

Lämpö-, aurinkoenergia ja faasimuutosmateriaalivarastot



LowTEMP –koulutuspaketti- YLEISKATSAUS

Johdanto

Johdanto – Ilmastonsuojelupolitiikka ja sen tavoitteet

Johdanto – energianjakelujärjestelmät ja matalan lämpötilan kaukolämpö

Energianjakelujärjestelmät Itämeren alueella

Energiastrategiat ja pilottiprojektit

Energiastrategioiden kehittämisen metodologia

Pilottienergiastrategiat – tavoitteet ja edellytykset

Pilottienergiastrategiat – esimerkkejä

Pilottitestaustoimet

CO₂-päästölaskenta

Elinkaariarviointilaskenta

Taloudelliset näkökohdat

LTDH-hankkeiden elinkaarikustannukset

Taloudellinen tehokkuus ja rahoitusvajheet

Sopimus- ja hinnoittelumallit

Liiketoimintamallit ja uudet rahoitusrakenteet

Tekniset näkökohdat

Putkistojärjestelmät

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)

Ison mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmät

Hukka- ja ylijäämälämpö

Ison mittakaavan lämpöpumput

Power-2-Heat and Power-2-Gas -tekniikat

Lämpö-, aurinkoenergia- ja faasimuutosmateriaalivarastot

Lämpöpumppujärjestelmät

Matalan lämpötilan järjestelmät ja lattialämmitys

