

Magazyny ciepła i chłodu, w tym w oparciu o materiały zmiennofazowe (PCM)



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

1. Magazyny ciepła

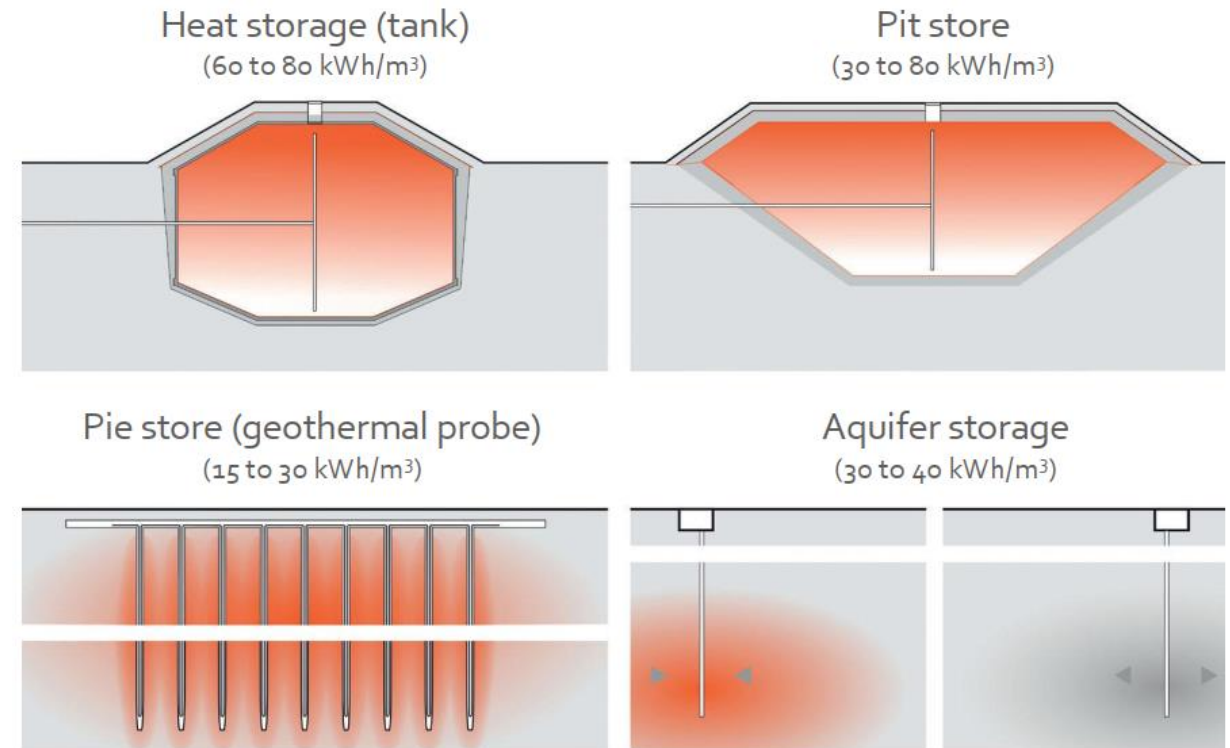
Magazyny ciepła

Sezonowe magazynowanie ciepła

Występują cztery różne sposoby magazynowania ciepła:

- TTES = *Tank Thermal Storage* (zbiornik)
- PTES = *Pit Thermal Storage* (szyb)
- BTES = *Borehole Thermal Storage* (odwiert)
- ATES = *Aquifer Thermal Storage* (warstwa wodonośna)

→ W zależności od lokalnych warunków, systemy te prezentują różne zalety i niedogodności



Rys. 1: Rodzaje sezonowych magazynów ciepła. Źródło: Solites [1]

