



Korkeakoulu- kiinteistöstä älykampukseksi



KIINTEISTÖTIETOMASSOJEN HYÖDYNTÄMINEN
SISÄOLOSUHTEIDEN JA ENERGIATEHOKKUUDEN
ENNAKOINNISSA

Korkeakoulukiinteistöistä älykampuksi

© Metropolia Ammattikorkeakoulu
Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisuja
TAITO-sarja 30
Helsinki 2019

Julkaisija	Metropolia Ammattikorkeakoulu
Toimituskunta	Harri Hahkala Suvi Hartikainen Lauri Heikkinen Tuire Ranta-Meyer Jorma Säteri

Vastaava toimittaja	Tuire Ranta-Meyer
Valokuvat	Harri Hahkala

Ulkoasu ja taitto Katja Mielonen, Valovirta Design

ISBN 978-952-328-166-0 (nid.)
ISBN 978-952-328-165-3 (pdf)
ISSN 2669-8013 (nid.)
ISSN 2669-8021 (pdf)

www.metropolia.fi/julkaisut

Korkeakoulu- kiinteistöstä älykampukseksi



KIINTEISTÖTIETOMASSOJEN HYÖDYNTÄMINEN
SISÄOLOSUHTEIDEN JA ENERGIAEHOJKUUDEN
ENNAKOINNISSA

TOIMITTANUT
TUIRE RANTA-MEYER

Alkusanat

1

Esiselvitysraportin tausta ja tavoitteet

- 9 Ajankohtaisuus
- 10 Myllypuron suuren mittakaavan kampus kokeilun mahdollistajana
- 15 Esiselvityksen tavoitteet

2

Älykäs kiinteistö ja sen eri ulottuvuudet

- 18 Kiinteistöjen älyratkaisut ja IoT
- 20 Älykiinteistöt ja energiatehokkuusvaatimukset
- 24 Kiinteistötiedon ekosysteemi
- 28 Rakennuksen digitaalinen tietomalli BIM

3

Kiinteistötiedon tuottaminen

- 32 Anturit
- 34 Protokollat ja tietoväylät
- 42 Ohjelmointirajapinnat
- 44 Kiinteistömonitoroinnin pilvipalvelut

4

Kiinteistötiedon hallintajärjestelmät

- 47 Sovellukset mittaustiedon havainnollistamiseen
- 53 Helsingin kaupunkimallin käyttö kiinteistötiedon hallinnassa
- 55 Platform of Trust (tiedonsiirron hallintajärjestelmä)

5

Metropolian älykiinteistöhankeita

- 58 Palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö
- 60 Metropolian IoT Gateway

6

Aalto-yliopiston älykkään asuinympäristön tutkimushankkeita

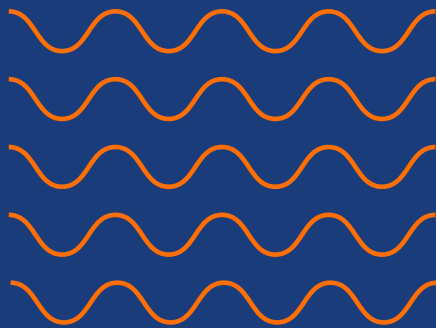
7

Kohti älykästä korkeakoulukampusta: käyttäjälähtöisen ja energiatehokkaan systeemin kuvaus

72 Lähteet ja taustakirjallisuus



Alkusanat



Kiinteistöistä on nykypäivänä saatavilla merkittäviä sisäolosuhteita ja rakennuksen toimintaa kuvaavia tietomassoja (*facility big data*). Mittavan kampusstrategiansa ja Myllypuroon 2018–2019 rakentuvan uudisrakennuksensa myötä Metropolia-ammattikorkeakoulu haluaa olla edelläkävijä myös omalla koulutuslallaan, rakennus- ja talotekniikassa. Uusi korkeakoulu kiinteistö on siksi suunniteltu rohkeasti alusta alkaen älykampuskeksi. Jo rakennusvaiheessa kampuksen rakenteisiin on upotettu suuri määrä monipuolista anturointia ja monenlaisen mittausdatan havainnointipaikkoja. Valmius tietojen siirtoon ja analysointiin pilvipalveluissa on huomioitu rakennus- ja talotekniikan oppimisympäristöjen suunniteltaessa.

Kiinteistön tietomassojen keskitetyllä keräämisellä ja avoimen monitoroinnin älykkäällä suunnittelulla pyritään Myllypurossa siihen, että tämä poikkeuksellisen suuren mittakaavan rakennus ja sen käyttäjät voivat kommunikoida keskenään. Kun kiinteistön käyttäjien ja ylläpitäjien tarpeet tunnistetaan ja niihin haetaan ratkaisuja, opiskelun tai työnteon tuottavuus ja tehokkuus samalla lisääntyvät. Kampuksella digitaaliset alustat eivät siten ainoastaan raportoi kiinteistön tilasta, vaan ennustavat, oppivat ja tulevat osaksi käyttäjien arkipäivää.

Olosuhdemonitoroinnin ja paikkatiedon avulla mahdollistetaan ennakoiva sähkön ja energian kulutus, mikä parantaa energiatehokkuutta, tasaa tehopiikkejä ja säästää esimerkiksi valaistuskustannuksissa. Olosuhdetiedon selkeä graafinen visualisointi sitouttaa myös käyttäjät edistämään kestävä kehitystä ja ylläpitämään rakennuksen kuntoa. Nykypäivän tiedon valossa ei riitä, että rakennus on tehty laadukkaasti ja korkeatasoisista materiaaleista, vaan myös omistajien, ylläpitäjien ja käyttäjien on sitouduttava sen vaalimiseen ja historiatiedon säilyttämiseen rakennuksen koko elinkaaren ajan.

Osaamisen tuottamisen ja yhteiskunnallisen vuorovaikutuksen rinnalla ammattikorkeakoulujen tehtäviin kuuluu myös alueen elinkeinoelämää rikastuttava tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta (TKI). Myllypuron kampus on suunniteltu siksi mahdollistamaan uuden sukupolven teolliseen internetiin (IoT) ja digitaalisuuteen perustuva kiinteistöpalvelujen innovaatioympäristö. Viihtyvyyttä, terveellisyttä, hyvinvointia ja energiatehokkuutta edistävä, IoT:hen ja eri rajapintojen ylittämiseen perustuva kiinteistöratkaisujen ekosysteemi tuottaa parempaa ymmärrystä tulevaisuuden palveluista ja voi parhaimmillaan mullistaa alan perinteiset liiketoimintamallit. Koska aina uudet ja uudet rakennus-, talo-, ohjelmisto- ja sähkötekniikan opiskelijasukupolvet ovat vuorollaan mukana innovaatiotoiminnassa, Myllypuron korkeakoulukampus tarjoaa vakinaisuusluonteisen toiminta- ja kokeilu ympäristön kiinteistöalan digitaalisille palveluille ja IoT-ratkaisujen käyttöönotolle. Innovaatiotoiminnalle on vakaat pitkän tähtäimen edellytykset, jolloin läpimurtojen syntymisen todennäköisyys kasvaa. Myllypuron kampuksen toimintamalli itsessään ilmentää ammattikorkeakoulun vahvaa sitoutumista ekologisesti kestäviin innovaatioihin osana opiskelijoiden oppimisprosessia.

Tässä esiselvitysraportissa tarkastellaan edellytyksiä käynnistää Myllypuron kampuksella olosuhdemonitoroinnin laaja kehittämishanke sekä kuvataan ja arvioidaan alan merkittävimmät Suomessa tällä hetkellä tarjolla olevat kaupalliset ja muut kiinteistömonitoroinnin tietopalustat. Esiselvitys on tehty Sähköturvallisuuden edistämiskeskuksen tuella ja sen ovat toteuttaneet Metropolian asiantuntijat DI Harri Hahkala, TkL Lauri Heikkinen, FT Tuire Ranta-Meyer, DI Jorma Säteri ja FM Suvi Hartikainen. Kiitämme lämpimästi ansiokkaasta panoksesta myös insinööri AMK -opiskelijoita Miika Martikaista ja Sami Kolaria Metropolian tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelmasta.

1

Esiselvitysraportin
tausta ja tavoitteet

Ajankohtaisuus

Alyratkaisujen ja teknologisten alustojen liittäminen suurten kiinteistömassojen talotekniikkaan ja säätömahdollisuuksiin on tällä hetkellä suuren kiinnostuksen kohteena niin päätöksenteossa kuin liiketoiminnallisten tavoitteiden tukena. Erityisesti kun kyseessä on suuren mittakaavan rakennusinvestointi, yhteiskunta ja päättäjät edellyttävät ratkaisujen toimivan kustannustehokkaasti ja kestäväen kehityksen mukaisesti. Niiden on myös mukautettava joustavasti tulevaisuuden toimintaympäristöihin.

Digitalisaation avulla kiinteistöjen tekniikkaan voidaan yhdistää tuotteita ja palveluita, jotka rikkovat vallitsevia toimialarajoja. Tällaisia suuren kokoluokan kokeiluja on meneillään Suomessa esimerkiksi TEM:n tuella keskusliikkeiden logistiikkakeskuksissa¹ ja kauppakeskus Sellossa Espoossa²; Saksassa ja Hollannissa muiden muassa EDGE-toimistotaloissa³. Kyseessä ovat ratkaisut, joiden avulla edistetään älykkäiden energia-, sähkö-, olosuhde-, paikannus- ja tilavarauksjärjestelmien kehitystä.

*Hyvinvointia sähköllä – visio 2030*⁴ näkee rakennusten energiatehokkuuden ja sähköisen talotekniikan olevan keskeisessä asemassa, kun tavoitellaan parasta mahdollista ympäristöä asua ja työskennellä. Älyratkaisut ohjaavat toimintoja energian tarpeen, kulutushuippujen ja hinnan

mukaan kuitenkin vain, jos kerättyä kiinteistön tietomassaa (*facility big data*) osataan analysoida ja hyödyntää. Hyödyntäminen tarkoittaa analyysin käyttämistä päätöksenteon tukena ja tehdyn päätöksen systemaattista toimeenpanoa tavoitteiden suunnassa. Tällä hetkellä valtaosa kiinteistöalan yritysten IoT-tarjonnasta keskittyy yksittäisen asian optimointiin, ei esimerkiksi kokonaisen kampuskiinteistön tietolustojen yhdistämiseen ja tiedon visualisointiin.

Hyvinvointia sähköllä – visio 2030 korostaa myös energiatehokkaiden rakennusten käytettävyyttä ja viihtyisyyttä. Rakennetut ympäristöt ovat tulevaisuudessa palvelu (*Space as a Service*) niin käyttäjän, energian varastoinnin, sähköistysratkaisujen kuin automaatio-ohjauksen näkökulmasta. Kun ilmastotavoitteiden myötä siirrytään yhä voimakkaammin päästöttömään energiaan, puhtaasti tuotetun sähkön tarve lisääntyy.

Sähköalan vision mukaan asukkaista ja kiinteistöjen käyttäjistä tulee valveutunut ja entistä aktiivisempi osapuoli, joka seuraa ja optimoi reaaliaikaisesti eri sovellusten avulla kulutusta niin kotona kuin työympäristöissä. Sähkön ja olosuhteiden säätämisen rooli on yhä tärkeämpi osana jokapäiväistä elämää. Siksi tällaisten talotekniikan ja kulutuksen optimoinnin työkalujen tuominen suurelle korkeakoulukam-pukselle on tärkeää ja ajankohtaista juuri nyt.

1 <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/sellolle-ja-lidlille-miljoonatuki-alykkaiden-energiajarjestelmien-rakentamiseen/>

2 <http://www.siemens.fi/fi/media/uutiset/kauppakeskus-sello-mukaan-energiansaastotalkoisiin.htm>

3 <https://edge.tech/platform>; <https://edge.tech/portfolio/edge-suedkreuz-berlin-workplace-4.0>; https://www.nuukasolutions.com/case-EDGE-Olympic_Amsterdam

4 Hyvinvointia sähköllä on Sähkötöknisen Kaupan Liitto ry:n, Sähkösuunnittelijat NSS ry:n, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n, SESKO ry:n ja Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry:n näkemys tulevaisuudesta ja sähkön roolista osana jokapäiväistä elämää vuonna 2030. Ks. <http://www.hyvinvointiasahkolla.fi/>.

Myllypuron suuren mittakaavan kampus kokeilun mahdollistajana

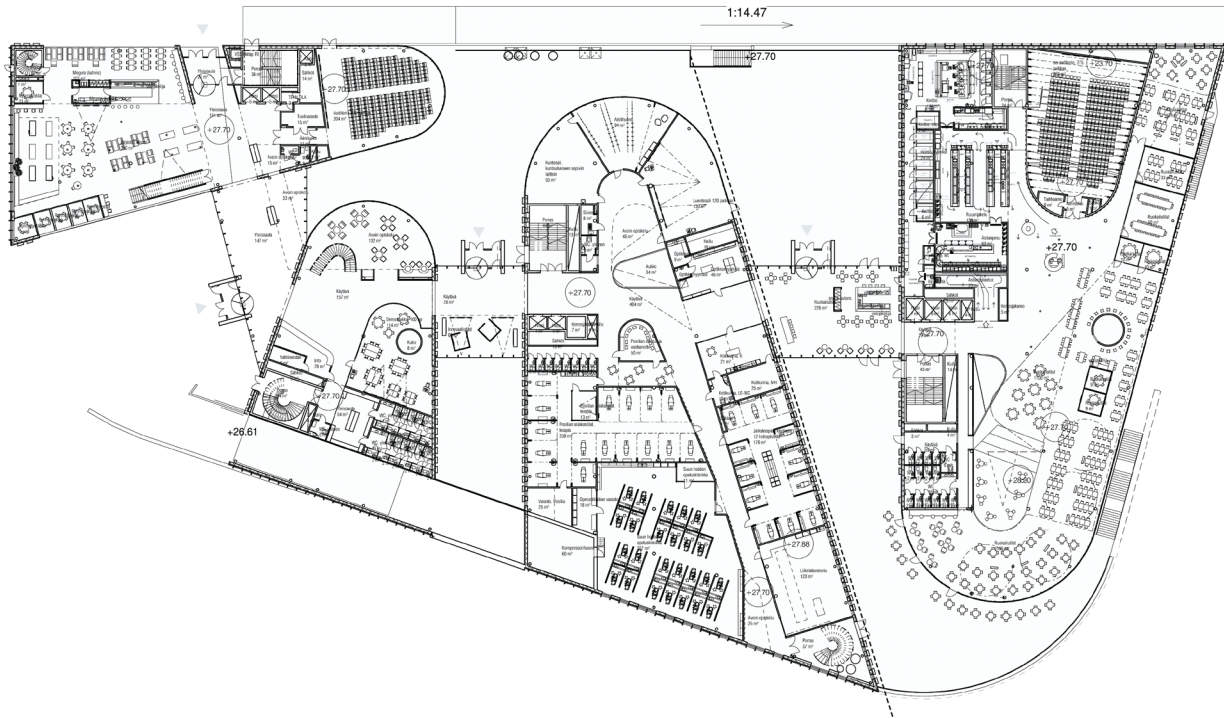
Vuoden 2019 lopulla kokonaisuudessaan valmistuva Myllypuron kuusikerroksinen kiinteistökokonaisuus on laajuudeltaan 56.000 brm² (41.000 h-m²) ja sen pääsuunnittelijana on toiminut tunnettu arkkitehtitoimisto Mahlamäki & Lahdelma. Sinne sijoittuvat noin 6000 opiskelijan ja 500 työntekijän päivittäiset toiminnot. Lisäksi kampukselle tulee yhä enemmän jatkuvan oppimisen mukaista toimintaa: täydennys- ja muuntokoulutusta, alakohtaisia seminaareja, yritysten showcaseja ja suuria konferenssityyppisiä tapahtumia. Kampusta varten on laadittu myös elinkeinopoliittinen suunnitelma, jotta se lunastaa alueen veto- ja elinvoiman lisääntymiseen asetetut tavoitteet.¹

Kampus tarjoaa ainutlaatuisen pilotointiympäristön olosuhdeoptimointiin siksi, että sinne sijoittuu Metropolian ja koko

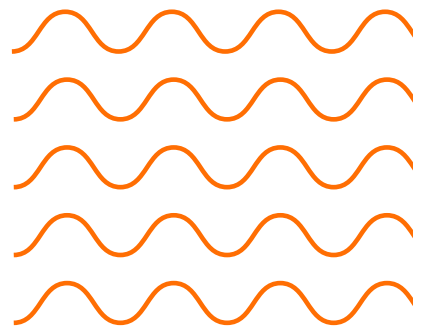
Suomen suurin rakennus- ja talotekniikan, maanmittaus- tekniikan sekä työnjohdon koulutus. Lisäksi Myllypuron kampus on jo rakennusvaiheessa varustettu hyvin laajamittaisilla rakenteiden ja olosuhteiden monitoroinnin mahdollistavilla anturoinneilla. Nykyaikainen kiinteistöautomaatio sisältää muiden muassa kattavan kerroskohtaisen kulutus- tietojen mittaroinnin. Tämän ohella on varmistettu valmius liittää tietoalustaan rakennuksen ulkokuorien kosteus- ja lämpöolosuhteet, sisäolosuhteet (CO₂-pitoisuudet, lämpötilat, suhteelliset kosteudet, pienhiukkaset, VOC jne.) ja ulko-olosuhteet (T, RH, tuuliolosuhteet, drone-pohjaiset mittausmenetelmät, auringonsäteily).

Lisäksi tietoalustaan on kytketty opetus- ja tutkimuskäyttöön suunniteltu hybridienergialaboratorio, joka sisältää laajan kattauksen aivan uutta, mutta myös jo käytössä olevaa

¹ Metropolian Myllypuron kampuksen elinvoimavaikuttavuus - visio ja suunnitelma kampuksen elinkeinopoliittisesta merkityksestä ja sen vahvistamisesta, 11/2017. Ks. <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/fc836c167f940405033c2a18a9351a1279bf8458.pdf>



Kuva 1. Pohjapiirros Myllypuron kampuksen ensimmäisestä kerroksesta ja rakennusmassoittelusta.





Kuva 2. Lämmönjakohuone toimii myös opetuskäytössä.



lämpöpumpputeknologiaa (maa-, ilma-ilma-, ilma-vesi-, absorptiolämpöpumput). Kampuksen oppimisympäristön investointeihin kuuluvat myös kiinteän polttoaineen testikattilat ja mittava, erityyppisiä mono- ja polypiiipanelituotteita edustava aurinkosähkövoimala. Näin kiinteistö tarjoaa ainutlaatuisen suuren toiminnallisen talotekniikan ja -automaation kokonaisuuden ja siten oivat lähtökohdat älykampuksen rakentumiselle.

Yhtäältä kytkös alan korkeakouluopiskelijoiden 4-vuotisiin opintoihin varmistaa jatkuvan testausympäristön ja osaamisen kehittymisen; toisaalta Suomen suurimman sosiaali- ja terveysalan koulutuksen sijoittuminen kampukselle tuo mukaan hyvinvointiin suuntautuneen ihmis-, terveys- ja käyttäjälähtöisen näkökulman. Ymmärretään sekä ihmistä että huipputeknologiaa. Näiden alojen yhdistelmä on hyvin ainutlaatuinen koko maailmassa.

Metropolian rakennus- ja kiinteistöalan koulutus

Metropolia on pääkaupunkiseudulla toimiva kansainvälinen ja monialainen ammattikorkeakoulu, jossa on vuonna 2019 yli 16 000 opiskelijaa, 69 tutkinto-ohjelmaa ja 10 osaamisaluetta. Esimerkiksi kiinteistö- ja rakennusala on oma osaamisalueensa ja puhtaat ja älykkäät teknologiat omansa. Metropoliasa on Suomen suurin ja monipuolisin tekniikan alan koulutus ja se on pääkaupunkiseudun ja Uudenmaan ainoa insinööri AMK -kouluttaja. Siksi Metropolialla on tärkeä asema suomalaisessa teknisen alan korkeakoulutuksessa, soveltavan osaamisen tuottamisessa ja innovaatiojärjestelmässä.

Myllypuron kampukselle sijoittuvat kiinteistö- ja rakennusalan kuvassa 3 mainitut tutkintokoulutukset. Vuosien 2017 ja 2018 tutkintokohtaiset opiskelijamäärät näkyvät myös s. 14 taulukosta.

