



LowTEMP2.0

# Избыточное и отработанное тепло

Возможности, препятствия и потенциал для сокращения выбросов CO<sub>2</sub>



EUROPEAN  
REGIONAL  
DEVELOPMENT  
FUND



# 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



# Обзор I

- **Общая информация:** Введение и утилизация отработанного тепла в Европе
- **Основной принцип** утилизации отработанного тепла
- **Важные шаги по утилизации отработанного тепла в Европе**
- **Преимущества использования отработанного тепла**
  - Экологические преимущества
  - Экономические выгоды
- **Термины и определения**
  - Уровни температуры
  - Качество источников отработанного тепла
  - Качество радиаторов
  - Дополнительные источники отработанного тепла



## Обзор II

- **Ситуация с данными об использовании отработанного тепла**
- **Цены, потенциал и препятствия**
- **Затраты, связанные с утилизацией отработанного тепла и созданием добавленной стоимости**
- **Проекты утилизации тепла в Европе**



# Общая информация: рекуперация бросового тепла в Европе



Источник: Borealis/ Fotostudio Meister Eder<sup>1</sup>

<sup>1</sup><https://hkk.co.at/a/diese-waermepumpe-macht-industrielle-abwaerme-effizient-nutzbar>

## Потенциал утилизации бросового тепла:

- **Повышение энергоэффективности** в корпоративном секторе
  - **Достижение целевых показателей сокращения выбросов CO<sub>2</sub>**, установленных на 2030 и 2050 годы
  - **Экономия первичной энергии**
  - Отработанное тепло может быть использовано **как для замены так и для дополнения** тепла вырабатываемого обычными методами
  - **Тепловые сети особенно подходят** для использования отработанного тепла
- способны **комбинировать** тепло получаемое из различных ИСТОЧНИКОВ

# Основной принцип утилизации отработанного тепла

- Отработанное тепло / избыточное тепло вырабатывается именно **в ходе различных промышленных процессов**
- Тепло может быть использовано **для отопления или охлаждения помещений**, а также для **подготовки горячей воды**
- В зависимости от процесса существуют **различные уровни температуры**
- В случае очень низких температур необходимо **дополнительное отопление** (например, тепловым насосом)
- Единственными потерями, которые возникают, являются **потери теплопередачи** – поэтому **расстояние между источником тепла и теплоотводом** имеет большое значение для **эффективности утилизации отработанного тепла**
- Финансовые затраты **относительно невелики** по отношению к **энергетической выгоде**



Источник: Borealis/Fotostudio Meister Eder





# Основной принцип утилизации отработанного тепла

## ТЕМ НЕ МЕНЕЕ:

Независимо от потенциала и высокой эффективности утилизации отработанного тепла, важно отметить, что...

- ...не производить отработанное тепло эффективнее, чем использовать его.
- ...анализ всех возможностей избежать или свести к минимуму образующееся отходящее тепло, всегда должен быть первым шагом!

## Поэтому важно отметить следующие этапы анализа утилизации отработанного тепла:

1. Как избежать производства ненужного тепла
2. Снижение производства ненужного тепла, проектирование более эффективных процессов
3. Повторное использование; подготовка и использование тепла в процессе или других процессах
4. Утилизация или перемещение тепла в теплосеть

