Julkisten rakennusten energia- ja olosuhdedatan visualisointi

Energiaviisaat KAUPUNGIT

6Aika

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Uudenmaan liitto
Nylands förbund

© Energiaviisaat kaupungit 2020

Kirjoittajat:
Emma Berg | Helsingin kaupunki
Silja Ngobese | Valonia
Maija Rusanen | Turun kaupunki

Kiitos kommenteista Energiaviisaat kaupungit -hankkeen työryhmälle:
Timo Kangastie, Anton Katajainen, Johanna Mäkelä, Timo Määttä, Jari Saukko, Veera Sevander, Tuomas Vanhanen, Pirkko Vääräniemi, Ann-Sofi Österberg-Aikio

Taitto:
Anna Sampo | Valonia

Valokuvat:
Anna Sampo (s. 32, 35, 40)
Miriam Sewón (s. 2, 4, 16, 22, 25, 27, 28)
Jussi Rekiaro (s. 8, 9, 12)
Emma Berg (s. 11, 19, 24)
Silja Ngobese (s. 6, 17, 34, 37, 38, 39)
Delphine Rumo (s. 15)
Juha Simola (s. 31)

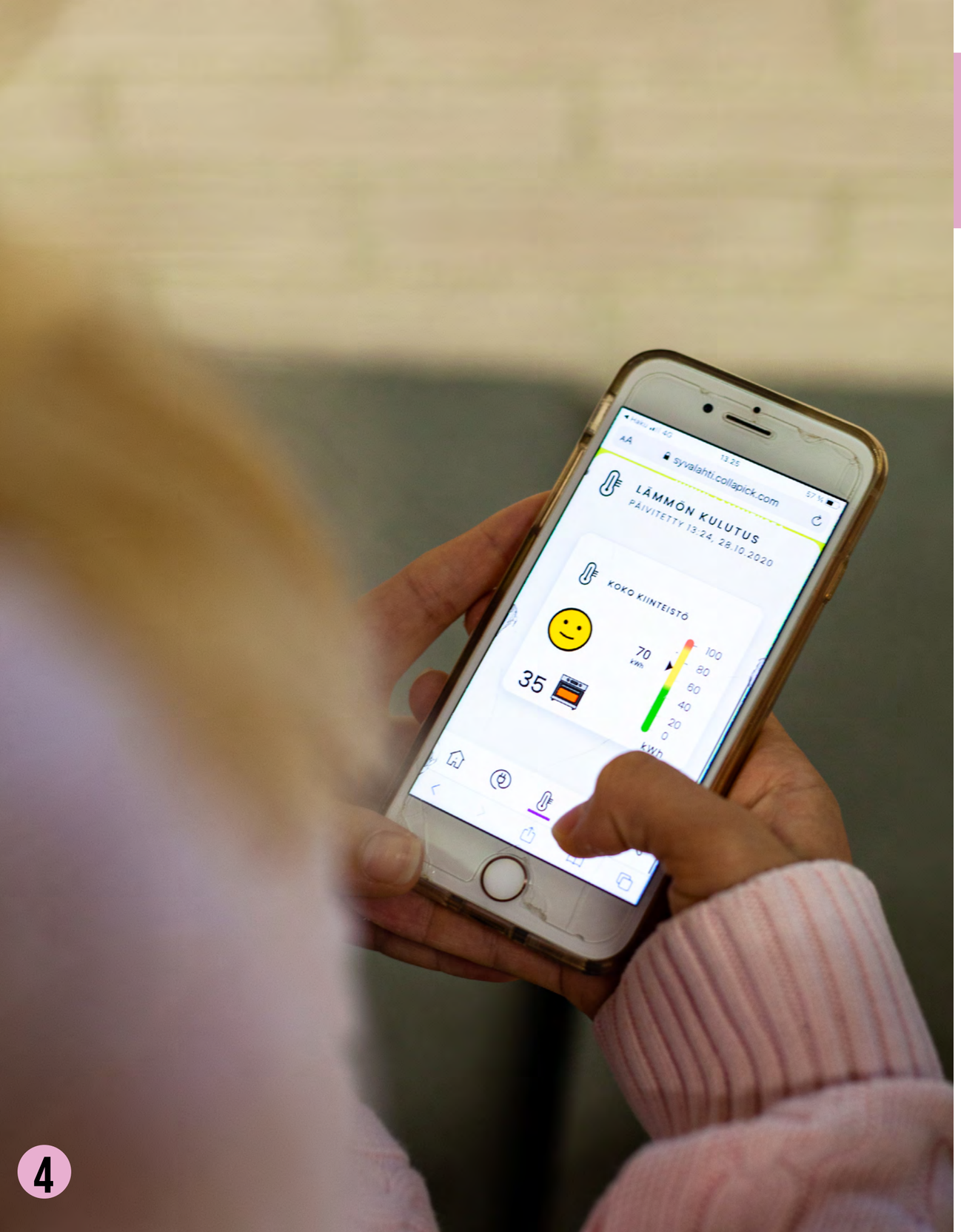
Sisällys

1. Data 7
Mitä tietoa rakennuksista kerätään? 8
Miten dataan pääsee käsiksi? 10
Mihin dataa kerätään? 13

2. Käyttäjäyhteistyö 14
Käyttäjälähtöisen suunnittelun lähtökohdat 16
Rakennusten käyttäjille suunnatut ratkaisut 18
Ammattikäyttäjille suunnatut ratkaisut 21

3. Toteutus 22
Lähtökohdat 24
Energiatiedon visualisointi 26
Olosuhdetiedon visualisointi 29
Tietojen yhdistely 30
Esimerkkitoteutuksia 33
Hankinta 34

4. Käyttö 36
Viestintä ja muutoksiin varautuminen 38
Visualisoinnin onnistumisen arviointi 41



Johdanto

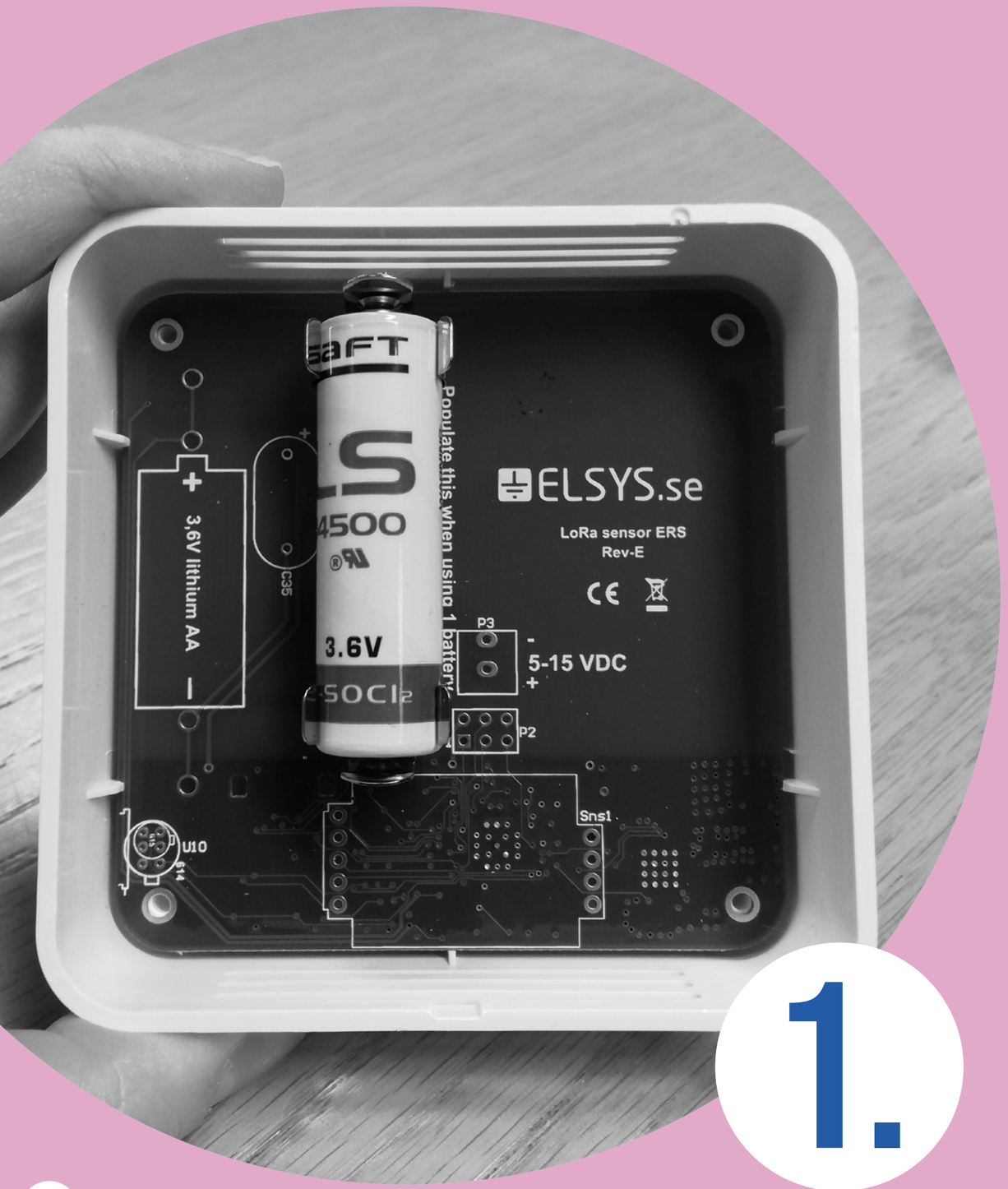
Tämä opas kertoo siitä, miten rakennuksista kerättävää dataa tai tietoa voidaan visualisoida rakennusten käyttäjille ja kiinteistöammattilaisille mielekkäästi sekä mitä hyötyjä tällä voidaan saavuttaa. Opas perustuu Energiaviisaat kaupungit –hankkeessa toteutetuista kokeiluista saatuihin oppeihin. Tarkoitus on helpottaa datan visualisoinnissa alkuun pääsemistä, kerätä yhteen hyviä esimerkkejä alalta sekä koota oppeja hankkeessa toteutetuista kokeiluista.

