

# Lämpöä-hanke

## Hukkalämpökuormien hyödyntäminen ja lämmön varastointi

Rauli Lautkankare  
Turun ammattikorkeakoulu



**Varsinais-Suomen liitto**  
Egentliga Finlands förbund  
Regional Council of Southwest Finland



**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



## Heat Roadmap Europe -tutkimushankkeen raportti:

Ylijäämälämpöä syntyy Euroopassa vuosittain 4 600 TWh.

Euroopassa rakennusten lämmitykseen käytetään 3 300 TWh/v.

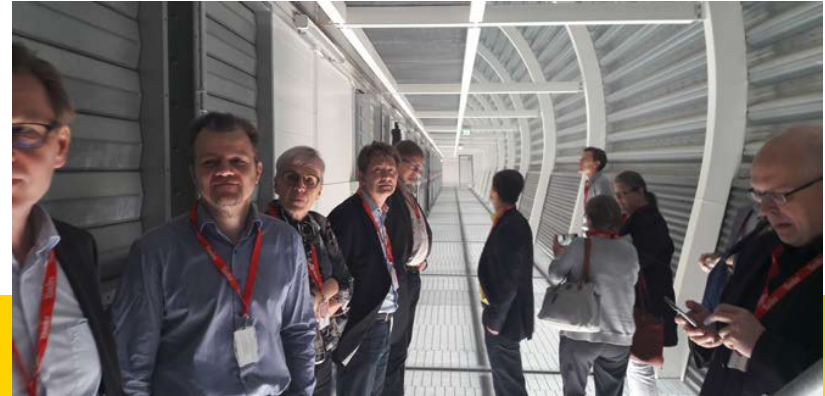
Kilpilahden alueella Porvoossa ylijäämälämpöpotentiaaliksi arvioidaan 8 TWh/v.

**Vertailuna:** Helenin koko kaukolämpötuotanto on kokoluokassa 7 TWh.

1 TWh = 1 000 000 000 kWh → kaukolämpö 0,05 € → 50 000 000 €/TWh

8 TWh:n **hukkalämmön arvo** 400 000 000 €!

1,4x



Mm. Datasaleissa syntyy paljon lämpöä

### **Suomessa hukkalämpöjä on arviolta 54 TWh (2010).**

Vaikka vain osa olisi hyödynnettävissä  
joko suoraan tai varastoimalla  
kyse on sadoista miljoonista euroista.

### **Hukkalämmöistä uusiolämmöksi:**

$20\% \times 50\,000\,000 \text{ €/TWh} \times 54 \text{ TWh} = 540\,000\,000 \text{ €}.$

$50\% \times 50\,000\,000 \text{ €/TWh} \times 54 \text{ TWh} = 1\,350\,000\,000 \text{ €}.$

# Lämpöenergian kausivarastointi

**Sopii kaikkiin rakennustyyppeihin – niin uudisrakennuksiin kuin korjauskohteisiin:** asuintalot, toimistot, liikekeskukset, ravintolat, kasvihuoneet, polttolaitokset, teollisuus ym. kiinteistöt.

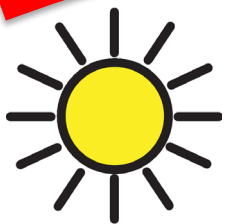
Maailmalla kymmeniä tuhansia kohteita, Suomessakin kymmenittäin.

**Savikerrokseen varastoidaan paalujen kautta.**

**Kallioon varastoidaan porareikien kautta.**

Myös yhdistelmät mahdollisia: paalun alle voidaan tehdä porareikä.

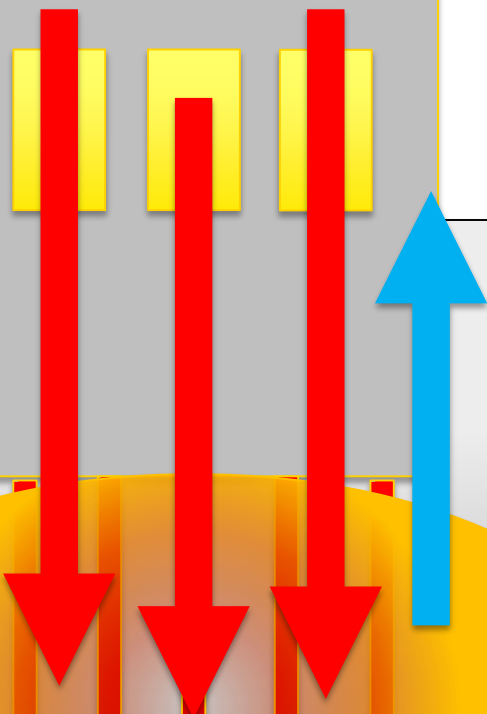
Varastoiksi soveltuvat maaperän ohella kallioluolat, vesialtaat tai –säiliöt.



