



LowTEMP2.0

# Лучшие практики – часть 2

Внедрение низкотемпературного централизованного теплоснабжения в новых городских районах и локальных системах отопления



# Обучающий пакет LowTEMP - ОБЗОР

## Введение

Введение - Политика и цели в области защиты климата

Введение

Системы энергоснабжения и НЦТ

Системы энергоснабжения в регионе

Балтийского моря

## Энергетические стратегии и пилотные проекты

Методология разработки энергетических стратегий

Пилотные энергетические стратегии – цели и условия

Пилотные энергетические стратегии – Примеры

Пилотные проекты

Расчет выбросов CO<sub>2</sub>

Расчет анализа жизненного цикла

## Финансовые аспекты

Анализ затрат жизненного цикла проектов НЦТ

Экономическая эффективность и пробелы в финансировании

Заключение договоров и модели платежей

Бизнес-модели и инновационные структуры финансирования

## Технические аспекты

Системы труб

ТЭЦ

Большие солнечные тепловые системы

Избыточное и бросовое тепло

Большие системы тепловых насосов

Конверсия электроэнергии в тепло и газ

Тепловые, солнечные и хранилища из материалов с фазовым переходом

Системы тепловых насосов

Низкотемпературные системы отопления

Подготовка питьевой воды

Системы вентиляции

## Лучшие практики

Лучшие практики – часть 1

Лучшие практики – часть 2



## Мотивация и цель

### На пути к низкотемпературному централизованному теплоснабжению

- Основная мотивация и цель состоит в том, чтобы представить различные возможные пути реализации низкотемпературного (4-го поколения) централизованного теплоснабжения
- Здесь мы сконцентрируемся на вопросе возможного внедрения низкотемпературного централизованного теплоснабжения в новых объектах городской застройки, использовании избыточного тепла, а также системах отопления/кондиционирования



# Содержание

- Сеть низкотемпературного централизованного теплоснабжения с подачей солнечного тепла в новом жилом районе - „Жизнь на кампусе“, Берлин (Германия)
- Система городского теплоснабжения/кондиционирования 4 поколения – Ectogrid, E. ON в Лунде (Швеция)
- Альтернатива низкотемпературному централизованному теплоснабжению: энергетически самодостаточные здания – солнечные дома, Коттбус (Германия)
- Инновационное низкотемпературное централизованное теплоснабжение от избыточного тепла – Brunnshög в Лунде (Швеция)
- Утилизация отработанного тепла в малых и средних компаниях – ТЕРМА, пригород Гданьска (Польша)
- Утилизация отработанного тепла в Калундборге (Дания)
- Утилизация промышленного бросового тепла с завода Hamburg Aurubis – HafenCity Hamburg (Германия)
- Использование геотермального тепла Geotermia Podhalańska (Польша)



# 1. „Жизнь на кампусе“, Берлин (Германия)

Сеть низкотемпературного централизованного теплоснабжения с подачей солнечного тепла в новом жилом районе

# Профиль проекта



LowTEMP2.0

Тема	Сеть низкотемпературного централизованного теплоснабжения с подачей солнечного тепла в новом жилом районе
Год	Строительство идет, начато в 2013
Главный партнер проекта	ВТВ GmbH Berlin (энергетическая компания)



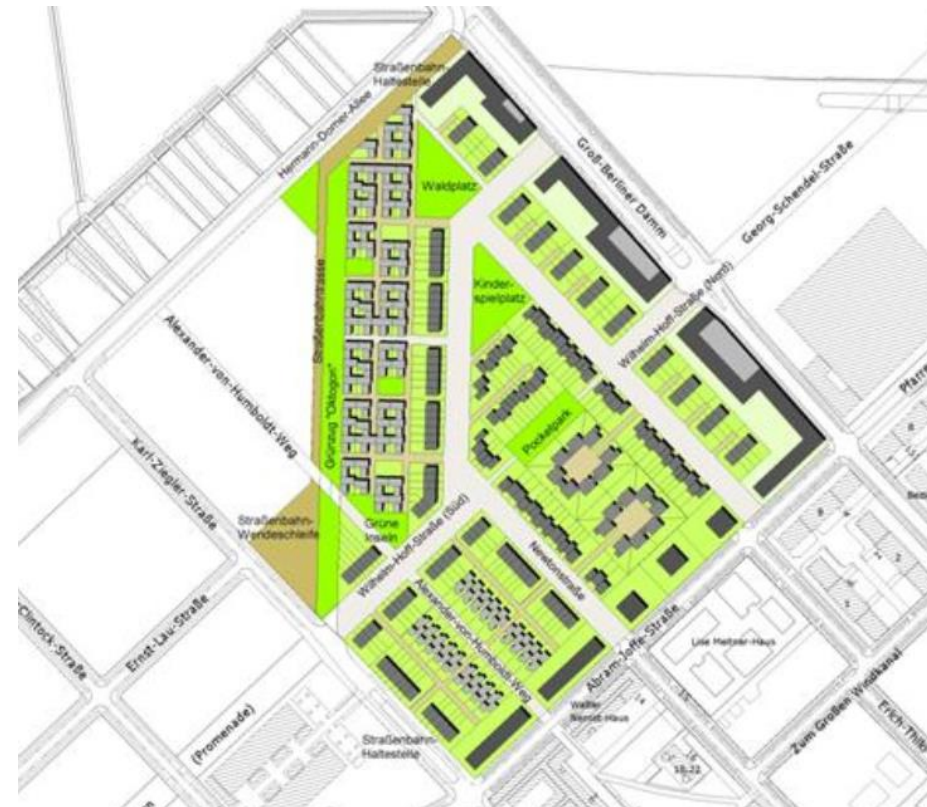
# „Жизнь на кампусе“, Германия

## Информация о проекте

- новый жилой район: около 19 га
- 1200 квартир в односемейных домах, террасных домах и многоквартирных домах
- 62 здания с низким тепловым спросом, в том числе 5 низкоэнергетических и 3 дома с положительным энергобалансом

## Цель

Реализация низкотемпературной сети с двунаправленным домашним подключением и сетевыми питающими станциями



Source: BSM – Beratungsgesellschaft für Stadterneuerung und Modernisierung mbH

# „Жизнь на кампусе“, Германия



LowTEMP2.0

## Пилотный проект

- разработан энергетической компанией VTB Berlin

## Исходная ситуация

очень низкая потребность в энергии, менее 15 Вт/м<sup>2</sup>, небольшие здания с низким и пассивным энергопотреблением

## Решение

низкотемпературная сеть 60/40 °С с участием потребителей, которым предлагается подпитка возобновляемой энергией



Source: Jan Gerbitz, ZEBAU, Germany

## Пилотный проект: подход

- создание низкотемпературной сети централизованного теплоснабжения (60/40 °C), связанной с обратным потоком района после теплообмена от восходящей сети централизованного теплоснабжения (110/55 °C)
- позволяет владельцам отдавать в сеть самостоятельно произведенную энергию из возобновляемых источников, например, от тепловых солнечных панелей
- поставщик централизованного теплоснабжения позволяет любую избыточную тепловую энергию, произведенную солнечной тепловой системой, подавать в сеть централизованного теплоснабжения и использовать ее позже в течение 2-летнего периода



Source: Stefan Simonides, BTU Cottbus-Senftenberg, Germany

## Пилотный проект: Результаты

- до сих пор было реализовано три точки передачи солнечной энергии в сеть
- интеграция аккумуляторной системы для фотоэлектрических панелей увеличивает количество электроэнергии, которая потребляется самостоятельно
- низкотемпературное централизованное теплоснабжение позволяет экономить первичную энергию на 65% по сравнению с децентрализованными (индивидуальными) системами отопления зданий



Source: Stefan Simonides, BTU Cottbus-Senftenberg, Germany



## 2. Система городского теплоснабжения/кондиционирования 5 поколения – Ectogrid, E.ON в Лунде (Швеция)

Системы 5 поколения для новых городов



**ectogrid**<sup>™</sup>

POWERED BY *e-on*



LowTEMP2.0

# Профиль проекта

Тема	Система теплоснабжения/кондиционирования 4 поколения
Год	2018 – 2022 Строительство ведется с начала 2018 года
Главный партнер проекта	E.ON



# Исследовательский парк естественных наук Medicon Village, Швеция



LowTEMP2.0

Первая сеть ectogrid™ в Medicon Village, Лунд, соединит 15 коммерческих и жилых зданий с различными потребностями 2600 человек в отоплении и охлаждении в более чем 170 организациях, работающих в области естественных наук.



Source: <http://ectogrid.com/>



LowTEMP2.0

# Medicon Village, Швеция

## Информация о проекте

Ectogrid™ уравнивает потребность домов в тепле и охлаждении.

