Veeti Ala-aho

Energiatehokkuus kiinteistöissä

Älykkäiden teknologioiden ratkaisut edistämässä energiatehokkuutta

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Kandidaatin tutkinto
Sähkö- ja energiatekniikka

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO
Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Tekijä: Veeti Ala-aho
Tutkielman nimi: Energiatehokkuus kiinteistöissä: Älykkäiden teknologioiden ratkaisut edistämässä energiatehokkuutta
Tutkinto: Tekniikan kandidaatti
Oppiaine: Sähkö- ja energiatekniikka
Työn ohjaaja: Anne Mäkiranta
Valmistumisvuosi: 2025 **Sivumäärä:** **34**

TIIVISTELMÄ:

Ilmastonmuutos sekä energiatarpeen jatkuva kasvu vaativat uusien ratkaisuiden kehittämistä vähentämään niin energiankulutusta kuin kasvihuonepäästöjä. Rakennusten energiankulutuksen kattaessa noin 40 % niin Euroopan unionin kuin Suomen kokonaisenergiankulutuksesta on rakennusten energiatehokkuuden edistäminen merkittävässä roolissa. Euroopan unionin sekä Suomen vaatimukset sekä lainsäädäntö ohjaavat niin yksityisen kuin julkisen sektorin rakennusten omistajia tutkimaan, kehittämään sekä investoimaan eri ratkaisuihin edistääkseen rakennuksen energiatehokkuutta.

Älykkäiden teknologioiden ratkaisut edistämässä rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä ovat peruskivi rakennuttamisen ja rakennusten kehityksessä. Älykkäiden teknologioiden ratkaisuilla saavutetaan rakennusten älykkyys kyvyllä keskustella ja jakaa dataa keskenään sekä toteuttaa reaaliaikaista seurantaa. Reaaliaikaisen seurannan avulla pystytään ohjaamaan rakennuksen eri laitteita, ohjelmistoja ja järjestelmiä. Näillä on suora vaikutus rakennuksen sisäilmaan sekä eri energiakulutusten optimointiin, jotta rakennus saadaan vastaamaan sille suunniteltua toimintaa.

Tässä tutkielmassa perehdytään kirjallisuuskatsauksena älykkäiden teknologioiden ratkaisuihin edistämässä energiatehokkuutta rakennuksissa. Tutkielmaan on valittu yleisimmistä ratkaisuista rakennusautomaatiojärjestelmä, esineiden asiat (IoT-laitteet) sekä tutkitaan tekoälyn osuutta osana kokonaisuutta. Tutkielman alussa perehdytään siihen, miten energiankulutus ilmenee rakennuksissa sekä energiatehokkuuden edistämisen merkitystä vastaamaan niin EU:n kuin Suomen asettamia ilmastotavoitteita sekä lainsäädäntöä. Tässä työssä tutkitaan eri työkaluja, ratkaisuja, todistuksia sekä ennusteita, jota käytetään energiatehokkuuden arvioinnissa sekä kehittämisessä.

Tutkimuksen lopussa pohditaan rakennusten energiakulutuksen merkitystä osana kokonaisenergiankulutusta sekä vaikutusta taistella ilmaston lämpenemistä vastaan. Euroopan unionin sekä Suomen asettamat lainsäädäntö sekä muut vaatimukset ohjaavat rakennuttamista ja rakennuksia tähtäämään energiatehokkuuteen ja päästöttömyyteen. Lähitulevaisuudessa tarve rakennusten energiatehokkuutta edistäville ratkaisuille kasvaa johtaen taloudelliseen kasvuun. Älykkäät teknologioiden ratkaisut mahdollistavat rakennuksen älykkyyden sekä eri energiakulutusten optimoinnin vastaten kiinteistön suunniteltua toimintaa ja luoden samalla säästöjä.

AVAINSANAT: Energiatehokkuus, älykkäät teknologioiden ratkaisut, rakennusautomaatiojärjestelmä, tekoäly, esineiden internet (IoT), älykkäät rakennukset

Sisällys

1 Johdanto 5

2 Energiankulutus kiinteistöissä 7

2.1 Rakennusten energiakulutuksen osuus tulevaisuudessa 8

2.2 Työkaluja ja ratkaisuja kiinteistön energiankäytön tehostamisessa 9

2.2.1 Energiatodistus 10

2.2.2 Smart building ja SRI-menetelmä 11

2.2.3 NZEB ja ZEB rakennusmallit 12

3 Älykkäitä teknologioiden ratkaisuja 15

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä 16

3.2 Esineiden internet – IoT 20

3.2.1 Läsnäolo- ja liiketunnistimet älyvalaistuksessa 20

3.2.2 Älykkäät termostaatit ja CO2 sensorit ilmanvaihdossa 21

3.3 Tekoäly osana kokonaisuutta 21

4 Ratkaisujen integroiminen rakennuksiin 23

4.1 Hyödyt 23

4.2 Haasteet 25

5 Pohdinta 27

6 Johtopäätökset 29

7 Yhteenveto 30

Lähteet 31

Kuvat

Kuva 1. Esimerkkejä kerrostalojen energialuokista (Peab, 2022) 11

Kuva 2. Euroopan parlamentin NZEB-rakennusmalli (SosESG, 2021) 13

Kuva 3. Sensoreiden vaikutus rakennuksen ja LVIS-laitteiden hallintaan (Y.Bae & muut, 2021) 17

Kuva 4. The Homey-sovellus paikallisvalvomona (Homey, 2025) 18

Tekoälyn käyttöä koskeva ilmoitus

Tämän kandidaatin -tutkielman valmistelun aikana tutkielman tekijä Veeti Ala-aho käytti M365 Copilot tekoälyä työkaluna kehittääkseen opinnäytteensä kieltä. M365 Co-pilotin käytön jälkeen, tekijä on tarkistanut ja muokannut sisältöä ja ottaa täyden vas-tuun kandidaatintutkielman sisällöstä.

1 Johdanto

Viimeisten vuosikymmenysten aikana taistelu ilmaston lämpenemistä vastaan ja kasvava energiatarve ovat vaatineet niin teknologian ratkaisujen, kuin niihin investointien edistämistä vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksia. Ilmastopolitiikkaa ja siihen liittyvää lainsäädäntöä on kiristetty vuosivuodelta niin Suomessa kuin Euroopan Unionissa (EU) tähdäten hiilineutraalisuuteen ja energiatehokkuuteen. Vuonna 2019 Euroopan komissio julkaisi Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (European Green Deal), jonka lopullinen tähtäin on tehdä Euroopan unionista moderni ja kilpailukykyinen talous, joka toimisi täysin kasvihuonekaasu päästöttömänä vuoteen 2050 mennessä (EU, 2019). Euroopan komissio on myös toteuttanut direktiivejä tukemaan taistelua ilmaston lämpenemistä vastaan kohdistuen energiatehokkuuteen rakennuksissa, sillä kiinteistöjen energiakulutus on viime vuosina ollut noin 40 % koko Euroopan energiakulutuksesta (EU, 2024).

Euroopan unionin rakennusten energiatehokkuusdirektiivi keskittyy rakentamisen ja rakennusten ilmastoneutraalisuuteen vaatien vuoteen 2030 mennessä kaikkien rakennusten päästöjen vähentämiseen sekä energiatehokkuuden kehittämiseen. Direktiivi on antanut jäsenvaltioille vuoteen 2050 asti aikaa kehittää lainsäädäntöään ja keskittää investointeja rakennuttamisen ja rakennusten kehittämiseen (EU, 2024). Suomi osana Euroopan unionia asetti itselleen määrätietoisemman aikataulun tähdätä hiilineutraalisuuteen vuoteen 2035 mennessä vähentäen päästöjään progressiivisesti kohti 2035 ja vuoteen 2050 (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022). Tämän tavoitteen tueksi Suomen valtioneuvosto julkaisi kansallisen ilmasto- ja energiastrategian, joka määrittelee toimenpiteet, joilla Suomi täyttää Euroopan unionin sekä itse asettamat ilmastotavoitteet (Motiva, 2024). Strategia myös ottaa kantaa energiatehokkuuden parantamiseen rakennuksissa ja rakentamisessa.

Nykyiset määräykset edellyttävät jäsenvaltioilta kykyä toteuttaa kokonaisenergiatarkastelua rakennuskohtaisesti perustuen laskentamenetelmien käyttöönottoon ja energiakulutuksen tarkastelua energialuvun määrittämiseksi jo rakennuslupavaiheessa (Motiva, 2012). Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi sovelletaan kokonaisia älyllisiä

järjestelmiä, jotka pystyvät keskustelemaan keskenään ja optimoimaan energiatehokkuutta vuodenajasta tai rakennuksen toiminnasta riippumatta. Yleisimpiä ratkaisuja rakennuksen energiatehokkuuden edistämiseksi ovat panostaminen rakennusmateriaaleihin, kuten lämmöneristykseen ja uusiutuviin energialähteisiin ja lämmöntalteenotto-laitteisiin sekä älyllisiin kiinteistöautomaatiojärjestelmiin. Ne pystyvät reaaliaikaisesti analysoimaan ja optimoimaan koko rakennuksen energiatehokkuutta älymittaroinnista saadulla tiedolla (EU, 2024).

