

JÄTEVEDEN LÄMMÖNTALTEENOTON KANNATTAVUUDEN TARKASTELU DAS KELOSSA

Pasma Jarmo

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri AMK

2020

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jarmo Pasma	Vuosi	2020
Ohjaaja(t)	Petri Kuisma		
Työn nimi	Jäteveden lämmöntalteenoton kannattavuuden tarkastelu DAS Kelossa		
Sivu- ja liitesivumäärä	30 + 3		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella jäteveden lämmöntalteenoton kannattavuutta. Tarkastelun kohteena oli Rovaniemellä sijaitseva DAS Kelo puukerrostalo, jossa on käytössä jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä. Tarkoituksena oli tutkia erityisesti järjestelmän takaisinmaksuaikaa ja energian tuottoa. Työssä tehtyjen laskelmien perusteella pystyttiin luomaan kuva järjestelmän kannattavuudesta.

Työ toteutettiin pääasiassa tutkimalla DAS Kelon jäteveden lämmöntalteenoton mittaustietoja. Työhön sisällytettiin myös yleinen teoriaosuus lämmöntalteenotosta jäteveeseen liittyen. Apuna työn tarkastelussa käytettiin kohteessa vierailusta saatuja tietoja. Lisäksi työssä haastateltiin DAS:n kiinteistöpäällikköä ja Lapin AMK:n henkilökuntaa.

Johtopäätöksissä ja tuloksissa todettiin, että jäteveden lämmöntalteenotto on kannattavaa suurissa kiinteistöissä, missä jäteveden virtaama ja lämpötila ovat riittävän suuria. Kannattavuutta tarkasteltaessa huomattiin, että korkeampi jäteveden lämpötila ja virtaama parantavat energian tuottoa. Lisäksi kannattavuutta parantaisi järjestelmän tukena lämpöpumppu tai muiden energiamuotojen yhdistäminen.

Degree Programme on Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jarmo Pasma	Year	2020
Supervisor	Petri Kuisma		
Subject of thesis	Profitability Study of Heat Recovery from Wastewater in DAS Kelo		
Number of pages	30 + 3		

The goal of this thesis was to survey the profitability of heat recovery from wastewater. The wooden apartment house DAS Kelo in Rovaniemi was studied. The heat recovery from the wastewater is in use in DAS Kelo. The study focused on survey the payback period and the amount of energy produced. An overview of the profitability of the system was given based on the calculations done in this thesis.

The main research method was to survey the measured data of heat recovery from wastewater. The basic theory of the heat recovery from wastewater was also included in this thesis. A visit to the DAS Kelo construction site was used to support the survey. In addition to the visit DAS's real estate manager and the Lapland UAS personnel were interviewed.

The thesis concluded that heat recovery from wastewater is quite profitable in larger properties where wastewater flow and temperature are both high enough. The results showed that a higher temperature of the wastewater and the flow resulted in an improved energy production. The system would be more profitable if a heat pump or a combination of other energy sources are used.

Key words

heat recovery, heat pump, wastewater

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 JÄTEVEDEN LÄMMÖNTALTEENOTTO	7
2.1 Toimintaperiaate	9
2.2 Lämpöpumppu	10
2.3 Rakentamismääräykset	12
2.4 Harmaan veden ratkaisuja	13
2.5 Muita talotekniikan LTO -laitteita	15
3 ENERGIAN TUOTTO	17
3.1 Laskenta	17
3.1 Energian hyödyntäminen asuinkerrostalossa	18
4 DOMUS ARCTICA SÄÄTIÖ	19
5 TARKASTELU DAS KELOSSA	20
5.1 Virtaamat ja lämpötilat	21
5.2 Takaisinmaksuaika	24
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	25
6.1 Edut ja haasteet	27
7 POHDINTA	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	31

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DAS	Domus Arctica -säätio.
COP	Lämpöpumpun hyötysuhdetta kuvaava lämpökerroin (Salminen 2011, 17.)
CLT	Ristiin liimattu massiivipuu (Puuinfo Oy.)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti se, että Rovaniemellä otettiin käyttöön tiettävästi ensimmäinen jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä syksyllä 2019. Kohde on Domus Arctica -säätön puukerrostalo DAS Kelo. Rakennuksesta on kertynyt mittaustietoa noin puolen vuoden ajalta ja saatua tietoa voitiin tarkastella ensimmäistä kertaa tältä ajalta. Lähtökohdan aiheen tarkastelulle antoi se, että jäteveden lämmöntalteenotto parantaa rakennusten energiatehokkuutta, josta koituu säästöjä kiinteistölle. Valintaan vaikutti myös oma mielenkiintoni aiheeseen.

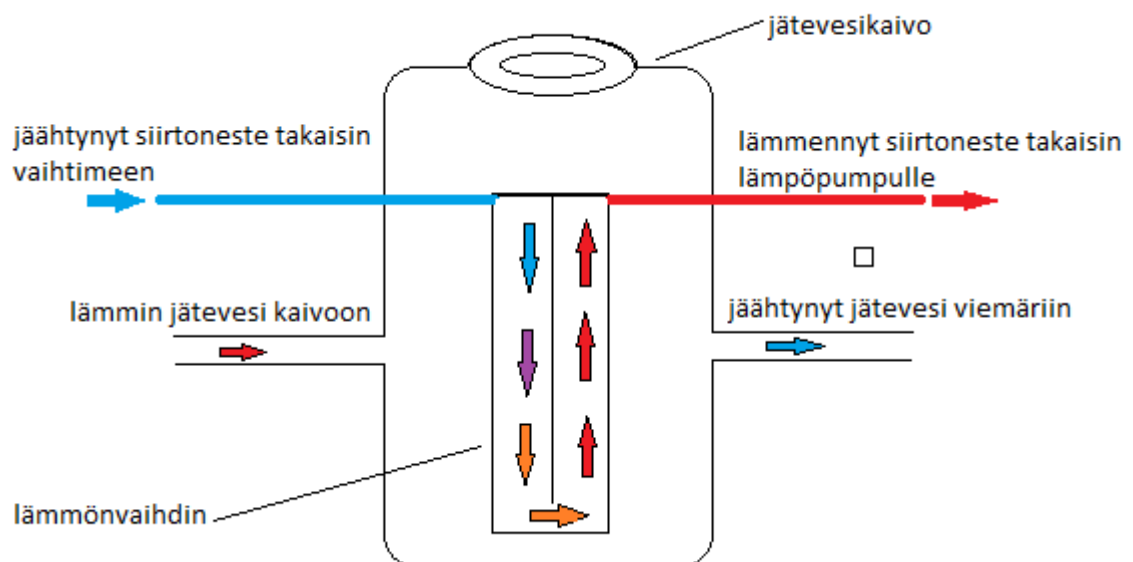
Aihe on ajankohtainen, sillä rakennusten energiatehokkuutta pyritään tehostamaan uusilla teknologioilla. Ilmastonmuutos ja CO₂ - päästöt vauhdittavat vähähiilisten ratkaisujen kehittämistä maailmanlaajuisesti. Suomessa rakennusten energiankulutus on iso osa kokonaisenergian kulutuksesta. Etenkin rakennusten lämmitykseen kuluu paljon energiaa.

Varsinkin suurissa kiinteistöissä erilaisilla energiansäästötoimenpiteillä saadaan aikaan isoja säästöjä. Rakennusten energiatehokkuuden kohentamiseksi ja energian säästämiseksi ei välttämättä tarvitse tehdä isoja muutoksia rakennuksen olemassa olevaan tekniikkaan. Pienillä muutoksilla, esimerkiksi lämpöenergian talteenotolla saadaan parannettua rakennuksen energiatehokkuutta huomattavasti.

2 JÄTEVEDEN LÄMMÖNTALTEENOTTO

Perusajatus lämmöntalteenottojärjestelmässä on ottaa talteen lämpöenergiaa nesteestä ennen sen hukkaamista esimerkiksi viemäriin. Jäteveteen sitoutunut lämpöenergia voidaan ottaa talteen esimerkiksi kerrostaloissa, ennen jätevesien käsittelyä jätevedenpuhdistamolla. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmistä on olemassa monia erilaisia ratkaisuja Suomessa.