# Основной принцип утилизации отработанного тепла

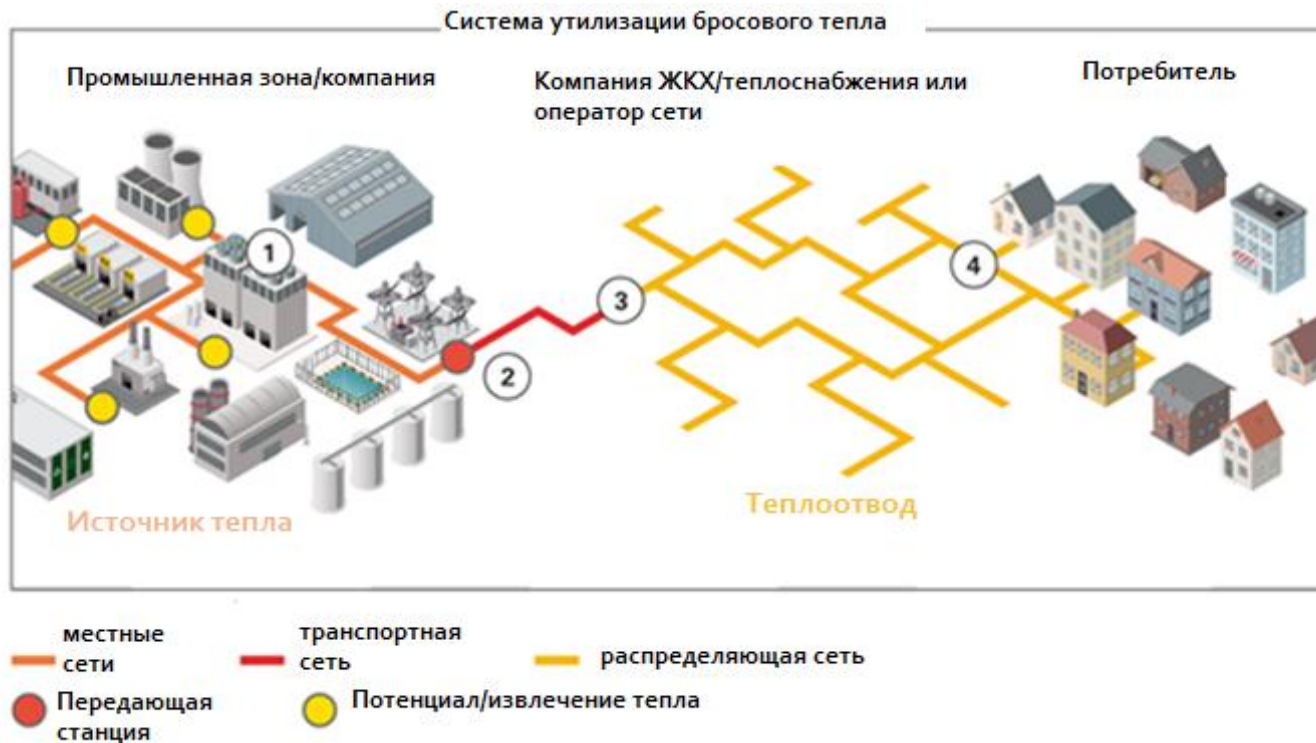


Рис 1: Различные уровни интеграции отработанного тепла

- 1. Отработанное тепло извлекается,** например, из потока выхлопных газов через теплообменник и передается теплоносителю (для централизованного теплоснабжения это обычно вода)
- 2. Для промышленных целей** могут использоваться жидкости, такие как термомасло, пар или другая газообразная жидкость.
- 3. Передача тепла** через транспортную сеть к теплоотводу (тепловая сепарация передающей станцией)
- 4. Тепло распределяется** между потребителями.



# Важные шаги по утилизации отработанного тепла в Европе

- Утилизация отработанного тепла нуждается в четкой **политической и правовой базе**, поскольку...
  - ...**задействовано несколько различных субъектов** (компании, коммунальные службы, сетевые операторы, потребители и т. д.)

## Для эффективного и экономичного использования отработанного тепла в европейском и национальном масштабе важны следующие аспекты:

- **Создание** соответствующей политической структуры, обеспечивающей стимулы для увеличения использования отработанного тепла на европейском и национальном уровнях
- **Разработка** национальных регистров отработанного тепла (например, картирование возможных источников тепла)
- **Ускорение** создания тепловых планов на муниципальном и региональном уровнях
- **Обеспечение и интенсификация** передачи ноу-хау через пункты передачи или финансирующие учреждения или через сети повышения энергоэффективности
- Классификация отработанного тепла как 100% свободного от CO<sub>2</sub> (например, важно для вариантов финансирования)

# Преимущества утилизации отработанного тепла

- Утилизация отработанного тепла способствует замене традиционных тепловых установок
- Однако отработанное тепло производится в разных местах:
  - Промышленные процессы и тепловые установки для преобразования отходов в энергию:
    - важные источники, но обычно на большом расстоянии от существующих тепловых сетей или теплоотводов
  - Оработанное тепло от сферы услуг:
    - генерируется в гораздо меньших количествах, обычно более низкие температурные уровни
    - близки к точке потребления и поэтому интересны для городских районов

