

Master's Programme in Automation and Electrical Engineering

Rakennusten älyindikaattori rakentamisen ja korjaamisen ohjaajana liikekiinteistöissä

Jaakob Kyllönen

Diplomityö 2023

Copyright ©2023 Jaakob Kyllönen

Tekijä Jaakob Kyllönen

Työn nimi Rakennusten älyindikaattori rakentamisen ja korjaamisen ohjaajana liikekiinteistöissä

Koulutusohjelma Automation and Electrical Engineering

Pääaine Electrical Power and Energy Engineering

Valvoja Prof. Jaakko Ketomäki

Työn ohjaajat DI Miro Lehtimäki, DI Laura Remes

Yhteistyötaho Ramboll Finland Oy

Päivämäärä 31.07.2023 **Sivumäärä** 84+22

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Euroopan Unionin (EU) kaikesta loppuenergiankulutuksesta 40 % ja kasvihuonepäästöistä 36 % johtuu rakennuskannasta. Rakennusten aiheuttaman ilmastokuormituksen vähentäminen onkin keskeisessä roolissa EU:n tavoitellessa ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Tätä varten on kehitetty rakennusten älyindikaattori (Smart Readiness Indicator, SRI). SRI:n tavoite on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja energiatehokkuutta ja siten lisätä uusiutuvan energian käyttöä ja vähentää rakennuksista johtuvaa ilmastokuormitusta.

Tämän diplomityön laadullisessa tutkimuksessa suoritettiin yhteensä kuusi SRI-arviointia neljälle liikerakennukselle, joista kahdelle arviointi suoritettiin sekä ennen perusparannusta että sen jälkeen. Arvioinnin tulosten perusteella arvioitiin rakennuksen iän ja kunnon sekä korjaamisen vaikutusta älyvalmiustasoon. Lisäksi arvioitiin, antavatko tulokset järkeviä viitteitä toimenpiteistä, joilla rakennuksen älyvalmiustasoa voisi parantaa. Arviointiprosessia refleктоimalla kartoitettiin arviointimenetelmässä esiintyviä ongelmia, jotka heikentävät SRI:n soveltuvuutta toimia suunnittelua ohjaavana työkaluna.

Tutkimuksessa todettiin, että SRI nykyisessä muodossaan ei täysin sovellu ohjaamaan liikekiinteistöjen rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua: Arviointimenetelmässä havaitut ongelmat, kuten tulkinnanvaraisuudet ja epäjohtonmukaisuudet muun muassa johtavat tulosten vääristymiseen ja vähentävät järjestelmän luotettavuutta. Menetelmä ei täysin huomioi liikerakennusten erityispiirteitä, mikä ilmenee erityisesti hukkalämpöä hyödyntävien järjestelmien epäoikeudenmukaisena kohteluna. Arvioinnin tuloksissa olevat vääristymät sekä tulosten esittämistavan heikohko luotettavuus heikentävät SRI:n luonnetta ohjaavana työkaluna. Tämä korostaa arvioinnin yhteydessä annettavien toimenpide-ehdotusten tarpeellisuutta, mutta nykyisissä asetuksissa ne on määritetty valinnaisiksi. Toisaalta tutkimuksessa saaduista tuloksista havaittiin, että tavoitteidensa mukaisesti SRI:ssä korostuvat taloteknisten järjestelmien älykkäisyys ja sen vaikutus energiatehokkuuteen ja energiatehokkuuteen huomioiden samalla myös rakennuksen käyttäjien tarpeet.

Avainsanat Rakennusten älyindikaattori, SRI, Älykkäät rakennukset, Energiatehokkuus, Energiatehokkuus, Liikerakennukset

Author Jaakob Kyllönen

Title of thesis Smart Readiness Indicator as guide for construction and renovation of commercial buildings

Programme Automation and Electrical Engineering

Major Electrical Power and Energy Engineering

Thesis supervisor Prof. Jaakko Ketomäki

Thesis advisors M. Sc. Miro Lehtimäki, M. Sc. Laura Remes

Collaborative partner Ramboll Finland Oy

Date 31.07.2023

Number of pages 84+22

Language Suomi

Abstract

The building stock causes 40 % of all final energy consumption and 36 % of all greenhouse gas emissions in the European Union (EU). Reducing a climate stress caused by buildings plays a central role in the EU's goal of climate neutrality by 2050. The Smart Readiness Indicator (SRI) has been developed for this purpose. The main goal of SRI is to improve the energy efficiency and flexibility of buildings and thus increase the use of renewable energy and reduce the climate stress caused by buildings.

In this thesis, six SRI assessments for four separate commercial buildings were performed. For two of the buildings, the assessment was performed both before and after renovation. Based on the results of the assessments, the effect of the building's age, condition and renovations on the SRI-level was studied. In addition, it was assessed whether the results give reasonable indications of possible actions to improve building's smart readiness level. By reflecting the assessment process were mapped the problems occurring in the SRI method which could weaken the suitability of the SRI to use as tool as guide for designing.

This study concluded that SRI as its current form is not completely applicable to use as guide for construction and renovation of commercial buildings: Problems occurred in the assessment method, such as ambiguities and inconsistencies, lead to distortion of the results and reduce the reliability of the SRI. Method does not fully consider the special features of commercial buildings, which can be seen especially in the unfair treatment of systems that utilize waste heat of building. Distortions in the results and the poor readability of the way the results are presented weaken the guiding nature of SRI. This underlines the necessity of proposals for actions to increase smart readiness of assessed building but in the current regulations they are defined as optional. On the other hand, it was found that, in accordance with its goals, SRI highlights the smartness of buildings and its effect to buildings' energy efficiency and flexibility while also considering the needs of the buildings' occupants.

Keywords Smart Readiness Indicator, SRI, Smart buildings, Energy efficiency, Energy flexibility, Commercial buildings

Sisällys

Esipuhe	7
Lyhenteet	8
1 Johdanto	9
2 Rakennusten älyindikaattori	11
2.1 Rakennusten älyindikaattorin kehitys	11
2.2 Rakennusten älyindikaattorin rakenne	14
2.2.1 Avainalueet	15
2.2.2 Vaikutusalueet	16
2.2.3 Aihealueet	17
2.2.4 Palvelukatalogi	17
2.3 Älyvalmiustason laskentamenetelmä	18
2.3.1 Arviointitavat erilaisille rakennuksille	19
2.3.2 Palvelujen seulontaprosessi	21
2.3.3 Toiminnallisten tasojen arviointi	22
2.3.4 Painotuskertoimet	23
2.3.5 Älyvalmiuspistemäärien laskeminen	25
2.4 Älyvalmiustodistus	27
3 Liikekiinteistöt Suomessa	29
4 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto	35
4.1 Tutkimusmenetelmät	35
4.2 Tutkimusaineisto	36
5 Arviointiprosessi	43
5.1 Arviointien aikana tehdyt tulkinnat	43
5.2 Arviointimenetelmässä havaitut ongelmat	47
5.3 Yleiset huomiot arviointeja tehdessä	51
6 SRI-arviointien tulokset	54
7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	61
7.1 Arviointiprosessin tarkastelu	61
7.2 Arviointien tulosten tarkastelu	62
7.3 Korjaamisen vaikutus arviointien tuloksiin	65
7.4 Tulosten antamat viitteet kohteen kehitystarpeista	68

7.5	Yhteenveto johtopäätöksistä.....	68
8	Pohdintaa SRI:stä ja sen kehityksestä.....	70
9	Yhteenveto.....	76
	Lähteet.....	79
A.	Yksityiskohtainen palvelukatalogi.....	85
B.	Arvioitujen kohteiden toiminnalliset tasot.....	101

Esipuhe

Tämä diplomityö on tehty Ramboll Finland Oy:lle yhteistyössä S-ryhmän ja Keskon kanssa. Haluan kiittää Rambollia erityisesti ennakkoluulottomasta ja kannustavasta asenteesta diplomityön aihetta etsivää opiskelijaa kohtaan sekä mahdollisuudesta muokata työni aihe juuri itseni näköiseksi. Lisäksi haluan kiittää S-ryhmää ja Keskoa, sekä erityisesti Keni Peltosta, Nuutti Rantatupaa ja Jari Pihlajamaata työn tutkimusaineiston hankinnasta. Ilman teitä tämän työn tutkimusta ei olisi voitu suorittaa.

Erityisen suuret kiitokseni haluan osoittaa tämän työn valvojalle Jaakko Ketomäelle sekä ohjaajille Miro Lehtimäelle ja Laura Remekselle ensiarvoisen tärkeästä ohjauksesta ja tuesta.

Lisäksi haluan kiittää kaikkia, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua opintojeni aikana. Teidän tukenne merkitystä en voi liikaa korostaa.

Kirkkonummi 31.7.2023
Jaakob Kyllönen

Lyhenteet

EED	Energiatohokkuusdirektiivi (engl. Energy Efficiency Directive)
EPBD	Rakennusten energiatohokkuusdirektiivi (engl. Energy Performance of Buildings Directive)
EPC	Energiatodistus (engl. Energy Performance Certificate)
EU	Euroopan Unioni
JRC	Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (engl. the Joint Research Centre)
LPU	Lämpöpumppu
LLTO	Lauhdelämmön talteenotto
LTO	Lämmöntalteenotto
NZEB	Lähes nollaenergiarakennus (engl. Nearly Zero-Energy Building)
SRI	Rakennusten älyindikaattori (engl. Smart Readiness Indicator)
RAU	Rakennusautomaatio
TABS	Lämpöenergiaa varaavat rakenneosat (engl. Thermally Activated Building Systems)

1 Johdanto

Euroopan Unioni (EU) on sitoutunut Euroopan Green Deal -sopimuksen mukaiseen tavoitteeseen saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä [1]. Energiankäytön osuus EU:n päästöistä on 75 % [2], ja rakennukset merkittävimpänä yksittäisenä energiankuluttajasektorina on suuressa roolissa tavoitteiden saavuttamisessa [3]. Kaikkien uusien rakennusten onkin täytynyt olla ”lähes nollaenergiataloja” (engl. Nearly Zero-Energy Building, NZEB) jo vuodesta 2021 lähtien [4]. Uusien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan riitä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi [5].

Olemassa olevan rakennuskannan pitkäikäisyyden [5] sekä nykyisten rakennusstandardien puitteissa heikon energiatehokkuuden [6] vuoksi nykyisen rakennuskannan korjaaminen on erityisen tärkeää rakennusten aiheuttaman ilmastokuormituksen vähentämisen kannalta. EU:ssa energiatehokkuutta parantavia perusparannuksia tehdään vain noin 1 %:lle rakennuksista [6, 7]. Ilmastotavoitteiden saavuttaminen vaatisi kuitenkin rakennuksille tehtävien energiaremonttien määrän kasvattamista jopa kolminkertaiseksi nykyisestä [6]. Euroopan komissio onkin esittänyt strategian perusparannusaallon käynnistämiseksi Euroopassa [7].

Digitalisaatiolla ja älykkäillä järjestelmillä on tunnistettu olevan merkittävä rooli rakennusten aiheuttaman ilmastokuormituksen vähentämisessä [8, 9]. Älykkäitä taloteknisiä järjestelmiä hyödyntämällä saavutettaisiin keskimäärin 30 % säästöt rakennusten loppuenergian kulutuksessa [10]. Tehostaakseen älykkäiden teknologioiden käyttöönottoa Euroopan komissio on luonut rakennusten älyindikaattorin (Smart Readiness Indicator, SRI). SRI on luokitusjärjestelmä, jolla arvioidaan rakennuksen teknisten järjestelmien valmiutta älykkääseen toimintaan kolmella eri avainalueella:

- energiatehokkuus ja ylläpidon helppous,
- mukautuminen käyttäjän tarpeiden mukaan ja
- mukautuminen energiajärjestelmän tarpeiden mukaan.

SRI:n tarkoitus on olla koko EU:n alueella yhtenäinen indikaattori, joka samalla lisää rakennusten omistajien ja asukkaiden tietoisuutta rakennusten älykkäiden teknologioiden tuomista lisähyödyistä. [8] Nykyisten asetusten mukaan SRI on vapaaehtoinen järjestelmä ja jäsenvaltiot voivat itse päättää sen käyttöönotosta [8, 11, 12]. Toisaalta rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudessa luonnoksessa ehdotetaan, että SRI tulisi pakolliseksi osalle rakennuksista [13].

SRI on kuitenkin edelleen keskeneräinen, ja siinä on joitakin puutteita. Tämänhetkisessä versiossa älyvalmiustason laskennassa huomioidaan maantieteellinen sijainti sekä se, onko kyseessä asuinrakennus vai jokin muu rakennus, mutta rakennuksen tarkempaa käyttötarkoitusta ei huomioida [14]. Laskentametodissa on myös havaittu tulkinnanvaraisuuksia, jotka

voivat mahdollistaa tulosten manipuloinnin [15]. Euroopan komission asetuksessa 2020/2156/EU onkin määritelty vapaaehtoinen kansallinen testausvaihe, josta saatavan palautteen pohjalta SRI:tä on tarkoitus parantaa [12]. Suomi on viiden muun jäsenvaltion tavoin ilmoittanut liittyvänsä kansalliseen testausvaiheeseen [16].

SRI:n kansallista testaushanketta vetävän Jaakko Ketomäen mukaan SRI:n ei tulisi olla vain toteava, vaan ennemmin suunnittelua ohjaava työkalu [17]. Tämän työn tavoite onkin arvioida SRI:n soveltuvuutta rakentamisen ja korjaamisen ohjaajana liikekiinteistöissä. Arviointia varten suoritetaan SRI-luokituksen laskenta yhteensä neljälle S-ryhmän ja Keskon liikerakennukselle, yhdelle uudelle, yhdelle vanhemmalle ja kahdelle perusparannetulle liikerakennukselle. Liikerakennukset, joille on tehty perusparannus, arvioidaan sekä ennen että jälkeen perusparannuksen. SRI-luokituksen laskenta suoritetaan käyttäen Euroopan komission alaiselta SRI-tukitiimiltä saatua laskentatyökalua [18]. Laskentaprosessia refleктоimalla sekä laskennan tulosten perusteella pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Ilmeneekö arviointimenetelmässä ongelmia tai puutteita, jotka heikentävät SRI:n soveltuvuutta ohjaamaan rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua?
- Miten liikerakennuksen ikä, kunto ja saneeraus vaikuttavat SRI-arvioinnin tulokseen?
- Antaako arvioinnin tulos järkeviä viitteitä siitä, mitä arvioidussa rakennuksissa tulisi parantaa?

Työssä saadut tulokset auttavat S-ryhmää ja Keskoa kartoittamaan liikekiinteistöjensä tämänhetkistä älykkyyden tasoa sekä määrittelemään rakentamisen ja korjaamisen suuntaviivoja ja tavoitteita. Tulokset parantavat myös valmiuksia varautua siihen, kun SRI mahdollisesti tulee pakolliseksi Suomessa [17]. Lisäksi työn tulokset antavat arvokasta lisätietoa SRI:ssä olevista kehityskohteista.

Tässä työssä tarkastellaan ainoastaan liikekiinteistöjä. Työ tehtiin yhteistyössä S-ryhmän ja Keskon kanssa, ja koska näiden konsernien liikekiinteistöistä suurin osa on päivittäistavarakauppoja [19, 20], valikoitui arvioitaviksi kohteiksi vain niitä. S-ryhmän ja Keskon omistamista rakennuksista tarkastelun ulkopuolelle jää siis muun muassa hotellit ja varastorakennukset. Maantieteellisesti tarkastelu rajoittuu Suomeen.

Työn rakenne on seuraavanlainen: Luvussa 2 esitellään SRI:n taustaa sekä sen rakenne ja arviointimenetelmä. Luvussa 3 kuvaillaan Suomen liikekiinteistöjen kantaa. Tutkimusmenetelmät sekä tutkimusaineistona olevat liikekiinteistöt kuvataan luvussa 4. Luvussa 5 käydään läpi arviointiprosessin reflektointi ja luvussa 6 SRI-arviointien tulokset. Luvussa 7 tarkastellaan saatuja tuloksia ja esitetään näiden pohjalta tehdyt johtopäätökset. Luvussa 8 pohditaan SRI:n kehitystarpeista sekä yleisesti SRI:hin liittyvistä aiheista. Lopuksi luvussa 9 esitetään koko työn yhteenveto.

2 Rakennusten älyindikaattori

Rakennusten älyindikaattori (Smart Readiness Indicator, SRI) on rakennusten luokitusjärjestelmä, jolla mitataan rakennuksen valmiutta älykkääseen toimintaan energiatehokkuuden, rakennuksen käyttäjien ja energiaverkon näkökulmasta [21, 22]. SRI:ssä arvioinnin keskiössä on rakennusten älykkäiden teknologioiden mahdollistamat lisähyödyt [11]. Sen perimmäinen tavoite on lisätä rakennusten ja energiaverkon yhteistyötä ja uusiutuvan energian käyttöä ja näin vähentää rakennusten ilmastolle aiheuttamaa kuormitusta [7, 8].

SRI:stä on käytetty EU:n direktiiveissä ja asetuksissa erilaisia termejä, kuten rakennusten älyvalmiusindikaattori ja älyratkaisuvalmiutta koskeva indikaattori. Tässä työssä käytetään Motivankin käyttämää termiä ”rakennusten älyindikaattori” tai lyhyemmin vain ”älyindikaattori” [21]. Lisäksi käytetään lyhennettä SRI.

Tässä luvussa käydään aluksi läpi SRI:n kehitystä. SRI:n nykyinen rakenne sekä arviointimenetelmä ja laskukaavat rakennuksen älyvalmiustason määrittämiseksi on esitetty alaluvuissa 2.2 ja 2.3. Luvun lopussa esitetään Euroopan komission asetuksissa määritettyjä asioita älyvalmiustodistukseen liittyen.

2.1 Rakennusten älyindikaattorin kehitys

EU:ssa rakennusten osuus loppuenergiankulutuksesta on 40 %, ja ne aiheuttavat 36 % koko EU:n kasvihuonepäästöistä. Rakennukset muodostavat suurimman yksittäisen kuluttajasektorin. [3] Rakennusten energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen onkin nostettu monin paikoin esille muun muassa ilmastotavoitteiden ja -strategioiden yhteydessä. Vuoden 2030 ilmastotavoitesuunnitelmassa arvioidaan, että suurin osa vähennyksistä olisi saatava rakennuksista [23]. Rakennusten kunnostamiseen kannustavan Renovation Wave -ohjelman mukaan vuoden 2030 tavoitteiden saavuttaminen vaatisi, että rakennusten kuormitus vähenisi 60 % kasvihuonepäästöjen osalta ja 14 % energiankulutuksen osalta verrattuna vuoden 2015 tasoon [7]. 2030 tavoitteiden saavuttamiseen tähtäävässä Fit for 55 -suunnitelmassa esitetään rahoitusta investoinneille, jotka parantavat rakennusten energiatehokkuutta sekä lisäävät niiden uusiutuvan energian käyttöä [2]. Euroopan Green Deal -strategian mukaan rakennusten perusparannusten lisääminen ei ainoastaan pienentäisi rakennusten aiheuttamaa ilmastokuormitusta, vaan myös vähentäisi energiaköyhyyttä sekä piristäisi rakennusalaa [1].

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) mukaisesti kaikkien uusien rakennusten on täytynyt viimeistään vuodesta 2021 lähtien olla ”lähes nollaenergiarakennuksia” (Nearly Zero-Energy Building, NZEB) [4], ja vaatimuksen on

raportoitu täyttyneen lähes jokaisessa jäsenvaltiossa erittäin hyvin [24]. On kuitenkin arvioitu, että nykyisestä rakennuskannasta vähintään 75 % on edelleen käytössä vuonna 2050 [5], perusparannusaalto-ohjelman (Renovation Wave) mukaan osuus on jopa 85–95 % [7]. Lisäksi kun lähes 75 % olemassa olevista rakennuksista on nykyisten rakennusstandardien mukaan energiatehottomia [6], on ilmeistä, että nykyisen rakennuskannan parantaminen on tärkeimpiä toimia ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

Vuosittain EU:ssa rakennuksille tehdään jonkinasteinen perusparannus noin 11 %:lle rakennuksista [7]. Suurimmassa osassa perusparannuksista ei kuitenkaan saavuteta parannuksia energiatehokkuuteen; energiaremonttien painotettu vuotuinen osuus on ainoastaan 0,4–1,2 % rakennuskannasta [6, 7]. Jotta asetettuihin ilmastotavoitteisiin voitaisiin päästä, tulisi osuuden olla vähintään 2,5–3 % [6]. Toinen haaste on energiaremonttien syvyyden lisääminen. Syvien (energiankulutusta yli 60 % vähentävien) energiaremonttien osuus on keskimäärin ainoastaan 0,2 %, joillakin alueilla määrä on lähes olematon [7]. Pienimmät, helpoimmat ja kustannustehokkaimmat keinot ovat siis jo käytössä, mikä voi johtaa energiaremonttien osuuden vähenemiseen entisestään, ellei syvien perusparannusten määrää saada kohotettua [5].

Digitalisaation ja älykkäiden järjestelmien hyödyntäminen on tunnistettu tehokkaaksi keinoksi saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä. Maailman talousfoorumin mukaan niiden laajalla käytöllä voitaisiin leikata 15 % kasvihuonepäästöistä maailmanlaajuisesti. [25] Pitkälle kehittyneitä älykkäitä taloteknisiä järjestelmiä tehokkaasti hyödyntämällä saavutettaisiin keskimäärin 30 % säästöt rakennusten loppuenergian kulutuksessa [10]. Rakennusten älykkyyden ja digitalisaation lisääminen onkin nostettu tärkeäksi tavoitteeksi EU-tasolla [7, 23] ja linkitetty voimakkaasti yhteen vihreän siirtymän kanssa [23]. Tehostaakseen älykkäiden järjestelmien käyttöönottoa rakennuksissa Euroopan komissio on luonut rakennusten älyindikaattorin [8].



Kuva 1. Älykkäiden teknologioiden odotettuja hyötyjä rakennuksissa. [26]

Älyvalmiutta koskeva luokittelujärjestelmä esiteltiin ensimmäisen kerran virallisesti EPBD:n uudelleenlaaditussa versiossa 2018/844/EU. EPBD:n mukaan luokittelujärjestelmän on luotava SRI:n määritelmä sekä menetelmä, jolla se tulee laskea. EPBD myös määrittelee, että rakennuksen älyvalmiutta tulee arvioida asukkaiden ja energiaverkon tarpeiden mukaan sekä energiatehokkuuden ja kokonaistehokkuuden näkökulmasta. [8] SRI:n määritelmän, sisällön ja laskentamenetelmän kehittämiseksi suoritettiin Euroopan komission toimeksiannosta kaksiosainen tutkimus, josta vastasi pääasiassa Belgiassa toimiva tutkimuslaitos VITO NV (Flemish Institute for Technological Research) [27], kuitenkin yhdessä muiden pienempien tutkimuslaitosten kanssa. Tutkimus tehtiin tiiviissä yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa. Tutkimukset suoritettiin vuosina 2017–2020. [9] Tässä työssä kyseiseen tutkimukseen viitataan jatkossa VITO NV:n tutkimuksena.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa luotiin määritelmä SRI:lle ja hahmoteltiin alustava versio laskentamenetelmästä. Toisessa vaiheessa SRI:n määritelmä ja laskentamenetelmä viimeisteltiin nykyiseen muotoonsa alustavan version testausvaiheen sekä sidosryhmiltä saadun palautteen avulla. Kyseisessä testausvaiheessa suoritettiin 112 älyvalmiuden arviointia 81 rakennukselle 21 EU:n jäsenvaltiossa. VITO NV:n tutkimuksen tärkeimpiä tuloksia ovat SRI-järjestelmän ja SRI-luokituksen laskentamenetelmän määritelmät sekä suositus erilaisista tavoista, joilla SRI-järjestelmä voitaisiin sisällyttää jäsenvaltioiden lainsäädäntöön. [9] Lisäksi tutkimuksen aikana luotiin lista arvioitavista palveluista ja niille toiminnalliset tasot (ks. luku 2.2.4) sekä Excel-pohjainen laskentatyökalu SRI-luokituksen laskemista varten [28].

SRI otettiin virallisesti käyttöön Euroopan komission delegoidulla asetuksella 2020/2155/EU sekä täytäntöönpanoasetuksella 2020/2156/EU [16]. Delegoidussa asetuksessa 2020/2155/EU määritellään SRI luokitusjärjestelmänä sekä sen rakenne, laskentaproseduuri ja älyvalmiustodistukseen sisältyvät asiat [11], joista kerrotaan tarkemmin myöhemmin tässä luvussa. Asetuksen mukaan jokaisen jäsenvaltion täytyy itse päättää missä muodossa ja laajuudessa ne ottavat järjestelmän käyttöön. Jäsenvaltio voi myös päättää olla ottamatta järjestelmää käyttöön. [11] Tosin EPBD:n uudessa luonnoksessa ehdotetaan, että SRI tulisi vuonna 2025 pakolliseksi muussa kuin asuinkäytössä oleviin rakennuksiin, joiden lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien yhdistetty nimellisteho on suurempi kuin 290 kW [13]. Suomessa tämän on arvioitu koskevan yhteensä noin 8500 rakennusta [29]. Lisäksi SRI:n ehdotetaan tulevan pakolliseksi vuodesta 2030 lähtien muissa kuin asuinrakennuksissa, joiden nimellisteho on suurempi kuin 70 kW [13].

Delegoidun asetuksen kanssa yhtäaikaisesti julkaistu täytäntöönpanoasetus 2020/2156/EU antaa ohjeistuksen luokitusjärjestelmän käyttöönoton toteuttamiseen siinä tapauksessa, kun järjestelmä on jäsenvaltiossa päätetty ottaa käyttöön. Asetuksen mukaan jäsenvaltiot voivat yhdistää SRI:n energiatehokkuuden sertifiointin tai muiden tarkastusten yhteyteen. Lisäksi täytäntöönpanoasetuksessa määritellään vapaaehtoinen kansallinen

testausvaihe, joka luo jäsenvaltioille mahdollisuuden testata järjestelmää ennen päätöstä sen käyttöönotosta. Jäsenvaltioiden, jotka päättävät toteuttaa kansallisen testauksen, tulisi kuitenkin toteuttaa se kyseisen asetuksen mukaisesti. [12] Testausvaiheen toteuttaneet jäsenvaltiot ovat myös veloitettuja toimittamaan Euroopan komissiolle palauteraportin testausvaiheen päätyttyä. Testausvaiheen pohjalta saatua palautetta on tarkoitus käyttää SRI:n ja siihen liittyvien menetelmien kehitykseen. Testausvaiheen päätyttyä jäsenvaltion tulee myös päättää, ottaako se SRI-järjestelmän käyttöön. [12]

Suomessa kansallinen testaus aloitettiin vuonna 2022, ja sen suunniteltu rakenne ja aikataulu on esitetty kuvassa 2. Testauksesta vastaa Ympäristöministeriö [30] yhdessä valtion kestävän kehityksen yhtiön Motivan [31] kanssa. [21] Suomen lisäksi kansalliseen testausvaiheeseen on ilmoittautunut osallistuvansa Ranska, Tanska, Tšekin tasavalta, Itävalta ja Kroatia [16].



Kuva 2. Rakennusten älyvalmiuden arvioinnin (SRI-menetelmä) Suomen testausvaiheen rakenne. [21]

EU-tasolla SRI:n potentiaali energiatehokkuuden parantamiseksi ja ilmaston kuormituksen vähentämiseksi on tunnistettu, ja se onkin nostettu esille yhä näkyvämpään rooliin. Rakennusten perusparannusohjelmassa SRI on nostettu tärkeäksi keinoksi lisätä rakennusten digitaalisuutta [7]. SRI on myös nostettu samalle tasolle muun muassa rakennusten energiatehokkuutta arvioivan energiatodistuksen (Energy Performance Certificate, EPC) ja peruskorjauspassin kanssa [7, 13]. SRI:n on yhdessä energiatodistuksen ja kehitteillä olevan elinkaarenaikaisen hiilijalanjälkilaskurin kanssa arvioitu muodostavan kehyksen rakennusten arvioimiselle tulevaisuudessa [32].

2.2 Rakennusten älyindikaattorin rakenne

Tässä luvussa esitellään rakennusten älyindikaattorin rakenne. SRI on hyvin uusi järjestelmä, eikä sen rakenteesta tai arviointimenetelmästä ole juurikaan kirjallisuutta SRI:tä koskevien asetusten sekä VITO NV:n tutkimuksen lisäksi [9, 11, 12]. Siksi tässä luvussa viitataan pääasiassa näihin lähteisiin.

Lisäksi luvussa viitataan myös VITO NV:n tutkimuksen yhteydessä laatimaan laskentatyökaluun [28], josta tässä työssä käytetään jatkossa nimitystä VITO NV:n laskentatyökalu.

SRI:n rakenteeseen ja arviointimenetelmään liittyvät termit ja niiden suomennot eivät ole vielä vakiintuneita. Tässä työssä käytetään ensisijaisesti Euroopan komission SRI:tä koskeissa asetuksissa käytettyjä termejä [11, 12]. Lisäksi joistakin termeistä esitetään myös alkuperäiset, englanninkieliset vastineet.

2.2.1 Avainalueet

SRI:ssä arvioidaan rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien älykkyyttä kolmen avainalueen (engl. key functionalities) näkökulmasta. Nämä avainalueet ovat ”Energiatehokkuus ja käyttö”, ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” sekä ”Energiajousto” [11]. Jo SRI:n kehityksen alkaessa kyseiset avainalueet määriteltiin keskeisiksi toiminnoiksi, joihin SRI:n mukainen rakennusten älykkyyden arviointi tuli perustua. [8]

Avainalue ”Energiatehokkuus ja käyttö” viittaa rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien kykyyn ylläpitää energiatehokkuutta ja käytönaikaista kokonaistehokkuutta esimerkiksi mukauttamalla energiankulutusta siten, että uusiutuvaa energiaa voidaan käyttää tehokkaammin. ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” viittaa rakennuksen kykyyn mukauttaa toimintaansa asukkaiden ja käyttäjien tarpeiden mukaisesti käyttäjäystävällisyys sekä terveelliset sisäilmasto-olosuhteet huomioiden. Lisäksi siinä huomioidaan energiankäyttöön ja teknisten järjestelmien toimintaan liittyvä raportointi. [8, 9] Vaikka avainalueen ja sen palveluiden nimissä puhutaan asukkaista, tarkoittaa se yleisesti rakennuksen käyttäjiä, joihin voi sisältyä myös esimerkiksi rakennuksen ylläpidosta vastaavat tahot. Avainalue ”Energiajousto” taas viittaa rakennuksen kykyyn mukauttaa energiankulutustaan energiaverkon tarpeiden mukaan niin, että rakennuksen on mahdollista osallistua kulutusjoustoan [8, 9].

Kulutusjousto (engl. demand desponse) tarkoittaa, että kuluttaja muuttaa normaalia energiankulutustaan energiaverkon kuormituksen tai energian hinnan mukaan niin, että energiankulutusta vähennetään silloin, kun energian kysyntä tai hinta ovat korkealla. Samoin energiankulutusta voidaan siirtää niihin aikoihin, kun energian kysyntä tai hinta ovat matalalla. Perinteisesti sähkön kulutus ja tuotanto on pidetty tasapainossa tuotantoa säätämällä. Kuitenkin erityisesti sään mukaan vaihtelevien tuotantomuotojen, kuten tuulivoiman yleistymisen myötä on lisääntynyt tarve sille, että sähkön loppukuluttajat mukauttavat omaa kulutustaan tuotannon ja kulutuksen tasapainon ylläpitämiseksi. [33] Kulutusjoustosta käytetään yleisesti myös termiä kysyntäjousto, mutta tässä työssä käytetään selkeyden vuoksi vain termiä kulutusjousto. Termi kysyntäjousto on helpompi yhdistää

verkkoyhtiöiden näkökulmaan. Kulutusjousto terminä taas voidaan paremmin mieltää kuluttajan toiminnaksi, mikä sopii paremmin tämän työn viitekehykseen.

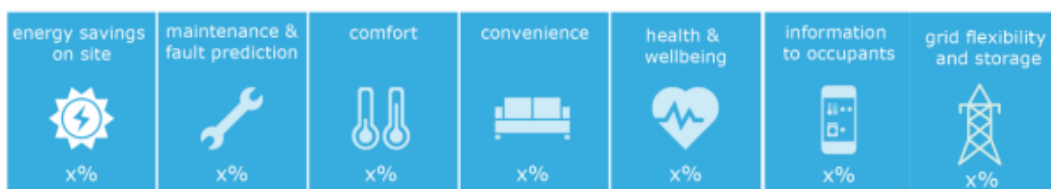
2.2.2 Vaikutusalueet

Avainalueet kattavat laajoja kokonaisuuksia, eikä sellaisenaan sovellu hyvin käytettäväksi arvioinnin pohjana. Avainalueet onkin jaettu kuvan 3 mukaisesti seitsemään vaikutusalueeseen (engl. impact criteria). Kyseiset vaikutusalueet on määritelty Euroopan komission delegoidussa asetuksessa 2020/2155/EU [11].

Avainalue ”Energiatehokkuus ja käyttö” jakautuu vaikutusalueisiin ”Energiatehokkuus” ja ”Huolto ja vikojen ennakointi” [11]. ”Energiatehokkuus” viittaa rakennuksen kykyyn vähentää energiankulutusta ja parantaa energiatehokkuutta älykästä teknologiaa hyödyntämällä. ”Huolto ja vikojen ennakointi” viittaa siihen, kuinka älykkäät järjestelmät, kuten automaattinen viantunnistus ja diagnostiikka, helpottavat järjestelmien käyttöä ja ylläpitoa. Parhaimmillaan tämä voi parantaa energiatehokkuutta esimerkiksi tunnistamalla epätehokkaan toiminnan. [9]

Avainalue ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” jakautuu neljään vaikutusalueeseen: ”Viihtyvyys”, ”Käyttömukavuus”, ”Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys” sekä ”Asukkaiden informointi” [11]. ”Viihtyvyys” kuvaa fyysistä ympäristöä, kuten lämpötilaa tai valaistuksen laatua. ”Käyttömukavuus” viittaa älykkäisiin ratkaisuihin, jotka ”tekevät elämästä helpompaa”. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi järjestelmien manuaalisen säädön tarpeen vähentämistä. ”Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys” kiinnittää huomiota esimerkiksi ilmanlaatuun vaikuttaviin ratkaisuihin. ”Asukkaiden informointi” viittaa palveluihin, jotka lisäävät käyttäjän tietoisuutta rakennuksen toiminnasta, kuten energian kulutuksesta tai paikallisesta tuotannosta. [9]

Avainalueen ”Energiajousto” ainoa vaikutusalue on ”Energiajousto ja energian varastointi” [11]. Tämä viittaa rakennuksen kykyyn varastoida energiaa ja osallistua kulutusjousto. Sähkön lisäksi avainalueessa huomioidaan myös lämmitys- ja jäähdytysenergian varastointi- ja joustomahdollisuus [9].