Tässä tutkielmassa on tavoitteena perehtyä kirjallisuuskatsauksena älykkäisiin teknologian ratkaisuihin, jotka edistävät energiatehokkuutta rakennuksissa. Tutkimuksessa nostetaan yleisimmistä ratkaisuista esille rakennusautomaatiojärjestelmä, esineiden internet (IoT) sekä tekoälyn osuus osana kokonaisuutta. Tutkielman alussa perehdytään siihen, miten energiankulutus ilmenee rakennuksissa sekä energiatehokkuuden merkitykseen vastata nykyisiin niin Suomen, kuin Euroopan unionin ilmastopolitiikan ja lainsäädännön vaatimuksiin. Tutkimuksessa tuodaan esiin eri ennusteita, työkaluja ja ratkaisuja, joilla pystytään vastaamaan nykyisiin vaatimuksiin rakennusten energiatehokkuudesta. Tutkimuksessa myös käydään läpi älykkäiden teknologioiden ratkaisuista saatuja hyötyjä edistämässä rakennuksen energiatehokkuutta sekä haasteita, jotka hidastavat ratkaisuiden integroimista olemassa oleviin sekä uudisrakennuksiin. Tämä johtaa syvempään ymmärtämiseen älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden vaikutuksista todellisuudessa.

2 Energiankulutus kiinteistöissä

Energiankulutus kiinteistöissä ilmenee useassa eri muodossa riippuen kiinteistön toiminnasta ja käyttötarkoituksesta. Näistä suurimmassa roolissa kokonaisenergiankulutuksesta ovat rakennuksen lämmitykseen ja jäähdyttämiseen kuluva energia sekä kiinteistön sähkönkulutus. Suurimmat energiankulutukset lämmityksessä ovat ilma- ja maalämpöpumput, käyttöveden lämmitys sekä rakennuksen yleinen lämmittäminen ja jäähdytys, kun taas sähkönkulutuksen osalta isoimmat kulutukset ovat kodinkoneet ja valaistus. Molempia energiankulutuksia ohjaa vahvasti käyttäjien tottumukset ja rakennuksessa toteuttava toiminta, jonka perusteella on tärkeää opastaa kaikkia kiinteistön käyttäjiä energiatehokkaaseen käytökseen (Motiva, 2012). Lämpöenergialähteitä ovat polttoaineet, sähkö, kaukolämpö ja ympäristöstä talteen otettu lämpöpumppuenergia (Tilastokeskus, 2022). Sähkönkulutusta syntyy niin sähkölaitteiden käytöstä, kuten ruoan valmistuksessa ja saunomisessa, kuin myös laitteistoista, joita käytetään lämmönjaossa ja ilmanvaihdossa (Tilastokeskus, 2022). Sähkönkulutusta myös syntyy rakennuksen valaistuksesta sekä mahdollisten kiinteistön erikoislaitteistoista, kuten hisseistä tai sähköajoneuvon latureista.

Rakennusten energiatehokkuus ilmenee siten, millä tavoin rakennusta käytetään energia- ja kustannustehokkaasti samalla vähentäen kasvihuonepäästöjä. Energiatehokkaalla rakennuksella tähdätään kokonaisuuteen, jonka ylläpito- ja huoltokustannukset ovat edullisimpia sekä rakennus on pitkäikäisempi kuin vastaavaan toimintaan tarkoitettu rakennus. Energiatehokkuus näkyy niin rakennuksen toimivuudessa kuin viihtyvyydessä, joita pidetään myös tunnusmerkkeinä energiatehokkaalle rakennukselle. Energiatehokkuus myös johtaa rakennuksen alhaisempiin kasvihuonepäästöihin, sillä sen ympäristövaikutukset ovat vähäisemmät. Tästä syystä ratkaisut energiatehokkuuden ja kasvihuonepäästöttömyyden edistämisessä nähdään kävelevän käsikädessä (Hakanen, 2022). Kuitenkin tutkimuksessa keskitytään perehtymään rakennuksen energiatehokkuuden edistämiseen, vaikka kasvihuonepäästöttömyys on isossa roolissa rakentamisen ja rakennusten kestävässä kehityksessä.

2.1 Rakennusten energiakulutuksen osuus tulevaisuudessa

Euroopan unionin ja Suomen kokonaisenergiankulutuksesta rakennuksiin kuluva energiankulutuksen osuus on kasvanut vuosi vuodelta ja vuonna 2024 raportoitu osuus oli jopa 40 % (EU, 2024). Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) julkaiseman maailman energiakatsauksen 2024 mukaan rakennusten energiatarve on kasvanut vuosittain keskimäärin yli 1 %, mutta poikkeuksena vuonna 2023 nähtiin ennalta odottamaton energiakulutuksen lasku. Energiatarpeen laskun perusteltiin syntyneen pääosin lämpimämmän talven takia, joka johti vuositasolla jopa -0,7 % rakennusten kokonaisenergiakulutuksen laskuun verrattuna aikaisempaan vuoteen (IEA, 2024).

IEA:n katsauksen mukaan, tästä energiankulutuksen laskusta huolimatta, rakennusten sähkönkulutuksen osuus globaalilla tasolla on kasvanut vuodesta 2010 raportoidusta 31 % osuudesta 37 % vuonna 2023. IEA hyödyntää energia-alan kehityksen seuraamisessa, arvioinnissa ja ennustamisessa STEPS menetelmää, joka tulee sanoista stated policies scenario (IEA, 2025a). STEPS menetelmä perustuu nykyisiin voimassa oleviin lainsäädäntöihin ja julkaistuihin suunnitelmiin, jotka ohjaavat energiamarkkinoita. Euroopan osalta IEA referoi EU:n direktiivejä ja sen jäsenvaltioiden julkaisemia suunnitelmia kuin myös asetettuja lakisäännöksiä ohjaamaan energiamarkkinoita (IEA, 2025b). IEA ennustaa STEPS menetelmällä rakennus sektorin sähkön- ja energiakulutuksen kasvavan yli 40 % vuoteen 2030 mennessä ja yli 50 % vuoteen 2050 mennessä. Rakennus sektorin kokonaisenergiankulutus oli vuonna 2023 IEA:n mukaan yli 120 EJ. Tämä kasvaisi ennusteen mukaan tasaisesti vuoteen 2050 mennessä jopa yli 150 EJ:n kokonaiskulutukseen. Jatkuva sähkön- ja energiakulutuksen kasvu perustuu kehittyviin markkinoihin ja taloudelliseen kasvuun (IEA, 2024).

STEPS arvion lisäksi IEA on toteuttanut APS eli announced pledges scenario menetelmällä arvion rakennusten potentiaalisesta energiankulutuksesta perustuen kaikkiin julkaistuihin kansallisiin energia- ja ilmastolupauksiin sekä niiden saavuttamiseen luvattujen aikamääreiden sisällä (IEA, 2021). APS menetelmä ennustaa rakennusten energiakulutuksen pysyvän vuonna 2023 kuluneen noin 120 EJ rajoissa vuoteen 2050 asti (IEA,

2024). APS olettaa tärkeiden energiajärjestelmien implementaation luvatun aikataulun mukaan keskittyen päästöjen vähentämiseen, muttei täydelliseen päästöttömyyteen. APS ennuste olettaa vuoteen 2050 mennessä toteutuneiden energialupausten kattavan globaalin energiatarpeen, mutta se ei suoranaisesti tarkoita energialähteiden olevan kasvihuonepäästöttömiä. APS menetelmä täten antaa tilaa haasteille ja kunnioittaa epävarmuutta päästöttömien ratkaisuiden saattamisessa loppuun asti ennen vuotta 2050 (IEA, 2021). APS menetelmässä myös otetaan huomioon maat, jotka eivät ole vielä lupautuneet noudattamaan täyden päästöttömyyden saavuttamista. Näiden maiden ennusteet on lisätty STEPS menetelmän mukaan, vaikka APS näkökulmasta ratkaisut tukemaan energiatehokasta ja päästötöntä rakentamista johtavat alhaisempiin kustannuksiin sekä puhtaampaan energiaan (IEA, 2021).

2.2 Työkaluja ja ratkaisuja kiinteistön energiankäytön tehostamisessa

Euroopan unionin direktiivit velvoittavat jäsenmaitaan rakennusten energiatehokkuuden seurantaan, mihin on olemassa erilaisia työkaluja, kuten todistuksia, tekniikkaa ja ennusteita. Rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi tarvitsee jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon kiinteistön taloteknilliset ratkaisut, jotka vaikuttavat koko rakennuksen käyttöiän aikana kiinteistön pitkäikäisyyteen, viihtyvyyteen ja energiatehokkuuteen (Motiva, 2012). Suomessa lainsäädännössä vaaditaan uudisrakennuksille kuin myös korjaus- ja muutostöille, ottamaan huomioon energiatehokkuus ja sen parantaminen kiinteistössä. Ympäristöministeriön asettamat lakisääteet rohkaisevat rakennusten omistajia investoimaan eri taloteknisiin ratkaisuihin, kuten rakennuksen teknisiin järjestelmiin, joita käytetään rakennuksen tilojen lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, käyttöveden lämmitykseen, kiinteään valaistuksen, rakennuksen automaatioon ja ohjaukseen (Ympäristöministeriö, 2020). Säädös ottaa myös kantaa siihen, että kyseisiä investointeja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi erilaisilla teknisillä ratkaisuilla pitää soveltaa taloudellisesti niin, että odotettavissa olevat kokonaishyödyt ovat suuremmat kuin investointi- ja käyttökustannukset (Ympäristöministeriö, 2020). Vaikka on olemassa useita eri ratkaisuita ja työkaluja edistämään energiatehokkuutta kiinteistöissä, tässä tutkimuksessa perehdytään taloteknisiin älykkäisiin teknologioiden

ratkaisuihin ja niiden merkitykseen osana suurempaa kokonaisuutta edistämässä rakennuksen energiatehokkuutta. Tämän tueksi tutkimuksessa tuodaan esiin eri ratkaisuita, todistuksia ja työkaluja, joihin talotekniset älykkäät teknologioiden ratkaisut vaikuttavat.