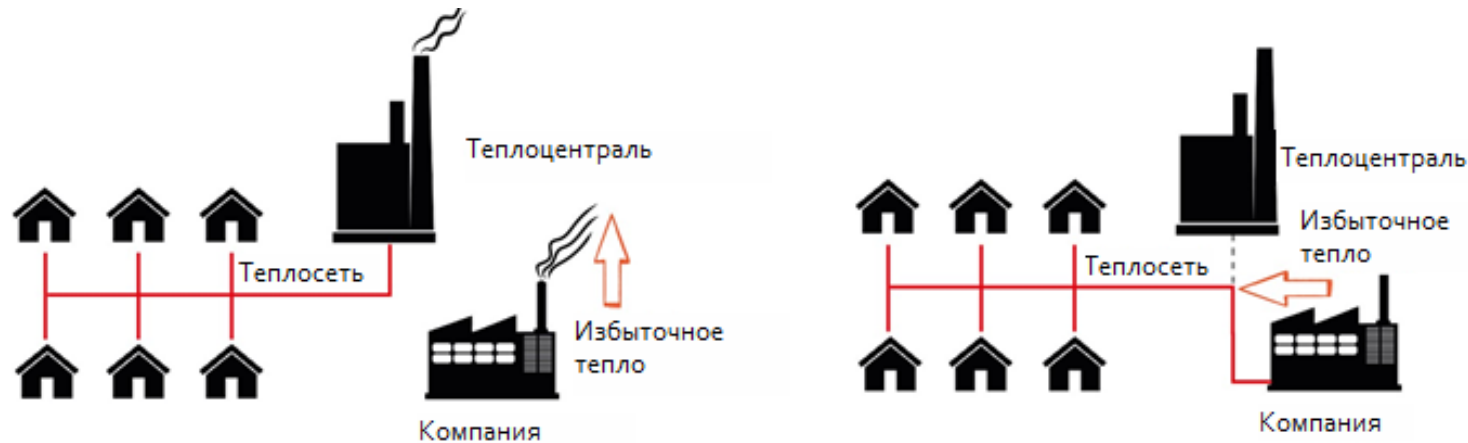


Рис 2: Вытеснение ископаемого топлива отработанным теплом

# Преимущества утилизации отработанного тепла

## Экологические преимущества

- Никаких дополнительных выбросов (CO<sub>2</sub>, тонкодисперсных частиц, NO<sub>x</sub>...)
- Почти не используются дополнительные ресурсы и дополнительное пространство, так как промышленные предприятия уже существуют
- уменьшение разовых выбросов тепла в окружающую среду
  - озера и реки все чаще нагреваются до максимальной разрешенной температуры в жаркое лето в результате изменения климата
- аспекты микроклимата в городах → снижение локального подвода тепла становится все более и более важным

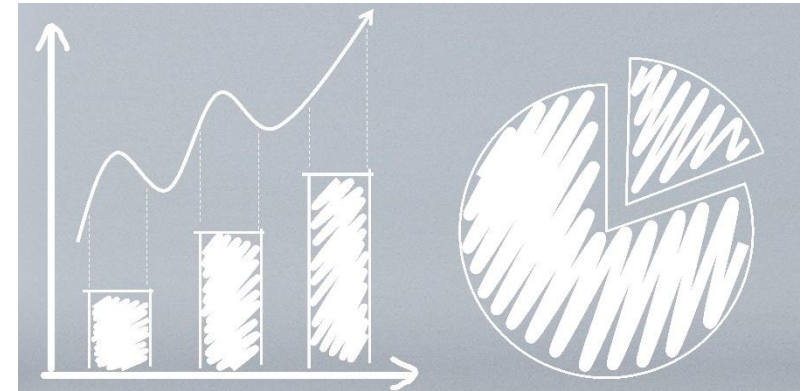


Source: pixabay

# Преимущества утилизации отработанного тепла

## Экономические преимущества

- Для преобразования отработанной тепловой энергии в полезную не требуется никаких дополнительных первичных источников энергии
- Компании могут снизить свои расходы на топливо и электроэнергию
- **Снижение энергозатрат** может существенно повлиять на конкурентоспособность производственных компаний на рынке
- **Меньшая зависимость** от энергетического рынка (меньший риск непредсказуемого роста цен на ископаемое топливо)
- **Требуется меньше сертификатов CO<sub>2</sub>**, что, в свою очередь, приводит к экономии эксплуатационных расходов



Source: pixabay

# Определения, относящиеся к использованию отработанного тепла



LowTEMP2.0

- Существующие определения отработанного тепла по-прежнему противоречивы и исключают одну или несколько соответствующих подотраслей, относящихся к централизованному теплоснабжению!
- По этой причине AGFW предлагает следующее определение:

## Отработанное (избыточное, бросовое) тепло:

Тепло, производимое в процессе, основной целью которого является производство продукта или оказание услуги (включая утилизацию отходов) или преобразование энергии, и которое должно быть утилизировано в связи с тем, что оно является неиспользуемым побочным продуктом.

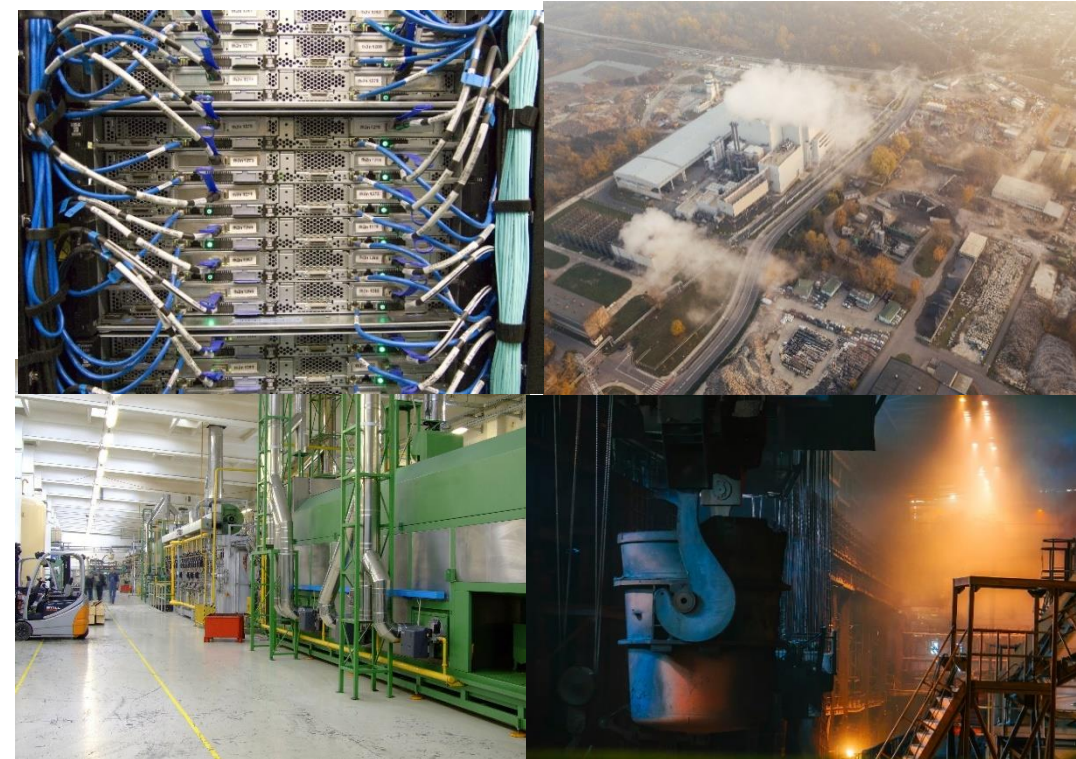
<sup>1</sup> Это определение в настоящее время изложено в дополнительном листе к AGFW FW 309-1 и находится в процессе публикации