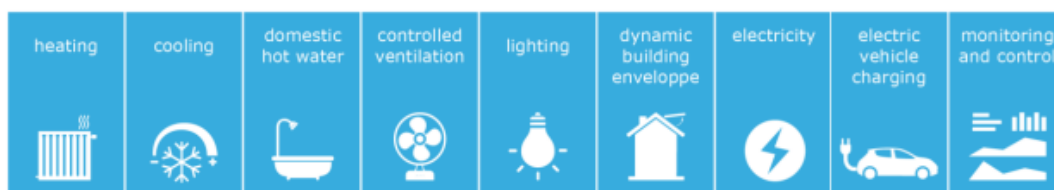
Kuva 3. SRI:n vaikutusalueet: energiatehokkuus; huolto ja vikojen ennakointi; viihtyvyys; käyttömukavuus; terveys, hyvinvointi ja esteettömyys; asukkaiden informointi sekä energiajousto ja energian varastointi. [9]

Käytännössä SRI:ssä älyvalmiuden arviointi perustuu rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien älykkyyden vaikutukseen edellä mainittuihin seitsemään vaikutusalueeseen. Huomioitavaa on, ettei tavoite ole arvioida vaikutusalueita itsessään, vaan älykkäiden ratkaisujen vaikutusta kyseisiin vaikutusalueisiin. Tämä tarkoittaa, ettei esimerkiksi energiatehokkuutta arvioida itsessään, vaan arvioinnin keskiössä on älykkäiden järjestelmien mahdollistamat parannukset energiatehokkuuteen. [11] SRI-arvioinnista on siis mahdollista saada korkeat pisteet, vaikka rakennus ei olisi kovinkaan energiatehokas. Esimerkiksi Fokaides, Panteli ja Panayidou määrittivät tutkimuksessaan arvioimansa rakennuksen älyvalmiustasoksi 52 %, vaikka rakennus oli energiatehokkuudeltaan heikohko: sen energiatodistuksen mukainen energialuokka oli D. [34]

2.2.3 Aihealueet

SRI:n tarkoitus on arvioida taloteknisten järjestelmien älykkyyttä. SRI:ssä aihealueet (engl. domain) kuvaavat näitä eri taloteknisiä järjestelmiä. Aihealueita on Euroopan komission asetuksessa 2020/2155/EU määritelty yhdeksän. Ne ovat ”Lämmitys”, ”Jäähdytys”, ”Lämmin käyttövesi”, ”Ilmanvaihto”, ”Valaistus”, ”Dynaaminen vaippa”, ”Sähkö”, ”Sähköajoneuvojen lataus” ja ”Seuranta ja säätö”. [11]

Euroopan komission asetuksessa 2020/2155/EU käytetään aihealueista termiä ”Tekniset järjestelmät” [11]. Asetuksessa esitetyn termin käyttäminen voisi kuitenkin aiheuttaa sekaannusta käsiteltäessä teknisiä järjestelmiä yleensä. Siksi tässä työssä käytetään Motivankin käyttämää termiä ”Aihealue” [17].



Kuva 4. SRI:n aihealueet: lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi, ilmanvaihto, valaistus, dynaaminen vaippa, sähkö, sähköajoneuvojen lataus sekä seuranta ja säätö. [9]

2.2.4 Palvelukatalogi

Aihealueiden kuvaamat tekniset järjestelmät kattavat liian laajoja kokonaisuuksia, jotta niitä voitaisiin käyttää älykkyyden arvioimiseen sellaisenaan. Aihealueet onkin jaettu palveluihin (engl. domain services), jotka kuvastavat yksittäisiä teknisiä ratkaisuja [11]. Palveluja on esimerkiksi lämmityksen säätö, valaistuksen ohjaus tai kiertovesipumppujen ohjaustapa [9].

Palvelukatalogissa jokaiselle palvelulle määritellään erilaisia toiminnallisia tasoja (engl. functionality level), jotka kuvaavat palvelun älyvalmiuden tasoa. Lisäksi jokaiselle toiminnalliselle tasolle määritellään jokaista vaikutusalueetta vastaavat yksittäispisteet, jotka indikoivat palvelun älykkyyden vaikutuksen suuruutta kyseiseen vaikutusalueeseen. [11] Kuvassa 5 on esitetty esimerkki palvelusta, sen toiminnallisista tasoista sekä vastaavista vaikutusaluekohtaisista yksittäispisteistä.

Toisin kuin avain-, vaikutus- ja aihealueet, palvelukatalogin sisältöä ei ole määriteltä SRI:tä koskevissa asetuksissa. Asetuksen 2020/2155/EU mukaan jäsenvaltioiden on määriteltävä vähintään yksi palvelukatalogi toiminnallisine tasoineen ja niitä vastaavine yksittäispisteineen. Palvelukatalogeja voidaan myös laatia useampia, esimerkiksi erityyppisiä rakennuksia varten. [11]

VITO NV:n laskentatyökalun palvelukatalogissa palveluita on aihealueesta riippuen 2–10, yhteensä 54. Palvelujen toiminnallisia tasoja on korkeintaan viisi (tasot 0–4), missä taso 0 viittaa pääasiassa joko automaattisen ohjauksen tai koko palvelun puuttumiseen, ja korkeampi taso älykkäämpään toimintaan. Yksittäispisteitä toiminnallisista tasoista saa vaikutusalueetta kohden korkeintaan 3, mutta joissakin tapauksissa pisteet voivat olla myös negatiiviset. [9, 28]

code	service	O1						
H-1a	Heat emission control	Service group: Heat control - demand side						
Functionality levels		IMPACTS						
		Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
level 0	No automatic control	0	0	0	0	0	0	0
level 1	Central automatic control (e.g. central thermostat)	1	0	1	1	1	0	0
level 2	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	2	0	2	2	2	0	0
level 3	Individual room control with communication between controllers and to BACS	2	0	2	3	2	1	0
level 4	Individual room control with communication and occupancy detection	3	0	2	3	2	1	0

Kuva 5. Erään palvelun toiminnalliset tasot ja niitä vastaavat vaikutusaluekohtaiset yksittäispisteet. [28]

2.3 Älyvalmiustason laskentamenetelmä

Tässä luvussa esitellään laskentamenetelmä, jolla rakennusten älyvalmiustaso määritetään. Arviointiprosessi etenee yksinkertaistettuna seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Määritetään rakennusta koskevien palvelujen toiminnallinen taso.
2. Lasketaan palvelujen vaikutus jokaiseen vaikutusalueeseen.
3. Painotuskertoimet huomioiden lasketaan rakennuksen älyvalmiustaso. [21]

Luvussa esitetyt asiat perustuvat suurelta osin VITO NV:n laskentatyökaluun [28], koska se on tällä hetkellä ainut saatavilla oleva automatisoitu työkalu

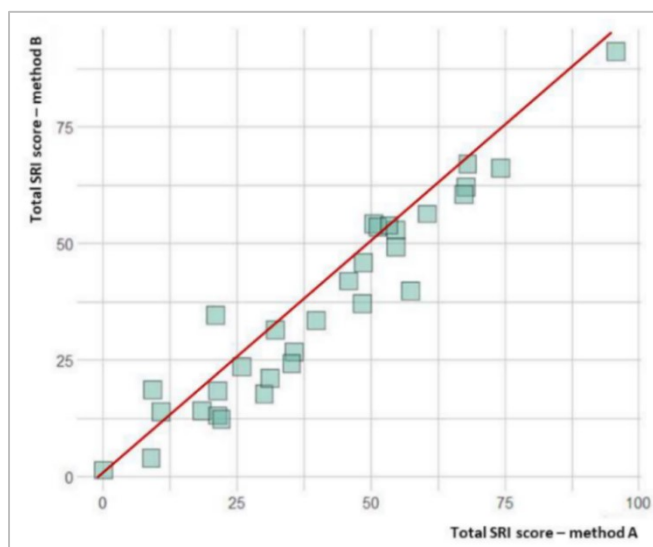
älyvalmiustason laskemiseksi, ja se on lisäksi SRI:tä koskevan asetuksen 2020/2155/EU mukainen [11].

2.3.1 Arviointitavat erilaisille rakennuksille

Rakennusten älyindikaattorin tavoite on lisätä tietoisuutta ja kiinnostusta älyteknologian hyödyistä rakennuksille ja sitä kautta nopeuttaa rakennuskannan korjaamista ja nykyaikaistamista älyteknologian avulla [8]. VITO NV:n tutkimuksessa arvioidaan, että liian monimutkainen SRI:n laskentaprosessi lisää arviointiin kuluva aikaa ja siitä aiheutuvia kuluja. Tämä vähentäisi SRI:n käyttöönottoa, etenkin pienemmissä ja yksinkertaisemmissä rakennuksissa, ja näin ollen heikentäisi myös asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Tutkimuksen aikana sidosryhmille suunnatun kyselyn mukaan suurin osa, noin 62 % kyselyyn vastanneista, suosittelikin jaottelua yksinkertaistettuun ja yksityiskohtaiseen menetelmään. [9, p. 73–85] Jaottelu on myös toteutettu VITO NV:n laskentatyökalussa [28].

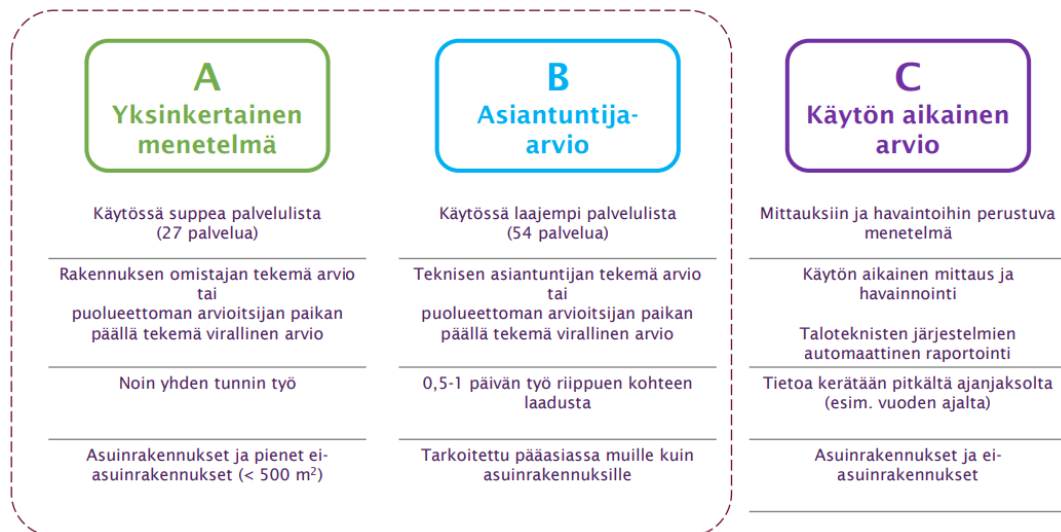
Yksinkertaistettu menetelmä A on suunnattu lähinnä pienemmille ja yksinkertaisemmille rakennuksille, kuten asuinrakennuksille. Siinä on käytössä suppeampi palvelukatalogi helpommalla käsitteistöllä, jotta arviointi on mahdollista myös ilman laajempaa osaamista talotekniikasta, ja koska monimutkaisemmat tekniset järjestelmät ovat harvinaisempia asuinrakennuksissa. Yksinkertaistetun menetelmän avulla rakennuksen omistajan on mahdollista suorittaa SRI-arviointi itse ilman asiantuntijan apua ja siitä aiheutuvia kuluja. Yksityiskohtaisessa menetelmässä B taas on käytössä laaja palvelulista, ja se on tarkoitettu pääasiassa muiden kuin asuinrakennusten arviointiin. [9, p. 73–85] VITO NV:n tutkimuksessa kehitetty yksityiskohtainen palvelukatalogi B-menetelmälle on esitetty tarkemmin liitteessä B.

Kahden erilaisen menetelmän luominen voi synnyttää riskin, että eri menetelmillä tehdyt arvioinnit johtaisivat erilaisiin tuloksiin [9, p. 73–85]. Tämän vuoksi VITO NV:n tutkimuksen aikana suoritettussa laskentatyökalun beetatestauksessa suoritettiin 31 rakennukselle SRI-arviointi sekä A- että B-menetelmällä saman arvioitsijan toimesta. Eri menetelmillä suoritettujen arviointien tulosten välinen korrelaatio on esitetty kuvassa 6. Kuvan perusteella molemmat arviointimenetelmät johtavat suhteellisen samanlaisiin tuloksiin, joskin B-menetelmällä pisteet jäävät hieman alhaisemmiksi. [9, p. 299–303]



Kuva 6. Arviointimenetelmän testausvaiheessa arvioitujen rakennusten älyvalmiuspistemäärät menetelmillä A ja B suoritettuna. [9]

Edellä mainittuja menetelmiä on kuitenkin pidetty joiltakin osin ongelmallisina. Menetelmien kvalitatiivisuudesta johtuen arvioinnit pohjautuvat arvioitsijan subjektiivisiin tulkintoihin, mikä lisää tarkan laadunvarmistuksen tarvetta [35]. Lisäksi menetelmät perustuvat älykkyyden mahdollistamiin teoreettisiin hyötyihin, vaikka esimerkiksi asukkaiden käyttäytyminen ja talotekniikan toimintahäiriöt voivat heikentää älykkyydestä johtuvan potentiaalin realisoitumista [9, p. 73, 36]. Esimerkiksi Fokaides, Panteli ja Panayidou havaitsivat tutkimuksessaan, ettei hyvä tulos SRI-arvioinnista tarkoita rakennuksen olevan energiatehokas: heidän tutkimuksessaan arvioimansa rakennus saavutti kohtuullisen hyvän SRI-pistemäärän, 52 %, kun rakennuksen energiatodistuksen mukainen energialuokka oli D, eli selvästi heikompi [34]. Sidosryhmille suunnatun kyselyn perusteella ilmenikin tarve B-menetelmääkin yksityiskohtaisemmalle arviointimenetelmälle, jossa arviointi pohjautuisi muista menetelmistä poiketen todelliseen, pitkän aikavälin mitattuun dataan. VITO NV:n tutkimuksessa esitelläänkin idea käytönaikaisiin mittauksiin pohjautuvasta menetelmästä C, mutta tätä ei ole vielä toteutettu. [9, p. 73–85] Menetelmien A, B ja C eroja on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. SRI:n arviointimenetelmät. Menetelmää C ei ole vielä kehitetty. [37]

2.3.2 Palvelujen seulontaprosessi

Rakennuksissa voi olla käytössä hyvin erilaisia teknisiä järjestelmiä ja ratkaisuja, ja nämä kaikki tulisi huomioida SRI:n palvelukatalogissa. Paikallisista ja kohdekohtaisista erityispiirteistä johtuen kaikkia aihealueita tai palveluita ei ole järkevää ottaa arvioinnissa huomioon [9, p. 126–128]. Euroopan komission asetuksen 2020/2155/EU mukaan palveluita voidaan jättää huomioidamatta SRI-laskennassa, jos ne eivät kyseisen rakennuksen kohdalla ole merkityksellisiä [11].

Aihealueiden ja palveluiden soveltuvuuden arvioimisen ei kuitenkaan pitäisi missään tapauksessa pohjautua yksittäisen arvioitsijan tulkintaan. Sen sijaan soveltuvuuden arvioiminen tulisi sisältyä itse arviointimenetelmään, jotta voidaan varmistaa arviointien yhteneväisyys arvioitsijasta riippumatta. Tätä varten VITO NV:n tutkimuksessa määriteltiin niin sanottu seulontaprosessi (engl. triage process), jolla epäoleelliset palvelut voidaan jättää arvioinnissa huomiotta ilman, että ne vaikuttavat laskevasti arvioinnin tuloksiin. Prosessissa suositellaan käsittelemään kohteesta puuttuvia aihealueita ja palveluja seuraavanlaisesti:

- Joidenkin aihealueiden ja palvelujen kohdalla arviointi on relevanttia vain, jos se on kohteessa toteutettu. Jos ei voida perustellusti vaatia kyseisen aihealueen tai palvelun olemassaoloa, ei sen puuttumisen tulisi vaikuttaa arvioinnin tulokseen.
- Jotkin palvelut ovat toisensa poissulkevia, eikä sellaisen puuttumisen tulisi vaikuttaa arvioinnin tulokseen.
- Jotkin palvelut voivat olla haluttuja tai pakollisia esimerkiksi lainsäädännön tai poliittisten päätösten vuoksi. Kyseisen palvelun puuttuminen tulisi huomioida arvioinnissa siten, että se vaikuttaa laskevasti arvioinnin tulokseen. [9, p. 126–128]

Seulontaprosessi sellaisenaan voisi kuitenkin johtaa tilanteeseen, jossa jonkin teknisen järjestelmän lisääminen rakennukseen johtaisi huonompaan SRI-luokitukseen. Esimerkiksi jos rakennuksessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa, sellaisen lisääminen ilman älykästä ohjausta johtaisi heikkoon tulokseen ilmanvaihdon osalta, mikä laskisi lopulta kokonaistulosta. Kuitenkin koneellinen ilmanvaihto lisää sisäilmanlaatua. Tämä on nähty ristiriitaisena SRI:n tavoitteiden kanssa. [9, p. 126–128]

Ratkaisuksi edellä mainittuun ongelmaan VITO NV:n tutkimuksessa suositellaan mallia, jossa se, vaikuttaako aihealueen tai palvelun puuttuminen arviointiin, riippuu myös arvioitavan rakennuksen tyypistä ja senhetkisestä tilasta. Esimerkiksi:

1. Aihealue tai palvelu vaikuttaa arvioinnin tulokseen uusissa ja korjattavissa rakennuksissa, mutta ei jo olemassa olevissa rakennuksissa,
2. Aihealue tai palvelu vaikuttaa arvioinnin tulokseen muissa kuin asuinrakennuksissa, mutta ei asuinrakennuksissa
3. Edellisten yhdistelmä: aihealue tai palvelu vaikuttaa arvioinnin tulokseen muissa kuin asuinrakennuksissa, sekä uusissa ja korjatuissa asuinrakennuksissa, mutta ei jo olemassa olevissa asuinrakennuksissa. [9, p. 126–128]

EU:n asetuksessa 2020/2155/EU todetaan, että jäsenvaltioiden on määriteltävä edellytykset, joiden mukaan palveluita voidaan jättää huomioimatta SRI-laskennan lopputuloksessa [11]. Janhunen et al. toteaa tutkimuksessaan, että tämänkaltaiselle seulontaprosessille olisi laadittava tiukasti säännellyt ohjeet, jotta voitaisiin välttyä subjektiivisilta tulkinnoilta [15].

2.3.3 Toiminnallisten tasojen arviointi

SRI:n laskentamenetelmä perustuu käytännössä yksittäisten palveluiden toiminnallisen tason arviointiin [9, p. 106–122]. Arviointi tehdään neutraalisti käytetyn teknologian suhteen. Tämä tarkoittaa, että arvioinnissa ei oteta kantaa siihen, miten tai millaisella teknologialla palvelu on toteutettu. Sen sijaan arviointi keskittyy lopputulokseen, eli siihen, kuinka älykästä palvelun toiminta on avain- ja vaikutusalueiden näkökulmasta. [9, p. 428]

SRI:ssä arvioidaan nimensä mukaisesti rakennuksen järjestelmien *valmiutta* älykkääseen toimintaan. VITO NV:n tutkimuksen mukaan älyvalmius (engl. smart ready) tarkoittaa tässä yhteydessä laajempaa kokonaisuutta kuin älykkyys (engl. smart now): älyvalmius käsittää myös sellaiset rakennuksessa olevat älykkäät ratkaisut, joiden älykästä toimintaa on rajoitettu, tai potentiaalia ei ole muutoin otettu täysin käyttöön. [9, p. 8–9] Esimerkkinä voidaan pitää tilannetta, jossa taajuusmuuttajaohjattuja pumppuja ohjataan portaittain, vaikka portaaton muuttajaohjaus olisikin mahdollista rakennuksessa jo olemassa olevalla tekniikalla. Toisaalta valmiuden voidaan tulkita tarkoittavan ainoastaan niitä toiminnallisuuksia, jotka on rakennuksessa toteutettu, mutta jotka eivät ole kuitenkaan käytössä rakennuksesta

riippumattomista syistä. Rakennus voi esimerkiksi olla kykenevä hallitsemaan järjestelmiensä energiankulutusta verkkosignaalien mukaan, mutta toiminta ei ole verkkoyhtiön puolesta mahdollista. Tällöin järjestelmien älykkäitä toiminnallisuuksia, jotka jostakin syystä on poistettu käytöstä, ei huomioitaisi rakennuksen älyvalmiutta arvioitaessa. [17, 38] Euroopan komission asetuksessa 2020/2155/EU ei ole kuitenkaan määritelty, miten valmiutta tulisi tulkita, joten tulkinnan tekeminen jäänee EU:n jäsenvaltioiden itse määriteltäväksi [11]. SRI:n Suomen kansallista testausvaihetta vetävän Jaakko Ketomäen mukaan se, miten valmiutta tulisi käsitellä, on testausvaiheen aikana eniten epäselvyyttä aiheuttanut aihe SRI-järjestelmässä [38].

Älyvalmiuden arviointia varten arvioitsijan on kerättävä rakennuksen teknisistä järjestelmistä ja palveluista tarvittavat tiedot. Tiedonhankinta voidaan suorittaa esimerkiksi kohdekäynnillä, haastattelemalla rakennuksen teknisiä asiantuntijoita tai omistajia ja tutustumalla teknisiin dokumentteihin [9, p. 196], ja siinä voidaan myös hyödyntää digitaalisia mallinnuksia, kuten digitaalisia kahdennuksia [11]. Tietoja rakennuksen teknisistä järjestelmistä tulisi kerätä mahdollisimman kattavasti, koska arvioinnin pohjana käytetyillä tiedoilla voi olla merkittävä vaikutus arvioinnin lopputulokseen: Vigna et al. havaitsi tutkimuksessaan [39], että arvioinnin tulokset voivat erota merkittävästi riippuen kerättyjen tietojen lähteestä sekä arvioinnissa mukana olevien henkilöiden ammatillisista taustoista.

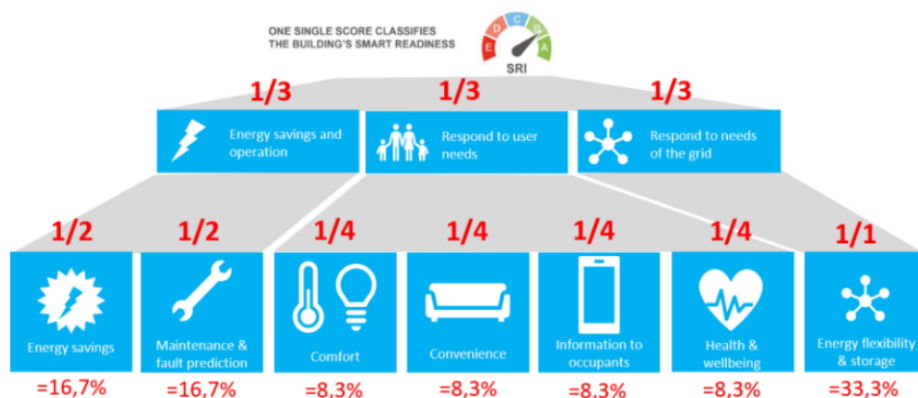
Joissakin tapauksissa osassa rakennusta saavutetaan korkeampi toiminnallinen taso kuin muualla rakennuksessa. Esimerkiksi luonnonvalon hyödyntäminen sisävalaistuksessa voi olla käytössä suuremmissa avotiloissa, mutta ei muualla rakennuksessa. Tämänkaltaisia tilanteita varten VITO NV:n laskentatyökalussa on mahdollista määritellä palvelulle kaksi eri toiminnallista tasoa näiden kattaman pinta-alan perusteella. [14]

2.3.4 Painotuskertoimet

SRI-luokitusta laskettaessa toiminnallisten tasojen mukaisia yksittäispisteitä ei lasketa yksinkertaisesti yhteen, vaan eri alueiden suhteellinen tärkeys otetaan huomioon painotuskertoimien avulla. Painotuskertoimet vaikuttavat suoraan siihen, kuinka suuri vaikutus avain-, vaikutus- ja aihealueilla on arvioinnin lopputulokseen. [9, p. 106–122] Euroopan komission asetuksessa 2020/2155/EU ohjeistetaan joidenkin painotuskertoimien osalta, kuinka nämä tulisi määrittää, kun taas osa kertoimista on jäsenvaltioiden määriteltävissä. [11]

Avain- ja vaikutusalueiden keskinäisiä painotussuhteita ei ole määritetty SRI:tä koskevilla asetuksilla [11]. VITO NV:n tutkimuksessa avainalueiden painotussuhteet suositellaan jaettavan tasan niin, että jokaisen avainalueen painotuskerroin on 1/3. Samoin vaikutusalueiden painotussuhteet suositellaan jaettavaksi tasan avainalueiden sisällä, jolloin lopputulokseksi saadaan kuvassa 8 esitetyt painotuskertoimet. Tutkimuksessa suositeltu malli

painotuskertoimille korostaa SRI:n energiakeskeisyyttä, minkä on sidosryhmissäkin tulkittu olevan linjassa EPBD:ssä esitettyjen SRI:n alkuperäisten tavoitteiden kanssa. [9, p. 106–122]



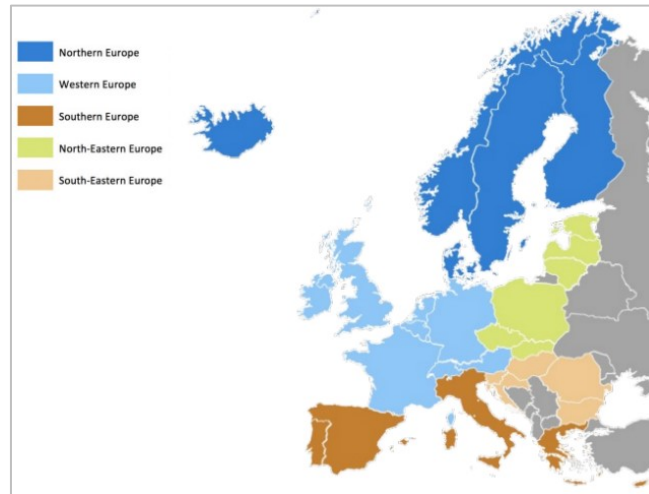
Kuva 8. Avain- ja vaikutusalueiden suositellut painotuskertoimet. [9]

Avain- ja vaikutusalueista poiketen aihealueiden painotuskertoimien määrittämiseen on asetuksessa 2020/2155/EU annettu ohjeistus, joka on myös linjassa VITO NV:n tutkimuksessa esitetyn suosituksen kanssa. Ohjeistuksen mukaan kutakin aihealuetta tulee painottaa jokaisen vaikutusalueen kohdalla niin, että se kuvaa aihealueen vaikutuksia kyseiseen vaikutusalueeseen. Aihealueiden ”Lämmitys”, ”Jäähdytys”, ”Lämmin käyttövesi”, ”Ilmanvaihto”, ”Valaistus” ja ”Sähkö” painotuskertoimien tulee perustua ilmastovyöhykkeen energiataseeseen vaikutusalueiden ”Energiatehokkuus”, ”Huolto ja vikojen ennakointi” ja ”Energiajousto ja energian varastointi” osalta. Muiden aihealueiden kertoimet jakautuvat tasaisesti tai ovat kiinteitä. [9, p. 106–122, 11] Kuvassa 9 on esitetty VITO NV:n tutkimuksessa suositellut painotussuhteet. Kuvassa oranssilla alueella on käytetty kiinteitä, keltaisella alueella tasaisesti jakautuneita ja vihreällä alueella ilmastovyöhykkeen energiataseeseen perustuvia painotussuhteita.

	Energy savings and operation	Respond to user needs	Respond to needs of the grid				
	Energy savings	Maintenance & fault prediction	Comfort	Convenience	Health & wellbeing	Information to occupants	Energy flexibility & storage
Heating			16%	10%	20%	11,4%	
Domestic hot water				10%		11,4%	
Cooling			16%	10%	20%	11,4%	
Controlled ventilation			16%	10%	20%	11,4%	
Lighting			16%	10%	20%		
Electricity				10%		11,4%	
Dynamic Envelope	5%	5%	16%	10%	20%	11,4%	
EV Charging				10%		11,4%	5%
Monitoring & Control	20%	20%	20%	20%		20%	20%

Kuva 9. Aihealueiden suositellut painotuskertoimet. [9]

VITO NV:n laskentatyökalussa painotuskertoimet riippuvat ilmasto-
vyöhykkeestä sekä siitä, onko kyseessä asuinrakennus vai jokin muu raken-
nus. EU:n jäsenvaltiot on jaettu kuvassa 10 esitettyihin viiteen eri ilmasto-
vyöhykkeeseen. Painotuskertoimet perustuvat pääasiassa EU:n rakennuksia
koskevasta tietokannasta (the Building Stock Observatory, BSO) [40] saatui-
hin kansallisiin tilastotietoihin rakennusten energiankulutuksesta. [9, p.
106–122]



Kuva 10. Euroopan viisi eri ilmastovyöhykettä, joissa painotuskertoimet eroavat vyöhykkeiden rakennusten energiankulutuksen mukaisesti. [9]

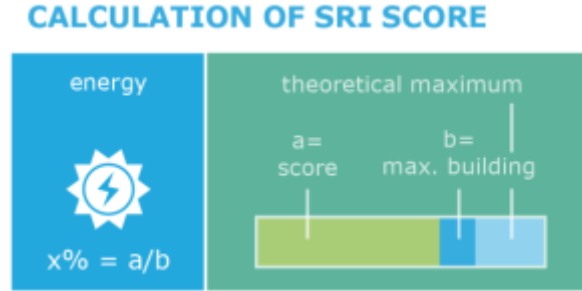
Palvelujen painottamisesta aiheutuneiden sisällä ei SRI:tä koskevissa
asetuksissa ole otettu kantaa [11]. VITO NV:n tutkimuksessa todetaan, että
menetelmä itsessään mahdollistaisi palvelukohtaisten painotuskertoimien
toteuttamisen. Nykyisessä menetelmässä tätä ei kuitenkaan ole toteutettu
johtuen riittävän tilastodatan puutteesta. [9, p. 106–122]

2.3.5 Älyvalmiuspistemäärien laskeminen

SRI:ssä laskettava älyvalmiuspistemäärä on prosenttiluku, joka kuvastaa
sitä, kuinka lähellä (tai kaukana) rakennuksen älyvalmiustaso on sen kor-
keimmasta mahdollisesta älyvalmiustasosta. Käytännössä prosenttiluku ker-
too painotuskertoimet huomioiden, kuinka paljon toiminnallisia tasoja vas-
taavia yksittäispisteitä rakennus on saanut suhteessa rakennuskohtaiseen
enimmäispistemäärään. Suurempi prosenttiluku tarkoittaa korkeampaa äly-
valmiutta. [9, p. 106–132]

Rakennuskohtainen maksimipistemäärä ei ole sama, kuin SRI:n teoreet-
tinen maksimipistemäärä, sillä jälkimmäinen tarkoittaisi, että jokainen pal-
velukatalogissa esitetty palvelu olisi toteutettu korkeimman toiminnallisen
tason mukaisesti kyseisessä rakennuksessa. Seulontaprosessin (ks. luku
2.3.2) myötä osa palveluista jätetään kuitenkin arvioinnin ulkopuolelle,
minkä seurauksena rakennuskohtainen enimmäispistemäärä on pienempi,

kuin SRI:n teoreettinen enimmäispistemäärä. Kuvassa 11 on esitetty, kuinka vaikutusalueen älyvalmiuspistemäärä lasketaan. Kuvassa a on toiminnallisten tasojen mukaiset yksittäispisteet yhteenlaskettuna ja b on rakennuksen korkein mahdollinen yksittäispistemäärä, joka kuvan mukaisesti on teoreettista enimmäispistemäärää alhaisempi. [9, p. 106–132]



Kuva 11. SRI-pistemäärän muodostuminen. [9]

Älyvalmiuspistemäärän laskemista varten lasketaan ensin rakennuksen saama, toiminnallisia tasoja vastaava yhteispistemäärä $I(d, ic)$ jokaisen vaikutusalueen osalta käyttäen kaavaa

$$I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL(S_{i,d})), \quad (1)$$

missä d on aihealue, ic on vaikutusalue, N_d on aihealueen d palvelujen määrä, $S_{i,d}$ on palvelu i aihealueessa d . $FL(S_{i,d})$ on palvelun $S_{i,d}$ toiminnallinen taso kyseisessä rakennuksessa ja $I_{ic}(FL(S_{i,d}))$ sitä vastaava yksittäispistemäärä vaikutusalueen ic osalta. Lisäksi lasketaan vaikutusalueiden rakennuskohtaiset maksimipistemäärät $I_{max}(d, ic)$ käyttäen kaavaa

$$I_{max}(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d})), \quad (2)$$

missä $FL_{max}(S_{i,d})$ on palvelun $S_{i,d}$ korkein mahdollinen toiminnallinen taso ja $I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d}))$ sitä vastaava korkein mahdollinen yksittäispistemäärä vaikutusalueen ic osalta. [11]

Edellä mainittuja pistemääriä käyttäen lasketaan kaikille seitsemälle vaikutusalueelle älyvalmiuspistemäärät SR_{ic} . Vaikutusalueiden älyvalmiuspistemäärät ovat prosenttilukuja ja ne lasketaan kaavalla

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I(d, ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d, ic)} \times 100, \quad (3)$$

missä N on aihealueiden määrä ja $W_{d,ic}$ on aihealueen d painotuskerroin vaikutusalueen ic osalta. Vaikutusalueiden älyvalmiuspistemääriä käyttäen lasketaan kolmen avainalueen älyvalmiuspistemäärät SR_f käyttäen kaavaa

$$SR_f = \sum_{ic=1}^M W_f(ic) \times SR_{ic}, \quad (4)$$

missä M on vaikutusalueiden määrä ja $W_f(ic)$ vaikutusalueen ic painotuskerroin avainalueen f osalta. Saatuja tuloksia käytetään edelleen laskettaessa kokonaisälyvalmiuspistemäärää SR kaavalla

$$SR = \sum W_f \times SR_f, \quad (5)$$

missä W_f on avainalueen f painotuskerroin. Saadun tuloksen perusteella rakennukset jaetaan seitsemään älyvalmiusluokkaan, joiden kokonaisälyvalmiuspistemäärien ovat 90–100 %, 80–90 %, 65–80 %, 50–65 %, 35–50 %, 20–35 % ja 0–20 %. [11]

Älyvalmiuspistemäärät voidaan laskea myös jokaiselle aihealueelle kunkin vaikutusalueen osalta käyttämällä laskukaavaa

$$SR_{d,ic} = \frac{I(d,ic)}{I_{max}(d,ic)} \times 100, \quad (6)$$

missä $I(d, ic)$ on aihealueen d toiminnallista tasoa vastaava pistemäärä vaikutusalueen ic osalta, ja $I_{max}(d, ic)$ on vastaava maksimipistemäärä [11]. VITO NV:n laskentatyökalussa [28] esitetään lisäksi jokaisen aihealueen älyvalmiuspistemäärät [14].

