

Älyindikaattorin soveltuvuus suomalaiseen rakennustapaan

Tommi Penttilä

Sähkötekniikan korkeakoulu

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 30.5.2022.

Työn valvoja

Prof. Jaakko Ketomäki

Työn ohjaaja

Prof. Jaakko Ketomäki



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Copyright © 2022 Tommi Penttilä

Tekijä Tommi Penttilä

Työn nimi Älyindikaattorin soveltuvuus suomalaiseen rakennustapaan

Koulutusohjelma Automaatio- ja sähkötekniikka

Pääaine Sääntötekniikka, robotiikka ja autonomiset järjestelmät **Pääaineen koodi** ELEC3025

Työn valvoja Prof. Jaakko Ketomäki

Työn ohjaaja Prof. Jaakko Ketomäki

Päivämäärä 30.5.2022

Sivumäärä 57

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen myötä on tulossa merkittäviä negatiivisia vaikutuksia Euroopan unionin maihin. Ilmastonmuutokseen vaikuttaa merkittävästi ihmisten käyttämät fossiiliset polttoaineet. EU:ssa rakennukset käyttävät 43 % kaikesta energiasta ja tuottavat 36 % kaikista kasvihuonepäästöistä. Lisäksi EU:ssa olevista rakennuksista 75 % käyttää energiaa tehottomasti. EU:lla onkin merkittäviä intressejä tehdä rakennuksista energiatehokkaampia, jotta ilmastotavoitteet tulisivat saavutettaviksi.

Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi on EU:ssa kehitelty direktiivejä, joiden myötä tullut uusia vaatimuksia rakennuksille. EU:ssa kiinnostus on lisääntynyt älykkyyden hyödyntäminen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Vuonna 2017 alettiin kehittämään Keski-Euroopassa rakennusten älyindikaattoria (SRI), jolla on tarkoituksena lisätä ihmisten ymmärrystä rakennusten älykkäiden ratkaisujen hyödyistä, jossa painotetaan energiaa ja etenkin kulutusjoustoja.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Keski-Euroopassa kehitettävän SRI:n soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tutkimuskohteena oli Suomessa sijaitsevat toimisto- ja koulurakennukset. Tutkimus toteutettiin teemahaastattelujen avulla ja haastateltavana oli eri taustaisia talotekniikan asiantuntijoita. Lisäksi haastattelujen tukena oli kirjallisuuskatsaus, jossa käytiin haastatteluihin liittyviä asioita.

Haastatteluissa tuli monia mielipiteitä SRI:n soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin, mutta yleisesti SRI:n käyttöönotto Suomessa koettiin hyödylliseksi. Tuloksissa oli havaittavissa, että Suomessa on keskimäärin toimisto- ja koulurakennuksissa talotekniikka korkealla tasolla ja täten SRI:ssä saadaan hyvät pisteet niistä SRI:n palveluista mitä on Suomessa käytössä. Valaistuksessa Suomi saavuttaa jo nyt helposti täydet pisteet, mutta olisi mahdollista arvioida älykkäämpiä asioita. Suomessa ei ole vielä rakennuksissa akustot tai kulutusjousto merkittävässä käytössä, joka vähentää SRI:n kokonaispisteitä merkittävästi useilta rakennuksilta. Näiden asioiden myötä sähkö, sekä valvonta ja ohjaus aihealueissa jää SRI:n pisteytykset alhaiseksi.

Kaikki aihealueet eivät kuitenkaan haastattelujen perusteella sovi kovin hyvin Suomeen. Kaukolämmön myötä ei Suomessa toimisto- ja koulurakennuksissa ole erityisemmin lämpimän veden varastointia tai paikallista tuotantoa rakennuksissa. Lisäksi

ikkunoiden avausta vältellään, koska siitä on enemmän haittaa kuin hyötyä toimivan ilmaston saavuttamiseksi, eikä automaattista verhojen kontrollointia ole koettu tarpeelliseksi ominaisuudeksi.

Avainsanat Rakennusten energiatehokkuus direktiivi, EPBD, Euroopan unioni, EU, rakennusten älyindikaattori, SRI

Author	Tommi Penttilä	
Title	Smart Readiness Indicator and building practice in Finland	
Degree programme	Automation and Electrical Engineering	
Major	Control, Robotics and Autonomous Systems	Code of major ELEC3025
Supervisor	Prof. Jaakko Ketomäki	
Advisor	Prof. Jaakko Ketomäki	
Date	Number of pages 57	Language Finnish

Abstract

Climate change is having a significant negative impact on the countries of the European Union. Fossil fuels used by humans have a significant impact on climate change. In the EU, buildings use 43 % of all energy and produce 36 % of all greenhouse gas emissions. In addition, 75 % of buildings in the EU use energy inefficiently. The EU therefore has a significant interest in making buildings more energy efficient in order to meet climate targets.

To improve the energy performance of buildings, the EU has developed directives that have introduced new requirements for buildings. In the EU, there is a growing interest in harnessing intelligence to improve the energy performance of buildings. In 2017, the development of the Intelligent Building Indicator (SRI) in Central Europe was launched to increase people's understanding of the benefits of smart building solutions, with an emphasis on energy and, in particular, demand flexibility.

The aim of the study was to find out how the SRI that is developed in Central Europe is suitable for Finnish conditions. The subject of the study was office and school buildings located in Finland. The research was carried out by doing semi-structured interviews and the building technology experts from different backgrounds were interviewed. In addition, the interviews were supported by a literature review that covered subjects related to the interviews.

Many opinions were expressed in the interviews about the suitability of SRI for Finnish conditions, but in general the introduction of SRI in Finland was considered useful. The results showed that the average level of building services in office and school buildings in Finland is high, and thus SRI scores well for the SRI services that are used in Finland. In lighting, Finland is already easily achieving full marks, but it would be possible to evaluate smarter things. In Finland, buildings do not yet have significant use of batteries or elasticity of demand, which significantly reduces SRI's total points from several buildings. As a result of these issues, SRI scores on electricity, as well as monitoring and control subject areas, will remain low.

However, based on the interviews, not all topics are very suitable for Finland. Due to district heating, there is no hot water storage or local production in office and school buildings in Finland. In addition, the opening of windows is avoided because

it has more disadvantages than benefits for achieving efficient air conditioning, and automatic curtain control has not been perceived as a necessary feature.

Keywords Energy performance of buildings directive, EPBD, European Union, EU, smart readiness indicator, SRI

Esipuhe

Haluan kiittää suuresti työn ohjaajana, sekä valvojana toiminutta professori Jaakko Ketomäkeä. Kirjoittaminen ei ole vahvuuksiani ja etenkin lukihäiriön myötä oli diplomityön tekeminen haastavin osuus opinnoissani. Sain kuitenkin Jaakko Ketomäen aktiivisen ja laadukkaan ohjauksen myötä tämän työn lopulta valmiiksi.

Haluan myöskin kiittää suuresti kaikkia työn haastatteluihin osallistuneita talotekniikan ammattilaisia. Ilman heidän osallistumistansa haastatteluihin en olisi saanut kerättyä niin kattavaa tiedon määrää diplomityötä varten.

Otaniemi, 30.5.2022

Tommi Penttilä

Sisällys

Tiivistelmä

Tiivistelmä (englanniksi)

Esipuhe

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustaa	1
1.2	SRI:n aikaisempi tutkimus	1
1.3	Työn tavoitteet	3
1.4	Työn rajaus	3
1.5	Työn rakenne ja sisältö	3
2	Rakennusten älyindikaattori	5
2.1	Taustaa ja tavoite	5
2.1.1	Ilmastonmuutos	5
2.1.2	Rakennusten vaikutus ilmastonmuutokseen	6
2.1.3	Rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavia EU:n direktiivejä	8
2.1.4	Rakennusten älyindikaattori	10
2.2	SRI:n tekninen sisältö	11
2.2.1	Yleiskatsaus teknilliseen sisältöön	11
2.2.2	SRI-pisteytyksen laskenta	12
3	Talotekniikka Suomessa	14
3.1	Talotekniikan historiaa	14
3.2	Suomalaisen talotekniikan nykytilanne ja erityispiireet	17
4	Tutkimusmenetelmät	20
4.1	Haastattelut	20
4.2	Haastateltavat	21
4.2.1	Haastateltavien taustat	22
4.2.2	Haastateltavien aihealueet	24
5	SRI Suomalaisissa rakennuksissa	25
5.1	Lämmitys	25
5.1.1	Lämpöpäästöjen hallinta	25
5.1.2	Lämpöaktivoitujen rakennusrakenteiden päästöjen hallinta	26
5.1.3	Jakelunesteen lämpötilan hallinta	26
5.1.4	Verkossa olevien jakelupumppujen ohjaus	27
5.1.5	Lämpöenergian varastointi	27
5.1.6	Lämpötuotannon ohjaus pumpuilla ja ilman	28

5.1.7	Sekvensointi eri lämmöntuottajia käyttäessä	28
5.1.8	Lämmitysjärjestelmän suorituskyvyn tietojen raportointi . . .	28
5.1.9	Joustavuus ja verkkovuorovaikutus	28
5.2	Lämmin käyttövesi	29
5.3	Jäähdytys	29
5.3.1	Eroavaisuuksia lämmitykseen	30
5.3.2	Samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen välttäminen samassa huoneessa	30
5.3.3	Generaattorin ohjaus jäähdytystä varten	30
5.4	Ilmanvaihto	30
5.4.1	Tuloilmavirran säätö huonetasolla	30
5.4.2	Ilmavirran tai paineen säätö ilmankäsittelylaitteen tasolla . . .	31
5.4.3	Lämmöntalteenoton ohjaus: ylikuumentumisen estäminen . . .	31
5.4.4	Tuloilman lämpötilan säätö ilmankäsittelykoneen tasolla . . .	32
5.4.5	Vapaajäähdytys koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä	32
5.4.6	Raportointi tiedot sisäilman laadusta	32
5.5	Valaistus	32
5.5.1	Läsnäolosäädin sisävalaistukseen	33
5.5.2	Valaistuksen tehon säätö päivänvalon perusteella	33
5.6	Dynaamiset rakennusvaipparatkaisut	33
5.6.1	Ikkunoiden aurinkovarjostimen ohjaus	34
5.6.2	Ikkunan auki/kiinni ohjaus yhdistettynä LVI-järjestelmään . .	34
5.6.3	Dynaamisten rakennusvaippajärjestelmien suorituskyvyn tietojen raportointi	34
5.7	Sähkö	34
5.7.1	Paikallisen sähköntuotannon tietojen raportointi	35
5.7.2	Sähkön varastointi (paikallisesti tuotetun)	35
5.7.3	Paikallisesti tuotetun sähkön omakulutuksen optimointi	35
5.7.4	Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksen ohjaus	36
5.7.5	(Mikro)grid-toimintatilojen tuki	36
5.7.6	Tietojen raportointi energian varastoinnista	36
5.7.7	Tietojen raportointi sähkönkulutuksesta	36
5.8	Sähköauton lataus	36
5.8.1	Sähköauton latauskapasiteetti	37
5.8.2	Sähköauton latausverkon tasapainotus	37
5.8.3	Sähköauton lataustiedot ja liitettävyys	37
5.9	Valvonta ja ohjaus	37
5.9.1	LVI-järjestelmien käyttöajan hallinta	38
5.9.2	Taloteknisten järjestelmien vikojen havaitseminen ja tuki vikojen diagnosoinnissa	38
5.9.3	Käyttöasteen tunnistus: yhdistetyt palvelut	38
5.9.4	Keskitetty teknisten rakennusjärjestelmien suorituskyvyn ja energiankäytön raportointi	39
5.9.5	Älykäs verkkointegraatio	39

5.9.6	Tietojen raportointi kysyntäpuolen hallinnan suorituskyvystä ja toiminnasta	39
5.9.7	Kysyntäpuolen hallinnan ohitus	39
5.9.8	Yksi alusta, joka mahdollistaa automaattisen ohjauksen ja koordinoinnin TBS:n välillä + energiavirran optimoinnin käytöstä, sään ja verkkosignaalien perusteella	39
5.10	Yleistä	40
5.10.1	Yleisiä mielipiteitä SRI:stä	40
5.10.2	SRI:n pisteytys	41
5.10.3	Suomeen sopimattomat palvelut	43
5.10.4	SRI:stä puuttuvia asioita	43
5.10.5	Mitä älykkyyttä olisi hyvä olla rakennuksissa	44
5.10.6	Älykkyys rakennussuunnittelussa	44
5.10.7	SRI:n käyttöönotto Suomessa	44
6	Pohdinta ja johtopäätökset	46
6.1	SRI kokonaisuutena	46
6.2	SRI:n palvelut	47
6.3	SRI-pisteytyksen laskeminen	49
7	Yhteenveto	52
	Viitteet	54

Lyhenteet

EED	Energy Efficiency Directive Energiatehokkuusdirektiivi
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
EU	European Union Euroopan unioni
DALI	Digital Addressable Lighting Interface Digitaalinen osoitteellinen valaistusliitäntä
LVI	Heat, water and ventilation Lämpö, vesi ja ilmanvaihto
RED	Renewable Energy Uusiutuvien energialähteiden direktiivi
SBEI	Smart Built Environment Indicator Älykkään rakennetun ympäristön indikaattori
SRI	Smart Readiness Indicator Rakennusten älyindikaattori
TABS	Thermos-Active Building Systems Thermos-aktiiviset rakennusjärjestelmät
TBS	Technical Building Systems Tekniset rakennusjärjestelmät

1 Johdanto

Johdantoluvussa tuodaan esille useampi asia työstä aloittaen siitä, mikä on tämän työn aiheen taustana. Sitten mitä aikaisempaa tutkimusta aiheeseen liittyen on tehty. Minkä jälkeen mitä tavoitteita on työllä. Tämän jälkeen tuodaan esille, miten työssä tutkimuksen kohde on rajattu. Lopuksi käydään läpi työn rakenne ja sisältö.

1.1 Työn taustaa

Ihmiset ovat vuosisatojen ajan polttaneet fossiilisia polttoaineita energian tuottamiseksi [1]. Viimeisen vuosisadan aikana on huomattu ihmisten tuottamien fossiilisten polttoaineiden vaikuttavan ilmastoon lämpenemiseen [2]. Tätä ilmastoon lämpenemistä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi [1]. Ilmastomuutoksesta on odotettavissa merkittäviä negatiivisia vaikutuksia Euroopan ilmastoon [3].

Euroopan unionilla on suuria tavoitteita vaikuttaa ilmastomuutokseen [4], minkä myötä EU:ssa on hyväksytty erilaisia sopimuksia ilmastomuutoksen hillitsemiseksi [5]. Näiden sopimusten myötä Euroopan unionin on sitoutunut vähentämään merkittävästi fossiilista polttoaineista syntyvien kasvihuonepäästöjen määrää [5]. Euroopan unionissa rakennukset kuluttavat 40 % käytettävästä energiasta ja tuottavat yli 35 % kasvihuonepäästöistä. Rakennusten energiatehokkuuden parantamisella onkin siis hyvin merkittävä rooli EU:n ilmastotavoitteissa [4].

Merkittävä osa EU:ssa olevista rakennuksista eivät ole energiatehokkaita. Energiatehokkuuden parantamista varten EU on ottanut käyttöön uusia direktiivejä kuten Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) eli rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi [4]. Energiatehokkuutta voidaan parantaa älyllisillä ratkaisuilla [4]. Vuonna 2018 esiteltiin uusi indikaattori nimeltä smart readiness indicator (SRI) eli rakennusten älyindikaattori, jonka avulla kyetään arvioimaan rakennusten älyvalmiuksia [6]. EPBD direktiivistä lähti SRI:n kehittäminen [7]. SRI:tä ei ole vielä otettu EU:ssa käyttöön ja siitä ei ole vielä varmuutta, kuinka hyvin SRI soveltuu Suomeen.

1.2 SRI:n aikaisempi tutkimus

Rakennusten älyindikaattoriin liittyen on tehty useampia eri tutkimuksia [8], [9], [10], [11], [12]. Tässä alaluvussa on tarkoitus perehtyä esimerkkien avulla siihen, minkälaisista aikaisempaa tutkimusta on tehty ja tämän perusteella tuoda esille minkälaiselle SRI:n vaikutusten tutkimukselle olisi tarvetta.

Ensimmäisenä esimerkkinä on Vignan ym. [9] tutkimus. He ovat tutkineet SRI:n pisteytyksen laskemista Italiassa. Tutkimuksissa tutkittiin, miten SRI:n pisteytys eroaa, kun samaa rakennusta pisteyttävät eri henkilöt. Tarkoituksena oli selvittää, miten SRI:n pisteytyksen subjektiivisuus vaikuttaa lopullisiin pisteytyksiin. Saatujen tuloksien avulla oli tarkoitus tuoda esille kehityskohta SRI:n pisteytyksessä. Tutki-

muksessa tuli esille miten tärkeää SRI-arvioinnissa on rakennuksen tietojen keruu, koska eri tavalla kerätty tieto vaikuttaa merkittävästi siihen, miten SRI:n palvelujen tasokkuuksia arvioidaan. [9]

Toisena esimerkkinä on Janhusen ym. [8] tutkimus. He ovat tutkineet SRI:n soveltuvuutta pohjoismaihin. Tutkimuksessa tehtiin SRI-pisteytys kolmelle eri Suomessa sijaitsevalle rakennukselle. Tutkimuksessa käytiin läpi mitä pisteitä rakennukset saivat mistäkin palvelukatalogin palvelusta, minkä perusteella arvioitiin SRI:n soveltuvuutta kylmien ilmastojen maihin. Tutkimuksen perusteella nykyisellään SRI:n ei täysin sovellu pohjoismaisiin olosuhteisiin ja SRI:tä tulisi kehittää paremmaksi, jotta saavutettaisiin yhtä hyvä soveltuvuus kaikkiin Euroopan unionin maihin. [8]

Kolmantena esimerkkinä on Rantasen [11] tekemä tutkimus. Hän on tutkinut SRI:n käyttöönoton hyödyllisyyttä. Hänen työssään pidettiin työpajaa ja tehtiin haastatteluja SRI:n hyödyllisyyden selvittämiseen. Lisäksi työssä tehtiin SRI-pisteytys uudelle yliopiston kampuksella olevalle rakennukselle. Tutkimuksessa todettiin SRI:n tai vastaavaan mittarin olevan hyödyllinen apuväline siihen, että osataan ottaa huomioon kaikki tarpeellinen halutun älykkyyden saavuttamiseksi rakennuksessa. [11]

Neljäntenä esimerkkinä on Märzingerin ja Österreicherin [10] tutkimus. He ovat tutkineet SRI:tä kvantitatiivisesta näkökulmasta. Tavoitteena tutkimuksessa luoda SRI:n pisteytyksille parempaa vertailukelpoisuutta ja objektiivisuutta. Tutkimuksessa myöskin käydään läpi useamman rakennuksen kokonaisuuksia. Tutkimuksessa saadaan kehitettyä eteenpäin aikaisempia kvantitatiivisia arviointitapoja, sekä myöskin mahdollistettu näiden arviointien tekemistä laajempiin rakennuskokonaisuuksiin. [10]

Viimeisenä esimerkkiä on Janhusen tutkimus. Hän on työssään tutkinut, mitä lisäarvoa älykkyys tuo rakennukselle. Työssä älykkyyden arvioinnissa käytettiin SRI:tä. SRI-arviointi tehtiin yliopiston kampuksella olevalle uudelle rakennukselle. Tutkimuksessa selvisi, ettei rakennuksen älykkyyteen investointia voida perustella kiinteistön arvon nousulla. [12]

Tähän asti on ollut tutkimuksia SRI:stä eri maissa [9], laajemmin Pohjois-Eurooppaa kokonaisuutena tukien [8], tiettyihin rakennustyyppisiin liittyen [11], [12] ja myöskin hyvin kvantitatiivisesta näkökulmasta tutkien [10]. Kuitenkin SRI:n vielä ollessa hyvin uusi konsepti ei ole vielä laajasti ollut tutkimuksia siitä, miten hyvin SRI kokonaisuutena sopii Suomessa oleviin olosuhteisiin. SRI:ssä on vielä hyvin paljon tutkittavaa ja etenkin, koska SRI:tä ei ole vielä otettu käyttöön, on laajemmalle tutkimukselle tarvetta, jotta ennen käyttöönottoa olisi mahdollisimman paljoa tietoa mahdollisista SRI:hin liittyvistä ongelmista.

Koska SRI:n soveltuvuuden tutkimusta Suomen olosuhteisiin on tehty vielä hyvin vähän, on tämän työn tutkimuksella tavoitteena lisätä tietämystä siitä, miten SRI:n palvelukatalogi soveltuu Suomeen. Monissa Suomeen keskittyneissä SRI-tutkimuksissa

on tehty yksittäisille rakennuksille SRI-pisteytys [8], [11], [12]. Yksittäisten rakennusten arviointi ei kuitenkaan anna kattavaa kuvaa siitä, miten SRI soveltuu kokonaisuudessa Suomeen. Tämän työn tarkoituksena on tuoda uutta näkökulmaa tutkimalla SRI:n soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin laajemmassa mittakaavassa haastattelemalla useampia talotekniikan asiantuntijoita. Neljännessä luvussa kerrotaan tarkemmin, miten haastattelut on toteutettu.

1.3 Työn tavoitteet

Tämän työn päätavoitteena on selvittää, miten hyvin keski-Euroopassa kehitetty rakennusten älyindikaattori soveltuu Suomen olosuhteisiin. Soveltuvuuden arvioimisessa merkittävässä roolissa on palvelukatalogissa olevat arvioitavat palvelut. Palvelun soveltuvuuden arvioinnissa on tavoitteena tarkastella palvelua kokonaisuutena, sekä myöskin syvällisemmin käydä läpi palveluun kuuluvien toiminnallisten tasojen sisältöä ja arvioida onko arvioitavissa tasoissa järkeviä asioita Suomen kannalta. Euroopan jäsenmaat saavat itse päättää siitä, otetaanko SRI käyttöön maassaan [13], minkä myötä tarkoituksena on selvittää SRI:n käyttöönoton soveltuvuutta Suomessa. Jotta päätavoite saavutetaan työllä, vastataan myös oheisiin tutkimuskysymyksiin:

- Millä laajuudella SRI soveltuu Suomessa käyttöön?
- Mille tasolle nykyisen palvelukatalogin eri palvelut asettuvat Suomessa?
- Onko palvelukatalogi nykyisellään käyttökelpoinen Suomessa?

1.4 Työn rajaus

Suomessa erilaisia rakennustyyppisiä on hyvin paljon ja rakennustyyppit saattavat erota toisista merkittävästi tilojen ja käyttötarkoituksen suhteen [14]. Mahdollisimman vertailukelpoisen tuloksen saamiseksi on haluttu tässä työssä rajata tutkimuksen kohteena olevien rakennustyyppien määrää, koska on aivan mahdollista, että SRI:n soveltuvuudessa rakennuksiin on merkittäviä eroavaisuuksia eri rakennustyyppien kohdalla. Vertailukelpoisuuden parantamiseksi haluttiin rakennustyypeissä valita sellaiset, jotka ovat mahdollisimman samaa kokoluokkaa, ettei ole isoja ja pieniä rakennuksia samassa arvioinnissa. Myöskin haluttiin rakennustyyppien olevan laajasti rakennettu ja käytössä ympäri Suomea. Koulu- ja toimistorakennukset täyttävät nämä kriteerit hyvin, mistä johtuen tässä diplomityössä on tarkoituksena keskittyä SRI:n soveltuvuuteen Suomessa oleviin koulu- ja toimistorakennuksiin. Tässä työssä ei ole siis tarkoituksena vertailla SRI:n soveltuvuutta kaikkiin rakennustyyppisiin. Tulevaisuudessa on hyvä selvittää laajemmin, miten eri rakennustyyppisiin SRI soveltuu Suomessa.

1.5 Työn rakenne ja sisältö

Diplomityö on jakautunut kahteen osaan, jotka ovat kirjallisuuskatsaus ja laadullinen tutkimus. Ensiksi on kirjallisuuskatsaus luvuissa 2 ja 3, missä käydään läpi

rakennusten älyindikaattoria ja talotekniikkaa Suomessa. Kirjallisuuskatsaus osuudessa luodaan teoreettista pohjaa laadulliselle tutkimukselle. Kirjallisuuskatsauksen luvuissa käydään läpi asioita, jotka tuovat taustatietoa haastatteluissa käytäville asioille.

