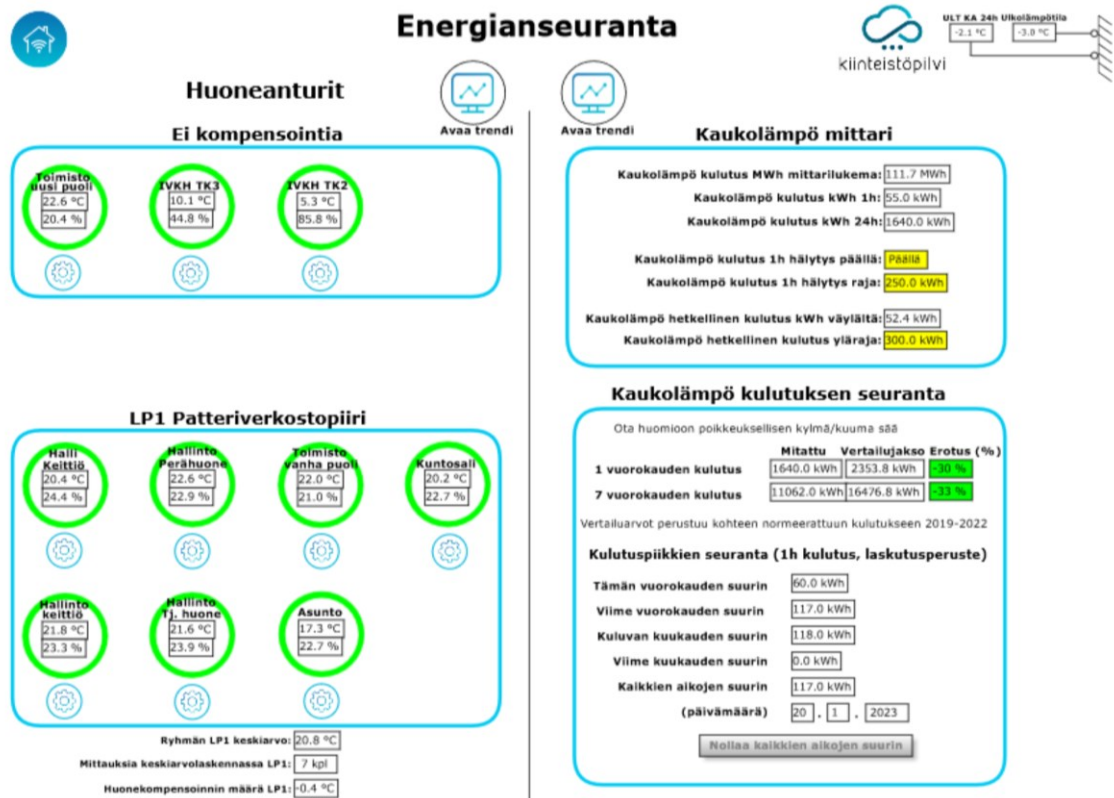
Koneellinen ilmanvaihto vie ison osan kiinteistön sähköenergiankäytöstä. Asuntojen keskitetyt ilmanvaihtokoneet on varustettu hihnavetoisin puhaltimin (kuva 29). Sähkömoottorin laskennallinen käyttöikä on noin 20–30 vuotta. Uusimalla puhaltimet tehokkailla ja hyötysuhdeluokitukseltaan korkealuokkaisilla sähkömoottoreilla voitaisiin säästää sähköenergian kulutuksessa. Lisäksi nykyaikaiset moottorit kaipaavat vähemmän huoltoa.

Vaskivuorentie 12:ssa olisi hyvä potentiaali aurinkosähköjärjestelmän toteuttamiseen. Kohteessa on tasakatto (kuva 29), joka mahdollistaisi paneelien suuntaamisen etelään sekä tekniset tilat katoilla ja ylimmissä kerroksissa, joissa olisi hyvin tilaa paneelijärjestelmän inverttereille ja sähkökeskukset järjestelmän verkkoon liittämistä varten. Kohteessa on jatkuva sähkönkulutus. Oikean kokoisella järjestelmällä olisi mahdollista säästää sähköenergian ostokuluissa.