- Когда требуется тепло, тепловой насос использует тепло от горячей линии/трубы (это избыточное тепло от других зданий). Избыточное кондиционирование, производимое тепловым насосом, либо используется в том же здании, либо подается в холодную линию/трубу, соединенную с другими зданиями, которые будут использоваться ими. Когда требуется кондиционирование, оно подается из (если тепловой насос в то время не производит избыточного кондиционирования в том же здании) холодной линии/трубы (которая представляет собой избыточное кондиционирование из других зданий). Избыточное тепло, вырабатываемое холодильной машиной, либо используется в том же здании, либо подается в горячую линию/трубу, соединенную с другими зданиями, которые будут его использовать.



Source: <http://ectogrid.com/use-cases/medicon-village/>

Текущая годовая потребность в энергии в Medicon Village составляет примерно 10 ГВт-ч отопления и 4 ГВт-ч охлаждения.

Ectogrid™ в Medicon Village обладает потенциалом сбалансировать потребности до 11 ГВт-ч энергии.

Система будет строиться пофазно.

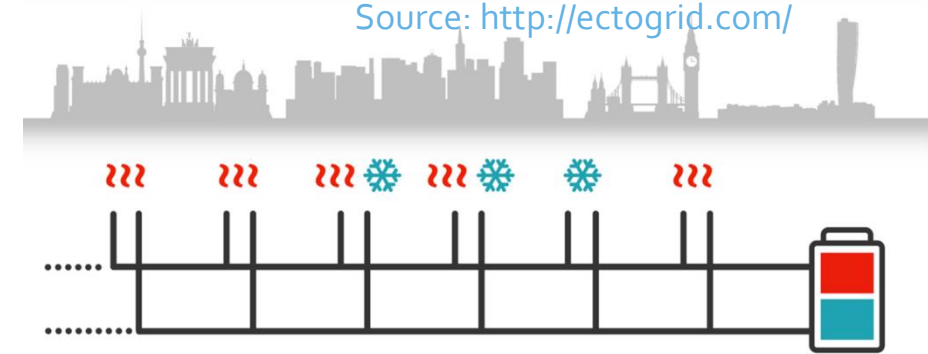
После завершения работы система будет использовать всего 3 ГВт-ч поставляемой энергии.

# Medicon Village, Sweden

## Принципы проекта ectogrid™

- Энергетический баланс всех потоков тепловой энергии в строительном кластере.
- Встроенная гибкость системы к спросу на тепло и охлаждение.
- Интегрирует все энергетические потребности (например, электромобильность, производство электроэнергии из фотоэлектрических источников) в строительном кластере.
- Самообучение и использование умных алгоритмов и данных о типичных потребностях пользователей по времени, датам, сезонам, погоде, местном производстве энергии и ценах на энергию.
- Свобода выбора – ectogrid™ - это сетевое решение, соединяющее несколько потребителей энергии. У разных членов одной и той же системы могут быть разные предпочтения относительно того, насколько они хотят быть вовлечены в управление своей энергетической системой.

Source: <http://ectogrid.com/>



- Разные собственники зданий, подключенные к одной и той же системе, могут иметь разные предпочтения в отношении того, насколько они хотят быть вовлеченными; E.ON обычно инвестирует/финансирует, владеет и управляет компонентами системы (т.е. тепловыми насосами, холодильными машинами, сетями) в собственных зданиях членов и за их пределами, но они также могут инвестировать и управлять этими компонентами системы самостоятельно, если пожелают



# 3. Солнечные дома, Коттбус (Германия)

Альтернатива низкотемпературному централизованному теплоснабжению: энергетически самодостаточные здания – солнечные дома

# Профиль проекта



LowTEMP2.0

**Тема** энергетически  
самодостаточные здания с  
использованием ВИЭ

**Год** 2018

**Главный партнер  
проекта** eG Wohnen 1902



# Солнечные дома, Германия

## Информация о проекте

- жилищная компания сознательно отказалась от централизованного теплоснабжения из-за экономических причин
- высокой стоимости централизованного теплоснабжения в городе
- целью было строительство энергетически независимых многоквартирных домов с сочетанием преимущественно возобновляемых и минимального количества ископаемых источников энергии

## Решение

Большие теплоаккумуляторы, а также литий-ионные аккумуляторы для хранения возобновляемой энергии

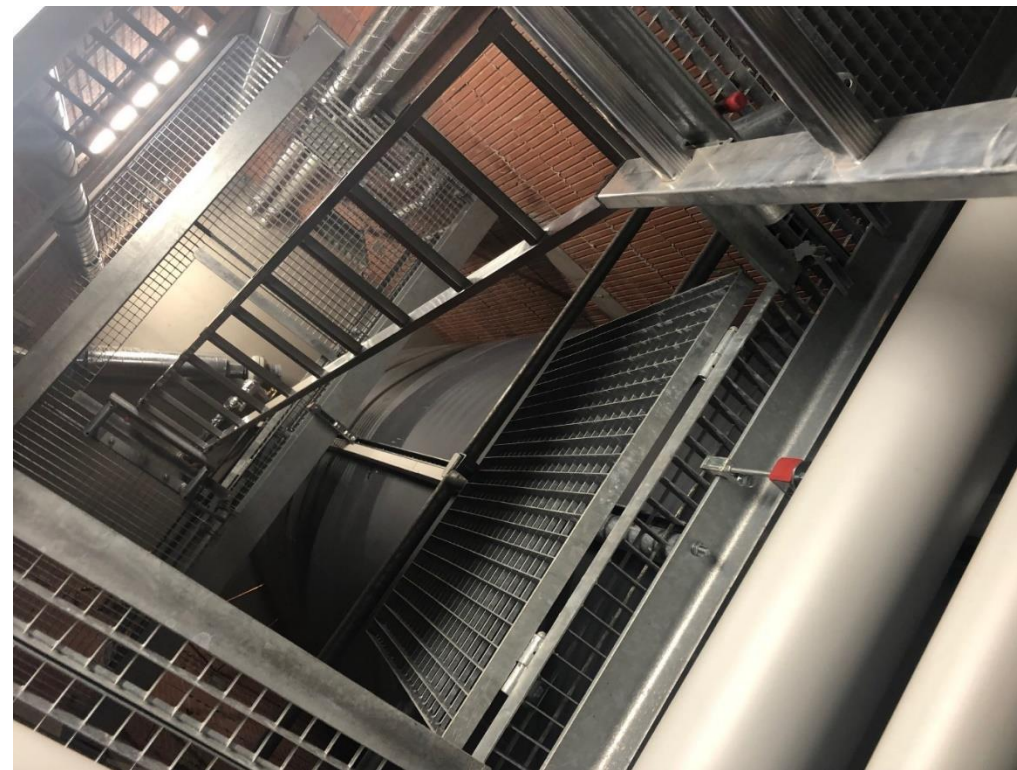


Source: Jan Gerbitz, ZEBAU, Germany

# Солнечные дома, Германия

## Проект: Подход

- 600 м<sup>2</sup> отапливаемой жилой площади
- высокоизолирующая кирпичная кладка
- 60-70% электроэнергии и тепла от солнечных батарей
- 100 м<sup>2</sup> солнечных тепловых коллекторов
- фотоэлектрические установки, каждая с 29,58 кВт пиковой мощности
- литий-ионные батареи с 54 кВт-ч емкости хранения в каждом доме



Source: Jan Gerbitz, ZEBAU, Germany



# Солнечные дома, Германия

## Проект: Подход

- теплые полы снабжаются теплом от накопителей солнечного тепла длительного хранения
- теплоаккумуляторы емкостью 24,6 м<sup>3</sup> в каждом доме
- избыточное тепло распределяется в два соседних здания по централизованной теплосети
- снижает затраты на отопление и удваивает выработку солнечной тепловой в системе
- небольшая доля оставшейся потребности в тепле покрывается с помощью котла на природном газе мощностью 40 кВт.
- кухонная горячая вода подключена к солнечной энергии
- бытовая горячая вода готовится через станции питьевой воды
- электричество хранится в аккумуляторах
- если солнечной энергии недостаточно, жилищная компания покупает электроэнергию для покрытия разницы

# Солнечные дома, Германия

## Проект: результаты

- гарантированная общая арендная плата с фиксированной ставкой за тепло и электричество: 10,50 евро/м<sup>2</sup>
- затраты на электроэнергию на 60% ниже, чем затраты пассивных зданий на тепло и электроэнергию
- до 80% снижены затраты на электроэнергию
- затраты на остаточное количество энергии легко планируются – почти нулевые предельные затраты



Source: Mindaugas Kurmis, Klaipedia University Lithuania



## 4. Brunnshög в Лунде (Швеция)

Инновационное низкотемпературное централизованное теплоснабжение от избыточного тепла

# Профиль проекта



LowTEMP2.0

**Тема** Крупнейшая сеть  
низкотемпературного  
централизованного  
теплоснабжения на  
неископаемых источниках  
энергии

