

Soojuse, päikeseenergia jääna ja faasimuundusega materjalidesse salvestamine

Tehniline sissejuhatus ja rakendused

Ülo Kask, energeetikaekspert, TREA, täiendkoolituskursus

LowTEMP training package - OVERVIEW

Introduction

Intro Climate Protection Policy and Goals

Intro Energy Supply Systems and LTDH

Energy Supply Systems in Baltic Sea Region

Energy Strategies and Pilot Projects

Methodology of Development of Energy Strategies

Pilot Energy Strategies – Aims and Conditions

Pilot Energy Strategy – Examples

Pilot Testing Measures

CO₂ emission calculation

LCA calculation

Financial Aspects

Life cycle costs of LTDH projects

Economic efficiency and funding gaps

Contracting and payment models

Business models and innovative funding structures

Technical Aspects

Pipe Systems

Combined heat and power (CHP)

Large Scale Solar Thermal

Waste & Surplus Heat

Large Scale Heat Pumps

Power-2-Heat and Power-2-X

Thermal, Solar Ice and PCM Storages

Heat Pump Systems

LT and Floor heating

Tap water production

Ventilation Systems

Best Practice

Best Practice I

Best Practice II

Ülevaade LowTEMP täiendkoolituse kursuse teemadest

Sissejuhatus

Kliimakaitse poliitika ja eesmärgid
 Energiavarustussüsteemid ja madalatemperatuuriline (LTDH) kaugküte
 Energiavarustussüsteemid Balti mere piirkonnas

Energiastrateegiad ja pilootprojektid

Energeetikastrateegiate väljatöötamise meetodika
 Piloot(katse)projektid - eesmärgid ja tingimused
 Katseprojektid - näited
 Piloteeritavad katsemeetmed
 CO₂ heite arvutused
 Olelusringi arvutused

Finantsaspektid

LTDH projektide olelusringi kulud
 Majanduslik tõhusus ja lüngad (puudused) rahastamises
 Lepingu sõlmimine ja maksemudelid
 Ärimudelid ja uuenduslikud rahastamisstruktuurid

Tehnilised aspektid

Torustikud
 Soojuse ja elektri koostootmine (CHP)
 Suuremastaabilised päikesekollektorite pargid
 Heitsoojus
 Suuremastaabilised soojuspumbad

Elekter soojuseks ja elekter gaasiks

Soojuse, päikeseenergia jääna ja faasimuutusega materjali (PCM) salvestamine
 Soojuspumpadega süsteemid
 Madalatemperatuuriline pörandaküte
 Sooja tarbevee tootmine
 Õhuvahetussüsteemid