Eräs yleinen lämmöntalteenottojärjestelmä on jätevesisäiliöihin saatavissa oleva upotettava lämmönvaihdin (Kuva 1)



Kuva 1. Havainnollistava kuva upotettavasta ratkaisusta

Toinen yleistävä lämmöntalteenottojärjestelmä jätevedelle on viemäriputkeen asennettava vaihdin. Ratkaisua käytetään enemmän pienemmissä kiinteistöissä kuin isoissa. Putkeen asennettava vaihdin voidaan asentaa esimerkiksi harmaille vesille (suihku- ja pesuvedet). On myös mahdollista käyttää tapaa, jossa harmaat vedet johdetaan tekniseen tilaan asennettavaan lämmönvaihtimeen. Tekniseen tilaan asennettavaan vaihtimeen johdetaan yleensä suuren kiinteistön vedet, esimerkiksi kerrostalon.

Vaihtimen läpi voidaan johtaa myös kaikki jätevedet ilman jätevesien erottelua. Kuvassa 2 esimerkki viemäriputkeen asennettavasta suuren kiinteistön ratkaisusta, joka sijoitetaan yleensä tekniseen tilaan. Esimerkkikuvassa alhaalla on lisäksi asennettuna lisälämmönvaihdin käyttöveden esilämmitykseen.



Kuva 2. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä (Ecopal 2020a)

Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmässä olevassa lämmönsiirtimessä kiertää neste, jolla lämpö siirretään esimerkiksi käyttöveden esilämmitysvaihtimeen. Siirtoneste virtaa lämmönsiirron mahdollistavassa putkistossa, jossa käytetään yleensä glykolia. Puhdas vesi ja jätevesi eivät pääse sekoittumaan. Lämmön siirtoon voidaan myös käyttää lämpöpumppua vaihtimen sijaan. (Kaufmann 2012.)

2.1 Toimintaperiaate

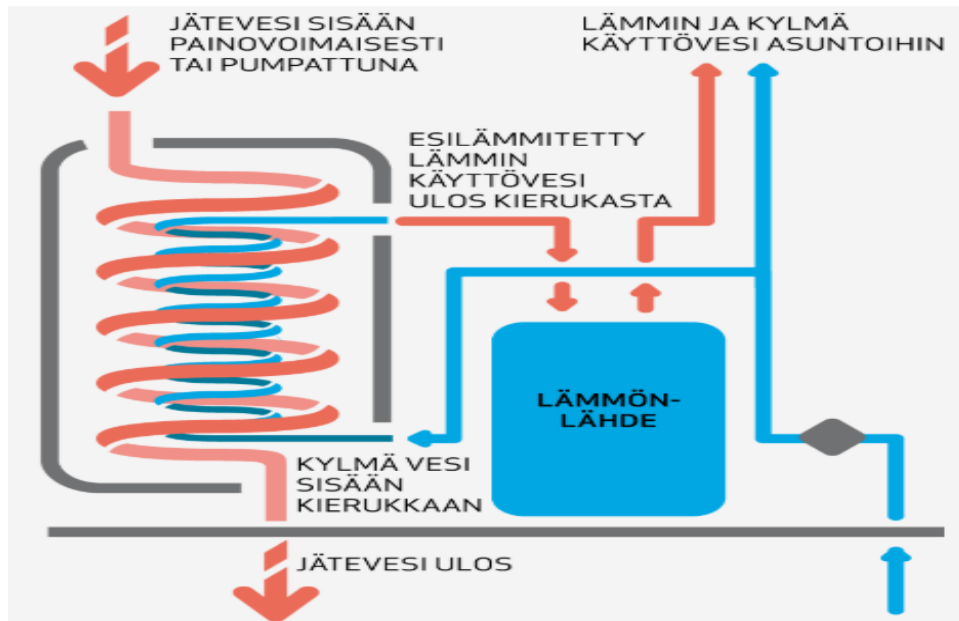
Jätevesien mukana valuu paljon hukkaenergiaa viemäriin. Keskimääräinen suomalainen asukas kuluttaa noin 140 l/vrk vettä. Lämpimän veden osuus kokonaiskulutuksesta on noin 40 litraa. Jäteveden lämmön talteen ottamiselle on hyvät edellytykset, koska noin viidennes asuinkiinteistöjen energiakulutuksesta koostuu veden lämmittämisestä. Rakennuksesta saadaan energiaomavaraisempi järjestelmän asennuksen jälkeen. (Motiva 2019.)

Yleisimmin lämmöntalteenotossa käytetään kolmea eri tekniikkaa. Yksi tapa on nostaa lämpöpumpulla talteen otettu lämpöenergia kuumempaan lämpötilaan lämmönkuluttajan mukaan. Toinen tapa on, että lämpöpumpulla voidaan jäteveden avulla jäähdyttää rakennuksia. Kolmas vaihtoehto on käyttää lämmönvaihdinta esilämmittämiseen, esimerkiksi esilämmittää käyttövettä. Useiden erilaisten teknologioiden käyttäminen samassa järjestelmässä on myös mahdollista, koska jäähdytyksen ja lämmittämisen yhdistäminen lisää koko järjestelmän kannattavuutta. (Energiatehokas lämmitys- ja lämmöntalteenottojärjestelmä 2007.)

Jätevesien lämmöntalteenottojärjestelmään sisältyy yleensä pumppuja, kompressori (jos tukena lämpöpumppu) ja kylmäpiiri. Järjestelmään kuuluu myös automatiikkaa, jolla ohjataan ja säädetään laitteiston toimintaa. Joissakin tapauksissa käytettävillä hybridivaraajilla pystytään varaamaan talteen otettua energiaa, mikäli lämmölle ei ole tarvetta vuodenajan vuoksi. Energiaa voidaan sillä tavalla hyödyntää myöhemmin. Markkinoilla on saatavilla erilaisia jäteveden lämmönvaihtimia useilta eri valmistajilta. Kuvassa 3 hybridivaihtimen periaatekuva. (RIL 2014 s 67.)

Jäteveden lämmöntalteenotossa käytettävällä vaihtimella pystyy jäteveden lisäksi käsittelemään esimerkiksi lauhde- ja/tai prosessivesiä tehtaissa. Lämmöntalteenottojärjestelmällä käsiteltävä neste johdetaan mutkitteluvaan putkistoon, jossa lämpö siirtyy lämpöpumpun ensiöpiiriin ja lopulta lämmitettävään putkistoon. (Energiatehokas lämmitys- ja lämmöntalteenottojärjestelmä 2007.)

Suurissa kiinteistöissä, esimerkiksi tehtaissa tai laitoksissa erilaiset prosessit synnyttävät ylijäämälämpöä. Kyseisissä tapauksissa energian talteenottoa hyödynnetään jo paljon Suomessa ja muualla maailmassa. (Strandström & Vesanto 2018, 1.)



Kuva 3. Jäteveden hybridivaihtimen periaatekuva (Wasenco)