Talousveden tuotanto

Ilmanvaihtojärjestelmät

Hyvä käytäntö

Hyvä käytäntö I

Hyvä käytäntö II

1. Lämpövarastot

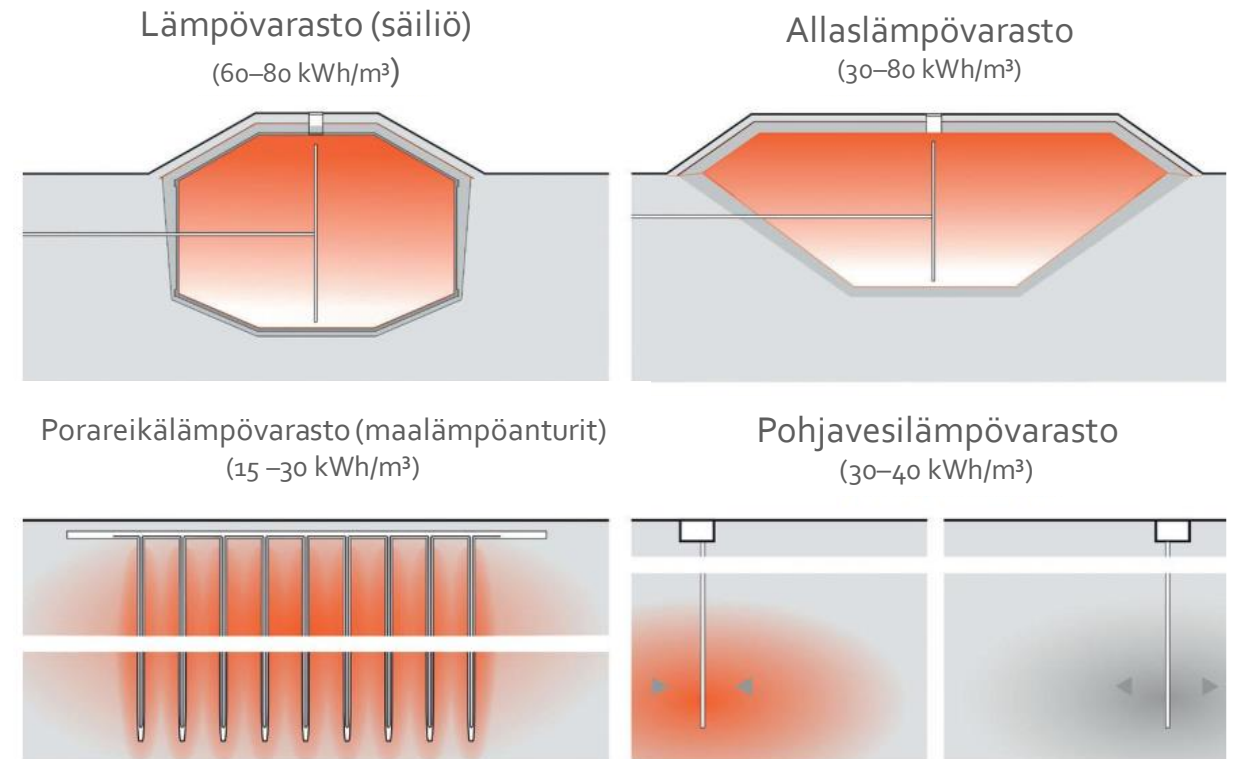
Lämpövarastot

Lämpöenergian kausivarastot

Kausilämmitykseen on 4 erilaista tapaa:

- Porareikälämpövarasto
- Säiliölämpövarasto
- Allaslämpövarasto
- Pohjavesilämpövarasto

→ Järjestelmällä on erilaisia hyötyjä ja haittoja paikallisista olosuhteista riippuen



Kuva 1: Aurinkoenergian kausivarastotyyppejä. Lähde: Solites [1]

2. Aurinkoenergia-jäävarastot

Tekninen esittely

Järjestelmän eri komponentit

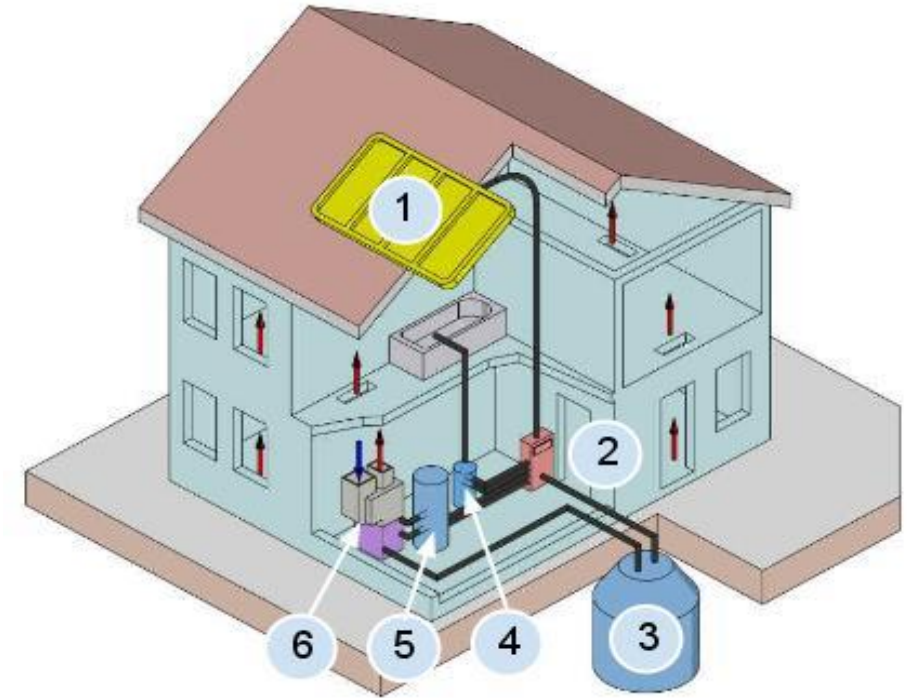
Hyödyt ja haitat

Aurinkoenergia-jäävarastot

Perustehtävä

- Lämpöenergiavarasto uusiutuvien energiamuotojen kysynnän ja tarjonnan välisen epäsuhdan ratkaisijaksi
- Vesi varastoi aurinkoenergiaa matalassa lämpötilassa
- Lämpöpumppu ottaa lämpöenergian vedestä
- Käännettävissä oleva prosessi mahdollistaa myös jäähtyksen
- Pääkomponentit:

Aurinkokeräin (1)	Ohjausyksikkö (2)
Aurinkoenergia-jäävarasto (3)	Lämminvesivaraaja (4)
Lämmityksen puskurisäiliö (5)	Lämpöpumppu (6)

