

Lämpöenergian varastointi ja hyödyntäminen energian - ja nyt myös - materiaalien kiertotaloutta edistäen

BT Energiaverkosto
Tykistökatu 4b, Turku

Rauli Lautkankare, Lehtori
Energiajärjestelmät ja ajoneuvot
Turun Ammattikorkeakoulu
23.1.2026

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

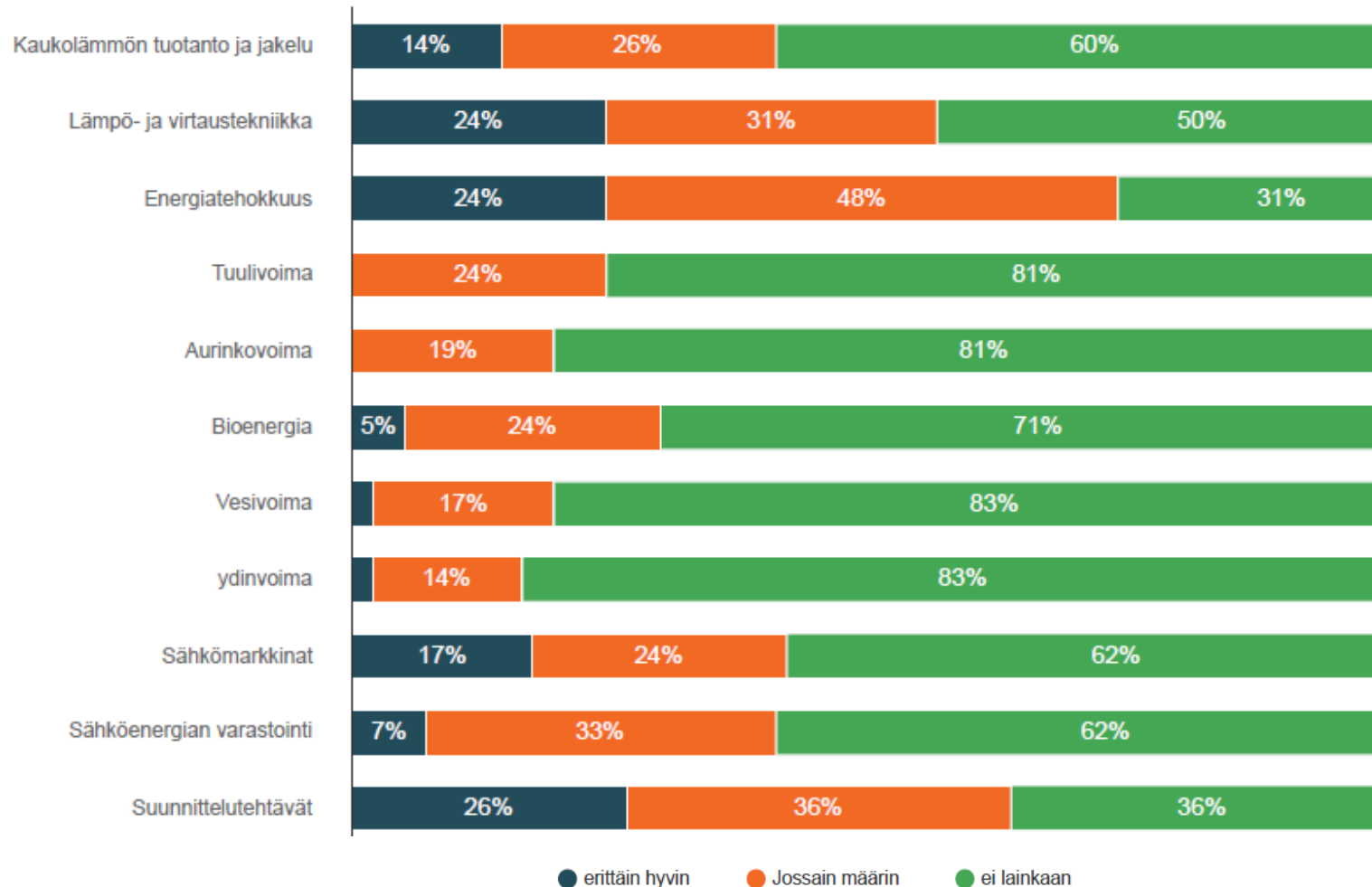


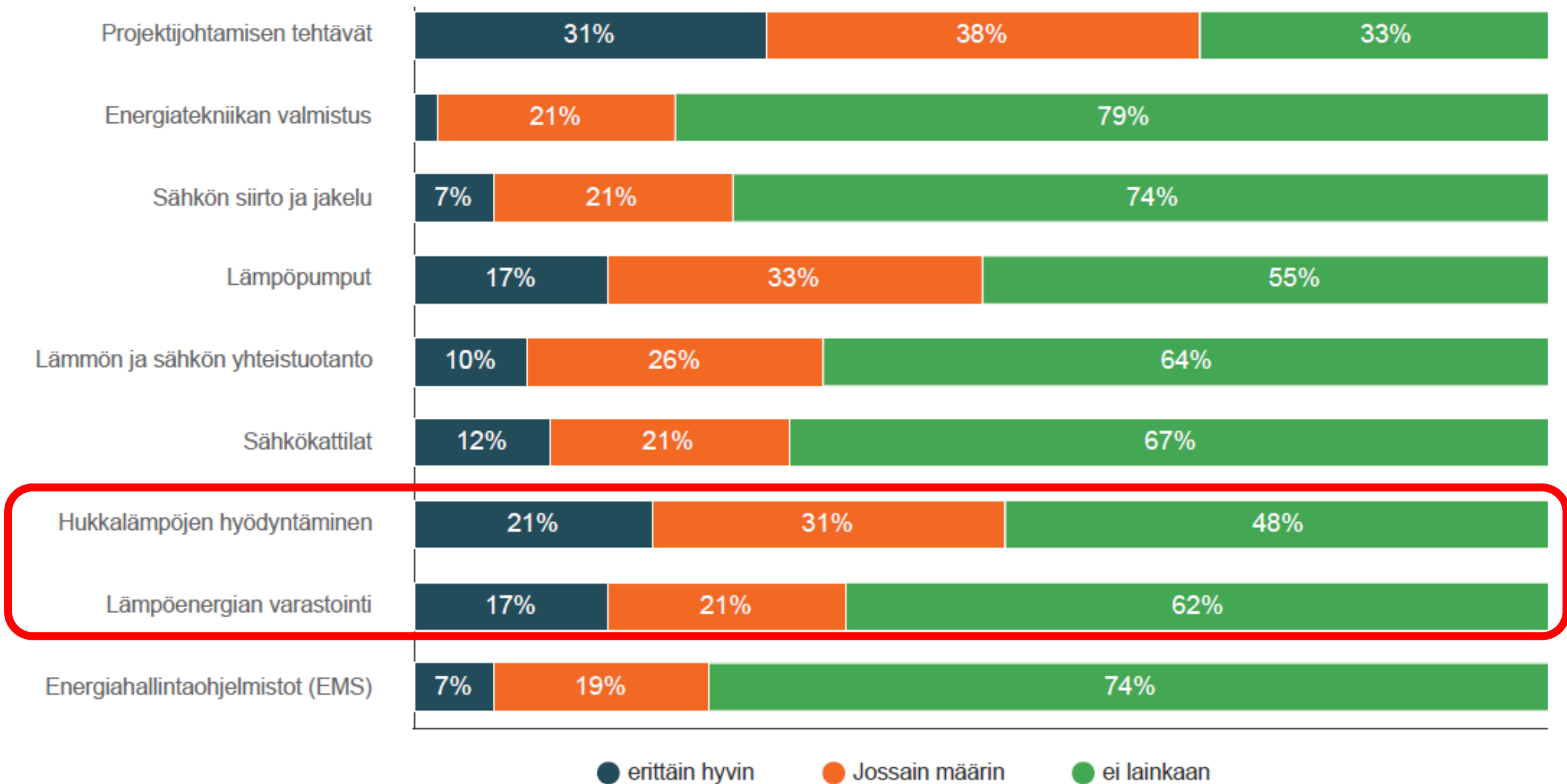
Euroopan unionin
osarahoittama

Energiatekniikan opiskelijoille suunnatun alumnikyselyn tuloksia 2025 (valm. 2020-24)

Kuinka hyvin seuraavat aihealueet kuvaavat nykyisiä työtehtäviäsi?

Vastaajien määrä: 42 , valittujen vastausten lukumäärä: 852

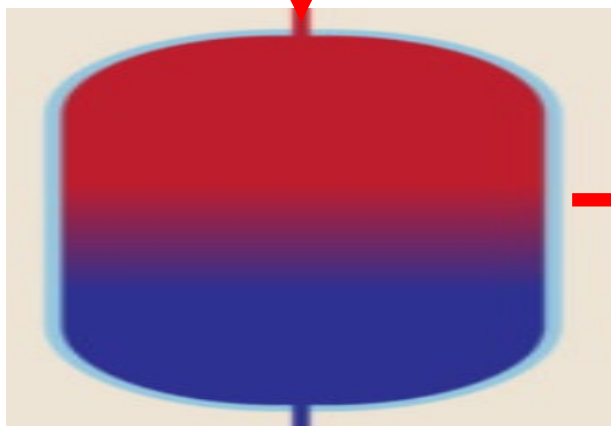




MIKSI varastoida lämpöä

Ylijäämää/