2. Solarne magazyny ciepła / chłodu

Wprowadzenie

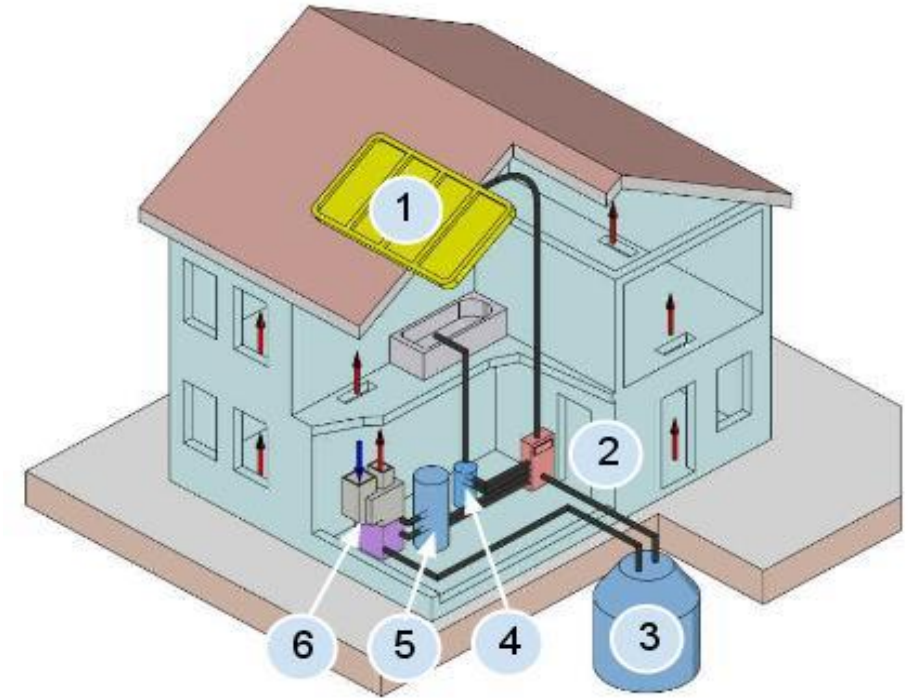
Elementy składowe

Zalety i niedogodności

Solarne magazyny ciepła / chłodu

Koncepcja działania

- Magazynowanie energii cieplnej (TES) w celu wypełnienia luki między podażą a popytem na energię odnawialną
- Pompa ciepła pobiera energię cieplną z wody
- Proces odwracalny, który umożliwia również chłodzenie
- Główne elementy składowe:
 - kolektor słoneczny (1)
 - magazyn chłodu (3)
 - buforowy zasobnik ciepła (5)
 - moduł sterowania (2)
 - zasobnik ciepła (4)
 - pompa ciepła (6)



Rys.2: Koncepcja solarnych magazynów ciepła i chłodu.
Źródło: U.S. Army Installation Management Command [2]

Solarne magazyny ciepła / chłodu

Elementy składowe

- Kolektor słoneczny
 - Zwykle instalowane na dachu, kolektory otwarte, nieszkliwione celem wysokiej wydajności
 - Promieniowanie słoneczne i ciepło otaczającego powietrza regeneruje magazyn chłodu i jest bezpośrednim źródłem ciepła dla systemu grzewczego
 - Bardzo wydajny w chłodne dni z niskim promieniowaniem w porównaniu z innymi solarnymi modułami termicznymi



Rys. 4: Kolektory słoneczne. Źródło: Imtsimon [4]

Solarne magazyny ciepła / chłodu

Elementy składowe

- Magazyn chłodu
 - Duży blok betonowy umieszczony pod ziemią
 - Woda jest przechowywana w temperaturze $0^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$
 - Pompa ciepła pobiera ciepło z wody aż do zamrożenia
 - Zmiana fazy z ciekłej na zamrożoną -> ciepło utajone
 - Rury wymiennika ciepła są instalowane w celu kontrolowanego zamrażania bez uszkodzeń



Rys. 5: Magazyn chłodu. Źródło: ZEBAU GmbH [5]



Solarne magazyny ciepła / chłodu

Elementy składowe

- Pompa ciepła
 - Łączy zasobnik z systemem grzewczym
 - „Zabiera” ciepło z wody aż do zamrożenia, zmiana fazy uwalnia ciepło utajone
 - Przesyła i rozprowadza ciepło bezpośrednio lub do zbiornika buforowego instalacji grzewczej
 - Wysoka izolacja i wydajne ogrzewanie mogą prowadzić do COP pompy ciepła na poziomie 5, co oznacza, że generuje ona 5 kWh ciepła przy „wkładzie” elektrycznym 1 kWh



