

Artikkeli on jatkoa edelliselle 23.11.2021 julkaistulle blogikirjoitukselle. Fluidit Oy:n laatima työpaketti ja diplomityö valmistuivat helmikuussa 2022.

Ymmärrys hukkalämmön mahdollisuuksista lisäänty

Miten vuodenajat vaikuttavat lämmön talteenoton mahdollisuuksiin jätevesiverkostoissa? Vaarannetaanko lämmöntalteenotolla jätevedenpuhdistamoiden prosessien toiminta? Fluidit tutki jätevesijärjestelmiä kokonaisvaltaisen mallipohjaisen simulaation ja skenaarioiden avulla.

Fluidit Oy:n kehittämän uuden tehokkaan simulaattorin validoinnin ja kalibroinnin jälkeen aloitettiin Turun ja Helsingin jätevesiverkostomallien täydentäminen. Koska verkostomallit olivat pääasiallisesti valmiit, lisättiin niihin vain termisen laskennan kannalta välttämättömät parametrit ja asetukset. Näitä parametreja olivat mm. jokaisen putken lämpöhäviökerroin, maaperän ja ilman lämpötila sekä kiinteistöiltä syötettävän jäteveden lämpötila. Samalla aloitettiin simuloitavien skenaarioiden suunnittelu tiiviissä yhteistyössä työpaketin 1 (VTT Oy) kanssa, jotta tulokset tukisivat mahdollisimman hyvin koko hankkeen tavoitteita.

*”Simulointien ajankohdiksi valittiin maaliskuu-, kesä- ja syyskuu. Kuukaudet valikoituivat pitkälti maaperän lämpötilan mukaan, sillä herkkyytarkastelussa maaperän lämpötilalla oli suurin vaikutus jäteveden lämpötilaan jätevesiverkostossa”, kuvaa **Arttu Pitkänen**, joka toteutti työpaketin diplomityönään Fluidit Oy:ssä.*

Haasteena mittaukset

Mallien rakentamisessa omat haasteensa toivat virtaukset, joiden lämpötilasta ei ollut mittauksia tai VTT:n laskemia stokastisia malleja. Näiden virtausten kohdalla lämpötiloja kalibroitiin jätevedenpuhdistamolla tehtyjen lämpötilamittausten avulla. Kalibroittujen lämpötilojen aiheuttama virhe ei ollut kuitenkaan lopputulosten kannalta merkittävä, koska verkostomallinnuksen päätavoitteena oli mallintaa hukkalämmön talteenotosta johtuvaa lämpötilan muutosta verkostossa.

*”Jatkotutkimuksissa verkostojen lämpötilamittauksia tulisi lisätä huomattavasti, jotta eri kaupunginosissa esiintyviä jäteveden lämpötiloja ja hukkalämmön talteenoton mahdollisuuksia voitaisiin tutkia tarkemmin”, toteaa Fluiditin työpaketin projektipäällikkönä toiminut **Hannes Björninen**.*

Skenaarioanalyysi avainasemassa

Mallinnettuja skenaarioita tehtiin lopulta yhteensä 46 kappaletta, jossa yhden simuloinnin keskimääräinen laskenta-aika oli noin kolme tuntia tavallisella kannettavalla tietokoneella. Simulointeja suoritettiin Turun ja Helsingin jätevesiverkoille verkostojen nykyisessä tilanteessa sekä kiinteistöillä suoritettavan hukkalämmön talteenoton yhteydessä.

Tavoitteena oli selvittää miten syötettävän jäteveden lämpötilan muutos vaikuttaa jätevedenpuhdistamolle saapuvan jäteveden lämpötilaan. Tästä syystä verkostomalleille syötettiin jätevettä eri lämpötiloissa ja pyrittiin löytämään korrelaatio syötettävän jäteveden ja jätevedenpuhdistamolla mitattavan lämpötilan suhteelle.

*”Hypoteesi jäteveden lämpötilan korrelaatiolle oli lineaarinen funktio, jossa muutos jätevedenpuhdistamolla olisi pienempi syötettävän jäteveden lämpötilan muutokseen verrattuna.” kertoo Fluidit Oy:n teknologiajohtaja, hydromekaniikan tohtori **Markus Sunela**.*

Ennen simulointeja tehty hypoteesi osoittautui oikeaksi sekä Turussa että Helsingissä. Keskimäärin yhden asteen muutos syötettävän jäteveden lämpötilassa vastasi noin 0,44 °C muutosta jätevedenpuhdistamolla. Ilmiö on positiivinen, sillä se mahdollistaa suuremman hukkalämmön talteenottopotentiaalin kiinteistöillä.