Parimad praktikad

Parimad praktikad I
 Parimad praktikad II

1. Soojussalvestus

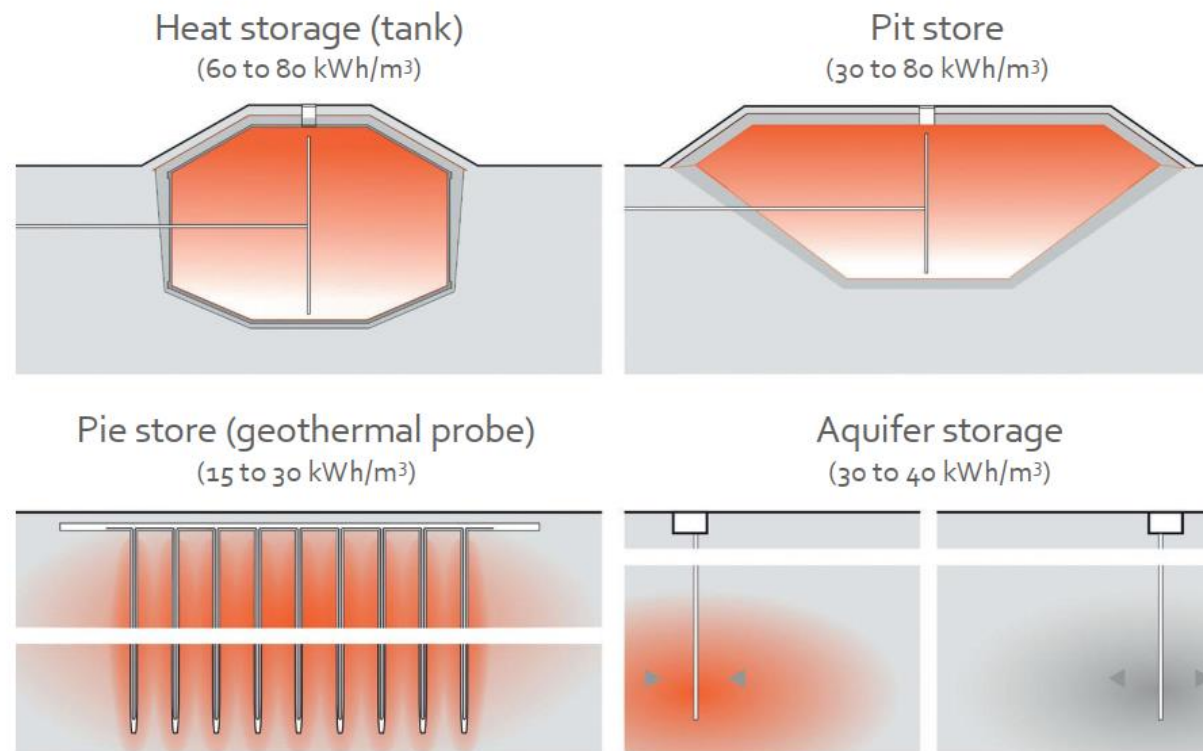
Soojussalvestid

Hooajalised soojussalvestid

Eristatakse 4 erinevat hooajalist soojuste salvestuse viisi

- BTES = Salvestus puuraukudesse (Borehole Thermal Storage)
- TTES = Salvestus suurde paaki (Tank Thermal Storage)
- PTES = Salvestuskaevud (Pit Thermal Storage)
- ATES = Põhjaveekihti salvestamine (Aquifer Thermal Storage)

→ Sõltuvalt kohalikest oludest pakuvad süsteemid erinevaid eeliseid ja puudusi.



Joonis 1: Hooajaliste soojussalvestite tüübid, allikas: www.ikz.de

2. Päikeseenergia jäässe salvestamine ehk Päikese jäähoidla

Tehniline sissejuhatus

Erinevad koostisosad

Eelised ja puudused

Päikeseenergia jäähoidla

Üldine toimimine

- Soojuse salvestamine (TES) on sillaks tootmise ja nõudluse ühtlustamiseks nende sagedase lahknevuse vahel.
- Päikese soojust salvestatakse vees madalatel temperatuuridel.
- Soojuspumba abil saadakse soojus veest tagasi.
- Pööratav protsess, mis võimaldab ka jahutamist.
- Peamised koostisosad:

Päikesekollektor (1)

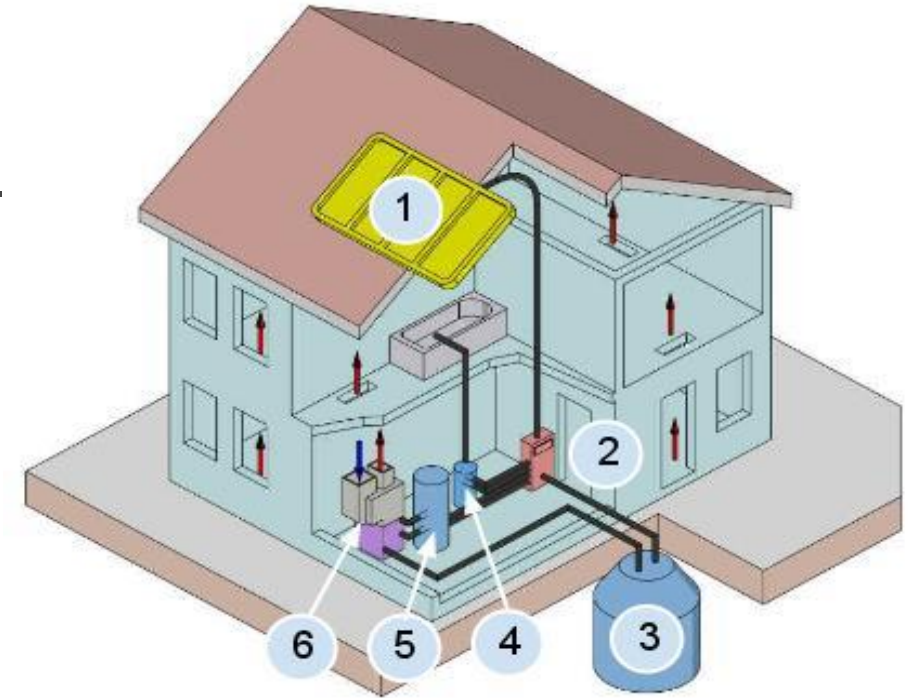
Jääpank (3)