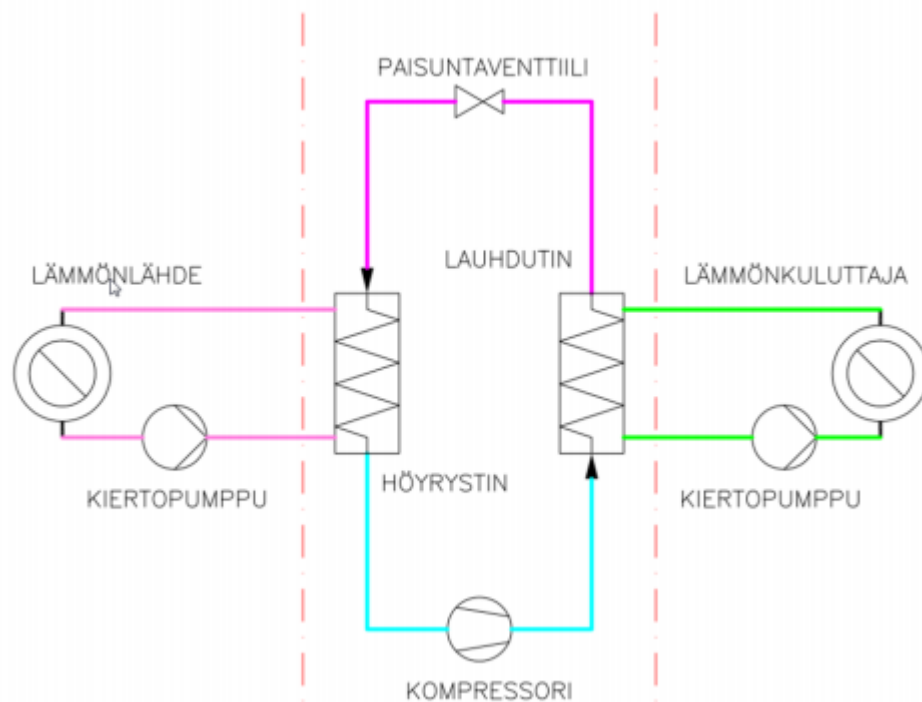
2.2 Lämpöpumppu

Lämpöpumppu liittyy olennaisesti järjestelmiin, joissa otetaan lämpöä talteen. Lämpöpumppu ei ole käytössä kaikissa ratkaisuissa yleisesti, mutta sitä voidaan käyttää lämmönvaihtimen sijaan. Lämpöpumppu voi parantaa järjestelmän kannattavuutta. Lämpöpumppua käytettäessä virtaaman tulee olla tarpeeksi suuri. (Nrcan 2017.)

Lämpöpumpun toimintaperiaate on siirtää lämpöä siirtoaineen avulla lämmönlähteestä haluttuun käyttökohteeseen. Kyseessä ei ole uusi teknologia, sillä lämpöpumppuja on ollut käytössä useita kymmeniä vuosia ympäri maailman. Hyviä esimerkkejä lämpöpumpuissa käytettävästä tekniikasta ovat jääkaapit ja muut kylmälaitteet. Järjestelmässä lämmön siirtoaineena on yleensä jokin kylmäaine. Aine kiertää putkistossa muuttaen olomuotoaan. Lämpöpumpun toiminnassa on

kaksi vaihetta: haihtuminen ja tiivistyminen. Periaate liittyy nesteen faasimuutokseen, jossa aine muuttaa olomuotoaan. Lämpöpumput ovat toiminnaltaan käänteisesti toimivia verrattuna kylmälaitteisiin. (Nrcan 2017.)

Lämpöenergian talteenotossa hyödynnetään yleisesti lämpöpumpputekniikkaa sekä automaatiota. Kuten aiemmin osittain jo mainittiin, lämpöpumpun avulla nesteen lämpötilaa nostetaan käyttökohteen vaatimaan lämpötilaan, ja tämä parantaa järjestelmän hyötysuhdetta. Lämmönlähteestä saatava lämpöenergia nostetaan lämpötilaltaan korkeammaksi kompressorin avulla. Alhaalla olevassa kuvassa lämpöpumpun toimintaperiaate (Kuva 4). (RIL 2014 s.66.)



Kuva 4. Lämpöpumpun toimintaperiaatetta havainnollistava kuva (Kataikko & Maaskola 2014, 28)

Lämmöntalteenotossa käytetään yleisimmin absorptiopumppuja. Lämpöpumpua ei voida käyttää kaikissa tapauksissa, koska lämpöpumpun hyödyntäminen jäteveden lämmöntalteenotossa vaatii riittävän virtaaman viemäriputkessa. Potentiaalisessa tilanteessa virtaaman tulisi olla minimissään 10-15 l/s. Virtaaman olisi hyvä olla myös jatkuvaa ja tasaista. Lisäksi lämmönkäyttökohteen tehon tarve pitäisi olla vähintään noin 150 kW. (Salminen 2011, 20.)

Lämpöpumppujen hyötysuhdetta kuvataan lämpökertoimen eli COP-arvon avulla. Arvo määrittää sen, kuinka moninkertainen teho siitä saadaan verrattuna pumpun käyttämään ulkoiseen sähkötehoon. (Salminen 2011, 17.)

$$COP = \frac{Q_{out}}{W_{in}} \quad (1)$$

missä

COP	on	lämpökerroin
Q_{out}	on	lämpöpumpusta hyödyksi saatava lämpöteho
W_{in}	on	lämpöpumpun käyttämiseksi tehty työ

2.3 Rakentamismääräykset

Rakentamismääräyksissä on paikkakuntaakohtaisia eroja. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmälle täytyy hankkia vähintään toimenpidelupa. Harvoissa tapauksissa riittää ainoastaan ilmoitusmenettely. Järjestelmää suunniteltaessa otetaan yhteys kunnan/kaupungin rakennusvirastoon. Lupaprosessia nopeuttaa valmis esisuunnitelma järjestelmästä. Hankkeelle täytyy olla rakennuslupa, mikäli se asennetaan jo olemassa olevaan rakennukseen. (RIL 2014, 80-87.)

Jäteveden lämmöntalteenottoa koskevat yleiset vesi- ja viemärlaitteistoon liittyvät ympäristöministeriön asetukset. Jätevesilaitteisto on asennettava niin, ettei siitä aiheudu terveydellisiä haittoja, hajuja, tulvia tai muita haittoja. Laitteiston sijainti kiinteistössä on oltava tarkoituksenmukainen. Sen on oltava kestävä ja käytövarmuudeltaan hyvä. Jätevesilaitteistoon ei saa asentaa laitteita, jotka voivat aiheuttaa viemäriin kuormitusta. Asennuksesta ei myöskään saa aiheutua melua. (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017 5.)

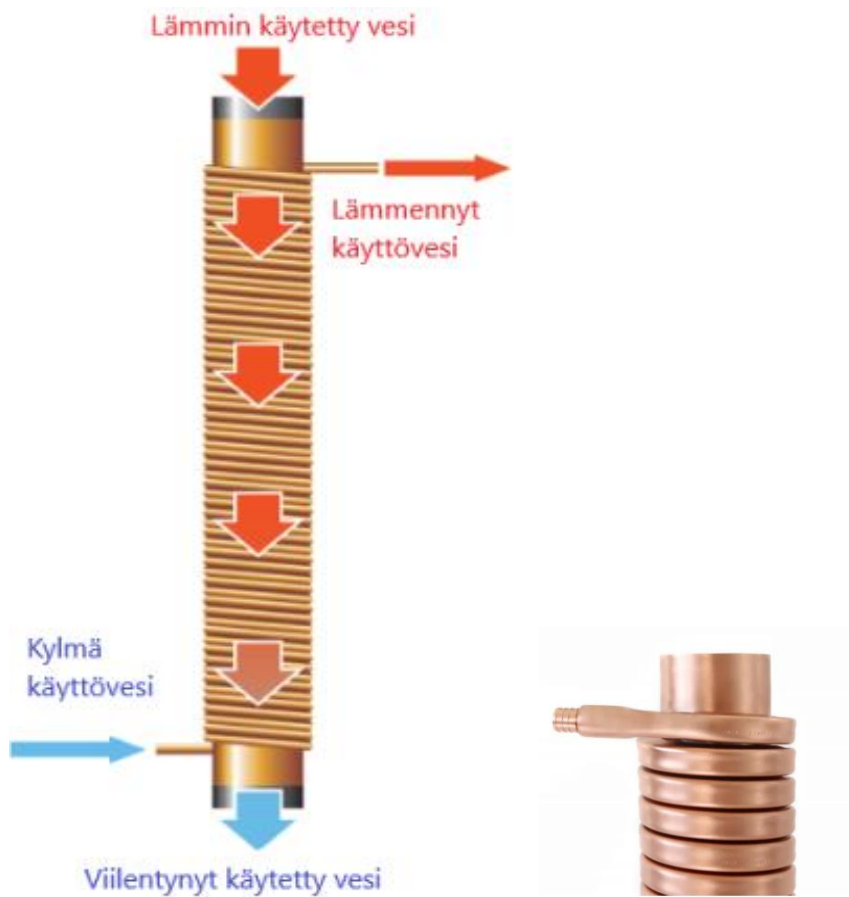
2.4 Harmaan veden ratkaisuja

Lämmöntalteenottojärjestelmää harmaille vesille käytetään yleisesti uimahalleissa ja pesuloissa. Lämpö voidaan ottaa talteen myös omakotitaloissa erityyppisillä ratkaisuilla. Suomessa on useita eri valmistajia harmaan veden lämmöntalteenottojärjestelmille. Osa järjestelmistä puhdistaa lämmönsiirtopinnat automaattisesti. Kuvassa 5 uimahalleihin ja pesuloihin soveltuva LTO -laite. Siinä on pyörivät harjat, jotka pitävät lämpöä siirtävien levyjen pinnat puhtaina. Pintojen likaantumisen estäminen pitää laitteen lämmön talteenotto ominaisuudet korkeana.