**Год** Строительство ведется,  
начато в 2017

**Главный партнер  
проекта** Krafringen company



## Информация о проекте

- Лунд-быстрорастущий город с населением около 120 000 человек, муниципалитет преследует политическую цель существенно снизить свое воздействие на окружающую среду и климат
- существующие организации
  - Университет Лунда
  - Исследовательский центр MAX IV
  - Европейский источник расщепления (ESS)
  - Научный центр Scandinavia



Source: Vision image of Brunnshög, Illustration: Atkins

## Пилотный проект

- Цель - построить крупнейшую низкотемпературную централизованную тепловую сеть на основе отработанной энергии
- Крупнейшая в Европе система низкотемпературного централизованного теплоснабжения и испытательное поле для низкотемпературных решений централизованного теплоснабжения
- Общая площадь застройки составит 100 га , и к 2050 году до 40 000 людей будут здесь жить и работать
- город может продолжать расти, не повышая выбросов парниковых газов



Source: Vision image of MAX IV. Illustration: Fojab Arkitekter

# Brunnshög в Лунде

## Пилотный проект: подход

- низкокачественное избыточное тепло, полученное от исследовательских установок ESS и MAX IV, будет обогревать весь район Brunnshög
- Низкотемпературная районная тепловая сеть в Brunnshög:
  - длина 4,4 км
  - температура подачи 65 °С, температура возврата 35 °С
  - строительство началось осенью 2017 года
  - первая поставка - 2019 год



Source: Vision image of Brunnshög, Illustration: Atkins

## Проект: подход

- между объектами MAX IV и ESS 18 гектар земли; планируется построить 250 000 м<sup>2</sup> общей площади
    - простор для инноваций, здания до восьми этажей
  - высокая доступность низкотемпературного тепла от ESS и MAX IV для использования для отопления научной деревни
- Источники тепла
    - бросовое/избыточное тепло от научных установок, т. е. ионного охлаждения/замедляющей установки
    - Большая ТЭЦ на биотопливе
    - Большая геотермальная система
    - Тепловой насос для рекуперации тепла из сточных вод
    - Тепловые насосы централизованного кондиционирования
    - Другие возобновляемые источники энергии

# 5. Утилизация отработанного тепла в малых и средних компаниях (Польша)

Утилизация отработанного тепла паяльных печей в TERMA, пригород Гданьска



LowTEMP2.0

# Профиль проекта

Тема	Отработанное тепло паяльных печей, используемое для отопления помещений, вентиляции и подготовки бытовой горячей воды
Год	2020 (установка рекуперации отработанного тепла запущена в июне 2020 года на базе первой паяльной печи)
Главный партнер проекта	TERMA Sp. z o.o. Чапле, муниципалитет Жуково (Польша)



# Терма – Чапле, Польша

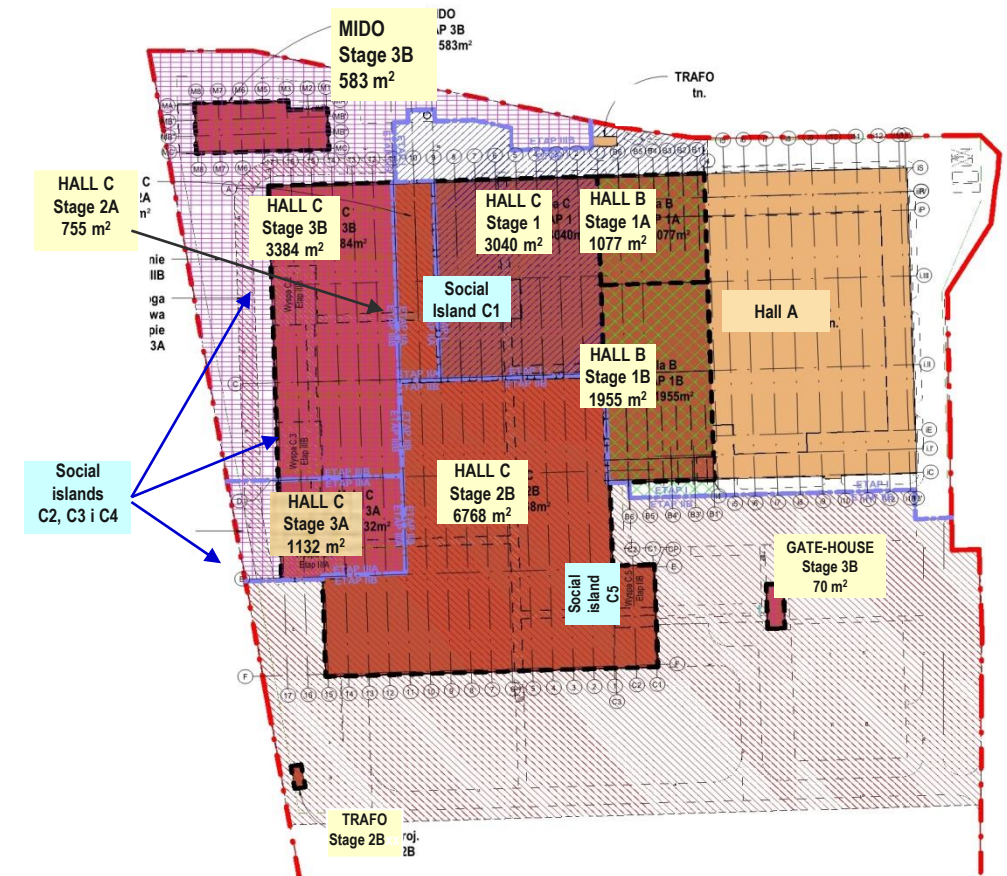
## Информация о проекте

- Компания Терма – развивающаяся промышленная компания, работающая с 1990 и имеющая в штате около 500 человек;
- Компания экспортирует продукцию: ванные и декоративные обогреватели, строительную технику и рекуперационное оборудование более чем в 40 стран мира;
- До 2018 года производство происходило в зале А (площадь - 7 405 м<sup>2</sup>);
- Реализация проекта была разделена на 3 этапа:
  - **Этапы 1 и 2 – 2019- 2020:**  
строительство зала В (2 996 м<sup>2</sup>) и часть зала С (9817 м<sup>2</sup>)
  - **Этап 3 – реализуется**  
завершение работ в зале С и здания MIDO (4 516 м<sup>2</sup> + 583 м<sup>2</sup>).

## Цель проекта

Утилизация отработанного тепла из производственного процесса для целей отопления помещений, вентиляции и подготовки бытовой горячей воды для нужд предприятия.

## Поэтапное расширение завода Терма



source: <https://www.termagroup.pl/>

## Основные допущения проекта

- Использование отработанного тепла от двух паяльных печей (каждая - 630 кВт), расположенных в зале С; энергия, потребляемая паяльной печью: электричество (около 65%) + газовое топливо (35%);
- Печи работают круглосуточно, практически в течение всего года (перерывы в работе - максимум 2 недели в год).
- При работе на максимальной мощности паяльные печи вырабатывают тепло на уровне 600 кВт каждая.
- Из-за изменчивости производственного процесса среднегодовое использование мощности оборудования находится на уровне 65-70%.



Вид центральной части паяльной печи № 1  
Sources: TERMA Sp. z o.o. Photo: D. Formela

## Основные допущения проекта

- Система рекуперации отработанного тепла применяет воду в качестве теплоносителя для:
  - отопления производственных цехов 65/55 °С,
  - отопления социальных и офисных помещений 36/28 °С,
  - технологического тепла для систем вентиляции 55/45 °С,
  - подготовки бытовой горячей воды 45-50 °С.
- Летом и в случае избытка отработанного тепла, тепло, полученное от паяльных печей, отводится наружу в вентиляторные воздухоохладители (сухие охладители).



Вид загрузочной и выходной частей паяльной печи № 1  
Sources: TERMA Sp. z o.o. Photo:D. Formela

## Принятые решения для систем теплоснабжения

### 1. Отопление помещений

- Радиаторы: производственные помещения (залы В и С) и цех в здании MIDO
- Полы с подогревом: общие и офисные помещения (так называемые «острова» в производственных залах).

### 2. Системы вентиляции

Вентиляционные системы с рекуперацией обслуживают социальные островки и работают на базе водонагревателей.

### 3. Система подготовки бытовой горячей воды

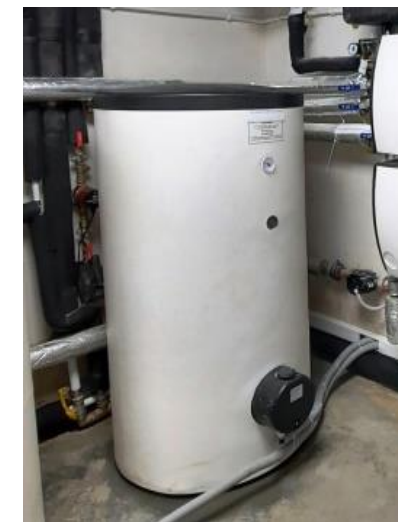
Бытовые резервуары для горячей воды расположены на каждом социальном острове в залах В и С.