Hukkalämmön talteenoton kannattavuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan

Eryyisesti syksyllä lämmön talteenotto on rakennuksilla kannattavaa, sillä maaperä pystyy jopa lämmittämään kiinteistöistä syötettävää jätevettä. Tällöin maaperä toimii lämpöenergian lähteenä, ja energia voidaan kerätä talteen jätevedenpuhdistamon lämpöpumpuilla.

Sen sijaan keväällä sulamisvesien aikaan lämmön talteenotto kiinteistöillä on haastavaa toteuttaa, koska jäteveden lämpötila laskee ilman lämmön talteenottoakin alhaiseksi puhdistamon toiminnalle. Eryyisesti vuoto- ja hulevedet laskevat jätevesiverkossa jätevedenlämpötilaa. Kiinteistöillä tehtävä hukkalämmön talteenotto alentaa jäteveden lämpötilaa suhteellisen vähän jätevedenpuhdistamolla verrattuna muihin vuodenaikoihin. Hukkalämmön talteenotto ei aiheuttanut tukos- tai jäätymisriskejä tarkastelluissa verkostoissa.

Kesäkuussa hukkalämmön talteenotto ei häirinnyt verkon tai puhdistamon toimintaa. Kiinteistöjen lämmön kulutus on kesällä pieni, joten tulos ei yksinään ole kovin merkittävä.

”Mielenkiitoisen tuloksesta tekee maaperän lämpötila, joka on marraskuussa lähes sama kesäkuuhun verrattuna. Näin ollen marraskuussa, jolloin kiinteistöjen lämmönkulutus on jo huomattava, lämpöä voidaan ottaa talteen jätevedestä kesäkuun tavoin”, selventää Arttu Pitkänen.

Jätevedenpuhdistamon sijainnilla on vaikutusta hyötyihin

Kiinteistöillä tehtävän lämmön talteenoton ideana on hyödyntää lämpöenergiaa, joka menetetään verkoston lämpöhäviöissä. Turun ja Helsingin verkostojen merkittävin ero oli jätevedenpuhdistamoiden sijainti verkostoissa.

Turun verkostossa jätevedenpuhdistamo sijaitsee aivan keskustan tuntumassa, jolloin lämpöhäviöitä tapahtuu vähemmän ja potentiaali hukkalämmön talteenottoon on pienempi kuin Helsingissä. Lisäksi Helsingin jätevesiverkostossa jätevesivirtaamat ovat suuremmat, mikä lisää mahdollisuuksia lämpöenergian talteenottoon.

Tulosten hyödyntäminen

Fluidit Oy:n tuottamat simulointitulokset lähetettiin lopulta VTT:lle, joka suorittaa oman laskentansa simulointeihin perustuen. Lopulta tuloksista kootaan lämmön talteenottopotentiaali eri kuukausina kummallekin verkostolle.

Arttu Pitkäsen diplomityö sai erinomaisen arvosanan ja siitä todettiin mm. seuraavaa:

”Työ on osoitus tekijänsä erinomaisista kyvyistä haastavaan tutkimus- ja tuotekehitystyöhön, sillä mallinnukseen liittyvät ilmiöt ja tarkastelut vaativat erittäin monialaista osaamista ja monimutkaisten kokonaisuuksien hallintaa. Työn tulokset ovat merkityksellisiä toimeksiantajalle, mutta myös yleisemmällä tasolla lämmön talteenoton yleistyessä jätevesiverkostoista Suomessa. Tulokset ovat merkittäviä myös tieteelliseltä kontribuutioltaan, sillä ne tukevat ja täydentävät alan viimeisimpiä tiedejulkaisuja.” Tampereen Yliopisto

Fluiditin työryhmä onnittelee Arttua erinomaisesti laaditusta työstä! Jäämme mielenkiinnolla odottamaan JV-Lämpö-hankkeen muiden työpakettien tulosten ja yhteenvedon valmistumista. Uskomme, että hankkeen tuloksilla on merkittäviä vaikutuksia jätevesiverkoston suunnitteluun operointiin tulevaisuudessa.

Lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa ja vaikutus jätevesien käsittelyyn (JV-LÄMPÖ) -hankkeessa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti veden sisältämää lämpöenergiaa sekä lämmön hyödyntämisen että jätevedenkäsittelyn näkökulmasta. Hanke ajoittuu vuosille 2021–2022 ja se on saanut ympäristöministeriön myöntämää valtionavustusta.

Mukana ovat HSY, Turun seudun puhdistamo Oy, Turun Vesihuolto, Turun Seudun Vesi Oy, Helen, Fortum, Turku Energia, Gaia Consulting, VTT, Fluidit, AFRY ja Aalto-yliopisto.

Hankkeen vaiheista ja tuloksista voit lukea nettisivuilta: www.hsy.fi/jatevesilampo/