$T = 20\text{ °C}$

### Hukkalämpökuormia

- lataus maaperään
- viilennys



$T = 5\text{ °C}$



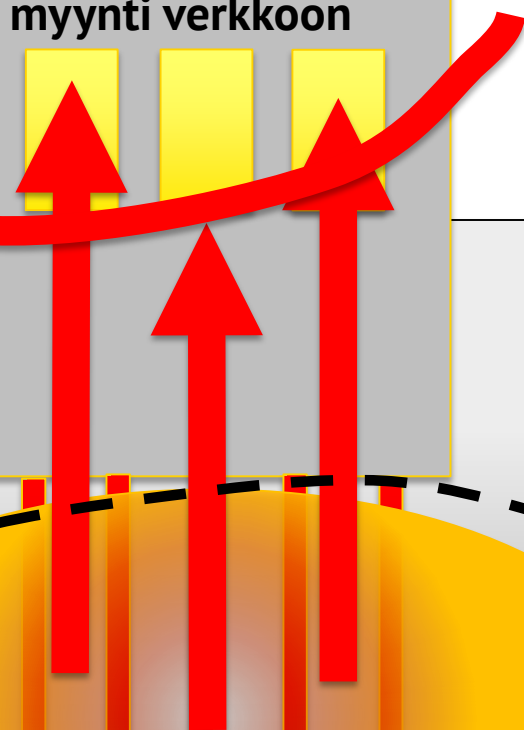
$T = -20\text{ °C}$

### Hyödyntämiskohteet

- sisäilman esilämmitys
- käyttöveden esilämmitys
- piha-alueiden sulanapito
- myynti verkkoon

*ilman lämpötila*

*maaperän lämpötila*



$T = \dots 15 \dots\text{ °C}$



**TURKU AMK**

TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES



Varsinais-Suomen liitto  
Egentliga Finlands förbund  
Regional Council of Southwest Finland



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

# Hankkeen toimenpiteet

## **Toimenpide 1:**

Pilottiekosysteemien valmistelu, seuranta, dokumentointi ja analysointi.

## **Toimenpide 2:**

Energiapaaluihin integroitujen energiajärjestelmien koulutuksen suunnittelu

## **Toimenpide 3:** RT-ohjeen laatiminen

## **Toimenpide 4:** Mobiilisovellus

## **Toimenpide 5:** Uusimman tiedon kokoaminen, tiedonlevitys ja verkostoituminen



# Toimenpide 1



## Pilottiekosysteemien valmistelu, seuranta, dokumentointi ja analysointi.

### Skanssin Torni:

- Rakennus otetaan käyttöön 4/2019.
- Rakennus tulee olemaan yksi Turun kaupungin energiatehokkuuden esittelykohde.
- Secap-korttiin kirjattu kohteen energiajärjestelmän rakentamiskustannukset, energiankulutuksen laskennalliset tiedot ja oleelliset kommentit toteutukseen vaikuttaneista tekijöistä.
- 28 kpl / 196 kpl kantavaa paalua energiakäytössä.
- 2 energiapaalua + 2 tavallista paalua lämpötilaseurannan piirissä.
- Lämpötiladata kulkee valokuidussa. Datan rekisteröintiä varten hankitaan DTS-loggeri. Datan luku tapahtuu kohteessa, ellei televerkon kautta saada tietoa kampukselle asti.
- Energiajärjestelmän ja kulutuksen seurannan visualisointi on työn alla. Asiasta on keskusteltu rakennuttajan ja virtuaaliratkaisuja toimittavan yrityksen kanssa, jotta vaihtoehdot tulisivat esille.
- Haluamme sovelluksen, joka informoi, seuraa ja ohjaa asukasta energian kulutuksen suhteen.
- Rakennuksen ala-aulaan voisi visualisoida TV-näyttöön tietyt asiat.

## Toimenpide 2

### **Energiapaaluihin integroitujen energiajärjestelmien koulutuksen suunnittelu**

Kokonaisuutta on laajennettu käsittämään lämpöenergian kausivarastointia eikä pelkästään paaluilla toteutettuja järjestelmiä.

Suuntaviivoja on kartoitettu 12.4.2018 seminaarin yhteydessä järjestetyssä työpajassa.

Koulutuksen suunnittelu käynnistyy vahvemmin syksyllä 2018 ja jatkuu keväällä 2019.

Varastoinnin koulutuksen kehittämisestä on keskusteltu alustavasti Motivan ja Turun kiertotalouskeskuksen/LSJH:n kanssa. Syksyllä 2018 kokoustamme molempien kanssa.

Kiertotalouden ollessa hyvin vahva ja uusi teema näyttäisi siltä, että sitä voisi vielä vahvistaa energiakokonaisuudella, ja saada myötätuulta varastoinnin kehittämiseksi. Topinpuiston ympäristö on oiva Living Lab monille kokeiluille liittyen kierrätykseen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen. Esimerkkinä jätekasojen lämmön hyödyntäminen paikallisesti.



# Toimenpide 3

## RT-ohjeen laatiminen

Toimikunta (ohjausryhmä) on perustettu ja kortista on tehty ensimmäinen luonnos. Ohjekortti pitäisi saada keväällä 2019 lausuntokierrokselle, jotta se saataisiin julkaistua vielä hankkeen aikana loppuvuodesta 2019. Kortti on suunnattu rakennushankkeeseen ryhtyville, hanke- ja esisuunnitteluvaiheeseen. Keskustelemme vielä siitä, että tekisimme toisenkin täsmällisemmän kortin esim lvi-suunnittelijoille.

Kortin kirjoittajat/toimikunnan jäsenet ovat:

- Jussi Klemola, säätiön asiamies
- Marko Pulliainen, säätiön asiamies
- Rauli Lautkankare, Turun ammattikorkeakoulu, pj.
- Juha Kääriä, Turun ammattikorkeakoulu
- Birgitta Martinkauppi, Vaasan yliopisto
- Nikolas Salomaa, NollaE
- Timo Sivula, Heliostorage
- Teppo Arola, GTK
- Pekka Tuominen, VTT

## Toimenpide 4

### Mobiilisovellus ja animaatio

Päätimme pyytää tarjouksia Skanssin Tornin energiajärjestelmän datan näkyväksi tuomisesta kolmelta eri toimijalta. Torni otetaan käyttöön keväällä 2019, jonka jälkeen sovelluksen voisi ottaa käyttöön. Sovelluksen kehittämistä varten on laadittu tarjouspyyntöluonnos. Tarjoukseen tulisi sisällyttää idea energia-avattaresta, joka seuraa, ohjaa ja dokumentoi asukkaiden energiatottumuksia.

