



Kaukolämmön ja vesihuollon sektori-integraatio

19.9.2025, Petri Hietaharju, Oulun yliopisto

Automaatio vihreässä siirtymässä -webinaari:

Arvoketjun osien koordinointi ja sektorikytkennät



KAVENERO hanke



Euroopan unionin
osarahoittama



POHJOIS-
POHJANMAA
COUNCIL OF OULU REGION



- KAVENERO – Kaukolämpö- ja vesihuoltojärjestelmien energiatehokas sektori-integraatio kaupunkien vihreän siirtymän edistämiseksi
- EAKR-hanke, 1.3.2024 – 28.2.2026
- Hanke pyrkii parantamaan sektori-integraation avulla kaupunkien kaukolämmön ja vesihuollon energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä vähentämällä polttoaineenkulutusta ja tehostamalla jätevedenpuhdistusta
- Hanke tuottaa uutta tietoa sektori-integraation energiatehokkuus- ja ympäristövaikutuksista sekä optimaalisesta toteutuksesta
- Mukana:
 - Oulun yliopisto (Säätötekniikan tutkimusryhmä ja Vesihuolto ja vesienkäsittely -tutkimusryhmä)
 - Oulun Energia Oy
 - Oulun Vesi Oy
 - Oulun kaupunki