2.2.1 Energiatodistus

Suomessa käytetään energiakulutuksen seurannassa rakennuksen energiatodistusta, joka antaa rakennukselle energialuokituksen. Energiatodistusta vaaditaan Suomessa jokaiselta rakennukselta ja sitä käytetään rakennusten energiatehokkuuden vertailemiseen sekä parantamiseen. Energiatodistus vaaditaan rakennuksen omistajalta, kun rakennukselle hankitaan rakennuslupaa. Energiatodistuksen avulla pystytään myös vertailemaan kiinteistöjä myynti- ja vuokraustilanteessa (Ympäristöministeriö, 2024). Energiatodistus ilmaisee rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun, joka jaetaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan ryhmiin, joilla kullakin on oma luokitteluasteikkonsa (Ympäristöministeriö, 2013). Rakennuksen energiatodistus lasketaan jakamalla energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva laskennallinen ostoenergian kulutus rakennuksen pinta-alaa kohden vuodessa (Ympäristöministeriö, 2017). Energiatodistuksella annetaan myös suosituksia parantaa kiinteistön kustannustehokkuutta, ellei kyseessä ole uudisrakennus, jota ei olla vielä rakennettu. Kiinteistön energiatodistuksen antaman arvosanan parantamiseksi on perusteltua toteuttaa investointeja edistämään kiinteistön energiatehokkuutta ja päästöttömyyttä. Korkeamman energialuokituksen tavoittelu on taloudellisesti kannattavaa varsinkin muutos- ja korjaustöiden avulla, joka perustelee investointien toteuttamista eri ratkaisuihin edistämään energiatehokkuutta kiinteistössä.

Kuva 1. Esimerkkejä kerrostalojen energialuokista (Peab, 2022)

2.2.2 Smart building ja SRI-menetelmä

Smart building eli älykäs rakennus on älykäs kokonaisuus, joka yhdistää älykkyyden, yritystoiminnan, ohjauksen sekä materiaalit ja rakentamisen yhdeksi kokonaisvaltaiseksi rakennusjärjestelmäksi. Älykkään rakennuksen tavoitteena on pystyä vaikuttamaan ja tehostamaan rakennuksen energiatehokkuutta, pitkäikäisyyttä ja mukavuutta sekä käyttäjä tyytyväisyyttä (A.H. Buckman, M.Mayfield & S.Beck, 2014). Älykäs rakennus ideana on kehittynyt viime vuosina suunnittelupöydiltä todellisuuteen, kun näemme jo toiminnassa olevia kokonaisuuksia, jotka vastaavat älykkään rakennuksen kriteereihin ja omaavat niille olennaisia ominaisuuksia. Älykäs rakennus sisältää älyllisiä teknisiä ratkaisuja, jotka pystyvät keskustelemaan toistensa kanssa ja optimoimaan rakennuksen eri kulutuksia ja toimintoja. Älykäs rakennus hyödyntää keräten reaaliaikaista dataa rakennuksen käyttäjien laitteista, sensoreista, järjestelmistä ja palveluista. Älykkäällä rakennuksella on kyky analysoida ja vaikuttaa useaan eri rakennuksen järjestelmiin, kuten lämmitykseen ja ilmanvaihtoon, valaistukseen, hälytyksiin ja turvallisuuteen (Cisco, 2025). Monitoiminnallisuuden ja yhtenevän kokonaisuuden avulla älykkäiden rakennusten ansiosta pystytään vähentämään rakennuksen perustoiminnasta syntyviä energiakustannuksia sekä

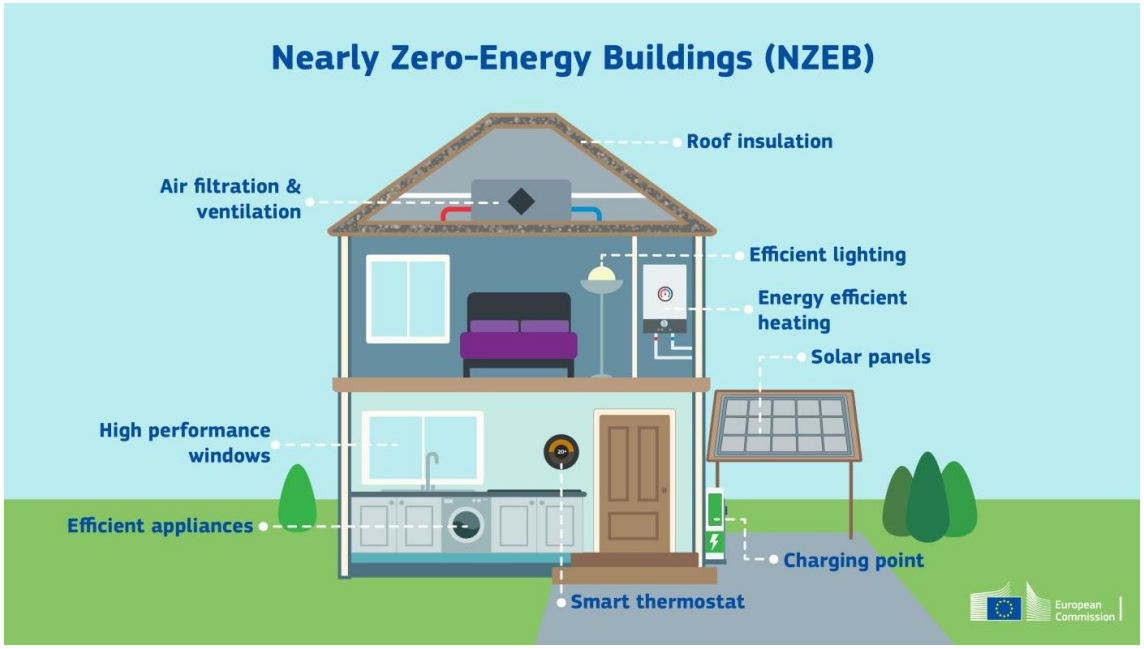
parantamaan rakennuksen joustavuutta vastaamaan erilaisiin käyttöasteisiin (Cisco, 2025).

Älykkyys rakennuksissa on tulevaisuutta siitä syystä, että ei ainoastaan lainsäädäntö ja vaatimukset ohjaa rakennusten omistajia investoimaan teknisiin ratkaisuihin, vaan myös pidemmällä tähtäimellä kyky luoda energiatehokkuuden avulla säästöjä tekee älykkäästä rakennuttamisesta taloudellisesti kannattavaa. Rakennusten älykkyyttä seurataan ja arvioidaan rakennusten älyindikaattorin Smart Readiness Indicator (SRI) avulla. Älyindikaattori arvioi rakennuksen älyvalmiuksia yhtenevän menetelmän avulla energiatehokkuuden, rakennuksen käyttäjän sekä energian kysyntäjouston näkökulmasta (Motiva, 21.3.2025). SRI-arviointimenetelmä on vasta testausvaiheessa tulossa tukemaan rakennusten älykkyyden, energiatehokkuuden ja päästöttömyyden arvioinnissa. Suomessa toteutettiin noin sata SRI-arviointia vuosien 2022–2024 välillä, joiden perusteella arvioitiin SRI-menetelmän soveltavuutta Suomen olosuhteisiin (Motiva, 2025). SRI-menetelmä tulee tukemaan tulevaisuudessa EU:n jäsenvaltioiden, kuten Suomen rakennusten energiatehokkuuden ja päästöttömyyden seurantaa ja kehittämistä energiatodistuksen kanssa.

2.2.3 NZEB ja ZEB rakennusmallit

Near-zero emission building (NZEB) eli lähes-päästötön rakennus on rakennusmalli, joka keskittyy päästöttömyyden ja energiatehokkuuden optimointiin kaikilla rakennuksen suunnittelun ja toimivuuden osa-alueilla. NZEB on nousevassa roolissa vastaamaan EU:n vaatimuksia rakennusten energiatehokkuuden, päästöttömyyden ja omavaraisuuden osalta. NZEB rakennusten odotetaan parantavan rakennuksen energiatehokkuutta EU:n alueen uusissa rakennuksissa jopa 70 % verraten vuoteen 2006 (Euroopan komissio, 2021). NZEB rakennus tunnistetaan sen korkeasta energiatehokkuudesta, vähäisestä energiankulutuksesta ja päästöttömyydestä sekä rakennus hyödyntää pääsääntöisenä energianlähteenä sähkössä paikallisia tai lähellä olevia uusiutuvia energialähteitä (Euroopan komissio, 2025). NZEB rakennusmalli astui voimaan EU:n alueella vuodesta 2020

vaatien kaikkien uusien rakennusten tähtäävän vastaamaan NZEB rakennuksen vaatimuksia.