Lisäksi pyysimme amk:n pelilabraa luomaan Skanssin Tornin arkkitehdin 3D-mallin pohjalta animaation energiajärjestelmästä. Animaatio on katsottavissa täältä:  
<https://www.nollae.fi/skanssin-tornin-nollae-ratkaisu-3d-animaationa/>

Kampuksen ja Tornin energiaseuranta varten on DTS-laitteiston hankinta vielä edessä. Laitteiston keräämä data saadaan näkyviin selaimeen.

Omakotikohteessa on Pietikon mittalaitteet ja seurantajärjestelmä. Käyttöönotto k2019

# Toimenpide 5

## Uusimman tiedon kokoaminen, tiedonlevitys ja verkostoituminen

### Alla olevissa tilaisuuksissa tai kokouksissa kerrottu Lämpöä-hankkeesta

- Turun amk yritysaamupala 31.8.2017
- Rakennustietofoorumi 5.9.2017
- Turun kaupunki Skanssin toimijat 4.10.2017
- Kauppapuutarhaliiton Uuden Tekniikan Päivät 1.11.2017
- Aurinkoteknillisen yhdistyksen seminaari 9.11.2017
- VIA University College Braedstrup 20.11.2017 Excursio Evakot-hankkeen kanssa.
- GTK:n kutsuasiakastilaisuus Börs 23.11.2017
- Skanssin kauppakeskustori 24.11.2017 opiskelijatempaus
- V-S ympäristöosaamisen yhdistys 14.12.2017
- Vuoden Lähienergiaratkaisu 2017 31.1.2018
- TOK 5.3.2018
- Turun SAFA 26.3.2018
- Lämpöä-hankkeen 2. yleisöseminaari 12.4.2018
- Hinku-verkoston kevätseminaari 18.4.2018

## Toimenpide 5

### Uusimman tiedon kokoaminen, tiedonlevitys ja verkostoituminen

#### Jatkoa edelliseltä sivulta

- EKAT-hankkeen Turun henkilöstö 8.10.2018
- Kiinteistöliiton energialta 10.10.2018
- Kuntalaisten energiakäänne – ratkaisufoorumi 31.10.2018
- RKL:n liittokokouksen rakennuspäivät 17.11.2018
- Turun rakennusvalvonnan lvi-tiimi 20.11.2018
- Vuoden Lähienergiaratkaisija 2018-kilpailu 21.11.2018
- TEM:n uusiutuvan energian toimialaraportin julkistustilaisuus 29.11.2018
- Teräspaalupäivä 17.1.2019

#### UUDET KV-KONTAKTIT

- Tekniska verken, Ruotsi
- Svenskt Geoenergicentrum
- Technische Hochschule Ingolstadt, Institute of new Energy Systems (InES)



# Toimenpide 5

## Uusimman tiedon kokoaminen, tiedonlevitys ja verkostoituminen

### OPINNÄYTETYÖT

1. Arto Tahvanainen: Lämpöenergian varastointi Skanssin Tornissa
2. Maksim Susi: Energiapaalutus Skanssin Tornissa
3. Jussi Hämäläinen: Turun ammattikorkeakoulun uuden kampuksen energiapaalukaivot

### TIETEELLISET ARTIKKELIT

Lautkankare, R., Salomaa, N., Arola, T. & Lehtonen, J. 2018.

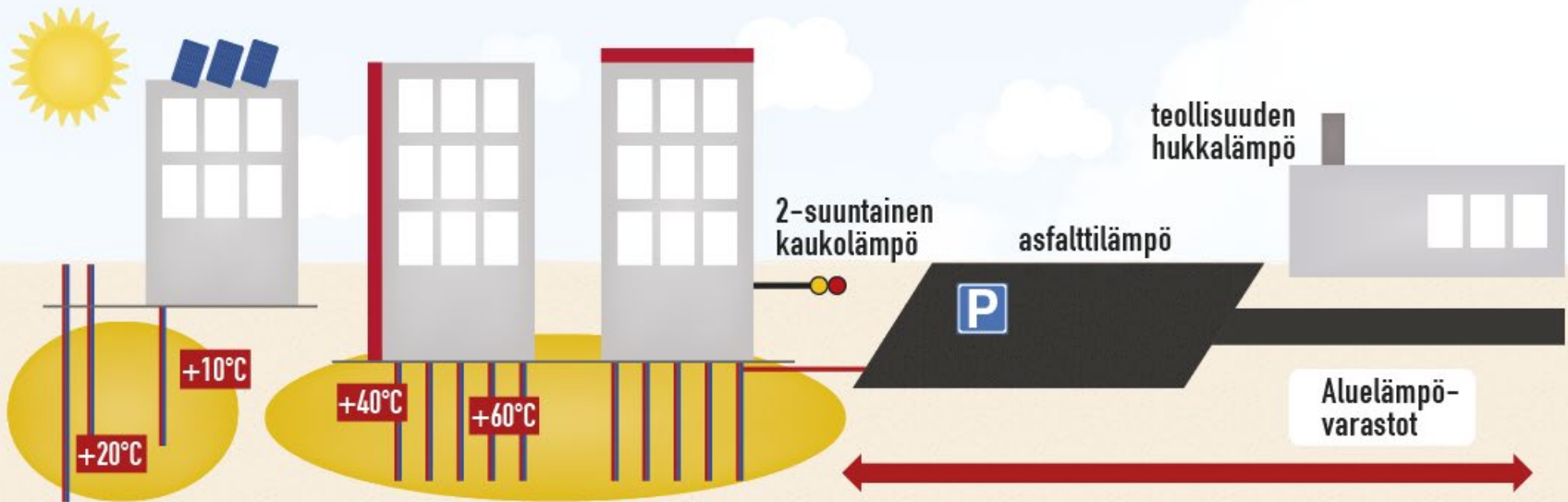
Micropile operated thermal energy storages below the building.

