



# Sähköistämällä energiatehokkuutta teollisuudessa - kirjallisuusselvitys

*Yhteishanke, syväselvitykset ja energiatuet 2024*

*16.2.2024*



## Teollisuuden sähköistyminen on avainasemassa fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisen ja energiatehokkuuden parantamisen näkökulmasta

- Työn tavoitteena oli tarkastella erilaisia teollisuuden sähköistämisen ratkaisuja teollisuudenaloittain vertailemalla ratkaisuja niiden teknologisen valmiusasteen eli TRL-tason, skaalautuvuuden ja energiatehokkuuden perusteella.
- Tarkasteltavat teollisuudenalat olivat metsäteollisuus, kemianteollisuus, metalliteollisuus, teknologiateollisuus, elintarviketeollisuus sekä energiateollisuus.
- Työ toteutettiin kirjallisuusselvityksenä ja haastattelujen avulla.

TRL-taso	Selite
1	Perusperiaatteet on havaittu
2	Teknologiakonsepti on muotoiltu
3	Teknologiakonsepti on kokeellisesti todennettu
4	Teknologian toimivuus on todennettu laboratorio-olosuhteissa
5	Teknologian toimivuus on todennettu todellisessa ympäristössä
6	Teknologian toimivuus on demonstroitu todellisessa ympäristössä
7	Järjestelmän prototyyppi on demonstroitu toimintaympäristössä
8	Järjestelmä on valmis ja toimiva
9	Järjestelmän lopullinen toimivuus on todennettu sen toimintaympäristössä



## Raportissa tarkasteltiin laajalti eri sähköistymisen teknologioita

- Erityisesti keskityttiin sellaisiin teknologioihin, joilla on korkea TRL-taso eli ne ovat joko kaupallistuneita tai hyvin lähellä sitä.
- **Lämpöpumppujen** lisäksi jatkotarkasteluun otettiin myös **sähkökattilat**, erilaiset **sähköuunit** ja **RDH- ja RDR-teknologiat**.
- Lisäksi käsiteltiin sekä **lämmön varastointia** että **energiatehokkuutta lisäävien älyratkaisujen** hyödyntämistä.
  - ➔ **Lämmön varastoinnilla** voidaan lisätä energiatehokkuutta ja niistä on olemassa suomalaisia referenssejä, jotka painottuvat energiateollisuuteen.
  - ➔ **Älyratkaisut** mahdollistavat energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviä toimia. Puhtaasti energiatehokkuutta parantavien älyratkaisujen käyttöaste on haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella tällä hetkellä suomalaisilla pk-teollisuusyrityksillä maltillinen, joten niiden yleistymiselle on potentiaalia.



# Tarkasteltujen teknologioiden sovellettavuus eri teollisuudenaloilla

Metsäteollisuus		TRL (1-9)
Lämpöpumput	Lämmön talteenotto ja hyötykäyttö materiaalin kuivauksessa	9
	Lämpöpumppujen käyttö tuotantoprosessissa	6
	MVR-lämmittimien käyttö mustalipeän haihdutuksessa	9
Sähkökattilat	Lämmön- ja höyryntuotanto sähkökattilalla prosessien tarpeisiin	9
Sähköuunit	Sähköinen meesauuni	4-5
	Radiotaajuinen lämmitys	6
	Sähköiset infrapunalämmittimet	9
Kemianteollisuus		
Lämpöpumput	Lämmön talteenotto ja hyötykäyttö sideaineiden ja liimojen valmistuksessa	9
	Höyryn tuotanto lämpöpumpuilla	8-9
	Kuivaus- ja tislauksprosessi	7
	Höyryn kulutuksen vähentäminen kemian- ja lääkitöollisuuden prosesseissa MVR-lämmittimien avulla	9
Sähkökattilat	Lämmön- ja höyryntuotanto sähkökattilalla prosessien tarpeisiin	9
Sähköuunit	Prosessiuunien korvaaminen öljynjalostuksen tislauksessa	3
	Induktiokuumennuksen sovellukset lääkitöollisuuteen	9
	Liiman kuivaus sähköisillä infrapunalämmittimillä	7
RotoDynamic Heater & Reactor	Höyrykrakkauslaitosten korvaaminen petrokemianteollisuuden olefiinin tuotannossa	7
Energiäteollisuus		
Lämpöpumput	Rakennusten lämmitys ja jäähdytys	9
	Kiinteistöjen lämmitys hukkalämmöllä	9
	Kaukolämmön tuotanto	9
Sähkökattilat	Kaukolämmön tuotanto	8-9