Инфракрасные обогреватели



Теплые полы



Домашний бойлер

Sources:  
Foto: D. Formela, H.  
Kaab

# Терма – Чапле, Польша

## Источники тепла

### 1. Основной источник

Отработанное тепло от паяльных печей подается в радиаторы, на подогрев полов, вентиляцию и подготовку горячей воды для бытовых нужд.

### 2. Источники пиковой нагрузки

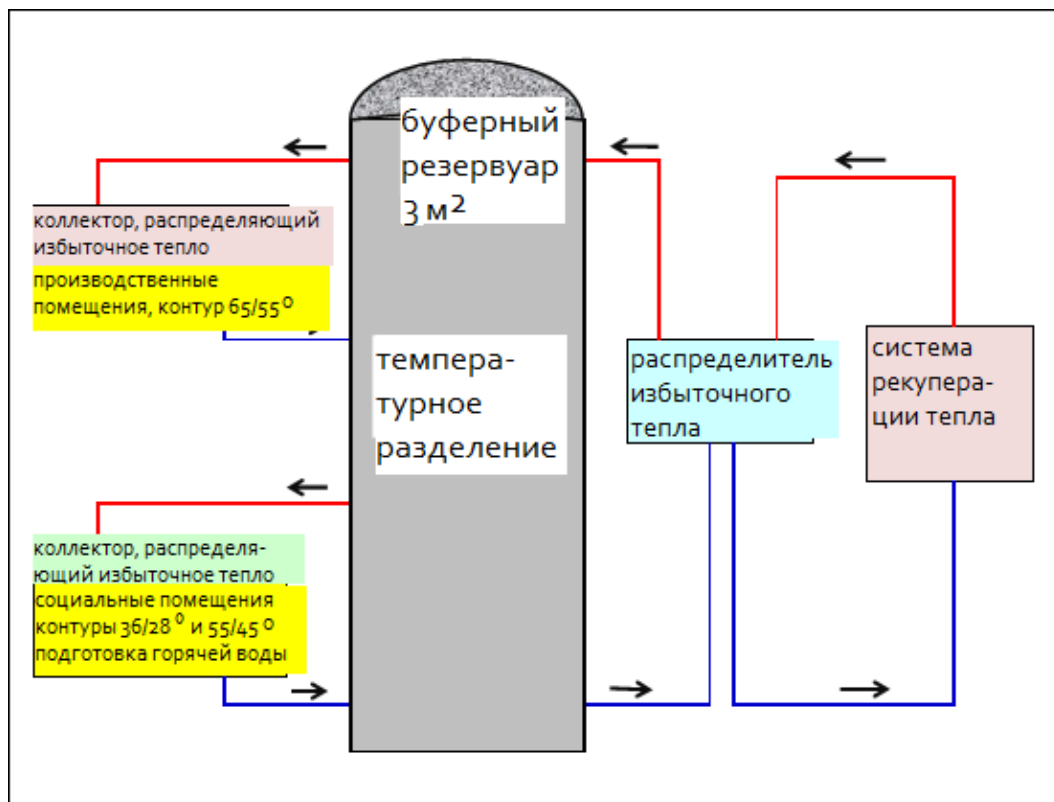
а. Газовая котельная в островке С4 питает обогреватели в производственных помещениях.

б. Тепловые насосы воздух-вода в каждом островке для вентиляции и подогрева пола, а также подготовки горячей воды для бытовых нужд.

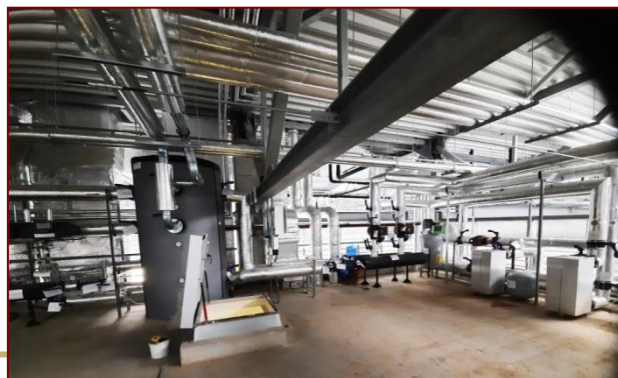
### 3. Газовая котельная

Главный источник тепла для здания MIDO.

## Общая схема рекуперации и утилизации отработанного тепла на заводе Терма



- Отработанное тепло от паяльных печей (при температуре 65 °С) передается в распределитель отработанного тепла, а затем в буферный резервуар емкостью 3 м<sup>3</sup>.
- Температурное разделение предназначено для обеспечения различных систем отопления средой при различных температурах: контуры центрального отопления работают при температуре 65/55 °С, технологические тепловые контуры - 55/45 °С, контуры теплого пола - 36/28 °С, горячая вода-45÷50 °С.
- В случае избыточного количества отработанного тепла, избыточное тепло рассеивается вентиляторным воздухоохладителем, размещенным на крыше.



Центр рекуперации тепла



3 м<sup>3</sup> буферный резервуар

Sources:  
<https://www.termagroup.pl/>

# Terma – Чапле, Польша

## Использование теплового потенциала бросового тепла

Количество избыточного тепла от паяльных печей (в среднем, печи работают на 70 процентов от номинальной мощности)	<b>7 076 МВтч/год</b>
Уровень утилизации избыточного тепла	<b>39 %</b>



## Энергетическая и экономическая эффективность проекта, экологический эффект

Анализ проведен применительно к альтернативному варианту, включающему подачу тепла для производственных цехов и офисных и социальных объектов на базе газовой котельной

№	Название	Значение	Ед. измерения
1	Снижение потребления дополнительной энергии в результате реализации проекта	2 362	МВтч/год
2	Снижение количества приобретенного энергоносителя (природный газ)	246 982	м <sup>3</sup> /год
3	Снижение количества приобретенного дополнительного энергоносителя (прир. газ)	388,12	тысяч злотых
		88,13	тысяч евро
4	Экологическое воздействие Снижение выбросов CO <sub>2</sub>	471	тонн CO <sub>2</sub> /год
5	Затраты на реализацию проекта	2 000,00	тысяч злотых
		454,13	тысяч евро
6	Простой период окупаемости	5,15	год

## Выводы

1. Производственные процессы TERMA Sp. z o.o., требуют эффективного охлаждения, которое генерирует большое количество (свыше 7 ГВт) отработанного тепла в год, которое ранее сбрасывалось в окружающую среду через вентиляторные воздухоохладители. Реализованный проект позволяет утилизировать около 39% отработанного тепла, вырабатываемого в паяльных печах.
2. Применяемая на предприятии система рекуперации отработанного тепла позволяет удовлетворить тепловые потребности в отоплении и вентиляции помещений, а также в подготовке бытовой горячей воды во вновь построенных производственных цехах, в том числе в социальных и офисных помещениях.
3. В результате реализации проекта достигается большой энергетический и экономический эффект в экономии энергоносителей компанией. В то же время проект будет иметь значительные экологические последствия в виде предотвращенных выбросов CO<sub>2</sub> на уровне примерно 470 т CO<sub>2</sub>/год.
4. Система является примером эффективного использования отработанного тепла в низкотемпературных установках промышленного сектора.



## 6. Утилизация отработанного тепла в Калундборге (Дания)

Есть ли экономическая целесообразна у утилизации низкотемпературных отходов на большом расстоянии (20 км)?

# Профиль проекта



LowTEMP2.0

<b>Тема</b>	Утилизация отработанного тепла на большом расстоянии
<b>Год</b>	Проект 2017
<b>Главный партнер проекта</b>	Калундборг



# Утилизация отработанного тепла в Калундборге

## Информация о проекте

- Город Калундборг: плотная промышленная застройка; таким образом, значительное количество избыточного (отработанного) тепла
- Теплопередача – на большие расстояния 20 МВт Тс ~ 300 К

Сети какой длины экономически оправданны?