IFCEE 2018-congress. Orlando, Florida.

Artikkeli on osa väitöskirjaa. Väitös käsittelee hukkalämpökuormien hyödyntämistä ja lämpöenergian kausivarastointia. Opinnot käynnistyivät 20.9.2018.

**HANKEYHTEISTYÖ:** EKAT, HUKATON, HUIMA, Kuntalaisten energiakäänne

# Lämpöenergian kerääminen



Rakennuksen alla paalut ja 1000 - 100 000 m<sup>3</sup> savea (vettä) = lämpövarasto.  
Kallio on myös loistava lämpövarasto.

**Paalujen** kautta maahan ladattava lämpöenergia voidaan kerätä esimerkiksi aurinkokeräimillä tai kiinteistön omilla rakenteilla, jotka ovat suunniteltu lämmön keruuta ajatellen. Tällaisia rakenteita voivat olla esimerkiksi kiinteistöjen katto-, seinä- tai asfalttipinnat.

**Lämpöä** voidaan kerätä myös ilmanvaihdosta, teollisista prosesseista tai serveritiloista. Lähtökohtana on hyödyntää erilaiset hukka- tai ilmaislämmöt myöhempänä ajankohtana. Paalu sekä lataa lämpöenergiaa maahan että purkaa lämpöä maasta tilanteesta riippuen.

Lämpö talteen ja käyttöön talvella – huomattavia säästöjä ostoenergiassa!

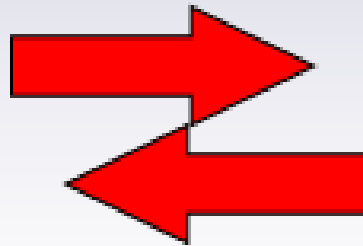
## Latauksen ja purun periaate

toimii paaluilla saveen tai porareikien kautta kallioon.

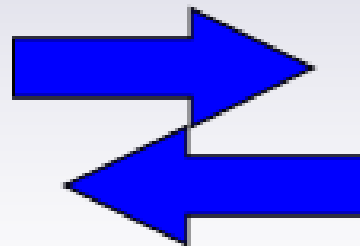
Useiden reikien kautta saadaan lämpö ladattua laajalle alueelle isoon volyymiin joko savea tai kalliota, joka toimii lämpöakkuna.

paalupituus = savikerroksen paksuus 5-50 m

T=5-6 °C



Lämmityksessä hyödynnetään kesän aikana maahan varastoitunutta energiaa.



Jäähdytyksessä hyödynnetään maaperän matalaa lämpötilaa.

Tyypillinen maaperän lämpötila Etelä-Suomessa

15 m syvyydessä 5-6 °C

→ varastolla T=15-20 °C → parempi hyötysuhde lämmitysprosessille

→ varasto 50-60 °C → myös käyttöveden esilämmitys



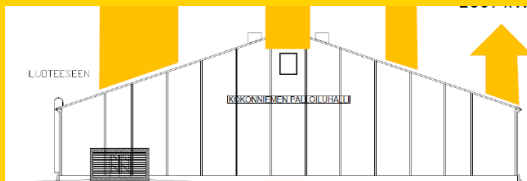
## Palvelutalot



## Julkiset saunarakennukset



## Palloiluhallit



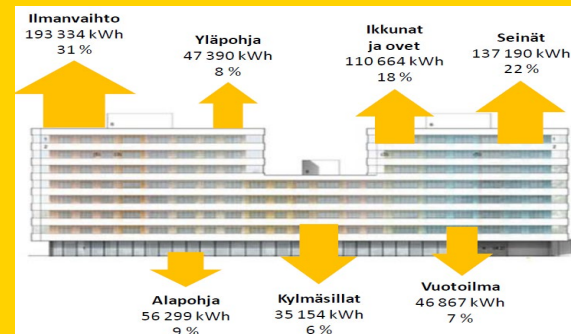
## Koulurakennukset



## Kerrostalot



## Hotellit





# Havainnekuva Salon Korvenmäen ekovoimalaitoksesta

Toteutus ja operointi Lounavoima Oy (LSJH 50 % ja Salon kaukolämpö oy 50 %)