Toisena osuutena on laadullinen tutkimus. Tämä toinen osuus alkaa luvusta 4, jossa esitellään laadullisen tutkimuksen toteutus. Seuraavassa luvussa 5 käydään läpi haastattelun tulokset. Minkä jälkeen luvussa 6 on tulosten pohdintaa ja johtopäätökset. Lopuksi vielä luvussa 7 on yhteenveto työstä.

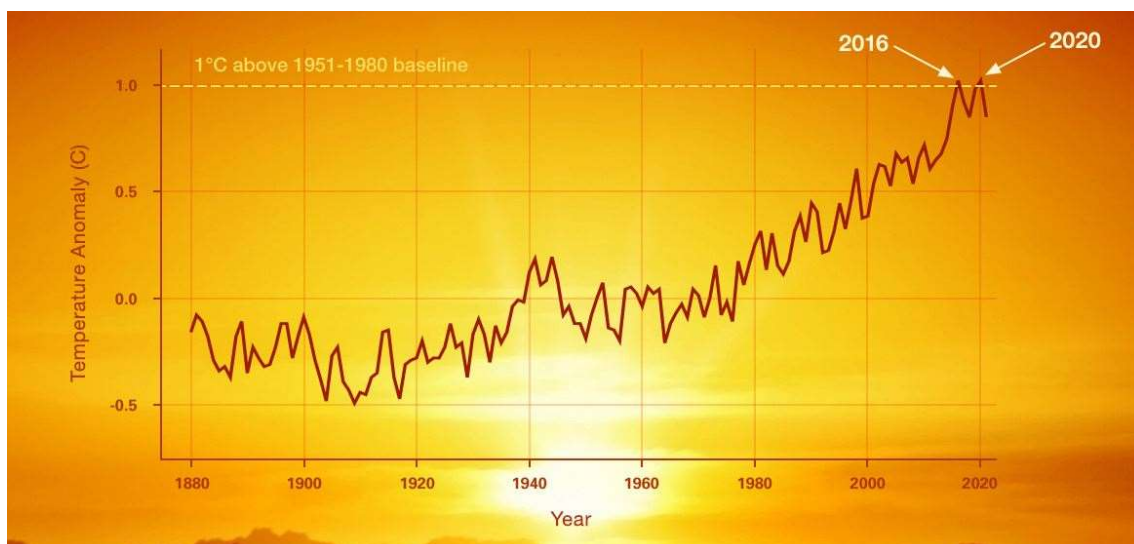
2 Rakennusten älyindikaattori

Tässä luvussa käydään läpi rakennusten älyindikaattoria. SRI:stä käydään läpi aluksi mikä on kyseisen indikaattorin taustana ja mitä tavoitteita indikaattorilla on, jotta tulisi parempi käsitys siitä miksi tämä tutkimus on hyödyllinen Suomen kannalta. Tämän jälkeen syvällisempi perehdys SRI:n teknilliseen sisältöön, jolla tarkoituksena tuoda parempaa ymmärrystä haastatteluissa käydyille asioille.

2.1 Taustaa ja tavoite

2.1.1 Ilmastonmuutos

Jo ennen 1900-lukua ihmiset ovat alkaneet vaikuttaa havaittavissa määrin ilmastoon pitkäaikaiseen lämpenemiseen [2]. Ilmaston lämpeneminen tapahtuu pääasiassa erilaisten fossiilisten energialähteiden käytön myötä, jolloin ilmakehään kerääntyy erilaisia kaasuja, jotka estävät lämmön karkaamista ja täten nostattavat keskimääräistä lämpötilaa ympäri maapalloa [2]. Tätä ilmiötä, jossa kaasut estävät lämmön karkaamisen ilmakehästä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi [1]. Kasvihuoneilmiö on itsessään elintärkeä, koska muuten ilmasto olisi maassa liian kylmä elämiseen [1]. Ihmiset kuitenkin vahvistavat fossiilisten polttoaineiden käytöllä kasvihuoneilmiötä, mikä lisää lämpötilan nousua korkeammaksi [1]. Arvioiden mukaan ihmiset ovat tähän mennessä saaneet nostettua lämpötilaa yhden celsius asteen verran ja nykyisten arvioiden mukaan lämpötila tulee nousemaan jokaisen vuosikymmenen aikana 0,2 celsius astetta [2]. Ilmastonmuutokseen voi vaikuttaa erinäiset luonnolliset prosessit, mutta tutkitusti on todettu pääasiallisen vaikutuksen olevan ihmisen aiheuttama ilmastoon lämpeneminen [2].



Kuva 1: Maapallon keskimääräinen pintalämpötila verrattuna vuosien 1951–1980 keskiarvoon [2].

Kasvihuoneilmiöön vaikuttavia kaasuja on erilaisia. Ilmatoon päätyviä kaasuja on

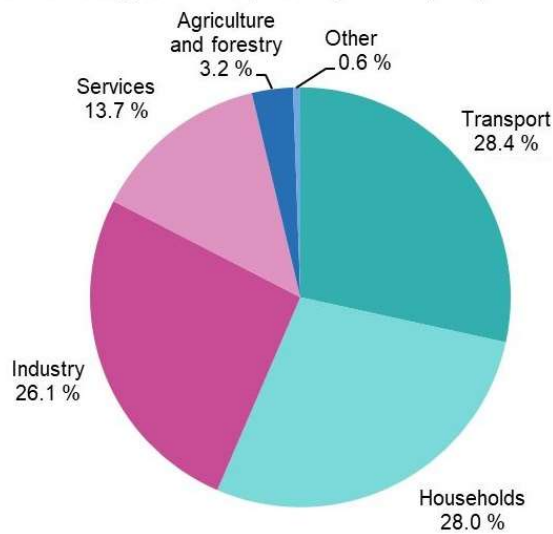
luonnostaa syntyviä, sekä myöskin täysin ihmisten valmistamia aineita. Eri kaasujen kyky vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen riippuu erinäisistä tekijöistä, jotka ovat kaasun kyvykyys estää lämmön pääsyä avaruuteen, paljonko kaasua on ilmakehässä, sekä miten kauan kyseinen kaasu pysyy ilmakehässä. [1]

Vaikka kasvihuonekaasuja on päästetty ilmakehään vuosisatojen ajan, on fossiilisten polttoaineiden käyttö noussut merkittävästi viimeisten vuosikymmenien ajan ja fossiilisten polttoaineiden käyttö nousee vieläkin. Ihmisten kaikista tuottamista kasvihuonekaasuista yli puolet on tuotettu viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana. [1]

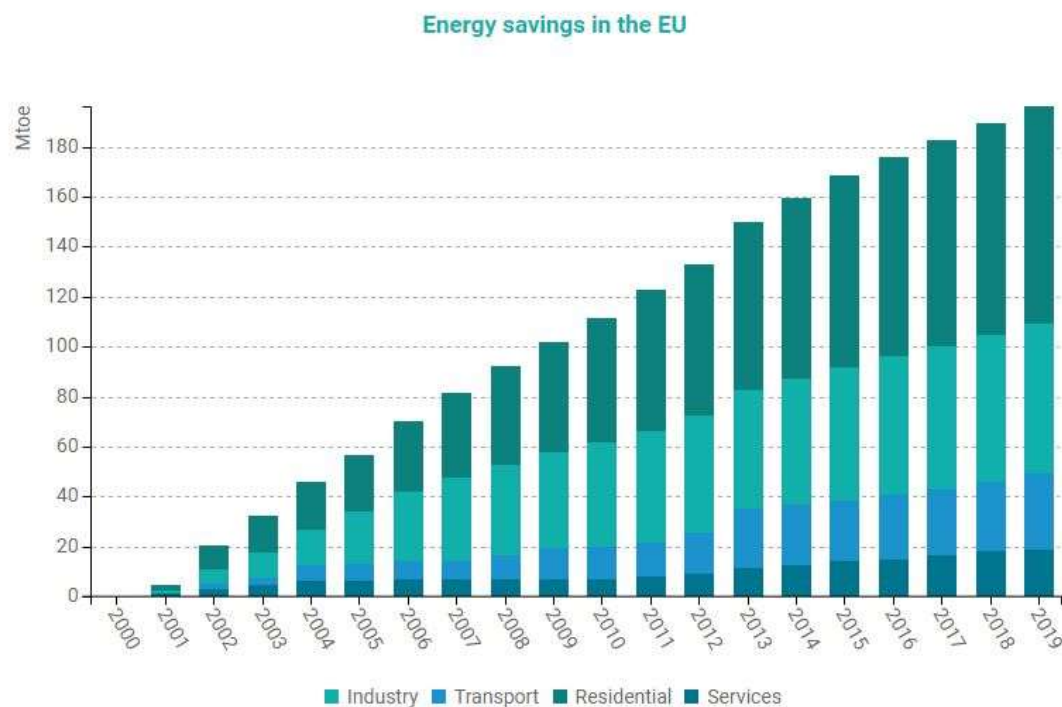
Ilmastonmuutoksella on monia vaikutuksia Euroopan ilmastoon. Keskimääräiset lämpötilat ja meriveden korkeus tulee nousemaan. Sademäärät tulevat vaihtelevaan aiheuttaen alueellisesti tulvia, sekä myöskin kuivuutta yhdessä lämpötilan nousun kanssa. Näillä ilmastoon kohdistuvilla muutoksilla on odotettavissa monia negatiivisia seuraamuksia. Biodiversiteetti vähentyy, käytettävän veden laatu heikkenee, tulipalot lisääntyvät ja suuria taloudellisia menetyksiä on odotettavissa. [3]

2.1.2 Rakennusten vaikutus ilmastonmuutokseen

Kaikista eniten energiaa EU:ssa käytetään aloittain kuljetukseen [15]. Kuljetuksen jälkeen seuraavaksi eniten energiaa käytetään oheisessa järjestyksessä alkaen asumiseen, jonka jälkeen teollisuuteen ja viimeisenä palveluihin [15]. Nämä edeltä mainitut osuudet kuluttavat eniten energiaa ja muihin asioihin kuluu alle 5 % kokonaisenergian kulutuksesta [15]. Kuvassa 2 tuodaan esille energiankulutus EU:ssa sektoreittain [15]. Vaikka liikenne kuluttaa aloittain eniten energiaa 28,4 % EU:ssa [15], niin eri alojen rakennukset voidaan koota yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin yhteensä rakennuksiin käytetään 43 % koko EU:n energiankulutuksesta [16]. Rakennuksen energiankulutus on kokonaisuutena hyvin iso osuus käytettävästä energiasta [4]. Rakennukset tuottavat myöskin 36 % koko EU:n kasvihuonepäästöistä [4].

Final energy consumption by sector, EU, 2020**Kuva 2:** EU:n energiankulutus sektoreittain [15].

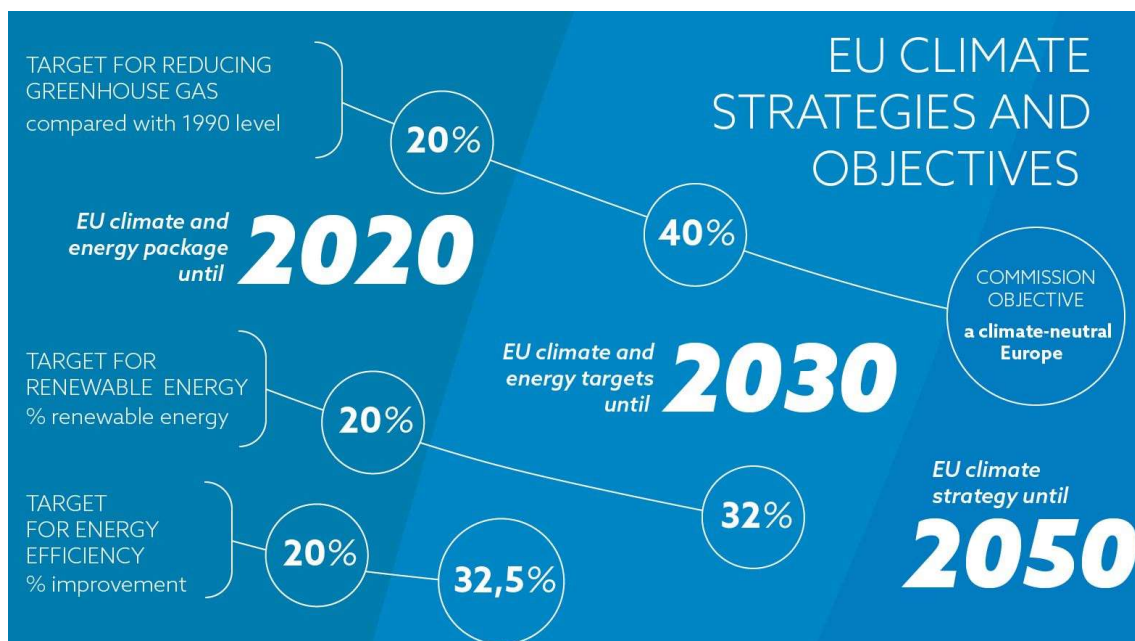
Energiankulutuksessa on EU:ssa saatu aikaan merkittäviä säästöjä [17]. Energiankulutusta on saatu vuodesta 2000 vähennettyä yli 20 % [17]. Kuvassa 3 tuodaan esille, miten vuosi vuodelta energiaa on saatu EU:ssa säästettyä enemmän [17]. Melkein puolet säästöistä on saatu pelkästään asuinrakennuksista [17]. Rakennusten energiankulutusta vähentämällä on saatu merkittävää muutosta energiankulutukseen [17]. Jo huomattavista energiankulutuksen säästöistä [17] huolimatta EU:ssa 75 % rakennuksista käyttää energiaa tehottomasti [4]. EU:ssa rakennusten energiankäytön hyötysuhdetta pystytään nykyisissä ja uusissa rakennuksissa parantamaan merkittävästi [4]. EU on alkanut yhä enemmän kiinnittää huomiota siihen, miten saataisiin parannettua rakennusten energiatehokkuutta, jotta saataisiin vähennettyä energiankäytön tuhlausta [4].



Kuva 3: EU:ssa vuosien aikana säästetty energian määrä sektoreittain [17].

2.1.3 Rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavia EU:n direktiivejä

EU:lla on suuria tavoitteita energiankulutuksen ja kasvihuonepäästöjen vähentämisessä [4]. Kuvassa 4 tuodaan esille EU:n ympäristötavoitteita [18]. Suurimpien tavoitteiden joukkoon kuuluu ilmastonutraalisuuden saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä [19]. Tämä ilmastonutraalius tarkoittaa sitä, että ihmisten tuottamien kasvihuonepäästöjen määrä ilmakehään on vähempi kuin mitä saadaan esimerkiksi sidottua ilmakehästä maaperään [19]. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on EU:ssa kehitetty direktiivejä, joiden avulla ympäristötavoitteiden saavuttaminen olisi mahdollista halutulla aikataululla [4]. Merkittäviä rakennusten energiankäyttöön vaikuttavia direktiivejä on uusiutuvia energialähteitä koskeva direktiivi (RED) [18], energiatehokkuusdirektiivi (EED) [20] ja rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi (EPBD) [21].



Kuva 4: EU:n ilmastotavoitteita [18].

RED:ssä tavoitteena on edistää uusiutuvaan energiaan liittyvien teknologioiden kehitystä ja parantaa mahdollisuutta siirtymistä uusiutuvien energialähteiden käyttöön [22]. Direktiivi on vuodelta 2009 ja direktiivi on tarkistettu ensimmäisen kerran vuonna 2018, sekä toinen tarkistus on ehdotettu vuonna 2021 [22]. Rakennuksiin tällä direktiivillä on vaikutusta rakennusten energiankäyttöön [20]. Direktiivi myötä on vähimmäisvaatimuksia uusiutuvan energian käytölle rakennuksien energiankäytössä ja nämä vähimmäisvaatimukset olisi tarkoitus saavuttaa vuoteen 2030 mennessä [20].

EED:ssä pääasiallinen tarkoitus on edistää EU:ssa energiatehokkuutta [23]. Direktiivi on vuodelta 2012 ja sitä on muutettu vuonna 2018 [23]. Direktiivillä on tarkoitus vähentää rakennuksen energiankulutusta paremmilla energiatehokkaammilla ratkaisuilla, mutta kuitenkin niin, etteivät rakennuksen olosuhteet oleskelulle heikkene [24]. Direktiivi ohjeistaa energiatehokkuuden parantamiseen uudisrakennuksissa ja myöskin vanhoissa rakennuksissa silloin kun rakennuksissa on tarkoitus suorittaa isompia remontteja [24].

EPBD:ssä tarkoituksena on parantaa EU:ssa olevien rakennuksien energiatehokkuutta [25]. Direktiivi on vuodelta 2010 ja se on tarkistettu vuonna 2018 [25]. EPBD ja EED luovat yhdessä kokonaisuuden, jolla saadaan rakennusten kohdalla otettua ympäristöä paremmin huomioon ja säästettyä energiaa [25]. EPBD asettaa rakennuksille energiatehokkuuteen liittyviä vaatimuksia mm. teknisten järjestelmien osalta ja ohjaa näitä käsittelevien standardien luokse, kun taas EED täydentää EPBD:tä asettamalla tarkempia tavoitteita ja tuoden tarkempia toimenpiteitä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi [20].

2.1.4 Rakennusten älyindikaattori

Euroopan unionissa kiinnostus älykkäisiin rakennuksiin on kasvanut [26]. Kiinnostus rakennusten älykkyyteen lähti alun perin rakennuksen turvallisuuden parantamisesta [26]. Nykyään kuitenkin merkittävän motivaattorina älykkäiden rakennusten kehitykselle Euroopassa on energian tehostaminen rakennuksissa [26]. Älykkäät rakennukset pystyvät säästämään energiaa muun muassa sillä, että älykkäämmillä järjestelmillä voidaan huomioida rakennuksen energiankäytön sen hetkisiä tarpeita paremmin [27]. Rakennuksen laitteiden käytön optimoinnilla voidaan vähentää laitteiden turhaa käyttöä säästämällä merkittävästi energiaa [27]. Kuvassa 5 tuodaan esille EU:ssa odotettuja hyötyjä rakennuksien älykkyyden lisäämisestä [28].

Vaikka EU:ssa kiinnostus älykkäisiin rakennuksiin kasvaa ja rakennusten älykkyyttä lisätään yhä enemmän, on EU maailmanlaajuisesti jäljessä Pohjois-Amerikkaan verrattuna älykkäissä rakennuksissa [26]. Jotta EU:ssa saataisiin lisättyä ymmärrystä rakennusten älykkyyden lisäämisen hyödyistä, on EU:ssa tarkoituksena ottaa käyttöön uusi indikaattori nimeltään rakennusten älyindikaattori (SRI) [29].

SRI:n kehitys alkoi vuonna 2017. Vuonna 2018 EPBD direktiivin tarkastuksen yhteydessä tuli vaatimukseksi SRI:n kehittäminen EU:ssa käyttöön otettavaksi yhteiseksi arviointimenetelmäksi. SRI:ssä ei ole tarkoituksena tuoda kaikkia rakennusten älykkyyden lisäämisen hyötyjä esille vaan tarkoitus on tuoda hyötyjä ihmisille selkeämmin esille näkökulmasta, jossa painotetaan energian ja etenkin kulutusjoustopuolelta merkittävyyttä. SRI:ssä erinäisten palvelujen teknisten valmiuksien avulla saadaan tuotua tietoa ihmisille. [28]



Kuva 5: EU:ssa odotetut hyödyt älykkäämmistä rakennuksista [28].

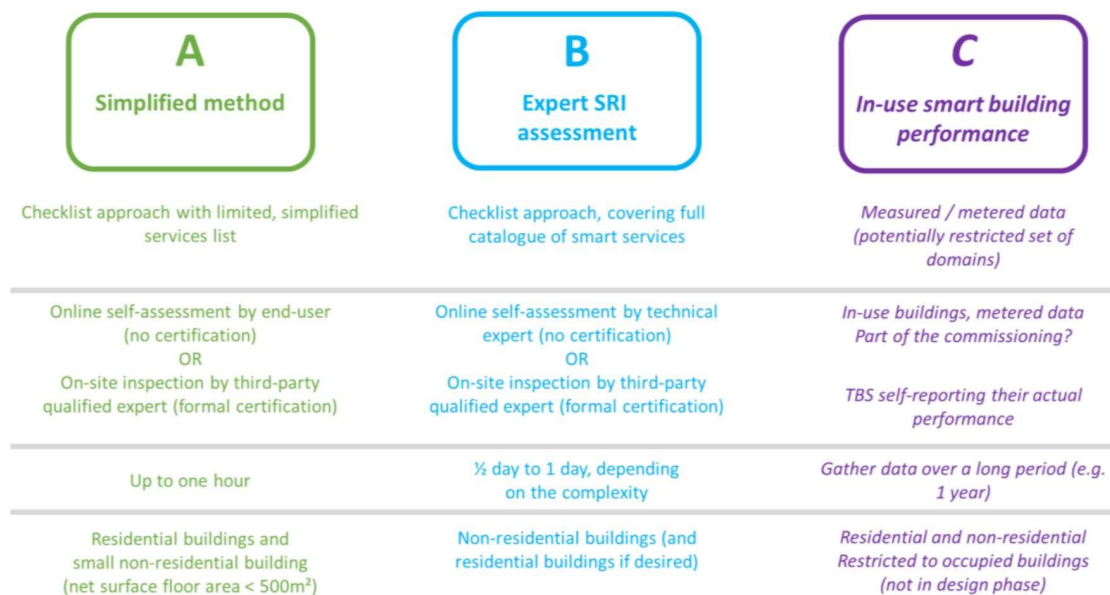
2.2 SRI:n tekninen sisältö

2.2.1 Yleiskatsaus teknilliseen sisältöön

SRI:n teknisen sisällön määrittäminen alkoi ensimmäistä kertaa vuoden 2017 alkupuolella [30]. Teknistä sisältöä alettiin määrittämään tarkemmin vuoden 2018 lopusta lähtien ja tutkimustyö uudemmalta SRI:n tekniselle versiolle saatiin loppuun vuonna 2022 [30]. SRI:n teknillisen sisällön kehityksessä on merkittävimpänä vaikuttajana ollut VITO NV [30] eli “Flemish Institute for Technological Research”, joka on Belgiassa sijaitseva tutkimuslaitos [31], jonka tavoitteena on edistää kestävästä kehityksestä [32]. SRI:n kehityksessä on ollut myös mukana muitakin pienempiä osapuolia VITO NV:n lisäksi [30].

SRI tekninen sisältö ei ole vielä täysin lopullinen. Osa SRI:hin liittyvistä asioista on hyvin valmiita, mutta osa asioista on vielä epäselviä ja mahdollisia vaihtoehtoja asioiden potentiaalisille toteutuksille voi olla useampia. SRI implementoidaan kansalliseen lainsäädäntöön muiden direktiivien vaatimusten tapaan. Siksi käyttöönottoa varten on useampia eri mahdollisia tapoja. Koska halutaan SRI:n soveltuvan hyvin usealle eri rakennustyypille ja ilmastovyöhykkeille on SRI:stä pitänyt tehdä hyvin joustava, jotta nämä asiat pystyttäisiin ottamaan mahdollisimman hyvin huomioon. Myöskin joustavuudelle tulee tarvetta siitä, että SRI:lle tulee tulevaisuudessa tarpeita muutoksille tai muuten SRI ei pysy teknologian kehityksen mukana. [30]

SRI:ssä on haluttu välttää sitä, ettei tulisi vaatimuksia vaadituille laitteiden valmistajille, joten arvioinnissa ei ole suoraan huomioon käytettyä teknologiaa vaan pisteytys SRI:ssä perustuu rakennuksessa olevien ominaisuuksien arviointiin. SRI:n käyttöönoton helpottamiseksi on haluttu SRI:n arvioinnista helppoa ja vähäkus-tanteista. Arviointitapoja on SRI:lle on ehdotettu kolmenlaisia. Kuvassa 6 esitetty ehdotetut A, B ja C arviointitavat SRI:lle. Ensimmäinen arviointitapa A olisi helppo suorittaa ja sisällöltään suppeampi arvioitavien palvelujen kannalta, sekä tarkoitettu pientaloille. Toisena oleva arviointitapa B olisi tarkoitettu isommille rakennukselle ja sisältää kaikki arvioitavat palvelut. Viimeisenä oleva arviointitapa C olisi tarkoitettu rakennusten jatkuvalla arvioinnilla, jotta saataisiin arvioitua rakennuksessa olevien älykkäiden ominaisuuksien hyötyjä. [30]



Kuva 6: Ehdotetut A, B ja C arviointitavat SRI:lle [30].