# Дифференциация по источнику избыточного тепла

Потенциально применимые источники отработанного тепла подпадают под перечисленные ниже категории :

- **Производство** (например, нефтеперерабатывающие заводы, сталелитейная промышленность, химическая промышленность)
- **Услуги** (например, компьютерные центры, прачечные, холодильные камеры, управление сточными водами и водными ресурсами)
- **Утилизация отходов** (например, термическая обработка отходов, закрытие материальных циклов внутри отдельных компаний)
- **Преобразование энергии** (например, конденсационные электростанции, тепло дымовых газов, получаемое в результате процессов горения).

Source: pixabay





# Дифференциация по уровням температуры (использования)

## Классификация температурных уровней Института энергетических и экологических исследований <sup>1</sup>:

- в зависимости от уровня температуры (утилизации) могут быть использованы различные технологии для использования или преобразования тепла

### Диапазон высоких температур (> 300 °C):

- **Преобразование в электричество** с помощью циклов Клаузиуса-Ренкина или Стирлинга

### Диапазон средних температур (80-300 °C):

- **Преобразование в электричество** с помощью циклов Калины или Ренкина с органическим теплоносителем
- **Пассивное использование тепла** (внутреннее, локальное/смежное или внешнее путем подачи в централизованную тепловую сеть или транспортируемое с помощью теплового контейнера)

**ВНИМАНИЕ:** *Получение электроэнергии с помощью высокотемпературного отработанного тепла технически возможно. Тем не менее, преобразование отработанного тепла в электричество представляет собой расширяет использование отработанного тепла, которое, учитывая сегодняшние низкие цены на электроэнергию, является коммерчески жизнеспособным только в редких случаях.*

<sup>1</sup>[https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht\\_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf)

# Дифференциация по уровням температуры (использования)

## Классификация температурных уровней Института энергетических и экологических исследований <sup>1</sup>:

- в зависимости от уровня температуры (утилизации) могут быть использованы различные технологии для использования или преобразования тепла

### Диапазон низких температур (< 80 °C):

- **Пропорциональное покрытие** внутреннего или локального спроса на отопление помещений и горячую воду
- **Предварительный нагрев** нагревательной воды внутри теплосети (наружный)
- **Активное использование тепла** с помощью электрических/термических тепловых насосов или перераспределение тепла (локально или внешне (см. выше))
- **Термальные тепловые насосы** питаются от интегрированного технологического тепла при высоком уровне температуры или от отдельной топливной системы (тепловая коммутация). [...]
- **Охлаждение** (для внутренних или локальных/смежных пользователей)
- **Пассивное использование тепла** в холодных (низкотемпературных) тепловых сетях:
- Для повышения необходимого в каждом конкретном случае уровня **температуры утилизации** на отдельных бытовых подстанциях устанавливаются **интегрированные тепловые насосы**.

<sup>1</sup>[https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht\\_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf)



# Качество источников избыточного тепла

При оценке потенциала / “качества” источника отработанного тепла актуальны следующие параметры :

- Физическое состояние отработанного теплоносителя
- Уровень температуры
- Хронологический ход теплопроводности (относительно эталонной температуры потока отработанного тепла после того, как произошло рассеивание тепла)
  - Если это неизвестно, то можно использовать доступное количество тепла/единицу времени и минимальную и/или максимальную тепловую мощность, если это применимо
  - Следует принимать во внимание праздники, остановки из-за перегрузок или сменной работы и т.д.
- Химический состав, посторонние вещества, сектор/процесс и т.д.