Solarne magazyny ciepła / chłodu

Zalety	Wady
Niska emisja CO ₂ dzięki wykorzystaniu energii odnawialnej i ciepło utajonego	Wykorzystanie energii elektrycznej
Niskie koszty utrzymania, ponowne wykorzystanie wody zamiast uzupełniania, proces można powtarzać wielokrotnie	Wysokie nakłady inwestycyjne – wiele elementów dla efektywnego systemu
Ogrzewanie i chłodzenie przy pomocy jednego systemu	Podczas przechowywania energia jest tracona do środowiska
Dużo wyższa pojemność cieplna niż zasobnika ciepłej wody tego samego rozmiaru	
Może być stosowany w różnych budynkach, nowych i odnowionych, prywatnych i publicznych	Wdrożenie w istniejących budynkach jest tylko sensowne podczas generalnego remontu instalacji grzewczej
Obniża o 50% koszty ogrzewania i 99% chłodzenia w porównaniu do systemu standardowego	

Solarne magazyny ciepła / chłodu

Solarne magazyny chłodu mogą być dobrym rozwiązaniem , aby w pełni wykorzystać odnawialne źródła energii:

- Niska temperatura pracy – niskotemperaturowy system grzewczy
- Względnie wysoka wydajność w miejscach o niskim nasłonecznieniu
- Wysokie nakłady inwestycyjne, wymagania przestrzenne i instalacja solarna na dachu
- Wielokrotne użytkowanie – systemy chłodzenia „ładują się” na kolejny okres grzewczy
- Wysokie COP (współczynnik wydajności) dla pomp ciepła
- PCM mogą być drogie i trudno dostępne, ale mogą podnosić wydajność różnych systemów
- Wiele różnych koncepcji realizacji
- Badania zwiększą ich możliwości w przyszłości

3. *P*_{hase}*C*_{hange}*M*_{aterial} *S*_{torage} (PCM – materiały zmiennofazowe)