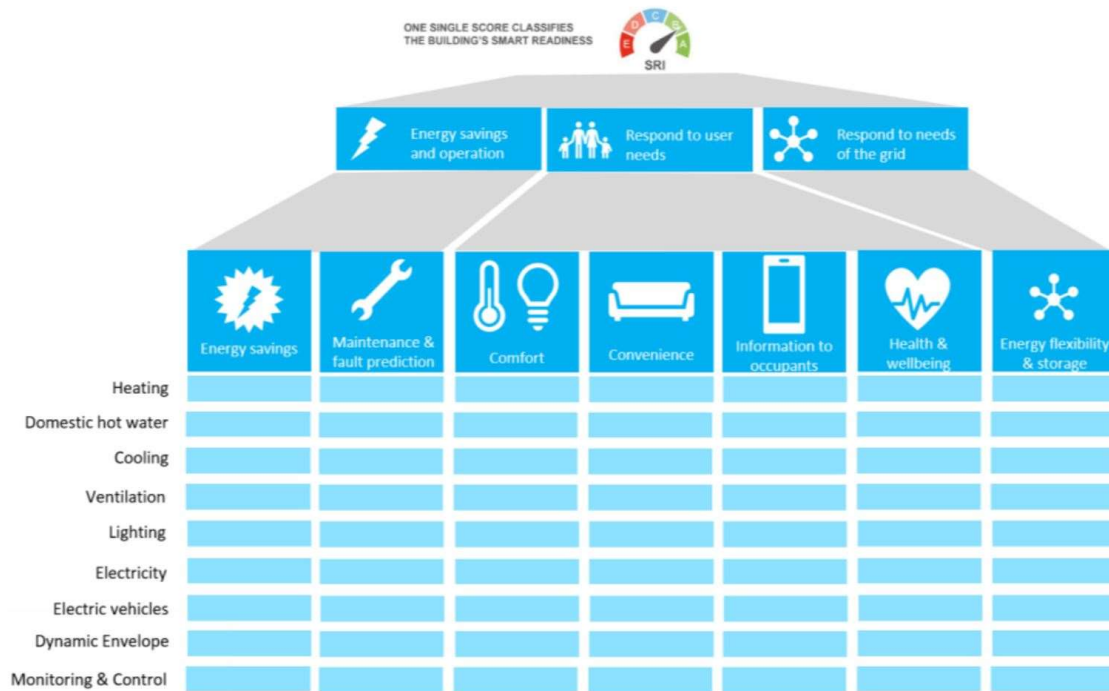
2.2.2 SRI-pisteytyksen laskenta

SRI:ssä arvioidaan monia eri asioita, joten arvioitavuuden selkeyttämiseksi on arvioitavat asiat jaettu eri tasoihin käsitteisiin. Kolme ylintä avainaluetta, joita SRI:ssä pisteytetään ovat energia ja ylläpito, käyttäjä, sekä kulutusjousto. Avainalueet jakaantuvat vaikutusalueisiin, joita on yhteensä yhdeksän kappaletta. Energia ja ylläpitoon kuuluu kaksi vaikutusaluetta, jotka ovat energian säästö, sekä huolto ja vian ennalustaminen. Käyttäjään kuuluu yhteensä neljä vaikutusaluetta, jotka ovat mukavuus, sopivuus, informaatio käyttäjille, sekä terveys ja hyvinvointi. Kulutusjousto on vain yksi vaikutusalue, joka on energian joustavuus ja varastointi. [30]

Vaikutusalueiden pisteytystä varten on arvioitavia aihealueita yhdeksän. Nämä aihealueet ovat lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus, dynaamiset rakennusvaipparatkaisut, sähkö, sähköauton lataus, sekä valvonta ja ohjaus. Nämä aihealueet koostuvat palveluista, joita on tällä hetkellä SRI:ssä vähän yli 50:tä yhteensä. Palveluissa arvioidaan rakennuksessa olevia toiminnallisuuksia ja arviointia varten on palvelusta riippuen 3–5 toiminnallista tasoa ilmaisemaan miten älykäs kyseinen palvelu on rakennuksessa. Kuvassa 7 tuodaan esille aihealueiden ja vaikutusalueiden suhde toisiinsa. [30]

SRI laskentaa suorittaessa arvioidaan kaikille rakennukseen oleellisille palveluille toiminnalliset tasot. SRI on suunniteltu niin, että arviointia varten ei ole tarpeellista huomioida kaikkia palveluita vaan laskenta toimii riippumatta mitkä palvelut on laskentaan otettu mukaan. Palvelujen toiminnallisista tasoista saadut pisteet vaikuttavat yhteen tai useampaan vaikutusalueeseen. Pisteytykseen voi vielä lisäksi vaikuttaa alueelliset kertoimet, jotka vaikuttavat siihen miten paljon tietty palve-

lu voi vaikuttaa tiettyyn vaikutusalueeseen. Alueellisissa kertoimissa on myöskin vaikutusalueille omat kertoimet, jotka eroavat kuvassa 7 annetuista kertoimista. SRI:ssä lopullinen pisteytys on prosenttiluku, joka ilmaisee miten lähellä rakennuksen älyvalmiudet ovat rakennuksen teoreettista korkeinta tasoa. [30]



Kuva 7: SRI:n avainalueet, vaikutusalueet ja palvelut [30].

3 Talotekniikka Suomessa

Tässä luvussa aluksi perehdytään talotekniikan historiallisiin ratkaisuihin ja kehitykseen Suomessa. Tämän jälkeen perehdytään talotekniikan nykytilanteeseen ja erityisesti juuri Suomessa oleviin erityispiirteisiin. Tämän osuuden tarkoituksena on tuoda esille mahdollisia eroavaisuuksia talotekniikassa verrattuna muihin Euroopan unionin maihin ja täten luoda taustaa syihin miksi tiettyjen asioiden soveltuvuus SRI:ssä voi Suomen kohdalla erota muista Euroopan unionin maista.

3.1 Talotekniikan historiaa

Suomessa 1900-luvun alussa ei ollut vielä kovin kehittynyttä teknologiaa verrattuna moniin muihin länsimaisiin maihin. Suomessa käyttöön otetut talotekniikan ratkaisut oli monesti kehitetty Ruotsissa, Saksassa tai mahdollisesti muissa maissa. Teknologia myöskin otettiin monesti jopa vuosikymmeniä jäljessä käyttöön Suomessa verrattuna maahan, jossa teknologia oli alun perin kehitetty. Vasta toisen maailmansodan jälkeen alkoi Suomessa talotekniikan kehitys nopeutua merkittävästi. [33]

Hyvän terveyden ylläpito on ollut merkittävänä tekijänä Suomessa talotekniikan kehityksessä. Tutkitusti on todettu hyvän sisäilman vaikuttavan merkittävästi työkykyyn. Erinäisten ihmisistä toisiin leviävien tautien takia käsihygienian tärkeyteen kiinnitettiin huomiota ja 1930-luvulla Suomessa lisättiin mahdollisuuksia pesuallaiden käyttämiseen käsihygienian parantamiseen. 2000-luvun aikana ulkoilman saasteiden vaikutuksia on tutkittu yhä enemmän ja ymmärrys mahdollisista haitallisista vaikutuksista on lisääntynyt. Nykyään tekniikan kehityksen myötä on Suomessa käytössä laitteita, joilla päästään pienemmistäkin ilmansaasteista huonetilassa eroon. 1900-luvun alkupuolelta lähtien on ollut monenlaisia ilmansaasteiden suodattamiseen käytettäviä keinoja. Ensimmäisten suodatin keinojen joukossa on ollut aktiivihiihien käyttö. Eri hiukkasten suodattamista varten on kehitelty vuosien saatossa erilaisia kilpailevia suodatus keinoja. Poistoilmalla on mahdollisuutta vaikuttaa rakennuksen tuloilman laatuun, ja poistoilman suodatus on 1950-luvulta lähtien kehittynyt merkittävästi. 1990-luvulla on saatu käyttöön parempia laitteistojen ja rakennuksen rakenteiden materiaaleja, joista irtoaa vähemmän hiukkasia rakennuksen sisäilmaan. [33]

Paremmat valaistus tavat ja koneellinen ilmanvaihto mahdollisti isompien rakennuksien tekemisen. Aikaisemmin ennen koneellista ilmanvaihtoa rakennuksissa meni enemmän tilaa ilmanvaihtoa varten, koska painovoimaan perustuva ilmanvaihto ei pysty siirtämään yhtä nopeasti ilmaa rakennuksessa, josta johtuen ilmanvaihtokanavien piti olla suurempia. Auringonvalosta riippumattomalla valaistuksella pystyttiin vähentämään laajempaa tarvetta ikkunoiden tuomalle valaistukselle. Auringonvalon tarpeellisuuden vähentymisestä oli myöskin hyötyä paremman sisäilman lämpötilan saavuttamiseksi, koska ikkunoista rakennukseen tulevalle auringonvalolle on merkittävä lämpövaikutus rakennuksen sisätiloihin. Ikkunoiden pienentämisen lisäksi on auringonvalon lämpövaikutusta saatu vähennettyä myöskin kehittämällä aurin-

gonvalon säteilyä suodattavia ikkunalaseja, minkä taso ollut korkealla Suomessa jo 1980-luvusta lähtien. [33]

Alun perin Suomessa rakennusten lämmitys tapahtui käyttämällä puuta. Puun käytön alkoi 1930-luvun aikana syrjäyttää kivihiili ja myöhemmin myöskin öljylämmitys. 1900-luvun alussa tuli vesikeskuslämmityksestä yleinen tapa kerrostalojen lämmityksessä. 1950-luvulla Suomessa alettiin rakentamaan kaukolämpöverkkoja, jotka poistivat käyttöönnoton myötä tarpeen kattilahuoneille. Vähentynyt savukaasujen määrä paransi kaupunkien ilmanlaatua. Vuosien aikana puupolttoaineiden, hiilen ja vesivoiman käytön osuus on vähentynyt. Öljyn suhteellinen määrä pysynyt samana. uusiutuvia energialähteitä on tullut käyttöön. Ydinenergia ollut uutena tulokkaana energiantuotannossa Suomessa. 1990-luvulta lähtien on ollut tavoitteena energiankulutuksen laskeminen. Kaukolämmön käyttö alkoi Suomessa levitä 1950-luvun aikana. Kaukolämmössä oli alkuun ongelmia putkistojen ruostumisen ja tukkeutumisen kanssa, mutta putkistoja kehitettiin 1970- ja 1980-luvuilla merkittävästi paremmiksi. Kaukolämmön käyttöönnotosta lähtien on saatu vuosien aikana madallettua putkistossa kulkevan veden lämpötilaa, jonka myötä on saatu putkistoja pienemmäksi ja parannettua kaukolämmön käytön hyötysuhdetta. 1930-luvulta lähtien on ollut käytössä automaattisia korroosiota aiheuttavien kaasujen poistoa varten olevia laitteita, mutta alun perin ei laatu ollut vielä kovin hyvä. 2000-luvulta lähtien on kaasujen poisto putkistoista ollut erittäin korkeatasoista. Nykyään kaukolämmössä saadaan vesi pidettyä tehokkaasti puhtaana ja vakiopaineessa. Lattialämmitystä kokeiltiin käyttää Suomessa 1950-luvulla, mutta hyötysuhde oli niin huono, ettei suurempaa suosiota tällöin lattialämmityksen käyttöön tullut. Tekniikan kehityttyä alkoi lattialämmityksen suosio nousta Suomessa 1980-luvulla. [33]

Suomeen vesijohtojärjestelmä tuli käyttöön 1900-luvun loppupuolella hitaasti leviten ympäri Suomea. Vesijohdoissa rakentamisessa käytettiin alkuun hyvin erilaisia rakennusmateriaaleja ja laatu saattoi alueellisesti vaihdella merkittävästi. 1950-luvulta lähtien putkien materiaalin kehityksessä on ollut merkittävää etenemistä ja vuosien aikana on kokeiltu monia materiaaleja. Kehitys rakennuksen vesijohdoissa on ollut hidasta Suomessa viimeisen sadan vuoden aikana. Vesi- ja viemäriverkoston kehityksen myötä jo ennen 1900-luvun alkua alkoi tarve ulkokuuseille vähentyä. Ulkokuuseja kuitenkin käytettiin monien suomalaisten keskuudessa 1960-luvullakin, koska Suomi ei ollut vielä kovin kaupungistunut. Sisävessojen kehityksen aikana on kokeiltu erilaisia malleja ja huuhtelu tekniikoita. 1990-luvun loppua kohden on saatu vessanpöntöistä vedenkäytössä säästeliäämpiä, sekä myöskin hygieenisempiä. Pesu-aiden ja suihkujen kehityksessä on ollut monenlaisia eri ratkaisuja vuosien aikana käytössä. 1930-luvulla saatiin käyttöön Suomessa ruostumattomia tiskialtaita. Aluksi vesijohtoverkon tulon jälkeen oli pitkälti vain mahdollista saada rakennukseen kylmää vettä, ellei paikallisesti pystytty lämmittämään vettä. 1900-luvun alussa tuli lämpimän käyttöveden lämmitykseen keskuslämmitys käyttöön. 1980-luvulla lämpimän käyttöveden hygienian tasoon kiinnitettiin laajemmin huomiota ja bakteeri kasvujen estämiseksi lämpimälle käyttövedelle määriteltiin 55 asteen lämpötila. Säädökset pelkästään lämpimään veteen eivät riittäneet, sillä kylmän käyttöveden lämmitessä

mahdollisti sekin myös bakteerikasvun, jonka myötä säädöksiä jouduttiin 1990-luvulla lisäämään bakteerikasvun estämiseksi. Vesijohto järjestelmät mahdollistavat myöskin paloturvallisuuden parantamista. Sprinkleri järjestelmät olivat alun perin Suomessa pitkälti tehdasrakennuksissa. 1900-luvun alusta lähtien on alkanut Suomessa levitä laajempaan käyttöön rakennusten Sprinkleri järjestelmät. LVI-järjestelmissä erinäisten kemikaalien käyttö aloitettiin Suomessa laajempaan käyttöön 1960-luvulla putkistojen jakelunesteiden jäätyminen estämiseen. Vuosien aikana kemikaaleissa on ollut kehitystä ja on alettu välttämään haitallisten kemikaalien käyttämistä. Rakennuksien sadevesien valumisen varmistamiseksi on 1980-luvulta lähtien ollut käytössä sähköllä toimivaa sulatus estäen syöksytorvien jäätyminen. Huonosti toteutettu vesi-järjestelmät voivat aiheuttaa vesivahinkoja. Vesivahinkoja on vuosien aikana saatu paremmin ennaltaehkäistä erilaisten säännösten ja tekniikan kehittymisen myötä. [33]

Ennen koneellista ilmanvaihtoa oli käytössä painovoimaan perustuva ilmanvaihto. Painomaan perustuvassa ilmanvaihdossa on kuitenkin monia haasteita, että ilmanvaihdon saisi toimimaan halutulla tavalla. Mahdollisia ongelmia voi tulla vanhojen järjestelmien muuttaessa uudempaan. Jos vanhasta esimerkiksi korvataan painovoimaan perustuva ilmanvaihto koneellisella. Jakelunesteiden siirroissa on käytetty pumppuja vuosituhansien ajan. LVI:ssä laajaan käyttöön tuli eri pumppujen käyttö sähkömoottorien tullessa markkinoille, mutta kaikissa käyttökohteissa pumppujen käyttö ei niin nopeasti levinnyt ja Suomessa osa jakelunesteiden siirrosta perustui painovoimaan 1970-luvun alkuun asti. 1930-luvulla alkoi Suomessa yleistymään koneellisen ilmanvaihdon käyttö, kun tekniikan kehitys mahdollisti laitteiden kehittymisen. On ollut tutkimusta siitä miten hyvän ilmanvaihtuvuus vaikuttaa ihmisten hyvinvointiin. Ilmanvaihtokanavissa on käytetty hyvin monenlaisia materiaaleja. 1960-luvussa eteenpäin on tullut merkittävää kehitystä kanavien tiivistyksissä ja liitoksissa. Alun perin ilmastointilaitteilla oli sallittuna hyvin korkea äänen määrä, mutta 1960-luvun jälkeen alkoi äänenkorkeus vaatimukset laitteistoille tulla hiljalleen tiukemmiksi. Ilmastoinnissa ilmanjako tehokkaasti isommassa rakennuksessa oli haasteellista. Vedon ja huonon ilmanvaihdon välttämistä alettiin tutkia 1960-luvulta lähtien merkittävästi ja 1970-luvulla tuli merkittäviä kehitysaskelia ilman jaossa rakennuksen tiloihin. Ilmastoinnissa päätelaitteilla hyvin suuri merkitys ilmastointiin. Eri rakennuksien tiloille on hyvin erilaisia vaatimuksia toimiville ratkaisuille ja merkittävää kehitystä on ollut vuosikymmenien ajan päätelaitteiden tekniikassa ja niiden sijoittamisessa rakennukseen, jotta saavutettaisiin tasokas ilmastointi. Lämmön talteenotto alkoi hitaasti Suomessa ja vasta 1970-luvulla öljyn hinnan noustua kiinnostus lisääntyi energiatehokkuuden parantamiseen. 1990-luvulta lähtien sähkönkulutukseen kiinnitettiin selvästi enemmän huomioita. Rakennuksessa käytetyt puhaltimet ja pumput olivat merkittäviä sähkönkuluttajia, joten otettiin käyttöön energiatehokkaampia puhaltimia ja pumppuja. 2010-luvulla tullut uusia energiatehokkuusdirektiivejä käyttöön ilmastointiin.

1970-luvun aikana alettiin käyttämään hyödyksi Suomen alhaisia ulkolämpötiloja vapaajäähdytyksellä. 1980-luvulla rakennuksissa käytettävän elektroniikan määrä

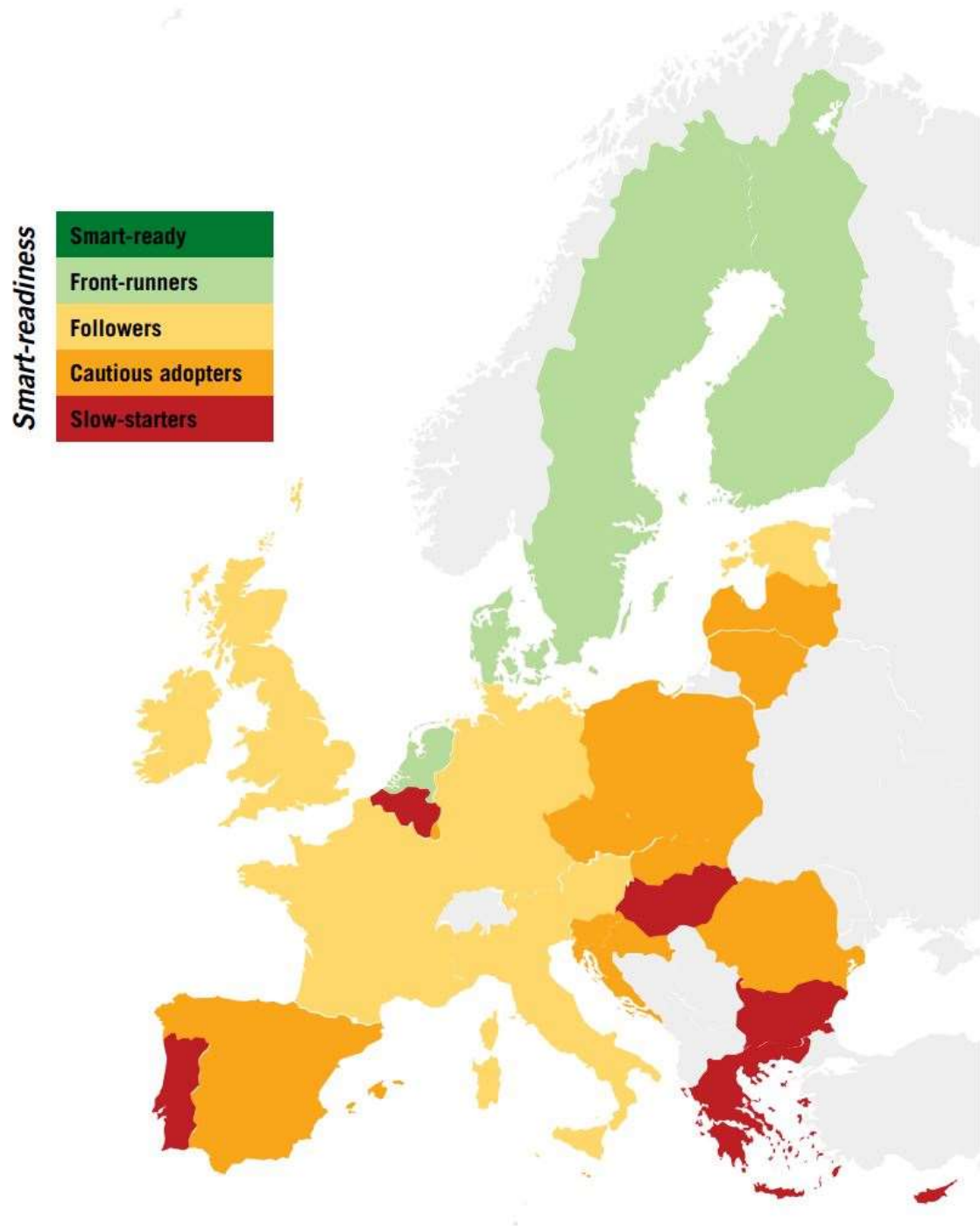
lisääntyi, joten tarvittiin enemmän jäähdytystä kasvavan lämpökuorman takia. Ilmastointijärjestelmiltä suurempi lämpökuorma vaati enemmän tehokkuutta, joten ilmastointijärjestelmän avuksi kehiteltiin jäähdytyslementtejä. Jäähdytyksessä pitkään käytettiin jäädytystorneja, mutta 1980-luvusta eteenpäin alettiin käyttämään lauhduttimia ja nestejäähdytysjärjestelmiä. 1990-luvun lopussa on Suomessa alkanut leviämään kaukojäähdytys, jota käyttämällä kiinteistössä tarvitaan vähemmän omia jäähdytyslaitteita. Jäähdytyksessä käytettävien kylmäaineiden käytössä on 2000-luvulta alkaen ollut useampi kertoja uudempiä kieltoja ilmastolle haitallisten kylmäaineiden käytölle ja tavoitteellisesti kehityksen suunta kohti ympäristöystävällisempiä kylmäaineita. Jäähdytysratkaisut on jatkuvasti kehitetty energiatehokkaammiksi ja tavoitteiden saavuttamiseksi on alettu myöskin käyttämään älykkäitä ratkaisuja. [33]

Rakennusautomaation kehitys alkoi Suomessa 1910-luvulta eteenpäin. alun perin oli hyvin alkeellisia pneumaattisia järjestelmiä. Elektroniikan kehityksen myötä saatiin käyttöön analogisia järjestelmiä ja myöhemmin digitaalista. Automaatiojärjestelmien kehitys mahdollisti monimutkaisempien LVI-järjestelmien suunnittelun. Suurena harppauksena rakennusautomaatiossa oli 2000-luvun alun käyttöön tullut internet ja nopeasti kehittyvä tietotekniikka. 2000-luvun aikana merkittävästi kehittyi tiedon siirto ja tallennus, sekä järjestelmien ohjattavuus. 2000-luvun alun tekniikan nopea kehitys on mahdollistanut huomattavasti älykkäämpien rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelun. [33]

3.2 Suomalaisen talotekniikan nykytilanne ja erityispiireet

Tässä osuudessa tuodaan tarkemmin esille sitä millä tasolla talotekniikka on nykyään Suomessa. Tämän osuuden tarkoituksena ei kuitenkaan ole tuoda esille kaikkea talotekniikkaan liittyvää vaan tässä osuudessa keskitytään asioihin, jotka liittyvät SRI:ssä arvioinnissa oleviin palveluihin.