# Качество теплоотводов

## Потенциальные теплоотводы также должны иметь специфические характеристики:

- подходит ли для использования отработанного тепла для таких целей, как отопление помещений или приготовление бытовой горячей воды? (Спрос на тепло / индивидуальные профили нагрузки / поведение потребителей и т.д.)
- анализ необходимых температур подачи
- оценка требуемых рабочих давлений сети
- расстояния до источника отработанного тепла  
(из-за тепловых потерь)
- интерес может представлять параллельное охлаждение соседних или близлежащих промышленных предприятий



Source: AGFW

# Дополнительные источники отработанного тепла

- Наряду с основными источниками тепла, которые традиционно используются для утилизации, существуют и другие методы, позволяющие эффективно использовать избыточное тепло
- Городские очистные сооружения, расположенные внутри или в пределах 2 км от районов городского централизованного теплоснабжения (см. рис. 4)
- → возможность для городских районов в будущем более эффективно использовать низкотемпературные источники тепла
  - Примерно 340 ТВт\*ч в год можно восстановить из:
    - центров обработки данных
    - станций метро
    - зданий сферы обслуживания
    - и очистных сооружений сточных вод

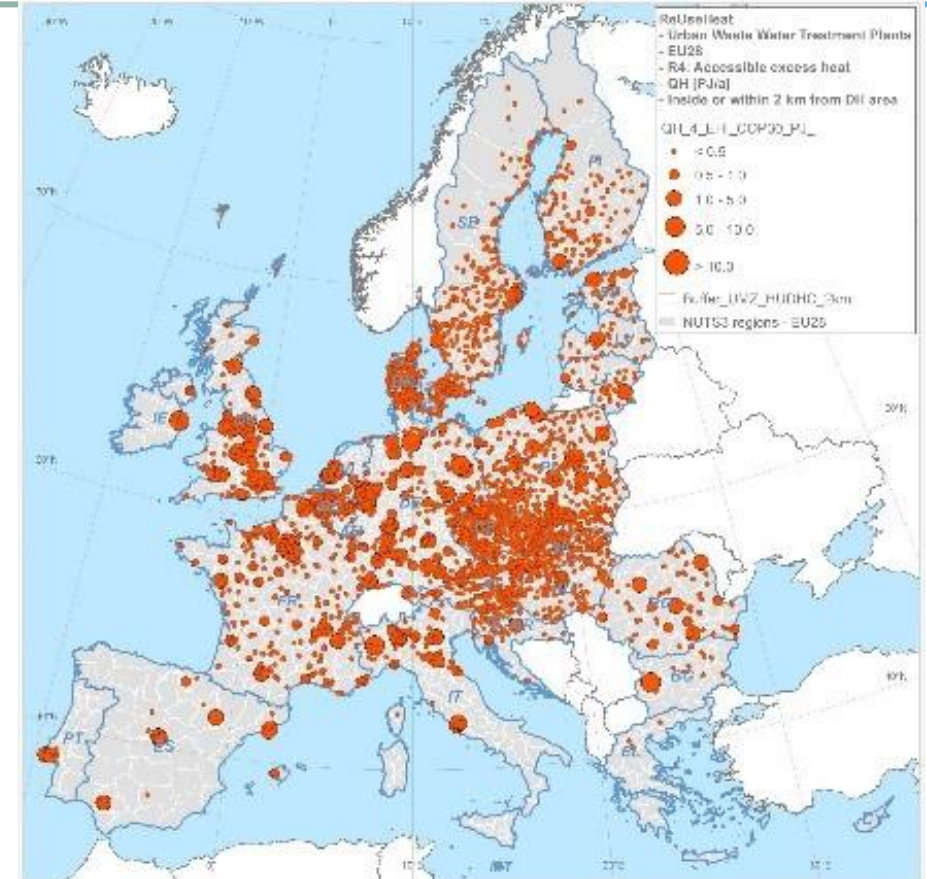


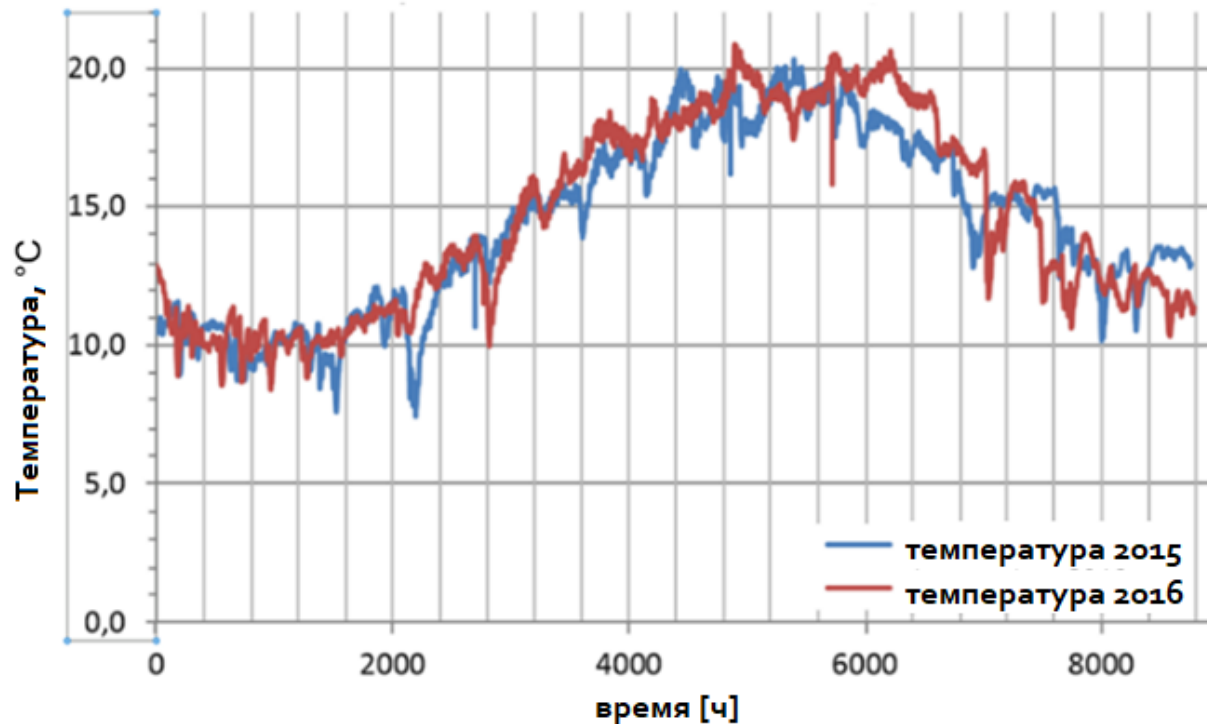
Рис 3: Доступное избыточное тепло от 3982 городских очистных сооружений EU28, расположенных внутри или в пределах 2 км от городских районов центрального отопления

# Дополнительные источники отработанного тепла – утилизация сточных вод



LowTEMP2.0

Температура стоков канализационных очистных сооружений в 2015/2016



- В качестве источника тепла используется **остаточное тепло очищенных сточных вод** на очистных сооружениях
- **Годовая постоянная температура** более 10 градусов (необходим дополнительный нагрев, например, тепловым насосом)