Kütte puhvermahuti (5)

Juhtimiskilp (2)

Soojavee mahuti (4)

Soojuspump (6)

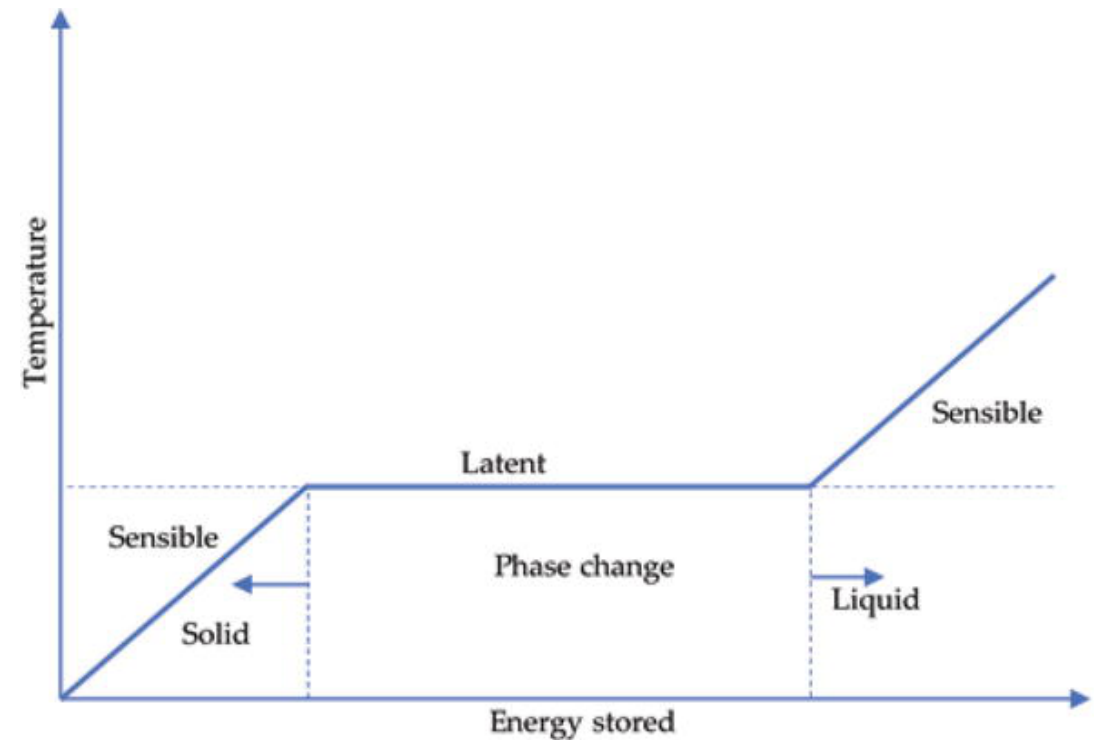


Joonis 2: Päikese jäähoidla skeem, allikas: solar ice tec

Päikese jäähoidla

Üldine toimimine

- Kasutatakse faasimuundust vedelast tahkeks (jäätumine), et salvestada ja vabastada varjatud (latentset) soojust.
- Varjatud soojus = vahetatud soojus ilma temperatuuri muutuseta.
- Tunnetatav soojus = vahetatud soojus, mis muudab süsteemi / keha temperatuuri.
- Võimaldab rohkem soojust vähemasse mahtu.
- Madalate temperatuuride tõttu pole vaja isolatsiooni.