Hukkalämmönlähde*

Suora hyödyntäminen tai
varastoinnin kautta

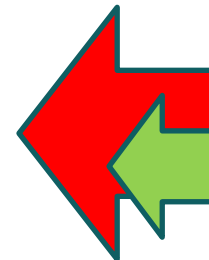


Lämpövarasto:

tunteja, päiviä tai kuukausia



Lämmön käyttö kiinteistöissä, kun
lämmityskausi alkaa



Ostoenergia

€ → €

Varastointidun energian käyttö vähentää ostoenergian tarvetta (€ → €).
Energian tuotantokapasiteettia ei tarvitse lisätä samassa suhteessa kuin kulutus kasvaa.
Valmiusvarasto = energiaa on pankitettu yllätys- ja katkotilanteita varten.



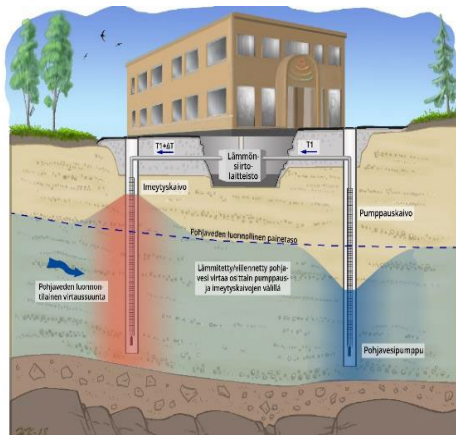
Euroopan unionin
osarahoittama

***PRIZZTECH 2023: HUKKALÄMPÖOPAS
YRITYKSILLE**

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Varastointitavat ja teknologiat

Isot lämpövarastot Suomessa (UTES, STES)