Kuva 29. Vasemmalla kuva B-portaan katolta, josta näkymä A- ja C-portaiden katoille. Oikeanpuoleisessa kuvassa on asuntokohtaisen ilmanvaihtokoneen hihnavetoinen puhallin.

Kaukolämmön huipputehon leikkausta on mahdollista tehostaa kaukolämpö-energiamittarin liittämällä automaatiojärjestelmään paikallisen fyysisen väyläliitoksen tai pilvipalvelun avulla (kuva 30). Vantaan Energia tarjoaa energiämittarin väyläliitosmahdollisuutta kuukausiveloitusperusteisesti. Mittari-liitoksella voidaan seurata kiinteistön kaukolämpöenergian todellista hetkellistä kulutusta ja asettaa sille eritasoisia hälytysrajoja tai ohjata sen mukaan kulutusta rakennusautomaatiosta. Kulutuspiikin lähestyessä voidaan esimerkiksi tilapäisesti laskea lämmitysverkoston menoveden asetusarvoa tai pudottaa ilmanvaihtoa pienemmälle teholle, jolloin tuloilmakoneiden lämmöntarve pienenee. Energialukeman riittävästä datamäärästä pystytään myös ohjelmoimaan vertailua aiempiin vuosiin ja hyödyntää tätä tietoa esimerkiksi kulutuspoikkeamahälytyksissä.



Kuva 30. Energiämittarin liitoksella toteutettu energiaseuranta

Kohteeseen rakennettuun langattomaan mittausjärjestelmään voidaan liittää myös langattomia CO²-lähettämiä, joiden perusteella voitaisiin toteuttaa ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus. CO²-lähettimien käyttämä virrankulutus on

suurempi kuin asennetuilla lämpötila-kosteuslähettimillä, mikä aiheuttaa sen, että pariston käyttöikä on noin viisi vuotta.

Päivittämällä vastaanotin kaksi suuntaiseen liikenteeseen sopivalla mallilla, järjestelmään voidaan myös liittää patterikohtaisia toimimoottoreita. Tilaan, jonka lämmityspattereita halutaan ohjata, asennetaan tilakohtainen lämpötilalähetin. Lähettimen mittaustuloksen perusteella ohjataan patteriventtiiliin asennettua langatonta toimimoottoria. Tällä tavoin on mahdollista liittää kiinteistön kaikkien huoneiden tai mahdollisesti ainoastaan yleisten tilojen, kuten porrashuoneiden ja kerhotilojen, lämmönsäätö älykkään järjestelmän tarpeenmukaiseen ohjaukseen.

7 Yhteenveto

Suomen itselleen asettama tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä on maailman kunnianhimoisimpia. Suomessa liikennettä vastaavan määrän hiilidioksidipäästöjä tuottaa olemassa oleva rakennuskanta. Hyviä työkaluja energiankulutuksen vähentämiseen ja tätä kautta hiilineutraaliuden saavuttamiseen tarjoa yhteiskunnan sähköistyminen ja digitalisoituminen. Lisäksi Suomessa on jo pitkään pidetty rakennusten automaatioon tehtyä investointia kannattavana. [53]

Maailman ilmastopolitiikka ja sen seurauksena syntyneet energiatehokkuutta tehostavat lait aiheuttavat myös rakennusautomaatioalalle uudistuksia. Ala kehittyy jatkuvasti rakennusten digitalisaation myötä. Automaatiojärjestelmistä tulee koko ajan uusien teknologioiden avulla entistä älykkäämpiä ja käyttäjäystävällisempiä. Järjestelmät ovat rakennusten käyttömukavuuden sekä käyttökustannusten kannalta entistä merkityksellisempiä.