Kokonaisuutena Suomen talotekniikan tasokkuus on hyvin korkealla. Suomi kuuluu EU:n maissa parhaimpien joukkoon, kun verrataan maiden rakennusten älyllisiä valmiuksia. Kuvassa 8 tuodaan SBEI:tä eli älykkään rakennetun ympäristön indikaattoria käyttämällä esille eri EU:n maiden rakennusten älyllisiä valmiuksia. Suomen hyvään tulokseen talotekniikan tasossa vaikuttaa muun muassa panostus uusiutuvaan energiaan ja erinäiset säännökset, jotka edistävät älykkäämpien ratkaisujen käyttöönottoa. [34]

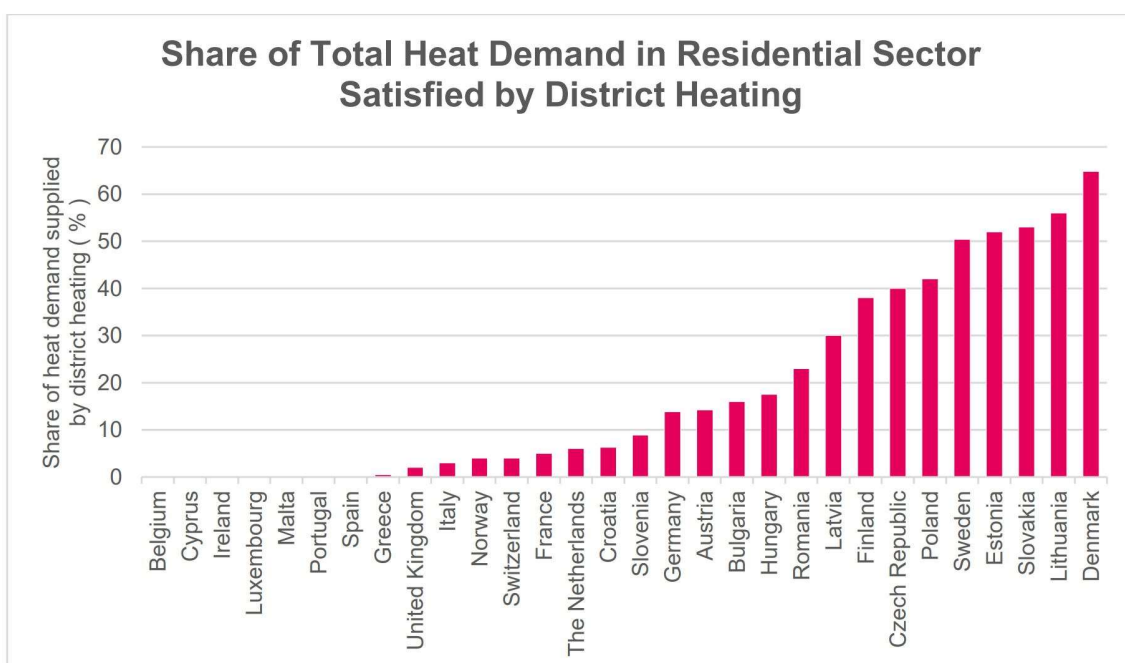


Kuva 8: EU:n maiden rakennusten valmiudet älykkäille talotekniikan ratkaisuille [34].

Suomessa on verrattuna muihin EU:n maihin uusiutuvien energialähteiden käyttö hyvin korkealla, mutta tämä ei kuitenkaan tule esille aurinkopaneelien käytössä. Suomessa aurinkopaneeleja käytetään vähän, vaikka mahdollisuutta olisi laajemmalle käytölle. Tätä potentiaalia nostaa se, että aurinkopaneelit toimivat paremmin alhai-

sisä lämpötiloissa. Euroopasta löytyy muita maita samalla vuotuisella auringonvalon määrällä ja laajemmalla aurinkopaneelien käytöllä. [35]

Aurinkopaneeleja käytetään hyvin vähän Suomessa lämmityksen tuotantoon [35]. Suomessa yleisimpänä tapana tuottaa rakennuksiin lämmitystä on kaukolämmöllä ja puolet rakennuksiin tuotetusta lämmöstä on peräisin kaukolämmityksestä [35]. Suomessa muihin EU maihin verrattuna on kaukolämmön osuus lämmityksessä keskitasolla [36]. Kuvassa 9 tuodaan esille EU:n maiden kaukolämmön osuus kaikesta lämmöntuotannosta [36]. Suomi on Itävallan lisäksi ainoita maita, joissa kaukolämmön kapasiteetti on nousussa [36]. Kaukojäähdytys on Suomessa vielä uutta, mutta kaukojäähdytyksen käytön laajentumisessa on Suomessa vuosittaista kasvua [36].



Kuva 9: Kaukolämmön käytön osuus lämmityksestä EU:n maissa [36].

Koska Suomi on harvaan asuttu maa, on kaukolämmön käytössä alueellista vaihtelua ja isommissa kaupungeissa käytön osuus voi olla hyvin korkealla, mutta syrjäisemmille paikoille ei ole pakosti edes kannattavaa kaukolämpöjärjestelmien rakentaminen [36]. Ympäristöystävällisen kokonaisuuden saavuttamiseksi maaseudulla on hyvä käyttää kaukolämmön korvikkeena lämpöpumppuja [37]. Rakennuksen lämmöntuotannon lisäksi lämpöpumppuilla voidaan ympäristöystävällisesti tuottaa rakennuksen jäähdytys [34]. Lämpöpumppujen laajempaan käyttöön on Suomessa investoitu merkittävästi [34].

4 Tutkimusmenetelmät

Tästä luvusta alkaa kirjallisuuskatsauksen jälkeinen diplomityön toinen osuus. Tässä luvussa 4 tuodaan esille, miten diplomityön laadullinen tutkimus on toteutettu.

4.1 Haastattelut

Tässä työssä päädyttiin selvittämään SRI:n soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin haastatteleamalla eri talotekniikan asiantuntijoita. Haastattelut sopivat hyvin tutkimuskohteeseen, jossa tutkittava kohde on vielä hyvin uusi [38]. SRI on hyvin uusi indikaattori, joka on vasta esitelty julkisuuteen vuonna 2018 [7], mistä johtuen työtä varten parhaaksi tiedonlähteeksi koettiin kentän tietämys, koska heille SRI tulee ensimmäisenä vastaan ja heillä on paras tietämys Suomen tämänhetkisestä talotekniikan tilanteesta. Monet haastateltavista olivatkin ainakin osakseen kuullut SRI:stä ja osa olleet myöskin aktiivisesti erinäisissä SRI:n testaus hankkeissa mukana Suomessa.

SRI:n palvelukatalogia varten todettiin parhaimmaksi haastateltavaksi teema-haastattelu, jotta haastateltava pystyi omalla tietämyksellään vastaamaan mahdollisimman kattavasti. Teemahaastattelun etuina on joustavuus ja teemojen avulla haastatteluissa eteneminen [38]. Tässä työssä SRI:n palvelukatalogin koostuu aihealueista, jotka ovat tietynlaisia teemoja mistä keskustellaan haastateltavien kanssa. Palvelukatalogin aihealueiden palvelut saattavat liittyä toisiinsa, joten aivan mahdollista, että haastateltava yhden vastauksen aikana vastaa useampaan eri palveluun. Teemahaastattelu huomioi haastateltavan ja haastateltavan välisen vuorovaikutuksen, sekä myöskin haastattelijan kohtaiset tulokset kysymys aiheisiin [38]. SRI:n palvelukatalogin uutuudesta johtuen palvelujen ja palvelujen toiminnallisten tasojen selitykset ovat vielä hyvin rajallisia aiheuttaen tulkinnanvaraisuutta. Onkin hyvä asia, että on tutkimustapa, joka ottaa haastateltavan kanssa käytävien kysymysten tulkinnanvaraisuuden mahdollisimman hyvin huomioon.

Haastatteluihin oli valittu mahdollisimman monta eri taustaista talotekniikan asiantuntijaa, jotta saatiin kattava määrä vastauksia jokaiseen rakennusten älyindikaattori palveluiden soveltuvuuteen Suomen olosuhteisiin. Asiantuntijat vastasivat vain heidän oman osaamisalueensa SRI:n palveluihin, jotta saatiin mahdollisimman korkeatasoista tietoa. Pääsääntöisesti haastateltavilla oli teknillinen suunnittelijan tausta, mutta myöskin haastatteluihin valittiin kaupallisen taustan osaamista, jotta saatiin mahdollisimman laajaa näkökulmaa SRI:n palvelujen soveltuvuuden arviointiin Suomen olosuhteisiin. Myöskin haastateltavia valittiin julkiselta puolelta kuin yksityiseltä, sekä lisäksi haastateltavia oli eri puolilta Suomea. Näillä järjestelyillä saatiin taattua mahdollisimman hyvälaatuista ja monipuolista informaatiota haastatteluista. Lisää tietoa haastateltavista seuraavassa alaluvussa, jossa haastateltavat esitellään tarkemmin ennen haastatteluista saatujen tulosten läpikäyntiä.

Haastateltaviin oltiin aluksi yhteydessä sähköpostin kautta, jotta saatiin sovittua

haastattelua varten aika ja selvitettyä etukäteen minkälainen osaamistausta on haastateltavalla. Haastattelut olivat yksilö- ja parihaastatteluja. Kaikki haastattelut toteutettiin etänä teams:iä käyttäen. Haastatteluihin oli varattu 45 minuuttia aikaa, mutta tietyissä tilanteissa jos haastateltava on itse halunnut kertoa vielä enemmän mihin haastatteluun varattu aika ei ole riittänyt on haastattelua voitu jatkaa pidemmän aikaa, jotta haastateltava on voinut saada sanottua kaiken haluamansa. Kaikki haastattelut nauhoitettiin haastattelun jälkeistä litterointia varten.

Haastatteluja oli useita ja haastattelut järjestettiin useamman kuukauden aikana. Koska haastatteluissa käytiin samoja asioita eri haastateltavien kanssa, oli riskinä teemahaastattelussa, että aikaisempien haastateltavien ajatukset saattaisivat vaikuttaa seuraavien haastattelujen keskustelujen etenemiseen. Tätä tulosten kannalta huonoa haastateltavien johdattelua pienennettiin ottamalla asia huomioon ennen haastattelujen aloittamista. Haastatteluja varten tehtiin etukäteen hyvä kysymyspatteristo ja haastattelun kulku suunniteltiin mahdollisimman toimivaksi. Ennalta tehtyä suunnitelmaa noudatettiin mahdollisimman tarkkaan, että kaikki haastattelu-tilanteet olisivat mahdollisimman samanlaisia.

Haastattelua varten oli valmiina kysymyksiä SRI:n palvelukatalogin palveluista, sekä myöskin yleisempiä kysymyksiä SRI:n liittyen. Palvelukatalogiin liittyvät kysymykset valittiin osaamistaustan ja myöskin sen perusteella mihin haastateltava oli itse halukas vastaamaan, jotta saatiin haastateltavalta paras motivaatio kysymyksen vastailua varten. Parihaastatteluissa jos haastateltavien osaamistaustoissa oli eroavaisuuksia, saatettiin eri henkilöille käydä läpi samoja ja osaksi myös eri kysymyksiä.

Haastatteluista saatujen tulosten analysointi alkoi äänitteiden läpikäynnistä. Äänitteet litteroitiin SRI:n palvelujen ja yleisten kysymysten perusteella. Litterointi tehtiin erittäin tarkasti, että kaikki työn kannalta oleellinen asiasisältö tuli kirjattua ylös tuloksia varten. Eri haastateltavien litterointeja alettiin käydä läpi etsien samoihin SRI:n aihealueiden palveluihin ja yleisiin kysymyksiin kuuluvat vastaukset ja nämä koottiin yhteen. Tämän jälkeen, kun saman aihealueen vastaukset eri haastateltavilta oli saatu koottua samoihin kokonaisuuksiin, pystyttiin tuloksia koostamaan käymällä läpi ja vertaamalla eri haastateltavia saatuja vastauksia.

4.2 Haastateltavat

Haastatteluihin osallistui yhteensä 16 henkilöä. Haastatteluissa osallistuvilla oli luovutettu anonymiteetti, josta johtuen työssä ei mainita haastateltavien nimiä tai muuta tunnistamiseen mahdollistavaa tietoa. Haastatteluissa käytyjä tuloksien läpikäyntiä varten on haastateltaville annettu nimimerkit. Nimimerkkeinä on käytetty aakkosia ja nimimerkit on annettu haastateltaville satunnaisessa järjestyksessä. Vaikka haastateltavien nimiä ei työssä mainita tuodaan työssä esille perustelut, miksi juuri kyseiset haastateltavat on koettu parhaaksi työn tiedonkeruuta varten.

4.2.1 Haastateltavien taustat

Haastateltava (A) toimii kehityspäällikkönä Etelä-Suomessa sijaitsevassa korkeakoulussa, sekä on myöskin mukana talotekniikkaan ja energiaan liittyvien yhdistysten toiminnassa. Hän on työskennellyt korkeakoulussa yli kymmenen vuotta ja ennen tätä myöskin kattava työkokemus, johon kuuluu työskentelyä yli kymmenen vuotta ison kiinteistöalan yrityksessä. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut SRI:n aihealueista sähköön, sekä valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon kattavan talotekniikan osaamisen myötä ja myöskin koska on ollut mukana älykkäissä rakentamisessa.

Haastateltava (B) toimii suunnittelujohtajana suuressa asiantuntijayrityksessä. Hän on taustaltaan LVI-suunnittelija. Hänellä on parinkymmen vuoden työkokemus LVI-suunnittelusta ja nykyisessä yrityksessä lähes kymmenen vuoden työkokemus. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat lämmitys, lämmin käyttövesi, jäähdytys ja ilmanvaihto. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon, koska hänellä pitkä työura LVI-suunnittelun eri työtehtävistä.

Haastateltava (C) toimii kooltaan pienyrityksenä olevan insinööritoimiston toimitusjohtajana. Häneltä löytyy kattava työkokemus sähkötekniikasta ja yli kymmenen vuoden työkokemus nykyisessä yrityksessä. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat valaistus, sähkö ja sähköauton lataus. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon hyvän sähkötekniikan asiantuntijuuden takia ja myöskin, koska hän on edennyt menestyksekkäästi urallaan pystyen tuoda näkökulmaa siitä, miten yrityksen johdossa SRI:n kaltaisiin asioihin suhtaudutaan.

Haastateltava (D) toimii osaston johtajana suuressa kiinteistö- ja rakennusalan asiantuntijayrityksessä. Hän on taustaltaan LVI-suunnittelun asiantuntija ja työkokemusta löytyy useita vuosia alalta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat lämmitys, lämmin käyttövesi, jäähdytys ja ilmanvaihto. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon hyvin laajan LVI-osaamisen myötä.

Haastateltava (E) toimii vanhempana asiantuntijana suuressa insinööritoimistossa. Hän on SRI asiantuntija ja älyrakennuksiin erikoistunut. Tässä tutkimuksessa hän ei ole vastannut SRI:n palvelukatalogin aihealueisiin vaan yleisempiin rakennus älyindikaattoriin liittyviin kysymyksiin. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon älyrakennus ja SRI asiantuntijuuden johdosta.

Haastateltava (F) toimii markkinointipäällikkönä isossa valaistustekniikan yrityksessä. Häneltä löytyy kattava vuosikymmenien työkokemus eri valaistukseen liittyvistä työtehtävistä. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut valaistukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon erittäin korkeatasoisen valaistustekniikan tietämyksen myötä.

Haastateltava (G) toimii palvelumyynnin johtajana keskisuuressa yrityksessä, joka

keskittyy rakennusautomaatioon. Hänellä kaupallisen alan koulutus, mutta useamman vuoden työkokemus tekniikan alan yrityksissä. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon, koska hänellä on hyvä ymmärrys rakennusautomaatiosta ja myöskin, että saatiin näkökulmaa SRI:n soveltuvuuteen kaupallisen puolen asiantuntijalta.

Haastateltava (H) toimii talotekniikkaryhmän päällikkönä suuressa valtion omistuksessa olevassa kiinteistöalan yrityksessä. Hän on alun perin taustaltaan sähkösuunnittelija, mutta nykyään häneltä löytyy lähes kahdenkymmenen vuoden työkokemus talotekniikasta eri työtehtävistä, jonka aikana hänelle on kertynyt hyvin laaja-alainen ymmärrys eri talotekniikan osa-alueista. Nykyisessä työtehtävässä hän on ollut yli 5 vuotta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat valaistus, dynaamiset ulkovaipparatkaisut, sähkö, sähköauton lataus, sekä valvonta ja ohjaus. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon hyvin laaja-alaisen talotekniikan osa-alueiden ymmärryksen myötä ja myöskin tuomaan julkisen sektorin näkökulmaa SRI:n soveltuvuuteen.

Haastateltava (I) toimii kehityspäällikkönä keskisuudessa sähköisen talotekniikan yrityksessä. Hän on taustaltaan rakennusautomaation asiantuntija ja työuraa löytyy useita vuosia alalta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut SRI:n aihealueista valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon kattavan rakennusautomaatio osaamisensa myötä.

Haastateltava (J) toimii teknisenä asiantuntijana keskisuudessa sähköisen talotekniikan yrityksessä. Hän on taustaltaan sähkötekniikan asiantuntija ja työuraa löytyy useita vuosia alalta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut SRI:n aihealueista sähköön. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon kattavan sähkötekniikan osaamisensa myötä.

Haastateltava (K) toimii LVI-suunnittelijana suuressa kiinteistö- ja rakennusalan asiantuntijayrityksessä. Hänellä on useamman vuosikymmenen työkokemus LVI-suunnittelusta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat lämmitys, lämmin käyttövesi, jäähdytys ja ilmanvaihto. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon, koska hänellä pitkä työura LVI-suunnittelusta.

Haastateltava (L) toimii erityisasiantuntijana suuressa suunnittelu ja konsultointi yrityksessä. Haastateltava on työskennellyt useamman vuosikymmenen LVI-suunnittelun parissa. Urallaan hän on ollut perustamassa LVI-suunnittelun yritystä, jossa on myöskin toiminut yli vuosikymmen toimitusjohtajana. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihto. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon, koska hänellä on pitkä ja kattava työura LVI-suunnittelun parissa eri työtehtävissä.

Haastateltava (M) toimii rakennusautomaatio päällikkönä ja työnantajana toimii suomalainen kaupunki. Nykyisessä työssä hän ollut vuoden verran. Häneltä löytyy

aikaisempaa työkokemusta rakennusautomaation parista yli kymmenen vuoden verran. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon rakennusautomaatio osaamisensa takia ja myöskin tuomaan kaupungilla työskentelevän näkemystä rakennusten älyindikaattoriin.

Haastateltava (N) toimii tiimipäällikkönä ja työnantajana toimii suomalainen kaupunki. Häneltä löytyy useamman vuoden työkokemus rakennusautomaatiosta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon rakennusautomaatio osaamisensa takia ja myöskin tuomaan kaupungilla työskentelevän näkemystä rakennusten älyindikaattoriin.

Haastateltava (O) toimii projektipäällikkönä suuressa kiinteistö- ja rakennusalan asiantuntijayrityksessä. Hänellä on useampi vuosi taustaa automaatio suunnittelusta. Hänen nykyiselleen vastuualueelleen kuuluu rakennusautomaatio ja älykkäät rakennukset. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut useampaan SRI:n aihealueeseen, jotka ovat dynaamiset ulkovaipparatkaisut, sähköauton lataus, sekä valvonta ja ohjaus. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon, koska hänellä on hyvä tietämys rakennusautomaatio suunnittelusta ja älykkäistä rakennuksista.

Haastateltava (P) toimii johtava asiantuntijana suuressa insinööritoimistossa. Hän on taustaltaan rakennusautomaatio asiantuntija ja työuraa löytyy kymmeniä vuosia alalta. Tässä tutkimuksessa hän on vastannut valvontaan ja ohjaukseen. Hänet valittiin haastateltavien joukkoon kattavan rakennusautomaatio osaamisen myötä.

4.2.2 Haastateltavien aihealueet

Kuvan 10 olevassa taulukossa tuodaan esille mihin eri asioihin ovat haastateltavat ovat pääsääntöisesti vastanneet, mutta haastateltavat ovat halutessaan saattaneet kommentoida myöskin muita aihealueita. Palveluihin liittyvissä vastauksissa on saattanut olla myöskin toisen aihealueen palveluun liittyvää tietoa.

Nimimerkki	Yleiset	Lämmitys	Lämmin käyttövesi	Jäähdytys	Ilmanvaihto	Valaistus	Dynaamiset..	Sähkö	Sähköauton lataus	Valvonta ja ohjaus
A	X							X		X
B	X	X	X	X	X					
C	X					X		X	X	
D	X	X	X	X	X					
E	X									
F	X					X				
G	X									X
H	X					X	X	X	X	X
I	X									X
J	X							X		
K	X	X	X	X	X					
L	X	X	X		X					
M	X									X
N	X									X
O	X						X	X	X	X
P	X									X

Kuva 10: Haastateltavien nimimerkit ja aihealueet, joihin ovat vastanneet.

5 SRI Suomalaisissa rakennuksissa

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksen tuloksia. Tulokset on koostettu haastatteluita saaduista asiantuntijoiden näkemyksistä. Tuloksien läpikäynnissä SRI:n aihealueet on jaettu omiin alalukuihin, joissa kyseisen aihealueen palvelut esitellään taulukossa, jonka jälkeen palvelut käydään yksitellen läpi. SRI:n palvelukatalogin läpikäynnin jälkeen käydään läpi yleisempiä SRI:hin liittyviä kysymyksiä.

5.1 Lämmitys

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia lämmityksen palveluja.

Lämmitys

Lämpöpäästöjen hallinta

Lämpöaktivoitujen rakennusrakenteiden päästöjen hallinta

Jakelunesteen lämpötilan hallinta

Verkkojen jakelupumppujen ohjaus

Lämpöenergian varastointi

Lämpötuotannon ohjaus lämpöpumpuilla

Lämpötuotannon ohjaus ilman lämpöpumppuja

Sekvensointi eri lämmöntuottajia käyttäessä

Lämmitysjärjestelmän suorituskyvyn tietojen raportointi

Joustavuus ja verkkovuorovaikutus

Taulukko 1: SRI palvelukatalogin lämmityksen palvelut

5.1.1 Lämpöpäästöjen hallinta

Lämpöpäästöjen hallinta käsitteenä aiheutti epäselvyyttä haastateltavien keskuudessa. Lämpöpäästöt sanana ei ollut erityisen hyvä kuvaamaan sitä mitä kyseisellä palvelulla tarkoitetaan (D). Haastateltavien keskuudessa kyseisen käsitteen merkitystä tulkittiin eri tavoin. Yhtenä tulkintana palvelun merkitykselle oli, ettei käsitteellä kirjaimellisesti viitattu rakennuksien päästöihin vaan enemmänkin kyse on lämmön luovutuksesta (L). Toisena näkemyksenä käsitettä tulkittiin siltä kannalta, miten optimaalisesti energiaa käytetään lämmityksessä eli miten hyvin kyetään minimoimaan turha lämmitys (D). Kolmantena tulkintana ajateltiin palvelua siltä kannalta, miten paljon päästöjä syntyy lämmön tuotannon aikana ja tuotiin esille huomio siitä, että Suomessa toimistorakennuksissa ja kouluissa lämmityksessä yleisenä ratkaisuna käytetään kaukolämpöä lämmityksessä, jolloin lämmöntuotannon päästöt eivät sijoitu rakennukseen vaan ulkopuoliseen kaukolämmön tuotantolaitokseen (B). Viimeisenä tulkintana palvelulle oli ajatus rakennuksen sisällä olevista lämpökuormista eli rakennuksessa olevien ihmisten ja laitteiden tuottamasta lämmöstä (K). Suomessa palvelussa saavutetaan aina vähintään 2/4 toiminnallinen tasokkuus, koska rakennuksen tiloista löytyy aina huonekohtainen lämmityksen säätö (D). Vuosi sitten Suomessa on tullut käyttöön säädös, joka vaatii huonekohtaiset säädöt (L).

Tämä 2/4 toiminnallinen tasokkuus on yleisesti vanhemmissa rakennuksissa, mutta uudemmissa toimistorakennuksissa saavutetaan aina 3/4 toiminnallinen taso, koska rakennusautomaatio järjestelmällä voidaan muokata tarvittaessa huoneissa asetettuja lämmityksen arvoja. Nykyisessä rakentamisessa Suomessa ei olla kuitenkaan päästy vielä korkeimmalle toiminnalliselle tasolle (D) ja (L). Täysin samaa mieltä haastateltavat eivät olleet siitä onko paras toiminnallinen tasokkuus hyödyllinen Suomessa. Korkeimman toiminnallisen tason saavutettavaksi vaadittujen läsnäolon anturien käytöstä lämmityksessä pidettiin hyvänä asiana (D), mutta myöskin oli kantaa siihen, ettei läsnäolo antureiden käytölle olisi tarvetta, koska rakennuksessa lämpötilojen muuttuminen on hyvin hidasta (L).