Kuva 2. Euroopan parlamentin NZEB-rakennusmalli (SosESG, 2021)

NZEB rakennusmallia kehittyneempi ja laajempi rakennusmalli zero-emission building (ZEB) ei ainoastaan ota kantaa rakennuksen energiatehokkuuteen ja päästöttömyyteen vaan myös rakennuksen kykyyn hyödyntää paikallisia tai lähellä olevia uusiutuvia energialähteitä rakennuksen lämmityksessä ja jäähdytyksessä. ZEB rakennus on kyettävä hyödyntämään yhteisön energialähteitä, kuten kaukolämpöverkkoa ja muiden rakennusten lähellä olevia uusiutuvia energialähteitä päästöttömästi (EU, 2024). ZEB rakennuksen on tuettava niin lämmitys- kuin sähköverkkoja rakennuksen omalla tai lähiyhteisön uusiutuvilla energialähteillä, sähkö- ja lämpöenergian varastoinnilla sekä älykkäillä teknologioiden ratkaisuilla, jotka vähentävät energiakulutusta ja edistävät jakoverkkojen joustavuutta (EU, 2024). EU ennustaa, että 2050 hiilineutraalisuus tavoitteiden saavuttamiseksi on toteutettava laajoja muutos- ja korjaustöitä, joilla muutetaan olemassa olevia rakennuksia noudattamaan ZEB rakennusmallia 2030 vuoden jälkeen (EU,2024). Tätä ennustetta tukee IEA:n arvio rakennusten energiakulutuksesta tulevaisuudessa vuodesta 2023 vuoteen 2050. STEPS ja APS ennusteen ohella IEA on arvioinut myös NZE menetelmällä eli near-zero emission ennusteen rakennusten energiakulutukseksi, joka ennustaa

rakennusten energiakulutukseksi vuonna 2050 noin 90 EJ (IEA, 2024). IEA:n mukaan erotus NZE, STEPS ja APS ennusteen välillä syntyy siitä, kuinka nopeasti ja laajasti rakennuksen energiatehokkuuden edistäviä tekniikan ratkaisuita saadaan loppukäyttäjille parantamaan kiinteistön energiakulutusta (IEA, 2024). Ennusteet täten ohjaavat ja kannustavat rakennuttajia yksityisellä sekä julkisella sektorilla investoimaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa älykkäitä teknologian ratkaisuita edistämään energiatehokkuutta niin olemassa oleviin kuin uusiin rakennuksiin vastaamaan NZEB tai ZEB rakennusmallin vaatimukset.

3 Älykkäitä teknologioiden ratkaisuja

Nykyisten rakennusten energiatehokkuuteen keskittyvien lainsäädäntöjen sekä vaatimusten kiristyminen pakottavat kehittämään ratkaisuja ja uutta teknologiaa parantamaan energiatehokkuutta kaikilla kiinteistön energiankulutuksen osa-alueilla. Ympäristöministeriön asetukset vaativat Suomessa soveltamaan uusissa rakennuksissa sekä rakennusten korjaus- ja muutostöissä teknisiä järjestelmiä ja laitteita, joita käytetään rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa (Ympäristöministeriö, 2020). Asetuksessa painotetaan itsesäätyvien laitteiden, rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmien sekä paikallisen sähköntuotantojärjestelmien koskeviin vaatimuksiin. Älykkäitä teknologioiden ratkaisut edistämässä rakennusten energiatehokkuutta ovat teknologioita ja järjestelmiä, jotka kykenevät automaattisesti, autonomisesti ja dataohjatusti säätämään, optimoimaan ja vähentämään rakennuksen energiankulutusta sekä edistämään samalla rakennuksen viihtyvyyttä ja päästöttömyyttä. Näiden kehittäminen ja implementaatio rakennuksiin on suuressa roolissa rakennusten energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden edistämisessä.

Aikaisessa vaiheessa rakennusten energiatehokkuuden parantamista nähtiin rakennusten lämmönkulutuksen vähentämisessä ilma- ja maalämpöpumppujen integroiminen olemassa oleviin rakennuksiin tärkeänä sekä uudisrakennuksissa panostettiin rakennusten lämmöneristykseen kuten rakennuksessa käytettyihin materiaaleihin. Rakennusten sähkönkulutuksen vähentämisessä sekä omavaraisuuden kehittämisessä nähtiin keskeisenä uusiutuvien energialähteiden, kuten aurinkopaneelijärjestelmien ja erilaisten akkuratkaisuiden integroiminen sekä kehittyneiden sensoreiden käyttäminen esimerkiksi ohjaamassa valaistusta. Näistä alustavista ratkaisuista on kehitetty jatkuvan tutkimuksen myötä älyllisempiä ratkaisuita, jotka pystyvät tehostamaan energiatehokkuutta rakennuksissa vieläkin enemmän autonomisuuden, älykkyyden ja datapohjaisen toimintansa avulla.

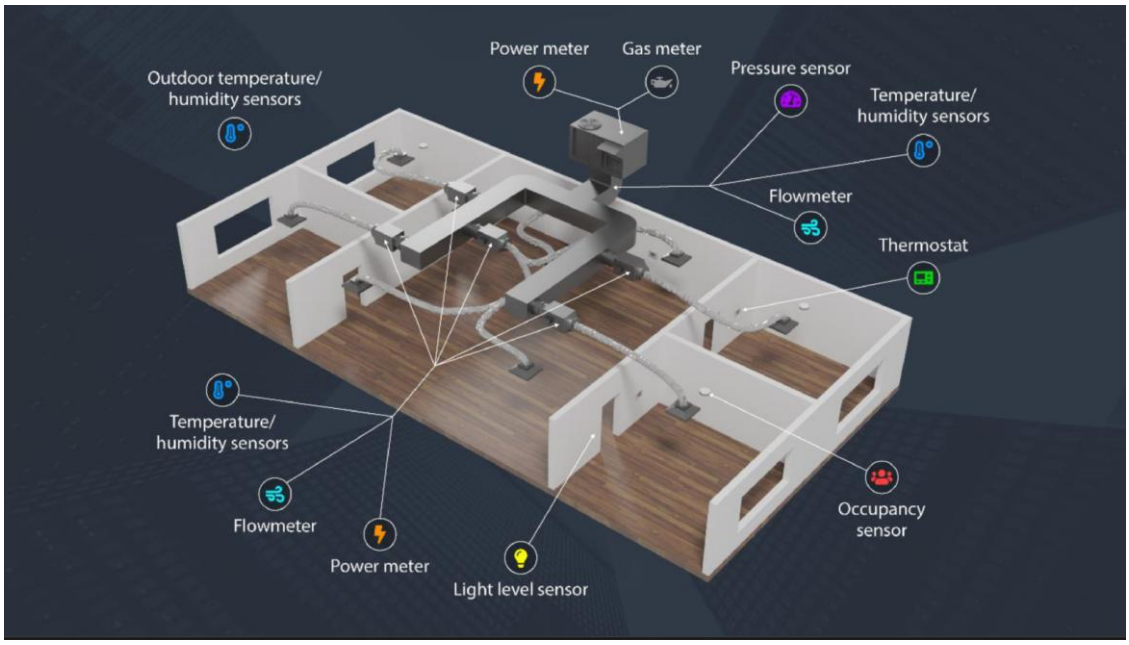
3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmä (RAU-järjestelmä) on keskiössä älykkään kokonaisuuden ohjaamisessa sekä eri energiakulutusten optimoinnissa. Rakennusautomaatiojärjestelmä kykenee hallinnoimaan pääasiassa rakennuksen lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmiä ja laitteistoja eli rakennuksen LVIS-laitteistoja. IT-markkinoilla nähdään kasvua kehittyneemmille rakennusautomaatiojärjestelmille, jotka pystyvät myös hallinnoimaan sähkönjakoa ja uusiutuvia energiatuotantojärjestelmiä tukemalla rakennuksen sähkönkulutusta sekä rakennuksen turvallisuuteen liittyviä komponentteja, kuten pääsyoikeuksia ja hälytysjärjestelmiä. Rakennusautomaatiojärjestelmä käyttää näiden hallinnoimisessa sensoreita, oheislaitteita ja järjestelmiä kooten niistä saatua reaaliaikaista dataa hallinnoimaan ja optimoimaan rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä, turvallisuutta sekä viihtyvyyttä.

Rakennuksen energiatehokkuuden ylläpito on jatkuva prosessi, joka edellyttää rakennusautomaatiojärjestelmää reagoimaan reaaliaikaisesti oikean tiedon perusteella (A. Miettinen, 2024). RAU-järjestelmän tehokkuus ja älykkyys jakautuu eri tasoille ja laitteisiin. Järjestelmä pystyy kontrolloimaan ja vastaanottamaan dataa. Miettinen jakaa rakennusautomaatiojärjestelmän kolmeen tasoon, joita tarvitaan järjestelmän ohjaukseen, analysointiin ja raportointiin. Kenttätasolla on säätimet, jotka hallitsevat ja säätävät itsenäisesti eri laitteistoja ja kokonaisuuksia, kuten lämmönvaihtimia, ilmanvaihtokoneita tai lattialämmitystä. Älykkäiden säätimien ja perinteisten säätimien ero löytyy siinä, että säätimet ja laitteet pystyvät keskustelemaan keskenään vaihtaen toisillensa oleellista dataa vaikuttaen niiden omaan ohjaukseen. Hajautettu älykkyys kenttätasolla parantaa rakennusautomaatiojärjestelmän luotettavuutta ja tehokkuutta, joka saavutetaan yhdistämällä eri älykkäät ratkaisut kuten säätimet sekä laitteet keskustelemaan ja hyödyntämään toistensa dataa omassa toiminnassaan (A. Miettinen, 2024).