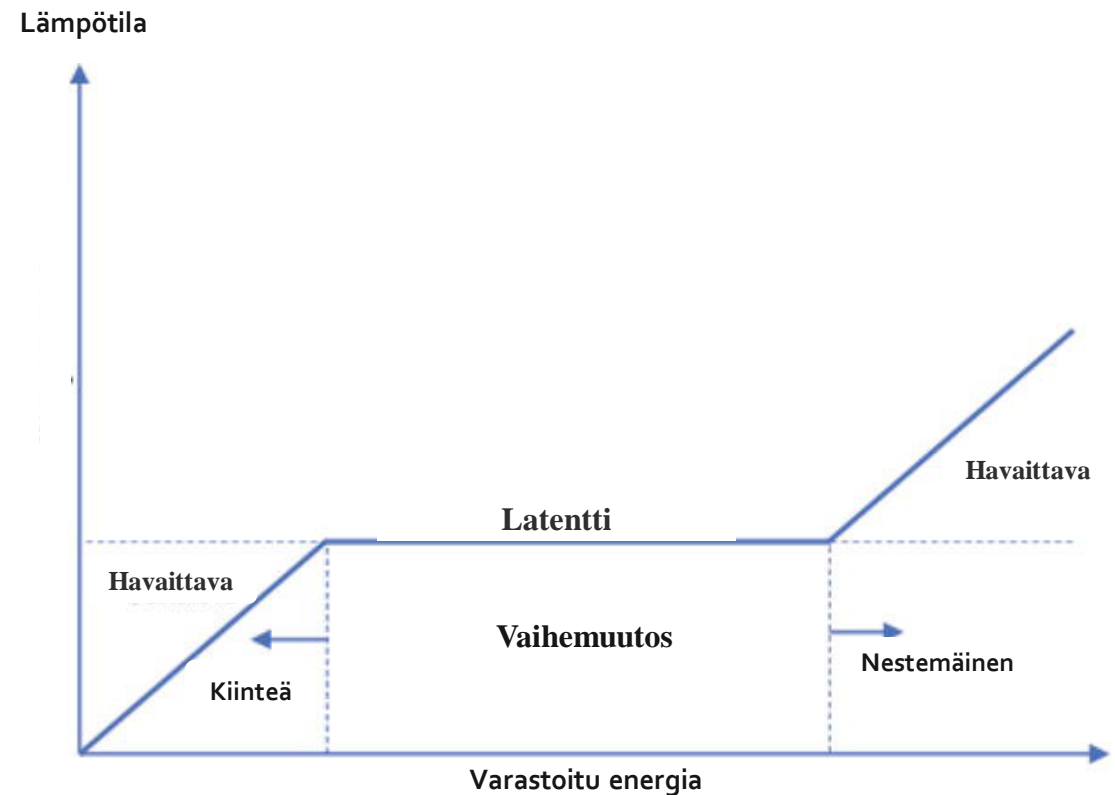


Kuva 2: Aurinkoenergia-jäävarastokonsepti.
Lähde: U.S. Army Installation Management Command [2]

Aurinkoenergia-jäävarastot

Perustehtävä

- Käyttää faasimuutosta nestemäisestä kiinteään (jäiseen) latenttilämmön varastoimiseen ja vapauttamiseen
- Latenttilämpö = vapautunut tai sitoutunut lämpö ilman lämpötilan muutosta
- Havaittava lämpö = vapautunut tai sitoutunut lämpö, joka muuttaa järjestelmän/aineen lämpötilaa
- Voi varastoida enemmän energiaa pienemmässä tilassa
- Eristystä ei tarvita matalamman lämpötilan ansiosta



Kuva 3: Havaittava- ja latenttilämpö. Lähde: G. Hailu [3]

Aurinkoenergia-jäävarastot

Järjestelmän eri komponentit

- Aurinkokeräimet
 - Asennetaan yleensä katolle
 - Avoimia, lasittamattomia keräimiä korkean tehokkuuden saavuttamiseksi
 - Auringonsäteilyä ja lämpöä ympäröivästä ilmasta
 - Jäädyyttävät uudelleen jäävaraston ja toimivat suorana lämmönlähteenä lämmitysjärjestelmälle
 - Erittäin tehokas kylminä päivinä, jolloin säteilyä on vähän, muihin aurinkoenergiamoduuleihin verrattuna