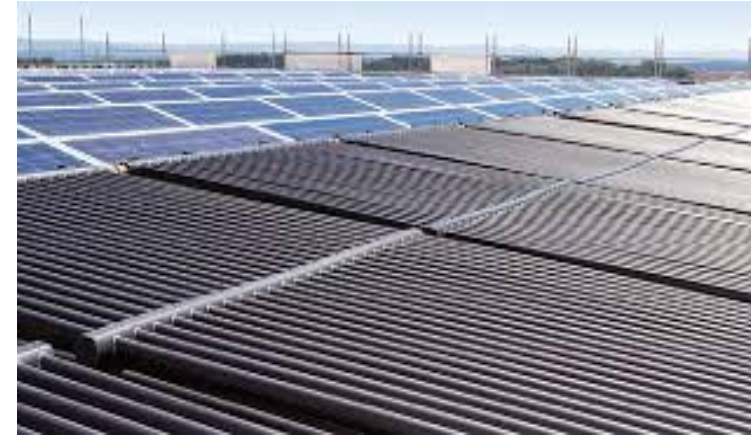


Joonis 3: Tunnetatav ja varjatud soojus, allikas: Getu Hailu (2018)

Päikese jäähoidla

Erinevad koostisosad

- Päikesekollektorid
 - Tavaliselt paigaldatakse katustele.
 - Avatud, klaasimata kollektorid on kõrge efektiivsusega.
 - Kannavad edasi päikesekiirgust ja ümbritseva õhu soojust.
 - Taastab jäähoidla ja on otsene kütteallikas küttesüsteemile.
 - Väga tõhus külmal ajal päevadel madala kiirgusega päevadel, võrreldes teiste päikesesoojuse moodulitega.



Joonis 4: Päikesekollektorid, allikas: Viessmann

Päikese jäähoidla

Erinevad koostisosad

- Jäähoidla (salvestusseade)
 - Suur maa-alune betoonmahuti.
 - Vett jahutatakse $0^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$.
 - Soojuspump eraldab veest soojust kuni külmumiseni.
 - Toimub faasi muundumine vedelast tahkeks.
-> *varjatud soojus*
 - Soojusvaheti torud on paigaldatud nii, et toimub juhitud (kontrollitud) külmumine ilma kahjustusteta.



Joonis 5: Jäähoidla torustikusüsteem allikas: Viessmann, © ZEBAU GmbH

Päikese jäähoidla

Erinevad koostisosad

- Soojuspump
 - Ühendab salvesti küttesüsteemiga.
 - Kogub veest soojust vee külmumiseni , faasimuutus võimaldab varjatud soojuste potentsiaali kasutada.
 - Edastab ja jaotab soojust otse küttesüsteemi või puhvermahutisse.
 - Soojuspumba käivitamiseks vajalik elekter.
 - Hea isolatsiooni ja tõhusa küttesüsteemi korral võib COP olla 5, mis tähendab, et see toodab 5 kWh soojust 1 kWh elektri sisendiga.

Päikese jäähoidla

Eelised	Puudused
Madal CO ₂ emissiooni tase tänu taastuva energiaallika kasutamisele ja varjatud soojusele	Soojuspumba käivitamiseks vajatakse elektrit (hea kui taastuvast allikast).
Madalad hoolduskulud , vee taaskasutus väljaheite asemel, protsess võib olla lõputult korduv	Kallis paigalduskulu, sest vajatakse palju tõhusaid koostisosi efektiivse süsteemi loomiseks
Soojendamine ja jahutamine toimub sama seadmestikuga	Salvestamise ajal hajub osa energiat ümbritsevasse keskkonda maapinda
Palju suurem soojushulk, mida võimaldab säilitada sama suurusega soojavee mahuti	Kohustuslik ruum (maht) peab olema saadaval
Kasutatav erinevates hoonetes, uutes ja renoveeritavates, era ja avalikes. Rahastatakse päikeseenergia jäässe salvestamist	Rakendamine olemasolevates hoonetes on mõistlik ainult küttesüsteemi üldise renoveerimise ajal
Säästab tavaliste kütte- ja jahutussüsteemidega võrreldes 50% küttekuludest ja 99% jahutuskuludest	