Metalliteollisuus		TRL (1-9)
Lämpöpumput	Metalliromun esilämmitys	8
	Hukkalämmön talteenotto	9
	MVR-lämmittimien käyttö metallinjalostuksessa	7
Sähkökattilat	Bayer-prosessin sähköistäminen alumiinin tuotannossa	7
Sähköuunit	Suorapelkistys vedyllä ja valokaariuuni (EAF)	7-8
	Hehkutus ja jälkikäsittely induktiolla	5
	Metallin sulatus	9
RotoDynamic Heater & Reactor	Sähköinen prosessilämmitys	7
Teknoliateollisuus		
Lämpöpumput	Hukkalämmön hyödyntäminen kaukolämmön tuotantoon	9
	Hukkalämmön hyödyntäminen eristeen tuotantoprosessissa	9
Sähkökattilat	Lämpöpumppujen tukena hukkalämmön hyödyntämisessä	9
Sähköuunit	Induktiokuumennus teollisuus- ja konepajakäytössä, sekä lääketieteellisten ja hammaslääketieteellisten laitteiden valmistukseen	9
Elintarviketeollisuus		
Lämpöpumput	Hukkalämmön hyödyntäminen	9
	Tärkkelyksen kuivaus	8
	MVR-lämmittimien hyödyntäminen tuotantoprosessissa	9
Sähkökattilat	Höyryn tuottaminen prosesseihin	9
Sähköuunit	Ruoan prosessointi induktiokuumennuksen avulla	7
	Elintarvikkeiden kuivaus radiotaajuisella lämmityksellä	8
	Sähköisten infrapunalämmittimien elintarvikkeiden valmistusprosessin käyttökohteet	9



# Tarkasteltujen teknologioiden skaalautuvuus ja energiansäästöpotentiali



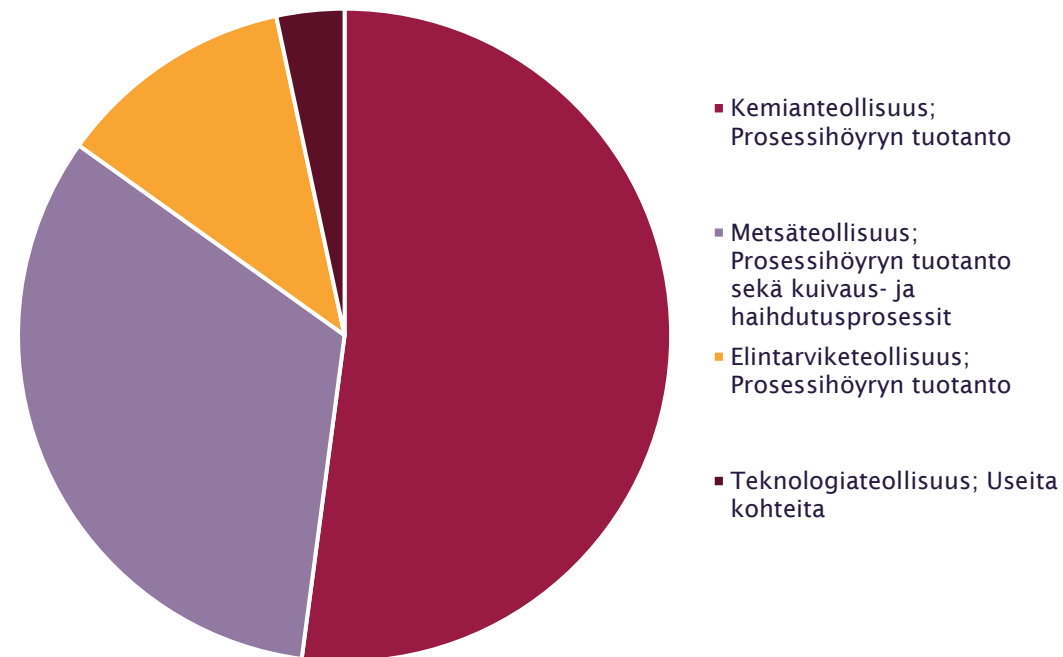
## Jatkotarkastelussa tutkittiin korkean lämpötilan lämpöpumppujen ja suoran sähköistymisen teknologioiden skaalautuvuutta Suomessa