Kuva 4: Aurinkokeräimiä. Lähde: Imtsimon [4]

Aurinkoenergia-jäävarastot

Järjestelmän eri komponentit

- Jäävarastoyksikkö
 - Suuri maan alle asennettu sementtiyksikkö
 - Vesi varastoidaan 0°C – 30°C asteessa
 - Lämpöpumppu ottaa vedestä lämpöä, kunnes se on jäätävää
 - Vaihemuutos nestemäisestä jäiseksi
-> *latenttilämpö*
 - Jotta jäätyminen tapahtuu hallitusti, eikä aiheuta vaurioita, yksikköön asennetaan lämmönvaihdinputkia



Kuva 5: Jäävarastoyksikön putkisto. Lähde: ZEBAU GmbH [5]

Aurinkoenergia-jäävarastot

Järjestelmän eri komponentit

- Lämpöpumppu
 - Yhdistää lämpövaraston lämmitysjärjestelmään
 - Ottaa vedestä lämpöä, kunnes se on jäätävää; faasimuutos mahdollistaa latenttilämmön potentiaalin
 - Siirtää ja jakaa lämmön suoraan lämmityslaitteeseen tai lämmitysjärjestelmän puskurisäiliöön
 - Lämpöpumpun toimimiseen tarvitaan sähkövirtaa
 - Hyvä eristys ja tehokas lämmitys voivat aikaansaada 5:n hyötysuhteen, mikä tarkoittaa, että järjestelmä tuottaa 5 kwh lämpöä 1 kwh teholla

Aurinkoenergia-jäävarastot

Hyödyt	Haitat
Alhaiset CO ₂ -päästöt uusiutuvien energialähteiden ja latenttilämmön käyttämisen ansiosta	Lämpöpumpun toimintaan tarvitaan sähköä
Pienet huoltokustannukset, veden uudelleenkäyttö uudelleentäytön sijaan, prosessi voidaan toistaa useita kertoja	Korkeat asennuskustannukset, koska tehokkaan järjestelmän toimimiseksi tarvitaan useita eri komponentteja
Lämmitys ja jäähdytys samasta järjestelmästä	Energiaa haihtuu ympäröivään maaperään varastoinnin aikana
Paljon suurempi energiakapasiteetti kuin samankokoisella lämmivesivarastolla	Laitteistolle on oltava tarvittava tila
Voidaan käyttää monenlaisissa rakennuksissa; uusissa ja kunnostetuissa, yksityisissä ja julkisissa. Aurinkoenergia-jäävarasto rahoitetaan.	Asennus olemassaoleviin rakennuksiin on järkevää vain lämmitysjärjestelmän peruskorjauksen yhteydessä
Säästää jopa 50% lämmityskustannuksissa ja 99% jäähdytyskustannuksissa verrattuna perinteisiin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin	

Aurinkoenergia-jäävarastot

Aurinkoenergia-jäävarasto voi olla hyvä lämpöenergiajärjestelmäratkaisu, jolla ottaa kaikki hyöty irti uusiutuvista energialähteistä:

- Matala käyttölämpötila – matalan lämpötilan lämmitysjärjestelmä
- Erittäin tehokas paikoissa, joissa on vähän auringonsäteilyä
- Kalliit asennuskustannukset, tilavaatimukset ja aurinkokeräimien asennus katolle
- Monikäyttöinen – jäähdytysjärjestelmä “latautuu” seuraavalle lämmitysjaksolle
- Hyvät hyötysuhteet lämpöpumpuille
- Faasimuutosmateriaalit voivat olla kalliita ja niitä on vähän, mutta ne voivat parantaa erilaisten järjestelmien tehokkuutta
- Monia erilaisia toteutusvaihtoehtoja
- Tutkimus tehostaa mahdollisuuksia tulevaisuudessa

