



Aalto University

JV-lämpö

Lämmönvarastoinnin innovatiiviset menetelmät

Prof. Annukka Santasalo-Aarnio

Joni Palin

School of Engineering

Tavoitteet

- Uusien ja innovatiivisten lämpövarastotekniikoiden käyttö ja tilanne
 - *Tuntuvien lämpövarastojen vertailu latenttilämpövarastoihin*
 - *Jäteveden lämmön hyödyntämismahdollisuudet puhdistusprosessissa*

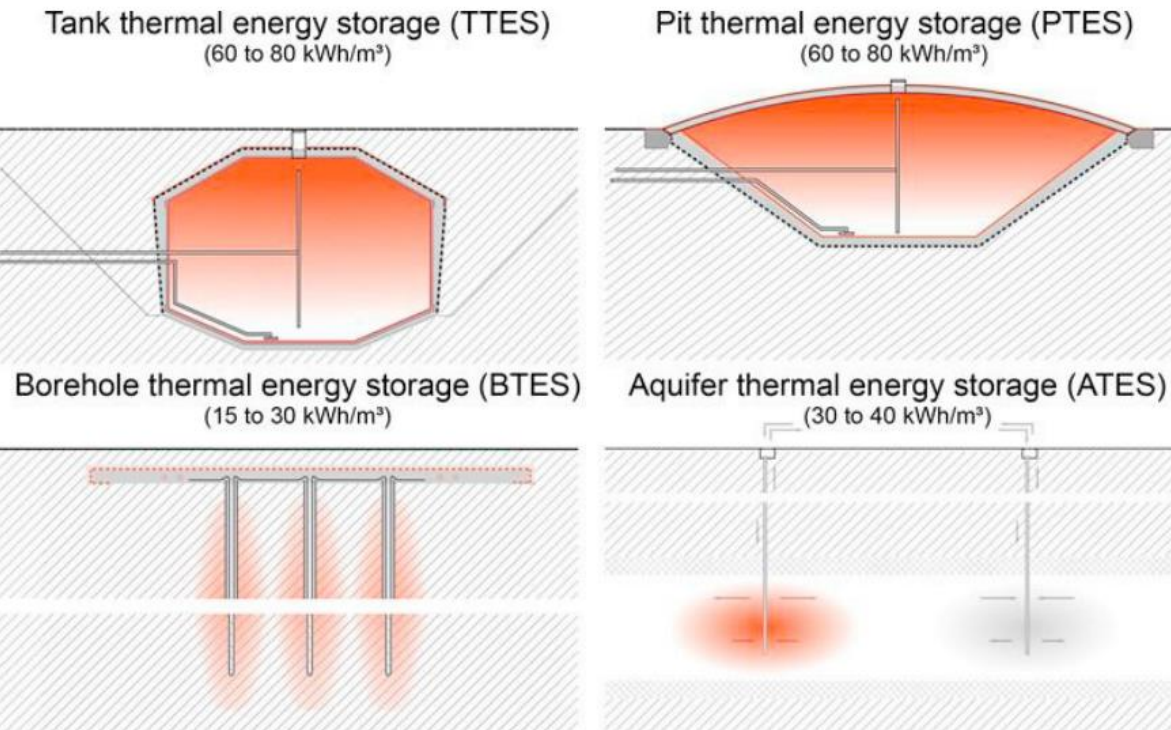
Lämpövarastot

Lämpövarastot voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan:

- **Tuntuvaan lämpöön perustuvat lämpövarastot**
 - Esimerkiksi lämmitettävät vesisäiliöt
- **Latenttilämpövarastot**
 - Faasimuutosmateriaalit
- **Kemialliset lämpövarastot**
 - Kemialliset reaktiot ja sorptioprosessit

Tuntuvat lämpövarastot

- Perustuvat väliaineen, kuten veden lämmittämiseen
- Lämpö varastoituu aineeseen sisäenergiana lämpöliikkeen lisääntyessä
- Suuren kapasiteetin tuntuvat lämpövarastot, kuten kausivarastot vaativat suuren tilavuuden, joten ne rakennetaan usein maan alle (UTES)
- Esimerkiksi CTES, BTES, ATES, PTES, TTES