Kiinteistö- ja rakennusalan kokonaisuuden kattavuutta Metropoliasa kuvaa myös sen henkilöstömäärä. Missään toisessa korkeakoulussa Suomessa ei ole vastaavaa alan asiantuntijoiden määrää ja osaamisalojen kirjoa: yliopettajia on 11, lehcoreita 36, laboratorio-, harjoittelu- ja projekti-insinööriä 4, opetusta tukevaa muuta henkilökuntaa, mm. koulutussuunnittelijoita ja assistentteja on 5. Tuntiopettajia on tällä hetkellä 35. Kiinteistö- ja rakennusosalalle sijoittuvat myös Metropolian sähköisen talotekniikan asiantuntijat.

Nelivuotisessa talotekniikan tutkinnossa on useita suuntautumisvaihtoehtoja, mm. LVI-tekniikan suunnittelu, urakointi sekä kiinteistöjohtaminen. Valmistuneet talotekniikan insinöörit sijoittuvat vaativiin suunnittelu-, tuotekehitys-, projektinjohto-, tuotanto- ja työnjohto- sekä sähköisen talotekniikan ja kiinteistökokonaisuuksien hallintaa edellyttäviin asiantuntijatehtäviin. Opintoissa painottuvat aluksi talotekniikan ja rakentamisen perusteet järjestelmätasolla. Syventävien ammattiopintojen pääpaino on joko vaativien taloteknisten järjestelmien suunnittelussa tai urakoinnissa.

Tyypillisiä tehtävänimikkeitä talotekniikasta valmistuneilla voivat olla esimerkiksi sähkö- tai LVI-suunnittelija, projektipäällikkö, työpäällikkö, LVIS-valvoja, tekninen isännöitsijä, huoltopäällikkö, kiinteistöpäällikkö, käyttö- tai tuotepäällikkö, tutkija, ympäristönsuojelutarkastaja, tarkastusinsinööri tai rakennuttajainsinööri sekä kiinteistöpäällikkö, kiinteistöpalvelupäällikkö, isännöitsijä, projekti-, työ-, huolto- tai käyttöpäällikkö.

Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta Metropoliasa

Metropolian tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan (TKI) ytimessä ovat ilmiölähtöiset innovaatiokeskittymät, jotka rakentuvat yhteiskunnallisesti merkittävien teemojen ym-

Kiinteistö- ja rakennusalan opiskelijamäärät		2017	2018
Maanmittaustekniikka		202	186
Rakennusalan työjohto		446	473
	Talonrakennustekniikka	329	349
	LVI-tekniikka	117	124
Rakennusarkkitehtuuri		112	130
Rakennustekniikka		504	513
Sustainable Building Engineering		71	54
Talotekniikka		562	545
Yhteensä		1335	1901

Kuva 3. Kiinteistö- ja rakennusosalalla on kuusi tutkinto-ohjelmaa ja rakennusalan työjohtossa kaksi suuntautumista: talonrakennustekniikka ja LVI-tekniikka.

pärille. [Innovaatiokeskittymät](#) tarjoavat suotuisan toimintaja innovaatioympäristön toimiala-, sektori- ja teknologiarajat ylittävien haasteiden ratkaisemiselle. Tämän selvityksen tulokset tulevat liittymään erityisesti kahteen innovaatiokeskittymään: *Tieto-ohjattu rakentaminen* ja *Puhtaat ja kestävät ratkaisut*. Luontevia kytköksiä on löydettävissä myös kolmeen muuhun keskittymään: *Toimiva ihmisten kaupunki*, *Asiakaslähtöiset hyvinvointi- ja terveyspalvelut* sekä *Älykäs liikkuminen*.

Tieto-ohjattu rakentaminen merkitsee digitalisaation hyödyntämistä rakennus- ja kiinteistöalan tarpeisiin. Suuria tietomääriä analysoimalla on mahdollista luoda uusia edellytyksiä liiketoiminnalle ja palveluprosessin tehostamiseen rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Näin voidaan varmistaa hyvät, laadukkaat sekä taloudellisesti ja ympäristöllisesti kestävät ratkaisut. *Tieto-ohjatun rakentamisen* innovaatiokeskittymän ytimessä ovat muiden muassa käyttäjien muuttuvien tarpeiden ymmärtäminen ja päätöksenteon ohjaus näiden tarpeiden perusteella resurssiviisaasti. Samoin täydennetään suunnitteluvaiheessa syntyvää tietoa rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta kerättävällä

mittaus- ja analysointitiedolla.

Innovaatiokeskittymän ytimessä on myös tiedon analysointi nykyaikaisilla tiedonhallinta- ja tekoälysovelluksilla rakennetun ympäristön elinkaaren eri vaiheissa. Näin voidaan kehittää ja testata yhdyskunta-, rakennus-, ja talotekniikkaa sekä soveltaa niitä käytäntöön yhteiskunnan uusissa haasteissa. Kiinteistö- ja rakennusalan koulutuksen kehittäminen kytkeytyy innovaatiokeskittymään uudella asiakkaita, opiskelijoita ja toimialaa palvelevalla tavalla, kun rakentamisen ja tietotekniikan osaamisia pystytään yhdistämään saumattomasti toisiinsa.

Puhtaat ja kestävät ratkaisut-innovaatiokeskittymä kokoaa yhteen eri alojen ja sektoreiden toimijoita oppimaan, kehittelemään ja tutkimaan yhdessä sekä innovoimaan erilaisia puhtaita ja kestäviä ratkaisuja kestävyyskriisiin. Sen tuottamisen ratkaisujen ytimessä ovat vähäpäästöisyys, resurssiviisaus ja kiertotalous sekä erilaisten teknologioiden, muun muassa digitalisaation ja IoT:n tuomien mahdollisuuksien hyödyntäminen.

Esiselvityksen tavoitteet

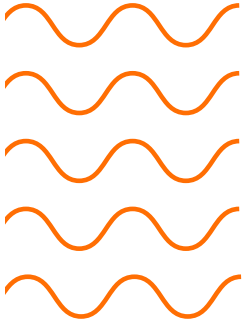
Tämän esiselvityksen tavoitteena on kartoittaa tarvittavat toimenpiteet käynnistää Myllypuron kampuksella olosuhdemonitoroinnin laaja kehittämisshanke. Hankkeen toteutuminen merkitsisi Itä-Helsingin ainoalle suurelle korkeakoulukampukselle merkittävää lisäarvoa ja profiilin nostoa: tavoitteena on rakentaa perinteisesti toimivan korkeakoulukiinteistön sijaan todellinen älykampus.

Tietomassojen keskitetyllä keräämisellä ja avoimen monitoroinnin älykkäällä suunnittelulla mahdollistetaan kampuksen optimaalinen hyödyntäminen niin viihtyvyyden, hyvinvoinnin kuin älykkään sähkön ja energian kulutuksen näkökulmasta. Hankkeen tavoitteena on luoda aivan uuden tyyppinen kiinteistön oppimis-, innovaatio-, työskentely- ja ohjausympäristö, joka herättää kiinnostusta niin kotimaisten kuin kansainvälisten alan toimijoiden keskuudessa. Samalla Metropolia haluaa viedä käytäntöön jo päättyneessä ympäristömittauksen ja monitoroinnin tutkimusohjelmassa MMEA (the Measurement, Monitoring and Environmental Efficiency Assessment)¹ kehitetyt teoreettiset tulokset operationaalistamalla kiinteistötietomassojen tuottamat tehokkuus-, monitorointi- ja tietopaikannusratkaisut.

Metropolian Myllypuroon 2018–2019 valmistuvasta, Itä-Helsingin elinvoimaa merkittävästi vahvistavasta kampuksesta rakennetaan pilotointiympäristö, jossa uudet älyratkaisut suunnitellaan palvelemaan kampuksen kaikkien käyttäjien reaaliaikaisia valintoja ja kommunikaatiotarpeita. Älyratkaisuilla ja kiinteistön kokonaisohjauksella varmistetaan myös, että käyttäjät voivat vaikuttaa itse kiinteistön terveellisyyteen liittyviin valintoihin ja siihen liittyvään systemaattiseen tiedontuotantoon.

Esiselvitystä varten on itse testattu eri antureita, protokollia, rajapinta- ja tietoväylätekniikoita sekä pilvipalveluita tietotalustan käytännön rakentamisen tueksi. Myös tiedon visualisointiin liittyviä menetelmiä, järjestelmiä ja sovelluksia on kartoitettu. Selvityksessä kuvataan ja arvioidaan älykkääseen kiinteistöön liittyviä, markkinoilla jo olevia kaupallisia kiinteistömonitoroinnin tietotalustoja. Niitä analysoimalla halutaan vertailla ja seuloa suurelle korkeakoulukiinteistölle soveltuvimmat menetelmät. Markkinoilla olevan tarjonnan arvioinnin lisäksi luodaan katsaus uudenlaiseen avoimuudelle ja luottamukselle perustuvaan Platform of Trust -alustaan tai ”markkinapaikkaan”, jonka päällä eri toimijat voivat kehittää omia palveluitaan asiakkaiden käyttöön niin, että jokainen toimija sekä hyödyntää että rikastaa siellä olevaa dataa.

¹ MMEA oli vuonna 2008 perustetun strategisen tutkimuksen huippuyksikön CLEEN Oy:n (Cluster for Energy and Environment) tutkimusohjelma. Ks. loppuraportti https://issuu.com/clcinnovationltd/docs/mmea_loppuraportti_20.11.2015_final



Myös osaamisresurssien, referenssien (mm. aiemmat hankkeet ja älykiinteistöprojektit) ja kumppanuuksien kartoittaminen on ollut osa esiselvitystä. On tärkeää, että kampuksen olosuhdemonitorointia suunnitellaan niin, että kaikki olemassa oleva relevantti tutkimustieto ja kokemus hyödynnetään – ja että ollaan tietoisia alan viimeisimmistä innovaatioista. Siksi yhtäältä mahdolliset päällekkäisyydet esimerkiksi Aalto-yliopiston vastaavien älyrakennushankkeiden kanssa on suljettu pois ja toisaalta tunnistettu tarkoituksenmukaisen, molempia hyödyttävän yhteistyön suuri potentiaali. Esiselvityksessä kuvataan myös liiketoiminta- ja sovellusmahdollisuuksia alan yritysten ja muiden Metropolian keskeisten yhteistyökumppaneiden tai julkisten rakennuttajatahojen (mm. Helsingin kaupungin tilakeskus) kanssa.

Esiselvityksen johtopäätöksenä esitetään kuvaus siitä, millaisina toteuttamiskelpoinen älykampus ja sen koordinoitusti ohjatut toiminnot tulisi toteuttaa. On tärkeä pystyä kuvittelemaan tulevaa ihannetilaa ja luomaan visio siitä, miten Myllypuron korkeakoulukiinteistö toimisi, jos esiselvityksen nojalla käynnistettävä hanke toteutuisi ja siitä tulisi toiminnallisuudessaan ja käyttäjälähtöisyydessään odotukset ylittävä älykampus.

2

Älykäs kiinteistö ja
sen eri ulottuvuudet

Kiinteistöjen älyratkaisut ja IoT

Alyteknologian ja teollisen internetin hyödyntämisen idea perustuu siihen, että erilaisiin infrastruktuuriin, viestintään tai liikenteen rakenteisiin, esineisiin ja järjestelmiin liitetään antureita, koodausta, konenäköä tai tunnistautumista, niin että järjestelmät tai palvelut pystyvät kommunikoidaan keskenään. Pelkän tiedon vieminen internetiin ja pilvipalveluun ei kuitenkaan vielä riitä, vaan sitä on pystyttävä analysoimaan ja jakamaan sujuvasti eri järjestelmien välillä. Tiedon analysointiin tarvitaan sovellus sekä kokonaisnäkemys palvelusta ja ansaintamallista. Esimerkiksi professori Heikki Ihasalon (2017) mukaan tarvitaan yhteisiä rajapintoja ja tiedon merkityksen kuvausmenetelmiä, jotta tulevaisuudessa pystytään tehokkaasti ja edullisesti keräämään tietoa eri järjestelmistä ja jakamaan sitä niiden välillä.¹ Alan toimijat puhuvat myös tiedon virtaamisen vallankumouksesta ja *information flow*’sta kiinteistöissä.²

Rakennus- ja kiinteistöalalla älyratkaisuilla tavoitellaan yleensä ennakoitavuutta, resurssitehokkuutta, pidempää elinkaarta kiinteistöille, systemaattisuutta ja helppokäyttö-

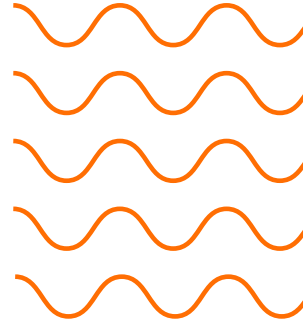
syyttä niiden ylläpitoon ja ylläpitotietojen arkistointiin sekä tilojen viihtyisyyttä, terveellisyttä ja tehokkuutta käyttäjien näkökulmasta. Älykiinteistön järjestelmät oppivat ja muokautuvat sen mukaan, mitä tietoa olosuhteista ja niiden käyttäjistä kertyy.

Käyttäjän kannalta älykäs kampus tuottaa muiden muassa sisätilapaikannukseen perustuen parempaa ja ajantasaisempaa informaatiota, reaaliaikaista infografiikkaa ja kontekstisidonnaisia palveluita, kuten online-resurssien varaus (esim. luokkatilat, työpisteet, neuvotteluhuoneet) ja tilanteen mukainen siivous. Tietopaikannus mahdollistaa myös eräänlaisen kohtaamisten sisäverkon, jossa läsnäoloviestit aktivoituvat automaattisesti käyttäjäryhmässä sovittujen pelisääntöjen mukaisesti. Sekä suunnitellut että satunnaiset vierailut kampuksella voidaan älyratkaisujen avulla optimoida tuottamaan tehokkaampaa kommunikointia ja ajankäyttöä.

Kiinteistön tietomassa ja IoT mahdollistavat teknisten järjestelmien sekä sisäilman olosuhdemittauksien kerää-

¹ Ks. <http://www.kiradigi.fi/ajankohtaista/alykkaiden-rakennusten-projektissa-kehitetaan-esineiden-internetin-avoimia-rajapintoja.html>

² Ks. esim. <https://www.linkedin.com/pulse/tiedon-virtauksen-vallankumous-sergej-von-bagh>; <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/34718>;



misen keskitettyyn tietojärjestelmään.³ Kiinteistön käyttöä seuraamalla ja analysoimalla sekä tekoälyä hyödyntämällä siitä voidaan luoda pitkällä aikavälillä niin sanottu oppiva kiinteistö. Esimerkiksi käyttöaste eri ajankohtina on tärkeää tietoa talotekniselle ohjausjärjestelmälle. Mittausdatan avulla voidaan saada reaaliaikainen kuva laajan kiinteistökannan sisäilman olosuhteista ja tekniikan toimivuudesta. Tiedon avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi käyttäjäjoukon vaikutus kiinteistön toimintaan ja havaita mahdolliset ongelmat ennen tilojen käyttäjiä. Näin tilanteeseen voidaan reagoida ajoissa. Aikaa myöten kiinteistö kehittää big datan avulla omaa tekoälyä ja oppii tekemistään ennustevirheistä.

Hyvät sisäilmaolosuhteet tuodaan myös osaksi kiinteistönhoidon tavoitteita. Tämä tarkoittaa suurta ajatustavan muutosta kiinteistöjen ylläpidossa, jossa on aiemmin keskitytty tekniikan huoltoon. Nyt mittariksi on asetettu koko huoltotyön lopputulos: hyvä sisäilmasto rakennuksessa oleville ihmisille.

3 IoT:llä tarkoitetaan laitteita, sensoreita ja esineitä, jotka on yhdistetty olemassa olevaan internetverkkoon ja jotka pystyvät havainnoimaan esimerkiksi ympäristöään ja kommunikoimaan tietoverkon kautta.

Älykiinteistöt ja energiatehokkuusvaatimukset

Tietomassan hyödyntämisellä pyritään myös tehostamaan kiinteistöjen energiankäyttöä ja olosuhteiden optimointia. Tähän velvoittaa jo vuodelta 2006 oleva EU:n jäsenvaltioita sitova direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista.¹ Siinä tavoitellaan primäärienergiakulutuksen ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä ja ilmastonmuutoksen ehkäisemistä.

Kansallinen ohjeellinen energiansäästön kokonaistavoite on ollut 10 vuoden aikavälille 9 prosenttia.² Jäsenvaltioita on veloitettu varmistamaan julkisen sektorin esimerkiasema direktiivin edellyttämässä toimissa. Tärkeänä keinona tavoitteisiin pääsemisessä on energian loppukäytön tehostaminen. Energiatehokkuutta parantavina toimenpiteinä

esitetään muiden muassa rakennuksiin ja niiden teknisiin järjestelmiin liittyviä, kiinteistöjen kokonaisuutta optimoivia uudistuksia.

Esimerkiksi Senaatti-kiinteistöt on useiden vuosien ajan vähentänyt energiankulutusta muun muassa lisäämällä energiankulutuksen mittarointia, osallistamalla tilojen käyttäjät energiansäästötalkoisiin ja hyödyntämällä etähallintakeskusten asiantuntijuutta talotekniikan ohjaamisessa.³ Myös *Hyvinvointia sähköllä* -visiossa tavoitteeksi on asetettu uudisrakennusten osalta lähes nollaenergiatalot ja vanhojen kiinteistöjen uudistaminen energiatehokkaiksi. Näiden esimerkkien ja toimenpidetavoitteiden lisäksi Myllypuron kampuskiinteistön talotekniikan oppimisympäristöt, muiden muassa lämpöpumpputeknologiaan liittyvä edis-

¹ Ks. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0085:FI:PDF>

² Huom! Motiva on arvioinut, että vuoteen 2016 mennessä Suomen kansalliset toimet ylittävät direktiivin 9 %:n energiansäästötavoitteen ja että vuoteen 2020 mennessä sen nousevan yli 17 %:n tasolle. Ks. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/energiapalveludirektiivi>

³ Ks. mm. <https://www.senaatti.fi/yhteiskuntavastuuraportti2017/vastuullisuus-senaatissa/ymparisto/energia-ja-vesi/>



Kuva 4. Kampusen katolle on asennettu aurinkolämpökerääjiä, joita hyödynnetään sekä energiantehokkuuden maksimoinnissa että innovaatiotoiminnassa.



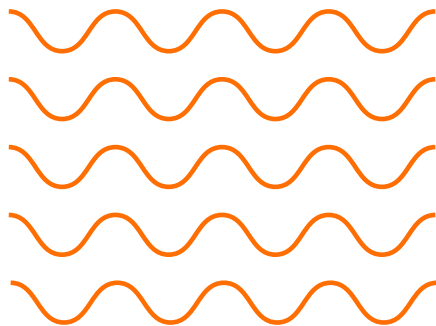


Kuva 5. Myllypuron kiinteistöön on rakennettu muiden muassa maailman parhaiten anturoitu energiakaivo.

tyksellinen hybridienergiaboratorio ja piipaneleihin perustuva aurinkosähkövoimala ovat osa energiatehokkuuden maksimoinnin keinovalikoimaa.

Julkisena suuren mittaluokan kiinteistönä Myllypuron kampuksen tulee lunastaa yhteiskunnallinen esimerkiasema energiansäästökeinojen osalta, sillä kiinteistö on käytössä seuraavat 60–80 vuotta. Saatavissa oleva mittausdata on siksi tarkoituksenmukaista hyödyntää täysimääräisesti niin, että energiankäyttöön vaikuttavat tekijät tunnistetaan kiinteistöautomaation uusimpien kokonaisratkaisujen avulla. Kulutuspoikkeamiin on pystyttävä reagoimaan proaktiivisesti ja resurssien optimointi ylipäätään on tulevaisuudessa rakennettava yhä voimakkaammin perustumaan ennustedataan.

Tavoitteena on, että kampus pystyy ketterästi ja ennakoivasti reagoimaan kysyntäjoustop tarpeisiin sekä energian hinnan vaihteluihin. Ennustedatan avulla määritellään jo lähitulevaisuudessa ennakolta, mikä on resurssitehokkain ja ekologisin energiamuoto esimerkiksi säätilojen muuttuessa. Datan perusteella voidaan myös ennalta varastoida edullista energiaa hinta- tai tehopiikkien vaikutusten minimoimiseksi.