Älykkäiden järjestelmien toiminta perustuu käytössä oleviin antureihin, mittausdataan, yhdistettävyyteen sekä tiedon analysointiin. Eri servereillä pyörivät palvelut on mahdollista liittää rajapintojen avulla yhdeksi kokonaisuudeksi. Tekoälyn tehtävänä on niputtaa tämä eri järjestelmistä saatava massadata ja purkaa se hyödynnettävään käyttöön. Tämän hetken käytössä oleva tekoäly perustuu vahvasti ihmisen syöttämiin laskukaavoihin ja käskyihin.

Internetiin liitettyjen laitteiden määrä tällä hetkellä on noin 7 miljardia ja määrä kasvaa koko ajan IOT:n yleistyessä. Useimmissa arvioissa yhdistettyjen laitteiden määräksi arvioidaan kasvavan 20–30 miljardiin vuosikymmenen puoliväliin mennessä. Edetessä kohti älykkäämpää tulevaisuutta, mahdollisuuksien ja hyödyllisten palvelualueiden määrä kasvaa, mutta samalla myös kysymyksiin yksityisyydensuojaan ja tietoturvaan liittyen pitää löytyä vastaukset. [54]

Viimeisimmän EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) myötä olemassa oleville suurille, ei-asuinkäytössä oleville rakennuksille asetettiin automaatiojärjestelmävelvoite. Jos automaatiovelvoite laajennettaisiin koskemaan

uusia ja lämmitysjärjestelmän osalta peruskorjattaviin suuriin asuinkiinteistöihin, se olisi Suomessa koskenut vuonna 2021 noin 22 000 kerrostaloa. Vuosittaista energiansäästöpotentiaalia olisi 37 GWh joka vähentäisi kasvihuonepäästöjä 7 700 tCO². Velvoitteen laajennus koskemaan suuria asuinkiinteistöjä toisi nettosäästöjä, sillä velvoite vähentäisi enemmän energiankustannuksia kuin sen aiheuttamat lisäkustannukset olisivat [26]. Euroopan komissio julkaisi 15.12.2021 ehdotuksen rakennusten energiatehokkuusdirektiivin päivityksestä osana laajaa 55-ilmastopakettia. Ehdotus sisältää uusia avauksia sekä nykyisten toimien tehostamista, jotka toisivat toteutuessaan merkittäviä toimia myös Suomelle. [17]

Rakennusautomaatiojärjestelmän tekninen käyttöikä on 15 vuotta. Suomessa suurin osa suurista asuinkiinteistöistä on varustettu rakennusautomaatiojärjestelmällä. Taloyhtiön suunnitellessa rakennusautomaatiojärjestelmän saneerausta, kannattaa olla yhteydessä alan asiantuntijaan. Uudella automaatiojärjestelmällä voidaan tehostaa rakennuksen talotekniikan energiankulutusta asumisen olosuhteista tinkimättä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää rakennusautomaatiota koskevat lait, määräykset ja asetukset sekä tutkia nykyistä rakennusten energiatehokkuuslakia ja sen vaikutusta asuinkiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmiin. Työssä todettiin, että suoraan rakennusautomaatiota koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä on vielä toistaiseksi vähän, mutta välillisesti moni talotekniikka-alan laki koskee myös rakennusautomaatiota. Työssä selvisi, ettei rakennusten energiatehokkuuslaissa asetettu suurille asuinkiinteistöille automaatiovelvoitetta, vaan rakennusautomaatiojärjestelmä on toistaiseksi vielä vapaaehtoinen. Rakennusten energiatehokkuuslaki on tarkoitus uusia viiden vuoden välein ja sen on tarkoitus olla joka kerta tavoitteiltaan aiempaa kunnianhimoisempi. Suurissa asuinrakennuksissa on potentiaalia energiankäytön tehostamiseen, mikä voi tulevaisuudessa tuoda muutoksen suurten asuinrakennusten automaatiovelvoitteeseen.