KALUNDBORG  
SYMBIOSIS

Source: Kalundborg Symbiosis



# Утилизация отработанного тепла в регионе Калундборга

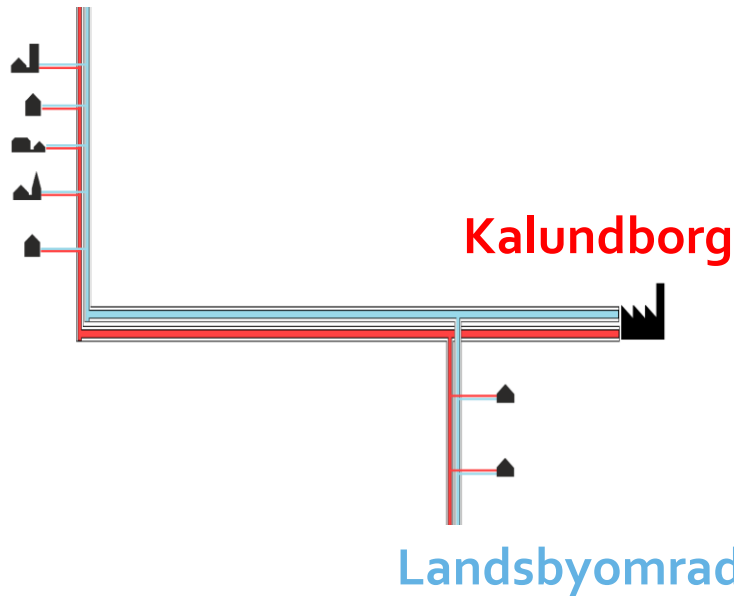


LowTEMP2.0

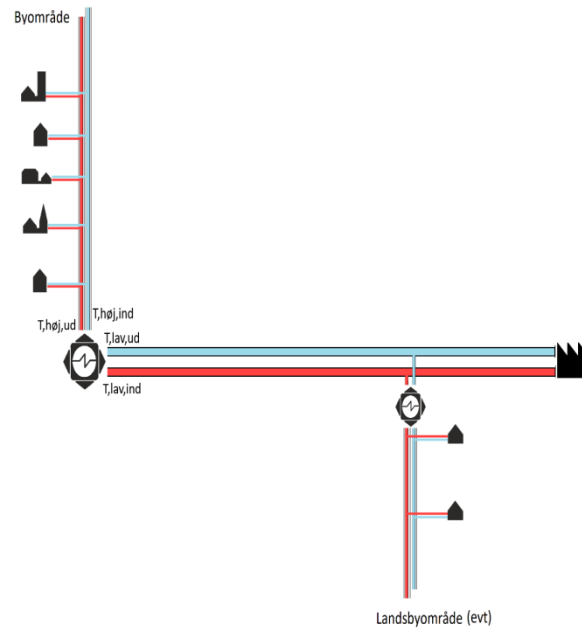
## Три варианта

Source: Kalundborg Symbiosis

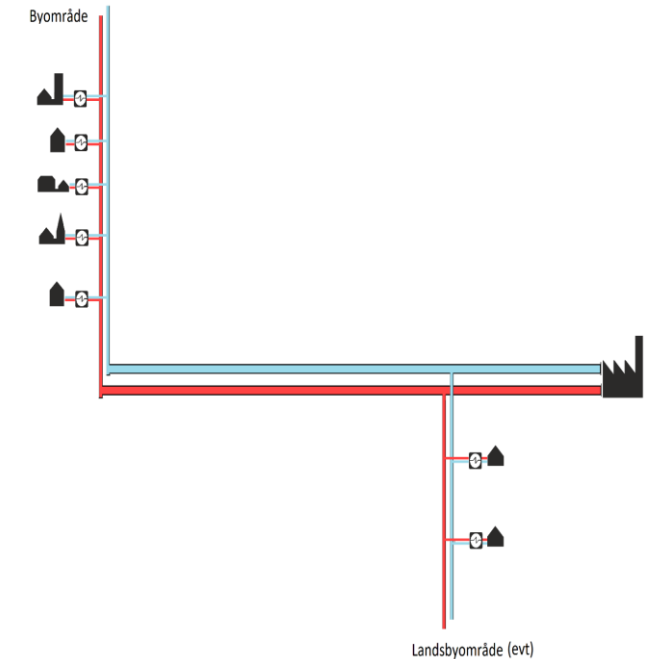
Byområde



(1) Изолированные трубы передачи



(2) неизолированные трубы + тепловые насосы



(3) Неизолированные трубы передачи



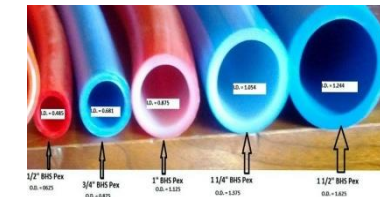
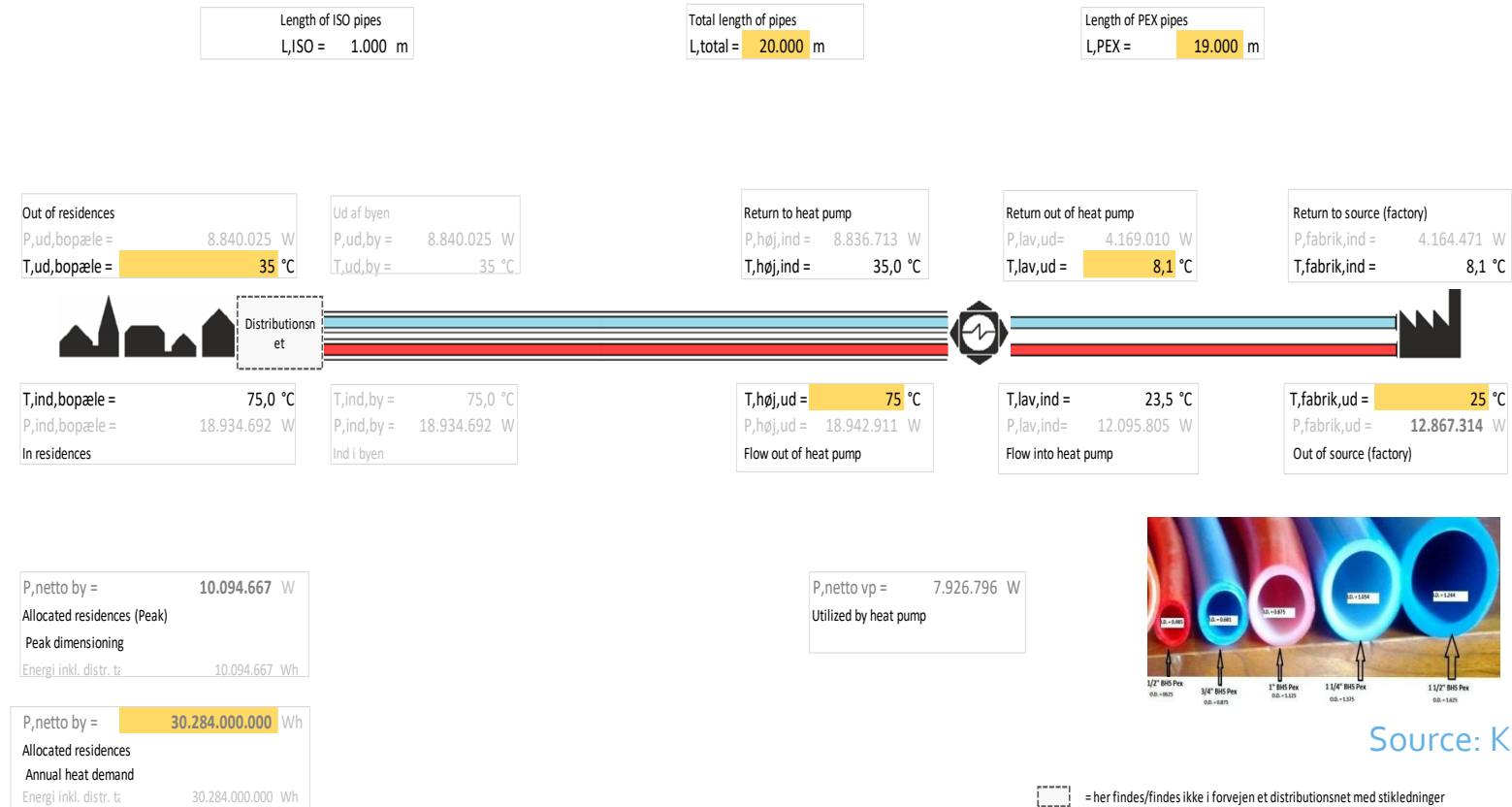
# Утилизация отработанного тепла в регионе Калундборга



LowTEMP2.0

## Сценарий 2: изолированные пластиковые трубы + центральный тепловой насос (низкотемпературный)

Варианты в желтых полях



Source: Kalundborg Symbiosis

# Утилизация отработанного тепла в регионе Калундборга



LowTEMP2.0

Transmission (Afsætter → Bygrænse)			
Prerequisites			
Efter at røret er blevet dimensioneret, må celle [E5] og [E7] ikke ændres			
Velocity PEX	c	2,000	m/s
Velocity, ISO	c	1,10	m/s
Flow, PEX	Q,peX, pipe	0,12	m <sup>3</sup> /s
Flow, ISO	Q,iso, pipe	0,06	m <sup>3</sup> /s
Pipe radius inner PEX	ri	0,1401	m
Pipe radius inner, ISO	ri	0,1324	m
Heat source temperature (to HP)	T,low,in	23,5	°C
Electricity consumption at peak, central heat pump		2.179.402	W
COP factor		4,64	W/W

Source: Kalundborg Symbiosis

## Выводы

1. Полученные результаты показали, что низкотемпературное тепло может передаваться на расстояние 20 км экономически и экологически выгодно.
2. В представленном случае передача на большие расстояния (19 км) осуществляется по неизолированной трубе с небольшим перепадом температур от 25 до 23,5 ; коэффициент производительности теплового насоса рассчитывался как близкий к 5.
3. Калундборг еще не определился с реализацией проекта.