2.4 Älyvalmiustodistus

Älyvalmiustodistus on todistus, joka osoittaa rakennuksen älyvalmiuden tason asetuksessa 2020/2155/EU esitetyllä laskentamenetelmällä laskettuna [11]. Vaikka rakennuksen älyvalmiuden arvioinnin tulisikin olla mahdollista rakennuksen omistajan toimesta, voi virallisen älyvalmiustodistuksen saada ainoastaan, jos arvioinnin suorittaa valtuutettu asiantuntija. Todistuksen voimassaoloaika saa olla enintään 10 vuotta, ja se suositellaan uusimaan, jos rakennukseen tehdään merkittäviä muutoksia, joilla olisi vaikutusta arvioinnin tulokseen. [11, 12]

Älyvalmiustodistus voidaan liittää muihin todistuksiin tai sertifikaatteihin, kuten esimerkiksi osaksi energiatodistusta, jolloin SRI-arviointi suoritettaisiin aina energiatodistuksen antamisen yhteydessä. EU:n jäsenvaltiot voivat kuitenkin itse päättää, millä tavoin järjestelmä otetaan käyttöön. [12] Suomessa päätöstä mahdollisesta käyttöönottavasta ei ole vielä tehty vaan päätös tehdään kansallisen testausvaiheen jälkeen [21].

Asetuksessa 2020/2155/EU on määritetty mitä tietoja älyvalmiustodistuksessa täytyy esittää sekä joitakin valinnaisia tietoja, joiden sisällyttäminen todistukseen on jäsenvaltion itse päätettävissä. Todistuksen yksilöllisten

tietojen lisäksi siinä on esitettävä perustiedot SRI:stä, arvioidusta rakennuksesta sekä arvioinnissa käytetyistä taustatiedoista, kuten painotuskertoimista. Itse laskennan tuloksista todistuksessa on esitettävä älyvalmiusluokka sekä avain- ja vaikutusalueiden älyvalmiuspistemäärät; kokonaisälyvalmiuspistemäärä sekä aihealueiden älyvalmiuspistemäärät kunkin vaikutusalueen osalta on asetuksessa määritetty valinnaisiksi. [11]

Lisäksi todistuksessa voi esittää suosituksia rakennuksen älyvalmiuden parantamiseksi. Asetuksessa parannusehdotusten esittäminen on määritetty valinnaiseksi. [11] SRI:n on kuitenkin toivottu ohjaavan suunnittelua suosimaan älykkäämpiä ratkaisuja, minkä vuoksi arvioinnin yhteydessä olisi tärkeää saada rakennuskohtaisia, realistisia parannusehdotuksia [32].

Osana VITO NV:n tutkimusta tehtiin myös useita luonnoksia SRI:n tulevasta designista ja ulkonäöstä [9, p. 167–171]. Alla on esitelty kaksi ehdotusta. Kuvassa 12 esitetyssä ehdotuksessa näytetään ainoastaan kokonaisälyvalmiuspistemäärä sekä sitä vastaava älyvalmiusluokitus. Kuvan 13 ehdotuksessa taas ilmoitetaan myös avainalueiden älyvalmiuspistemäärät.



Kuva 12. Ehdotus älyvalmiussertifikaatin ulkonäöstä. [9]

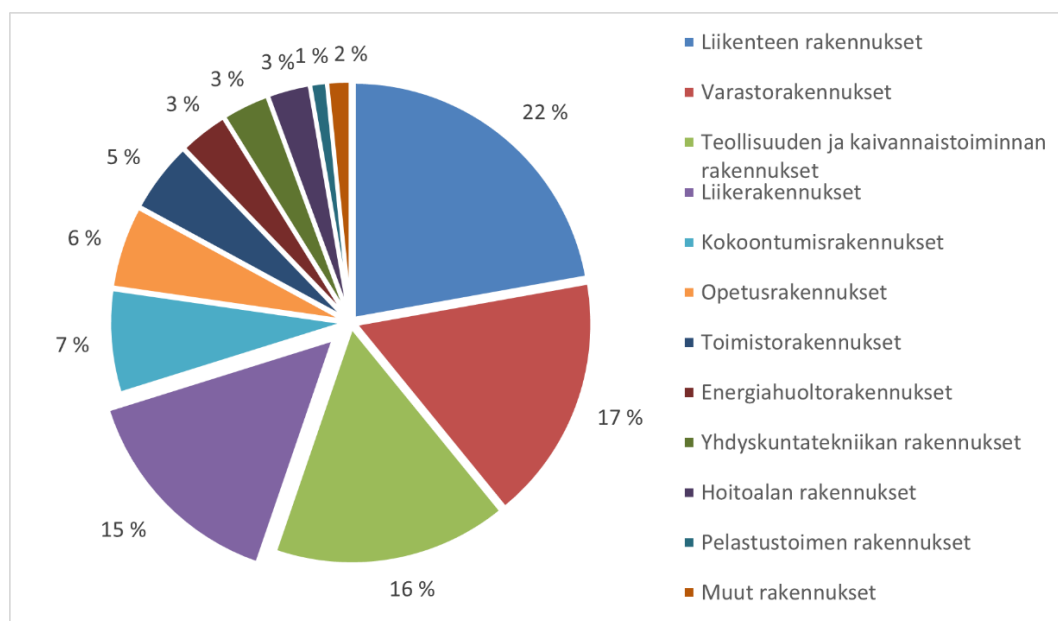


Kuva 13. Ehdotus älyvalmiussertifikaatin ulkonäöstä. [9]

3 Liikekiinteistöt Suomessa

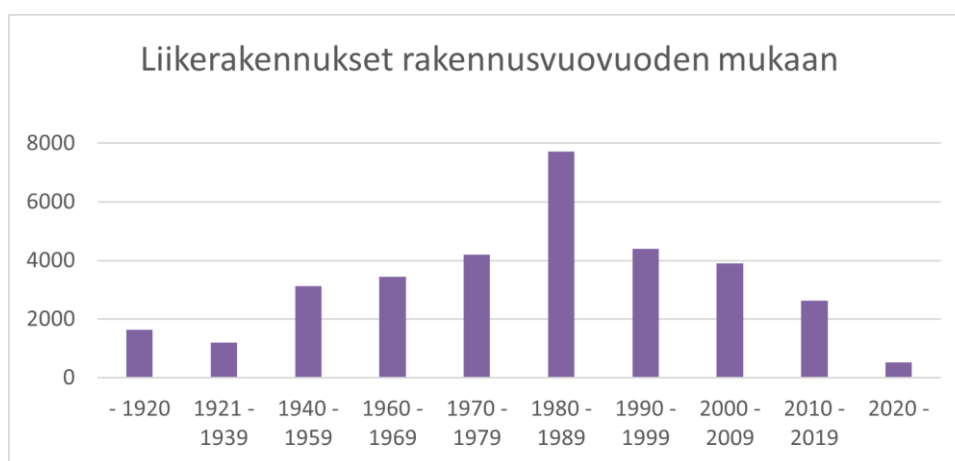
Tässä luvussa tarkastellaan suomalaisia liikekiinteistöjä osana Suomen rakennuskantaa. Luvussa esitetään tietoa liikekiinteistöjen ikäjakaumasta sekä ilmastokuormituksesta ja energian kulutuksesta. Lisäksi luvussa tutkitaan, kuinka suuri potentiaali suomalaisilla liikerakennuksilla on säästöihin energian ja veden kulutuksessa.

Suomessa on Tilastokeskuksen vuoden 2022 tilastojen mukaan 1,5 miljoonaa rakennusta. Tähän ei ole huomioitu kesämökkejä ja maatalousrakennuksia. Rakennuksista ylivoimaisesti suurin osa, 86 %, on asuinrakennuksia, kun taas muita kuin asuinrakennuksia on koko rakennuskannasta 14 %, eli noin 220 000 rakennusta. Muussa kuin asuinkäytössä olevien rakennusten jakautuminen käyttötarkoituksen mukaan on esitetty kuvassa 14. Liikekiinteistöjen osuus muista kuin asuinrakennuksista on 15 %, mikä on 2 % koko Suomen rakennuskannasta. Kerrosaltaan liikerakennusten osuus on hieman suurempi: liikerakennukset kattavat kerrosaltaan 6 % koko Suomen rakennuskannasta ja 16 % muista kuin asuinrakennuksista. Liikerakennukset ovat siis kerrosaltaan keskimääräistä suurempia sekä koko rakennuskannan että muiden kuin asuinrakennustenkin osalta. Näissä luvuissa ja osuuksissa on kuitenkin huomioitavaa, että käytetyissä Tilastokeskuksen tilastoissa rakennuksen käyttötarkoitus määräytyy sen mukaan, mikä on rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus, eli mihin suurinta osaa sen pinta-alasta käytetään. Näin ollen esimerkiksi asuinkerrostalon yhteydessä olevat kivijalkakaupat ja -liiketilat eivät näy liikerakennusten osuudessa koko Suomen rakennuskannasta. [41]



Kuva 14. Käyttötarkoituksen mukaan jaoteltu osuus muiden kuin asuinrakennusten määrästä Suomessa. Tiedot: [41].

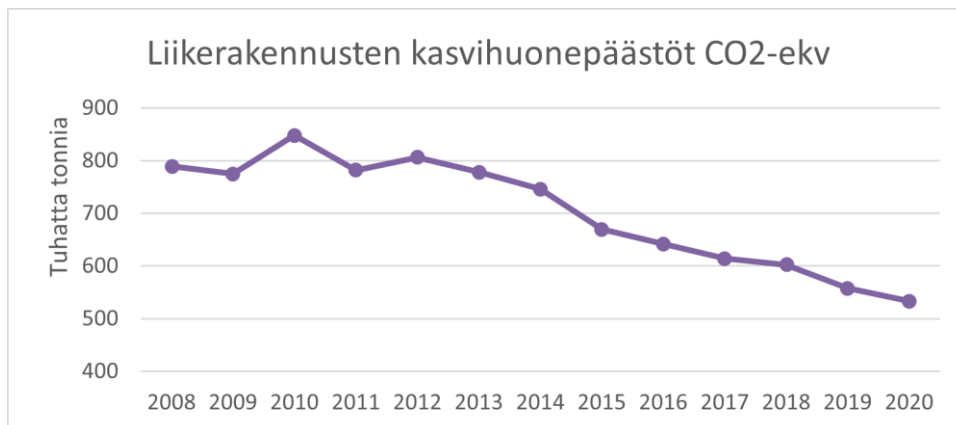
Suomalaisten liikerakennusten ikärakenne on esitetty kuvassa 15. Liikerakennuksista 5 % on yli sata vuotta vanhoja ja 18 % on rakennettu ennen vuotta 1960. Ennen vuotta 1990 rakennettujen osuus kaikista liikerakennuksista on jopa 65 %. Vuonna 2010 rakennettuja ja sitä uudempia on noin 10 % kaikista Suomen liikerakennuksista. Ylivoimaisesti suurin ikäryhmä on vuosina 1980–1989 rakennetut liikerakennukset, joka kattaa 24 % koko Suomen liikerakennusten kannasta. [41]



Kuva 15. Liikerakennusten määrä rakennusvuoden mukaan Suomessa. Tiedot: [41].

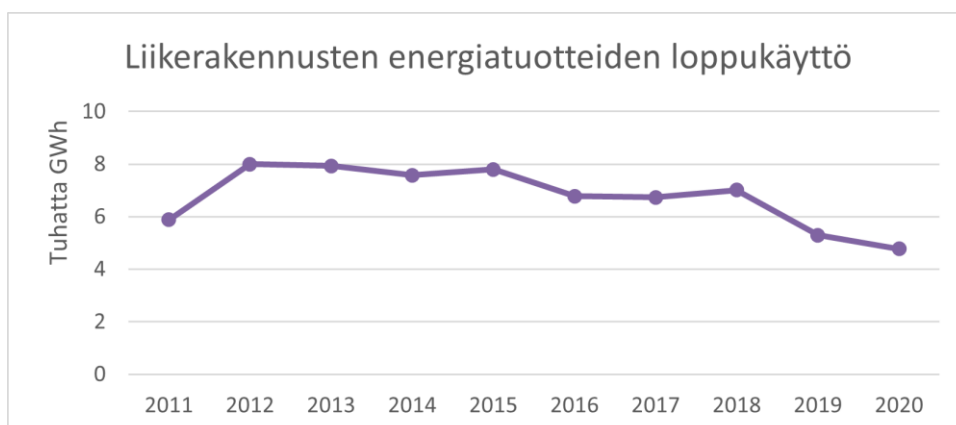
Tilastokeskuksen tilastoissa ei ole eritelty päästölähteitä eikä energian kuluttajia rakennustyyppien mukaan. Sen sijaan nämä on eritelty vuoden 2008 toimialaluokituksen mukaisesti [42], josta ei kuitenkaan löydy suoraa vastinetta liikerakennuksille. Tilastokeskuksen käyttämän rakennusluokituksen mukaan liikerakennuksiin kuuluu myymälärakennukset, majoitusrakennukset sekä ravintolarakennukset ja vastaavat liikerakennukset [43]. Sen vuoksi tässä työssä liikerakennuksien energiatuotteiden loppukäytöstä ja päästöistä esitetyt luvut perustuvat toimialojen tukkukauppa, vähittäiskauppa sekä majoitus- ja ravitsemustoiminta yhteenlaskettuihin kulutus- ja päästötietoihin.

Vuonna 2020 liikerakennusten aiheuttamat kasvihuonepäästöt olivat yhteensä noin 533 000 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia, mikä vastasi 1,1 % koko Suomen kaikkien toimialojen ja kotitalouksien kasvihuonepäästöistä. Liikerakennuksien kasvihuonepäästöt ovat vähentyneet vuosien 2008–2020 välisenä aikana 32 %. [44] Samalla niiden määrä on noussut noin 4,2 % ja yhteenlaskettu kerrosala 25 % [41]. Kuvassa 16 on esitetty liikerakennuksista aiheutuneet kasvihuonepäästöt Suomessa vuosina 2008–2020. Samalla aikavälillä liikerakennusten osuus Suomen kaikkien toimialojen ja kotitalouksien kasvihuonepäästöistä ei ole juurikaan muuttunut, vaan osuus on ollut hieman yli 1 % ainakin vuodesta 2008 asti. [44]



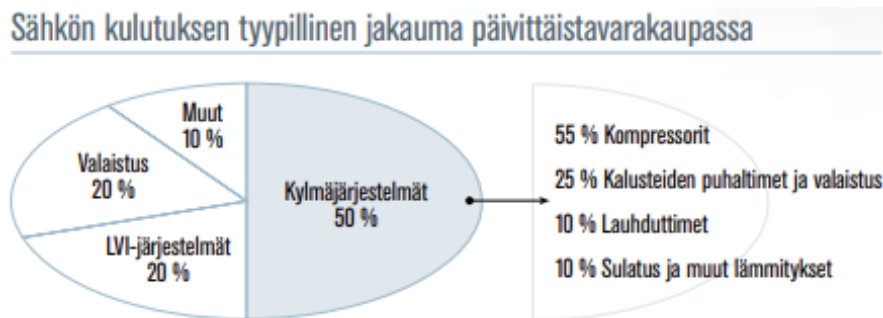
Kuva 16. Liikerakennusten aiheuttamat kasvihuonepäästöt Suomessa 2008–2020. Tiedot: [44].

Vuonna 2022 Suomen energian loppukulutus oli yhteensä 294 000 GWh, josta teollisuuden osuus oli 44,8 %, liikenteen osuus 15,5 % ja rakennusten lämmitysten osuus 27,1 % [45]. Liikerakennusten energiatuotteiden loppukäyttö oli vuonna 2020 yhteensä noin 4800 GWh. Kaikkien toimialojen energiatuotteiden loppukäyttö oli yhteensä 318 000 GWh, josta liikerakennusten osuus oli 1,5 %. Liikerakennusten energiatuotteiden loppukäyttö oli vuonna 2020 19 % pienempi kuin vuonna 2011 ja jopa 40 % pienempi verrattuna vuoteen 2012. Liikerakennusten energiatuotteiden loppukäyttö Suomessa vuosina 2011–2020 on esitetty kuvassa 17. Vuosien 2011 ja 2020 välisenä aikana liikerakennusten osuus energiatuotteiden loppukäytöstä on pysynyt lähes samansuuruisena vaihdellen välillä 1,5–2,4 % koko Suomen kaikkien toimialojen energiatuotteiden loppukäytöstä. [46] Vastaavan ajanjakson aikana liikerakennusten määrä on kuitenkin noussut 1,2 % ja niiden kerrosala yhteensä 14 % [41].



Kuva 17. Liikerakennusten energiatuotteiden loppukäyttö Suomessa 2011–2020. Tiedot: [46].

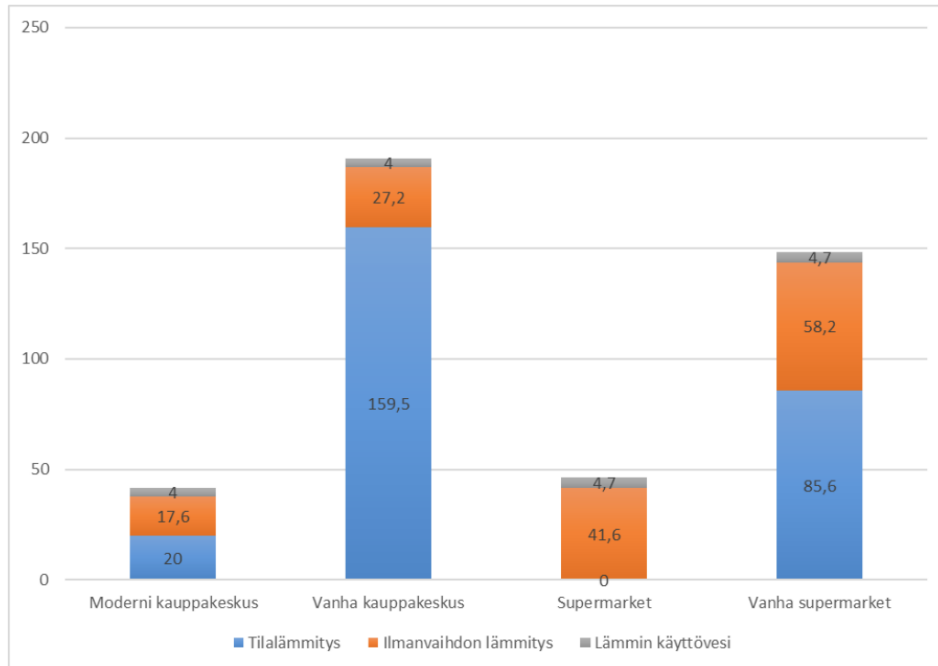
Suomen pankin vuonna 2023 julkaistun analyysin mukaan liikerakennusten sähkön ominaiskulutus Suomessa on 100,8 kWh/m²vuosi. Tämä on selkeästi korkeampi kuin esimerkiksi toimistorakennusten (63,9 kWh/m²vuosi) tai opetusrakennusten ja päiväkotien (55,2 kWh/m²vuosi) neliökohtainen sähkönkulutus. Muiden kuin asuinrakennusten sähkön ominaiskulutus vaihtelee kuitenkin huomattavasti riippuen siitä, missä päin Suomea rakennus sijaitsee. [47] Liikerakennuksissa etenkin päivittäistavara-kauppojen kylmä- ja pakkastuotteiden vaatimat kylmäjärjestelmät ovat merkittävin sähkön kuluttaja [48]. Kuvan 18 mukaisesti päivittäistavara-kaupan sähkön kulutuksesta tyypillisesti noin puolet johtuu kaupan kylmäjärjestelmistä.



Kuva 18. Päivittäistavara-kaupan tyypillinen sähkön kulutuksen jakauma. [48]

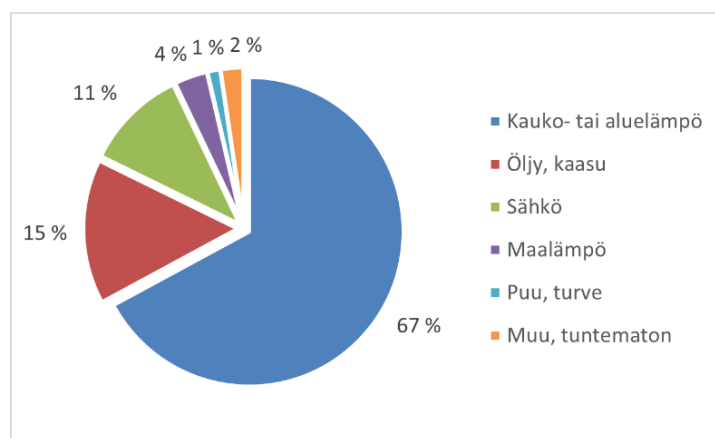
Suomessa rakennusten lämmitykseen käytetty energia vuonna 2022 oli yhteensä 80 000 GWh, mikä kattoi 27 % kaikesta energian loppukäytöstä Suomessa. Teollisuuden osuus oli 45 % ja liikenteen 16 % energian loppukulutuksesta. [45] Liikerakennusten lämpöenergian ominaiskulutus riippuu voimakkaasti muun muassa rakennuksen iästä. Kuvassa 19 on esitetty 1970-luvulla rakennettujen ja uusien kauppakeskusrakennusten sekä supermarkettien lämpöenergian ominaiskulutus. Kuvasta on havaittavissa, että vanhan kauppakeskuksen lämpöenergian ominaiskulutus on yli nelinkertainen moderniin kauppakeskukseen verrattuna, kun taas supermarketissa ero on noin kolminkertainen. Liikerakennuksissa yksittäisten liiketilojen lämmitykseen käytetty energia on melko vähäistä. Sen sijaan esimerkiksi tuulikaappien kiertoilmalämmittimien ja erilaisten sulanapitöjärjestelmien kaltaisten yhteisiä tiloja palvelevien järjestelmien lämpöenergiankulutus on selkeästi merkittävämpi. [49]

Kaupan kylmälaitteilta saatavaa hukkalämpöä rakennuksen lämmityksessä hyödyntävien lauhdelämmön talteenottojärjestelmien (LLTO) käytön myötä ruokamarkettien ostoenergian kulutus on vähäistä: lämmitykseen käytettävän ostoenergian ominaiskulutus on nykyään alle 50 kWh/m²vuosi. LLTO:ta käytetään tuloilman lämmitykseen muissa, kuin aivan pienimmissä ja vanhimmissa ruokamarketeissa. Nykyisin on myös yleistyneet lämpöpumppuratkaisut, joiden avulla kylmälaitteiden hukkalämpö saadaan hyödynnettyä tehokkaammin koko rakennuksessa. [49]



Kuva 19. Lämmitysenergian ominaiskulutus (kWh/m^2 vuosi) uusissa ja 1970-luvulla rakennetuissa kauppakeskuksissa sekä supermarketeissa. Vanhoissa rakennuksissa huomioitu uusittu, LTO:lla varustettu ilmanvaihto. [49]

Kuten kuvasta 20 on nähtävissä, suomalaisten liikerakennusten pääasiallinen lämmitystapa on kaukolämpö. Liikerakennusten kattamasta kerrosalasta jopa kaksi kolmasosaa käyttää kaukolämpöä pääasiallisena lämmönlähteenä. Lisäksi 15 % liikerakennusten kattamasta kerrosalasta lämpenee öljyllä tai kaasulla, kun taas 11 %:ssa on sähkölämmitys. [41] Liikerakennukset on kaupunkialueilla yleensä liitetty kaukolämpöverkoston toisin kuin kaupunkien ja taajamien ulkopuolella, joissa käytetään enimmäkseen öljyä, maalämpöä ja sähkölämmitystä [49].



Kuva 20. Eri lämpöaineiden käytön osuus liikekiinteistöjen kerrosalasta Suomessa 2022. Tiedot: [41].

Motiva on kartoittanut suomalaisille rakennuksille suoritettujen energia-katselmusten perusteella erityyppisten rakennusten energian ja veden säästöpotentiaalia. Kartoituksen perusteella liikerakennusten kulutuksen säästöpotentiaali on 21 % lämpöenergian, 7 % sähkön ja 6 % veden osalta, mikä tarkoittaisi kustannuksissa yhteensä noin 12 %:n säästöjä. Liikerakennuksista suurin säästöpotentiaali on ravintolarakennuksilla, joissa säästöpotentiaalia on 32 % lämpöenergian, 22 % sähkön sekä 3 % veden kulutuksen osalta. Ravintolarakennusten säästöpotentiaali tosin perustuu ainoastaan yhdeksän rakennuksen energiakatselmointiin, minkä vuoksi arvion virhemarginaali on suuri. Liikerakennusten lämpöenergian säästöpotentiaali on selkeästi keskimääräistä korkeampi, kun taas sähkön ja veden osalta säästöpotentiaali oli lähellä keskimääräistä. [50]

Kuten kuvassa 18 sivulla 33 on esitetty, valaistuksen osuus päivittäistavarakauppojen sähkönkulutuksesta on tyypillisesti noin viidennes. Luonnonvaloa hyödyntämällä sisävalaistuksessa on mahdollista saavuttaa huomattaviakin vähennyksiä valaistuksen sähkönkulutuksessa. Pohjoisilla vyöhykkeillä, johon Suomikin kuuluu, luonnonvalon hyödyntämisen potentiaali on kuitenkin vain rajallinen pitkien pimeiden talvijaksojen vuoksi. Sen sijaan tehokkaimmiksi ratkaisuuksi vähentää rakennusten valaistuksen sähkönkulutusta on havaittu läsnäolotunnistukseen perustuvat valaistuksen sammutus tai himmennys. [51]

Suomessa kaupan alalla kaikesta hukkalämmöstä hyödynnetään ainoastaan 10–16 % ja käyttämättömän hukkalämmön potentiaali on yhteensä jopa 930 GWh vuodessa. Merkittävimmät hukkalämmönlähteet ovat kauppojen kylmälaitosten tuottama lauhdelämpö sekä kauppakeskusten jäähdytysenergia. Päivittäistavarakaupat vastaavat suurimmasta osasta hyödyntämättömästä hukkalämmöstä: niiden osuus on jopa 797 GWh vuodessa. Samalla kauppakeskusten osuus on 113 GWh ja tavaratalojen 20 GWh vuodessa. Koko kaupan alan hyödyntämättömän hukkalämmön kasvihuonekaasujen päästövaikutus on jopa 138 000 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia vuodessa. [52]

4 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto

Tästä luvusta alkaa diplomityön laadullinen tutkimusosuus. Luvussa 4.1 käydään läpi, miten tutkimus on toteutettu sekä valitun tutkimusmenetelmän edut ja puutteet. Luvussa 4.2 kerrotaan, miten tutkimusaineisto on valittu sekä esitellään tutkimusaineistoksi valikoituneiden liikerakennusten perustiedot, kuvaus teknisistä järjestelmistä sekä saneeraushistoriasta tämän työn kannalta tarpeellisilta osin. Luvuissa 5 ja 6 tuodaan esille tutkimuskohteille suoritettujen älyvalmiuden arviointien aikana tehdyt havainnot sekä arviointien tulokset. Näiden pohjalta tehdyt johtopäätökset käydään läpi luvussa 7, jossa samalla vastataan johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Luvussa 8 pohditaan yleisesti SRI:hin liittyvistä asioista ja lopuksi luvussa 9 tehdään koko diplomityön yhteenveto.

4.1 Tutkimusmenetelmät

Kuten luvussa 2 ilmeni, SRI:n tavoite on kannustaa korjaamaan rakennuskantaa ja ottamaan käyttöön automaattisia ja älykkäitä teknologioita, joiden avulla on mahdollista parantaa rakennuksen energia- ja kokonaistehokkuutta sekä yhteistyötä energiaverkon kanssa. Jotta asetetut tavoitteet voitaisiin saavuttaa mahdollisimman tehokkaasti, ei SRI:n tulisi jäädä vaikutuksiltaan ainoastaan toteavaksi, vaan sen roolin tulisi olla ennemminkin suunnittelua ohjaava. Tämän työn tavoite onkin arvioida sitä, miten hyvin SRI soveltuu ohjaamaan suomalaisten liikekiinteistöjen rakentamista ja korjaamista.

SRI-järjestelmä on uusi, vasta 2018 virallisesti esitelty indikaattori [8], ja sen kehitys on edelleen kesken [16]. Meneillään olevan kansallisen testausvaiheen avulla pyritään luomaan malli, jolla SRI voitaisiin Suomessa ottaa käyttöön [21]. Tähän diplomityöhön sopivaa juuri suomalaisten liikekiinteistöjen SRI-arviointiin keskittyvää ja ajantasaisin menetelmin hankittua tutkimustietoa ei ole saatavilla. Esimerkiksi Janhunen et. al. on arvioinut vuonna 2019 tekemässään tutkimuksessa SRI:n soveltuvuutta kylmän ilmaston maihin [15], kuten Suomeen, mutta tutkimuksen tulokset eivät ole enää kaikilta osin ajankohtaisia SRI:n kehityksen myötä [9].

Tämän työn kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa päädyttiin suorittamaan SRI-arviointi neljään suomalaiseen liikekiinteistöön, jotta SRI:n soveltuvuuden arvioinnin pohjaksi olisi käytössä mahdollisimman ajantasaista ja juuri suomalaisia liikekiinteistöjä kuvaavaa dataa. Arvioitavat rakennukset ovat keskenään samankaltaisia, joten neljän rakennuksen arvioinneilla saavutetaan riittävä tarkkuus, jotta voidaan osoittaa tiettyjä trendejä eri osa-alueiden älyvalmiuden tasosta suomalaisissa liikekiinteistöissä. Otanta riittää myös korostamaan niitä liikekiinteistöjen erityispiirteitä, jotka voivat vaikuttaa SRI:n soveltuvuuteen liikekiinteistöjen älyvalmiuden

arvioimiseksi. Laadullinen tutkimus sopii tähän työhön hyvin, koska SRI:n on itsessään laadullinen arviointimenetelmä. Menetelmän etuna on, että se antaa lisäksi mahdollisuuden tarkastella itse arviointiprosessia todellisessa arviointitilanteessa. Arviointiprosessin tarkastelu auttaa tunnistamaan järjestelmässä ilmeneviä haasteita, kuten kohtia, jotka kvalitatiivisen arviointimenetelmän vuoksi mahdollistavat subjektiivisten tulkintojen tekemisen, ja siten heikentävät koko SRI-järjestelmän uskottavuutta. Toisaalta valittu menetelmä estää arvioinnin yhteydessä annettavien toimenpide-ehdotusten puolueettoman tarkastelun, sillä tarkastelu kohdistuisi itse laadittuihin ehdotuksiin. Siksi toimenpide-ehdotusten laatiminen on jätetty kokonaan pois tästä tutkimuksesta.

Arvioinnin suorittamista varten tarvittavat tiedot rakennuksista ja niiden teknisistä järjestelmistä kerättiin teknisistä suunnitelmista ja selostuksista sekä huoltoraporteista ja -päiväkirjoista, jotka olivat saatavilla rakennusten käytössä olevista dokumenttien hallintajärjestelmistä. Arvioitavista kohteista vastaavia yhteyshenkilöitä konsultoitiin vain tarvittaessa, esimerkiksi jos kerätyissä tiedoissa oli epäselvyyksiä tai puutteita. Laajempaa rakennusten teknisten asiantuntijoiden haastatteluja tai kohdekäyntejä ei arviointeja varten kuitenkaan tehty.

SRI-arviointien suorittamiseen käytettiin luvun 2 mukaista, Euroopan komissiolta saatua laskentatyökalua sekä ohjeistusta, jotka ovat saatavilla pyydettyä Euroopan komission SRI-tukitiimiltä [18, 53]. Käytetty laskentatyökalu oli työn tekohetkellä tuorein mahdollinen, versio 4.5., ja se oli saatu työtä varten 11.5.2023. SRI-arvioinnit suoritettiin täysin laskentatyökalun sekä sen mukana saadun käyttöohjeen ohjeiden mukaisesti [14, 28]. Arvioinnissa pyrittiin välttämään minkäänlaisten subjektiivisten tulkintojen tekemistä, mutta menetelmässä olleiden tulkinnanvaraisuuksien vuoksi niiltä ei ollut mahdollista välttyä kokonaan. SRI-arviointia suorittaessa rakennuksessa olevien palvelujen toiminnallinen taso määritettiin mahdollisimman luotettavasti. Arviointia suoritettaessa heränneet huomiot ja tehdyt tulkinnat sekä muut arviointiin vaikuttavat asiat dokumentoitiin arviointiprosessin reflektointia varten.

SRI-arvioinnista saatujen tulosten perusteella sekä itse arviointiprosessia reflektoidessa pyrittiin vastaamaan johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Näihin kysymyksiin saatujen vastauksen pohjalta arvioitiin, miten hyvin rakennusten älyindikaattori soveltuu ohjaamaan suomalaisten liiketoimintojen rakentamista ja korjaamista.

4.2 Tutkimusaineisto

Tämä tutkimus toteutettiin yhteistyössä S-ryhmän ja Keskon kanssa, ja tutkimusaineistona käytettiinkin heidän liiketilojaan. S-ryhmän ja Keskon toiveesta kohteita käsitellään tässä työssä anonymisti, minkä vuoksi kohteiden perustietoja ei ole esitetty tarkasti, vaan ainoastaan työn kannalta

tarpeellisella tarkkuudella. Tässä työssä ei myöskään haluttu ottaa kantaa konsernien välisiin eroavaisuuksiin, minkä vuoksi työssä ei ilmene, mitkä kohteista ovat kummankin konsernin omistuksessa.