- Näiden ratkaisujen katsotaan korvaavan fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja vähentävän päästöjä. Varsinkin korkean lämpötilan lämpöpumput tuovat lisäksi energiatehokkuushyötyjä, sillä niillä on parempi hyötysuhde perinteiseen polttoon verrattuna.
- Suomessa löytyy potentiaalia sekä päästöjen vähentämiseksi että energiatehokkuuden lisäämiselle sähköistymisratkaisujen myötä.
- Toinen tapa tarkastella korkean lämpötilan lämpöpumppujen potentiaalia olisi ollut tutkia saatavilla olevan hukkalämmön määrää teollisuussektoreilla, sillä ne muodostavat suuren potentiaalisen lämmönlähteen pumppujen hyödyntämisessä.



# Korkean lämpötilan lämpöpumppujen skaalautuvuuden arvioiminen eri teollisuudenaloille ja prosesseihin on haastavaa

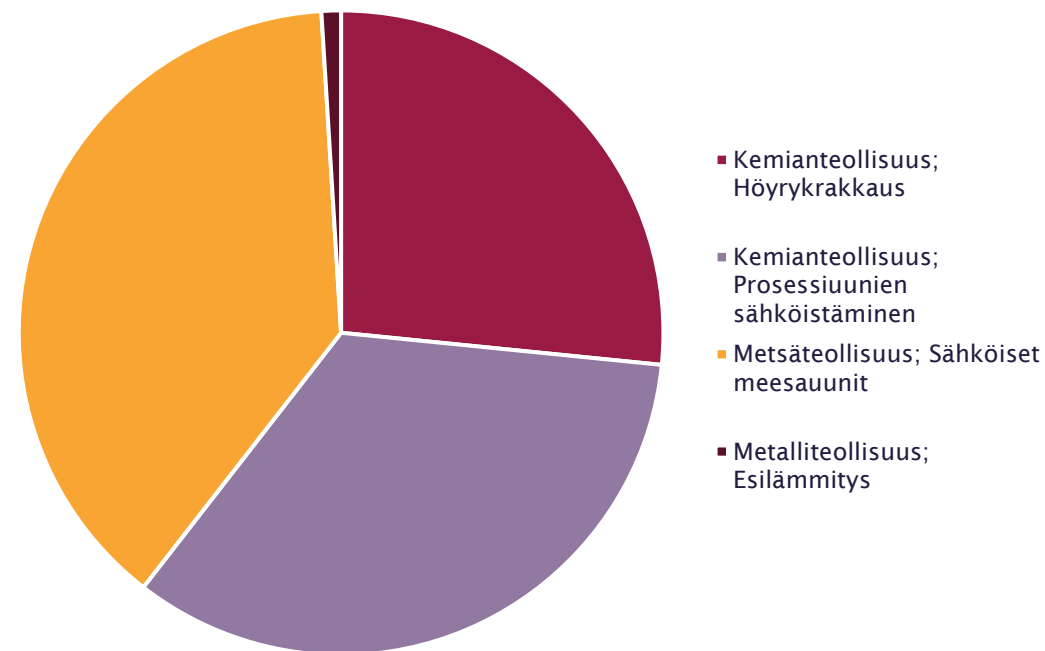
- Korkean lämpötilan lämpöpumppujen käyttö on tapauskohtaista ja pumpun hyötysuhde riippuu merkittävästi siitä, miten niitä hyödynnetään.
- Vaikutusten laajuutta voidaan arvioida teollisuusaloittain mm. niiden fossiilienergian kulutuksen sekä esimerkkien avulla: useimmilla teollisuudenaloilla korkean lämpötilan lämpöpumppuja on hyödynnetty höyryntuotannossa, johon on perinteisesti käytetty etenkin maakaasua ja öljyä.