HK-Säätö Oy tarjoaa asiakkailleen rakennusautomaatiojärjestelmien pilvivalvomopalveluja. Pilvipalvelua voisi kehittää virtuaalisella voimalaitoksella. Voimalaitos keräisi säätietojen lisäksi tietoa energian hetkellisistä ja ennustetuista hinnoista sekä saisi tietoa energialaitoksilta verkkojen energiantarpeista ja mahdollistaisi alueellisen kysyntäjoustopalvelun tarjoamisen. Kysyntäjousto voisi toimia ennustetusti esimerkiksi siten että energialaitos pyytää energiakulutuksen pudotusta tulevan päivän tietyille tunneille, jolloin rakennukseen voitaisiin ennakoiden ladata lämpöä yllämmittämällä ja ilmanvaihdon tehostusjaksoa muuttaa ja muita sähkökuormia pudottaa kysynnän mukaan.

Lähdeluettelo

- [1] Ohje taloautomaation hankintaan, 2019. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/files/16317/Ohje_taloautomaation_hankintaan.pdf> . Luettu 20.11.2022.
- [2] Energian käyttö Suomessa / Hiilidioksidipäästöt, 9.6.2022. Motiva Oy Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/hiilidioksidipaa-stot>. Luettu 20.11.2022.
- [3] R. Liedes, 2020. ST-ohjeisto 20 Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. Espoo: Sähkötieto Oy.
- [4] R. Liedes, 2017. ST-ohjeisto 15 Rakennusten energiatehokkuus. Espoo: Sähkötieto Oy.
- [5] J. Vilmunen, Granlund Oy, Luento 17.3.2022. Rakennusautomaatio-suunnittelu. Julkaisematon kurssimateriaali.
- [6] Energy performance of buildings. Contribution of building automation, controls and building management. Part 1: General framework and procedures SFS-EN ISO 52120-1:2022. 22.3.2022. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Verkkoaineisto <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/5/1105869.html.stx>>. Luettu 20.11.2022.
- [7] Energian käyttö Suomessa, 10.8.2022. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa>. Luettu 5.2.2023

- [8] Ilmastonmuutoksen hillitseminen, 23.11.2020. Euroopan Ympäristökeskus. Verkkoaineisto.
<<https://www.eea.europa.eu/fi/themes/climate/intro>>. Luettu 16.10.2022.
- [9] Kansainvälinen ilmastopoliittika. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto.
<<https://ym.fi/kansainvalinen-ilmastopoliittika>>. Luettu 12.2.2023.
- [10] Pariisin ilmastopöpmus. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto.
<<https://ym.fi/pariisin-ilmastopöpmus>>. Luettu 12.2.2023
- [11] Rakennusten energiatehokkuus. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto.
<<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>>. Luettu 16.10.2022.
- [12] Ympäristöministeriöltä rakennusten teknisten järjestelmien energiatehokkuutta parantava asetus, 27.10.2020. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/-/ymparistoministeriolta-rakennusten-teknisten-jarjestelmien-energiatehokkuutta-parantava-asetus>>. Luettu 16.10.2022.
- [13] Hallituksen ilmastopoliittika: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto
<<https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>>. Luettu 16.10.2022.
- [14] Hallitus sopi ilmastotoimien vahvistamisesta, 18.3.2022. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/-/hallitus-sopi-ilmastotoimien-vahvistamisestahttps://ym.fi/-/hallitus-sopi-ilmastotoimien-vahvistamisesta>>. Luettu 16.10.2022.
- [15] Eurooppa-neuvosto, 15.–16. lokakuuta 2020, 22.10.2021. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto
<<https://www.consilium.europa.eu/fi/meetings/european-council/2020/10/15-16/>>. Luettu 7.2.2023.