Kuva 5. Pyörivä lämmöntalteenottolaite likaiselle nesteelle suuriin kiinteistöihin (Termihaukka)

Pieniin kiinteistöihin, esimerkiksi omakotitaloihin on saatavilla viemäriputken yhteyteen asennettavia lämmöntalteenottojärjestelmiä. Tekniikaltaan ne ovat melko yksinkertaisia. Kuvassa 6 esimerkki suihku- ja pesuvesien lämmöntalteenottolaitteesta. Laite on valmistettu kuparista.



Kuva 6. Harmaille jätevesille soveltuva LTO -järjestelmä (EcolInnovation 2019)

2.5 Muita talotekniikan LTO -laitteita

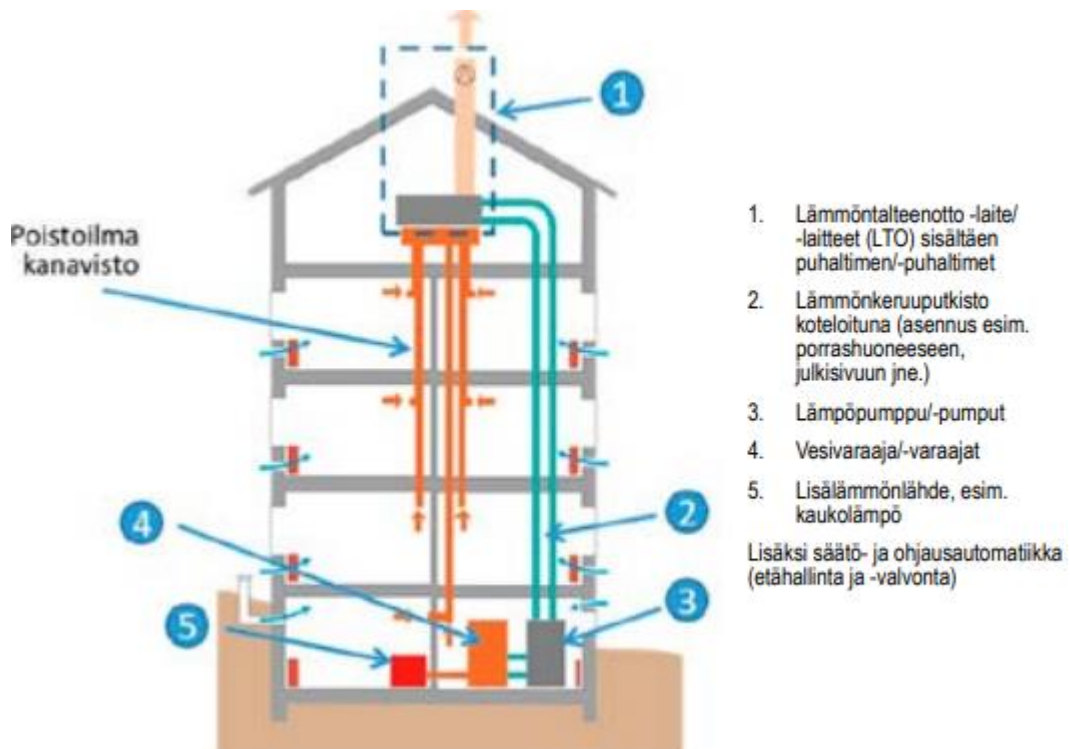
Lämmöntalteenottokohteita on olemassa runsaasti. Lämpöä otetaan talteen yleisesti ilmasta, esimerkiksi koneellisesta tai painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Lämmöntalteenotolla varustetut tulo- ja poistoilmalaitteet ovat yleistyneet rakennuksissa. Vuodesta 2003 alkaen on alettu ottamaan lämpöä talteen ilmanvaihdon yhteydessä kerrostaloissa uusien määräysten mukaisesti. Kerrostaloissa ja omakotitaloissa käytetään ilmanvaihtokoneita, joissa on lämmöntalteenotto. (RIL 2014, 66.)

Laitteita ja valmistajia on Suomessa paljon. Kuvassa 7 pientalon ilmanvaihtokone lämmöntalteenottokennolla. Keskellä kuvassa näkyy LTO -kenno, jolla saadaan otettua lämpöenergiaa talteen poistoilmasta. Kerrostaloissa on nykyisin huoneistokohtaisia laitteita ja kuvan laite soveltuisi myös pieneen kerrostaloasuntoon. (RIL 2014, 66.)



Kuva 7. Lämmöntalteenotolla varustettu IV -kone

Tulo- ja poistoilmalaitteiden lisäksi poistoilman LTO -laitteita on käytössä useissa vanhemmissa kerrostaloissa. Poistoilmakoneita on lisäksi pienissä kiinteistöissä. Monissa kohteissa on aikaisemmin ollut pelkästään huippumuri katolla ja huoneistoissa korvausilmaventtiilit. Lämmitysenergian hukka on suurta huippumuri-kohteissa. Poistoilman LTO -laite on saneerattavissa kohteissa käytännössä asennettu katolle huippumurin tilalle. Laitteen lisäksi kohteisiin on jouduttu asentamaan esimerkiksi lämmönsiirtoputkistoja, varaajia ja lämpöpumppuja. Kuvassa 8 poistoilman lämmöntalteenoton periaate kerrostalossa. (RIL 2014, 111-114.)



Kuva 8. Poistoilman LTO havainnekuva kerrostalossa (Taloyhtiön energiakirja 2011)

3 ENERGIAN TUOTTO

Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmän tuottama vuotuinen energiatuotto riippuu jätevesimäärästä sekä jäteveden lämpötilasta. Jätevesimäärät voivat vaihdella rakennuksen käytön aikana ja se vaikuttaa olennaisesti hetkellisiin tehoihin. Tuotto-odotuksiin vaikuttaa sekin, että käytetäänkö apuna lämpöpumppua. Lisäksi erilaisten ratkaisujen ja laitevalmistajien välillä on eroja kyvyssä ottaa lämpöä talteen (Kaavio 1).

3.1 Laskenta

Jäteveden lämpötila ennen jätevesisäiliöön tai kunnalliseen viemäriverkostoon johtamista on noin 20 °C (Liite 2). Jätevesi on lähes puhdasta vettä ja laskennassa voidaan käyttää veden ominaislämpöarvoa ja tiheyttä. Järjestelmän avulla käytetty energia käyttöveden esilämmitykseen voidaan laskea alla olevalla kaavalla 2. (Lapin AMK 2019.)

$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2)$$

missä

Q	on	lämpöenergia (kWh)
ρ	on	veden tiheys (1000 kg/m ³)
c_p	on	veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/ (kg °C))
V	on	jätevesimäärä (m ³)
t_2	on	käyttöveden lämpötila (tulo)
t_1	on	käyttöveden lämpötila (meno)
3600	on	laatumuunnos (kJ = kWh)

3.1 Energian hyödyntäminen asuinkerrostalossa

Käyttöveden esilämmitys saattaa kesäisin olla ainoa varteen otettava lämmityskohde. Kylmempinä vuodenaikoina voidaan lisäksi lämmittää esimerkiksi tuloilmaa ilmanvaihdon yhteydessä jäteilmasta saadulla lämpöenergialla. Tuloilman lämmittäminen nestekiertoisella järjestelmällä on edullisempaa kuin sähkövarastuksella. (RIL 2014, 66.)