ATES

Aquifer TES

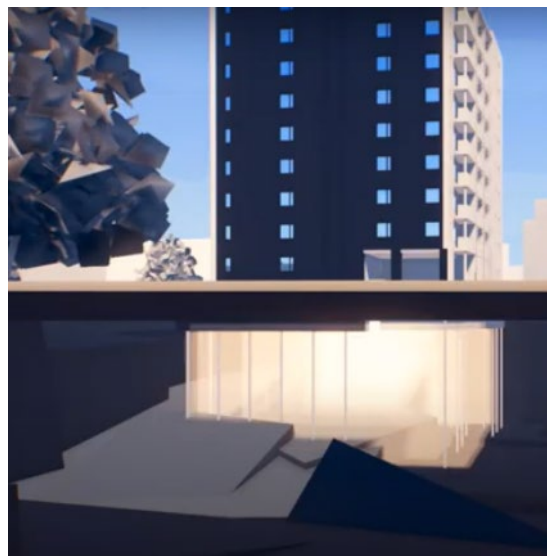
Suomi 1 (+2 lupavaihe)

Belgia 30,

Ruotsi 220,

Alankomaat 3000

Soramaat ja -alueet



BTES

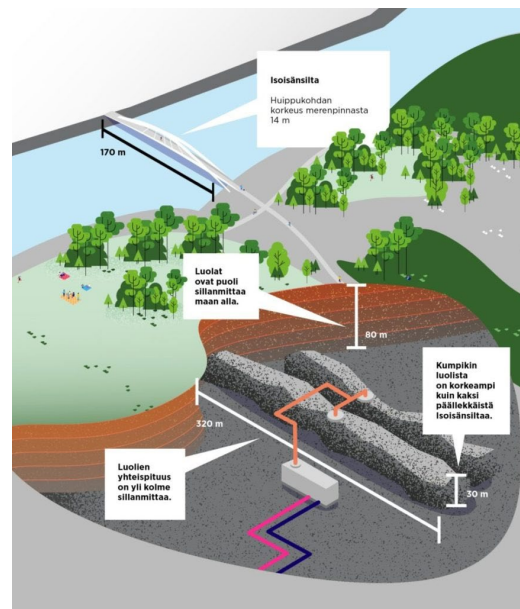
Borehole TES

Suomessa >100 kohdetta

Energiapaalut tai -kaivot,

Turun toriparkki 11 GWh

Savimaat ja kallio



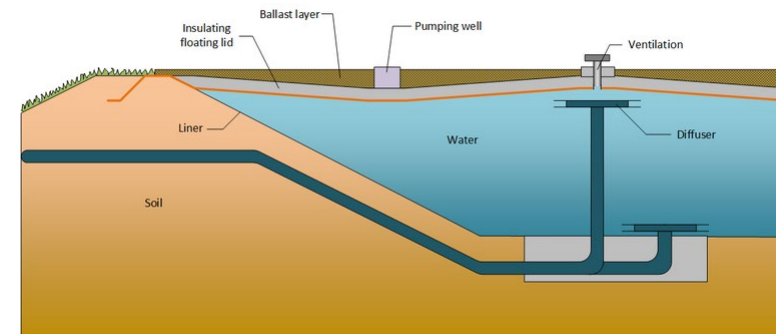
CTES

Cavern TES

4 (+1 Vantaa 2030,
lämpökäp. 90 GWh)

Ruotsissa 5.

Kallio



Altaat 0 kpl

Tanskassa 8 (20 000 - 200 000 m³)

Saksassa 4

Hyvinkää 2027

18 GWh/kertalataus

380 000 m³ (maailman suurin)

Hiekka- ja soramaat



Euroopan unionin
osarahoittama

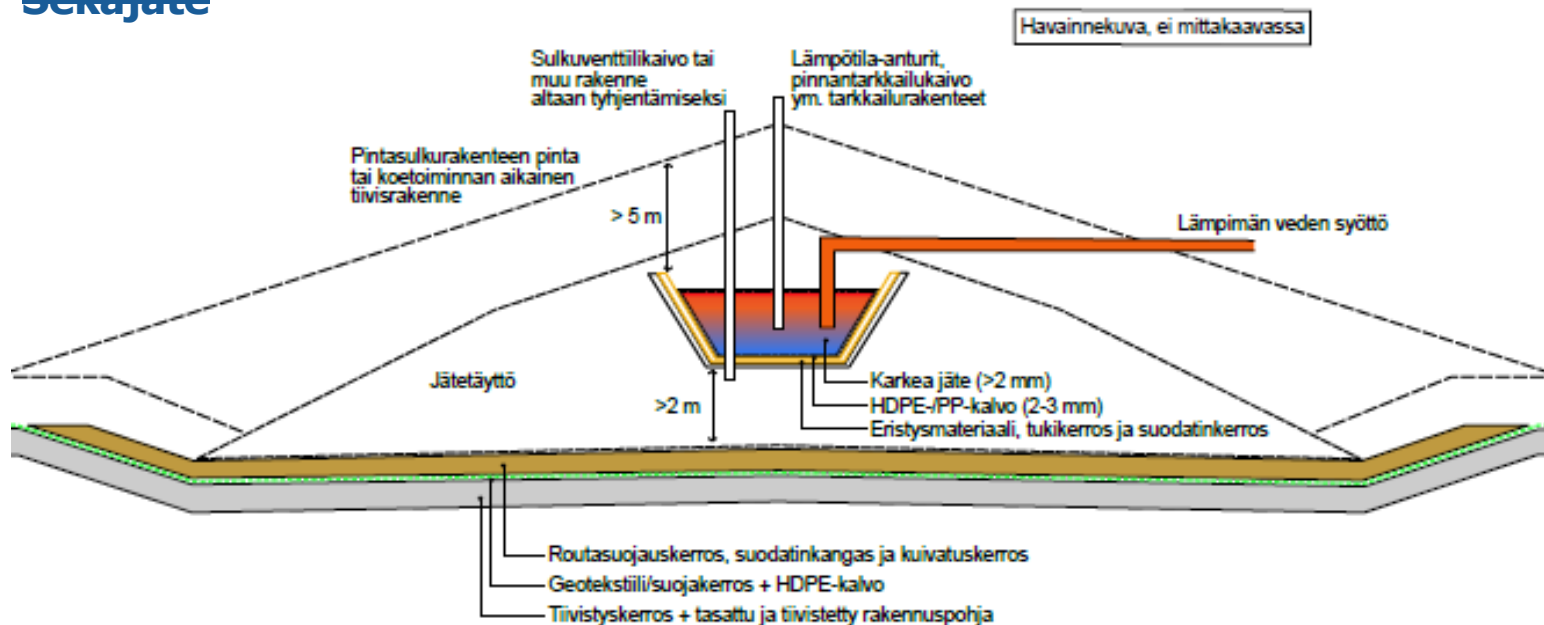
RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Tutkimme myös (mineraalisten) jättemateriaalien käyttöä lämpövarastoissa