Työn rajauksen mukaan arvioitavat kohteet olivat liiketiloja, ja koska S-ryhmän ja Keskon liiketiloista valtaosa on päivittäistavarakauppoja [19, 20], arvioitaviksi kohteiksi valikoitui niitä. Arvioinnin ulkopuolelle jäi siis muut liiketilat ja kiinteistöt, kuten hotellit, erilliset ravintolat ja varastot. Koska SRI:n on kaavailtu tulevan aluksi pakolliseksi vain suurempiin rakennuksiin [13], jätettiin arvioinnin ulkopuolelle myös konsernien päivittäistavarakaupoista pienimmät, kuten Alepat ja pienet K-marketit. Lisäksi vaikka osa päivittäistavarakaupoista on muiden rakennusten, kuten ostoskeskusten tai asuinrakennusten yhteydessä, päädyttiin tähän työhön valitsemaan vain sellaisia kiinteistöjä, jotka ovat kokonaisuudessaan S-ryhmän tai Keskon omistuksessa. Tämä valinta tehtiin helpottaakseen arviointia varten kerättävien tietojen saantia. Lisäksi valinnan vuoksi työstä saatavat tulokset kuvaavat paremmin juuri S-ryhmän ja Keskon liikekiinteistöjen suunnittelun tasoa SRI:n näkökulmasta, kun näillä itsellään on täysi päätösvalta rakennuksesta ja sen teknisistä järjestelmistä.

Tutkimusaineiston ei ollut tarkoitus kuvastaa yleisesti liikekiinteistöjen kantaa Suomessa. Sen sijaan arvioidut liikekiinteistöt pyrittiin valitsemaan siten, että niiden SRI-arvioinnin perusteella pystyisi mahdollisimman hyvin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kohteiksi etsittiinkin seuraavanlaisia liiketiloja:

- uusi kohde, joka kuvastaa nykyisin rakennettavia liikekiinteistöjä,
- vanhempi kohde, joka ei vastaa nykyisen rakentamisen tasoa, mutta jolle laajempi perusparannus ei ole vielä ajankohtainen, sekä
- kaksi kohdetta, joihin on tehty vastikään perusparannus. Näihin SRI-arviointi suoritettiin sekä ennen perusparannusta että sen jälkeen.

Uuden sekä vastikään perusparannettujen kohteiden nykyiseen tilaan perustuvia SRI-arviointeja käytettiin kuvastamaan nykyisen rakentamisen ja korjaamisen tasoa. Vanhempi kohde sekä perusparannetut kohteet ennen perusparannusta edustavat niitä rakennuksia, joita tullaan mahdollisesti lähitulevaisuudessa korjaamaan. Lisäksi perusparannetuille kohteille suoritettavien arviointien pohjalta voitiin tutkia nykypäivänä tehtävien perusparannusten vaikutusta SRI-arvioinnin tuloksiin.

Kohde A

Kohde A on vuonna 2020 avattu päivittäistavarakauppa ja se edusti tässä tutkimuksessa uutta liikekiinteistöä. Kohde valikoitui tähän tutkimukseen, koska se nuoruutensa vuoksi sopii kuvaamaan nykyisin rakennettavia liikekiinteistöjä. SRI-arviointi tehtiin rakennuksen luovutuspiirustusten ja -dokumenttien pohjalta, jotka vastasivat käytännössä rakennuksen nykyistä

tilaa. Taulukossa 1 on esitetty perustietoja kohteesta A työn kannalta tarpeellisella tarkkuudella.

Taulukko 1. Kohteen A perustiedot.

Kohde A, Uusi liikekiinteistö	
Rakennusvuosi	2020
Korjaukset	–
Pinta-ala	2 000 m ²
Lämmin tilavuus	15 000 m ³
Energialuokka	B
E-luku	130 kWh _E /(m ² vuosi)

Kohteen A lämmitys on toteutettu pääasiassa ilmanvaihdon kautta tuloilmaa lämmittämällä. Lisäksi joissakin tiloissa on käytössä nestekiertoiset radiaattorit. Lämpöenergia tuotetaan lämmitysjärjestelmän käyttöön ensisijaisesti lämpöpumppujärjestelmällä (LPU), joka hyödyntää kaupan kylmälaitteistolta saatavaa hukkalämpöä. Lisälämmön tarve katetaan sähkökattilan ja -vastusten avulla. LPU-järjestelmä toimii ensisijaisena lämmönlähteenä myös lämpimälle käyttövedelle. Tarpeen vaatiessa lämpöä tuotetaan lisäksi käyttövesivaraajan sähkövastuksilla. Kohdetta ei ole kytketty kaukolämpöverkostoon. Lämmityksen lisäksi myös kohteen jäähdytys on toteutettu pääasiassa ilmanvaihdon kautta jäähdyttämällä tuloilmaa. Myös jäähdytyksessä hyödynnetään LPU-järjestelmältä saatavaa jäähdytysenergiaa. Osassa tiloista on kuitenkin käytössä huonekohteiset jäähdytyskonvektorit. Ilmanvaihto on toteutettu koneellisesti, ja se on varustettuna kattavalla lämmöntalteenotolla. Kohteen rakennusautomaatio-, eli RAU-järjestelmä ohjaa, valvoo ja säätää LVIJS-järjestelmien toimintaa. RAU-järjestelmään on myös integroitu rakennuksen mittausjärjestelmä niin, että mitatut energian ja veden käyttö-, kulutus- ja tehotiedot ovat RAU-järjestelmän hyödynnettävissä.

Kohde B

Kohde B on valmistunut vuonna 2001. Tämän tutkimuksen kannalta oleellisia kohteeseen tehtyjä parannuksia ovat saneeraus ja laajennus vuonna 2012 sekä lämpöpumppujärjestelmän lisäys vuonna 2020. Perustiedot kohteesta on esitetty taulukossa 2.

Kohde valittiin mukaan tutkimukseen, koska se sopii kuvaamaan vanhempia kohteita, joille laajempi perusparannus ei vielä ole ajankohtainen: Kohde ei teknisiltä järjestelmiltään enää vastaa tämän päivän rakentamisen tasoa, kun osa järjestelmistä on alkuperäisiä ja laajennuksen yhteydessä lisätyt ja uusitut järjestelmätkin ovat jo yli 10 vuotta vanhoja. Rakennukseen ei kuitenkaan ole vielä kaavailtu laajempaa perusparannusta. SRI-arviointi

suoritettiin perustuen kohteen nykyiseen tilaan, jolloin myös vuonna 2020 lisätty lämpöpumppujärjestelmä huomioitiin arvioinnissa.

Taulukko 2. Kohteen B perustiedot.

Kohde B, Vanha liikekiinteistö	
Rakennusvuosi	2001
Korjaukset	
Saneeraus ja laajennus	2012
Lämpöpumppujärjestelmä	2020
Pinta-ala	20 000 m ²
Lämmin tilavuus	230 000 m ³
Energialuokka	C
E-luku	190 kWh _E /(m ² vuosi)

Sisätilojen lämmitys on kohteessa B toteutettu pääasiassa lämmittämällä ilmanvaihdon tuloilmaa, minkä lisäksi joissakin tiloissa on nestekiertoisia radiaattoreita. Lämmöntuotannossa käytetään LPU-järjestelmää ja kaukolämpöä, mutta myös kaupan kylmälaitteiston hukkalämpöä hyödynnetään lauhdelämmön talteenottojärjestelmällä (LLTO). Lämmin käyttövesi tuotetaan yksistään kaukolämmön avulla. Sisäilman jäähdytys on myös toteutettu ilmanvaihdon tuloilmaa jäähdyttämällä, minkä tarpeisiin kylmäntuotanto tehdään vedenjäähdytyskoneilla. Lisäksi joissakin huoneissa sekä pienliiketiloihin on tilakohtaiset jäähdytyskonvektorit. Kohteessa on lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen ilmanvaihto. LVISJ-järjestelmien toimintaa hallitaan RAU-järjestelmän kautta. Sen sijaan energian ja veden kulutuksen seuranta on toteutettu RAU-järjestelmästä erillisen järjestelmän avulla.

Kohde C

Kohde C on valmistunut vuonna 2000. Vuonna 2014 kohteeseen on tehty parannus, jolloin rakennukseen on lisätty RAU-järjestelmä. Lisäksi vuonna 2021 kohteeseen on tehty alkuperäisen osan saneeraus ja laajennus. Perustiedot rakennuksesta on esitetty taulukossa 3.

Kohde C edusti tässä työssä kohdetta, jolle on vastikään suoritettu perusparannus. Siihen tehty saneeraus ja laajennus on valmistunut vastikään, joten se sopi hyvin kuvaamaan liikekiinteistöihin nykyään tehtävien perusparannusten tasoa älyvalmiuden näkökulmasta. Kohteelle suoritettiin kaksi erillistä SRI-arviointia, joista toinen perustui rakennuksen nykyiseen tilaan. Toinen SRI-arviointi suoritettiin taas vastaamaan kohteen tilaa ennen vuoden 2021 saneerausta ja laajennusta, jotta saneerauksen vaikutusta arvioinnista saatiin tuloksiin oli mahdollista tarkastella. Kohteelle tehtyyn arviointiin, joka perustuu sen tilaan ennen perusparannusta, viitataan jatkossa merkinnällä C1 ja nykyiseen tilaan perustuvaan arviointiin merkinnällä C2.

Taulukko 3. Kohteen C perustiedot.

Kohde C, Saneerattu liikekiinteistö	
Rakennusvuosi	2000
Korjaukset	
RAU-järjestelmän lisäys	2014
Saneeraus ja laajennus	2021
Pinta-ala	
Ennen viimeisintä korjausta	1 000 m ²
Nykytilanne	1 500 m ²
Lämmin tilavuus	
Ennen viimeisintä korjausta	7 000 m ³
Nykytilanne	10 000 m ³
Energialuokka	
Ennen viimeisintä korjausta	F *
Nykytilanne	– **
E-luku	
Ennen viimeisintä korjausta	370 kWh _E /(m ² vuosi) *
Nykytilanne	– **
* Energiatodistus vuodelta 2009	
** Energiatodistus ei saatavilla	

Ennen vuonna 2021 tehtyä saneerausta ja laajennusta kohteen C lämmitys oli toteutettu myymälätilassa olevan kiertoilmalämmittimen avulla. Lisäksi kohteessa lämmitettiin ilmanvaihdon tuloilmaa, ja tässä hyödynnettiin jonkin verran kaupan kylmäkoneiden hukkalämpöä. Rakennuksessa oli myös jonkin verran nestekiertoisia radiaattoreita. Kaukolämpöä käytettiin lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden tuotannon tarpeisiin. Kohteessa oli koneellinen ilmanvaihto, joka oli varustettu lämmöntalteenotolla. LVI-järjestelmien sekä valaistuksen ohjausta ja valvontaa varten oli RAU-järjestelmä, josta ei kuitenkaan ollut saatavilla tietoja energiankulutuksesta. Sen sijaan energian ja veden kulutuksen seuranta varten rakennetun mittarointijärjestelmän tiedot oli nähtävissä erillisestä käyttöliittymästä selaimen kautta.

Saneerauksen ja laajennuksen yhteydessä kohteen C lähes kaikki talotekniset järjestelmät uusittiin. Sähkö- ja telejärjestelmät purettiin ja rakennettiin uudelleen pääkeskusta ja liittymiskaapeleita lukuun ottamatta, ja LVIA-järjestelmät purettiin ja uusittiin lähes kokonaan. Saneerauksen yhteydessä rakennukseen lisättiin nykyaikainen RAU-järjestelmä sekä kylmäkoneiden hukkalämpöä hyödyntävä lauhdelämmön talteenotto, jota hyödynnetään tilalämmityksessä. Rakennukseen on lisätty vedenjäähdytyskone, jolla tuotetaan kylmää yksittäisissä tiloissa oleville jäähdytyskonvektoreille sekä sisäilman kuivausta varten myymälätilassa. Sen sijaan myymälätilassa ei ole jäähdytystä. Lisäksi kohteeseen lisättiin aiemmin puuttunut sähköajoneuvojen latausjärjestelmä.

Kohde D

Kohde D on tässä työssä käytetyistä kohteista vanhin. Se on valmistunut vuonna 1990, ja siihen on tehty parannuksia vuosina 2011 sekä 2021. Kohde D on tämän tutkimuksen aineistona olevista rakennuksista ainut, jossa on paikallista sähköntuotantoa. Kohteen D perustiedot on esitetty taulukossa 4.

Tässä työssä kohde D valikoitui edustamaan toista saneerattua liikekiinteistöä lähivuosina valmistuneen perusparannuksen vuoksi. Lisäksi tehty perusparannus oli kohteeseen C verrattuna erilainen, laajuudeltaan ja teknisten järjestelmien uusimisen osalta hieman kevyempi. Tämä mahdollisti myös erilaisten ja eri laajuisten saneerausten huomioimisen tarkasteltaessa perusparannusten vaikutusta SRI-arvioinnin tulokseen. Toisen saneeratun kohteen tapaan tällekin kohteelle suoritettiin kaksi erillistä SRI-arviointia. Arvioinneista toinen perustui rakennuksen tämänhetkiseen tilaan, toinen taas tilaan ennen vuonna 2021 tehtyä perusparannusta. Kohteelle tehtyyn arviointiin, joka perustuu sen tilaan ennen perusparannusta, viitataan jatkossa merkinnällä D1 ja nykyiseen tilaan perustuvaan arviointiin merkinnällä D2.

Taulukko 4. Kohteen D perustiedot.

Kohde D, Saneerattu liikekiinteistö	
Rakennusvuosi	1990
Korjaukset	
Uudistus	2011
Uudistus	2021
Pinta-ala	
Ennen viimeisintä korjausta	15 000 m ²
Nykytilanne	15 000 m ²
Lämmin tilavuus	
Ennen viimeisintä korjausta	100 000 m ³
Nykytilanne	100 000 m ³
Energialuokka	
Ennen viimeisintä korjausta	D
Nykytilanne	– *
E-luku	
Ennen viimeisintä korjausta	280 kWh _E /(m ² vuosi)
Nykytilanne	– *
* Energiatodistus ei saatavilla	

Ennen vuoden 2021 uudistusta kohteen D lämmitys oli toteutettu ilmanvaihdon kautta lämmittämällä tuloilmaa, minkä lisäksi osassa tiloista oli nestekiertoiset radiaattorit. Osassa rakennusta lämmityksessä hyödynnettiin myös kaupan kylmälaitoksen lauhdelämpöä, muutoin lämmityksen ja käyttöveden lämpöenergia tuotettiin kaukolämmöllä. Myös sisätilojen jäädytys

oli toteutettu ilmanvaihdon kautta, ja jäähdytystä varten rakennuksessa oli vedenjäähdytyskoneita. Lisäksi joissakin tiloissa oli käytössä huonekohtaisia jäähdytyskonvektoreita. Rakennuksen ilmanvaihto oli toteutettu koneellisilla tulo- ja poistoilmakoneilla, jotka oli varustettu lämmöntalteenotolla. Taloteknisten järjestelmien hallintaa ja valvontaa varten oli käytössä RAU-järjestelmä, johon oli integroitu myös energian ja veden kulutuksen seurantaa varten toteutettu mittarointijärjestelmä.

Vuoden 2021 uudistuksessa kohteelle D tehtiin useita parannuksia. Käytössä ollut vanha LLTO-järjestelmä korvattiin LPU:lla, joka hyödyntää kaupan kylmälaitokselta saatavaa hukkalämpöä. LPU toimii ensisijaisena lämmön ja kylmän lähteenä niin lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle kuin jäähdytyksellekin. Lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lisälämmöntarve katetaan kaukolämmöllä. Jäähdytystä tuotetaan myös nestejäähdyttimillä, jos jäähdytystä ei ole LPU:n kautta saatavilla. LVI-järjestelmiä, kuten tulo- ja poistoilmakoneita, on modernisoitu ja muutettu taajuusmuuttajaohjatuiksi. Kohteeseen on myös lisätty aurinkosähköjärjestelmä sekä aiemmin puuttunut sähköajoneuvojen latausjärjestelmä. Lisäksi RAU-järjestelmää on paranneltu.

5 Arviointiprosessi

Osana diplomityön laadullista tutkimusta suoritettiin tutkimuskohteiden arvioinnin yhteydessä myös arviointiprosessin reflektointi, jonka avulla voitiin kartoittaa arviointimenetelmään ja sen käyttöön liittyviä ongelmia ja puutteita. Siksi arvioinnissa pyrittiin seuraamaan mahdollisimman tarkasti laskentatyökalussa olevia ohjeita sekä työkalun mukana saatua käyttöohjetta [14, 28]. Näihin ohjeisiin viitataan usein tulevaisuudessa, ja niistä yhdessä käytetään jatkossa nimitystä ”ohjeistus”.

Arviointiprosessin reflektointi on esitetty tässä luvussa, ja luku on jaoteltu seuraavasti: Ensin luvussa 5.1 käydään läpi arviointien aikana havaitut tulokinnanvaraiset kohdat sekä niihin tehdyt tulkinnot. Tämän jälkeen luvussa 5.2 tuodaan esille arviointien aikana tehdyt havainnot arviointimenetelmässä ja palvelukatalogissa ilmenneistä ongelmista ja puutteista. Lopuksi luvussa 5.3 käydään läpi menetelmästä tehdyt yleiset huomiot ja havainnot.

Tässä työssä ei ole esitetty perusteluja jokaisen palvelun toiminnallisen tason määrittämiselle. Myöskään sitä, mitä kohteita tehdyt havainnot koskevat, ei pääasiassa ole tuotu esille. Näin on toimittu siksi, ettei nämä tiedot ole tämän työn tavoitteiden kannalta oleellisia. Kohteille määritetyt toiminnalliset tasot on kuitenkin esitetty liitteessä B.

5.1 Arviointien aikana tehdyt tulkinnot

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksessa kohteille suoritettujen arviointien aikana tehdyt tulkinnot. Aluksi esitetään itse arviointimenetelmään yleisesti vaikuttavat tulkinnot, jotka osaltaan määrittävät koko SRI:n näkökulmaa sille, mitä ja miten rakennusten älyvalmiutta arvioidaan. Tämän jälkeen käydään läpi palvelukatalogiin ja yksittäisiin palveluihin liittyviä tulkintoja, jotka pohjautuvat juuri tässä tutkimuksessa arvioituihin kohteisiin.

SRI:ssä arvioidaan nimensä ”Smart Readiness Indicator” mukaisesti valmiutta älykkääseen toimintaan. Kuten luvussa 2.3.3 on esitetty, valmiutta voidaan tulkita hyvinkin erilaisilla tavoilla. Sillä, miten tulkinta tehdään, on suora ja merkittävä vaikutus arviointiin ja saatuihin tuloksiin. Laskentatyökalussa tai sen käyttöohjeessa ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, kuinka valmiutta tulisi tulkita. Tässä tutkimuksessa aihe käsiteltiin seuraavasti: Jos jonkin toiminnallisen tason saavuttamiseksi riittäisi pienehkö muutos toiminnallisuutta ohjaavaan algoritmiin, tulkittiin järjestelmällä olevan valmius kyseiselle toiminnalliselle tasolle. Toisaalta, jos toiminnallisen tason saavuttaminen vaatisi esimerkiksi mittalaitteen asennusta tai lisäämistä RAU-järjestelmään, tai toiminnallisuutta ohjaavan algoritmin luomista kokonaisuudessaan, ei valmiuden tulkittu toteutuvan.

Palvelujen seulontaprosessissa (ks. luku 2.3.2) määritetään, mitkä puuttuvat aihealueet tai palvelut vaikuttavat arvioinnin tulokseen. Tässä työssä

noudatettiin laskentatyökalun sekä käyttöohjeen ohjeistusta, ja kohteista puuttuneiden palvelujen osalta ohjeistus oli pääosin selkeä ja riittävä. Sille, missä tilanteessa kokonaisia aihealueita voisi jättää arvioinnin ulkopuolelle, ei ohjeistuksessa ole otettu kantaa. Ne kohdat, joissa riittämättömän ohjeistuksen vuoksi päädyttiin tekemään tulkinta itse, on esitetty seuraavaksi.

Koska etenkin pohjoisella ilmastovyöhykkeellä rakennus voi olla sisäilmastoltaan mukava ja terveellinen ilman jäähdytysjärjestelmiä, ei tämän puuttuminen vaikuttanut tässä työssä laskevasti arvioinnin tulokseen. Samoin rakennuksen sisäilmasto voi olla mukava ja terveellinen ilman koneellista ilmanvaihtoa, tosin kaikissa tässä tutkimuksessa arvioiduissa rakennuksissa oli koneellinen ilmanvaihto, eikä tämän aihealueen kohdalla tulkinta johtanut toimenpiteisiin. Aihealue ”Sähköajoneuvojen lataus” taas asetettiin vaikuttamaan arvioinnin lopputulokseen riippumatta siitä, oliko kohteessa latausmahdollisuutta vai ei. Aihealueen ”Dynaaminen vaippa” kolmesta palvelusta (ks. palvelukatalogi liitteessä A) kahden kohdalla ohjeistus neuvoo ottamaan palvelun huomioon vain, jos kohteessa on siirrettäviä aurinkovarjostimia, sermejä tai kaihtimia. Palvelun DE-2 (Ikkunoiden auki/kiinni-ohjaus yhdistettynä LVI-järjestelmän ohjaukseen) ei taas ole koettu relevantiksi Suomessa vallitsevien ilmasto-olosuhteiden vuoksi [15]. Aihealue ”Dynaaminen vaippa” jätettiin tässä työssä arvioinnin ulkopuolelle, jos ohjeistuksessa mainittuja aurinkovarjostimia ei kohteessa ollut, eikä aihealue tällöin vaikuttanut myöskään lopullisiin tuloksiin.

Käytetyssä laskentatyökalussa on mahdollista määrittää palvelulle kaksi eri toiminnallista tasoa, jos toiminnallinen taso ei toteudu koko rakennuksessa. Ohjeistuksen mukaan jako tulisi tehdä eri tasojen kattaman pinta-alan perusteella, ja tässä työssä onkin noudatettu tätä ohjeistusta. Kuitenkin, jos toista toiminnallista tasoa vastaava alue oli alle 10 % rakennuksen koko alasta, jätettiin tämä huomioimatta. Joissakin tapauksissa pinta-alaan perustuvaa jakoa ei voitu soveltaa, esimerkiksi jos lämmitysjärjestelmän kiertovesipumppujen ohjauksessa oli eroja. Tällöin jako pyrittiin tekemään niin, että se vastaa mahdollisimman hyvin kyseisten osien osuuksia koko järjestelmässä.

Edellä kuvattiin arviointiprosessin aikana tehdyt tulkinnot, jotka vaikuttavat merkittävästi itse arviointimenetelmään. Tästä eteenpäin esitetään palvelukatalogiin liittyviä tulkinnanvaraisuuksia, jotka nousivat esille juuri näitä kohteita arvioitaessa. Ensin tuodaan esille palvelukatalogin useisiin palveluihin vaikuttavia tulkintoja, minkä jälkeen listataan tulkinnot, jotka koskivat lähinnä yksittäisiä palveluja.

Lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon palveluissa toistuu kysymys palveluiden huone- tai tilakohtaisesta säädöstä. Arvioiduissa kohteissa päivittäistavarakaupan myymälätila on suurimman osan rakennuksesta kattava yhtenäinen tila, jota yksistään palvelee yksi tai useampi ilmanvaihtokone. Toisaalta kohteissa on myös hyvin pieniä, alle 1 % kohteen pinta-alasta

kattavia huoneita, kuten toimistoja ja valvomoita. Tämä teki ohjauksen tilakohtaisuuden arvioinnista tulkinnanvaraista.

Tässä tutkimuksessa tilakohtaisuus tulkittiin aihealueesta riippuen hieman eri tavoin. Ilmanvaihdon kohdalla se tulkittiin kirjaimellisemmin, koska huone- tai tilakohtainen säätö on vasta viimeinen askel korkeimman toiminnallisen tason saavuttamiseksi. Tilakohtaisuuden katsottiin täyttyvän, jos tuuloilmavirtausta voitiin säätää automaattisesti ilmanvaihtokoneen toiminta-alueen eri osien, kuten huoneiden, välillä toisistaan riippumatta esimerkiksi moottoroitujen peltien avulla. Lämmityksen ja jäähdytyksen kohdalla korkeimmissa toiminnallisissa tasoissa huomioidaan myös yhteys säätölaitteiden sekä RAU-järjestelmän välillä. Säätölaitteiden ja RAU-järjestelmän välisten yhteyksien arvioitiin olevan älyvalmiuden kannalta tilakohtaisuutta merkittävämpi ominaisuus, minkä vuoksi tilakohtaisuutta tulkittiin lämmityksen ja jäähdytyksen kohdalla laueammin. Säätölaitteiden ja RAU-järjestelmän välisen yhteyden toteutuessa palvelu arvioitiin korkeammalle toiminnalliselle tasolle, jos rakennus jakautuu lämmityksen ja jäähdytyksen osalta selkeästi erillisiin palvelualueisiin, joilla on oma sisäinen säätönsä.

Järjestelmien toiminta- ja kulutustietojen raportointia kuvaava palvelu sisältyy useampaan aihealueeseen. Palvelun arvioidaan muun muassa toimintatietojen historiadatan saatavuutta. Ohjeistuksessa ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, kuinka kattavasti ja pitkältä ajalta toimintatietoja tulee olla saatavilla, jotta ehto historiadatan saatavuudesta voidaan tulkita toteutuneeksi. Tässä työssä asetettiin vähimmäisvaatimukseksi, että toimintatietoja tulee olla saatavilla vähintään yhden vuoden ajalta. Siitä, kuinka kattavasti järjestelmän tietoja tulee olla saatavilla, ei tarvinnut tehdä rajausta, koska kaikissa arvioiduissa kohteissa tallennetaan jokaisen fyysisen sekä virtuaalisen mittaus- ja säätöpisteen kaikki säätö-, mittaus- ja asetusarvotiedot. Lisäksi toiminnallisen tason ”Toiminnan arviointi sisältäen ennusteet ja/tai vertailuarvot” toteutumisen arviointi koettiin tulkinnanvaraiseksi: jos järjestelmän historiadata on RAU-järjestelmän saatavilla, voisi silloin ehdon vertailuarvoista tulkita täyttyvän, tai että sille olisi valmius. Tässä työssä rajausta tehtiin kuitenkin niin, että toiminnallisen tason saavuttamiseksi historiadataa tulee pystyä hyödyntämään RAU-järjestelmän jossakin toiminnossa, kuten trendiseurannassa tai ohjausparametrien säädössä.

Aihealueista sekä lämmitys että jäähdytys sisältävät palvelun ”Joustavuus ja vuorovaikutus energiaverkon kanssa”, jonka toiminnalliset tasot on esitetty taulukossa 5. Palvelun kohdalla koettiin epäselväksi, täytyykö tasojen L1 ja L2 mukaisen ohjauksen olla sellainen, että se selkeästi huomioi energiaverkon tarpeet. Tällainen olisi esimerkiksi aikaohjelma, joka pyrkii vähentämään kulutushuippujen aikaista energiankulutusta. Korkeammat toiminnalliset tasot katsottiin viittaavan juuri energiaverkon tarpeiden huomioimiseen, joten tasot L1 ja L2 tulkittiin tarkoittavan mitä tahansa aikataulun mukaista tai itseoppivaa optimoitua ohjausta.

Taulukko 5. Palvelun ”Joustavuus ja vuorovaikutus energiaverkon kanssa” toiminnalliset tasot.

L0	Ei automaattista ohjausta
L1	Aikataulun mukainen toiminta
L2	Itseoppiva optimoitu ohjaus
L3	Mahdollisuus ohjaukseen verkkosignaalien mukaan
L4	Paikalliseen ennakkointiin ja verkkosignaaleihin pohjautuva optimoitu ohjaus

Kaukolämpö- ja kaukokylmäverkostoon liitetyissä kohteissa ei välttämättä ole tarvetta lämpöenergiaa varastoiville varaajille, kun verkostot itsessään toimivat valtavina lämpöenergian varastoina [54, 55]. Tämä herätti kysymyksen, voisiko näiden verkostojen itsessään luoma varastointipotentiaali huomioida arvioitaessa lämpöenergian varastointia koskevia palveluja lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja jäähdyytyksen osalta. SRI:n tarkoitus on kuitenkin arvioida rakennuksessa olevaa älykkyyttä, ja koska verkostot ja niiden ohjaus ei ole rakennuksen itsensä hallittavissa, päädyttiin ne tässä työssä jättämään huomioimatta lämpöenergian varastoina.

Edellä käytiin läpi merkittävimpiä tulkinnanvaraisuuksia. Nämä koskivat arviointimenetelmää itsessään tai palvelukatalogin useita palveluja samanaikaisesti. Seuraavaksi on listattu vähemmän merkittäviä, lähinnä yksittäisiä palveluja tai niiden yksityiskohtia koskevia aiheita, jotka koettiin arviointiprosessin aikana tulkinnanvaraisiksi.

Arvioiduista kohteista jokaisessa lämmitys on toteutettu pääasiassa ilmanvaihdon kautta lämmittämällä tuloilmaa ilmanvaihtokoneissa olevilla nestekiertoisilla lämmityspattereilla. Palvelun H-1c (Lämmityksen kiertoaineen lämpötilan säätö) kohdalla koettiin epäselväksi, tarkoitetaanko tällä tuloilmaa lämmittävän lämmityspatterin menoveden vai tuloilman lämpötilan säätöä. Lämmityspatterin menoveden lämpötilan säätö kuitenkin katsottiin liittyvän lähemmin lämmöntuotantoon, jota käsitellään muissa palveluissa. Kiertoaineen tulkittiinkin tarkoittavan sitä ainetta, joka lopulta tuo lämpöenergian lämmitettävään tilaan, eli tässä tapauksessa tuloilmaa. Huoneilmaa lämmitettävän nestekiertoisen radiaattorin tapauksessa kiertoaineeksi taas tulkittiin radiaattorin kiertoneste.

Palvelun L-1a (Sisävalaistuksen ohjaus) toiminnallisissa tasoissa ei ole huomioitu aikaohjelmia, vaikka ne ovatkin yleisesti käytössä, ja myös jokaisessa tämän tutkimuksen kohteissa. Aikaohjelmaan perustuva ohjaus arvioitiin tasojen L0 ja L1 mukaisia perinteistä manuaalista kytkintä sekä kellokytkintä älykkäämmäksi sen vaatiman yhteyden RAU-järjestelmään vuoksi. Tasojen L2 ja L3 tulkittiin kuitenkin viittaavan läsnäolotunnistuksen käyttöön, mikä koettiin aikaohjelmia älykkäämmäksi ratkaisuksi. Aikaohjelmilla toteutettu valaistuksen ohjaus tulkittiinkin vastaavan paremmin toiminnallista tasoa L1.

Luonnonvalon mukaista valaistuksen säätöä arvioidaan palvelussa L-2, jonka toiminnalliset tasot L0 ja L1 ovat ”Manuaalinen keskusohjaus” ja ”Manuaalinen huone/tilakohtainen ohjaus”. Koko rakennuksen kaiken valaistuksen ohjaaminen yhdellä kytkimellä arvioitiin kuitenkin äärimmäisen harvinaiseksi. Siksi tason 0 tulkittiin viittaavan mihin tahansa keskusohjaukseen, jolla voi manuaalisesti ohjata eri tilojen valaistusta. Tason L1 taas tulkittiin viittaavan tilanteeseen, jossa tilan valaistusta pystyy ohjaamaan manuaalisesti suoraan kyseisestä tilasta. Kaikissa työn tutkimuskohteissa eri tilojen valaistuksen voi manuaalisesti sammuttaa RAU-järjestelmästä, minkä tulkittiin vastaavan toiminnallista tasoa L0.

Lämmivesivaraajien lämmityksen hallintaa arvioivien palveluiden DHW-1a ja DHW-1b toiminnalliset tasot on esitetty taulukossa 6. Toiminnallisten tasojen merkitys koettiin epäselväksi, joten ne tulkittiin seuraavalla tavalla: Tasot L0 ja L1 viittaavat varaajan lämpötilasta riippumattomaan ohjaukseen, kun taas korkeampien tasojen saavuttamiseksi vaaditaan varaajan lämpötilanmittaus. Tulkintaa puoltaa myös se, että vaikutusalueen ”Energiatehokkuus” toiminnallisia tasoja vastaavat pisteet ovat korkeammat tasoilla L2 ja L3, kuin tasolla L1.

Taulukko 6. *Palveluiden ”Lämmivesivaraajan säätö” toiminnalliset tasot.*

L0	Automaattinen päälle/pois -ohjaus
L1	Automaattinen päälle/pois -ohjaus aikaohjelmalla
L2	L1 sekä tarpeenmukainen ohjaus tai monisensorijärjestelmä
L3	L2 sekä saatavuuteen tai verkkosignaaleihin perustuva ohjaus

Palvelun EV-15 (Sähköajoneuvojen latauspaikkojen määrä) kohdalla ei ohjeistuksessa oteta kantaa siihen, lasketaanko parkkipaikoilla olevat lämmitystolppien pistokkeet latauspaikoiksi. Sähköauton tai ladattavan hybridin lataamista tavallisesta pistorasiasta suositellaan välttämään mahdollisen palovaaran vuoksi [56]. Tässä työssä lämmitystolppien pistokkeet laskettiin mukaan latauspaikkojen määrään ainoastaan, mikäli teknisissä dokumenteissa mainitaan, tai muutoin käy ilmi, että niitä voi käyttää sähköajoneuvojen lataukseen.

Sisäilman laadun raportointia käsitellään palvelussa V-6. Ohjeistuksesta ei kuitenkaan käy ilmi, mitä sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä tulisi vähintään olla mitattuna ja esitettynä. Pelkkä lämpötilan mittaus koettiin riittämättömäksi sisäilman laadun arvioimiseksi, joten tässä työssä vähimmäisvaatimukseksi rajattiin lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden mittaus.

5.2 Arviointimenetelmässä havaitut ongelmat

Arviointimenetelmässä ja palvelukatalogissa olevat tulkinnanvaraiset kohdat sekä niihin tässä tutkimuksessa tehty tulkinnat kuvattiin aikaisemmassa

luvussa 5.1. Tässä luvussa 5.2 esitetään arviointien aikana havaitut ongelmat, kuten epä johdonmukaisuudet ja puutteet, jotka esimerkiksi voivat johtaa arvioitavan kohteen epäoikeudenmukaiseen kohteluun joidenkin palvelujen osalta. Näiden ongelmien kohdalla ei kuitenkaan esiintynyt tarvetta tehdä arviointiin tai sen tuloksiin vaikuttavia tulkintoja, vaan arvioinnissa seurattiin tarkasti ohjeistusta.

