



**Мали модуларни системи за  
централно **греење** и **ладење**  
базирани на обновливи извори  
на енергија**

***Прирачник***



- Автори: Доминик Руц, Кристијан Дошекал,  
Мортен Хофмајстер, Лин Лаурберг Јенсен
- Рецензенти: Рита Мергнер, Рајнер Јансен, Пер Алекс Соеренсен, Ричард Цвајлер, Томислав Пукшец, Невен Дуиќ, Борна Дорачиќ, Рок Сунко, Блаж Сунко, Владимир Ѓоргиевски, Љупчо Димов, Наташа Марковска, Никола Рајковиќ, Илија Батас Бјелиќ, Анес Казагиќ, Алма Адемович-Тахировиќ, Изет Смајевиќ, Слободан Јеротиќ, Емир Фејзовиќ, Милада Матараџа, Митја Колбласц
- ISBN: 978-3-936338-44-7
- Превод: Оригиналното издание на овој прирачник е на англиски јазик. Прирачникот е достапен и на следниве јазичи: босански, германски, македонски, српски, словенечки и хрватски.
- Издавач: © 2017 WIP Renewable Energies, Минхен, Германија
- Издание: 1во издание
- Контакт: WIP Renewable Energies, Sylvesteinstr. 2, 81369 Минхен, Германија  
[Dominik.Rutz@wip-munich.de](mailto:Dominik.Rutz@wip-munich.de), Тел.: +49 89 720 12 739  
[www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)
- Веб страна: [www.coolheating.eu](http://www.coolheating.eu)
- Авторски права: Сите права се задржани. Ниту еден дел од оваа книга не смее да се репродуцира во каков било облик и во какви било услови без писмено одобрение од издавачот. Авторите не ја гарантираат точноста и/или целосноста на информациите и податоците вклучени во овој прирачник.
- Напомена: Целокупната одговорност за содржината на овој прирачник ја преземаат авторите. Прирачникот не го одразува мислењето на Европската унија. Ниту INEA ниту Европската комисија е одговорна за каква било употреба на информациите содржани во летокот.



## ***Признание***

Овој прирачник е дел од рамката на проектот CoolHeating. Авторите се заблагодаруваат на Европската комисија за пружената поддршка. Авторите им се заблагодаруваат и на следните компании и соработници: Wien Energie GmbH (Буркхард Холцл), DLR (Михаел Наст), Steinbeis Forschungsinstitut Solites (Томас Паушингер), W.A.S. Wasseraufbereitungssysteme GmbH (Ралф Котлан), and Snowpower AB (Кјел Скогсберг) за дадените податоци и графици.

## Проектом CoolHeating

Околу половина од вкупно потрошената енергија во Европа отпаѓа на секторот за греење и ладење. Дополнително, мерките за поддршка на обновливите извори на енергија најчесто се насочени кон електроенергетскиот сектор, а се значително поретки и помалку дискутирани кога станува збор за секторот за греење или ладење. Затоа е потребно да се поддржи и промовира концептот на обновливо греење и ладење, што воедно претставува и основна цел на проектот CoolHeating.

Целта на проектот CoolHeating, кој е финансиран од европската програма Horizon2020, е да ја поддржи имплементацијата на „мали модуларни системи за централно греење и ладење базирани на обновливи извори на енергија“ во заедниците од Југоисточна Европа. Ова се постигнува преку пренесување на знаења како и заеднички активности помеѓу партнерите од земји каде што постојат примери за обновливо централно греење и ладење (Австрија, Германија, Данска) и земји во кои овие технологии се помалку развиени (Босна и Херцеговина, Македонија, Словенија, Србија, Хрватска). (Слика 1)

Основните активности во проектот, покрај техничко-економската анализа, вклучуваат мерки за стимулација на интересот на заедниците и граѓаните за поставување на обновливи централни грејни системи. Покрај тоа, од особена важност е и создавањето на капацитети за финансирање на вакви проекти и изнаоѓање на соодветни бизнис модели. Целта на проектот е иницирање на нови мали модуларни системи за централно греење и ладење кои се базираат на обновливи извори на енергија во петте целни заедници, сè до фаза на инвестиција. Овие проекти ќе имаат долгорочно влијание врз развојот на системи од ваков вид на национално ниво во петте земји.

Овој прирачник претставува важно помагало во проектот CoolHeating. Иако постои соодветна литература што ја обработува тематиката на мали модуларни системи за централно греење и ладење базирани на обновливи извори на енергија, се јавува потреба од создавање на современ и бесплатен прирачник, достапен на македонски јазик. Во повеќето целни земји недостасуваат вакви информации на мајчин јазик. Прирачникот има за цел да даде преглед на техничките и нетехничките (планирачки) аспекти од областа. Опишани се главните карактеристики на различните технологии за производство на топлинска енергија од сонце, биомаса, геотермална и отпадна топлина, но и можностите за нивна комбинација во склоп на мал модуларен систем за централно греење и ладење. Употребата на топлинските пумпи, како и сезонски и дневни системи за складирање на топлина се вклучени во прирачникот. Исто така, прикажани се одредени аспекти на греење и ладење што важат за мали мрежи.



Слика 1: Земји и целни заедници (црвени точки) вклучени во проектот CoolHeating

**Конзорциум и национални контактни точки:**



**WIP Renewable Energies**, project coordinator, Germany

Dominik Rutz [Dominik.Rutz@wip-munich.de]

[www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)



**PlanEnergi**, Denmark

Morten Hofmeister [mh@planenergi.dk]

[www.planenergi.dk](http://www.planenergi.dk)



**Güssing Energy Technologies GmbH**, Austria

Richard Zweiler [office@get.ac.at]

[www.get.ac.at](http://www.get.ac.at)



**University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture**, Croatia

Neven Duić [neven.duic@fsb.hr]

[www.fsb.unizg.hr](http://www.fsb.unizg.hr)



**Skupina Fabrika d.o.o.**, Slovenia

Rok Sunko [rok@skupina-fabrika.com]

[www.skupina-fabrika.com](http://www.skupina-fabrika.com)



**International Center for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems - Macedonian Section**, Macedonia

Natasa Markovska [sdewes.skopje@sdewes.org]

[www.sdewes.org/macedonian\\_section.php](http://www.sdewes.org/macedonian_section.php)



**University of Belgrade, School of Electrical Engineering**, Serbia

Nikola Rajakovic [rajakovic@etf.rs]

[www.etf.bg.ac.rs](http://www.etf.bg.ac.rs)



**JP Elektroprivreda BiH d.d.-Sarajevo**, Bosnia-Herzegovina

Anes Kazagic [a.kazagic@elektroprivreda.ba]

[www.elektroprivreda.ba](http://www.elektroprivreda.ba)



**City of Šabac**, Serbia

Slobodan Jerotić [slobodan.jerotic@sabac.org]

[www.sabac.org](http://www.sabac.org)



**Opcina Visoko**, Bosnia-Herzegovina

Emir Fejzović [ler@visoko.gov.ba]

[www.visoko.gov.ba](http://www.visoko.gov.ba)



**Občina Ljutomer**, Slovenia

Mitja Kolbl [mitja.kolbl@ljutomer.si]

[www.obcinaljutomer.si](http://www.obcinaljutomer.si)



# Содржина

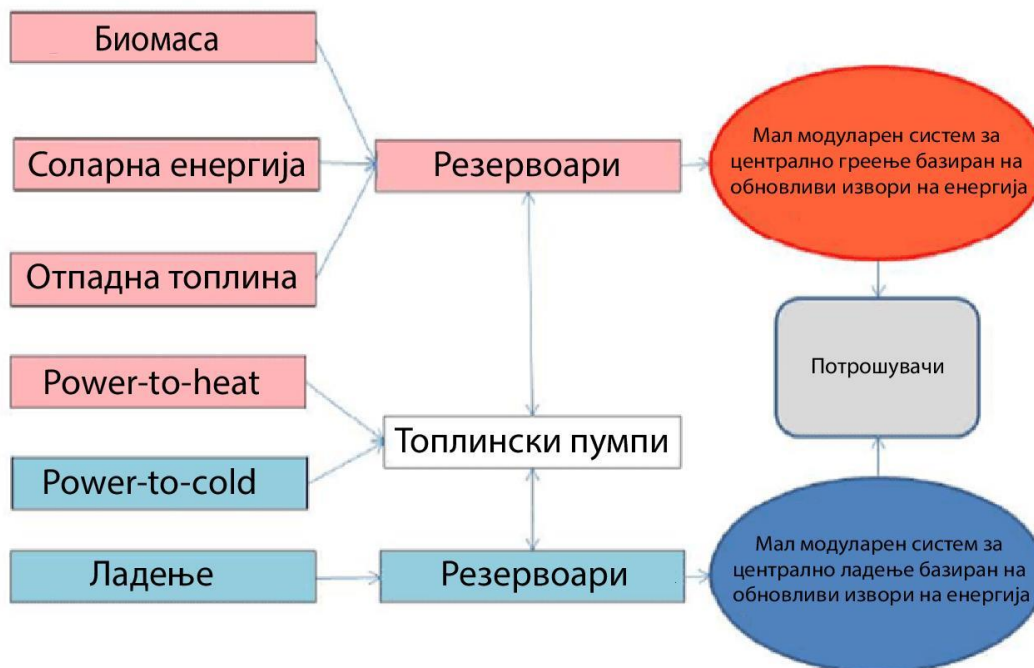
<b>Признание</b> .....	<b>2</b>
<b>Проектот CoolHeating</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Вовед</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Основи за топлината</b> .....	<b>10</b>
2.1 Физички големини и конверзија на единици .....	10
2.2 Квалитет на топлинска енергија .....	11
2.3 Искористување на топлината .....	11
<b>3 Извори и технологии</b> .....	<b>13</b>
3.1 Соларна термална енергија.....	13
3.2 Системи на биомаса.....	21
3.3 Геотермална енергија .....	39
3.4 Отпадна топлина .....	42
3.5 Електрични бојлери: Power-to-Heat .....	44
3.6 Топлински пумпи .....	46
3.7 Котли за задоволување на врвната потрошувачка и резервни котли .....	54
<b>4 Технологии за складирање на топлинска енергија</b> .....	<b>56</b>
4.1 Резервоари за краткорочно складирање на топлинска енергија .....	58
4.2 Резервоари за сезонско складирање на топлинска енергија.....	60
<b>5 Мали системи за централно греење</b> .....	<b>64</b>
5.1 Големина на системот.....	64
5.2 Температурни нивоа на системот.....	64
5.3 Цевки.....	68
5.4 Топлоносител (работен медиум).....	74
5.5 Поврзување на потрошувачи на топлинска енергија .....	77
<b>6 Планирање на мали системи за централно греење</b> .....	<b>82</b>
6.2 Проектирање на мрежата за централно греење .....	85
6.3 Проектирање на производните единици .....	90
6.4 Потреби и навики на потрошувачите .....	95
6.5 Економија на малите системи за централно греење.....	97
<b>7 Технологии за ладење</b> .....	<b>98</b>
7.1 „Бесплатно“ ладење .....	98
7.2 Чилери со компресија на пареа.....	99
7.3 Чилери со апсорпција.....	99



7.4	Чилери со адсорпција .....	102
7.5	Системи за ладење со средство за сушење.....	104
<b>8</b>	<b>Технологии за ладно складирање .....</b>	<b>106</b>
<b>9</b>	<b>Интеграција на системите за ладење .....</b>	<b>107</b>
9.1	Ладење со топлина од централно греење .....	107
9.2	Мали системи за централно ладење.....	107
9.3	Избрани примери.....	108
<b>Речник и кратенки.....</b>		<b>112</b>
<b>Општи конверзиони единици .....</b>		<b>119</b>
<b>Референци .....</b>		<b>121</b>

# 1 Вовед

Малите модуларни системи за централно греење и ладење подразбираат локално снабдување на домаќинства и мали и средни индустрии со топлинска енергија и/или ладење што потекнува од обновливи извори. Во одредени случаи, овие системи може да бидат дел од поголем систем за централно греење, но главната идеја е да постојат самостојни и одвоени системи кои снабдуваат мал број на потрошувачи. Овие концепти честопати се применуваат во села и градови. Притоа, топлинската енергија може да биде произведена од разни извори (на пример отпадната топлина од индустриски процес или од биогасна централа). Шематскиот приказ на ваквите мрежи е даден на Слика 2.



Слика 2: Концепт на мали модуларни системи за централно греење и ладење базирани на обновливи извори на енергија (Извор: Rutz D.)

Особено комбинирањето на соларно греење и греење со биомаса е ветувачка стратегија за снабдување со енергија на помали, рурални заедници благодарение на нејзиниот придонес кон сигурноста во снабдувањето, стабилноста на цените, локалниот економски развој, локалното вработување итн. Така, системите за греење на соларна енергија немаат потреба од гориво, додека системите за греење со биомаса овозможуваат складирање на енергијата и нејзино користење во зимскиот период кога сончевата топлина е помалку достапна. Поради тоа се јавува потреба од интеграција на системите за складирање на топлина (бафер и сезонски резервоари). Типичен шематски приказ на потрошувачката на топлинска енергија и нејзиното задоволување со комбиниран систем е прикажано на Слика 3. Предностите на комбинираниот систем биомаса/сонце се:

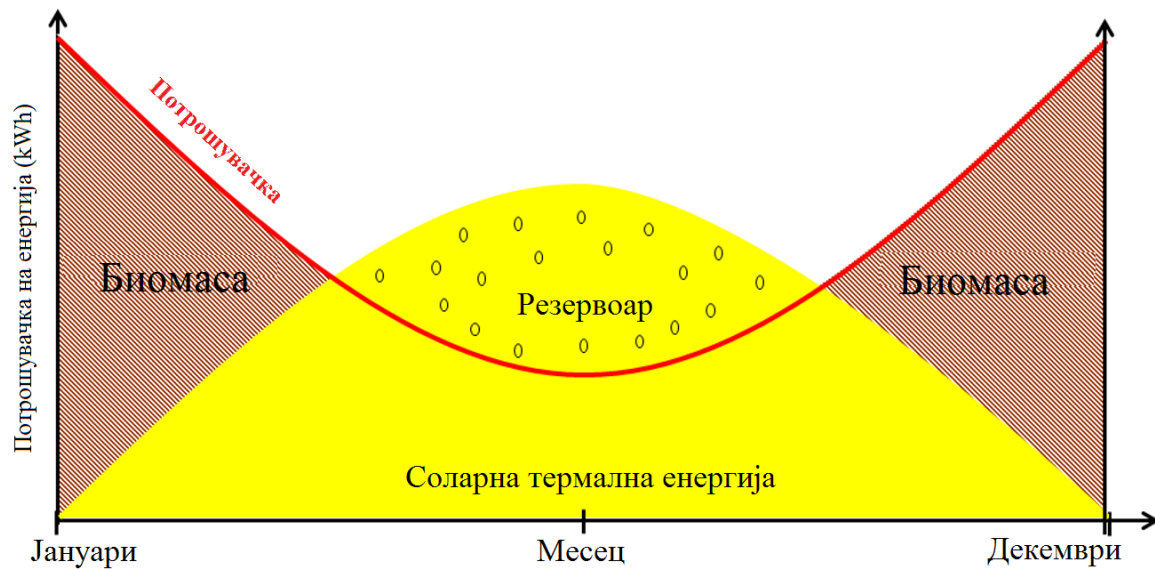
- Помала потрошувачка на биомаса
- Помал потребен капацитет на резервоарите
- Помали потреби за одржување на котлите на биомаса

Ако се земе предвид флукуирачкото производство на електрична енергија од обновливите извори (фотоволтаични панели, ветерни турбини), Power-to-Heat

конверзијата може да се користи како алатка за балансирање на електроенергетската мрежа.

Ако планирањето на малите модуларни системи за централно греење и ладење е направено имајќи ги предвид модуларноста и одржливоста, предноста на овие системи се отсликува во нивната способност за проширување и додатно вклучување на потрошувачи, ако за тоа има потреба. За тоа да се овозможи, потребно е соодветно димензионирање на опремата.

Системи за централно ладење се подеднакво важна технологија од која има бројни придобивки. Со порастот на температурите поради глобалното затоплување, потребите од енергија за ладење постојано растат и тоа посебно важи за Јужна Европа каде што се сместени целните заедници на овој проект. Наспроти конвенционалните енергетски интензивни клима уреди, централното ладење е добра и одржлива алтернатива, особено за големи комплекси на згради. Меѓутоа, искуствата и технологиите се помалку искористени отколку оние за централно греење. Затоа, проектот CoolHeating ги зема предвид греењето и ладењето во процесот на планирање.



Слика 3: Приказ на потрошувачка на топлинска енергија и нејзиното задоволување со комбиниран систем од биомаса и соларна енергија (Извор: Rutz D.)

Земјите во Јужна Европа, каде сончевото зрачење е силно, покрај потребата од греење имаат потреба и од ладење. Притоа, опфаќањето на двата система во процесот на планирање заштедува трошоци и напори, дури и ако потрошувачите имаат потреба само од едниот систем. Синергијата на овие системи овозможува двоенаменска употреба на опремата (цевки, топлински пумпи итн.). Проектот CoolHeating ќе развие бизнис планови за системи во целните заедници кои ќе ги имаат следните карактеристики:

- Сезонски резервоари
- Дневни резервоари
- Топлинска енергија од обновливи извори (на пример соларни термални колектори и биомаса)
- Можност за ладење

- Искористување на отпадна топлина од процеси на ладење за греење (на пример загревање на санитарна топла вода)

Малите модуларни системи за централно греење и ладење носат неколку придобивки. Пред сè, тие придонесуваат за развојот на локалната економија поради локалното снабдување со биомаса. Притоа, се овозможува отворањето на нови работни места, а се зголемува и сигурноста во снабдувањето. Од друга страна, домаќинствата имаат поголем комфор на живеење бидејќи се елиминира потребата од снабдување со гориво. Така домовите имаат потреба само од топлински изменувач. Поради овие придобивки, проектот CoolHeating ја поддржува имплементацијата на мали модуларни системи за централно греење и ладење базирани на обновливи извори на енергија во целните заедници.

## 2 Основи за топлината<sup>1</sup>

Термодинамиката го дефинира поимот топлина како енергијата која се пренесува од еден во друг систем по пат на термичка интеракција. Системите за греење се покоруваат на основните закони на термодинамиката. Како резултат на тоа, топлината секогаш се пренесува од систем со повисока температура кон систем со пониска температура. Наместо поимот „топлина“, честопати се користат и поимот „топлинска енергија“. Преносот на топлина може да се одвива со пат на кондукција, конвекција и радијација. Ладењето исто така подразбира пренос на топлина затоа што тоа претставува процес во кој во даден систем се носи нискотемпературен (ладен) медиум, а притоа од системот се одзема (пренесува) топлината.

За почеток, потребна е дистинкција меѓу поимите **сензибилна** и **латентна** топлина. Сензибилна топлина на дадено тело, или термодинамички систем, е онаа што директно се одразува врз промената на неговата температура. Од друга страна, латентната топлина е онаа што дадено тело, или термодинамички систем, ја апсорбира или испушта, а во процесот не се менува неговата температура. Поимот латентна топлина се објаснува со појавата на одржување на температурата на даден материјал на константна вредност, при промена на неговата агрегатна состојба. На пример, кога се загрева мраз, температурата ќе биде нула степени сè додека целосно не заврши процесот на топење и водата не добие течна состојба.

Од аспект на системите за централно греење, предадената топлинска енергија зависи од количината на вода која при одредена температура се пренесува до потрошувачите. Притоа, откако водата проаѓа низ дадено грејно тело, нејзината температура се намалува на сметка на предадената топлинска енергија во просторот.

### 2.1 Физички големини и конверзија на единици

Математичкиот симбол за топлината е **Q**, а единицата што ѝ е доделена во SI системот е **џул (J)**. Во пракса, наместо џул често се користат единици мерки како што се British Thermal Unit (BTU), тон на нафтен еквивалент (toe) и калорија (Cal). Математичкиот симбол за моќноста, што претставува стапката на пренос на топлина, е **Q̇**, а се соодветната единица мерка е **ват (W)**. Еден ват се дефинира како џул врз секунда и како таков често се употребува во полето на системи за греење и ладење.

- $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1/3,600 \text{ Wh}$
- $1 \text{ Wh} = 3,600 \text{ Ws} = 3,600 \text{ J}$

<sup>1</sup> This chapter is based on Rutz et al. 2015

- 1 toe = 11,630 kWh = 41.87 GJ
- 1 BTU = 1,055 J

Моќностите на системите за греење најчесто се изразуваат во **kW** или **MW** (киловати или мегават). За системите со комбинирано производство на топлинска и електрична енергија, капацитетот за производство на електрична енергија се изразува во **kW<sub>el</sub>** додека оној за производство на топлинска енергија се изразува во **kW<sub>th</sub>**. Енергијата се изразува во **kWh** или **MWh** (киловат часа или мегават часа). Единицата мерка за енергијата што даден систем ја произвел во текот на една година е **kWh/a** (киловат часа годишно). Ова произлегува од бројот на часови во годината - **8760**. Што се однесува до префиксите за редот на големина, според SI се користат кило ( $10^3$ ), мега ( $10^6$ ), гига ( $10^9$ ) итн.

Топлинската енергија може да се **измери** со калориметар или да се **пресмета** ако се познати волуменот (или масата), температура и топлинскиот капацитет на топлоносителот. Во системите за централно греење, мерната опрема, во суштина, го мери протокот на топлоносителот (најчесто вода) и разликата во неговата температура ( $\Delta T$ ) во цевководните системи за доведување и одведување.

Големина која е од важност во системи за комбинирано производство на електрична и топлинска енергија е односот меѓу произведената електрична и корисната топлинска енергија (Directive 2004/8/EC). Висока вредност на овој параметар означува големо производство на електрична енергија, а најчесто се движи меѓу 0,4 и 0,9.

## 2.2 Квалитет на топлинска енергија

Кога станува збор за испорачување и искористување на топлинската енергија, освен од квантитативен, таа треба да биде анализирана и од квалитативен аспект. Важен параметар кој го карактеризира квалитетот на некој вид енергија е нејзината способност да се пренесува и трансформира од еден во друг облик. Поаѓајќи од тоа, може да се смета дека електричната енергија е поквалитетна од топлинската затоа што поедноставно се пренесува, а можностите за нејзината примена се поразновидни. Така, електричната енергија може да се трансформира во механичка, топлинска, електромагнетна итн.

Често користен поим во термодинамиката е поимот ексергија (анг. exergy). Тој ја опишува максималната енергија која од дадено тело може да се претвори во корисна работа пред да се најде во термодинамички еквилибриум со околината.

Дополнително, топлинската енергија е опишана преку нејзината температура и количина. Генерално, колку е поголема температурата и количината на топлоносител во даден систем, толку се поголеми можностите за искористување на таа топлинска енергија. Неколку примери за конкретизација за ова се:

- |                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| • Снабдување со топла вода        | 50-80°C  |
| • Греење                          | 50-80°C  |
| • Ренкинов циклус (ORC, CRC)      | 60-65°C  |
| • Сушење на земјоделски производи | 60-150°C |

## 2.3 Искористување на топлината

Топлината е неопходна во секојдневното живеење. На пример, топлинската енергија од системите за централно греење се користи за загревање на домовите и за

добивање на санитарна топла вода. Ориентациони вредности за тоа колку топлинска енергија троши еден човек се дадени во Поле 1.

Покрај домовите, потреба од топлина имаат и комерцијалниот и индустрискиот сектор, па и тие можат да се снабдуваат од централен систем. Меѓутоа, температурите што има се потребни на овие сектори најчесто се повисоки од оние што ги овозможуваат системи за централно греење. Интересно е што индустриските објекти освен како потрошувачи на топлина, можат да фигурираат и како производители. Отпадната топлина која не се користи во индустриските процеси може да биде искористена и да го напојува централниот систем за греење.

**Поле 1: Колкава е потрошувачката на топлина на еден човек во домаќинството?**

Следниот пример ја прикажува просечната потрошувачка на нето (корисна) енергија по човек во Германија (врз основа на пресметките на Paeger 2012, Rutz et al. 2015):

- Нето потрошувачка на енергија за греење и топла вода по човек:  
20,2 kWh/ден или 7373 kWh/a
- Нето потрошувачка на енергија за греење по човек:  
17 kWh/ден или 6025 kWh/a
- Нето потрошувачка на енергија за греење по човек по m<sup>2</sup>:  
155 kWh/a/m<sup>2</sup>
- Нето потрошувачка на енергија за топла вода по човек:  
3,2 kWh/ден или 1168 kWh/a

### 3 Извори и технологии

Постојат разни технологии за производство на топлина кои ги искористуваат обновливите извори на енергија, а се технички зрели и комерцијално достапни. Меѓу најважните обновливи извори на топлинска енергија се вбројуваат сонцето, биомасата и геотермалната енергија. Искористувањето на отпадната топлина од индустриски процеси или биогасни постројки има смисла ако за таа топлина не се наоѓа друга примена. Со тек на време Power-to-heat концептот станува сè поважен бидејќи овозможува да се искористи вишокот на произведена електрична енергија од обновливи извори. Така, Power-to-heat уредите претставуваат своевидни потрошувачи постојано спремни да го искористат вишокот електрична енергија, чие производство, во други услови, би било ограничено. За уште поумна се смета употребата на топлински пумпи со кои од нискотемпературни извори на топлина се добива топлина со температура која е соодветна за греење. Со цел да се осигура финансиската исплатливост и сигурноста во снабдувањето, во овие системи често се инсталираат котли за задоволување на врвната потрошувачка. Тоа е резултат на ниските инвестициони трошоци за котлите на нафта или гас.

#### 3.1 Соларна термална енергија<sup>2</sup>

Искористувањето на топлинската енергија од сонцето за загревање на вода е идеја која потекнува одамна. Денес во светот се инсталирани соларни колектори чија површина надминува 580 милиони  $m^2$  и чиј инсталиран капацитет изнесува  $410 \text{ GW}_{th}$ .

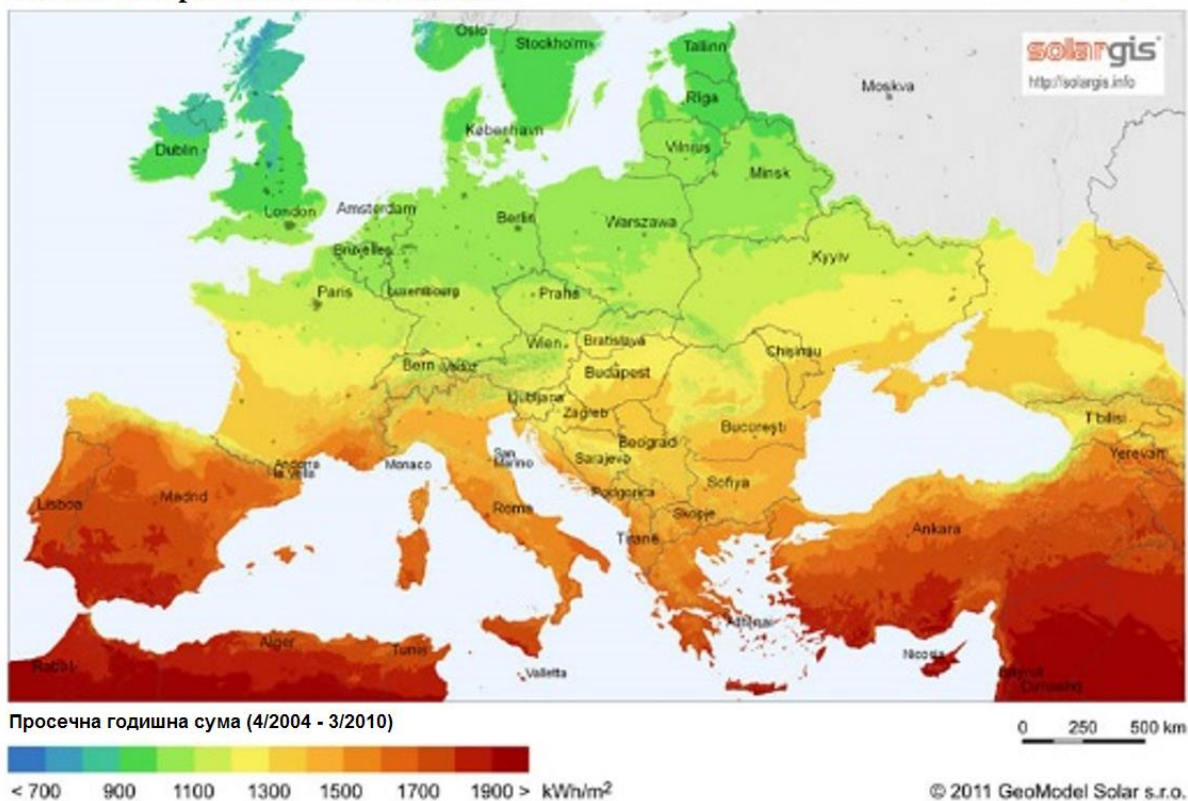
Надвор од земјината атмосфера, сончевото зрачење изнесува  $1,367 \text{ W/m}^2$ , додека до површината на земјата стигаат околу  $1000 \text{ W/m}^2$ . Поради формата на планетата Земја зрачењето е најголемо на екваторот, а се намалува кон половите. Ефектот е најголем кога сончевите зраци паѓаат нормално на површината; затоа соларните колектори се поставуваат под агол од  $30 - 40$  степени.

Технички, соларните термални колектори имаат низа предности кои ги прават соодветни за интеграција во малите модуларни системи за централно греење. Нивниот капацитет лесно се зголемува со додавање на колектори, а исто така едноставно се комбинираат со други извори на енергија. Меѓутоа, со цел да се балансираат варијациите во производството причинети од променливото сончево зрачење, потребни се системи за складирање на топлинската енергија. Тие можат да задоволат  $20 - 25\%$  од годишната потрошувачка на топлина ако се соодветно димензионирани. Системите за складирање на топлинска енергија овозможуваат поголем продор на соларните термални колектори кој, теоретски, може да изнесува и до  $80 - 100\%$ . Подетално објаснување е дадено во глава 4.2.

Главниот предизвик на соларните системи за греење е временската неусогласеност на нивното производство со потрошувачката. Генерално, тие работат со полн капацитет во лето и тоа во дневниот период, токму тогаш кога потреба од топлинска енергија е најмала. Затоа, без соодветни резервоари за складирање на енергијата, соларните термални колектори можат да задоволат само околу  $5 - 8\%$  од вкупната годишна потрошувачка. Но, доколку се инсталираат дневни складишта на топлинска енергија, соларните колектори можат да учествуваат со  $20 - 25\%$  во вкупното производство во централниот системи за греење. Ако уште се вклучи и сезонско складирање на топлинска енергија, уделот на соларните термални колектори практично може достигне и до  $30 - 50\%$ , а теоретски и до  $100\%$ .

---

<sup>2</sup> Оваа глава се базира на податоци од следниве извори: [www.Task45.iea-shc.org](http://www.Task45.iea-shc.org), Податоци за одделни постројки: [www.solvarmedata.dk](http://www.solvarmedata.dk) и [www.solarheatdata.eu](http://www.solarheatdata.eu), снабдувач со соларни панели: [www.arcon.dk](http://www.arcon.dk)



Слика 4: Мапа на сончево зрачење во Европа (Извор: SolarGIS © 2011 GeoModel Solar s.r.o.<sup>3</sup>)

### 3.1.1 Соларни термални технологии

Соларното енергија се користи во системите за централно греење и за добивање на санитарна топла вода. Обично, водата се загрева од низа соларни термални колектори. За производство на топлина во централните грејни системи, колекторите се поставуваат на земја (Слика 7, Слика 8). Во помали системи, колекторите може да се постават на кров (Слика 9, десно).

Постојат различни видови за соларни панели (Слика 5). Во малите системи за централно греење, соодветни се колекторите со рамна плоча и вакуумските колектори.

Најчести се соларните колектори со **рамна плоча** (Слика 8) кои сами по себе се достапни во различни варијанти. Конструктивно, тие се состојат од темен плочест апсорбер изработен од термички стабилен полимер, алуминиум, железо или бакар. Врз него се поставува матиран црн или друг селективен слој. Зад апсорберот стојат цевки со мрежна или спирална структура низ кои кружи топлоносителот што се загрева. Целиот систем е затворен во куќиште изработено од стакло или некој полимер. Цевките се исполнети со соодветен работен медиум (воздух, антифриз или вода) чија функција е да ја одземе топлината од апсорберот. Постојат и колектори со рамни плочи кои немаат глазура, но тие обично не се користат во системите за централно греење. Од особена важност е изолацијата која се користи во колекторите, затоа што таа придонесува за зголемување на ефикасноста и намалување на загубите на панелот.

**Вакуумските колектори** (Слика 7) се состојат од вакуумски стаклени цевки. Со цел да се намалат загубите на топлина, цевките се евакуирани така што притисокот во нив е

<sup>3</sup> <https://earsc-portal.eu/pages/viewpage.action?pageId=16548947>



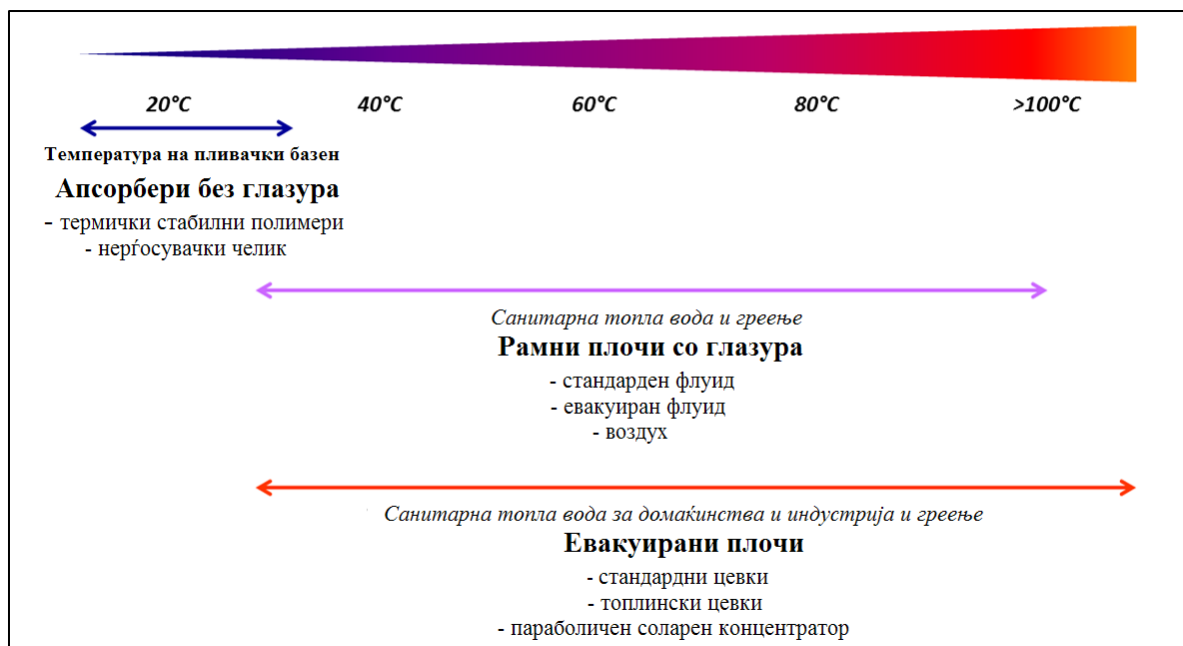
околу  $10^{-2}$  до  $10^{-6}$  bar. (Metz et al 2012). Покрај тоа што постојат разни технологии на вакуумски цевки, основните принципи на технологиите се:

- Цевки со директен проток (анг. direct flow tubes): **цевки низ кои флуидот струи во течна состојба**
- „Топлински цевки“: цевки во кои течноста испарува во апсорберот

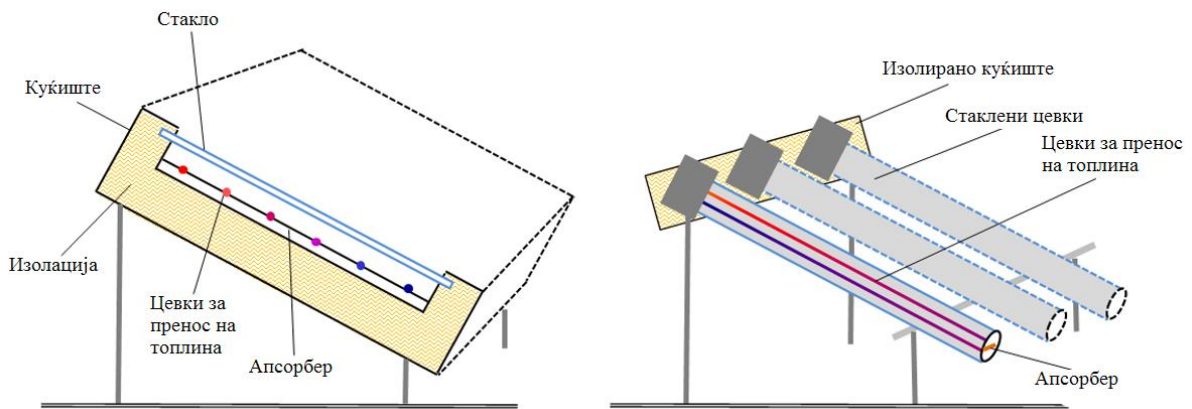
Цевките со директен проток се делат на две категории. Првата категорија опфаќа системи со една стаклена евакуирана цевка. Во неа апсорберот е поставен така што го обвиткува цевководот низ која тече топлоносител. Другата категорија на цевки се „Сиднеј“ цевките. Внатрешноста на овие цевки има соодветно премачкување за да делува како апсорбер, а бакарен цевковод во форма на U ја одведува топлината од апсорберот.