Ogólna zasada

Właściwości i wykorzystanie

Zmiennefazowe magazyny ciepła

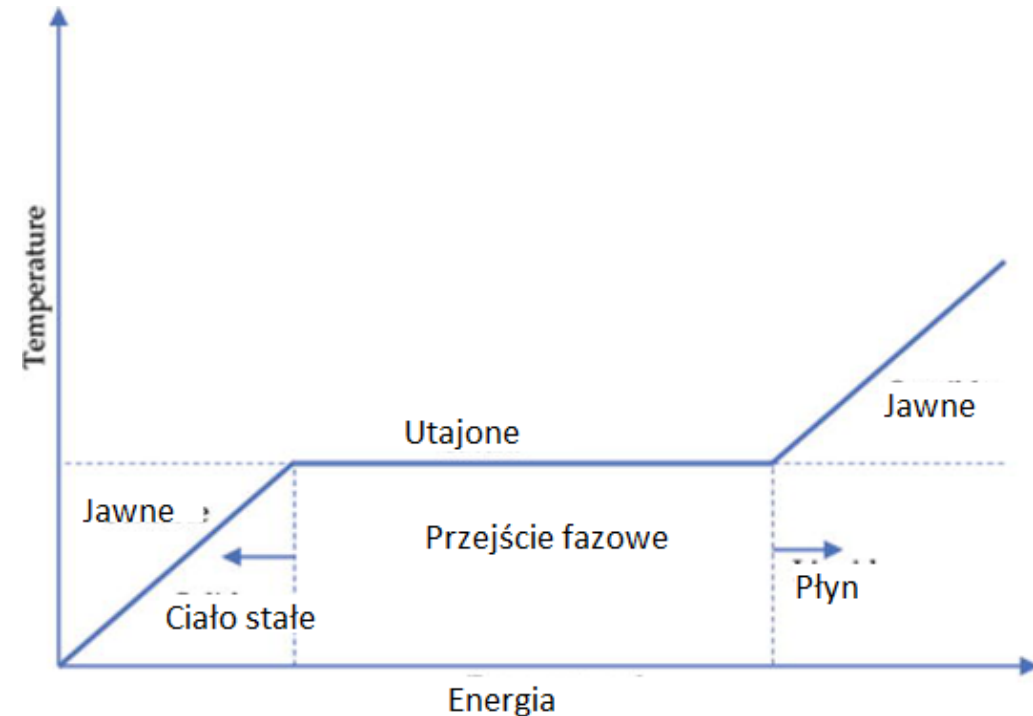
Ogólna zasada

- Tymczasowe przechowywanie z wykorzystaniem ciepła utajonego podczas zmiany fazy
- Proces odwracalny!
- Mniej powszechne jako jednostki magazynujące ciepło niż wodne magazyny ciepła
- Materiałem magazynującym ciepło może być ciało stałe (granulat, kulki) lub płynne (płyn PCM), „wbudowane” w ciecz termoprzewodzącą (HTF)
- Materiał może być organiczny, nieorganiczny lub eutektyczny (dwa lub więcej składników)

Zmiennefazowe magazyny ciepła

Koncepcja działania

- Wykorzystuje się przemianę fazową ze stanu ciekłego w stały do przechowywania i uwalniania ciepła utajonego
- **Ciepło utajone** = ciepło wymieniane bez zmiany temperatury
- **Ciepło jawne** = ciepło wymieniane, które zmienia temperaturę systemu / ciała
- Umożliwia przechowywanie więcej energii na mniejszej przestrzeni
- Brak konieczności izolacji ze względu na niskie temperatury



Rys. 3: Ciepło jawne i utajone. Źródło: G. Hailu [3]