Kuten luvussa 3 todettiin, kaupan kylmälaitteiden hukkalämpöä hyödynnävä lauhdelämmön talteenottojärjestelmä eli LLTO on nykyisin käytössä lähes kaikissa Suomen ruokamarketeissa. LLTO parantaa merkittävästi päivittäistavarakauppojen energiatehokkuutta, mutta SRI:n näkökulmasta se koettiin ongelmalliseksi arvioitaessa lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osalta lämpöenergian varastoinnin sekä eri tuotantomuotojen välistä keskinäistä ohjausta: Arvioiduissa kohteissa on varaajia, joiden lämmitykseen käytetään LLTO:lta saatavaa energiaa. Varaajia lämmitetään aina, kun niiden lämpötila laskee alle asetetun rajan, mikä vastaa SRI:ssä matalaa toiminnallista tasoa. Lisäksi arvioiduissa kohteissa LLTO on priorisoitu aina ensisijaiseksi energian tuotantomuodoksi, jolloin eri tuotantomuotojen välinen prioriteettilista on kiinteä. Tämä vastaa eri tuotantomuotojen keskinäistä ohjausta arvioivissa palveluissa toiseksi matalinta toiminnallista tasoa L1, kun korkein taso on L4. Energiatehokkain ratkaisu on kuitenkin hyödyntää hukkalämmöstä saatavaa energiaa aina kun se on mahdollista, sillä hyödyntämättömän hukkalämpö joudutaan kuitenkin lauhduttamaan esimerkiksi ulkoilmaan. Siksi älykkäämmän ja monimutkaisemman ohjauksen toteuttamista ei koettu järkeväksi tässä työssä arvioitujen kohteiden kaltaisissa tapauksissa. SRI:ssä tämä johtaa nykyisellään kuitenkin huonompiin älyvalmiuspistemääriin.

SRI:ssä lämmitys- ja jäähdytysenergian eri tuotantomuotojen keskinäisen ohjauksen arvioinnissa ei huomioida tilannetta, jossa rakennuksessa toteutettujen energian erilaisten tuotantomuotojen välistä prioriteettilistaa ei ole järkevää muuttaa missään olosuhteissa. Esimerkiksi kohteessa A ensisijainen lämmitysenergian tuotanto LLTO:n kautta on aina energiatehokkaampi vaihtoehto kuin toissijaisena järjestelmänä oleva sähkötoiminen lämpökattila. Samoin jäähdytyksessä ensisijaisena käytetty vapaajäähdytys on aina energiatehokkaampi, kuin jäähdytysenergian tuottaminen lämpöpumpulla tai nestejäähdyttimellä. Tällöin korkeamman toiminnallisen tason mukaisesta ohjauksesta ei olisi todellista hyötyä, vaan ainoa saatava hyöty olisi parempi tulos SRI-arvioinnista.

Arviointeja suorittaessa ilmeni, että aihealueiden ”Lämmin käyttövesi” ja ”Sähkö” kaikki palvelut toimintatietojen raportointia lukuun ottamatta voi joissakin tilanteissa jättää huomioimatta niin, ettei ne vaikuta rakennuskoh- taiseen enimmäispistemäärään. Jos rakennuksessa käytetään vain yhtä tuotantotapaa lämpimän käyttöveden tuottamiseksi, eikä sen varastoimiseksi ole käytössä lämminvesivaraajaa, voi ohjeistuksen mukaan arvioinnin ulko- puolelle jättää kakki varastointia ja eri tuotantotapojen välistä ohjausta

koskevat palvelut. Tällöin aihealueen arviointi supistuu koskemaan ainoastaan järjestelmän toimintatietojen raportointia. Samaan tilanteeseen päädytään aihealueessa ”Sähkö”, jos rakennuksessa ei ole paikallista sähkön tuotantoa eikä varastointia. Etenkin aihealueen ”Sähkö” osalta mahdollisuus jättää kaikki paikallista tuotantoa ja varastointia koskevat palvelut pois koettiin epäjohdonmukaiseksi, koska paikallisen energiantuotannon ja varastoinnin lisääminen on yksi EU:n keskeisistä tavoitteista [57].

Kaikissa tämän työn kohteissa, joissa on sähköajoneuvojen latauspaikkoja, on käytössä rakennuksen sisäinen latausjärjestelmän kuormanhallinta. Palvelun EV-16 (Yhteistyö verkon kanssa) kohdalla tämä tulkittiin olevan tasoa LO älykkäämpi, mutta ei riittävä tasolle L1 ja L2, jotka viittaavat ohjaukseen verkkosignaalien mukaan (ks. taulukko 7). Kuten taulukosta 7 on nähtävissä, rakennuksen sisäistä kuormanhallintaa vastaavaa toiminnallista tasoa ei ole määritetty. Lisäksi tason LO negatiivisten vaikutusaluekohtaisten pisteiden vuoksi verkon tarpeiden mukaisen ohjauksen puuttuminen johtaa erityisen suureen pisteiden vähenemiseen: ilman verkkosignaaleihin perustuvaa kuormanhallintaa aihealueesta ”Sähköajoneuvojen lataus” voi saavuttaa korkeintaan pistemäärän 11 %, vaikka aihealueen muut palvelut vastaisivat korkeinta mahdollista toiminnallista tasoa. Tässä työssä arvioiduissa kohteissa aihealueen pistemäärät nousisivatkin yli 30 prosenttiyksikköä, jos palveluun EV-16 lisättäisiin sisäistä kuormanhallintaa varten ylimääräinen toiminnallinen taso, jonka vaikutusaluekohtaiset pisteet olisivat nolla kaikkien vaikutusalueiden osalta. Edellä kuvatun kaltaisen toiminnallisen tason lisääminen palveluun arvioitiinkin tarpeelliseksi, jotta verkkointegraation puuttumisesta ei rankaistaisi liian ankarasti tilanteessa, jossa latausta selkeästi kontrolloidaan rakennuksen sisäisesti.

Taulukko 7. *Palvelun EV-16 (Yhteistyö verkon kanssa) toiminnallisia tasoja vastaavat pistemäärät niiden vaikutusalueiden osalta, joihin palvelu vaikuttaa. Muihin vaikutusalueisiin palvelu ei vaikuta.*

Taso	Kuvaus	Energiajousto ja energian varastointi	Käyttömukavuus
L0	Ei ohjausta (kontrolloimaton lataus)	-2	0
L1	Yksisuuntainen ohjaus	1	2
L2	Kaksisuuntainen ohjaus	3	2

Lisäksi palvelussa EV-15 verrataan sähköajoneuvojen latauspaikkojen määrää rakennuksen yhteydessä olevaan parkkipaikkojen kokonaisuuteen. Järkevämmäksi vaihtoehdoksi koettiin kuitenkin, että latauspaikkojen määrää verrattaisiin parkkipaikkojen asemakaavan mukaiseen vähimmäismäärään. Esimerkiksi kohteessa A parkkipaikkoja on asemakaavan mukaista vähimmäismäärää enemmän, ja näitä ylimääräisiä parkkipaikkoja vähentämällä olisi mahdollista saavuttaa korkeammat SRI-pisteet.

Rakennuksen mahdollisuutta osallistua kulutusjoustoan arvioidaan palvelussa MC-25 (Älyverkkointegraatio). Mahdollisuus osallistua kulutusjoustoan vaikuttaa kuitenkin useassa muussakin palveluissa, esimerkiksi palveluissa H-4 ja C-4 (Joustavuus ja vuorovaikutus energiaverkon kanssa). Lisäksi palvelut MC-28 (Kulutusjoustoan toimintatietojen raportointi) ja MC-29 (Kulutusjoustoan ohjauksen ohitus) on laskentatyökalussa määritetty pakollisiksi, eli ne vaikuttavat rakennuskohtaiseen enimmäispistemäärään, vaikka kyseiset palvelut ei olisikaan sovellettavissa. Kyseiset palvelut vaikuttavat tuloksiin merkittävästi: ne vastaavat lähes kolmanneksesta aihealueesta ”Seuranta ja säätö” saatavista yksittäispisteistä, ja niiden vaikutus näkyy vaikutusalueissa ”Energiajousto ja energian varastoiti”, ”Käyttömukavuus”, ”Huolto ja vikojen ennakoiti” sekä ”Asukkaiden informointi”. Tämä koettiin epäjohtomukaiseksi ja epäreiluksi toimintatavaksi, kun ottaa huomioon, miten puuttuvia palveluja suositellaan käsiteltävän (ks. luku 2.3.2).

Arviointeja suoritettaessa ilmeni, että ohjeistuksessa ei oteta kantaa järjestelmien mitoituksiin: muun muassa aurinkosähköjärjestelmän mitoituksella, lämminvesivaraajien tilavuudella tai sähköajoneuvojen latauspaikkojen latausteholla ei ole vaikutusta pisteytykseen eikä siihen, tuleeko järjestelmä ottaa arvioinnissa huomioon. Esimerkiksi kohteen D aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotanto on niin vähäistä, ettei se normaalitilanteessa riitä koskaan kattamaan kohteen koko sähköenergian tarvetta. Kun kohteessa ei ole myöskään sähköön varastointimahdollisuutta, ei palvelun E-4 (Paikallisesti tuotetun sähköön käytön optimointi) kaltaista optimointia koettu tarpeelliseksi. Ohjeistuksen mukaan palvelu tulee kuitenkin arvioida aina, jos kohteessa on paikallista sähköntuotantoa, mikä laskee tarpeettomasti kohteen arvioinnin tuloksia.

Useiden eri palveluiden, kuten tietojen raportointia ja lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ohjausta koskevien palvelujen, korkeammat toiminnalliset tasot vaativat rakennuksen olosuhteita mittaavia antureita. SRI:ssä ei kuitenkaan ohjeisteta arvioitsijaa tarkastelemaan mittarointien toteutuksen järjestyttä esimerkiksi mittalaitteiden asianmukaisen sijoitusten tai määrän osalta. Mittaroinnin järjestyksen toteaminen koettiin tärkeäksi ehdoksi korkeampien toiminnallisten tasojen saavuttamiseksi.

Laskentatyökalun ohjeistuksen mukaan luonnonvalotasoon perustuva valaistuksen ohjausta koskeva palvelu L-2 tulisi arvioida aina kohteesta riippumatta. Tässä työssä arvioidujen kohteiden havaittiin kuitenkin olevan lähes ikkunattomia, minkä vuoksi luonnonvaloa ei pääse juurikaan sisälle rakennukseen. Kyseisen palvelun koettiin aiheuttavan epäjohtomukaisesti tulosten heikkenemistä rakennuksissa, joissa palvelu ei olisi sovellettavissa.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien kiertovesipumppujen ohjausta koskevien palveluiden H-1d ja C-1d toiminnallisia tasoja vastaavat yksittäispisteet koettiin epäjohtomukaiseksi. Energiatohokkuuden osalta palvelusta saa saman verran pisteitä portaattaisesta säädöstä sekä portaattomasta

muuttujasäädöstä. Kaikissa muissa palveluissa portaattomasta muuttujasäädöstä saa vaikutusalueessa ”Energiatehokkuus” enemmän pisteitä, kuin portaittaisesta säädöstä. Kiertovesipumppujen ohjaus ei vaikuta muihin vaikutusalueisiin.

Palvelun V-2d (Tuloilman lämpötilan säätö ilmanvaihtokoneella) toiminnalliset tasot perustuvat siihen, että tuloilman lämpötilan asetusarvoa muutettaisiin lämmitystarpeen mukaisesti. Kaikissa kohteissa tuloilman lämpötilalle ei kuitenkaan ole vähimmäislämpötilan lisäksi muuta asetuspistettä. Sen sijaan tuloilman lämpötila muuttuu lämmitystarpeen mukaan säätämällä tuloilmaa lämmittävän lämmityspatterin tehoa, esimerkiksi huoneilman lämpötilamittauksen perusteella. Tämä johtaa kuitenkin siihen, että palvelu jää todellista toiminnallisuuttaan matalammalle toiminnalliselle tasolle vain, koska korkeammassa tasoissa vaadittu muuttuva asetuspiste ei toteudu.

Rakennuksen mahdollisuuden osallistua kulutusjoustoan havaittiin vaikuttavan yllättävän paljon vaikutusalueeseen ”Käyttömukavuus”. Vaikutusalueen korkein mahdollinen yksittäispistemäärä on 82, joista 11 (13,4 %) tulee suoraan kulutusjoustosta tai verkkosignaalien mukaisesta säädöstä. Sillä, että rakennus kykenee osallistumaan kulutusjoustoan, ei koettu olevan näin suurta vaikutusta rakennuksen käyttömukavuuteen.

Arviointeja suoritettaessa ilmeni, että joitakin arvioiduissa kohteissa yleisesti käytössä olevia ja tarpeelliseksi koettuja järjestelmiä ei huomioitu käytössä olleen laskentatyökalun palvelukatalogissa. Tällaisia ovat lämmitysjärjestelmään kuuluvat sulanapitojärjestelmät, jäähdytyksen yhteydessä toimiva sisäilman kuivaus sekä ulkoalueiden valaistus. Sisävalaistuksen ohjauksen osalta myös jo aikaisemmin mainitut aikaohjelmat on jäänyt huomiomatta toiminnallisissa tasoissa.

5.3 Yleiset huomiot arviointeja tehdessä

Aiemmin tässä luvussa 5 on keskitytty arviointimenetelmästä havaittuihin seikkoihin, jotka heikentävät SRI:n soveltuvuutta toimia suunnittelua ohjaavana työkaluna. Tässä alaluvussa 5.3 tuodaan esille tutkimuksen aikana tehtyjä yleisiä havaintoja arviointimenetelmään liittyen. Nämä havainnot ovat sinänsä neutraaleja, eikä niiden koettu vaikuttavan negatiivisesti menetelmän tai tulosten luotettavuuteen.

Tutkimuskohteita arvioitaessa korostui käsitteen älyvalmius määrittämisen sekä seulontaprosessin (ks. luku 2.3.2) selkeän ja kattavan ohjeistuksen tärkeys. Usean palvelun kohdalla saavutettu toiminnallinen taso riippui siitä, mitä valmiuden tulkittiin tarkoittavan. Tulkinnan selkeä määrittäminen jo ennen arvioinnin suorittamista koettiin ensiarvoisen tärkeäksi, jotta arvioinnissa voitiin varmistaa tietty yhtenäisyys. Seulontaprosessin osalta koettiin, että palvelut, jotka eivät ole sovellettavissa arvioitavassa kohteessa, tulisi pystyä johdonmukaisesti jättämään arvioinnin ulkopuolelle selkeän

linjauksen mukaisesti. Tässä työssä käytössä olleen arviointityökalun ohjeistuksessa kyllä neuvotaan, miten puuttuvin palvelujen kanssa olisi suositeltavaa toimia, mutta ohjeistus ei ota kantaa siihen, milloin puuttuva palvelu pitäisi tulkita halutuksi ja näin ollen sen tulisi vaikuttaa kohdekohtaiseen enimmäispistemäärään. Tämä lisäsi arviointien aikana tehtyjen subjektiivisten tulkintojen määrää.

Vaikka SRI:ssä huomioidaan rakennuksen käyttäjien tarpeet, koettiin arvioinnissa korostuvan selkeästi menetelmän energiakeskeisyys sekä tavoite rakennusten energiatehokkuuden ja energiasäästön parantamiseksi. Koko palvelukatalogin 54 palvelusta ainoa, joka vaikuttaa pelkästään avainalueeseen ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” on EV-15 (Sähköajoneuvojen latauspaikkojen määrä). Sen sijaan palveluja, jotka eivät vaikuta lainkaan kyseiseen avainalueeseen lainkaan on yhteensä yhdeksän.

Arviointeja suoritettaessa pystyi havaitsemaan, ettei SRI:n tavoite ole arvioida vaikutusalueita, kuten energiatehokkuutta, itsessään, vaan korostaa niitä lisähyötyjä, joita älykkyyden avulla voidaan saavuttaa vaikutusalueisiin. Tämä näkyi esimerkiksi siinä, ettei palvelun L-1a (Sisävalaistuksen ohjaus) toiminnallisissa tasoissa huomioida kaikkia väyläpohjaisten valaistusohjauksen mahdollistamia kehittyneitä ratkaisuja, vaan toiminnalliset tasot kuvaavat yleisemmällä tasolla sitä, kuinka automaattista valaistuksen ohjaus on. Nämä kehittyneemmät ohjausratkaisut ei kuitenkaan paranna energiatehokkuutta tai energiasäästöä, eikä käyttökokemuksessakaan arvioitu olevan oleellista eroa verrattuna nykyisiin korkeimpiin toiminnallisiin tasoihin.

SRI-arvioinnin suorittamisen havaittiin antavan kattavan kuvan rakennuksen teknisten järjestelmien hallinnan toteutuksesta ja sen älykkyyden tasosta. Lisäksi arvioinnin suorittaminen antaa melko selkeän kuvan niistä seikoista, jotka vaikuttavat eniten joko nostavasti tai laskevasti arvioinnin tuloksiin juuri kyseisessä kohteessa. Ainakin näissä kohteissa tätä tietoa sekä ymmärrystä SRI:stä hyödyntäen koettiin olevan suhteellisen helppo kartoittaa niitä konkreettisia keinoja, joilla älyvalmiustasoa saisi järkevästi parannettua.

Laskentatyökalussa painotuskertoimet (ks. luku 2.3.4) muuttuvat ilmastovyöhykkeiden lisäksi vain sen mukaan, onko kyseessä asuinrakennus vai jokin muu rakennus. Sen sijaan rakennuksen iällä, koolla, käyttötarkoituksella tai sillä, onko rakennus alkuperäisessä tilassa vai saneerattu, ei ole vaikutusta painotuskertoimiin. Tämän työn tutkimuskohteiden arvioinnissa käytetyt kertoimet eivät siis eroa esimerkiksi toimistorakennusten, oppilaitosten tai terveydenhuollon rakennusten arvioinnissa käytettävistä kertomista.

Arvioiduissa kohteissa päivittäistavarakaupan myymälätila kattaa suurimman osan rakennuksen pinta-alasta. Esimerkiksi kohteessa C laajennuksen jälkeen myymälätila vastaa kahta kolmasosaa kohteen kokonaisalasta. Myymälätilan havaittiinkin dominoivan selkeästi, jolloin muissa tiloissa

toteutetun, joko korkeamman tai matalamman älykkyyden vaikutus arvioinnin tuloksiin jäi huomattavasti vähäisemmäksi.

Kohteeseen C ennen perusparannusta tehdyssä arvioinnissa kaikista palvelukatalogin 54 palvelusta oli sovellettavissa ainoastaan 23 palvelua, eli reilusti alle puolet. Arvioitujen palvelujen määrää kohteessa C laski reilusti jäähdytysjärjestelmien puuttuminen ennen perusparannusta. Tämä erosi selvästi muista kohteista, joissa arvioitujen palvelujen määrä vaihteli välillä 33–41 (61–76 %). Kohteissa arvioitujen palvelujen määrät on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Arvioitujen palvelujen määrä kohteittain.

Kohde	A	B	C1	C2	D1	D2
Arvioidut palvelut (kpl)	39	37	23	35	33	41

Jotkin palveluista jäivät seulontaprosessin myötä toistuvasti arvioinnin ulkopuolelle. Tällaisia palveluja olivat lämpöenergiaa varaavia rakenneosia (TABS, Thermally Activated Building Systems) sekä auringosta saatava lämpöenergiaa hyödyntäviä aurinkokeräimiä käsittelevät palvelut. Lisäksi aihealueen ”Dynaaminen vaippa” mitään palvelua ei arvioitu yhdessäkään tämän työn kohteissa, koska ohjeistuksen mukaan näitä ei tarvitse huomioida, jos kohteessa ei ole siirrettäviä aurinkovarjostimia, sermejä tai kaihtimia.

SRI-arvioinnin suorittamiseen on arvioitu olevan noin 0.5–1 päivän työ riippuen kohteen laadusta (ks. luku 2.3.1). Tässä työssä arviointeihin kului huomattavasti enemmän aikaa, yhden kohteen arviointiin käytetty aika oli enimmillään jopa yli viisinkertainen. Arvioinnin suorittamisen ja etenkin tietojen varmistamisen arvioitiin kuitenkin olevan huomattavasti nopeampaa ja helpompaa, jos tiedonkeruussa olisi hyödynnetty kohdekäyntejä, rakennuksen tuntevien teknisten asiantuntijoiden haastatteluja sekä pääsyä RAU-järjestelmään.

6 SRI-arviointien tulokset

Edellisessä luvussa 5 tuotiin esille rakennusten älyvalmiuden arviointiprosessin aikana tehtyjä havaintoja arviointimenetelmästä sekä siinä ilmenneistä ongelmista. Tässä luvussa on esitetty tutkimusaineistona olleiden kohteiden älyvalmiusarviointien tulokset. Esitetyt tulokset sisältävät kaikki samat tiedot kuin mitä käytetyssä arviointityökalussa esitetään [28], mutta tiedot on koottu kompaktimpaan esitysmuotoon. Ainoastaan yksityiskohtaisempia pistemääriä esittäviin taulukoihin 10, 12, 14, 15, 17 ja 18 on lisätty tieto siitä, jos aihealueilla ei ole vaikutusta joihinkin vaikutusalueisiin. Tätä tietoa ei käytetyssä arviointityökalussa esitetä.

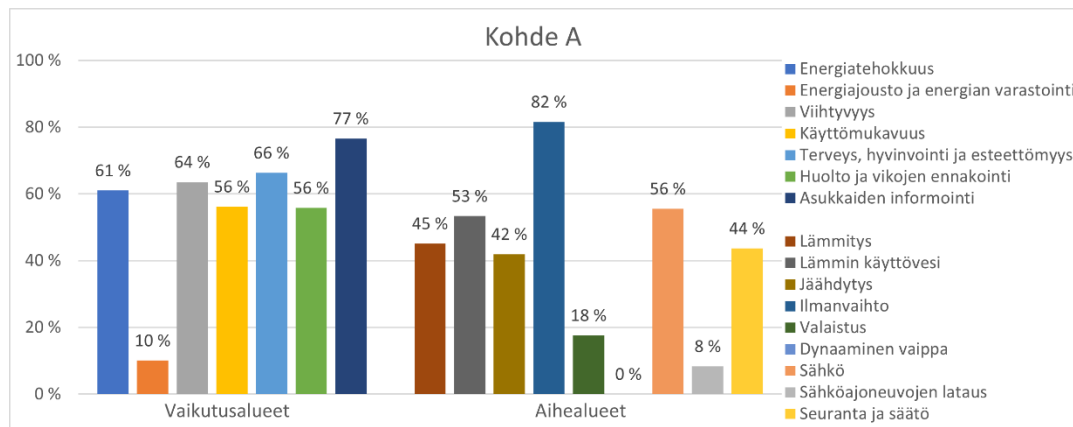
Kohde A

Kohde A edusti tässä tutkimuksessa uusia liikekiinteistöjä. Rakennuksen perustiedot sekä tekniset järjestelmät on kuvailtu luvussa 4.2. Kohteelle suoritettu älyvalmiustason arviointi perustuu rakennuksen tilaan sen valmistuksessa, joka kuitenkin vastaa rakennuksen nykyistä tilaa. Taulukossa 9 on esitetty kohteen SRI-kokonaispistemäärä sekä avainalueiden pistemäärät. Arvioinnissa palveluille määritetyt toiminnalliset tasot esitetään liitteessä B.

Taulukko 9. Kohteen A kokonaispistemäärä ja avainalueiden pistemäärät.

Kokonaispistemäärä	Energiatehokkuus ja käyttö	Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen	Energiajousto
45 %	58 %	66 %	10 %

Kohteen A vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät on esitetty kuvassa 21. Aihealueista on seulontaprosessissa jätetty arvioinnin ulkopuolelle ”Dynaaminen vaippa”, joka kuitenkin näkyy kuvassa pistemäärällä 0 %. Aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain on esitetty taulukossa 10.



Kuva 21. Kohteen A vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 10. Kohteen A aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energia- tehokkuus	Energia- jousto ja energian varastointi	Viihtyvyy- s	Käyttö- mukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettö- myys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	58 %	9 %	60 %	63 %	67 %	50 %	100 %
DHW	67 %	33 %	0 %	67 %	0 %	50 %	100 %
C	50 %	9 %	50 %	50 %	67 %	50 %	100 %
V	86 %	0 %	94 %	93 %	83 %	70 %	70 %
L	20 %	0 %	24 %	24 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	67 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	-25 %	0 %	50 %	0 %	0 %	100 %
MC	53 %	11 %	73 %	54 %	75 %	58 %	56 %

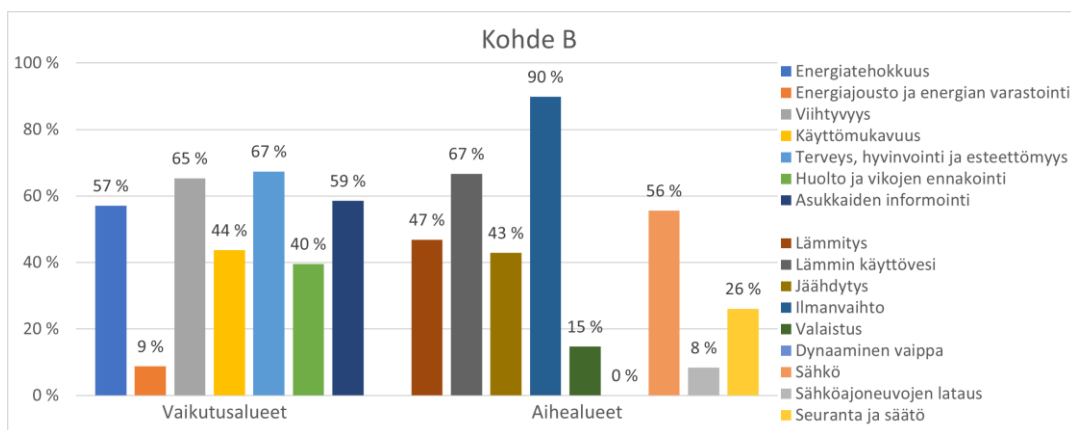
Kohde B

Tässä työssä kohde B edusti vanhempia kohteita, jolle ei ole lähivuosina tehty perusparannusta, mutta joille saneeraus ei ole lähitulevaisuudessa vielä ajan-kohtainen. Perustiedot ja teknisten järjestelmien kuvaus on nähtävillä luvussa 4.2. Kohteen arviointi suoritettiin perustuen rakennuksen nykyiseen tilaan, ja arvioinnissa palveluille määritetyt toiminnalliset tasot ovat nähtävillä liitteessä B. Arvioinnin tuloksista SRI-kokonaispistemäärä sekä avainalueiden pistemäärät on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kohteen B kokonaispistemäärä ja avainalueiden pistemäärät.

Kokonaispiste- määrä	Energiatehokkuus ja käyttö	Asukkaiden tarpei- siin vastaaminen	Energiajousto
39 %	48 %	59 %	9 %

Kuvassa 22 näkyy kohteen B älyvalmiuspistemäärät vaikutus- ja aihealueittain. Aihealueista ”Dynaaminen vaippa” ei ollut sovellettavissa tässä kohdeessa, minkä vuoksi kuvassa sen pistemäärä on 0 %. Lisäksi aihealueiden vaikutusaluekohtaiset pistemäärät on esitetty taulukossa 12.



Kuva 22. Kohteen B vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 12. Kohteen B aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energiatehokkuus	Energiajousto ja energian varastointi	Viihtyvyyttä	Käyttömukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	63 %	9 %	70 %	63 %	67 %	50 %	100 %
DHW	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
C	53 %	9 %	56 %	50 %	67 %	50 %	100 %
V	64 %	0 %	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %
L	17 %	0 %	20 %	20 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	67 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	-25 %	0 %	50 %	0 %	0 %	100 %
MC	38 %	11 %	67 %	29 %	50 %	18 %	11 %

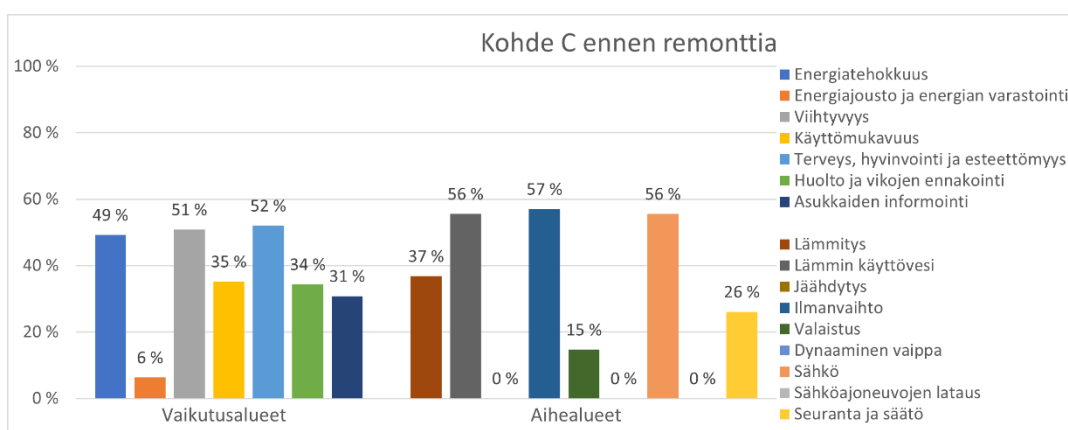
Kohde C

Kohde C oli mukana tässä tutkimuksessa edustamassa toista vastikään saaneerattua kohdetta. Rakennuksesta sekä sen historiasta ja teknisistä järjestelmistä on kerrottu luvussa 4.2 tämän työn kannalta oleellisilta osin. Kohdelle suoritettiin kaksi erillistä SRI-arviointia perustuen sekä rakennuksen nykyiseen tilaan että tilaan ennen viimeisintä perusparannusta, ja arviointien tulokset kokonaispistemäärien ja avainalueiden pistemäärien osalta on esitetty taulukossa 13. Lisäksi liitteessä B on esitetty palvelujen toiminnalliset tasot.

Taulukko 13. Kohteen C kokonaispistemäärät ja avainalueiden pistemäärät.

	Kokonaispistemäärä	Energiatehokkuus ja käyttö	Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen	Energiajousto
Ennen korjausta	30 %	42 %	42 %	6 %
Nykytilanne	35 %	46 %	55 %	5 %

Kuvassa 23 on esitetty kohteen C vaikutus- ja aihealueiden älyvalmiuspistemäärät perustuen kohteen tilaan ennen viimeisintä perusparannusta. Vaikka aihealueiden ”Dynaaminen vaippa”, ”Jäähdytys” ja ”Sähköajoneuvojen lataus” pistemäärät ovat kuvan mukaan 0 %, niistä ainoastaan viimeisin vaikutti arvioinnin tuloksiin, koska muita ei seulontaprosessin myötä sovellettu tämän kohteen arvioinnissa. Aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain on nähtävissä taulukosta 14.

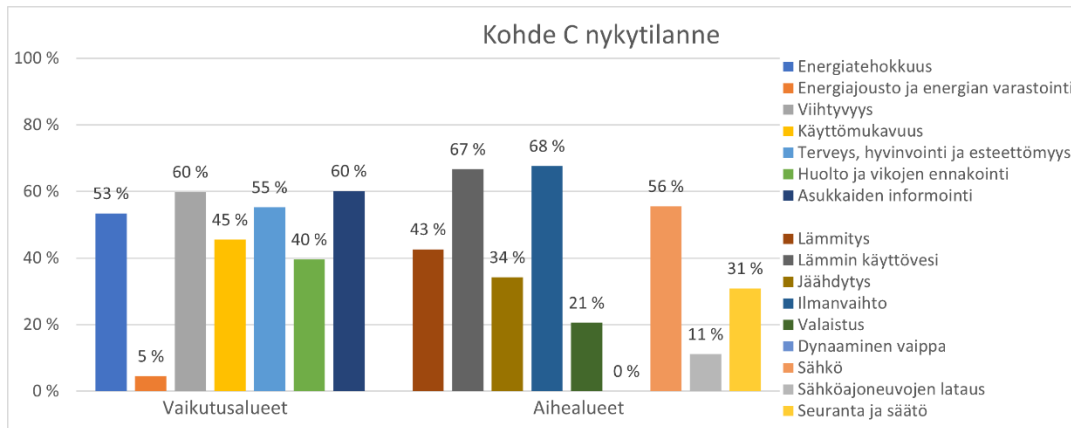


Kuva 23. Kohteen C1 vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 14. Kohteen C1 aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energiatehokkuus	Energiajousto ja energian varastointi	Viihtyvyyttä	Käyttömukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	58 %	0 %	63 %	63 %	67 %	50 %	33 %
DHW	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	33 %
C	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
V	48 %	0 %	51 %	64 %	66 %	60 %	60 %
L	17 %	0 %	20 %	20 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	67 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
MC	38 %	11 %	67 %	29 %	50 %	18 %	11 %

Kohteen C nykyiseen tilaan perustuvat vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät ovat näkyvillä kuvassa 24, ja aihealueiden saavuttamat vaikutusaluekohtaiset pistemäärät taulukossa 15. Aihealueen ”Dynaaminen vaippa” pistemäärä näkyy kuvan 24 mukaan olevan 0 %. Aihealuetta ei kuitenkaan tässäkään kohteessa sovellettu, eikä se siis vaikuttanut muihin tuloksiin.