- **Качество** очищенных сточных вод имеет важное значение
  - например отложения фосфата железа на теплообменнике
  - требуются фильтрующие системы или специальные процессы очистки (например, пластинчатые теплообменники непригодны)

Рис 4: Иллюстрация температурной кривой стока очистных сооружений комбинированной канализации [Stadtwerke Lemgo]

## Ситуация с данными об использовании отработанного тепла

- в настоящее время всеобъемлющие данные не собираются систематически (ни в масштабах всей Европы, ни в рамках отдельных государств-членов ЕС)
- точный потенциал, существующий в каждом регионе для использования отработанного тепла в районных и местных системах отопления, часто трудно оценить
- данные были бы чрезвычайно важными или многими потенциально важными субъектами (компаниями, градостроителями, муниципалитетами, коммунальными компаниями и т. Д.)
- источники отработанного тепла при низких температурах, которые доступны в большом количестве и которые также предлагают значительное количество энергии из-за их больших количественных потоков, часто незамечены



Source: pixabay



# Ситуация с данными об использовании отработанного тепла

## Предложение о расширении программы систематического сбора данных:

- **Учет** потенциалов утилизации отработанного тепла должен быть обязательным
- **Включение в качестве постоянного критерия** в соответствующие системы сертификации (DIN EN ISO 50001, EMAS)
- Обязательство сертифицированных компаний **публиковать агрегированные данные на постоянной основе:**
- **Использование и дальнейшее развитие регулярно регистрируемых данных о...**
  - ... количестве тепла, средней температуре, взвешенной по количеству, выходной мощности или часов работы, профиля нагрузки...
  - дополнительная запись больших, диффузных источников и отходящего тепла, которое не входит в состав потоков отходящих газов...
  - запись крупномасштабного охлаждения производственных процессов

