

# Jätevedenkäsittelyn energia- ja resurssitehokkuuden parantaminen dynaamisen prosessimallinnuksen avulla

*Maija Sihvonen  
Vesihuoltopäivät  
24.5.2018*

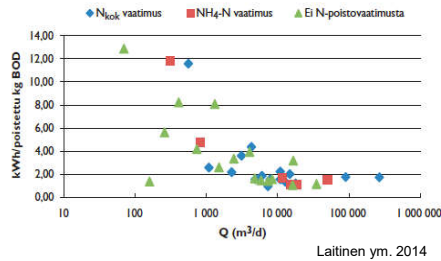
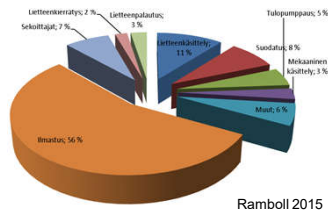
Except otherwise noted, this work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



## Työn tausta

- Jätevedenpuhdistamot merkittäviä julkisen sektorin energiankuluttajia
- Kiristyvää sääntelyä edellyttää jatkossa entistä parempaa puhdistustulosta, myös energia- ja resurssitehokkuuteen on alettu kiinnittää huomiota
- Dynaamisella prosessimallinnuksella voidaan simuloida laitoksen toimintaa ja tutkia energia- ja resurssitehokkuutta prosessin eri osissa
  - Laskennallinen menetelmä, jossa jäljitellään prosessilaitoksen toimintaa erilaisissa olosuhteissa
- **Diplomityössä:**
  - Selvitettiin jätevedenkäsittelyn energiankulutusta, energiansäästötapoja ja kuinka energiatehokkuutta voidaan parantaa mallintamalla
  - Rakennettiin prosessimallit kahdesta puhdistamosta, simuloitiin energiaa säästäviä menetelmiä ja arvioitiin niillä saatavia kustannussäästöjä

# Jätevedenkäsittelyn energiankulutus



	kWh/m <sup>3</sup>
Kiina	0,27
Alankomaat	0,36
Australia	0,39
<b>Suomi</b>	<b>0,45</b>
USA	0,45
Singapore	0,56
Iso-Britannia	0,64
Saksa	0,67

Energiätehokkuuden laatumittareita (Krampe, 2017):

- Energiankulutus
- Ilmastuksen energiankulutus
- Biokaasuntuotanto
- Omavaraisuusaste sähköntuotannossa
- Ulkoisen lämmöntuotannon tarve

# Energiansäästötoimenpiteitä

Toimenpide	Esimerkki	Säästö
Laiteparannukset	Hapensiirtoteholtaan heikkojen ilmastimien vaihto, tehokkaammat kompressorit, paremman hyötysuhteen pumput	20-50 % laitteen energiankulutuksesta
Prosessinohjaus	Happipitoisuuden säätely ilmastuksessa	NH <sub>4</sub> -N-pitoisuuden perustuva ohjaustekniikka: 10-15 %
Ajotavat	Tulovirtaaman tasaaminen, esiselkeytyksen ohittaminen, kemikaalinsyötön säätely	Vaihtelee tapauskohtaisesti
Energiapotentialin hyödyntäminen	Laitos: hukkalämmön talteenotto Jätevesi: biokaasuntuotanto	Mädätyksen avulla mahdollista kattaa 50-70% laitoksen energiantarpeesta

## Tutkitut laitokset

	Hermanninsaari, Porvoo	Klaukkala, Nurmijärvi
Käyttöönottovuosi	2001	2006
Prosessi	2-linjainen aktiivilietelaitos	3-linjainen aktiivilietelaitos
Virtaama m <sup>3</sup> /d (2016)	11 952	5952
Energiankulutus kWh/m <sup>3</sup> (2016)	0,35	0,74
Jätevedet	Kunnallisia jätevesiä	Altian kuormitus (5-25 %)
Lietteenkäsittely	Ulkoistettu	Mädätys, kaukolämmöntuotanto viereisessä voimalassa



## Mallinnusprosessi

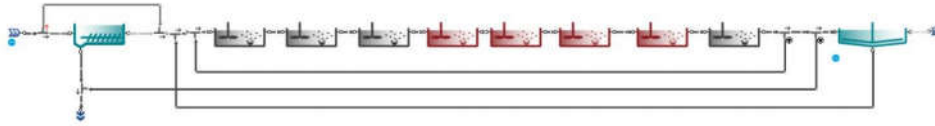
- 1) Tavoitteiden määrittely
- 2) Tietojen kerääminen, käsittely ja täydentäminen
  - Jatkuvatoimiset mittaukset, käyttötarkkailutiedot
- 3) Mallin rakentaminen
- 4) Kalibrointi ja validointi
  - Lyhyt ja pitkä kesän ja talven jakso
- 5) Simulointi ja tulosten tarkastelu  
(IWA Task Group, Rieger ym. 2012)