Kuva 24. Kohteen C2 vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 15. Kohteen C2 aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energia- tehokkuus	Energia- jousto ja energian varastointi	Viihtyvyyttä	Käyttö- mukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettö- myys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	60 %	0 %	63 %	63 %	67 %	50 %	100 %
DHW	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
C	35 %	9 %	50 %	38 %	67 %	25 %	100 %
V	61 %	0 %	79 %	86 %	74 %	60 %	60 %
L	23 %	0 %	28 %	28 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	67 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	-25 %	0 %	67 %	0 %	0 %	100 %
MC	50 %	11 %	67 %	35 %	40 %	31 %	22 %

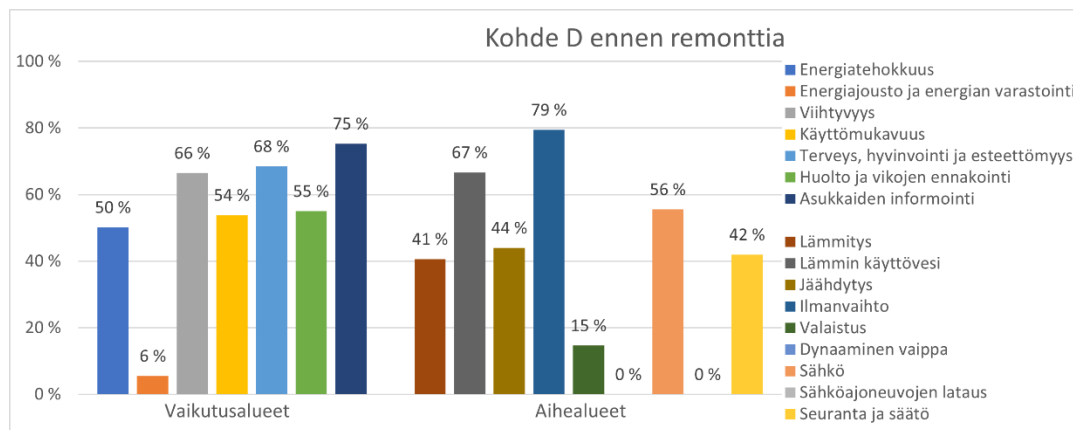
Kohde D

Toista vastikään saneerattua kohdetta oli tässä työssä edustamassa kohde D, jolle myös suoritettiin SRI-arviointi sekä rakennuksen nykyisen tilan että viimeisintä laajaa perusparannusta edeltäneen tilan perusteella. Perustiedot ja tekninen kuvaus sekä työn kannalta tarpeelliset tiedot kohteen historiasta ilmenee luvusta 4.2. Kohteen SRI-kokonaispistemäärä sekä avainalueiden pistemäärät on esitetty taulukossa 16. Tiedot kohteen palveluille määritetyistä toiminnallisista tasoista löytyy liitteestä B.

Taulukko 16. Kohteen D1 kokonaispistemäärät ja avainalueiden pistemäärät.

	Kokonaispistemäärä	Energiatehokkuus ja käyttö	Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen	Energiajousto
Ennen korjausta	41 %	53 %	66 %	6 %
Nykytilanne	45 %	59 %	67 %	10 %

Kuvassa 25 on kohteen D ennen viimeisintä perusparannusta vastaavaan tilaan perustuvan arvioinnin tulokset vaikutus- ja aihealueiden pistemäärien osalta. Aihealue ”Dynaaminen vaippa” ei vaikuttanut muihin tuloksiin, kun taas ”Sähköajoneuvojen lataus” on asetettu vaikuttamaan rakennuskohtaiseen enimmäispistemäärään. Taulukossa 17 on lisäksi esitetty aihealueiden saavuttamat vaikutusaluekohtaiset pistemäärät.

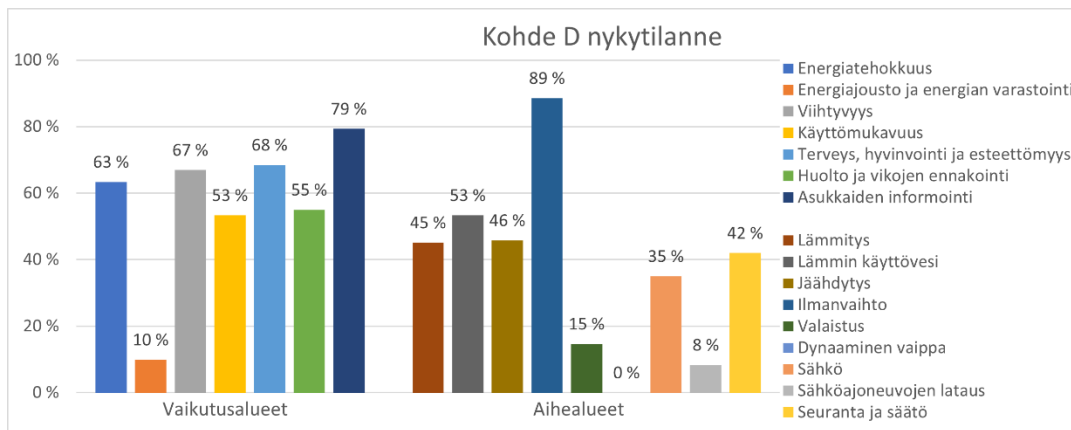


Kuva 25. Kohteen D1 vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 17. Kohteen D1 aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energiatehokkuus	Energiajousto ja energian varastointi	Viihtyvyyttä	Käyttömukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	48 %	0 %	63 %	63 %	67 %	50 %	100 %
DHW	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
C	50 %	9 %	63 %	63 %	67 %	50 %	100 %
V	58 %	0 %	96 %	95 %	89 %	80 %	80 %
L	17 %	0 %	20 %	20 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	67 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
MC	50 %	11 %	67 %	53 %	75 %	55 %	56 %

Kohteen D tämänhetkiseen tilaan perustuvat pistemäärät vaikutus- ja aihealueittain ilmenee kuvasta 26. Tarkemmat tiedot aihealueiden pistemäärien jakautumisesta vaikutusalueittain on esitetty taulukossa 18. Seulonta-prosessin myötä aihealuetta ”Dynaaminen vaippa” ei otettu arvioinnissa huomioon, eikä se näin ollen vaikuttanut tuloksiin.



Kuva 26. Kohteen D2 vaikutus- ja aihealueiden pistemäärät.

Taulukko 18. Kohteen D2 aihealueiden pistemäärät vaikutusalueittain. Jos aihealue ei vaikuta vaikutusalueeseen, on pistemäärä värjätty punaiseksi.

	Energiatehokkuus	Energiajousto ja energian varastointi	Viihtyvyys	Käyttömukavuus	Terveys, hyvinvointi ja esteettömyys	Huolto ja vikojen ennakointi	Asukkaiden informointi
H	58 %	9 %	60 %	63 %	67 %	50 %	100 %
DHW	67 %	33 %	0 %	67 %	0 %	50 %	100 %
C	58 %	9 %	69 %	63 %	67 %	50 %	100 %
V	94 %	0 %	96 %	95 %	89 %	80 %	80 %
L	17 %	0 %	20 %	20 %	0 %	0 %	0 %
DE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
E	75 %	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %
EV	0 %	-25 %	0 %	50 %	0 %	0 %	100 %
MC	50 %	11 %	67 %	53 %	75 %	55 %	56 %

7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Diplomityön laadullisen tutkimuksen tulokset on esitetty edeltävissä luvuissa: luvussa 5 on tuotu esille arviointiprosessin aikana tehdyt havainnot arviointimenetelmästä ja luvussa 6 on esitetty tutkimuskohteiden saamat SRI-arvioinnin tulokset. Tässä luvussa tarkastellaan edellisissä luvuissa esitettyjä havaintoja ja tuloksia sekä käydään läpi näiden pohjalta tehdyt johtopäätökset ja vastataan johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. SRI:n mahdollisista kehityssuuntia sekä SRI:hin yleisesti liittyvistä aiheista pohditaan luvussa 8.

7.1 Arviointiprosessin tarkastelu

Osana tämän työn tutkimusta suoritettiin älyvalmiuden arviointiprosessin reflektointi. Reflektoinnin avulla pyrittiin kartoittamaan arviointimenetelmästä kohtia, jotka vaikuttavat negatiivisesti menetelmän sovellettavuuteen liikekiinteistöjen kohdalla. Kohteiden arvioinnin aikana tehdyt havainnot sekä tulkinnat on esitetty luvussa 5.

Arviointiprosessin aikana havaittiin jonkin verran tulkinnanvaraisuuksia sekä itse arviointimenetelmään että palvelukatalogiin liittyen. Arviointimenetelmää koskevat tulkinnat vaikuttivat oleellisesti siihen, miten arviointi ylipäätään suoritettiin, mikä taas heijastui suoraan arviointien tuloksiin. Näistä tulkinnoista tärkeimmät liittyivät siihen, miten käsitettä ”valmius” tulkittiin ja miten puuttuvia aihealueita ja palveluja käsiteltiin. Palvelukatalogiin liittyvät tulkinnanvaraisuudet taas lisäsivät subjektiivisten tulkintojen määrää johtaen siihen, että arvioinnin tulokset voivat riippua merkittävästi arvioinnin suorittaneesta henkilöstä.

Arvioinnin aikana palvelukatalogissa havaittiin olevan myös runsaasti epäjohdonmukaisuuksia sekä arvioinnin oikeudenmukaisuuden kannalta ongelmallisia kohtia. Näistä vakavimmaksi koettiin kaupan kylmäkalusteiden tuottaman hukkalämmön hyödyntävien järjestelmien epäoikeudenmukainen kohtelu, mikä samalla osoittaa, ettei liikerakennusten erityispiirteitä ole SRI:ssä täysin huomioitu. Arviointimenetelmässä esiintyvien ongelmien seurauksena arvioinnin tulokset voivat vääristyä niin, ettei vaikutus- tai aihealueiden tuloksissa esitettävät pistemäärät olekaan suoraan vertailukelpoisia keskenään. Tällöin tulokset voivat myös antaa virheellisen kuvan siitä, missä osa-alueissa rakennuksen älyvalmiutta olisi järkevää parantaa.

Arvioiduissa kohteissa oli joitakin järjestelmiä, joita palvelukatalogissa ei ole otettu millään tavalla huomioon. Yksi puuttuvista järjestelmistä oli erilaiset sulanapitojärjestelmät, jotka todettiin luvussa 3 olevan yleensä merkittäviä lämpöenergian kuluttajia liikekiinteistöissä [49]. Rakennuksissa käytössä olevien järjestelmien puuttuminen palvelukatalogista voi johtaa siihen, ettei arviointi perustu täysin totuudenmukaiseen kuvaan rakennuksen

älyvalmiudesta ja sen vaikutuksesta avain- ja vaikutusalueisiin. Lisäksi arvioiduissa kohteissa havaittiin olevan joitakin palveluja, jotka seulontaprosessin myötä jäivät toistuvasti arvioinnin ulkopuolelle. Nämä eivät vaikuta arvioinnin tuloksiin, mutta ne lisäävät työmäärää ja virheiden mahdollisuutta sekä voivat aiheuttaa hämmennystä arviointeja suoritettaessa.

SRI:n kehitysvaiheessa suoritettujen menetelmien beetatestauksen yhteydessä arviointiprosessin todettiin vievän aikaa noin 0,5–1 päivän verran, kun arviointi suoritettiin yksityiskohtaisemmalla menetelmällä B (ks. luku 2.3.1). Kohteiden arvioinnin suorittaminen osoittautui kuitenkin huomattavasti työläämmäksi ja enemmän aikaa vieväksi. Tämän työn perusteella ei kuitenkaan voi tehdä johtopäätöksiä arvioinnin työläydestä, koska arviointiin tarvittavat tiedot kerättiin itsenäisesti ainoastaan rakennusta koskevista teknisistä dokumenteista. Tietojen keruussa ei siis suosituksista poiketen hyödynnetty lainkaan kohteen tuntevien henkilöiden haastatteluja, kohdekäyntejä tai rakennuksen rakennusautomaatiojärjestelmiä.

7.2 Arviointien tulosten tarkastelu

Tässä alaluvussa käydään läpi arvioitujen kohteiden tuloksia, niihin vaikuttaneita seikkoja sekä niistä tehtyjä havaintoja ja päätelmiä. Kohteiden tulokset erosivat selkeästi toisistaan saatujen pistemäärien absoluuttisen tason osalta. Tuloksista oli kuitenkin havaittavissa, että eri osa-alueiden pistemäärät jakautuivat kaikissa kohteissa hyvin samankaltaisesti verrattuna muihin osa-alueisiin. Koska samat heikkoudet ja vahvuudet toistuivat kaikissa kohteissa, ei tässä tulosten tarkastelua tehdä jokaiselle kohteelle erikseen. Sen sijaan tässä tarkastellaan yleisesti kaikkien arvioitujen kohteiden tulokset huomioiden sitä, mitä havaintoja saaduista tuloksista voidaan tehdä, ja mikä näitä tehtyjä havaintoja selittää.

Tässä työssä arvioitujen kohteiden SRI-kokonaispistemäärät vaihtelivat välillä 30–45 %. Kun kohteista huomioidaan vain nykytilanteeseen perustuvat arvioinnit, kokonaispistemäärien vaihteluväli oli 35–45 %, kun taas vanhempaa suunnittelua kuvaavien kohteiden (kohteet B, C1 ja D1) kohdalla tulos vaihtelee välillä 30–41 %. Kaikki arvioinnit yhdessä voidaan tulkita kuvaavan olemassa olevan rakennuskannan älyvalmiuden tasoa siinä missä nykytilanteeseen pohjautuvat arvioinnit kuvastavat rakentamisen ja korjaamisen suunnittelun nykyistä tasoa huomioiden myös nykyisin tehtävät pienemmät parannukset. Tämän perusteella voidaan todeta, että rakentamisen ja korjaamisen suunnittelun taso älyvalmiuden näkökulmasta on parempi, kuin rakennuskannan taso yleensä, mutta ero ei ole kovinkaan suuri. Saneerattujen kohteiden (kohteet C ja D) tuloksista on havaittavissa, että saneerauksilla oli saavutettu vain pientä parannusta arvioinnin tuloksiin. Saadut tulokset eivät oleellisesti eronneet sen mukaan, oliko arvioitu kohde uusi, vanhempi vai saneerattu, vaan tulokset heijastelivat selkeästi juuri kohteiden teknisten järjestelmien hallinnan älykkyyttä.

Kaikissa arvioiduissa kohteissa korkeimmat pistemäärät saavutettiin avainalueesta ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen”. Sen pistemäärät olivat avainaluetta ”Energiatehokkuus ja käyttö” noin 10 prosenttiyksikköä korkeammat kaikissa kohteissa. Poikkeuksena oli kohde C1, jossa nämä avainalueet saavuttivat yhtä korkeat pistemäärät. Avainalue ”Energiajousto” sekä ainoa sen alainen vaikutusalue ”Energiajousto ja energian varastointi” osoittautuivat kaikissa kohteissa selkeästi heikoimmaksi siitä saatujen pistemäärien vaihdellessa välillä 5–10 %.

Vaikutusalueista ”Energiajousto ja energian varastointi” oli kaikissa arvioiduissa kohteissa selkeästi heikoin. Sen heikko taso johtui kulutusjouston sekä verkkosignaaleihin pohjautuvan ohjauksen puuttumisesta. Energian varastoinnin puuttuminen ei kuitenkaan vaikuttanut tuloksiin muissa, kuin kohteessa D2, koska laskentatyökalun ohjeistuksen mukaan kyseiset palvelut voitiin seulontaprosessissa (ks. luku 2.3.2) jättää muissa kohteissa arvioinnin ulkopuolelle.

Selkeästi heikoimman vaikutusalueen ”Energiajousto ja energian varastointi” jälkeen matalimmat pistemäärät saavutettiin vaikutusalueissa ”Käyttömukavuus” ja ”Huolto ja vikojen ennakointi”. Näitä heikommin pärjasi ainoastaan ”Asukkaiden informointi” kohteessa C1 muita kohteita selkeästi suppeamman toimintatietojen raportoinnin vuoksi, sekä ”Energiatehokkuus” kohteessa D1, jossa käytössä olleen vanhentuneen tekniikan vuoksi esimerkiksi muuttujaohjaus ei ollut ollut mahdollista. Suurin vaikutusalueen ”Käyttömukavuus” pisteitä laskeva tekijä oli kulutusjouston puuttuminen, jonka vaikutus kyseiseen vaikutusalueeseen on nykyisessä menetelmässä jostakin syystä melko suuri: sen kaikista yksittäispisteistä 11/82 (13.4 %) tulee kulutusjoustomahdollisuuden olemassaolosta. Vaikutusalueen ”Huolto ja vikojen ennakointi” pisteitä taas laskee se, ettei kohteissa ollut käytössä kattavia diagnostiikkafunktioita vikatilanteiden tunnistamiseksi.

Eniten vaihtelua kohteiden tulosten välillä oli vaikutusalueessa ”Asukkaiden informointi”, jossa pistemäärät vaihtelivat välillä 31–79 %. Tuloksissa on havaittavissa selkeä korrelaatio vaikutusalueesta saatujen pisteiden ja järjestelmien toimintatietojen raportoinnin laajuuden välillä. Kohteessa C1 oli saatavilla ainoastaan hetkelliset toimintatiedot, mikä riitti pistemäärään 31 %. Kohteissa B ja C2 oli hetkellisten toimintatietojen lisäksi saatavilla myös historiadataa sekä toiminnan arvioinnin mahdollistavat vertailuarvot, mikä nosti pistemäärät noin 60 %:iin. Kohteissa A, D1 ja D2 toimintatiedot sekä tiedot järjestelmien energiankulutuksesta oli edellisistä poiketen saatavilla keskitetysti yhdeltä käyttöliittymältä, minkä vaikutuksesta kohteet saavuttivat vaikutusalueesta pistemääräksi lähes 80 %.

Kohteiden vaikutusalueesta ”Energiatehokkuus” saamien pistemäärien ja energiatehokkuusluvun välillä oli havaittavissa korrelaatiota. Taulukossa 19 on esitetty kohteiden saavuttamat pistemäärät vaikutusalueessa ”Energiatehokkuus” sekä energiatodistuksissa ilmoitetut energiatehokkuusluokat ja energiatehokkuuden vertailuluvut. Kohteen C1 energiakatselmointi on tehty

ennen aikaisempaa perusparannusta, jossa muun muassa lisättiin kohteeseen energiatehokkuutta huomattavasti parantava lauhdelämmön talteenottojärjestelmä. Tulos ei siis vastaa kohdetta siinä kunnossa, johon perustuen SRI-arviointi suoritettiin. Muiden kohteiden tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että korkeammat pistemäärät vaikutusalueesta ”Energiatehokkuus” viittaisi rakennuksen olevan myös energiatehokkuudeltaan parempi. Korrelaatio ei kuitenkaan itsessään ole todiste siitä, että parempi energiatehokkuus johtuisi juuri älykkäistä ratkaisuista. Näin pienellä otannalla sattuman mahdollisuutta ei voida sulkea pois, eikä siksi voida luotettavasti todeta korkeamman SRI-pistemäärän viittaavan suoraan parempaan energiatehokkuuteen.

Taulukko 19. Kohteiden SRI-pistemäärät vaikutusalueesta ”Energiatehokkuus” sekä energiatehokkuusluokat ja energiatehokkuuden vertailuluvut.

Kohde	A	B	C1	C2	D1	D2
Vaikutusalueen ”Energiatehokkuus” älyvalmiuspistemäärä (%)	61	57	49	53	50	63
E-luokka	B	C	F *	- **	D	- **
E-luku (kWh _e /m ² vuosi)	130	190	370 *	- **	280	- **

* Energiatodistus ennen vuonna 2014 tehtyä saneerausta
 ** Energiatodistus ei saatavilla

Kaikissa arvioiduissa kohteissa selkeästi heikoimmat aihealueet olivat ”Sähköajoneuvojen lataus” sekä ”Valaistus”. Kuten luvussa 5.2 todettiin, palvelu EV-16 (Yhteistyö verkon kanssa) laskee aihealueen pistemäärää merkittävästi, jos lataustehoja ei ole mahdollista säätää verkon tarpeiden mukaisesti verkkosignaalien avulla. Aihealueen ”Valaistus” pisteitä taas laskee pääasiassa luonnonvalotasoon perustuvan valaistuksen ohjauksen puuttuminen, mutta myös se, ettei arvioitujen kohteiden myymälätilan valaistuksessa hyödynnetä läsnäolotunnistukseen perustuvaa ohjausta. Heikko tulos valaistuksen osalta on kuitenkin yllättävä, koska Suomessa tästä on arvioitu saatavan käytännössä aina hyvät pisteet, ja palvelulle on jopa toivottu lisää korkeampia toiminnallisia tasoja entistä älykkäämmille ohjausratkaisuille [58]. Näiden tulosten perusteella tämä ei kuitenkaan päde suomalaisissa liikekiinteistöissä.

”Ilmanvaihto” saavutti aihealueista selkeästi korkeimmat pistemäärät. Tämän jälkeen parhaimmat tulokset saavutettiin aihealueista ”Lämmin käyttövesi” ja ”Sähkö”. Kuitenkin ainoastaan kohteissa A ja D2 on käytössä lämminvesivaraaja käyttöveden tarpeisiin, joten nämä olivat ainoat kohteet, joissa toimintatietojen raportoinnin lisäksi oli mukana muitakin palveluja. Aihealueen ”Sähkö” osalta kohde D2 oli ainoa, jossa kulutustietojen raportoinnin lisäksi arvioitiin muitakin palveluja, koska vain tässä kohteessa on

omaa paikallista sähköntuotantoa. Näissä aihealueissa kohteet A ja D2 erotuvat tuloksissa kuitenkin siten, että niiden pistemäärät ovat muita alhaisemmat, koska näiden aihealueiden muut palvelut ovat toteutettu kohteissa A ja D2 SRI:n näkökulmasta vähemmän älykkäällä tavalla kuin toimintatietojen raportointi. Lisäksi kohteen D2 tulosta aihealueesta ”Sähkö” laskee varastoinnin puuttuminen sekä se, ettei paikallisesti tuotetun sähkön kulutusta optimoida mitenkään, vaikka tuotannon vähyyden vuoksi tällaisia järjestelmiä ei ole edes järkevää toteuttaa.

Vain yhden palvelun arvioiminen aihealueissa ”Lämmin käyttövesi” ja ”Sähkö” aiheuttaa tulosten vinoutumista ainoastaan aihealuekohtaisissa pistemäärissä. Tämä johtuu siitä, että aihealueiden pistemäärät lasketaan vain kyseisen aihealueen yksittäispisteiden perusteella. Sen sijaan vaikutusalueiden pistemääriin vaikuttavat jokaisen aihealueen kaikki yksittäispisteet kyseisen vaikutusalueen osalta (ks. luku 2.3.5).

Aihealueesta ”Seuranta ja säätö” on selkeästi havaittavissa järjestelmien toiminta- ja energiankulutustietojen keskitetyn raportoinnin vaikutus aihealueen pistemääriin. Kohteet A, D1 ja D2, jossa on toteutettu keskitetty raportointi, saavuttivat selvästi muita kohteita korkeammat pisteet tästä aihealueesta. Ero on vielä selkeämpi, kun verrataan kohteiden saamia aihealueen pistemääriä vaikutusalueen ”Asukkaiden informointi” osalta. Ero pistemäärissä johtuu lähes täysin järjestelmien toiminta- ja energiankulutustietojen keskitettyä raportointia koskevasta palvelusta, sillä muiden palvelujen toiminnallisissa tasoissa ei näiden ja muiden kohteiden välillä ollut merkittäviä eroja.

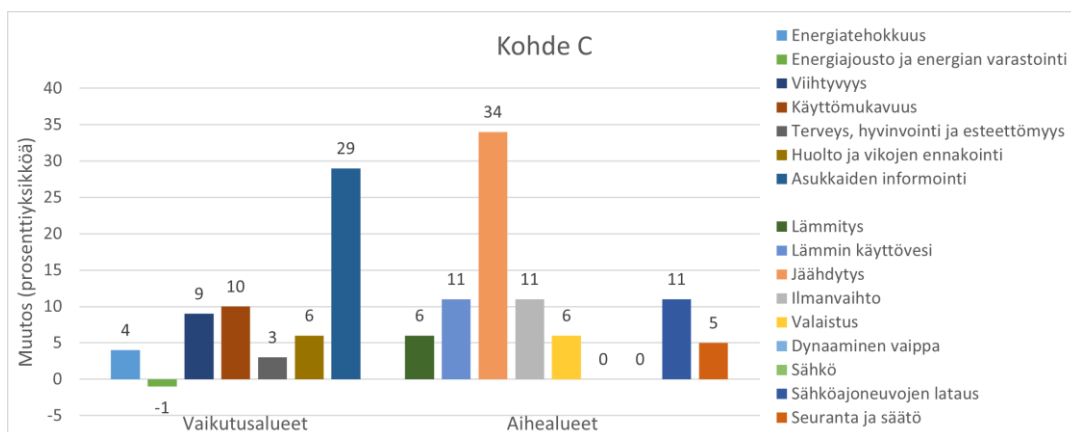
7.3 Korjaamisen vaikutus arviointien tuloksiin

Tutkimusaineistona olleista liikekiinteistöistä kahteen, kohteeseen C ja D, suoritettiin kaksi erillistä SRI-arviointia, joista toinen perustui rakennuksen nykyiseen tilaan ja toinen rakennuksen tilaan ennen viimeisintä laajempaa perusparannusta. Tiedot näistä kohteista sekä niille tehtyjen saneerausten laajuudesta on esitetty luvussa 4.2. Näiden arviointien tulosten pohjalta pyrittiin arvioimaan sitä, miten saneerauksen vaikutukset näkyvät kohteiden älyvalmiuspistemäärissä. Korjaamisen vaikutukset avain-, vaikutus- ja aihealueiden pistemääriin olivat näissä kohteissa hyvin erilaiset, minkä vuoksi vaikutukset käydään läpi molempien kohteiden osalta erikseen.

Korjaamisen vaikutuksesta kohteen C SRI-kokonaispistemäärä nousi 5 prosenttiyksikköä. Avainalueista ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” parani eniten, 13 prosenttiyksikköä, ja ”Energiatehokkuus ja käyttö” nousi 4 prosenttiyksikköä. ”Energiajousto” sen sijaan laski 1 prosenttiyksikön verran johtuen palvelusta EV-16 (Yhteistyö verkon kanssa) saatavista negatiivisista pisteistä (ks. luku 5.2), sekä jäähdytysjärjestelmän lisäämisen myötä kasvaneesta rakennuskohtaisesta enimmäispistemäärästä.

Vaikutusalueista merkittävin parannus saavutettiin alueessa ”Asukkaiden informointi”. Sen pistemäärä nousi perusparannuksen myötä jopa 29 prosenttiyksikköä, mikä selittää myös avainalueen ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” pisteiden merkittävän nousun. Vaikutusalueen pisteiden nousun taustalla on parannukset eri järjestelmien toimintatietojen raportoinnissa niin, että toimintatietojen historiadata on RAU-järjestelmän saatavilla ja hyödynnettävissä. Muiden vaikutusalueiden pistemäärät nousivat 3–10 prosenttiyksikköä.

Kohteeseen C lisättiin perusparannuksen yhteydessä aiemmin puuttuneet jäädytys- ja sähköajoneuvojen latausjärjestelmät. Tuloksista sekä kuvata 27 havaittava näiden aihealueiden pistemäärien nousu johtuikin vain siitä, että kohteesta puuttuvien järjestelmien pistemääräksi esitetään tuloksissa 0 %. Näiden aihealueiden pistemäärien nousun vaikutus muihin pistemääriin ei ole niin merkittävä, kuin tuloksista voisi päätellä, sillä myös kohdekohtaiset enimmäispistemäärät ovat nousseet järjestelmien lisäämisen myötä. Muista aihealueista suurimmat parannukset saavutettiin aihealueissa ”Lämmin käyttövesi” sekä ”Ilmanvaihto”, joista jälkimmäisen nousu johtui lähes täysin siitä, että vapaatuuletuksen hyödyntäminen ilmanvaihdossa otettiin saneeraus-yhteydessä käyttöön. Järjestelmien toimintatietojen raportoinnin paraneminen taas selittää lähes täysin aihealueiden ”Lämmitys”, ”Lämmin käyttövesi” sekä ”Seuranta ja säätö” pistemäärien nousun. Lisäksi läsnäolotunnistuksen lisääminen joidenkin tilojen valaistuksen ohjaukseen paransi aihealueen ”Valaistus” tulosta hieman.



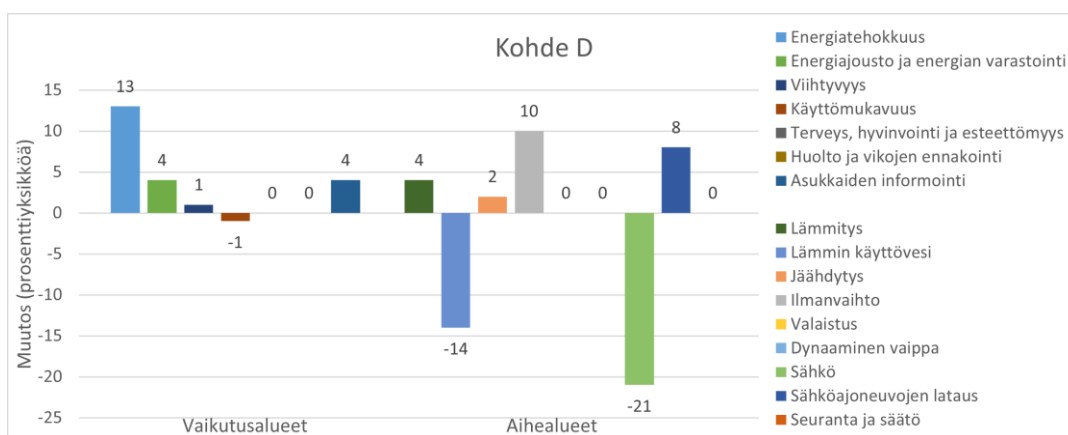
Kuva 27. Korjaamisen vaikutus kohteen C vaikutus- ja aihealueiden älyvalmiuspistemääriin.

Kohteeseen D tehdyn uudistuksen myötä kohteen SRI-kokonaispistemäärä nousi 41 %:sta 45 %:iin. Avainalueista eniten nousi ”Energiätehokkuus ja käyttö”. ”Energiajousto” saavutti 4 prosenttiyksikön pistemäärän nousun, kun taas avainalueen ”Asukkaiden tarpeisiin vastaaminen” pistemäärä pysyi lähes samana.

Vaikutusalueen ”Energiatehokkuus” pistemäärä nousi kohteessa D vaikutusalueista eniten, 13 prosenttiyksikköä. Selkeä parannus selittyy pääasiassa tulo- ja poistoilmakoneiden modernisoinnilla ja sen myötä käyttöön otetulla muuttujaohjauksella. Lisäksi vaikutusalueiden ”Energiajousto ja energian varastointi” sekä ”Asukkaiden informointi” pistemäärät nousivat molemmissa 4 prosenttiyksikköä, joista ensin mainitun nousun tärkein tekijä on lämmitysjärjestelmään lisätty lämpöpumppujärjestelmä ja sen lämmöntarpeeseen perustuva automaattien ohjaus. Jälkimmäisen pistemäärä taas nousi lisätyn sähköajoneuvojen latausjärjestelmän ansiosta. Muiden vaikutusalueiden pistemäärien osalta uudistuksen vuoksi tapahtunut muutos oli hyvin vähäistä, kuten kuvasta 28 on havaittavissa.

Korjaamisen seurauksena aihealueiden ”Sähkö” ja ”Lämmin käyttövesi” pistemäärät yllättäen laskivat merkittävästi. Pistemäärien laskua selittää se, että ennen perusparannusta tehdyssä arvioinnissa kummassakin aihealueessa arvioitiin ainoastaan toimintatietojen raportointia koskeva palvelu, josta kohteet saavuttivat korkeahkot pistemäärät. Perusparannuksen jälkeen arviointiin lisätyissä palveluissa ei kuitenkaan saavutettu yhtä korkeaa älyvalmiustasoa. Tämä korostui etenkin aihealueen ”Sähkö” osalta, jossa paikallisen tuotannon vähäisyyden vuoksi varastoinnin ja tuotetun sähkön käytön optimoinnin toteuttaminen ei olisi edes järkevää.

Suurin parannus pistemääriin saavutettiin aihealueissa ”Ilmanvaihto” ja ”Sähköajoneuvojen lataus”, joista jälkimmäinen lisättiin kohteeseen vasta saneerauksen yhteydessä. Siksi se ei vaikuta muihin pistemääriin niin merkittävästi. Aihealueiden ”Lämmitys”, ”Jäähdytys” ja ”Ilmanvaihto” pistemäärien nousuun vaikutti olennaisesti tulo- ja poistoilmakoneiden modernisointi sekä muuttujaohjauksen käyttöönotto.



Kuva 28. Korjaamisen vaikutus kohteen D vaikutus- ja aihealueiden älyvalmiuspistemääriin.

7.4 Tulosten antamat viitteet kohteen kehitystarpeista

Yksistään SRI-arvioinnista saatavia tuloksia tarkastelemalla selviää ainoastaan se, miten hyvin mitkään osa-alueet suoriutuivat arvioinnista. Tässä työssä suoritettujen arviointien tuloksista oli esimerkiksi nähtävissä, että suurin potentiaali kohteiden älyvalmiustason parantamiselle on energiatuotannon sekä energian varastoinnin saralla. Samoin kohteen C tuloksista ennen saneerausta oli havaittavissa parantamisen varaa vaikutusalueessa ”Asukkaiden informointi”. Tätä parannettiin saneerauksen yhteydessä, minkä vuoksi vaikutusalueen pistemäärä nousi huomattavasti.

Arvioinnin tulokset eivät kuitenkaan antaneet aina totuudenmukaista kuvaa siitä, mihin vaikutus- tai aihealueeseen olisi kannattavinta tehdä parannuksia. Esimerkiksi aihealueen ”Sähköajoneuvojen lataus” pistemäärät jäivät tämän työn kohteissa noin 10 %:iin palvelusta EV-16 (”Sähköajoneuvojen latauspaikkojen määrä”) saatavien negatiivisten pisteiden vuoksi, ja ainoa keino aihealueen pistemäärän nostamiseksi olisi toteuttaa verkkosignaaleihin perustuva lataustehon säätö. Tulosten vääristymät painottuvat enemmän aihealueiden pistemääriin, mikä johtuu pistemäärien laskentatavasta (ks. luku 2.3): Vaikutusalueiden pistemääriin vaikuttavat kaikkien aihealueiden yksittäispisteet, jolloin yksittäisten palvelujen vaikutus on melko pieni. Sen sijaan aihealueiden pistemäärät perustuvat vain yhden aihealueen yksittäispisteisiin, jolloin yksittäisten palvelujen vaikutus voi olla dominoiva.