Tässä oppaassa keskitytään erityisesti rakennuksen energiankulutukseen ja olosuhteisiin liittyvän datan visualisointiin. Energia- ja olosuhdetietoa voidaan visualisoida useilla tavoilla, monista eri syistä ja erilaisille kohderyhmille. Energiatiedon visualisoinnin tavoitteena voi olla ohjata rakennuksen käyttäjiä toimimaan energiaa säästäen sekä lisätä heidän ymmärrystään rakennuksen toiminnasta. Olosuhdetiedon visualisointiin voi olla syynä esimerkiksi koulussa esiintyvä huoli sisäilman laadusta ja vaatimukset jakaa tietoa koulurakennuksen olosuhteista avoimesti.

Kiinteistönhallinta- ja huoltonäkökulmasta energia- ja olosuhdetietoa voidaan hyödyntää ja yhdistellä energiatehokkaan ja optimaalisen rakennuksen käytön mahdollistamiseksi.

Rakennuksia ylläpidetään rakennusten käyttäjiä ja heidän toimintaansa varten. Avoimuus kaikkia koskettavissa asioissa, kuten energia- ja ilmastoasioissa, on yhä tärkeämpää. Käyttäjillä on sekä tarve että oikeus saada tietoa käyttämänsä rakennuksen toiminnasta ja omista mahdollisuuksistaan vaikuttaa sekä antaa palautetta rakennuksen toiminnasta. Aikaisin aloitetulla yhteistyöllä kiinteistöjen hallinnoijan ja rakennusten käyttäjien välillä voidaan estää isompia ongelmia, kuten vesivahinkoja ja sisäilmaongelmien kehittymistä.

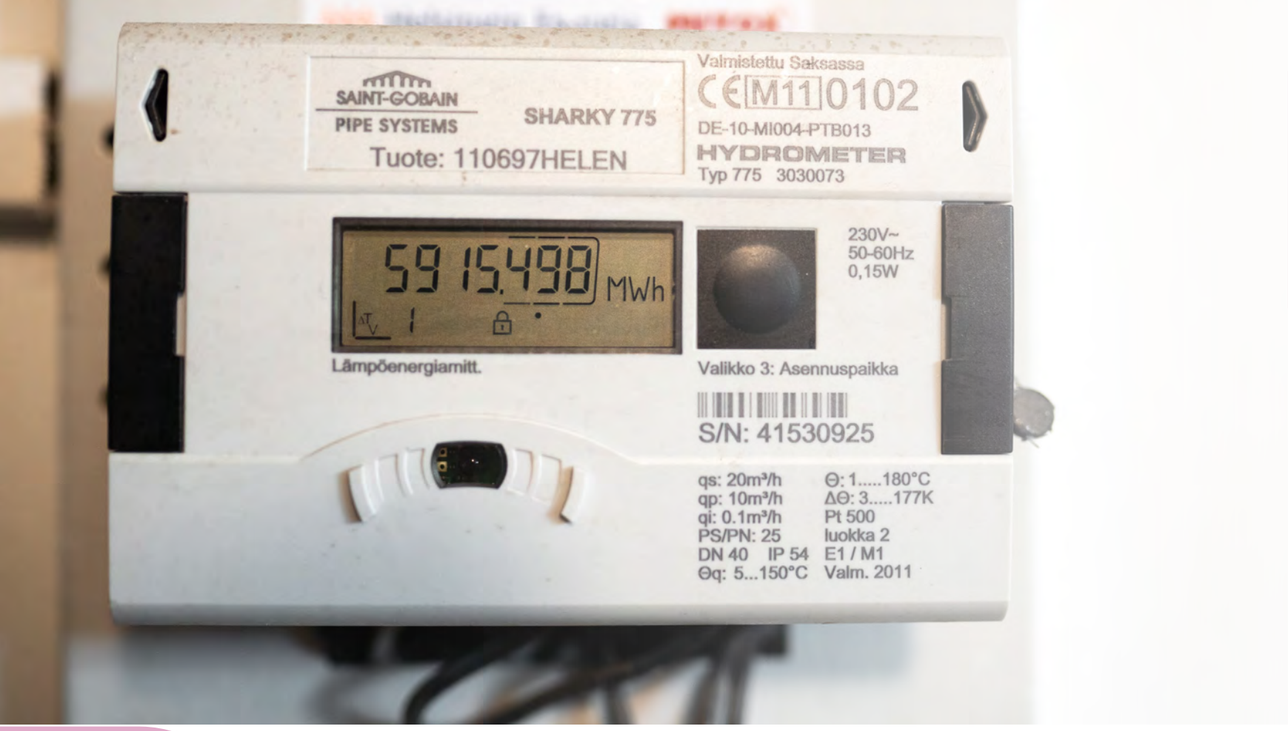
Lopullisena tavoitteena kaikilla on turvalliset, terveelliset ja energiaviisaat rakennukset. Tätä tukevien ratkaisujen tulee olla käyttäjäystävällisiä, turvallisia sekä tiedon helposti ymmärrettävää. Tässä oppaassa jaetaan vinkkejä erilaisten ratkaisujen toteutukseen.



DATA

Tässä osiossa kerrotaan, mitä datasta tulisi tietää ja ottaa huomioon ennen kuin visualisointia lähdetään suunnittelemaan ja toteuttamaan, kuten datalähteet, rajapinnat ja data-alusta.

1.



Mitä tietoa rakennuksista kerätään?

Rakennuksista kerätään tai kertyy usein paljon erilaista dataa eri järjestelmien kautta ja eri toimijoiden haltuun. Datalähteet, rajapinnat ja data-alustat määrittävät reunaehdot sille, millaista tietoa visualisointeihin on käytettävissä. Niihin kannattaa kiinnittää siis huomiota heti prosessin alussa. Jos jotain dataan liittyvää pitää muuttaa tai lisätä, se voi viedä aikaa, ja se yleensä hidastaa koko visualisointiprosessia merkittävästi.

Rakennuksista yleisimmin saatavilla oleva data on kiinteistön päämittaritason sähkön-, kaukolämmön- ja vedenkulutus. Rakennuksen kokonaiskulutuksen lisäksi saatavilla voi olla myös yksityiskohtaisempaa ja tilakohtaista tietoa. Alamittareita eli tilakohtaisia mittareita ei välttämättä aina ole kuitenkaan suunniteltu niin, että data olisi hyödynnettävissä käyttäjälähtöisesti ja tilankäytön mukaan. Esimerkiksi kouluissa useat luokkahuoneet voivat muodostaa yhden kokonaisuuden, jolloin yksittäisen tilan seuranta ja tiedon visualisointi on haastavaa.

Joihinkin rakennuksiin on asennettu erillisiä IoT -antureita, joilla voidaan kerätä tilakohtaista, esim. sisäilmasto-olosuhteisiin liittyvää tietoa. Uudempien rakennusten rakennusautomaatiosta (RAU) kertyy myös tietoja, jotka ovat rakennuksen ylläpidon kannalta oleellisia. Tietolähteitä voi selvittää organisaation tiloista vastaavalta taholta tai energiayhtiöltä.

Erilaisia tietolähteitä

Energiamittaukset
sähkö ja lämpö

Vedenkulutus
kylmä ja lämmin käyttövesi

RAU
hiilidioksidi, lämpötila, ilmanvaihdon toiminta, sähkön ja lämmön alamittaukset

IoT-olosuhdeanturit
hiilidioksidipitoisuus, lämpötila, suhteellinen kosteus, TVOC, pienhiukkasmittaukset

Energianjärjestelmään liittyvä tieto
aurinkopaneelien tuotto, maalämpöjärjestelmä yms.

Käyttöä mittaavat järjestelmät
käyttäjämäärät, käyttöaste, kalenterivaraukset, melu, valoisuus

Palautejärjestelmät
käyttäjien tyytyväisyys, palautekanavat, huoltopyynnöt

Datan kerääminen ja käyttö kuluttaa myös energiaa. Datan mittaroinnissa sekä ratkaisujen kehittämisessä ja hankinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös ICT-sektorin hiilijalanjälkeen. Ei ole tarkoituksenmukaista kerätä sellaista dataa, joka ei edistä rakennuksen energiatehokkuutta ja muita tavoitteita. Kannattaa tutustua myös Ilmastoviisaat taloyhtiöt –hankkeen taloyhtiöiden dataoppaaseen.

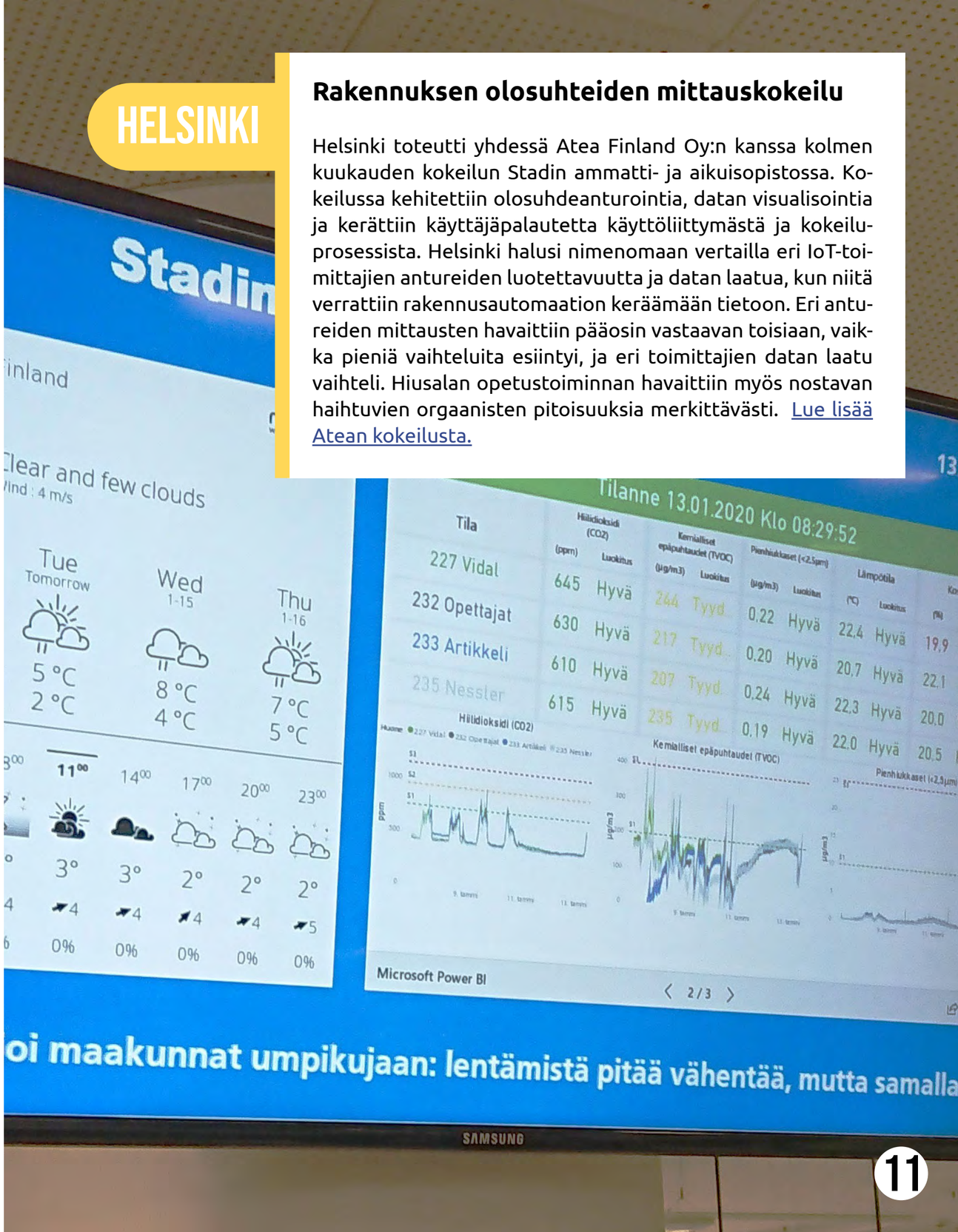
Miten dataan pääsee käsiksi?