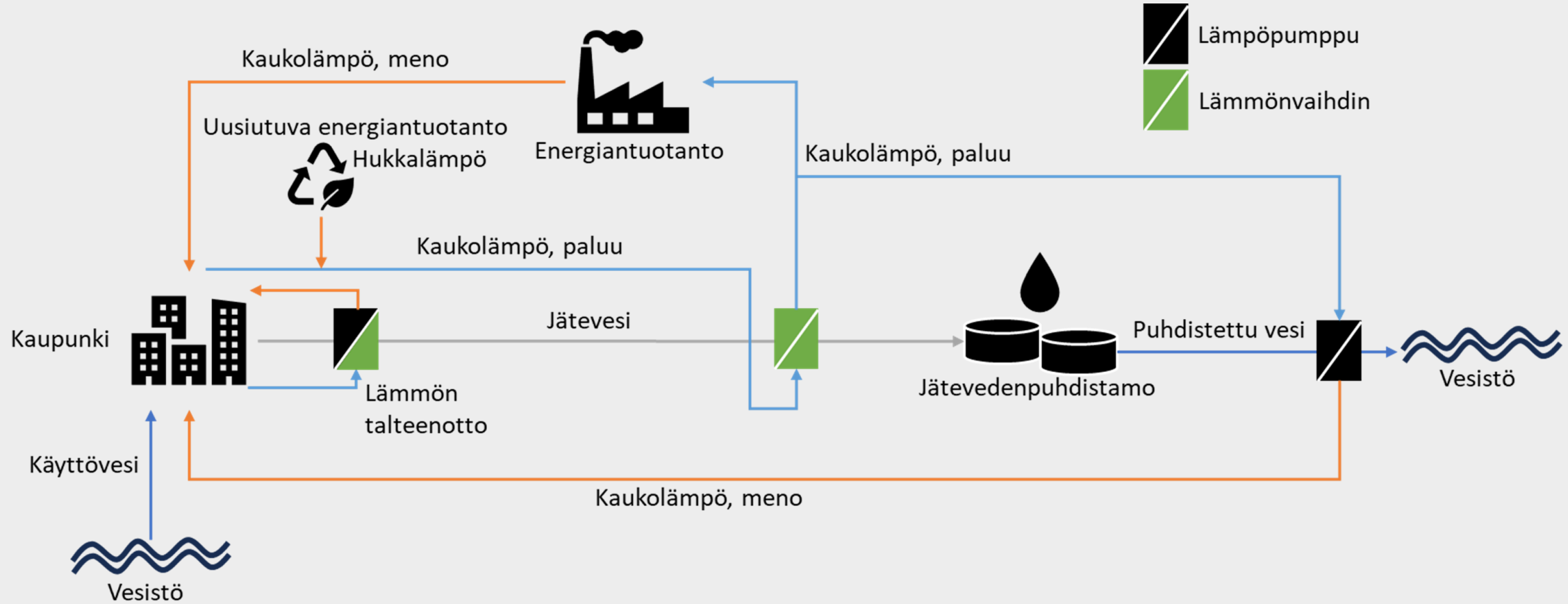


Tausta

- Jäteveden typenpoiston haasteet
 - Liika typpi aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä ja happikatoa
 - Biologisen puhdistusprosessin teho riippuu jäteveden lämpötilasta, joka vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenajan mukaan
 - Suomessa typenpoisto nostaa kustannuksia; kylmät olosuhteet ovat johtaneet erikoislupiin, mutta typenpoistovelvollisuus kiristynee
- Ratkaisuja ja mahdollisuuksia
 - **Kaukolämmön paluuveden hyödyntäminen:** Paluuvedellä voisi lämmittää jätevettä → parantaa lämmöntuotannon hyötysuhdetta ja vähentää polttoaineen kulutusta
 - **Hukkalämmöt ja uusiutuva energia:** Usein matalat lämpötilat → voitaisiin lisätä kaukolämmön paluupuolelle → nostaa paluuveden lämpötilaa → paluuveden lämpöenergian hyödyntäminen jäteveden lämmityksessä
 - **Rakennuskohtainen jäteveden lämmön talteenotto:** Jäteveden mukana poistuu paljon lämpöä → talteenotto voisi tuottaa merkittävästi energiaa, mutta alentaisi jäteveden lämpötilaa → jäteveden lämmitys mahdollistaisi laajamittaisen toteutuksen