Toinen ongelma on saatujen tulosten heikko luettavuus. Luettavuutta heikentää se, että vaikka aihealue ei seulontaprosessin myötä vaikuttaisi arvioinnin tuloksiin, tai aihealueella ei olisi vaikutusta johonkin vaikutusalueeseen, merkitään sen pistemääräksi tuloksissa 0 %. Tämä näkyy esimerkiksi aihealueen ”Dynaaminen vaippa” osalta aihealueiden pistemääriä esittävässä kuvassa, kuten kuvassa 21 sivulla 54, ja vaikutusalueen ”Asukkaiden informointi” pistemäärässä aihealueen ”Valaistus” osalta yksityiskohtaisempia tuloksia esittävässä taulukoissa, kuten sivun 55 taulukossa 10. Tuloksista ei siis suoraan ilmene, milloin pistemäärä 0 % tarkoittaa huonoa älyvalmiustasoa ja milloin sitä, ettei kyseisellä aihealueella ole vaikutusta tuloksiin, mikä vaikeuttaa oleellisesti johtopäätösten tekemistä arvioinnista saatujen tulosten pohjalta.

Tuloksissa ei esitetä jokaisen yksittäisen palvelun tasoa tai vaikutusta arvioinnin tuloksiin. Siksi tuloksista yksistään ei myöskään ilmene, mitä voisivat olla ne konkreettiset keinot, joilla rakennuksen älyvalmiustasoa saataisiin parannettua. Tällaisten konkreettisten keinojen kartoittamiseksi tarvitaan rakennuksen teknisten järjestelmien sekä SRI:n tuntemusta.

7.5 Yhteenveto johtopäätöksistä

Tässä luvussa 7 käytiin läpi tutkimuksessa suoritettujen arviointiprosessin sekä arvioinnista saatujen tulosten perusteella tehdyt havainnot, joiden pohjalta

samalla vastattiin johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Kohteille suoritetuista arvioinneista saatujen tulosten perusteella havaittiin, ettei tuloksissa korostu niinkään rakennuksen ikä tai se, milloin rakennusta on saneerattu, vaan tulokset heijastelevat selkeästi teknisten järjestelmien toteutusta ja niiden älykkyyttä. Saatujen tulosten perusteella nykyinen suunnittelu ja rakentaminen tuottaa vain hieman nykyistä liikerakennusten kantaa älyvalmiimpia liikerakennuksia. Korjaamisen havaittiin nostavan kokonaispistemäärää vain hieman, vaikka kohteille tehdyt perusparannukset ovatkin olleet laajoja; kohteen C saneerauksen ja laajennuksen yhteydessä uusittiin lähes kaikki tekniset järjestelmät. Arviointiprosessin aikana taas ilmeni, että arviointimenetelmässä sekä palvelukatalogissa on runsaasti tulkinnanvaraisuuksia, ongelmia ja epä johdonmukaisuuksia, jotka lisäävät tulosten riippuvuutta arvioinnin suorittajasta ja aiheuttavat tuloksiin vääristymiä.

Arvioinnissa käytetyn laskentatyökalun esittämien tulosten havaittiin antavan viitteitä siitä, missä osa-alueissa on suurin parannuspotentiaali. Tuloksissa olevat vääristymät sekä tulosten esittämistavasta johtuva heikko luettavuus johtavat kuitenkin siihen, että tosiasiallisesti potentiaalisten parannuskohtien havaitseminen on vaikeaa, ellei ole ymmärrystä tulosten vääristymistä aiheuttavista seikoista. Toisaalta arvioinnin suorittamisen koettiin antavan melko hyvän käsityksen siitä, miten rakennuksen älyvalmiutta voisi tehokkaimmin parantaa, ja tätä hyödyntämällä voisi välttää edellä mainituista ongelmista johtuvat hankaluudet kartoittaessa keinoja SRI-luokituksen parantamiseksi. Tosin tulosten vääristyminen voi johtaa siihen, että arvioinnin tulosta parantaviin toimenpiteisiin keskittymällä ei välttämättä saavutettaisikaan SRI:n tavoitteiden mukaisia parannuksia.

Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että yksistään arvioinnista saatujen tulosten perusteella SRI:n vaikutus jäisi lähinnä ainoastaan toteavaksi, eikä sellaisenaan soveltuisi ohjaamaan rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua. SRI:n vaikutus muuttuisi enemmän suunnittelua ohjauvaksi, jos tulosten yhteydessä esitettäisiin myös arvioinnin pohjalta muodostettuja toimenpide-ehdotuksia älyvalmiustason parantamiseksi. Toisaalta SRI:n hallitsevia henkilöitä hyödyntämällä olisi mahdollista ohjata rakennusten suunnittelua suosimaan älykkäämpiä teknologioita käyttäen ohjeena arvioinnin tulosten sijaan itse menetelmää.

8 Pohdintaa SRI:stä ja sen kehityksestä

Tämän diplomityön laadullinen tutkimus tuloksineen ja johtopäätöksineen on esitetty aiemmissa luvuissa 4–7. Näissä luvuissa, kuten koko tutkimuksessa, on keskitytty rakennusten älyindikaattorin tarkasteluun sellaisenaan kuin se nykyisessä muodossaan on. SRI:n kehitys on kuitenkin vielä kesken, joten erilaisista sen kehitykseen ja lopulliseen muotoon liittyvistä näkökulmista ja ideoista on tärkeää käydä keskustelua. Siksi tässä luvussa esitetään tutkimuksen aikana heränneitä kehitysideoita sekä pohditaan yleisesti SRI:hin ja sen tavoitteisiin liittyvistä aiheista. Lisäksi luvun lopussa on tuotu esille aiheita, joiden osalta tutkimuksia voisi olla tarpeellista jatkaa pidemmälle.

SRI on vielä keskeneräinen järjestelmä, ja sen mahdollisesti Suomessa käyttöön tuleva muoto selviää vasta myöhemmin. Järjestelmän käyttöön otavilla jäsenvaltioilla on suhteellisen paljon vapauksia muokata arviointimenetelmää parhaaksi katsomallaan tavalla. Tässä työssä tehtyjen havaintojen pohjalta olisi mahdollista tehdä sellaisia parannuksia, että SRI soveltuisi paremmin ohjaamaan suomalaisten liikerakennusten, ja samalla muidenkin rakennusten, rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua.

Jokainen arviointimenetelmästä tai palvelukatalogista havaittu tulkinnanvarainen kohta, jonka käsittelylle ei ole selkeää ohjeistusta, johtaa siihen, että arvioinnin suorittajan tarvitsee tehdä subjektiivisia tulkintoja. Luvussa 5 kuvattiin itse arviointimenetelmään liittyviä tulkinnanvaraisuuksia, jotka vaikuttavat oleellisesti arviointiin ja sen tuloksiin. Tulisikin määrittää selkeät linjaukset ja ohjeistukset käsitteen ”valmius” merkitykselle sekä sille, missä tapauksissa tietyt palvelut tulisi seulontaprosessissa määrittää halutuiksi, eli ne vaikuttaisivat rakennuskohtaiseen enimmäispistemäärän, vaikka palvelu ei olisikaan kohteessa sovellettavissa. Lisäksi palvelukatalogissa esiintyviin tulkintaa vaativiin kohtiin tarvittaisiin ohjeistus, kuinka niitä tulisi erilaisissa tilanteissa tulkita.

Arviointiprosessin aikana ilmenneiden epäjohtonmukaisuuksien ja muiden ongelmien havaittiin vääristävän arvioinnin tuloksia. Ne voivat myös johtaa tulosten riippumiseen arvioitsijasta, jos arvioitsija pyrkii välttämään järjestelmien epäreilua kohtelua tekemällä arvioinnissa ohjeistuksesta poikkeavia ratkaisuja. Lisäksi SRI:ssä on arvioitu olevan suuri riski sille, että rakennusten omistajat ryhtyisivät ”halpojen pisteiden kalasteluun” [59]. Ongelmat tulisikin korjata niin, että tulokset vastaisivat todellisuutta, ja että kaikenlaiset parannukset älyvalmiustasossa johtaisivat oikeansuuntaiseen kehitykseen ja tosiasialliseen ilmastokuormituksen vähenemiseen silloinkin, kun parannukset olisivatkin seurausta ”halpojen pisteiden kalastelusta”.

Lisäksi älyvalmiustodistuksessa esitetyistä tuloksista olisi tarpeen poistaa nykyisessä arviointityökalussa esiintyvät luettavuusongelmat niin, että tulokset olisivat mahdollisimman informatiiviset. SRI:n roolia suunnittelua ohjaavana työkaluna tulisi myös vahvistaa sillä, että älyvalmiustodistuksessa

velvoitettaisiin esittämään myös suosituksia sellaisista toimenpiteistä, joilla rakennuksen älyvalmiustasoa olisi järkevä pyrkiä parantamaan.

SRI:tä on kritisoitu menetelmän energiakeskeisyydestä. Esimerkiksi Penttilän työssään haastattelemat eri talotekniikan asiantuntijat toivoivat, että ihmiskeskeisyys ja käyttäjän vuorovaikutus rakennuksen kanssa olisi SRI:ssä nykyistä keskeisemmässä roolissa [58]. Lisäksi käyttäjien ja käyttäjäpalvelujen vähäinen huomiointi on Rantasen työssään haastatteleman SRI-asiantuntijan mukaan yksi menetelmän heikkouksista [60]. SRI:n keskeisin tavoite on kuitenkin vähentää EU:n rakennuskannan aiheuttamaa ilmastokuormitusta parantamalla rakennusten energiatehokkuutta, sekä mahdollistaa uusiutuvien energialähteiden laajempi käyttö lisäämällä rakennusten joustavuutta energiaverkkojen tarpeiden mukaan. Sen sijaan ihmiskeskeisyyteen keskittyvien indikaattorien ensisijainen käyttötarkoitus lienee kaupallinen: niillä pyritään lisäämään rakennuksen arvoa tai houkuttavuutta asiakkaiden näkökulmasta. Siksi ihmiskeskeisyyttä ja käyttäjän mahdollisuutta vuorovaikutukseen rakennuksen kanssa arvioivien järjestelmien kehittämisen ei pitäisikään kuulua EU:n tai muunkaan julkisen sektorin tehtäviin, vaan se tulisi hoitaa yksityisten kaupallisten toimijoiden toimesta.

Lisäksi SRI on saanut kritiikkiä siitä, ettei rakennuksen kykyä vastata sekä käyttäjän että energiaverkon tarpeisiin pitäisi mitata yhdellä samalla indikaattorilla muun muassa siksi, että niiden mittaamiseen käytetään aivan eri suureita [36, 61]. Vaikka SRI:n tavoitteet ovatkin energiakeskeisiä, on käyttäjien tarpeiden huomioiminen tärkeää, jotta parannuksia ei tehtäisi rakennuksen käytettävyyden kustannuksella. On myös syytä muistaa, ettei SRI:ssä arvioida esimerkiksi sisäilman terveellisyyttä ja mukavuutta itsessään, vaan rakennuksessa toteutetun *älykkyyden* vaikutusta näihin.

Energiatodistuksen ja SRI:n välillä on todettu olevan ristiriita: energiatehokkuudeltaan heikot rakennukset voivat saavuttaa hyvän tuloksen SRI:ssä. Esimerkiksi Fokaides, Panteli ja Panayidou havaitsivat tutkimuksessaan arvioimansa rakennuksen, jonka energialuokitus oli D, saavuttavan SRI-kokonaispistemääräksi jopa 52 % [34]. Onkin pohdittu, pitäisikö asettaa jokin raja, jota huonomman energiatodistuksen tuloksen saaneisiin rakennuksiin SRI:tä ei tulisi soveltaa [9, p. 66]. Suurin potentiaali rakennusten aiheuttaman ilmastokuormituksen vähentämiseksi on kuitenkin juuri energiatehotomissa rakennuksissa, joten rajan asettaminen toimisi vahvasti EU:n SRI:tä koskevien tavoitteiden saavuttamista vastaan. Sen sijaan edellä mainitun tutkimuksen tulokset vahvistavat, että SRI on onnistunut tavoitteessaan arvioida juuri älykkyyden tuomia lisähyötyjä. Energiatehokkuudeltaan huonommin rakennuksen tai järjestelmän aiheuttamaa ilmastokuormitusta voidaan vähentää hyödyntämällä älykästä ohjausta. Toisaalta tutkimuksen tuloksista on huomioitavaa, että ”Energiatehokkuus” sai kaikista vaikutusalueista heikoimmat pistemäärät arvioidussa rakennuksessa. Tämä osoittaa, ettei SRI energiakeskeisyydestään huolimatta keskity yksinomaan energiatehokkuuteen.

Merkittävin arviointimenetelmään vaikuttava tulkinnanvaraisuus on, mitä käsitteellä ”valmius” tarkoitetaan. VITO NV:n tutkimusraportin mukaan valmiutta tulisi tulkita näin: toiminnallisen tason saavuttamiseksi tulisi riittää, että rakennus kykenisi täyttämään sen vaatimukset, vaikka sen potentiaalia ei ole otettu käyttöön [9]. Esimerkiksi taajuusmuuttajalla varustetuilla pumpuilla voisi siis katsoa olevan valmius muuttujaohjaukseen, vaikka sitä ei olisikaan toteutettu. Tällöin vapaasti ohjelmoitavalla RAU-järjestelmällä varustetulla rakennuksella voisi kuitenkin tulkita olevan valmius käytännössä mihin vain, mikä fyysisten asennusten puitteissa olisi mahdollista toteuttaa. SRI:stä voisi saada hyvät pisteet ilman, että rakennuksen toiminta edistäisi energiatehokkuutta tai joustavuutta energiaverkkoihin. Tämä vaikuttaa nurinkuriselta, etenkin kun huomioi EU:n tavoitteet näiden parantamiseksi. Toinen tapa on tulkita valmiuden kattavan vain ne toiminnallisuudet, jotka on rakennuksessa toteutettu, mutta eivät ole rakennuksesta riippumattomista syistä käytössä [17, 38]. Tällöin esimerkiksi rakennuksessa toteutettuja, mutta pois päältä kytkettyjä älykkäitä toiminnallisuuksia ei huomioitaisi arvioinnissa lainkaan. Älykkään toiminnan kytkeminen pois päältä ei kuitenkaan vähennä rakennuksen valmiutta toimia älykkäästi, eikä siksi käyttäjän toimesta tapahtuvan älykkään toiminnan rajoittamisen pitäisi vaikuttaa SRI-arviointiin negatiivisesti.

Tässä työssä valmiudesta on käytetty tulkintaa, joka on kahden edellä mainitun tulkinnan välimaastosta. Valmiudeksi on katsottu riittävän, jos jonkin toiminnallisuuden käyttöönottoa varten ei tarvita fyysisiä asennustöitä tai ohjausalgoritmin luomista kokonaan, vaan toiminta saadaan käyttöön pienehköillä muutoksilla ohjausalgoritmiin. Tulkinnan etu on siinä, ettei rakennuksen pistemääriä vähennä turhaan se, jos helposti käyttöön otettavia toiminnallisuuksia ei vain ole jostakin syystä hyödynnetty. Lisäksi se antaa hieman liikkumavaraa arvioitaessa järjestelmiä, joiden toiminnalle ei palvelukatalogista löydy yksiselitteisesti kuvaavaa toiminnallista tasoa. Samalla tulkinta kuitenkin lisää menetelmään tulkinnanvaraisuutta.

Palveluja kuvaavien järjestelmien on suositeltu vaikuttavan rakennuskoh-
taiseen enimmäispistemäärään, jos palvelu on esimerkiksi paikallisen lain-
säädännön puitteissa haluttu tai pakollinen (ks. luku 2.3.2). Tällä hetkellä
laskentatyökalussa tai sen ohjeistuksessa ei ole kuitenkaan määritetty, missä
tapauksissa palvelun tulisi olla pakollinen. Menetelmä siis mahdollistaa usei-
den aihealueiden ja palvelujen jättämisen arvioinnin ulkopuolelle, jos niitä ei
ole kohteessa toteutettu riippumatta siitä, olisiko nämä tarpeen tulkita pa-
kollisiksi. Etenkin paikallista sähköntuotantoa ja varastointia koskevien pal-
velujen kohdalla tämä tuntuu ristiriitaiselta, koska uusiutuvan energian ja
varastoinnin käytön lisääminen on EU:n keskeisiä tavoitteita [57], ja korkei-
den pistemäärien on todettu viittaavan muun muassa rakennuksen kykyyn
varastoida energiaa [21]. Nykyisen menetelmän ja ohjeistuksen mukaan seu-
lontaprosessissa kaikki paikallista energiantuotantoa ja energian

varastointia koskevat palvelut voidaan kuitenkin jättää pois ja saavuttaa silti jopa korkein mahdollinen älyvalmiusluokitus.

Seulontaprosessin myötä voidaan myös päätyä tilanteeseen, jossa aiemmin puuttuneen järjestelmän lisääminen laskeekin SRI-luokitusta, jolloin menetelmä ei välttämättä kannustakaan tekemään rakennukseen tällaisia parannuksia. Esimerkiksi sähköajoneuvojen latauksen mahdollistaminen voi huonontaa arvioinnin tulosta, ellei järjestelmän älykkyyteen panosteta. Kannustavuutta lisäisi se, jos palvelut, joiden käyttöä haluttaisiin lisätä, määriteltäisiin pakollisiksi. Tämä asettaisi kuitenkin vanhemmat rakennukset eriarvoiseen asemaan, jos kyseisen järjestelmän käyttö ei ole aiemmin ollut yleistä tai pakollista tai edes mahdollista. Siksi erilaisten järjestelmien kohdalla tulisi tarkastella tapauskohtaisesti, milloin ne voidaan määritellä pakollisiksi. Sen tulisi myös aina, kun mahdollista, pohjautua siihen, milloin kyseistä järjestelmää koskeva lainsäädäntö on tullut voimaan. Esimerkiksi sähköajoneuvojen latauspaikkojen kohdalla olisi luontevinta nojata siihen, mistä lähtien lainsäädäntö on velvoittanut niiden olemassaoloa. Tällöin vanhemman rakennuksen kohdalla sähköajoneuvojen latausta koskevat palvelut eivät olisi pakollisia, mutta seuraavan laajemman saneerauksen jälkeen taas olisivat.

Asetuksen 2020/2155/EU mukaan SRI:n avulla tulee voida korostaa kehittyneiden älyteknologioiden tuomia lisähyötyjä [11]. Älykkyyden ei kuitenkaan pitäisi olla itseisarvo, eikä SRI:n tulisi kannustaa älykkään teknologian käyttöönottoon älykkyyden itsensä vuoksi. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että älykkyyden lisääminen joissakin toiminnoissa, esimerkiksi paikallisesti tuotetun sähkön käytön ohjauksessa, LLTO:lta saatavan energian hyödyntämisessä sekä lämmitys- ja jäähdytysenergian eri tuotantomuotojen välisessä priorisoinnissa, ei aina tuota konkreettisia hyötyjä, eikä ole siksi myöskään järkevää (ks. luku 5.2). Siksi menetelmässä tulisi olla mahdollisuus tietyissä tilanteissa jättää palvelu tai sen korkeimmat toiminnalliset tasot arvioinnin ulkopuolelle niin, ettei ne vaikuttaisi rakennuskohtaiseen enimmäispistemäärään.

Älyvalmiustodistuksessa (ks. luku 2.4) ei ole velvoitettu esitettävän suosituksia toimenpiteistä, joilla rakennuksen älyvalmiustasoa voisi parantaa. Parannusehdotukset eivät välttämättä olisi tarpeellisia, jos SRI:n avulla pyritäisiin ainoastaan kartoittamaan rakennuskannan älykkyyden tasoa. SRI:n perimmäinen tavoite on kuitenkin vähentää rakennuskannan aiheuttamaa ilmastokuormitusta lisäämällä rakennuksissa käytettävää älykästä teknologiaa. Siksi SRI:n vaikutuksen tulisi olla ennemminkin suunnittelua ohjaava kuin pelkästään toteava, kuten myös Suomen kansallista testaushanketta vetävä Ketomäki blogikirjoituksessaan on todennut [32].

Tämän työn perusteella pelkät SRI-arvioinnista saatavat tulokset eivät anna kunnollista kuvaa siitä, miten rakennuksen älyvalmiustasoa saisi järkevästi parannettua. Siksi olisi tärkeää, että arvioinnin yhteydessä esitettäisiin tällaisia parannusehdotuksia, jotta SRI:n tavoitteet rakennuskannan

ilmastokuormituksen vähentämiseksi voitaisiin saavuttaa. Ehdotusten tulisi kuitenkin olla sellaisia, että niiden avulla voisi kustannustehokkaasti tuottaa rakennuksen käyttäjälle tai omistajalle tosiasiallisia hyötyjä, esimerkiksi energian kulutuksen laskua parantuneen energiatehokkuuden myötä. Tällöin SRI:n vastaanottokin olisi todennäköisesti myönteisempää rakennusten omistajien keskuudessa. Toimenpide-ehdotusten lisääminen osaksi arviointiprosessia kuitenkin lisäisi arvioinnin vaatimaa työmäärää ja vaatisi arvioitsijalta laajempaa tuntemusta talotekniikasta ja siten myös tarvetta erilaisille koulutuksille. Tämä voi mahdollisesti lisätä rakennuksen omistajalle arvioinnista koituvia kuluja.

Se, miten käsite ”valmius” määritellään tarkoittavan, vaikuttaa myös arvioinnin yhteydessä mahdollisesti annettaviin parannusehdotuksiin. Jos valmiuden tulkitaan koskevan vain niitä ratkaisuja, jotka rakennuksesta riippumattomista syistä ei ole käytössä, koskisi parannusehdotukset todennäköisesti lähinnä näiden ottamista käyttöön. Tämä lisäisi rakennuksessa jo olevan älykkyyden tuoman potentiaalın realisoitumista, mutta vähentäisi kannustavuutta panostaa uusiin älykkäisiin ratkaisuihin. Jos taas valmiudeksi riittää se, että jokin toiminta olisi mahdollista, mutta ei käytössä, kannustaisi parannusehdotuksetkin investoimaan uusiin älykkäisiin teknologioihin. Toisaalta riippumatta valmiuden tulkintatavasta, arvioinnin yhteydessä voitaisiin myös antaa kahdenlaisia toimenpide-ehdotuksia: sellaisia, joilla rakennuksessa jo oleva potentiaali älykkääseen toimintaan otettaisiin käyttöön ja sellaisia, joiden avulla rakennuksen älyvalmiutta voitaisiin muuten parantaa.

SRI:tä on toivottu kehitettävän arviointimenetelmän C (ks. luku 2.3.1) mukaista rakennusten todelliseen toimintaan ja mitattuun dataan perustuvaan suuntaan, koska arvioinnin perustuminen rakennuksessa oleviin järjestelmiin ja niiden teoreettiseen potentiaaliin todellisen toiminnan ja suorituskyvyn sijaan on nähty olevan sen suurimpia ongelmia [36]. Kvantitatiivisen arviointimenetelmän lisäämisen nykyisen kvalitatiivisen rinnalle on myös arvioitu lisäävän SRI:stä saatavia hyötyjä [39]. Nykyisen menetelmän perustuminen älykkäiden ratkaisujen teoreettiselle potentiaalille sekä subjektiivisten tulkintojen mahdollisuuden aiheuttama epävarmuus lisäävät ymmärrettävästi toiveita rakennuksen todelliseen suorituskykyyn perustuvalla menetelmällä. Sellainen ei kuitenkaan kykene huomioimaan rakennuksen järjestelmien *valmiutta* älykkääseen toimintaan, jos älykkäät toiminnallisuudet eivät ole jostakin syystä käytössä. On myös epäselvää, miten rakennuksen suorituskyvyn mittauksista voitaisiin eritellä juuri älykkyydestä johtuvat vaikutukset etenkin niin, ettei siitä koituisi tarpeettoman suurta vaivaa ja kustannuksia rakennuksen omistajalle. Lisäksi SRI:n perimmäinen tavoite ei ole mitata älykkyyden vaikutusta rakennuksen toimintaan, vaan vähentää rakennuksista aiheutuvaa ilmastokuormitusta lisäämällä rakennusten omistajien ja käyttäjien tietoisuutta älykkäiden teknologioiden tuomista lisähyödyistä ja sitä kautta kannustaa niiden käyttöönottoon. Tähän tarkoitukseen nykyinen, kvalitatiivinen menetelmä on sopivan yksinkertainen ja myös

kannustava olettaen, että arvioinnin yhteydessä esitettäisiin toimenpide-ehdotuksia, joilla älyvalmiutta voisi parantaa ja rakennuksen potentiaali saataisiin hyödynnettyä. Sen sijaan todellisiin mittauksiin perustuva menetelmä sopisi ennemminkin tutkimuskäyttöön, esimerkiksi arvioitaessa SRI:n oletettujen hyötyjen realisoitumista.

Tämän tutkimuksen aikana heräsi joitakin ajatuksia mahdollisista jatkotutkimuksen aiheista tulevaisuudessa. Vaikka tässä tutkimuksessa tehdyt havainnot vaikuttavat SRI:hin yleensä, on tutkimus keskittynyt tarkastelemaan SRI:tä nimenomaan liikekiinteistöjen näkökulmasta. Nyt liikekiinteistöjen osalta aloitettua työtä olisikin tarpeen jatkaa myös muiden rakennustyyppien osalta niiden erityispiirteistä johtuvien tarpeiden kartoittamiseksi. Lisäksi, kun Suomessa SRI mahdollisesti otetaan tulevaisuudessa käyttöön, eroaa se todennäköisesti nykyisestä arviointimenetelmästä. Tämä tutkimus olisikin silloin tarpeen toistaa, jotta lopullisen menetelmän soveltuvuutta rakentamisen ja korjaamisen ohjeeksi voitaisiin arvioida. SRI-järjestelmän uskottavuuden parantamiseksi olisi myös hyödyllistä mitata, kuinka suuri vaikutus älyvalmiustason paranemisella on tosiasialliseen, rakennuksista aiheutuvaan ilmastokuormitukseen, sekä SRI:n avainalueisiin. Näin olisi mahdollista arvioida SRI:n mahdollisuutta saavuttaa sille asetetut tavoitteet.

9 Yhteenveto

Tämän diplomityön ensisijaisena tavoitteena oli arvioida rakennusten älyindikaattorin (SRI) soveltuvuutta ohjaamaan liikekiinteistöjen rakentamista ja korjaamista Suomessa. Työ toteutettiin yhteistyössä Keskon ja S-ryhmän kanssa, minkä vuoksi tutkimus rajattiin koskemaan suomalaisia päivittäistavarakauppoja. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin siis kaikki muut liikerrakennukset, kuten hotelli- ja varastorakennukset. Tutkimuksen taustaksi esitettiin SRI ja sen arviointimenetelmä luvussa 2 sekä kuvattiin liikerakennukset osana Suomen rakennuskantaa luvussa 3.

Tutkimuksen ensisijaisen tavoitteen saavuttamiseksi suoritettiin SRI-arviointi neljälle suomalaiselle päivittäistavarakaupalle: yhdelle uudiskohteelle, yhdelle vanhemmalle, jossa laajempi perusparannus ei ole vielä ajankohtainen, sekä kahdelle vastikään saneeratulle kohteelle. Saneeratuille kohteille arviointi suoritettiin perustuen sekä rakennuksen nykyiseen tilaan että tilaan ennen viimeisintä laajempaa perusparannusta, jotta voitiin tarkastella korjaamisen vaikutusta SRI-pistemääriin. Tämän työn aikana suoritettiin siis yhteensä kuusi erillistä SRI-arviointia. Arviointiprosessin aikana tehdyn arviointimenetelmän tarkastelun sekä arvioinneista saatujen tulosten perusteella vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Ilmeneekö arviointimenetelmässä ongelmia tai puutteita, jotka heikentävät SRI:n soveltuvuutta ohjaamaan rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua?
- Miten liikerakennuksen ikä, kunto ja saneeraus vaikuttavat SRI-arvioinnin tulokseen?
- Antaako arvioinnin tulos järkeviä viitteitä siitä, mitä arvioidussa rakennuksissa tulisi parantaa?

Näihin kysymyksiin saatujen vastausten pohjalta arvioitiin sitä, miten SRI soveltuu ohjaamaan liikekiinteistöjen rakentamista ja korjaamista Suomessa.

Tässä tutkimuksessa arvioitujen kohteiden saavuttamat SRI-kokonaispistemäärät vaihtelivat välillä 30–45 %, kun huomioidaan kaikki tutkimuksen aikana suoritettut arvioinnit. Jos arvioinneista huomioidaan vain ne, jotka on tehty kohteiden nykyiseen tilaan perustuen, oli kokonaispistemäärien vaihteluväli 35–45 %. Sen sijaan vanhempaa suunnittelua kuvaavien kohteiden (vanhempi kohde sekä saneeratut kohteet ennen viimeisintä saneerausta) kokonaispistemäärät vaihtelivat välillä 30–41 %. Saneeratuissa kohteissa korjaamisen vaikutuksesta tulokset paranivat vain hieman, vaikka kohteille tehdyt saneeraukset olivatkin laajoja. Tulokset eivät kuitenkaan oleellisesti eronneet sen mukaan, oliko kohde uusi vai vanhempi rakennus, tai oliko sille tehty perusparannus, vaan tulokset selkeästi heijastivat ennemminkin kohteiden teknisten järjestelmien hallinnan älykkyyttä.

Arviointiprosessin aikana arviointimenetelmässä sekä palvelukatalogissa havaittiin olevan runsaasti tulkinnanvaraisuuksia, jotka vaikuttavat suoraan arvioinnin suorittamiseen ja tuloksiin, sekä johtavat siihen, että tulokset riipuvat arvioinnin suorittajasta ja tämän tekemistä subjektiivisista tulkinnoista. Palvelukatalogissa oli myös epäjohtonmukaisiksi ja ongelmallisiksi koettuja kohtia, jotka aiheuttavat tulosten vinoutumista. Lisäksi joitakin arvioiduissa kohteissa käytössä olevia järjestelmiä tai toiminnallisuuksia, kuten erilaisia sulanapitojärjestelmiä, ei ole SRI:ssä huomioitu lainkaan.

Arviointien tulokset yksistään eivät anna luotettavaa kuvaa siitä, missä osa-alueissa älykkyyttä tulisi rakennuksessa parantaa. Tuloksista kyllä ilmenee, miten eri avain-, vaikutus- ja aihealueet suoriutuvat arvioinnista, mutta tuloksista suoraan ei pysty päättelemään, millä konkreettisilla toimilla älyvalmiustasoa voisi parantaa. Arviointia suoritettaessa tällaisten konkreettisten toimien havaitseminen koettiin helpoksi, mutta toimenpide-ehdotusten esittäminen arvioinnin yhteydessä ei nykyisten asetusten mukaan ole pakollista [11]. Edellä kuvatut ongelmat voitaisiin välttää käyttämällä arvioinnin tulosten sijaan itse menetelmää ohjeena huomioimalla SRI:ssä arvioitavat seikat jo suunnitteluvaiheessa, esimerkiksi konsultoimalla SRI:n tuntevaa asiantuntijaa. Sen sijaan huolimatta tavasta, jolla SRI:tä hyödynnetään ohjeena suunnittelussa, arviointimenetelmässä ja palvelukatalogissa havaitut epäjohtonmukaisuudet ja ongelmat vääristävät kuvaa siitä, minkä järjestelmien hallinta on todellisuudessa toteutettu älykkäästi.

Tutkimuskysymyksiin saatujen vastausten perusteella voidaan todeta, ettei SRI nykyisessä muodossaan ja asetuksen 2020/2155/EU nykyisten määritelmien mukaisesti toteutettuna sovellu erityisen hyvin ohjaamaan liikekiinteistöjen rakentamisen ja korjaamisen suunnittelua Suomessa. SRI:ssä on kyllä paljon potentiaalia: se on toteutettu niin, että se keskittyy nimenomaan teknisissä ratkaisuihin toteutetun älykkyyden tuomiin lisähyötyihin vaikutusalueiden näkökulmasta. Näin ollen SRI voisi kannustaa ja ohjata suunnittelua hyödyntämään älykkäitä ratkaisuja niin, että rakennusten aiheuttamaa ilmastokuormitusta saataisiin vähennettyä. Tutkimuskysymyksiin saatujen vastausten perusteella menetelmään kuitenkin liittyy nykyisellään runsaasti ongelmia, jotka heikentävät sen sovellettavuutta oleellisesti.

Rakennusten älyindikaattorista on kuitenkin huomioitava, että se on vielä keskeneräinen työkalu. Euroopan komission asetuksissa luodaan vasta kehykset SRI-järjestelmälle, ja jäsenvaltiot, jotka päättävät ottaa järjestelmän käyttöönsä, voivat melko vapaasti muokata arviointimenetelmää niin palvelukatalogin, painotuskertoimien kuin älyvalmiustodistuksenkin osalta. Tässä työssä saadut tulokset ja tehdyt havainnot eivät siis todennäköisesti päde täysin siihen menetelmään, joka Suomessa mahdollisesti tulee käyttöön. Tämä tutkimus kuitenkin nostaa esille SRI:ssä esiintyviä ongelmakohtia sekä antaa arvokasta lisätietoa, kun kansallisen testausvaiheen päätteeksi tehdään päätöksiä järjestelmän käyttöönotosta Suomessa sekä mahdollisesti aletaan kehittämään järjestelmää Suomen olosuhteisiin sopivaksi.

Vaikka kehitysideoiden kartoittaminen SRI:n parantamiseksi ei kuulunutkaan suoraan tämän työn tavoitteisiin, on niistä keskusteleminen ensiarvoisen tärkeää, koska SRI on edelleen keskeneräinen järjestelmä. Luvussa 8 onkin pohdittu, mitä parannettavaa arviointimenetelmästä löytyi tämän työn aikana niin, että menetelmä soveltuisi paremmin rakentamista ja suunnittelua ohjaavaksi työkaluksi. Lisäksi luvussa 8 on esitetty pohdintaa SRI:hin ja sen käyttöön yleisesti liittyvistä aiheista.

Toteutetussa tutkimuksessa on tiettyjä rajoituksia, joista vakavin liittyy tutkimusaineiston laajuuteen. Diplomityön laajuudesta johtuen työssä arvioituja kohteita on rajallinen määrä: neljälle liikerakennukselle suoritettiin yhteensä kuusi erillistä arviointia. Näin pienellä otannalla ei voitu tehdä luotettavia johtopäätöksiä Suomen liikerakennuskannan älyvalmiuden absoluuttisesta tasosta, vaan tulokset heijastelevat juuri näiden kohteiden erityispiirteitä. Jotta luotettavia päätelmiä olisi mahdollista tehdä, tarvittaisiin huomattavasti laajempi, Suomen koko liikerakennusten kantaa edustava otanta, joka huomioi tarkemmin erilaiset, eri ikäiset ja kuntoiset kohteet. Myös korjaamisen vaikutuksen arviointiin tulisi käyttää laajempaa tutkimusaineistoa, joka sisältäisi erilaisia ja eri laajuisia perusparannuksia.