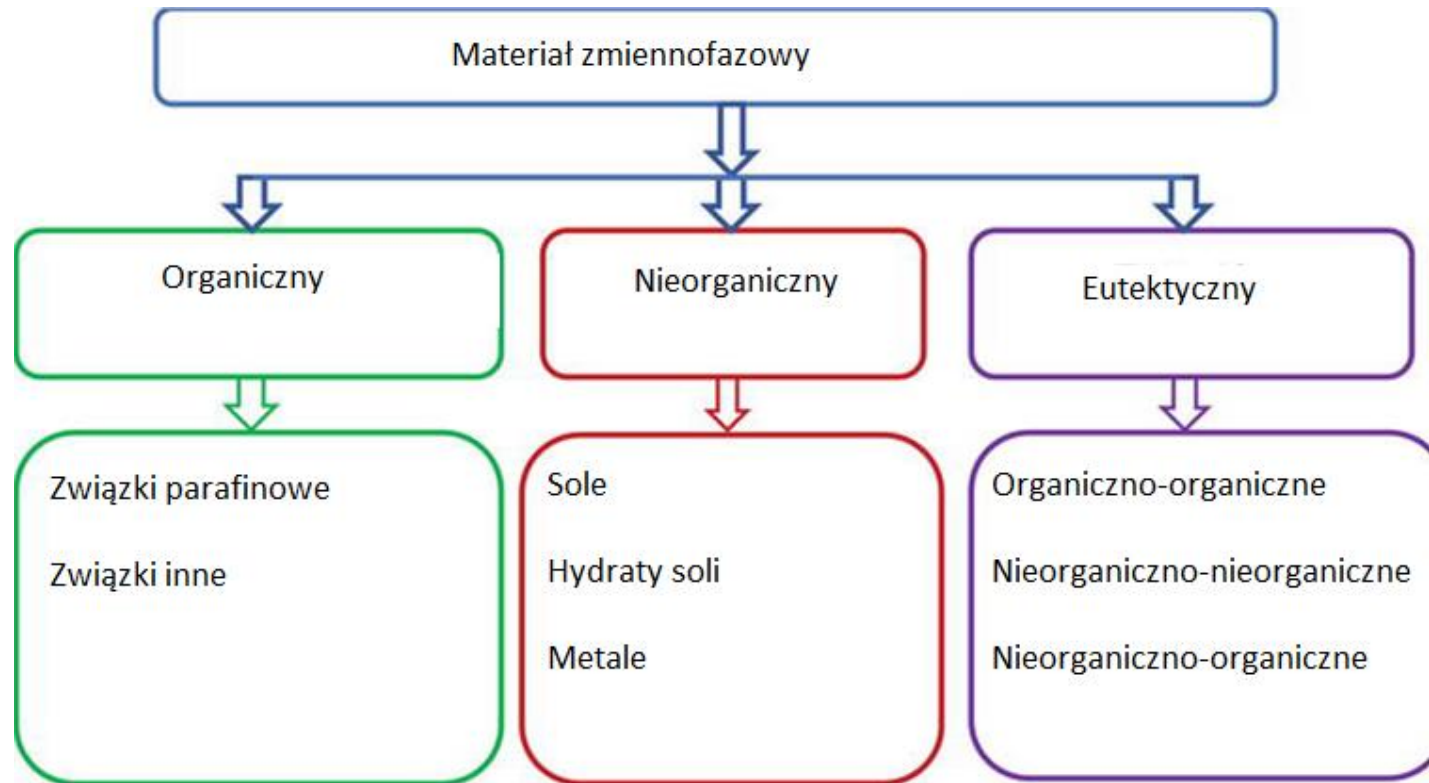
Zmiennefazowe magazyny ciepła

Właściwości i wykorzystanie

- Zdecentralizowane magazyny ciepła i chłodu
- Magazyny krótkoterminowe o mniejszych wymaganiach przestrzennych ze względu na ciepło utajone
- Stosowane w ścianach, płytach sufitowych i innych do pasywnej regulacji temperatury
- Stosowane nawet w słuchawkach prysznicowych, aby szybciej zapewnić ciepłą wodę

	Organiczne	Nieorganiczne
Zalety	Brak korozji Mniejsza objętość dla danej pojemności magazynu	Wyższa entalpia przy zmianie fazy Mniejsza objętość dla danej pojemności magazynu
Wady	Niska lub brak stabilności chemicznej i termicznej Niższa entalpia przemiany fazowej Niska przewodność cieplna, palność	Korozja Brak stabilności termicznej Separacja / segregacja faz

Zmiennefazowe magazyny ciepła



Rys. 6: Rodzaje PCM. Źródło: G. Hailu [7]

Wdrożenia

Sezonowy magazyn ciepła

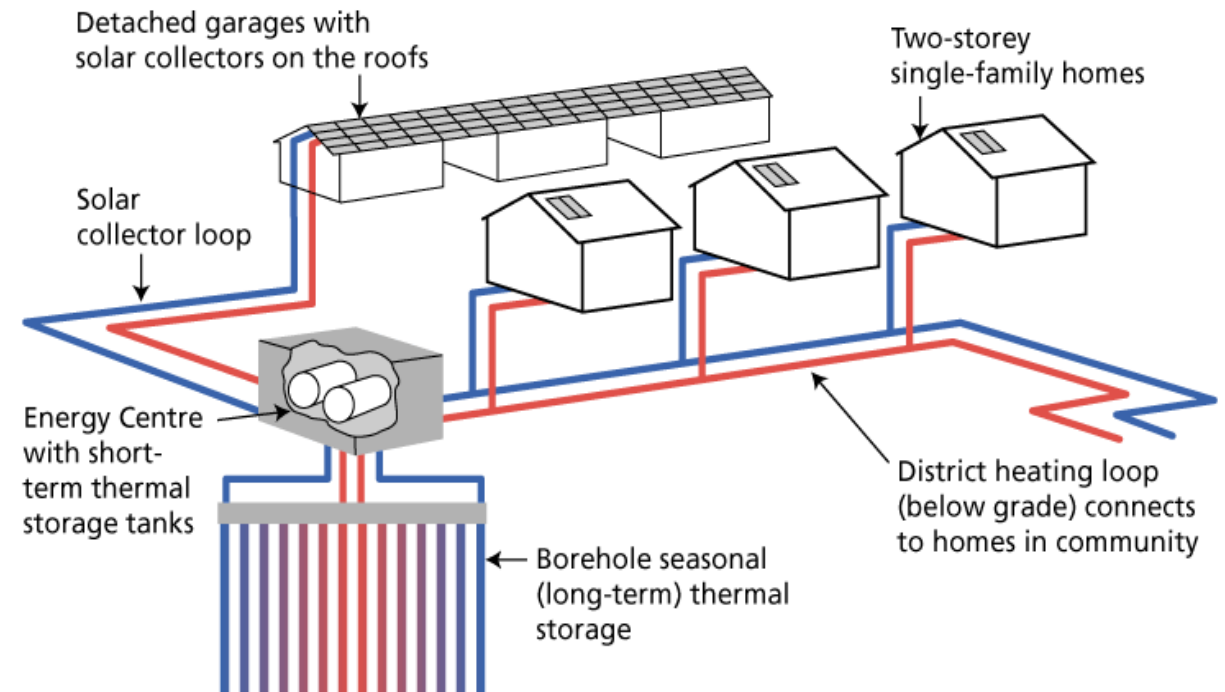
Projekty pilotowe (solarne magazyny ciepła i zmiennofazowe)