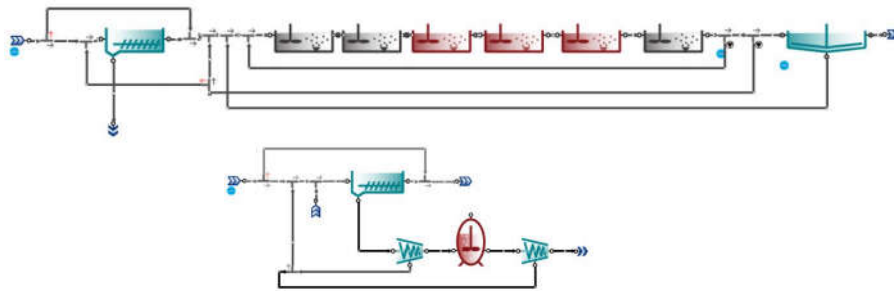
# Laitosmallit



Hermanninsaari



Klaukkala



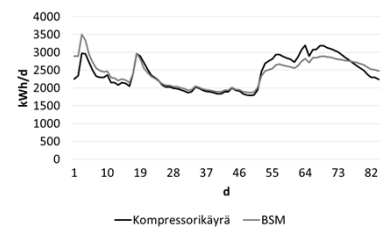
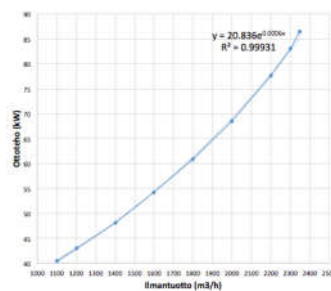
# Ilmastuksen sähkönkulutuksen mallinnus

Benchmark Simulation Model

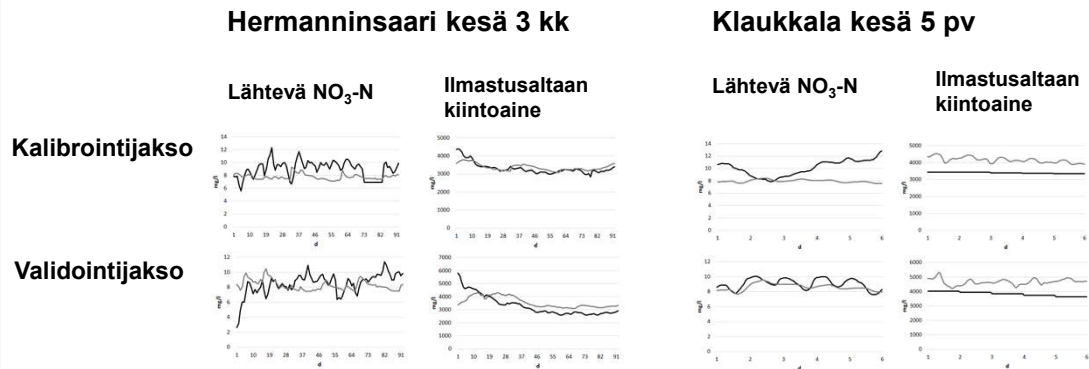
$$AE = \frac{S_{O,15}^{sat}}{t_{obs} \cdot 1.8 \cdot 1000} \int_{t_{start}}^{t_{end}} \sum_{i=1}^{i=5} V_i \cdot K_{L,i,15}(t) dt$$

**S<sup>sat</sup>** = saturaatiokonsentraatio  
**K<sub>L</sub>** = hapensiirtovakio  
**V** = lohkon tilavuus

Kompressorikäyrä (Hermanninsaari)



## Kalibrointi ja validointi



## Tutkitut menetelmät

	Menetelmä	Kuvaus
Perinteiset	Lieteiän säätely	Lyhyempi lieteikä kesällä (11 -> 8 pvä)
	Esiselkeytyksen ohituksen säätely	Lietteenpoiston lisääminen esiselkeytyksestä korkean tulokuorman aikaan
	Yli- ja alimitoitettu kompressori	Ilmansyöttö jatkuvasti liian pieni tai suuri
Uudet	Ilmansyötön ohjaus	Ilmansyötön ohjaaminen NH <sub>4</sub> -N-pitoisuuden perusteella
	Metaanintuoton lisääminen	Lietteenpoiston lisääminen esiselkeytyksestä korkean tulokuorman aikaan

## Saavutetut säästöt

Menetelmä	Lähtevä vesi	Vaikutus energiankulutukseen	Säästö (€/kk) (0,12 e/kWh)	Säästö (€/a)
Lieteän säätely	Kiintoaine: -14 % N <sub>tot</sub> : -3 %	Ilmastus: -3 % Pumppaukset: +1 %	50	400
Esiselkeytyksen ohituksen säätely	Kiintoaine: -1 % N <sub>tot</sub> : -3 %	Ilmastus: -3,6 %	250	1000
NH <sub>4</sub> -N-ohjaus	N <sub>tot</sub> : -8 %	Ilmastus: -8 % (riippuen ilmastustilavuudesta)	450	1800 alkuinvestointi
Metaanintuoton lisääminen	-	Metaanintuotto +5 % -> 7221 kWh	850	3400 (sähköntuotto omaan käyttöön)
Ylimoitettu kompressori	Ei merkittäviä vaikutuksia	+20 %	1000	4000
Alimitoitettu kompressori	N <sub>tot</sub> : +7 %	-11 %	-	-

## Johtopäätökset

### Optimointitoimenpiteet

- Oikein mitoitettut ja säädetyt laitteet tärkeä tekijä jätevedenkäsittelyssä
- Ilmastuksen ohjauksella voidaan saavuttaa kustannussäästöjä ja parantaa lähtevän veden laatua
- Metaania mahdollista hyödyntää nykyistä tehokkaammin

### Puhdistamoilta tarvittavat tiedot energiankulutuksen mallintamiseen

- Prosessi- tai laitekohtaiset tiedot energiankulutuksesta
    - Ilmantuoton ja -siirron mallintamiseen tarvitaan tietoa mm. ilmastimien toiminnasta ja häviöistä, pumppukäyrät
  - Tuntitason tiedot tulevasta ja lähtevästä vedestä
    - COD, N, NH<sub>4</sub>-N, kiintoaine
  - Kiintoainemittaukset ilmastuksessa, esi- ja jälkiselkeytyksessä
- **Energiatohokkuuden optimointi edellyttää, että laitoksen nykytila tunnetaan riittävän hyvin**

# Kiitos!