Под вакуумските цевки може да се постави параболичен концентратор (анг. Compound Parabolic Concentrator – CPC). Неговата функција е да го рефлектира зрачењето кое паѓа меѓу цевките и да ја зголеми ефикасноста.

Пазарот на соларни термални колектори во Европа нуди зрели технолошки решенија, а во него фигурираат голем број на производители. Во поново време, соларните термални колектори се користат за пообемни проекти, што дополнително ја намалува нивната цена и ја зголемува исплатливоста на проектите.



Слика 5: Видови апсорбери и соларни колектори и соодветните температури (Извор: Rutz D.)



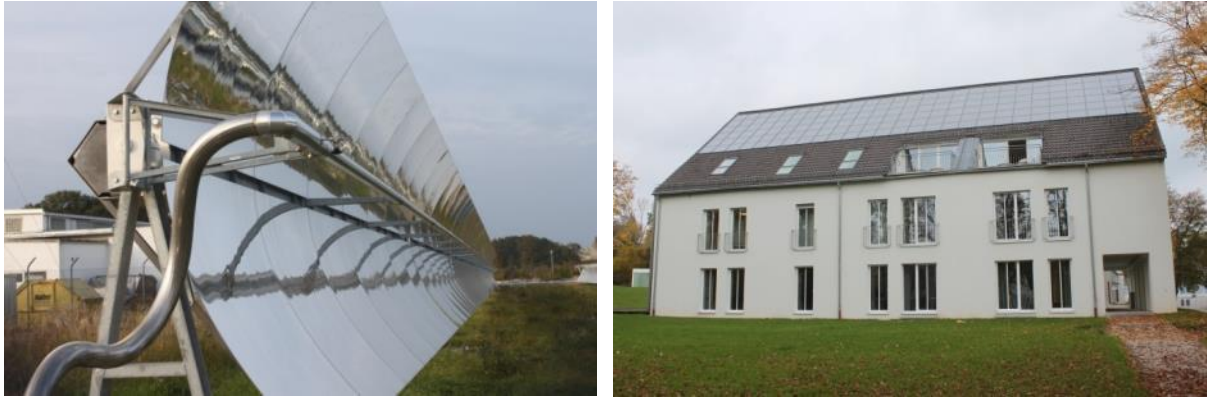
Слика 6: Принцип на работа на колектор со рамна плоча (лево) и со евакуирани цевки (десно) (Извор: Rutz D.)



Слика 7: Колектори со вакуумски цевки поставени на земја во системот за централно греење во Бусинген, Германија (лево) и примерок од колекторите (десно) каде се гледа U формата на цевководот на десната цевка, како и параболичниот концентратор под цевките (Извор: Rutz D.)



Слика 8: Колектори со рамна плоча поставени на земја во системот за централно греење во Грам, Данска (Извор: Rutz D.)



Слика 9: Параболична соларен концентратор која служи за истражување (лево) и кровен соларен термален колектор поврзан со системот за централно греење во Бад Аиблинг, Германија (Извор: Rutz D.)

Поле 2: Кои се главните предности/недостатоци на колекторите со вакуумски цевки во однос на колекторите со рамни плочи? (базирано на Metz et al., 2012)

#### *Предности*

- Ефикасноста е поголема при ладна амбиентална температура и слабо сончево зрачење (во зима)
- Ефикасноста е поголема при висока температурата разлика меѓу апсорберот и атмосферата (во лето)
- За иста површина, колекторите со вакуумски цевки произведуваат 30% повеќе топлина од оние со рамни плочи
- Може да се постигнат повисоки температури со што се зголемува ексергијата
- Ако колекторот е поставен во насока различна од југ, намаленото зрачење може да се компензира преку аксијално вртење на цевките или со поставување на параболичен концентратор
- Компатибилни се со системи каде водата се користи како топлоносител

#### *Недостатоци*

- Висока цена
- Односот cost – performance е мал
- Системот мора да е способен да толерира високи температури на стагнација

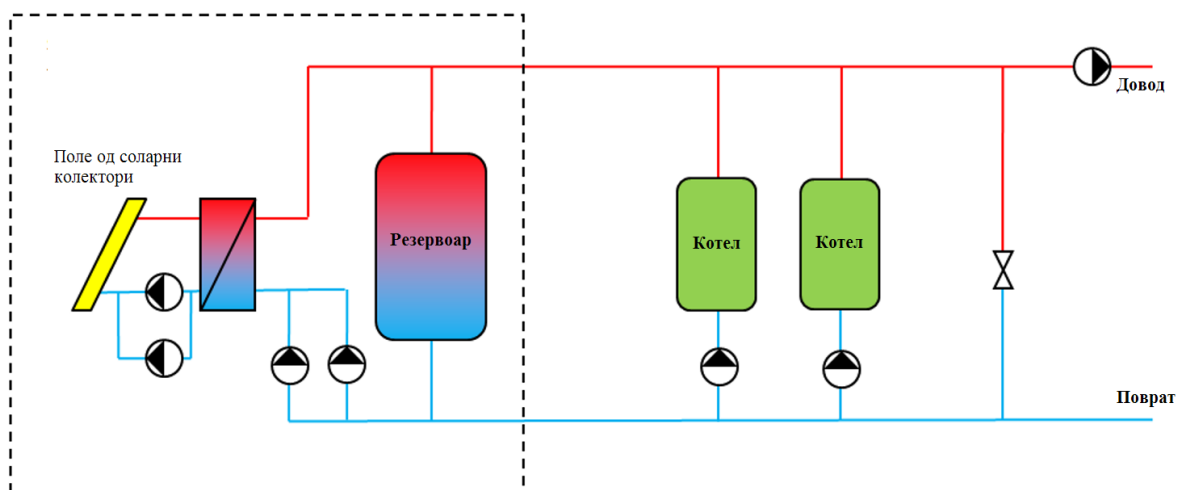
Освен колекторите со рамни плочи и вакуумски цевки, постојат и параболични корита (концентратори) (Слика 9, лево) кои се користат во системи за централно греење. Овие концентратори се пообемни од оние што се поставуваат под вакуумските цевки и служат да насочување на сончевите зраци. Тие генерално се користат во концентрирачките соларни постројки каде концентраторите ги насочуваат сончевите зраци во мал простор со цел да се постигне висока температура. Така произведената топлинска енергија служи за производство на електрична енергија. Техничко-

економската изводливост на проектите со параболичен концентратор зависи од видот на потрошувачот и температурните потреби.

Суштински, соларните панели ја апсорбираат сончевата топлинска енергија која преку соодветен **топлоносител** се пренесува до системот за централно греење или до резервоар (Слика 10). Како теплоносител обично се користи вода или комбинација на вода и гликол, за да се спречи замрзнување.

Предностите на водата како теплоносител се нејзината ниската цена и високиот специфичен топлински капацитет. Сепак, користењето на смеса од пропилен гликол и вода е неопходно кога постои ризик од замрзнување на теплоносителот. Сепак, поради нискиот топлински капацитет на пропилен гликолот, препорачливо е неговиот удел да биде умерен. Во случаи кога температурата на флуидот се приближува до неговата точка на замрзнување, како добра пракса се покажало вклучување на пумпата на колекторот со цел флуидот да циркулира низ цевките, а притоа и да се загрее. За практична изведба на овој концепт потребен е поголем број температурни сензори обично, но тој ветува подобрување на работата на колекторот. (Bava et al., 2015)

Постојат и случаи кога наместо комбинација од пропилен гликол и вода се користи само вода, иако има опасност од замрзнување. Овој пристап се применува кога има опасност од загадување на подземните или околните води. Тогаш, за да се спречи замрзнување на водата во цевките, таа се загрева со дел од топлината на системот за централно греење. Ваков пример е системот за централно греење во Бусинген, Германија.



Слика 10: Шематски приказ на соларен систем за централно греење (Извор: PlanEnergi)

Соларните термални колектори може да се постават и на згради со цел да се задоволат потребите на таа зграда. Од друга страна, полесно е да се изградат постојки со поголем капацитет ако соларните термални колектори се поставени на земја. Токму затоа, при интеграција во системи за централно греење, препорачливо е соларните термални колектори да се постават на земја. Притоа, се прицврстуваат со армирано бетонски или бетонски темели.

Квалитетните соларни термални колектори може да се во погон дури и кога температурата е многу ниска, а се заштитени од прегревавање на топли, сончеви денови. Сепак, флукуирачкото производство на овие системи изнудува приклучување на дополнителен извор на топлина за да се обезбеди сигурност во снабдувањето.

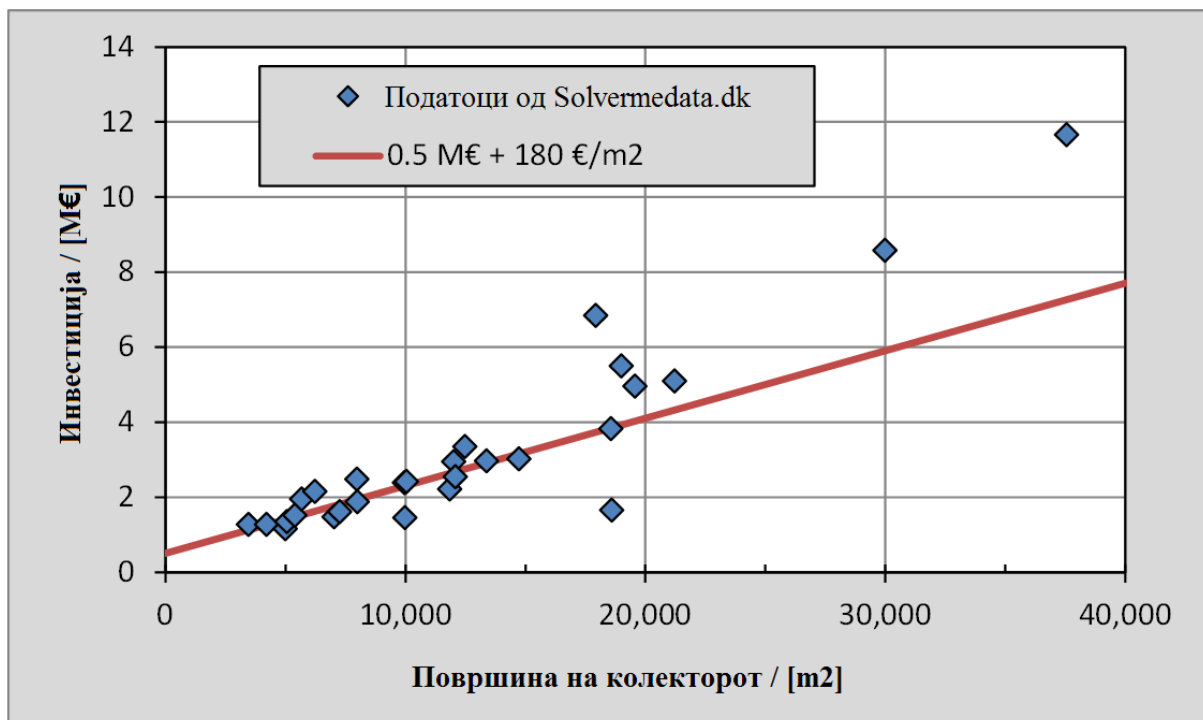
### 3.1.2 Пазар и искуства од постоечките соларни термални центри

Преглед на најголемите соларни термални центри е достапен на [www.solarthermalworld.org](http://www.solarthermalworld.org). Поради значајноста на искуствата од Данска како и нејзиниот удел на пазарот, во ова поглавје ќе биде претставен кус осврт и резултати и Данска.

Развојот на соларните центри и нивната површина во Данска е илустриран на Слика 12. Забележително е дека новите центри се сè поголеми и сè почесто вклучуваат сезонски резервоари на топла вода. На крајот на 2016 година, во Данска, површината на центри поголеми од 1000 m<sup>2</sup> изнесувала 1 милион m<sup>2</sup>, што е значителен пораст во споредба со 100 000 m<sup>2</sup> во 2009 година.

Веб-страницата [www.solvarmedata.dk](http://www.solvarmedata.dk) содржи мапа на сите соларни термални центри во Данска. Мапата е интерактивна и вклучува детални информации за сите центри. Таа содржи повеќе од 125 центри чија вкупна површина изнесува повеќе од 1 милион m<sup>2</sup>.

Слика 11 ги прикажува инвестициските трошоци за соларни центри во Данска. Дијамантот во десниот горен агол на графикот ја претставува централата „Dronninglund“. Таа има површина од 37 573 m<sup>2</sup>, како и сезонски резервоар за топла вода. Инвестицијата за тоа изнесува 2,4 М€, што одговара на разликата од дијамантот до црвената линија.

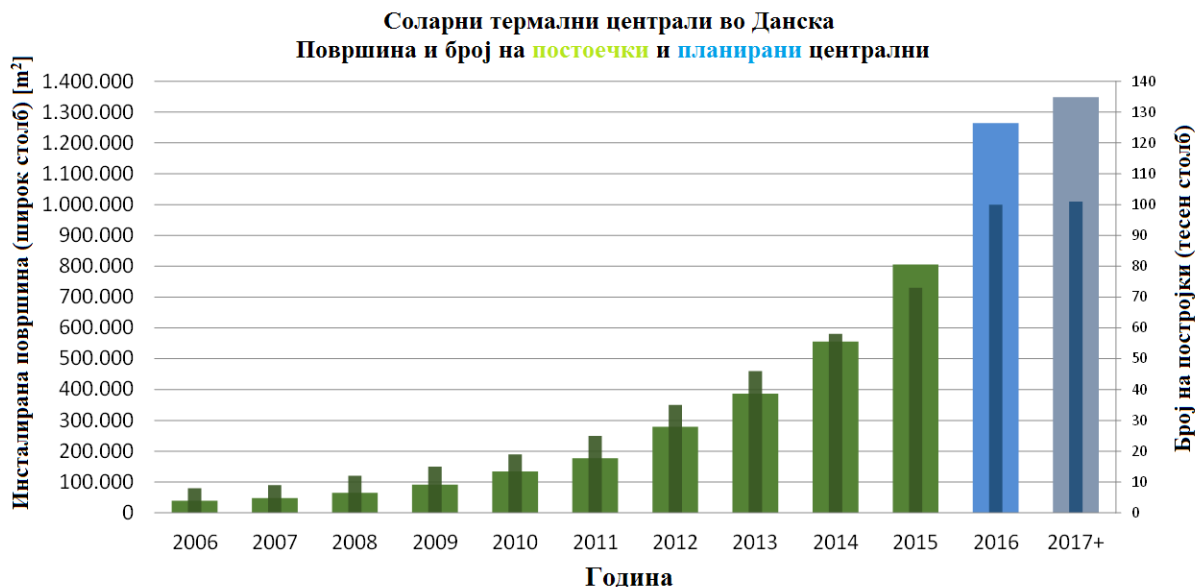


Слика 11: Инвестиции на данските соларни термални проекти (Извор: PlanEnergi)

Зголеменото учество на соларните термални центри во Данска низ годините придонело за следниве појави:

- Поголем број на снабдувачи и производители на технологии: тие ги дополнуваат и ги развиваат технологиите, но се и меѓусебна конкуренција: на пример Arcon-Sunmark, Viessmann, KBB, Clipsol, Savo Solar, Greenonetech.

- Хибридни системи: малите модуларни мрежи обично вклучуваат повеќе технологии за производство на енергија. Соларната и енергијата од биомаса (дрвен чипс и слама) се најчести. Се земаат предвид и мерки за штедење на енергија.
- Системи за складирање: кај системите во кои соларната фракција е поголема, честопати се користат системи за складирање на енергија. Тие овозможуваат складирање до 80% од годишната потрошувачка на топлинска енергија.
- Соларни термални центри во големи градови: некои нови соларни термални центри се планирани и во изградба во поголеми градови, како на пример Грац, Австрија (265 000 жители, површина на колектори: 450 000 m<sup>2</sup>, волумен на сезонски резервоари: 1,8 милиони m<sup>3</sup>) или пак Белград, Србија.
- Високотемпературни соларни термални центри: одредени центри работат при повисоки температури за да ги задоволат потребите на индустриски објекти или на централни топлински системи. Во одредени случаи, топлината од вакви системи се искористува за производство на електрична енергија (на пример кај централизираните соларни центри – CSP, или при органски ренкинов циклус – ORC).



Слика 12: Остварени (до 2015 година) и планирани соларни термални центри за греење во Данска (Извор: PlanEnergi)

Трендот на градење на соларни термални центри укажува дека технологијата е докажана и робусна, со долг работен век, и дека достигнува стадиум на развој во кој е конкурентна со други технологии при имплементација во поголеми системи кои вклучуваат и сезонски резерви на топлинска енергија. Главните **предности** на соларното греење се:

- Едноставна, робусна и докажана технологија; повеќе од 100 дански системи за централно греење ја искористуваат соларната енергија.
- Работен век од најмалку 25 – 30 години. Новите центри имаат и подолги работни векови.
- Мали трошоци за одржување кои приближно изнесуваат 0,7 €/MWh<sub>th</sub>.

- Имаат мала потрошувачка на електрична енергија (3 – 4 kWh<sub>e</sub> за произведен MWh<sub>th</sub>).
- Нема потреба од постојано присуство на работен персонал.
- Цената за производство на топлина не зависи од цената на гориво.
- Одредувањето на цена на топлинската енергија е поедноставно ако однапред се знае уделот на разните горива.
- Нема емисии на CO<sub>2</sub> при производството на топлина.
- Висок однос на произведена енергија по единица површина, поголем од оној за биомаса или фотоволтаични панели.
- Едноставно преискористување на земјиштето каде биле поставени соларните термално колектори; тие не влијаат негативно врз почвата.
- 98% од централата можат да биде рециклирана.

Главните **недостатоци** на соларното греење се:

- Недоверливо производство на топлинска енергија кое зависи од сончевото зрачење и временските услови.
- Летната потрошувачка го дефинира капацитетот на постројката ако во неа се користат само резервоари за покривање на едnodневните потреби (мали резервоари).
- Произведува 80% од топлината во периодот од април со септември, кога потрошувачката е најмала. Проблемите што ги наметнува оваа појава се избегнуваат со инсталирање на сезонски резервоари.
- Во споредба со другите технологии, на пример котли и топлински пумпи, соларните колектори поставени на земја зафаќаат поголем простор. Обично, потребно е земјиште со површина од 2,5 m<sup>2</sup> за инсталирање на колектор со површина од 1 m<sup>2</sup>. Ако колекторите се далеку од системот за централно греење, потребата од дистрибутивна мрежа за нивна интеграција ги зголемува трошоците.
- Високи инвестициски трошоци по MWh. Сепак, со период на амортизација од 15 – 20 години, цената за производство на топлина е конкурентна со онаа произведена од биомаса.

Развиени се добро елаборирани прирачници за соларно греење во проектот IEA SHC Задача 45<sup>4</sup>. Извештаите со информативни и технички податоци се достапни и ги опишуваат потребите и препораките за колекторски површини, но вклучуваат и информации за системите за сезонско складирање на енергија.

### **3.2 Системи на биомаса**

Биомасата е органската материја креирана од живи (растителен свет, човечки и животински измет итн.) или неодамна изумрени организми. Генерално, биомасата ги вклучува и секундарните производи како на пример биолошкото ѓубре, хартијата, производите од дрво итн. Примарната биомаса е резултат на процесот на

<sup>4</sup> <http://task45.iea-shc.org/fact-sheets>

фотосинтеза. Притоа, за негова успешност потребно е присуство на  $\text{CO}_2$ , вода и сончева енергија. Фотосинтезата овозможува трансформација на неорганските соединенија (вода, јаглерод диоксид и минерални соли) во органски соединенија (на пример шеќери). Така растенијата претставуваат своевидни резервоари на хемиска енергија акумулирана како резултат на процесот на фотосинтеза. Јаглеродните соединенија во растението ја содржат заробената сончева енергија, која се ослободува преку нивно согорување.

**Поле 3: Зошто е биомасата обновлива? (Dimitriou & Rutz 2015)**

Стакленичкиот гас кој при согорувањето на биомаса се испушта во најголеми количини е **јаглероден диоксидот** ( $\text{CO}_2$ ). Јаглеродниот диоксид е главен причинител на глобалното затоплување, а се испушта при согорување на фосилни горива (лигнит, камен јаглен, нафта, природен гас) или биомаса. Разликата е во тоа што биомасата претставува понор на  $\text{CO}_2$  поради процесот на фотосинтеза. Така, дрвјата го апсорбираат  $\text{CO}_2$  од атмосферата во период од 4 – 6 години додека растат, а потоа со нивно согорување, тој се испушта назад во атмосферата. Биомасата не е целосно „ $\text{CO}_2$  – неутрално“ гориво поради тоа што за нејзин транспорт и подготовка се користат фосилни.

Во услови на контролиран раст и сеча, биомасата може да се смета за обновлив извор на енергија кој е соодветен за складирање. Таа може веднаш да се согори, или пак да се трансформира во секундарни производи (биогаз, етанол, биодизел, кумур), па да се користи во таква форма. Конверзијата на биомасата во секундарни производи се класифицира во три категории:

- Механички третман: сечење, пресување, пелетизација, брикетирање
- Термичко – хемиски третман: гасификација, пиролиза, печење
- Биохемиски третман: анаеробна дигестија, ферментација

Биомасата е особено згодна како извор на енергија за малите мрежи за централно греење. Главната предност се состои во тоа што таа може да биде складирана и искористена по потреба. Дрвото може да се чува подолг период, сè додека не се појави потреба од негово искористување во зима. Од друга страна, недостатоците на биомасата се согледуваат во потребата од сеча, обработка и транспорт, кои го усложнуваат процесот на снабдување со гориво. Тоа е и главната разлика со флукуирачките обновливи извори на енергија како на пример сонце или ветер. Кај нив, потребите за одржување и снабдување со гориво се помали, но тоа е компромисот што се прави на сметка на потешкотиите за складирање. Токму затоа комбинацијата на сончевата енергија и биомасата овозможува комбинирање на добрите особини на двете технологии.

### 3.2.1 Согорување

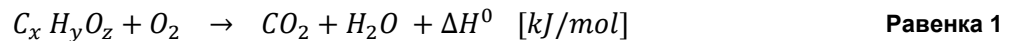
Цврстата биомасата се дефинира како лигноцелулозна биомаса која може директно да се согорува. Во неа главно спаѓаат дрвото, дрвениот чипс, пелетите, отпадната биомаса и нискостеблести растенија. Земјоделските остатоци, како на пример слама, пченка, може исто така да се користат за согорување.

Растителната биомасата, во основа, се состои од јаглерод (C), водород (H) и кислород (O). Уделот на јаглеродот ја дефинира нето калоричната вредност на биомасата, т.е. енергијата што ќе се ослободи при негово согорување (оксидација). Водородот е уште еден елемент чие согорување ослободува енергија. Тој и јаглеродот го формираат



сувиот дел од биомасата. Кислородот како самостоен елемент не ја менува калоричната вредност на горивото, но е неопходен за поддржување на процесот на оксидација (Dimitriou & Rutz 2015).

Топлината од согорување (топлинска вредност) (Равенка 1) е енергијата која се ослободува во вид на топлина кога некое гориво (биогаз, дрво, фосилно гориво) подлежи на процес на целосно согорување при стандардни услови. Хемиската равенка прикажува реакција на оксидација на биомаса при што се формираат јаглерод диоксид, вода и топлина.



Во системите за согорување, горивата се карактеризираат со долна и горна топлинска вредност (Поле 4). Овие вредности зависат од хемискиот состав на секое од горивата.

**Поле 4: Која е разликата меѓу долна и горна топлинска вредност? (Dimitriou & Rutz 2015)**

Важен податок за опишување на горивото е неговата топлинска вредност.

**Долната топлинска вредност (LHV)** (нето калорична вредност (NCV), долна калорична вредност (LCV)) ја покажува топлината која се ослободува при целосно согорување (оксидација) на биомасата. Оваа вредност не ја зема предвид топлината на испарување на водената пареа во издувниот гас. Притоа, долната топлинска вредност се намалува со зголемувањето на присуството на вода (влага) во биомасата.

**Горната топлинска вредност (HHV)** (калорична вредност, бруто калорична/топлинска вредност, повисока калорична вредност (HCV)) се дефинира при соединување на сите производи од согорувањето во оригиналната состојба, при температури соодветни на оние пред согорувањето и со кондензација на произведената пареа. За биомаса, горната калорична вредност има вредности поголеми од долната калорична вредност за околу 6% (кора), 7% (дрво) и 7,5% (земјоделски остатоци) (Табела 1). Ова важи само за цврсти горива во апсолутно суви услови, без никаква влага. Разликите меѓу двете топлински вредности се зголемува ако влагата се земе предвид. Табела 2 ориентациони топлински вредности на разни видови дрва.

Дрвното гориво има висока вредност на јаглерод и тоа од 47% до 50%. Учеството на кислород во вкупниот хемиски состав е 40% до 45%, додека водородот има најмал удел – 5% до 7%. Иако овие три елемента се доминантни, во составот на дрвната биомаса има и други елементи кои можат значително да влијаат врз издувните гасови ослободени при согорување. Така, горивата може да се класифицираат и според составот на емисиите од согорување. Специфичната енергетска вредност (во однос на масата) за секое гориво се изразува преку неговата долна и горна топлинска вредност (види Поле 4) како што е покажано во Табела 1. Кога станува збор за дрвен чипс, вообичаено е достапна неговата специфична топлинска вредност во однос на волуменот (на кубен метар), наместо во однос на масата. Пример за ова е даден во Табела 2. Во зависност од видот на дрво, големината и присуството на влага, еден кубен метар дрвен чипс има маса во граници 200 – 300 kg. (Dimitriou & Rutz 2015)

### 3.2.2 Квалитет на цврста биомаса

Важен фактор кој влијае врз процесот на согорување е квалитетот на горивото. Висококвалитетното гориво е соодветно за секакви системи, додека она со понизок квалитет изнудува користење на посебно опрема, што ја ограничува можноста за негова употреба. Класификацијата на квалитетот на цврстата биомаса (пелети, брикети, дрвен чипс, огревно дрво итн.) се прави според нормите со број ISO 17225 (на пример „ISO 17225-1:2014 – Цврсти биогорива – Спецификација на гориво и класи – Дел 1: Генерални потреби“) на Интернационалната организација за стандардизација.

Табела 1: Карактеристики на некои цврсти горива (Hiegl et al. 2011) (просечни/типични вредности; вредностите важат за апсолутно суво тело (0% влага); вистинските вредности зависат од повеќе фактори)

Вид на гориво	LHV [MJ/kg]	HHV [MJ/kg]	Пепел [%]	Точка на омекнување на пепелта [°C]
Топола	18,5	19,8	1,8	1335
Врба	18,4	19,7	2,0	1283
Бука/Даб	18,4	19,7	0,5	Нема податок
Смрека	18,8	20,2	0,6	1426
Кора (зимзелени)	19,2	20,4	3,8	1440
Пченична слама	17,2	18,5	5,7	998
Жито	17,0	18,4	2,7	687
Камен јаглен	29,7	Нема податок	8,3	1250
Лигнит	20,6	Нема податок	5,1	1050

Табела 2: Преглед на енергетската вредност на дрвениот чипс во зависност од влажноста (просечни/типични вредности; вистинските вредности зависат од повеќе фактори)

Влажност [%]		0	15	20	30	50
	Единица	Долна топлинска вредност [kWh]				
Бука (густина 558 kg сува материја/m <sup>3</sup> )	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	m <sup>3</sup>	2790	2720	2700	2630	2410
	sm	1116	1090	1077	1052	964
Смрека (густина 379 kg сува материја/m <sup>3</sup> )	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
	m <sup>3</sup>	1970	1930	1900	1860	1710
	sm	788	770	762	745	685
Топола (густина 353 kg сува материја/m <sup>3</sup> )	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	m <sup>3</sup>	1765	1723	1705	1662	1525
	sm	706	689	681	666	610
Врба (густина 420 kg сува материја/m <sup>3</sup> )	kg	4,54*	3,76**	n.a.	2,97**	n.a.
	m <sup>3</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	sm	n.a.	680-810**	n.a.	620-740**	n.a.

Извор: CARMEN 2014, \*Verscheure 1998, \*\* ETA Heiztechnik GmbH n.d. (првата вредност за m<sup>3</sup> се однесува на G50, втората на G30, други извори)  
Забелешка: sm – просторни метри.



Слика 13: Преса за пелети (лево) и висококвалитетни пелети (десно) (Извор: Rutz D.)



Слика 14: Висок квалитет (лево) и низок квалитет (средина, десно) на дрвен чипс во Германија (Извор: Rutz D.)

### 3.2.3 Системи за согорување на цврста биомаса

Цврстата биомаса може да се користи во следниве системи:

- Мали печки (огревно дрво или пелети) за греење на одделни соби.
- Котел на дрва за домашно парно (огревно дрво или пелети) за греење на едно домаќинство.
- Котел на дрва за мал централизиран систем (огревно дрво, пелети, дрвен чипс) за греење на поголеми згради или неколку домаќинства. Поголемо од домашно парно.
- Котел на дрва за среден централизиран систем (огревно дрво, пелети, дрвен чипс) за микро системи за централно греење за греење на неколку домаќинства.
- Мала когенеративна постројка (пелети или дрвен чипс) која употребува гасификатори.
- Средна когенеративна постројка (огревно дрво, пелети или дрвен чипс) со технологии со органски ренкинов циклус.
- Голема когенеративна постројка (огревно дрво, пелети, дрвен чипс) со парна турбина.
- Ко-согорување на дрвен чипс или индустриски пелети во големи постројки кои примарно зависат од фосилни горива.

Котлите на пелети се користат во помали системи за греење (снабдуваат едно до неколку домаќинства), но можат да се користат и во средни по големина системи за греење. Котлите на дрвен чипс (Слика 15, Слика 16) се користат за системи чија моќност изнесува најмалку 20 kW. Греењето со дрвен чипс обично е економски исплатливо само за поголеми домаќинства, фарми, неколку домаќинства или помали села. (Dimitriou & Rutz 2015)

Во суштина, технологијата за согорување на дрвен чипс и пелети е зрела и достапна од разни производители. Таа најчесто содржи резервоар, систем за додавање на

гориво, котел, оцак и приклучок кон систем за дистрибуција (често се вклучува и бафер резервоар). Инвестицијата за котел на дрвен чипс или пелети често е поголема од онаа за котел за фосилни горива, но, обично цената на горивото е помала. Затоа на долг рок, котлите за дрвениот чипс или пелетите може да бидат економски поисплатливи од котлите на мазут, нафта и сл. (Dimitriou и Rutz 2015)



Слика 15: Мал систем за греење со дрвен чипс (капацитет од 24-50 kW) со котел (лево), систем за додавање на гориво (средина) и резервоар на дрвен чипс (десно) во Фролинг (Извор: Rutz D.)



Слика 16: Систем за греење со дрвен чипс, средна големина (капацитет од 3000 kW) со котел (десно) и бафер резервоар (лево) во Биомасенхоф Ахентал, Германија (Извор: Rutz D.)

За согорување на земјоделски остатоци, како на пример слама, потребна е посебна опрема (Слика 17 и Слика 18) заради специфичностите на тревните, недрвени горива. Ако опремата не е соодветна, високата концентрација на хлор во сламата може да предизвика корозија. Исто така, ниската температура на топење на пепелта претставува предизвик, затоа што отстранувањето на стопената пепел (Слика 18) е послофистицирано од отстранувањето на пепел од согорување на дрво.



Слика 17: Додавање на бали од слама (лево) и 1,6 MW котел за согорување на слама (десно) во Бален-Брандби, Германија (Извор: Rutz D.)



Слика 18: Стопен пепел од согорување на слама (Извор: Rutz D.)

### 3.2.4 Когенеративни постројки на биомаса

Сè почесто се применуваат системите за комбинирано производство на топлинска и електрична енергија (когенеративни производни единици). Како резултат на производството на два вида енергија, тие се покомплексни од претходно презентираниите системи. Нивната оптимална интеграција во малите системи за централно греење зависи од различни фактори. На пример, системот може да биде дизајниран така што производството на еден вид енергија (топлинска или електрична) ќе биде приоритетно.

**Когенеративна постројка која приоритизира производство на топлинска енергија** ќе генерира онолку топлина колку што е потребно за задоволување на даден конзум. Овој концепт обично се користи кога топлинскиот товар е константен во текот на 7500 до 8760 часа годишно. Ако топлинскиот конзум е променлив, постројката ќе работи со помал фактор на искористување.

**Когенеративна постројка која приоритизира производство на електрична енергија** ќе произведува онолку електрична енергија колку што е потребна за задоволување на потрошувачката или колку што може да се инјектира во електроенергетската мрежа. Повеќето когенеративни постројки се дизајнирани да произведуваат „зелена“ електрична енергија според гарантирана повластена тарифа. Поради тоа, речиси сите постројки од ваков вид работат со полн капацитет или според условите диктирани од мрежата или операторот на системот. Во некои земји, како на пример Германија, воведени се одделни субвенции со цел да се дуплира капацитетот при врвна потрошувачка (на пример во текот на денот) и да се ограничи нивното производство која потрошувачката не електрична енергија е мала (на пример рано изутрина). Се очекува дека овие когенеративни постројки ќе играат голема улога во балансирањето на моќноста во електроенергетските мрежи во иднина.

Во случајот на когенеративните постројки кои приоритизираат производство на електрична енергија, произведената топлина може да не го задоволува топлинскиот конзум, или пак, да биде поголема од него. Второто сценарио води кон залудно трошење на вишокот топлина (види Поле 5 за биогасни постројки). Постојат вакви случаи во кои до 70% од примарната енергија останува неискористена, т.е. залудно потрошена. За тоа да се спречи, повеќе држави кои наишле на овој проблем реагирале преку своето законодавство. Ако когенеративната постројка има улога на повластен производител, таа мора да искористува барем 40% – 50% од топлинската енергија која ја произвела. Со тоа се зголемува ефикасноста на производната единица до околу 70%. Затоа, изградбата на когенеративна постројка има смисла само ако поголемиот дел од топлинската енергија се искористува.

Историски, **технолозиите кои користат биомаса** за комбинирано производство биле избрани според топлинскиот и електричниот капацитет на системот. Во тоа време, системите чие производство се базира на Органскиот Ренкинов циклус се избирале за мали или средни системи и за големи парни турбини.

Развојот на високоефикасни **турбини на водена пареа** главно бил предводен од страна на големите централи на јаглен и нуклеарни централи со капацитети од неколку стотици MW. Истите термодинамички парни циклуси биле прилагодени за производните единици на биомаса со моќност од околу 5 – 100 MW<sub>el</sub>. (Слика 19).

Кај помалите системи се користи **органски ренкинов циклус (ORC)** поради неговите предности. Разликата меѓу стандардниот парен циклус и органскиот ренкинов циклус е работниот медиум кој се користи. Имено, при ORC, наместо вода, како топлоносител се користи органски флуид со различни температури на кондензација и испарување од оние на водата. На тој начин, процесот може да се дизајнира според потребите на топлинскиот конзум и изворот. ORC е оптимален за пониски температури на произведената топлинска енергија (85°C - 95°C), при што температурите во котелот на биомаса се во граници 250°C - 350°C. Овие параметри го прават ORC малку поефикасен од стандардниот парен циклус. Друга предност на оваа технологија е тоа што таа нема голема потреба од одржување. Некои произведувачи на ORC модули нудат и целосни, долгорочни гаранции. Ова ја зголемува доверливоста, а со тоа потребата од човечки ресурси за одржување и оперативно работење на системот станува занемарлива. Уште еден фактор кој влијае врз изборот на технологија е потребата од соодветен технички кадар и негово обучување. Во повеќето земји на ЕУ се бара потребна обука за ракување со парен котел. Но, поради пониските притисоци, температури и состојби на топлоносителот во ORC, не е потребна посебна обука на кадарот на ракување со опремата. Во целост, постројките базирани на органскиот ренкинов циклус се покажуваат како подобри, ако се земе предвид целиот нивни работен период, па затоа и нивниот продор на пазарот константно расте.