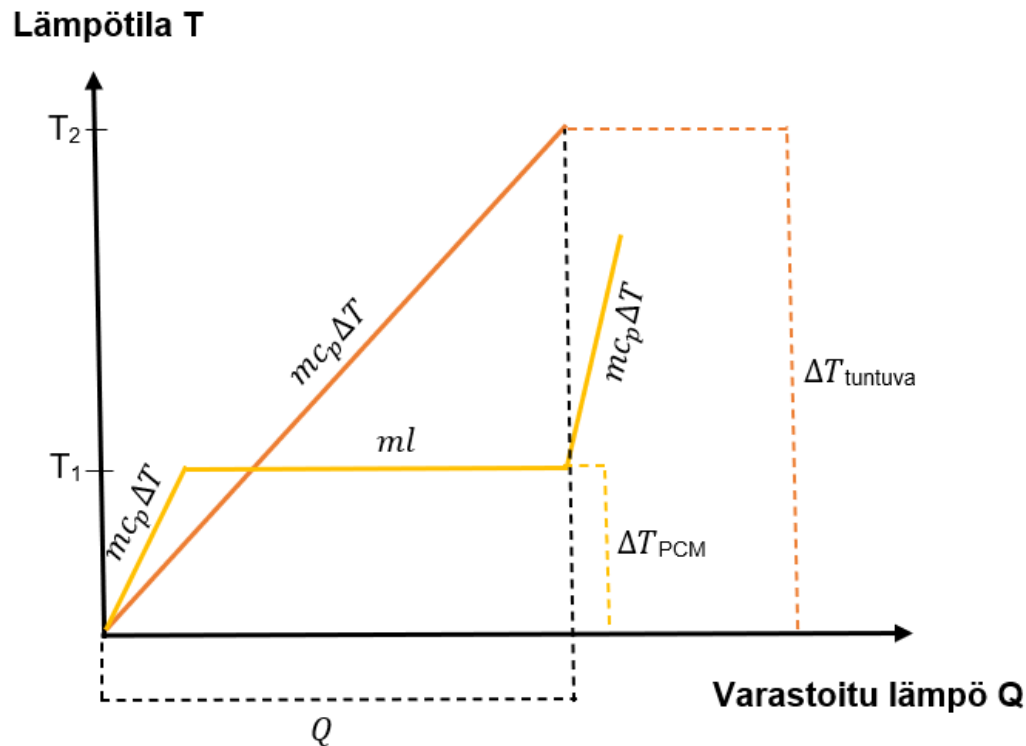


Lämpövarastojen havainnekuvia ja tyypillisiä energiatiheyksiä

[Pauschinger, T., et. al. (2018). *Integrated Cost-effective Large-scale Thermal Energy Storage for Smart District Heating and Cooling*]