Kiinteistötiedon ekosysteemi

Kiinteistötiedon ekosysteemiin kuuluvat muiden muassa kiinteistön päivittyvä rakennus- ja talotekninen tietomalli (BIM), ympäristön olosuhdetiedot, digitaalinen huoltokirja, kunnossapito- ja korjaushistoria sekä reaaliaikaisen olosuhteiden ja energiankulutuksen seurannan tiedot. Lisäksi kiinteistötiedon piiriin kuuluvat monet eri toimija- ja käyttäjätahot sekä sidosryhmät.

Kiinteistöstä saadaan tietoja energiankulutuksesta, energiantuotannosta ja sen mahdollisesta myytäväksi jäävästä ylikapasiteetista, lämmityksestä, sähköstä sekä sen käytön jakautumisesta eri käyttäjäryhmien kesken, automaatiosta, LVI:stä ja ilmastoinnista, lämpötilasta, kosteudesta, hiilidioksidin määrästä, valaistuksesta, teknisestä kunnosta, jätehuollosta, kierrätyksestä, lukituksesta, turvallisuudesta, käyttöasteesta ja kiinteistön ylläpidosta. Suuren kampuskiinteistön ekosysteemiin kuuluvat siten laaja joukko eri intressitahoja, hyödyntäjiä ja käyttäjiä: rakentajat, rakennuttajat, kiinteistön omistaja, energia- ja vesiyhtiö, kiinteistöhuoltoyhtiö, jätehuoltoyhtiö, viranomaistahot, paikallistoi-

mijat ja yhdistykset, opiskelijat, henkilökunta, korkeakoulun kumppanit, vieraat ja asiakkaat, asukkaat, vierailijat. Lisäksi ekosysteemi mahdollistaa eri palveluntarjoajien, tutkijoiden tai erilaisten verkkotiedon käyttäjien osallistumista ekosysteemin hyödyntämiseen.

Termiä *digitaalinen kaksosen* on ryhdytty viime aikoina käyttämään ratkaisuihin, joissa pyritään tietomallien käyttöön kiinteistöjen ylläpidossa. *Digitaalinen kaksosen* ikään kuin luo rinnakkaisympäristön rakennusten analysoinnille ja havainnollistamiselle: sitä tarvitaan jotta voidaan hallita anturien ja sensoreiden synnyttämää valtavaa tietomäärää - ja jotta voidaan kuvata sitä ihmiselle ymmärrettävässä muodossa. Digitaalisista kaksosista on merkittävää hyötyä toiminnan optimoinnissa, ennakoivassa ylläpidossa, riskien hallinnassa ja uusien ominaisuuksien tai prosessien kehittämisessä. Digitaalisen mallin avulla voidaan ajaa erilaisia simulaatioita, kokeilla uusia skenaarioita tai ennakoita ongelmatilanteita ja kokeilla niihin eri ratkaisuja.¹

Kiinteistön tietomassan hyödyntäminen kokoavan tieto-

¹ Ks. esimerkiksi Granlund Oy:n blogi <https://energistarakentamista.com/2017/05/31/digitaalinen-kaksosen/>; DNA:n listaus vuoden 2019 teknologiatrendeistä <https://www.dna.fi/yrityksille/blogi/-/blogs/digitaaliset-kaksoset-ovat-nyt-trendikkaita-tunnetko-ilmion>

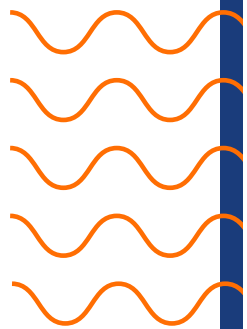


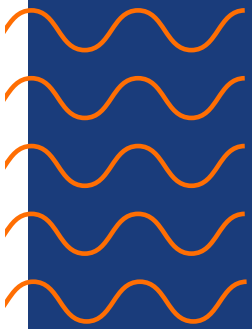
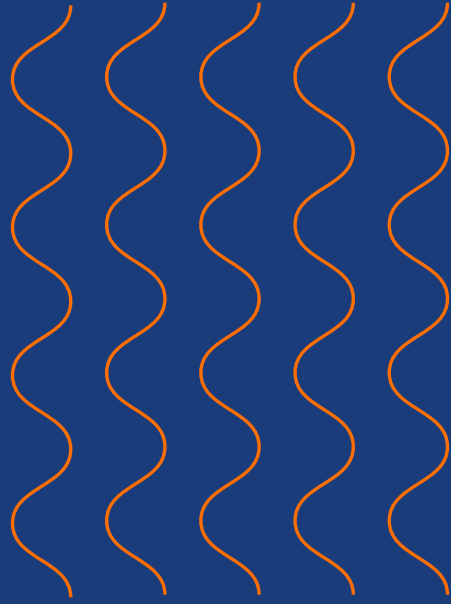
Kuva 6. Kiinteistötiedon ekosysteemi (käyttäjät ja muut intressitahot, data, analysointi- ja visualisointialustat, tiedon jalostamisesta syntyvät älypalvelut, Metropolian tutkintokoulutus sekä kampukselle rakentuva laaja tutkimusympäristö) synnyttävät lopputuloksena hyvinvointia ja resurssitehokkuutta.

alustan tai digitaalisen kaksosen avulla mahdollistaa uudet älypalvelut: joustavan tilojen hallinnan, resurssien ja kustannusten jakamisen, erilaiset analyysit ja raportit, energian yhteisöpalvelut ja kysyntäjoustop, datan ja liittymien hallinnan sekä datapohjaisen kiinteistöhuollon. Mittausdataan yhdistetyt käyttäjähavainnot (digitaalisesti koottu tieto käyttäjien toiminnasta, valinnoista ja reaktioista) mahdollistavat merkittävän datapalvelujen tuottamisen kaupallistettavissakin olevan kokonaisuuden. Avointa pilvipalvelupohjaista tietomallia voivat hyödyntää esimerkiksi diagnostiikkapalvelujen tarjoajat, tietojen kokoamisen ja virtaamisen mahdollistavat palveluntarjoajat, tietomassojen analytiikan palveluntarjoajat ja kiinteistöjohtamisen palveluntarjoajat.

Myllypuron kampuksen kiinteistötiedon ekosysteemiä voidaan havainnollistaa edellisen sivun kuvan 6 mukaisesti. Kiinteistöistä, sen käytöstä ja käyttäjistä koottu tieto muodostaa datan, kiinteistön tietomassan. Kiinteistön digitaalinen kaksonen muodostaa alustan; älyratkaisut ja toiminnot muodostavat datapohjaiset älypalvelut. *Space as a Service* -ajattelun mukaisesti kiinteistön käyttäjät ja kaikki ne, joilla on roolinsa kautta liityntäpinta kampuksen, ovat keskiössä. Kaikkien näiden tahojen mukanaolo ja sitoutuminen takaavat kampuksen toimivuuden, viihtyisyyden ja hyvinvoinnin, mutta myös ekologisuuden ja resurssitehokkuuden näkökulman.

Muihin kiinteistöihin tai suuren mittaluokan rakennuksiin verrattuna Myllypuron kampuksen ekosysteemi on kuitenkin ainutlaatuinen. Se toimii koko rakennus- ja kiinteistöalan tulevien insinöörien ja alan korkeakoulutettujen ammattilaisten oppimis-, tutkimus- ja innovaatioympäristönä. Kiinteistötieto ei siten jää kampuksen jokapäiväisestä toiminnasta irrallaan olevien hyödynnettäväksi, vaan aina uudet opiskelijasukupolvet voivat osana oppimistaan ja lostaa kiinteistötietoa, tehdä siihen liittyvää tutkimusta ja tuottaa yhteiskuntaan alan innovaatioita.





Rakennuksen digitaalinen tietomalli BIM

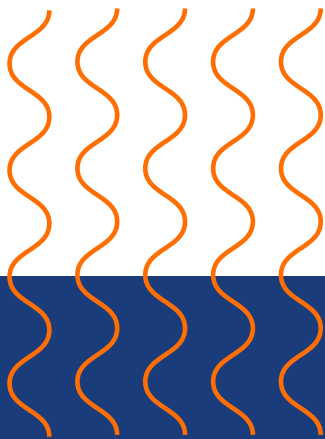
Rakennuksen tietomalli (myös *rakennuksen tuotetietomalli* tai *rakennuksen tuotemalli*, *Building Information Model*, *BIM*) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalliin liittyy myös rakennuksen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti havainnollisuuden ja erilaisten simulointitarpeiden vuoksi.

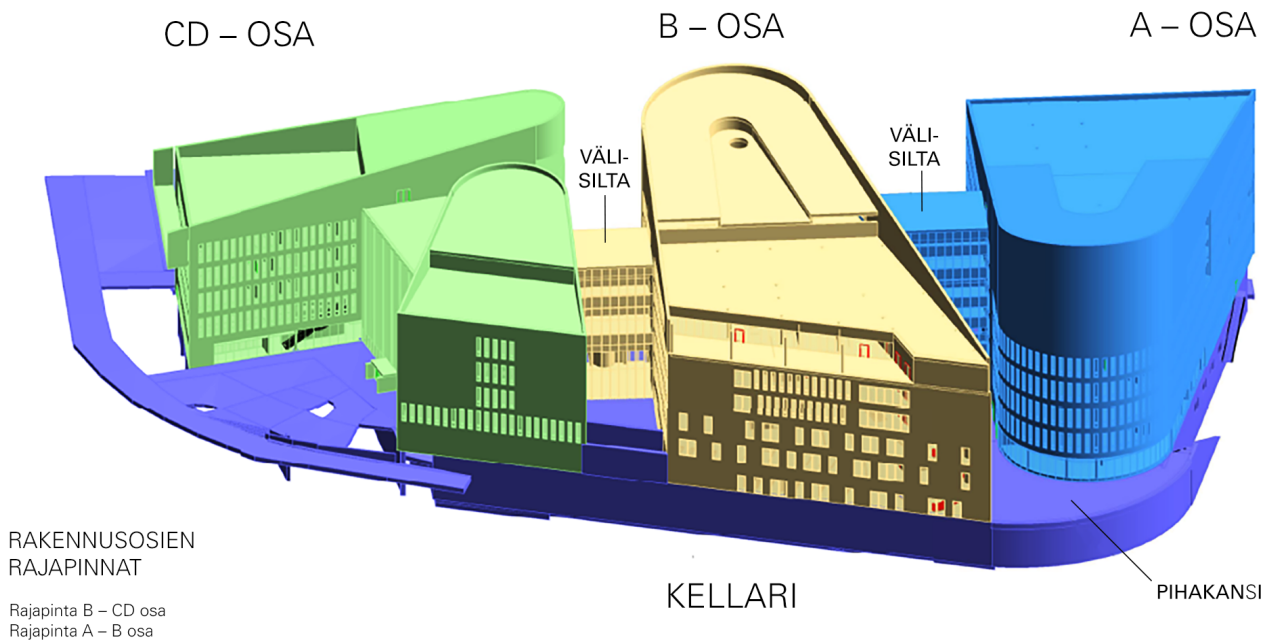
Tietomallin sisällön perustana ovat rakennushankkeen määrittelytiedot ja suunnitteluvaiheen eri suunnittelualojen 3D-mallit. Tietokantaan lisätään toteutuneen rakennusprosessin ja rakennuksen käytön aikaiset tiedot. Näitä käytetään esimerkiksi peruskorjaushankkeen määrittelyssä, suunnittelussa ja toteuttamisessa. Peruskorjauksen päätyttyä sen toteutustiedot päivitetään tietomalliin ja palataan rakennuksen käytön aikaisen tiedon keruuseen ja

tallentamiseen. Lopulta, mahdollisesti useankin peruskorjausjakson jälkeen tietomallin tietoja käytetään rakennuksen purkamisen tai käytöstä poistamisen suunnitteluun.

Tietomallin oleellinen ominaisuus on tiedon käyttötapa: tieto tallennetaan tietomalliin vain kerran ja koska tietomalli on rakennuksen tietojen yhdistetty tietokanta, voidaan eri tilanteissa käyttää aina samaa lähdettä. Tietoa ei kopioida useaan paikkaan, mikä helpottaa päivitettävyyttä ja vähentää riskejä väärän tiedon esittämisestä. Tarkoituksena on hallita rakennuksen vaatimukset, suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja ylläpito paremmin kuin perinteisillä menetelmillä.

Metropolian Myllypuron kampuksen hankesuunnittelun aikana on kiinteistökokonaisuudesta laadittu tietomalli, johon suunnittelutiedot on keskitetty. Näitä tietoja ovat mm. arkkitehti-, LVIS-, rakenne- ja automaatio suunnitelmat.





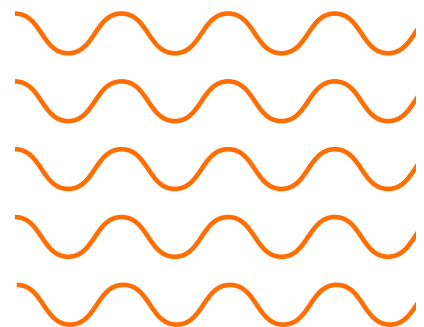
Vaakasuorassa rakennusosien rajapinta kulkee ulkoseinää pitkin. Väli-
siltojen rakenteet kuuluvat kokonaisuudessaan samaan osaan eli A–B välisilta A-osaan ja B–CD välisilta CD-osaan.

Kuva 7. Havainnekuva Myllypuron kampuksen tietomallista

3

Kiinteistötiedon
tuottaminen

Kiinteistötiedot perustuvat kiinteistössä sijaitsevista antureista saataviin mittauksiin. Perinteisesti anturit on kytketty rakennusautomaatiojärjestelmiin. Esimerkiksi Metropolian Myllypuron kampuksella on jo pelkästään lämpötilan mitausantureita yli 5000 kappaletta. Nykyisin rakennusautomaatiojärjestelmien rinnalle on tullut IoT-mittauksia, joista tieto lähetetään joko suoraan tai erillisen järjestelmän kautta koottuna pilvipalveluihin. Tässä raportin osiossa havainnollistetaan kiinteistötiedon tuottamisen prosessia.



Anturit

Anturit (sensorit, mittalähetimet) ovat yleensä osa mittalaitetta, jonka reagoitua ympäristön kanssa käytetään avuksi erilaisten luonnontieteellisten suureiden mittaamiseen tai tunnistamiseen. Yleensä anturissa itsessään ei ole näyttöä tai osoitinta, vaan anturi välittää mittaustiedon eteenpäin mittarille tai automaatiojärjestelmälle. Tyypillisiä rakennuksessa mitattavia suureita ovat muiden muassa lämpötila, kosteus, vedenkulutus, läsnäolo, hiilidioksidi, paine-erot, energiankulutus ja teho.

Metropoliassa on rakennettu ja testattu osana opiskelijoiden opintoja jo vuosia kiinteistömittaukseen sopivia antureita. Seuraavassa esitellään joitakin esimerkkejä näiden kehittyneiden tuloksista.

Ambimaten MS4-sarjan sensorimoduulit ovat pieniä ja tehokkaita työkaluja monen asian mittaamiseen. Kaikki MS4-sarjan moduulit voivat mitata liikettä, ympäristön valoisuutta, lämpötilaa ja ilmankosteutta, lisäksi 1-2314291-1 -moduulilla voi mitata ilmassa olevia VOC-kaasuja (Volatile Organic Compound). Sensorimoduulista voidaan lukea arvoja sekunnin välein ja kommunikointi tapahtuu I2C-tiedonsiirtoväylällä. Lämpötilasensori toimii 5–50°C asteessa ja näyttää arvot 0.3°C tarkkuudella. Ilmankosteussensori toimii 5%–95% suhteellisissa kosteuksissa 2% tarkkuudella.

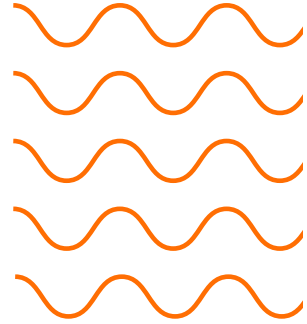
Moduulin VOC-sensori mittaa ilmassa olevien kaasujen määrää eikä sitä miten haitallisia ne ovat. Yleisesti sisäilman

laatu ilmoitetaan IAQ-luokittelun (Indoor Air Quality) mukaan, IAQ-indeksin mukaan 0–50 on hyvä, 51–100 on siedettävä, ja siitä ylöspäin alkaa ilman laatu vaikuttamaan heikentävästi ihmisterveyteen.

Valoisuussensori mittaa siihen kohdistuvan valon määrää ja ilmoittaa sen sekunnin välein. Jos liikesensori havaitsee liikettä se lähettää signaalin puolen sekunnin viiveellä ja pitää signaalin päällä, kunnes liikettä ei enää havaita. Moduuli toimii 3.1–3.5 voltin jännitteellä ja käyttää 33mA virtaa mittaustilassa.

Sensirion SHT11 / SHT3X -sarjan sensorit ovat tarkoitettu kosteuden seurantaan ja niitä on kolmea eri luokkaa, low-cost, standard ja high-end. Low-cost -sensori (SHT30) mittaa suhteellista ilmankosteutta 2% tarkkuudella 10–90% alueella ja lämpötilaa 0.2°C tarkkuudella 0–65°C alueella. Tämä riittää tavallisen huoneiston ilmankosteuden mittaamiseen. SHT30-sensori kommunikoi I2C-väylällä ja se voi kommunikoida 1Mhz taajuudella laitteiden kanssa. Sensori toimii 2.15–5.5 voltin jännitteellä ja kuluttaa 500–1500 mikroampeeria virtaa mittaustilassa.

Bosch Sensortec BME680 on erittäin pieni digitaalinen sensorimoduuli, jolla voi kerätä VOC-, ilmankosteus-, paine- ja lämpötiladataa. Moduuli voi käyttää I2C- tai SPI- (Serial Peripheral Interface) väyliä kommunikointiin. Lämpötilasensori toimii jopa -40°C ja 85°C välillä ja antaa arvon yhden asteen tarkkuudella. Ilmankosteussensori pystyy



mittaamaan 0–100% suhteellisen ilmankosteuden 3% tarkkuudella. Moduuli vaatii 1.71–3.6 voltin jännitteen toimiakseen ja kuluttaa 0.15 mikroampeeria unitilassa ja 2.1–12 mikroampeeria mittaustilassa riippuen siitä, mitä kaikkia sensoreita moduulista hyödynnetään.

Metropolialle on hankittu muiden muassa ulko-olosuhde-mittaukseen Vaisalan sääasema. Vaisalan AWS310 sääasema on monipuolinen ratkaisu sään seurantaan. Se voidaan kustomoida tarpeiden mukaan keräämään viittätoista erilaista asiaa ilmasta ja sen läheisyydestä, esimerkiksi maan lämpötilaa, pilvien etäisyyttä maanpinnasta ja auringon uv-säteilyä.

Sääasema toimii 30 watin aurinkopaneelilla, joka lataa 12V 26 Ah akkua. Sääasema käyttää kommunikointiin RS232 protokollaa, sääaseman mukana on Vaisala NOMAD 3 datan kerääjä, jolla voidaan tallentaa data muistikortille, joka on laitteen sisällä tai lähettää se sähköpostitse. Aiemmin tehdyssä soludus-projektissa NOMAD 3 korvattiin Raspberry Pi 3 yhdyskäytävällä, joka liitettiin sääasemaan RS-232/USB adapterilla, kyseisellä yhdyskäytävällä datan lähettäminen tietokantaan voidaan suorittaa sääasemalta suoraan, ilman että dataa tarvitsee hakea laitteelta tai sähköpostista.

Protokollat ja tietoväylät

Tiedonsiirtoprotokollat ovat eräänlaisia teknistä asiaa koskevia käyttämissääntöjä, joissa määritellään miten keskustelu tiedonsiirron osapuolten välillä toimii. Tunnetuimmat internetissä tietokoneiden välillä käytettävät protokollat ovat IP ja TCP.

Perinteisesti rakennusautomaatiojärjestelmät ovat käyttäneet omia suljettuja tiedonsiirtoprotokolliaan. Näistä ollaan kuitenkin siirtymässä standardoituihin protokollisiin (mm. Bacnet, Modbus, Lon ja KNX), jolloin tiedonsiirto erilaisten järjestelmien välillä tulee sujuvammaksi. Aalto-yliopisto on selvittänyt erilaisia rakennusautomaatiojärjestelmissä käytettyjä protokollia ja avoimia tiedonsiirron rajapintoja sekä antanut niistä suosituksia (Ihasalo et al 2017), joten tässä esiselvityksessä ei olla syvennetty niihin, vaan keskitytään soveltamaan niiden suosituksia Myllypuron kampuksella. Anturitietoa siirretään enenevässä määrin myös IoT-pohjaisilla protokollilla, joiden käyttö myös kiinteistöalalla tulee lisääntymään lähivuosina. Alla on kuvattu tärkeimpiä näistä protokollista.