Teollisuuden sivuvirtamateriaalit

Rakennusten purkujätteet

Sekajäte



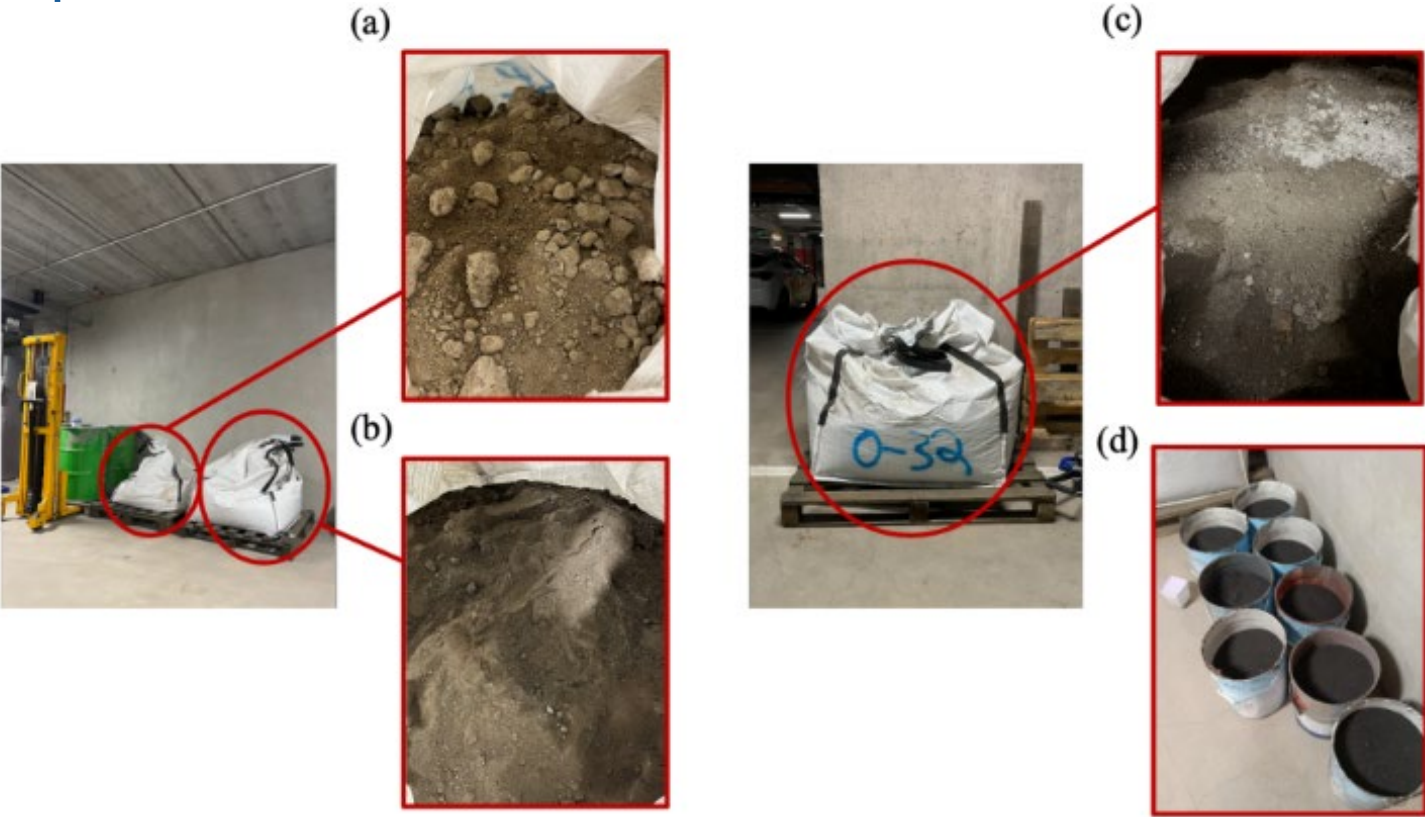
<https://www.cimc.com/en/index.php?m=content&c=index&a=s&how&catid=17&id=2266>

**Waste heat from data centers,
green houses etc.**



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Tutkimme myös (mineraalisten) jättemateriaalien käyttöä lämpövarastoissa



Industrial solid waste: (a) crushed concrete, (b) fly ash, (c) slag and (d) waste metal powder + valimohiekka (tutkimus keväällä 2026)

	Sensible Heat Storage [5, 8-12]
Storage mechanism	Energy stored as temperature difference in solid (e.g., concrete, rock, sand) or liquid media (molten salt)
Energy Density	• ~200 – 500 kJ/kg (for ~200 – 400 °C temperature differential)
Advantages	• Demonstrated large energy capacity (~GWh) • Inexpensive media • Solid media does not freeze and can achieve >1000°C
Challenges	• Requires insulation to mitigate heat losses • Lower energy density requires larger volumes • Molten salts freeze at ~200 °C.
Maturity	High
Cost	• ~\$1/kg for molten salts and ceramic particles • ~\$0.1/kg for rock and sands • ~\$1/MJ – \$10/MJ (system capital cost)