# 7. Утилизация промышленного бросового тепла с завода Hamburg Aurubis – HafenCity Hamburg (Германия)

Утилизация бросового тепла в одном из городских районов

# Aurubis AG, Гамбург



LowTEMP2.0

Тема	Утилизация промышленного бросового тепла для отопления города
Год	2017
Главные партнеры проекта	Aurubis AG, enercity Contracting Nord GmbH, HafenCity Hamburg GmbH



# Aurubis AG, Гамбург

## Информация о проекте

- Немецкая глобальная корпорация Aurubis AG со штаб-квартирой в Гамбурге является ведущим мировым поставщиком цветных металлов, особенно крупнейшим производителем меди в Европе (вторым по величине в мире) и крупнейшим переработчиком меди в мире.
- Партнеры (включая enercity Contracting Nord GmbH) взяли на себя обязательство использовать промышленные отходы тепла от завода Hamburg Aurubis (расположенного в порту Гамбурга) для обеспечения энергоэффективного централизованного теплоснабжения HafenCity East (7500 квартир, около 15 000 жителей во всем HafenCity, новом городском районе Гамбурга вдоль Эльбы).

HafenCity – в настоящее время крупнейший в Европе проект развития внутренней части города

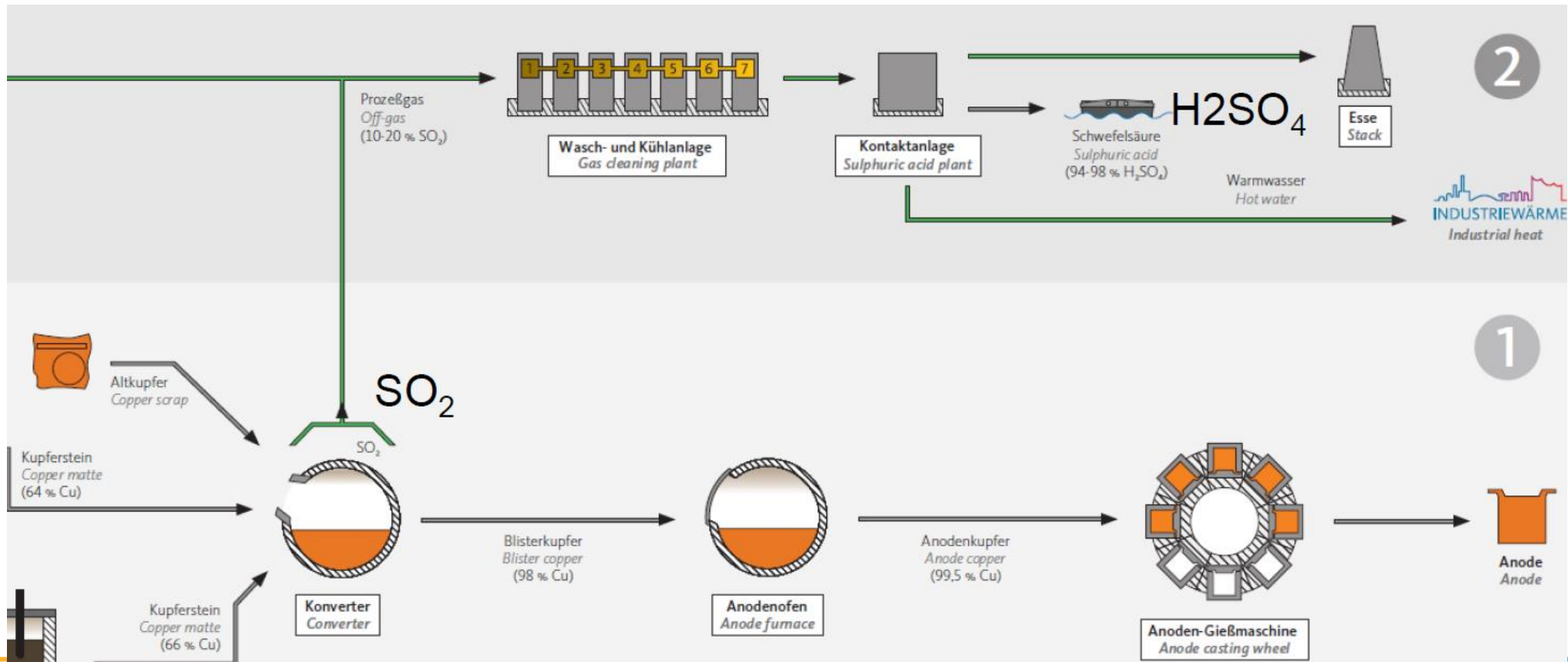


Source: Thomas Hampel

**Цель**  
Использование промышленных энергетических ресурсов – промышленного избыточного тепла

# Процесс выплавки меди и рекуперация тепла

Схема производственного процесса, включая утилизацию отработанного тепла на Гамбургском медеплавильном заводе Aurubis:

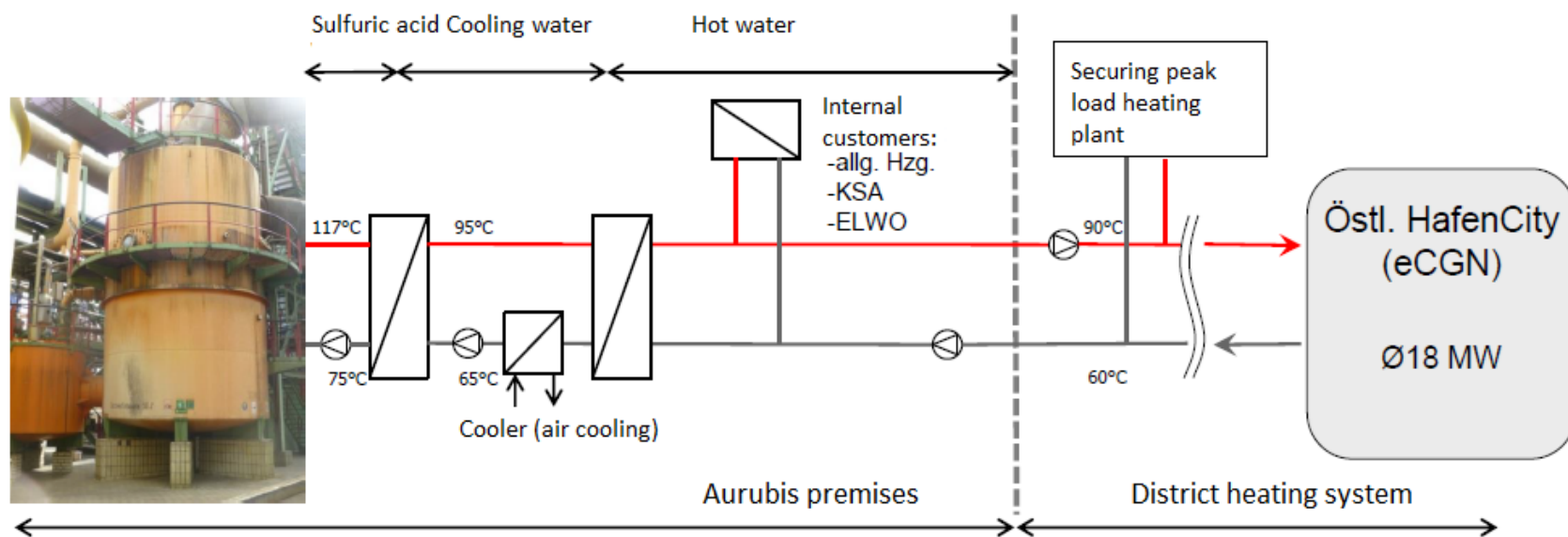


Source: Aurubis AG

# Aurubis AG, Гамбург

Тепло извлекается в ходе контактного процесса на сернокислотном заводе (экзотермические реакции, три стадии). Температура серной кислоты обычно находится в диапазоне **70-120 °C**. Сернокислотный процесс на гамбургском заводе Aurubis настроен на работу при температуре **117 °C** (вместо 65 °C) из-за потребностей централизованного теплоснабжения - температура подачи составляет **90 °C**, а возврата - **60 °C**.