Слика 20 прикажува типична ORC инсталација со капацитет од 1,5 MW<sub>el</sub>. Со развој на пазарот во Европа во периодот од 2002 година до 2010 година, како резултат на повластените тарифи за „зелена“ електрична енергија некои производители на турбини почнале да развиваат мали турбини, па сега двете технологии, за ORC и класични парни циклуси, се слични од економски аспект (Zweiler, 2008).





Слика 19: Когенеративна постројка на дрвен чипс и нејзината парна турбина во Штадверке Аугзбург Енерги, Германија (капацитет: 80 000 t/годишно дрвен чипс; 7,8 MW<sub>el</sub>; 15 MW<sub>th</sub>) (Извор: Rutz D.)



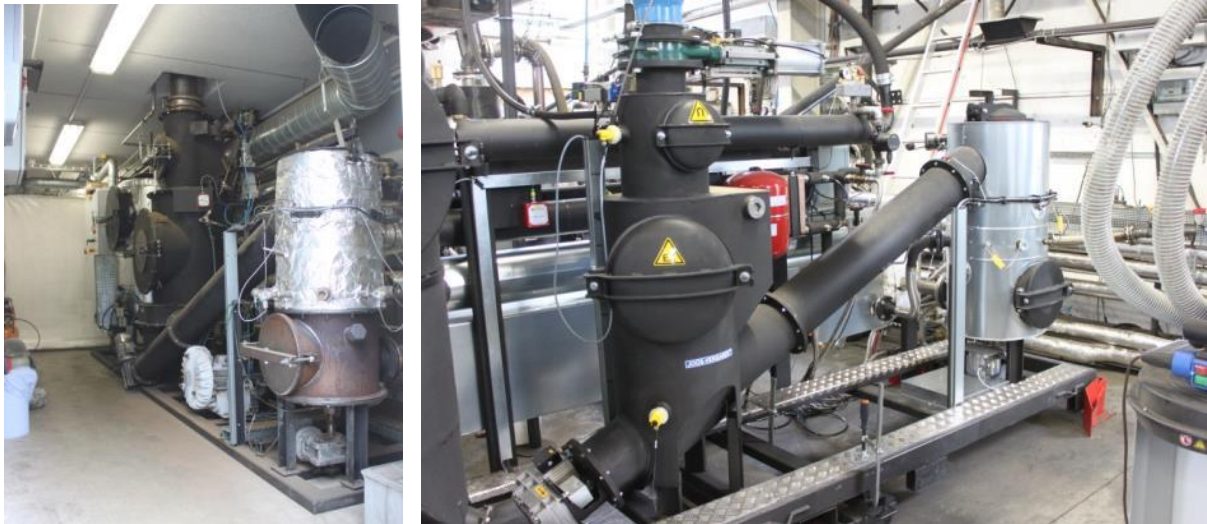
Слика 20: ORC систем (1520 kW<sub>el</sub>) во Грундфутертрокунгзгеносеншафт Кирхдофт, Германија (Извор: Rutz D.)

**Системите на гасификација на биомаса** датираат од пред повеќе од 100 години, но степенот на соодветна техничка зрелост за нивна примена како системи со среден и голем капацитет е достигнат во 2002 година, а после 2012 година биле соодветни и за системи со мал капацитет. Врз основа на некои демонстративни и комерцијални постројки, системите на гас наоѓаат разна примена и тоа особено во малите системи. Доколку се користи дрвен чипс или пелети, нивниот капацитет најчесто изнесува 10 – 100 kW<sub>el</sub> (Слика 21).

Добивањето на гас е процес во кој цврстата биомаса се трансформира во корисен гас чиј состав вклучува водород, метан, јаглерод монооксид и јаглерод диоксид. За да се добие гасот, биомасата се загрева на високи температури (>600°C) во услови на контролирано присуство на кислород ( $0 < \lambda < 1$ ). Овој чекор е сличен на првиот чекор од

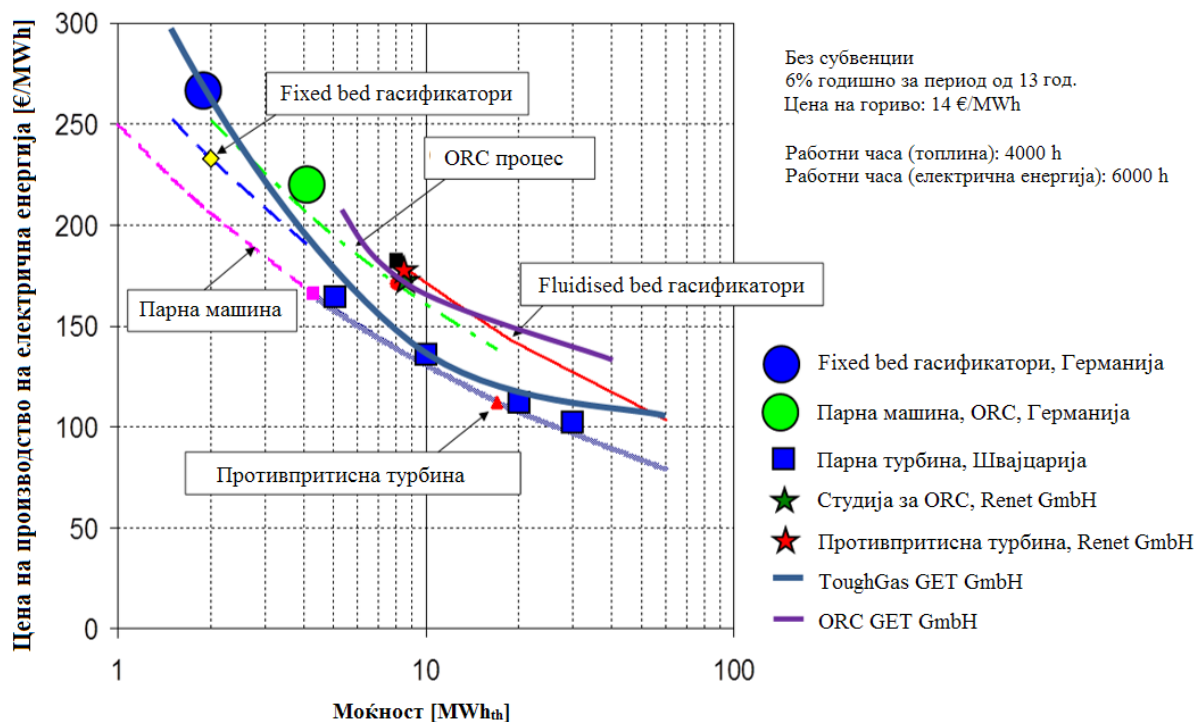
процесот на согорувањето, каде гасот се трансформира во гасни производи, но, за разлика од процесот на согорување, присуството на кислород тука е намалено. Затоа, до 80% од хемиската енергија на биомасата се пренесува во произведениот гас. Вака добиениот гас, понатаму се согорува и се користи за производство на топлинска и електрична енергија.

Слика 21 прикажува типична мала комерцијална единица за производство на гас. Масовното производство на гасот довел до намалување на цените, а како резултат на тоа гасификацијата може да се смета како добра алтернатива за интеграција во мали системи.



**Слика 21: Мали гасификатори во контејнер (лево) и за време на производство (десно), компанија „СпанерPE<sup>2</sup>“ (Извор: Rutz D.)**

Сите горенаведени технологии се анализирани во склоп на различни студии. Еден извештај во кој се вклучени информации од постари студии но и од доста понови, покажува дека технологиите подлежат на економија од обем, но и дека има само мали разлики меѓу дискутираните процеси за когенерација (Zweiler, 2013). Слика 22 ги прикажува маргиналните трошоци за производство на електрична енергија од различни технологии. После 2012 година, масовното производство на мали когенеративни постројки на гас предизвикале намалување на трошоците за производство на електрична енергија.



Слика 22: Споредба на трошоци за комбинирано производство за различни видови капацитети врз основа на резултати од различни студии (Zweiler, 2013)

За правилен избор и имплементација на когенеративна единица потребно е да се поседува соодветно знаење. Важни аспекти кои треба да се земат предвид при нејзина имплементација и избор се:

**Квалитет на горивото:** Неквалитетните горива не се соодветни за производство на гас. Моментално, fixed bed гасификаторите имаат потреба од висококвалитетен дрвен чипс, поголем од G50 или од стандардизирано гориво како пелети. Fluidised bed гасификаторите и комбинираните постројки во кои се согорува цврста биомасата се помалку осетливи на квалитетот на горивото. Тие можат да обработат секаква суровина, па дури и отпадна биомаса и нејзини остатоци. Кај котлите на биомаса со систем за додавање на гориво, базирани на ренкинов циклус, квалитетот на горивото е речиси неважен. Тие можат да користат суровина со секаков квалитет. Меѓутоа, вреди да се наведе дека колку е помал квалитетот на горивото, колку е посложено чистењето на системот за исфрлање на издувните гасовите.

**Количество на влага:** Влажните горива (до 60% влага) се доста евтини, па навидум оставаат впечаток дека се исплатливи, но, од технички аспект, влагата е доста штетна. Стандардните котли обично се дизајнирани за согорување на биомаса со 5 – 40% влага (за претежно суво гориво), или околу 20% до 60% (за влажно гориво). Поголема флексибилност се постигнува со рецикулација на отпадниот гас. Fluidised bed гасификаторите и когенеративните постројки во кои се согорува цврста биомаса се потолерантни во однос на влажноста на горивото. Поради балансот на топлина и материјал на fixed bed гасификаторите, максималниот процент на влага не смее да надмине 15% затоа што, во спротивно, ќе се произведува отпадна вода. Затоа, овие гасификатори обично вклучуваат и систем за сушење на горивото.

**Температура:** Технологиите базирани на ренкинов циклус се соодветни за пониски температурни нивоа. Во големите мрежи често се приклучени индустриски потрошувачи кои имаат потреба од температури над 120°C. Нивните потреби, очигледно, не можат да се задоволат со парни или ORC циклуси. Тоа е така затоа што ефикасноста на циклусите се намалува ако температурата значително се разликува од

85°C. Во зависност од капацитетот на постројката, ефикасноста може да се намали од 18-20% на 15-17%. Fluidised bed гасификаторите имаат постабилна ефикасност од околу 23% до 28% за температури до 180°C.

### 3.2.5 Биогасни системи<sup>5</sup>

Биогасот се произведува по пат на анаеробна дигестија. Анаеробната дигестија е биохемиски процес при кој разни анаеробни микроорганизми (бактерии) разградуваат комплексни органски материји (биомаса) на помали елементи, во отсуство на кислород. Овој процес се среќава и во многу природни средини, како на пример во морските водни седименти, стомакот на преживарите и во тресетиштата. Тој се користи во биогасните центри, каде суровината подлежи на анаеробна дигестија за да се разложи на биогаз и дигестат. Во повеќе биогазни центри како суровина се користи смеса од неколку материјали со цел да се стабилизира процесот и оптимизира производството на биогаз. Во тој случај станува збор за т.н. ко-дигестија. За најсоодветни суровини за анаеробна дигестија се сметаат оние кои се лесно разградливи како на пример масните, шеќерите, маслата итн. Целулозата исто така е лесно разградлив материјал, додека лигнитот, главното соединение на дрвната биомаса тешко се разложува со анаеробна дигестија. Како суровини за анаеробна дигестија се користат:

- Животински измет (кашеста маса)
- Земјоделски остатоци и ко-производи
- Органски отпад од храна и агро-индустрија
- Органски отпад од индустрија (хартија, целулоза)
- Органски дел од комуналниот отпад
- Отпадна храна од угостителски дејности
- Отпадни води од прочистителни станици
- Наменски енергетски култури (на пример пченка, шеќерна решка итн.)

Видот на соединение кое се разложува со анаеробна дигестија влијае врз составот на произведениот биогаз. Во општ случај, биогазот содржи метан ( $\text{CH}_4$  40-80%) и јаглерод диоксид ( $\text{CO}_2$  15-45%), како и мали количини на хидроген сулфид ( $\text{H}_2\text{S}$ ), амонијак ( $\text{NH}_3$ ), азот ( $\text{N}_2$ ) и други елементи. Се практикува и заситување на биогазот со водена пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Приносот на метан е меѓу најважните карактеристики на суровината која се користи. Освен видот на суровина, други важни фактори се дизајнот на дигесторот, температурата во дигесторот, времето за задржување и сл.

Европа брои илјадници инсталирани на биогазни системи. Земјите како Германија, Австрија, Данска, Шведска, Чешка, Италија и Холандија се сметаат за предводници во областа со најмногу инсталирани системи. Денес, капацитетите за производство на електрична енергија се движат од 50  $\text{kW}_{\text{el}}$  до 30  $\text{MW}_{\text{el}}$ . Капацитетот на типична земјоделска биогазна постројка изнесува околу 500  $\text{kW}_{\text{el}}$  и 550-600  $\text{kW}_{\text{th}}$ . Но, не цела произведена топлинска моќност може да се инјектира во мрежата затоа што околу 25% од произведената топлина се користи за сопствени потреби на постројката (загревање на дигесторите). Така, околу 500  $\text{kW}_{\text{th}}$  би биле достапни за комерцијални потреби. Кога

---

<sup>5</sup> Прирачникот BiogasHeat (Rutz et al. 2015) беше користен за ова поглавје. Некои параграфи во ова поглавје се директно извлечени од него.

постројката би работела со полн капацитет во текот на 8000 часа во годината, на крајот би произвела околу 400 MW<sub>th</sub>.

Има повеќе можности за искористување на биогазот (Слика 24). Во периодот на актуелизација на биогазот во Германија и Европа, главна цел била максимизацијата на производство на електрична енергија. Тоа било резултат на механизмите за поддршка на биогазни постројки за производство на електрична енергија (повластени тарифи). Токму затоа и се занемарувале бенефитите од искористување на топлинската енергија. Во меѓувреме, ова се променило како резултат на воведените мерки за поддршка на искористувањето на отпадната топлина. Меѓу овие мерки се и бонусите за когенеративни постројки, или директивите кои налагаат учество на отпадната топлина во одреден процент. Преглед на можностите за примена на биогазот направен од страна на Rutz et al. (2015).

Следните вредности може да бидат корисни при вршење на пресметки и мерења во биогазни постројки:

- Енергетска вредност на 1 kg биометан: 50 MJ
- Енергетска вредност на 1 Nm<sup>3</sup> биометан: 35,5 MJ, или околу 9,97 kWh
- Количество биометан во 1 Nm<sup>3</sup> биогаз: 0,45-0,75 Nm<sup>3</sup>
- Енергетска вредност на 1 Nm<sup>3</sup> биогаз: 5-7,5 kWh
- Произведена енергија од 1 Nm<sup>3</sup> биогаз: 1,5-3 kWh<sub>el</sub>
- Густина на 1 Nm<sup>3</sup> биометан: 0,72 kg/Nm<sup>3</sup>

За илустрација за енергетската вредност на биогаз, може уште да се наведе дека 1 m<sup>3</sup> биогаз е енергетски еквивалентен на 0,6 l на нафта за ложење.

Ако важи дека просечниот човек троши 7373 kWh/a за греење и санитарна топла вода, биогазна централа со капацитет од 500 kW<sub>th</sub> која годишно произведува 4,000 MW<sub>th</sub> би ја задоволрила потрошувачката за 543 луѓе. Се разбира, ова е само груба проценка направена врз основа на просечни вредности и под претпоставка на висок фактор на искористување на централата. Други фактори, како на пример променливоста на топлинскиот конзум поради климатските услови во лето и зима исто така мора да се земат предвид. Сезонската променливост на конзумот е главен предизвик за искористувањето на отпадната топлина за греење на домаќинствата.

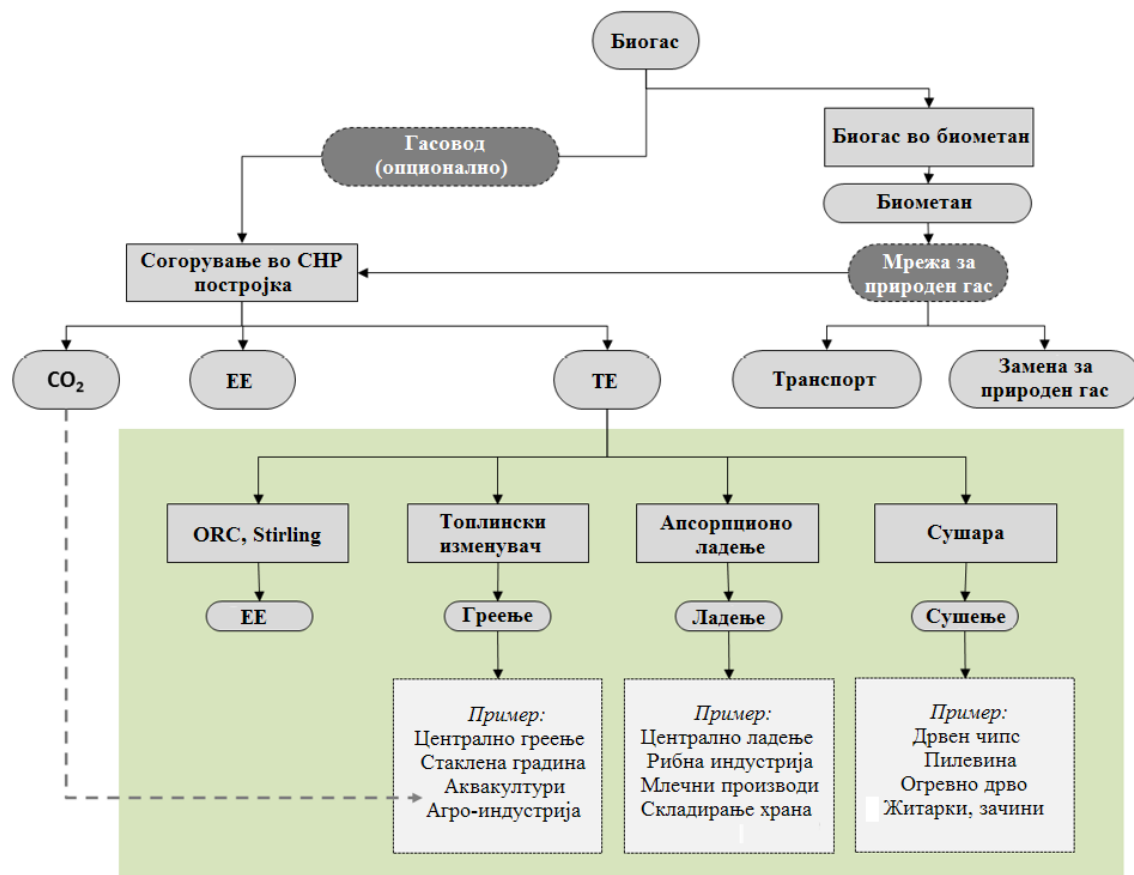


Слика 23: Дигестори во земјоделска биогазна централа (лево) и когенеративна единица (десно) (Извор: Rutz D.)

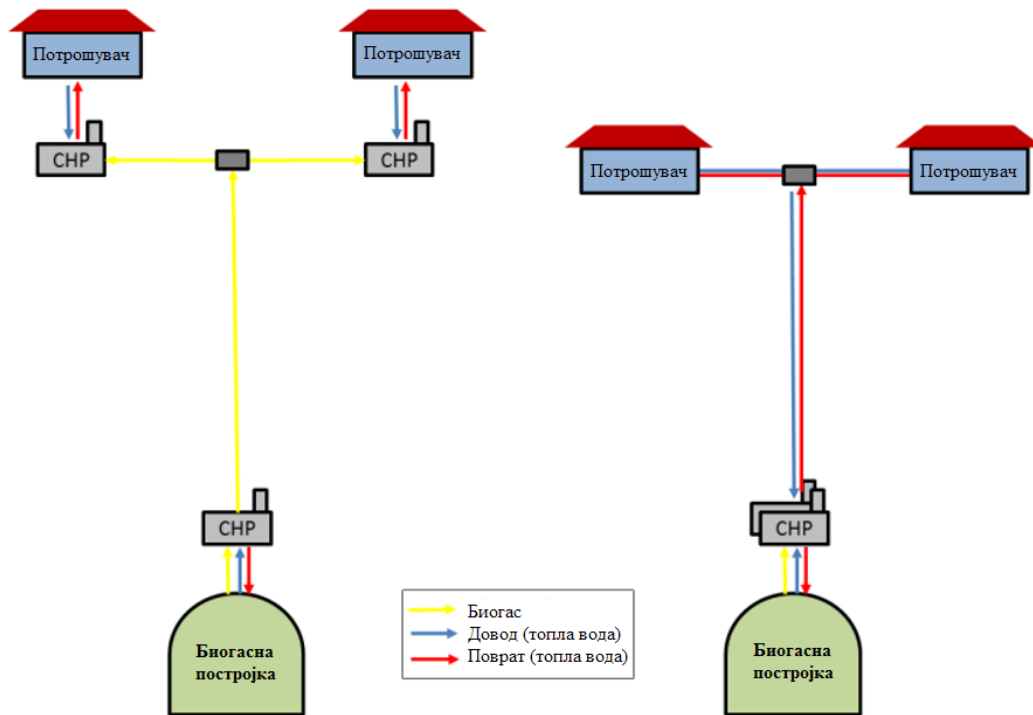
Интеграцијата на топлина од биогазни постројки во мали, модуларни системи за централно греење и ладење станува сè поважна, па сè повеќе концепти се развиваат во таа насока. Поради тоа што биогазните постројки во минатото биле градени на локации географски оддалечени од потрошувачите, растојанието меѓу нив се покажало како голем предизвик и недостаток. Затоа, наместо топлинската енергија да се пренесува на големи растојанија преку дистрибутивни топловодни цевки, се врши дистрибуција на произведениот биогаз. Гасот доаѓа до когенеративни постројки кои се близу потрошувачите преку соодветен цевководен систем (Слика 25).

Уште една алтернатива е создавањето на биометан од биогазот, кој, по своите својства е сличен на природниот гас. Со тоа тој е соодветен за инјектирање во мрежата на природен гас. Постојат неколку технологии за оваа трансформација: amino чистење, чистење во вода, адсорбција под притисок, мембранско раздвојување, криогено раздвојување. Поради високите трошоци, единиците за конверзија на биогазот во биометан обично се користат само за постројки чиј капацитет е поголем од 1 MW<sub>el</sub>. Штом биометанот се инјектира во мрежата за природен гас, тој физички се меша со него. Сертификационите системи во вакви случаи овозможуваат потрошувачите да користат само биометан.

Дигесторите во биогазните центри мора континуирано да се одржуваат на одредена температура која е неопходна за ефикасен и стабилен процес на анаеробна дигестија. Температурите на кои се загреваат дигесторите обично се 38 °C до 44°C, но тие зависат во типот на суровината која се користи. Топлинската енергија може да се добива на разни начини, на пример од топлински цевки кои го обвиткуваат дигесторот или испумпување на содржината на дигесторот низ топлински изменувач за да се загрее.

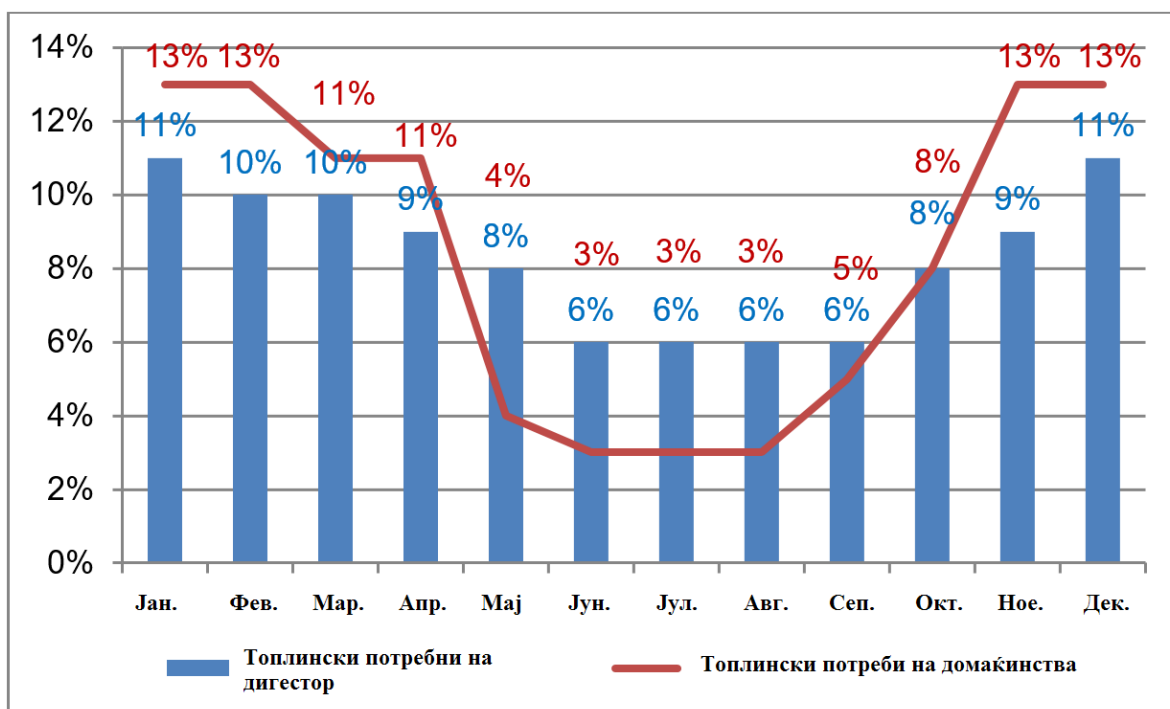


Слика 24: Упростен дијаграм за примената на биогазот (Извор: Rutz et. al. 2015)

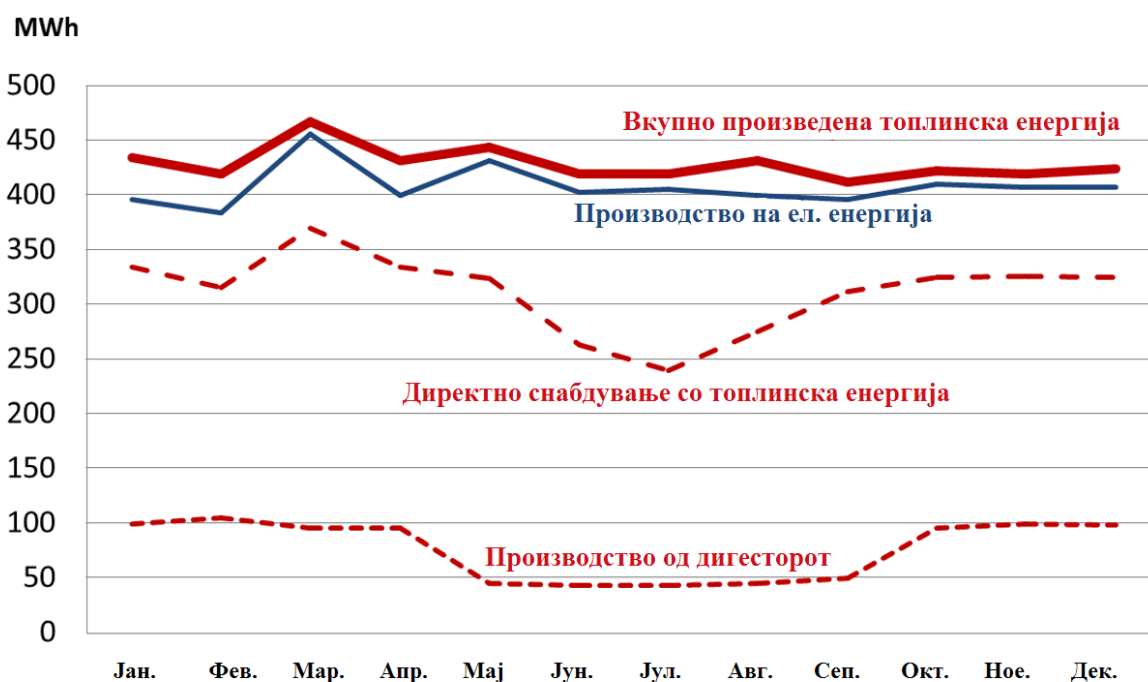


Слика 25: Транспорт на биогазот до когенеративна постројка близу потрошувачите (лево) и микро систем за централно греење и ладење (десно) (Извор: Rutz et al. 2015)

Од тој аспект, температурата на дигесторите е особено важна, затоа што таа директно влијае врз количеството произведена топлина. Потребата од топлина на дигесторите зависи пак, од надворешни услови како амбиенталната температура и климата. Дополнително, во постројки за обработка на отпад, може да има потреба од топлина за прочистување на суровината. Примери за ова се дадени на Слика 26 и Слика 27.



Слика 26: Месечни потреби од топлина на дигесторот (претпоставени вредности) и потреби од топлина на домаќинства (греење и топла вода; мерени вредности). Податоците се од студијата BiogasHeat направена во Германија (Извор: Rutz et al. 2015)



Слика 27: Пример на криви на производство на топлина на биогазна централа со капацитет од 600 kW<sub>th</sub> во текот на една година, во централна Европа (Извор: Rutz et al. 2015)

### 3.2.6 Растителни масла

Растителните масла се добиваат од семињата на маслодајни култури како сончоглед и репка. Во Biofuels Technology Handbook, Руц и Јансен имаат направено преглед на



поважните маслодајни култури. Растителните масла можат да се користат како транспортни горива или по пат да трансестерификација да се трансформираат во биодизел. Во транспортниот сектор овие горива се нарекуваат „биогорива“.

Растителните масла се користат и во стационарни котли и/или когенеративни постројки. Во тој случај се нарекуваат „биотечности“ (анг. „bioliquids“ - ЕС, RED Directive). Во минатото когенеративни постројки кои користеле биотечности добивале високи повластени тарифи, но истите се укинати поради неодржливоста на технологијата. Таа сè поретко се применува, како во Германија, така и во другите земји.

Сепак, растителните масла сè уште наоѓаат примена во малите системи за централно греење базирани на обновливи извори на енергија и тоа во котли за задоволување на врвната потрошувачка (глава 3.7). Тие би можеле да се користат наместо фосилните горива.



Слика 28: Когенеративна единица која користи растително масло од репка (Извор: Rutz D.)

### 3.3 Геотермална енергија

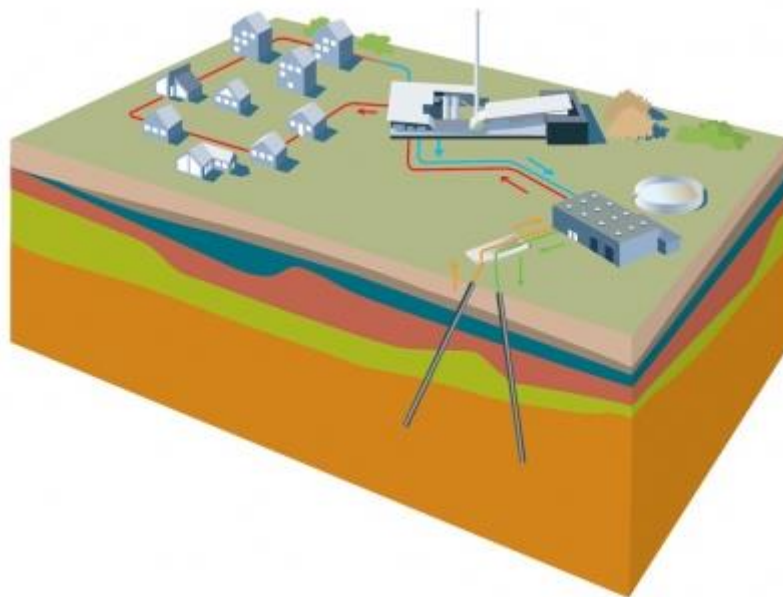
Геотермалната енергија е резултат на произведената и складирана топлина под површината на земјата. Таа потекнува од настанувањето на планетата Земја и од радиоактивното разложување на материјалите. Меѓу јадрото и површината на земјата постои температурна разлика која се нарекува геотермален градиент. Во јадрото на планетата Земја има растопена карпест материјал со висока температура. Во кората на земјата температурата се менува при различни длабочини. Во некои области, високите температури се наоѓаат многу длабоко под површината, а некои се поблиску до неа.

Системите кои ја користат геотермалната енергија варираат од големи и комплексни системи, до мали и релативно едноставни пумпни системи. Искористувањето на геотермалната енергија зависи од нејзиниот температурен градиент, т.е. температурата на одредена длабочина. Геотермалната енергија може, на пример, да се користи за производство на електрична енергија, но само при многу високи

температури. Ако температурата е помала од  $100^{\circ}\text{C}$ , нема соодветни услови за производство на електрична енергија. Во тој случај енергијата може да се користи како извор на топлина, за греење на објекти или за добивање на топла вода.

Во зависност од температурниот градиент се применуваат различни концепти за искористување на геотермалната енергија. Обично, геотермалната вода се испумпува од еден бунар и нејзината топлина се извлекува со помош на топлински изменувачи или топлински пумпи. Потоа, испумпаната содржина се враќа во друг бунат. Слика 29 го прикажува овој концепт.

Геотермалните бунари се слични на оние од кои се ископува нафта или гас. Технологијата и опремата кои се користат се ист така слични, со таа разлика што дијаметарот на бунарите на геотермална енергија се поголеми од оние за нафта, поради тоа што количината која се извлекува е поголема. (Dansk Fjernvarme, 2016)



**Слика 29: Искористување на геотермална енергија (Извор: Дански геотермален систем за централно греење, 2016)**

Главната придобивка од системите за греење и ладење со геотермална енергија е тоа што се обезбедува локална и флексибилна обновлива енергија. Со тоа се диверзифицира портфолиото на искористени обновливи извори, што води чекор поблиску до независноста од фосилни горива.

25% од европската популација живее во области кои се соодветни за имплементација на системи за централи греење со геотермална енергија (GeoDH n.d.). Моментално, во Европа се бројат околу 250 геотермални системи за централно греење (вклучувајќи ги тука и когенеративните системи) со вкупен инсталиран капацитет од околу  $4400 \text{ MW}_{\text{th}}$  и проценето годишно производство од околу  $13000 \text{ GWh/a}$  (2013). Во последните години бројот на вакви системи сè повеќе се зголемува, особено во Германија, Франција и Унгарија. Планирани се околу 200 проекти (во кои влегуваат и проекти за надградба на постоечките системи), а со тоа вкупниот капацитет би се зголемил од  $4500 \text{ MW}_{\text{th}}$  во 2014, до најмалку  $6500 \text{ MW}_{\text{th}}$  во 2018 година. Дистрибуцијата на геотермалната топлина до зградите овозможува економичен начин на греење на големи системи.

Слика 30 ги прикажува постоечки и потенцијални проекти за системи за централно греење на геотермална енергија во Југоисточна Европа (десно) и Европа (лево). Мапите можат да се најдат on-line и се интерактивни. Содржат повеќе слоја кои се

вклучуваат или исклучуваат по потреба, а со тоа се покажуваат различни елементи на потребата од топлинска енергија, температурите, резервоарите итн.



Слика 30: Мапи на постоечките системи за централно греење (црвени точки) со геотермална енергија (лево) и потенцијалните системи (десно); Легенда: температура > 50°C на 1000 m длабочина (сино) и температура > 90°C на 2000 m (црвено); виолетовата боја укажува на преклопување на двете области. (Извор: [http://map.mfpi.hu/geo\\_DH/](http://map.mfpi.hu/geo_DH/))

Важна особина на системи на геотермална енергија е високиот инвестициски трошок, особено кога базените со геотермална вода се сместени многу длабоко под површината. Нејзиното искористување е најисплатливо ако таа има висока температура, а се наоѓа близу површината. Енергијата може да се користи како базна моќност за системот. Друга важна особина која особено се однесува на длабоките базени е ризикот при копање на длабочини од 2-3 km.

Во одредени случаи може да се појави потреба од интегрирање на топлински пумпи за да се подигне температурното ниво. Без разлика дали притоа се применуваат електрични или апсорпциони топлински пумпи, добро е тие да се напојувани од други обновливи извори. Може да се заклучи дека геотермалната енергија со себе може да повлече користење на друг извор на енергија, како на пример биомаса или електрична енергија и тоа во значителни количини. Тоа дополнително ги зголемува операционите трошоци. Ако станува збор само за пумпањето на геотермалната енергија, трошоците се мали, но тие растат со вклучувањето за електричната енергија или биомасата потребни за топлинските пумпи.