Rakentaminen alkaa 1/2019

Jätteenpoltto alkaa 1/2021

Kapasiteetti 120 000 t/v → 300 000 kg/pv

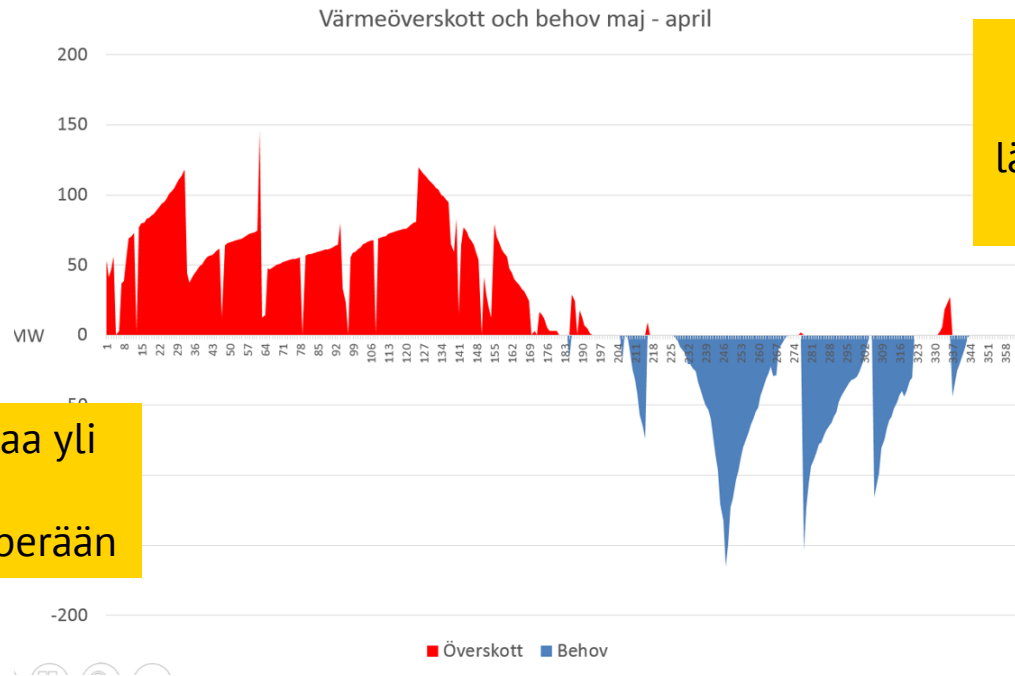


**Linköpingin jätteenpolttolaitokselta** tehdyssä selvityksessä tutkitaan jätteiden polton hukkalämmön lataamista 1000-2000 energiakaivon kautta kallioon.

Raportti luettavissa: <http://resource-sip.se/content/uploads/2017/08/42522-1-slutrapport-hefaistos.pdf>



## Överskott/underskott av gratis värme



Lämmitystarve  
→ kesäaikana varastoitu  
lämpö otetaan maaperästä  
hyötykäyttöön

Lämpökuormaa yli  
tarpeen  
→ lataus maaperään

Kausivarastoinnin avulla mikä tahansa rakennus voi toimia  
lämpövoimalana.



# UUSIA NÄKYMÄÄ ENERGIAMURROKSEN SUOMEEN

## MURROSAREENAN TUOTTAMIA KUNNIAANHIMOISIA ENERGIJA- & ILMASTOTOIMIA VUOSILLE 2018–2030

**TOIMITTANEET:** Sampsa Hyysalo, Tatu Marttila, Armi Temmes, Raimo Lovio,  
Paula Kivimaa, Karoliina Aavinen, Allu Pyhälampi, Jani Lukkarinen, Janne Peljo  
**JULKAISTU** 28.11.2017

## **Tärkeimmät tarvittavat muutokset:**

- **Hukkalämmön parempi hyödyntäminen**
- **Kaukolämpömarkkinoiden avaaminen ja siirtyminen tuntihinnoitteluun**
- **Helpot kaukolämmön kysyntäjoustopalvelut**
- **Sähkön- ja lämmöntuotannon säätöjen yhteensovittaminen**
- **Energiatehokkuus rakennusmääräyksiin**
- **Tutkimuksessa panostus lämmön kausivarastoinnin kehittämiseen**