3. Faasi Muutos Materiaali Varasto

Perustehtävä

Ominaisuudet ja käyttö

Faasimuutosmateriaalivarasto

Perustehtävä

- Faasimuutosmateriaalit
- Väliaikainen varasto, joka hyödyntää latenttilämpöä vaihemuutoksen aikana
- Käännettävissä oleva prosessi!
- Harvinaisempi varastointiyksikkönä kuin aurinkoenergia-jäävarasto (vesi)
- Voi olla kiinteässä (rakeina, palloina) tai nestemäisessä (faasimuutosmateriaalinste) muodossa
- Upotettuna lämmönsiirtonesteeseen
- Voi olla orgaaninen, epäorgaaninen tai eutektinen (2 komponenttia tai enemmän)

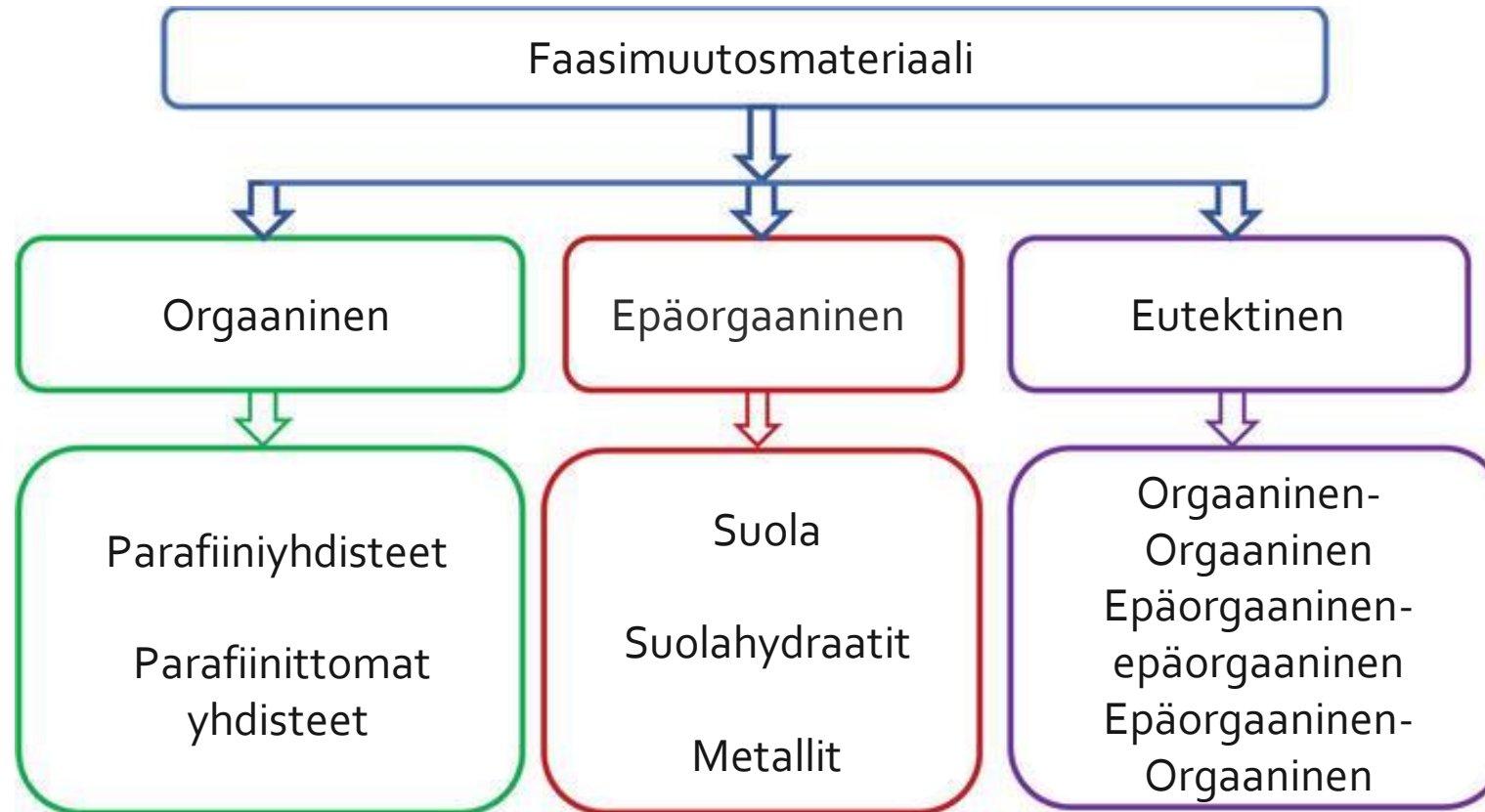
Faasimuutosmateriaalivarasto

Ominaisuudet ja käyttö

- Käytetään seinissä, kattolaudoissa yms. lämpötilan passiiviseen säätelyyn