Трошоците за пумпање се пропорционални и на длабочината од која се извлекува геотермалната содржина. Искуствата во Данска покажуваат дека некогаш е економски поисплатливо да се користат топлински пумпи во комбинација со геотермална енергија со ниска температура (40-90°C), која се наоѓа близу површината (1000 m до 3000 m). Ориентационо, може да се каже дека на секои 1000 m, температурниот градиент се зголемува за 30°C. (Frederiksen & Werner, 2013)

Кога се планираат геотермалните центри, треба да се внимава годишното производство на енергија да биде големо за да може да се исплатат трошоците за ископување на бунари и за поставување на потребните објекти. Врз основа на податоци од данската Агенција за енергетика, систем за централно греење би требало да може да снабдува (продава) најмалку 400 – 500 TJ во текот на една година за цените на геотермалната енергија да бидат конкурентни со останатите. Сепак, ова не

мора да важи секаде, т.е. се менува од држава до држава, во зависност на геотермалниот потенцијал.

Потенцијалот на геотермална енергија на големи длабочини е значителен. Меѓутоа, неговата искористеност, особено за системи за централно греење е многу мала. Идентифицирани се четири клучни аспекта за подобрување на ситуацијата:

- Конзистентност во енергетските стратегии за декарбонизација на секторот за греење
- Отстранувањето на регулаторните и пазарни пречки и поедноставување на процедурите за операторите и креаторите на политики
- Развој на иновативни модели за финансирање на геотермални проекти кои имаат големи капитални трошоци
- Обука на техничари, државни службеници и носители на одлуки од регионалните и локални институции за да се даде соодветна техничка основа која е потребна за одобрување и поддршка на ваквите проекти.

Има неколку проекти кои ја поддржуваат имплементацијата на геотермална енергија во системите за централно греење и ладење:

- Во периодот 2012 – 2014, Европската Унија во финансира проектот GeoDH<sup>6</sup>. Цел на овој проект било надминување на нетехничките бариери за интеграција на геотермалната енергија во системите за централно греење во 14 земји низ Европа. Во склоп на овој проект се развиени неколку прирачници и видео кое го објаснува основниот концепт на геотермалната енергија
- Општ преглед на технологијата која се користи за искористување на геотермалната енергија од 2011<sup>7</sup>

### **3.4 Отпадна топлина**

Отпадната топлина од индустријата или од други обновливи извори на енергија (на пример биогасна постројка) може да се смета за евтин извор на топлина. Меѓутоа, пред истиот да се примени потребно е детално да се анализираат температурите на отпадната топлина како и потенцијалот за енергетска ефикасност.

Дали искористувањето на отпадната топлина е изводливо или не, пред сè зависи од локацијата на индустрискиот објект, количината на топлинска енергија и нејзината температурата. Станува збор за топлината која не е искористена од индустрискиот објект (фабрика). Затоа, нејзината примена за други цели не влијае врз индустрискиот процес. Треба да се земе предвид дека прекинувањето на индустрискиот процес значи и прекинување на производството на отпадна топлина. Токму затоа добро е да се анализира динамиката на работа на индустрискиот објект.

Друг важен заклучок е постоењето на ризик од соработка со индустрија која од разни причини може набрзо да се затвори. Поради тоа, во склучениот договор мора добро да се дефинираат последиците од неизвршување на обврските на една од договорните страни. Обично, компанијата одговорна за индустрискиот објект сака да ја амортизира инвестицијата за краток временски период (три до пет години), што е доста кратко време за операторот на системот.

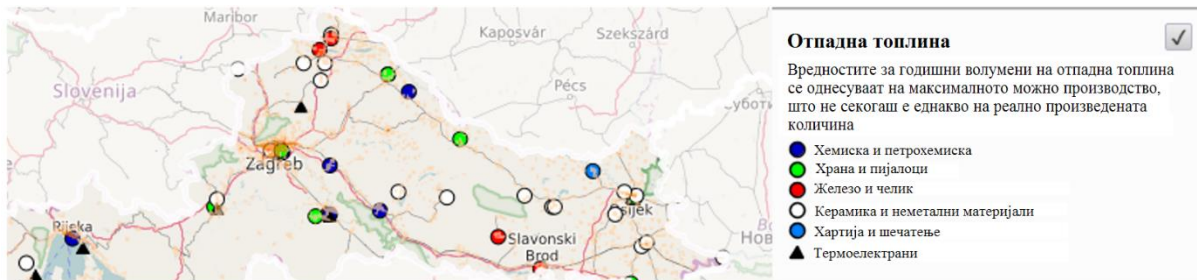
---

<sup>6</sup> [www.geodh.eu](http://www.geodh.eu)

<sup>7</sup> [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_roadmap.pdf)

Импликациите од условите на договорот имаат уште поголемо влијание врз техничките карактеристики на системот, но и врз цената на енергија за крајните потрошувачи ако отпадната топлина има голем удел во вкупниот микс на извори. Еден пример во Данска (Скјерн Папирфабрик кој го снабдува Скјерн системот за централно греење со отпадна топлина) покажува дека повеќе од 50% од вкупната топлина е од отпадна топлина од фабриката. Во други системи за централно грее овој удел е многу помал.

Heat Roadmap Europe 2050 дава мапи кои го покажуваат топлинскиот конзум, но и потенцијалот на разни извори на енергија, како на пример отпадна топлина од индустрија. Ова може да е прв чекор за идентификација на потенцијалните топлински извори.



Слика 31: Примери на отпадна топлина во Хрватска<sup>8</sup>

Добро е и да се воспостави дијалог со блиските енергетски интензивни фабрики и притоа да се разговара за нивното потенцијално учество како производители на топлина. Најчесто, компаниите кои ги водат индустриските процеси се заинтересирани за секаков вид дополнителен приход, уште повеќе ако истиот го остваруваат од нуспроизвод. Тоа значи дека за оваа активност тие не би сакале да вложат големи средства затоа што не им е примарна, па иницијативата за ваков потфат обично паѓа врз компанијата во чија сопственост е системот за централно греење.

Како кај нискотемпературната геотермална енергија, така и овде, топлинските пумпи се применуваат за подигнување на температурата на отпадната топлина на нивото потребно за системот за централно греење.

Освен отпадната топлина од индустриски процеси, може да се користи и отпадната топлина од постројки на обновливи извори на енергија, на пример од биогасна постројка. Причините поради кои биогасните постројки сè уште не ја користат топлината ефикасно се дадени во Поле 5. Предност на користењето на отпадната топлина од биогасни постројки е континуираната достапност во текот на цела година и релативно ниската цена, која, меѓу другото зависи и од правната рамка. Проблемот на овој концепт се состои во тоа што биогасните постројки често се географски оддалечени од потрошувачите. За нови биогасни постројки, потребата од топлина како и локацијата на постројката треба да се анализираат во процесот на планирање. Повеќе детали се дадени во глава 3.2.3.

<sup>8</sup> <http://maps.heatroadmap.eu/maps/30662?preview=true#>

#### Поле 5: Зошто некои биогазни постројки произведуваат отпадна топлина?

Во Европа, но и ширум светот, производството и примената на биогазот е во пораст како резултат на зголемената потреба од обновливи извори на енергија. Многу земјоделски и индустриски биогазни постројки во Европа го користат биогазот за производство на електрична енергија во когенеративни постројки. Меѓутоа, во повеќето случаи топлината од комбинираното производство не се користи, туку се фрла. Причината за ова се наоѓа во мерките за поддршка на обновливи извори на енергија кои се фокусираат на електричната енергија, а се занемарува ефикасноста на топлинската енергија. Неефикасноста во искористувањето на енергијата е пречка во сегашните центри на биогаз, а тоа резултира со макроекономски и микроекономски загуби и предизвици во контекст на зголемена конкурентност за искористување на земјиштето. Повеќе информации за искористувањето на отпадна топлина од биогазни постројки има во прирачникот „Прирачник за одржливо искористување на отпадната топлина од биогазни постројки“ (Rutz et al. 2015)

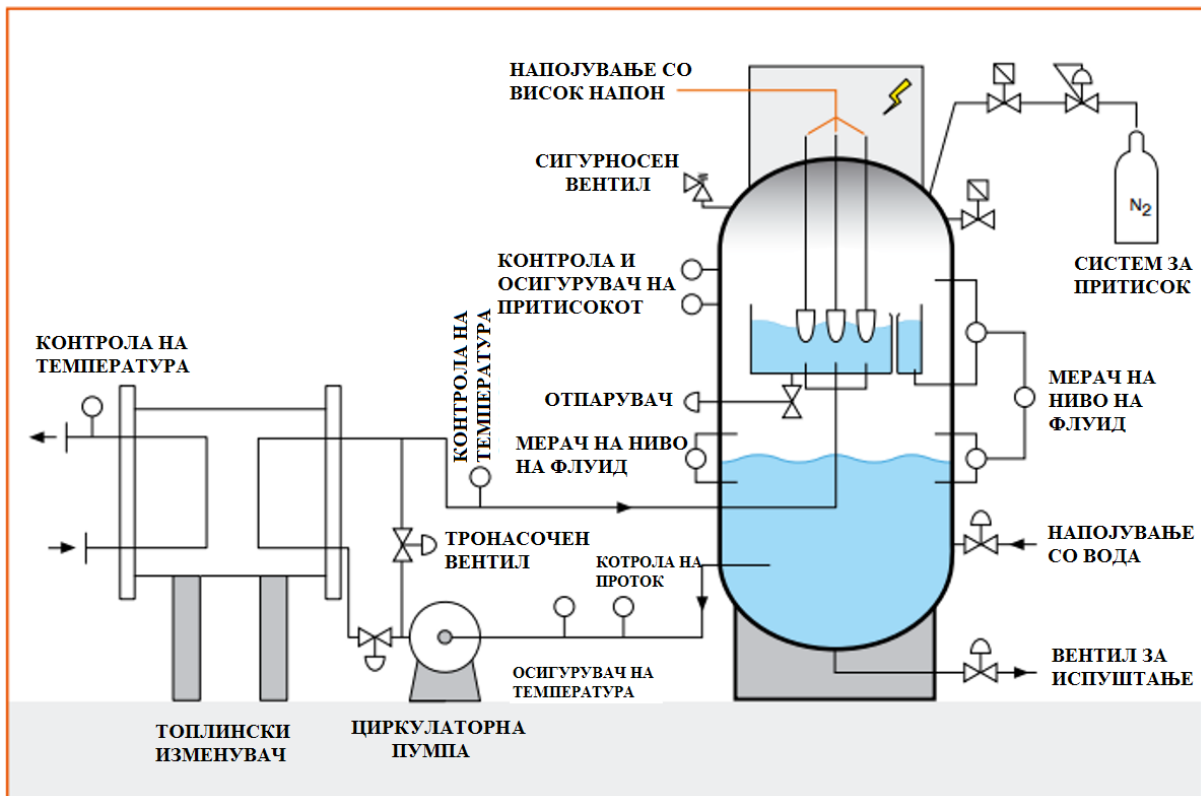
### 3.5 Електрични бојлери: *Power-to-Heat*

Конверзијата на електричната енергија во топлинска се извршува со речиси 100% ефикасност. Меѓутоа, при производството на електрична енергија има загуби, па ефикасноста на целата конверзија зависи од изворот кој се користи. Затоа и ексергијата (флексибилноста за искористување на енергијата) за електрична енергија е поголема од онаа за топлинска. Од таа причина да не се користи електричната енергија за греење.

Потребата од помошни услуги на пазарот на електрична енергија отвора можност за интеграција на електричните бојлери во системите за централно греење. Генерално, тие се сметаат за суплементарна технологија која овозможува заработка на пазарот на електрична енергија заради пружање помошни услуги. Оваа заработка крајно ја намалува цената на топлинската енергија. Електричните бојлери се особено корисни и за искористување на вишокот електричната енергија произведена од обновливи извори.

Оваа технологија служи за покривање на врвната потрошувачка, онаа која што во спротивно се покрива со фосилни горива. Се разликуваат два вида на бојлери:

- Омски (отпорнички) грејни тела: функционираат на истиот принцип како бојлерите во домаќинствата. Овој концепт се применува за моќности околу 1-2 MW, а бојлерите се поврзуваат на нисконапонската мрежа.
- Бојлери со електроди: (Слика 32) Бојлерите со електроди се користат за поголеми моќности (поголеми од неколку MW) и се директно поврзани на среднонапонска или високонапонска мрежа.



Слика 32: Шематска илустрација на електричен бојлер. Топлината се произведува во горната комора со помош на отпорници меѓу електродите. Во бојлерот има систем со инертен гас под притисок (Извор: ПАРАТ Халворсен АС<sup>9</sup>)



Слика 33: Електричен бојлер со моќност од 10 MW и капацитет од 14,4 m<sup>3</sup> поврзан со соларен систем за греење во Грам, Германија (Извор: Rutz D.)

Поради едноставниот дизајн, електричните бојлери се особено доверливи и едноставни за одржување.

<sup>9</sup> <http://parat.no/en/products/industry/parat-ieh-high-voltage-electrode-boiler/>

Во Данска може да се најдат доста системи во кои има електрични бојлери. Инсталирани се 45 вакви бојлери со вкупен капацитет од 490 MW. Најголемите бојлери имаат моќности од 80 MW и 93 MW (2015 и 2022 соодветно). На [www.smartvarme.dk](http://www.smartvarme.dk) може да се најде интерактивна мапа со ваквите проекти во Данска.

### 3.6 Топлински пумпи

Топлинските пумпи најчесто не се главен извор на топлина во системите за централно греење, но се клучни за оптимизација на работниот режим на другите обновливи извори на енергија, како на пример соларната енергија. Тие служат за подигнување на температурата на топлинската енергија.

Топлинските пумпи може да се **централизирани** или **децентрализирани**. Во првиот случај, топлински пумпи со поголем капацитет се поставуваат централизирано и од едно место се регулира нејзината работа, додека децентрализираните топлински пумпи се лоцираат кај потрошувачите, заедно со топлински изменувачи и останатата опрема. Ваквиот пристап има смисла ако дистрибуцијата на топлинската енергија се врши при ниски температури заради ефикасноста, а потрошувачите имаат потреба од високи температури, на пример за топла вода. Примери за централизирана и децентрализирана примена на топлинските пумпи се наведени во Извештајот за најдобри практики на Лауберг Јенсес и др. (2016).

Технологијата на која се потпираат топлинските пумпи е истата онаа која се користи кај фрижидерите (глава 7.2). Тие ја извлекуваат топлинската енергија од околината (од изворот на топлина) и ја конвертираат во топлина со повисока температура (излезна топлина), а целиот процес е во затворен циклус. За да функционира, процесот има потреба од дополнителен извор на топлинска или електрична енергија. Шематски приказ на принципот на работа на топлинските пумпи е дадена на Слика 35.

Она што ги прави топлинските пумпи корисни е нивната способност за искористување на отпадната топлина, или на енергијата од околината која во друг случај би останала неискористена. Изворот на топлина треба да биде достапен и соодветен за потрошувачката. Ефикасноста на топлинската пумпа зависи од температурата на топлината која од едната страна е влез во пумпата, а тоа може да влијае врз комплексноста на системот.

Како извори на топлина може да се користат воздухот од околината, површинска или подземна вода, земјата или отпадната топлина. Просечната амбиентална температура во северниот дел на Европа е околу 8°C, додека во јужниот дел таа изнесува околу 10°C. Овие температури се слични со оние на земјата и подземната вода. Отпадната топлина од индустриските процеси има значително повисока температура. Во некои случаи, влезната топлина се носи преку секундарен систем со вода или гликол, но, за оптимална работа на топлинската пумпа, најдобро е изворот на топлина директно да се поврзи со испарувачот на топлинската пумпа.

Топлинските пумпи се категоризирани според нивниот дизајн и принципот на работа:

- Компресорски: Погонувани со електрична енергија или гас
- Сорпциони: Погонувани од гас или топлина (постојат апсорпциони и адсорпциони)

За да функционираат, двете технологии имаат потреба од топлинска енергија на влезот (за резиденцијалниот сектор температурите на топлината се мали), како и енергија која ќе ги напојува. Компресорските топлински пумпи најчесто се напојуваат со електрична енергија, додека сорпционите користат топлинска енергија (пареа, топла вода, но и малку електрична енергија).



Топлинските пумпи се категоризираат и според медиумот кој се користи за апсорбирање на топлината од една страна (од страната на изворот) и нејзино ослободување од другата страна на пумпата (од страната на понорот) :

- Топлинските пумпи воздух – воздух ја апсорбираат топлината од околниот воздух, а преку топлински изменувачи ја оддаваат на страната на понорот
- Топлинските пумпи воздух – вода ја апсорбираат топлината од околниот воздух, а ја предаваат преку хидрауличен систем (радијатор, конвектор, подно греење итн.)
- Топлински пумпи вода – вода ја апсорбираат подземната топлинска енергија преку систем на цевки, а ја предаваат преку хидрауличен систем (радијатор, конвектор, подно греење итн.)

„**Коефициент на ефикасност**“ (анг. Coefficient of Performance) – COP е мерка за ефикасноста на топлинските пумпи. Тој претставува однос меѓу топлината која топлинската пумпа ја оддава и онаа која ја троши за да работи. На пример, ако COP = 3, тоа значи дека топлинската пумпа испорачува три пати повеќе моќност отколку што троши. Две третини од испорачаната моќност, во тој случај, е апсорбирана од околната.

Во зависност од капацитетот на топлинската пумпа, потребата од топлинска енергија, температурите, но и од практични причини, различни топлински пумпи се применуваат во различни ситуации. Големо влијание врз работата на пумпата има **топлоносителот** кој се користи. Важна особина на теплоносителот е неговата точка на вриење поради тоа што таа го одредува преминот од течна во гасна агрегатна состојба. Во пракса се користат разни работни медиуми меѓу кои хидрофлуоројаглерод (HFC) и хидрохлорофлуоројаглерод (HCFC). Други видови на работни медиуми се презентирани подолу во прирачникот.



**Слика 34:** Топлинска пумпа со моќност од 440 kW која ја апсорбира топлината од подземните води, а снабдува мал систем за централно греење во Долштајн, Германија (Извор: Rutz D.)

Топлинските пумпи кои користат  $\text{CO}_2$  функционираат при т.н. транскритични работни параметри со особено високи притисоци на кондензација, што значи дека топлоносителот испарува при константна температура, а кондензира со појава на лизгање на температурата. Тоа го прави  $\text{CO}_2$  особено прикладен за користење кога топлината се извлекува од нискотемпературен извор, чија температура притоа опаѓа за неколку степени. Максималната излезна температура на системите кои користат  $\text{CO}_2$  е околу  $90^\circ\text{C}$ . За да се постигне висока вредност на COP, кај системи кои користат  $\text{CO}_2$ , влезната температура на топлоносителот не треба да надминува  $40^\circ\text{C}$ . Пример за инсталирана топлинска пумпа во која се применува  $\text{CO}_2$  е оној во Марстал Фјернварме, во Данска, чиј капацитет е 1,5 MW. Максималната температура е  $75^\circ\text{C}$ , како што е наведено во извештајот за најдобри практики на Лауберд Јенсен и др. (2016).

**Аминијакот** често се применува како топлоносител во индустријата, особено во поголемите постројки каде се јавува потреба од високи работни температури (околу  $95^\circ\text{C}$ ). Како резултат на високите притисоци што соодветствуваат на високите температури, потребно е да се користи посебна опрема. Аминијакот исто така е соодветен за системи со пониски температури. Во таквите системи се користи стандардна опрема. Инвестициските трошоци за системите со стандардна опрема се помали од трошоците кај високотемпературните пумпи, а истовремено се подигнува вредноста на COP. Примери кои користат топлински пумпи со аминијак како топлоносител се среќаваат во системот за централно греење Драмен, Норвешка (15 MW, максимална температура од  $90^\circ\text{C}$ ), Скјерн Папер, Данска (4 MW, максимална температура од  $90^\circ\text{C}$ ) и системот за централно греење во Бјеринбро, Данска (3,5 MW, максимална температура од  $70^\circ\text{C}$ )

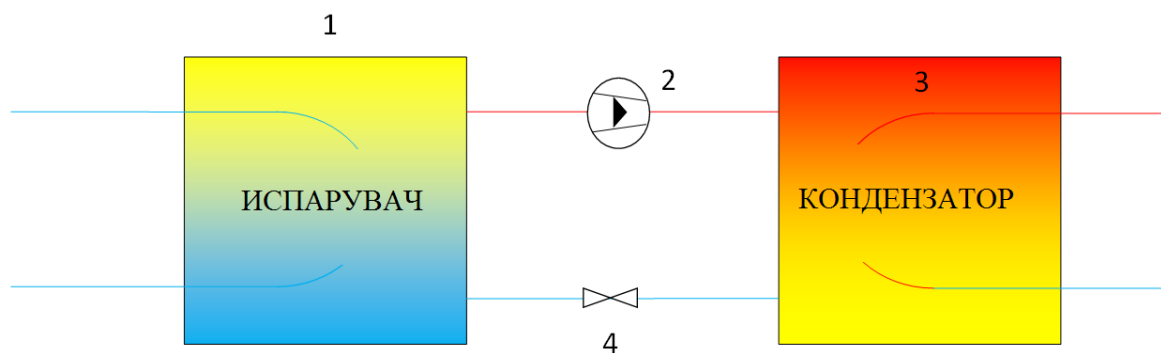
**Литиум бромид (LiBr)/Вода** се користи во апсорпционите топлински пумпи, додека комбинацијата аминијак/вода се користи во апсорпционите системи за ладење. Најниската дозволена температура на страната на изворот е околу  $6^\circ\text{C}$ , додека температурата на страната на топлинскиот понор може да изнесува до  $85^\circ\text{C}$ . Различните температури на страната на изворот и понорот имаат меѓусебно влијание,

што значи дека ниска температура на страната на изворот може да ја ограничи максималната температура на страната на понорот. Онаму каде што е потребно да се покачи температурното ниво може да се користат топлински пумпи со повеќестепена компресија. Примери за постројки во кои се користат топлински пумпи со литиум бромид/вода се системот за централно греење во Бјерингбро, Данска (0,9 MW (ладење), максимална температура од 70°C) и Вестфорбраендинг, Данска (13 MW (ладење), максимална температура 80°C).

Загубите на моќност во топлинските пумпи се намалуваат ако тие истовремено се користат за греење и ладење. Во тој случај ефикасноста на топлинските пумпи се зголемува. За да се намалат разликите на притисокот, а со тоа и работата на циркулаторните пумпи, препорачливо е да се користат разладни масла, подладувачи итн. За истата цел може да се користат мотори со висока ефикасност кои се ладат со вода или друг разладен медиум.

### 3.6.1 Компресорски топлински пумпи

Основниот принцип на работа на компресорските топлински пумпи е прикажан на Слика 35. Тие се состојат од високопритисен и нископритисен дел. Во нископритисниот дел се презема топлината од топлинскиот извор, а тој притоа испарува (чекор 1, Слика 35). Тоа значи дека топлинскиот извор се лади. Притисокот на топлоносителот во компресорските топлински пумпи, а со тоа и неговата температура, се подигнува во компресорот (чекор 2). Од страната на понорот, водата која циркулира низ грејниот потрошувачки систем ја апсорбира топлината од топлоносителот (чекор 3) при што нејзината температура расте (во вентилациските системи, наместо вода, за овој чекор се користи воздухот). Притисокот на високопритисната страна се регулира преку експанзиски вентил (чекор 4), а со тоа се обезбедува континуирана циркулација на топлоносителот.



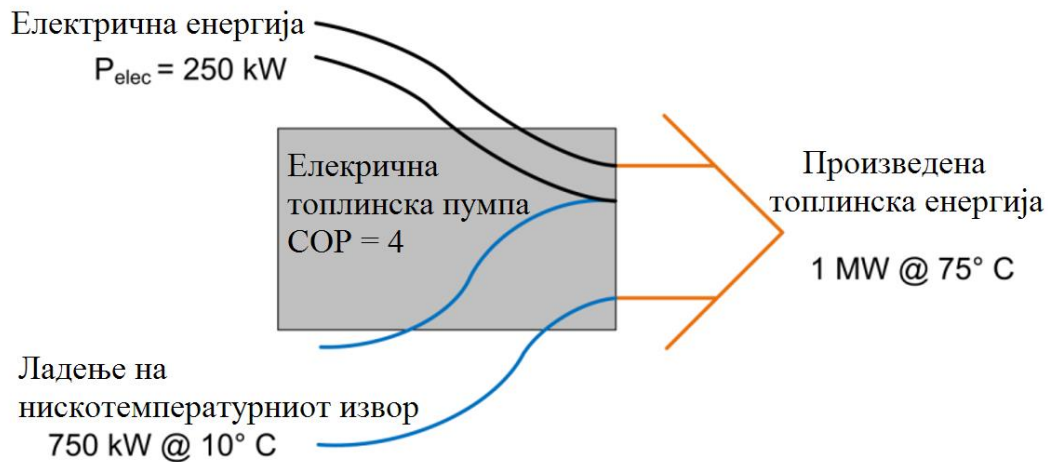
1: испарувач, 2: компресор, 3: кондензатор, 4: вентил

**Слика 35:** Принцип на работа на компресорска топлинска пумпа. Топлинските пумпи погонувани од мотор работат на сличен начин, со таа разлика што компресорот може да биде погонуван од дизел мотор или електричен мотор. Главната разлика во однос на сорпциските топлински пумпи се согледува во начинот на регенерација на топлоносителот (Извор: Данска Агенција за Енергетика и [Energinet.dk](http://Energinet.dk), 2015)

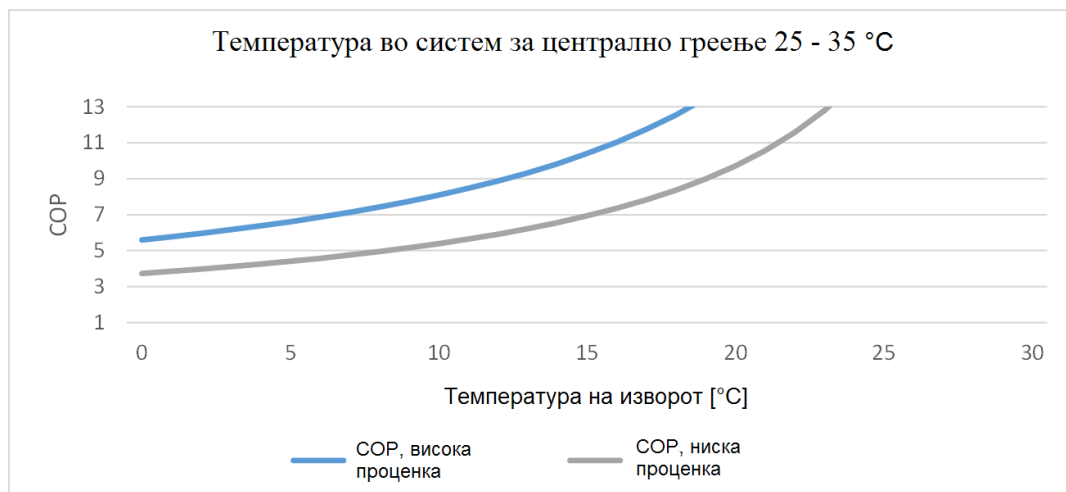
Кај компресорските топлински пумпи, вредноста на факторот COP изнесува околу 3 – 5. Оваа вредност зависи од ефикасноста на поединечните топлински пумпи, температурата на топлинскиот извор и понор, како и од температурната разлика на изворот и понорот. Тековите на енергија се илустрирани со помош на Сенкиев дијаграм на Слика 36.

Кај топлинските пумпи кои се интегрирани во систем за централно греење, температурата на топлинскиот извор на пумпата е еднаква амбиенталната температура, додека температурата на страната на понорот е еднаква на

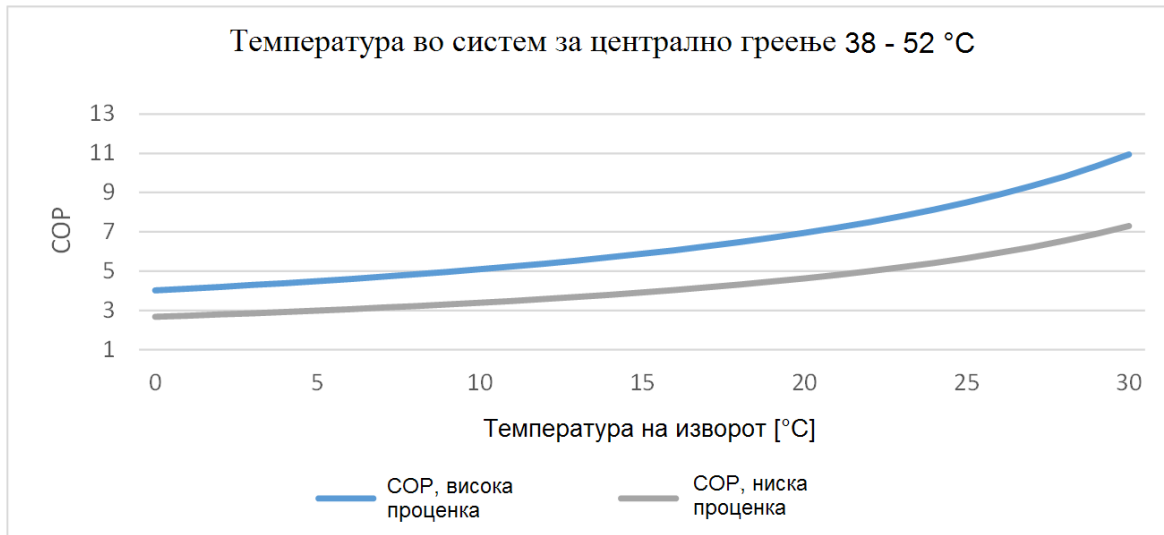
температурата на топлоносителот во системот за централно греење. Очигледно, COP на топлинската пумпа зависи од околните услови. Токму затоа, ефикасноста на конкретен системи треба да се анализира врз основа на условите во текот на целата година, при што се добива т.н. сезонски COP, или SCOP (анг. Seasonal Coefficient of Performance). На следните дијаграми факторот COP на компресорска топлинска пумпа се прикажува како функција од температурата на топлинскиот извор.



Слика 36: Сенкиев дијаграм на топлинска пумпа од 1 MW; номиналната моќност од 250 kW ѝ овозможува на топлинската пумпа да искористи 750 kW од нискотемпературен извор ( $10^\circ \text{C}$ ), притоа испорачувајќи 1 MW топлинска моќност при  $75^\circ \text{C}$  ( $COP=4$ ). (Извор: Данска агенција за енергетика & Energinet.dk, 2015)



Слика 37: COP на топлинска пумпа како функција од температурата на топлинскиот извор. Температура на системот за централно греење: 25-35°C (повратна-доводна), ладењето на изворот е  $5^\circ \text{C}$  во сите работни точки. Долна Лоренцова искористеност: 40%, горна Лоренцова искористеност: 60% (Извор: Данска енергија за енергетика & Energinet.dk, 2016)



Слика 38: COP на топлинска пумпа како функција од температурата на топлинскиот извор. Температура на системот за централно греење: 38-52°C (повратна-доводна), ладењето на изворот е 5°C во сите работни точки. Долна Лоренцова искористеност: 40%, горна Лоренцова искористеност: 60% (Извор: Данска енергија за енергетика & Energinet.dk, 2016)

Слика 37 и Слика 38 покажуваат дека температурите на системите за централно греење (и разликата меѓу температурата на доводниот и повратниот систем) имаат значително влијание врз COP. Температурниот опсег на топлинскиот извор се избира да биде таков што ќе соодветствува на дозволените работни точки на пумпата. Треба да се има на ум дека доводната и повратната температура во системите за централно греење зависат од локални карактеристики, како и од материјалите од кои е изградена зградата, постоечката правна рамка, температурата со која се постигнува посакуваниот комфор на потрошувачите итн. Температурите кои се прикажани на сликите (Слика 37 и Слика 38) се избрани така што ќе ја илустрираат разликата меѓу стандардните температури во зградите и зградите со подно греење (25-35°C) и модерните радијаторски системи (38-52°C).

Доколку се користат топлински пумпи со голема моќност интегрирани во системи за централно греење, се применуваат истите правила во однос на температурите. Колку е пониска температурата на страната на понорот, толку е повисока вредност на COP, а со тоа цената на испорачаната топлинска енергија е помала. Променливата температура на довод овозможува оптимизација на снабдувањето и трошоците.

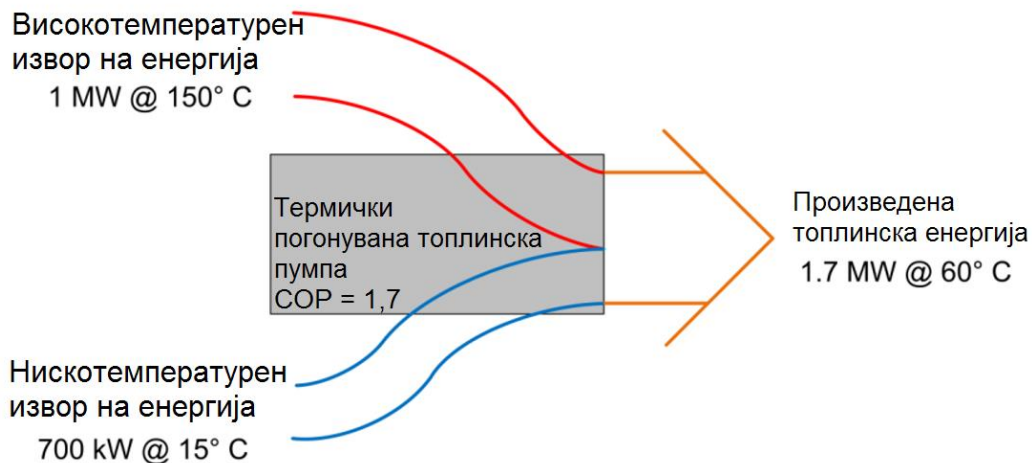
Компресорските топлински пумпи напојувани од електрична енергија не емитираат стакленички гасови затоа што нема локално согорување на гориво. Поради тоа, тие можат да се инсталираат во области во кои постои ограничување на дозволените емисии на издувни гасови. Меѓутоа, вистинскиот емисионен фактор на целокупното производство на електрична енергија зависи од начинот на кој таа е произведена (дали се користат фосилни горива, нуклеарна енергија, обновливи извори итн.), што варира од земја во земја и со текот на времето.

Во енергетските системи во кои електричната енергија игра важна улога, компресорските топлински пумпи се ефикасен начин за поврзување на електроенергетскиот систем со системите за греење. Тоа е така затоа што, за дадена потрошувачка на електрична енергија, топлинските пумпи испорачуваат повеќе топлинска енергија од отпорничките грејачи.

### 3.6.2 Сорпциони топлински пумпи

**Апсорпционите топлински пумпи** наместо електрична енергија користат топлински извор кој претставува процесна топлина. Оваа топлина го регенерира топлоносителот

кој испарува при ниски температури и на тој начин ја искористува нискотемпературната топлина. Топлината на добиената енергија не може да биде повисока од температурата на погонската топлина, ниту пак пониска од температурата на нискотемпературниот извор. Теоретски, топлинска енергија од 1 kJ може да регенерира околу 1 kJ топлоносител, што значи дека апсорпционата топлинска пумпа има COP од околу 2. Како резултат на загубите во системот, реалните вредности на COP се движат околу 1,4 до 1,7. Текот на енергија на апсорпционата топлинска пумпа е прикажан на Слика 39.



Слика 39: Сенкиев дијаграм на апсорпциона пумпа со моќност од 1,7 MW. Високотемпературната погонска моќност (1 MW) и овозможува на топлинската пумпа да ја искористи топлината од нискотемпературниот извор (15°C). Излезната моќност е 1,7 MW при температура од 70°C. (COP = 1,7) (Извор: Данска агенција за енергетика & Energinet.dk, 2015)

Принципот на работа на **адсорпционите топлински пумпи** е сличен на принципот на апсорпционите. Главната разлика се состои во тоа што адсорпционите топлински пумпи користат цврсти материјали, додека апсорпционите пумпи користат течни соединенија. Најчести комбинации на материјали за адсорпционите топлински пумпи се:

- Зеолит – вода
- Силика гел – вода
- Активен јаглен – метанол
- Активен јаглен/сол - амонијак

### 3.6.3 Споредба на топлинските пумпи

Економските карактеристики на сорпционите и електричните топлински пумпи треба да се споредуваат врз основа на сите економски параметри, и тоа инвестициските трошоци, трошоците за одржување и трошоците за дополнителни компоненти на системите. Причина за тоа се потенцијалните разлики во димензионирањето на топлинскиот извор, како што е прикажано во долната табела. Изворите кои ги напојуваат топлинските пумпи може да имаат помал капацитет од електричните поради тоа што погонската енергија во гасните топлински пумпи претставува поголем дел од вкупната енергија.