## Tarkastelukohteita Lämpöä-hankkeessa

Skanssin Tornit



IV:n poistoilman lämpö  
talteen saveen



Turun amk:n uusi kampus



Diesel-moottorien  
jähdytyslämpö kallioon

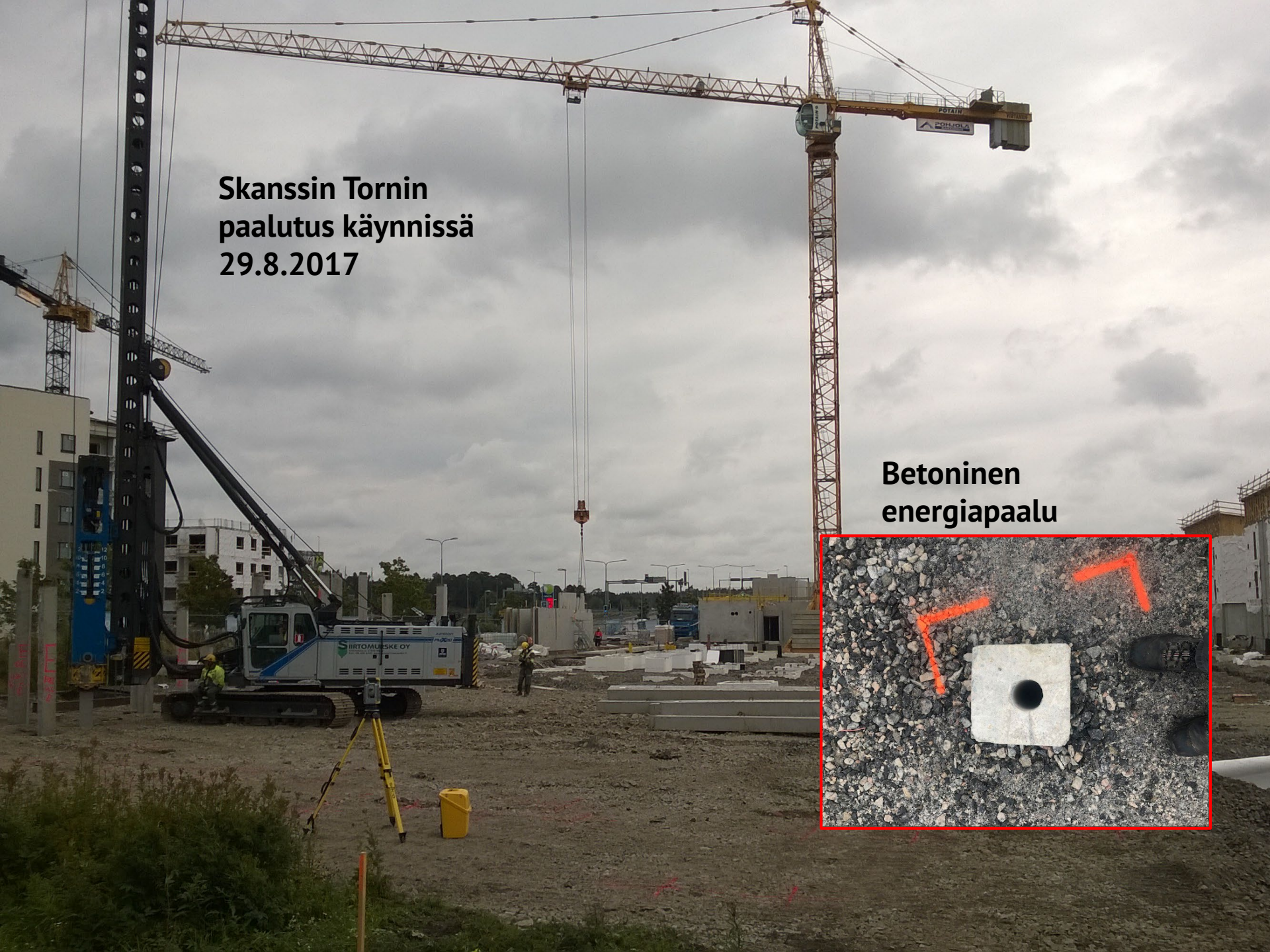


0-energiatalo Kaarinassa



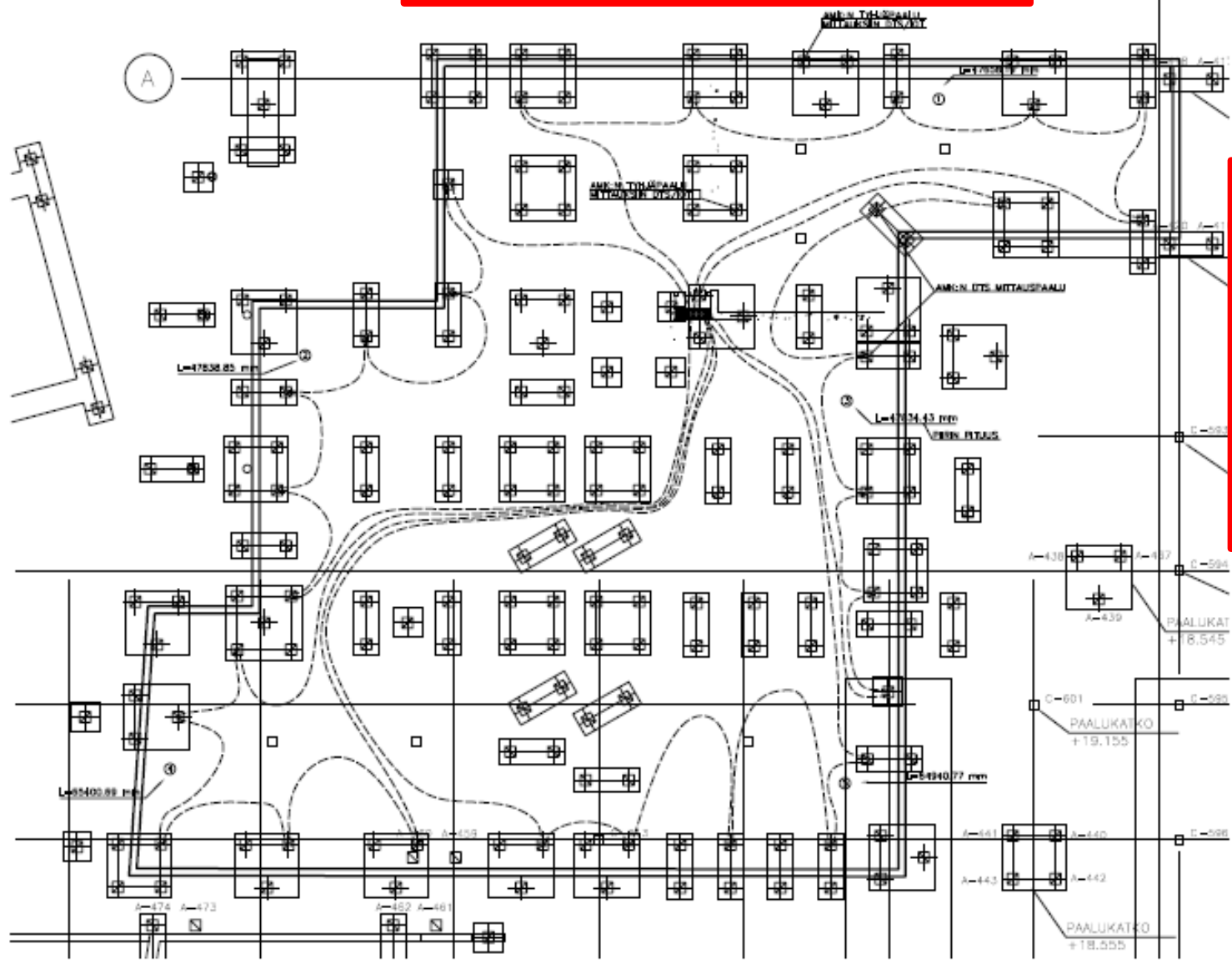
**Skanssin Tornin  
paalutus käynnissä  
29.8.2017**

**Betoninen  
energiapaalu**



# Skanssin Tornin paalukartta

35



**Energiapaaluja  
28 kpl  
a 18 m  
  
= 500 m  
lämpöputkea**

SKANSSEN TORNIN ALUE SKANSSEN TORNIN ALUE SKANSSEN TORNIN ALUE		LVI LVI LVI	2020 2020 2020
SKANSSEN TORNITALO SKANSSEN TORNITALO SKANSSEN TORNITALO		ENERGIAPAALUT ENERGIAPAALUT ENERGIAPAALUT	1:50 1:50 1:50
nollaE TURKUN 2020		LVI 20006 220	8





Skanssin Tornin  
työmaalla  
asennukset  
käynnissä  
3.10.2017.