Dataa kerätään rakennuksista paljon, mutta datan pirstaleisuus aiheuttaa usein haasteita, eikä data usein ole helposti hyödynnettävissä. Dataa voi vanhemmissa rakennuksissa kertyä ainoastaan paikallisesti rakennusautomaatiojärjestelmään ilman, että se siirtyy millekään alustalle rajapintojen kautta. Helpoiten käyttöön saa historiatietoja esimerkiksi rakennuksen energiankulutuksesta, joita saa yleensä tilojen ylläpidosta vastaavalta taholta taulukkomuodossa.

Päivittyvän tai reaaliaikaisen datan visualisointi edellyttää usein erillisen palasen tai käyttöliittymän rakentamista, jonka kautta tietoja visualisoidaan esimerkiksi rakennuksen infonäytöillä, selaimessa tai muulla tavalla. Jotta reaaliaikaisia tietoja voidaan hyödyntää, tulisi rakennuksen tietoja kerryttäviin järjestelmiin olla sopivat rajapinnat, joiden kautta reaaliaikaista tietoa voidaan helposti integroida visualisointiratkaisuun. Tällaisia rajapintoja ei välttämättä ole valmiiksi olemassa ja niiden pystyttäminen voi viedä aikaa ja tuoda kustannuksia. Tämä täytyy huomioida ja tähän varata aikaa, kun datan visualisointia lähdetään suunnittelemaan.

Selvitä aina ensin:

- **Mitä ja millaista** dataa on tarjolla?
- **Minne** data kertyy?
- **Mitkä** ovat datan rajapinnat, saako datan ulos ja miten?
- **Kuka** omistaa datan ja mitkä ovat käyttöehdot?
- **Onko** datan laatu riittävä ja kuka vastaa oikeellisuudesta?



HELSINKI

Rakennuksen olosuhteiden mittauskokeilu

Helsinki toteutti yhdessä Atea Finland Oy:n kanssa kolmen kuukauden kokeilun Stadin ammatti- ja aikuisopistossa. Kokeilussa kehitettiin olosuhdeanturointia, datan visualisointia ja kerättiin käyttäjäpalautetta käyttöliittymästä ja kokeiluprosessista. Helsinki halusi nimenomaan vertailla eri IoT-toimittajien antureiden luotettavuutta ja datan laatua, kun niitä verrattiin rakennusautomaation keräämään tietoon. Eri antureiden mittausten havaittiin pääosin vastaavan toisiaan, vaikka pieniä vaihteluita esiintyi, ja eri toimittajien datan laatu vaihteli. Hiusalan opetustoiminnan havaittiin myös nostavan haihtuvien orgaanisten pitoisuuksia merkittävästi. Lue lisää Atean kokeilusta.

Mihin dataa kerätään?

Usein rakennuksista kertyvä data on hajallaan eri järjestelmissä. Datan käsittelyä ja hyödyntämistä helpottaa, jos erilaista dataa kerätään samalle alustalle, josta sitä voi hakea, yhdistellä ja käsitellä erilaisen rajapintojen kautta tarpeen mukaan. Data-alusta helpottaa datan harmonisoimista eri järjestelmien välillä ja parantaa datan luotettavuutta. Tietoja kannattaa tuoda yhteen, koska erilaisten datalähteiden yhdistely voi tuottaa kiinnostavaa tietoa, helpottaa johtopäätösten tekemistä ja lisätä ymmärrystä rakennusten toiminnasta.

Data-alustoja on olemassa erilaisia, mutta toistaiseksi esimerkiksi useimmilla kaupungeilla ei ole käytössään yhtä koko organisaation kattavaa data-alustaa. Ilman data-alustaa rajapintoja ja niistä tulevaa dataa pitää hallinnoida manuaalisesti, jolloin datan käyttökohdekohtaiset ratkaisut jäävät usein väliaikaisiksi ja hankalasti monistettaviksi. Data-alustan käyttö aiheuttaa alussa enemmän töitä, mutta jatkotyö ja tiedon jalostus helpottuvat. Alustalle voi kerätä useiden rakennuksen datavirtoja, hallita useita kiinteistöjä sekä visualisoida isojakin rakennuskantoja ja niiden arvoja samanaikaisesti. Data-alustaa valittaessa on kriittistä huomioida alustan kyvykkyys ottaa vastaan dataa eri lähteistä ja eri toimijoiden ratkaisuista, kuten toisista data-alustoista tai tietokannoista.

KÄYTTÄJÄ-YHTEISTYÖ

Tässä osiossa annetaan vinkkejä käyttäjäyhteistyön suunnitteluun, jotta ratkaisuissa voidaan ottaa huomioon eri käyttäjäryhmien tarpeet. Tarkastelussa on myös kaksi erilaista käyttäjäryhmää, rakennusten käyttäjät sekä ammattikäyttäjät, joita esitellään tarkemmin käyttäjäprofiilien kautta.

2.

Käyttäjälähtöisen suunnittelun lähtökohdat

Eri käyttäjäryhmillä on erilaisia tietotarpeita. Rakennuksen käyttäjät eli rakennuksessa työskentelevät, asuvat tai opiskelevat henkilöt hyödyntävät ratkaisua arjessaan. Ammattikäyttäjät kuten kiinteistönhoitajat ja ylläpitäjät käyttävät ratkaisua työvälineenään. Ratkaisua ei yleensä voi eikä kannata täysin kehittää yhdelle ryhmälle huomioimatta myös toisten ryhmien tarpeita, sillä visualisoinnille asetetut tavoitteet voivat olla yhteisiä esimerkiksi energiankulutuksen seurannan ja ohjauksen osalta.

Toimivat ja toteutuskelpoiset ratkaisut löydetään käyttäjien kanssa todellisessa ympäristössä kehittämällä ja testaamalla. Yhteiskehittämisen aikana voi tarkastella, mikä helpottaisi rakennuksen optimaalista käyttöä, mitä haasteita ja tavoitteita rakennuksen toimintaan liittyy ja mitä tietoa näiden ratkaisemiseksi tarvitaan. Jos visualisoinnin avulla voidaan ratkaista joku konkreettinen ongelma, kannattaa se toteuttaa.

5 askelta onnistumiseen

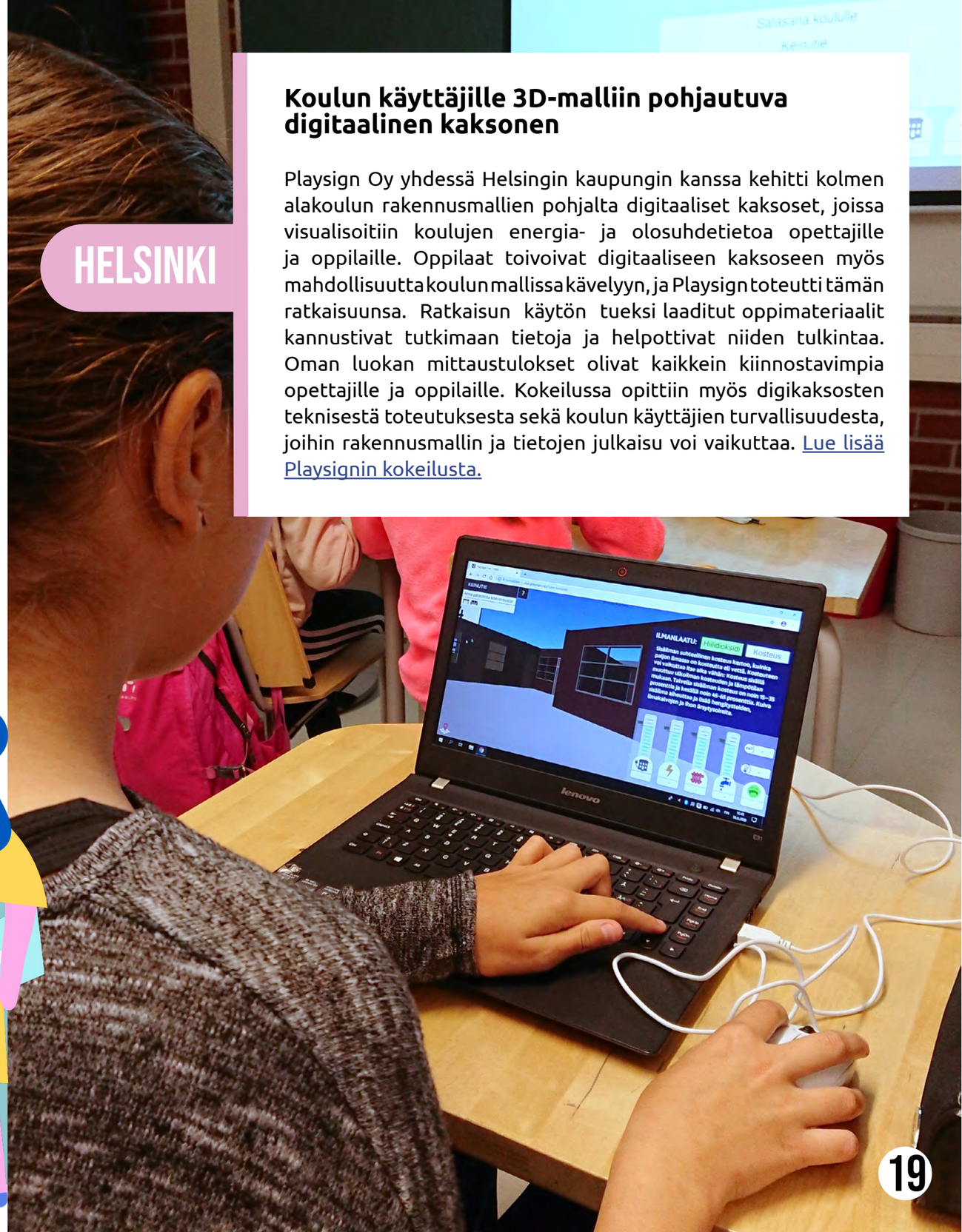
1. **Tutustu:**
keitä visualisoinnin käyttäjät ovat? Millaisia tarpeita heillä on?
2. **Kysy:**
kerää paikan päällä tietoa rakennuksen ja käyttäjien toiminnasta
3. **Pidä yllä vuorovaikutusta visualisoinnin käyttäjiin:**
viesti suunnitelmista ja toimenpiteistä jo suunnitteluvaiheessa
4. **Kokeile:**
ota visualisoinnin käyttäjät mukaan kokeiluun mahdollisimman aikaisin
5. **Kerää palautetta:**
arvioi vaikuttavuutta ja hyödyllisyyttä ratkaisun käyttäjien näkökulmasta