- Lyhytaikaisia varastoyksiköitä, joilla on pienemmät tilavaatimukset latenttilämmön vuoksi
- Tilakohtaiset jäähdytysjärjestelmät
- Käytetään jopa suihkujen suuttimissa lämpimän veden tuottamiseen nopeammin

	Orgaaninen	Epäorgaaninen
Hyödyt	Ei korroosiota Vähän tai ei ollenkaan alijäähdytystä Kemiallinen vakaus ja lämpötilavakaus	Suurempi vaihemuutosentalpia
Haitat	Pienempi vaihemuutosentalpia Pieni lämpöjohtavuus Tulenarkuus	Alijäähdytys Korroosio Lämpötilavakauden puute Vaiheiden erottelu/eriyttäminen

Faasimuutosmateriaalivarasto



Kuva 6: Vaihemuutosmateriaalien jaotteluominaisuudet. Lähde: G. Hailu [7]

Toteutukset

Lämmön kausivarastot

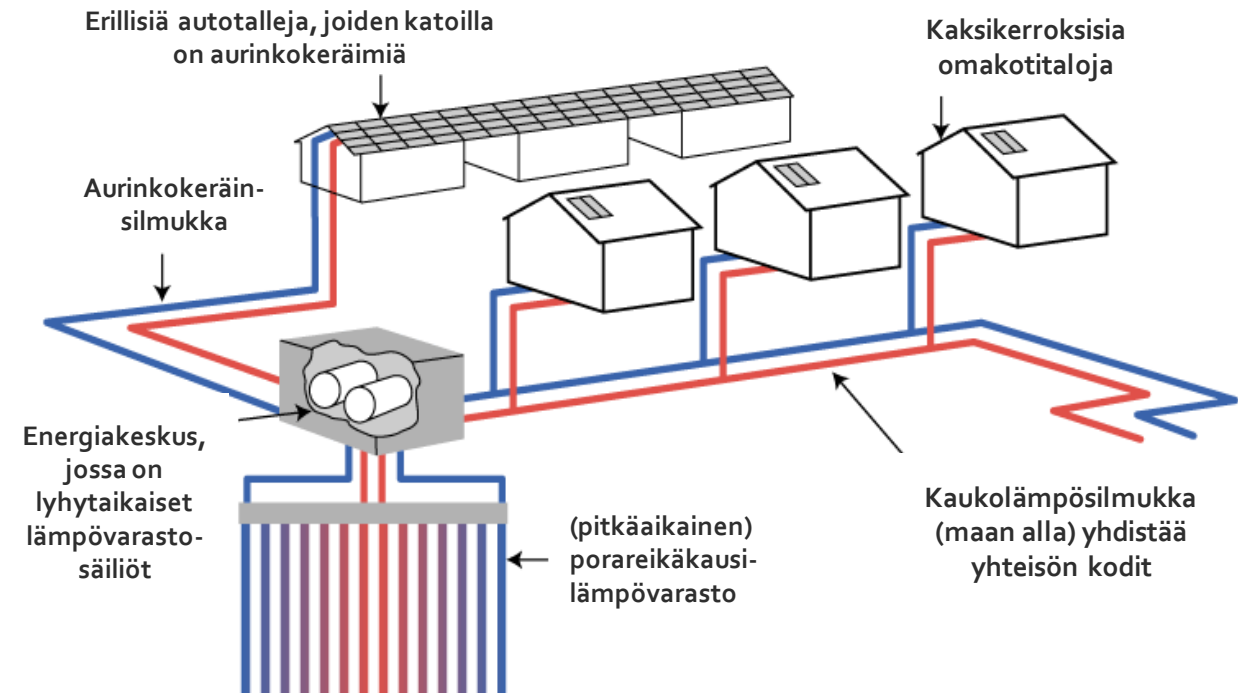
Pilottiprojektit (Aurinkoenergia/jää- ja faasimuutosmateriaalivarastot)