5.1.2 Lämpöaktivoitujen rakennusrakenteiden päästöjen hallinta

Kuten ensimmäisessä lämmityksen palvelussa oli myöskin “lämpöaktivoitujen rakennusrakenteiden päästöjen hallinta” palvelussa epäselvyyttä haastateltavien keskuudessa mitä palvelulla tarkoitetaan tarkalleen. Etenkin epäselvyyttä aiheutti se mitä päästöillä palvelussa tarkoitetaan (B) ja (K). Yhden tulkinnan mukaan päästöt riippuvat valitusta lämmitysmuodosta ja täten ilmanpäästöjen määrä riippuu lämmön tuottajasta, jolloin tämä kyseinen palvelu vaikuttaa epärelevantilta SRI:n kokonaisuuteen (K). Rakennuksissa voi olla useampaa eri lämmönjakojärjestelmää. Yleisesti toimisto- ja koulurakennuksissa on kolmea erityyppistä lämmönjakojärjestelmää (B). Nämä kolme järjestelmää ovat radiaattorit, lattialämmitys ja säteilijät, joista säteilijöitä käytetään enemmässä määrin toimistoissa (B). Vaikka Suomessa on huonekohtaiset lämpötilojen mittaukset ei järjestelmät ole yleisesti yhteydessä keskitettyyn automaatioon, jonka myötä haastateltava olettaisi tässä palvelussa Suomessa toiminnallisen tason olevan yleisesti 2/3 (L).

5.1.3 Jakelunesteen lämpötilan hallinta

Haastatteluissa tuli ilmi, että jakelunesteiden lämpötiloja voidaan mitata ja ohjata monella eri tavalla. Jakelunesteen mittausta ja ohjausta tapaamaan vaikuttaa se mikä jakeluneste on kyseessä, mistä johtuen käytettyjen tekniikoiden tasokkuuksissa on eroavaisuuksia riippuen minkä jakelunesteen lämpötilan hallinnasta on kyse (D). Lämmitysverkossa lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan (D). Jäähdytysverkostossa jakelunesteen lämpötilaa voidaan säätää ulkolämpötilan mukaan, mutta usein pidetään vakiolämpötilaa rakennuksessa, koska kuormat eivät aina riipu ulkolämpötilasta vaan monista muista muuttujista (D). Rakennuksen käyttöveden lämpötila pidetään vakio asteisena (D). Rakennuksen ilman lämpötilan ohjauksessa ilmanvaihtokoneet mittaavat paluu lämpötiloja ja huonekohtaisia lämpötiloja, minkä avulla säädetään ohjausta (K). Haastateltava tuo esille, että mahdollisia pilotti testauksia on voinut olla älykkäistä järjestelmistä, mutta vielä ei ole yleisessä käytössä kovin kehittyneitä järjestelmiä, jotka keskustelisivat keskenään optimaalisen lämpötilan saavuttamiseksi esimerkiksi huomioiden ihmisen paikallaolon (B). Älykkäämpiä ratkaisuja voitaisiin saada nykyisiin rakennuksiin lisäämällä mittarointia jakelunesteiden lämpötilojen mittaukseen (B). Yleisesti jakelunesteiden lämpötilaa hallitaan

rakennusautomaatiossa ulkolämpötilan mukaan eli palvelun toiminnallisessa tasossa saavutetaan 1/2 (B), (D) ja (L).

5.1.4 Verkossa olevien jakelupumppujen ohjaus

Uudisrakennuksissa on aina taajuusohjattuja pumppuja käytössä (B), (D), (K) ja (L). Vanhemmissa rakennuksissa ei ole välttämättä käytössä taajuusohjattuja pumppuja, mutta kun rakennuksen laitteistoa uusitaan, niin yleisesti vaihdetaan taajuusohjattuun pumppuun, jos sellaista ei ole vielä käytössä rakennuksessa (K). Nykyään ja tulevaisuudessa on käytössä muuttuva virtaisia pumppuja (D). Jakelupumppujen ohjauksen säätö voi tapahtua vakiopaine-erolla, jolloin pumput säätävät itseänsä (B), (D), (K) ja (L), mutta myöskin tietyissä tapauksissa voi ohjaus tapahtua ulkoisten signaalien avulla (D). Pumppujen tekniikassa on ollut kehitystä energiatehokkuudessa, mutta uudempien pumppujen käyttöaika on kehittyneemmän tekniikan myötä lyhytaikaisempi (B). Haastateltavan mukaan uudempien pumppujen ympäristövaikutus onkin epäselvä, vaikka pumput käyttävät vähemmän energiaa, koska pumput ovat monimutkaisempia ja täten niitä pitää vaihtaa useammin kuin yksinkertaisempia vanhemman mallisia pumppuja (B). Jakelupumppujen ohjauksen toiminnallinen taso on Suomessa yleisesti rakennuksissa ainakin 3/4, mutta mahdollisesti 4/4.

5.1.5 Lämpöenergian varastointi

Suomessa kaukolämpö on erittäin laajassa käytössä. Kaukolämmön laajan käytön myötä lämpöenergian varastointia käytetään hyvin vähän rakennuksissa (D) ja (L). Lämpöenergiaa voidaan kerätä talteen useammalla eri tavalla. Lämpöä voidaan kerätä talteen rakennuksen rakennelmiin (B) ja (D), maalämpöä käytettäessä voidaan maaperää käyttää (L), vesivaraajia voidaan käyttää lämmöntalteenottamisessa (L) ja IV-koneilla voidaan myöskin, jos on LTO eli lämmöntalteenotto mahdollisuus (K). Rakennuksen käytön aikana lämpöenergiaa varastoituu rakennuksen rakenteisiin, mutta tätä lämpöenergiaa ei huomioida, kun suunnittelussa mitoitetaan lämmitysjärjestelmää rakennukselle (D). Rakennuksen rakenteisiin lämmön varastoisessa on huonoja puolia, sillä se voi vaikuttaa rakennuksessa oleskeluun tehden oleskelusta käyttäjällä kuumaa (L). Lämpöenergian varastointi on kohtuullisen uusia asia Suomessa, josta johtuen lämpöenergian varastointia ei ole vielä laajassa käytössä, mutta pilotti kohteita on ollut (B). Haastatteluissa tuli ilmi, että lämpöenergian varastoinnista voisi olla hyötyä, vaikka laajassa käytössä ei vielä ole. Haastateltavan mukaan lämpöenergian varaus voisi olla hyödyllinen huippu energioiden tasauksessa (L). Toisaalta kaikki haastateltavat eivät kannattaneet lämpöenergian varastoinnin laajaa käyttöä. Haastateltavan mukaan lämpöenergian varastoinnissa pitäisi olla isompia yksiköitä, jotta lämpöenergian varastoinnista saataisiin mahdollisimman paljon hyötyä, koska pienemmissä yksiköissä ei välttämättä ole riittävästi rahaa ja osaamista tarvittavaan ylläpitoon (B). Tämän kyseisen palvelun toiminnallista tasoa on vaikea arvioida, koska Suomessa käyttö on tällä hetkellä vielä hyvin vähäistä.

5.1.6 Lämpötuotannon ohjaus pumpuilla ja ilman

Haastatteluihin kaikille ei ollut selvää tarkoitetaanko lämmöntuotannolla rakennuksessa paikan päällä tapahtuvaa tuotantoa vai huomioidaanko kaukolämpöä käytettäessä myöskin kaukolämpölaitoksella tapahtuva lämmön tuotanto (L). Lämpöpumpuilla säätö tapahtuu useimmiten ulkolämpötilan mukaan (K). Haastateltavan mukaan Suomessa kaikissa kaukolämpö kohteissa ja myöskin lämpöpumppu kohteissa, joissa maalämpö käytössä saavutetaan palveluista täydet pisteet (L). Ilman lämpöpumppujen käyttämistä saavutetaan toiminnallinen taso 2/2 ja lämpöpumppuja käytettäessä saavutetaan toiminnallinen taso 3/3.

5.1.7 Sekvensointi eri lämmöntuottajia käyttäessä

Yhden haastateltavan mukaan sekvensointi mahdollisuus eri lämmöntuottajilla Suomessa ei ole täysin rakennuttajien päätettävissä, eikä sekvensointia pystytä tällä hetkellä tekemään kaikista järkevimmällä tavalla, sillä kaukolämpötuottajat eivät erityisemmin suosi lämpöpumppujen käyttöä yhdessä kaukolämmön kanssa (K). Tämän takia kaukolämpöä käytettäessä ei oikein ole vaihtoehtona muita lämmöntuotanto vaihtoehtoja (L). Sekvensointia on käytössä silloin kun ei ole käytössä kaukolämpöä (L). Sekvensointia voidaan hyödyntää kovilla pakkasilla, kun ei ole kaukolämpöä käytössä ja tarvitaan parempaa lämmitystä (B) ja (L). Suomessa vähäisen sekvensoinnin käytön vuoksi palvelun toiminnallista tasoa ei pysty määrittelemään.

5.1.8 Lämmitysjärjestelmän suorituskyvyn tietojen raportointi

Kaukolämpöä käytettäessä kaukolämmön tuottajat raportoivat rakennuksen kulutuksista (L). Haastateltavan mukaan toimistotaloissa on yleisesti alakeskus ja tietoa voi seurata internetin kautta, jos kyseisestä palvelusta on maksettu (K). Vikahälytyksistä saadaan tieto lähettyä huoltomiehille, mutta aina ei ole kaikkien vikojen tunnistamiseen riittävästi mittarointia (K). Haastateltavan mukaan informaatiota raportoidaan tällä hetkellä liian vähäisesti, mutta lähitulevaisuudessa pystytään mittaamaan eri suorituskyvyn indikaattoreita, joiden avulla voidaan tehdä kattavia trendikäyriä (D). Nykyhetken rakennuskannan perusteella palvelun toiminnallista tasoa on haastava arvioida, mutta lähitulevaisuudessa uudisrakennuksissa odotettavissa korkein taso eli toiminnallinen taso 4/4.

5.1.9 Joustavuus ja verkkovuorovaikutus

Haastateltavan mukaan kysynnänjoustoa ei ole samalla lailla lämmityspuolella Suomessa niin kuin sähköpuolella, koska laajassa käytössä on kaukolämpö (L). Kaukolämpöä voidaan ostaa ja myydä, mutta kannattavuus vaihtelee (K). Suunnitteilla on erilaisia varaajia lämmöntuotannon piikkejä varten, millä tuotantolaitoksen huippu piikkejä saataisiin alaspäin (B). Kaukolämmön laajan käytön myötä palvelun vähäisen käytön myötä toiminnallista tasoa ei pysty määrittelemään.

5.2 Lämmin käyttövesi

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia lämpimän käyttöveden palveluja.

Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden varastoinnin latauksen hallinta (Suoralla sähkölämmityksellä tai integroidulla sähköisellä lämpöpumpulla)
(Hallinta lämpimän veden tuotannolla)
(Aurinkokeräimillä tai lisälämpö tuotannolla)
Sekvensointi jos on käytössä useampi lämpimän käyttöveden tuotantotapa
Informaation raportointi järjestelmästä rakennuksessa oleville ja rakennuksen hallinnasta vastaaville

Taulukko 2: SRI palvelukatalogin lämpimän käyttöveden palvelut

Kaukolämpöä käytettäessä ei ole käytössä käyttöveden varastointia (B), (D), (K) ja (L) ja Suomessa kaukolämmön käyttö on hyvin laajaa toimisto- ja koulurakennuksissa. Pientaloissa saattaa olla lämpimän veden tuotantoa ja säilöntää (B), mutta nämä rakennustyyppit eivät kuulu tämän työn rajaukseen. Lämpimän veden varastointiin liittyy riski bakteerien kasvusta (B) ja (D), mistä johtuen lämpimän veden varastointia ei suositella (B). Suomen säädökset vaativat lämpimän veden varastoinnille yli 55 astetta (L). Toimisto- ja koulurakennuksissa vähäisen lämpimän veden tuotannon ja varastoinnin takia ei toiminnaalisia tasoja voi arvioida yhdellekään lämpimän käyttöveden palveluille, koska aihealueen palvelut keskittyvät siihen miten lämmintä vettä saadaan tuotettua ja varastoitua paikallisesti rakennuksessa.

5.3 Jäähdytys

jäähdytyksessä teknisten ratkaisujen tasokkuus hyvin samalla tasolla kuin lämmityksessä (D), mistä johtuen jäähdytyksen palveluita ei ole yhtä laajasti käyty läpi tässä työssä kuin muiden aihealueiden palveluja.

Jäähdytys

Jäähdytyksen päästöjen hallinta
Päästöjen hallinta TABS:ia käytettäessä
Jakeluverkon jäähdytetyn veden lämpötilan ohjaus
Verkkojen jakelupumppujen ohjaus
Samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen välttäminen samassa huoneessa
Lämpöenergian varastoinnin toiminnan ohjaus
Generaattorin ohjaus jäähdytystä varten
Erilaisten jäähdytys generaattoreiden sekvensointi
Jäähdytysjärjestelmän suorituskyvyn informaation raportointi
Joustavuus ja verkkovuorovaikutus

Taulukko 3: SRI palvelukatalogin jäähdytyksen palvelut

5.3.1 Eroavaisuuksia lämmitykseen

Rakennuksessa jäähdytystä voidaan tehdä useammalla eri keinolla. Jäähdytyksessä voidaan käyttää lämpöpumppuja, vedenjäähdytyskoneita ja nestejäähdyttimiä (K). Toimistorakennuksissa yleisesti käytetään säteilijöitä (B). Haastateltavan mukaan eroa lämmitykseen siinä, että puhallinkonvektoreita käytössä toimistorakennuksissa jäähdytyksessä (B). Toisin kuin kaukolämpöverkkoja on kaukokylmäverkkoja vain muutamassa kaupungissa Suomessa (B). Jäähdytysverkko yleensä yksi keskitetty kokonaisuus toimistorakennuksessa (K). Jäähdytyksessä on nykypäivänä käytössä tilakohtainen säätö, tulevaisuudessa mahdollisesti älykkäämpää ennakoivaa tai varauskalenteriin perustuvaa ohjausta (D).

5.3.2 Samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen välttäminen samassa huoneessa

Samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen hallintaan termostaateilla on kyky havaita liiallinen lämpötila ja välttää lämmityksen jatkamista (K). Huonetasolla välttääkseen samanaikaista lämmitystä ja viilennystä tarvitaan automatiikkaa, joka löytyy nykyisistä Suomessa käytetyistä järjestelmistä (D). Ongelma samanaikaiselle lämmitykselle ja jäähdytykselle rakennuksissa voi tulla tilanteessa, jossa auringonpaiste saa lämmitettyä toista puolta rakennuksesta, mutta muuten on sen verran kylmä, että lämmitystä tarvitaan (D) ja (K). Säteilijöitä käyttämällä pystytään välttämään päällekkäistä lämmitystä ja jäähdytystä (B). Tässä palvelussa saavutetaan korkein toiminnallinen taso 2/2.

5.3.3 Generaattorin ohjaus jäähdytystä varten

Haastateltavan mukaan jäähdytyksessä vähintään kompressori monella askeleella, mutta voi olla invertteri koneita eli jäähdytystarvetta varten voidaan portaattomasti säädellä (D). Jäähdytysjärjestelmät kuluttavat paljon sähköä ja toimistossa, sekä koulurakennuksissa on paljon tilanteita, jolloin jäähdytys ei ole niin kriittistä, joten on hyviä mahdollisuuksia tulevaisuudessa ottaa huomioon laajemmin, milloin kannattaa jäähdyttää (D). Älykkäillä järjestelmillä voitaisiin tasata kulutushuippuja ja säästää energiaa, sekä vähentää sähkönkulutuksen kustannuksia (D). Palvelussa saavutetaan toiminnallinen taso 2/3.

5.4 Ilmanvaihto

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia ilmanvaihdon palveluja.

5.4.1 Tuloilmavirran säätö huonetasolla

Huonetasolla ei ole vielä merkittävässä määrin säätöä (B). Tarpeenmukainen ilmanvaihto on ollut Suomessa merkittävä puheenaihe energiansäästö mahdollisuuksien takia (D). Vanhemmissa rakennuksissa on tuloilman säätö vähintään aikaohjelmalla (L) ja (K), mutta uudisrakennuksissa ja remontoituissa vanhemmissa rakennuksissa

Ilmanvaihto

Tuloilmavirran säätö huonetasolla

Ilmavirran tai paineen säätö ilmankäsittelylaitteen tasolla

Lämmöntalteenoton ohjaus: ylikuumentumisen estäminen

Tuloilman lämpötilan säätö ilmankäsittelykoneen tasolla

Vapaajäähdytys koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä

Raportointi tiedot sisäilman laadusta

Taulukko 4: SRI palvelukatalogin ilmanvaihdon palvelut

on otettu säätöpeltejä käyttöön, että on antureita säädössä käytössä (L). Uusissa rakennuksissa tilojen tarpeista riippuen niissä voi olla vakiovirtaista tai muuttuvailmaista ilmanvaihtoa (D). IV-koneilla voidaan ohjausta suorittaa monilla eri tavoilla (L). Yhtenä keinona IV-koneilla on lohkoihin jakaminen ja säätäminen huonoimman huoneilman perusteella (L). Mitä pienempiin lohkoihin jaetaan tilat sitä kalliimaksi, tulee säätö olemaan (L) ja myöskin rakennuksen painesuhteiden ylläpitoon tulee haasteita (K). Kustannusoptimoinnin myötä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa käytetään tiloissa, jossa käyttöaste vaihtelee merkittävästi, mutta tätä ei käytetä yleisesti tiloissa, joissa käyttöaste pysyy tasaisena (D). Rakennuksissa on käyttöasteen tunnistamista varten käytössä hiilidioksidin, lämpötilan ja kosteuden mittaamiseen käytettäviä mittareita (D) ja (L), joiden käyttö on uudemmista rakennuksissa odotettavissa jokaisessa huoneessa (L). Tämän palvelun tämänhetkisestä toiminnallista tasoa vaikea arvioida, mutta uudisrakennuksissa lähitulevaisuudessa odotettavissa ainakin 3/4 toiminnallinen taso.

5.4.2 Ilmavirran tai paineen säätö ilmankäsittelylaitteen tasolla

Haastateltavan mukaan Suomessa on minimissään ilmavirran tai paineen säädön ohjauksessa on/off käytössä (L). Ilmavirtaa ohjataan paineantureilla (B), (L) ja (K), jolla tarkoituksena pitää vakiona yleisesti painetta, mutta mahdollisuutena on myöskin ilmavirran pitäminen vakiona (B). Pääsääntöisesti painetta säädetään ilmankäsittelylaitteella, mutta mahdollista on myöskin huoneen päässä olevalla ilmavirtasäätimellä (B). Nykyään on käytössä taajuusmuuttajia, joilla ohjataan portaattomasti puhaltimien käyttöä (D). Palvelussa saavutetaan ainakin 3/4 toiminnallinen taso (L). Haastateltava tuo esille omia kokemuksia palvelun korkeimman toiminnallisen tasoon vaadittavien asioiden huonoista puolista. Haastateltavan mukaan vakioilmavirta- ja muuttavailmavirta järjestelmien käyttöönotossa ja käytössä on teknisiä haasteita, minkä myötä ei ole suosinut niiden käyttöä (L).

5.4.3 Lämmöntalteenoton ohjaus: ylikuumentumisen estäminen

Suomessa lämmön talteenotolle on hyvin vähän tarvetta ylikuumentumisen estämiseksi (L). Poistoilmasta otetaan lämpö talteen, eikä sitä palauteta takaisin (L), mutta ilma toimii huonona lämmönsiirtimenä, että vähäisessä ilmaneliömäärässä ei jäähdytyskyky riitä ja jäähdytystä varten tarvitaan erillinen jäähdytyslaite (B).

Uudisrakennuksissa on aina rakennusautomaatio, joka hoitaa lämmön talteenoton (L). Suomessa palvelussa saavutetaan korkein toiminnallinen taso (D).

5.4.4 Tuloilman lämpötilan säätö ilmankäsittelykoneen tasolla

Ilmanvaihdolla voidaan suorittaa lämmitys ja jäähdytys, mutta Suomessa yleisenä käytäntönä erilliset laitteet lämmitystä ja jäähdytystä varten (D). Ilmanvaihdolla ei yleisesti ole tarkoitus vaikuttaa lämpötilaan vaan pääasiallisesti pitää ilmanlaatu hyvän rakennuksessa oleskeleville ihmisille (D). Tuloilman lämpötilaa voidaan säätää (B), mutta yleisesti lämpötila on mukavuuden ylläpitämisen vuoksi viileäkö (B) ja (D). Yö tuuletus mahdollisuuden ollessa voidaan käyttää alempia lämpötiloja rakennuksen tuuletuksessa (L). Tuloilman hienosäätöön käytetään poistoilmaa aina kun se on järkevää (K). Palvelussa saavutetaan vähintään 2/3 toiminnallinen tasokkuus (L). Korkeimman toiminnallisen tason saavuttaminen 3/3 on tapauskohtaista (K).

5.4.5 Vapaaäähdytys koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä

Vapaaäähdytys koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä käytetään, kun on nestejäähdytin ja vedenjäähdytyskone käytössä (D) ja (L). Kaukoäähdytystä käyttäessä vapaaäähdytystä koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä ei ole käytössä (D). Tässä palvelussa saavutetaan ainakin 2/3 toiminnallinen taso. Haastateltava tuo esille ettei koe korkeinta toiminnallista tasoa tarpeelliseksi, missä käytetään h,x käyrää, koska rakennusautomaatio järjestelmät kykenevät ottamaan jo huomioon lämpötilaerot ja tätä kautta valitsemaan käytetäänkö ulkoilmaa suoraan vai tarvitaanko vapaaäähdytystä (L).

5.4.6 Raportointi tiedot sisäilman laadusta

Rakennusautomaatio järjestelmillä saadaan trendeistä ja tilatiedoista tietoa (B), (D) ja (L), mutta reaaliaikainen raportointi käyttäjille, omistajille ja ylläpitäjille on vielä keskimäärin vähäistä, vaikka mahdollisuuden tämä toteuttamiselle olisi (D). Mittausdataa varten ei ole aina riittävästi monipuolista anturointia, jos ei niitä ei tarvita rakennusautomaation ohjaukseen, koska tällöin anturoinnin lisääminen nostaisi kustannuksia ilman merkittävää hyötyä (L). Palvelussa on valmiudet korkeimmalle toiminnalliselle tasolle, mutta keskimäärin käytössä olevat toteutukset eivät vielä riitä kyseille tasolle. Tässä palvelussa saavutetaan ainakin 1/3 toiminnallinen taso.

5.5 Valaistus

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia valaistuksen palveluja.

Valaistus

Läsnäolosäädin sisävalaistukseen

Valaistuksen tehon säätö päivänvalon perusteella

Taulukko 5: SRI palvelukatalogin valaistuksen palvelut

Valaistuksesta annettiin palautetta, ettei aihealueessa ole riittävän laajasti arvioitu kaikkea sitä älyllistä potentiaalia ja etenkin haastateltava (F) toi esille monia näistä asioista. Haastateltavan mukaan valaistusta arvioidaan hyvin vanhanaikaisesti ja monet SRI:ssä valaistuksessa olevien palvelujen tasoista on ollut mahdollista toteuttaa Suomessa jo vuosikymmeniä sitten (F), minkä myötä SRI:ssä Suomessa päästään lähes automaattisesti korkeimmille toiminnallisille tasoille valaistuksen palveluissa (O). Valaistuksen palveluissa ei oteta huomioon älyllistä kommunikaatiota, eikä datan hyödyntämistä valaistuksen ohjauksen optimoinnissa (F). Sensoritekniikan huomiointi valaistuksessa on hyvin vähäistä (F), vaikka nykyään on hyvin kehittyneitä sensoreita olemassa (F) ja (C). Valaistuksessa olisi hyvä olla enemmän mahdollisia palveluja ja/tai korkeampia tasokkuuksia nykyisille palveluille (F).

5.5.1 Läsnaolosäädin sisävalaistukseen

Toimistotaloissa valaisimien säädettävyys on mahdollista, mutta säädettävyys mahdollisuudet vaihtelevat (O). Toimisto- ja koulurakennuksissa valaistus voidaan toteuttaa yleisesti kahdella mahdollisella tavalla, joista ensimmäisenä on yksittäisillä antureilla huonekohtaisesti toteutetulla ohjausautomaatiikalla, jonka voi käyttäjä ohittaa tarvittaessa (C), mutta osassa tiloista käyttäjä ei välttämättä kykene suoraan vaikuttamaan valaistukseen, vaan valaistuksen ohjaus on keskitetympää (O). Vaativampana ratkaisuna on dali komponenteilla tehtävä ratkaisu, jolloin saadaan älykkäämpi toteutus paremmalla automaatiolla. Sensoreita käyttäjän paikallaolon tunnistukseen on yleensä aina käytössä (C) ja (O). Kaikissa tilanteissa ei liiketunnistukseen perustuva valaistus ole käyttäjille paras ratkaisu, ellei manuaalisesti voi ohittaa automatiikkaa (F). Palvelussa saavutetaan korkein 3/3 toiminnallinen taso.