Seuraava taso muodostuu Miettisen mukaan automaatiotasosta. Automaatiotaso koostuu alakeskuksista ja niihin liitetyistä I/O-moduuleista, jotka vastaanottavat ja lähettävät

tietoa sisään tulevista (input) ja ulos tulevista (output) arvoista. I/O arvoja saadaan eri älykkäistä ratkaisuista, kuten internetistä tai älysensoreista sekä yksittäiseltä älykkäältä ohjausjärjestelmältä, jotka keräävät eri mittaustuloksista dataa. Kerätty data viestitään automaatiotason sisällä laitteiden kesken, jota eri älykkäät teknologian ratkaisut hyödyntävät kiinteistön energiatehokkuuden edistämisessä. Rakennuksen energiatehokkuuden optimoinnissa on tärkeää pystyä ottamaan huomioon sääolosuhteet vuodenajasta riippumatta. Sääolosuhteet vaikuttavat suoraan rakennuksen sisäolosuhteisiin, mikä vaikuttaa rakennuksen LVIS-laitteiden kuormitukseen ja tasapainoon. Sääolosuhteisiin riippuvia arvoja ovat esimerkiksi ulkoilmankosteus, -lämpötila ja -valoisuus.



Kuva 3. Sensoreiden vaikutus rakennuksen ja LVIS-laitteiden hallintaan (Y.Bae & muut, 2021)

Älykkäille kokonaisuuksille on tärkeää myös kerätä rakennuksen toiminnasta ja käyttäjistä dataa eri käyttäjäliittymistä sekä älysensoreista, jotka arvioivat ja mittaavat rakennuksen käyttäjien tottumuksia ja eri energiankulutuksia. Rakennusautomaatiojärjestelmää vaaditaan kykenevän analysoimaan näitä tekijöitä energiatehokkuuden, päästöttömyyden ja viihtyvyyden optimoinnissa.

Viimeisin taso RAU-järjestelmässä keskittyy hallintotasoon, johon kuuluvat RAU-järjestelmän paikallis- sekä etävalvomot. Hallintotaso toimii käyttäjän yhteytenä automaatiojärjestelmään (A. Miettinen, 2024). Paikallisvalvomot sijaitsevat itse kiinteistössä kuten omakotitalossa tai toimistorakennuksessa lähellä laitteistoja, kulutusta ja järjestelmiä. Valvomoiden tehtävä on varmistaa prosessien ja ohjausten toimivuus suunnitellusti ja turvallisesti (A. Miettinen, 2024). Paikallisvalvomoita yleensä toteutettiin PC-pohjaisina ratkaisuin joko tietokoneena tai pienempänä tabletti ratkaisuina. Näistä nykyään nähdään Smart Home eli älykäs-koti -palveluita ja -sovelluksia, jotka kykenevät yhdistämään eri äly laitteet sekä sensorit ja kontrolloimaan niitä käyttäjäystävällisesti henkilökohtaisilla mobiililaitteilla. Nämä palvelut sekä sovellukset tukevat älykkään rakennuksen toiminnallisuutta ja kasvattavat käyttäjien tietoisuutta sekä osaamista rakennuksen energiatehokkuuden ja päästöttömyyden edistämisessä.

Kuva 4. The Homey-sovellus paikallisvalvomona (Homey, 2025)

Paikallisvalvomoiden lisäksi etävalvomot sekä keskusvalvomot keskittyvät suurempien kokonaisuuksien kuten teollisuuden ja toimistorakennusten valvontaa. Ne kykenevät

kontrolloimaan useita eri paikallisvalvomoita ja niiden alla olevia laitteita sekä järjestelmiä. Etävalvomoita hallinnoi sekä ohjaa pääsääntöisesti alan ammattilaiset, joiden osaamista ja palveluita yritykset sekä julkisen sektorin edustajat alustavasti ostavat suoraan palveluntarjoajalta. Yksityisellä sektorilla, kuten perinteinen kotitalous ei ole tarvetta eikä suurempaa hyötyä ulkoistaa järjestelmän ohjaamista ulkopuoliselle palveluntarjoajalle, kun ohjattu kokonaisuus ja sen energiankulutus on huomattavasti pienempi verrattuna suurteollisuuteen tai suurempiin kokonaisuuksiin.

Rakennusautomaatiojärjestelmien kehityksen odotetaan kiihtyvän lähivuosina, kun sekä yksityinen että julkinen sektori pyrkivät vastaamaan kasvaviin vaatimuksiin energiatehokkuuden ja päästöjen hallinnan osalta. Tämä kehitys liittyy suoraan lainsäädännön kiristymiseen, erityisesti EU-tasolla, jossa vuodesta 2028 alkaen astuu voimaan uusia vaatimuksia kiinteistöjen energiatehokkuudelle ja päästöraportoinnille. Tämä muutos edellyttää entistä kehittyneempiä rakennusautomaation ratkaisuja, jotka mahdollistavat energian kulutuksen tarkan seurannan, optimoinnin ja raportoinnin. Kilpailullisilla markkinoilla eri toimijat tarjoavat teknologioita, jotka vastaavat näihin tarpeisiin – niin yksityisen kuin julkisen sektorin edustajille.

Schneider Electric, kansainvälisesti tunnettu energianhallinnan ja automaation asiantuntija, arvioi että rakennusautomaation tulevaisuus rakentuu pilvipalveluiden, esineiden internetin (IoT) ja tekoälyn kehityksen varaan. Näiden teknologioiden yhdistyessä syntyy entistä laajempia ja älykkäämpiä kokonaisuuksia, jotka tukevat kiinteistöjen hallintaa ja energiatehokkuutta (Schneider Electric, 2025). Yrityksen mukaan seuraavan sukupolven rakennusautomaatiojärjestelmät eivät ainoastaan ohjaa teknisiä järjestelmiä, vaan ne kykenevät analysoimaan ja hallinnoimaan dataa, älysensoreita ja taloteknisiä kokonaisuuksia useiden liiketoiminnallisten ja operatiivisten järjestelmien kautta. Kun rakennusautomaatiojärjestelmä (RAU) kykenee hallitsemaan ja optimoimaan rakennuksen kaikki kulutukset ja laitteistot saumattomasti, voidaan saavuttaa tilanne, jossa rakennuksen toiminnallisuus, energiatehokkuus ja käyttäjäkokemus maksimoidaan.

3.2 Esineiden internet – IoT

Esineiden internet (IoT) tarkoittaa fyysisiä laitteita ja järjestelmiä, jotka ovat verkottuneet keskenään internetin välityksellä siten, että ne voivat kerätä, lähettää sekä vastaanottaa dataa ilman käyttäjän jatkuvaa väliintuloa. IoT-laitteita rakennuksissa ovat kodinkoneet, älysensorit, LVIS-laitteet sekä esimerkiksi käyttäjien henkilökohtaiset mobiililaitteet. IoT-laitteiden kyky keskustella keskenään ja vaihtaa dataa luo rakennukselle kyvyn olla älykäs. Tämän takia älykkäissä rakennuksissa, varsinkin uudisrakennuksissa, nähdään useita IoT-ratkaisuita, jotka luovat rakennuksesta älykkään kokonaisuuden. Rakennuksen energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden edistämisessä yleisiä IoT-laitteita ovat älysensorit, kuten liiketunnistimet sekä älyvalaistus ja älykkäät termostaatit. Sähkönkulutuksen vähentämisessä painostetaan taas kodinkoneiden älykkyyteen sekä energiatehokkuuteen, sillä ne ovat yleensä kotitalouden suurimpia sähkönkuluttajia.

IoT ratkaisuiden laaja integrointi rakennuksessa mahdollistaa reaaliaikaisen seurannan energiankulutuksista sekä olosuhteista keräten dataa, jota pystytään jakamaan ja hyödyntämään optimoitaessa rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä. IoT ratkaisut kykenevät myös koneoppimiseen, jolloin laite tai järjestelmä kykenee parantamaan suorituskykyään oppimalla itsenäisesti datapohjaisesti ilman erillisiä toimintaohjeita (Ite wiki, 2025). Koneoppiminen on kulmakivenä älykkäälle rakennukselle. Näillä ratkaisuilla pystytään luomaan säästöjä rakennusten energiankulutusten optimoinnilla, myös ennakoivalla huoltamisella, mikä syntyy jatkuvalla seurannalla sekä kyvyllä tunnistaa ja ennustaa huoltoa vaativia merkkejä datassa.

3.2.1 Läsnäolo- ja liiketunnistimet älyvalaistuksessa

Läsnäolo- ja liiketunnistimet kykenevät antureillaan havaitsemaan liikettä. Tätä tietoa pystytään hyödyntämään rakennuksen energiatehokkuudessa sekä viihtyvyydessä. Läsnäolo- ja liiketunnistimen yhdistämisellä älyvalaistukseen kyetään ohjaamaan ja optimoimaan valaistusta sekä siitä johtuvaa sähkönkulutusta rakennuksissa luoden säästöjä

sekä mukavuutta. Näitä tunnistimia käytetään usein tiloissa, joissa ei vietetä pitkiä aikoja tai tiloissa, joissa ei ole helppoa käyttää valokatkaisijaa (Holm, 2021).