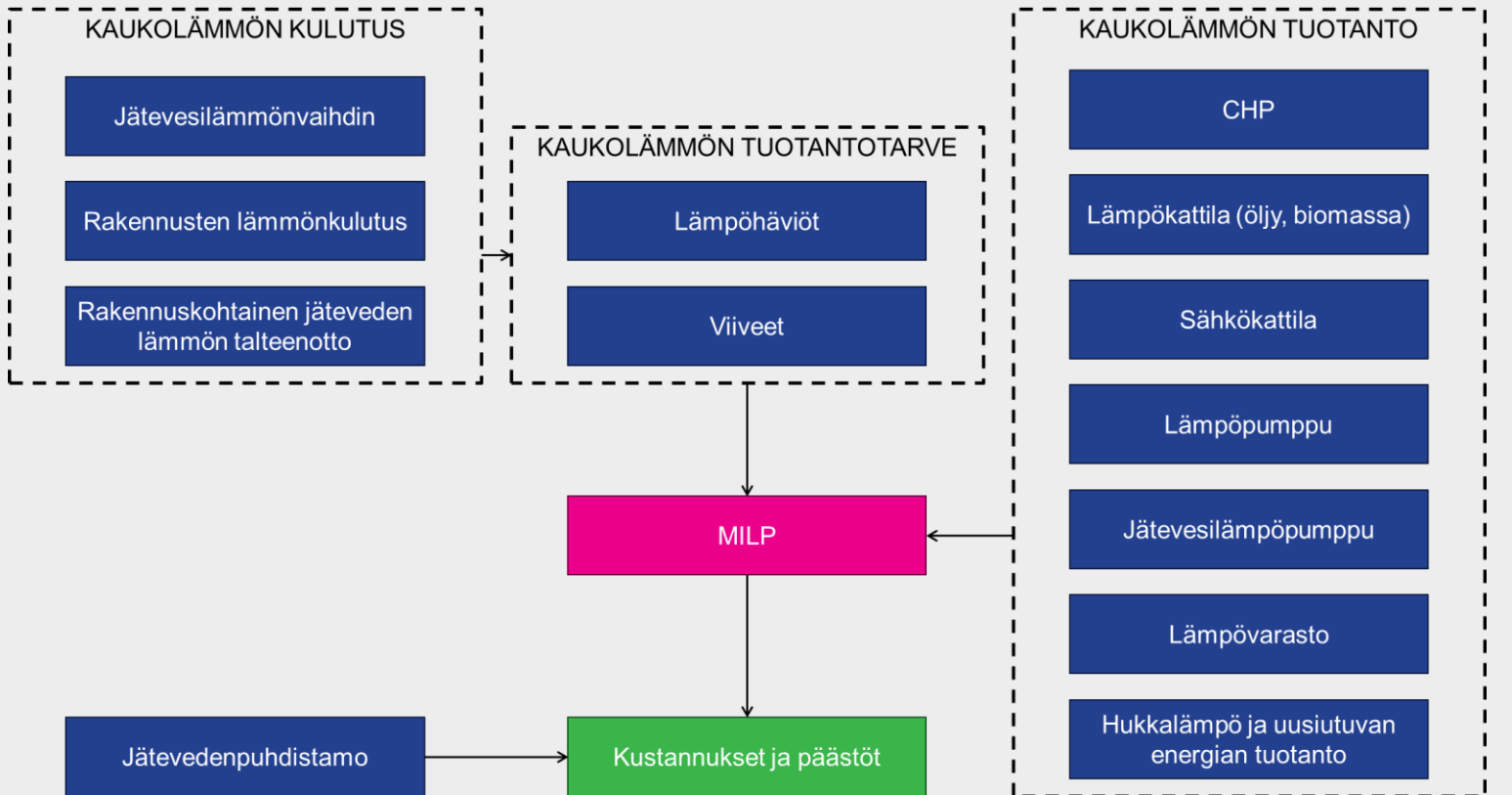


KAVENERO - konsepti





Optimointisimulaattori

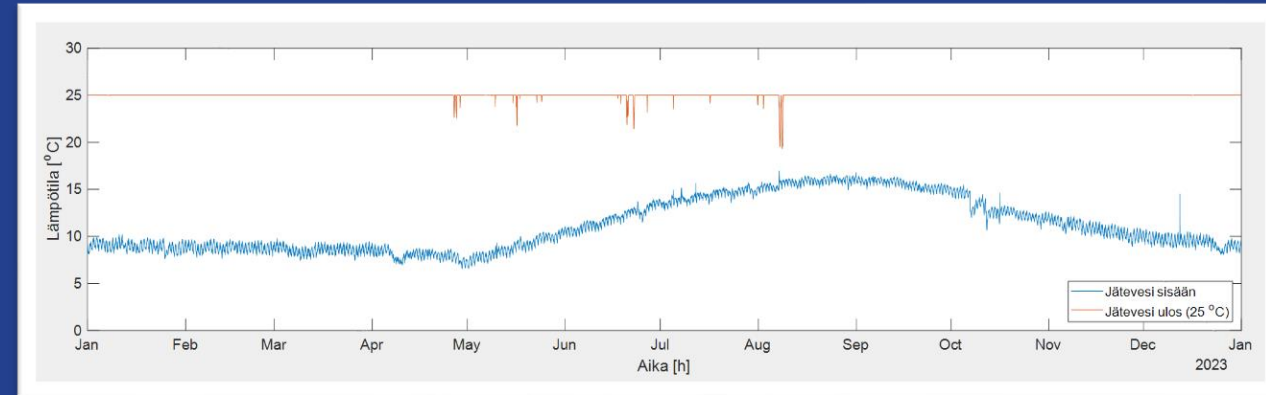


- Modulaarinen ja parametrisoitu toteutus
 - Skenaariot ja siirrettävyys
- Kaukolämpö:
 - Kulutus ja tuotanto mallinnettu tuntitasolla
 - Optimointiongelma muotoillaan joukoksi lineaarisia rajoitteita ja ratkaistaan käyttäen lineaarista sekalukuoimintia (MILP)
 - Kustannusfunktio minimoi kustannukset (päästöille on hinta)
- Jätevedenpuhdistamo
 - Jäteveden lämpötilan vaikutus kustannuksiin ja päästöihin



Alustavia simulointituloksia

- Vuositason (tuntikohtainen) simuloinnit:
 - Kaukolämmön paluuedellä on mahdollista lämmittää ja vakioda jäteveden lämpötila 16, 20 tai 25 °C ympäri vuoden
 - Kaukolämmön koko paluuviesivirtaaman keskimääräinen jäähtymä jopa 10 °C, riippuen mihin lämpötilaan jätevesi lämmitetään
- Lämmönvaihtimen ja lämpöpumpun lisäksi:
 - Kaukolämpöyhtiön energiantuotannon liiketulos kasvaa noin 6 % ja CO₂-päästöt vähenevät noin 10 % vuodessa
 - Alustava arvio: takaisinmaksuaika alle 10 vuotta





Alustavia arvioita potentiaalisista hyödyistä jäteveden puhdistamalla

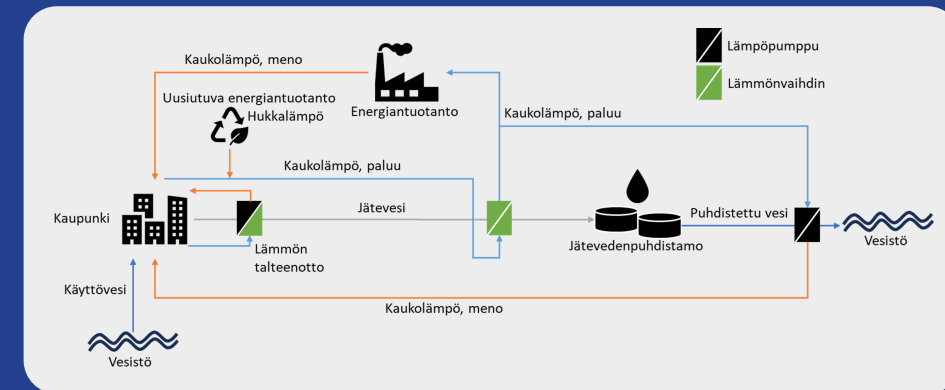
- Jäteveden lämpötilan nosto ja vakiointi
 - Jopa 80 % typpikuormituksen väheneminen vesistöissä vuositasolla nykytilaan verrattuna
 - Puhdistetun jäteveden laadun parantuminen
 - Käytösähkön kulutuksen merkittävä väheneminen jätevedenpuhdistamolla
 - Vedenpuhdistuskemikaalien tarpeen vähentyminen
 - Jäteveden puhdistuskapasiteetin merkittävä kasvu
 - Tehokkaampi lämmön talteenotto jätevedestä





Yhteenveto

- Uudentyyppinen kaukolämpö- ja vesihuoltojärjestelmän sektori-integraatio
 - Kaukolämmön paluuviedellä lämmitetään ja vakioidaan jätevedenpuhdistukseen menevän jäteveden lämpötila
- Optimointisimulaattori
 - Sektori-integraation ympäristöllisten ja taloudellisten vaikutusten arviointiin
 - Modulaarinen ja parametrisoitu toteutus mahdollistaa eri simulointiskenaarioiden tarkastelun ja siirrettävyyden
- Alustavat tulokset
 - Ympäri vuotinen jäteveden lämpötilan nosto ja vakiointi on mahdollista
 - Merkittävät ympäristölliset ja taloudelliset hyödyt





Kiitos!

Lisätietoja:

Tutkijatohtori, Petri Hietaharju petri.hietaharju@oulu.fi

Professori, Mika Ruusunen mika.ruusunen@oulu.fi

Projektipäällikkö, Jari Ruuska jari.ruuska@oulu.fi