5.5.2 Valaistuksen tehon säätö päivänvalon perusteella

Valaistuksen tehoa voidaan ohjata Suomessa päivänvalon perusteella (C), (O) ja (F), mutta aina ei haluta investoida sen käyttöön eli ominaisuus ei ole vielä aivan valtavirtaa (F). Nykyisillä tunnistimilla voidaan asettaa asetusarvo sille halutulle valaistuksen määrälle, jonka perusteella pidetään sisävalaistus oikeanlaisena aurin-
gonvalo huomioiden ja käyttäjällä on myöskin mahdollisuus manuaalisesti muuttaa valaistusvoimakkuutta haluamukseen (C). Toimistoissa on mahdollista työpöytä kohtaisesti ohjata valaistusta (C). Nykyään voi olla käytössä lamppuja mihin käyttäjä voi kännykällä kytkeytyä ja suorittaa kyseisen valaistuksen ohjausta (C) ja (F). Palvelussa saavutetaan korkein 4/4 toiminnallinen taso.

5.6 Dynaamiset rakennusvaipparatkaisut

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia dynaamisen rakennusvaipparatkaisujen palveluja.

Dynaamiset rakennusvaipparatkaisut

Ikkunoiden aurinkovarjostimen ohjaus

Ikkunan auki/kiinni ohjaus yhdistettynä LVI-järjestelmään

Dynaamisten rakennusvaippajärjestelmien suorituskyvyn tietojen raportointi

Taulukko 6: SRI palvelukatalogin dynaamisen rakennusvaipparatkaisun palvelut

5.6.1 Ikkunoiden aurinkovarjostimen ohjaus

Suomessa on hyvin vähäisessä määrin käytössä auringonvarjostimien automaattista ohjausta (O) ja (H). Kyseessä ei ole niinkään vakiovaruste vaan mahdollinen tarpeen mukainen lisäys rakennukseen (O). Suomessa on ollut kehitystä lasirakenteiden auringonvalon suodatuksessa, mutta automaattisille varjostimille ei ole koettu merkittävää tarvetta (H). Suomessa manuaaliset säädettävät sälekaihtimet ovat yleinen ratkaisu varjostuksessa, millä voidaan kontrolloida auringon valon voimakkuutta sisätiloihin (H). Vähäisen automaattisten ratkaisujen käytön myötä tässä palvelussa saavutetaan alin toiminnallinen taso 0/4.

5.6.2 Ikkunan auki/kiinni ohjaus yhdistettynä LVI-järjestelmään

Suomessa ei ole merkittävässä käytössä automaattista ikkunoiden avauksessa tai sulkemisesta (O) ja (H). Ikkunoiden availua ei suosita, koska siitä voi seurata käyttäjille kaupunkiolosuhteissa ilmanlaadun heikkenemistä sisätiloissa likaisen ilman tullessa sisälle, sekä lisäksi mahdollisia meluhaittoja voi seurata (H). Vähäisen automaattisten ratkaisujen käytön myötä tässä palvelussa saavutetaan alin toiminnallinen taso 0/3.

5.6.3 Dynaamisten rakennusvaippajärjestelmien suorituskyvyn tietojen raportointi

Dynaamisten rakennusvaipparatkaisujen käyttö on Suomessa niin vähäistä, ettei tämän palvelun toiminnallista tasoa pysty arvioimaan.

5.7 Sähkö

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia sähkön palveluja.

Sähkö

Paikallisen sähköntuotannon tietojen raportointi
Sähkön varastointi (paikallisesti tuotetun)
Paikallisesti tuotetun sähkön omakulutuksen optimointi
Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksen ohjaus (Mikro)grid-toimintatilojen tuki
Tietojen raportointi energian varastoinnista
Tietojen raportointi sähkönkulutuksesta

Taulukko 7: SRI palvelukatalogin sähkön palvelut

5.7.1 Paikallisen sähköntuotannon tietojen raportointi

Paikallisesti rakennuksessa tuotetusta energiasta saadaan informaatiota kerättyä talteen energiaraportointi järjestelmään (H). Paikallisesta energiantuotannosta voidaan esittää informaatiota rakennuksen käyttäjille ja mahdollistaa historiallisen datan läpikäynnin (H). Paikallisen energiatuotannon informaation talteen kerääminen on tärkeä ja hyödyllinen asia älykkäiden sähköverkkojen kehittämisessä (J). Palvelussa saavutetaan nykyisin vähintään toiminnallinen taso 2/4.

5.7.2 Sähkön varastointi (paikallisesti tuotetun)

Paikallisesti sähköä tuotetaan rakennuksissa pääsääntöisesti aurinkopaneeleja käyttämällä (C) ja (H), mutta myöskin maalämpöä käyttämällä voidaan tuottaa sähköä (H). Tuulivoiman hyödyntäminen rakennuksissa paikallisen sähköntuotannon keinona on hyvin vähäistä (C) ja (H). Paikallisesti tuotetun sähkön määrä on hyvin vähäistä suomalaisissa rakennuksissa verrattuna rakennuksien kuluttamaan sähkön määrään (C), (H) ja (J). Tyhjäkäynnin aikanakin rakennukset yleisesti tuottavat aurinkopaneelilla vähemmän kuin kuluttavat (H). Paikallisesti sähköä kerätään hyvin vähän akkuihin talteen (C), (H) ja (J). Paikallisesti tuotettu sähkö menee pääasiassa rakennuksen omaan käyttöön (C), (H) ja (J) tai mahdollisesti myydään verkkoon (J). Sähkön varastointiin liittyy haittana akkujen raskas paino ja räjähdysvaara (C). Vähäisen akustojen käyttöön on kuitenkin tulevaisuudessa odotettavissa muutosta ja aukkojen käyttö on nousussa (C), (H) ja (J). Palvelun toiminnallista tasoa on tällä hetkellä keskimäärin alimmalla tasolla 0/4 vähäisen akkujen käytön myötä.

5.7.3 Paikallisesti tuotetun sähkön omakulutuksen optimointi

Rakennuksessa paikallisesti tuotetun sähkön omakulutuksen optimointia keskimäärin vielä hyvin vähäisessä käytössä ja sitä on nykyisin pääasiassa käytössä vain edistyneisimmissä rakennuksissa (H) ja (J). Vähäisen omakulutuksen optimointiin on merkittävänä syynä vähäinen akustojen määrä rakennuksessa, joka mahdollistaisi energian säilyttämisen myöhempää käyttöä varten (H). Palvelun toiminnallinen taso tällä hetkellä alimmalla tasolla 0/3.

5.7.4 Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksen ohjaus

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on erittäin vähäistä Suomessa (J). Polttokattiloiden käyttö lämmön tuottamiseen on enemmänkin Keski-Eurooppalaista toimintatapaa ja Suomessa polttokattiloiden käytöstä yritetään päästä eroon (A). Haastateltavan tuosille mielipiteen siitä, että tässä palvelussa olisi hyvä ottaa huomioon maalämpö, sillä maalämpöä voi hyvin soveltaa Pohjois-Euroopan olosuhteissa (H). Tämän palvelun toiminnallista tasoa ei pysty arvioimaan vähäisen käytön takia.

5.7.5 (Mikro)grid-toimintatilojen tuki

Tämä palvelu aiheutti epäselvyyttä haastattelijoiden keskuudessa sen suhteen mitä käsitteellä tarkalleen tarkoitetaan (H) ja (C). Tällä hetkellä mikroverkot ovat vasta kehitysvaiheessa Suomessa, eikä ole vielä laajemmassa käytössä (J). Haastateltavan mukaan mikroverkon käytössä on haittana energiatehokkuuden ja elinkaaren huonontuminen, kun syntyy lisätyn tekniikan myötä päällekkäisiä järjestelmiä (A). Tämän palvelun toiminnallinen taso on tällä hetkellä alimmalla tasolla 0/3, koska ei ole vielä laajassa käytössä Suomessa.

5.7.6 Tietojen raportointi energian varastoinnista

Energiavarastoista saadaan tietoja raportoitua silloin kun akustoja on käytössä rakennuksessa (J). Tämän palvelun toiminnallista tasoa ei pysty arvioimaan vähäisen akuston käytön takia niille rakennuksille, joissa akustoja olisi käytössä. Keskimäärin kuitenkin akustojen käyttämättömyyden myötä toiminnallinen taso palvelulle on alimmalla 0/3 tasolla.

5.7.7 Tietojen raportointi sähkönkulutuksesta

Toimistorakennuksissa saadaan hyvin kerättyä ja raportoitua tietoa sähkönkulutuksesta (C), (H) ja (J). Kerättyä informaatiota voidaan raportoida eri tavoilla (C). Verkkoyhtiöiltä saadaan sähkönkulutuksesta reaaliaikaista kokonaiskulutusta ja rakennuksessa on tarkempia pienempien kokonaisuuksien sähkönkulutuksen seuraamista, joka on yhteydessä kiinteistöautomaatioon (C). Saatua raportointi tietoa käytetään rakennuksen omaan sähkönkulutuksen optimointiin, mutta eri rakennusten välillä ei tapahdu niin merkittävää tiedon siirtoa, että sillä voisi optimoida sähkönkulutusta (H). Tekniikan taso tässä palvelussa korkealla. Toiminnallinen taso palvelulle 2/4 tai 3/4 riippuen siitä kenelle toiminnallisen tason määritelmässä halutaan tiedon siirtyvän reaaliaikaisesti.

5.8 Sähköauton lataus

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia sähköauton latauksen palveluja.

Sähköauton lataus

Sähköauton latauskapasiteetti

Sähköauton latausverkon tasapainotus

Sähköauton lataustiedot ja liitettävyys

Taulukko 8: SRI palvelukatalogin sähköauton latauksen palvelut

5.8.1 Sähköauton latauskapasiteetti

Uudisrakennuksissa sähköautoille tulee vähintään yhdellä lataustolpalla kaksi latauspaikkaa (C). Haastateltavien arvioiden mukaan nykyisin on Suomessa saavutettavissa 10 ja 50 prosentin väliltä latauskapasiteetti uusissa rakennuksissa (H) ja (O). Haastateltavan mukaan yli 50 prosentin latauskapasiteetissa ei ole järkeä toimistorakennuksissa, koska sähköautoja ladataan pääsääntöisesti siellä missä autot ovat yön ajan eli harvemmin toimistoissa (H). Tässä palvelussa saavutetaan toiminnallinen taso 3/4.

5.8.2 Sähköauton latausverkon tasapainotus

Nykyisessä tilanteessa haastateltavan mukaan älykäs kuormanhallinta tarkoittaa pääasiassa sitä, että sähkön määrä jaetaan tasaisesti kaikille ladattavissa olevilla autoille (C). Mahdollisuutta siirtää sähköä latauspisteiltä verkkoon päin ei ole vielä mahdollista, mutta mahdollisuus tähän toimintoon on odotettavissa muutaman vuoden kuluessa (H). Verkkoon päin sähkön siirron mahdollisuudesta ei kuitenkaan pääätä kiinteistö vaan latauspalvelun operaattorit (H). Haastateltavan mukaan nykyään on jo luultavasti halutessaan mahdollista porrastaa latausaikaa (H). Tällä hetkellä palvelussa toiminnallinen taso 1/2.

5.8.3 Sähköauton lataustiedot ja liitettävyys

Lataustietoa saadaan kerättyä (C), (H) ja (O), mutta tämä tieto ei tule kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmään (O). Lataustietoja saa auton omistajat itse (C) ja (O), sekä myöskin latauksesta vastaavat latausoperaattorit (H) ja (O). Tässä palvelussa saavutetaan toiminnallinen taso 1/2.

5.9 Valvonta ja ohjaus

Haastateltavan kanssa käytiin läpi oheisia valvonnan ja ohjauksen palveluja.

Valvonta ja ohjaus

LVI-järjestelmien käyttöajan hallinta

Taloteknisten järjestelmien vikojen havaitseminen ja tuki vikojen diagnosoinnissa

Käyttöasteen tunnistus: yhdistetyt palvelut

Keskitetty teknisten rakennusjärjestelmien suorituskyvyn ja energiankäytön raportointi

Älykäs verkkointegraatio

Tietojen raportointi kysyntäpuolen hallinnan suorituskyvystä ja toiminnasta

Kysyntäpuolen hallinnan ohitus

Yksi alusta, joka mahdollistaa automaattisen ohjauksen

ja koordinoinnin TBS:n välillä + energiavirran optimoinnin käyttöasteen, sään ja verkkosignaalien perusteella

Taulukko 9: SRI palvelukatalogin valvonnan ja ohjauksen palvelut

5.9.1 LVI-järjestelmien käyttöajan hallinta

LVI-järjestelmien ohjauksessa on Suomessa vähintään aikaohjelmat käytössä (I) ja (G). Eri rakennusten välillä on hyvin paljon eroavaisuuksia LVI-järjestelmien ohjauksessa (I). Pelkästään aikaohjelmien käyttöä yritetään välttää (O) ja yleisesti sensoreita käyttämällä rakennusautomaatio suorittaa ohjausta mittauksista saatuja arvoja hyödyntämällä (G), (M), (N) ja (O), mutta kuitenkin vielä ei ole merkittävässä käytössä ennakoivaa ohjausta (A), (G), (I), (N), (M) ja (O). Palvelussa saavutetaan toiminnallinen taso 2/3.

5.9.2 Taloteknisten järjestelmien vikojen havaitseminen ja tuki vikojen diagnosoinnissa

Tyypillisesti talotekniikan vikatiloja varten on hälytyslogit joihin tiedot vioista kerätään ja ihmiset arvioivat niitä (H) ja (I), mutta monesti kuitenkin tulee fyysisiä hälytyksiä, joita huoltomiehet käyvät paikan päällä tarkistamassa (O). Tekoälyn käytön hyödyntämisessä on kehitystä vikasieto diagnostiikassa (G). Arvioiden mukaan tässä palvelussa päästään Suomessa 2/3 ja 3/3 toiminnallisten tasojen välimaastoon (I), (J) ja (P).

5.9.3 Käyttöasteen tunnistus: yhdistetyt palvelut

Mitä enemmän pystytään läsnäoloa käyttämään talotekniikan ohjauksessa sitä energiatehokkaampia ratkaisuja, saadaan tehtyä (G). Nykyisin useasti yksittäiset anturit on kytketty kontrolloimaan yhtä toimintaa kuten valaistuksen tai ilmanvaihdon ohjausta (G), (O), (P), (I) ja (J), mutta ei useampaa toimintoa samoilla antureilla (G), (M) ja (N). Ilmanvaihdon ohjauksessa voidaan käyttää hiilidioksidiantureita (M), (N) ja (J), joilla mitataan ilmanlaatua (P). Haastateltava tuo esille tulkinnanvaraisuuden siitä mikä lasketaan läsnäolotunnistimeksi (P). Perinteisesti vain liiketunnistin lasketaan läsnäolotunnistimeksi (P). Tässä palvelussa saavutetaan vähintään toiminnallinen taso 1/2, mutta mahdollisesti korkein toiminnallinen taso 2/2 riippuen miten

toiminnalliset tasot tulkitaan.

5.9.4 Keskitetty teknisten rakennusjärjestelmien suorituskyvyn ja energiankäytön raportointi

Teknisistä rakennusjärjestelmistä kerätään laajasti tietoa suorituskyvystä ja energiankäytöstä (G) ja (H). Mitattavissa asioissa on eri tärkeysjärjestyksiä, jonka myötä mittaustietojen laajuus riippuu mitattavasta asiasta (O) ja (P). Mitä isompi rakennuksen haltija kyseessä sitä kehittyneemmällä tasolla raportointi yleisesti on (I). Raportointitiedon keräyspisteissä on vaihtelua ja useasti tietoa menee rakennuksesta ulkopuolisiin palveluihin (O). Haastateltavalta tuo esille pohdintaa siitä mitä tarkoitetaan reaaliaikaisuuden, koska energiankäytön raportointi on osakseen takautuvaa (G). Palvelussa saavutetaan arvioidusti joko 2/3 tai 3/3 toiminnallinen taso (M).

5.9.5 Älykäs verkkointegraatio

Älykkäästä verkkointegraatiosta on eri puolella Suomea erinäisiä pilottikokeilua, mutta laajempaa käyttöä ei ole vielä Suomessa (A), (I), (J), (M), (N) ja (P). Palvelua ei ole Suomessa käytössä, joten tässä palvelussa saavutetaan alin 0/2 toiminnallinen taso.

5.9.6 Tietojen raportointi kysyntäpuolen hallinnan suorituskyvystä ja toiminnasta

Kysyntäpuolen hallinnan käsitteen merkitys aiheutti epäselvyyttä haastateltavien keskuudessa (A), (I) ja (N). Haastateltava tuo esille, että kysyntäjousto sopimuksen mahdollistamiseksi vaaditaan tässä palvelussa korkein toiminnallinen taso (G). Kysyntäpuolen hallinta ei ole vielä laajassa käytössä, mutta odotettavissa käytön lisääntymistä (O). Palvelua ei ole Suomessa vielä laajassa käytössä, josta johtuen toiminnallinen taso on alin 0/2.

5.9.7 Kysyntäpuolen hallinnan ohitus

Haastateltava tuo esille kysyntäpuolen hallinnan käyttöönotossa sen ohituksen mahdollisuus on välttämätön, koska voi olla tilanteita, jolloin sähkönkulutusta ei voi vähentää ilman negatiivista vaikutusta rakennuksen toimintaan (G). Tällä hetkellä kysyntäjousto on vielä pilotointivaiheessa (N). Kysyntäjouston käytön vähäisyyden takia ei ole Suomessa vielä laajassa käytössä kysyntäpuolen hallinnan ohjausta, josta johtuen palvelun toiminnallinen taso on alin 0/4.

5.9.8 Yksi alusta, joka mahdollistaa automaattisen ohjauksen ja koordinaation TBS:n välillä + energiavirran optimoinnin käyttöasteen, sään ja verkkosignaalien perusteella

Ohjaukseen käytettäviin alustojen käyttöön vaikuttaa rakennuksen hallitsija ja kuinka uusi rakennus on kyseessä (I). Yhden alustan käytöstä oli eriäviä mielipiteitä.

Haastateltava tuo esille kysymyksen onko kyseessä yksi alusta vaiko useampi alusta, jos on useammalta toimittajalta järjestelmät, jotka kuitenkin kommunikoivat keskenään. (P). Yhden haastateltavan mukaan ylempällä tasolla on yksi järjestelmä käytössä ohjaukseen ja koordinointiin (N). Toisen haastateltavan mukaan yksi alusta on hyvin harvinainen ohjauksessa ja koordinoinnissa, koska eri taloteknisiä järjestelmiä on niin paljon (I). Kolmas haastateltava kertoo heillä olevan käytössä yksi alusta tiedon keruuseen, mutta ei ole varma miten yleisesti eri kiinteistöjen omistajilla käytössä yksi alusta (H). Palvelun toiminnallista tasoa on haasteellista arvioida hyvin eriavien mielipiteiden myötä.

5.10 Yleistä

Aikaisemmassa osuudessa käytiin läpi palvelukatalogin palveluja yksitellen. Tässä osuudessa käydään läpi palvelukatalogia laajempina kokonaisuutena ja myöskin muita haastattelihoilta tulleita ajatuksia SRI:stä.

5.10.1 Yleisiä mielipiteitä SRI:stä

SRI:n soveltuvuudesta Suomeen oli eriaviä mielipiteitä. Monet haastateltavista olivat sitä mieltä, että SRI sopii Suomeen ja olisi hyvä ottaa käyttöön, mutta oli myöskin haastateltavia, jotka eivät pitäneet SRI:tä sopivana Suomeen ja toivoivat muutoksia SRI:hin.

SRI:n mahdollisia positiivisia vaikutuksia tuli useampi esille haastatteluissa. Haastateltava arvioi, että SRI:llä voi olla rakennukseen ominaisuuksia lisäävää vaikutusta kustannus rajoitteen julkisen sektorin rakentamisessa (N). Haastateltavan mielestä, vaikka ei pakosti SRI suoranaisesti kaikkea älykkyyttä arvioisi niin SRI on kuitenkin hyvänä asiana vihreät ja kestävät arvot (P). Toinenkin haastateltava on sitä mieltä, että vaikka SRI ei pakosti suoranaisesti älykkyyttä mittaisi niin on hyvä, että on jokin mittari rakennuksien moderniuden mittaukseen (G).

SRI:n palveluja osa piti hyvin sopivina Suomeen. Haastateltava arvioi yleisesti palvelujen jaottelun olevan SRI:ssä hyvällä mallillaan (C). Toinenkin haastateltavan mukaan SRI:ssä olevat asiat sopii hyvin eikä vaikuta, että mitään puuttuisi (O). Oli kuitenkin myös kriittisempiä mielipiteitä. Haastateltavan mielestä kaikki SRI:n asiat eivät välttämättä sovellu Suomeen (L). Toisen haastateltavan mielestä SRI:n palvelukatalogin palvelut ei sovellu kovin hyvin Suomeen (K). Tuli myös esille, ettei kaikkien palvelujen soveltuvuudesta ollut ihan varmuutta vähäisen käytön takia. Haastateltavan mielestä kaikkia SRI:ssä olevia asioita ei ole laajassa käytössä (D). Haastateltavan mukaan vasta käytäntö paljastaa kunnolla, mitkä asiat soveltuvat Suomeen ja mitkä ei (C).

Haastateltavan mukaan SRI:ssä rakennusautomaatiojärjestelmät on merkittävässä osuudessa (B). Haastateltavan mukaan sähkössä ja automaatiassa on hyvin Suomeen sopivia asioita palveluissa (I). Haastateltavan mukaan on hyvä, että sähkö osuutta

on jaettu eri osuuksiin kuten sähköautot ja valaistus (C). SRI:n valaistus osuudesta tuli useammalta haastateltavalta kritiikkiä. Haastateltavan mielestä valaistuksen arviointi hyvin suppeaa SRI:ssä (F). Kuten myöskin toinen haastateltavan mainitsi, että valaistuksessa arvioidaan liian vähän eri asioita (E).

Energian painotus toi kysymyksiä siitä onko rakennusten älyindikaattori edes oikea nimitys SRI:lle, koska se tuntuu harhaanjohtavalta. Haastateltavan mielestä rakennusten älyindikaattori on hyvin hämäävä nimitys, koska SRI painottuu hyvin paljon energian säästämiseen, mutta rakennuksien älykkyyteen liittyy hyvin paljon muitakin asioita mitä SRI ei huomioi (L). Toisenkin haastateltavan mielestä on älyindikaattorin nimityksessä epäselvyyttä mitä se älykkyys sana tarkoittaa, kun SRI:ssä energiatehokkuus merkittävässä osassa (P). Kysynnän jouston merkittävydestä ei myöskään kaikki haastateltavat pitäneet SRI:ssä. Haastateltava mainitsee, että häiritsee kysynnän jouston merkittävyys, sillä ilman sitä on vaikea saavuttaa hyviä pisteitä (M). Toisen haastateltavan mielestä älykkästä sähköverkosta on SRI:ssä liian paljon painotusta (P). Haastateltava tuo esille, että jos kysyntäjoustopuolesta saa paljon pisteitä voi tällöin kysyntäjoustopuolesta järjestelmän omaava rakennus saada paremmat SRI-pisteet huonommalla energiatehokkuudella kuin vastaava rakennus, josta kysyntäjoustopuolesta ei ole (P).

Kriittisimpien mielipiteiden mukaan SRI:tä pitäisi kehittää maakohtaisesti ja ei ole järkevää edes yrittää kehittää samaa indikaattoria kaikille EU:n maille, jotka saattavat erota toisistaan hyvinkin paljon. Haastateltavan mukaan SRI:tä ei tulisi yrittää kehittää samana kokonaisuutena kaikille Euroopan mailla vaan olisi hyvä, että jaettaisiin alueellisiin kokonaisuuksiin, jossa rakentamistavaltaan samanlaiset maat olisivat samassa kokonaisuudessa (B). Myöskin toinen haastateltava kritisoi samaa asiaa ja lisäksi tuo esille, että jo Suomen sisällä Pohjois-Suomi ja Etelä-Suomi ovat hyvin erilaisia ilmastoltaan, sekä myöskin sen, ettei Suomen kaltaisella pienellä maalla ole merkittävää päätäntävaltaa koko EU:ta vaikuttavissa päätöksissä (C). Kolmannen haastateltavan mielestä SRI:n nykyisellään sopii kohtuu hyvin Suomeen, mutta kokee hyväksi, jos olisi maakohtaiset ratkaisut (H).