Tässä työssä on arvioitu SRI:n soveltuvuutta ohjaamaan liikekiinteistöjen rakentamista ja korjaamista. Työssä käytetty tutkimusaineisto koostui kuitenkin pelkästään päivittäistavarakaupoista. Muiden liikekiinteistöjen kuten hotellien tai ravintolarakennusten erityispiirteistä johtuen työssä saadut tulokset eivät näissä ole välttämättä täysin sovellettavissa.

Arvioinnin suorittamiseen tarvittavien tietojen keräämisessä on suositeltu hyödynnettävien teknisiä dokumentteja, kohdekäyntejä, rakennuksen tekniset järjestelmät tuntevien henkilöiden haastatteluja ja pääsyä RAU-järjestelmään [9]. Tässä työssä pääasiassa kaikki rakennusten tiedot on kerätty yksinomaan teknisistä dokumenteista ja suunnitelmista, ainoastaan joitakin yksittäisiä tietoja on hankittu tiedustelemalla S-ryhmän ja Keskon yhteyshenkilöiltä. Näin ollen sitä, onko kohteissa tekniset järjestelmät ja niiden hallinta toteutettu suunnitelmien mukaisesti, ei ole tarkistettu. Tämä lisää epävarmuutta tietojen oikeellisuudesta sekä tulosten paikkansapitävyydestä, etenkin saneeratuissa kohteissa ennen saneerausta, koska niistä oli saatavilla tietoja melko niukasti. Tiedonkeruun ja tietojen luotettavuuden tärkeyttä on korostettu esimerkiksi Vignan et. al. tutkimuksessa, jossa kaksi samalle rakennukselle suoritettua kaksia erillistä arviointia johti eriäviin tuloksiin, kun tiedonhankinnassa oli ollut eroja [39].

Arviointien yhteydessä annettavat toimenpide-ehdotukset parantaisivat SRI:n roolia suunnittelua ohjaavana työkaluna. Tässä tutkimuksessa valitun tutkimusmenetelmän vuoksi toimenpide-ehdotuksia ei kuitenkaan annettu lainkaan. Siksi näiden vaikutusta SRI:n sovellettavuuteen ei siis myöskään voitu tässä työssä huomioida.

Lähteet

- [1] Euroopan komissio, ”Euroopan vihreän kehityksen ohjelma”, 2019, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:52019DC0640>
- [2] Euroopan komissio, ”Valmiina 55:een: Vuoden 2030 ilmastotavoitteesta totta matkalla kohti ilmastoneutraaliutta”, 2021, [Verkkoaineisto] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>
- [3] ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2002, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta”, 2018, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32018L2002>
- [4] ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuuta 2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu)”, 2010, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32010L0031>
- [5] Euroopan komissio, Energian pääosasto, ”Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU: final report”, Publications Office, 2019. Saatavilla: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/14675>
- [6] Filippidou F, Jiménez Navarro JP. ”Achieving the cost-effective energy transformation of Europe’s buildings”. Publications Office of the European Union: Luxembourg. 2019.
- [7] Euroopan komissio, ”Euroopan rakennusten perusparannusaalto – ympäristöystävällisempiä rakennuksia, lisää työpaikkoja ja parempaa elämänlaatua”, 2020, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662>
- [8] ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta”, 2018, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32018L0844>
- [9] Euroopan komissio, Energian pääosasto, Verbeke, S., Aerts, D., Reynders, G., et al., ”Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings: final report”, Publications Office, 2020. Saatavilla: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/41100>
- [10] Euroopan komissio, ”The Smart Readiness Indicator (SRI) for rating smart readiness of the European building stock”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 5.3.2023]. Saatavilla: <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-03/SRI-Factsheet-20220313.pdf>

- [11] Euroopan komissio, ”Komission delegoitu asetus (EU) 2020/2155, annettu 14 päivänä lokakuuta 2020, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU täydentämisestä perustamalla vapaaehtoinen unionin yhteinen rakennusten älyvalmiuden luokitusjärjestelmä”, 2020, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32020R2155>
- [12] Euroopan komissio, ”Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2020/2156, annettu 14 päivänä lokakuuta 2020, vapaaehtoisen unionin yhteisen rakennusten älyvalmiuden luokitusjärjestelmän käytännön toteutusta koskevista teknisistä säännöistä”, 2020, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32020R2156>
- [13] Euroopan parlamentti, ”Euroopan parlamentin tarkistukset 14. maaliskuuta 2023 ehdotukseen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu)”, 2023, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.3.2023]. Saatavilla: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_FI.html#title2
- [14] Euroopan komissio, ”Smart Readiness Indicator (SRI), Assessment package: practical guide SRI calculation framework v 4.5”, 2023. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/SRI-assessment-package>
- [15] Janhunen E, Pulkka L, Säynäjoki A, Junnila S. ”Applicability of the smart readiness indicator for cold climate countries”, Buildings, 2019, vol. 9, no. 4, ISSN: 20755309. DOI: 10.3390/buildings9040102
- [16] Euroopan komissio, ”SRI test phases”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2023]. Saatavilla: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/sri-test-phases_en
- [17] Motiva, Kansallisen testausvaiheen aloitusseminaari, 8.12.2022, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 10.1.2023]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/rakennusten_alyindikaattori
- [18] Euroopan komissio, ”Request for the SRI assessment package”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 12.5.2023]. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/SRI-assessment-package>
- [19] S-Ryhmä, ”S-ryhmän vuosi ja vastuullisuus 2022”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 13.7.2023]. Saatavilla: https://downloads.ctfassets.net/8122zj5k3sy9/2DPwP469NRA5xJGyOLqQWj/3e18633fe9167e43ba63892c3281d35a/S-ryhman_Vuosi-ja_vastuullisuuskatsaus_2022_fi.pdf
- [20] Kesko, ”Keskon vuosiraportti 2022”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 13.7.2023]. Saatavilla: https://www.kesko.fi/globalassets/03-sijoittaja/raporttikeskus/2023/q1/kesko_vuosiraportti_2022.pdf
- [21] Motiva, ”Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI)”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 25.3.2023]. Saatavilla:

- https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/rakennusten_alyindikaattori
- [22] Euroopan komissio, ”Smart readiness indicator”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2023]. Saatavilla: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator_en
- [23] Euroopan komissio, ”EU:n ilmastotavoite vuodelle 2030 entistä korkeammalle Panostetaan ilmastoneutraaliin tulevaisuuteen ihmisten hyväksi”, 2020, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562>
- [24] Euroopan komissio, Yhteinen tutkimuskeskus, Economidou, M., Zangheri, P., D'Agostino, D., et al., ”Progress of the Member States in implementing the energy performance of Building Directive”, Publications Office, 2021. Saatavilla: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/914310>
- [25] World Economic Forum, ”Digital technology can cut global emissions by 15%. Here’s how”, [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.4.2023]. Saatavilla: <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>
- [26] Euroopan komissio, ”What is the SRI?”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2023]. Saatavilla: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/what-sri_en
- [27] VITO, <https://vito.be/en>, [Viitattu 4.2.2023]
- [28] Euroopan komissio, ”Calculation sheet Smart Readiness Indicator for buildings, Calculation sheet for SRI assessment method A/B, Version 4.5”, 2023. Saatavilla: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_FI.html#title2
- [29] Kangas HL, Turunen T, Karhinen S, Kotilainen A, Piikkilä V, Pihlajamaa P, Harsia P, Vainio T, Vesänen T, Mattinen-Yuryev M, Ohrling T. ”Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosten kansallisen toimeenpanon vaikutusten selvitys ja arviointi: Automaatiovelvoite, tekniset järjestelmät sekä lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset”. Suomen ympäristökeskus SYKE, Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Benviroc Oy, Aalto yliopiston kauppakorkeakoulu. 2019. Saatavilla: https://api.hankeikuna.fi/asiakirjat/obef497c-6657-4081-99d6-968412282d46/516e8de0-c302-4191-b501-37edc5fe6c1e/RA-PORTTI_20190403104540.pdf
- [30] Ympäristöministeriö, <https://ym.fi/etusivu>, [Viitattu 22.3.2023]
- [31] Motiva, <https://www.motiva.fi/motiva>, [Viitattu 22.3.2023]
- [32] Ketomäki, J., ”Olisiko rakennusten älykkyytsteissä järkeä?”, 2021, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 15.12.2022]. Saatavilla:

- https://www.motiva.fi/ajankohtaista/blogit_ja_podcastit/meidan-suullamme-blogit/2021/olisiko-rakennusten-alykkyystesteissa-jarkea.17130.blog
- [33] Honkapuro, S., Sihvonen, V., Partanen, J., Harsia, P., Kallioharju, K., Kortetmäki, A., Järventausta, P., Repo, S., Remes, L., Ketomäki, J. (2020). ”Jousto 2035 visio – Energiajärjestelmän jouston tarpeet ja toteutuspotentiaali 2035”. LUT Scientific and Expertise Publications - Tutkimusraportit – Research Reports, vol. 115. Saatavilla: <https://lut-pub.lut.fi/handle/10024/161812>
- [34] Fokaides PA, Panteli C, Panayidou A. ”How Are the Smart Readiness Indicators Expected to Affect the Energy Performance of Buildings: First Evidence and Perspectives”, Sustainability, 2020, vol. 12, no. 22, s. 9496. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/su12229496>
- [35] Rehva, ”SRI Topical Group C (SRI TGC) – 1st recommendations report – (developed during January – May 2020)”, 2020, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 13.3.2023]. Saatavilla: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/2020.06.15_Topical_Group_C_1st_recommendations_report_final.pdf
- [36] Rehva, ”REHVA position on the Smart Readiness Indicator (SRI) methodology”, 2018, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 13.3.2023]. Saatavilla: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_position_SRI_methodology_2018-06-21.pdf
- [37] Motiva, ”Rakennusten älyindikaattori Smart readiness indicator (SRI)”, 2022, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 25.1.2023]. Saatavilla: https://finvac.org/wp-content/uploads/2022/03/4_EPBD_Ketomaki.pdf
- [38] Ketomäki, J., johtava asiantuntija, kestävä rakentaminen ja kiinteistöt, Motiva, Helsinki. Puhelinhaastattelu 7.3.2023. Haastattelijana Jaakob Kyllönen
- [39] Vigna I, Perneti R, Pernigotto G, Gasparella A. ”Analysis of the Building Smart Readiness Indicator Calculation: A Comparative Case-Study with Two Panels of Experts”, Energies, 2020, vol. 13, no. 11, s. 2796. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/en13112796>
- [40] Euroopan komissio, ”EU Building Stock Observatory”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 4.3.2023]. Saatavilla: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/eu-building-stock-observatory_en
- [41] Suomen virallinen tilasto (SVT), ”Rakennukset ja kesämökit”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 8.7.2023]. Saatavilla: <https://stat.fi/tilasto/rakke>
- [42] Tilastokeskus, ”Toimialaluokitus 2008”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.6.2023]. Saatavilla: <https://www2.tilastokeskus.fi/fi/luokitukset/toimiala/>

- [43] Tilastokeskus, ”Rakennusluokitus 2018,” [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.6.2023]. Saatavilla: https://www2.stat.fi/fi/luokitukset/rakennus/rakennus_1_20180712/?code=03&name=Liikerakennukset
- [44] Suomen virallinen tilasto (SVT), ”Ilmastopäästötilinpito,” [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.6.2023]. Saatavilla: <https://stat.fi/tilasto/tilma>
- [45] Suomen virallinen tilasto (SVT), ”Energian hankinta ja kulutus,” [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.6.2023]. Saatavilla: <https://stat.fi/tilasto/ehk>
- [46] Suomen virallinen tilasto (SVT), ”Energiatilinpito,” [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.6.2023]. Available: <https://stat.fi/tilasto/entp>
- [47] Suomen pankki, ”Asuinrakennusten energiatehokkuudessa on parannettavaa”, 2023, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 14.7.2023]. Saatavilla: <https://www.eurojatalous.fi/fi/2023/artikkelit/asuinrakennusten-energiatehokkuudessa-on-parannettavaa/>
- [48] Motiva, ”Kylmää tehokkaasti päivittäistavarakaupalle”, 2016, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 10.7.2023]. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/yri-tykset/ohjeita_ ja_vinkkejä_tehokkaaseen_energian_ ja_materiaalien_kayttoon/kylmajarjestelma](https://www.motiva.fi/yri-tykset/ohjeita_ja_vinkkejä_tehokkaaseen_energian_ ja_materiaalien_kayttoon/kylmajarjestelma)
- [49] Energiavirasto, ”Lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtainen mitaaminen ja kustannusten jakaminen”, 2020, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 14.7.2023]. Saatavilla: https://energiavirasto.fi/documents/11120570/67261246/Liite1_raportti_l%C3%A4mmityksen_ ja_j%C3%A4hdytyksen_mittaaminen_ ja_kustannusjako.pdf/7c316bc9-9a06-2843-4f5e-1aa34c9f8796/Liite1_raportti_l%C3%A4mmityksen_ ja_j%C3%A4hdytyksen_mittaaminen_j
- [50] Motiva, ”Rakennuskohtaiset säästöpotentiaalit”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 10.7.2023]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energia-katselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/saastopotentiaalit/rakennustyyppikohtaiset_saastopotentiaalit
- [51] Dubois, M. C., Blomsterberg, Å., ”Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review”, *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 10, s. 2572–2582. ISSN: 03787788, DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.07.001. [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.07.001>
- [52] Martin, K., Koikkalainen, J., ”Suomen kaupan alan hukkalämpöpotentiaali”, 2021, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 15.7.2023]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/files/19507/Kaupan_alan_hukkalampopotentiaali_-_Selvitys_08.11.2021.pdf
- [53] Euroopan komissio, ”Your questions about the SRI”, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2023]. Saatavilla:

- https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/your-questions-about-sri_en
- [54] Kontu, K., ”District heating and cooling as part of smart energy systems”, 2014. Lisensiaatintyö. Aalto-yliopisto, Energiatekniikan laitos. Espoo. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/16995>
- [55] H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire, S. Svendsen, J. E. Thorsen, F. Hvelplund ja B. V. Mathiesen, ”4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems”, *Energy*, 2014, vol 68, s. 1–11. ISSN: 03605442. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>
- [56] Motiva, ”Turvallinen lataus kotitalouspistorasiasta”, 2023, [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.5.2023]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdessä_energiatehokkaasti/sahkoautojen_lataus/turvallinen_lataus_kotitalouspistorasiasta
- [57] ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu)”, 2018, [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32018L2001>
- [58] Penttilä, T., ”Älyindikaattorin soveltuvuus Suomalaiseen rakennustapaan”, 2022. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan laitos. Espoo.
- [59] Finvac, Seppänen, O., ”Rakennusten älykkyys EU:n keskiössä”, 2018, [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 1.6.2023]. Saatavilla: <https://finvac.org/rakennusten-alykkyys-eun-keskiossa/>
- [60] Rantanen, M., ”Kampusrakennusten älyratkaisut”, 2019. Diplomityö. Tampereen yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampere. Saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/118789>
- [61] Rehva, Hogeling, J., Kurnitski, J., ”Smart Readiness Indicator (SRI) for buildings not so smart as expected”, 2018, [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 25.1.2023]. Saatavilla: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/smart-readiness-indicator-sri-for-buildings-not-so-smart-as-expected>

A. Yksityiskohtainen palvelukatalogi

Taulukko A1. Yksityiskohtainen palvelukatalogi (menetelmä B). [28]

Domain	Code	Service group	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4	Preconditions / Dependency on other services or building types
Heating	H-1a	Heat control - demand side	Heat emission control	No automatic control	Central automatic control (e.g. central thermostat)	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and occupancy detection	Triage: not relevant in case of TABS.
Heating	H-1b	Heat control - demand side	Emission control for TABS (heating mode)	No automatic control	Central automatic control	Advanced central automatic control	Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control		Triage: only relevant in case of TABS. Mostly restricted to non-residential buildings
Heating	H-1c	Heat control - demand side	Control of distribution fluid temperature (supply or return air flow or water flow) - Similar function can be applied to the control of direct electric heating networks	No automatic control	Outside temperature compensated control	Demand based control			Not applicable in case of individual heaters (e.g. stoves)
Heating	H-1d	Heat control - demand side	Control of distribution pumps in networks	No automatic control	On off control	Multi-Stage control	Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)	Variable speed pump control (external demand signal)	Only applicable for hydronic heating systems

Heating	H-1f	Heat control - demand side	Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)	Continuous storage operation	Time-scheduled storage operation	Load prediction based storage operation	Heat storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)		Only applicable in case thermal energy storage is present.
Heating	H-2a	Control heat production facilities	Heat generator control (all except heat pumps)	Constant temperature control	Variable temperature control depending on outdoor temperature	Variable temperature control depending on the load (e.g. depending on supply water temperature set point)			Only applicable in case of combustion heater or district heating
Heating	H-2b	Control heat production facilities	Heat generator control (for heat pumps)	On/Off-control of heat generator	Multi-stage control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of heat generator capacity depending on the load AND external signals from grid		Only applicable in case of heat pumps
Heating	H-2d	Control heat production facilities	Sequencing in case of different heat generators	Priorities only based on running time	Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency	Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)	Only applicable in case of multiple heat generators, mostly restricted to large buildings

Heating	H-3	Information to occupants and facility managers	Report information regarding heating system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection	0
Heating	H-4	Flexibility and grid interaction	Flexibility and grid interaction	No automatic control	Scheduled operation of heating system	Self-learning optimal control of heating system	Heating system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	Optimized control of heating system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)	The inspectability of the nature of the control algorithm would need to be facilitated
Domestic hot water	DHW-1a	Control DHW production facilities	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi-sensor storage management	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)		Only applicable in case of DHW storage with electric heating

Domestic hot water	DHW-1b	Control DHW production facilities	Control of DHW storage charging (using hot water generation)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic on/off control, scheduled charging enable and demand-based supply temperature control or multi-sensor storage management	DHW production system capable of automatic charging control based on external signals (e.g. from district heating grid)	Only applicable in case of DHW storage with non-electrical heat generation
Domestic hot water	DHW-1d	Control DHW production facilities	Control of DHW storage charging (with solar collector and supplementary heat generation)	Manual selected control of solar energy or heat generation	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge and demand-oriented supply or multi-sensor storage management	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge, demand-oriented supply and return temperature control and multi-sensor storage management	Only applicable in case of DHW storage with solar collector

Domestic hot water	DHW-2b	Control DHW production facilities	Sequencing in case of different DHW generators	Priorities only based on running time	Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency	Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)	Only applicable in case of multiple heat generators, mostly restricted to large buildings
Domestic hot water	DHW-3	Information to occupants and facility managers	Report information regarding domestic hot water performance	None	Indication of actual values (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection	0
Cooling	C-1a	Cooling control - demand side	Cooling emission control	No automatic control	Central automatic control	Individual room control	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and occupancy detection	Only applicable in case mechanical cooling systems are present
Cooling	C-1b	Cooling control - demand side	Emission control for TABS (cooling mode)	No automatic control	Central automatic control	Advanced central automatic control	Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control		Only applicable in case mechanical cooling systems based on TABS are present

Cooling	C-1c	Cooling control - demand side	Control of distribution network chilled water temperature (supply or return)	Constant temperature control	Outside temperature compensated control	Demand based control			Only applicable in case mechanical cooling systems with hydronic distribution system are present
Cooling	C-1d	Cooling control - demand side	Control of distribution pumps in networks	No automatic control	On off control	Multi-Stage control	Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)	Variable speed pump control (external demand signal)	Only applicable in case mechanical cooling systems with hydronic distribution system are present
Cooling	C-1f	Cooling control - demand side	Interlock: avoiding simultaneous heating and cooling in the same room	No interlock	Partial interlock (minimizing risk of simultaneous heating and cooling e.g. by sliding set-points)	Total interlock (control system ensures no simultaneous heating and cooling can take place)			Only applicable in case mechanical cooling systems are present
Cooling	C-1g	Cooling control - demand side	Control of Thermal Energy Storage (TES) operation	Continuous storage operation	Time-scheduled storage operation	Load prediction based storage operation	Cold storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)		Only applicable in case mechanical cooling systems are present and include TES systems
Cooling	C-2a	Control cooling production facilities	Generator control for cooling	On/Off-control of cooling production	Multi-stage control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of cooling production capacity depending on the load AND external signals from grid		Only applicable in case mechanical cooling systems are present

Cooling	C-2b	Control cooling production facilities	Sequencing of different cooling generators	Priorities only based on running times	Fixed sequencing based on loads only: e.g. depending on the generators characteristics such as absorption chiller vs. centrifugal chiller	Dynamic priorities based on generator efficiency and characteristics (e.g. availability of free cooling)	Load prediction based sequencing: the sequence is based on e.g. COP and available power of a device and the predicted required power	Sequencing based on dynamic priority list, including external signals from grid	Only applicable in case multiple mechanical cooling systems are present
Cooling	C-3	Information to occupants and facility managers	Report information regarding cooling system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection	Only applicable in case mechanical cooling systems are present
Cooling	C-4	Flexibility and grid interaction	Flexibility and grid interaction	No automatic control	Scheduled operation of cooling system	Self-learning optimal control of cooling system	Cooling system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	Optimized control of cooling system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)	The inspectability of the nature of the control algorithm would need to be facilitated

Ventilation	V-1a	Air flow control	Supply air flow control at the room level	No ventilation system or manual control	Clock control	Occupancy detection control	Central Demand Control based on air quality sensors (CO2, VOC, humidity, ...)	Local Demand Control based on air quality sensors (CO2, VOC...) with local flow from/to the zone regulated by dampers	Always to be assessed
Ventilation	V-1c	Air flow control	Air flow or pressure control at the air handler level	No automatic control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms	On off time control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms during nominal occupancy time	Multi-stage control: To reduce the auxiliary energy demand of the fan	Automatic flow or pressure control without pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms.	Automatic flow or pressure control with pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms (for variable air volume systems with VFD).	Only in case of mechanical ventilation
Ventilation	V-2c	Air temperature control	Heat recovery control: prevention of overheating	Without overheating control	Modulate or bypass heat recovery based on sensors in air exhaust	Modulate or bypass heat recovery based on multiple room temperature sensors or predictive control			Only in case of mechanical ventilation with heat recovery

Ventilation	V-2d	Air temperature control	Supply air temperature control at the air handling unit level	No automatic control	Constant set-point: A control loop enables to control the supply air temperature, the setpoint is constant and can only be modified by a manual action	Variable set point with outdoor temperature compensation	Variable set point with load dependent compensation. A control loop enables to control the supply air temperature. The setpoint is defined as a function of the loads in the room	Only in case of mechanical ventilation which supplies heating
Ventilation	V-3	Free cooling	Free cooling with mechanical ventilation system	No automatic control	Night cooling	Free cooling: air flows modulated during all periods of time to minimize the amount of mechanical cooling	H,x- directed control: The amount of outside air and recirculation air are modulated during all periods of time to minimize the amount of mechanical cooling. Calculation is performed on the basis of temperatures and humidity (enthalpy).	Only in case of mechanical or hybrid ventilation
Ventilation	V-6	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding IAQ	None	Air quality sensors (e.g. CO2) and real time autonomous monitoring	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants + warning on maintenance needs or occupant actions (e.g. window opening)	Always to be assessed

Lighting	L-1a	Artificial lighting control	Occupancy control for indoor lighting	Manual on/off switch	Manual on/off switch + additional sweeping extinction signal	Automatic detection (auto on / dimmed or auto off)	Automatic detection (manual on / dimmed or auto off)		Always to be assessed
Lighting	L-2	Control artificial lighting power based on daylight levels	Control artificial lighting power based on daylight levels	Manual (central)	Manual (per room / zone)	Automatic switching	Automatic dimming	Automatic dimming including scene-based light control (during time intervals, dynamic and adapted lighting scenes are set, for example, in terms of illuminance level, different correlated color temperature (CCT) and the possibility to change the light distribution within the space according to e. g. design, human needs, visual tasks)	Always to be assessed
Dynamic building envelope	DE-1	Window control	Window solar shading control	No sun shading or only manual operation	Motorized operation with manual control	Motorized operation with automatic control based on sensor data	Combined light/blind/HVAC control	Predictive blind control (e.g. based on weather forecast)	Only applicable in case movable shades, screens or blinds are present

Dynamic building envelope	DE-2	Window control	Window open/closed control, combined with HVAC system	Manual operation or only fixed windows	Open/closed detection to shut down heating or cooling systems	Level 1 + Atomized mechanical window opening based on room sensor data	Level 2 + Centralized coordination of operable windows, e.g. to control free natural night cooling		0
Dynamic building envelope	DE-4	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding performance of dynamic building envelope systems	No reporting	Position of each product & fault detection	Position of each product, fault detection & predictive maintenance	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time sensor data (wind, lux, temperature...)	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time & historical sensor data (wind, lux, temperature...)	Only applicable in case movable shades, screens or blinds are present
Electricity	E-2	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding local electricity generation	None	Current generation data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection	Only applicable in case of local energy generation

Electricity	E-3	DER - Storage	Storage of (locally generated) electricity	None	On site storage of electricity (e.g. electric battery)	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller based on grid signals	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity and possibility to feed back into the grid	Only applicable in case of local energy generation
Electricity	E-4	DER- Optimization	Optimizing self-consumption of locally generated electricity	None	Scheduling electricity consumption (plug loads, white goods, etc.)	Automated management of local electricity consumption based on current renewable energy availability	Automated management of local electricity consumption based on current and predicted energy needs and renewable energy availability		Only applicable in case of local energy generation
Electricity	E-5	DER - Generation Control	Control of combined heat and power plant (CHP)	CHP control based on scheduled runtime management and/or current heat energy demand	CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES; overproduction will be fed into the grid	CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES and grid signals; dynamic charging and runtime control to optimize self-consumption of renewables			Only applicable in case of CHP

Electricity	E-8	DSM- Storage	Support of (micro)grid operation modes	None	Automated management of (building-level) electricity consumption based on grid signals	Automated management of (building-level) electricity consumption and electricity supply to neighboring buildings (microgrid) or grid	Automated management of (building-level) electricity consumption and supply, with potential to continue limited off-grid operation (island mode)		Only applicable in case of local energy storage
Electricity	E-11	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding energy storage	None	Current state of charge (SOC) data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection	Only applicable in case of local energy storage
Electricity	E-12	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding electricity consumption	None	reporting on current electricity consumption on building level	real-time feedback or benchmarking on building level	real-time feedback or benchmarking on appliance level	real-time feedback or benchmarking on appliance level with automated personalized recommendations	Always to be assessed
Electric vehicle charging	EV-15	EV Charging	EV Charging Capacity	not present	ducting (or simple power plug) available	0-9% of parking spaces has recharging points	10-50% of parking spaces has recharging point	>50% of parking spaces has recharging point	Only to be assessed if parking spots available on site

Electric vehicle charging	EV-16	EV Charging - Grid	EV Charging Grid balancing	Not present (uncontrolled charging)	1-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)	2-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)		Only to be assessed if EV charging available on site
Electric vehicle charging	EV-17	EV Charging - connectivity	EV charging information and connectivity	No information available	Reporting information on EV charging status to occupant	Reporting information on EV charging status to occupant AND automatic identification and authorization of the driver to the charging station (ISO 15118 compliant)		Only to be assessed if EV charging available on site
Monitoring and control	MC-3	HVAC interaction control	Run time management of HVAC systems	Manual setting	Runtime setting of heating and cooling plants following a predefined time schedule	Heating and cooling plant on/off control based on building loads	Heating and cooling plant on/off control based on predictive control or grid signals	0
Monitoring and control	MC-4	Fault detection	Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults	No central indication of detected faults and alarms	With central indication of detected faults and alarms for at least 2 relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS, including diagnosing functions	0

Monitoring and control	MC-9	TBS interaction control	Occupancy detection: connected services	None	Occupancy detection for individual functions, e.g. lighting	Centralized occupant detection which feeds in to several TBS such as lighting and heating		0
Monitoring and control	MC-13	Feedback - Reporting information	Central reporting of TBS performance and energy use	None	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of at least 2 domains in one interface	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of all main domains in one interface	0
Monitoring and control	MC-25	Smart Grid Integration	Smart Grid Integration	None - No harmonization between grid and TBS; building is operated independently from the grid load	Demand side management possible for (some) individual TBS, but not coordinated over various domains	Coordinated demand side management of multiple TBS		The inspectability of the nature of the control algorithm would need to be facilitated for level 2. Service 7.5 in EN15232-1-17. Average impacts derived from multiple simulations to produce BACS factors in EN15232.

Monitoring and control	MC-28	Feedback - Reporting information	Reporting information regarding demand side management performance and operation	None	Reporting information on current DSM status, including managed energy flows	Reporting information on current historical and predicted DSM status, including managed energy flows			0
Monitoring and control	MC-29	Override control	Override of DSM control	No DSM control	DSM control without the possibility to override this control by the building user (occupant or facility manager)	Manual override and reactivation of DSM control by the building user	Scheduled override of DSM control (and reactivation) by the building user	Scheduled override of DSM control and reactivation with optimized control	0
Monitoring and control	MC-30	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals	None	Single platform that allows manual control of multiple TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals		Always to be assessed

B. Arvioitujen kohteiden toiminnalliset tasot

Tässä liitteessä on esitetty arvioiduille kohteille tutkimuksen aikana määritetyt toiminnalliset tasot. Taulukoissa on esitetty palvelujen sekä kohteessa toteutunut että korkein mahdollinen toiminnallinen taso. Esimerkiksi merkintä 3/4 tarkoittaa, että palvelun toiminnallinen taso kohteessa on 3 ja korkein mahdollinen taso on 4. Jos kohteessa palvelulle on määritetty kaksi eri toiminnallista tasoa, on tasojen pinta-alaan perustuva jako esitetty suluisissa. Seulontaprosessin myötä arvioimatta jääneet palvelut on merkitty ”-”.

Taulukko B1. Kohteen A toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2	4/4	0/3	1/2	1/3	1/4	3/4	1/4
Lämmin käyttövesi	2/3	-	-	1/4	3/4					
Jäähdytys	3/4	-	0/2	4/4	1/2	0/3	2/3 (0,5) 1/3 (0,5)	1/4	3/4	1/4
Ilmanvaihto	3/4 (0,7) 1/4 (0,3)	3/4	2/2	3/3	3/3 (0,7) 1/3 (0,3)	3/3 (0,7) 0/3 (0,3)				
Valaistus	2/3 (0,2) 1/3 (0,8)	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	-	-	-	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	2/4	0/2	2/2							
Seuranta ja säätö	2/3	2/3	2/2 (0,2) 0/2 (0,8)	3/3	0/2	-	-	2/3		

Taulukko B2. Kohteen B toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2	3/4 (0,5) 2/4 (0,5)	0/3	1/2	2/3	1/4	3/4	1/4
Lämmin käyttövesi	-	-	-	-	3/4					
Jäähdytys	3/4	-	0/2	3/4 (0,5) 2/4 (0,5)	1/2	0/3	2/3 (0,5) 1/3 (0,5)	1/4	3/4	1/4
Ilmanvaihto	3/4	3/4	2/2	1/3	1/3	3/3				
Valaistus	1/3	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	-	-	-	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	2/4	0/2	2/2							
Seuranta ja säätö	2/3	1/3	0/2	0/3	0/2	-	-	2/3		

Taulukko B3. Kohteen C1 toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2	0/4	-	1/2	-	-	1/4	1/4
Lämmin käyttövesi	-	-	-	-	1/4					
Jäähdytys	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ilmanvaihto	3/4 (0,6) 1/4 (0,4)	3/4 (0,6) 1/4 (0,4)	2/2 (0,9) 1/2 (0,1)	1/3	0/3	3/3 (0,6) 0/3 (0,4)				
Valaistus	1/3	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	-	-	-	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	0/4	-	-							
Seuranta ja säätö	2/3	1/3	0/2	0/3	0/2	-	-	2/3		

Taulukko B4. Kohteen C2 toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2	1/4	-	1/2	-	1/4	3/4	1/4
Lämmin käyttövesi	-	-	-	-	3/4					
Jäähdytys	2/4	-	1/2	1/4	0/2	0/3	2/3	1/4	3/4	0/4
Ilmanvaihto	3/4 (0,6) 1/4 (0,4)	3/4 (0,6) 1/4 (0,4)	2/2 (0,7) 1/2 (0,3)	1/3	2/3	3/3 (0,6) 0/3 (0,4)				
Valaistus	2/3 (0,4) 1/3 (0,6)	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	-	-	-	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	3/4	1/2	2/2							
Seuranta ja säätö	2/3 (0,6) 1/3 (0,4)	1/3	1/2 (0,4) 0/2 (0,6)	1/3	0/2	-	-	2/3		

Taulukko B5. Kohteen D1 toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2 (0,2) 1/2 (0,8)	0/4	-	1/2	-	1/4	3/4	1/4
Lämmin käyttövesi	-	-	-	-	3/4					
Jäähdytys	3/4	-	1/2	3/4	1/2	0/3	1/3	0/4	3/4	1/4
Ilmanvaihto	3/4 (0,8) 1/3 (0,2)	2/4 (0,1) 1/4 (0,9)	2/2	3/3 (0,2) 2/3 (0,8)	1/3	3/3 (0,8) 0/3 (0,2)				
Valaistus	1/3	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	-	-	-	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	0/4	-	-							
Seuranta ja säätö	2/3	2/3	0/2	3/3	0/2	-	-	2/3		

Taulukko B6. Kohteen D2 toiminnalliset tasot.

Aihealue	Palvelun järjestysnumero									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lämmitys	3/4	-	2/2	4/4	0/3	1/2	1/3	1/4	3/4	1/4
Lämmin käyttövesi	2/3	-	-	1/4	3/4					
Jäähdytys	3/4	-	1/2	4/4	1/2	0/3	2/3 (0,5) 1/3 (0,5)	1/4	3/4	1/4
Ilmanvaihto	4/4 (0,8) 1/4 (0,2)	3/4	2/2	3/3	3/3 (0,8) 1/3 (0,2)	3/3 (0,8) 0/3 (0,2)				
Valaistus	1/3	0/4								
Dynaaminen vaippa	-	-	-							
Sähkö	3/4	0/4	0/3	-	-	-	3/4			
Sähköajoneuvojen lataus	2/4	0/2	2/2							
Seuranta ja säätö	2/3	2/3	0/2	3/3	0/2	-	-	2/3		