Lämpöpumpputekniikka mahdollistaa jätevedestä saadun energian hyödyntämisen myös kesäaikaan varaajavaihtoehdon lisäksi. Kesäisin julkiset rakennukset ja muut suuret kiinteistöt tarvitsevat jäähdytystä. Tällöin tekniikkaa pystytään käyttämään käänteisesti. Näin Ilmanvaihdosta aiheutuvia käyttökustannuksia saadaan tehokkaasti vähenemään. Jätevedessä voi vuodenaikojen ja kiinteistön maantieteellisen sijainnin vuoksi olla eroja lämpötiloissa. (Kaufmann 2012.)

4 DOMUS ARCTICA SÄÄTIÖ

Säätiö on vuonna 1969 perustettu opiskelija-asuntoyhdistys. Sitä perustamassa ovat olleet Rovaniemen kaupunki, Naiskotiteollisuuskoulun kannatusyhdistys ry ja Työkeskus Rovalan kannatusyhdistys ry. Säätiö toiminta on voittoa tavoittelematonta. Sillä on 30 kerrostaloa Rovaniemellä. Säätiön tavoitteena on tarjota opiskelija-asuntoja kohtuu hintaan keskeisiltä paikoilta Rovaniemellä. (DAS.)

Kannattavuus tarkastelun kohteena oli DAS Kelo. Kohde on otettu käyttöön keuhällä 2019. Kelon on rakennuttanut Domus Arctica -säätiö. Rakennusta myös vuokraa sama säätiö. Rakennus sijaitsee Rantavitikalla Riihipellonpuistossa. Asuntoja Kelossa on 103 kpl ja ne kaikki ovat yksiöitä. Rungoltaan rakennus on kokonaan valmistettu puusta. Siinä on käytetty CLT elementtejä (cross laminated timber). Puusta rakennettaessa on ajateltu vähäistä hiilijalanjälkeä. (DAS.)

Rovaniemen kaupungin kiertotalousstrategia on ollut yhtenä lähtökohtana Kelon rakentamiselle. Tärkeässä roolissa ovat yhteisöllisyys ja jakamistalous. Rakennuksen yläkerrassa sijaitsee yhteisiä tiloja ja alakerrassa ovat säätiön uudet toimistotilat. Kelossa on kiinnitetty huomiota hiilijalanjäljen pienentämiseen myös asentamalla aurinkopaneelit rakennuksen katolle. Paneelit ovat yhteistyökumppani Napapiirin energia ja vesi Oy:n. Paneelien lisäksi Kelossa on käytössä tässä työssä tarkastelun kohteena oleva jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä. (DAS.)

5 TARKASTELU DAS KELOSSA

Työssä tarkastelun kohteena oli jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä Das Kelossa. Kelossa on Ecopal Oy:n valmistama Ecowec R10 hybridivaihdin (Kuva 9). Järjestelmän hybridivaihdin nimi kuvaa sitä, että siihen voidaan tarvittaessa yhdistää useampi energiamuoto. Kohteessa kaikki rakennuksen jätevedet johdetaan kyseisen vaihtimen läpi. Laite on asennettu siten, että viemäriverdet voidaan johtaa järjestelmän ohitse esimerkiksi huollon aikana. Ohitusputkea voidaan käyttää huollon lisäksi vikatilanteissa, esimerkiksi viemäriputken tukkeutuessa vaihtimessa.

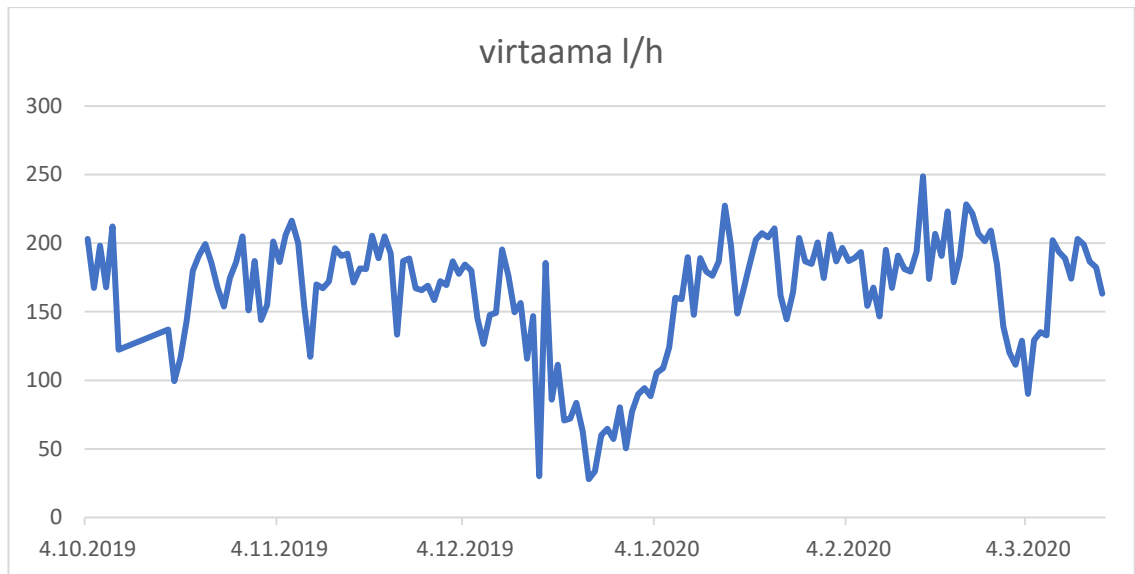


Kuva 9. Ecowec hybridivaihdin Kelon teknisessä tilassa

Kohteen tarkastelussa käytettiin apuna Lapin AMK:n mittaustietoja. Tarkastelujaksone on käytetty 4.10.2019–16.3.2020 aikaväliä. Ajanjaksolta tarkasteltiin virtaamaa ja energian tuottoa. Mitattuja tietoja voitiin verrata kaavalla 2. laskettuihin tuloksiin tuotetusta energiasta. Järjestelmässä on käytössä Schneiderin taloautomaatiokäyttöliittymä ja osa laskenta-arvoista on suoraan sieltä (Liite 1).

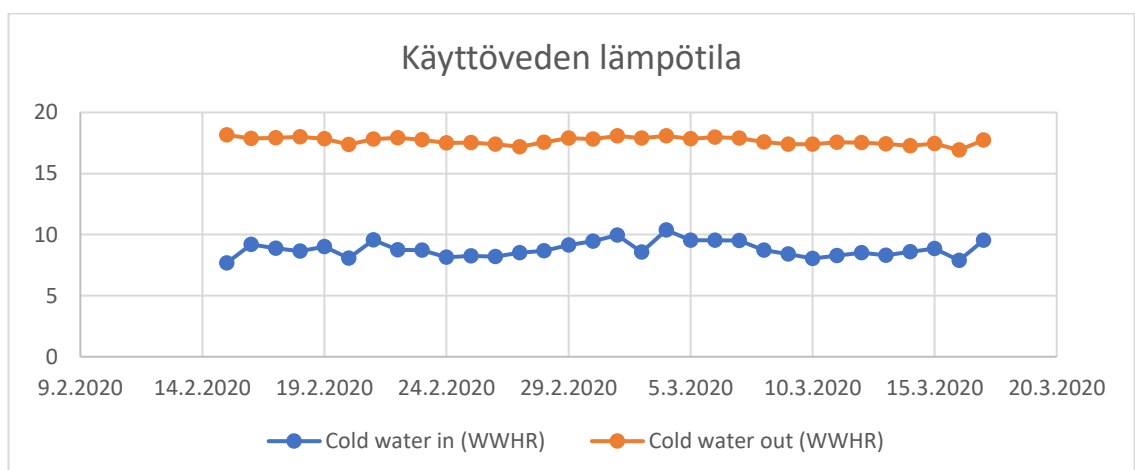
5.1 Virtaamat ja lämpötilat

Virtaamissa ja lämpötiloissa esiintyi suuria vuorokautisia vaihteluita. Alla olevasta taulukosta voitiin nähdä, että opiskelijoiden joululoman aikaan jäteveden virtaama on ollut keskiarvoa pienempi. Keskiarvovirtaamien tarkastelussa jätevesivirtaama Kelossa oli noin 190 l/h (Kaavio 1).