Päikese jäähoidla

Päikeseenergia jäähoidlad võivad olla hea lahendus taastuvate energiaallikate maksimaalseks kasutamiseks:

- Madal käidutemperatuur – madalatemperatuuriline küttesüsteem.
- Kõrge kohapealne efektiivsus madala radiatsioonitaseme aegadel.
- Kallis investering, vajab ruumi ja päikesekollektoreid katusele.
- Mitmene kasutus – jahutussüsteemid „laadivad“ järgmiseks kütteperioodiks.
- Soojuspumpade kõrge COPs (soojustegur - *Coefficient Of Performance*).
- PC materjalid võivad olla kallid ja haruldased /nt tseoliidid), kuid võib toetada erinevate süsteemide tõhusust.
- Palju erinevaid võimalusi rakendamiseks.
- Uuringud parendavad nende kasutusvõimalusi tulevikus.

3. Salvestamine faasimuutusega materjalidesse (Phase Change Material Storage ehk PCMS)

Üldine toimimine

Omadused ja kasutamine

Salvestamine faasimuutusega materjalidesse

Üldine toimimine

- Faasi muutvad materjalid
- Ajutine salvestamine varjatud soojuse abil faasivahetuse ajal
- Pööratav protsess!
- Harvemini kasutatakse kui päikeseenergia jää- (vesi) hoidlad
- Materjal võib olla nii tahke (graanulid, kuulikesed) kui vedel (PC-vedelikud)
- Paigaldatud soojusülekanne vedeliku (HTF – *heat transfer fluid*)
- Võib olla orgaaniline, anorgaaniline või eutektikum (2 või enama komponendiga)

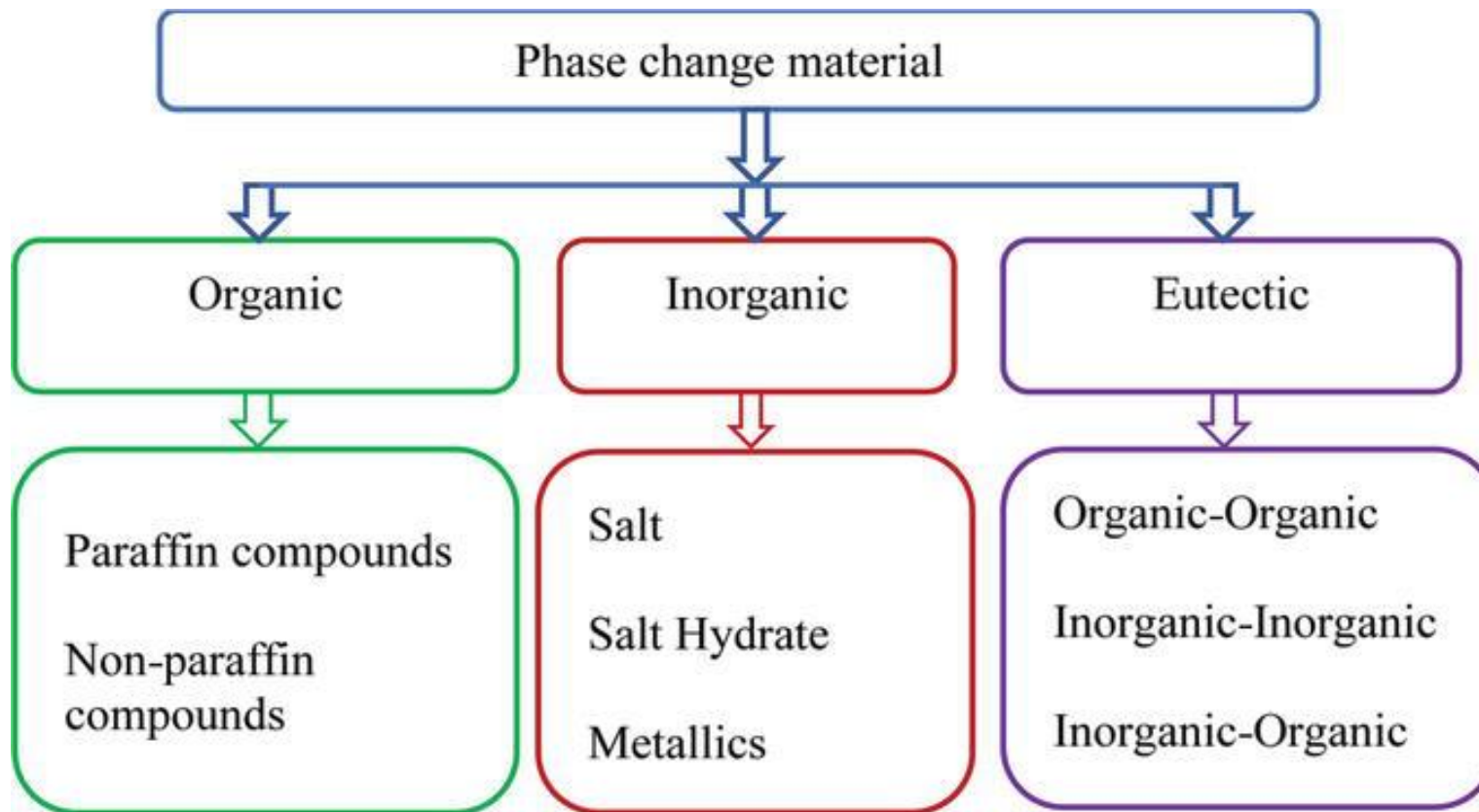
Salvestamine faasimuutusega materjalidesse