3.2.2 Älykkäät termostaatit ja CO2 sensorit ilmanvaihdossa

Älykkäät termostaatit pystyvät koneopin avulla oppimaan käyttäjän tottumuksia sekä ottamaan huomioon ulkoilmanolosuhteet, joidenka perusteella säädetään lämmitystä sekä jäähdytystä automaattisesti. Älykkäiden termostaattien lisäksi hiilidioksidi (CO_2) sensorit kykenevät mittaamaan sisäilman hiilidioksidi pitoisuutta ja lähettämään siitä reaaliaikaista dataa RAU-järjestelmälle. RAU-järjestelmä pystyy sensoreilta saadun datan pohjalta ohjaamaan rakennuksen LVIS-laitteita optimoimaan sisäilman laatua energiatehokkaasti sekä luomaan säästöjä vähentämällä laitteiden kuormitusta.

3.3 Tekoäly osana kokonaisuutta

Tekoäly on kasvattamassa rooliansa kaikilla teknologian osa-alueilla, kuten myös rakennusten ohjaamisessa ja hallinnoimisessa. RAU-järjestelmissä pystytään käyttämään tekoälypohjaisia ratkaisuja, jotka mahdollistavat huomattavasti tehokkaamman datan analysoinnin ja koneoppimisen kaikista kerätyistä datapisteistä koskien rakennuksen eri kulutuksia sekä käyttäjien tottumuksia (A. Miettinen, 2024). Tekoäly kykenee täten korvaamaan eri tilanteissa perinteisen ammattilaisen roolin RAU-järjestelmien optimoinnissa sekä mahdollistamaan saman tasoisen palvelun myös yksityisellä sektorilla. Tekoälypohjaiset ratkaisut rakennuksen energiatehokkuuden, päästöttömyyden ja viihtyvyyden edistämisessä nähdään joissakin tapauksissa avain roolissa (Y. Himeur & muut, 2022).

Tekoäly kykenee kehittämään ja opettamaan itseään havaitsemaan sekä ratkaisemaan ongelmia datapohjaisesti, ennustamaan rakennuksen käyttöastetta ja ennakoivasti säätämään rakennuksen sisäilmaa itsenäisesti mahdollisimman optimaaliseksi (Y. Himeur & muut, 2022). Tekoälyn kyky analysoida, oppia ja reagoida monitieteellisen datan pohjalta, kuten ihmistottumusten, vuodenajan vaikutuksesta rakennuksen käyttöasteeseen sekä ulkoilmastoon luo joustavuutta ja tehokkuutta rakennuksenautomaatio- ja

ohjausjärjestelmissä. Monitieteellinen data analyysi avustaa tekoälyratkaisuja rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmissä parantamaan työympäristön tehokkuutta ja optimoimaan toimistorakennuksen tilat vastaavaan toimintaa, mikä puolestaan tuo yrityksille lisää tuloja leikkaamalla kustannuksia (Y. Himeur & muut, 2022). Tekoäly pystyy täten luomaan rakennuksesta energiatehokkaan optimoiden eri kulutukset vastaamaan rakennuksen toimintaa ja tarpeita luoden samalla energiankulutuksesta säästöjä. Rakennuksen omistajien nähdään pystyvän kehittämään rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmiä tekoälypohjaisten ratkaisujen avulla pienemmillä investoinneilla luoden niistä taloudellisesti kannattavia ratkaisuja varsinkin olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden kehittämisessä (Y. Himeur & muut, 2022). Tekoäly ratkaisuista saadaan valtavasti hyötyä tehostamaan rakennuksen älykkyyttä sekä energiatehokkuutta. Kuitenkin tekoälypohjaisten ratkaisuiden integroiminen olemassa oleviin ja uusiin järjestelmiin nähdään haastavaksi. Syitä tälle on alan osaajien vähäisyys, ihmisten tietämättömyys ja epäluottamus tekoälypohjaisiin ratkaisuihin sekä niistä syntyvät uudet turvallisuusriskit koskien rakennuksen toimivuuden ja koskemattomuuden turvaamista ulkopuolisilta toimijoilta (A. Peltokorpi & muut, 2025). Haasteista huolimatta, tekoälyratkaisuiden yleistyminen ja jatkuva kehitys saavutetaan panostamalla koulutukseen sekä standardointiin, jonka myötä tekoälyratkaisut normalisoituvat tulevissa projekteissa eri teknologian aloilla, kuten rakennuksissa ja niiden kehittämisessä energiatehokkaammaksi ja älykkääksi.

4 Ratkaisujen integroiminen rakennuksiin

Älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden, kuten rakennusautomaatiojärjestelmän, IoT-laitteiden sekä tekoälypohjaisten ratkaisuiden integroiminen rakennuksiin ovat merkittävässä roolissa parantamassa rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä. Näistä ratkaisuista syntyvät hyödyt tukevat konkreettisesti sekä Suomen että EU:n ilmastotavoitteiden ja sääntelyjen saavuttamista.
Niin uudisrakentamisessa kuin korjaus- ja muutostöissä näiden ratkaisuiden käyttäminen suunnittelu vaiheesta todellisuuteen luo konkreettisia vaikutuksia rakennuksen energiatehokkuuteen luoden rakennuksista älykkäitä ja kustannustehokkaita vastaamaan rakennuksessa suunniteltua toimintaa. Kuitenkin ratkaisuiden integroiminen rakennuksiin tuo mukanaan uusia haasteita liittyen turvallisuuteen ja koskemattomuuteen. Varsinkin yksityisellä sektorilla on haasteita perustella ratkaisuiden suuret alustavat kustannukset, että niiden lisääminen on taloudellisesti kannattavaa. Tämä hidastaa ratkaisuiden laajaa implementointia sekä ratkaisuiden kehitystä.

4.1 Hyödyt

Älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden integroimisesta rakennuksiin on lukuisia hyötyjä rakennuksen energiatehokkuuden, päästöttömyyden sekä viihtyvyyden edistämisessä. Parantamalla rakennuksen energiatehokkuutta ja päästöttömyyttä päästään näillä ratkaisuilla vaikuttamaan suoraan ilmastonlämpenemiseen sekä kestävään kehitykseen. Älykkäiden kokonaisuuksien sekä kehittyneiden automaatio- ja ohjausjärjestelmien avulla päästään datapohjaisesti sekä itsenäisesti optimoimaan rakennusten kulutuksia vastaamaan toimintaa ja ihmisten tottumuksia vuodenajasta riippumatta.

IoT-laitteiden laajoilla toiminnallisuuksilla pystytään mittaamaan, arvioimaan, viestimään sekä oppimaan mitatusta datasta ja samalla luomaan kokonaisuudesta luotettavampi sekä kestävämpi. Tekoälypohjaisten ratkaisuiden avulla pystytään toteuttamaan automaattisesti rakennuksen hallinnoimista ja ylläpitoa. Tämä luo säästöjä energiatehokkuuden kautta sekä vähentäen tarvetta ihmiselle, jonka tehtävät rakennuksen

hallinnoinnissa ja kehittämisessä tekoäly pystyy korvaamaan. Panostamalla koulutukseen koskien rakennusten energiatehokkuuden edistämistä ja kasvattamalla tietoisuutta eri ratkaisuista, kuten tekoälystä tehdään uusista ratkaisuista ja toimenpiteistä yleistietoa kaikille ihmisille. Tämä mahdollistaa rakennusten oikean käyttämisen sekä optimoi ihmisten tottumukset sekä käytöksen edistämään rakennuksen energiatehokkuutta teknisten ratkaisujen ohella. Lainsäädännön ja standardien kehittäminen vastaamaan nykyisiä markkinatarpeita ja vaatimuksia tukee sekä älykkäiden teknologioiden tulevaa innovointia että nykyisten ratkaisujen integrointia rakennuksiin.

Jatkuvan automaattisen seurannan ja reaaliaikaisen reagoimisen avulla pystytään optimoimaan käyttäjämukavuus sekä energiatehokkuus luoden kustannussäästöjä pienentämällä energiankulutusta sekä vähentämällä operatiivisia kustannuksia ennakoivalla huolto ja vikatilanteiden tunnistuksella. Uusiutuvien energialähteiden integroimisesta rakennuksiin pystytään vastaamaan EU:n vaatimuksiin rakennusten omavaraisuuden sekä sähkö- ja lämpöverkkojen joustavuuden tukemisessa (EU, 2024). Älykkäiden laitteiden kyky luoda raportointia jatkuvasta seurannasta helpottaa niin yksityisen kuin julkisen sektorin edustajia seuraamaan ja parantamaan omaa energiankulutusta sekä toimintaa.

Kehittämällä rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä älykkäillä teknologioiden ratkaisuilla edistetään myös rakennuksen pitkäikäisyyttä. Kaikilla näillä tekijöillä on merkitys rakennuksen energiatodistus arvioon sekä rakennuksen toiminnan tehostamiseen, joka vaikuttaa rakennuksen hinta-arvioon myynti- ja vuokraustilanteessa. Jatkuvan energiantarpeen kasvaessa ennustetaan sähkön sekä kaukolämmön hintojen nousemista (IEA, 2024). Vähentämällä rakennuksen energiankulutuksia investoimalla älykkäisiin teknologioiden ratkaisuihin vaikutetaan siten suoraan operatiivisiin kustannuksiin luoden säästöjä pitkällä juoksulla.

4.2 Haasteet

Lukuisista hyödyistä huolimatta syntyy teknologian kehittyessä myös haasteita painottuen rakennusten koskemattomuuteen ja turvallisuuteen sekä taloudelliseen kannattavuuteen investoida erilaisiin älykkäisiin teknologioiden ratkaisuihin, jotka edistävät rakennuksen energiatehokkuutta.