Rakennusten käyttäjille suunnatut ratkaisut

Julkisissa palvelurakennuksissa käyttäjiä ovat mm. ala-, ylä- ja ammattikoulun oppilaat, päiväkotilaiset sekä henkilökunta kuten opettajat, ruokapalvelutyöntekijät ja laitoshuoltajat. Lisäksi rakennuksissa voi olla iltakäyttöä, mm. harrastusryhmien vuoroja ja taloyhtiöiden kokouksia. Rakennusten käyttäjien tiedonsaanti on tärkeää itsessään, mutta myös yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Energiadataa visualisoimalla voidaan lisätä rakennusten käyttäjien tietoa oman toiminnan ja valintojen vaikutuksista sekä kannustaa toimimaan rakennuksen kulutukselle ja käytölle suunniteltujen mitoitusten ja tavoitteiden mukaan. Käyttäjiltä saadaan myös arvokasta palautetta sisäilma-asioista ja tilojen käytöstä seurannan ja päätöksenteon tueksi. Käyttäjien toimintaan tutustumalla saadaan kuva siitä, miten rakennus toimii käyttötarkoituksessaan, millaisia tarpeita käyttäjillä on sekä mitä teknisiä laitteita on käytettävissä. Kouluissa ja päiväkodeissa energiatiedon visualisoinnin ja havainnollistamisen ratkaisuja voidaan hyödyntää myös opetuksessa. Nuoria ja lapsia yleensä innostaa mm. vertailu, toiminnallisuus, pelillisyys ja vaikuttaminen. Nopean katsauksen palvelurakennusten käyttäjistä ja heidän arjestaan saa myös tarkastelemalla käyttäjäprofiileita Energiaviisaat kaupungit -hankkeen verkkosivuilta.

Minua huolettaa koulun ilmanlaatu. Monilla opettajilla on tosi kuiva iho, voisiko sille tehdä jotain?

Maija on luokanopettaja, ja viettää päivät oman luokkansa kanssa. Maija on itse kiinnostuneempi sisäilma- ja olosuhdetiedosta kuin energiatiedosta, mutta haluaisi hyödyntää molempia opetuksessa. Maija on ympäristötietoinen ja pyrkii tuomaan opetukseen mukaan erilaisia ympäristökasvatuksen elementtejä. Hän ei kuitenkaan saa korvausta oppimateriaalien valmistelusta, joten toivoo mahdollisimman valmiita paketteja koululaisille. Maija on pyytänyt useasti rakennuksen dataa käytettäväksi opetukseen, mutta se ei ole ollut mahdollista. Maijasta olisi hienoa, jos koulun näytöillä voisi esittää päivän kulutusta oppilaille. Joskus Maija ilmoittaa korjaustarpeista rehtorille tai suoraan ylläpidolle, mutta ei välttämättä saa ikinä kuulla, ovatko asiat menneet eteenpäin.



HELSINKI

Koulun käyttäjille 3D-malliin pohjautuva digitaalinen kaksonen

Playsign Oy yhdessä Helsingin kaupungin kanssa kehitti kolmen alakoulun rakennusmallien pohjalta digitaaliset kaksoset, joissa visualisoitiin koulujen energia- ja olosuhdetietoa opettajille ja oppilaille. Oppilaat toivoivat digitaaliseen kaksoseen myös mahdollisuutta koulun mallissa kävelyyn, ja Playsign toteutti tämän ratkaisuunsa. Ratkaisun käytön tueksi laaditut oppimateriaalit kannustivat tutkimaan tietoja ja helpottivat niiden tulkintaa. Oman luokan mittaustulokset olivat kaikkein kiinnostavimpia opettajille ja oppilaille. Kokeilussa opittiin myös digikaksosten teknisestä toteutuksesta sekä koulun käyttäjien turvallisuudesta, joihin rakennusmallin ja tietojen julkaisu voi vaikuttaa. Lue lisää Playsignin kokeilusta.

Digitaalinen kaksonen huoltohenkilöstölle rakennuksen 360-valokuvista

Empower Oy toteutti helposti ymmärrettävän digitaalisen kaksosen Tampereen kaupungille. Vanhasta rakennuksesta saatiin nopeasti digikaksonen ottamalla 360-valokuvat ja liittämällä kuviin sensorit, mittapisteet, huoltohistoria ja ennusteita. Jos rakennuksen käyttäjä kertoo esimerkiksi vedontunteesta, huoltomies pääsee digitaalisesti katsomaan, ovatko patterit päällä ja toimiiko ilmanvaihto. Ihmistä ei tunnisteta, mutta rakennuksen ja huonetason kunto sekä toiminnallisuus nähdään tarkasti. Pilotissa todettiin, että digitaalisen kaksosen hyödyntäminen soveltuu paremmin palvelukiinteistöihin, kuten jäähalleihin, uimahalleihin ja muihin isoihin ja teknisesti vaativiin tiloihin. Pilotissa opittiin, että huoltomiehelle voisi olla etua nähdä perusasuinkiinteistön tekniset tilat ja siellä olevat poikkeamat sekä huoltotilanteen ja ylläpitotarpeet. Lue lisää Empowerin kokeilusta tai katso video.

TAMPERE

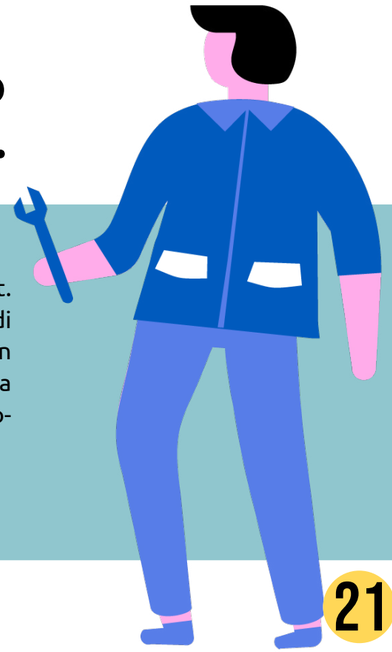
Ammattikäyttäjille suunnatut ratkaisut

Ammattikäyttäjiä ovat rakennusten ylläpitoon, huoltoon ja hallinnointiin osallistuvat henkilöt. Yleensä ammattikäyttäjillä on jo käytössä erilaisia järjestelmiä rakennusten toiminnan seurantaan ja hallintaan. Rakennusten ylläpitäjät tarvitsevat tietoa siitä, käytetäänkö rakennusta siten kuin se on teknisesti suunniteltu ja ovatko mitoitukset oikein suhteessa käyttöön. Heille tärkeää on saada hälytykset ja tiedot käytön muutoksista ja poikkeamat kulutuksessa. Datan visualisointiratkaisut tarjoavat työkalun rakennusten hallinnointiin, energiatehokkuuden seurantaan ja päätöksentekoon.

Aluksi on hyvä selvittää, miten tiedon visualisointi voisi helpottaa ammattikäyttäjien työtä ja mitä järjestelmiä ja laitteita he jo käyttävät. Tietoa saa kerättyä parhaiten havainnoimalla ja keskustelemalla ammattikäyttäjien ja muiden sidosryhmien kanssa. Ratkaisujen tulisi olla liitettävissä olemassa oleviin järjestelmiin päällekkäisten järjestelmien ja työkalujen välttämiseksi. On siis tarkasti määriteltävä yhdessä, millaisia ongelmia visualisoinnilla voidaan ratkaista, sujuvoittaako visualisointi ammattikäyttäjien työtä ja tuottaako se lisäarvoa kiinteistöjen hallintaan. Rakennusten käyttäjien tiedonsaantia lisäävät ja palautteen keräämisen mahdollistavat ratkaisut voivat myös helpottaa ja lisätä kiinteistön käyttäjien ja ylläpidon välistä vuorovaikutusta ja viestintää.

> **Tärkeää on saada tieto töistä ja työ tehdyksi.**

Jari työskentelee huoltoyhtiölle, joka tuottaa rakennusten huoltopalvelut. Jarilla on huoltokohteita yhteensä vastuullaan 20, eikä joka paikkaan ehdi päivittäin mitenkään. Käytävät kohteet vaihtelevat tarpeen mukaan. Hän saa huoltopyyntöjä ja käy paikan päällä selvittämässä asiaa. Tarvittaessa hän on asiasta yhteydessä rakennuksen kohdemanageriin ylläpidossa. Kovin hyvin hän ei rakennusten käyttäjiä tunne eikä juttele heidän kanssa.