## Схема сернокислотного охлаждения и утилизации отработанного тепла



Source: Ch. Hein, Beiträge industrieller Abwärme zur Wärmeversorgung, Aurubis AG, Corporate Energy & Climate Affairs, Hamburg 2016, p. 3

# Aurubis AG, Гамбург

## Расположение завода Aurubis и HafenCity



Source: J. Beermann, Abwärmenutzung zur Fernwärmebereitstellung: das Beispiel HafenCity Hamburg, VDI Hamburg -Vortragsreihe Wärme 2030, enercity Contracting Nord GmbH, Hamburg, 1.10.2019, p. 11

## Маршрут трубопровода централизованного теплоснабжения от завода Aurubis до HafenCity East



Source: Environmental Protection in the Aurubis Group and Updated Aurubis AG Environmental Statement 2019, Hamburg and Lünen Sites, Aurubis AG, Hamburg 2019, p. 42



# Aurubis AG, Гамбург

## Выводы

- Гамбургский завод Aurubis имеет три производственные линии – первичную плавильную печь суточной мощностью 4000 т (вход) и сернокислотный завод мощностью 3900 т (выход), каждая из которых может обеспечить 160 ГВт-ч тепловой энергии в год и 18 МВт тепловой мощности (одной линии достаточно для снабжения HafenCity East; две другие линии также будут преобразованы в будущем, как только будет создана техническая, финансовая и договорная основа).
- Их использование позволит снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 20 000 тонн в год, как за счет отопления HafenCity East, так и на заводе, благодаря замене природного газа, используемого в настоящее время для производства пара. Только в HafenCity East с системой централизованного теплоснабжения, основанной на избыточном тепле Гамбургского завода Aurubis, к 2029 году будет ежегодное снижение выбросов CO<sub>2</sub> примерно на 4500 тонн.
- Годовой объем продаж тепла компанией enercity Contracting Nord GmbH для HafenCity East составил 70 ГВт / ч, а тепловой мощности – 28 МВт в 2017 году (104 ГВт / ч и установленная тепловая мощность 100 МВт для всего HafenCity).



# 8. Использование геотермального тепла Geotermia Podhalańska (Польша)

Геотермическая низкотемпературная система централизованного теплоснабжения, используемая компанией Geotermia Podhalańska

# Профиль проекта



LowTEMP2.0

**Тема** Использование геотермального тепла в низкотемпературной системе централизованного теплоснабжения

**Год** 1993-2020

**Главные партнеры проекта** PEC Geotermia Podhalańska S.A., Zakopane

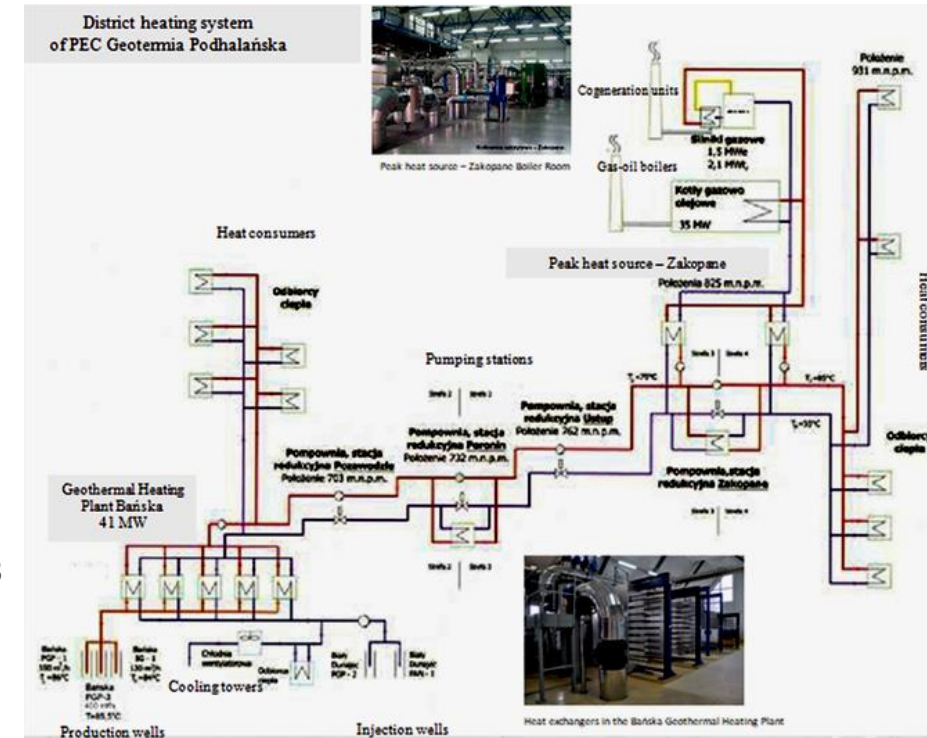
The Geothermal Laboratory of Mineral and Energy Economy Research Institute of Polish Academy of Sciences in Kraków



# Geotermia Podhalańska (Польша)

## Информация о проекте

- PEC Geotermia Podhalańska S.A. в настоящий момент – **крупнейшая теплоснабжающая компания в Польше, использующая геотермальное тепло;**
- Система централизованного теплоснабжения PEC Geotermia Podhalańska работает в 4 муниципалитетах: **Шафлары, Бялый Дунаец, Поронин и Закопане** (в последнем она покрывает **40%** потребности в тепле);
- Общая протяженность теплосети составляет более **110 км**;
- Номинальное давление - **16 бар**. Система разделена на 4 зоны давления из-за большой разницы уровней грунта;
- Общая установленная мощность в системе - **80,8 МВт**;
- в том числе мощность геотермальной системы - **40,7 МВт (50%)**;
- Годовая выработка тепла - 450,6 ТДЖ (2017), геотермального тепла - **91%**;
- К теплосети подключено около **1600** зданий (75% - жилые дома).



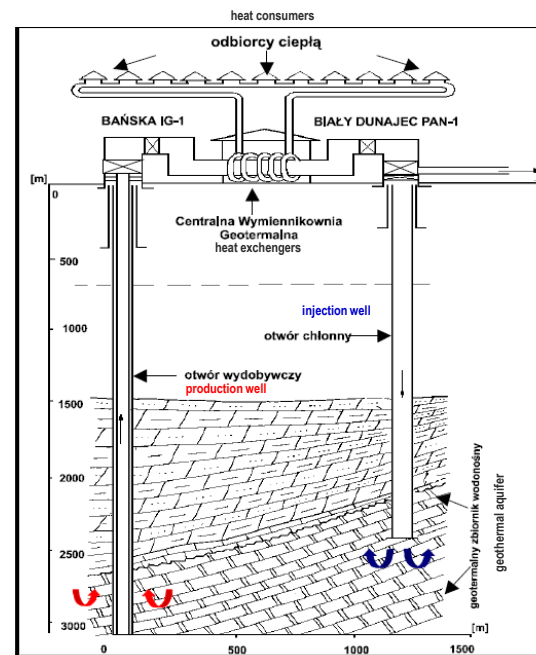
Sources: Geotermia Podhalańska SA

# Geotermia Podhalańska (Польша)

## Информация о проекте

Нынешняя геотермальная система включает в себя следующие элементы:

- добывающие скважины производительностью от 120 до 550 м<sup>3</sup> / ч (Bańska IG-1, Bańska PGP-1, Bańska PGP-3)
- нагнетательные скважины производительностью 375 и 500 м<sup>3</sup> / ч (Бялый Дунаец PGP-2, Бялый Дунаец PAN-1)
- геотермальная насосная станция
- градирни.



Добывающие и нагнетающие скважины



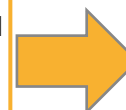
Насосная станция



Градирни

Sources: Foto: Geotermia Podhalańska SA

Термальная вода при температуре 82-86°C добывается из месторождения через добывающие скважины, а затем через пластинчатые теплообменники, установленные в геотермальной отопительной установке, нагревает воду в сетях, используемую для отопления зданий, бассейнов и для приготовления горячей коммунальной воды.



После охлаждения в теплообменниках термальная вода вытесняется обратно в пласт через нагнетательные скважины, а также частично охлажденная сбрасывается в поверхностный водоток.