Latenttilämpövarastot

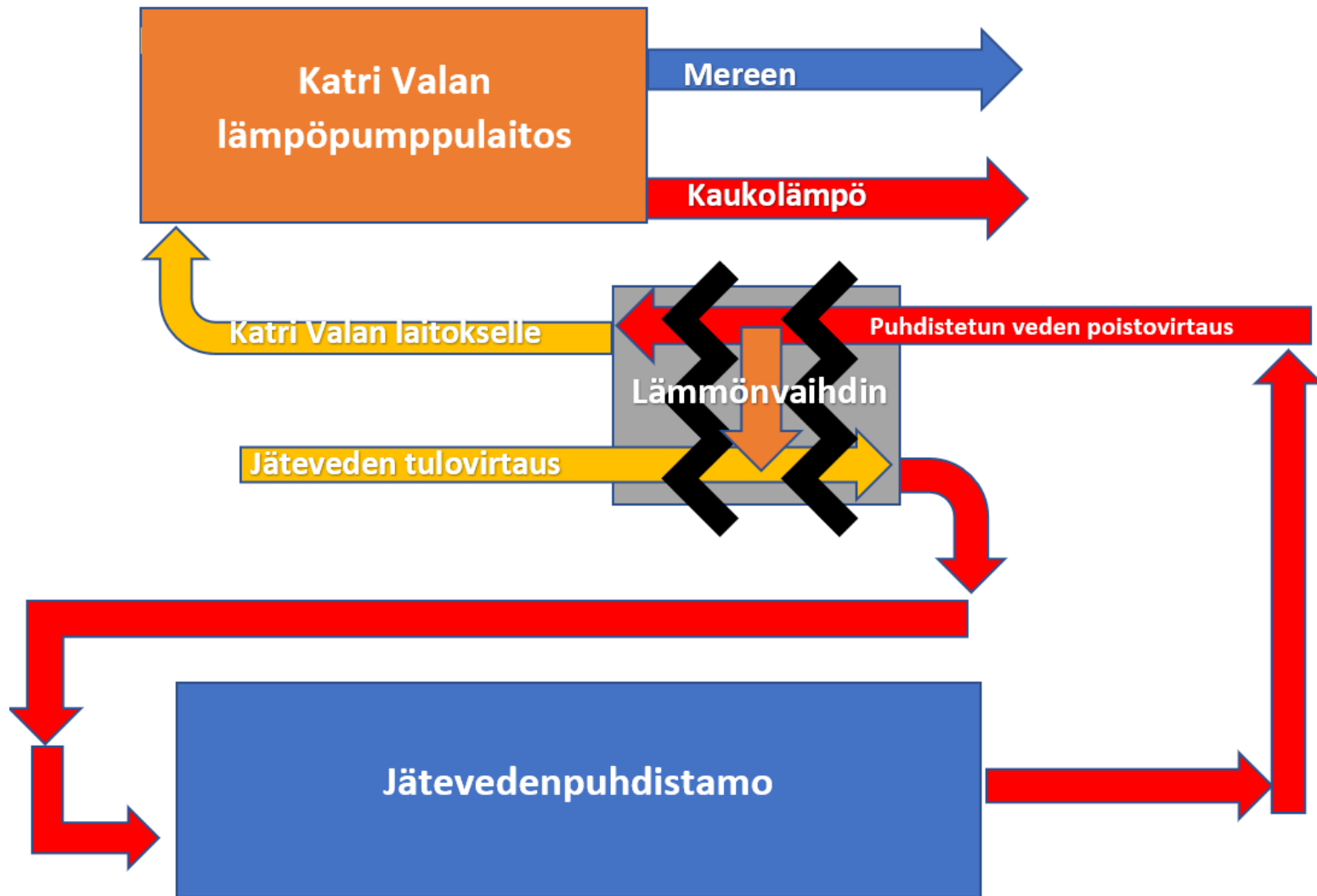
- Käytetään faasimuutosmateriaaleja
 - Sulamispiste sopivalla välillä, jotta lämpövaraston käyttölämpötiloissa saadaan aikaan faasimuutos materiaalissa
- Faasimuutosten aikana lämpötila pysyy vakiona, ja energiaa saadaan varastoitua enemmän samaan tilavuuteen ja massaan materiaalia, kuin materiaalin lämpötilan nostamiseen perustuvissa varastoissa



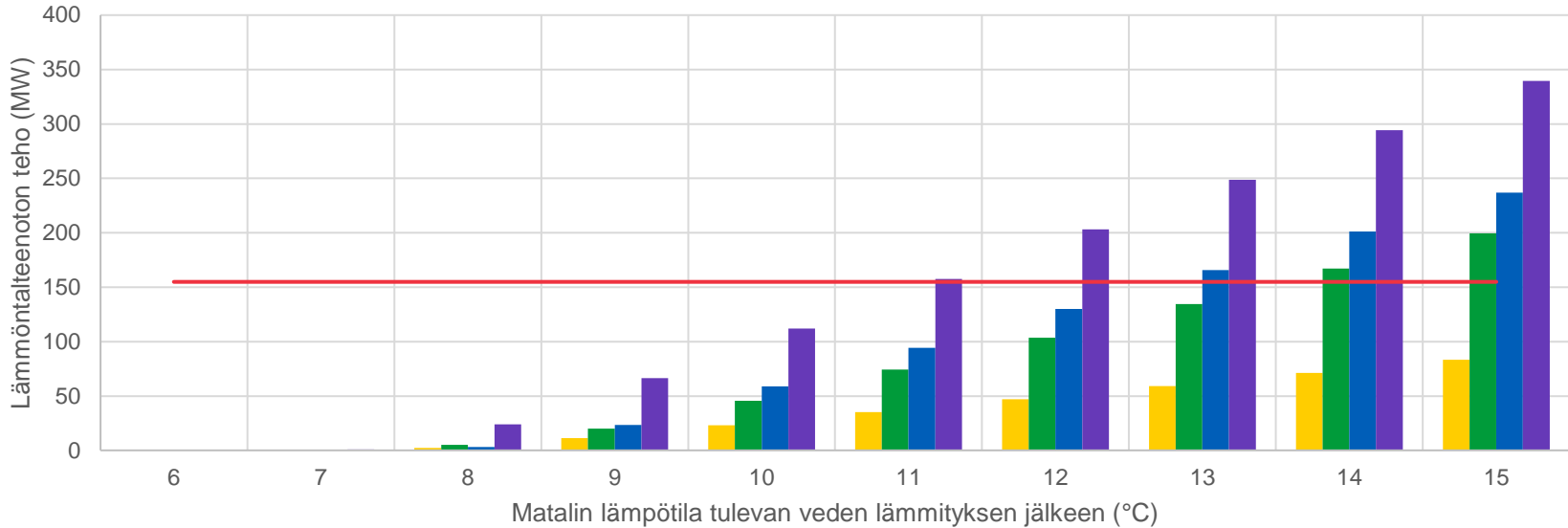
Jäteveden lämmön varastointi ja hyödynnys