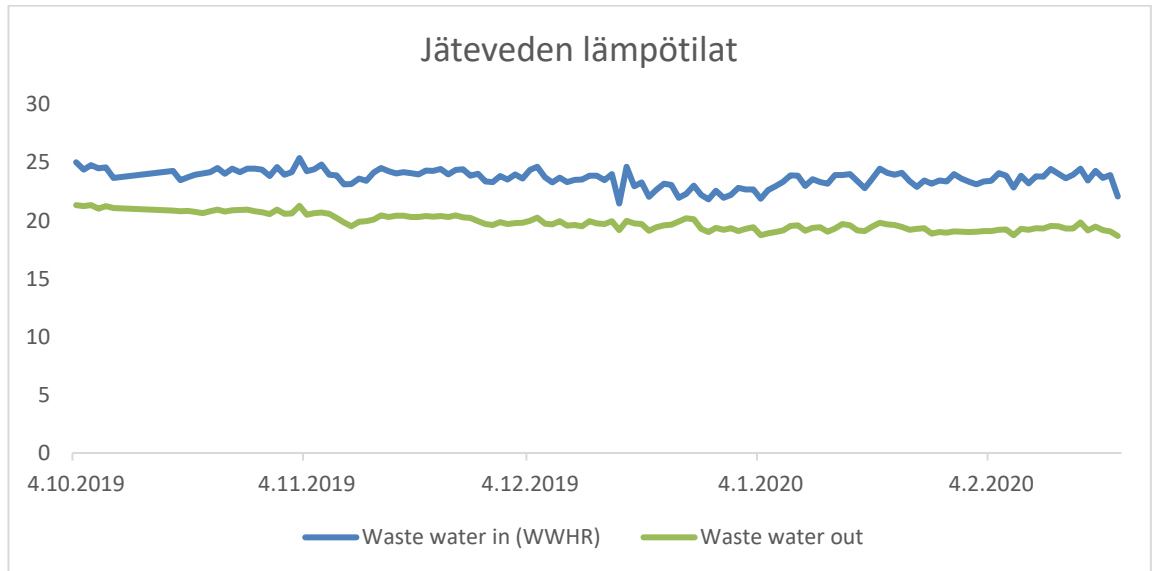
Kaavio 1. Jätevesivirtaama eri aikoina Kelossa (Lapin AMK 2019)

Lämmönsiirtimessä kiertävä tuleva kylmä käyttövesi lämpenee noin 10°C jätevedestä saatavalla lämpöenergialla (Kaavio 2).



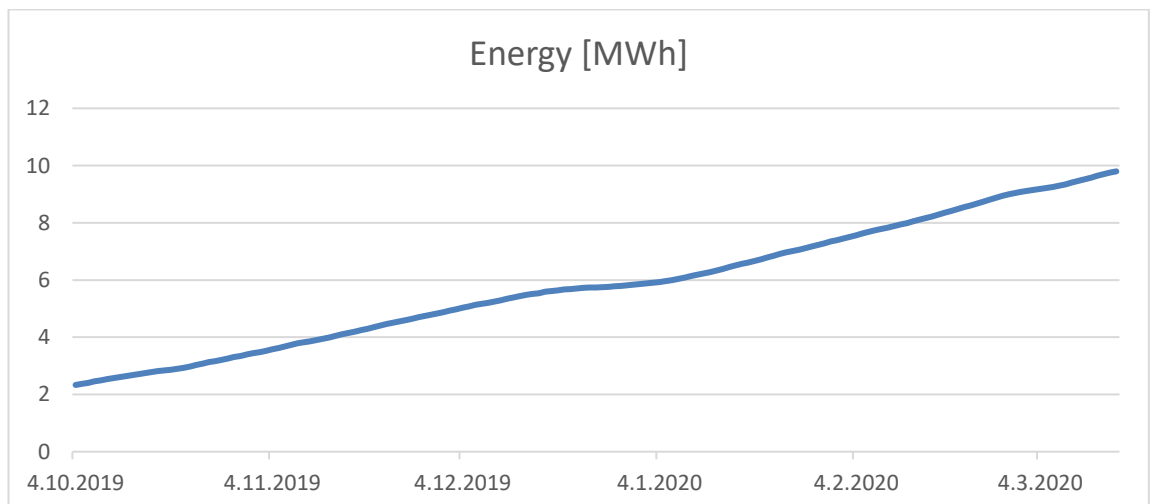
Kaavio 2. Käyttöveden lämpötilat ennen ja jälkeen jäteveden lämmöntalteenottoa (Lapin AMK 2019)

Toisin kuin virtaamissa, jäteveden lämpötilassa ei esiintynyt pitkälläkään aikavälillä suuria vaihteluita. Lämpötila oli ennen lämmöntalteenottojärjestelmää välillä 22-26. Jäähdyneen jäteveden lämpötila vaihteli 19-22 välillä (Kaavio 3).



Kaavio 3. Jäteveden lämpötilat ennen ja jälkeen lämmöntalteenoton (Lapin AMK 2019)

Kaaviossa 4. laitteiston energiatuotto oli mittaustietojen mukaan noin 10 MWh. Energiatuotto laskettiin käyttöveden esilämmityksen lämpötilaeroilla. Eli sillä, kuinka paljon tuleva käyttövesi lämpeni lämmönsiirtimessä.



Kaavio 4. Jäteveden lämmöntalteenotosta saatu energiamäärä (Lapin AMK 2019)

Energiatuoton laskemiseksi tarvittiin kokonaisjätevesimäärä. Jätevesimäärä kokonaisuudessaan ajalta 4.10 – 4.3 saatiin laskettua jäteveden keskiarvovirtaamalla. Laskennassa käytettiin 190 l/h virtamaa.

$$151 \text{ vrk} \cdot \frac{24 \text{ h}}{\text{vrk}} = 3624 \text{ h} \quad \rightarrow \quad 190 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 3624 \text{ h} = 688\,560 \text{ l} \approx 700 \text{ m}^3$$

Energiatuotto laskettiin kaavalla 2. Lämpötilaerona käytettiin käyttöveden meno ja tuloveden erotusta. Käyttöveden lämpötila oli ennen lämmönsiirintä 8 astetta. Siirtimen jälkeen lämpötila oli 18 astetta.

$$Q = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 700 \text{ m}^3 \cdot (18 - 8)^\circ\text{C}}{3600} = 8,2 \text{ MWh}$$

Energiatuotto oli noin 8,2 MWh kuluneilta kuudelta kuukaudelta.

Säästö voitiin laskea kaukolämmön hintaa käyttämällä, koska Kelossa on kaukolämpövaihdin ja käyttövesi lämmitetään esilämmityksen jälkeen kaukolämmöllä. Kaukolämmön hinta Rovaniemen keskustan alueella on 57,83 €/MWh. (NEVE 2019.)

Kaukolämmön paikkakuntaakohtaisella hinnalla laskettuna energiansäästöksi saatiin:

$$8,2 \text{ MWh} \cdot 57,83 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 474 \text{ €}$$

Mitatun aineiston avulla laskettuna energiansäästöksi saatiin hieman suurempi tulos:

$$9,8 \text{ MWh} \cdot 57,83 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 566 \text{ €}$$

5.2 Takaisinmaksuaika

Ecowec-vaihtimen investointi ja asennuskustannukset olivat noin 30 000 €. Huoltokustannuksia ei ole otettu huomioon, koska järjestelmä kokonaisuudessaan on melko huoltovapaa. Asennuskustannuksiksi arvioitiin noin 3000 €. Laitteiston hinta ilman asennusta on noin 26 820 €. (Ecopal 2020a.)

DAS Kelossa ei aiheutunut ylimääräisiä kustannuksia jätevesiviemäreiden asennuksen osalta. Kaikki jätevedet johdetaan yhteen kokoomaviemäriputkeen ennen jäteveden lämmöntalteenottoa. Näin erillisviemärointiä harmaille jätevesille ei jouduttu tekemään ollenkaan rakennukseen. Käytännössä järjestelmä on asennettu putkiston jatkeeksi ennen viemäriveden laskemista kunnalliseen verkostoon.