Omadused ja kasutamine

- Kasutatakse seintes, laepaneelides ja teistes komponentides temperatuuri passiivseks reguleerimiseks.
- Lühiajalised salvestusseadmed, millel on latentse soojuse tõttu väiksem ruumivajadus.
- Detsentraliseeritud jahutussüsteemid.
- Kasutatakse isegi dušipeades, et kiiremini (kohe) sooja vett saada.

	Orgaaniline	Anorgaaniline (mineraalne)
Eelised	Puudub korrosioon Väike või puudub ülejahutamine Keemiline ja termiline stabiilsus	Suurim faasivahetuse entalpia
Puudused	Madalam faasivahetuse entalpia Madal soojusjuhtivus Tuleohtlikkus	Ülejahutamine Korrosioon Vähene termiline stabiilsus Faaside eraldamine/ eraldumine

Salvestamine faasimuutusega materjalidesse



Joonis 6: PCM erinevused ja omadused, allikas: Getu Hailu (2018)

Rakendamine

Hooajaline soojuse salvestamine

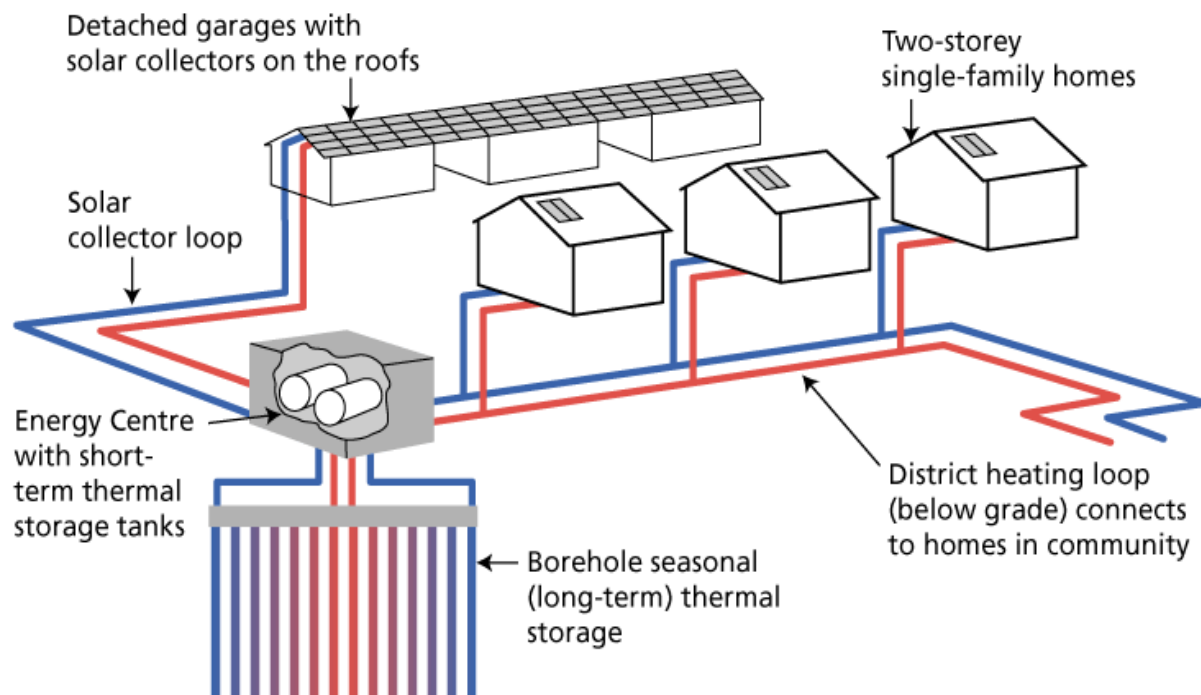
Pilootprojektid (Jäähoidla ja PCM salvestus)