# ПРИМЕР: Сбор данных о потенциалах отработанного тепла/источниках в Вене



LowTEMP2.0

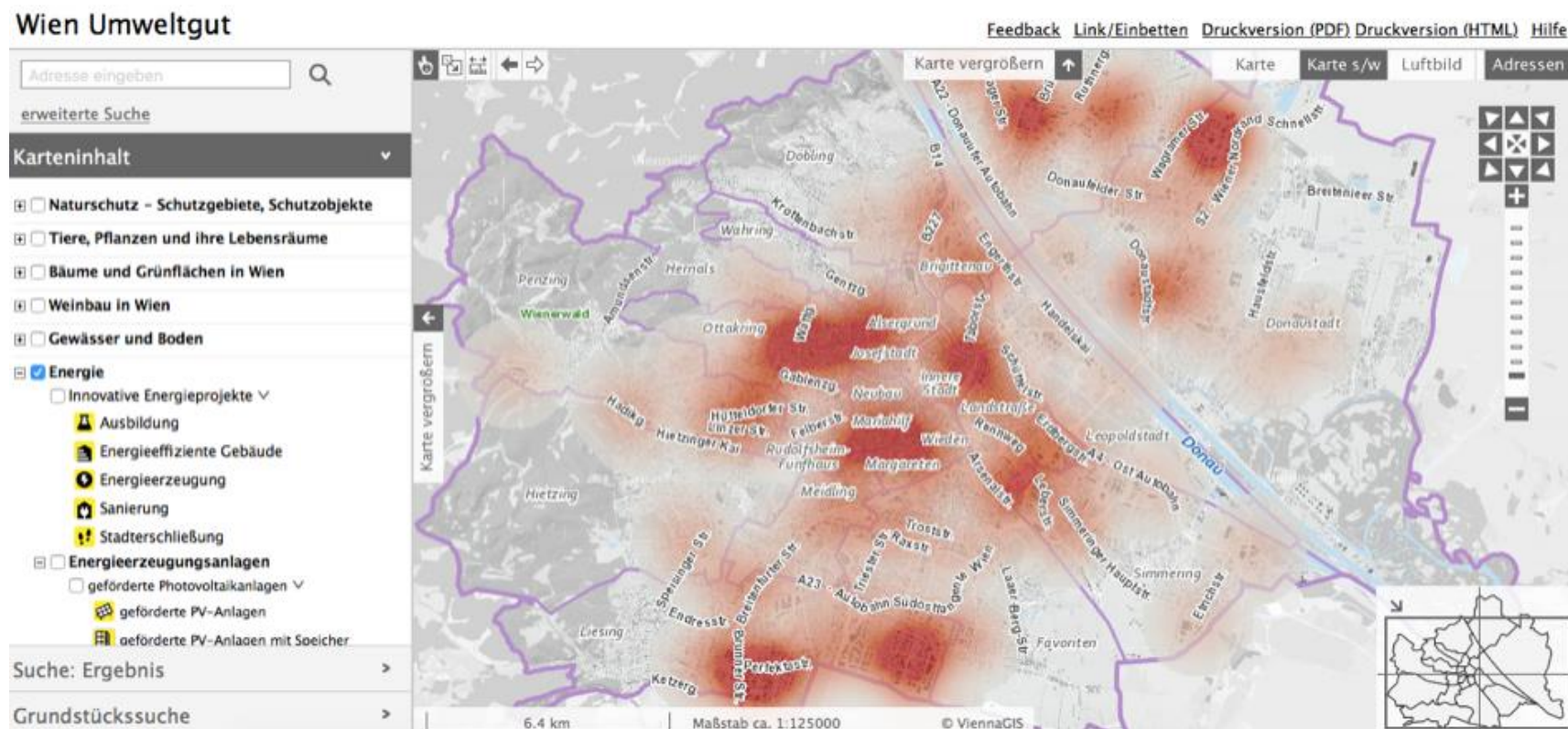


Рис 5: Примерный реестр тепловых потенциалов избыточного тепла города Вены

Source: [www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/abwaerme/](http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/abwaerme/)



# Цены, потенциал, препятствия

## Основные препятствия:

- чем выше уровень температуры, чем чаще, регулярнее и предсказуемее поступает тепло, тем эффективнее оно может быть использовано теплоснабжающими организациями
- отработанное тепло имеет различные уровни температуры, на различных частотах и при различных степенях непрерывности (→ различные качества источника тепла)
- чем меньше количество отработанного тепла и чем более нерегулярно и менее предсказуемо оно образуется, тем больше потребность в тепловых хранилищах и в мерах по обеспечению безопасности поставок



# Цены, потенциал, препятствия

## Препятствия партнерств в сфере тепла:

- **Проекты утилизации тепла обычно...**
  - ...долго планируются из-за многочисленных технических, юридических и договорных проблем
  - ... **бизнес-модели** теплоснабжающих компаний обычно строятся на периоды от 10 до 20 лет из-за крупномасштабных инвестиций в инфраструктуру теплоснабжения с длительным временем возврата инвестиций

## Для сравнения:

- **промышленные компании** обычно ожидают значительно более коротких инвестиционных циклов, а это означает, что...
  - ... **решения о новых объектах** обычно могут приниматься в течение краткосрочных периодов
  - ... такие партнерские отношения могут привести к **конфликтам или повышенной неопределенности** в случае поставщиков централизованного теплоснабжения