Isoimpia haasteita älykkäiden rakennusten toteuttamisessa ovat korkeat alustavat kustannukset, jotka johtuvat edistyneiden teknologioiden, kuten RAU-järjestelmän ja IoT-laitteiden integroinnista rakennuksiin. Tämä estää yksityisiä omistajia ja rakennuttajia investoimaan älykkäisiin kokonaisuuksiin, sillä taloudelliset hyödyt saataisiin vasta pidemmällä juoksulla. Yksityisellä sektorilla tämä ei aina perustele suurta hintalappua rakennusteknisten ratkaisuiden lisäämisestä heti alussa, joka johtaa siihen, että rakennukset suunnitellaan vastaamaan minimi vaatimuksia. Suurempien tekijöiden kannustamiseksi investoida rakennusten energiatehokkuuden edistämiseen on EU:n jäsenvaltioilta vaadittu toteuttaa taloudellista ja teknistä tukea, ettei suuremmat kokonaisuudet kuten tehtaat ja laitokset tyydy täyttämään ainoastaan minimi-vaatimuksia (EU, 2024). Tämä voi silti johtaa olemassa olevien laitosten ja tehtaiden muutos- ja korjaustöiden viivästämiseen, jos yritystoiminta ei ole ollut kannattavaa lähiaikoina.

Älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden markkinoiden kehittyessä sekä tarpeen kasvaessa nousee myös haasteita laitteiden yhteensopivuudessa sekä käyttäjien osaamisessa. Eri valmistajien teknologioiden yhteensopimattomuus johtaa kiinteistöjen omistajien epävarmuuteen investoida eri järjestelmiin kokonaiskustannusten kasvaessa, kun halutaan räätälöidä älykkäät teknologian ratkaisut vastaamaan rakennuksen toimintaa sekä älykkään kokonaisuuden vaatimuksia. Tämä rajoittaa järjestelmien skaalattavuutta sekä joustavuutta teknologian kehittyessä, sillä eri valmistajien tekniikka ei kykene enää keskustelemaan ja hyödyntämään toisia ratkaisuja taikka liittämään tulevaisuudessa uusia ratkaisuja olemassa olevaan kokonaisuuteen. Rakennuksen energiatehokkuuden ja päästöttömyyden kannalta on olennaista, että eri ratkaisut kykenevät toimimaan yhdessä ja jakamaan reaaliaikaista dataa toisilleen. Eri valmistajien ratkaisuiden

yhteensopimattomuuden myötä syntyy turvallisuusriski laitteiden kosketuspinnassa, joka luo riskin sille, että ulkopuolinen tekijä hyödyntävän heikkoa rajapintaa reittinä manipuloida olemassa olevaa kokonaisuutta. IoT-laitteiden nopea kehitys uhkaa IoT-laitteiden tietoturvaa, sillä valmistajat eivät aina panosta vanhojen ratkaisuiden ylläpitämiseen (AO Kaspersky Lab, 2025).

Kiinteistöjen asianmukaisella käytöllä ja ylläpidolla vaikutetaan rakennuksen energiatehokkuuteen (Motiva, 2024). Kiinteistön käyttäjät tarvitsevat tietoa, kannustusta sekä motivointia siihen, kuinka voivat käytännön toimillaan välttää tarpeetonta energiankulutusta ja vaikuttaa suoraan rakennuksen energiatehokkuuteen (Motiva, 2024). Älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden jatkuvan kehityksen ja uusien innovaatioiden myötä rakennusten käyttäjillä ei välttämättä ole tarpeeksi koulutusta tai motivaatiota hankkia tietoa, miten eri ratkaisut pystyvät edistämään rakennuksen energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä, jolla on suora vaikutus itse käyttäjään.

5 Pohdinta

Rakennusten energiankulutus kattaa merkittävän osuuden globaalista energiankulutuksesta kattaen EU:ssa sekä Suomessa noin 40 % kokonaisenergiankulutuksesta. Taistelussa ilmastonmuutosta vastaan on keskeisessä roolissa rakennusten energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden kehittäminen. Ennusteiden perusteella saavutetaan asetetut tavoitteet ja konkreettiset hyödyt sitä nopeammin, kun uusia ratkaisuja integroidaan rakennuksen energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden edistämiseksi.

Kattojärjestöjen, kuten Euroopan unionin kattavat vaatimukset rakennusten energiatehokkuuden ja päästöttömyyden kehittämisessä pakottavat niin yksityisen kuin julkisen sektorin edustajia investoimaan eri ratkaisuihin edistääkseen kiinteistöjen energiatehokkuutta sekä päästöttömyyttä ja saavuttamaan asetetut tavoitteet ilmastoneutraalisuudessa niille asetetuissa aikamääreissä. Suomen määrätietoisemmat tavoitteet hiilineutraalisuudessa sekä rakennusten energiatehokkuudessa luovat kasvavan tarpeen uusille ratkaisuille energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden edistämisessä. Vaatimukset ja lainsäädäntö ohjaavat kiinteistöjen omistajia investoimaan näihin ratkaisuihin, mikä nähdään positiivisena asiana parantaen kiinteistöjen viihtyvyyttä ja yritystoimintaa.

Eri ratkaisuiden, työkalujen sekä ennusteiden avulla pystytään luomaan jatkuvaa seurantaa sekä parantaa rakennusten käyttäjien tietoisuutta heidän tottumusten ja toiminnan vaikutuksista rakennuksen energiankulutukseen. Tavoitteena on, että rakennukset täyttävät NZEB- ja ZEB-rakennusmallien vaatimukset älykkäinä kokonaisuuksina, mikä nähdään keskeisenä keinona vähentää rakennusten energiankulutusta ja päästöjä tulevina vuosina. Näiden rakennusmallien noudattaminen tulee tulevaisuudessa olemaan peruskivi rakennusten energiakulutusten optimoinnissa sekä kokonaiskulutuksen vähentämisessä.

Älykkäiden teknologioiden ratkaisuiden avulla päästään rakentamaan älykkäitä kokonaisuuksia, jotka mahdollistavat rakennuksen kulutusten optimoinnin rakennuksessa suunniteltuun toimintaan. IoT-laitteiden luodessa joustavan ja luotettavan verkoston eri

mitattavasta datasta, kuten eri kulutuksista ja käyttäjätottumuksista luovat RAU-järjestelmän kanssa mahdollisuuden räätälöidä jokaiselle kiinteistölle parhaimmat sisäolosuhteet optimoiden energiankulutuksen sekä vähentämällä päästöjä. Tekoälypohjaisten ratkaisuiden kehittyessä ja yleistyessä voidaan saada yksityisille kotitalouksille ammattilaistason energiakulutuksen seurantaa sekä optimointia.

Jatkuvasti uusien ratkaisuiden kehittyessä nousee myös uusia riskejä koskien rakennusten koskemattomuutta ja käyttäjien yksityisyyttä. Tähän pystytään vastaamaan standardoimalla alan teknologiaa yhteensopivaksi sekä panostamalla laitteiden ja järjestelmien ylläpitämiseen. Luottamuksen kasvattamiseksi niin tekoälypohjaisiin kuin muihin uusiin älykkäisiin teknologioiden ratkaisuihin tarvitaan lisä koulutusta ja tietoisuutta eri ratkaisuista sekä vaatimuksista. Kasvattamalla tietoisuutta voidaan ohjata käyttäjien tottumuksia tukemaan rakennusten energiatehokkuutta ja päästöttömyyttä. Parempi yleistietämys alan ratkaisuista ja niiden vaikutuksista rakennuksen energiatehokkuuteen tukee kiinteistöjen omistajia investoimaan ratkaisuihin alustavista suurista kustannuksista riippumatta.

Tulevaisuuden näkemys kiinteistöjen energiatehokkuuden edistämisessä on väistämätöntä tavoiteltaessa asetettuja vaatimuksia niin EU:n kuin Suomen osalta rakennusten energiatehokkuuden ja päästöttömyyden kehityksessä. Kasvava energiatarve sekä rakennusten energiakulutuksen vähentäminen luo kilpailullisen markkinan uusille älykkäiden teknologioiden ratkaisuille edistämään rakennusten energiatehokkuutta. Näiden ratkaisujen, kuten rakennusautomaatiojärjestelmän ja IoT-laitteiden implementointi niin olemassa oleviin rakennuksiin muutos- sekä korjaustöillä kuin uudisrakennuksissa ovat olennaisessa roolissa edistämässä rakennusten älykkyyttä sekä edistämässä energiatehokkuutta.

6 Johtopäätökset

Tämän tutkielman perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä koskien energiatehokkuutta kiinteistöissä sekä älykkäiden teknologioiden ratkaisujen merkityksestä edistämässä sitä:

1. Rakennusten energiatehokkuuden sekä päästöttömyyden kehittäminen on olennaisessa roolissa taistelussa ilmastonmuutosta vastaan.
2. EU:n sekä Suomen asettamat lainsäädäntö sekä muut vaatimukset ohjaavat rakennuttamista ja rakennuksia tähtäämään energiatehokkuuteen ja päästöttömyyteen.
3. Lähitulevaisuudessa tarve rakennusten energiatehokkuutta edistäville ratkaisuille kasvaa johtaen kilpailullisiin markkinoihin sekä taloudelliseen kasvuun.
4. Älykkäät teknologioiden ratkaisut mahdollistavat rakennuksen älykkyyden sekä eri energiakulutusten optimoinnin vastaten kiinteistön suunniteltua toimintaa ja luoden samalla säästöjä.
5. Panostamalla koulutukseen ja lisäämällä tietoisuutta eri ratkaisuista kasvaa luottamus sekä syntyy kannuste rakennusten omistajille investoida niihin.