- [16] Eurooppalainen ilmastolaki: neuvosto ja parlamentti alustavaan sopuun, 8.5.2021. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2021/05/05/european-climate-law-council-and-parliament-reach-provisional-agreement/>>. Luettu 7.2.2023.
- [17] Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistaminen. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>>. Luettu 16.10.2022.
- [18] Hallitus linjasi kantansa rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistamiseen, 31.3.2022. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto <<https://ym.fi/-/hallitus-linjasi-kantansa-rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistamiseen>>. Luettu 16.10.2022.
- [19] Valtioneuvosto linjasi kantansa komission ehdotukseen lisätä aurinkoenergian käytön edistäminen osaksi uudistettavaa rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä, 8.7.2022. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/-/valtioneuvosto-linjasi-kantansa-komission-ehdotukseen-lisata-aurinkoenergian-kayton-edistaminen-osaksi-uudistettavaa-rakennusten-energiatehokkuusdirektiivia>>. Luettu 16.10.2022.
- [20] Ilmastolain uudistus. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/ilmastolain-uudistus>>. Luettu 5.2.2023.
- [21] Uusi Ilmastolaki voimaan heinäkuussa, Valtioneuvosto, 9 6 2022. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/uusi-ilmastolaki-voimaan-heinakuussa>>. Luettu 5.2.2023.

- [22] 55-valmiuspaketti: neuvosto sopuun tiukemmista rakennusten energiatehokkuussäännöistä, 18.11.2022. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto. <<https://www.consilium.europa.eu/press/press-releases/2022/10/25/fit-for-55-council-agrees-on-stricter-rules-for-energy-performance-of-buildings/>>. Luettu 7.2.2023.
- [23] J. Kauppinen. 2022. Perustelumuuisto, Valtioneuvoston asetus avustuksista asuinrakennusten kaukolämpölaitteisto-jen uusimiseen matalalämpötilaiseen kaukolämpöön soveltuviksi vuosina 2022 ja 2023. Ympäristöministeriö.
- [24] Avustettavat korjaukset ja avustuksen laskenta, 23.4.2021. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Verkkoaineisto. <https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ ja_ avustukset/Energiaavustus/Avustettavat_toimenpiteet_ ja_ avustuksen_laskenta>. Luettu 11.2.2023.
- [25] Valtioneuvoston asetus avustuksista asuinrakennusten kaukolämpölaitteistojen uusimiseen matalalämpötilaiseen kaukolämpöön soveltuviksi vuosina 2022 ja 2023, 2022. Valtioneuvosto.
- [26] T. T. K. S. K. A. P. V. P. P. H. P. V. T. V. T. M.-Y. M. O. T. Kangas Hanna-Liisa. 2019 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosten kansallisen toimeenpanon vaikutusten selvitys ja arviointi. Suomen ympäristökeskus.
- [27] L. R. Sahala Antti. 2020. ST 710.00 Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet. Espoo: Sähkötieto Ry.
- [28] L. R. Sahlstén Toivo. 2020. ST 21.32 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioon ottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa, Sähkötieto Oy.

- [29] ST 95.12 / RT 103208 Rakennusten digitaalinen turvallisuus. 2020. Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy.
- [30] SFS 6000 Pienjännitesähköasennusten standardisarja. 2022. Suomen standardoimisliitto SFS Ry . Verkkoaineisto
<<https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/sfs-6000-pienjannitesahkoasennusten-standardisarja/>>. Luettu 20.11.2022.
- [31] D1-2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2022. Sähköinfo Oy, Verkkojulkaisu. <<https://www.sahkoinfo.fi/product/1814>>. Luettu 20.11.2022.
- [32] SFS 6002, 3. painos. 2015. Sähkötekniset standardit Suomessa, Sesko ry. Verkkoaineisto. <<https://sesko.fi/standardointi/sahkoasennukset/sfs-6000-6002/>>. Luettu 20.11.2022.
- [33] Rakennusautomaatio. 2021. Sähköinfo Oy
- [34] J. Leppälä. 2021. Automaation tietoturva – Kriittisen tuotannon turvaaminen. Liite: GDPR:n vaikutukset automaatioympäristöihin. Helsinki: Suomen automaatioseura ry.
- [35] Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI). 22.12.2022. Motiva Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/rakennusten_alyindikaattori>
. Luettu 15.1.2023.
- [36] J. Leppälä, "LiiteTekoäly automaation tietoturvan kehittämisessä," tekijä: *Automaation tietoturva - Kriittisen tuotannon turvaaminen*, Helsinki, Suomen automaatioseura ry, 2021.