Vastaava PEX-putki  
kuin maalämpö-  
kaivoissa.

Tässä keruuputket  
asennetaan 28  
paaluun.

Asennusaika  
kahdelta  
ensikertalaiselta:  
1 työpäivä



Osaan lämpöputkista  
asennettiin  
datankeruanturit.  
DTS-mittauksella saadaan  
lämpötilatieto paalusta  
metrin välein.



Tilanne 31.10.2017.

Seuraavaksi keruuputkien runkolinjan asennus.



Keruuputkia 28 kpl

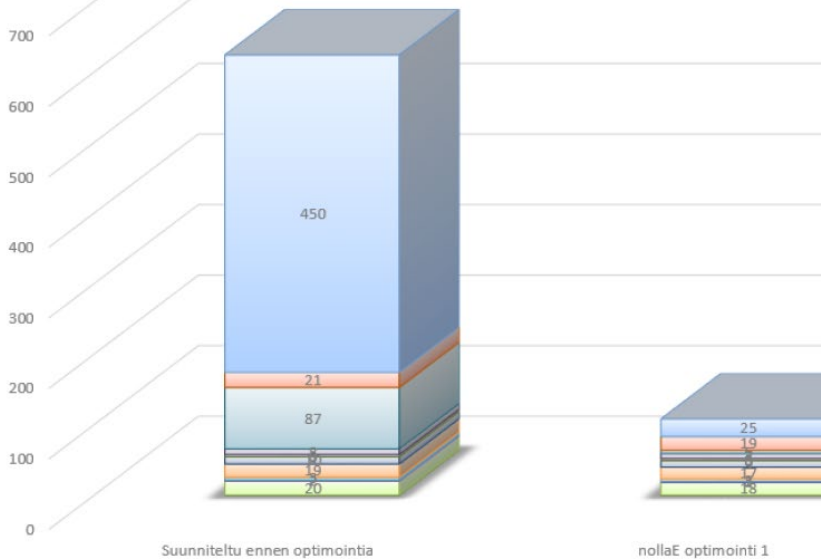
24.11.2017 alapohja valukunnossa.



# Tehontarve Skanssin Tornissa

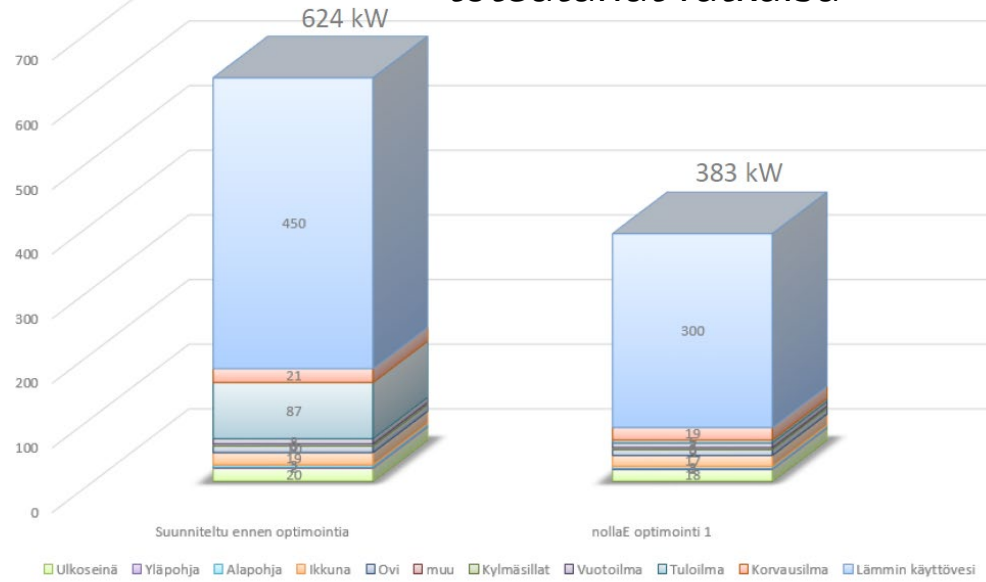
Kaukolämpöliittymän optimoitu teho

## tarjottu ratkaisu



Kohteeseen loppujen lopuksi asennetun liittymän teho

## toteutunut ratkaisu



## Syitä tapahtuneeseen:

Maankäyttösopimus (oli liityttävä kaukolämpöverkkoon), ARA-syyt, rakennuttamistekniset syyt (LVI-suunnittelija halusi varmuudeksi suuremman lämmitystehon)