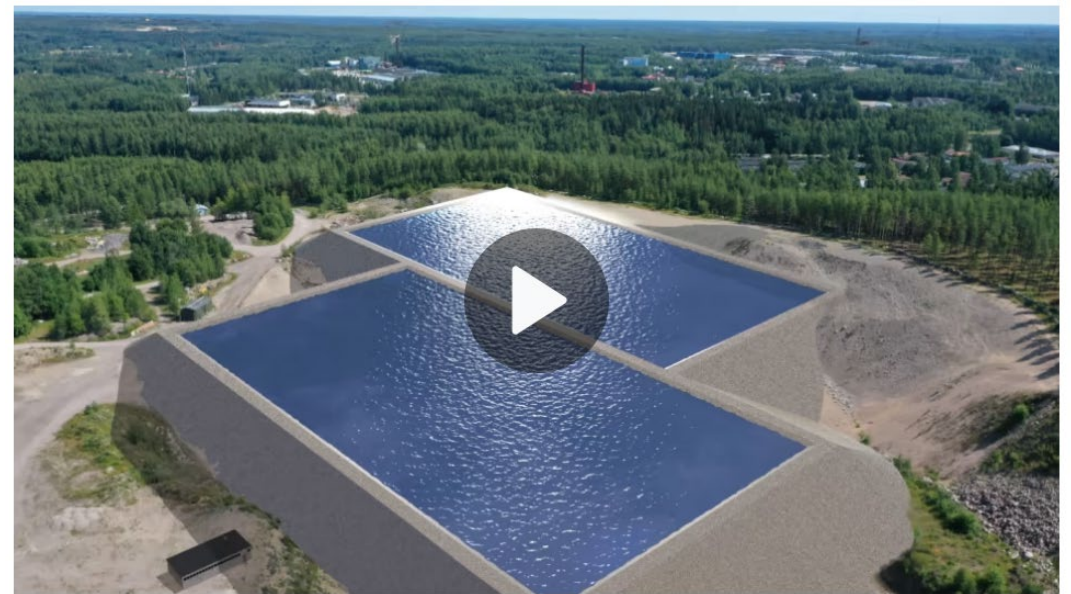
Allasvarastot (maan päällä)

Kokoluokka >100 000 m³ (10m x 100m x 100 m)

→ kausivarastointi (kuukausisykli)

Täyttö:

- 1) puhdasta vettä
 - 2) Veden ja kiintoaineksen sekoitusta
 - 3) Kiintoainesta esim. mineraalista jätettä tai soraa
- + eristekerroksia



Viime vuosikymmenellä käytöstä poistunut soraonttu on saamassa uudenlaisen elämän energiamurroksen ratkaisijana.



Euroopan unionin
osarahoittama

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Savi energian varastointimateriaalina

- Savilaadut
 - Saven koostumus, savi ja vesi
 - Humus
 - Sulfidit
- Energia ULLEVIssa tutkitaan
 - Lämmönjohtavuus
 - Ominaislämpökapasiteetti
 - Tiheys
- Rakentaminen & kuljetus
 - Hiilijalanjälki → kädenjälki
- Lämpötilan merkitys 30...90 °C
 - Mikrobit
 - Hajut
 - Kantavuus. Myös kutistuminen