Табела 3: Предности и недостатоци на различните видови топлински пумпи (Извор: PlanEnergi)

Топлинска пумпа	Предности	Недостатоци
<b>Електрична/ воздух - воздух</b>	<p>Може да се користи во згради кои немаат систем централен систем со радијатори</p> <p>Едноставна инсталација, нема потреба од копање</p> <p>Ниски инвестициски трошоци</p> <p>Инверторските топлински пумпи воздух – воздух можат да ги и задоволат потребите за греење, но и за ладење</p>	<p>Задоволувањето на голема потрошувачка на топлинска енергија не се врши при оптимални работи услови</p> <p>Секоја соба мора да има одделен уред</p> <p>Во периоди на голема влажност и ниски температури може да се појави мраз на надворешната единица, што ја намалува ефикасноста</p> <p>Поевтините производи може да бидат гласни</p>
<b>Електрична/ вода-воздух</b>	<p>Повисока вредност за COP во грејна сезона, од онаа на топлинските пумпи воздух-воздух</p> <p>Поедноставна инсталација од, на пример топлинските пумпи кои го користат земјиното тло како топлински извор</p>	<p>Поедноставните производи може да бидат гласни</p> <p>Ефикасноста зависи од температурата на околината и температурата на доводот на системот за греење. Затоа ефикасноста и е најмала во ладни периоди, кога побарувачката за топлинска енергија е најголема</p> <p>Најголем дел од моделите имаат максимална излезна температура од 55-60°C, поради што има потреба од континуирана циркулација за вода за постигнување високи температури или покривање на врвните товари</p> <p>За постигнување на висока вредност на SCOP, потребно е да се направат нагудувања во системот за централно греење (дополнително инвестиции)</p>
<b>Електрична/ земја-вода</b>	<p>Повисока вредност за COP во грејна сезона, од онаа на топлинските пумпи воздух-воздух и воздух-вода</p> <p>Помали варијации на COP во текот на годината</p> <p>Еден уред може да ги задоволи потребите за греење и топла вода</p> <p>Нема проблеми во однос на гласност</p>	<p>Најскап тип електрична топлинска пумпа</p> <p>Потребна е дополнителна инвестиција за бушење</p> <p>За постигнување на висока вредност на SCOP, потребно е да се направат нагудувања во системот за централно греење (дополнително инвестиции)</p>

<b>Електрична/ подземја вода</b>	<p>Топлинскиот извор има речиси константна температура во текот на целата година, што значи дека вредноста на COP скоро и да не се менува</p> <p>Останатите предности се исти како кај топлинските пумпи земја-вода</p>	<p>Високи инвестициски трошоци</p> <p>Користењето на подземната вода за енергетски дејности може да биде ограничено</p> <p>Најблискиот подземен базен може да биде сместен предлабоко за да се стигне со едноставно бушење</p> <p>Мора да се преземат мерки на претпазливост за да се спречи загадување на подземните води</p>
<b>Електрична/ вентилација, воздух</b>	<p>Овозможува намалување на потрошувачката на гориво, затоа што дел од отпадната топлина, кој инаку би се изгубил во околината, се рециклира</p>	<p>Има потреба од вентилационски системи кој може да биде скап, или да не постои можност за негова инсталација во постоечка зграда</p> <p>Топлинскиот капацитет е ограничен од количината на отпадна топлина од зградата, а не е можност искористување на секој вид загуби на топлина</p>
<b>Гасна, адсорпциона</b>	<p>Зрела технологија, може да се користи како замена за гасни котли</p> <p>Помала потрошувачка на гориво од онаа на котлите</p>	<p>Ограничен број производи на пазарот</p>
<b>Гасна, адсорпциона</b>	<p>Едноставна замена за гасни котли</p> <p>Потенцијалот за глобално затоплување GWP на работниот медиум (зеолит) е нула. Голем дел од останатите работни медиуми имаат позитивен GWP</p>	<p>Долната граница на влезната температура е околу 2°C, т.е. потребно е да се користат сончеви колектори или топлината од земјиното тло за да се обезбеди доволно висока влезна температура</p> <p>Нешто помала ефикасност од, на пример, адсорпционите топлински пумпи</p> <p>Многу ограничен избор на производи на пазарот и мали искуство со технологијата</p>
<b>Компресор придвижуван од гасен мотор</b>	<p>Позната технологија за комерцијална употреба</p> <p>Висок сезонски фактор за ладење во споредба со останатите гасни топлински пумпи. Од тој аспект, оваа технологија е добра за ладење</p>	<p>Моментално, развојот на оваа технологија е насочен кон создавање уреди за комерцијална употреба</p> <p>Моторот може да биде гласен</p>

### 3.7 Котли за задоволување на врвната потрошувачка и резервни котли

Главниот фокус на овој прирачник се обновливите компоненти на малите системи за централно греење. Меѓутоа, за еден проект да биде исплатлив, понекогаш се потребни котли кои користат фосилни горива (нафта, гориво за ложење, природен гас) за да се покријат врвната потрошувачка.

**Котлите за врвна потрошувачка** се користат само тогаш кога другите извори на топлинска енергија не ја задоволуваат потрошувачката. Ова обично се случува неколку



дена во годината, меѓутоа трошоците за поседување на оваа опрема се доста големи. Затоа е препорачливо да се инсталираат што поевтини котли, со цел да се зголеми изводливоста на целиот проект. Биометанот може да се користи како замена за природниот гас кај ваквите котли (види глава 3.2.5), а растителни масла можат да се користат како замена за нафтата (види глава 3.2.6).

Кога некој топлински извор е надвор од погон, **резервните котли** се користат како замена. Во зависност од дизајнот на системот и бизнис моделот кој се користи, резервните котли може да бидат вградени во постоечките производни постројки, но може и нивното производство да се нуди како услуга од трета страна.

Во некои посебни случаи на мали системи за централно греење во кои се искористува отпадната топлина од биогасна централа, операторот на топлинската мрежа може да гарантира само базна енергија, а не задоволување на целата потреба од топлинска енергија. Ваквиот бизнис модел нуди ниска цена за топлинската енергија поради недоверливоста во снабдувањето. Како резултат на тоа, за да се задоволат потребите од топлинска енергија во целост, потребно е секое домаќинство да располага со сопствен топлински извор кој има функција на резервен котел. Овој посебен случај на техничко и бизнис решение е опишан во детали од страна на Rutz et al. (2015)



Слика 40: Котел на нафта за задоволување на врвната потрошувачка, Германија (лево) и котел на природен гас (десно) во постројка на биомаса, Р. Чешка (Извор: Rutz D.)

## 4 Технологии за складирање на топлинска енергија

Технологиите за складирање на топлинска енергија (резервоарите) служат за снабдување на топлинскиот конзум во периоди кога нема соодветно производство, како и за справување со флукуациите на производството од обновливи извори. Така, тие претставуваат механизам за олеснување на интеграцијата на обновливи извори во системите за централно греење. Освен тоа, резервоарите овозможуваат и складирање на топлинската енергија добиена со помош на електрични бојлери кои работат кога цената на електричната енергија е ниска. Згора на тоа, резервоарите помагаат за максимизирање на ефикасноста на работа на производните единици. Котлите на биомаса и когенеративните постројки можат да работат со поголем капацитет, во текот на подолг период, а притоа, дел од топлинската енергија да се складира во резервоарот.

Како резултат на постоењето на резервоари, топлинската енергија од обновливите извори може да се произведува во време и услови кои се најоптимални за производната единица. Класичен пример за тоа се соларните термални колектори чие производство е најголемо кога конзумот е мал. За оптимални услови може да се сметаат оние при кои цените на електричната енергија се ниски. Видот и големината на резервоарот кој притоа се користи зависи од должината на периодот за кој се складира енергијата и од количината на складираната енергија.

Според должината на временскиот период за кој се складира енергијата, резервоарите се делат на резервоари за краткорочно складирање (бафери) и сезонски резервоари. Резервоарите за краткорочно складирање служат за балансирање на понудата и потрошувачката за време од неколку часа до неколку дена. Сезонските резервоари се значително поголеми, а служат за балансирање на понудата и потрошувачката на сезонски ниво. Обично, се применуваат за складирање на топлинската енергија од соларните термални колектори од летниот за зимскиот период.

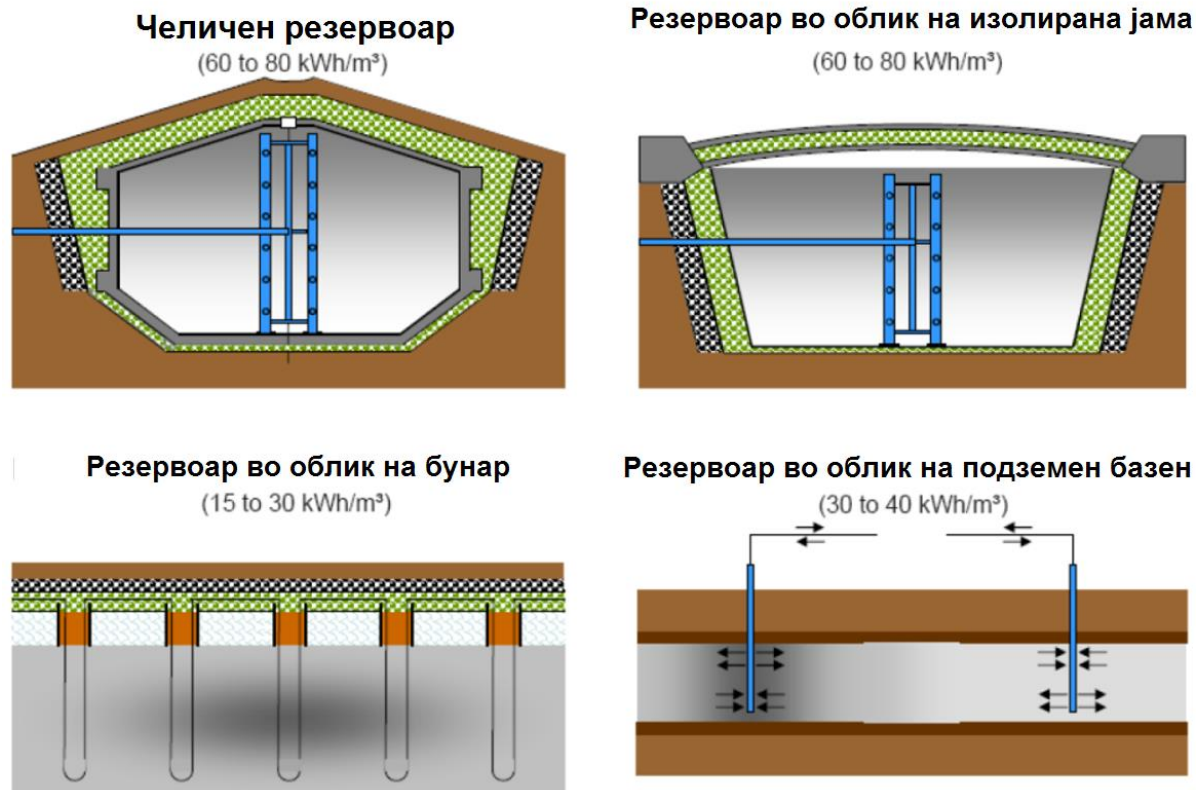
Постојат различни технологии за складирање на топлинската енергија:

- Складирање на сензибилна топлина: се користи топлинскиот капацитет на материјалот. Најчесто се користи вода заради високиот специфичен топлински капацитет, но и затоа што е нетоксичноста и релативно евтина.
- Складирање на латентна топлина: се користи латентната топлина на материјалот која се ослободува при промена на неговата агрегатната состојба, при константна температура. Најчесто се користат материјали која ја менуваат агрегатната состојба (анг. phase change materials (PCM)).
- Термохемиско складирање на топлина: се користи топлината складирана во реверзибилните хемиски реакции.
- Сорпциони технологии: се користи топлината од адсорпција или апсорпција на парови материјали како зеолит/вода (адсорпција) или литиум бромид/вода (апсорпција).

Во **резервоарите на сензибилна топлина**, температурата на материјалот расте кога во термодинамичкиот систем се додава топлинска енергија. Топлинскиот капацитет на работниот медиум (материјалот кој ја складира топлинската енергија) и термичката изолација на системот го карактеризираат складирањето на топлинската енергија во ваквите резервоари. Честопати, како медиум во кој се складира топлинската енергија се користи вода. Физичките закони кои ја опишуваат технологијата се аналогни на оние кои важат кај бојлерите за топла вода што се среќаваат кај домаќинствата. Складирањето на сензибилната топлина е најчесто применет пристап. Детален опис е даден во поглавјата 4.1 и 4.2.

За складирање на сензибилната топлина најчесто се користи (Слика 41):

- Челичен резервоар (TTES, англ. Tank thermal energy storage)
- Резервоар во облик на изолирана јама (PTES, англ. Pit thermal energy storage)
- Резервоар во облик на бунар (BTES, англ. Borehole thermal energy storage)
- Резервоар во облик на подземен базен (ATES, англ. Aquifer thermal energy storage)



Слика 41: Концепти на складирање на топлинска енергија (Извор: Steinbeis Forschungsinstitut Solites)

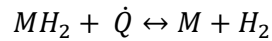
**Резервоарите на латентна топлина** користат материјали коишто ја менуваат агрегатната состојба кога во термодинамичкиот систем во кој се наоѓаат се додава топлинска енергија. Кај нив, топлината се складира во трансформираниот материјал, а се ослободува при негова инверзна трансформација, т.е. кога материјалот се враќа во првобитната агрегатна состојба. Особините на оваа технологија зависат од латентната топлина на материјалот и термичката изолација на системот.

Посебна примена на резервоарите за складирање на латентна топлина се среќава кај подвижните контејнери (резервоари) (Слика 42). Тие се применуваат онаму каде што не е можно да се постават системи за централно греење поради оддалеченост на локацијата или поради ограничувања од правен карактер. Сепак, треба да се има на ум дека оваа технологија не е широко применета. Моментално, само неколку производители нудат решенија на вакви контејнери.

Ако се земат предвид резервоарите на високотемпературна латентна топлина (HT-LHS, англ. high temperature – latent heat systems) чија температура достигнува до 300°C, резервоарите на нискотемпературна латентна топлина (LT-LTS, англ. low temperature – latent heat systems) со температури под 0°C, но и стандардните PCM резервоари, може да се заклучи дека постојат соодветни технологии за различни делови од температурниот опсег од 0°C до 300°C.

Кај **резервоарите на термохемиска енергија** се одвива реверзибилен хемиски процес кој ја користи промената на енталпијата на системот. Пример на хемиска реакција од практично значење е онаа која го опишува реверзибилниот процес на раздвојување и настанување на метален хидрид (Равенка 2).

Капацитетот на резервоарите на термохемиска енергија зависи од промената на енталпијата, но загубите со текот на времето се редуцираат до нула, ако одвивањето на реверзибилниот процес се спречи со механичка изолација на новонастанатиот гас преку затворање на вентилот.



Равенка 2

$\dot{Q}$  *потребна топлина за дисоцијација на хидрирот (разложувањето на хидрирот е ендотермен процес) [W]*

$M$  *Метал*

$H_2$  *Водорот*



Слика 42: Контејнер за складирање на топлинска енергија кај постројка за согорување на отпад (Аугсбург, Германија) (Извор: Rutz D.)

Конечно, **сорпционите резервоари** ја користат топлината од адсорпција или апсорпција на парови материјали како што се зеолит/вода (адсорпција) или литиум бромид/вода (апсорпција). Сè повеќе се обрнува внимание на оваа технологија поради високата густина на енергија и способноста за долгорочно складирање.

#### 4.1 Резервоари за краткорочно складирање на топлинска енергија

Постојат разни видови на резервоари за краткотрајно складирање на топлината. Нивната примена овозможува оптимизација на работниот режим на топлинските извори. Најчесто користен е челичниот резервоар (TTES) кој се изработува од нерѓосувачки челик.

Меѓутоа, кај ваквите резервоари конструктивниот материјал може да биде бетон или посебен вид на пластика која е зацврстена со стаклени влакна. Од друга страна, како материјал кој ја складира топлината обично се користи вода. Големината на резервоарот зависи од големината на целокупниот систем, па може да биде од неколку стотини литри, за потребите на домаќинство, до неколку стотини кубни метри, за задоволување на потребите на систем за централно греење.

Дебелината и видот на изолацијата на резервоарите зависат од климатските услови, температурните нивоа и начинот на употреба на резервоарот. Челичните резервоари интегрирани во мали системи за централно греење во Данска користат изолација од минерална волна со дебелина од 30 – 40 см, со цел да се намалат топлинските загуби (Слика 43).



**Слика 43: Инсталација на челични резервоари во систем за централно греење во Хјалеруп. Лево: Инсталација на два резервоара поврзани со когенеративна постројка. Десно: Инсталација на нов резервоар поврзан со соларни термални колектори и котел на слама. Повеќе за системот за централно греење во Хјалеруп во извештајот за најдобри практики на Лауберг Јенсес и др. (2016) (Извор: [www.hjallerupfjernvarme.dk](http://www.hjallerupfjernvarme.dk))**

Во зависност од потребата, т.е. од тоа дали се нуди енергија за ладење или пак топлинска енергија, температурните нивоа на резервоарите може значително да варираат, при што температурата во горниот дел од резервоарот соодветствува на температурата на доводните цевки на системот за централно греење.

Капацитетот на резервоарите зависи од температурата на складираната енергија (Равенка 3). Колку е повисока температурата, толку повеќе енергија може да се складира во работен медиум со константна маса и специфичен топлински капацитет.

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad \text{Равенка 3}$$

$Q$       *складирана топлина*

$m$       *маса на топлоносителот*

$c_p$       *специфичен топлински капацитет на топлоносителот*

$\Delta T$       *температурна разлика меѓу максималната и минималната дозволена работна температура на резервоарот*

Водата е најчесто користениот медиум за складирање на топлинска енергија при температури помали од 100°C. Под притисок, таа може да се користи и за складирање на енергија чија температура е повисока од 100°C. Водата се користи поради предностите кои ги има во однос на другите материјали - не е токсична, евтина е и има висок специфичен топлински коефициент - околу 4,18 kJ/(kgK). Топлинскиот капацитет на водата е поголем е од топлинските коефициент на другите релативно евтини материјали како песок, железо или бетон.

Температурата на топлоносителот во резервоарите обично е еднаква на температурата на топлината произведена во производните капацитети. Во најголем број инсталации, резервоарите се технички способни да го снабдуваат системот за централно греење со топлинска енергија чија температура соодветствува на онаа од системот. Температурниот градиент во резервоарот пак, се одржува со помош на систем цевки, а со тоа се максимизира ефикасноста на резервоарот.

Вертикалната дистрибуција на различните температурни слоеви во резервоарот овозможува најтоплата вода да се извлече од горниот слој. Појавата на раслојување на топлоносителот како резултат на различните температури е позната како температурна стратификација. Постојат и такви резервоари кои имаат повеќе приклучоци, секој поврзан на топлински извор со различна температура. Примената на вакви резервоари овозможува извлекување на топлинска енергија со пониска температура од средината на резервоарот, при што повисоката температура се задржува во неговите горни слоеви. За температурната стратификација да биде добра, неопходно е да постои висока разлика меѓу температурите на врвот и дното на резервоарот, во отсуство на големи количини нискотемпературен топлоносител.

Досега, челичните резервоари се најприменета технологија од овој вид. Имено, околу 300 дански системи за централно греење користат челични резервоари за складирање на топлинската енергија. Во однос на формата, резервоарите можат да бидат цилиндрични и поставени над земјата, што е чест случај во Данска, или пак закопани под земја, што е чест случај во Германија. Германија поседува и примери на системи во кои вака закопаните челични резервоари служат за сезонско складирање на топлинската енергија која во лето ја произведуваат соларни термални колектори. Предност на подземните резервоари, за разлика од оние кои се поставуваат над земјата и притоа може да бидат визуелно нападни, е што земјата под која се поставени може да се користи за други цели.

Цилиндричните надземни резервоари нашле голема примена во Данска, каде се користат заедно со когенеративни постројки со цел да се максимизира приходот од работата на ваквата постројка. Просечниот волуменски капацитет на овие резервоари изнесува околу 3000 m<sup>3</sup>, а вкупниот инсталиран капацитет на резервоарите во Данска приближно изнесува 50 GWh. Како резултат на зголеменото производство на електрична енергија од ветерните турбини во Данска, факторот на искористување на когенеративните постројки сè повеќе се намалува. Денес, овие резервоари често се користат за складирање на топлинската енергија произведена од соларните термални колектори, а нивниот капацитет расте. Резервоарите на топлинска енергија се користат и за оптимизација на работниот режим на други производни единици (на пример постројки на биомаса).

#### **4.2 Резервоари за сезонско складирање на топлинска енергија**

Резервоарите за сезонско складирање на топлинска енергија (сезонски резервоари) се користат за балансирање на понудата и побарувачката на сезонско ниво, т.е. од една во друга сезона. Во нив се складира топлинската енергија произведена во лето од соларните термални колектори, со што се овозможува нејзино искористување во зима. Ваквиот механизам дозволува соларните термални колектори да имаат поголем удел во производството на топлинска енергија. Треба да се нагласи дека сезонските резервоари не се модулари, па, за разлика од соларните термални колектори, нивниот капацитет не може да се зголемува штом еднаш се постават.

Во сезонските резервоари служат може да се складира и отпадната топлина од некој индустриски процес. Во таквите случаи, нејзината температура се повишува со топлински пумпи. Пример за ваков систем е системот за централно греење во Грам, Данска (види извештај за најдобри практики од CoolHeating на Лауберг Јенсес и др., 2016).

Примери за технологии кои се користат кај резервоарите за сезонско складирање на топлинска енергија (Слика 41):

- Резервоар во облик на изолирана јама (анг. Pit thermal energy storage - PTES): Дронинглунд, Марстал, Грам (Данска)
- Резервоар во облик на бунар (анг. Borehole thermal energy storage - BTES): Бредскуп (Данска)
- Резервоар во облик на подземен базен (анг. Aquifer thermal energy storage - ATES)



Слика 44: Резервоар во облик на изолирана јама, Мастрал, Данска (Извор: PlanEnergi)



Слика 45: Раб на резервоар во облик на јама заедно со соларни термални колектори интегрирани во систем за централно греење, Грам, Данска (Извор: Rutz D.)



Слика 46: Резервоар во облик на бунар заедно со соларни термални колектори интегрирани во систем за централно греење, Бредскуп, Данска (Извор: PlanEnergi)

Кај резервоарите во облика на изолирана јама станува збор за релативно евтина технологија чиј развој бил паралелен со оној на соларните термални колектори. Бројот на вакви резервоари денес е сè уште мал, а може да се констатира и дека технологијата трпи дополнителни подобрувања. Еден од проблемите со кој таа се соочува е тоа што високите температури ( $90^{\circ}\text{C}$ ) го скратуваат работниот век на нејзиниот изолацискиот покрив. Развојот на резервоари кои би биле способни да работат при високи температури ( $90^{\circ}\text{C}$ ), но и развојот на нискотемпературни резервоари, води до заклучокот дека технологијата има потенцијал да се комбинира не само со соларни колектори, туку и со постројки кои произведуваат отпадна топлина. Сличен е случајот и во Грам, Данска, каде локална фабрика е производител на



отпадна топлинска енергија. Подоцна пак, таа може да биде и потрошувач, доколку за тоа има потреба. Поради тоа што овие резервоари зафаќаат големи површини, можноста за нивна примена многу зависи од локалните можности и планови за просторно планирање.

**Резервоарите во облик на бунар** се прилично нова технологија која засега е искористена во една централа (Бредскуп). Овие резервоари можат да служат како замена за PTES на локации каде инсталацијата на PTES не е можна. Сепак, сè уште станува збор за технологија во развој.

**Резервоарите во облик на подземни базени** служат за складирање на нискотемпературна енергија, до 20°C, што сериозно го ограничува потенцијалот за нивна примена. Има неколку инсталации од овој вид во Данска кои се интегрирани во некаков систем за централно греење. Сепак, најголем дел од постоечките инсталации на резервоари во облик на подземни базени се самостојни резервоари за големи згради. Тие можат да работат и при повисоки температури, но ова зависи од длабочината на која се поставени (250 m под земјата) и од локалните услови.

## 5 Мали системи за централно греење

### 5.1 Големина на системот

Големината на системите за централно греење зависи од повеќе фактори и е различна од случај до случај. Системите за централно греење може да покриваат голема географска област, како на пример системот во Копенхаген, но може и да снабдуваат мали области или села со само неколку куќи. Капацитетот на системот зависи од големината на областа која тој ја опфаќа. Големите системи за централно греење обично содржат преносен систем (во него се пренесува топлина во услови на високи температури/притисоци, на големи растојанија) и дистрибутивен систем (служи за дистрибуција на топлинската енергија до крајните потрошувачи на пониски температури/притисоци). (Данска агенција за енергија и Energinet.dk, 2015).

**Малите системи за централно греење** претставуваат концепт за локално снабдување на домаќинства и мали индустрии со топлинска енергија произведена од обновливи извори, а најчесто се применуваат во мали села или градови. Во некои случаи, малите системи се поврзуваат со поголеми системи за централно греење, а притоа идејата е тие да содржат одделен топловоден систем кој ќе снабдува мал број на потрошувачи. Топлинската енергија може да биде произведена од најразлични извори како на пример соларни термални колектори, постројки на биомаса, а може да се користи и отпадната топлина (на пример од индустриски процес или од биогазна постројка). Ваквите системи често содржат и котли на фосилни горива кои служат за задоволување на врвната потрошувачка, за обезбедување доверливост во снабдувањето и економска исплатливост на проектот. Малите системи обично се раководени од комерцијални оператори и се поголеми од микро системите.

**Микро системите за централно греење** се користат за задоволување на потребите на помал број потрошувачи, на пример 2 до 10 потрошувачи. Поради нивната големина и отсуството на долги јавни преговори и процедури, предност на овие системи е што нивната изградба е брза и лесна. Така, потрошувачите се договараат за начинот на плаќање за испорачаната енергија и за тоа кој ќе биде одговорен за раководење со системот.

Независно од големината на системот, важно е тој да не се предимензионира во процесот на планирање. Предимензиониран систем е причина за големи инвестициски трошоци и непотребни загуби на моќност.

Еден карактеристичен фактор релевантен за процесот на планирање е т.н. „подолжна густина на потрошувачка“ која се пресметува како количник од годишно испорачана топлина (MWh/a) и должината на цевките (во метри). Како ориентационо правило важи дека овој параметар треба да изнесува најмалку 900 KWh/m годишно. Значи, целта е да се приклучат што е можно повеќе потрошувачи на што пократок дистрибутивен систем. Во случаи каде подолжната густина на потрошувачка е мала, можно е индивидуалните системи за греење да се економски пооправдани.

### 5.2 Температурни нивоа на системот

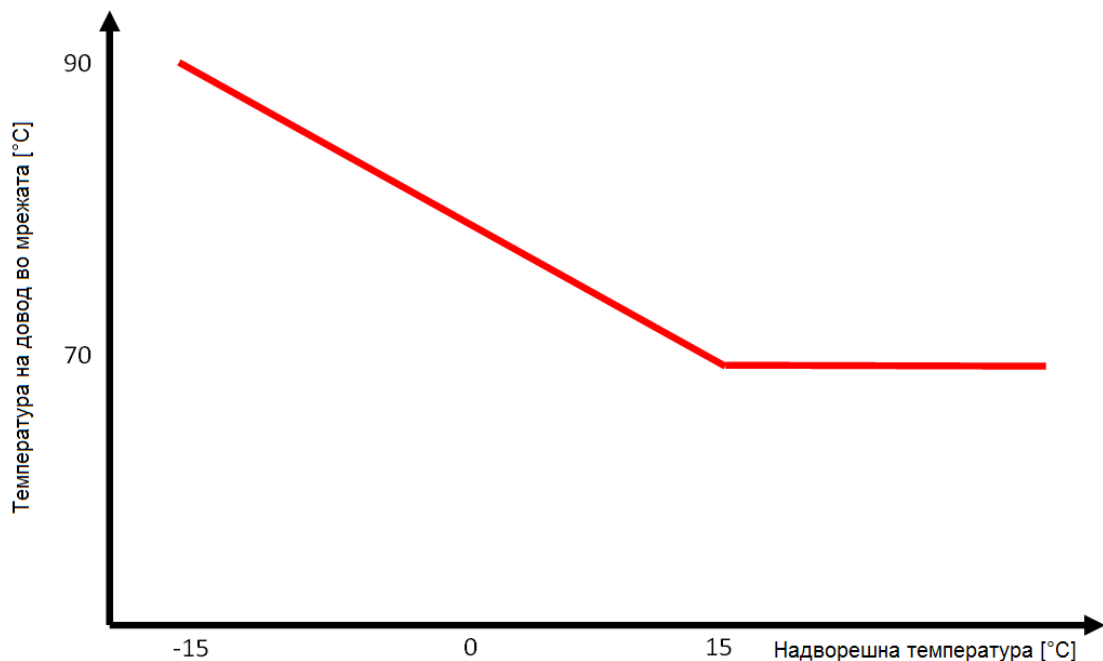
#### 5.2.1 Избор на соодветни температурни нивоа

Колку е поголема разликата меѓу температурите на доводниот и повратниот систем (**температурната разлика**), толку се помали масениот проток на топлоносителот и топлинските загуби во мрежата. Како резултат на тоа се намалува и потрошувачката на енергија потребна за погонување на циркулационите пумпи. Очигледно, колку е поголема температурната разлика, толку се поголеми придобивките за снабдувачот и операторот на мрежата.

Насоки кои треба да се следат при избор на температурните нивоа се:

- Температурните нивоа на мал систем за централно греење зависат од температурите кои им се потребни на крајните потрошувачи. Ако пак, на пример, неколку потрошувачи имаат потреба од многу високи температури, за нив одделно се одлучува дали тие ќе се приклучат или не.
- Особено е важно да се имаат предвид загубите на топлинска енергија во еден систем за греење. Колку се повисоки температурите, толку се поголеми загубите.
- Треба да се обезбедат што поконстантни температури во доводниот систем затоа што температурните варијации причинуваат дополнително триење и напрегање и го намалуваат работниот век на цевките.
- Температурната разлика меѓу доводниот и повратниот систем треба да изнесува најмалку  $30^{\circ}\text{K}$  со цел да се намали масениот проток, а со тоа и димензиите на цевките и трошоците за електрична енергија за погонување на пумпите.

Врз големината на температурата на топлоносителот во доводните цевки од системот влијае и амбиенталната температура (Слика 47). Во зима, кога амбиенталните температури се најниски, работната температура на системот е највисока. Од друга страна, работната температура во летниот период се избира да биде таква што ќе ги задоволува само потребите за санитарна топла вода.



Слика 47: Пример за температури на топлоносителот во зависност од амбиенталната температура (Извор: Güssing Energy Technologies)

### 5.2.2 Системи со високи работни температури

Високотемпературните системи се користат ако потрошувачите имаат потреба од топлинска енергија со високи температури, што е случај кај индустриските потрошувачи. За високотемпературни се сметаат оние системи чии температури на доводниот систем изнесуваат над  $90^{\circ}\text{C}$ . Високите температури предизвикуваат поголеми загуби на топлинска енергија и го скратуваат работниот век на системот.

Производителот на топлинската енергија треба да биде лоциран што поблиску до индустриските потрошувачи кои имаат потреба од високи температури. Останатиот дел од системот за централно греење (на пр. згради, куќи итн.) треба да работи во услови на пониски температури.

Индустриските потрошувачи често се причина за високи повратни температури, а тоа е резултат на користење на погрешна опрема и системи за контрола. Температурата во повратот треба да биде што пониска за да се намали масениот проток на топлоносителот, а со тоа и загубите на енергија. Важно е да се земе предвид дека некои производни единици имаат потреба од ниски температури на повратот за да функционираат правилно.

### *5.2.3 Системи со средни работни температури*

Системите со средно високи температури (температури на довод од 65°C до 90°C) се најчести. Тие се соодветни за греење на куќи, канцеларии, јавни згради, но и за загревање на топла вода. Постарите објекти имаат потреба од температури над 80°C, додека температурите за поновите објекти може да изнесува од 50°C до 70°C, во зависност од изолацијата и уредот кој се користи за греење (радијатор или подно греење).

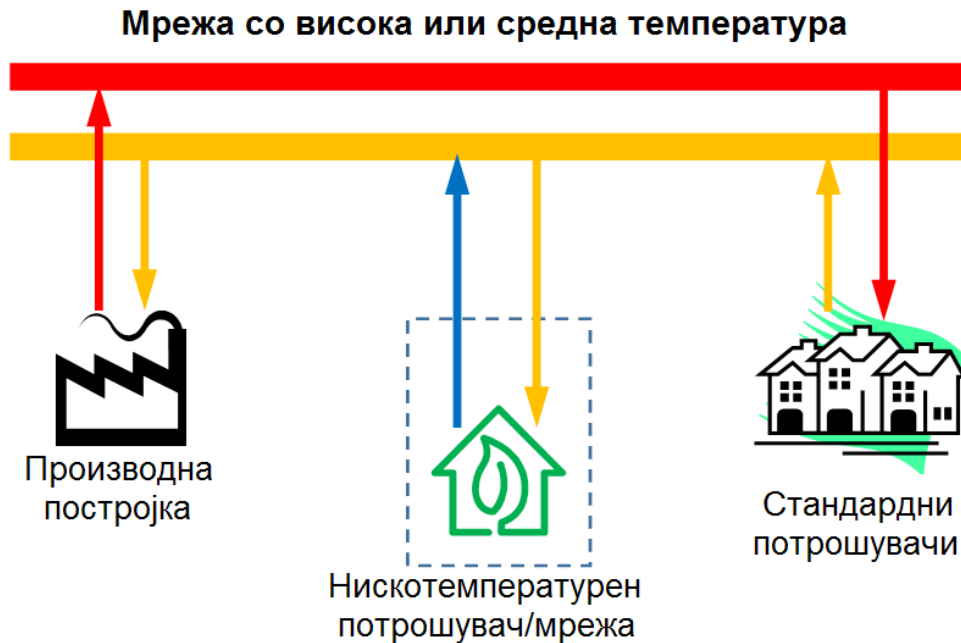
За производство на санитарна топла вода, доводните температури во системот мора да бидат барем 65°C до 70°C во текот на целата година за да се превенира појавата на Легионела – бактерија која причинува разни заболувања.

### *5.2.4 Системи со ниски работни температури*

Нискотемпературните системи (системи со ниски работни температури, англ. low-temperature district heating – LTDH) се системи чии температури се помали од 65°C и како такви сè повеќе добиваат на популарност кај потрошувачите. Предност на овие системи е тоа што загубите на топлинска моќност се мали и тоа што може да се користат полимерни цевки. Тие овозможуваат и интеграција на нискотемпературни топлински извори како топлински пумпи и отпадна топлина. Меѓутоа, како резултат на ниските температури може да дојде до појава на Легионела, па, ако системот нуди услуга за загревање на санитарна топла вода, се јавува потреба од примена на топлински изменувачи.

Нискотемпературните системи може да бидат дел од системите со високи или средни работни температури (Слика 48). Повратните цевки од системите со високи или средни работни температури, во тој случај, служат како довод во нискотемпературниот систем. По искористување на топлинската енергија, таа се враќа со друга повратна цевка.

Значи, предност на системите со ниски температури се малите загуби на енергија, кои пак резултираат со поголеми технички и економски заштеди. Згора на тоа, овие системи ја олеснуваат интеграцијата на разни извори на топлинска енергија, меѓу кои што спаѓаат и обновливите извори на енергија. Се смета уште дека овие системи не се поскапи од стандардните системи за централно греење.



**Слика 48: Искористување на повратната температура од системи со високи или средни температури (Извор: Güssing Energy Technologies)**

Во Австрија има примери на системи за централно греење чии доводни температури изнесуваат 55°C во текот на целата година. Ако потрошувачите имаат потреба од санитарна топла вода, таа се загрева инстантно со помош на топлински изменувачи инсталирани кај секој потрошувач. Потрошувачите се директно приклучени на мрежата. Топлинската енергија се произведува со помош на котел на пелети во зима, а со топлински пумпи во лето. Објектите кои ги снабдува системот немаат потреба од високи температури, а се просторно збиени еден до друг, па цевките кои ги поврзуваат се кратки.