Toteutukset

Lämpöenergian kausivarasto

Kaukolämmitys yhdistettynä lämpöenergian kausivarastoon: *Drake Landing Solar Community*

- 52 omakotitaloa, joiden katolla on aurinkopaneeleja
- Energiakeskus, jossa on lyhytaikainen kausivarasto; porareikälämpövarasto (37 m syvyydessä)
- Keskimäärin **96 %** lämmöntarpeesta katettu 12 vuoden aikana
- Lämpöpumpun tehokkuuden hyötysuhde **3**
- Lämmityssilmukoiden lämpötila $37\text{ °C} - 50\text{ °C}$



Kuva 7: Aurinkoenergian kausivarasto ja kaukolämpösilmukka, Drake Landing Solar Community. Lähde: D. Sibbitt et al. [7]

Toteutukset

Aurinkoenergia-jäävarasto Rendsburgissa

- Kaksi energiakeskusta, jotka on yhdistetty varastoon (560 m³):
 - “Kreishaus”: sähköinen lämpöpumppu, 3 maakaasulämpöpumppua, maakaasukattilalaitos (23 aurinkokeräintä)
 - “Uhrenblock”: sähköinen lämpöpumppu, 2 maakaasulämpöpumppua, maakaasukattilalaitos
- Näiden avulla säästetään vuosittain 170 tonnia kasvihuonekaasuja
- Uusitutuvien energiamuotojen virasto antoi keskukselle tunnustuksen “ Kuukauden energiakommuuni”

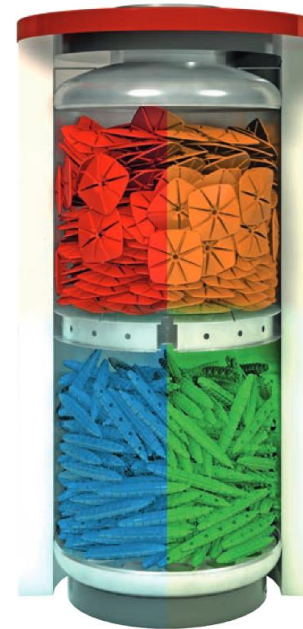


Kuva 7: Jäävarasto ulkopäin. Lähde: Stadtwerke Rendsburg GmbH [8]