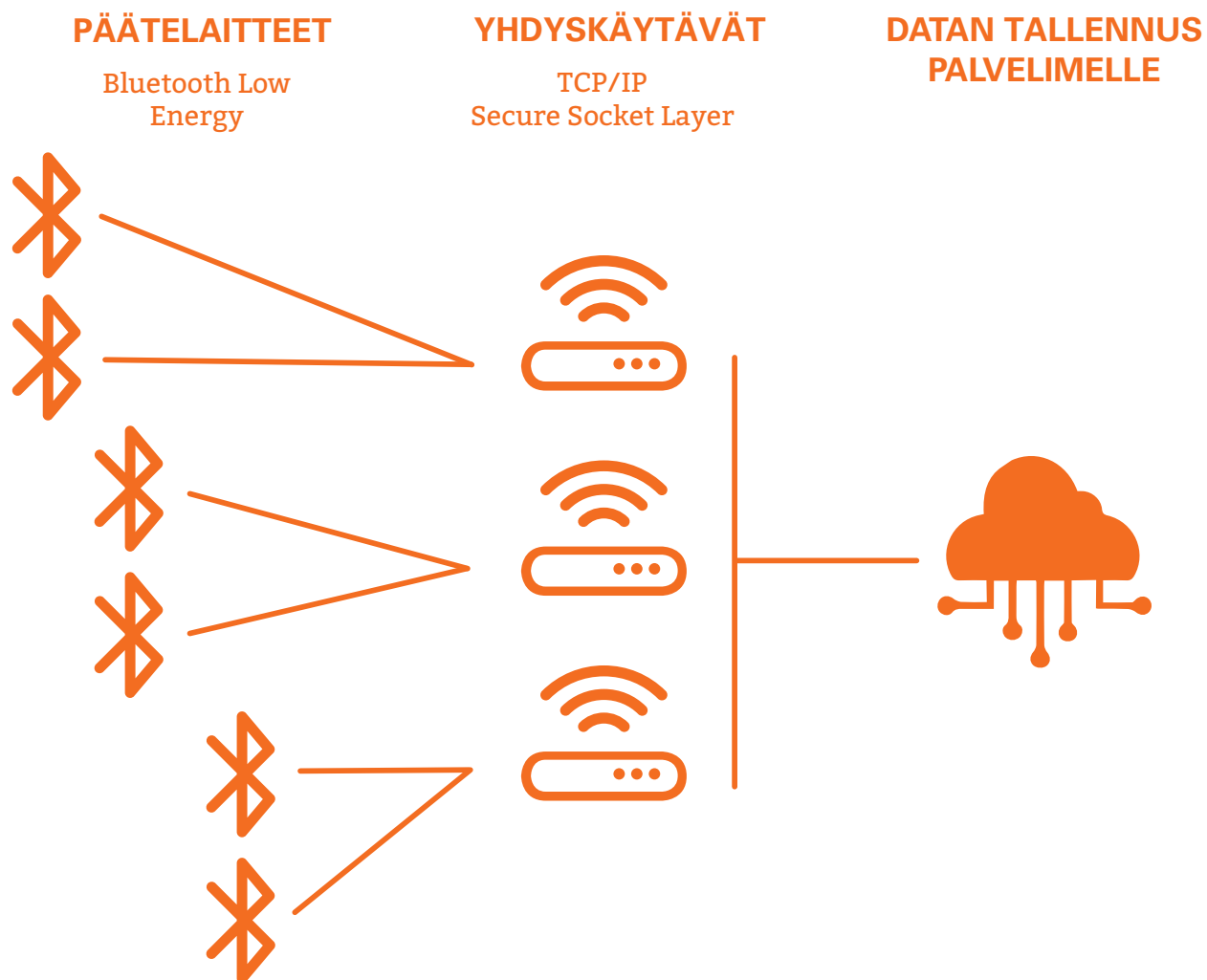
Bluetooth Low Energy (BLE) on lyhyen matkan langaton

lähiverkkotekniikka, jota nykyisin langattomat laitteet, kuten sykemittarit, murtohälyttimet ja erilaiset kauko-ohjaimet käyttävät. Bluetooth Low Energyn tavoitteena on pieni energian kulutus, joka saavutetaan pelkistetyllä liikennöinnillä. Tämän ansiosta useat patterikäyttöiset BLE-laitteet voivat toimia pitkiäkin aikoja ennen pariston vaihtoa.

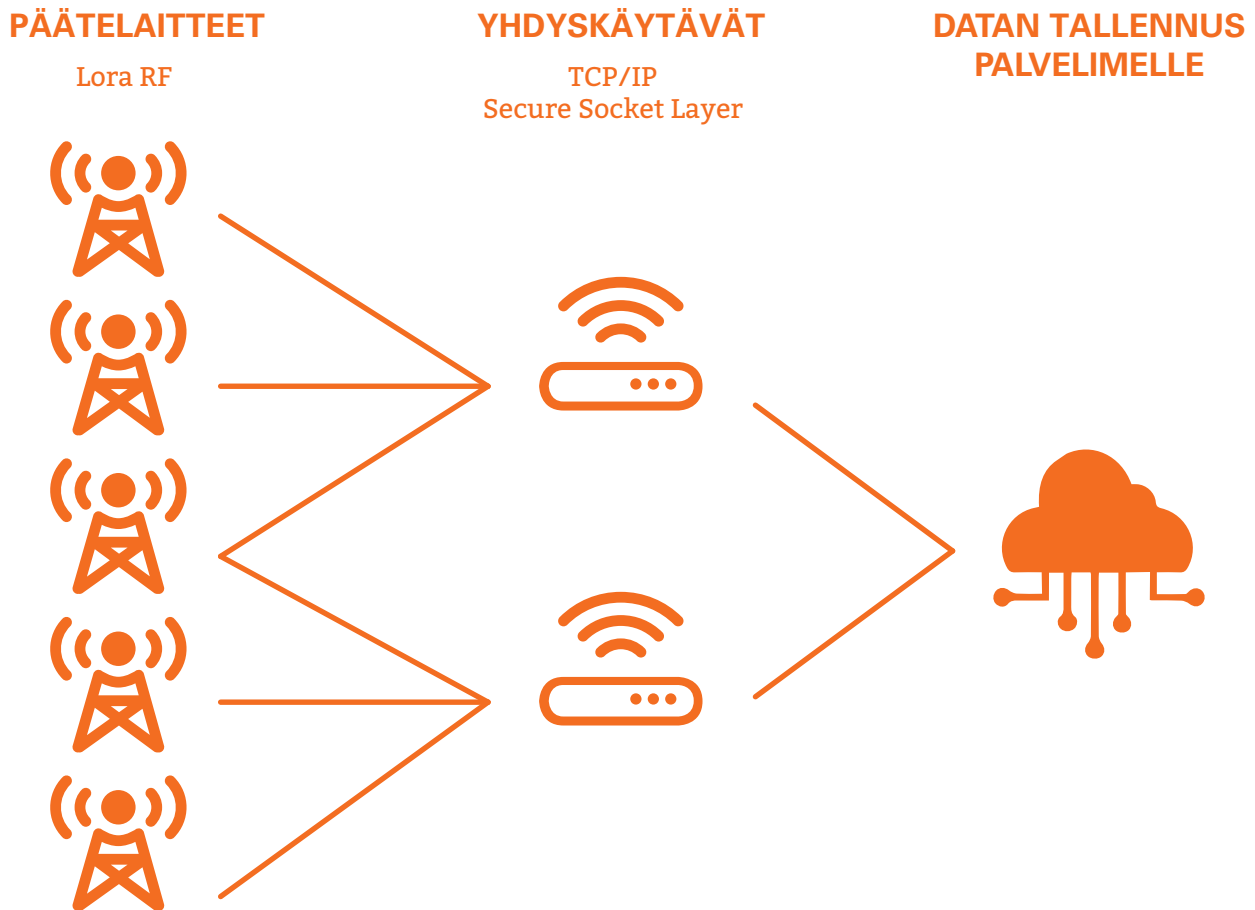
Käytännössä BLE on vähävirtainen versio laajalti käytetystä bluetooth-yhteydestä. Se käyttää yleisesti star-bus -topologiaa eli päätelaitteet keskustelevat reitittimen kanssa, joka ohjaa datan verkkopalvelimelle käyttäen IP-liitäntää. BLE-yhteyden kantama on noin 10–50 metriä, eli yhdellä reitittimellä voidaan kattaa noin neljän luokkahuoneen pituinen kantama kampustiloissa. Kommunikaatioyhteys luodaan 2,4Ghz -radiotaajuudella.

Päätelaitteet ovat normaalisti sleep-tilassa ja heräävät vain silloin kun niiden tarvitsee lähettää datapaketti reitittimelle. Lähettäessään dataa päätelaitteen virrankulutus on alle 20 mA. Päätelaite voi siten toimia yhdellä paristolla jopa 5 vuotta. BLE käyttää häiriöiden vähentämiseen tietoliikenteessä AFH-tekniikkaa (Adaptive Frequency Hopping), mikä tekee tiedonsiirrosta luotettavaa.





Kuva 8. Bluetooth Low Energy BLE:n topologia Miika Martikaisen mallin mukaan.



Kuva 9. LoRaWAN-verkkoarkkitehtuurin topologia Miika Martikaisen mallin mukaan.

LoRaWAN on spesifinen tiedonsiirtoverkko, joka on tarkoitettu langattomaan ja nopeaan, mutta vähätehoiseen tiedonsiirtoon. Se sopii erityisesti pienten datamäärien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Tärkeimpiä ominaispiirteitä siinä ovat kaksisuuntainen tiedonsiirto, liikuteltavuus, paikannuspalvelut ja helppo käyttöönotto. Se on globaali ja avoin standardi, joka muodostuu LoRa-päätelaitteista ja -reitittimistä sekä taustalla toimivista palvelimista ja sovelluksista.

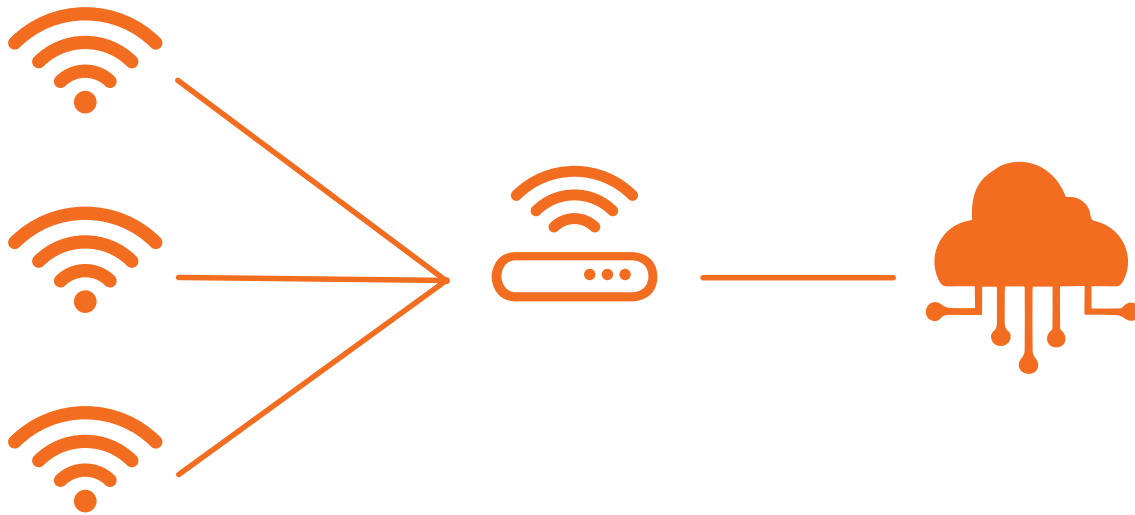
LoRaWAN-verkkoarkkitehtuuri toteutetaan star-of-stars -topologialla, eli päätelaitteet lähettävät dataa lähellä oleviin yhdyskäytäviin, jotka edelleen ohjaavat datan verkkopalvelimelle käyttäen IP-liitäntää. LoRaWAN-yhteydellä voidaan kattaa koko kampuksen alue ja siihen on helppo lisätä uusia pisteitä datan keruuta varten myöhemmässä vaiheessa. Yhteyden muodostus tapahtuu 868 Mhz:n radiotaajuudella, jonka kantavuus on jopa kaksikymmentä kilometriä maastossa LoRa-moduuleilla.

Tiedon lähettäminen verkossa ei vaadi paljoa energiaa ja yhdellä paristolla saadaan jopa 5 vuotta elinikää dataa lähetäville laitteille. LoRa-päätelaitteita on kolmea eri tasoa A, B ja C. A-luokan päätelaitteet käyttävät vähiten virtaa, ja ne on tarkoitettu pienten datapakettien, esimerkiksi sensoridatan, lähettämiseen eteenpäin. B-luokan päätelaitteet kuluttavat hieman enemmän virtaa mutta reititin voi kysyä niiltä tietoa ilman, että päätelaite aloittaa keskustelun. C-luokan päätelaite on hereillä koko ajan, joten sen virrankulutus on niin suuri, ettei sitä voi käyttää enää pariston varassa, vaan se vaatii virtalähteen.

LoRan tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat 300 bps ja 50 kbps välillä riippuen päätelaitteen radiotaajuuden voimakkuudesta. Päätelaitteet vaihtavat kanavaa datan lähettämässä: tämä vaihtelu auttaa verkkoa sietämään häiriöitä paremmin.

PÄÄTELAITTEET

Wi-Fi-yhteys

YHDYSKÄYTTÄVÄTTCP/IP
Secure Socket Layer**DATAN TALLENNUS
PALVELIMELLE**

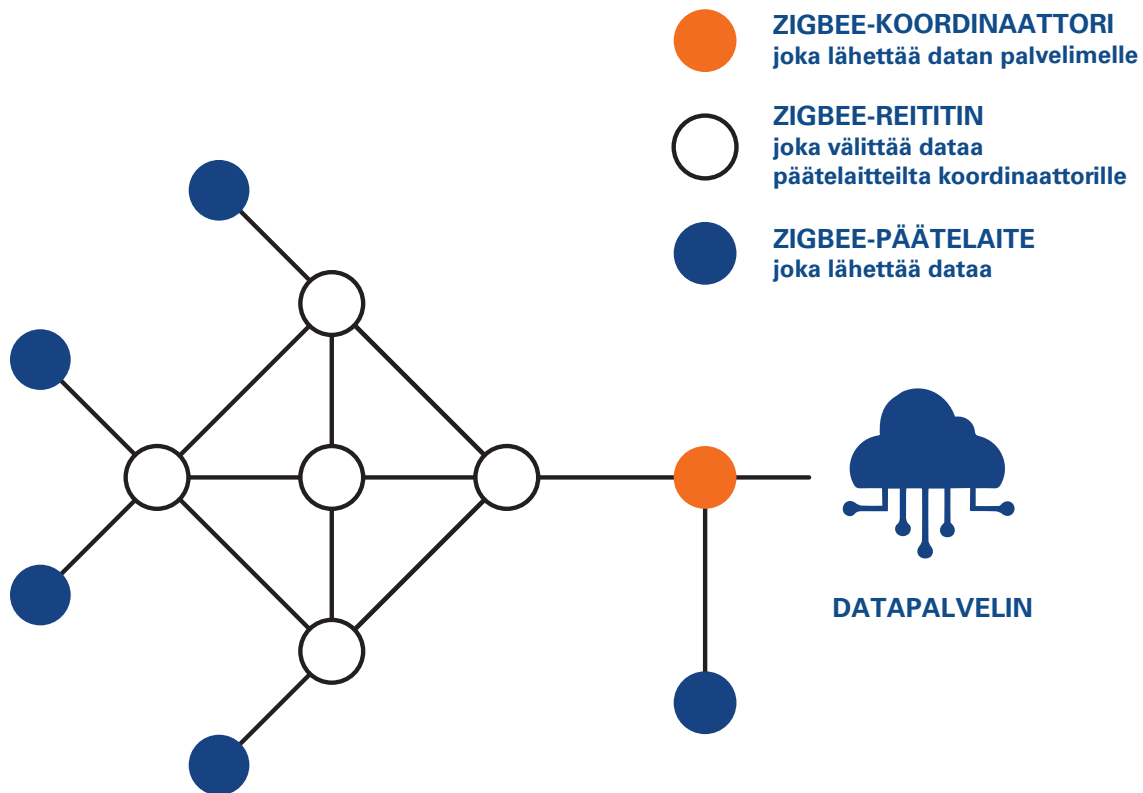
Kuva 10. ZigBeeen topologia Miika Martikaisen (2019) mallin mukaan.

Wi-Fi-teknologia on langattomille laitteille tarkoitettu, radio-taajuuksia käyttävä kommunikaatiomenetelmä. Se käyttää point-to-point -topologiaa, eli laitteet yhdistetään suoraan reitittimeen ja tiedon siirto tapahtuu kahden laitteen välillä. Päätelaitteet lähettävät dataa reitittimelle, joka ohjaa datan verkkopalvelimelle.

Wi-Fi-yhteys muodostetaan yleisimmin 2.4 Ghz:n taajuudella ja sen kantama on kymmenestä metristä yli sataan metriin. Tiedonsiirto on luotettavaa, koska signaalivahvuudet ovat korkeat eikä samalla taajuudella ole muita yhtä voimakkaita signaaleja.

Koska Wi-Fi-yhteys käyttää voimakkaita signaaleja datan lähetykseen, sen virrankäyttökin on huomattavasti korkeampi verrattuna vähävirtaisiin tiedonsiirtomenetelmiin. Esimerkiksi ESP8266-moduuli käyttää levossa 70 mA ja lähettäessä dataa yli 100 mA virtaa eli tavallinen AA-paristo kuluisi sen käytössä päivässä.

ZigBee on IEEE 802.15.4 -standardipohjainen vähävirtainen langaton tiedonsiirtoprotokolla, joka käyttää mesh-topologiaa laitteiden yhdistämiseen. Mesh-tietoverkossa kaikki päätelaitteet voivat keskustella keskenään ja löytää optimaalisen reitin päätelaitteelta reitittimelle, mistä data oh-



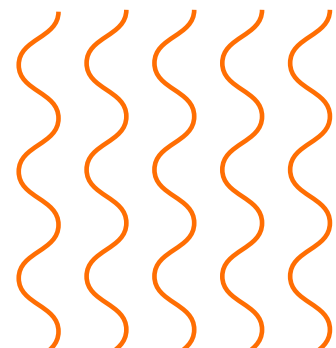
Kuva 11. Zigbee-verkko voi ohjata tiedon monen eri noden kautta päätepisteeseen. Visualisoitu Miika Martikaisen (2019) mallin mukaan.

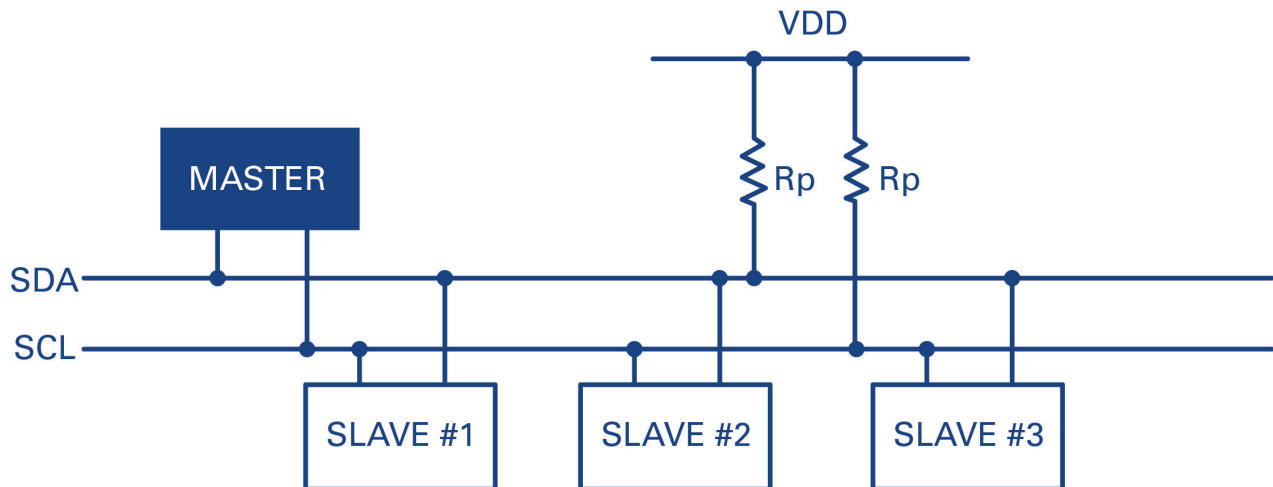
jataan ZigBee-koordinaattorille tai gatewaylle, joka ohjaa tiedon edelleen verkkopalvelimelle.