Друг пример во Германија (Долштајн) (види Извештај за најдобри практики од проектот CoolHeating, Јенсен и др. 2016), е систем чии доводни температури во лето изнесуваат 20 - 30°C. Важно е што во областа нема побарувачка на топлинска енергија со високи температури. Затоа, системот работи со ниски температури од мај до септември, па поради тоа, загубите на топлинска енергија во мрежата се мали. Во периодот кога тој работи со ниски температури, производството на топлинска енергија од соларни термални колектори целосно ја задоволува потрошувачката.

Повеќе информации за нискотемпературни системи за централно греење со соодветни примери се прикажани од Köfinger et al. (2015)

### 5.2.5 Важност на нискотемпературните системи за централно греење

Колку топлинска енергија ќе биде предадена на потрошувачите зависи од дизајнот и нагудувањето на уредите кои се користат за греење во домовите, но и од карактеристиките на топлинските потстанции. Постоенето на ниски повратни температури (кои се јавуваат ако големо количество на топлина е предадено на потрошувачите) им оди во прилог како на операторот, така и на потрошувачот. Затоа, особено е важно да се врши контрола и надгледување на доводот и повратот на системот за централно греење (Euroheat & Power, 2008).

Целта е да се намалат температурите во повратните цевки на потрошувачите, а со тоа и во повратните цевки на целиот системи. Тоа би резултирало со помали протоци на топлоносителот, помали трошоци за напојување на циркулаторни пумпи и поголем капацитет на мрежата. Од овие причини, се препорачува операторите на мрежата да ги прегледаат хидрауличните шеми на потрошувачите и да им посочат како

најсоодветно да ги нагодат домашните уреди за да се намалат повратните температури.

### 5.2.6 Надгледување на температурните нивоа

Процесот на надгледување на температурите на доводниот и повратниот цевковод игра важна улога во одржувањето на оптимален работен режим на даден елемент од системот. Со цел да го оптимизираат производството, да заштедат гориво, да ги намалат емисиите на CO<sub>2</sub>, многу производители користат софтвер за оптимизација на работната температура. Тој може да се поврзе со разни програми за обработка на податоци и вршење на пресметки, како и со SCADA системи (системи за контрола и прибирање на податоци, англ. Supervisory Control and Data Acquisition).

Оптимизациониот софтвер прибира релевантни податоци за надворешните услови и податоци за моменталните состојби во мрежата, како на пример температурата на доводот. За вакви мерења, мерната опрема обично се поставува на „слабите“ точки во мрежата. Крајното множество на податоци може да содржи информации за временски прогнози, побарувачка на топлинска енергија и измерени температури во мрежата. Овие податоци се обработуваат за кратко време, па на часовно ниво (или за уште пократко време) се пресметува оптималниот работен режим со што се овозможува поефикасна работа на системот.

Генерално, ваквите софтвери ги користат следните параметри за пресметка на оптималните температури:

- Временски параметри
- Проток
- Температура на поврат
- Навики на потрошувачка на санитарна топла вода
- Работен ден/викенд/празник

Ефектот од оптимизацијата се воочува во:

- Пониски температури во доводни и повратни цевки
- Намалени загуби на енергија
- Пооптимален проток низ пумпите

### 5.3 Цевки

Дистрибутивната мрежа се состои од меѓусебно поврзани цевки низ кои топлинската енергија се пренесува од производителите до потрошувачите (**доводни цевки**), но и од цевки кои го враќаат изладениот топлоносител од потрошувачите до производителите (**повратни цевки**). Изборот на цевки мора да биде соодветен за да се обезбеди ефикасност и за да се намалат загубите. Дијаметарот на цевките и материјалот од кој се изработени се главни карактеристики на кои треба да се обрне внимание.

### 5.3.1 Вид и дијаметар на цевките

Видот и дијаметарот на цевките зависат од растојанијата, притисоците и количеството на топлинска енергија која се испорачува. Дијаметарот, а со тоа и капацитетот на цевките, може да изнесува од 16 mm па сè до 600 mm.

Во системите за централно греење најчесто се користат веќе изолирани цевки. Тие имаат конструкција во вид на сендвич (Слика 49). По должина на оската, во центарот, сместена е цевката низ која се транспортира топлоносителот, т.е. загреаната вода. Врз цевката се поставува изолациски слој кој ги намалува загубите на енергија. Заштитниот плашт се поставува врз изолацијата и тој ја оформува и штити цевката од надворешни влијанија.

За пократки растојанија се препорачуваат флексибилните цевки, но во случај на долги растојанија се користат челични цевки.

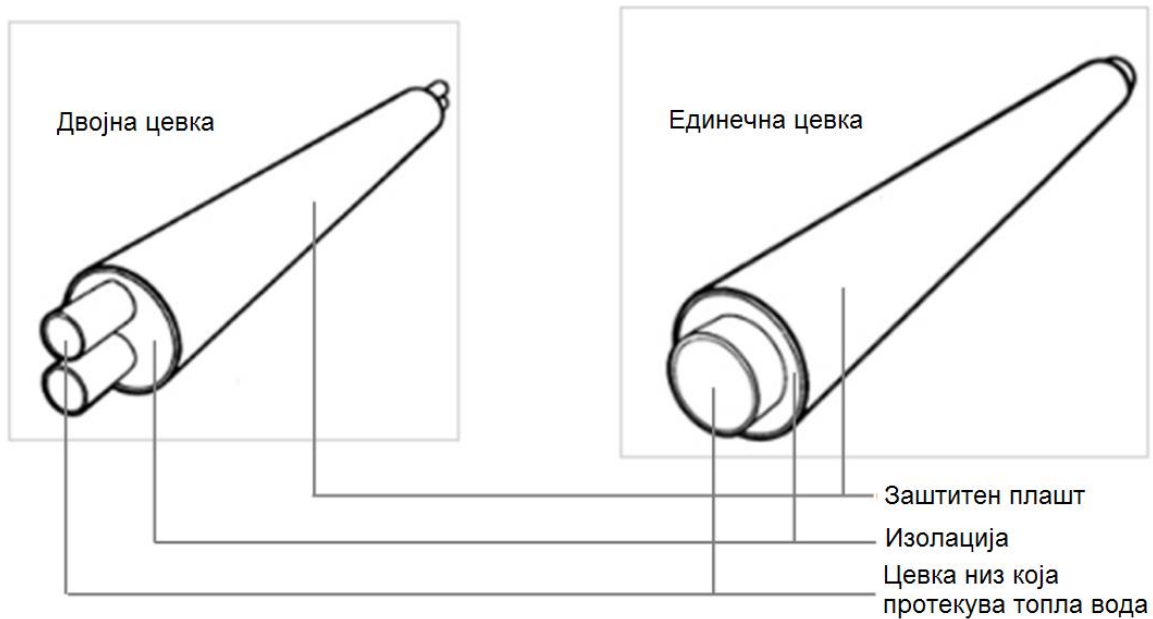
За помали дијаметри особено се корисни **двојните цевки**, т.е. две цевки опфатени со еден изолациски слој и сместени во една цилиндрична конструкција, наместо единечни цевки. Така, една од цевките во цилиндричната конструкција се користи како доводна, а другата како повратна. Со тоа се намалуваат загубите на енергија, како и инвестициските трошоци во однос на случаи кога не се користат двојни цевки. Меѓутоа, овој концепт не е применлив за цевки со големи димензии (> Ø219 mm) кои се користат во преносната мрежа и поголемите изводи на дистрибутивната мрежа.

Цевката низ која се транспортира топлоносителот обично се изработува од некаков полимер, alu-PEX, бакар или челик. Поради неговата издржливост, челикот се користи за делници со поголеми димензии во кои има високи притисоци. Кај помалите цевки често се користат полимерите поради тоа што се флексибилни и поедноставни за инсталација.

Обвивката на цевките може да биде мазна или брановидна, а се изработува од полимери како полиетилен со мала или голема густина. Изолацијата се изработува од полиуретанска пена или минерална волна.

Флексибилните, како и челичните цевки, треба да имаат дифузиона бариера меѓу изолацијата и обвивката за нивната топлинска спроводливост да биде мала и временски непроменлива.

Модерните цевките често имаат и **систем за предупредување** во случај на истекување на вода, затоа што истекувањата придонесуваат за деградација на изолацијата, зголемени загуби на топлинска енергија и вода. Системот за предупредување се состои од два кабли (две жици; Слика 51), кои се инсталираат во изолациониот слој на цевката, а праќаат податоци до централна единица.



Слика 49: Напречен пресек на цевки кои се користат во системи за централно греење (Извор: слика репродуцирана од Isoterm)



Слика 50: Примероци на единечни и двојни челични цевки (лево) и двојни полимерни цевки (десно) (Извор: Rutz D.)





Слика 51: Единечна челична цевка со две жици кои се дел од системот за предупредување (Извор: Rutz D.)

### 5.3.2 Избор на цевки

Повеќе фактори треба да се земат предвид при проектирањето на систем за централно греење. Затоа, се препорачува да се користат соодветни софтверски пакети. Производителите често објавуваат табели со карактеристиките на разни видови цевки и тоа за материјалите, изолацијата, топлинските загуби, дијаметарот на цевката итн. Дијаметарот на цевката е важна големина затоа што го одредува капацитетот на топлинска енергија која може да се транспортира. Димензиите на цевките обично се избираат така што ќе соодветствуваат на падот на притисокот и капацитетот на цевката добиени од формулата на Колбрук и Вајт за температура на водата од 80°C.

Пред и за време на изградбата на системот, препорачливи се консултации на оваа тема со производителите на цевки и со други стручни лица.

### 5.3.3 Инсталација на цевки

Цевките најчесто се закопуваат во земјата, но не се исклучува можноста тие да бидат надземни. Над земјата обично се поставуваат големи цевки кои се дел од преносниот систем или цевки кои поминуваат преку мостови.

Сите други цевки од дистрибутивниот и преносниот систем се закопани под земја. Постапката на положување бара одредена внимателност за да не се оштетат цевките. Како што беше образложено во глава 5.3.1, цевките се изолирани и со конструкција во вид на сендвич. Температурните флукуации причинуваат дополнително напрегање кое цевката како целина мора да го издржи.



Слика 52: Положување на цевки во земјата (Извор: Thermaflex Isolierprodukte GmbH)      Слика 53: Машина за бушење (Извор: Rutz)

Така, напрегањата што цевката ги поднесува се предодредени од нејзината способност да се шири како резултат на температурните флуктуации, внатрешните и надворешни притисоци. (Isoplus, 2016).

„**Максималното дозволено напрегање**“ е она напрегање кое предизвикува пластични и неповратни деформации на материјалот. За напрегања кои што се помали од максимално дозволеното, материјалите се деформираат еластично, а се враќа во првобитната форма штом силата која го деформирала материјалот престане да делува. Но, ако материјалот се подложи на поголеми напрегања од оние кои за него се максимално дозволени, одредени пластични деформации остануваат трајно. Во минатото, максималното дозволено напрегање било ограничувачки фактор во процесот на дизајн на полимерни цевки (Isoplus, 2016), што не е случај со новите цевки кај кои овие граници може да се надминат.

Постојат различни методи за положување на цевките кои се користат за да се обезбеди долгорочност на системот. Меѓу нив се методот на положување со помош на зглобови (колена) за поврзување на цевките (вклучува дополнителна опрема како L, Z и U зглобови), методот на термичко преднапрегање (вклучува греење на цевките пред да се затрупаат со земја), методот на елементи за преднапрегање и методот на ладно положување (Isoplus, 2016) (Табела 4).

Табела 4: Методи за положување (Извор: Isoplus, <http://en.isoplus.dk/laying-rules-163>)

Метод	Предности	Недостатоци
<b>Метод 1</b> <b>Зглобови за поврзување</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Намалени напрегања во системот</li> <li>- Помалку строги барања за паралелни ископи</li> <li>- Релативно брз метод на положување кој овозможува брзо затрупување на каналите по положувањето</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Потреба од експанзивни зглобови (колена)</li> <li>- Зголемени падови на притисокот</li> <li>- Дополнителна опрема</li> <li>- Дополнителни зони за поместување</li> </ul>
<b>Метод 2</b> <b>Топлинско преднапрегање</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Намалени напрегања во системот</li> <li>- Помалку строги барања за паралелни ископи</li> <li>- Едноставен систем без потреба од дополнителни компоненти</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Каналот мора да биде отворен додека системот не се загрее</li> <li>- Потреба од извор на топлинска енергија за време на предгревањето</li> </ul>
<b>Метод 3</b> <b>Елементи за преднапрегање</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Намалени напрегања во системот</li> <li>- Помалку строги барања за паралелни ископи</li> <li>- Релативно брз метод на положување кој овозможува брзо затрупување на каналите по положувањето</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Потреба од елементи за преднапрегање, еднократни компоненти</li> </ul>
<b>Метод 4</b> <b>Ладно положување</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Едноставен метод без дополнителни трошоци за елементи за спојување или предгревање</li> <li>- Релативно брз метод на положување кој овозможува брзо затрупување на каналите по положувањето</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не се можни паралелни ископи како резултат на големите аксијални напрегања</li> <li>- Значителни почетни поместувања. Несоодветни за големи растојанија и високи температури</li> <li>- Во некои случаи има потреба од елементи за зацврстување</li> </ul>

Постојат разни национални стандарди за положување на цевки. Некои Европски стандарди, кои е препорачливо да се следат, се:

- EN 253: 2009 + A1: 2013 Пред-изолирање на цевките
- EN 448: 2009 Спојници, системи за централно греење
- EN 488: 2011 Челични вентили за системи за централно греење
- EN 489: 2009 Спојни медиумски цевки, челик
- EN 13941: 2009 + A1: 2010 Проектирање и инсталација
- EN 14419: 2009 Системи за надгледување и надзор
- EN 15698: 2009 Пред-изолирани двојни цевки

Цевките можат да се положат со помош на багер (Слика 52) или со помош на насочено хоризонтално бушење (анг. horizontal directional drilling - HDD) (Слика 53). Насоченото бушење е метод кој овозможува контрола во процесот на инсталација на спроводници и кабли во плиток ров, при веќе дефинирана траса, со помош на уреди кои се наоѓаат на површината, без ископување на канал. Овој метод има минимално влијание врз околината и се користи кога не може или е непрактично да се копаат канали (при преминување на патишта, уредени околинати, плитките реки итн.). Во пракса има примери на изводи со вака положени цевки чии должини достигнуваат до 2000 m. Цевките може да се изработени PVC, полиетилен, полипропилен, дуктилно железо или челик. Важно е материјалот да не претставува пречка при нивното излекување низ избушената земја. Насоченото бушење не е практично во случај на шупливи камења и нецелосни слоеви од карпи, а е практично за бушење на цврсти, масивни камења. Постојат разни видови на дупчалки кои се користат за различни материјали. (Wikipedia, 2014, Rutz et al. 2015)

Насоченото бушење има смисла кога цевките треба да се положат под поплочени патишта затоа што така се минимизира последиците врз околината, а тоа е поприфатливо за потрошувачите. (Rutz et al. 2015).

#### 5.3.4 Загуби на топлина

**Загубите во мрежата** (види глава 6.2.3) зависат од нејзината должина и варираат од еден до друг систем. Обично, производителите приложуваат податоци за **загубите на топлина** за конкретен вид цевка при стандардни услови. Податокот е даден во единица  $W/m$ , на пример „ $\Phi = 11 W/m$ “. Врз загубите доста влијаат хидрауличните услови, температурата на топлоносителот, температурата на земјата каде што цевката е положена, како и видот и дебелината на изолацијата.

Понекогаш производителите ги прикажуваат загубите во вид на проценти, но, во процесот на проектирање и планирање препорачливо е да се користат апсолутни вредности поради зависноста на загубите од големината на конзумот.

#### 5.3.5 Трошоци

Навистина е тешко квантитативно да се опишат инвестициските трошоци, главно поради тоа што зависат од големината на мрежата, должината и видот на цевките, изолацијата која се користи, локацијата на положување итн. Инвестицијата за набавување на цевките е околу една третина од вкупните трошоци за системот за централно греење. Најголеми се трошоците кои се однесуваат на бушење и копање. Ова го покажуваат искуствата од Данска, но не значи дека истото важи и на други места, особено онаму каде што трошокот за работна рака е евтина.

### 5.4 Теплоносител (работен медиум)

Теплоносителот (работниот медиум) е течност која ја пренесува топлинската енергија од местото на нејзино производство до потрошувачите. Во системите за централно греење за оваа намена обично се користи вода. Квалитетот на водата има големо влијание врз карактеристиките на системот и потенцијалните компликации. Затоа, квалитетот на водата е важен и од аспект на заштита на системот од корозија. Во следните глави презентирани се главните аспекти на квалитетот на водата.

#### 5.4.1 Гасови во водата<sup>10</sup>

Гасовите кои имаат најголемо влијание врз квалитетот на водата што се користи како топлоносител се кислород ( $O_2$ ) и азот ( $N_2$ ).

Присуството на кислород во водата предизвикува корозија во железните цевки или цевките од железни легури и тоа особено ако водата е солена. За да се спречи навлегување на кислород, системот треба да биде затворен.

Азотот, кој исто така е интерактивен гас, предизвикува проблеми само кога неговата концентрација е толку голема што доаѓа до појава на меурчиња од азот. Ова се случува кога неговата растворливоста е мала, т.е. кога истовремено температурите во системот се високи, а притисоците ниски.

Последици од ова се циркулаторни пореметувања, шум и корозија. Воздухот и другите гасови може да навлезат во топлоносителот преку отворените експанзионите бојлери во топлинските потстанции на системот. Кислород (и мали количини азот) може да навлезат и со дифузија низ пермеабилните мембрани или пластичните цевки. Дополнително, дури и во затворените системи, во услови на ниски притисоци, гасовите може да навлезат преку дихтунзите и автоматските вакуумски затворачи. (Euroheat & Power, 2008)

#### 5.4.2 Други компоненти во водата<sup>11</sup>

Кога водата е топла, растворливи **алкали** реагираат со хидроген карбонат при што се формира воден камен (калциум карбонат). Водениот камен го попречува функционирањето на топлинските изменувачи и ги намалува нивните капацитети. Во некои случаи може да дојде и до прегревање, а како резултат на тоа и да се оштети генераторот. За да се заштити системот од воден камен, водата која циркулира и водата која ги покрива загубите мора претходно да бидат омекнати.

**Анјоните** добиени од соединенија кои се раствораат во вода, особено од хлориди и сулфати, во присуство на кислород предизвикуваат појава на локална корозија кај железни нелегуирани конструкции. Концентрација на хлориди до 50 mg/l обично не предизвикува штета. Но, во одредени услови (на пример при зголемена концентрација во порите на материјалот), хлоридните јони во нерѓосувачките челици може да предизвикаат корозија. Поради тоа што опасноста од корозија зависи од неколку фактори (материјал, медиум, работни услови), не може да се одредат соодветни граници на параметрите за сите работни услови. Во секој случај се препорачува ниска концентрација на хлориди во топлоносителот. Хлоридите предизвикуваат корозија и кај алуминиумските материјали, па оваа комбинација не се препорачува.

**Органските соединенија** можат да ѝ попречат на работата на технологиите за третман на вода и да предизвикаат микробиолошки реакции во топлоносителот. Затоа, треба да се избегнува нивното присуство во топлоносителот.

За привремено превенирање на корозија на стари арматури, цевки и грејни елементи, се користат супстанции базирани на масла. Меѓутоа, ако се користат за премачкување на материјалите, маслата влијаат врз работата на топлинскиот изменувач. Тие ја попречуваат работата на сигурносната опрема и опремата за контрола, а можат да предизвикаат и микробиолошка корозија. Поради тоа, цврсто се препорачува да не се применуваат масла во системите за централно греење.

<sup>10</sup> Оваа глава се базира на податоци од Euroheat & Power, 2008

<sup>11</sup> Оваа глава се базира на податоци од Euroheat & Power, 2008

### 5.4.3 Оперативни параметри на водата<sup>12</sup>

Треба да се спречи навлегувањето на воздух и вода од надворешноста во системот за централно греење затоа што тие предизвикуваат корозија. Освен тоа, притисокот на системот треба да се одржува во соодветни граници. Магнетниот материјал кој се добива како последица од корозијата развива хомоген оксиден слој врз металните површини кој е отпорен на корозија. Појавата на ваквиот слој настанува само при температури повисоки од 100°C, а вакви температура ретко се среќаваат во домашните системи за греење.

Земајќи ги во обзир стандардните вредности на параметрите кои го одредуваат квалитетот на водата (Табела 5), во системите за централно греење обично се користат материјали како што се железото, нерѓосувачкиот челик, бакарот, но и комбинација од овие материјали. Алуминиумот и неговите легури не би смееле да се во директен контакт со топлоносителот затоа што може да дојде до појава на корозија, па не се препорачува да се користат.

Доколку во водата има честички од железо или бакар може да дојде до нивно таложење, а со тоа и до проблеми во подрачјата со мал проток. Искуствено дозволените концентрации на овие супстанции се  $\leq 0.10 \text{ mg/l}$  за железо и  $\leq 0.01 \text{ mg/l}$  за бакар.

Euroheat & Power препорачува да не се користи алуминиум во системите за централно греење, па дури ни во секундарниот потрошувачки круг.

Во системите за централно греење, погонот може да се подели на погон со висока концентрација на сол и ниска концентрација на сол. За сигурна и економски поволна работа на топлоносителот, треба да се следат следните стандарди. Во вонредни ситуации (на пример при пуштање во работа, оштетување и сл.) можно е да кратко отстапување од овие вредности.

Табела 5: Дозволене граници на параметрите кои го одредуваат квалитетот на водата во системите за централно греење (Извор: Euroheat & Power, 2008)

Параметар	Единица	Вредност
Електрична спроводливост	$\mu\text{S/cm}$	100-1500
pH вредност	n.a.	9,5-10
Кислород	mg/L	<0,02
Алкалност	mmol/L	<0,02

### 5.4.4 Практично искуство<sup>13</sup>

Основната опрема, која во системите за централно греење служи за одржување на квалитетот на водата, вклучува уреди за омекнување на водата, филтри и разни хемикалии. Обично нема потреба од инверзна осмоза, која и онака е доста скапа и може да предизвика проблеми во работата.

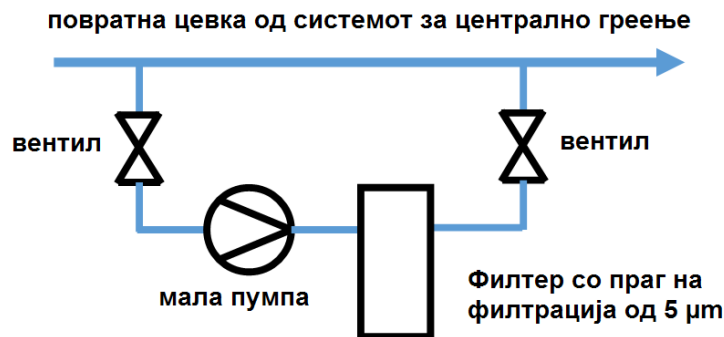
Пластичните цевки (како оние кои се користат кај подното греење) некогаш предизвикуваат оксидација и формирање на тиња. Ова би можело да го оштети системот. Од тие причини е добро да се практикува индиректно приклучувањ на

<sup>12</sup> This chapter is based on Euroheat & Power, 2008

<sup>13</sup> This section is based on Kotlan (2016)

потрошувачите (преку топлински изменувачи). Онаму каде што нема значителни прокапувања (протекувања) ретко се среќава 'рѓа.

Во системите за централно греење треба да се инсталираат филтри со праг на филтрација од 5  $\mu\text{m}$  и пумпа, како на Слика 54.



Слика 54: Пумпа со филтер во бајпасот на повратната цевка во системот за централно греење (Извор: Güssing Energy Technologies)

Дополнително, може да се постави магнет за заробување и одвојување на магнетниот материјал од водата. Магнетниот материјал не непосакуван затоа што може да ги оштети пумпите.

Додавањето на хемикалии (на пример IWO VAP 25 FW) служи за соединување на јаглеродните киселини и кислородот од водата. На тој начин се создава заштитен слој кој ја обложува внатрешноста на цевките. Тоа ја мобилизира формираната тиња, а истата се извлекува со помош на филтрите.

Обично, за одржување на системот се ангажира надворешна компанија која еднаш годишно врши проверка на квалитетот на водата, исправноста на уредот за омекнување на водата, дозирањето со хемикалии и филтерот.

## 5.5 Поверување на потрошувачи на топлинска енергија

Мрежата на системот за централно греење служи за пренос на топлоносителот од производните единици до потрошувачите и за повторно враќање на разладениот топлоносител до производните единици. За да се искористи топлинската енергија мора да има одреден број на потрошувачи кои директно, или индиректно (преку топлински изменувачи) ќе бидат поврзани на мрежата. Точката на приклучок може да се дефинира од технички и од правен аспект. Вообичаено, се смета дека системот за централно греење во објектот правно припаѓа на сопственикот или станарите на објектот, додека мрежата му припаѓа на компанијата која ја одржува. Топлотната потстанција може да припаѓа или на сопственикот на објектот или на сопственикот на мрежата, во зависност од бизнис моделот и склучениот договор.

### 5.5.1 Топлотна потстанции

Потстанциите се состојат од опрема која овозможува пренос на топлинската енергија од мрежата до потрошувачите. Потрошувачите во Австрија и Германија, на пример, се индиректно (преку топлински изменувачи) приклучени на мрежата. Со тоа се одвојува водата која циркулира низ дистрибутивната мрежа од онаа која циркулира во домот на потрошувачот. Секој приклучен објект поседува сопствена топлотна потстанција во која е сместена опремата (Слика 55). Во Данска најчесто се практикува директно приклучување на потрошувачите.



**Слика 55: Топлотна потстанција со топлински изменувач, контролна единица, вентили и мерна опрема (лево) (Извор: Güssing Energy Technologies) и топлотна потстанција со топлински изменувач за краен потрошувач во Ахентал, Германија (десно) (Извор: Rutz)**

Топлотната потстанција обично се состои од топлински изменувач (за индиректно приклучување на потрошувачите), контролна единица за регулација на температурата, вентил и мерна опрема. Се препорачува користење на вентили за одржување на диференцијалниот притисок, за да се намалат флукуациите и да се ограничи максималниот проток кога вентилот е целосно отворен. Со тоа се ограничува протокот низ потстанцијата на вредноста одредена со склучениот договор.

Може да треба да се инсталира официјално калибрирана мерна опрема, доколку законската регулатива го налага тоа. За да се обезбеди соодветна точност, мерната опрема се рекалибрира на одреден период. Генерално, трошоците за греење се состојат од трошоци за потрошена топлинска енергија (€/kWh), максимално ангажирана моќност (€/kW месечно) и трошоци за мерење (€/годишно).

Системите за надгледување на температурите, состојбата на вентилите и количината на предадена енергија денес се сметаат за дел од стандардната опрема. Собраните податоци од сите топлински потстанции се испраќаат до централна единица. Системот за надгледување може да се користи и за регулација на диференцијалниот притисок на главните пумпи на системот. Надгледувањето на работата на системот помага при идентификацијата на потрошувачите чии повратни температури се највисоки и за примена на соодветни санкции врз нив.

Предност на системите со индиректно приклучени потрошувачи е тоа што работните медиуми во главната мрежа и мрежата на потрошувачот не се мешаат, па проблемите со квалитетот на водата на потрошувачите не се одразуваат врз мрежата.

### *5.5.2 Систем за греење во објектите*

Системите за греење во објектите треба да работат што поефикасно затоа што со тоа се обезбедува оптималност во работата на целиот систем. Euroheat & Power (2008) имаат објавено прирачник за топлински потстанции.

Инсталациите во објектите на потрошувачите треба да овозможат ниски повратни температури во системот за централно греење. Ако повратните температури се високи, може е да им се сугерира на потрошувачите да променат одредени елементи во инсталацијата. Ова треба да биде наведено во договорот.



Потрошувачите обично користат радијатори, подно греење, ѕидно греење или таванско греење за распределување на топлинската енергија во домот. Радијаторите имаат потреба од повисоки температури од оние на панелските системи. Од друга страна, панелските системи имаат повисоки повратни температури од радијаторите.

Ако се користат пластични цевки, потрошувачите треба да се индиректно приклучени на мрежата за да се спречи оксидација и акумулација на тиња во системот за централно греење.

### 5.5.3 Санитарна топла вода

Освен за загревање на просторот, топлинската енергија од системот за централно греење може да се користи и за загревање на санитарна топла вода. Во голем дел од мрежите во Германија и Данска, загревањето на санитарна топла вода се смета за интегрален дел од услугата што ја нуди операторот. Но, во многу земји, особено во јужноевропските, системите за централно греење работат само во текот на зимата и не ја вклучуваат можност за загревање на топла вода.

Кога се нуди оваа услуга мора да се земат предвид здравствените прашања. Патогени како бактерии и Легионела (Поле 6) треба да се избегнуваат затоа што може да бидат штетни по здравјето на луѓето. Тие се појавуваат во системи каде има топла вода. Контаминацијата со Легионела може да настане во единиците за производство на топла вода, во цевките, бојлерите итн. Сопственикот на единицата за топла вода е одговорен да ги исполни основните здравствени критериуми.

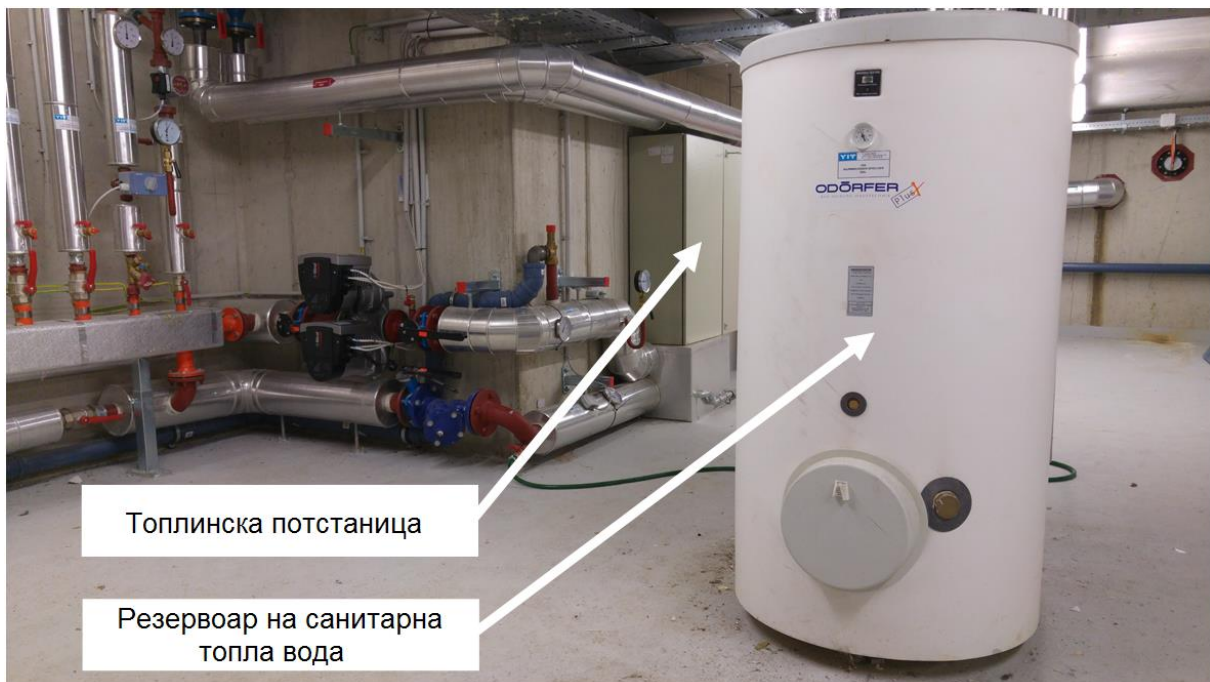
#### Поле 6: Што е Легионела?

Легионела (*Legionella*) е патогена група која спаѓа во грамнегативните бактерии и вклучува видови како *L. pneumophila* кои ги предизвикуваат болестите поврзани со Легионела. Тука спаѓа и болест слична на пневмонија која се нарекува Легионерска болест, но и друга поблага болест - Понтијачка треска. Бактеријата не се пренесува од човек на човек и не секој што е изложен на неа се разболува. Легионелата во мали концентрации се среќава во системите за топла вода, но може да биде сериозен проблем ако нејзината концентрација е значителна. Заболените се инфицираат преку инхалација на контаминираната вода (на пример при туширање), а не преку пиење.

Светската здравствена организација (СЗО, 2007) укажува на влијанието на температурата на водата врз бактеријата:

- Над 70°C Легионелата речиси инстантно умира
- При 60° 90% умира за 2 минути
- При 50°C 90% умира за 80–124 минути, зависно од видот на вирусот
- 48 до 50°C може да преживее, не се размножува
- 32 до 42°C идеално подрачје за раст
- 25 до 45°C подрачје за раст
- Под 20°C може да преживее, дури и по замрзнување, но хибернира

Во домашните системи за топла вода, температурата треба да се биде доволно висока за да се превенира појавата на Легионела. Постојат разни технички решенија кои помагаат за спречување на нејзиниот развој.



Слика 56: Пример на резервоар кој се користи во домаќинства (Извор: Güssing Energy Technologies)

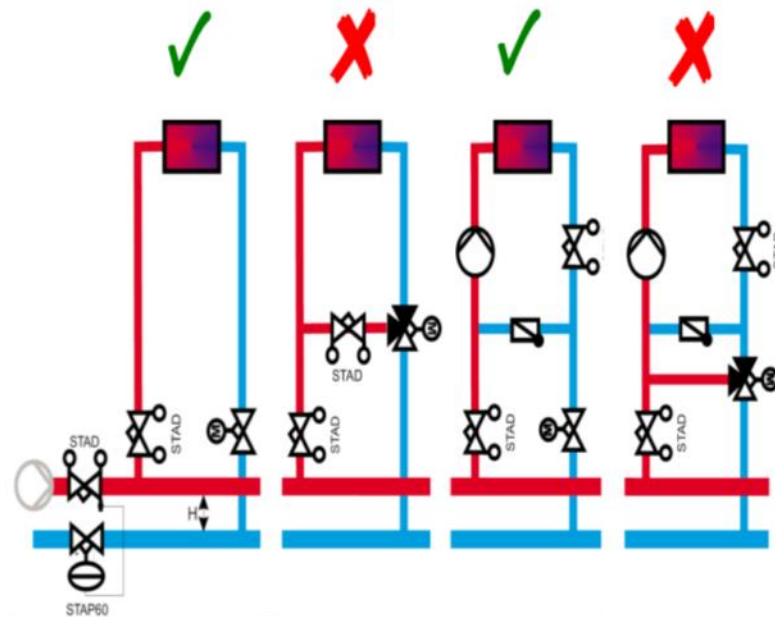
#### 5.5.4 Поврзување на потрошувачите со системот за централно греење

Домашниот систем за греење на потрошувачите треба на ефикасен начин да се поврзе со системот за централно греење. Поради тоа, хидрауличниот систем на потрошувачот мора да биде соодветно проектиран и инсталиран. Во него не смее да постојат **куси врски** (анг. shortcuts), односно цевки што спојуваат доводна и повратна цевка. Со други зборови, не треба да дојде до помешување на протокот од доводните и повратните цевки, а со тоа се избегнува висока температура на поврат.

Слика 57 прикажува примери на соодветна и несоодветна конфигурација на потрошувачката страна на дистрибутивниот систем. Практичното искуство покажало дека третата шема е најлесна за планирање и одржување. Кога хидрауличниот систем на потрошувачот се поврзува на мрежата, треба да се обезбеди добра поврзаност согласно шемите од Слика 57. Ако изведбата на шемата е несоодветна, треба да се интервенира за таа да се промени. Притоа топлинскиот изменувач, цевките и вентилите не треба да се предимензионирани.

Слика 58 прикажува деловен објект кој е приклучен на систем за централно греење.

Често, потрошувачите веќе имаат инсталирано соларни термални системи во нивните згради уште пред централното греење да биде планирано. Дали соларните можат да се интегрираат во системот зависи од повеќе фактори како што се видот, големината и староста на панелите. Примарната намена на соларните термални колектори поставени на кров од зграда е за производство на санитарна топла вода. Доколку колекторите се приклучени на мрежата, пожелна е интеграција на соодветни резервоари за топла вода. Соларните колектори ќе го полнат резервоарот со топлинска енергија, а доколку не може да се постигне одредена работна температура, топлинската енергија се презема од мрежата. Така, топлинската енергија ќе се пренесе до горниот дел на резервоарот или системот ќе се грее со помош на топлински изменувач.