5.10.2 SRI:n pisteytys

Haastateltavilla oli hyvin paljon sanottavaa SRI:n palvelukatalogin palvelujen pisteytykseen liittyen. Haastateltavan mukaan Suomessa saadaan jo yleisesti hyvät pisteet, mutta on myös hyviä vielä saavuttamatta olevia asioita, joilla saadaan kehitystä talotekniikkaan (D). Toisenkin haastateltavan mielestä SRI:ssä tasokkuudet on yleisesti hyvin, että saa jonkun verran pisteitä helposti, mutta sitten korkeimmat palvelujen tasot vaativat vielä asioita mitä ei ole monesti vielä käytössä (G). Kolmas haastateltava mainitsee, että Suomessa tekniikka on hyvällä tasolla ja säädösten myötä tulee jo hyvät pisteet (H). Haastateltavan mukaan kysynnänjouston, vikadiagnostiikkaan ja huoltoon liittyvissä asioissa on Suomessa eniten kehityksen varaa (O). Lisäksi hyvinä puolina SRI:n pisteytyksestä haastateltava mainitsee, että palvelujen tasokkuuksien kriteerit eivät rajaa teknisiä ratkaisua vaan ovat hyvin yleispäteviä (J). Jaottelu on

myöskin haastateltavan mukaan hyvää, mutta SRI ei kuitenkaan ota kantaa siihen mikä tasokkuus olisi paras ratkaisu, koska kannattavuuden arviointia ei SRI:ssä ole (J).

SRI:n palvelukatalogin palvelujen pisteytyksestä tuli myöskin kritiikkiä, kun osa haastateltavista huomasi haittapuolia nykyisessä pisteytyksessä. Etenkin kritiikkiä tuli siitä, ettei korkeat pisteet palvelussa välttämättä kerro siitä, että rakennuksessa olisi paras mahdollinen rakennusratkaisu käytössä. Haastateltava mainitsee sen kuinka yksinkertaiset rakennusratkaisut voivat olla toimivampia ja jopa energiatehokkaampia kuin kehittyneemmän ratkaisut (L). Toisenkin haastateltava on sitä mieltä, ettei älykkäin ratkaisu ei ole aina paras vaihtoehto kuten ilmanvaihdossa, jossa ohjauksen voi tehdä hyvin ilman läsnäolotietoja (P). Kolmannen haastateltavan mielestä SRI:n pisteytyksessä olisi hyvä huomioida, ettei aina älykkäin ratkaisu ole se optimaalinen, että yksinkertaisemmalla ratkaisulla voi tulla parempi lopputulos (H). Haastateltavan mielestä SRI:ssä pisteytys saattaa vaihdella niin merkittävästi, että tiettyjen arvioiden mukaan älykäs rakennus ei pakosti saa hyviä pisteitä, kun taas ei älykäs rakennus saa hyvät pisteet (P).

SRI:n palvelukatalogissa osa palvelujen selityksistä ja myöskin useampi toiminnallinen taso koettiin epäselvinä. Useissa kohdissa haastateltaville ei ollut selvää mitä aina tismalleen tarkoitettiin. Haastateltavan mielestä palvelut nykyään voivat olla hyvin monitulkintaisia (E). Epäselvyyksiin haastateltavan mielestä SRI:ssä tarvitaan selvennystä, sillä yksittäisillä sanoilla suuri merkitys siihen mitä tarkoitetaan palvelujen tasoilla (G). Toisenkin haastateltavan mukaan SRI:n palvelujen tasoja olisi siis hyvä olla syvällisemmät ja tarkemmat selitykset, jotta ei olisi epäselvyyksiä mitä asioita vaaditaan (A).

SRI:ssä ei myöskään tullut ollenkaan selville miten laajaa käyttöönottoa eri toiminnallisuuksille vaaditaan, että kyseisistä palveluista saa pisteet. Rakennuksessa kun voi olla useampaa eri toiminnallista tasoa samaan aikaan. Haastateltava mietti saako rakennus täydet SRI-pisteet, jos vain tietty osa käyttää älykkäintä ominaisuutta (P). Toivomuksena haastateltavalle pisteytykseen oli, että SRI:ssä vaaditaan asioiden käyttöönottoa eikä vain valmiuksista saa pisteitä (G).

Viimeisenä asiana SRI:n pisteytykseen liittyen tuli haastateltavilta pohdintaa siitä, miten SRI:ssä tullaan ottamaan huomioon eri rakennuksien vertailukelpoisuutta toisiinsa. Haastateltava mainitsee suunnitellun talotekniikan olevan hyvin rakennuskohteista ja tietyissä tilanteissa SRI-arviointi voi olla jopa vähän epäreilua, jos esimerkiksi sijainnin takia ei rakennukseen tiettyjä järjestelmiä voida asentaa (P). Toinen haastateltava toi kritiikkiä SRI:ssä olevasta epäselvyydestä eri asioiden vertailukelpoisuudesta toisiinsa esimerkiksi, kun käytetään eri lämmitysratkaisuja (C). Mielipiteenä haastateltavalla oli, että SRI:n olisi hyvä ottaa huomioon eri rakennustyyppien käyttötarpeiden vaihtelevuudet toisistaan (L).

5.10.3 Suomeen sopimattomat palvelut

SRI:n palvelukatalogin eri palvelujen eri toiminnallisissa tasoissa oli pieniä huomautuksia asioista, jotka eivät mahdollisesti ole kovia sopivia Suomen kannalta. Kuitenkin oli myös kritiikkiä isommista kokonaisuuksista. Palveluja ja jopa kokonaisia aihealueita todettiin monien haastateltavien keskuudessa epäsoviviksi Suomen olosuhteisiin.

Haastatteluissa tuli esille, että lämmin käyttövesi ja dynaaminen ulkovaippa olisivat vähiten Suomen olosuhteisiin sopivat aihealueet. Haastateltava mainitsee, ettei lämpimän käyttöveden varastointi Keski-Euroopan tavalla ole Suomen kohdalla järkevää, koska Suomessa on hyvä toimiva tapa, jolla hoitaa lämminvesi (L). Dynaamisesta ulkovaipasta haastateltava kritisoi ikkunoiden avauksen ja sulkemisen tarpeellisuutta ja sanoo kyseisen toiminnon vaikuttavan hyvin keskieuropalaisesta. Myöskin dynaamisesta ulkovaipasta varjostuksen tarpeellisuudesta haastateltava mainitsee, ettei se ole kovin tarpeellista Suomessa, koska auringon aiheuttama lämmitys rakennuksen sisätiloihin on hyvin vähäistä (E). Lisäksi oli myöskin muita LVI:n osa-alueita, jotka koettiin osakseen epäsoviviksi Suomen kohdalla. Haastateltava mainitsee lämmityksen ja jäähdytyksen olevan luultavasti osa-alueita, joissa tulee eniten epäsovivuuksia Suomen kannalta (H).

5.10.4 SRI:stä puuttuvia asioita

Osan haastattelijoiden mielestä SRI:n palvelukatalogista puuttuu tällä hetkellä isompiakin kokonaisuuksia. Yksi haastateltava koki tämän haitaksi SRI:n menestymiselle, koska hänen mielestään osa kaupallisista älyindikaattoreista on SRI:tä edellä kehityksessä (E).

Ensimmäisenä isompana kokonaisuutena oli ihmisten rooli SRI:ssä. Haastateltava ihmettelee käyttäjän roolin puuttumista SRI:stä. Nykyisin haastateltavan mukaan SRI:ssä otetaan hyvin vähän huomioon käyttäjän kykyä olla vaikutuksessa rakennuksen kanssa (A). Rakennuksessa käyttäjällä on merkittävä vaikutus siihen, miten paljon rakennuksessa kulutetaan sähköä ja täten älykkäiden keinoin olisi mahdollisuus vaikuttaa käyttäjän käyttäytymiseen niin, että energiankulutusta saataisiin vähennettyä rakennuksessa (A).

Toisena isompana kokonaisuutena oli mobiiliapplikaatiot. Haastateltava mainitsee, ettei älyapplikaatioita ei SRI:ssä arvioida ollenkaan, joilla kuitenkin vaikutusta ihmisen hyvinvointiin rakennuksessa (E). Haastateltavan mukaan mobiiliapplikaatioilla on hyvin suuri merkitys tulevaisuudessa täten SRI:ssä on pakko ottaa mobiiliapplikaatiot ennen pitkään huomioon, jotta SRI pysyisi ajan tasalla kehityksessä (E). Lisäksi haastateltava tuo vielä esille kyberturvallisuuden, jonka huomioiminen SRI:ssä voisi mahdollisesti olla hyödyllinen asia (E).

5.10.5 Mitä älykkyyttä olisi hyvä olla rakennuksissa

Se mitä on tärkeä älykkyyys, on haastateltavan mukaan yhdistelmä kolmea eri seikkaa, jotka ovat taloudellisuus, ihmiskeskeisyys ja kestävä kehitys (E). Kestävällä kehityksellä haastateltava tarkoittaa ympäristöystävällistä elinkaarta (E). Haastatteluissa tuli esille joitain yksittäisiä asioita mitä haastateltavat etenkin haluaisivat rakennuksissa olevan, kun on kyse älykkyydestä. Yhtenä tärkeänä älykkyyden asiana oli juuri huipputehon hallinta mitä olisi hyvä olla rakennuksissa (J). Myöskin ylipäättänsä hyvänä älykkyytenä pidettiin ratkaisuja, joilla saadaan aikaan energiatehokkaita ratkaisuja, koska on tullut ymmärrystä energiatehokkaiden ratkaisujen kustannus hyödyistä (I). Energian ulkopuolella älykkäitä asioita mitä rakennukseen toivottiin, oli yhden haastattelijan mukaan älykäs väylä, koska väylä on kaiken perusta mikä tarvitaan muiden älykkäiden ratkaisujen toteuttamiseksi (F). Älykkäiden toteutuksien mahdollistamiseen toinen haastateltava toi esille, että se mitä älyllisiä mahdollisuuksia on, riippuu suuresti siitä mitä informaatiota saadaan kerättyä (B). Myöskin tuli esille etähallittavuuden tärkeys, ettei ole aina kaikkien asioiden hoitamiseksi tarvetta ihmiselle käydä paikan päällä (G).

5.10.6 Älykkyyys rakennussuunnittelussa

Suunnitteluprosessissa rakennusautomaatio on pitkälti LVI-järjestelmien suunnittelua tehokkaaksi (P). Haastateltava mainitsee, ettei nykyään mietitä tarpeeksi mitä älykkyyttä olisi hyvä olla rakennuksessa ja lisäksi älykkyyden mietintä hankesuunnittelussa tulee vielä turhan myöhään mukaan (O). Toisenkin haastateltavan mukaan älykkyyys tulee liian myöhään mukaan suunnittelussa, että vasta kesken rakentamisen päätetään lisätä rakennuksiin älykkyyttä, mikä taas nostaa kustannuksia (E). Kolmannenkin haastateltavan mukaan älykkyyden mietintä pitäisi olla jo alussa hankesuunnitteluvaiheessa (A).

Älykkyyttä on kuitenkin yritetty lisätä rakennusautomaatiojärjestelmiin, jotta saataisiin kehitystä älykkäämpään suuntaan (M). Se kuitenkin minkälaista älykkyyttä nykyään halutaan, riippuu monista asioista, sillä eri tahoilla on eri intressejä (J). Osa tahoista vaatii enemmän ja toiset taas suosivat halvinta mahdollista ratkaisua (J). Haastateltavan mielestä ollaan vielä hyvin alkuvaiheessa siinä, että suunniteltaisiin älykkäitä kokonaisuuksia (N).

5.10.7 SRI:n käyttöönotto Suomessa

Haastateltavilta oli hyvin eriäviä mielipiteitä mitä vaaditaan siihen, että rakennusten älyindikaattorin käyttö tulee yleistymään Suomessa. Yhtenä oletuksena uskottiin SRI:n menestyvän ja leviävän Suomessa laajaan käyttöön, jos SRI tulee myöskin käyttöön muualla päin Eurooppaa (O). Osassa näkemyksiä tuotiin esille, että SRI:n käyttöönottoon vaikuttaa se mitä tavoitteita rakentamisessa on Suomessa (E) ja (M). Haastateltava uskoo SRI:n vaikutuksen suunnitteluun riippuvan merkittävästi yritysten ja kuntien tavoitteista rakentamisesta, mutta jos SRI tulee käyttöön niin varmasti jonkinlaista huomioon ottamista tulee olemaan (E). Haastateltava mainitsee

SRI:n vaikutus palvelukiinteistöön vähäinen, ellei kaupunki ole SRI:stä kiinnostunut (M). Tuli myös näkemystä siitä, että SRI:n yleistymisestä pitäisi jonkinlainen arvo olla SRI:llä, että SRI:n käyttöä vaadittaisiin (I). Jyrkempää ajatusta SRI:n käyttöönottoon laajenemiseen oli, ettei SRI muussa tapauksessa tule merkittävään käyttöön, ellei SRI:stä tule pakollista (P). Jos SRI:n käytöstä tulisi tulevaisuudessa pakollista oli toivetta siihen, että olisi hyvä, jos otettaisiin huomioon SRI:n arvioinnissa se mikä palveluiden taso on taloudellisesti järkevää toteuttaa rakennuksessa (L). Myöskin oli toivetta sille, että SRI:n vaatimuksissa pitäisi olla rakennuksille jonkinlainen alin vaatimustaso (E).

Suunnittelussa SRI:n käyttämistä ei pidetty liian työläänä asiana. Tuli esille mielipide siitä, että SRI taulukon tasojen täyttäminen on suunnitteluvaiheessa hyvin kevyt työ (L). SRI:n käytöstä uskottiin myös olevan hyötyä. Yksi haastateltava mainitsee SRI:llä olevan varmasti jonkinlaista positiivista vaikutusta ajatteluun, että mietitään enemmän mitä hyötyä eri asioista voitaisiin saada. Haastateltavan mukaan SRI toimii mitä luultavammin hyvänä muistilistana jota tilaaja ja rakennuttaja voivat käydä läpi tavoitteita suunniteltaessa (L).

Vaikka tuli esille, ettei SRI taulukon täyttö ole kovin iso työ oli kuitenkin toivomuksia sille, että SRI:stä saataisiin suunnitteluvaiheeseen sopivaa työkalua. Haastateltava mainitsi suunnittelun kannalta olisi kätevää, jos olisi erilaisia valmiita luokkia, joita valitsemalla saisi halutun SRI tason, koska jälkikäteen tasojen saavuttaminen on haastavampaa (A). Myöskin SRI:ssä olisi hyvä tuoda esille mitä tiettyjen SRI palveluiden taso saavuttaminen käytössä tarkoittaa suunnittelijoille (A). Palvelujen tasojen hyötyjen ymmärtämiseen haastateltavan mukaan SRI:ssä olisi hyvä olla jonkinlainen kannattavuuslaskuri, että paremmin tulisi esille mahdolliset hyödyt eri palvelutasoista (J). Myöskin oli mainintaa siitä, että suunnittelua varten pitäisi olla työkalu, jonka avulla olisi helpompi asiakkaan sopia halutusta tasosta (H). Lisäksi tuli esille laitevalmistajien rooli SRI:ssä. Haastateltavan mielestä SRI:ssä voisi olla erillisiä vaatimuksia laitevalmistajille siihen mitä laitteistot kykenee tekemään ja mitä informaatiota laitteista on saatava, että laitteisto täyttäisi SRI:n vaatimukset (B).

6 Pohdinta ja johtopäätökset

Tässä osuudessa on tarkoitus pohtia haastatteluista saatuja tuloksia ja tehdä niistä johtopäätöksiä. Aluksi yleisesti SRI:n soveltuvuutta Suomeen, minkä jälkeen tarkempi perehtyminen palveluihin ja lopuksi SRI-pisteytyksen laskeminen.

6.1 SRI kokonaisuutena

Haastateltavilla oli monia toiveita siihen minkälaista älykkyyttä rakennuksissa tulisi olla. Kuitenkaan nykyään Suomessa suunnittelussa ei oteta kovin hyvin huomioon, sitä minkälaista älykkyyttä rakennukseen tarvittaisiin ja olisi toivetta, että tähän asiaan tulisi muutosta. Kustannus syyt ovat merkittävänä tekijänä siihen, ettei älykkyyttä oteta riittävästi huomioon suunnittelussa. Tämän vuoksi SRI:n kaltainen indikaattori koetaan hyväksi, koska se toisi suunnittelijoille intressiä ottaa älykkyyden paremmin huomioon.

SRI:n käyttöönoton yleistymisestä Suomessa olivat haastattelijat pessimistisiä, jos minkäänlaista tahoja ei olisi vaatimassa sen käyttöönottoa. Koettiin SRI:n käytön yleistymisen vaatimaan vähintään sitä, että kuntien pitäisi olla SRI:stä kiinnostuneita, mutta myöskin oli olettamusta, ettei SRI tule yleistymään, ellei siitä tule pakollista.

SRI:stä koettiin olevan hyötyä ja sen käyttö uskotaan olevan helppoa suunnittelijoille. Kuitenkin tällä hetkellä SRI:ssä on eri asioiden tulkinnassa epäselvyyttä ja oli toivomusta sille, että monitulkintaisuus vähentyisi tarkemmilla selityksillä. Myöskin oli toivetta sille, että suunnittelijoita varten kehitettäisiin työkaluja SRI:n käyttöä varten.

SRI:tä pidettiin yleisesti sopivana Suomeen, mutta oli myös mielipiteitä SRI:n sopimattomuudesta Suomeen. Tästä asiasta oli vähän epävarmuutta ja uskomusta, että vasta käyttöönoton jälkeen selviää kunnolla, miten SRI soveltuu Suomeen. Osakseen oli epävarmuutta siitäkin, että on kannattaa edes koko EU:lle kehittää yhteistä indikaattoria, kun maat EU:ssa ovat niin erilaisia toistaan. Olikin toivetta sille, että tehtäisiin maakohtaisia indikaattoreita.

Rakennusten älyindikaattori nimenä koettiin hyvin harhaanjohtavana, koska energian merkittävyys on SRI:ssä niin suuri. Toivottiin kuvaavampaa nimeä SRI:lle tai mahdollisesti laajempaa älykkyyden huomioimista, koska älykkyyteen kuuluu muutakin kuin energia. Tätä liiallista painotusta energiaan koettiin jopa uhkana SRI:n menestymiselle. Etenkin ihmisen vuorovaikutusta rakennuksessa ja mobiiliapplikaatioita pitäisi ottaa enemmän huomioon SRI:ssä.

Haastattelijoiden keskuudessa pidettiin hyvin varmana, että Suomi saa hyviä pisteitä SRI:stä verrattuna moniin muihin EU:n maihin. Kuitenkin SRI:n pisteytyksen herätti paljon epävarmuutta siitä miten hyödyllinen SRI tulee olemaan. Aina SRI:ssä älykkäin ratkaisu ei ole rakennuksen kannalta se paras. Myöskin SRI:n pisteiden

verrattavuus toi esille kysymyksiä. Esimerkiksi rakennuksen sijainti voi vaikuttaa merkittävästi siihen teknologioita on rakennukseen mahdollista ottaa käyttöön.

6.2 SRI:n palvelut

Suomeen SRI:n palvelujen soveltuvuus oli hyvin vaihtelevaa. Osassa aihealueissa uusissa toimisto- ja koulurakennuksissa saadaan erittäin hyvät pisteet, mutta on myöskin aihealueita, jossa pisteytys jää alhaiseksi. Myöskin oli aihealueita, jossa kaikille palveluille ei ollut mahdollista arvioida toiminnallista tasoa. Haastatteluista saatujen tietojen perusteella oli mahdollista arvioida uusille toimisto- ja koulurakennukselle toiminnalliset tasot usealle eri SRI:n palvelulle. Nämä saadut toiminnalliset tasot on kerätty kuvassa 11 olevan taulukkoon ylös. Taulukon vasemmassa reunassa tuodaan esille aihealueet, jonka jälkeen toiminnalliset tasot laskettuna yhteen ja lopuksi palvelu kerrallaan tuote esille saavutetut tasot. Taulukossa tavuviivoilla tarkoitetaan sitä, että kyseisen palvelun toiminnallista tasoa ei ollut mahdollista arvioida. Palveluja mitä ei pystytty arvioimaan oli yhteensä 14 kappaletta. Osassa palveluista on myöskin annettu kaksi mahdollista toiminnallista tasoa, koska haastattavien mielestä osassa palveluista oltiin kyseisten tasojen välimaastossa.

	Yhteensä	Palvelu 1	Palvelu 2	Palvelu 3	Palvelu 4	Palvelu 5	Palvelu 6	Palvelu 7	Palvelu 8	Palvelu 9	Palvelu 10
Lämmitys	18 22	2:4	2:3	1:2	4:4	-	2:2	3:3	-	4:4	-
Lämmin käyttövesi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jäähdytys	17 22	2:4	2:3	1:2	4:4	2:2	-	2:3	-	4:4	-
Ilmanvaihto	13 19	3:4	3:4	2:2	2:3	2:3	1:3				
Valaistus	7 7	3:3	4:4								
Dynaamiset rakennusvaipparatkaisut	0 7	0:4	0:3	-							
Sähkö	4-5 18	2:4	0:4	0:3	-	0:3	0:3	2:4 tai 3:4			
Sähköautojen lataus	5 8	3:4	1:2	1:2							
Valvonta ja ohjaus	7-10 19	2:3	2:3 tai 3:3	1:2 tai 2:2	2:3 tai 3:3	0:2	0:2	0:4	-		
Yhteensä	71-75 122										

Kuva 11: Haastattelujen perusteella arvioidut toiminnalliset tasot.

Kaikista parhaimmat pisteet Suomessa saavutetaan aihealueessa valaistus. Tässä toiminnallinen taso on korkeimmillaan molemmissa aihealueen palveluissa. Suomessa valaistus on jo niin hyvällä tasolla, että oli toivomusta siihen, että arvioitavia toiminnallisia tasoja ja/tai palveluja olisi enemmän. Tämä siitä johtuen, että valaistukseen liittyen on älykkäitä asioita mitä SRI:ssä ei kuitenkaan oteta huomioon.

Heikompina Suomeen soveltuivat aihealueet lämmin käyttövesi ja dynaaminen ulkovaippa. Näihin aihealueisiin ei vähäisen käytön myötä pystytty antamaan palveluihin minkäänlaisia toiminnallisia tasoja. Dynaamisessa ulkovaipassa ikkunan avaus koetaan ilmastoinnin kannalta haitallisena ja Suomessa manuaaliset sälekaihtimet toimivat erittäin hyvin auringonvalon sisälle tulon kontrolloimisessa, minkä myötä

tämä aihealue ei sovellu hyvin Suomeen. Lämpimässä vedessä Suomessa ei varastoida tai tuoteta paikallisesti isoissa rakennuksissa lämmintä vettä, minkä myötä tämä aihealue soveltuu Suomeen huonosti.

Lämmityksessä ja jäähdytyksessä oli hyvin samoissa arvoissa toiminnalliset tasot. Palveluissa oli epäselvyyttä haastattelijoiden keskuudessa siitä mitä tarkoitettiin lämpöpäästöillä. Yleisesti lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus ja hallinta oli hyvällä tasolla. Myöskin kyseisten järjestelmien tietoa pystytään keräämään ja raportoimaan hyvin. Aihealueissa oli kuitenkin arvioitavia asioita, jotka eivät niin hyvin sovellu Suomen olosuhteisiin. Kaukolämmön käytön myötä oli lämmityksessä ja jäähdytyksessä verkkovuorovaikutus, sekä lämpöenergian varastointi vähäistä. Myöskin sekvensointia oli eri lämmitys ja jäähdytys laitteiden kanssa, koska kaukolämpöä käytettäessä ei oikein mahdollista muita järjestelmiä käyttää.

Ilmanvaihto on Suomessa hyvällä tasolla ja tämä näkyi hyvin SRI:n palvelujen toiminnallisten tasojen pisteytyksissä. Mistään ilmanvaihdon palveluista ei tullut täysiä pisteitä, mutta myöskään mennyt nolville. Eli perusvaatimukset täyttyvät, mutta vielä jää kehittämistä paremmille ratkaisuille.