# Geotermia Podhalańska (Польша)

## Эффективность использования геотермального тепла

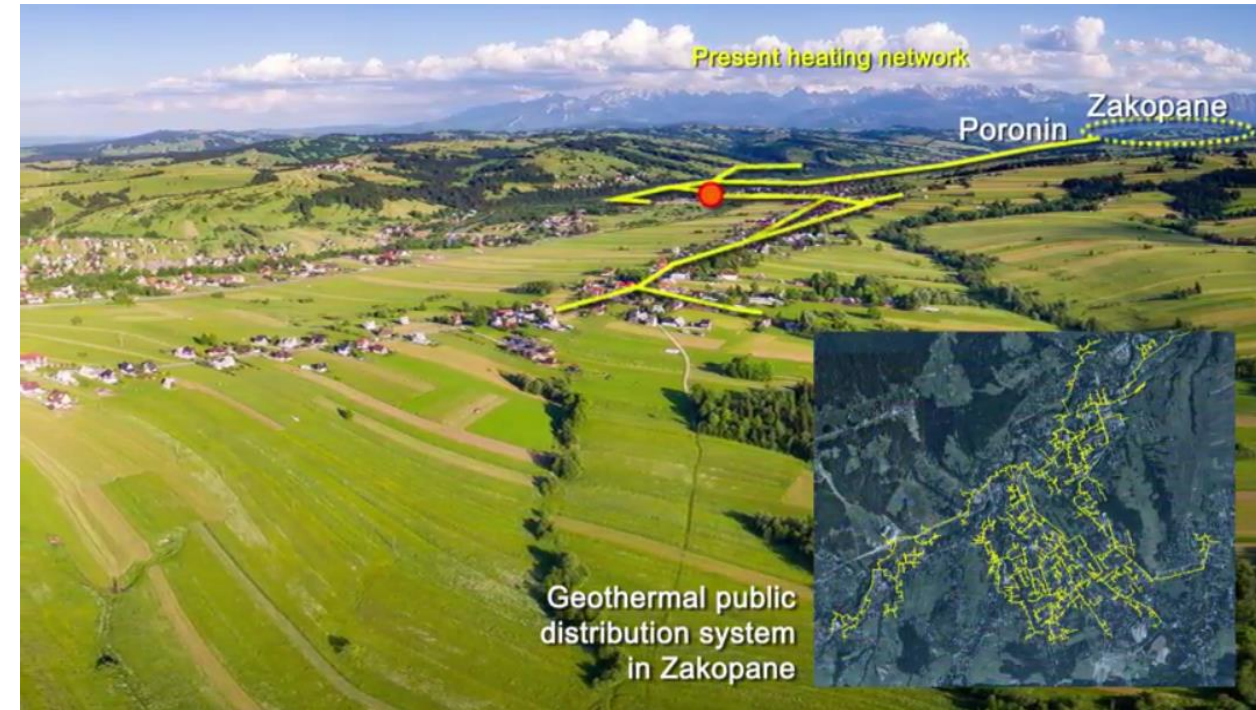
Тепло, используемое для отопления помещений и приготовления горячей воды (в жилых и общественных зданиях), составляет лишь около 22% энергии, добываемой из скважин.

### Цель проекта

Проверка возможности более эффективного использования геотермального тепла с помощью низкотемпературных установок различных отраслей промышленности.

### Реализация проекта

Строительство каскадной системы использования геотермального тепла на базе Научно-исследовательского института минерального и энергетического хозяйства Польской академии наук



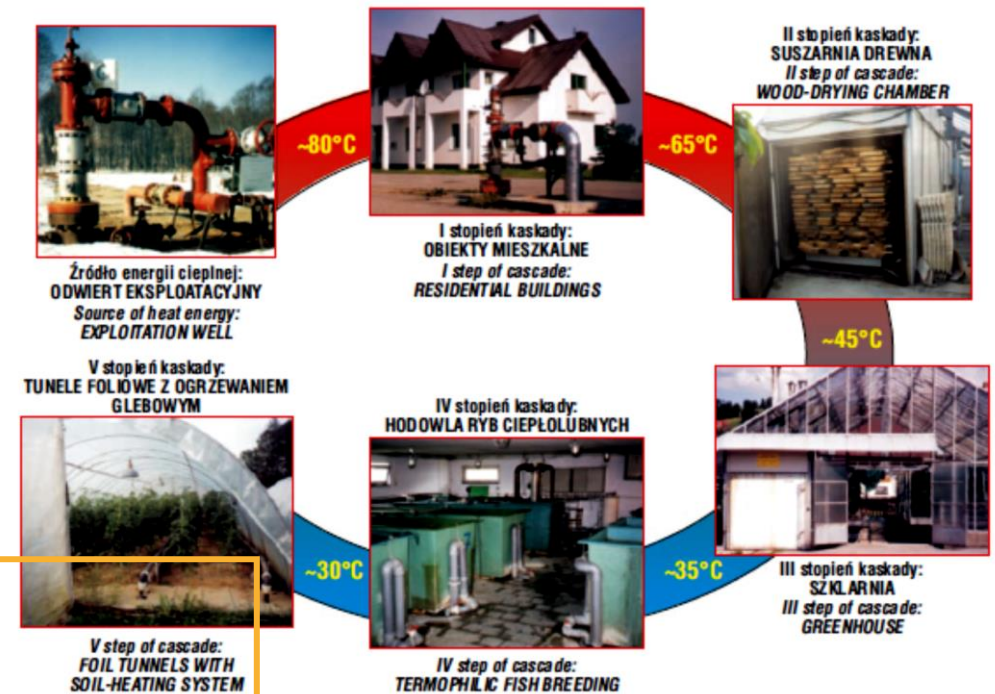
Source: Geotermia Podhalańska SA

# Geotermia Podhalańska (Польша)

## Основные допущения проекта

### Каскадная система использования геотермального тепла

Проект позволил продемонстрировать и апробировать возможность разнонаправленного использования геотермального тепла в установках с использованием низкотемпературных источников. Он был основан на контуре вторичного нагрева воды и представлял собой пример 5-ступенчатой системы использования низкотемпературного тепла.



Ступень I - Геотермальная тепловая сеть, обеспечивающая теплом для отопления помещений и подготовки горячей воды для бытовых нужд в жилых зданиях и общественных объектах

Ступень II - Сушилка для древесины

Ступень III - Стекланная теплицы для выращивания овощей и декоративных растений

Ступень IV - Разведение теплолюбивых рыб

Ступень V - Фольгированные туннели для выращивания овощей в нагретой почве

Sources: Wiesław Bujakowski - IGSMiE PAN, Przegląd Geologiczny, vol. 58, nr 7



# Geotermia Podhalańska (Польша)

## Пилотный проект: выводы

1. Использование геотермального тепла в компании Geotermia Podhalańska позволило сократить выбросы CO<sub>2</sub> примерно на 600 000 тонн за 25 лет эксплуатации системы (факт, имеющий большое значение из-за расположения 4 национальных парков в регионе).
2. Тепло, используемое для нужд отопления помещений и подготовки бытового горячего водоснабжения потребителей (жилых и общественных зданий), составляет лишь около 22% энергии, добываемой из добывающих скважин. Излишки тепла могут быть использованы в других низкотемпературных системах.
3. Каскадная система, используемая в Научно-исследовательском Институте минерально-энергетического хозяйства Польской академии наук, показывает возможности более эффективного использования геотермального тепла в различных отраслях промышленности.



# 9. ВЫВОДЫ

## Выводы

- Использование избыточного тепла от крупных объектов, таких как исследовательские объекты в Brunnskög, является хорошей возможностью отапливать более крупный район с помощью энергии на неископаемом топливе, но это возможно только в определенных районах, где может быть обеспечено достаточное количество тепла.
- В Brunnskög вырабатывается так много тепла, что отопление общественных мест, таких как автобусные остановки, также рассматривается, поскольку тепло важно во всех аспектах частной и общественной жизни.
- В различных компаниях имеются источники избыточного (отработанного) тепла, которые могут быть использованы для местной сети централизованного теплоснабжения.
- Тепло, вырабатываемое солнечными тепловыми (в том числе частными) системами, может подаваться в централизованную тепловую сеть.
- Оснащение зданий крупномасштабными солнечными системами и соответствующими резервуарами для хранения может быть экономически целесообразной альтернативой подключению их к сети централизованного теплоснабжения.
- Геотермальное тепло - это альтернативный способ снабжения систем теплом.
- Аккумуляторные системы для фотоэлектрических панелей увеличивают количество электроэнергии, которая потребляется самостоятельно.

## Источники

- REPORTS ON STUDY VISITS IN DENMARK, SWEDEN, GERMANY, GoA 6.1 Implementation of study visits, lectures and seminars to increase the partnerships knowledge on низкотемпературное централизованное теплоснабжение, Adam Cenian, Witold Cenian, Jarek Losinski In cooperation with: Andreas Reinholz, Stefan Simonides
- Demo sites of the website COOL централизованное теплоснабжение (cool district heating): <http://www.coolцентрализованное теплоснабжение.eu/demo-sites-and-innovations-in-cool-централизованное теплоснабжение/brunnshog-in-lund/>
- Science Village Scandinavia, Project: Low temperature district heating network: <https://sciencevillage.com/en/projekt/low-temperature-district-heating-network/>

## IMP PAN

Prof. Adam Cenian  
Dr. Teresa Zurek  
Dr Mieczysław Dzierzgowski  
Jarosław Losiński

14 Fiszera St  
80-231 Gdańsk  
Poland

E-mail: [cenian@imp.gda.pl](mailto:cenian@imp.gda.pl)  
Tel: +48 58 5225 276  
[www.imp.gda.pl](http://www.imp.gda.pl)

Перевод и адаптация: АНО Центр энергетической  
эффективности,  
Анна Голованова, Александр Бердино



Адрес: 185035 Петрозаводск, ул.  
Энгельса 10, офис 504.  
Тел/факс: +7 (8142) 76 93 91,  
Сайт: <http://kaeec.org>  
Эл.почта: [kaeec@sampo.ru](mailto:kaeec@sampo.ru),  
Twitter: [https://twitter.com/ano\\_eec](https://twitter.com/ano_eec)