ZigBee-yhteys muodostetaan 2.4Ghz radiotaajuudella ja sen kantama on kymmenestä sataan metriä, mikä mahdollistaa suurienkin verkkojen rakentamisen vähäisellä laiteistomäärällä. Mitä enemmän laitteita verkossa kuitenkin on, sitä varmempi tiedonsiirrostä tulee mesh-topologian ansiosta.

Päätelaitteet ovat unitilassa ja heräävät lähettämään tai vastaanottamaan dataa. Tällöin laite käyttää 30mA virtaa ja tiedonsiirron kesto on noin 20 millisekuntia. Päätelaitteiden

paristojen elinikä on jopa 5 vuotta. Zigbee-verkko voi ohjata tiedon monen eri noden kautta päätepisteeseen, joten se ei kärsi häiriöistä läheskään niin paljon kuin muut vähävirtaiset yhteydet ISM-taajuuksilla.

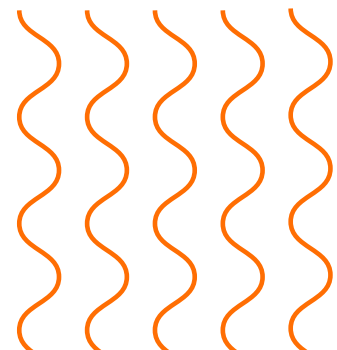


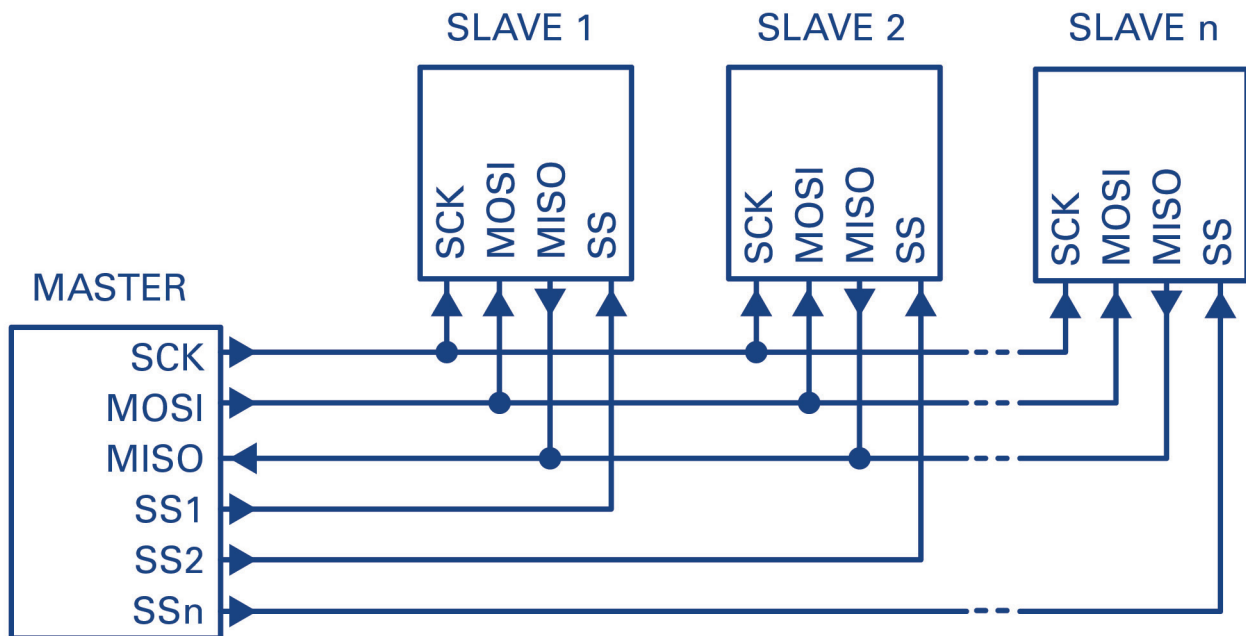


Kuva 12. I2C-väylällä liikennöintiin tarvitaan kaksi johdinta: SDA (Serial Data Line) ja SCL (Serial Clock Line). Väylällä kommunikovat laitteet on jaettu isäntä- (master) ja orjalaitteiksi (slave). Vain isäntälaitteet voivat aloittaa tiedonsiirron.

Kuvasta 12 näkyy miten, sensorit on liitetty I2C väylään. Kuvassa master (isäntä) on mikrokontrolleri. Siihen on liitetty kolme slave- eli orjalaitetta, jotka ovat sensoreita.

Jokaisella laitteella on oma osoite sarjaväylässä. Isäntälaitte lähettää komentoja orjalaitteelle sen osoitteen mukaan. Isäntälaitte voi pyytää orjalaitetta lähettämään esimerkiksi viimeisimmän sensorilukeman: tällöin isäntälaitte käynnistää I2C-väylän ja lähettää kellopulsseja orjalaitteelle, ja se vastaa kirjoittamalla halutun tiedon isäntälaitteelle. Sen jälkeen isäntälaitte kuittaa saaneensa tiedon ja sulkee väylän. I2C on suosittu ja helpoksi todettu tapa liittää laitteita toisiinsa: lähes jokainen markkinoilla oleva sensori pystyy hyödyntämään I2C-sarjaliikennettä.





Kuva 13. SPI on sarjamuotoinen, synkronoitu väylä, joka koostuu kellotusväylästä (SCK) lisäksi MOSI-, MISO- ja SS-väylästä.

Serial Peripheral Interface (SPI) on tietoliikenneväylä, jota käytetään mikrokontrollereiden ja sensoreiden väliseen datan välitykseen. SPI eroaa I2C-väylästä siinä, että se käyttää kolmea tai neljää piuhaa yhdistämään laitteita. SPI-väylässä on kellotusväylä, mutta siinä on myös MOSI- (Master Out Slave In) ja MISO- (Master In Slave Out) sekä mahdollisesti SS- (Slave Select) signaalit. Isäntäsignaali määrää kellotusväylän, jonka mukaan tieto lähetetään. Orjalaitteet lähettävät tiedon MISO-väylään ja isäntä lähettää käskyt MOSI-väylään; isäntä käyttää SS-väylää määrittämään kenelle orjista se lähettää viestejä. Ylläolevassa kuvassa näkyy kuinka kolme orjalaitetta kytketään isäntälaitteeseen. Orjalaitteet on myös mahdollista kytkeä yhteen SS-väylään, jolloin kaikki orjalaitteet saavat aina viestin, kun isäntälaitte pyytää jotakin.

Vaisalan WXT536-sensorimoduuli käyttää RS232- (Recommended Standard 232) protokollaa mikrokontrollerin ja sensorin välillä. RS232 mahdollistaa sensorin etäohjauksen; sensori voidaan asettaa keräämään dataa ja ohjelmoida se toimimaan halutulla aikatiheydellä ilman että sensorin luona tarvitsee fyysisesti käydä. Samoin kuin I2C ja SPI, myös RS232-yhteys mahdollistaa datan lähettämisen mikrokontrollerille.

Ohjelmointirajapinnat

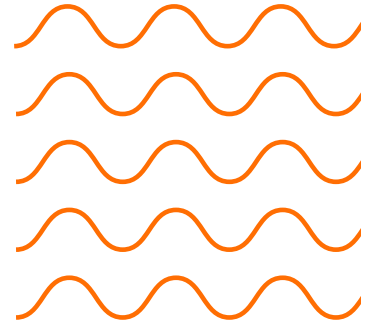
Ohjelmointirajapinnat eli API:t (*application programming interface*) ovat osa nykypäivän tietojärjestelmiä. Yksinkertaisimmillaan rajapinta tarkoittaa olemassa olevia määritelmiä, joiden mukaan eri ohjelmat voivat keskustella keskenään. Nykyisessä verkkopohjaisessa ohjelmistokulttuurissa rajapinnat mahdollistavat ohjelmistojen välisen vuorovaikutuksen internetin yli. Seuraavassa esitellään muutamia kiinteistöalalle potentiaalisia rajapinnan ohjelmointikieliä.

Simple Object Access Protocol (SOAP) on viestintäprotokollamääritelmä, joka käyttää jäsennetyn tiedon välittämiseen yleensä HTTP-protokollaa (Hypertext Transfer Protocol). SOAP käyttää viestinnässä XML-formaattia, minkä ansiosta kaikki ohjelmointikieliset ja käyttöjärjestelmät ymmärtävät viestin sisällön. Koska kaikki käyttöjärjestelmät ja sovellukset ymmärtävät XML-formaattia, on helpompi kehittää rajapinta, missä ne voivat kommunikoida keskenään. SOAP tukee suurta määrää web service -protokollia, jotka helpottavat SOAP-API:n rakentamista ja sen käyttöä. Vaikka SOAP tukee protokollia, se toimii lähestulkoon kuin työpöytäsovellus, mikä tarkoittaa, että käyttäjällä ja palvelimella on yhteisymmärrys, miten toimia. Jos jotakin muutetaan toisessa päädyssä niin toinenkin pää tulee päivittää.

Representation State Transfer (REST) on arkkitehtuurityyli, jossa API:n tulee täyttää kuusi eri vaatimusta. Käyttö-

liittymän tulee esimerkiksi olla erillään tietolähteestä, joten käyttöliittymä on helpompi suunnitella useille eri käyttöjärjestelmille, lisäksi palvelimelle ei tarvitse tehdä useita osia tiedon lähettämiseksi. Toisekseen jokaiseen lähetettävään kyselyyn täytyy sisällyttää kaikki tarvittava tieto, jotta palvelin ymmärtää mitä sen tulee tehdä. Asiakasohjelma on siis vastuussa siitä, että kysely tapahtuu oikein eikä palvelimen tarvitse tehdä muuta kuin suorittaa kyselyssä vaaditut asiat. Kolmanneksi tiedon tallentamiseen voidaan käyttää välimuistia, jottei palvelinta kuormitettaisi liikaa. Näin ollen vastauksessa lähetetyn datan tulee sisältää tieto siitä, saako sen tallentaa välimuistiin uusiokäyttöä varten. Jos vastauksen saa uusiokäyttöä, asiakasohjelma voi käyttää dataa uudelleen vastaaviin kyselyihin myöhemmin. Neljänneksi REST-arkkitehtuurimallissa oleellisin piirre, joka erottaa sen muista webarkkitehtureista, on sen painostus yhdenmukaiseen rajapintaan järjestelmän eri komponenttien välillä. Kun sovelletaan ohjelmistokehityksen geneerisyysperiaatetta rajapinnalle, koko järjestelmäarkkitehtuuri pysyy yksinkertaisena, ja komponenttien välisen kanssakäymisen näkyvyys paranee.

Viidenneksi kerroksittaisen järjestelmän tulee mahdollistaa arkkitehtuurin muodostaminen hierarkisista tasoista niin, että kunkin tason komponentit ovat tietoisia vain suoraan sen ylä- tai alatasolla sijaitsevista komponenteista. Kuudenneksi *Code on Demand* eli "ladattava koodi" on REST-arkkitehtuurimallin ainoa valinnainen ra-



joite. *Code On Demand* -palvelin voi lähettää asiakasohjelmalle esimerkiksi JavaScript-ohjelman representaatiovastauksena, minkä ansiosta asiakasohjelmasta voidaan tehdä yksinkertaisempi ja siihen voidaan lisätä vaadittavia ominaisuuksia jälkikäteen.

GraphQL on avoimen lähdekoodin API-standardi, joka mahdollistaa rajatun tiedon hakemisen. Kyselyt lähetetään GraphQL-palvelimelle, joka puolestaan kerää pyydetyn datan ja lähettää sen. Muilla standardeilla kyselyitä voidaan joutua tekemään useita ja jokainen kysely sisältää todennäköisesti tietoa, jota kyselyssä ei vaadita eikä tarvittu.

GraphQL kehitettiin, koska mobiilikäyttäjien määrä palveluissa kasvaa ja niille tahdottiin tehdä API-standardi, jolla on hyvä hyötysuhde virrankulutuksessa. Asiakasohjelma lähettää vain yhden kyselyn GraphQL-palvelimelle, joka kerää vain ne tiedot, joita kyselyn tekijä tarvitsee. Tämän ansiosta puhelinkäyttäjien virrankulutus pienenee.

GraphQL-API:n kehityksessä voidaan käyttää mitä tahansa kieltä. GraphQL-API:n muuntaminen on helpompaa kuin muiden API-standardien, esimerkiksi RESTful-API:lla on kuusi vaatimusta, joiden tulee täytyä, jotta API on hyväksyttävissä RESTful-API:ksi. GraphQL-API:n ei tarvitse seurata tarkkoja vaatimuksia ja asioiden lisääminen API:iin on nopeampaa.

Kiinteistömonitoroinnin pilvipalvelut

Kiinteistömonitoroinnin pilvipalveluita tarjoavia yrityksiä on monia. Jotkut näistä yrityksistä tarjoavat datan analysointiin ja hyödyntämiseen myös koneoppimis- ja tekoälyominaisuuksia. Koneoppimisella voidaan esimerkiksi verrata sisäilman lämpötilojen muutoksia ulkoilman lämpötilaan ja selvittää, paljonko sähköverkkovirtaa kulutetaan pilvisinä päivinä verrattuna aurinkoiseen päivään, jolloin auringonvalo tuottaa sähköä aurinkokennoilla.

Vaikka yhden sensorin tuottama datamäärä ei olisi kovin suuri, voi suuruusluokka nousta nopeasti lisättäessä sensoreiden lukumäärää. Tämän takia on järkevää tallentaa data helposti skaalautuviin pilvipalveluihin. Esimerkiksi Json-formaatissa lähetetty data, joka sisältää viisi eri datakenttää (esim. ilmankosteus, lämpötila), vie noin yhden kilotavun tilaa.

Azure Cloud on Microsoftin tarjoama pilvipalvelualusta, joka tarjoaa asiakkaalle datan säilytykseen useita eri database-mahdollisuuksia. Data voidaan mm. hyödyntää tekemällä siitä graafeja ja ohjata se funktioilla näkyviin netisivuille. Azurella on myös tarjolla IoT-hub, johon voidaan liittää päätelaitteita, joiden data lähetetään suoraan visualisoitavaksi käyttäen PowerBI-ohjelmaa. Azuren mahdollis-

tamista ratkaisuista saa havainnollisen kuvan esimerkiksi end-to-end -palveluja Azurelle tarjoavan Technovertin sivulta (ks. Azure Building Blocks).

Azure-pilvessä on mahdollista tehdä hälytyksiä serverless azure -funktioilla: jos esimerkiksi tietokantaan jostakin sensorista tuleva lämpötiladata nousee tai laskee jyrkästi, käyttäjälle voidaan tällöin lähettää sähköposti, jossa kerrotaan, missä tilassa lämpötilan muutos on tapahtunut.

Google cloud platform on Googlen pilvipalvelualusta. Googlen Cloud IoT Core on työkalu, jolla voidaan kerätä dataa sensoreilta, käsitellä sitä ja tehdä muutoksia laitteiden toimintaan käsitellyn datan perusteella. Myös Google tarjoaa serverless computing -ominaisuuden, jonka avulla kaikki pilvipalvelun palvelut voidaan sitoa yhteen helposti. Tämä helpottaa myös ohjelmointia, koska tuolloin ohjelmoijan ei tarvitse välittää infrastruktuurista, jonka päällä ohjelma pyörii.

Cloud Bigtable on Googlen tarjoama NoSQL-database IoT-tarkoitukseen. Se käyttää ns. nodeja datan tallentamiseen ja käsittelyyn. Palvelu hinnoitellaan node-pohjaisella kuukausihinnalla, yhteen nodeen voi tallentaa 2,5 terabittiä tietoa.



4

Kiinteistötiedon hallintajärjestelmät

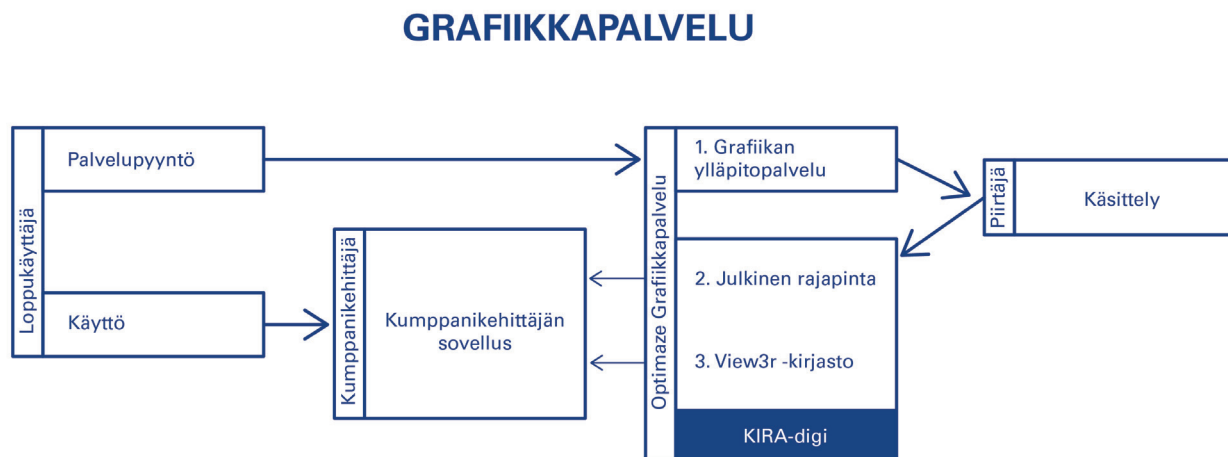
Suomessa on tarjolla useita kiinteistötiedon hallintajärjestelmiä. Niitä on tarjolla eri tarkoituksiin, kuten huollon ohjaukseen, energian kulutuksen seurantaan ja vuokrauksen hallintaan. Ohjelmiin voidaan viedä kiinteistön mittaustietoja vaihtelevasti. Useimpiin huoltokirjoihin voidaan syöttää kuukausittaiset energiankulutustiedot ja kehittyneimpiin ohjelmiin voidaan viedä energialaitokselta saatavat sähkön ja kaukolämmön tuntikohtaiset kulutustiedot. Esimerkkejä yleisesti käytössä olevista huoltokirjoista ovat Tampuuri, FIMX, AVUX ja Granlund Manager. Kiinteistötietojen ja vuokrauksen hallintaan on myös tarjolla useita sovelluksia mm. Haltia, Estate ja Optimazer.

Tässä selvityksessä ei tarkastella kaikkia tarjolla olevia ohjelmia, vaan on perehdytty muutamaankin sellaiseen sovellukseen, jonka avulla voidaan havainnollistaa ja analysoida kiinteistöjen mittaustietoja. Tällaisia sovelluksia ovat Rapalin *Optimize*, Granlund Oy:n *Granlund Manager*, Tieto Oyj:n *Emphatic Building*, Nuuka Solutionsin *Nuuka Smart Building Management* sekä Schneider Electricin *Building Adviser*. Näiden ohjelmien ominaisuudet, kohderyhmät ja painotukset eroavat toisistaan huomattavasti. Ohjelmien tarkastelu antaa kuitenkin näkökulman siitä, mihin suuntaan kiinteistöjen hallintaohjelmat ovat kehittymässä ja miten niissä hyödynnetään rakennuksen tietomallia sekä rakennusautomaatiosta ja IoT-järjestelmistä saatavaa tietoa. Kaikki tarkasteltavat sovellukset ovat verkossa, selaimella käytettäviä. Joihinkin on lisäksi saatavilla mobiilikäyttöliittymä.

Sovellukset mittaustiedon havainnollistamiseen

Rapal Oy:n Optimaze on modulaarinen ohjelmisto, jonka avulla voidaan hallita kiinteistöjen tietoja monelta eri osalta. Ohjelman moduuleina ovat kiinteistöportfolion hallinta, tilanhallinta, talouden- ja vuokrauksenhallinta, palvelusopimusten hallinta, tilankäytön mittaaminen, ympäristölaskenta, IWMS360° sekä integraatiot muihin järjestelmiin.