TOTEUTUS

Tässä osiossa kerrotaan, millaisia erilaisia tapoja visualisoinnin toteuttamiseen on, listataan vinkkejä toteutuksiin sekä kerrotaan, mitä kannattaa ottaa huomioon energia- ja olosuhdedatan eri suureiden visualisoinnissa.

3.

Lähtökohdat

Visualisointia voi toteuttaa monella eri tavalla ja esittää eri välineillä. Datan visualisoinnin ja havainnollistamisen tapoja voidaan erotella sen mukaan, päivittyykö tieto reaaliaikaisesti vai onko se staattista historiadataa. Esimerkiksi kiinteistöammattilaisille historiadata on tärkeää ilmanvaihdon toimintaa analysoidessa, kun taas opettajille ja oppilaille olosuhteiden reaaliaikainen tieto luokassa on kiinnostavampaa.

Mikäli pyritään vaikuttamaan ja ohjaamaan energiankulutukseen tai olosuhteisiin liittyvää käyttäytymistä, on nopea palaute omasta toiminnasta ja sen vaikutuksista olennaista. Digitaaliset visualisointitavat mahdollistavat lähes reaaliaikaisen tiedonsiirron ja tarjoavat parhaat mahdollisuudet nopeaan reagointiin. Seuraavassa keskitytään nimenomaan päivittyvän datan visualisoinnin mahdollisuuksiin erilaisilla digitaalisilla tavoilla.

Hyvän visualisoinnin perussääntöjä:

1. Visualisoinnissa tulisi aina olla sekä mittauksen lukuarvo että sitä havainnollistava keino
2. Mittauksille tulee asettaa raja-arvot, jotka ylläpitohenkilöstö yleensä määrittelee
3. Huomioi oikeat mittayksiköt, aikaväli sekä tarvittaessa niiden selitykset
4. Vertailu, konkreettisuus ja informatiivisuus tekee energiasta ymmärrettävämpää
5. Hyödyllisintä on kertoa rakennuksen kulutuksesta per käyttäjä
6. Selkeys kielestä, kulttuurista ja osaamistasosta riippumatta
7. Katso lisää vinkkejä energiaviisaat.fi -sivulta.

Energiatiedon visualisointi

Energiatietoa ovat rakennusten lämmönkulutus, sähkönkulutus, vedenkulutus, energiantuotanto (kuten aurinkoenergia) ja alamittaustiedot rakennusautomaatiojärjestelmästä. Energiatieto ei ole yhtä helposti ymmärrettävää kuin olosuhdetieto. Visualisointiin onkin kiinnitettävä paljon huomiota, mikäli energiatietoa halutaan esittää ymmärrettävästi ja tavoitteena on vaikuttaa tiedon avulla rakennusten käyttäjien toimintaan, esimerkiksi liian pitkään tuulettamiseen tai liialliseen vedenkulutukseen.

Sähkönkulutus ilmaistaan kilowattitunteina ja sitä voi havainnollistaa esimerkiksi kertomalla, kuinka monta puhelinta tai tablettia samalla energiamäärällä voisi ladata. Mikäli mittaukset sen mahdollistavat, kannattaa myös visualisoida, mihin sähköä kuluu: valaistus, ilmanvaihto, laitteet jne.

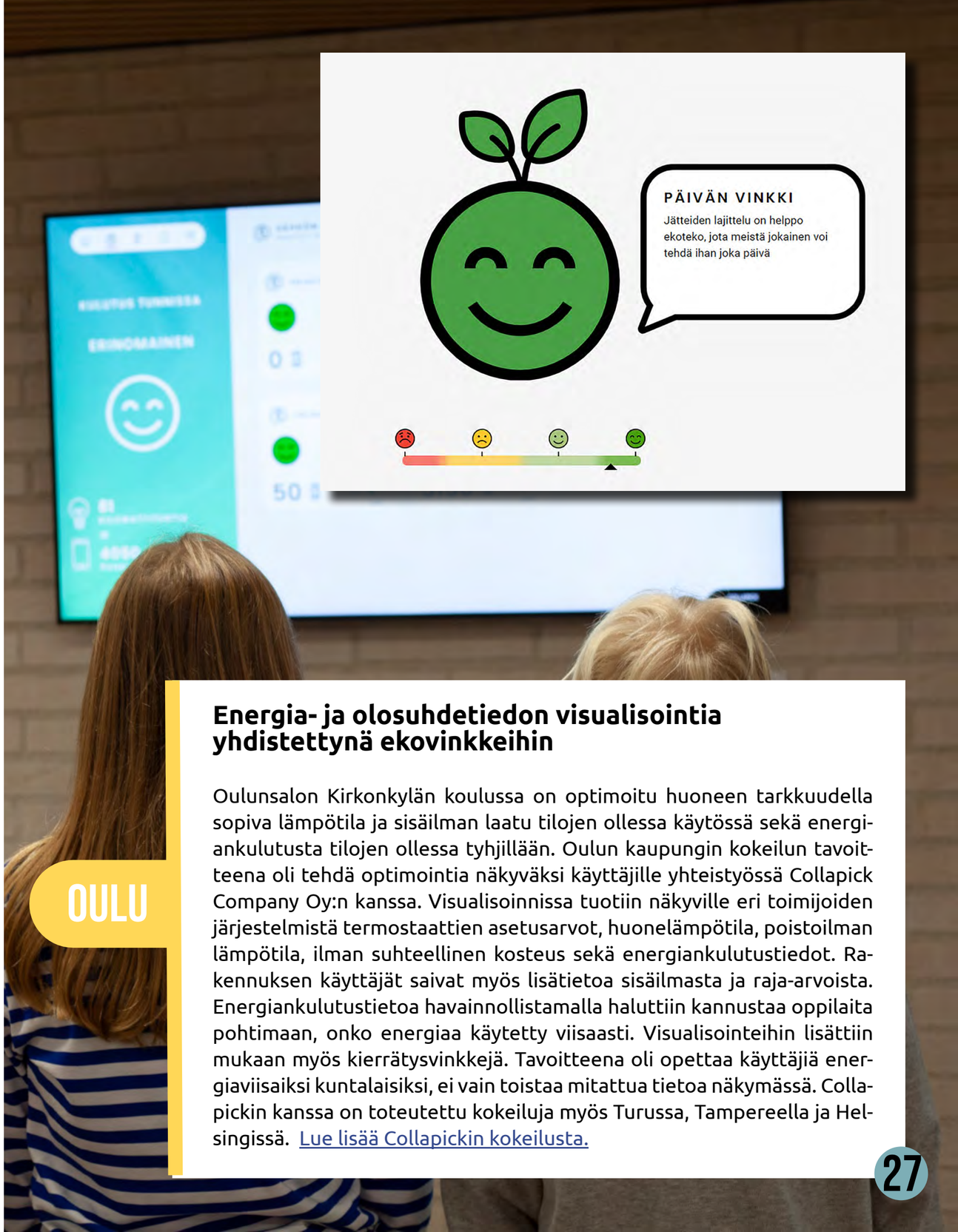
Lämmönkulutukseen voivat rakennusten käyttäjät ja ylläpito vaikuttaa paljonkin toiminnallaan. Lämmönkulutuksen energiamäärän ymmärtäminen ja havainnollistaminen on hankalampaa kuin sähkön. Sipoon Sakarinmäen koulussa maalämmön energiantuotannon määrät on ilmaistu lämpiminä suihkuina.

Vedenkulutus on monissa älykkäissäkin rakennuksissa yhä se osa energiankulutusta, johon käyttäjät voivat vaikuttaa suurestikin, ja sen takia vedenkulutuksen visualisointi on fiksua. Veteen liittyvät häiriötilanteet kuten vuodot aiheuttavat helposti suuria kustannuksia ja korjaustarpeita, joten yhteistyö rakennusten käyttäjien ja huollon välillä on näissä asioissa kriittistä. Vedenkulutuksen visualisoinnissa ymmärrettävä yksikkö on litra, mutta esimerkiksi myös ämpäriä on käytetty havainnollistavana mittayksikkönä.

Energian tuotantomäärät rakennuksessa ja sen suhde kiinteistön kulutukseen kiinnostavat sekä ammattilaisia että rakennuksen käyttäjiä. Aurinkopaneelien tuottoa voidaan visualisoida esimerkiksi valaistuina tiloina sähkönkulutuksen yhteydessä.

Energiatavoitteet on harvoin määritelty visualisointia varten sopivaksi. Energiaan liittyviä mittaustuloksia tarkastellaan yleensä kiinteistöjen hallinta- ja huoltonäkökulmasta, ja kulutuksille on usein asetettu erilaisia tavoitteita, esimerkiksi kuntien energiansäästötavoitteet. Tavoitteiden esittäminen energiatiedon yhteydessä saa ne konkretisoitumaan niin rakennusten käyttäjille kuin kiinteistöammattilaisille.

Visualisoinnissa voidaan tarvita esimerkiksi päiväkohtaisia tavoitteita eri viikonpäiville tai pohjakuorma verrattuna arkipäivien käytönaikaiseen kulutukseen. Mikäli kohderyhmänä on rakennusten käyttäjät, on tietoa esitettävä ymmärrettävältä aikaväliltä, esimerkiksi yhdeltä päivältä, jolloin tavoitteiden pitää myös olla päiväkohtaisia.