- [37] Kyberturvallisuuskeskus Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, ”Suojaamattomia automaatiojärjestelmiä suomalaisissa verkoissa 2020,” Traficom, 2021.
- [38] Taloyhtiöt / Lämmitys / Patteriverkoston perussäätö. 10.9.2021. Motiva Oy Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt_-_yhdessä_energiatehokkaasti/lämmitys/patteriverkon_perussaato>. Luettu 23.10.2022.
- [39] T. Niemelä, Granlund Oy. Luento 10.2.2023. Älykkäät ja kestävät energiaratkaisut. Julkaisematon kurssimateriaali.
- [40] Kiinteistön energiankäyttö / Valaistus. 13.1.2022. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/valaistus>. Luettu 22.10.2022.
- [41] Julkinen sektori / Valaistustieto. 22.8.2022. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/valaistustieto>. Luettu 22.10.2022.
- [42] H. Ailisto. 16.9.2021. Automaatioväylä. Verkkoaineisto. <<http://www.automaatiovayla.fi/tekoaly-ja-tietoturva/>>. Luettu 10.12.2022.
- [43] H. Pulkkinen. 2022 ST 701.32 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Sähkötieto Ry.
- [44] Puhdas energia. 24 11 2022. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/clean-energy/>>. Luettu 7.2.2023.

- [45] Kaukolämmön tuotanto. Energiateollisuus ry. Verkkoaineisto.
<https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto>.
Luettu 16.1.2023.
- [46] Kaukolämmön ABC. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto.
<<https://www.vantaanenergia.fi/lampo/nykylampo/kaukolammon-abc/>>.
Luettu 5.2.2023.
- [47] Vantaan Energia, kuvia medialle. M. Waegelein 18.8.2022.
Verkkoaineisto. <https://vantaanenergia.emmi.fi/l/x7zdFw_9T-jr>. Luettu
17.3.2023
- [48] Monenmuotoista energiaa. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto.
<<https://www.vantaanenergia.fi/me/energiantuotanto/>>. Luettu 5.2.2023.
- [49] Virtual Central Lock (HUB). Tosibox Oy Verkkoaineisto
<<https://www.tosibox.com/for-management-tosibox-virtual-central-lock>>.
Luettu 13.2.2023.
- [50] K1/2021 Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet.
Energiateollisuus ry. Verkkoaineisto.
<https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitus_Maaraykset_ja_ohjeet_%28pdf%29.pdf>. Luettu 17.3.2023.
- [51] Vesikiertoisen lattialämmityksen säätövinkkejä. 17.1.2023 Motiva Oy.
Verkkoaineisto
<https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/ajankohtaista_nyt_kotona/lammityskausi_kaynnistyy/vesikiertoisen_lattialammituksen_saativinkkejä>.
Luettu 5.2.2023.

- [52] Laskutusteho. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.vantaanenergia.fi/lampo/palvelumme-kaukolampoasiakkaille/laskutusteho/>> Luettu 28.1.2023.
- [53] J. Hyvärinen. 10.6.2020. Lataa, neuvo ja varmista: mitä rakennusten energiatehokkuus-direktiivin muutos tuo mukanaan. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Verkkoaineisto. <<https://talteka.fi/lataa-neuvo-ja-varmista-mita-rakennusten-energiatehokkuus-direktiivin-muutos-tuo-mukanaan/>> Luettu 6.1.2023.
- [54] M. Patrick. 2022. Älykkäät kaupungit - miten, koska, mitä, missä? Automaatioväylä, nro 1. s. 28 - 30.