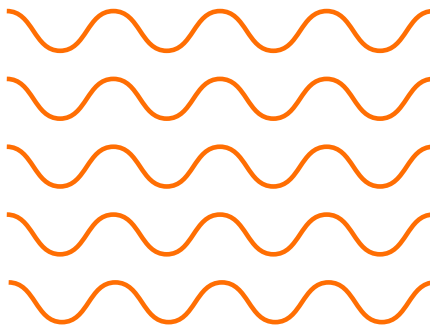
Käyttöliittymä nojaa vahvasti CAD-pohjakuvien käyttöön. Sovelluksessa ei ole suoraan kiinteistön automaatiojärjestelmän tai IoT-järjestelmien mittaustietojen havainnollistamista, mutta ohjelma tarjoaa avoimen rajapinnan, jota käyttäen ohjelman sisältämiä pohjakuvia ja navigointia voidaan hyödyntää (kuva 14).

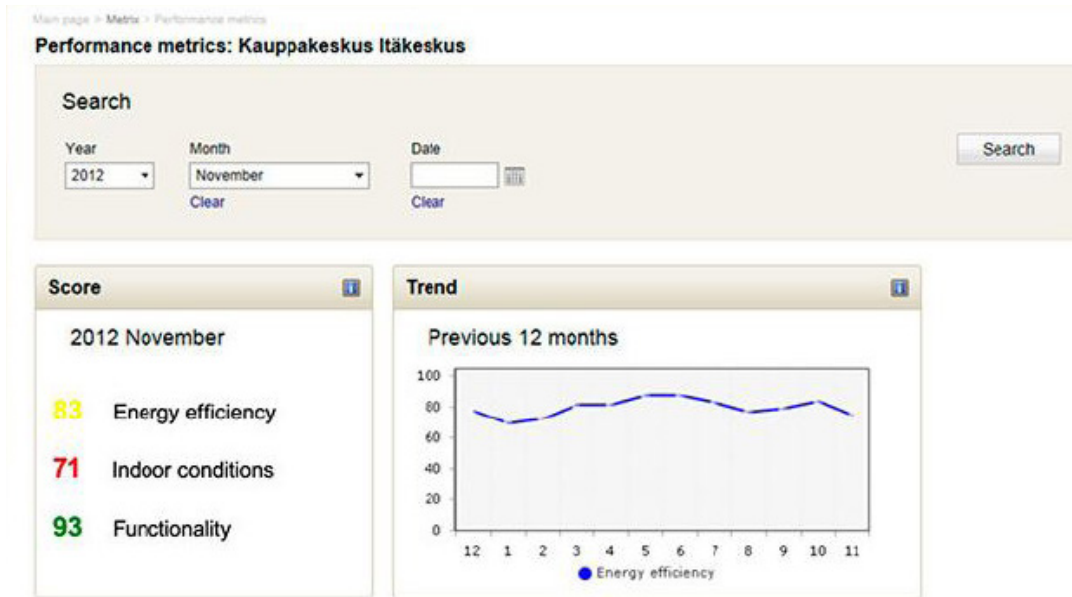


Kuva 14. Rapalin Optimaze-ohjelmiston tarjoama avoin rajapinta, jonka avulla voidaan hyödyntää sovelluksen sisältämiä pohjakuvia kolmannen osapuolen sovelluksissa.

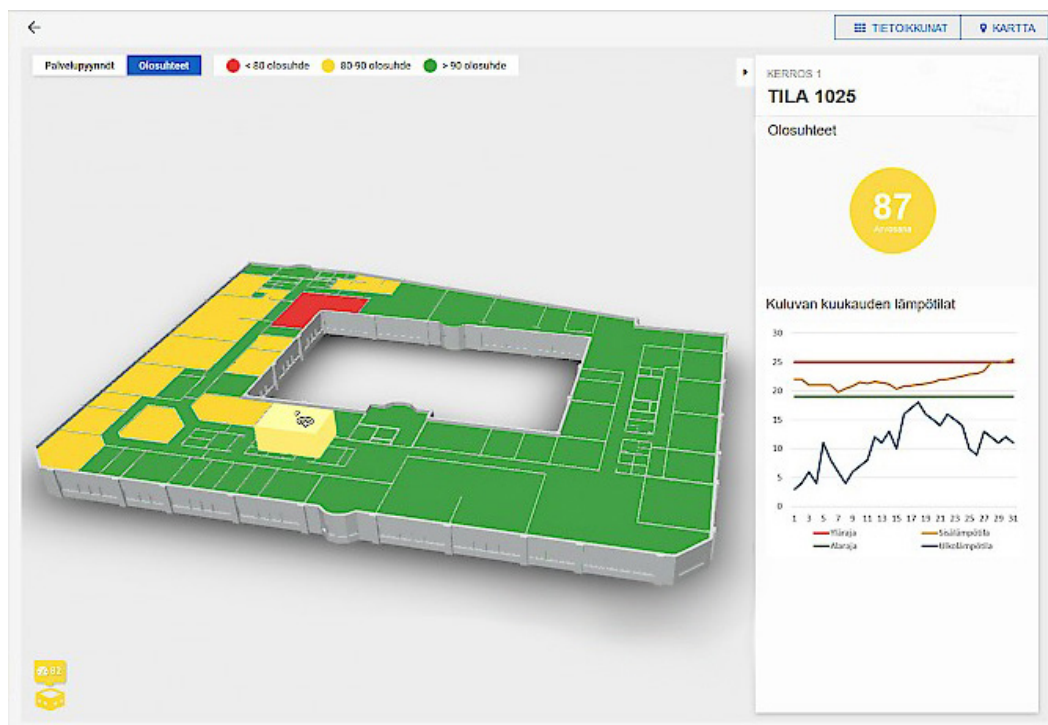
Granlund Managerin Metrix-osio käyttää lähinnä rakennusautomaatiosta saatavaa mittaustietoa ja pyrkii muodostamaan tarjolla olevasta laajasta tiedosta suorituskyky-mittareita. Niiden avulla voidaan nopeasti nähdä, mikä on kohteen yleistilanne, ja porautua tarvittaessa syvemmälle. Kohteen yleisarvosana voi muodostua esimerkiksi energiatehokkuuden, olosuhteiden ja toimivuuden indikaattoreiden yhteisestä tuloksesta. Energiatehokkuutta kuvaa kohteen kulutuksen pysyminen tavoitearvoissa, olosuhteita kuvaa esimerkiksi lämpötila ja toimivuutta voidaan arvioida ihmisten antaman palautteen perusteella. (Kuva 15.)

Granlund Managerissa on myös mahdollisuus käyttää kiinteistön tietomallia havainnollistamaan tuloksia. Kuvassa 16 on esitetty esimerkkikohteen yhden kerroksen olosuhteiden havainnollistaminen. Siinä on jo nähtävissä ensimmäisiä askelia digitaalisen kaksosen hyödyntämisessä kiinteistön käyttövaiheessa. (Kuva 16.)





Kuva 15. Esimerkki Granlund Managerin Metrix -sovelluksesta.



Kuva 16. Esimerkki Granlund Manager -sovelluksen olosuhteiden havainnollistamisesta tietomallia käyttäen.



Kuva 17. Metropolian tietotekniikkaan keskittyneellä Leppävaaran kampuksella kokeiltiin eri tietojen yhdistämistä Emphatic Building -sovelluksella.

Tieto Oyj on kehittänyt Emphatic Building -sovelluksen kiinteistöjen ja siinä tapahtuvan toiminnan havainnollistamiseen. Sovelluksessa on valmiina rajapintoja useille erilaisille järjestelmille. Alusta ei pyri pelkästään kiinteistötiedon, kuten olosuhteiden, havainnollistamiseen, vaan antaa mahdollisuuden myös kiinteistössä tapahtuvan toiminnan tarkasteluun. Sovellus ei käytä kiinteistön tietomallia, vaan Tieto Oyj mallintaa käyttöönottoaiheessa kunkin kohteen pohjakuvat sovellukseen.

Metropolian Leppävaaran tietotekniikkaan keskittyvällä kampuksella on kokeiltu Tieto Oyj:n Emphatic Building -sovellusta. Pilotoinnissa haettiin sisäolosuhdetietoja (lämpötila, kosteus) rakennuksen TAC Vista -rakennusautomaatiojärjestelmästä. Ulkoilman tietoja haettiin Vaisalan

sääasemasta. Läsäolotiedot saatiin suomalaisen Quuppa Oy:n bluetooth-pohjaisesta sisäpaikannusjärjestelmästä. Vaihtoehtoisena menetelmänä henkilöiden paikannukseen käytettiin infrapunavideokameroita, jolloin tieto läsnäolosta saatiin työpisteen lämpötilan kohoamisesta. Infrapunakameralla voitiin myös päätellä henkilön saapumisesta ja lähdöstä kulunut aika, koska paikka pysyy lämpimänä ja jäähtyy hitaasti jonkun aikaa henkilön poistumisen jälkeen. Alustalle lisättiin henkilöiden tietoihin myös Nokia (Whithings) -älykellosta ja -vaa'asta saatavia terveystietoja. Tietojen siirto Emphatic Building -alustalle saatiin toimimaan hyvin: alustalla voitiin kohteen ja henkilöiden tietoja tarkastella helposti ja yhtäaikaaisesti. Varsinaista tietojen analysointia ei alustalla kuitenkaan voida tehdä. (Kuva 17.)

The screenshot shows the 'Diagnostics' module interface. At the top, there are navigation links and user information. Below that, a search criteria section allows filtering by building, equipment class, equipment, or analysis. It also includes options for display interval (Half Day, Daily, Weekly, Monthly), date range (Start Date: 05/01/2013, End Date: 05/31/2013), top priorities, and test filters. A 'Generate Data' button is present. Below the filters, there are two download links: 'Download Current Diagnostics Page' and 'Download Full Diagnostics Results'.

The main data table shows 4832 records. The columns are: Actions, Subtitle, Equipment, Analysis, Start Date, Notes Summary, and Cost. The records list various diagnostic events such as 'Cooling valve issue', 'Sensor error: Supply temp higher than setpoint', and 'No supply temp reset: Simultaneous heating and cooling: heating valve issue'. Each record includes a cost value and several status icons.

Actions	Subtitle	Equipment	Analysis	Start Date	Notes Summary	Cost
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Cooling valve issue.	\$6,827	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: Supply temp higher than setpoint. No supply temp reset. Simultaneous heating and cooling: heating valve issue.	\$3,188	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Cooling valve issue.	\$3,038	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: No supply temp reset. Simultaneous heating and cooling.	\$2,476	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Cooling valve issue.	\$2,287	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: Simultaneous heating and cooling: heating valve issue.	\$2,267	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: heating valve issue.	\$1,700	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: No supply temp reset. Simultaneous heating and cooling: Cooling valve issue.	\$1,655	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: Cooling valve issue.	\$1,625	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: No supply temp reset. Supply RH lower than setpoint. Simultaneous heating and cooling.	\$1,446	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: Cooling valve issue.	\$1,446	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	Sensor error: Supply temp higher than setpoint. Heating valve issue.	\$1,430	
	Anonymous (Air Handler)	APH Code	5/1/2013	No supply temp reset. Simultaneous heating and cooling: heating or cooling valve issue.	\$1,350	

Kuva 18. Esimerkki Building Adviser -ohjelmiston vikaraportoinnista (lähde: Schneider Electric 2019).

Schneider Electricin Building Adviser on esimerkki ohjelmistosta, jossa oppivien päättelysääntöjen avulla hyödynnetään kiinteistöstä kerättäviä mittaustietoja. Sovelluksen käyttöönottoaiheessa mallinnetaan kiinteistön talotekniset järjestelmät, jolloin mittaustietojen ja kohteen mallin avulla voidaan päätellä, toimiiko järjestelmä oikein. Sovellus pystyy löytämään päättelysääntöjen avulla muiden muassa vuotavat venttiilit tai yhtäaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen. (Kuva 18.)

Toiminnassa tiedot siirretään rakennusautomaatiojärjestelmästä pilvipalveluun, jossa automaattinen analysointi tapahtuu. Sovellus havaitsee ongelmat, arvioi niiden merkityksen energiankulutukseen, huoltotarpeeseen, sisäilmaan sekä kustannuksiin. Ongelman havainnoinnin lisäksi se ehdottaa korjaavia toimenpiteitä. Palveluna myytävä sovellus on liitettävissä useimpiin nykyaikaisiin rakennusautomaatiojärjestelmiin.

Nuuka Solutions on suomalainen yritys, jonka Nuuka-sovellus kerää tietoja kiinteistön mittauksista ja analysoi niitä automaattisesti. Palveluun voidaan liittää useita rakennusautomaatiojärjestelmiä, ja mittauksia voidaan myös täydentää erillisillä (IoT) mittauksilla. Palvelun voi hankkia eri laajuisena, jolloin erillisinä sovelluksina voivat olla muiden muassa energian hallinta, tilojen tehokkuus, jätteiden hallinta, uusiutuvien energioiden käytön raportointi, talotekniikan toimivuus ja sisäilman hallinta. Nuuka tarjoaa myös avoimen rajapinnan Azure-pilvessä sijaitsevaan tietokantaan, jolloin asiakas voi halutessaan tehdä omia analyysejä Microsoftin tiedon visualisoinnin työkaluohjelmalla Power BI.



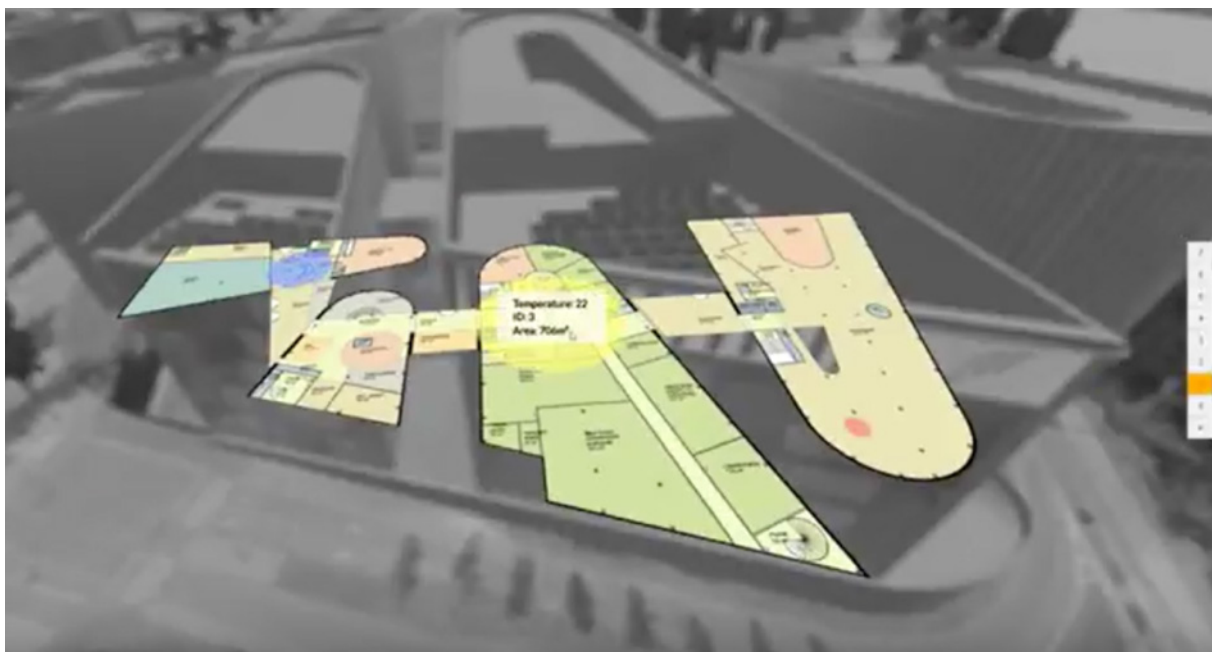
Helsingin kaupunkimallin käyttö kiinteistötiedon hallinnassa

Helsingin kaupungilla on vuodesta 2016 alkaen ollut kaksi uuden sukupolven 3D-kaupunkimallia: semanttinen kaupunkitietomalli ja visuaalisesti korkeatasoinen kolmioverkkomalli. Kaupunkitietomallin avointa dataa on mahdollista hyödyntää ja kehittää uusia palveluja. Se on tarjoaa mahdollisuuden tehdä erilaisia analyyseja, kuten tutkia energiankäyttöä, kasvihuonekaasupäästöjä tai liikenteen ympäristövaikutuksia. Kolmioverkkomallia voi hyödyntää erilaisissa verkkopalveluissa tai suunnittelun lähtötietona, esimerkiksi

kaupunkitapahtumissa poistumisteiden, esiintymislavojen ja myyntikojujen sijoittamiseen.¹

Osana esiselvitystä Metropolian tietotekniikan opiskelija Sami Kolari istutti Metropolian kaikki neljä kampusta – mukaan lukien Myllypuron kampuksen – Helsingin kaupunkimalliin niin sanottuna kiinteistöobjektina. Siihen voi sukeltaa sisään ja tutkia esimerkiksi tiloja, olosuhteita tai vapaita resursseja. Kokeilu osoitti, että kaupunkimallia voi käyttää alustana navigointiin kohteiden välillä (kuva 19.)

¹ <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kaupunki-ja-hallinto/tietoa-helsingista/yleistietoa-helsingista/Helsinki-3d/>



Kuva 19. Metropolian Myllypuron kampus osana Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallia Metropolian opiskelija Sami Kolarin toteutuksen mukaan.

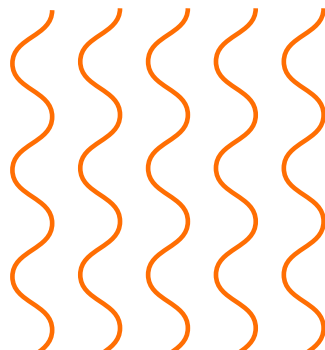
Platform of Trust (tiedonsiirron hallintajärjestelmä)

Platform of Trust (PoT) on kiinnostava, kokonaan uudelleen alusta- ja jakamistolouteen tukeutuva Tilaaajavastuu Oy:n hallinnoima palvelu – tai oikeammin siinä mukana olevien toimijoiden ekosysteemi. Se toimii kaksisuuntaisesti, jolloin jokainen toimija voi sekä hyödyntää että rikastaa siellä olevaa dataa. Alusta saa tiedon liikkumaan ja auttaa luomaan parempaa rakennettua ympäristöä luotettavan datan avulla. Ajatuksena on synnyttää luottamusta niin datan luovuttajien kuin hyödyntäjien kesken. Silloin pystytään luomaan toinen toistaan parempia palveluita: alustan päälle syntyy rakennetun ympäristön älypalveluiden markkinapaikka, jos-

sa kehittäjät voivat jakaa ratkaisujaan muille ja vastaavasti hyödyntää valmiita komponentteja omissa ratkaisuissaan.¹

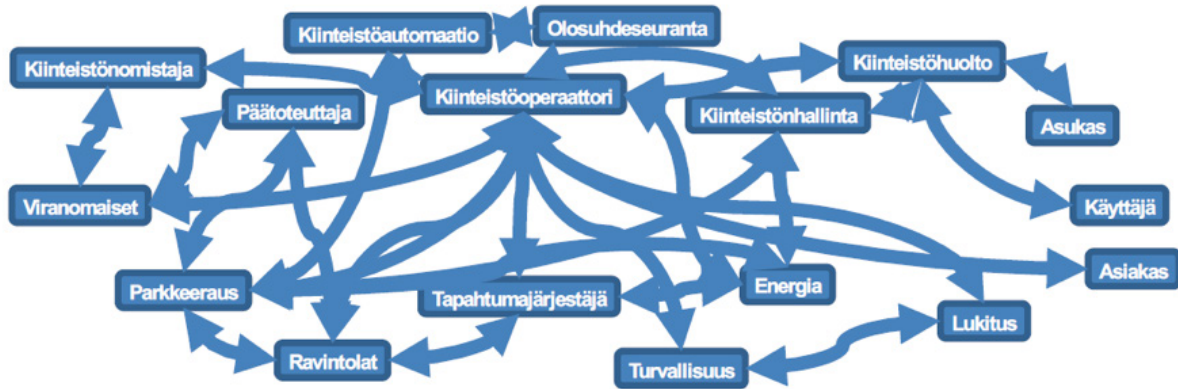
Yhteenvetona voi todeta, että Platform of Trust pyrkii tarjoamaan yhtenäisen rajapinnan eri tietojen ja järjestelmien välille. Tällöin ei tarvittaisi erillisiä rajapintoja jokaisen järjestelmän välille (kuva 20), vaan voitaisiin käyttää tiedonsiirtoon yhtä yhtenäistä rajapintaa (kuva 21). Metropolia kokeili Platform of Trust -tiedonsiirtoa Palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristön KIRA-digi -hankkeessa, jolloin alustaa hyödynnettiin tiedonsiirrossa pilotointiympäristön digitaaliseen kaksoseen (ks. Heikkinen et al, 2019).