OULU

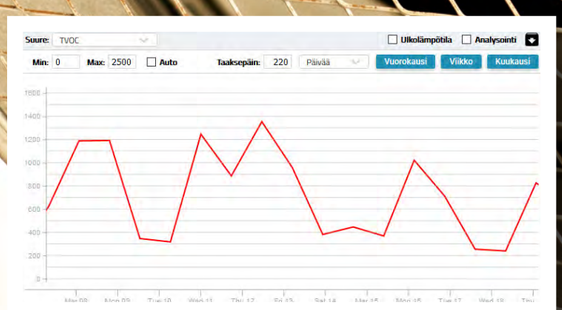
Energia- ja olosuhdetiedon visualisointia yhdistettynä ekovinkkeihin

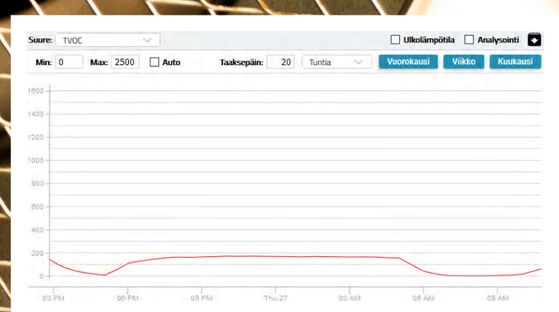
Oulunsalon Kirkonkylän koulussa on optimoitu huoneen tarkkuudella sopiva lämpötila ja sisäilman laatu tilojen ollessa käytössä sekä energiankulutusta tilojen ollessa tyhjillään. Oulun kaupungin kokeilun tavoitteena oli tehdä optimointia näkyväksi käyttäjille yhteistyössä Collapick Company Oy:n kanssa. Visualisoinnissa tuotiin näkyville eri toimijoiden järjestelmistä termostaattien asetusarvot, huonelämpötila, poistoilman lämpötila, ilman suhteellinen kosteus sekä energiankulutustiedot. Rakennuksen käyttäjät saivat myös lisätietoa sisäilmasta ja raja-arvoista. Energiankulutustietoa havainnollistamalla haluttiin kannustaa oppilaita pohtimaan, onko energiaa käytetty viisaasti. Visualisointeihin lisättiin mukaan myös kierrätysvinkkejä. Tavoitteena oli opettaa käyttäjiä energiaviisaiksi kuntalaisiksi, ei vain toistaa mitattua tietoa näkymässä. Collapickin kanssa on toteutettu kokeiluja myös Turussa, Tampereella ja Helsingissä. Lue lisää Collapickin kokeilusta.

Sisäilmanlaatua mittaava pilotti paljasti huonon sisäilman lähteen

Enermix Oy toimitti Tampereelle Talotohtori 2.0 -järjestelmän, jossa hyödynnettiin tilojen ilmanlaatua sekä käyttöastetta mittaavia langattomia sensoreita. Sensoreista tiedot menivät Talotohtorit 2.0 data-alustalle, jossa suoritettiin tiedon käsittelyä sekä sen visualisointi. Pilottikohteessa huomattiin yhdessä tilassa kohonneita TVOC-arvoja. Tilan TVOC arvot lähestyivät toimenpiderajaa ajanjaksona, jolloin ihmisiä ei ollut tilassa paikalla. Suurikokoinen taideteos, jossa oli käytetty liimaa, paljastui kohonneiden arvojen aiheuttajaksi. Arvot laskivat merkittävästi, kun taideteos poistettiin tilasta. Kohonneita arvoja ei olisi huomattu ilman pilotin mittauksia ja tiedon visualisointia. Lue lisää Enermixin kokeilusta.

TAMPERE





Olosuhdetiedon visualisointi

Olosuhdetietoa ovat mm. ilman hiilidioksidipitoisuudet, lämpötilat, TVOC-arvot (eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet), suhteellinen kosteus ja pienhiukkaset. Sisäilmayhdistyksen verkkosivuilta saa hyvin apua olosuhdetiedon raja-arvojen ja tavoitteiden määrittelyyn visualisoinnissa. Kannattaa kuitenkin keskustella organisaation sisäilma-asiantuntijan kanssa organisaatiokohtaisista rajoista.

Lämpötila on helpoiten ymmärrettävä olosuhdetieto, ja se vaikuttaa paljon kokemukseen sisäilmasta. Huonelämpötilojen visualisointi onkin yleensä ensimmäinen ja helpoin päätös olosuhdetiedon visualisoinnissa. Huomioitavaa on, että tilat voivat lämmetä kesällä tai keväällä auringonvalon vaikutuksesta. Visualisoinnissa voidaan kertoa siitä, kuinka lämpenemistä voidaan välttää, esim. sälekaihtimien käyttö.

Hiilidioksidipitoisuudet vaikuttavat tilan käyttäjien työtehoon ja jaksamiseen, joten niistä ollaan yleensä kiinnostuneita. Koska hiilidioksidimittausdata indikoi läsnäoloa, kannattaa turvallisuusnäkökulmat ottaa huomioon visualisoinnin toteutuksessa: CO2-pitoisuuksien päivittymiselle kannattaa asettaa aluksi visualisointiin tunnin viive, ja käydä riskit läpi turva-asiantuntijoiden kanssa.

Suhteellinen kosteus riippuu pitkälti ulkoilman lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta, jotka vaihtelevat vuoden kierron ja sään mukaan, joten rakennusten käyttäjät eivät voi vaikuttaa siihen merkittävästi. Visualisoinnilla kannattaa tuoda esiin tätä sisäilman ja ulkoilman kosteuspitoisuuksien yhteyttä, jotta rakennuksen käyttäjille ei aiheuteta turhaa huolta.

TVOC Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ovat mm. vaatteista, hajusteista ja rakennusmateriaaleista haihtuvia yhdisteitä. Jatkuvatoimiset TVOC-mittaukset IoT-antureilla ovat vielä suhteellisen epäluotettavia tutkimuksen mukaan ja mittausdatan visualisointi voi aiheuttaa turhaa huolta rakennusten käyttäjissä. Jatkuvatoimisesta TVOC-mittauksesta kannattaakin näyttää mittaustuloksen sijaan tieto “nousemassa” tai “laskemassa” tai tieto kiinteistönhoitajalle siitä, jos mittaustulos jää pysyvästi koholle eikä lähde laskemaan.

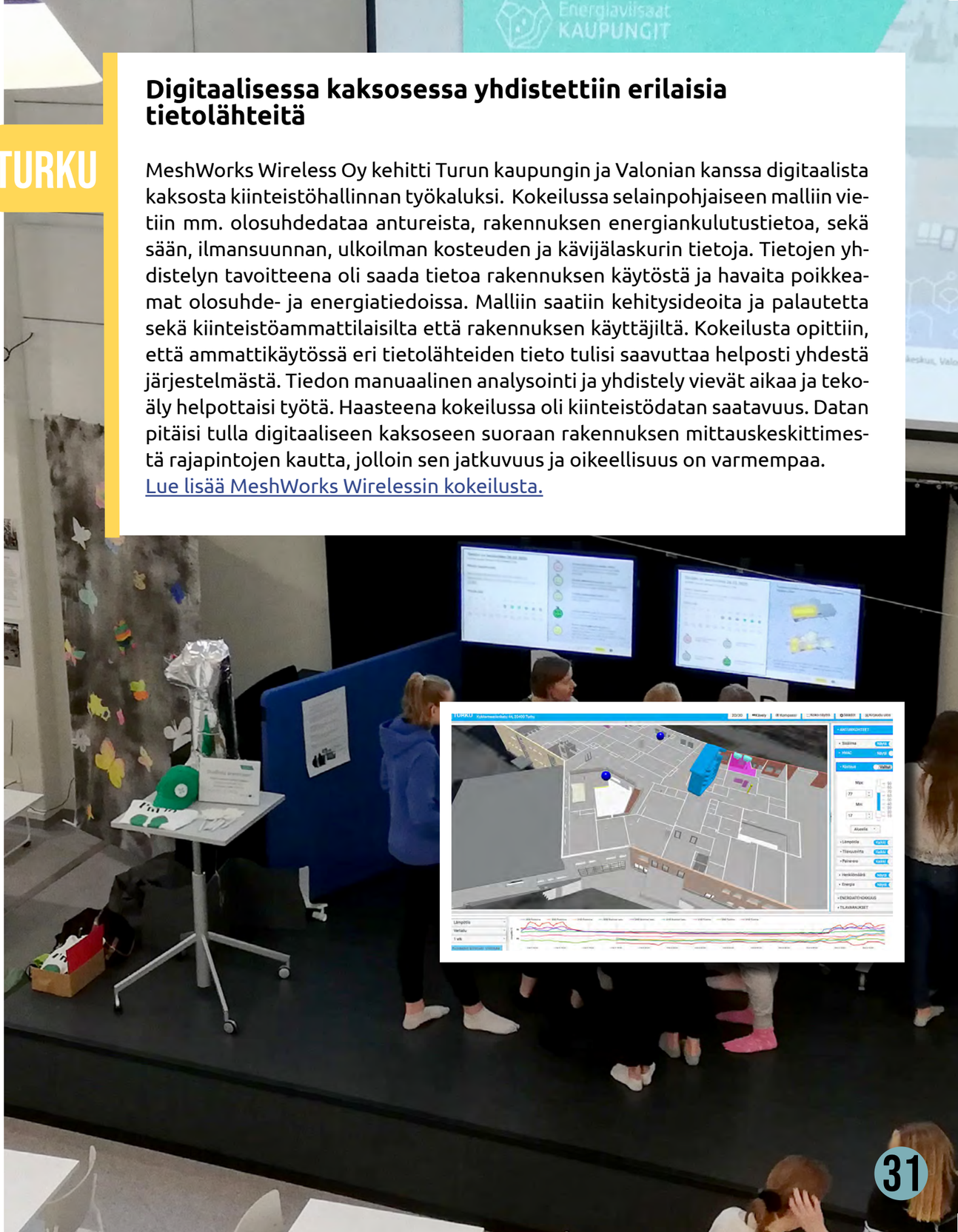
Pienhiukkaset ovat vielä suhteellisen tuntematon käsite monille. Koska sisäilman pienhiukkaspitoisuudet noudattavat pitkälti ulkoilman hiukkaspitoisuuksien käyttäytymistä, eikä rakennuksen käyttäjä oikeastaan voi vaikuttaa niihin, ei niitä välttämättä kannata visualisoida käyttäjille. Huoltonäkökulmasta kannattaa vertailla pienhiukkaspitoisuuksia ulkoilman pitoisuuksiin ilmanvaihdon suodattimien toiminnan arvioimiseksi. Pienhiukkaspitoisuuksien mittauksia voidaan hyödyntää myös paloturvallisuuden parantamiseen.

Tietojen yhdistely

Jotta visualisoinnista olisi hyötyä ja se olisi mahdollisimman kiinnostava, tulisi energia- ja olosuhdetiedon yhteyteen tuoda muutakin tietoa. Järjestelmään on tärkeää tuoda selventävää lisätietoa mittauksista sekä muutakin saatavilla olevaa ja hyödyllistä tietoa. Tietoa kannattaa yhdistellä ja pyrkiä analysoimaan järjestelmän erilaisia tietoja yhdessä.

Datan visualisointi rakennuksissa yksinään ei riitä, vaan käyttäjille kannattaa tuoda mittausten tulkinnan tueksi olennaista tietoa. Olosuhdemittausten tueksi voi tuoda tietoa siitä, mitä oireita esimerkiksi kuiva sisäilma voi aiheuttaa tai miltä se voi tuntua? Milloin ehkä kannattaisi lähteä ulos raittiiseen ilmaan pois tilasta? Rakennusten käyttäjät ovat olleet kiinnostuneita myös siitä, kuinka suuri osa rakennuksen energiankulutuksesta katetaan aurinkopaneeleilla tai mitkä ovat energiankulutuksen hiilidioksidipäästöt. Vedenkulutuksen lukemia voi olla mielenkiintoista verrata esimerkiksi suihku- ja luokkatilojen käyttöön. Samalla, kun energiatietoja visualisoidaan, voidaan tuoda esille muita fiksuihin valintoihin opastavia vinkkejä. Myös sää ja kellonaika ovat hyödyllisiä tietoja. On silti hyvä muistaa, että keskimäärin katsoja katsoo esimerkiksi infonäyttöä vain muutaman sekunnin ajan ja lisätietoa hyödyntävät yleensä asiasta kiinnostuneet. Esimerkkejä tällaisten lisätietotekstien muotoiluun voit ladata Energiaviisaat kaupungit -hankkeen verkkosivuilta.

Tietojen yhdistäminen tarjoaa ammattikäyttäjille kiinnostavia mahdollisuuksia rakennusten käytön analysointiin. Olosuhteiden seurannan yhteyteen on myös toteutettu palautejärjestelmiä sisäolosuhteista, jolloin saadaan sekä mitattu olosuhde että koettu olosuhde samaan järjestelmään. Mielenkiintoista on myös yhdistää rakennuksen käyttöastetietoja energiankulutukseen sekä havainnollistaa muutoksia tässä. Tietojen yhdistely ja analysointi ovat erityisen olennaisia rakennuksia koskevan seurannan ja päätöksenteon tukena. Tiedon manuaalinen analyysi on kuitenkin erittäin työlästä, ja tulevaisuudessa sitä tekevät yhä enemmän algoritmit ja erilaiset tekoälysovellukset.



TURKU

Digitaalisessa kaksosessa yhdistettiin erilaisia tietolähteitä

MeshWorks Wireless Oy kehitti Turun kaupungin ja Valonian kanssa digitaalista kaksosta kiinteistöhallinnan työkaluksi. Kokeilussa selainpohjaiseen malliin vietiin mm. olosuhdedataa antureista, rakennuksen energiankulutustietoa, sekä sään, ilmansuunnan, ulkoilman kosteuden ja kävijälaskurin tietoja. Tietojen yhdistelyn tavoitteena oli saada tietoa rakennuksen käytöstä ja havaita poikkeamat olosuhde- ja energiatiedoissa. Malliin saatiin kehitysideoita ja palautetta sekä kiinteistöammattilaisilta että rakennuksen käyttäjiltä. Kokeilusta opittiin, että ammattikäytössä eri tietolähteiden tieto tulisi saavuttaa helposti yhdestä järjestelmästä. Tiedon manuaalinen analysointi ja yhdistely vievät aikaa ja tekoäly helpottaisi työtä. Haasteena kokeilussa oli kiinteistödatan saatavuus. Datan pitäisi tulla digitaaliseen kaksoseen suoraan rakennuksen mittauskeskittimestä rajapintojen kautta, jolloin sen jatkuvuus ja oikeellisuus on varmempaa.
Lue lisää MeshWorks Wirelessin kokeilusta.

Energia-aiheisen mobiilipelin kehittämisessä hyödynnettiin rakennusten kulutusdataa

TURKU

Turun kaupunki ja Valonia toteuttivat yhdessä kokeilun Punnu Games Ay:n kanssa kaupungin rakennusten energiadatan pelillistämisestä ja visualisoinnista. Kaupunki sai ideoita, miten rakennusten dataa voisi esittää kiinnostavasti ja Punnu Games palautetta kehittämänsä Fantastic Energy -mobiilipelin toteutukseen. Kokeilua varten luotiin sovellus, jossa oli näkyvillä 30 erilaisen turkulaisen palvelurakennuksen Turku Energian kautta tuleva data. Esimerkiksi veden kulutuksen määrää havainnollistettiin vesiputouksen avulla ja tuulimyllyn pyörimisnopeus kasvoi ja hidastui energiankulutuksen mukaan. Saadun palautteen mukaan grafiikat olivat hienoja, mutta ne eivät sellaisenaan kerro tarpeeksi. Visualisoinnin lisäksi esimerkiksi sähkönkulutuksen määrä on tärkeä tieto, jonka tulisi olla näkyvillä. Energiatietoa voi tehdä helpommin ymmärrettäväksi yhdistämällä numeerista tietoa sekä niiden tulkintaa tukevia visualisointeja. Lue lisää Punnu Gamesin peliprojektista.

Esimerkkitoteutuksia

Ennen visualisoinnin toteuttamista kannattaa ensin kartoittaa olemassa olevia ratkaisuja. Seuraavassa on listattu kolme erilaista toteutustyyppiä, niiden ominaisuuksia ja vaatimuksia. Lisätietoa ja lisää esimerkkejä löytyy verkkosivuiltamme teemoilla energiatiedon havainnollistaminen ja sisäilmaolosuhteiden seuranta ja suoraan toteuttajilta kysymällä. Päivittyvää tietoa voidaan visualisoida eri laitteille sopivilla tavoilla. Toiset tavat kääntyvät paremmin käytettäväksi älypuhelimilla, toiset puolestaan soveltuvat lähinnä tietokoneilla käyttäviksi. Tärkeää on ottaa mukaan ICT-asiantuntijoita digitaalisten ratkaisujen kehittämiseen. Digitaaliseen datavisualisointiin löytyy myös oppaita, kuten Xamkin lyhytopas, joihin kannattaa tutustua.

Verkkosivutoteutus, eli päivittyvän tiedon näyttäminen verkkosivuilla, on energia- ja olosuhdetiedon visualisoinneista ehkä perinteisin, mutta myös todella monipuolinen. Verkkosivuja voidaan katsella esimerkiksi infonäyttöjen, tietokoneiden ja puhelinten välityksellä. Ratkaisuja voi olla hyvin erityyppisiä, ja toteutukset voivat olla hyvinkin kustannustehokkaita ja kevyitä. Jos data-alustana on esim. Microsoft Azure, voi visualisointeja toteuttaa kevyesti Microsoft Power BI:n avulla. Usein myös esimerkiksi aurinkopaneelien toimittajilla on omat verkkosivuratkaisunsa paneelien tuoton visualisointiin. Haasteena voi olla tässä toteutuksessa se, miten tiedosta saadaan kiinnostavaa ja ymmärrettävää ratkaisun käyttäjille.

Digitaalinen kaksonen eli digikaksonen (eng. Digital Twin) yhdistää rakennuksen 3D-malliin mitattua ja päivittyvää tietoa. Rakennuksen datan lisäksi digikaksonen havainnollistaa myös koko rakennusta ja liittää datan siihen. Digitaaliset kaksoset toimivat erityisen hyvin kiinteistönhuoltoon ja ylläpitoon liittyvissä asioissa, ja kun tarvitaan kokonaiskuvaa esimerkiksi rakennuksen kokonaisilmalaadusta olosuhdemittausten pohjalta. Uusista ja vasta peruskorjatuista rakennuksista löytyy todennäköisesti rakentamisen aikaiset mallit, joita voi hyödyntää digitaalisen kaksosen kehittämiseen. Digitaaliset kaksoset sisältävät kuitenkin paljon tietoa, ja siitä syystä ne ovat usein esimerkiksi puhelimille ja monille tietokoneillekin liian raskaita, eikä niitä kannata välttämättä näyttää infonäytöillä, ellei niitä pääse lähemmin tutkimaan ja liikuttelemaan. Digitaalinen kaksonen voi antaa rakennuksesta paljon sellaistakin tietoa, jota voidaan hyödyntää rikollisiin tarkoituksiin, jonka takia tietoturva on erityisen tärkeää huomioida.

Pelillistäminen ja virtuaalitodellisuusratkaisut, jossa rakennusten energia- ja olosuhdetietoa havainnollistetaan lisätyn todellisuuden (AR, augmented reality) tai virtuaalitodellisuuden (VR, virtual reality) kautta, ovat myös yksi vaihtoehto. Nämä ratkaisut vaativat eniten erityisasiantuntemusta ratkaisun kehittämiseen pelillisestä ja 3D-ympäristöjen suunnittelun näkökulmasta. AR- tai VR- ratkaisut vaativat myös enemmän laitteilta, joissa niitä käytetään. Kaikki nykyiset älypuhelimet eivät jaksa näitä pyörittää eikä ohjelmia saa ladattua kaikille laitteille.

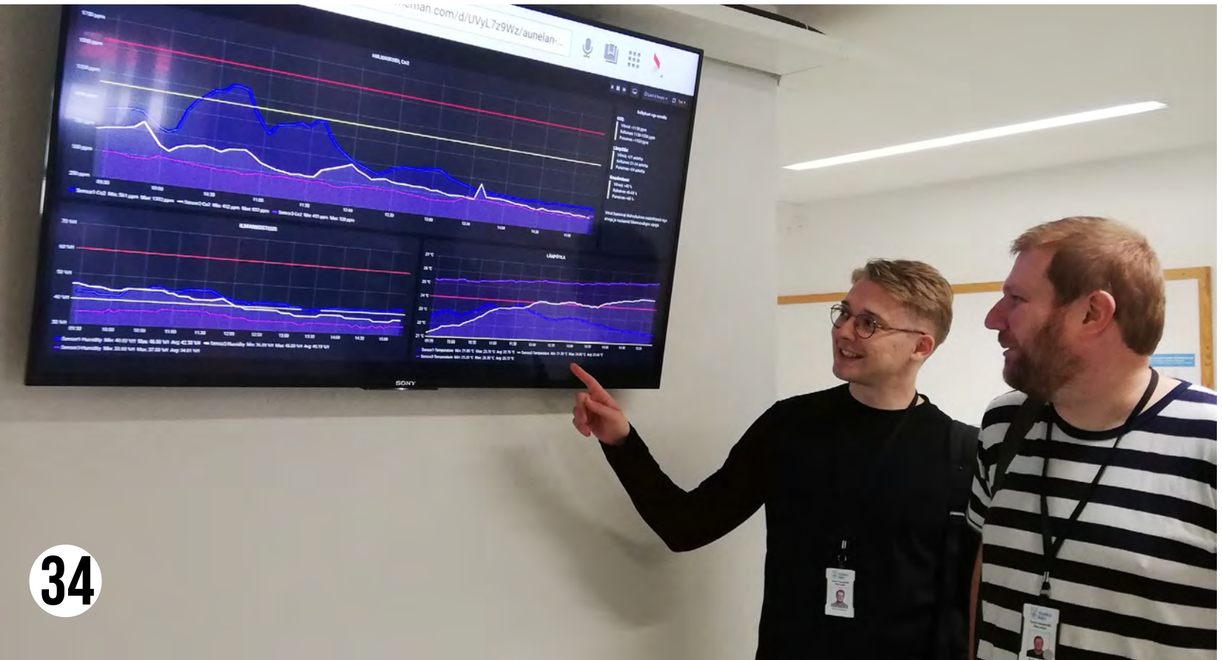
Hankinta

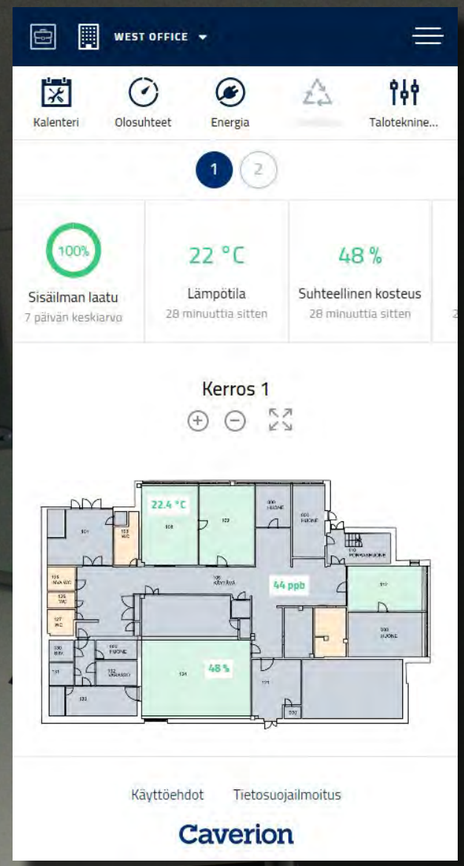
Visualisointi voidaan tehdä itse tai ostaa toteutus joltain ulkopuoliselta tarjoajalta. Mikäli käytettävissä on tiimi, jolla on koodaus ja visuaalisten käyttöliittymien rakentaminen hallussa, he pystyvät rakentamaan ainakin yksinkertaisen selainpohjaisen visualisoinnin kerätyn datan ja käyttäjätarpeiden pohjalta. Ensin kannattaa kuitenkin tutkia, mitä ratkaisuja markkinoilta löytyy valmiina. Tässä auttaa kokoamme lyhyt listaus ratkaisuja tarjoavista yrityksistä energiaviisaat.fi -sivustolla.

Tiedon visualisoinnin ostaminen ulkopuoliselta on ainakin aluksi helpompi tapa päästä kokeilemaan, mitä hyötyä tällaisesta saattaisi olla. Alkuun pääsee hankkimalla kevyen pilotin, jonka jälkeen voi arvioida omia ja ratkaisun käyttäjien tarpeita realistisemmin.

Visualisointipilotin ostaminen palveluna palvelukiinteistöön, kuten kouluun, on Energiaviisaat kaupungit -hankkeessa maksanut noin 5000-10 000 euroa. Kokeiluita on hankittu esimerkiksi kuvauksella, jonka voit lukea lataamalla pdf:n tästä.

Yksi tärkeä ero oman toteutuksen ja ulkopuolisen toteuttaman järjestelmän välillä ovat ylläpitokustannukset, jotka voivat nousta merkittäviksi, jos mukana on useita kohteita. Omassa järjestelmässä yhden kohteen tiedon säilytyksen ja yhteyksien kustannukset ovat alhaisemmat. Järjestelmien ulkopuolinen ylläpito voi maksaa kaikkea 40 eurosta 300 euroon kuussa per kohde, riippuen järjestelmän toimittajasta, laajuudesta ja tarkoituksesta.





ESPOO

Saaga-tietoaltaan tiedon visualisointia eri käyttäjäryhmille

Espoon kaupunki toteutti Saaga-tietoaltaansa pohjalta omia energia-, päästö- ja olosuhdetietojen visualisointejaan ja vertaili niitä Caverion Smartview:n visualisointeihin. Pilotin haasteina oli miettiä, miten tietoa visualisoidaan ja esitetään eri käyttäjäryhmille ja mitkä ovat tiedon keruun varmistamismenetelmät eri tietolähteistä. Tavoitteena oli löytää eri käyttäjäryhmille sopivia visualisointikeinoja ja esitystapoja sekä valita alusta visualisoinnin koostamiseen ja esittämiseen. Visualisointimalleille haluttiin myös löytää yhdenmukainen ja monistettava tietomalli. Pilottiin sisältynyt vertailu mahdollisti nopean oppimisprosessin Espoolle. Lue lisää Espoon kokeilusta.

KÄYTTÖ

Tässä osiossa kerrotaan lyhyesti, mitä kannattaa ottaa huomioon, kun energia- ja olosuhdetiedon visualisointia otetaan käyttöön ja käytetään, esimerkiksi viestintä sidosryhmien kanssa ja visualisoinnin onnistumisen arviointi.

4.

Viestintä ja muutoksiin varautuminen

Visualisoinnin toteutuksesta on tärkeää viestiä käyttäjille ja muille projektin sidosryhmille koko projektin ajan. Mikäli sidosryhmät ovat olleet mukana visualisoinnin suunnitteluprosessissa, he osaavat odottaa ratkaisun valmistumista ja käyttöönottoa. Tehokkaalla ja avoimella viestinnällä visualisointi saadaan hyvin lanseerattua käyttöön. Asiasta kannattaa myös viestiä visualisointia kokeilevan organisaation sisällä, jotta kaikki ovat tietoisia siitä, eivätkä aloita päällekkäisiä projekteja, tai esimerkiksi vahingossa katkaise visualisoinnin datayhteyksiä huolttotoimenpiteillään.

Mikäli visualisoinnin käyttäjiltä tulee kriittistä palautetta tai kysymyksiä jostain asiasta käytön aikana, tulee siihen reagoida ja mahdollisuuksien mukaan korjata. Visualisointiin joudutaan usein tekemään muutoksia käytön aikana, johtuen esim. laitteiden vaatimuksista, sovellusten toiminnasta tai käyttökokemuksesta. Olosuhdevisualisoinnilla ei ole tarkoituksena esimerkiksi lisätä rakennusten käyttäjien huolta sisäilmasta. Jos näin käy, tulee visualisointia kehittää. Muutosten tekemiseen kannattaakin valmistautua jo hankinta- ja toteutusvaiheessa.

TURKU

Käyttäjäpalaute vaikutti käyttöliittymän kehitykseen

Eeneman Oy kehitti yhdessä Turun kaupungin ja Valonian kanssa Aunelan koulussa olosuhdeantureista kertyvän datan (CO2, ilmankosteus, lämpötila) visualisointia ja käyttäjäpalautteenkeruuta selainpohjaisessa sovelluksessa. Anturit kiersivät eri luokissa ja oppilaat antoivat QR-koodin kautta palautetta kokemastaan sisäilman laadusta. Opettajien ja tilapalvelukeskuksen työpajasta saadun palautteen perusteella Eeneman päätti vaihtaa koko visualisoinnin käyttöliittymän uuteen. Näin järjestelmään saatiin vietyä paljon uutta tietoa, mm. sisäilmasta sekä palautekanavan palautteet. Kiinteistöammattilaisille tärkeää oli, että dataa pystyi tarkastelemaan haluamillaan ajanjaksoilla. Käyttäjillä oli tunnukset järjestelmään ja se oli myös näkyvissä koulun infonäytöllä. Jatkuva käyttäjäyhteistyö ja kehitystyö mahdollisti nopean reagoinnin vikatilanteisiin sekä tarvittavat muutokset käyttöliittymään. Lue lisää Eenemanin kokeilusta.

Visualisoinnin onnistumisen arviointi

Visualisoinnin vaikuttavuutta kannattaa arvioida projektin tavoitteiden kautta. Mikäli visualisointiprojektin tavoitteena on ollut vähentää kiinteistön energiankulutusta ja lisätä käyttäjien energiatietoisuutta, pitää vaikuttavuusarviointia lähestyä näistä näkökulmista. Arviointiin on monia tapoja, esimerkiksi kyselyt ja haastattelut sekä kulutusdatan seuranta. Vaikuttavuuden arvioinnin perustana on, että asian lähtötilanne on arvioitu samalla tavalla kuin lopputilanne: tähän käy esimerkiksi alku- ja loppukyselyn toteuttaminen visualisoinnin käyttäjille sekä energiankulutuksen tapauksessa energiankulutuksen seuranta kokeilujaksoa ennen ja sen ajalta. Mikäli visualisointiratkaisu on digitaalinen, siitä pystytään yleensä seuraamaan käyttäjämääriä, käyttöaikoja ja -tapoja. Nämä tiedot auttavat ratkaisun hyödyllisyyden arvioinnissa.

Kun ratkaisu on ollut hetken käytössä ja siitä on saatu todellisia käyttökokemuksia, voidaan todeta, ratkaiseeko visualisointi määriteltyä haastetta eli vastaako visualisointi käyttäjien tarpeisiin ja toteuttajan tavoitteisiin. Tätä kannattaa arvioida syvemmin keräämällä palautetta ja haastattelemalla visualisoinnin käyttäjiä ja toteuttajia sekä muita sidosryhmiä. Näin voidaan tehdä organisaatiokohtainen päätös siitä, kannattaako vastaavaa energia- ja olosuhdetiedon visualisointia toteuttaa suuremmassa mittakaavassa ja useampiin kiinteistöihin tulevaisuudessa.

eko KUMPPANIT

Helsinki

OULU

ESPOO

Vantaa

TURKU

TAMPERE

VALONIA

energiaviisaat.fi