Esimerkkikohteen lämmönjakojärjestelmän vanhojen ja uusien kiertovesipumppujen sähkönkulutuksen vertailu energiansäästölaskelmana

Kiertovesipumppujen moottori- ja säätötekniikka on kehittynyt vertaillessa esimerkkikohteen alkuperäisen ja uusitun lämmönjakokeskuksen pumppuja. Kuvassa 31 on vanha sekä uusi pumppumalli.



Kuva 31. Vasemmalla vanhan kaukolämpökeskuksen lämmitysverkoston kiertovesipumppu Grundfos UPS40–120. Oikealla uuden keskuksen Magna3 40–120 F.

Taulukoissa 1–4 (liite s. 2 ja 3) löytyy vertailuja vanhojen ja uusien kiertovesipumppujen sähkönkulutuksista. Vertailussa uusien kiertovesipumppujen säätötapana pidetään suhteellista säätötapaa. Muuttuvina pidetään vuoden käyntiaikaa sekä sähköenergian hintaa. Laskelmissa ei oteta huomioon vaihtotyön hintaa eikä pumppaustekniikan kehityksen mukana tuomaa energiahyötyä.

Taulukko 1. Pumput käyvät jatkuvasti vuoden jokaisena päivänä. Sähkön hintana pidetään 0,1 euroa per kWh. Takaisinmaksuajaksi saadaan, pumpusta riippuen, 10–15 vuotta.

GRUNDFOS				Energiansäästö-laskelma													
				2023						Energia hinta		0,1 €/kWh					
Lähtötiedot				Vanha pumppu				Uusi pumppu				Energia säästöt					
Positio	Q	H	Käyttöaika	Merkki	Malli	Teho	Energia-kulutus	Merkki	Malli	PN	Energia-kulutus	Energian-säästö	Uuden pumpun listahinta ilman vaihtotöitä	Takaisin-maksuaika	Energian-säästö	Säästö	15 vuoden säästö
	l/s	m	h/a			kW	kWh/a	Merkki			kWh/a	%	€ (alv.0%)	a	kWh/a	€/a	€
UP 32-80 B 180	1	6	8760	Grundfos	UP 32-80 B 180	0,27	1968	Grundfos	MAGNA3 25-100 N	97924339	436	78	2367	15	1532	153	2299
UPS 40-120	2,2	7	8760	Grundfos	UPS 40-120	0,45	3381	Grundfos	MAGNA3 40-120 F	97924270	1120	67	2846	13	2261	226	3392
UP 32-80 180	1	6	8760	Grundfos	UP 32-80 180	0,27	1975	Grundfos	MAGNA3 25-100	97924247	436	78	1527	10	1539	154	2308
															5332	533 €	7 998 €


Taulukko 2. Jos pumppujen alkuperäinen vuoden käyttöaika on ollut lyhyempi (esimerkiksi kesäajan seis, 90 päivää), uusien pumppujen sähköenergiankulutuksella saavutettava takaisinmaksuaika on pidempi. Sähkön hinnan pysyessä samana, takaisinmaksuaika hyppää 15–23 vuoteen.