Wdrożenia

Sezonowy magazyn ciepła

System ciepłowniczy z magazynem sezonowym:
Drake Landing Solar Community (Kanada)

- 52 domy jednorodzinne z kolektorami słonecznymi
- Centrum energetyczne z magazynowaniem krótkoterminowym, magazynowanie energii cieplnej w odwiercie (BTES, głębokość 37 m)
- Średnia z okresu 12 lat eksploatacji – **96%** zapotrzebowania na ciepło
- COP pompy ciepła na poziomie **3**
- Temperatury **37 °C / 50 °C**



Rys. 7: System ciepłowniczy z magazynem sezonowym. Drake Landing Solar Community. Źródło: D. Sibbitt et al. [7]

Wdrożenia

Magazyn chłodu w Rendsburg

- Dwa centra energetyczne wraz z magazynem ciepła (560 m³):
 - “Kreishaus”: elektryczna pompa ciepła, trzy gazowe pompy ciepła, ciepłownia gazowa, 23 kolektory słoneczne
 - “Uhrenblock”: elektryczna pompa ciepła, dwie gazowe pompy ciepła, ciepłownia gazowa
- uniknięta emisja 170 ton gazów cieplarnianych rocznie
- gmina nagrodzona tytułem „Energetyczna Gmina Miesiąca” Agencji Energii Odnawialnej

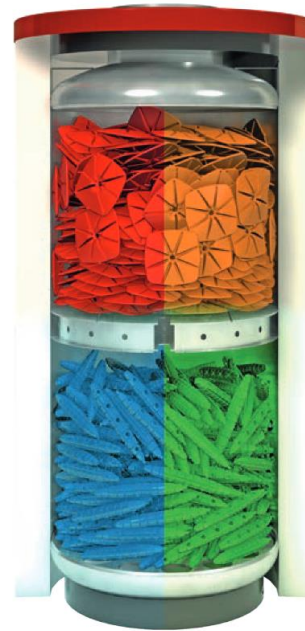


Rys. 8: Magazyn lodu. Źródło: Stadtwerke Rendsburg GmbH [8]

Wdrożenia

Zmiennefazowy magazyn ciepła: Futurium w Berlinie

- Budynek pełni funkcję sceny, muzeum, laboratorium i forum
- Zasobnik ciepła utajonego na naftę oparty na technologii *Heat Sel*: 55 000 grzałek; pięć zbiorników o łącznej pojemności 50 000 l, pojemność magazynowa ponad 1 MWh
- Zbiornik magazynowy chłodnicy absorpcyjnej ma stałą temperaturę załadunku i rozładunku 12 °C



Rys. 9: Heat sels (PCM).
Źródło: Axiotherm [9]



Rys. 10: Budynek Futurium, Berlin. Źródło: Da7de [10]

Wdrożenia

Projekty pilotowe

- Magazynowanie PCM dla przemysłu i budynków użyteczności publicznej
 - University of Life Sciences, Norwegia, zbiornik 200m³ celem pokrycia zapotrzebowania szczytowego
 - Airport Bergen, Norwegia cztery zbiorniki 60 m³ dla potrzeb chłodniczych Terminalu 3
- Solarny magazyn ciepła dla Hotelu Riva, Niemcy
 - duże zapotrzebowanie na ciepło i chłód, 80 m² kolektorów słonecznych, magazyn 175 m³ -> pokrywa wszystkie chłodnicze i większość potrzeb ciepłych



Rys. 11: Magazyn ciepła w budowie. Źródło: Raimond Spekking [11]

References

- [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



References

- [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

Contact

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