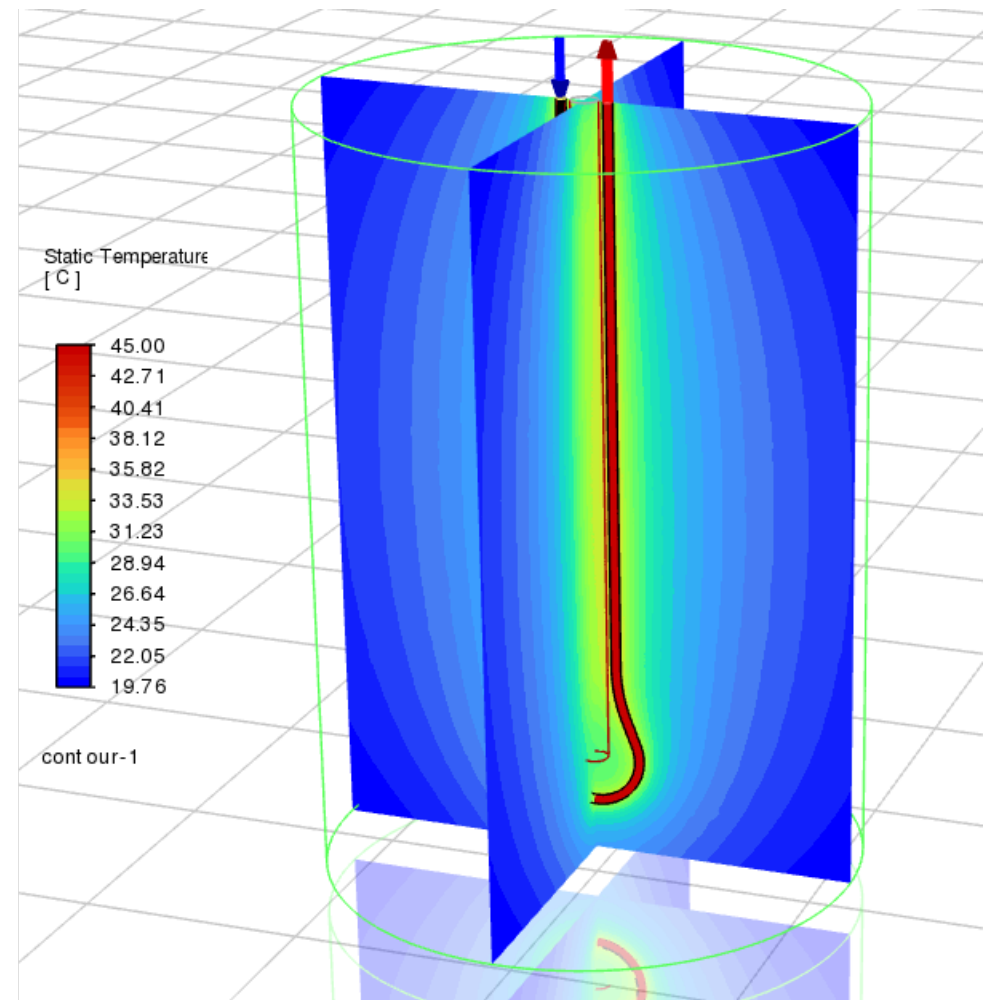
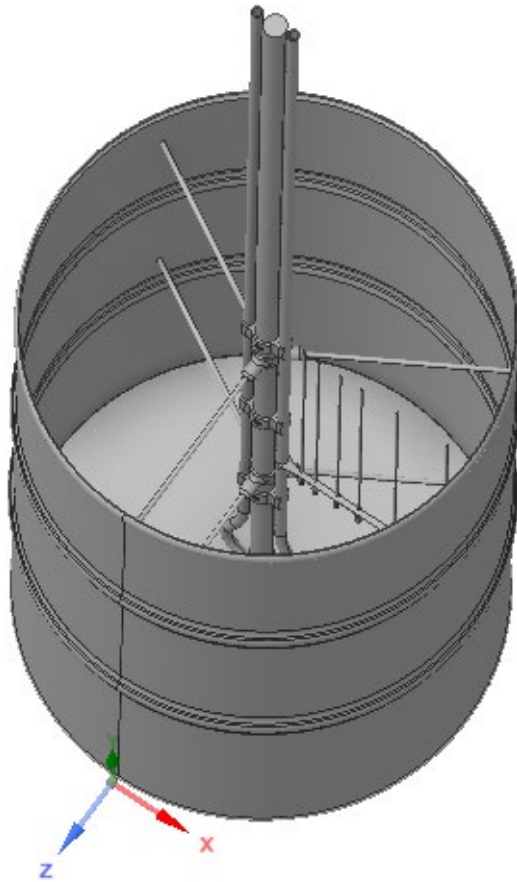


Euroopan unionin
osarahoittama

**ULLEVI – Uutta liiketoimintaa lämpöenergian
varastoinnista**

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Meneillään olevaa tutkimusta



Savien, hiekkojen, metallijauheen, betonimurskan, kuonan ja lentotuhkan lämmönvarastointiominaisuuksien tutkiminen



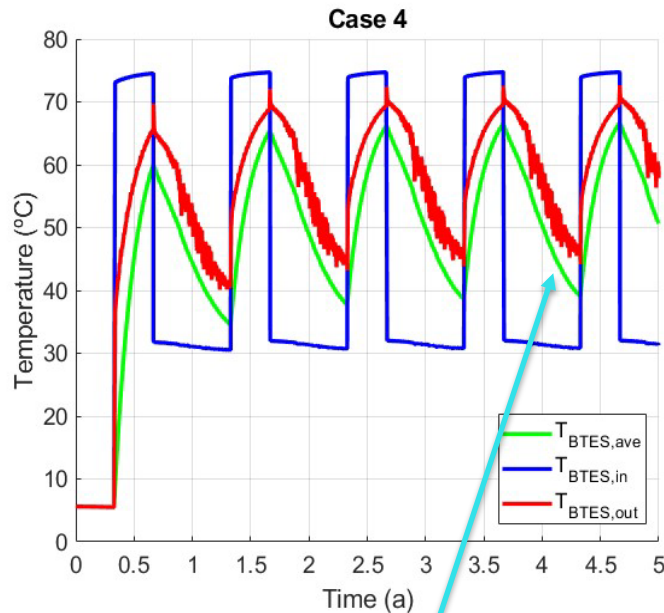
Euroopan unionin
osarahoittama

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

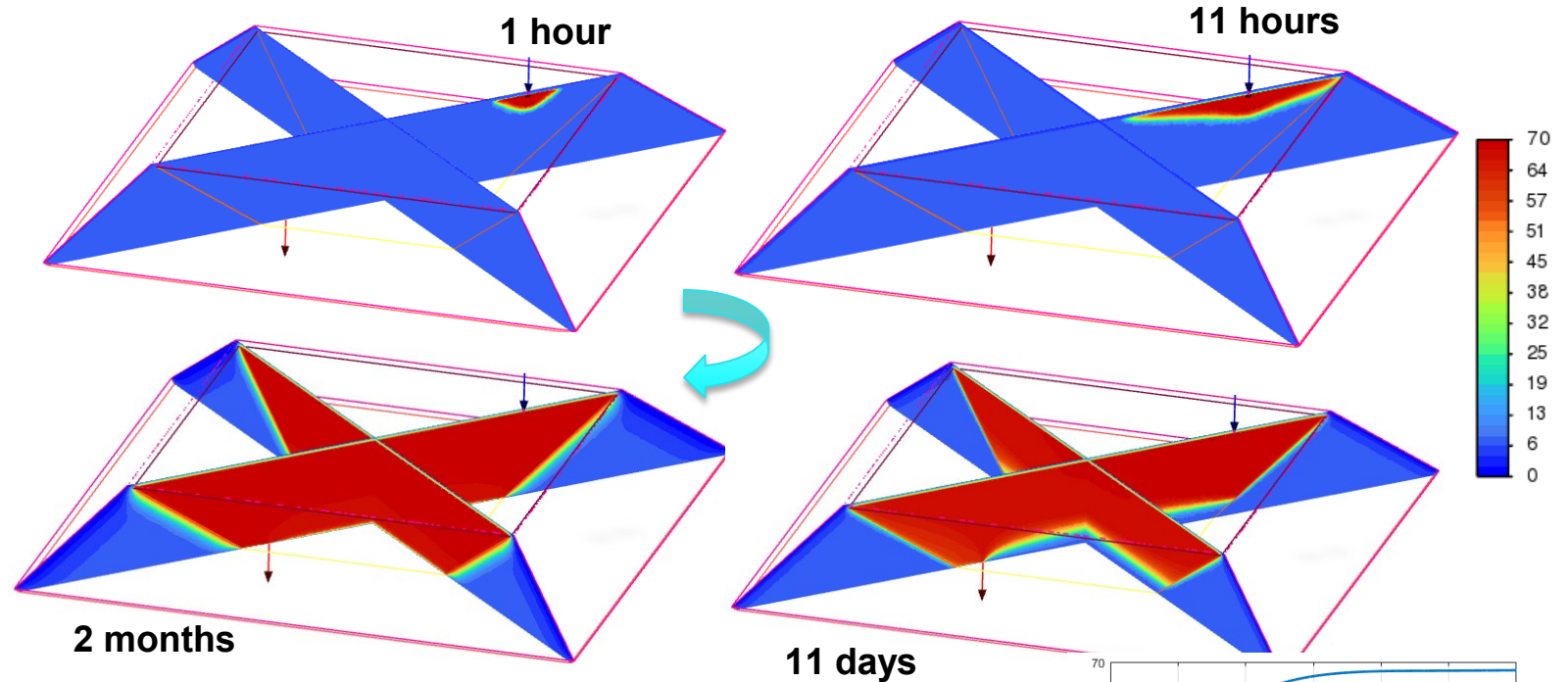
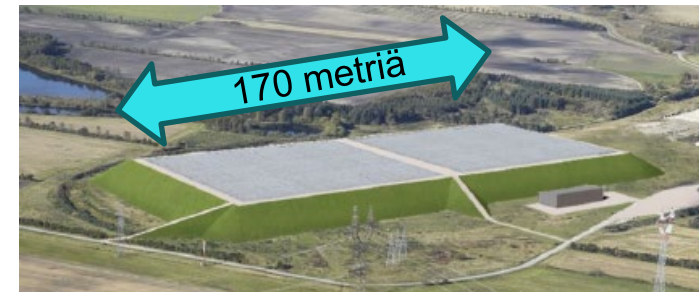
Labrasta 1:1 mittakaavaan

Scheduling example (BTES vs WTES)

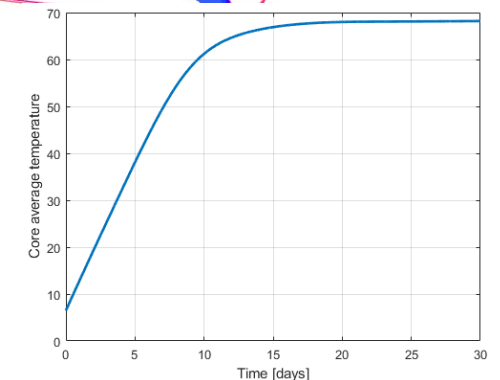
Hirvonen, J., & Kosonen, R. (2020) *Buildings*, 10 (11), 205.



Borehole TES coupled with DH takes 5 years to reach steady-state operation during charging and discharging cycles!



WTES: 309000 m^3 volume filled with **demolition concrete rubble** ($d_{ave} = 50\text{ mm}$) and water (5% volume), water supply at 1 bar and $+70^\circ\text{C}$. Outside air at 0°C , insulation by nature-based gravel soil layer and 2.4 m thick insulation layer ($k = 0.1 \frac{W}{m^\circ C}$).



Rakennusmaan ja “laatu-jätteen” käyttö lämpövarastona



Euroopan unionin
osarahoittama

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Kiertotalouslämpövarasto

Rakennettu valikoiduista hukkamateriaaleista. Maisemointimäet, meluvallit, lämmitetyt pelikentät.

Mahdollisuudet

Materiaalien uusiokäyttö lisääntyy (neitseellisen materiaalin käyttö vähenee). Massakoordinaatio kehittyy.



Euroopan unionin
osarahoittama

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT

Kehityssuuntauksia lämmön varastoinnissa

Materiaaliselvitys lisääntyy (on jo)

- Geopolymeerit
- PCM
- Maamassat
- Jätemateriaalien hyödyntäminen
- Teollisuuden sivuvirrat
- Rakennuspurkujäte
- Ei-neitseelliset materiaalit

Kaukoenergia alustana kehittyy

- Putkissa oleva neste lämpömassana
- KL+geo, sähkökattilat jne.