GRUNDFOS				Energiansäästö-laskelma													
				2023						Energia hinta		0,1 €/kWh					
Lähtötiedot				Vanha pumppu				Uusi pumppu				Energia säästöt					
Positio	Q	H	Käyttöaika	Merkki	Malli	Teho	Energia-kulutus	Merkki	Malli	PN	Energia-kulutus	Energian-säästö	Uuden pumpun listahinta ilman vaihtotöitä	Takaisin-maksuaika	Energian-säästö	Säästö	15 vuoden säästö
	l/s	m	h/a			kW	kWh/a	Merkki			kWh/a	%	€ (alv.0%)	a	kWh/a	€/a	€
UP 32-80 B 180	1	6	6600	Grundfos	UP 32-80 B 180	0,27	1483	Grundfos	MAGNA3 25-100 N	97924339	436	71	2367	23	1047	105	1571
UPS 40-120	2,2	7	6600	Grundfos	UPS 40-120	0,45	2548	Grundfos	MAGNA3 40-120 F	97924270	1120	56	2846	20	1428	143	2141
UP 32-80 180	1	6	6600	Grundfos	UP 32-80 180	0,27	1488	Grundfos	MAGNA3 25-100	97924247	436	71	1527	15	1052	105	1577
															3526	353 €	5 289 €

Taulukko 3. Käyntiaika pidetään samana kuin aiemmassa mutta nostetaan sähköenergian hinnaksi 0,25 euroa per kWh. Takaisinmaksuajaksi saadaan 6–9 vuotta.

GRUNDFOS				Energiansäästö-laskelma													
				2023						Energia hinta		0,25 €/kWh					
Lähtötiedot				Vanha pumppu				Uusi pumppu				Energia säästöt					
Positio	Q	H	Käyttöaika	Merkki	Malli	Teho	Energia-kulutus	Merkki	Malli	PN	Energia-kulutus	Energian-säästö	Uuden pumpun listahinta ilman vaihtotöitä	Takaisin-maksuaika	Energian-säästö	Säästö	15 vuoden säästö
	l/s	m	h/a			kW	kWh/a	Merkki			kWh/a	%	€ (alv.0%)	a	kWh/a	€/a	€
UP 32-80 B 180	1	6	6600	Grundfos	UP 32-80 B 180	0,27	1483	Grundfos	MAGNA3 25-100 N	97924339	436	71	2367	9	1047	262	3926
UPS 40-120	2,2	7	6600	Grundfos	UPS 40-120	0,45	2548	Grundfos	MAGNA3 40-120 F	97924270	1120	56	2846	8	1428	357	5354
UP 32-80 180	1	6	6600	Grundfos	UP 32-80 180	0,27	1488	Grundfos	MAGNA3 25-100	97924247	436	71	1527	6	1052	263	3944
															3526	882 €	13 223 €

Taulukko 4. Palautetaan käyntiajaksi ympäri vuoden ja pidetään sähkön hinta 0,25 euroa per kWh. Takaisinmaksuaika onkin enää 4–6 vuotta.

GRUNDFOS 				Energiansäästölaskelma													
				2023				Energia hinta		0,25 €/kWh							
Lähtötiedot				Vanha pumppu				Uusi pumppu						Energia säästöt			
Positio	Q	H	Käyttöaika	Merkki	Malli	Teho	Energia- kulutus	Merkki	Malli	PN	Energia- kulutus	Energian- säästö	Uuden pumppun listahinta ilman vaihtotöitä	Takaisin- maksuaika	Energian- säästö	Säästö	15 vuoden säästö
	l/s	m	h/a			kW	kWh/a	Merkki			kWh/a	%	€ (alv.0%)	a	kWh/a	€/a	€
UP 32-80 B 180	1	6	8760	Grundfos	UP 32-80 B 180	0,27	1968	Grundfos	MAGNA3 25-100 N	97924339	436	78	2367	6	1532	383	5746
UPS 40-120	2,2	7	8760	Grundfos	UPS 40-120	0,45	3381	Grundfos	MAGNA3 40-120 F	97924270	1120	67	2846	5	2261	565	8480
UP 32-80 180	1	6	8760	Grundfos	UP 32-80 180	0,27	1975	Grundfos	MAGNA3 25-100	97924247	436	78	1527	4	1539	385	5769
														5332	1 333 €	19 996 €	