# Цены, потенциал, препятствия

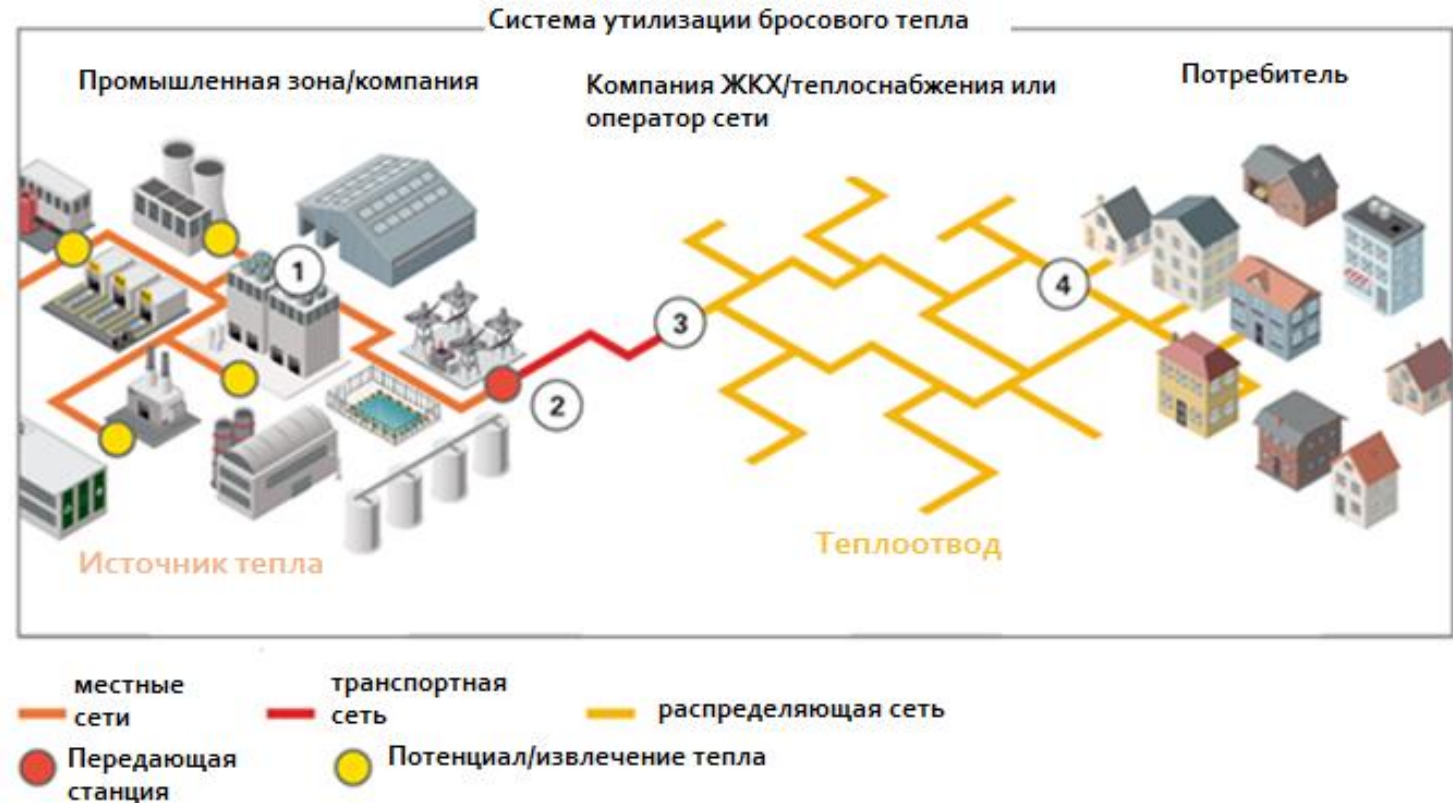
## Возможные решения для долгосрочного партнерства в сфере теплоснабжения и снижения препятствий :

- Создание финансовых стимулов с обеих сторон (источники тепла и теплоотводы)
- Стимулы могли бы снизить **затраты и проектные риски**, которые должны нести участвующие компании
- **Ценообразование на выбросы CO<sub>2</sub>** - это вариант, который в равной степени повлияет как на партнеров, так и на конкурентов
- **Дальновидный политический подход** к возможностям утилизации отработанного тепла → **Четкая политическая структура даст обеим сторонам возможность планировать безопасность инвестиций!**

# Расходы в процессе утилизации отработанного тепла

(см на номера 1-4 на рисунке)

1. Производственные затраты (включая капитальные затраты, операционные расходы)
2. Затраты полезного тепла (источник отработанного тепла)
3. Затраты полезного тепла (теплоотвод)
4. Цена для конечного потребителя



Source: AGFW

# Текущие проекты утилизации тепла в Европе и дополнительная информация



LowTEMP2.0

- Мäntsälän Sähkö, Финляндия: <https://www.nivos.fi/en/recovery-of-waste-heat-launched>
- Турку, Финляндия: <https://www.turku.fi/en/carbon-neutral-turku/climate-actions>
- Гельзенкирхен, Германия: <https://www.uniper.energy/news/industrial-waste-heat-for-the-district-heating-supply/>
- Проект Interreg CE-HEAT: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/CE-HEAT.html>



Source: pixabay

## AGFW-Project GmbH

Project company for rationalization, information & standardization

**Georg Bosak**

Department of urban development

Stresemannallee 30  
60596 Frankfurt am Main  
Germany

E-mail: [info@agfw.de](mailto:info@agfw.de)

Tel: +49 69 6304 - 247

[www.agfw.de](http://www.agfw.de)

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)