Älykkäiden teknologioiden ratkaisujen implementointi niin olemassa oleviin rakennuksiin korjaus- ja muutostöillä kuin uudisrakennuksiin vähentää rakennuksista syntyvää kokonaisenergiakulutusta. Nämä ratkaisut vaativat tulevaisuudessa uusia innovaatioita sekä laajempaa lainsäädäntöä standardoida ratkaisuita, jotta voidaan kasvattaa luottamusta niihin sekä taloudellista kannattavuutta investoida ratkaisuihin niin yksityisellä kuin julkisella sektorilla.

7 Yhteenveto

Kasvavan energiatarpeen ja ilmaston lämpenemisen torjunnan vuoksi on välttämätöntä edistää rakennusten energiatehokkuutta ja päästöttömyyttä. EU:n ja Suomen asettamien vaatimusten ja ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää panostamista rakennuksista syntyvien energiakulutusten ja päästöjen vähentämiseen. Olemassa olevien rakennusten saattaminen vastaamaan nykyisiä ja tulevaisuuden vaatimuksia edellyttää laajoja investointeja niin yksityisellä kuin julkisella sektorilla jo lähitulevaisuudessa. Muutos- ja korjaustöillä pyritään parantamaan rakennusten energiatehokkuutta sekä vähentämään kasvihuonepäästöjä. Älykkäät teknologioiden ratkaisut ovat keskeisessä roolissa, sillä ne vaikuttavat suoraan rakennuksen energiatehokkuuden ja päästöttömyyden parantamisessa.

Rakennuksista syntyvä energiankulutus kattaa noin 40 % niin EU alueen kuin Suomen kokonaisenergiankulutuksesta, joka ennustetaan kasvavan vuosi vuodelta, ellei merkittäviä muutoksia aloiteta toteuttaa energiatehokkuuden parantamisessa. EU edellyttää jäsenvaltioiltaan, kuten Suomelta toimia energiatehokkuuden edistämiseksi niin rakennuttamisessa kuin olemassa olevissa rakennuksissa. Tätä varten on kehitetty eri työkaluja, ratkaisuja, todistuksia sekä ennusteita, joita käytetään indikaattoreina rakennuksen energiatehokkuuden edistämisessä.

Älykkäät teknologioiden ratkaisut, kuten rakennusautomaatiojärjestelmä ja IoT-laitteet ovat peruskivi rakennuksen älykkyyden sekä energiatehokkuuden kehittämisessä vastaamaan voimassa olevia ja tulevia vaatimuksia. Ratkaisuista syntyvät hyödyt automaattisesta ja datapohjaisesta rakennuksen eri kulutusten optimoinnissa ja laitteistojen hallinnoinnissa edistää rakennuksissa energiatehokkuutta, päästöttömyyttä sekä viihtyvyyttä. Kasvavan tarpeen sekä jatkuvan kehityksen myötä älykkäät teknologioiden ratkaisut nähdään yleistyvän rakennuksissa edistäen energiatehokkuutta. Kuitenkin sen tukemiseksi tarvitsee rohkaista niin yksityisen kuin julkisen sektorin edustajia toteuttamaan investointeja sekä panostaa standardeihin, jotka vaikuttavat eri ratkaisuiden yhteensopivuuteen sekä mahdollistaa kilpailulliset markkinat.

Lähteet

A.H Buckman, M. Mayfield & Stephen B.M Beck (9.9.2014). *What is a Smart Building?*. Noudettu 6.6.2025 osoitteesta https://eprints.whiterose.ac.uk/80714/7/Published%20PDF.pdf

A. Miettinen (23.5.2024) *Rakennusautomaatiojärjestelmän kannattavuus ja vaikutus energiatehokkuuteen*. Noudettu 5.6.2025 osoitteesta https://www.theseus.fi/handle/10024/858979

A. Peltokorpi, O. Seppänen & Roope Nyqvist, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos. (20.1.2025) *Tekoäly osana rakennushankkeen johtamista – Building 2030 osahankkeen loppuraportti.* Noudettu 14.6.2025 osoitteesta https://www.aalto.fi/fi/building-2030/building-2030-teemoihin-liittyvia-tutkimusraportteja

Cisco Systems Oy. (2025) *Mikä on älykäs rakennus?*. Noudettu 30.5.2025 osoitteesta https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/smart-building/what-is-a-smart-building.html

Euroopan komissio. (2025). *Lähes nollaenergiarakennukset ja päästöttömät rakennukset*. Noudettu 2.6.2025 osoitteesta https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-and-zero-emission-buildings_en?prefLang=fi&etrans=fi

Euroopan komissio. (2.8.2021). *Progress of the member states in implementing the energy performance of building directive*. Noudettu 2.6.2025 osoitteesta https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC122347

Euroopan komissio. (11.9.2024). *Energiaunionin tilaa koskeva kertomus kertomus 2024 – maakohtaiset katsaukset*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://energy.ec.europa.eu/publications/state-energy-union-report-2024-country-fiches_en?prefLang=fi&etrans=fi

Euroopan Parlamentti & EU neuvosto. (2024). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2024/1275, annettu 24 päivänä huhtikuuta 2024 rakennusten energiatehokkuudesta.* Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://eur-lex.europa.eu/legal-

content/FI/TXT/?pk_content=Directive&pk_keyword=Energy&uri=OJ%3AL_202401275

Euroopan unioni. (2024). *EU energy in figures – Statistical pocketbook 2024*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/993e1f3f-89d1-11ef-a67d-01aa75ed71a1

Euroopan unionin neuvosto (12.4.2024). *Kohti päästöttömiä rakennuksia vuoteen 2025 mennessä: neuvosto hyväksyi säännöt energiatehokkuuden parantamiseksi*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2024/04/12/towards-zero-emission-buildings-by-2050-council-adopts-rules-to-improve-energy-performance/

Finlex (27.10.2020). *Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista julkaistu Helsingissä 27.10.2020 Krista Mikkonen ja Maarit Haakana*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2020/718

Finlex (23.1.2013). *Laki rakennuksen energiatodistuksesta*. Noudettu 28.5.2025 osoitteesta https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2020/718

M. Hakanen (2022). *Rakennusautomaation avulla saavutettava energiatehokkuus ja pienempi hiilijalanjälki*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.theseus.fi/handle/10024/703833

IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024*. Noudettu 28.5.2025 osoitteesta https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024

IEA. (2025a). *Global Energy Review 2025*. Noudettu 28.5.2025 osoitteesta https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025

IEA. (2025b). *Stated Policies Scenario (STEPS)*. Noudettu 29.5.2025 osoitteesta https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/stated-policies-scenario-steps

IEA. (2021). *Announced Pledges Scenario (APS)*. Noudettu 2.6.2025 osoitteesta https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/announced-pledges-scenario-aps

Ite wiki. (2025). *Koneoppiminen*. Noudettu 13.6.2025 osoitteesta https://www.ite-wiki.fi/opas/koneoppiminen/

AO Kaspersky Lab. (2025). *Miksi kotiverkon IoT-tietoturva on tärkeä asia*. Noudettu 16.6.2025 osoitteesta https://www.kaspersky.fi/resource-center/threats/secure-iot-devices-on-your-home-network

Motiva. (20.9.2024). *Ilmasto- ja energiastrategia*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/ilmasto_ja_energiastrategia

Motiva. (2013). *Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiate-hokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf

Motiva. (11.9.2024). *Kiinteistön energiakäyttö*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto

Motiva. (21.3.2025). *Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI)*. Noudettu 2.6.2025 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/raken-nusten_alyindikaattori

PEAB. (29.9.2022). *Uutta kotia etsimässä? Näin tunnistat energiatehokkaan talon ja säästät rahaa*. Noudettu 29.5.2025 osoitteesta https://peab.fi/peab/ajankoh-taista/nain-tunnistat-energiatehokkaan-kodin-ja-saastat-rahaa/

Rakennusteollisuus. (2025). *Energiatehokkuus*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmasto/vahahiilinen-rakentami-nen/energiatehokkuus/

Schneider Electric Oy. (2025). *Kiinteistönhallinta*. Noudettu 9.6.2025 osoitteesta https://www.se.com/fi/fi/work/products/building-management/

SosESG (2021). *Nearly zero-energy buildigns*. Noudettu 9.6.2025 osoitteesta https://sosesg.com/en/articolo/nearly-zero-energy-buildings

Suomen virallinen tilasto (SVT). (2022). *Asumisen energiankulutus*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://stat.fi/tilasto/asen

Työ- ja elinkeinoministeriö (9.9.2022). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Y. Bae, S. Bhattacharya, B. Cui, S. Lee, Y. Li, L. Zhang, P. Im, V. Adetola, D. Vrabie, M. Leach & T. Kuruganti (2021). *Sensor impacts on building and HVAC controls: A critical review for building energy performance*. Noudettu 13.6.2025 osoitteesta https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666792421000603

Ympäristöministeriö (2024). *Rakennusten energiatehokkuus*. Noudettu 26.5.2025 osoitteesta https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus