

Seminaarinmäen kaukolämmön kulutusjoustopilotti

Raportti

10.6.2020



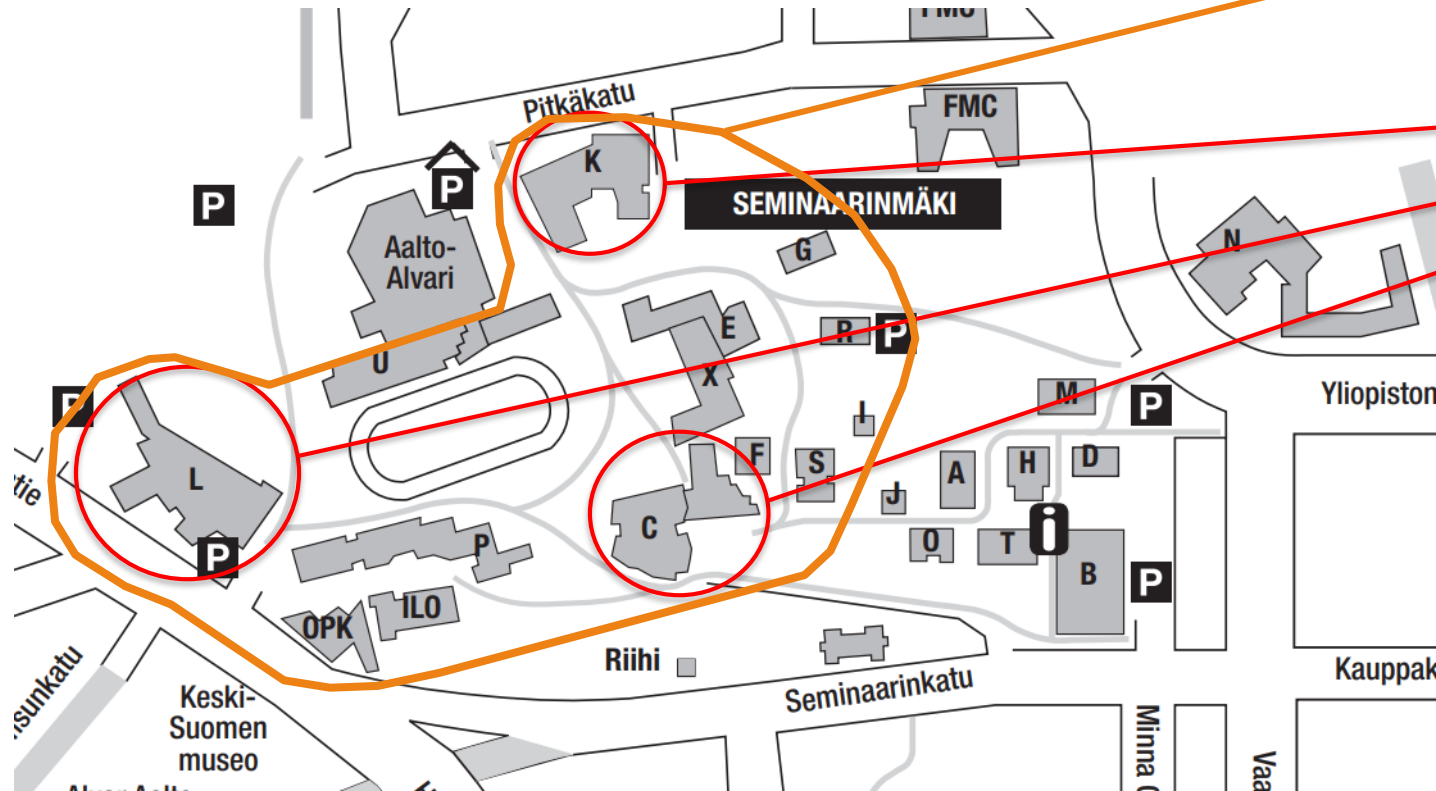
Pilotin tavoite

- Kulutusjouston tavoitteena on leikata kaukolämpöverkon tehoa hetkinä, jolloin tuotannossa siirryttäisiin ympäristöä kuormittavien tuotantolaitosten käyttöön. Kulutuspuolella tapahtuvan jouston ansiosta saadaan energiantuotannosta entistä puhtaampaa, kestävämpää ja edullisempää.
- Alva, Suomen Yliopistokiinteistöt ja Granlund käynnistivät pilotin talvella 2019, jossa kaukolämmön kulutusjouston mahdollisuuksia testattiin Seminaarinmäen kampuksella Jyväskylässä.
- Pilotin tavoitteena oli tutkia kulutusjouston teknisiä toteutusmahdollisuuksia erityyppisissä rakennuksissa. Pilotissa seurattuja mittareita olivat hyvien sisäolosuhteiden pysyvyys joustojen aikana sekä joustojen suuruus.
- Seminaarinmäen kampusalueella on oma sisäinen lämpöverkko, jolloin kulutusjouston yhteisvaikutusta voidaan tehokkaasti tutkia kaukolämmön liittymispisteessä, rakennuskohtaisten vaikutusten lisäksi.



Kulutusjoustopilottiin valitut rakennukset

Jyväskylän Seminaarinmäen kampus



Seminaarinmäen alueverkon rakennusten bruttoala ~35 500 brm²

Pilotin kohteet:

Normaalikoulun ala-aste, ~6 400 brm²

Liikuntarakennus ~11 000 brm²

Päärakennus ~8 800 brm²

Kulutusjoustopilottiin ohjauksessa olevat komponentit

LÄMMITYSVERKOSTOT

- Patteriverkostot
- Lattialämmitysverkostot
- Suutinkonvektoriverkosto
- Säteilypaneeliverkosto

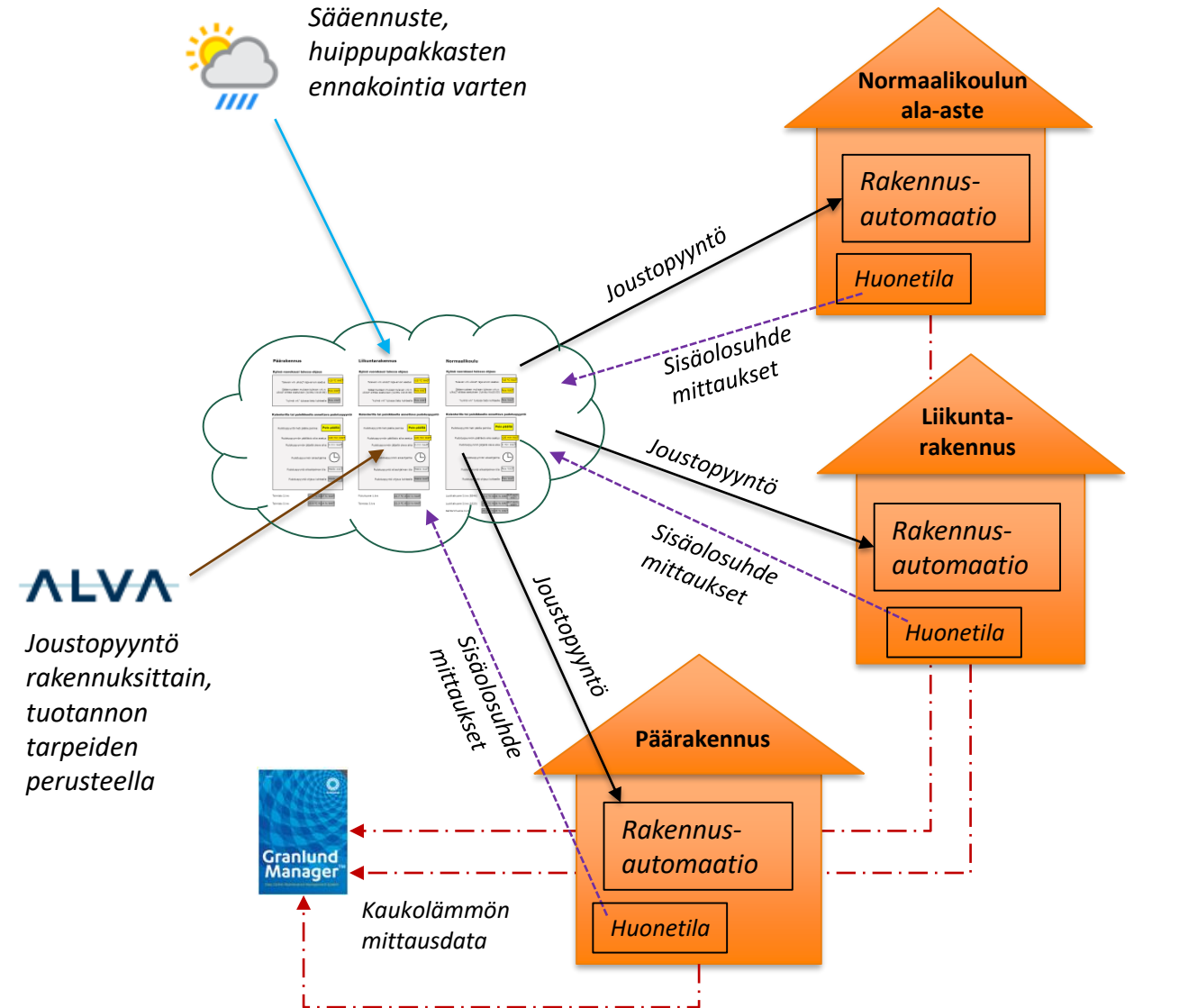
ILMANVAIHTOKONEET

- Vakioilmavirtakoneet
- Tarpeenmukaisesti ohjattavat koneet

Toteutusperiaate

Kulutusjouston arkkitehtuuri

- Kulutusjousto toteutetaan keskitetysti pilvipalvelun kautta:
 - Alva tilaa rakennuskohtaisesti joustoa tuotannontarpeidensa perusteella.
 - Sääennusteen perusteella leikataan koko Seminaarinmäen omaa huipputehoa, kun kylmä pakkasaamu on tiedossa.
 - Hyvien sisäolosuhteiden varmentamiseksi mittausdataa (huonetilojen lämpötila ja CO₂-pitoisuus) kerätään pilvipalveluun analysoitavaksi.
- Toteutuneet joustot analysoidaan rakennuskohtaisen kaukolämmön tuntikulutusdatan perusteella.
 - Tuntikulutusdata kerätään Granlund Manageriin.



Ohjattavat kohteet

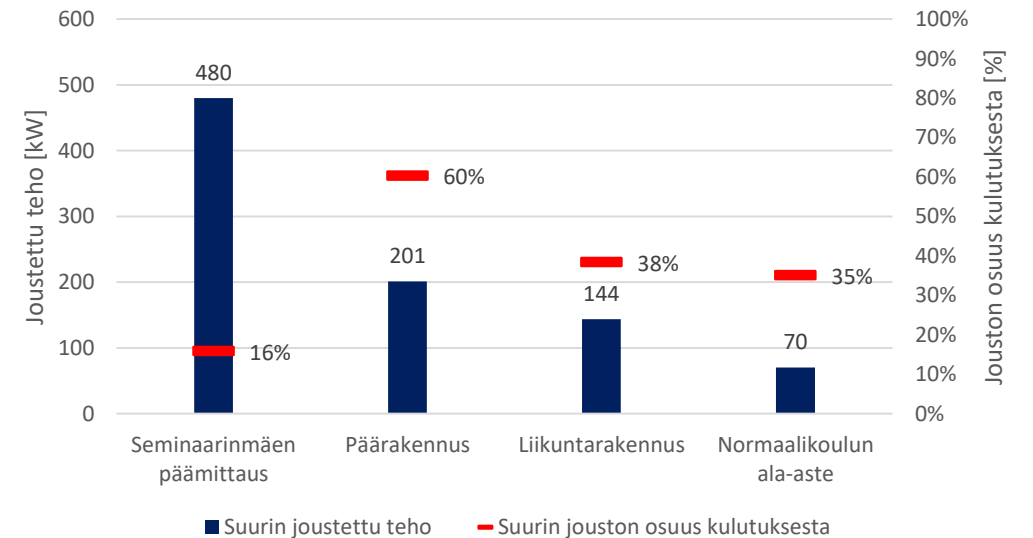
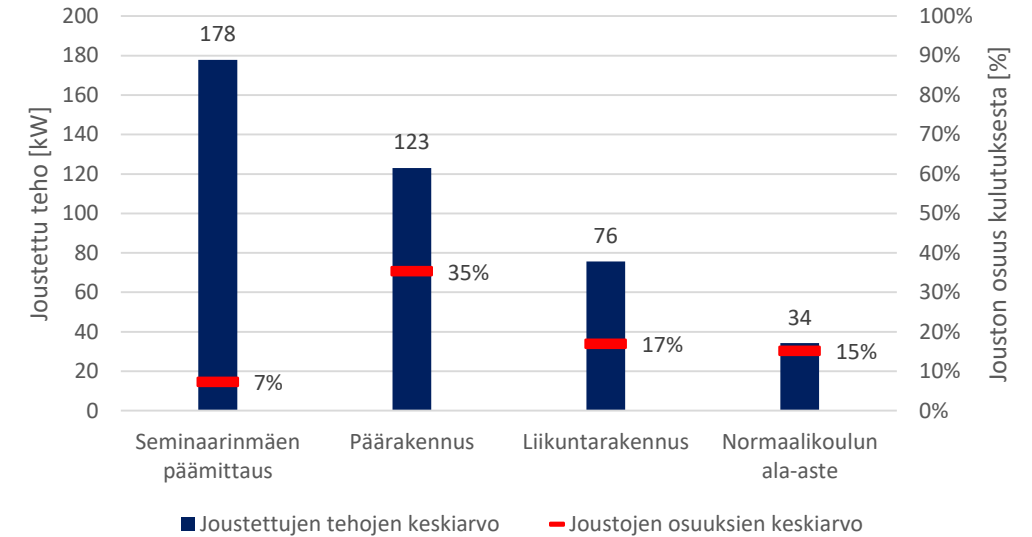
- Kulutusjouston piiriin valittiin seuraavan tyyppisiä lämmitysverkostoja sekä ilmanvaihtokoneita:
 - Päärakennuksessa:
 - Kaikki patteri- ja lattialämmitysverkostot
 - Vakioilmavirtaiset ilmanvaihtokoneet, jotka palvelevat rakennuksen hallinto- ja kirjasto-osia
 - Liikuntarakennuksessa:
 - Toimisto- ja opetustilojen suutinkonvektoriverkosto, liikuntatilojen kattosäteilyverkosto sekä pukuhuonetilojen lattialämmitysverkosto.
 - Palloilusalin ja voimistelusalin tarpeenmukaisesti ohjatut ilmanvaihtokoneet
 - Normaalkoulun ala-asteella:
 - Koulun patteriverkosto
 - Opetustilojen tarpeenmukaisesti ohjatut ilmanvaihtokoneet



Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Mittausdatan analysointi – kevät 2019

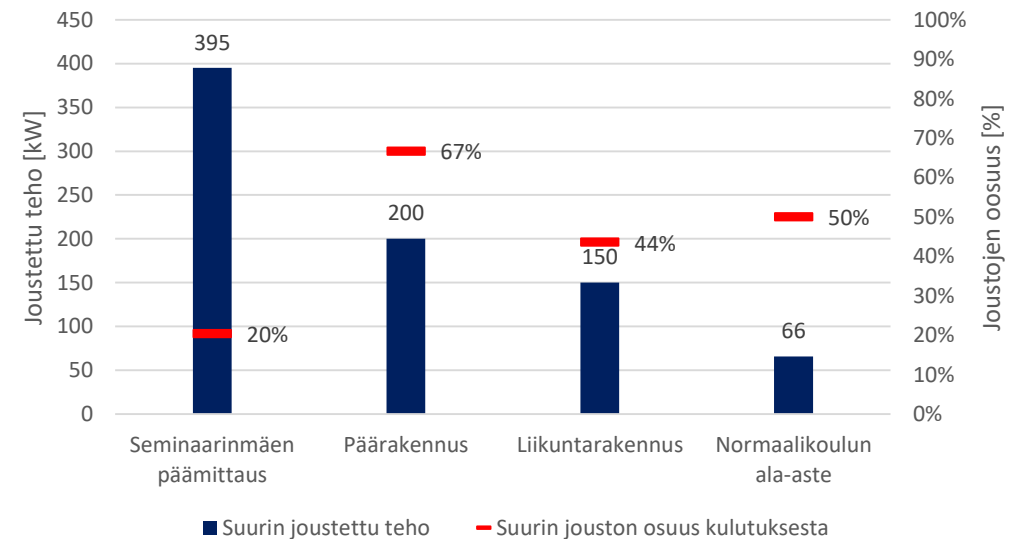
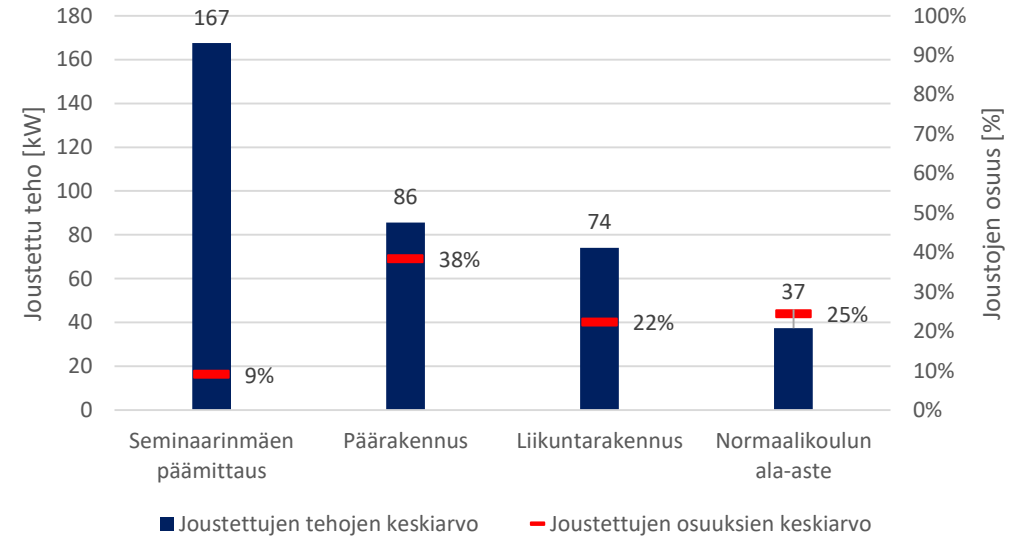
- Rakennuskohtaiset joustot ovat olleet keskimäärin 15-35 % (sen hetkisestä tehontarpeesta) pilotin aikana.
 - Tehoissa nämä vastaavat 30-120 kW:n rakennuskohtaista joustokapasiteettia.
- Suurin joustokapasiteetti on päärakennuksessa (sekä absoluuttisessa että prosentuaalisessa joustotehossa).
 - Tähän vaikuttaa se, että joustoon on saatu mukaan kohteen yksi suurimmista ilmanvaihtokoneista.
- Todennetut suurimmat joustot ovat olleet suurusluokaltaan 35-60 %:a rakennusten kokonaistehontarpeesta.
 - Tehossa nämä joustot vastaavat noin 70-200 kW:a rakennuskohtaisesti.
 - Nämä joustot on saatu toteutettua kovilla pakkasjaksoilla.
- Koko Seminaarinmäen tehoa on näiden kolmen rakennuksen yhteisvaikutuksesta leikattu keskimäärin 7 %:a (180 kW) ja maksimissaan 16 %:a (480 kW).
- Kulutusjoustolla ei ole ollut juurikaan vaikutusta sisäolosuhteisiin, jotka ovat säilyneet lähes muuttumattomina koko pilotointijakson ajan.



Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Mittausdatan analysointi –syksy 2019

- Pilotointia jatkettiin syksyllä 2019 ensin kahden, sitten 4-6 tunnin joustoilla. Myös joustojen asetusarvoja kiristettiin, jolloin joustojen prosentuaaliset tehot kulutukseen nähden saatiin suuremmiksi.
 - Koko Seminaarinmäen tehoa on näiden kolmen rakennuksen yhteisvaikutuksesta leikattu 15-20 %:a, kun jouta on toteutettu kiristetyin asetusarvoin, kahden tunnin ajan.
- Syksyn 2019 keli oli kevään 2019 joustojaksoa leudompi, jolloin varsinkin ilmavaihdosta saatava joustokapasiteetti on alhaisempi.
- Kiristyneiden joustojen vaikutukset ovat havaittavissa sisäolosuhteissa, hieman suurempina olosuhteiden muutoksina.
 - Sisäolosuhteet ovat kuitenkin edelleen pysyneet tavoitelluissa rajoissa.



Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Huipputeho

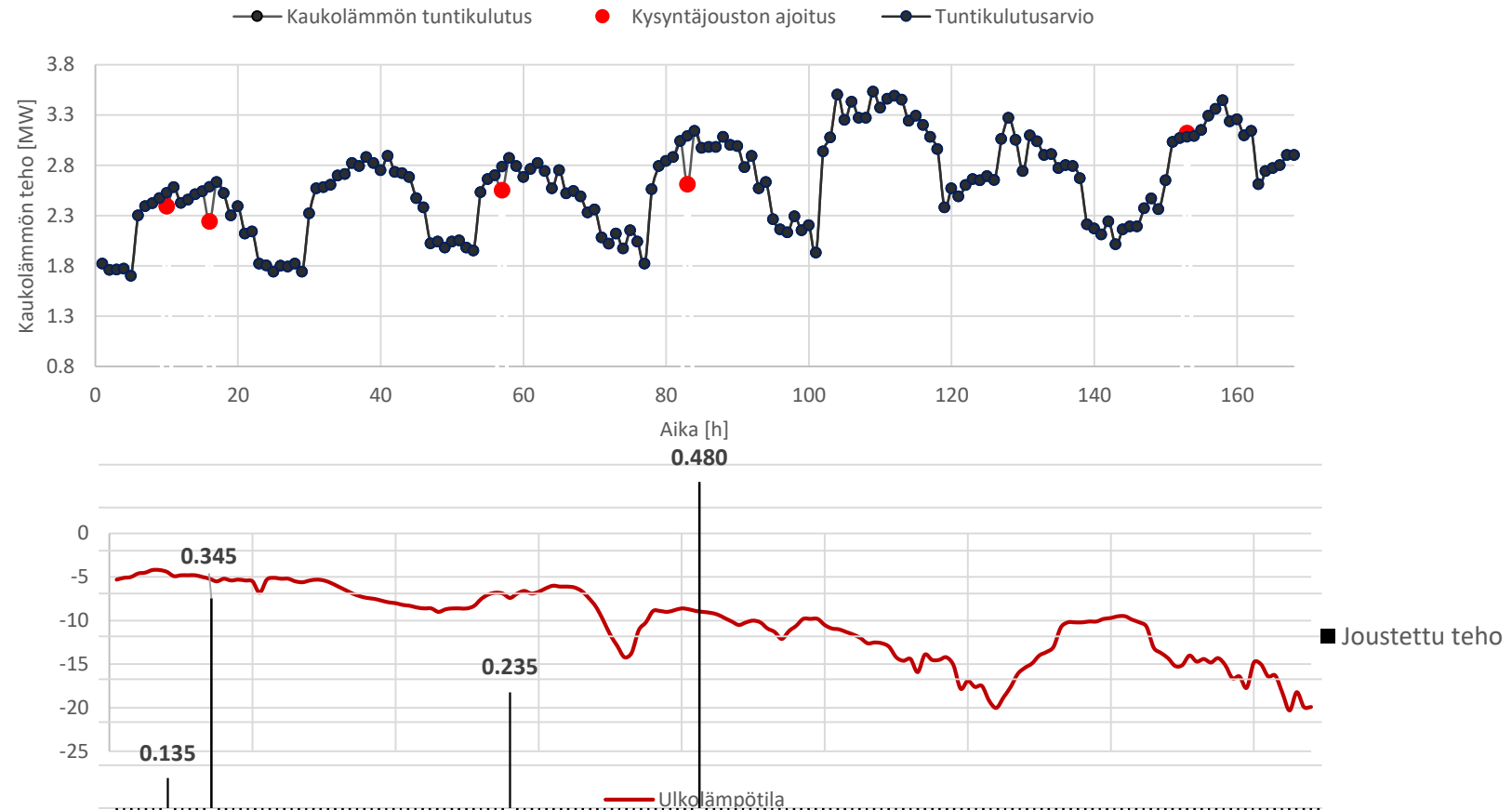
- Koko Seminaarinmäen alueen kaukolämmönkulutuksen huipputehoa leikataan alueen kulutusprofiilin ja sääennusteen perusteella.
- Alueen suurimpien kulutushuippujen leikkaamiseen tarvitaan joustoa vähintään 5 tunnin ajaksi. Tämän pituisilla joustojaksoilla ei tehoa saada leikattua yhtä paljon kuin hetkellisissä 1 – 2 tunnin mittaisissa joustoissa.
 - Joustot voidaan toteuttaa tällöin portaittain rakennuskohtaisesti, jolloin yksittäisen rakennuksen ei tarvitse joustaa pitkää ajanjaksoa kerrallaan.
- Mittausjakson aikana alueen (kokovuoden) huipputehoa on leikattu vain noin 100 kW.
 - Huipputehon leikkausta päästiin toteuttamaan vain kerran pilottijakson alkuvaiheessa, jolloin jouston asetusarvot olivat maltilliset. Tämän jälkeen kovia pakkasjaksoja ei ole toteutunut, eikä huipputehon leikkausta ole voitu toteuttaa.
 - Alueen huipputehon joustopotentialin arvioidaan olevan noin 350 kW:a nykyisillä joustoasetuksilla.
- Kaukolämmön tehomaksut nollattiin pilotin alkuvaiheessa, jolloin teholeikkauksen tuomat hyödyt kiinteistönomistajalle konkretisoituivat heti.
- Haasteita pitkän joustojakson todentamiseen tuo se, että alueesta tulisi olla erittäin tarkka tuntitason malli, jotta toteutunutta kulutusta voitaisiin verrata oletettuun kulutukseen, ja näin määrittää joustettu huipputeho tarkasti.
 - Maltilliset joustot menevät jopa mittaustarkkuuden rajoihin.

Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Nostoja

- Ohessa koko Seminaarinmäen kaukolämpöliittymästä tehtyjä mittauksia viikolta 3, 2019.
- Ulkolämpötila vaihtelee viiden ja kymmenen pakkasasteen välillä, niillä päivillä kun joustoja on tehty.
- Joustoja on saatu aikaan 135 kW – 480 kW tällä ajanjaksolla.

Koko Seminaarinmäen kaukolämpömittaus

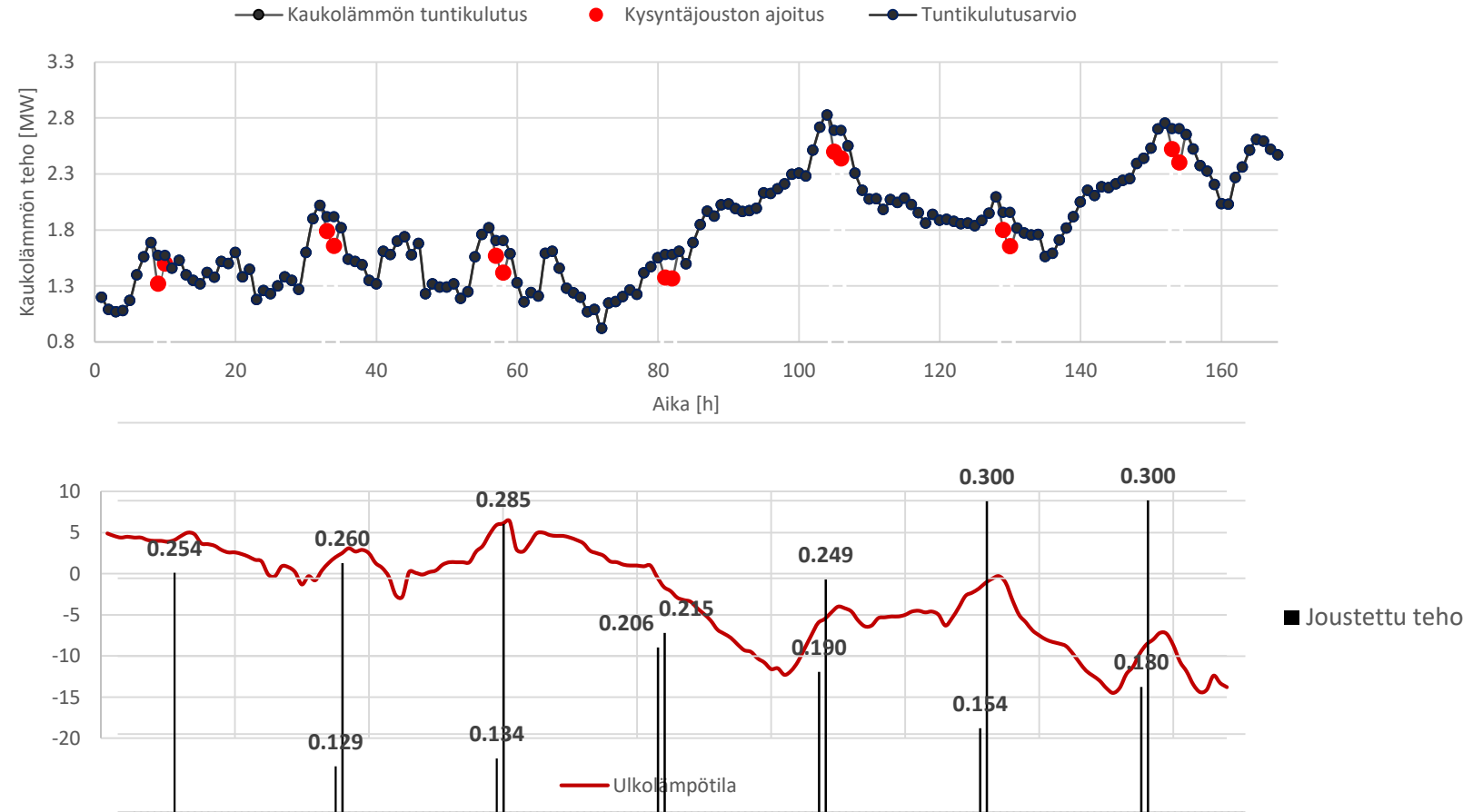


Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Nostoja

- Ohessa koko Seminaarinmäen kaukolämpöliittymästä tehtyjä mittauksia, kahden tunnin mittaisilla joustoilla (viikko 9, 2019).
- Ulkolämpötila vaihtelee plus viiden ja kymmenen pakkasasteen välillä, joustoja toteutettaessa.
- Kaukolämmön tehosta on saatu joustettua 130 kW – 300 kW tällä ajanjaksolla.

Koko Seminaarinmäen kaukolämpömittaus

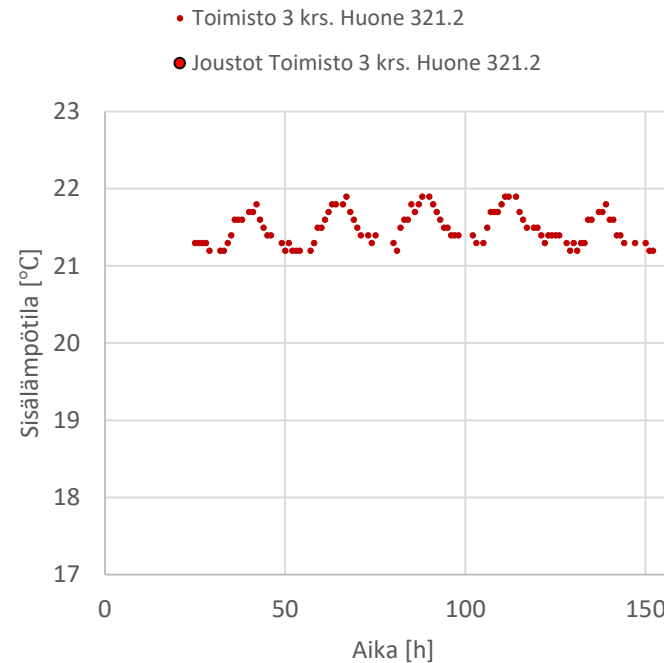


Pilotin keskeisimpiä tuloksia

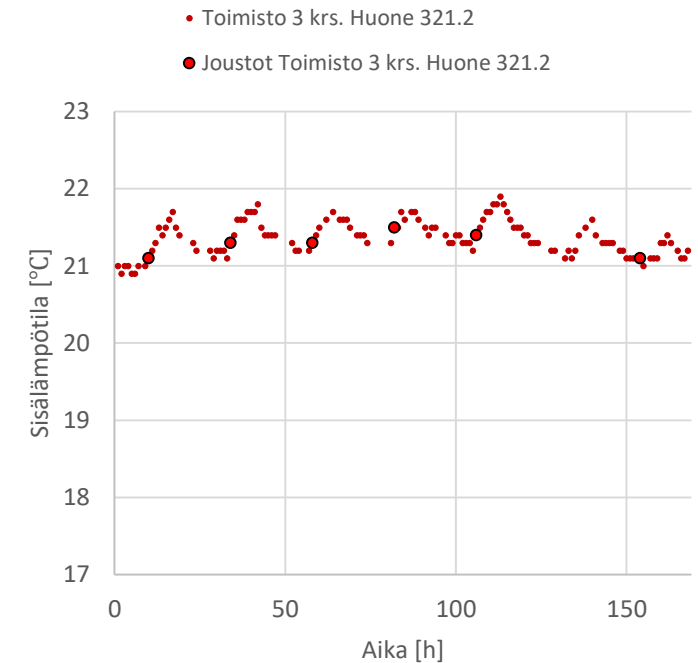
Nostoja

- Ohessa Seminaarinmäen päärakennuksessa olevan esimerkkihuoneen lämpötilamittauksia (viikot 40 ja 43).
 - Joustojen ajankohdat ovat merkattuina pisteinä.
- Viikolla 40 (vasen kuva) ei toteutettu joustoja, joten kuvasta nähdään kuinka sisälämpötilat muuttuvat normaalissa käytössä.
- Oikeanpuoleisesta kuvasta nähdään, että joustojen vaikutus ei käytännössä eroa juurikaan sisäolosuhteiden satunnaisesta vaihtelusta.
- Pidemmällä joustojaksoilla (4 tuntia) lämpötilat voivat laskea noin asteen.

Viikko 40
Päärakennus
-Ei joustoja



Viikko 43
Päärakennus
-Joustoja toteutettu



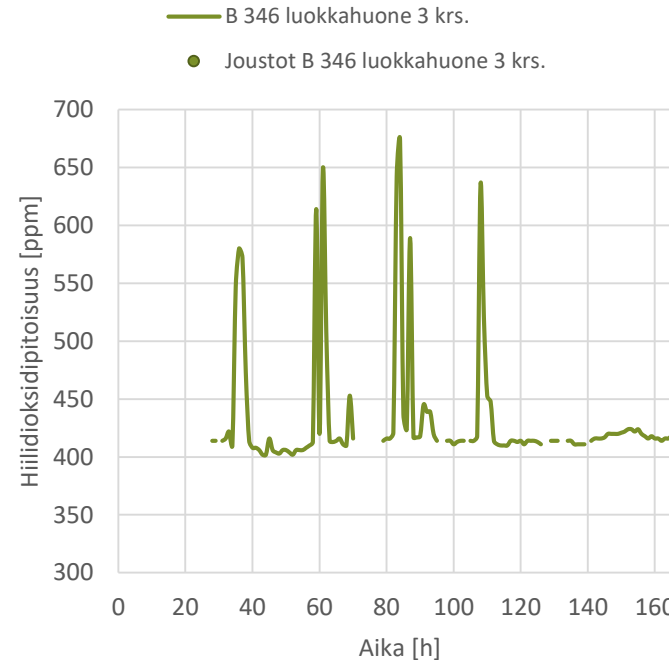
Pilotin keskeisimpiä tuloksia

Nostoja

- Ohessa Seminaarinmäen liikuntarakennuksen huoneen hiilidioksidimittauksia (viikot 40 ja 43).
 - Joustojen ajankohdat ovat merkattuina pisteinä.
- Viikolla 40 (vasen kuva) ei tehty joustoja, joten kuvasta nähdään taas huoneen hiilidioksidipitoisuuden käyttäytyminen normaalissa käyttötilanteessa.
- Oikeanpuoleisesta kuvasta nähdään, että joustojen vaikutus ei eroa juurikaan hiilidioksidipitoisuuksien normaalista vaihtelusta.

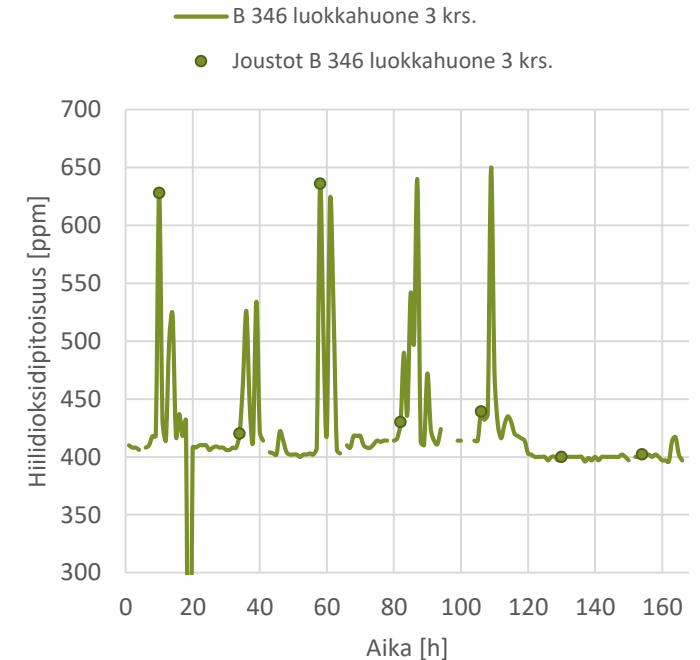
Viikko 40

Normaalikoulun ala-aste
-Ei joustoja



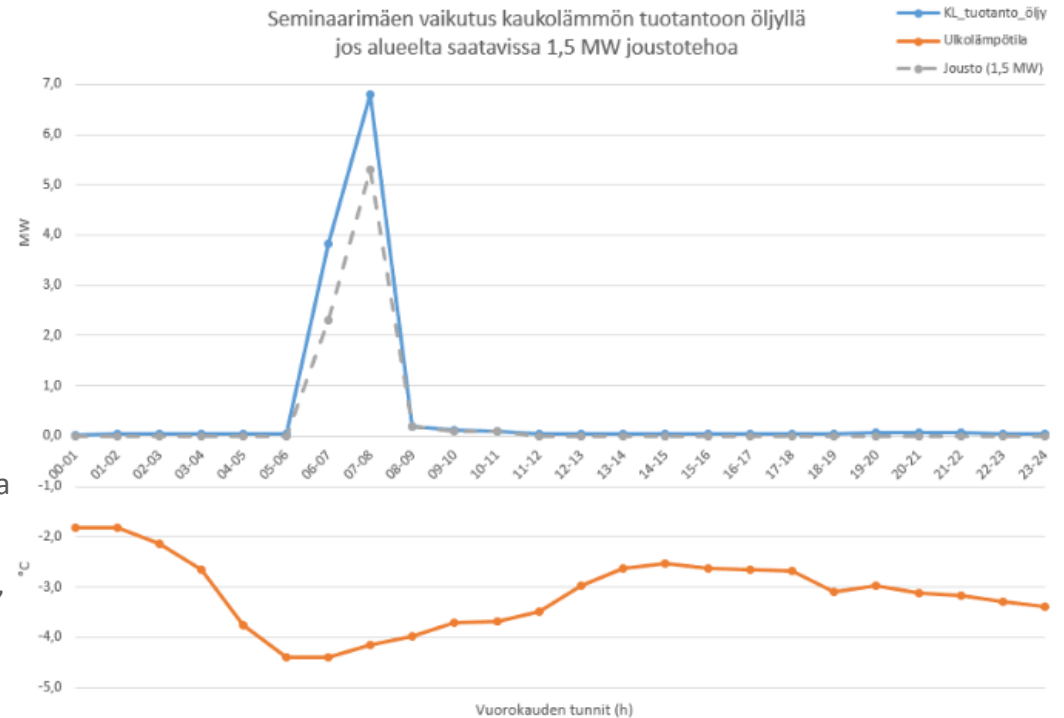
Viikko 43

Normaalikoulun ala-aste
-Joustoja toteutettu



Pilotin merkitys energiayhtiön näkökulmasta

- Alvan kaukolämpöverkossa tunnistetut potentiaalisimmat kysyntäjoustopotentialit: fossiilisten käytön minimointi, kaukolämpöverkon käytön optimointi, sähköntuotannon optimointi, häiriötilanteissa lämpimän käyttöveden turvaaminen, huippukapasiteetin tarpeen vähentäminen.
 - Kaukolämpöverkossa joustotehoa saatava vähintään 5-10 MW, että lämmöntuotannon optimoinnista on odotettavissa taloudellisia hyötyjä.
 - Alvan tavoitteena luoda kysyntäjoustopotentialista tuote, minkä hyödyt ovat jaettavissa asiakkaan ja energiayhtiön välillä.
- Seminaarimäen alueella on suuri joustopotentiali, jos koko alueelle toteutettavissa, tehoa leikattavissa jopa 1-2 MW riippuen ulkolämpötilasta.
 - Seminaarimäen kysyntäjoustopilotti on teknisesti onnistunut siitä näkökulmasta, että järjestelmällä voidaan hetkellisesti laskea tehontarvetta kiinteistöissä ja vaikutus nähdään vuorokauden kulutusprofiilissa.
 - Haasteina pilotissa on ollut automaattisten takaisinkytkentöjen sekä jouston jälkeisen tehontarpeen hallitun palautumisen puuttuminen. Kiinnittämällä huomioita näihin toimenpiteisiin, saadaan sisäolosuhteet turvattu paremmin joustojen aikana ja voidaan välttää jälkipiikin syntyminen.
 - Jatkossa tulisi selvittää millä toimenpiteillä Seminaarimäen alueella kysyntäjoustopotentialia tulisi laajentaa, jotta saavutettaisiin suuremmat joustotehot.



- Keijonlahden voimalaitos on saavuttanut kaukolämmöntuotannon maksimitehonsa aamulla 3.3.2020
- Jouduttu käynnistämään öljykattila muutamaksi tunniksi aamupiikistä johtuen

Ohjeistusta tuleviin kohteisiin

Kulutusjouston suunnittelu

- Kulutusjoustokohdetta valittaessa on hyvä kartoittaa jouston kannalta potentiaalisimpia ominaisuuksia:
 - Ilmanvaihtokoneet, joissa suuret ilmavirrat
 - Suuritehoiset lämmitysverkostot
- Heti projektin alkuvaiheessa tulisi käydä keskustelut paikallisen energiayhtiön kanssa, jotta joustoista saadaan parhaiten yhteiskunnallinen hyöty irti.
 - Tulevaisuudessa kulutusjouston ohjaus voidaan kytkeä suoraan energialaitosten tuotannon-ohjausjärjestelmiin. Rajapinta-asiat on hyvä selvittää ennen kulutusjouston tarkempaa suunnittelua.
- Kulutusjouston suunnittelun yhteydessä on hyvä selvittää myös rakennuksen muut energiansäästötoimenpiteet, jotta kokonaisuudesta saadaan mahdollisimman monipuolinen ja kaikkia osapuolia palveleva.
- Kohteen valikoiduttua tulee tutkia automaatiojärjestelmä, ja sen ohjausperiaatteet lävitse. Ilmanvaihdon kulutusjousto-ohjausten kannalta kriittisimmät tilat ja ilmamäärän joustopotentialisuus voidaan kartoittaa simulointien perusteella.
- Kulutusjouston toteutuksen vaatimat ohjauskäskyt kohdistetaan suoraan rakennuksen automaatiojärjestelmään niin, että joustot ja siihen liittyvät ohjausarvot ovat nähtävissä kohteen valvomosta.
 - Automaatiojärjestelmiä ei saa ohittaa
- Ohjauskäskyt annetaan erikseen luodusta pilvipalvelusta tai energiayhtiön omasta alustapalvelusta.
 - Tapauksesta ja yhtiöstä riippuen, toteutus voidaan tehdä myös pilvi-pilvi integraatiolla, jolloin energiayhtiön alustasta tuodaan signaalit rakennusta varten luotuun älykkääseen pilvipalveluun, joka lähettää signaalit rakennuskohtaisesti.



Ohjeistusta tuleviin kohteisiin

Mittaroinnit ja käyttäjäpalaute

- Kulutusjouston kannalta mittaroidaan vähintään kriittisimmät tilat:
 - Kylmimmät kulmahuoneet ja suuri-ikkunaiset tilat
 - Ilmanvaihtokoneiden palvelualueiden herkimmät tilat, joissa muutokset ilmamäärissä vaikuttavat nopeasti sisäolosuhteisiin.
 - Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi luokahuoneet, atk-tilat, pienet toimistokopit
- Sisäolosuhdemittauksia olisi hyvä tehdä kriittisten tilojen lisäksi myös muutamassa muussa rakennuksen tilatyypissä (kuten avokonttoreissa, kahviloissa, auloissa, jne.) luotettavan yleiskuvan saamiseksi.
- Olosuhdemittauksien tulisi tehdä takaisinkytkentänä kulutusjousto-ohjausjärjestelmään, jolloin määritettyjen raja-arvojen ylittyessä joustot pysäytetään automaattisesti.
- Käyttäjäläpälautteen kerääminen on tärkeää olosuhdemittauksien lisäksi. Mittauksien tulokset eivät välttämättä kerro kaikkea. Esimerkki:
 - Kuuma patteri estää kylmän ilman valumisen ikkunan edestä alaspäin. Kun patterin lämpötilaa alennetaan, saattaa tämä kriittinen lämpötila ylittyä, jolloin ilma valahtaa alas. Tämä aiheuttaa vedon tunnetta, vaikka sisälämpötila pysyisikin halutussa asetusarvossa.
- Kulutusjouston todentamiseksi tarvitaan riittävä tarkkuus kaukolämmön päämittauksessa.
 - Kaukolämmönkulutusta tulisi kyetä seuraamaan vähintään tunnin resoluutiolla ja 10 kW:n tarkkuudella.