Laskelmien ja mitatun aineiston avulla puolen vuoden kaukolämpöenergian säästöksi kertyi noin 500 €. Vuosittain tästä koituu 1000 € säästö. Ilman jäteveden lämmöntalteenottoa käyttövesi lämmitettäisiin suoraan kaukolämmöllä. Takaisinmaksuajaksi saatiin tällöin:

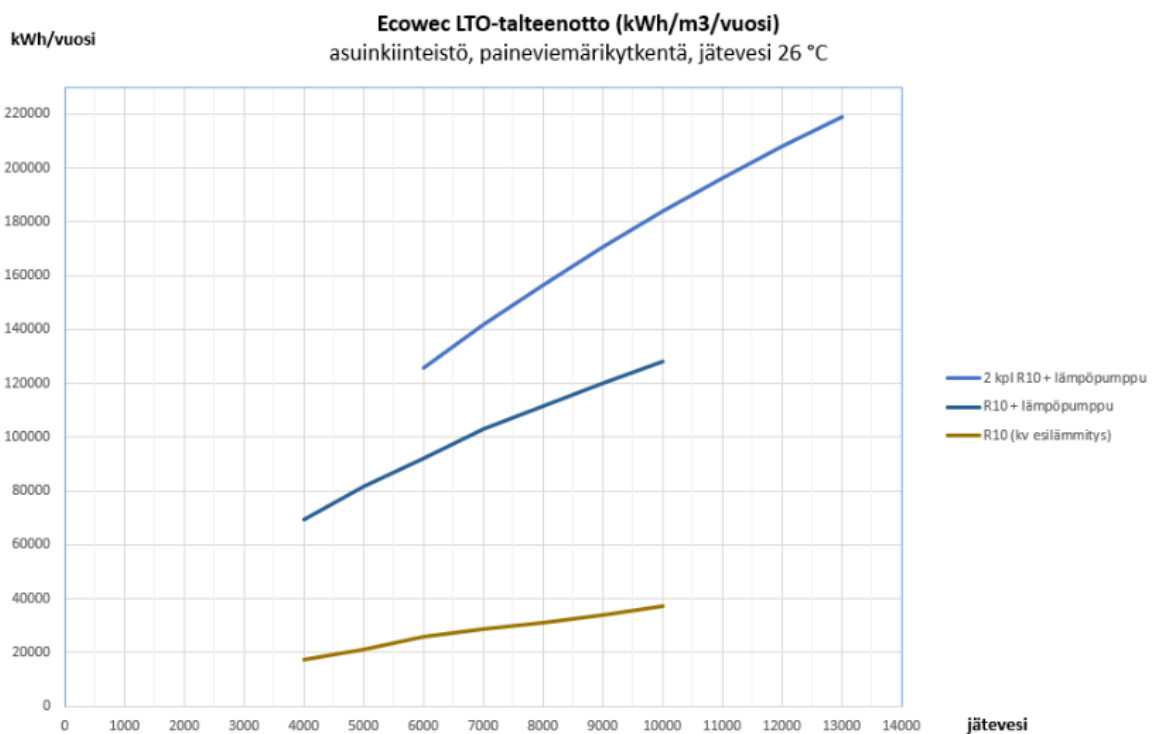
$$\frac{\text{Investointi}}{\text{säästö vuodessa}} = \frac{30000 \text{ €}}{1000 \text{ €}} = 30 \text{ vuotta.}$$

Takaisinmaksun laskemisessa ei ole otettu huomioon korkotekijöitä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Käyttöveden esilämmitysvaihtimen mitoituksessa kannattaa ottaa huomioon riittävän verkostopaineen saanti ylimpiin kerroksiin kerrostalossa. DAS Kelossa paine ei riittänyt käyttövesiverkostossa ylimmissä kerroksissa. Käyttöveden lämmönvaihtimen painehäviö jäteveden lämmöntalteenoton yhteydessä oli liian suuri. Asia korjattiin Kelossa vaihtamalla käyttöveden lämmönvaihtimen isompaan. (Rautio 2020.)

Energian tuottoa parantaisi huomattavasti se, että käytettäisiin hybridivaihtimen tukena lämpöpumppua. Tuottoa parantaisi lisäksi kahden vaihtimen rinnankytkentä. Jätevesivirtaamalla on paljon vaikutusta tuotto-odotuksiin. Virtaaman kasvassa erityisesti lämpöpumpullisen ratkaisun energiatuotto kasvaa jyrkemmin verrattuna pelkkään käyttöveden esilämmitykseen (Kaavio 5).



Kaavio 5. Valmistajan energian tuottokaavio (Ecopal 2020b)

Lämmönsiirtopintojen likaantuminen vaikuttaa heikentävästi lämmönsiirtoon ja sen myötä järjestelmän tehokkuuteen. Lika aiheuttaa putkistoissa painehäviöitä, koska putkiston poikkipinta-ala on tällöin pienentynyt. Painehäviöitä voidaan tiettyyn pisteeseen saakka vähentää virtausnopeutta kasvattamalla. (Motiva 2016, 9.)

Lämpöpumpullisen järjestelmän avulla vuodessa saatavaa säästöä voidaan moninkertaistaa riippuen COP-luvun suuruudesta.

Tarkastelun aikana tuli esille, että sitä parempi kannattavuus mitä korkeampi jäteveden lämpötila ja virtaama. Yksi yleisistä haasteista on jäteveden liiallinen kylmeneminen lämmöntalteenottolaitteen jälkeen. Tämä saattaa aiheuttaa mahdollisesti ongelmia talvisin kunnallisessa viemäriverkostossa. Lisäksi liian viileä jätevesi aiheuttaa ongelmia jätevedenpuhdistamolla prosessille.

Laskentatuloksista ja mittaustiedoista saatujen tulosten eroa selittää lähtöarvojen epätarkkuus. Jäteveden kokonaistilavuus on laskettu vuorokautisten virtaamien keskiarvolla halutulla tarkastelujaksolla, joka voi vaikuttaa tulokseen. Käyttöveden lämpötilaerot voivat myös vaikuttaa käsin laskettuun tulokseen, koska käyttöveden lämpötilojen erossa on käytetty pyöristettyä 10 °C arvoa.

Takaisinmaksuaika laitteelle on melko pitkä, noin 30 vuotta. Kuten on monta kertaa aikaisemmin jo mainittu, kannattavuutta parantaisi ja sitä kautta takaisinmaksuaikaa lyhentäisi korkeampi jäteveden lämpötila sekä suuremmat jätevesivirtaamat. Lämpöpumpun käyttäminen myös parantaisi järjestelmän kannattavuutta. Teoriassa jätevesivirtaama saisi olla kaksinkertainen nykyiseen määrään verrattuna. Tällöin päästäisiin kohtuullisempaan noin 15 vuoden takaisinmaksu-aikaan.

6.1 Edut ja haasteet

Saneerattavan rakennuksen CO₂-päästöjen pienentyminen on yleisesti ottaen melko huomattavaa. Päästöjen pienentymisen lisäksi saneerauksen myötä rakennuksen E-luku paranee parempaan suuntaan. Järjestelmälle takaisinmaksuaika on normaaleissa kohteissa kohtuullinen. Teknisesti ottaen lämmöntalteenottojärjestelmä jätevedelle on melko yksinkertaista, mutta hankintaa rajoittaa taloudellisuus suhteessa hyötyyn. Taloudellisuuteen vaikuttavat esimerkiksi kohteen paikalliset-, lupa- ja tuottoseikat. Lämmöntalteenottojärjestelmän asentaminen saneerattaviin kohteisiin saattaa olla haastavaa. Laitteisto saattaa viedä myös tilaa teknisistä tiloista. (RIL 2014 s 69.)

7 POHDINTA

Taloudelliset seikat huomioon ottaen jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä on varsin järkevä investointi suuriin asuinkerrostaloihin. Muitakin potentiaalisia käyttökohteita on runsaasti, esimerkiksi jätevedenpuhdistamot ja tehtaat sekä laitokset. Edellä mainituissa kohteissa järjestelmä onkin jo melko laajalti käytössä.