Слика 57: Конфигурација на хидрауличен систем кој може да се користи на потрошувачката страна на системот за централно греење (Извор: Güssing Energy Technologies, базирано на Tour & Andersson Ges.m.b.H., 2005)



Слика 58: Дистрибуција на топлинска енергија во деловна зграда поврзана на систем за централно греење (Извор: Güssing Energy Technologies)

## 6 Планирање на мали системи за централно греење

Планирањето на мали системи за централно греење е од особена важност затоа што се одразува врз понатамошниот квалитет, ефикасност и економичност на системот. Системот треба да ја задоволи моменталната побарувачка на топлинска енергија, но треба да овозможи идни приклучоци, или, во случај на големи реновирања на објектите, задоволување на намалена потрошувачка. За потрошувачите кои моментално не се заинтересирани, модуларноста на системот треба да обезбеди можност за нивни приклучок во иднина.

Иницијаторите на системот може да учествуваат и како негови планери, се разбира, ако системот е доволно едноставен и ако тие имаат барем основни познавања. Во тој случај, добро е да се соработува со производителите на опрема, затоа што тие обично нудат соодветен софтвер и алатки за планирање. Постојат неколку проекти во Германија кои се планирани од нивните иницијаторите и кои денес одлично функционираат. Меѓутоа, доколку иницијаторите немаат соодветни познавања, строго се препорачува ангажирање на професионална компанија. Тоа е особено препорачливо кога станува збор за комплексни системи со неколку различни извори на енергија.

Важен предуслов за добро планирање на системот е поседувањето на податоци за побарувачката на топлинска енергија. Освен проценка на моменталната побарувачка, треба да се изврши и проценка на побарувачката на топлинска енергија во иднина. Точноста на податоците доста влијае врз економските параметри на проектот. Може да се користат неколку **извори на податоци** за проценката:

- Метеоролошки податоци од регионот
- Мапи со стандарди на градба и ниво на изолација
- Енергетски планови на надлежните институции
- Анкета на потенцијалните потрошувачи
- Теренско истражување

Пред да се премине на детални анализи мора, пред сè, да се дефинира областа што би ја покривал планираниот систем. Во идеален случај, потенцијалните локации на производните единици би биле однапред одредени. Во оваа фаза од помош се географски карти на кои се наоѓаат потрошувачите. Тие можат да послужат за цртање на драфт шеми на мрежата и за проценка на должината на цевките. Овие податоци понатаму се корелираат со податоците за видот и староста на објектите, како и со нивната изолација. Значи, добро е да се поседуваат соодветни бази со вакви податоци.

По подготвителната работа, потребно да се изврши проценка на потрошувачката на топлинска енергија на секој приватен, јавен или индустриски потрошувач. За таа цел може да се користи **анкета** која би ги адресирала следните точки:

- Адреса на потрошувачот и локација на мапата
- Постоечки систем за централно греење во објектот (нафта, гас, дрво, електрично парно итн.)
- Други грејни тела (на пример електрични печки)
- Грејна површина во  $m^2$  (на  $110 m^2$ )

- Сертификат за енергетски перформанси на објектот (енергетски пасош)
- Изолација на објектот (на пример 10 cm термичка изолација)
- Планирано реновирање
- Потрошувачка на гориво или енергија за греење за една грејна сезона (на пример 14 m<sup>3</sup> дрво, 2100 литри нафта, 18 000 kWh електрична енергија)
- Начин на греење на санитарна топла вода (електричен бојлер, бојлер поврзан со систем за греење)
- Број на луѓе, за проценка на потрошувачката на топла вода
- Вид на грејни тела (радијатори, подно греење, ѕидно греење)
- Потрошувачки навики во текот на ноќта/денот
- Посакувана температура на довод од системот

Потрошувачката на топлинска енергија може да се процени и преку **сметки и фактури** од минатото. Препорачливо е да се прегледаат сметките од неколку минати години. Овој метод е посебно корисен ако се врши проценка за мал број потрошувачи и ако конзумот е мал (Rutz et al. 2015).

Друг метод за проценка на потрошувачката кој истовремено е и најдоверлив, се базира врз податоци добиени од **мерења**. Тие можат да вклучуваат часовни, дневни или месечни податоци. Во постоечките големи објекти, системи за греење често се надгледуваат, па овие податоци може лесно да се достапни (Rutz et al. 2015).

### 6.1.1 Побарувачка на топлинска енергија на одделни објекти

Откако ќе се соберат податоци од потенцијалните потрошувачи, се преминува на пресметка на вкупната побарувачка на топлинска енергија. Притоа, може да се пресмета побарувачката на сите потенцијални потрошувачи во областа или побарувачката само на оние потрошувачи кои веќе изразиле желба да бидат приклучени. Овие иницијални пресметки помагаат да се одреди дали проектот ќе се исплати ако се приклучат само оние потрошувачи кои веќе изразиле желба за тоа. Но, тие помагаат и за пресметување на исходот од приклучувањето на потенцијалните потрошувачи.

Вкупната побарувачка на топлинска енергија се пресметува како збир на индивидуалната побарувачка на секој потрошувач. Во пресметките треба да се земат предвид специфичната енергетска вредност на горивото и ефикасноста на системот. Табела 6 содржи примери за тоа како била извршена проценката на потребите од топлинска енергија.

Важно е да се има конзервативен пристап кога се проценува ефикасноста на постоечкиот систем за греење и да не се претпоставува дека е повисок од она што е во реалноста.

Табела 6: Проценка на потрошувачката на топлинска енергија на три различни потрошувачи

Потрошувач бр.	Годишна потрошувачка на гориво	Специфична енергетска вредност	Ефикасност на системот за греење	Годишна потрошувачка на топлинска енергија
1	14 m <sup>3</sup> огревно дрво	946 kWh/m <sup>3</sup> и 25% влажност	65%	8608 kWh
2	2100 l мазут	10 kWh/l	75%	15750 kWh
3	2700 m <sup>3</sup> природен гас	10 kWh/m <sup>3</sup>	80%	21600 kWh

### 6.1.2 Врвна моќност

Параметар кој е од корист за проценка на врвната моќност на потрошувачите е **времето на максимална моќност**. Времето на максимална моќност се дефинира како количник од вкупната годишна потрошувачка на топлинска енергија на системот и максималната моќност што потрошувачот ја влече од мрежата. Со други зборови, времето на максимална моќност покажува колку долго би работел системот ако цело време произведува моќност еднаква на максималната.

Согласно пресметките за случај во Австрија, за греење и санитарна топла вода, времето на максимална моќност изнесува околу 1600 часа. Ако се исклучи санитарната топла вода, оваа вредност се намалува на 1400 часа. Времето на максимална моќност зависи од надворешните климатски услови, но и од изолацијата на објектот. Затоа, може да варира од една до друга локација.

Друг параметар кој се користи во овој контекст е **факторот на искористеност** кој се пресметува како однос на вкупно произведената енергија во даден период и максималната енергија која системот може да ја произведе за истиот период (енергијата што би ја произвел кога би работел со максимална моќност во текот на тој период).

За потрошувачите претставени во Табела 6, врвната моќност е дадена во Табела 7.

Табела 7: Примери за пресметка на врвната моќност на потрошувачите во системот за централно греење

Потрошувач	Годишна потрошувачка на топлинска енергија	Дали системот се користи за загревање на СНТ	Процентото време на максимална моќност	Проценета врвна потрошувачка
1	8608 kWh	Да	1600 h/a	5,4 kW
2	15750 kWh	Не	1400 h/a	11,3 kW
3	21600 kWh	Да	1600 h/a	13,5 kW

За пресметка на побарувачката на топлинска енергија на зградите се користи стандардот EN ISO 13790:2008-09 за „Енергетски карактеристики на зградите – Пресметка на потребите од енергија за греење и ладење“. Овој стандард дефинира

методи за пресметка на потрошувачката на енергија за греење и ладење во згради (резиденцијални и нерезиденцијални) или на делови од зградите.

Праксата честопати покажала дека пресметаните вредности за потребната моќност на даден котел е помала од моќноста на инсталираниот котел. Тоа е индикатор дека системот за греење кој се користи е предимензиониран.

Врвната потрошувачка на системот за централно греење треба да го зема предвид факторот на едновременост кој зависи од бројот на потрошувачи и од тоа дали потрошувачите инсталирале резервоари или само топлински изменувачи.

### *6.1.3 Побарувачка на топлинска енергија во индустрија*

Побарувачката на топлинска енергија во индустриските објекти зависи од повеќе фактори меѓу кои што се големината на објектот и дејноста на компанијата. За разлика од домаќинствата, не постои унифициран метод за проценка на потрошувачката на индустриските објекти. Тоа е така затоа што количината и временскиот дијаграм на потрошувачка можат доста да се разликуваат од случај до случај. Во недостаток на подетални податоци, потребно е да се извршат мерења.

Важно е да се знаат потрошувачката на топлинска енергија, врвната моќност, дијаграмот на потрошувачка и потребните температурни нивоа. Потрошувачите со изразени флукутации во дијаграм на потрошувачка се потенцијален проблем за котлите и протокот во системот. Хидрауличните шеми треба да бидат прегледани и адаптирани со цел да се избегнат високи повратни температури. Затоа, корисно е да се постигне договор за максималната дозволена температура во повратните цевки на потрошувачот.

## **6.2 Проектирање на мрежата за централно греење**

Откако е извршена проценка на потребите од топлинска енергија, неопходно е да се направи нејзина детална анализа. Следните чекори вклучуваат цртање на мапи, пресметување на брзината со која ќе се приклучуваат потрошувачите, пресметување на густината на потрошувачка и димензионирање на елементите.

### *6.2.1 Мапирање на мрежата*

Процесот на планирање во оваа фаза се состои од детално мапирање на мрежата. За почеток може да се користат картите кои се достапни на интернет, или алатки како Google Earth. Овие алатки овозможуваат пресметка на должините на цевките.

Така, може да се разгледаат различни опции за големината на системот и приклучените потрошувачи. Во зависност од температурните нивоа, должините на цевките и густината на потрошувачка, приклучокот на некои потрошувачи може да се одбие, ако со тоа се зголемува исплатливоста на системот. Во други случаи пак се препорачува да се приклучат одредени потрошувачи дури и ако тоа не е технички најисплатливо. Ова особено важи кога станува збор за приклучување на големи индустриски потрошувачи затоа што тие позитивно влијаат врз формирањето на доброто јавно мислење.

На крај се одредуваат една или повеќе **локации за производните единици**. Од технички аспект, тие треба бидат што е можно поблиску до потрошувачите. Сепак, социјалниот аспект и достапноста на соодветно земјиште не секогаш го овозможуваат тоа.

По иницијалниот дизајн, за планирањето и проектирање на системот се користат **професионални алатки**. Termis е ваков професионален софтвер. Слика 59 прикажува мрежа која е проектирана со Termis.





додека за згради со повеќе станови може да изнесува 1,5 до 2,4, во зависност од локацијата. Густината на потрошувачка на топлинска енергија варира од 60 MWh/ha/a за стандардно пасивни куќи во рурална област, па се до 3600 MWh/ha/a за лоши изолирани објекти во центарот на градот. Се смета дека дадена мрежа е економски исплатлива ако густината на потрошувачка е поголема од 150 до 300 MWh/ha/a (Von Hertle et al. 2015).

**Подолжната густина на потрошувачка на топлинска енергија** (густината во однос на должината на цевките во мрежата, уште се нарекува линеарна густина на потрошувачка) е еднаква на вкупната топлинска енергија која во текот на една година е дистрибуирана низ цевките на системот, поделена со должината на цевките.

$$\text{Подолжна густина на потрошувачка} = \frac{\text{Потрошувачка на топлинска енергија [kWh/a]}}{\text{Должина на цевките во мрежата [m]}} \quad \text{Равенка 5}$$

Примената на овие параметри ќе биде прикажана со следниот пример. Станува збор за произведен систем кој годишно треба да испорача 638 000 kWh. Нацрт верзијата на мрежата покажува дека должината на цевките изнесува околу 570 m (570 m доводни цевки, 570 m повратни цевки). Користејќи ја Равенка 5, за подолжната густина на потрошувачка се добива 1119 kWh/m годишно.

Подолжната густина на потрошувачка на топлинска енергија, исто така, служи за економска евалуација на даден проект. Меѓутоа, изводливоста на проектот секогаш зависи од конкретната правна и економска рамка. Врз неа влијаат цената на топлинската енергија, температурните нивоа и загубите на енергија во мрежата, но и од други фактори. Затоа, не може да се одреди минимална вредност на подолжната густина за потрошувачка за која може да се смета дека проектот е изводлив.

На пример, во Австрија се препорачува подолжната густина да изнесува најмалку 900 kWh/m годишно за проектот да биде изводлив. Ако таа изнесува помалку од 900 kWh/m годишно треба да се избегнува приклучување на мали потрошувачи за кои се потребни долги цевки.

Во Германија, поддршка во форма на директна инвестиција од германската KfW програма се добива ако густината на потрошувачка изнесува најмалку 500 kWh/m. Во системите за централно греење во Германија, густината на потрошувачка обично е 4000 kWh/m/a (Nast et al. 2009). Овој податок се однесува на најголемите системи и тоа за периодот пред 2009, па можно е во меѓувреме да се променил поради појавата на нови мали мрежи.

Во Данска, средната густина на потрошувачка е околу 1000 kWh/m/a. Има разни системи за централно греење со густини помали и од 500 kWh/m/a. За системот да биде профитабилен, минималната густина на потрошувачка би требало да биде 200 kWh/m/a, што е доста пониска од онаа во Германија. Оваа разлика меѓу Германија и Данска е резултат на тоа што температурните нивоа во Данска се пониски од оние во Германија. (Nast et al. 2009)



Слика 60: Испорачана топлинска енергија од страна на 238 дански снабдувачи - вредности за Данска и Германија (Извор: Michael Nast, Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)

### 6.2.3 Димензионирање на мрежата

Важна особина на системите за централно греење е нивното **температурното ниво** (види глава 5.2). Така, **сезонската природа** на услугата за греење треба да се земе предвид. Работните температури на системот може да се разликуваат во зависност од периодот во годината, односно во зима и лето.

**Загубите на енергија** се неизбежни дури и во модерните и ефикасни системи за централно греење. Тие треба да бидат што помали, а притоа да се внимава на компромисот меѓу придобивките од мерки за намалување на загубите и трошоците од преземање на тие мерки. Загубите на системот треба да се проценат за да се одреди потребниот проток на топлоносителот низ мрежата. Тој ќе влијае врз изборот на производителите на топлинска енергија, вклучувајќи ги тука и котлите за задоволување на врвната потрошувачка. Следниве параметри влијаат врз загубите на топлинска енергија во системите за централно греење (Rutz et al. 2015):

- Должина на цевките
- Изолација
- Вид на почва
- Дебелина на почвата која ги затрупува цевките
- Волумен, проток и температура на топлоносителот
- Предвидена температурна разлика при крајниот топлински изменувач

- Број на сериски поврзани топлински изменувачи

Постојат разни начини за претставување на загубите во системи за централно греење (Wiese 2007):

- Температурна разлика меѓу довод и поврат
- Релативни вредности или проценти на топлински загуби
- Апсолутни вредности, во W/m, kWh/m, kWh/a

**Релативизираните загуби во мрежата** се пресметуваат согласно Равенка 6 и Равенка 7. Притоа, треба да се нагласат разликите меѓу загубите изразени во однос на потрошувачката и загубите изразени во однос на произведената топлинска енергија. Оваа диференцијација е особено важна ако станува збор за одредена легислатива која поддржува системи чии загуби се помали од одредена граница пресметана со една од двете методологии. На пример, за доделување на бонус за когенеративни постројки во Германија, загубите во мрежата мора да бидат помали од 25% во однос на потрошувачката.

Обично, релативните загуби во мрежата се движат од 15 – 20% изразени во однос на потрошувачката на топлинска енергија. Загубите можат да се намалат до околу 7% во големи системи како оној Копенхаген, Данска, но, може да изнесуваат и до 50% во лошо одржани системи (Danish Energy Agency & Energinet.dk, 2015). Во некои преносни цевки, загубите на енергија не надминуваат 2% во однос на снабдената енергија.

$$\begin{aligned} & \text{Загуби на енергија во мрежата [\%]} \\ & = \frac{\text{Производна енергија [kWh/a]} - \text{Потрошена енергија [kWh/a]}}{\text{Потрошена енергија [kWh/a]}} \end{aligned} \quad \text{Равенка 6}$$

$$\begin{aligned} & \text{Загуби на енергија во мрежата [\%]} \\ & = \frac{\text{Произведена енергија [kWh/a]} - \text{Потрошена енергија [kWh/a]}}{\text{Произведена енергија [kWh/a]}} \end{aligned} \quad \text{Равенка 7}$$

Исто така, треба да се одредат **протокот** (m<sup>3</sup>/s) и **притисокот** (bar) на топлоносителот, како и падот на притисокот низ цевките.

Пресметките на приликите во хидрауличниот систем се неопходни за да се одредат димензиите на цевките во системот. За оваа цел може да се користат разни **програми за симулација**, како на пример софтверот Termis. Следните влезни податоци се обично потребни за извршување на симулации во софтверот:

- Мапи: патишта, објекти, издигнатини итн.
- Каталог на цевки: димензии, загуби итн.
- Податоци за потрошувачи: побарувачка, температурна разлика.
- Гранични вредности: температура, градиент на притисок, брзина на проток итн.

Во зависност од софтверот кој се користи и специфичностите на проектот, може да се потребни и други податоци.

При проектирањето на мрежата, цевките се димензионираат земајќи го предвид зимскиот конзум, но, важно е да се провери дали приликите при летен конзум ги задоволуваат техничките услови. Генерално, мрежата треба да биде проектирана така што димензиите на цевките, а со тоа и загубите, ќе бидат што помали. Треба да се земат предвид и идните проширувања на мрежата.

Температурните нивоа во текот на летото може да бидат пониски од тие во зимскиот, а со тоа се зголемува ефикасноста на мрежата. Во одредени случаи може да биде изводливо и да се прекине снабдувањето со цел да се намалат загубите. Тоа сепак зависи од конкретниот случај. Така, не смее да има прекин во снабдувањето ако договорот гарантира континуирано и непрекинато снабдување, особено ако топлинската енергија се користи и за добивање на санитарна топла вода.

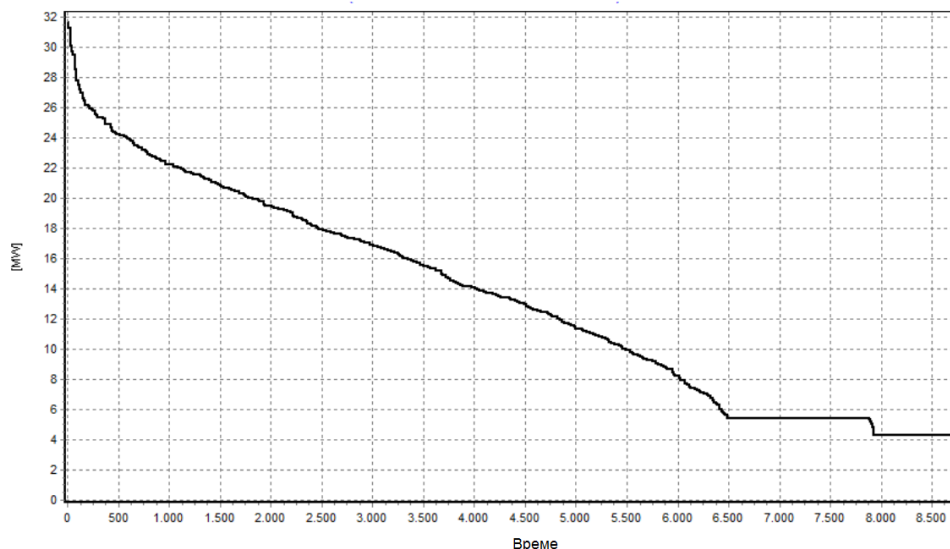
### 6.3 Проектирање на производните единици

#### 6.3.1 Подреден дијаграм на потрошувачка

Податокот за варијациите на побарувачката на топлинска енергија за време на грејната се од особена важност. **Подредениот дијаграм на потрошувачка** дава приказ на промените на потрошувачката на топлинска енергија. Тој е корисен за одредување на најсоодветниот производител на топлинска енергија.

Пример на подреден дијаграм на потрошувачка за производител во Данска е прикажан на Слика 61, каде потрошувачката е изразена во MW, додека на апцисата стојат часовите во годината. Оваа крива покажува колку часа во годината конзумот бил еднаков или поголем од одредена вредност. За примерот подолу може да се каже дека врвната потрошувачка траела 1400 – 2800 часа, средната потрошувачка траела 2800 – 6000 часа, а потрошувачката била поголема или еднаква од базната во текот на цела година.

При анализата треба да се земат предвид **најниските амбиентални температури** затоа што тие најмногу влијаат врз траењето на врвната потрошувачка и капацитетот на системот. Податоците за климатските услови, измерени од јавните метеоролошки институции најчесто, често се лесно достапни. Овие податоци, во комбинација со податоците за потрошувачите (вид на објект, изолација, големина на прозорци, примена на објектот) служат за пресметка на егзактната потреба од топлинска енергија и сезонските спецификации на системот. (Rutz et al. 2015)



Слика 61: Подредена крива на потрошувачка, Дански пример (Извор: PlanEnergi)

### 6.3.2 Проектирање на производните единици

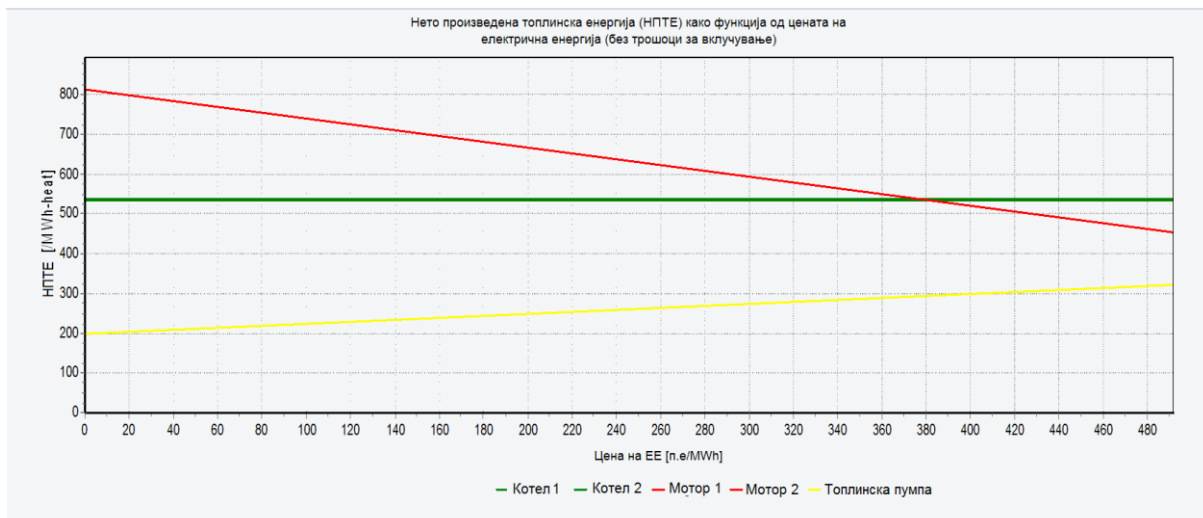
Освен потрошувачката, процесот на планирање треба да вклучи соодветна анализа на производството. Таа се состои од една или повеќе единици за производство на топлинска енергија. **Паметната комбинација на различни технологии за греење** е важна особина на малите системите за централно греење и ладење кои интегрираат обновливи извори на енергија како што е соларната. Некои примери за вакви системи се дадени на Слика 63, Слика 64 и Слика 65.

Комбинирањето на повеќе технологии придонесува за зголемена робусност на системот.

Комбинираниот систем овозможува и задоволување на потрошувачката со енергија добиена од производни единици чии трошоци на производство се најниски. Таква е соларната термална технологија, додека котлите за задоволување на врвната потрошувачка се поскапи. Со тоа се намалуваат вкупните трошоци за гориво за котлите. Дополнително, работниот режим на производните единици може да се нагодува согласно цената на горивото. На пример, многу вакви системи во Данска интегрираат котел на биомаса или природен гас или електричен бојлер. Доколку цената на електричната енергија е многу ниска, или уште подобро, негативна, електричниот бојлер влегува во погон. Неколку примери за вакви системи има во извештајот на Најдобри практики на проектот CoolHeating (Laurberg Jensen et al. 2016).

Во систем со разни извори на топлинска енергија, **работниот режим** на изворите треба да обезбеди што е можно пониски трошоци за работа.

Пример за работен режим на систем со комбинирано производство на топлинска и електрична енергија е прикажана на Слика 62, каде трошоци на топлинската енергија се прикажани како функција од цената на електричната енергија. Системот содржи два котли, две когенеративни постројки и топлинска пумпа.



Слика 62: Работна стратегија со трошоци за производство на топлинска енергија во зависност од цената на електричната енергија (Извор: PlanEnergi)

Трошоците за производство на топлинска енергија на котлите се константни<sup>14</sup> и независни од цената на електричната енергија. Производните трошоци на когенеративните постројки пак, зависат од произведената електрична енергија. Колку е поголема пазарната цена на електричната енергија, толку се тие помали. Од друга страна, обратен е случајот со електричните бојлери и топлинските пумпи. Кога се комбинираат различни технологии, постои можност да се реагира согласно промените на цената на електрична енергија. Притоа, когенеративните постројки би влегле во

<sup>14</sup> Се занемарува електричната енергија што ја трошат бојлерите

погон кога цената на електрична енергија е висока, а топлинските пумпи би работеле кога таа е ниска.

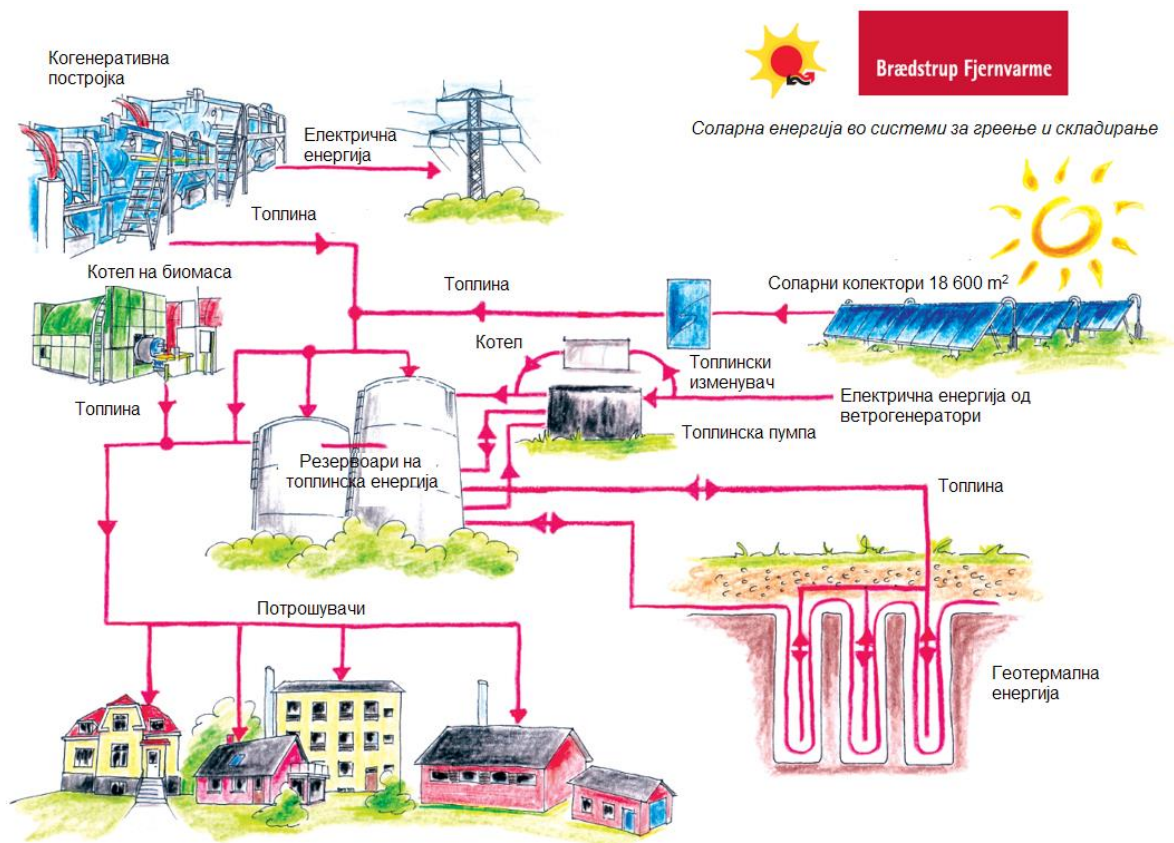
Друга стратегија за намалување на трошоци за работа е комбинацијата на **биомаса со соларна термална енергија**. Потребите од топлинска енергија во лето може да се задоволат со помош на соларните термални колектори, а огревното дрво да се зачува за во зима (види Слика 3). Со тоа се намалуваат трошоците за работа и одржување на котлите на биомаса.

Покрај производните единици, **паметните системи за складирање** се важен дел од на системите за централно греење. Резервоарите за краткотрајно складирање служат за покривање на дневната врвна потрошувачка. Сезонските резервоари овозможуваат зголемено учество на соларните термални колектори во системот. Топлинските пумпи, исто така, се важен дел од системот.

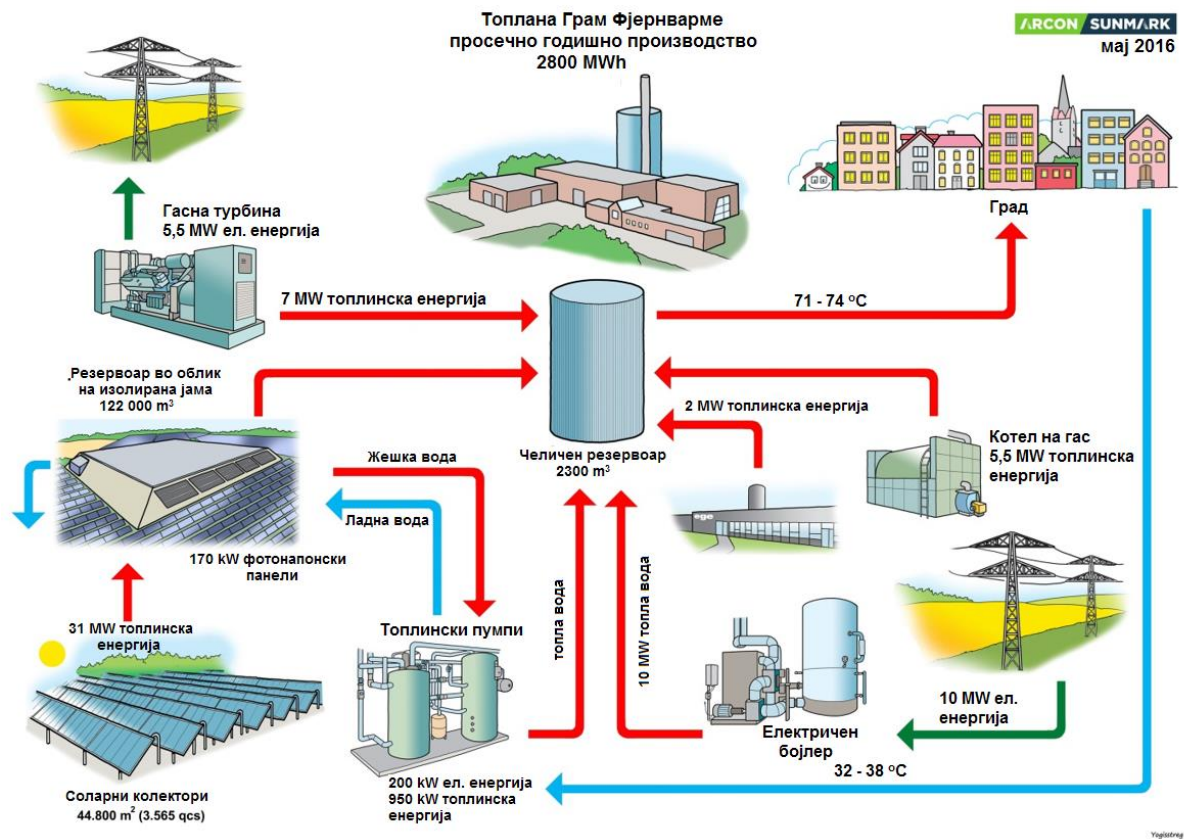
Трошоците за производство на топлинската енергија зависат од цените на горивата, цената на електричната енергија, даноците, трошоците за снабдување, одржување итн. Во систем во кој се комбинирани различни технологии, цената на електрична енергија влијае врз бројот на работни часа на секоја единица – на пример, ако цената на електрична енергија во текот на една година е релативно висока, когенеративната постројка ќе работи подолг период отколку во година кога таа е ниска.

Меѓутоа, комбинирањето на повеќе технологии ја зголемува комплексноста на системот, како и потребата од напредни системи за негова контрола. Друг недостаток е малата експлоатираност на инвестициите, т.е. времето на максимална моќност на еден котел на биомаса е помало во комбиниран систем. Затоа, кога се проценува исплатливоста, треба да се анализира целиот систем, а не само одделните елементи. За справување со зголемената комплексност на системот и поголемите инвестициски трошоци може да се консултира професионална компанија.

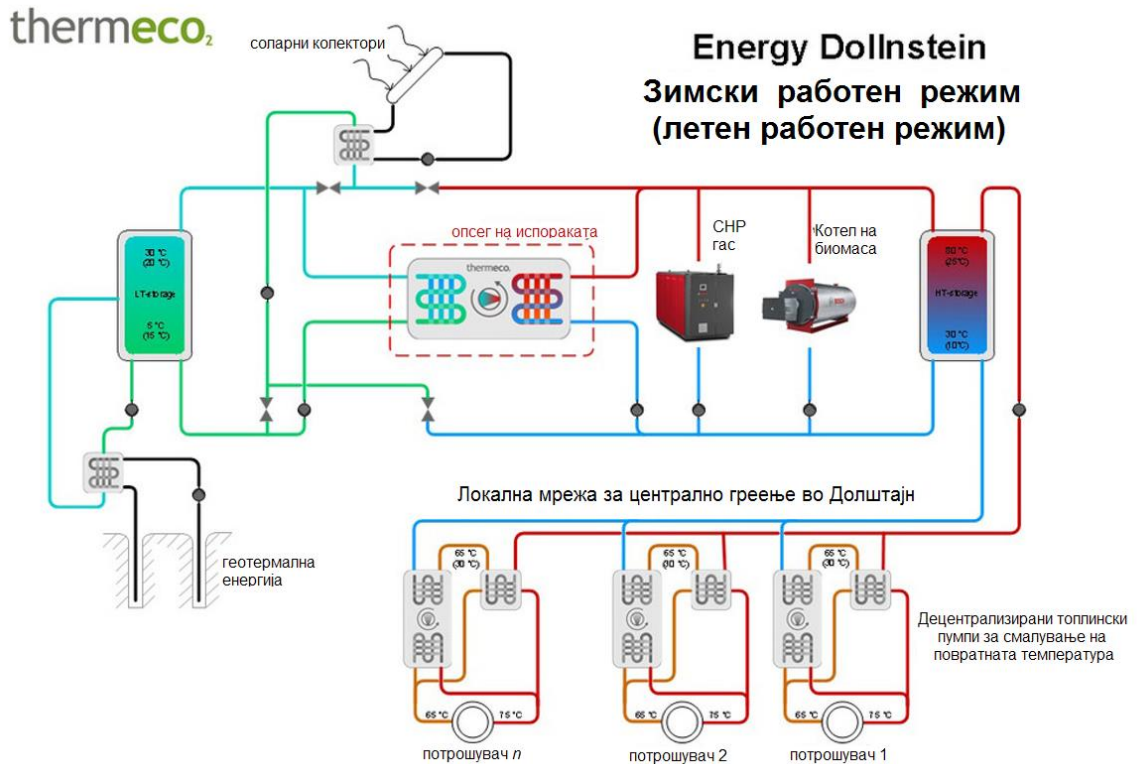
Подредениот дијаграм на потрошувачка може да се користи при димензионирањето на производните единици. Примената на **софтвер за планирање**, како што е energyPRO, е препорачана. Софтверот нуди можност за внесување на подредениот дијаграм на потрошувачка врз основа на претпоставки за варијациите во потрошувачката и локалните услови. Тој овозможува и детално планирање на производните единици.



Слика 63: Шема на системот за централно греење во Бредскуп, Данска (Извор: [braedstrup-fjernvarme.dk](http://braedstrup-fjernvarme.dk))



Слика 64: Шема на системот за централно греење во Грам, Данска (Извор: Rutz D.)