## Varaston rakentamiskustannukset ovat minimaalisia:

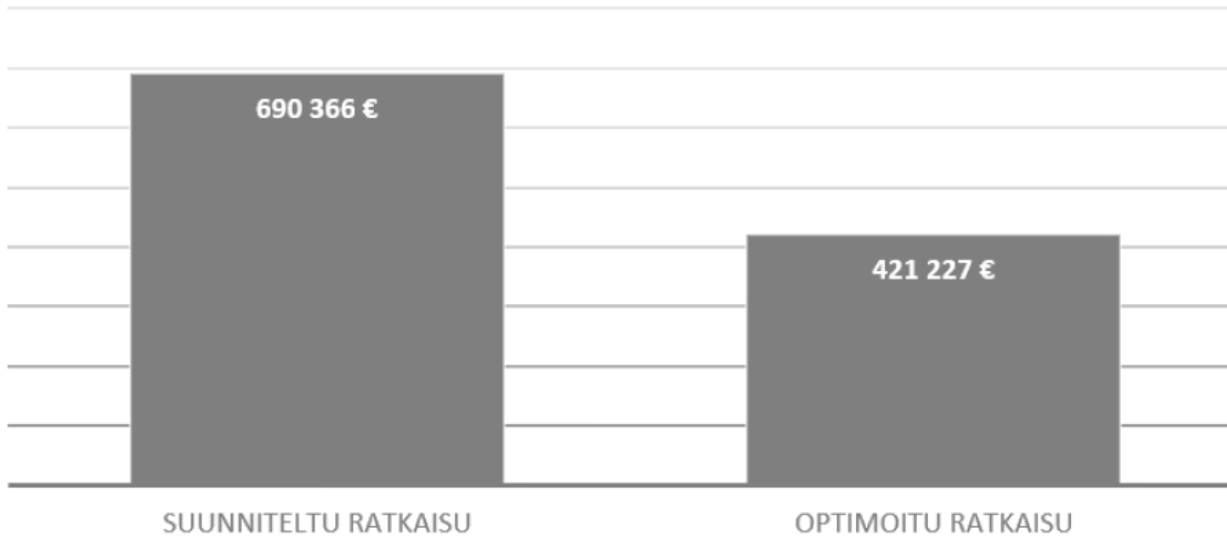
Varasto koostuu pääasiassa paaluista ja muoviputkesta.

Paalut olisivat tulleet tähän kohteeseen joka tapauksessa. PEX-putki 2 €/m.

**Työkustannuksia** tulee jonkin verran lisää putkien liittämistä ja koeponnistuksista.

→ Varasto on edullinen investointi suhteessa linkaaren aikaisiin kustannuksiin ja säästöihin.

## Kokonaiskustannukset 10 vuotta (investoinnit jyvitetty laitteiston eliniälle)



### KUSTANNUKSET VAIHTOEHDOTTAIN

Kuvassa vasemmalla kustannukset seuraavan 10 vuoden ajalle, jos rakennus toteutetaan alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti.

Kokonaiskustannuksissa on huomioitu energiakulujen lisäksi laitteiston vanhenemisesta johtuvat kustannukset, rahan hinta ja energian hinnan nousu.

Järkevin vaihtoehto tuottaa **269 139 euron säästön** suunniteltuihin ratkaisuihin verrattuna

### Toimenpiteet optimoidussa ratkaisussa

- esilämmitys/viilennyspatterit jokaiselle iv-koneelle
- energiapaalut
- ilmaa veteen sekoittavat Mora-suihkupaketit
- 1.000 litran käyttövesivaraaja puskuroimaan lämmintä käyttövettä.

Kaukolämmön liittymismaksu lähtötilanteessa 23.560 euroa ja vuosimaksu 6.760 euroa.

Kaukolämmön liittymismaksu nyt 12.610 euroa ja vuosimaksu 2.995 euroa.

Lämpöä-hanke osallistui Skanssin Tornin energiaratkaisun videoanimaation toteuttamiseen. Katso video tästä: [Torni 3D-animaatio](#)

## Tavoitetilanne varastoinnin kohdalla. 5 vuoden skenaario:

1. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä **varastointi on yksi tunnettu vaihtoehto**. Niin pientalo-rakentajat, rakennusliikkeet kuin rakennusvalvonta tietää varastoinnin (kiinteistövarastot).
2. Varaston rakentamiseen löytyy hyllyltä tuotteet, suunnittelutoimistot osaavat varaston suunnittelun ja kustannukset/säästöt ovat selkeästi ja puolueettomasti todettu.
3. Energialaitokset hyödyntävät maavarastointia lähiöissä ja kaupunkikeskustoissa esimerkiksi **kaukolämmön yhteydessä** (korttelikohtaiset varastot tai aluevarastot).
4. Teknisen alan oppilaitoksissa huomioidaan **varastointi opetuksessa ((verkko)koulutuspaketti)**.
5. Lainsäädäntö mahdollistaa **kiinteistörajojen yli tapahtuvan energiakaupan**.
6. **Maankäyttösopimukset** tms. eivät pakota mihinkään tiettyyn ratkaisuun.
7. **Sijoittajat kiinnostuneet varastoinnista**. Sopimus pohjat huomioivat/suosivat varastointia.
8. Varastojen hallintaan on säännöt ja keinot niiden yleistyessä. Geologiset vaik. tunnetaan.
9. Kalliovarastointi on investointi-intensiivistä. **Poraustekniikan kehittyminen** ja porausten yleistyminen laskee varastoon investointia huomattavasti.
10. Suomalainen varastointiosaaminen on maailmalla tunnettu ja se luo **uutta liiketoimintaa**.



## Lämpöenergian varastointia - luonnollisesti



# Kiitos!

Rauli Lautkankare  
Lehtori  
Turun ammattikorkeakoulu  
GSM: +358 50 5985 668  
e-mail: [rauli.lautkankare@turkuamk.fi](mailto:rauli.lautkankare@turkuamk.fi)