¹ Ks. <https://www.tilaaajavastuu.fi/fi/platformoftrust/> ja <https://blogi.tilaaajavastuu.fi/platform-of-trust-luottamuksen-alusta>





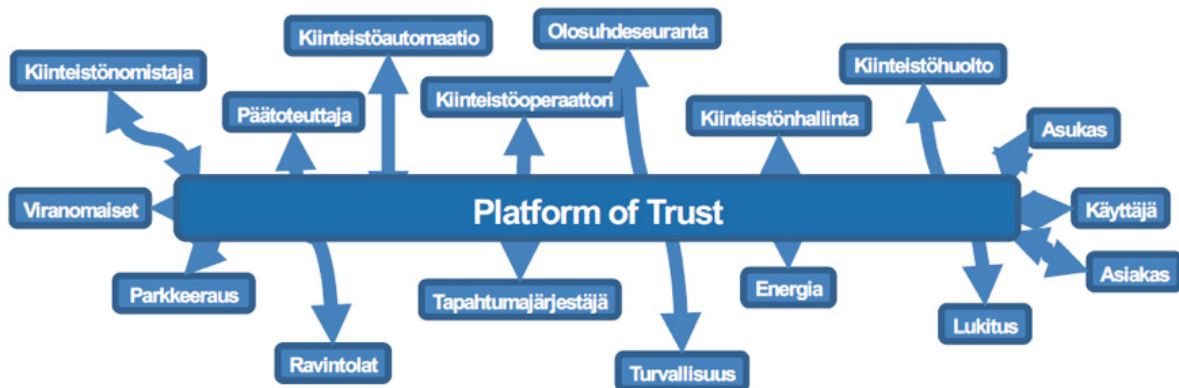
SIILOT. RAJAPINTAHELVETTI. EPÄYHTENÄISYYS.



Kuva 20. Nykyisessä kiinteistöhallinnan tietomallissa eri järjestelmien välillä tarvitaan useita rajapintoja (lähde: Platform of Trust, 2018).



VIRTAUS. JOUSTAVUUS. LUOTTAMUS. YHTENÄISYYS.



Kuva 21. Platform of Trust -palvelun tavoitteena on eri järjestelmien kommunikointi yhtenäisen rajapinnan kautta (lähde: Platform of Trust, 2018).

5

Metropolian
älykiinteistöhankeita

Palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö

Ympäristöministeriön rakentamisen kärkihankkeessa (KIRA-digi) Metropolia toteutti Pa-Digi-kokeiluhankkeen, jossa suunniteltiin ja käynnistettiin Myllypuron kampusalueella palveluasumisen digitalisaatioympäristö.¹ Pilotoitavia ratkaisuja olivat esimerkiksi erilliset henkilökohtaiset tietotekniset ratkaisut ja niiden kommunikointi sekä keskenään että asunnon tai rakennuksen automaatio- ja turvateknisten ratkaisujen kanssa. Myös usean eri kanavan kautta tulevien tietojen yhdistely ja analysointi pilvipalvelussa sekä uuden teknologian mahdollistamat kustannustehokkaat palvelumallit olivat kokeiluhankkeen tärkeä osa-alue.

Hankkeessa haluttiin yhdistää alan teknologiayritykset, tutkimusorganisaatio, palveluntuottajat ja asukkaat siten, että ratkaisujen ensimmäisen vaiheen pilotointi tapahtui kehitettävässä digilaboratoriossa. Toisena vaiheena pilotointia jatkettiin simulaatiokodissa ja kolmannessa vaiheessa autenttisessa asuinympäristössä.

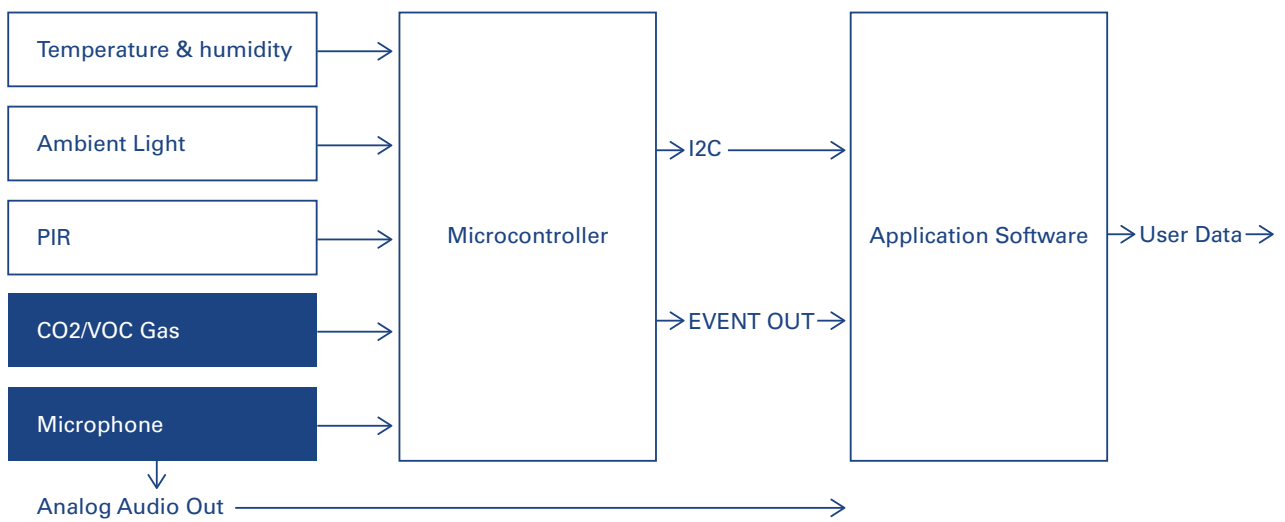
Varhaisvaiheen pilotointiympäristössä julkisen sektorin toimijat ja yritykset pystyivät kehittämään palveluasumiseen ja mielekkääseen kotona asumiseen liittyviä tuotteita, järjestelmiä tai palveluja. Kokeiluhankkeen tuloksena syntynyttä toimintamallia ja pilotointiympäristöä hyödynnetään myös laajasti EAKR-rahoituksella [Hyvinvointia ja parempaa palveluasumista digitalisaation avulla](#) -hankkeessa.

Tavoitteena on, että jatkossakin eri kumppanit pystyvät tässä ympäristössä testaamaan erilaisia palvelukonsepteja niille, joiden ikä, terveys tai toimintakyky edellyttävät järjestettyä palveluasumista ja niille, joiden mielekäs arki kotona mahdollistuu uusien, digitaalisten ratkaisujen avulla.

Tällaisia konsepteja ja ratkaisuja ovat esimerkiksi erilliset henkilökohtaiset tietotekniset ratkaisut, niiden kommunikointi sekä keskenään että asunnon automaatio- ja turvateknisten ratkaisujen kanssa. Myös uuden teknologian mahdollistamat kustannustehokkaat palvelumallit ja näiden ratkaisujen tarvitsemat uudenlaiset liiketoimintamallit ovat hankkeen keskiössä.²

¹ <https://www.metropolia.fi/tutkimus-kehittaminen-ja-innovaatiot/hankkeet/kira-digi/>; <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/palveluasumisen-uusien-teknologioiden-kokeiluymparisto.html>; ks. myös Heikkinen L. et al., 2019.

² https://www.metropolia.fi/fileadmin/user_upload/TK/Julkaisut/pdf/AATOS_21_2018_harra_lintula.pdf



Kuva 22. Metropoliassa testattu sensori, joka pystyy keräämään ja lähettämään tietoja itsenäisesti. Sensoria on käytetty mm. palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö -hankkeessa.

Metropolian IoT Gateway

Metropoliassa on kehitetty gateway- eli tietoyhdyskäytäväohjelmisto, joka on tarkoitettu helpottamaan IoT-laitteiden kehittämistä ja tietojen käyttöä Metropolian paikallisessa verkossa. Tietoyhdyskäytävä on eräänlainen selektiivinen seula, joka siivilöi yhteyspyyntöjä ja myöntää ne vain, kun käyttäjien pyynnöt täyttävät tietyt ehdot. Näin organisaatiot voivat säilyttää tietokannat tai muut tietolähteet paikallisissa verkoissa ja käyttää niitä turvallisesti. Yhdyskäytäväohjelmiston pääasiallinen tehtävä älykiinteistössä on vastaanottaa informaatiota sensoreista sekä muista soveltuvista laitteista ja lähettää ne edelleen tietokantaan. Kehitettyä ohjelmistoa hyödynnettiin muiden muassa edellä kuvatussa PaDigi-hankeessa.

Ohjelmisto on suunniteltu modulaariseksi. Näin siihen voidaan liittää tarvittaessa uusia IoT-protokollia, tietokantoja tai ohjelmistoja, joihin voidaan edelleen lähettää informaati-

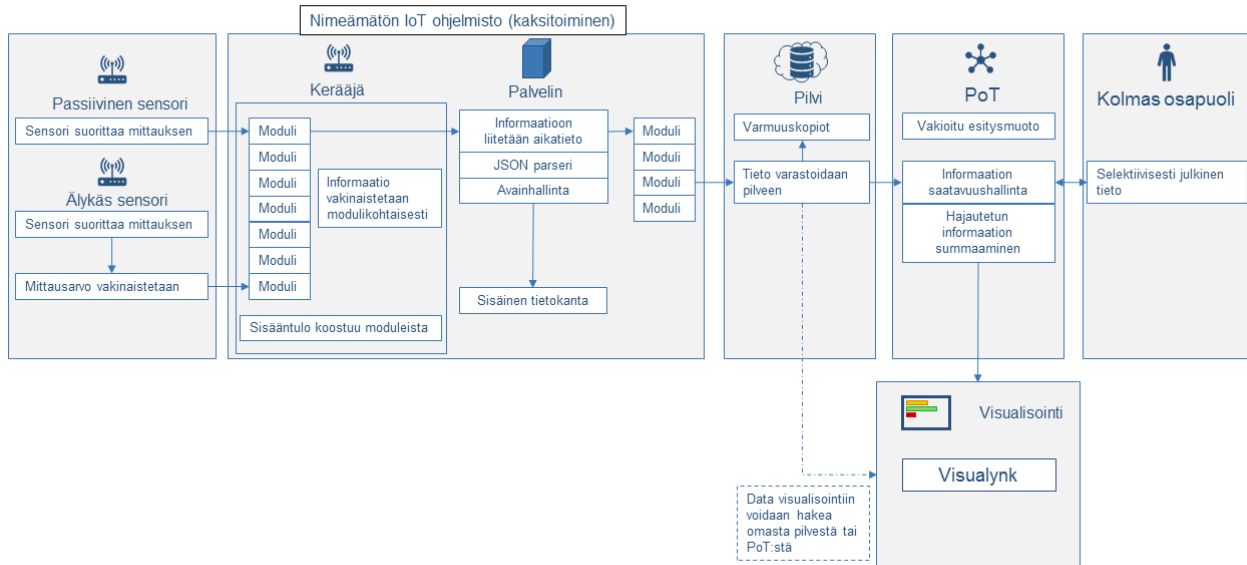
tiota. Lisäksi Azure-pilvessä on tietokanta, johon tallennetaan jatkossa yhä laajempi kirjo dataa analysoitavaksi.

Gateway-ohjelmisto on suunniteltu yhteensopivaksi Platform of Trust -alustalle. Julkisen toimijana ja korkeakouluna Metropolian on tarkoituksenmukaista olla mukana ekosysteemissä, joka yhtenäistää eri kiinteistöhallinnan rajapintoja ja helpottaa valvonta- ja sensoritietojen saatavuutta ja jakamista digitaalisessa maailmassa.

IoT-aikana rajat sensorin, kerääjän ja palvelimen välillä ovat häviämässä. Modernit sensorit on varustettu jo valmiiksi langattomilla moduuleilla ja mikrokontrollereilla, jotka kykenevät esikäsittämään informaatiota. Vastaavasti kerääjät omaavat tarpeeksi tehoa signaalinkäsittelyyn, joka aikaisemmin piti tehdä palvelimilla. Gateway-ohjelmisto voi olla käytössä sekä kerääjissä että palvelimissa tarpeen mukaan (kuva 23).



D) TEKNINEN KUVAUS



Kuva 23. Kaavio palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö -hankeessa käytetystä tiedonsiirrosta, jossa hyödynnettiin Platform of Trust -alustaa.

6

Aalto-yliopiston
älykkään asuinympäristön
tutkimushankkeita

Aalto-yliopistossa sähkötekniikan ja automaation laitos kuuluu Sähkötekniikan korkeakouluun. Laitoksen tutkimus keskittyy mikrosysteemitekniikan eri aloihin, sähkötekniikkaan ja automaatioon. Tutkimusaloja ovat voimajärjestelmät ja muuntaminen, ohjaus, robotiikka ja autonomiset järjestelmät, hyvinvointi ja älykäs asuinympäristö sekä teollisuuselektronikka ja -informatiikka.¹

Esiselvityksen yhteydessä tutustuttiin myös Aalto-yliopiston rakennusautomaation tai kiinteistöjen IoT-aiheisiin tutkimusintresseihin. Tavoitteena oli varmistaa, ettei Metropolian älykampushankkeessa tehdä päällekkäistä tai lähes samankaltaista kehittäelytyötä, kuin mihin Aallon sähkötekniikan ja automaation laitos on suuntautunut. Samalla oli tärkeää keskustella ja tunnistaa tulevaisuuden yhteistyön mahdollisuuksia ja molempia kiinnostavia teemoja.

Aalto-yliopistossa on tutkittu kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien integraatiota, reaaliaikaisen mittaus-tiedon yhdistämistä tietomalliin sekä rakennusten käytön ennustamista mittaustiedon perusteella.

Rakennusautomaatiojärjestelmien integrointia koskevassa Aalto-yliopiston selvityksessä päädyttiin suosittelemaan rajapintoja, jotka ovat avoimia, standardisoituja, REST-arkkitehtuurityylinä käytäviä, tietoturvallisia, helppokäyttöisiä, yksinkertaisia, selkeästi määriteltyjä ja reaaliaikaisia. Vaatimukset parhaiten täyttäviä protokollia ovat KNX WS ja BACnet/WS ja oBIX. (Ihasalo et al, 2017).

Mittaustiedon yhdistämisessä tietomalliin päädyttiin suosittelemaan tiedon yhdistämistä jo suunnitteluvaiheessa laadittuun tietomalliin mieluummin kuin erilliseen visualisointimalliin, koska rakennuksen tietomalli sisältää valmiiksi

merkittävän osan myös käyttövaiheessa tarvittavia tietoja. Tietomallin käyttöä on myös kokeiltu Aallossa onnistuneesti Visualynk -palvelun avulla. (Hamara, 2018.)

Rakennusten käytön ennustamista mittaustietojen perusteella tutkittiin käyttäen olemassa olevan rakennusautomaatiodataa. Tutkimuksessa arvioitiin myös erilaisten ennustamismenetelmien tarkkuutta. Esimerkiksi rakennusten ihmismäärien arviointiin on lukuisia eri menetelmiä. Osa menetelmistä perustuu läsnäolon tai ihmismäärien suoraan mittaamiseen, esimerkiksi läsnäolotunnistimien tai kameroiden avulla. Osa menetelmistä perustuu epäsuoraan arviointiin, esimerkiksi sisäilmaolosuhteiden muutoksista. Tutkimuksessa keskityttiin ihmismäärien estimointiin epäsuorasti käyttäen yleensä rakennusautomaatiosta saatavilla olevaa dataa. Käytettyjen estimointimallien ongelmaksi muodostui tarve käyttää opetusdataksi tilan läsnäolotietoja tai ihmismäärää. Mikäli rakennuksen tiloista tämä tieto on saatavilla, ei ihmismäärää tarvitse estimoida epäsuorasti. Jatkotutkimuksena pyritäänkin löytämään malleja, joissa voitaisiin käyttää muista rakennuksista tai esimerkiksi tilanvarausjärjestelmistä kerättyä tietoa. (Jantunen, 2018.)

Aalto-yliopiston professori (Professor of Practice) Heikki Ihasalon kanssa käydyissä keskusteluissa todettiin, ettei Metropolian ja Aalto-yliopiston välillä ole päällekkäistä tutkimustoimintaa rakennusautomaation ja kiinteistöjen IoT:n alueella. Sen sijaan todettiin, että tietojen vaihtoa ja yhteistyötä on tarkoituksenmukaista kehittää edelleen jatkossa. Osapuolet sopivat pyrkivänsä myös yhteisiin tutkimushankkeisiin sekä hyödyntämään molempien keräämiä mittaustietoja mahdollisuuksien mukaan. Yhteisten tutkimushankkeiden myötä voitaisiin hyödyntää ja yhdistää uudella tavalla kummankin osapuolen vahvuuksia ja siten laajentaa näkökulmaa tieteellisen ja soveltavan tutkimuksen alalla.

¹ Ks. <https://www.aalto.fi/fi/sahkotekniikan-ja-automaaion-laitos>

7

Kohti älykästä
korkeakoulukampusta:
käyttäjälähtöisen ja
energiatehokkaan
systemin kuvaus

Tässä Metropolian esiselvitysraportissa on kuvattu suuren kertaluokan investointia, Myllypuron kampuskiinteistöä, johon jo rakentamisvaiheessa on upotettu uudenlaisten resurssiviisaisten älyratkaisujen mahdollistavaa teknologiaa. Sähköisen talotekniikan ja IoT:n hyödyntäminen on keskeisessä asemassa, kun tavoitellaan parasta mahdollista ympäristöä opiskeluun, työntekoon, tutkimus- ja innovaatiotoimintaan sekä yritysten ja muiden kumppanien kanssa kehitettäviin uusiin läpimurtoihin. Myllypuron kampuksen keskiössä ovat sen 6000 opiskelijaa, 500 työntekijää, lukuisat kehittäjä- ja yrityskumppanit sekä suuri joukko yhteistyöverkostojen toimijoita.

Myllypuron kiinteistöllä on suuri potentiaali muodostua ajassa ja arjessa kehittyväksi älykiinteistöksi erityisesti siksi, että siellä toimii Suomen mittakaavassa merkittävä ja osaamisalojen kirjoiltaan hyvin monipuolinen kiinteistö- ja rakennusalan tutkintokoulutus. Tutkintoon tähtäävän koulustoiminnan lisäksi opiskelijat ovat mukana tutkimus- ja kehittämistoiminnassa hankkeiden osatoteuttajina, harjoitteleinsinööreinä tai opinnäytetöiden tekijöinä. Myllypuron kampus tuottaa siten kampuksen käyttäjien opiskelun tuloksena ratkaisuja ja uusia soveltavia teknologioita älykampuksen jatkuvan oppimisen tueksi.

Myllypuron kampukselle rakennettava avoin järjestelmä toimii korkeakoulumaailmassa ainutlaatuisena alustana, jota voidaan hyödyntää opetuksessa, TKI-hankkeissa sekä korkeakoulun ja yritysten välisessä yhteistyössä. Ympäristö mahdollistaa rakennusautomaatiosta saatavan tiedon yhdistämisen erilaisiin IoT-järjestelmiin sekä tiedon analysoinnin ja koneoppimisen kehittämisen. Kiinteistön normaalin automaation lisäksi Myllypurossa sijaitsevien monipuolisten laboratorioden (hybridilämmityslaboratorio, palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö, eri yritysten kampukselle rakentamat omat älykkään asumisen testiympäristöt ym.) tarjoavat mahdollisuuden uudenlaisen raportoinnin, analysoinnin ja testausympäristön kehittämiseen.

Kehitettävän ympäristön perustan muodostaa pilvipalveluun rakennettava tietovarasto. Esiselvityksen perusteella se on tarkoituksenmukaista rakentaa Microsoft Azureen. Tiedonsiirrossa on järkevä ottaa käyttöön ja hyödyntää esimerkiksi juuri Metropoliasa kehitettyä IoT Gatewaytä sekä räätälöityjä tiedonsiirron ratkaisuja muiden muassa kohteen DEOS-pohjaiseen rakennusautomaatiojärjestelmään.¹ Pilvipalvelun tietovaraston ontologia eli sen käsitteet ja niiden väliset suhteet toteutetaan mahdollisuuksien mukaan yhteensopivina Platform of Trust -määrittelyihin. Tiedon visualisoinnissa käytetään mm. Microsoft Power BI -työkalua sekä digitaalisten kaksosten osalta Autocadin työkaluohjelmia. Tiedon analysoinnissa testataan koneoppimista ja tekoälyä, mihin kohteesta saatava laaja tietomassa antaa hyvät mahdollisuudet. Älykampus tarjoaa myös hyvät mahdollisuudet kehittää, testata ja hyödyntää useita kaupallisia sovelluksia.