Järjestelmän asentaminen on suhteellisen helppoa ja se on lähes huoltovapaa. Varsinaisia teknisiä huoltokohteita ei ole vesipumppujen ja antureiden lisäksi. Lämmönsiirtopintojen puhdistus voi olla tarpeellinen jossakin vaiheessa käyttökästä. Huoltojen vähyyden ja asennuksen helppouden vuoksi järjestelmä on järkevä investointi uudis- tai korjauskohteeseen.

Laitteiston asentaminen asukasmäärältään puolet pienempään kerrostaloon ei olisi kovin kannattava investointi, koska takaisinmaksuaika venyisi huomattavan pitkäksi. Hybridivaihtimen etu on se, että kesäisin kannattavuutta voitaisiin tehostaa aurinkovoimalla tai jollakin muulla energiamuodolla.

Järjestelmän pitkä takaisinmaksuaika tuli minulle yllätyksenä. Takaisinmaksuaika on tarkasteltavassa kohteessa varsin pitkä, mutta jos asiaa ei mieti pelkästään taloudellisesti, on investointi hiilidioksidipäästöjä hillitsevä ja hyvä vaihtoehto rakennuksen energiankulutuksen vähentämiseksi. Hukkaenergian vähentämiseksi jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä on kohtuullisen tehokas ratkaisu.

LÄHTEET

DAS. Viitattu 17.3.2020 <https://www.das.fi/fi/DAS>.

EcolInnovation Technologies Incorporee 2019. Thermodrain. Viitattu 14.4.2020 <https://ecoinnovation.ca/drain-water-heat-recovery-system/commercial/>.

Ecopal Oy 2020b. Tuotteet. Viitattu 19.3.2020 <https://www.ecopal.fi/tuote/ecowec-r10-hybridivaihdin/>.

Ecopal Oy 2020a. KytKentämallit. Viitattu 31.3.2020 <https://www.ecopal.fi/ecowec-kytkentamallit/>.

Energiatehokas lämmitys ja lämmöntalteenottojärjestelmä. Koulutusmateriaali. Motiva. Viitattu 17.3.2020 https://www.motiva.fi/files/7812/Energiatehokas_Lammitus_LTO_KOULUTUSAINESTO.pdf.

Energiatehokas lämmönsiirto 2016. Helsinki: Motiva. Viitattu 21.3.2020 https://www.motiva.fi/files/11078/Energiatehokas_lammonsiirto_opas.pdf.

Kataikko, M & Maaskola, I 2014. Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. Lämpöpumppu- ja ORC-sovellukset. Helsinki: Motiva. 1/2014. Viitattu 17.3.2020 https://www.motiva.fi/files/13513/Ylijaamalammon_taloudellinen_hyodyntaminen_Lampopumppu-_ja_ORC-sovellukset.pdf.

Kaufmann, R. Waste Wattage: Cities Aim to Flush Heat Energy Out of Sewers. Nationalgeographic 11.12.2012. Viitattu 17.3.2020 <https://www.nationalgeographic.com/news/energy/2012/12/121211-sewage-heat-recovery/>.

Lapin AMK 2019. Viitattu 22.3.2020 <https://databrowser.arcticpower.fi/Cloudant/plotly>.

Motiva 2019. Koti ja asuminen. Viitattu 17.3.2020 https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus.

Neve 2019. Hinnastot ja lomakkeet. Viitattu 17.3.2020 https://www.neve.fi/media/wysiwyg/lomakkeet_hinnastot/kaukolampo/Rovaniemi_ja_Murola_1.1.2019_sis._liittymismaksun.pdf.

Nrcan 2017. Publications. Viitattu 17.3.2020 <https://www.nrcan.gc.ca/energy/publications/efficiency/heating-heat-pump/6827>.

Puuinfo Oy. Puutieto. Viitattu 5.4.2020 <https://www.puuinfo.fi/puutieto/insinööripuutuotteet/monikerroslevy>

Rautio, T 2020. Domus Arctica- säätio. Kiinteistöpäällikön haastattelu 12.2.2020 Viitattu 21.3.2020.

Salminen, A 2011. Jäteveden lämmön hyötykäyttö - uusiutuvan energian käyttöä vai energian säästöä? Helsinki: Ympäristöviestintä YVT Oy. 4/2011. Viitattu

17.3.2020 <https://vesitalous.mobie.fi/wp-content/uploads/2013/05/Vesitalous-4-2011-n%c3%a4ytt%c3%b6.pdf>.

Taloyhtiön energiakirja 2011. Viitattu 14.4.2020 <https://www.sitra.fi/hankkeet/taloyhtion-energiakirja/#ajankohtaista>.

Strandström, K & Vesanto P 2018. Ylijäämälämmön talteenotto ja varastointi. Viitattu 22.3.2020 <https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/2018-02energia-vaylaylijaamalammontalteenottojavarastointi-final1-1.pdf>.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Tampere: RIL ry. Viitattu 17.3.2020.

Termihaukka. Tuotteet. Viitattu 14.4 <http://www.termihaukka.fi/thermx/>.

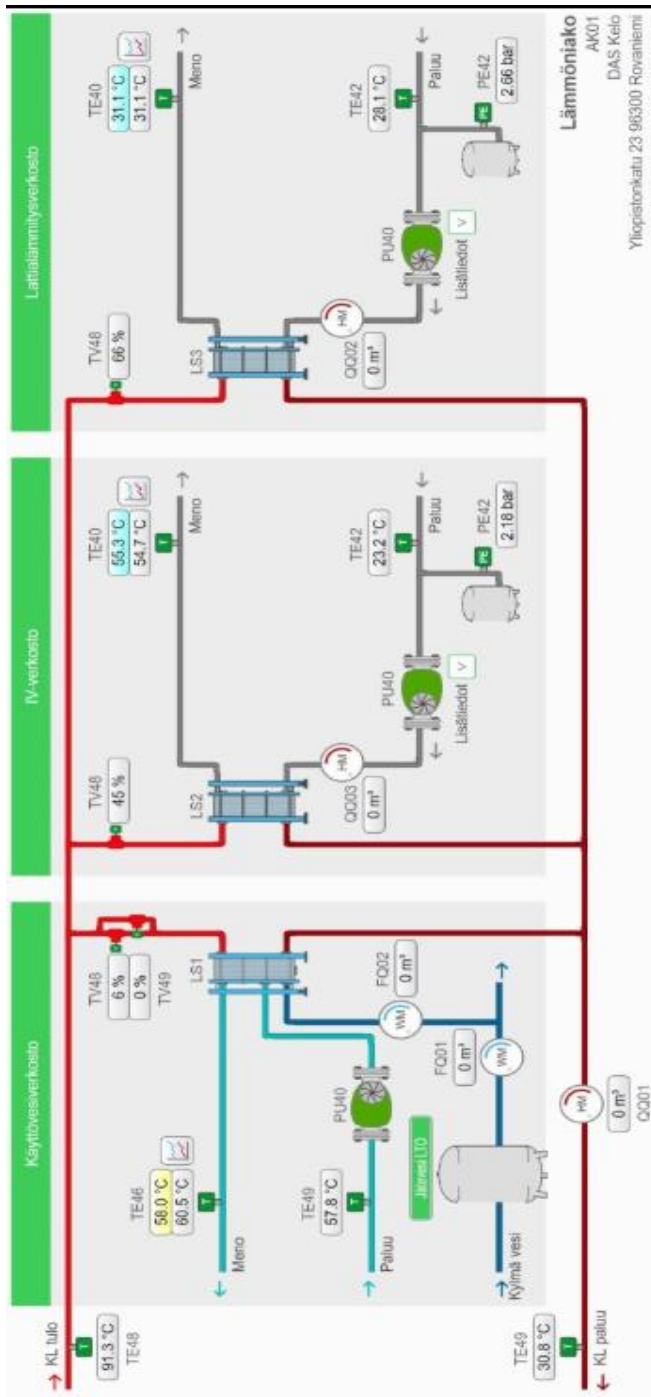
Wasenco. Energiansäästö. Viitattu 17.3.2020 <http://wasenco.com/energiansaasto/>.

Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista 22.12.2017/1047.

LIITTEET

- Liite 1. Lämmönjakokaavio
- Liite 2. Jäteveden LTO-kaavio

Liite 1. (Lapin AMK 2019)



Liite 2. (Lapin AMK 2019)