Jäteveden lämmöntalteenotto ja käyttö suoraan puhdistusprosessissa

- Jätevedestä lämmöntalteenotto (nyt käytössä kaukolämpöä varten)
- Tutkimuskysymykset:
 - Onko puhdistamoille saapuvan jäteveden lämmittäminen puhdistetusta jätevedestä talteenotettavalla lämmöllä teoreettisesti mahdollista?
 - Eri minimilämpötilojen saavuttamiseksi vaadittavat lämmityksen ja lämmöntalteenoton tehot
 - Miten lämpötilan nostamisella saadaan vaikutettua typenpoistoon/ilmastustilavuuteen
- Viikinmäen (2018-2020) ja Suomenojan (2018-2019) jätevedenpuhdistamoiden dataan perustuen



Suurin vaadittava teho lämmöntalteenotolle



■ Pmax lämmöntalteenotto (MW) Suomenoja 2018 ■ Pmax lämmöntalteenotto (MW) Viikinmäki 2018
■ Pmax lämmöntalteenotto (MW) Viikinmäki 2019 ■ Pmax talteenotto (MW) Viikinmäki 2020
— Katri Valan kaukolämpöteho (155 MW)

Katri Valan laitoksen lämmöntalteenottoa vastaavalla lämmöntalteenotolla minimilämpötilan nostaminen mahdollista kaikkina vuosina n. 11 °C lämpötilaan

- Saavutetaan sama typenpoiston tehokkuus 72 % nykyisestä ilmastustilavuudesta
- Nykyisellä ilmastustilavuudella saadaan parempi typenpoisto tai voidaan kasvattaa tilavuutta

Lämmön talteenotto - Kausivaraointi talveksi

Tutkimus 2

- Lämmöntalteenotto ja kausivarastointi puhdistetusta ja laitokselta lähtevästä vedestä (Veden poistolämpötilaksi asetetaan 2°C)
- **Tutkimuskysymykset:**
 - Milloin jätevedestä on saatavissa ylimäärin lämpöä verrattuna kauko-lämmön kysyntään?
 - Kuinka suureksi lämpövaraston kapasiteetti kannattaa mitoittaa?
 - Kuinka paljon kaukolämmön kysyntää voidaan kattaa lämpövarastolla?
 - Mikä on paras vaihtoehto lämpövarastoksi?
- Viikinmäen datasta vuosilta 2018-2020

Eri varastomuotojen vertailua

10 000 MWh

Väliaine	Lämpövarastotyyppi	T (°C)	m (t)	V (m ³)	Kustannusarvio (€)
Vesi	SHS: CTES	40–93	163 400	163 400	9 430 000– 12 930 000
Vesi	SHS: PTES	20–84	134 440	134 440	4 719 000– 4 843 000
Muura- haishappo	LHS	n. 8	130 000	106 000	51 616 000
Glauberin suola	LHS	n. 32	143 000	96 600	15 671 000
Glauberin suola	LHS & SHS	32–62	102 000	69 000	11 192 000

Johtopäätökset

- Tulevan veden lämmittäminen vaatii suuria lämmöntalteenoton ja lämmityksen tehoja
- Matalimpien tulolämpötilojen nostaminen ei kuitenkaan mahdotonta ja sillä voidaan saavuttaa parannuksia typenpoistoon
- **Lämpöä saatavilla kausivarastointia varten runsaasti**
- Esimerkiksi 10 000 MWh tunnin varaston toteuttaminen mahdollista
- Muurahaishapolla saavutetaan pienin tilavuus sopivista sulamispisteeltään sopivista materiaaleista
 - kun pelkkä faasimuutos huomioitu $V = 106\ 000\ \text{m}^3$

Avoin Joni Palin DI työ saatavilla:

<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/113721?show=full>