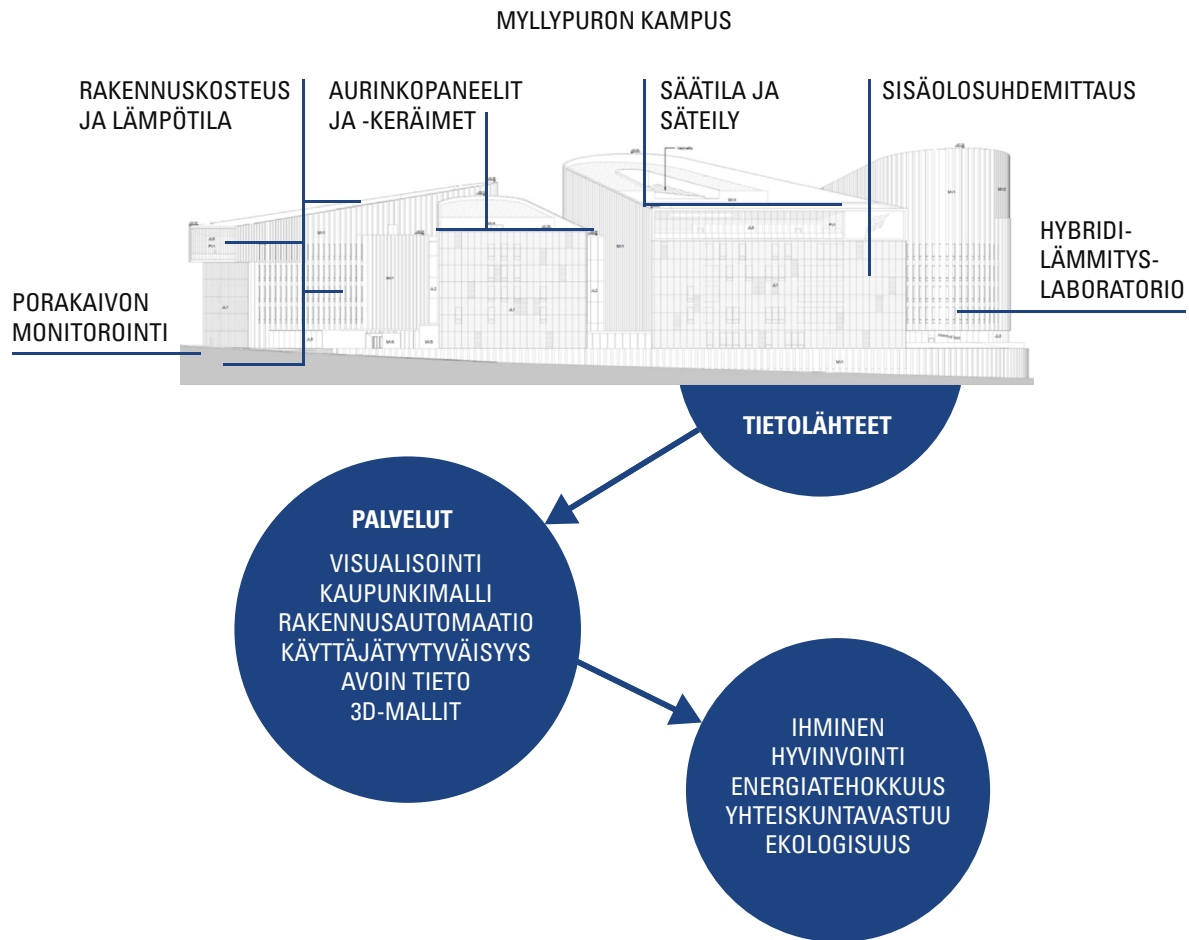
Myllypuron älykampusta voi kuvata kiinteistötiedon innovaatioympäristönä myös seuraavan sivun kuvan mukaisesti.

Myllypuron kampus valmistuu vuoden 2019 loppuun mennessä. Esiselvityksen jälkeen samana syksynä alkaa varsinaisen Metropolian tieto-ohjattu rakentamisen innovaatiokeskittymän ylösajo.² Samaan aikaan käynnistetään eri tietolähteistä saatavat tiedon keruu- ja yhdistämisprojekti sekä päätetään tarvittavien tietolähteiden ja infojärjestelmien hankkimisesta. Kun datan yhdistäminen on saatu aikaan, alkaa tiedon analysointi ja erilaisten algoritmi- ja tekoälyratkaisujen rakentaminen ja kehittäminen.

Järjestelmän rakentaminen ja valmiina sen jatkuvasti karttuva tietosisältö tarjoavat hyvän mahdollisuuden opinnoistamiseen eli opiskelijoiden innovaatioprojektien ja opinnäytetöiden tekemiseen. Ympäristöä käytetään siinäkin myös opetuksessa kohteen olosuhteiden hallinnan ja energiatehokkuuden toiminnan havainnollistamiseen. Selvästi tunnistettuna jatkohaasteena on saada Metropolian opettajakunta ja muut asiantuntijat mukaan aidosti sitoutumaan järjestelmän kehittämiseen ja hyödyntä-

¹ Deos AG on merkittävä saksalainen rakennusautomaatiojärjestelmiä tuottava yritys, ks. <https://www.deos-ag.com/en/company/>

² Ks. <https://www.metropolia.fi/innovaatiokeskittymat/tieto-ohjattu-rakentaminen/>

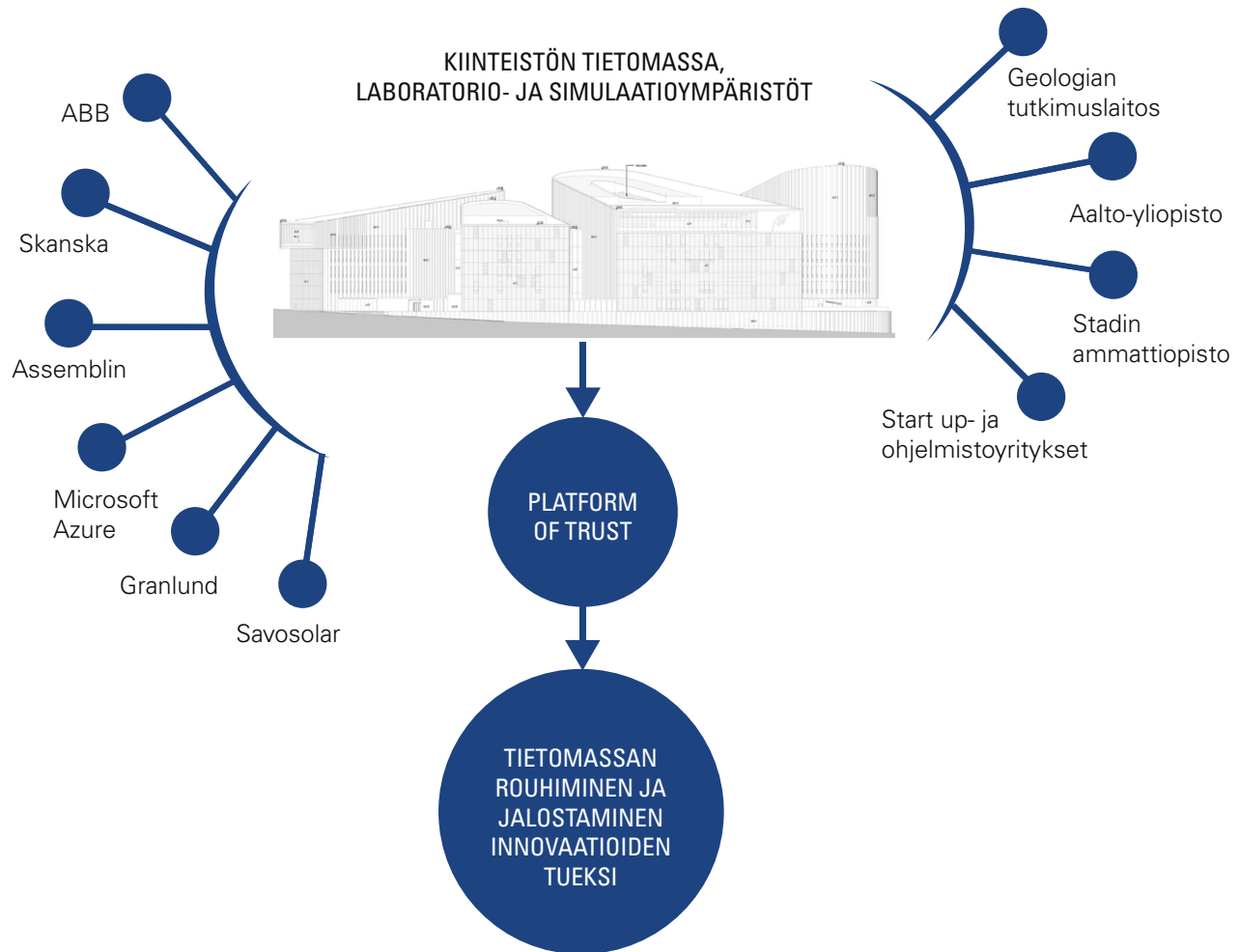


Kuva 24. Älykampuksen tietolähteet ja niiden vaikuttavuus. Myllypuron kampuksen tietolähteenä toimivat kiinteistön omat järjestelmät ja siellä sijaitsevat IoT-anturit. Kokonaisuuden tuloksena syntyy palveluita ja tuotteita, jotka mahdollistavat sekä pienen hiilijalanjäljen että kohteen käyttäjien hyvinvoinnin.

miseen. Ilman sellaisia ihmisiä - asiantuntijoita, opettajia, kehittäjiä, tutkijoita - järjestelmä ei rakennu pitkäjänteiseksi osaksi kiinteistön jokapäiväistä toimintaa.

Kampus on herättänyt jo nyt merkittävää kiinnostusta myös yrityksissä ja muissa sidosryhmissä. Tämä näkyy myös haluna tuoda yritysten omia kehittämissympäristöjä osaksi kampuksen infrastuktuuria muodostaen merkittävän osan Metropolian tieto-ohjatun rakentamisen innovaatiokeskittymää. Ensimmäisiä yhteistyöyrityksiä ovat mm. Granlund

Oy, Asemblin Oy, ABB Oy, Skanska, Savosolar, Microsoft sekä lukuisia määriä pienempiä ohjelmisto- ja start up -yrityksiä. Älykampuksessa syntyvää tietomassaa voivat hyödyntää ja jalostaa myös muut tutkimuslaitokset kuten Aalto-yliopisto ja Geologian tutkimuslaitos. Kuvassa 25 on hahmoteltu kampuksen lähivuosien yhteistyöverkosta. Verkoston toimijoiden intressit tuottavat ja kerryttävät hermoverkon tavoin digitaalista informaatiota, *facility big dataa*. Sitä voidaan louhia ja jalostaa eri tavoin sitä mukaa, kun erilaisia kehitysaihiota syntyy. Ideoista syntyy palve-



Kuva 25. Myllypuron kampuksen yhteistyöverkosto innovaatioiden tukena.

lukonsepteja ja muita innovaatioita, joiden kautta yhteiskunnan tavoittelemat monet hyödyt ja positiiviset tulokset realisoituvat.

Tämän esiselvityksen tulokset osoittavat, että Myllypuron korkeakoulukampuksen on mahdollista rakentua edelläkävijäksi kiinteistömässän hyödyntämisessä ja sen avulla muodostua vaikuttavaksi esimerkiksi suuren mittaluokan rakennushankkeille niin Suomessa kuin globaalisti. On tärkeää, että Metropolia pystyy kantamaan yhteiskuntavastuuta

myös tällä osa-alueella. Älykampus tuottaa hyvinvointia kohteen käyttäjille, tarjoaa monipuolisen kehittämisalustan yhteistyöverkostolle ja mahdollistaa kiinteistö- ja rakennusalan 2000 opiskelijalle todellisen, käytännönläheisen innovaatioympäristön. Uudet ratkaisut ja palvelukonseptit tuottavat elinvoimaa sekä Itä-Helsinkiin että laajemmin koko yhteiskuntaan.



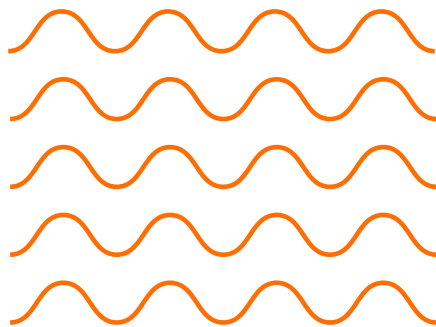
Kuva 26. Myllypuron kampuksen sähkökeskusasetukset on tehty läpinäkyviksi ja opetukseen sopiviksi.

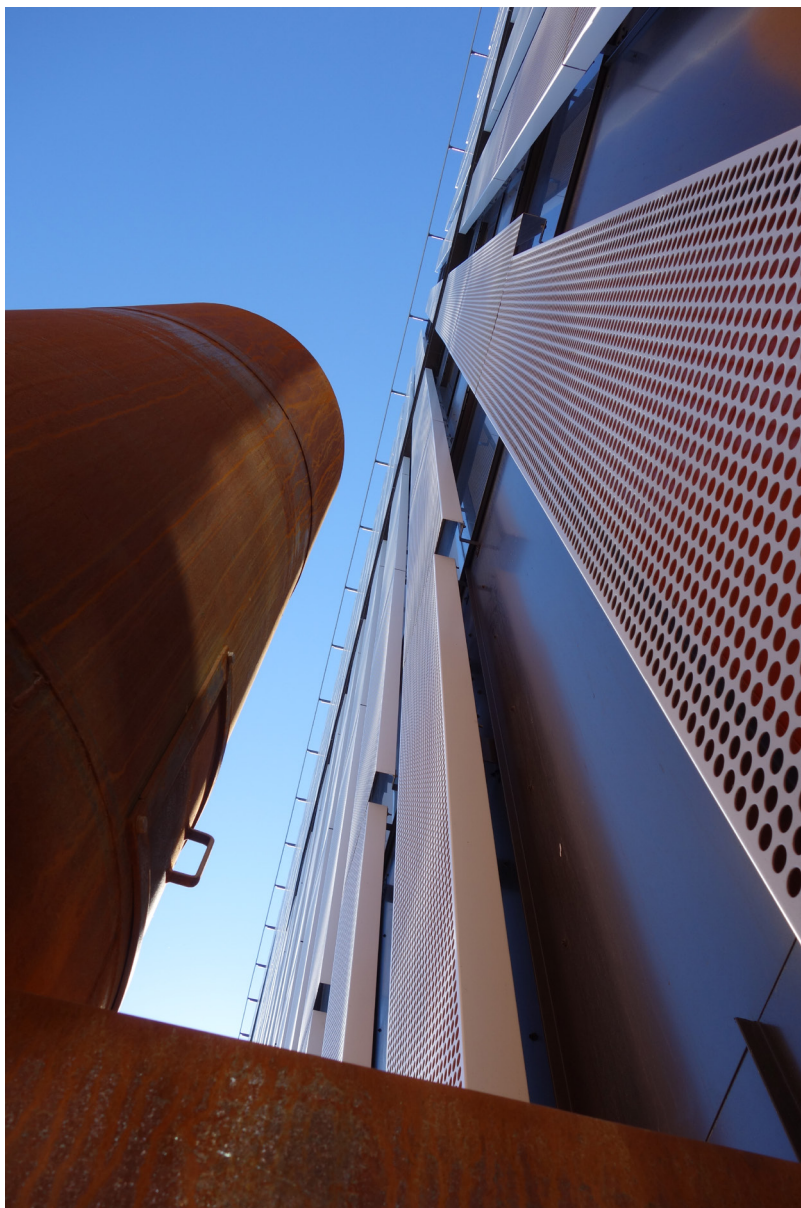


Kuva 27. Kanavisto ja putkiasennukset ovat myös opiskelijoiden tutkittavissa.



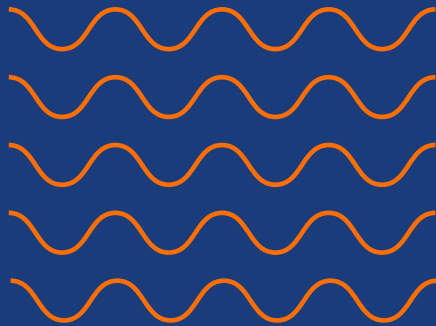
Kuva 28. Ilmanvaihtuhuoneet on suunniteltu ja toteutettu tilaviksi ja opetukseen soveltuviksi.





Kuva 29. Myllypuron kampus tähtää korkealle.

Lähteet ja taustakirjallisuus



Energiatohokkuussuunnitelma 2013. Energiavirasto. Saatavana osoitteessa: https://motiva.fi/files/9125/Energiamarkkinavirasto_ETSU.pdf

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista. Ks. http://www.evaluate-energysavings.eu/emees/en/countries/Finland/docs/l_11420060427fi00640085.pdf

Halmetoja, E. 2017. Tietomallit ylläpitoon. Loppuraportti olosuhdemallin raportoinnista. Senaatti-kiinteistöt, SEN/3015/2017.

Hamara, K. 2018. Reaaliaikaisen anturidatan yhdistäminen rakennuksen tietomalliin. Aalto-yliopisto. Sähkötekniikan korkeakoulu. Saatavana osoitteessa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/33731/master_Hamara_Klaus_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Heikkinen L., Hahkala, H., Harra, T. & Lintula, L. 2019. Palveluasumisen digitalisaation pilotointiympäristö, loppuraportti. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavana osoitteessa: <https://www.kokeilunpaikka.fi/fi/experiment/816/>

Hyvinvointia sähköllä - Visio 2030. n.d. Verkkosivusto. Saatavana osoitteessa: <http://www.hyvinvointiasahkolla.fi/>

Ihasalo, H., Jantunen, P. & Salo, E. 2017. Talotekniikan avoimet rajapinnat ja tiedon-kuvaukset. Raportti. Aalto-yliopisto. Sähkötekniikan korkeakoulu. Saatavana osoitteessa: www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/aaltoiot-loppuraportti.pdf

Jantunen, P. 2018. Rakennusten käytön ennustaminen koneoppimisella hyödyntäen olemassa olevaa mittausdataa. Kokeiluhankkeen tulosraportti. Aalto-yliopisto. Sähkötekniikan korkeakoulu. Saatavana osoitteessa: <http://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/loppuraportti-liitteinen.pdf>

KIRA-digi. 2018. Juha Sipilän hallitusohjelman julkisten palveluiden digitalisoimisen kärkihanke. Ks. <http://www.kiradigi.fi/etusivu.html> ja erityisesti kokeiluhankkeiden kuvaukset <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet.html>

Martikainen, M. 2019. Anturit, protokolla ja tietoväylät sekä ohjelmointirajapinnat kiinteistössä. Metropolian painamaton projektityö ja kirjallisuuskatsaus. Materiaali saatavissa teijältä sekä kiinteistö- ja talotekniikan tutkinto-ohjelmasta

Myllypuroon uusi hyvinvoinnin rakentajien kampus. n.d. Verkkosivusto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavana osoitteessa: <https://www.metropolia.fi/tietoa-metropoliasta/kampukset/myllypuro/>

Senaatti-kiinteistöt. 2017. Yhteiskuntavastuuraportti. Senaatin vuosi 2017. Saatavana osoitteessa: <https://www.senaatti.fi/yhteiskuntavastuuraportti2017/vastuullisuus-senaatissa/ymparisto/energia-ja-vesi/>

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry. n.d. Verkkosivusto. Saatavana osoitteessa stek.fi

Tieto-ohjattu rakentaminen. n.d. Verkkosivusto. Saatavana osoitteessa: <https://www.metropolia.fi/innovaatiokeskittymat/tieto-ohjattu-rakentaminen/>

Whitmore, A., Agarwal, A. & Da Xu, L. 2015. Internet of Things – A survey of topics and trends, Information Systems Frontiers, Vol 17 No. 2, s. 261–274

World Economic Forum Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. 2015. Saatavana osoitteessa: <http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/>