*Korkean lämpötilan lämpöpumpuilla tuotetun lämpöenergian säästöpotentiaalín suhteellinen jakautuminen teollisuusaloittain.*

# Korkean lämpötilan lämpöpumppujen lisäksi korkeita lämpötiloja voidaan tuottaa myös muilla sähköisillä tavoilla

- Ratkaisut vaihtelevat huomattavasti teollisuudenalan ja kyseessä olevan prosessin mukaan.
- Potentiaalia löytyy erityisesti kemianteollisuudesta, jossa höyrykrakkauksen sekä prosessiuunien sähköistäminen tuovat energiatehokkuusparannuksia.
- Metsäteollisuudessa sähköiset meesauunit ovat potentiaalinen sähköistämisen teknologia.



*Muilla kuin korkean lämpötilan lämpöpumpuilla tuotetun lämpöenergian säästöpotentiaalin suhteellinen jakautuminen teollisuusaloittain.*

# Potentiaalia sähköistämisratkaisuille löytyy etenkin energiateollisuudesta, kemianteollisuudesta sekä metsäteollisuudesta

- ➔ Sähköistämisen teknologiat voidaan jakaa **lämpöpumppuihin, suoriin sähköistämisratkaisuihin ja epäsuoriin sähköistämisratkaisuihin**. Sähköiset prosessit ovat usein parempia hyötysuhteeltaan, kun niitä verrataan perinteisiin polttoa hyödyntäviin teknologioihin.
- ➔ **Korkeampien lämpötilojen tuotannossa sähköuuneissa on potentiaalia**, mutta niiden teknologinen valmiusaste ei ollut kaikissa tapauksissa kaupallisella tasolla. Lisäksi tarkasteltiin erilaisia lämmön varastointimenetelmiä sekä älyratkaisuita.
- ➔ **Korkean lämpötilan lämpöpumppujen suurin potentiaali on energiateollisuudessa**. Muilla teollisuudenaloilla potentiaali oli pienempi.
- ➔ Muut lämmöntuotannon sähköistämisen ratkaisut **vaihtelevat huomattavasti teollisuudenalan ja kyseessä olevan prosessin mukaan**. Potentiaalia löytyy erityisesti kemianteollisuudesta ja metsäteollisuudesta.
- ➔ Raportin tuloksiin sisältyy epävarmuuksia, ja siinä on esitetty vain yksi tapa arvioida sähköistämisratkaisujen potentiaalia. **Ratkaisujen käyttöönotolla on muitakin kohteita kuin fossiilisten energianlähteiden korvaaminen**, ja eri prosessien osuudet teollisuussektoreiden energiankäytöstä ovat karkeita arvioita. Lisäksi sähköistämisen ratkaisut ovat aina tapauskohtaisia ja niihin vaikuttaa suuri joukko muuttujia, jotka on otettava huomioon investointia tehtäessä. Raportin tuloksia tulisikin pitää suuntaa antavina.



@MotivaOy



[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)