Keskisyvät energiakaivot

- Poraus, putkitukset, ohjelmistot, tieto

Korkean lämpötilan (>500 C) energiavarastot

Digitaalisuus / Ohjelmistot

- CFD
 - Monimutkaisten järjestelmien ja ilmiöiden mallinnus
- Reduced Order Model:
 - **Nopeuttaa simulaatioita**
 - **Mahdollistaa reaaliaikaisen ohjauksen** (kuten robotiikassa tai ohjausjärjestelmissä)
 - **Mahdollistaa optimoinnin ja parametrien etsinnän** ilman raskaita simulaatioita
 - **Vähentää laskennallisia kustannuksia**

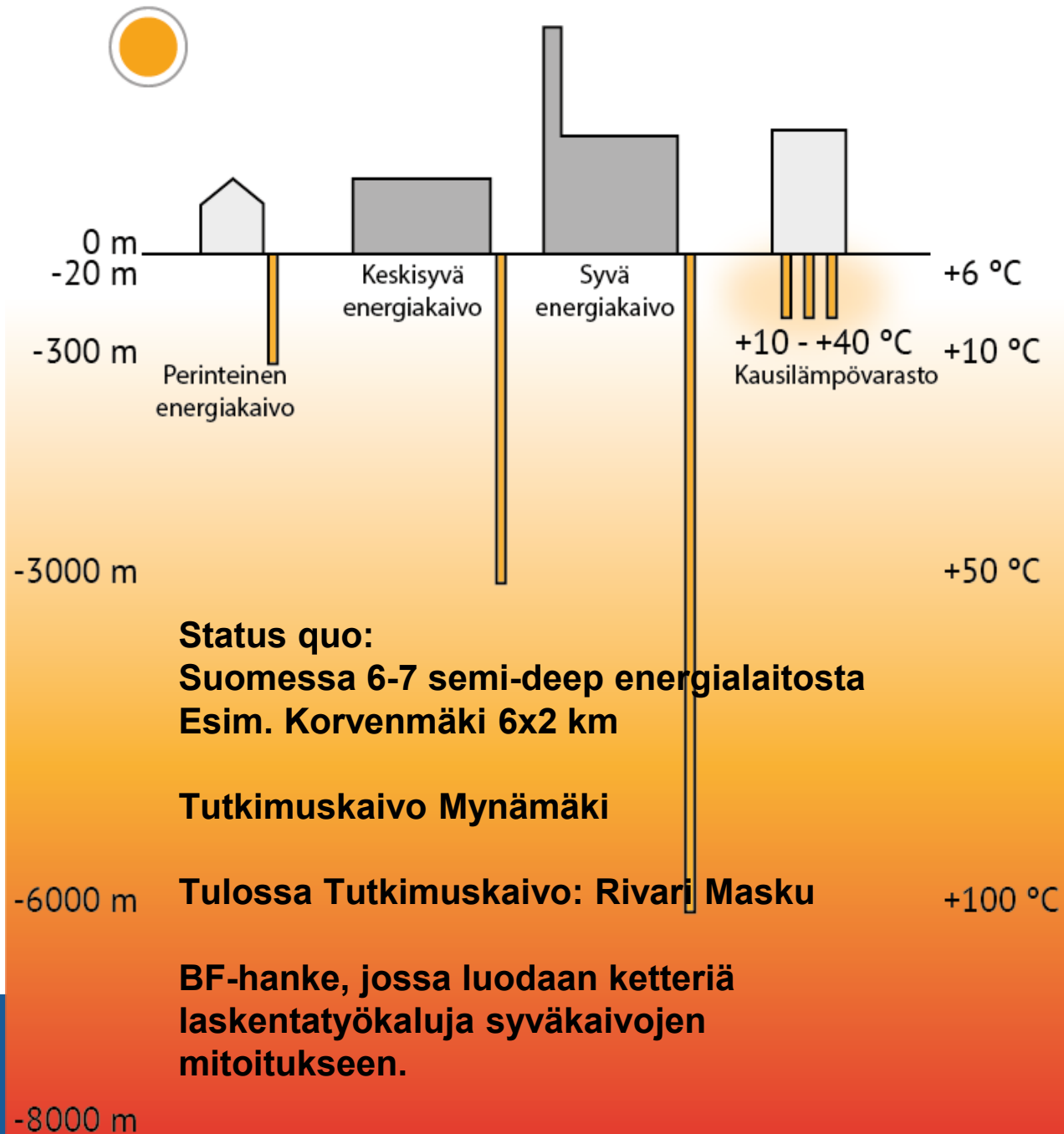
Hukkaenergia ja

lämmön varastointi porareikiin/-ään

(esim. The Heat Vault Company)

Hukkalämmöillä ja ylijäämäsähköllä geoenergian boostaus

- tarve porata syvälle pienenee, kun lämpöpumpuilla saadaan nostettua matalampien lämpövarastojen lämpötilaa merkittävästi.
- Ylijäämäsähkö lämpöpumpulle ja lämmöksi tai sähkövastuksen avulla porareian lämmitys
- Tuotannon ja kysynnän jousto
- Säättövoimaa/joustomekanismia vrt. Norja tai Sveitsi vesivoima



Euroopan unionin
osarahoittama

Verkostot

BT:n Energiaverkosto
BT:n Bio- ja kiertotalousverkosto

Vihreän siirtymän
koordinaatiohanke

Carpe - Consortium on Applied Research and
Professional Education
Hamburg, Debrecen, Porto, Valencia, Utrecht,
UWS, **Luzern (TES competence center)**

Geoenergiakeskus – GTK, Poratek,
Sulpu



KV / yliopistot ja tutkimuslaitokset

UniParma (IT)
UniMilan (IT)
Luzern amk (CH)
AEE Intec (AT)
PlanEnergi (DK)

TES ekosysteemikartta



Hankkeet

ULLEVI – TUAS, BT, ÅA

Evita – Energiavirrat talteen
Karelia AMK

UUMA5

RESINA – Resurssiviisaat
Energiavarastot
GNF, Centria amk, HSY

TECCS-MIX – Hiilinegatiiviset
energian varastointimateriaalit
Metropolia, ÅA, Oulun yliopisto

HEATWISE - Advanced Heat
Energy Tools for Wide
Industrial SME Exploitation



Lämpöenergian varastoinnin kehittäminen

DATU+
Database on Turku
Underpinning and
Energy Pile Projects



Euroopan unionin
osarahoittama

**ULLEVI – Uutta liiketoimintaa lämpöenergian
varastoinnista**

RESINA
RESURSSIVIISAAT ENERGIAVARASTOT