Rakendamine

Hooajalised soojussalvestid

Kaugküte koos hooajalise soojuste salvestamisega:
Drake Landing Solar Community

- 52 ühepere-elamut koos päikesekollektoritega.
- Energiakeskus koos lühiajalise soojuste salvestusega, Puuraukudesse salvestamine (37 m sügavune).
- Keskmiselt **96 %** soojuste vajadusest kaetakse 12 aastaga.
- COP on **3** soojuspumpadel.
- Temperatuur on 37 °C kuni 50 °C küttekontuuris.



Joonis 7: hooajaline päikesesoojuste salvestamine ja kaugküttevõrk, Drake Landing Solar Community, Allikas: dlsc.ca

Jäähoidla Ragensburgis

- Kaks energiakeskust, mis on ühendatud salvestiga (560 m³):
 - “Kreishaus”: elektriline soojuspump, 3 gaasi soojuspumpa gaasikatlamaja (23 päikesekollektorit).
 - “Uhrenblock”: elektriline soojuspump, 2 gaasi soojuspumpa, gaasikatlamaja.
- 170 tonni võrra vähendatakse CO₂ emissiooni.
- Omistatud tiitel “Kuu parin energiakommuun” Agency for Renewable Energies poolt.



Joonis 7: Jäähoidla väljastpoolt, allikas: www.energie.blog

Rakendamine

PCM salvesti: Futurium Berliinis

- Selles hoones on teatrilava, muuseum, laboratoorium ja siseturg.
- Petrooleumi varjatud soojuse tehnoloogial põhinev soojuse salvestamise paak/mahuti: 55, 000 soojusrakku.
- 5 paaki mahtuvusega 50,000 l, salvestatav energia üle 1 MWh.
- absorptsioonjahutiga mahutil on püsiv laadimis- ja mahalaadimistemperatuur 12 ° C.



Joonis 8: Soojad rakud (kambrid) (PCM) soojustatud hoidlas (vasakul) ja Futurium Berliinis (paremal) allikas: www.em-power.eu

Rakendamine

Pilootprojektid

- PCM salvesti tööstusele ja elamutele
 - Maaülikool, Norra
200 m³ mahuti katab tipukoormust
 - Bergen'i lennujaam, Norra
neli 60 m³ mahutit Terminal 3 jahutuseks
- Päikeseenergia jäähoidla Riva hotellis, Saksamaa
 - Suur kütte ja jahutuse vajadus
 - 80 m² päikesekollektoreid , 175 m³ mahuti
-> katab enamuse kütte ja jahutuse vajaduse



Joonis 9: Ehitatav jäähoidla, allikas: solaricetec.com

Kontaktid

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

Tõlkis Ülo Kask, TREA, ulo.kask@trea.ee