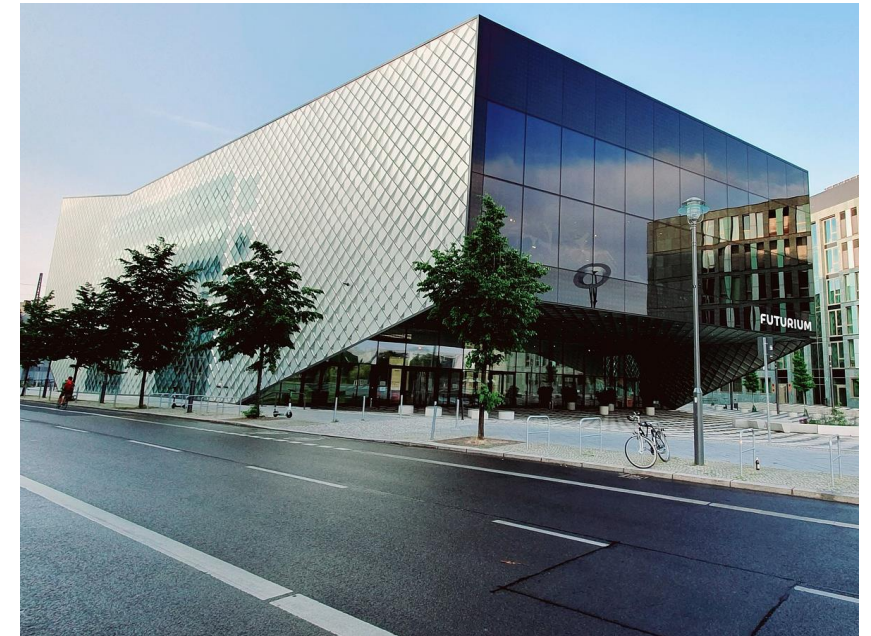
Toteutukset

Faasimuutosmateriaalivarasto: Berliinin Futurium

- Rakennus toimii esiintymislava, museona, laboratoriona ja foorumina
- Kerosiinilatenttilämpövarastosäiliö, joka perustuu *Heat Sel* – tekniikkaan: 55,000 *heat seliä*
- 5 säiliötä, joiden tilavuus on yhteensä 50,000 l, ja varastointikapasiteetti yli 1 MWh
- Absorptiojäähdyttimen varastosäiliössä on 12 °C vakio lataus- ja purkulämpötila



Kuva 8: *Heat selejä* (Faasimuutosmateriaalia) eristetyssä lämpövarastossa.
Lähde: Axiotherm [9]



Kuva 9: Berliinin Futurium. Lähde: Da7de [10]

Toteutukset

Pilottiprojektit

- Faasimuutosmateriaalivarasto julkisille ja teollisuusrakennuksille
 - Norjan ympäristötieteen ja biologian yliopisto, 200m³ säiliö huippukuormien kattamiseksi
 - Bergenin lentokenttä, Norja neljä 60 m³ säiliötä terminaali 3:n jäähdytystarpeisiin
- Aurinkoenergia-jäävarasto Hotel Riva:lle, Saksa
 - Suuri lämmityksen ja jäähdyksen tarve 80m² aurinkopaneeleja, 175m³ varastoyksikkö -> kattaa koko jäähdytystarpeen ja suurimman osan lämmityksen tarpeesta



Kuva 10: Rakenteilla oleva jäävarasto. Lähde: Raimond Spekking [11]

Viitteet

- [1] Solites. <https://docplayer.dk/147445564-Per-alex-soerensen-planenergi-thomas-schmidt-solites-steinbeis-research-institute-for-solar-and-sustainable-thermal-energy-systems.html>
- [2] U.S. Army Installation Management Command. Public Works Digest, Volume 4 (2013). <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/AA/00/06/22/99/00055/10-2013.pdf>
- [3] G. Hailu. Seasonal solar thermal storage (2018). <https://www.intechopen.com/books/thermal-energy-battery-with-nano-enhanced-pcm/seasonal-solar-thermal-energy-storage>
- [4] Imtsimon. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/solar-panel-auf-dem-dach-eines-hauses-4795730/>
- [5] ZEBAU GmbH. Own photograph.
- [6] G. Hailu. Seasonal solar thermal storage (2018). <https://www.intechopen.com/books/thermal-energy-battery-with-nano-enhanced-pcm/seasonal-solar-thermal-energy-storage>
- [7] D. Sibbitt et al. Measured And Simulated Performance Of A High Solar Fraction District Heating System With Seasonal Storage. http://dlsc.ca/reports/bjul15/ISES_SWC_2011_final.pdf

last reviewed on: 13.04.2021

Viitteet

- [8] Stadtwerke Rendsburg GmbH. <https://stadtwerke-rendsburg.de/eis-energiespeicher.html>
- [9] Axiotherm. Heatstixx®. <https://www.axiotherm.de/de/produkte/heatstixx%C2%AE/>
- [10] Da7de. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/futurium-berlin-architektur-modern-5363343/>
- [11] Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons).
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eisspeicher_im_Nebau_Historisches_Archiv_der_Stadt_K%C3%B6ln-4173.jpg

last reviewed on: 13.04.2021

ZEBAU GmbH

Centre for Energy, Construction, Architecture
and the Environment

Jan Gerbitz
Andreas Broßette
Merle Petersen

Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Germany

E-mail: info@zebau.de
Tel: +49 40 - 380 384 - 0
www.zebau.de