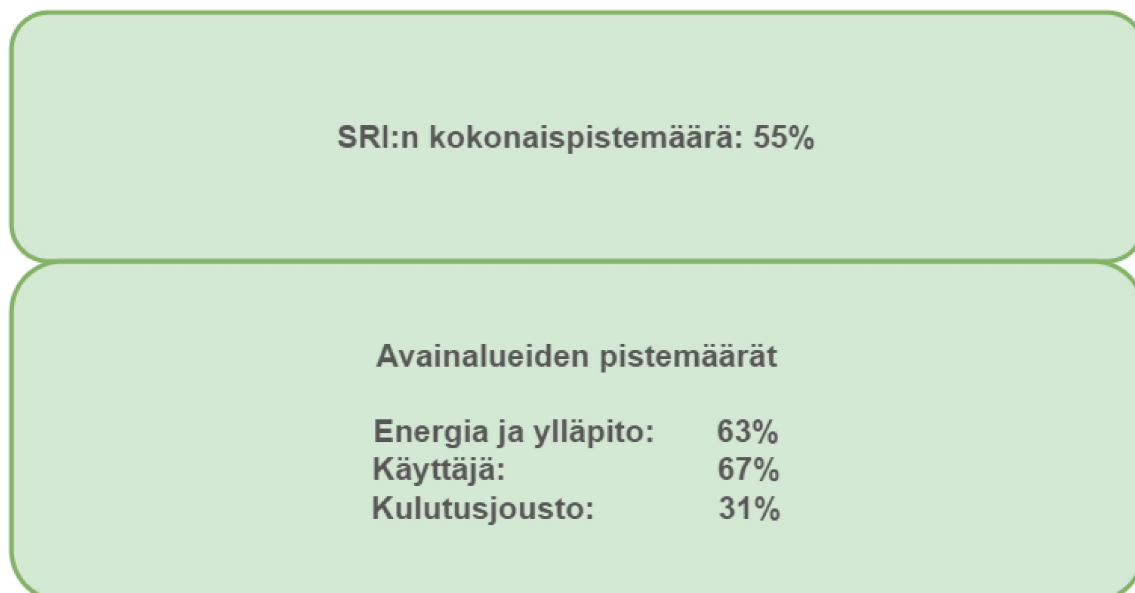
SRI:ssä sähkössä painotetaan hyvin merkittävästi rakennuksessa paikallisesti tuotettuun sähköön ja tämän tuotetun sähkö varastointiin. Suomessa paikallisesti tuotetaan kuitenkin hyvin pienissä määrin sähköä, jolloin tuotettu sähkö menee suoraan kulkutukseen, vaikka rakennuksen käyttöaste olisi kyseisellä hetkellä alhainen. Tällöin ei myöskään ole suurta tarvetta sähkön varastoinnille, koska sähkö ei tule tuotettua ylimääräistä. Sähkön palveluista tulee tällä hetkellä hyvin alhaiset pisteet. Aihealueessa ei kuitenkaan ole Suomeen sopimattomia palveluita ja onkin odotettavissa, että palveluissa arvioitavia asioita tulee Suomessa enemmässä määrin käyttöön tulevien vuosien aikana.

Sähköautojen latauspisteissä uudemmissa rakennuksissa ollaan hyvällä tasolla latauspisteiden määrässä. Latauspisteistä löytyy kehittyntä toiminnallisuutta, mutta kaikkea ei vielä ole otettu käyttöön. Haastatteluissa aihealueessa tulee kuitenkin se ilmi, että kaikki SRI:ssä arvioitavat asiat eivät pakosti ole rakennuksen hallittavissa, vaan latauspisteiden toiminnallisuus saattaa olla ulkoisen tahon hallinnassa.

Valvonnassa ja ohjauksessa tuli esille talotekniikan automaatiojärjestelmien olevan hyvällä tasoilla. Monissa palveluissa saatiin hyvin pisteitä ja pientä kehittämistä jäi parempien ratkaisujen kehittämiseksi. Kuitenkin kokonaisuudessa tässä aihealueessa pisteet eivät olleet kovin korkealla. Pisteiden alhaisuus johtuu siitä, että verkkointegraatiosta saa huomattavan osan pisteistä. Suomessa kuitenkaan ei ole vielä kysyntäjousto yleistynyt kovin merkittävästi. Tässä aihealueessa korkeampien pisteiden saavuttaminen vaatii ensin sitä, että sähkö osuudessa tulisi saavutettua korkeammat toiminnalliset tasot, jonka myötä myöskin sähköön liittyvät automaattoratkaisut olisivat toteutettavissa.

6.3 SRI-pisteytyksen laskeminen

Haastatteluista saaduilla SRI:n toiminnallisten tasojen pisteytyksillä oli mahdollista laskea lopullinen SRI-pisteytys Suomen nykyisille toimisto- ja koulurakennuksille. Lopullisen pisteytyksen laskemista varten oli valittu toiminnallisista tasoista alempi vaihtoehto, jos oli epävarmaa kumpi kahdesta tasosta, saavutetaan palvelussa. SRI-pisteytyksen laskeminen on tehty pohjoismaille tarkoitettua alueellisia kertoimia käyttäen. Pohjoismaiden kertoimia käyttämällä lopulliseksi SRI-arvoksi tuli 55 %. Kuvassa 12 pohjoismaiden kertoimia käyttämällä lopullinen SRI-arvo ja avainalueiden pistemäärät, mitkä ovat energialle ja ylläpidolle 63 %, käyttäjille 67 % ja kulutusjoustolle 31 %. Luvun lopussa on vielä tarkemmin SRI-pisteytyksen laskemisessa saatuja lukuarvoja. Kuvassa 13 vaikutusalueiden pisteet ja kuvassa 14 aihealueiden pisteet.



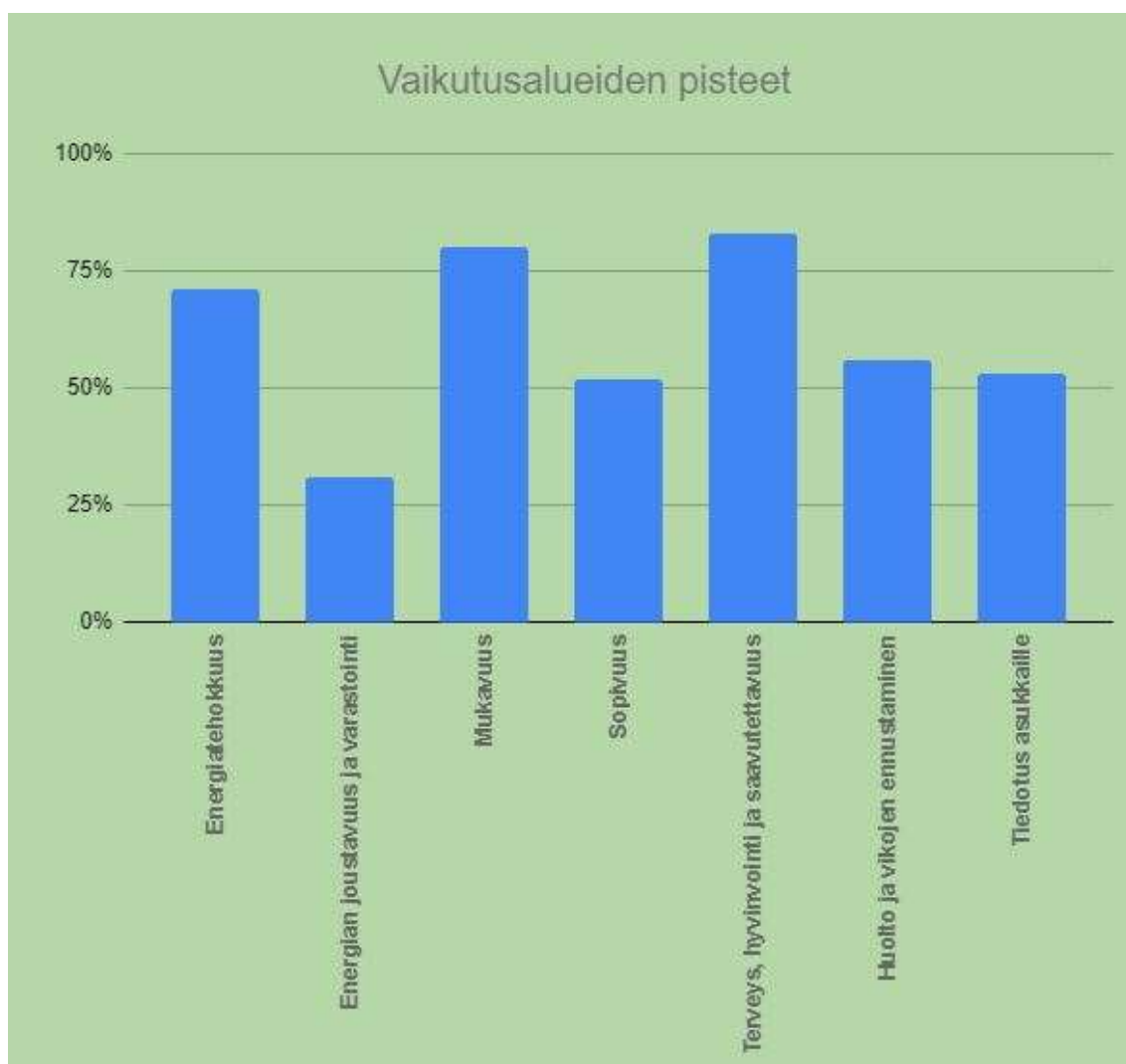
Kuva 12: Toimisto- ja koulurakennuksille avainalueiden pisteet ja SRI:n kokonaispistemäärä pohjoismaiden kertoimia käyttämällä.

Energia ja ylläpito, sekä käyttäjä avainalueet saivat todella hyvät pisteet. SRI:n lopullista pisteytystä vie alaspäin merkittävästi kulutusjousto. Kulutusjouston alhainen pistemäärä tulee esille vaikutusalueiden pisteissä, missä energian joustavuus ja varastointi oli ainut osuus, joka sai alle 50 % pisteistä. Myöskin aihealueiden pisteytyksessä sähkö osuudessa saatiin alhaiset pisteet.

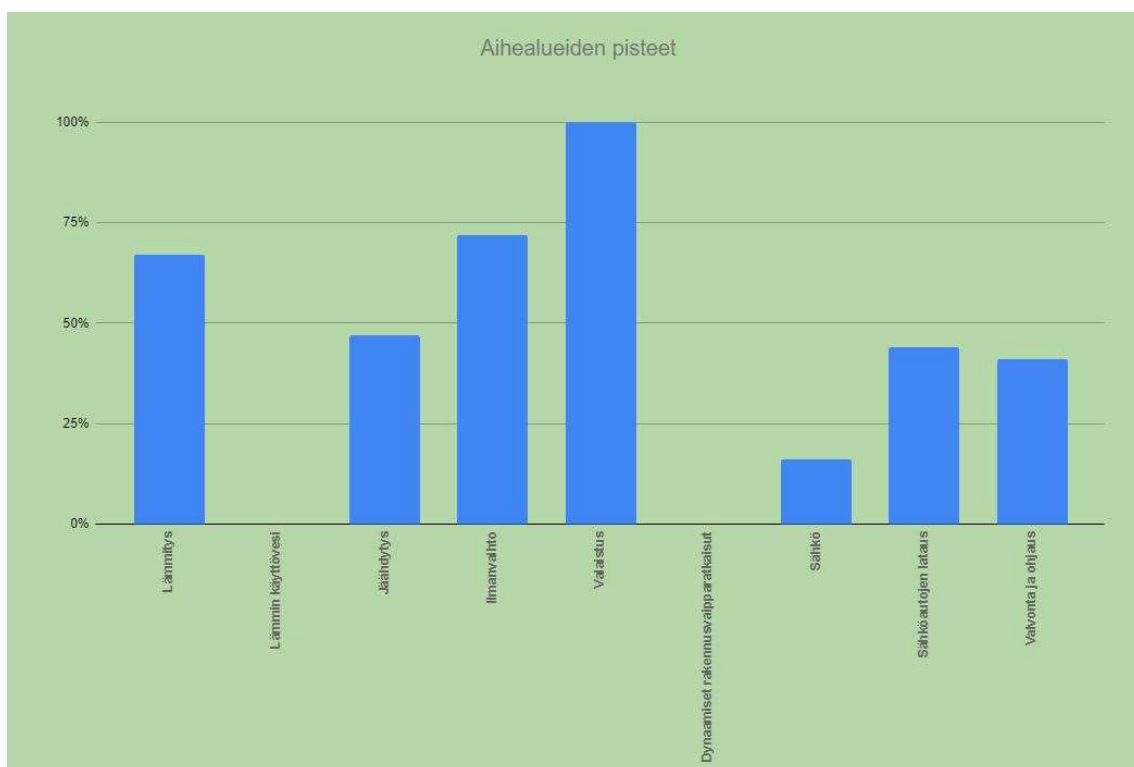
Haastatteluissa tuli esille, ettei kulutusjousto ole Suomessa vielä laajassa käytössä ja nykyisin on pitkälti vasta pilottiratkaisuja kehitteillä, minkä myötä alhainen pistemäärä kulutusjoustossa oli odotettavissa. Kulutusjouston alhaiseen käyttöön vaikuttaa kirjallisuuskatsauksessa esille tullut vähäinen paikallinen energiantuotanto rakennuksissa ja myöskin haastatteluissa esille tullut asia, että rakennuksissa sähkön varastointi on vielä hyvin vähäistä. Näistä asioista johtuen kulutusjouston käyttöönoton kannattavuus ei ole niin korkealla vielä. Kirjallisuuskatsauksessa kuitenkin

esille, että laajemmalle paikalliselle sähköntuotannolle on laajempaa potentiaalia ja haastatteluihin tuli esille, että akkujen käyttö on lisääntymässä Suomessa tulevien vuosien aikana. Onkin täten odotettavissa kulutusjoustoos osallistuminen helpottuvan tulevien vuosien aikana ja täten myöskin kulutusjoustoos käyttöön lisääntyvän.

Nykyisille toimisto- ja koulurakennuksille lasketun SRI-pisteytyksen perusteella voidaan todeta yleisesti ottaen Suomessa rakennuksien käytettyjen tekniikan olevan jo todella hyvällä tasolla ja on odotettavissa kulutusjoustoos pisteytyksen nousevan vähitellen nostaa SRI:n kokonaispistettä entisestään.



Kuva 13: Toimisto- ja koulurakennuksille vaikutusalueiden pisteet pohjoismaiden kertoimia käyttämällä.



Kuva 14: Toimisto- ja koulurakennuksille aihealueiden pisteet pohjoismaiden kertomia käyttämällä.

7 Yhteenveto

Tämän diplomityön päätavoitteena oli selvittää, miten Keski-Euroopassa kehitteillä oleva rakennusten älyindikaattori soveltuu Suomen olosuhteisiin. Tutkimus oli rajattu koskemaan Suomessa sijaitsevia toimisto- ja koulurakennuksia, jotta työtä varten saatiin mahdollisimman vertailukelpoisia tuloksia.

Tutkimuksen päätavoitteen saavuttamiseksi oli merkittävässä roolissa rakennusten älyindikaattorin palvelukatalogissa olevien palveluiden soveltuvuuden arvioiminen. Palveluiden soveltuvuuden arvioimiseksi parhaimmaksi keinoksi osoittautui haastattelut, koska tutkimusaihe on vielä hyvin uusi. Tutkimus oli toteutettu haastatteleamalla eri talotekniikan asiantuntijoita ja haastattelumenetelmänä oli käytetty teemahaastattelua. Haastatteluissa käytiin läpi yksitellen palvelukatalogiin kuuluvia palveluja, sekä myöskin yleisempiä kysymyksiä rakennusten älyindikaattoriin liittyen.

Haastattelujen tueksi oli työssä myöskin kirjallisuuskatsaus osuus. Tässä osuudessa käytiin läpi asioita, jotka tukivat haastatteluissa käytäviä asioita. Esille tuli rakennusten älyindikaattorin taustaa, tavoitteita ja myöskin teknistä sisältöä. Myöskin suomalaisen talotekniikan historiaa käytiin läpi, sekä esiteltiin nykyisiä suomalaisen talotekniikan erityispiirteitä.

Työn päätavoitteen saavuttamiseksi oli käytössä tutkimuskysymyksiä, joihin pyrittiin vastaamaan mahdollisimman hyvin tutkimuksen aikana. Käytössä olleet tutkimuskysymykset olivat:

- Millä laajuudella SRI soveltuu Suomessa käyttöön?
- Mille tasolle nykyisen palvelukatalogin eri palvelut asettuvat Suomessa?
- Onko palvelukatalogi nykyisellään käyttökelpoinen Suomessa?

Täydeltä laajuudeltaan SRI ei täysin sovellu Suomen olosuhteisiin. Kaukolämmityksen käyttö Suomessa vaikuttaa erityisesti siihen, ettei aihealueessa lämmin käyttövesi ole Suomelle oleellisia asioita arvioitavana. Suomessa ei ole tällä hetkellä toimisto- tai koulurakennuksissa merkittävässä määrin aihealueessa arvioitavia lämpimän veden paikallista tuotantoa tai varastointia, eikä tähän asiaan ole odotettavissa muutosta. Myöskin dynaaminen rakennusvaipparakaisu aihealueessa oli Suomeen epäoleellisia palveluita. Suomessa ilmastointi toimii paremmin, jos ei ikkunoita avalla, eikä automaattisesti ohjattaville verhoille ole tarvetta.

Suomessa yleisesti tekniikan tasokkuus on hyvin korkealla, joten monissa palvelukatalogin palveluissa saavutetaan korkeat toiminnalliset tasot. Kuitenkin sähkössä, sekä valvonnassa ja ohjauksessa monissa palveluissa saavutetaan alhaiset toiminnalliset tasot. Alhaiset toiminnalliset tasot johtuvat siitä, että rakennuksissa on nykyään vielä hyvin vähän käytössä akustoja sähkön varaukseen, eikä kysyntäjoustoa ole vielä laajassa käytössä. Näihin asioihin on kuitenkin odotettavissa käytön laajenemista tulevien vuosien aikana, eli kyseisissä aihealueissa tulee SRI-pisteytykset nousemaan

Suomessa.

Palvelukatalogin monissa palveluissa käydään läpi toiminnallisissa tasoissa hyviä asioita. Kuitenkin SRI:n käyttöönottoa varten tarvittaisiin tarkemmat selitykset, jotta välttyttäisiin epäselvyyksiltä. Haastatteluissa etenkin SRI:n pisteytyksestä tuli paljon epävarmuutta ja epäselvyyksiä esille. Myöskin oli toivomusta erilliselle työkalulle, joilla SRI:n pisteytys saataisiin tehtyä helposti. Eli SRI:tä ei vielä pidetä täysin valmiina laajempaa käyttöönottoa varten.

Tässä tutkimuksessa perehdyttiin hyvin rajattuun osaan Suomessa käytössä olevista rakennuksissa. Rakennustyyppjä on hyvin paljon erilaisia, eikä tämä tutkimus ottanut kantaa siihen, miten rakennusten älyindikaattori soveltuu eri rakennustyypppeihin. Olisikin hyvä tulevaisuudessa tutkia laajemmin, miten rakennusten älyindikaattorin käyttö soveltuu Suomessa oleviin eri rakennustyypppeihin.

Viitteet

- [1] Denchak, Melissa. Greenhouse Effect 101 [verkkoaineisto]. [viitattu 14.2.2022]. Saatavissa: <https://www.nrdc.org/stories/greenhouse-effect-101>.
- [2] Overview: Weather, Global Warming, and Climate Change [verkkoaineisto]. [viitattu 13.2.2022]. Saatavissa: <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>.
- [3] How will we be affected? [verkkoaineisto]. [viitattu 29.1.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/adaptation-climate-change/how-will-we-be-affected_en.
- [4] In focus: Energy efficiency in buildings [verkkoaineisto]. [viitattu 29.1.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_en.
- [5] Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI) [verkkoaineisto]. [viitattu 15.2.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/rakennusten_alyindikaattori.
- [6] SRI technical support studies [verkkoaineisto]. [viitattu 29.1.2022]. Saatavissa: <https://smartreadinessindicator.eu/>.
- [7] Commission launches consultation on the establishment of a smart readiness indicator for buildings [verkkoaineisto]. [viitattu 29.1.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/news/commission-launches-consultation-establishment-smart-readiness-indicator-buildings_en.
- [8] Janhunen, E. Pulkka, L. Säynäjoki, A. & Junnila, S. Applicability of the smart readiness indicator for cold climate countries. 2019. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/buildings9040102>.
- [9] 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. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/en13112796>.
- [10] Märzinger, T. & Österreicher, D. Extending the Application of the Smart Readiness Indicator—A Methodology for the Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Districts. Energies. 2020. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/en13133507>.
- [11] Rantanen, M. Kampusrakennusten älyratkaisut. 2020. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201912186987>.
- [12] Janhunen, M. Real estate and construction sector investment logic on smart buildings. 2018. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201810055304>.

- [13] Ketomäki, J. Olisiko rakennusten älykkyystesteissä järkeä? [verkkoaineisto]. [viitattu 23.2.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/blogit_ja_podcastit/meidan_suulla_-blogit/2021/olisiko_rakennusten_alykkyystesteissa_jarkea.17130.blog.
- [14] Rakennusluokitus 2018. 2018. ISBN 978-952-244-637-4. Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yksk2_201800_2018_21483_net.pdf.
- [15] Energy statistics - an overview [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Final_energy_consumption.
- [16] Evolution of households energy consumption patterns across the EU [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/households-energy-efficiency.html>.
- [17] Evaluation of energy savings [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/overview/>.
- [18] Proposal for a directive of the european parliament and of the council amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. [viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d5b7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.
- [19] 2050 long-term strategy [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en.
- [20] Proposal for a directive of the european parliament and of the council on energy efficiency. [viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a214c850-e574-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.
- [21] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. [viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>.
- [22] Renewable energy directive [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en.

- [23] Energy efficiency directive [verkkoaineisto]. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en.
- [24] Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. [viitattu 30.4.2022]. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>.
- [25] Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. [viitattu 13.2.2022]. Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en.
- [26] Smart Building: Energy efficiency application [verkkoaineisto]. [viitattu 1.5.2022]. Saatavissa: <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/Smart%20Building-%20Energy%20efficiency%20application%2028v1%29.pdf>.
- [27] Energy efficiency of smart buildings [verkkoaineisto]. [viitattu 1.5.2022]. Saatavissa: https://www.energyefficiencymovement.com/wp-content/uploads/2021/05/ABB_EE_WhitePaper_Smart-buildings_final-1.pdf.
- [28] Verbeke, S. Aerts, D. Rynders, G. Ma, Y. & Waide P. Summary of state of affairs in 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings [verkkoaineisto]. [viitattu 29.1.2022]. Saatavissa: https://smartreadinessindicator.eu/sites/smartreadinessindicator.eu/files/sri_summary_2nd_interim_report.pdf.
- [29] Smart Buildings EU-funded Innovations. 2021.
- [30] Verbeke, S. Aerts, D. Reynders, G. yms. European Commission, Directorate-General for Energy, Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings : summary. Publications Office. 2020. Saatavissa: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/600706>.
- [31] Flemish Institute for Technological Research - VITO [verkkoaineisto]. [viitattu 6.5.2022]. Saatavissa: <https://publons.com/institution/9692/>.
- [32] Mission & vision. [verkkoaineisto]. [viitattu 6.5.2022]. Saatavissa: <https://vito.be/en/about-vito/mission-vision>.
- [33] Hagner, B. LVI-alan historiakooste. 2020. 424 s. ISBN 978-952-94-4350-5.

- [34] Groote, M. D. Volt, J. & Bean, F. Is Europe ready for the smart buildings revolution? [verkkoaineisto]. [viitattu 7.5.2022]. Saatavissa: https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2017/02/STATUS-REPORT-Is-Europe-ready_FINAL_LR.pdf.
- [35] Francesco R. & Zarrin, F. Northern European nearly zero energy building concepts for apartment buildings using integrated solar technologies and dynamic occupancy profile: Focus on Finland and other Northern European countries. 2019. 598-617 s. ISSN 0306-2619.
- [36] District Heating and Cooling Stock at EU level [verkkoaineisto]. [viitattu 7.5.2022]. Saatavissa: https://www.wedistrict.eu/wp-content/uploads/2020/11/WEDISTRICT_WP2_D2.3-District-Heating-and-Cooling-stock-at-EU-level.pdf.
- [37] Connolly, D. Lund, H. Mathiesen, B.V. Smart Energy Europe: The technical and economic impact of one potential 100% renewable energy scenario for the European Union. 2016. 1634-1653 s. ISSN 1364-0321.
- [38] Hirsjärvi, S. & Hurme, H. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino. 2000. 213 s. ISBN 9515704588.