Слика 65: Шема на локалниот систем за централно греење во Долштајн (Извор: Dürr thermea)





Слика 66: Компоненти на поголем систем за централно греење (Извор: UNEP, [www.districtenergyinitiative.org](http://www.districtenergyinitiative.org))

#### 6.4 Потребни и навики на потрошувачите

Анализата на нетехничките аспекти на проектот е исто така важна. Се однесува на потребите на потрошувачите и нивните навики.

Пред сè, треба да се процени дали потрошувачите сакаат да се приклучат на мрежата. Причините за индивидуалните одлуки се разнолики. Ниските трошоци, добрата услуга, поддршката од обновливи извори и зголемениот комфор може да бидат мотивирачки фактори. Притоа, потрошувачот ќе има обврска само да ја плати сметката за топлинска енергија, без притоа да се грижи за набавка на гориво. Комфортот на потрошувачите е клучна карактеристика на централните системи и придонесува за нивната конкурентност. Дополнително, проширувањето на домот е важен аргумент за поддршка на системите за централно греење, затоа што најчесто зафаќаат помал простор во објектите од индивидуалните системи. Потребната опрема се сведува на тоplotна потстанција, која, во споредба со котел, резервоар и сета пропратна опрема, зафаќа помалку простор.

Директниот контакт со потрошувачите и организирањето на информативни настани го потпомага процесот. Во зависност од фазата, може да се склучат договори за соработка (преддоговори или слична документација) со која би се изразила согласноста на потрошувачите. Овој чекор е важен во почетната фаза, затоа што не сите потрошувачи ќе сакаат да се приклучат. Со тоа се намалува потребата од топлинска енергија која што системот треба да ја испорача.

Во завршните фази треба да се склучат **билатерални договори** кои ги одредуваат обврските и односите меѓу потрошувачот и снабдувачот на топлинска енергија. Договорите треба да се во согласност со постоечката национална легислатива, вклучувајќи ги и одлуките од политичките функционери и судот. Работата на

компаниите кои ќе раководат со системот треба да биде јавна и транспарентна и да обезбеди соодветна комуникација со потрошувачите. Тоа помага да се креира доверба меѓу компанијата и потрошувачот. Договорите треба да ги содржат следните документи:

- Писмо за запознавање
- Информации за снабдувачот
- Согласност за снабдување
- Договорни и правни услови за снабдување
- Технички услови за снабдување
- Тарифник и договор

Во рамките на договорот важно е да се одреди **начинот на снабдување** со топлинска енергија. Постојат два главни концепта и тоа концепт на делумно снабдување и концепт на гарантирано снабдување.

Во концептот на **делумно снабдување** со топлинска енергија, операторот на системот нуди само онолку топлинска енергија колку што е технички расположливо. Овој модел најчесто се користи за искористување на отпадната топлина од некои индустриски или биогазни инсталации. Операторот на системот, притоа, не им гарантира на потрошувачите дека нивните потреби ќе бидат целосно задоволени, па добро е тие да поседуваат дополнителен систем за греење. Потребата од дополнителен систем е најизразена во периоди на врвна потрошувачка на енергија или при појава на дефект во системот. Ризикот со кој се справува операторот на системот кај ваквиот модел е минимален. На сметка на тоа, цените на топлинската енергија се мали, што особено им оди во прилог на потрошувачите. Но, и покрај ниските трошоци за енергија тие имаат трошоци за инсталација и одржување на котлите. (Rutz et al. 2015)

Концептот на **гарантирано снабдување** со топлинска енергија го карактеризира сигурноста во снабдувањето. Овој модел се применува кога постојат производни единици кои наменски се изградени за производство на топлинска енергија. Тој го зема предвид и задоволувањето на врвната потрошувачка, на пример во ладни зими, како и снабдувањето при дефект. Многу договори во Германија гарантираат сигурност во снабдувањето до температури од  $-15^{\circ}\text{C}$ . Во ваквите системи операторот има повисоки инвестициски трошоци затоа што ќе треба да инсталира и одржува котли на нафта. Ризикот со кој се соочува операторот во овој концепт е поголем затоа што гарантира сигурност во снабдувањето, но затоа се повисоки и цените што ги плаќаат потрошувачите. Комфортот на потрошувачите е исто така поголем. (Rutz et al. 2015)

**Потрошувачките навики и податоците за потрошувачите** исто така треба добро да се анализираат. Треба да се земат предвид дневните и сезонските дијаграми на потрошувачка. Потребата од енергија на различни потрошувачи во една зграда може значително да се разликува и тоа како резултат на различните навики кои тие ги имаат. Така, навиките на проветрување и пристапот кон одржување и нагудување на вентилите на системот, на пример, им се различни. Инсталацијата и поврзувањето на потрошувачи на системот може да се искористи како прилика за нивно обучување на темата на енергетска ефикасност. Понатаму, опремата во зградата, која најчесто е во надлежност на сопственикот на зградата или станарите, треба да биде реновирана. Оваа услуга може да ја понуди операторот на системот во соработка со монтерите.

Крајно, **бизнис моделот** во голема мера влијае врз учеството на потрошувачите во раководењето на системот. Тие може, на пример, да бидат вклучени како инвеститори

или акционери, во зависност од договорот. Ваквиот пристап влијае позитивно врз јавното мислење за проектот.

### **6.5 Економија на малите системи за централно греење**

Економски аспекти на проектите за мали системи за централно греење зависат од повеќе фактори. На пример, на локално ниво, трошоците за енергија добиена од обновливи извори секогаш се споредуваат со трошоците за енергија добиена од фосилни горива. Ако трошоците на системот со обновливи извори се помали, тогаш истиот се имплементира, во спротивно - не се имплементира. На локално ниво, врз економските аспекти големо влијание имаат локалните мери за поддршка на обновливите извори.

Така, неколку важни економски аспекти се сумирани во оваа глава. Други извештаи на проектот CoolHeating може да содржат повеќе детали и економски алатки. Главните фактори кои влијаат врз економијата се:

- Инвестициски трошоци
- Трошоци за работа и одржување
- Побарувачка на потрошувачите
- Цени на фосилните горива
- Даноци
- Квалитет и животен век на опремата
- Бизнис модел
- Сопствеништво на мрежата

## 7 Технологии за ладење

Со зголемувањето на глобалното затоплување, потребата од ладење станува сè поголема. Сепак, потребата од енергија за ладење е прилично висока и денес. Ладењето главно се применува за:

- Аклиматизација на јавни и приватни згради
- Аклиматизација на индустриски објекти (на пр. простории со сервери)
- Ладење на земјоделско-индустриски и прехранбени производи
- Ладење во индустријата за храна и пијалаци
- Ладење во хемиската индустрија

Зависно од потребниот капацитет за ладење и нивото на температурата, обновливите извори на енергија се доста прикладни за ладење. Ладењето е потребно за многу апликации, особено за време на летниот период кога сончевото зрачење е интензивно. Ладењето со сончева топлина и отпадна топлина од други процеси може да го зголеми одржливото снабдување со енергија.

За обновливо и „бесплатно“ ладење можат да се користат конвенционалните разладни уреди (чилери) со компресија на пареа, чилери со апсорпција, чилери со адсорпција и топлински пумпи. Различните технологии се претставени подолу.

### 7.1 „Бесплатно“ ладење

„Бесплатното“ ладење е ладење при ниски цени со употреба на ниска амбиентална температура, на пример, од воздух, почва или водни тела. Добиеното ладење не е целосно бесплатно, бидејќи мали количества енергија се потребни за работа на вентилатори, пумпи или контролни уреди. Сепак, природните климатски услови помагаат да се заштеди на трошоците и на емисиите на стакленички гасови. Следниве извори на природна енергија за ладење можат да се земат предвид:

- Ладна вода од мориња, езера, реки
- Вечерен студ
- Студ од голема височина
- Студ од почва или геотермални извори

Зависно од системот и барањата, „бесплатниот“ извор на ладење може да се користи како единствен извор на ладење или во комбинација со друга техничка опрема како конвенционалните чилери. Во случај на променливо разладување, како што е свежиот воздух во текот на ноќта, за тоа време можат да се заобиколат конвенционалните чилери. Конвенционалните чилери можат да се користат за време на шпицови во побарувачката на ладење.

Едноставна примена на „бесплатното“ ладење е аклиматизацијата на згради кои имаат подземни топлински пумпи кои се користат за греење на простор. Во лето, почвата има просечна температура од 8-12°C, која може да се искористи директно во централниот систем за греење на зградата и тоа за ладење.

Особено ако централниот систем за греење има големи површини на панелите или радијаторите за подно греење, свежината од почвата може да се искористи за разладување на објектот. Треба да се обрне внимание да не се ладат радијаторите под точката на оросување со оглед на тоа што водата може да му наштети на објектот.

Друг „бесплатен“ метод на ладење е да се дизајнираат зградите така што зградата ќе се лади со ниската температура на амбиенталниот воздух во текот на ноќта со што зградата ќе се аклиматизира во текот на денот.

## **7.2 Чилери со компресија на пареа**

Чилерите со компресија на пареа се најшироко користени уреди за климатизација на згради и коли. Исто така, тие се користат и во домашните и комерцијалните фрижидери, во хемиската индустрија, во магацините за чување храна, во камионите со фрижидери итн.

Чилерите со компресија на пареа користат циркулациона разладна течност како средство, која ја апсорбира и ја отстранува топлината од просторот кој се лади, а потоа ја исфрла истата на друго место. Јадрото на овој систем е компресорот кој работи на електрична енергија. Освен тоа, системот вклучува кондензатор, вентил за термичко ширење и испарувач.

За време на процесот, циркулационата разладна течност влегува во компресорот како заситена пареа. Таа се компресира сè додека не се постигне висок притисок, при што температурата расте. Жешката, компресирана пареа е наречена суперзагреана пареа. Оваа пареа се лади со воздух (или вода) што води кон кондензација на пареата. Кондензираната разладна течност се нарекува заситена течност. Таа влегува во вентилот за топлинско ширење каде што притисокот нагло се намалува. Ова намалување на притисокот доведува до испарување на разладната течност. Исто така, ова ја намалува топлината на смесата од разладна течност/пареа, со што води кон посакуваниот ефект на ладење. Циркулационата разладна течност влегува повторно во компресорот и го затвора циклусот.

Главната предност на чилерите со компресија на пареа е нивната едноставност и доверливост како и масовната примена во голем број други системи. Моменталната неповолност е високата потреба од електрична енергија за работа на компресорите. Бидејќи трошоците за електрична енергија често се високи, трошоците за работа на чилерите со компресија на пареа се значителни.

За разлика од чилерите со апсорпција и адсорпција, главниот извор на енергија на чилерите со компресија на пареа е електричната енергија, додека другите системи работат главно на топлина, на пример од соларни колектори. Како што цените за електрична енергија од фотоволтаични системи значително се намалуваат во последните години, ладењето со традиционалните чилери со компресија на пареа можат да се натпреваруваат со поиновативните чилери со апсорпција или адсорпција, кои се далеку помалку користени во секторот ладење. Затоа, „системите со фотоволтаици/чилери со компресија на пареа“ би можеле на некој начин да им конкурираат на „системите со обновлива топлина/чилери со апсорпција или адсорпција“ во иднина.

## **7.3 Чилери со апсорпција<sup>15</sup>**

За разлика од чилерите со компресија на пареа кои работат главно на електрична енергија, чилерите со апсорпција принципиелно користат извор на топлина, кој може да биде сончева топлина или отпадна топлина, како главен извор на енергија за

---

<sup>15</sup> За пишувањето на ова поглавје искористен е Прирачникот BiogasHeat (Rutz et al. 2015). Неколку делови од текстот се преземени од овој извор.

процесот на ладење. Чилерите со апсорпција се алтернатива на обичните чилери со компресор каде електричната енергија е недоверлива, скапа или недостапна, каде звукот од компресорот е проблематичен или каде вишокот топлина е достапна како што е во случајот со електраните на биогаз. Генерално, чилерите со апсорпција се карактеризираат со следниве главни придобивки во споредба со чилерите со компресија на пара (Skagestad & Mildenstein):

- Мали барања за работењето на чилерот гледано од електричен аспект
- Ниски нивоа на звук и вибрации за време на работењето
- Способност за користење на повратната топлина и нејзино претворање во енергија за ладење
- Растворите за ладење обично не претставуваат закана за намалувањето на озонот во атмосферата

И чилерите со апсорпција (во понатамошниот текст апсорпциони чилери) и чилерите со компресија користат разладна течност која обично има многу ниска точка на вриење (често помалку од  $-18^{\circ}\text{C}$ ). И во двата типа, топлината се издвојува од еден систем притоа создавајќи ефект на ладење, кога разладната течност испарува. Главната разлика помеѓу двата система е начинот на кој разладната течност се менува од гасовита состојба назад во течна со цел циклусот да може да се повтори. Чилерите со компресија го преобразуваат гасот назад во течност со зголемување на нивоата на притисок преку компресор (кој работи на електрична енергија). Апсорпционите чилери го преобразуваат гасот назад во течност преку апсорпција на разладувачот во друга течност и околна десорпција со топлина. Другата разлика помеѓу двата типа е разладувачот кој се користи. Чилерите со компресор обично користат хидрохлорофлуоројаглероди (hydrochlorofluorocarbons - HCFCs) или хидрофлуоројаглероди (hydrofluorocarbons - HFCs), додека апсорпционите чилери обично користат амонијак или литиум бромид (LiBr).

Генерално, апсорпционите чилери според начинот на кој работат се категоризираат како директни или индиректни, а според ефектот како единечни, двојни и тројни. За користењето на обновлива топлина, само индиректните чилери се релевантни, иако теоретски и директните чилери исто така можат да работат со директно согорување на биогаз. Исто така, апсорпционите чилери и чилерите со компресија можат да се комбинираат (каскадно или хибридно ладење).

Класификацијата на апсорпциони чилери со единечен, двоен и троен ефект се базира на бројот на топлински извори (нивоа). **Апсорпционите чилери со единечен ефект** имаат само едно топлинско ниво на работната течност (слаб раствор). **Апсорпционите чилери со двоен ефект** имаат две нивоа на генерирање на пара за издвојување на разладувачот од апсорбентот. Според тоа, чилерите со двоен ефект имаат два кондензатора и два генератора. Преносот на топлина се случува на повисока температура споредено со циклусот со единечен ефект. Чилерите со двоен ефект се поефикасни, но исто така и поскапи (New Buildings Institute 1998). **Апсорпционите чилери со троен ефект** се уште понапредни во споредба со чилерите со двоен ефект. Апсорпционите чилери со троен ефект се во развој, како следен чекор во еволуцијата на апсорпционите технологии (New Buildings Institute 1998).

Користењето на апсорпционите чилери зависи од температурата на отпадната топлина, употребениот разладувач и средството за пренос, како и од посакуваната температура на ладење. Апсорпционите чилери базирани на LiBr/H<sub>2</sub>O се способни да ја снижат температурата до  $6^{\circ}\text{C}$ , а апсорпционите чилери базирани на NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O од  $0^{\circ}\text{C}$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Со цел да се споредат чилерите, се користи **коэффициентот на енергетска ефикасност** (EER) кој е сличен со коэффициентот на перформанси (COP) на топлинските пумпи.

Тој е односот на капацитетот на ладење ( $\dot{Q}_C$ ) и топлински влезен капацитет ( $\dot{Q}_H$ ). Со тоа, капацитетот на пумпата ( $P_P$ ) е занемарлив. EER на реални системи за ладење со апсорпција е обично помал од 1. Типичните EER на комерцијално достапните чилери се движат од 0,65 до 0,8 за единици со единечен ефект и од 0,9 до 1,2 за единици со двоен ефект (Skagestad & Mildenstein)

$$EER = \frac{\text{Капацитет на ладење}}{\text{Влезен капацитет}} = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_H + P_P} \approx \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_H}$$

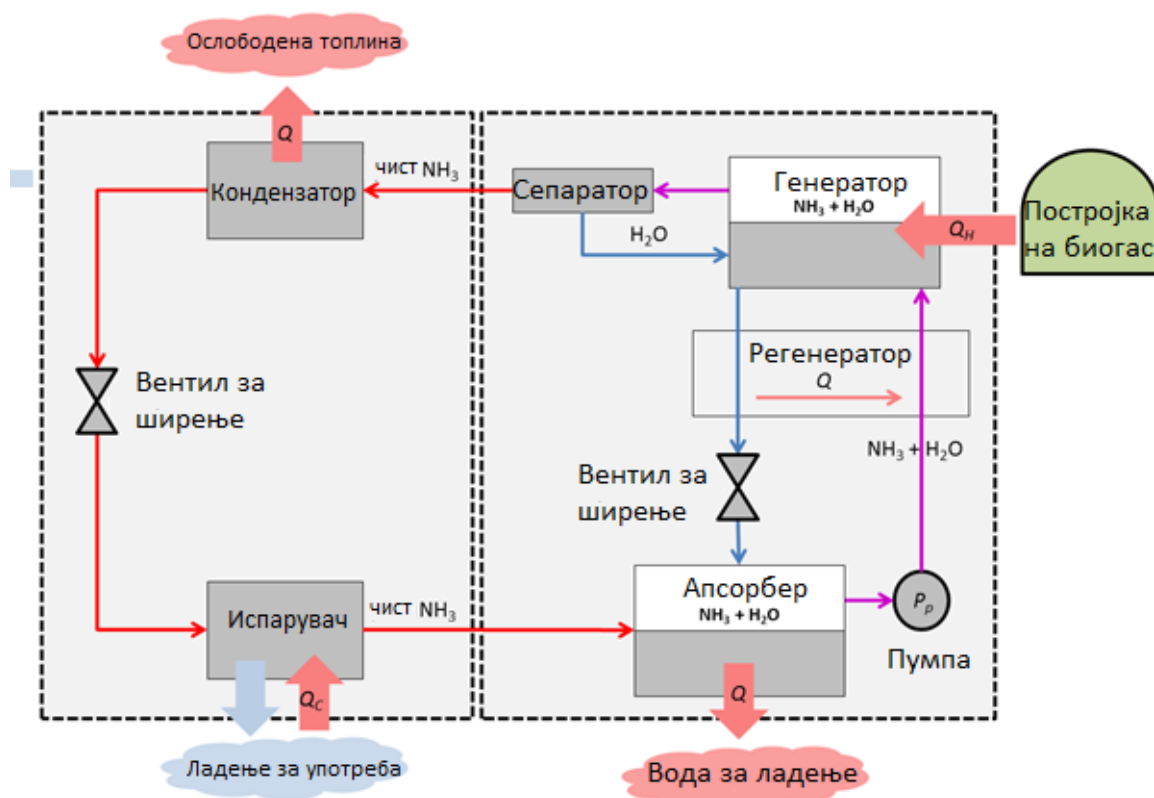
Равенка 8

*EER* коефициент на енергетска ефикасност

$\dot{Q}_C$  капацитет на ладење [kW]

$\dot{Q}_H$  топлински влезен капацитет [kW]

$P_P$  електричен влезен капацитет (пумпа) [kW]



Слика 67: Процес на типичен апсорпционен разладувач амонијак – вода кој користи обновлива топлина, на пример од електрана на биогаз (Извор: Rutz et al. 2015)

Општиот процес на типичниот апсорпционен чилер базиран на **амонијак-вода** е прикажано на Слика 67. Во овој процес, амонијакот ( $\text{NH}_3$ ) служи како разладувач, а водата ( $\text{H}_2\text{O}$ ) како преносно средство (апсорбент). Во **испарувачот** чистиот разладувач од амонијак во течна состојба произведува ефект на ладење. Тој ја апсорбира топлината од супстанцијата која се лади и притоа започнува да испарува. Оттука, пареата од амонијак се пумпа во вливачот (апсорберот). Во **апсорберот** слаб

раствор од амонијак- вода е веќе присутен. Водата, користена како преносно средство во растворот е незаситена и има капацитет да апсорбира повеќе гас од амонијак. Како што амонијакот од испарувачот влегува во апсорберот, веќе е апсорбиран од водата и се формира силниот раствор од амонијак-вода. За време на процесот на апсорпција, се ослободува топлина која може да го намали капацитетот на апсорпција на водата; затоа апсорберот се лади преку ладната вода. Благодарение на апсорпцијата на амонијакот, се формира силниот раствор од амонијак-вода во апсорберот. Овој раствор се пумпа со **пумпа** на висок притисок во **генераторот** кој добива енергија од топлинскиот извор (во случајов електраната на биогаз) додека амонијакот испарува. Пареата од амонијак го напушта генераторот, но некои честички од вода исто така се носат со разладувачот од амонијак со оглед на силниот афинитет на водата кон амонијакот. Понатаму, поминува преку **разделувачот (сепараторот)**, сличен на колона за дестилација. Водата оди назад преку регенераторот и вентилот за ширење до генераторот. Слабиот раствор од амонијак/вода оди назад од генераторот до апсорберот. Чиста пара од амонијак влегува во кондензаторот при висок притисок каде се лади преку водата. Притоа, ја менува својата агрегатна состојба во течна и поминува преку вентилот за ширење каде нејзината температура и притисок одеднаш опаѓаат. Амонијакот влегува во испарувачот повторно, каде го создава ефектот на ладење. Со тоа циклусот е завршен.



Слија 68: Чилер ладен со воздух кој користи отпадна топлина од постројка за согорување во Австрија (Извор: Rutz D.)

#### 7.4 Чилери со адсорпција

Адсорпцијата е атхезија на атоми, јони или молекули од гас, течност или растворена цврста материја на одредена површина. Овој процес е сличен на процесот на апсорпција, но се разликува со тоа што при адсорпцијата флуидот се раствора во течност или исполнува цврста материја. Чилерите со адсорпција секогаш користат течна (гасовита) и цврста материја, додека пак чилерите со апсорпција секогаш користат две течности (гасови).

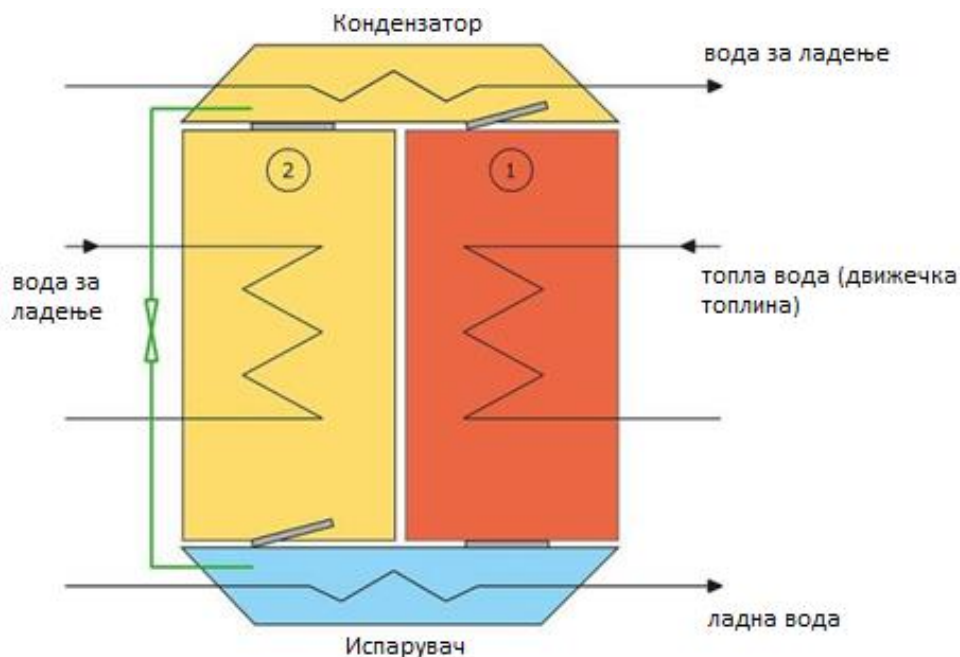


Чилерите со адсорпција користат цврсти сорпциони материјали наместо течности. Двете главни технологии кои се комерцијално достапни денес користат Silicagel или Zeolith како сорбент и вода како разладувач. При комбинирањето на адсорбент со разладувач, чилерите со адсорпција користат топлина, на пример од соларни колектори, за да создадат ефект на ладење.

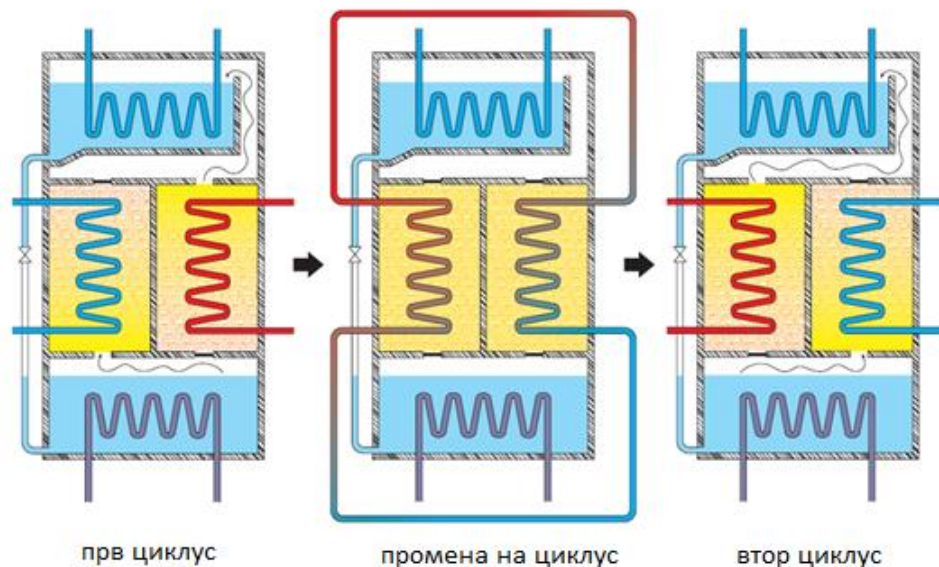
Системот се состои од два сорбентни прегради (адсорпциони комори) (Слика 69) (Solair Project, 2009) кои работат во наизменичен сериски режим (Слика 70). Двете прегради содржат цврст сорбент, кој во својата неутрална состојба го адсорбира разладувачот. Кога е загреана, цврстата материја десорбира (ослободува) разладна пара, која потоа се лади и втечнува. Понатаму, овој течен разладувач го носи ефектот на ладење кај испарувачот, апсорбирајќи ја надворешната топлина и повторно претворајќи се во пара. Во финалната фаза разладната пара е (ре)адсорбирана во цврста материја. Со употреба на двете прегради во сериски режим, може да се постигне континуирано ладење.

До денес, само неколку азиски и европски производители произведуваат чилери со адсорпција (во понатамошниот текст адсорпциони чилери). Под посебни услови на работа со работна температура од  $80^{\circ}\text{C}$ , системот достигнува коефициент на перформанси (COP) од околу 0,6, но возможно е да работи и на температури од околу  $60^{\circ}\text{C}$ . Капацитетот на чилерите се движи од 5.5 kW до 500 kW моќност на ладење. (Solair Project, 2009)

Адсорпционите чилери ги имаат истите предности како и апсорпционите чилери. Едноставната механичка конструкција на адсорпционите чилери и нивната очекувана робустност е предност. Не постои опасност од кристализација, а со тоа и ограничувања на температурите. Но, постои внатрешна пумпа за растворање и потрошувачката на електрична енергија е намалена на минимум. Негативна страна е релативно големата зафатнина и маса. Освен тоа, со оглед на малиот број произведени системи, цената на адсорпционите чилери е сè уште висока. Понатамошно унапредување се очекува со конструкција на топлински разменувачи во адсорпционите прегради, кои значително би ја намалиле зафатнината и масата во наредните генерации на адсорпциони чилери. (Solair Project, 2009)



Слика 69: Шема на адсорпционен чилер (Извор: Solair Project 2009)



Слика 70: Принцип на работа на адсорпционен чилер и приказ на неговите циклуси (Извор: според Holzmann 2010)

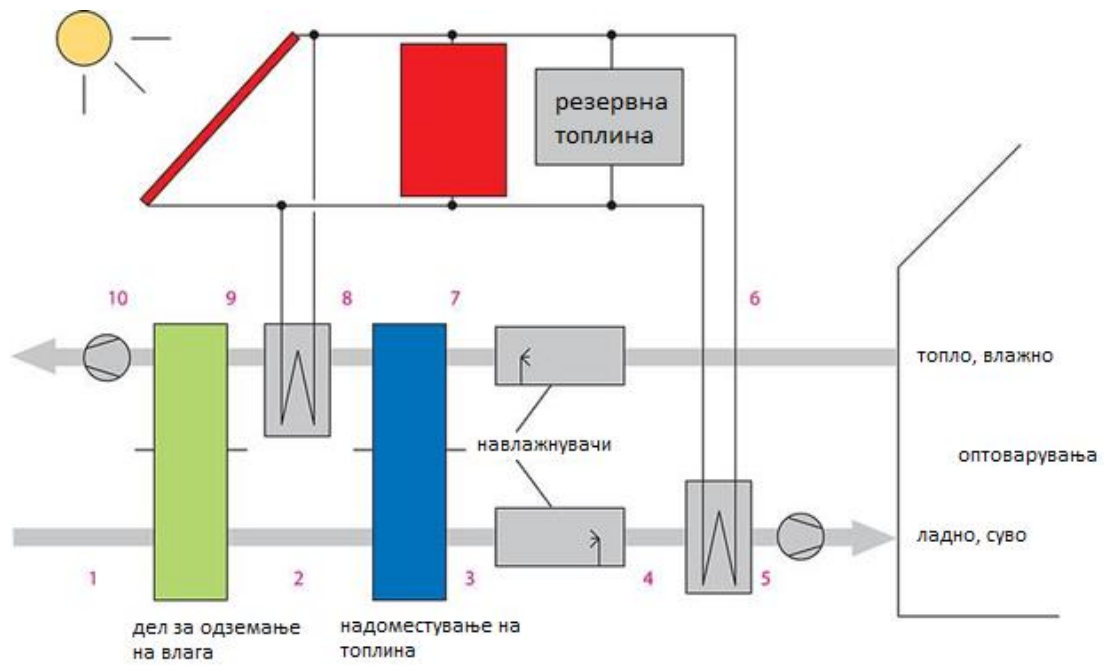
### 7.5 Системи за ладење со средство за сушење

Системите за ладење со средство за сушење (десикант) се отворени циклични системи кои користат вода како разладувач во директен контакт со воздух. Разладниот циклус базиран на топлина е комбинација од испарувачко ладење со воздушно одземање на влага со помош на десикант, односно хигроскопен материјал. За таа цел, можат да се користат течни или цврсти материјали. Поимот “отворен” се користи за да назначи дека разладувачот се отфрла од системот по добивањето на ефектот на ладење и нов разладувач се доведува на негово место при отворен циклус. Поради тоа, возможно е да се употреби само водата како разладувач кој доаѓа во директен контакт со околниот воздух. Вообичаената технологија која се користи денес зема предвид ротирачки десикантни тркала (тркала за одземање на влага), опремени со силика гел или литиум хлорид како сорпционен материјал. (Solair Project, 2009)

Топлиот и влажен воздух бавно навлегува во ротирачкото десикантно тркало и ја одзема влагата преку адсорпција на вода (1-2). Откако воздухот ќе се загрее од топлината при адсорпцијата, поминува преку тркало за надоместување на топлина (топлински разменувач) (2-3), резултирајќи во значајно првично ладење на добиениот воздушен тек. Подоцна, воздухот се навлажнува и понатаму се лади со помош на контролиран навлажнувач (3-4) согласно поставените вредности за температура и влажност на воздухот. Соларната топлинска енергија може да се користи и во зима за греење (5). Во процесот на ладење, испуштената воздушна пареа се навлажнува (6-7) блиску до точката на заситување со цел да ја намали топлината на тркалото за надоместување на топлина (7-8). Конечно, сорпционото тркало мора да се регенерира (9-10) со приложување на топлина со спредливо низок температурен опсег од 50°C до 75°C и да се овозможи континуирано одвивање на процесот на одземање влага.

Потребен е специјален дизајн на циклус со десикант во случај на екстремни надворешни услови како што се крајбрежните области на Медитеранот. Системите за ладење со десикант кои користат течен раствор од вода и литиум хлорид како сорпционен материјал се нова технологија. (Solair Project, 2009)

Системите за ладење со десикант можат да работат на соларна топлинска енергија од соларни колектори на покривот од згради, но исто така и на топлина од мали микромрежи за греење или на отпадна топлина од различни процеси.



Слика 71: Шема на ладење со десикант (Извор: Solair Project 2009)

## 8 Технологии за ладно складирање<sup>16</sup>

Ладното складирање е во принцип еквивалентно на технологиите за складирање на топлина, опишани во поглавјето 4. Според тоа, кога ниски температури се посакувани, ладното складирање може да се користи на истиот начин како и складирањето на топлина и да се обезбеди истиот тип на услуга кон целокупниот енергетски систем. Постојат два типа на ладно складирање:

- со снижување на температурата на складираните производи во уред за ладно складирање преку дејствување на систем за ладење при долготраен период
- производство на мраз или ладна вода зачувана во сад, јама или геолошки резервоари

Ефектот на променливите температури на самиот квалитет на различните типови на складирани производи мора да се земе предвид, бидејќи некои производи се осетливи на температурни промени.

Насипите од мраз широко се користат, но како што системите за ладење стануваат сè поефикасни, тие стануваат сè помалку вообичаени. Со новите барања за флексибилност во енергетскиот систем, тие можат повторно да заживеат. Како и да е, производството на мраз мора да биде ефикасно за да се минимизираат енергетските загуби.

Традиционалното производство на мраз вклучува повеќе големи температурни разлики (температури на системот за ладење од  $-10^{\circ}\text{C}$  или пониски се вообичаена пракса). Комбинацијата од вода како разладувач и мраз како средство за ладно складирање може да резултира со многу ефективни системи за производство на мраз и складирање. Потребно е истражување и развој во областа на производство на мраз базирано на чиста вода, полнење и празнење на складиштето со мраз и мерење на складираната количина на мраз.

Водената пара има големи потенцијали како разладувач кој е пријателски настроен кон животната средина и се користи во неколку проекти кои целат кон комерцијализација во блиска иднина.

---

<sup>16</sup> Текстот за ладно складирање е репродуциран и адаптиран според Schrøder Pedersen et al. (2014)

## **9 Интеграција на системите за ладење**

Ладењето или аклиматизацијата на згради и други апликации поврзани со соларна топлинска енергија е особено интересна во предели со жешка клима каде големите потреби за ладење се во заемна врска со високите амбиентални температури, при што шпицот во производството може да се јави во исто време со шпицот во побарувачката. Складиштата и магацините за ладење во климатски жешките региони, како и многу индустриски процеси на ладење, имаат потреба од големо количество енергија кога сончевото зрачење е максимално (Morgenstern, 2016). Генерално, апликациите со соларно топлинско ладење наместо апликациите со електрично ладење може да бидат користени за да го ублажат притисокот на електричните мрежи за време на врвни оптоварувања.

Исто така, со користење на други евтини извори на топлина, како што е примерот со отпадната топлина од комбинирана постројка на биогаз, користењето на системите за ладење базирани на топлина може да биде економски примамливо. Но и „бесплатното“ ладење и технологиите за ладење со десикант можат повеќе да се користат. Ладењето со електрична енергија од фотоволтаични системи може да биде дополнителен извор.

Како и да е, главно, соларните технологии за ладење се релативно скапи, особено ако се користат само за ладење на простор (Kempener, 2015).

### **9.1 Ладење со топлина од централно греење**

Во области каде потребите за ладење не се многу големи, но каде што одредени потрошувачи имаат потреба од ладење, топлината од мали модуларни мрежи за греење базирани на обновливи извори на енергија или дури од поголеми централни мрежи за греење може да се користи за работа на децентрализирани апсорпциони чилери на местото на потрошувачот. Според тоа, топлината се пренесува преку топлинската мрежа до потрошувачот и таму само се претвора во ладење. Главната придобивка на овој пристап е што во лето многу мали топлински мрежи не се профитабилни со оглед на ниската побарувачка за топлина. Интеграцијата на децентрализирани чилери, кои користат топлина од топлинска мрежа, може исто така да создава потреби за топлина во лето правејќи ги топлинските мрежи попрофитабилни. Вообичаено, во лето, шпицот на побарувачката за ладење е повисок, а побарувачката за топлина за просторно греење е пониска. Друга предност на овој пристап е дека со оглед на избегнувањето на потребата од електрична енергија за чилерите, електричната мрежа е ослободена од оптоварување.

### **9.2 Мали системи за централно ладење<sup>17</sup>**

Централното ладење е слично на централното греење, но дистрибуира ладна вода наместо топлина. Ладната вода се произведува во централизиран систем и потоа се дистрибуира. Иако потребите за ладење постојано се зголемуваат, заради повисоките стандарди за комфор и повисоките температури поврзани со климатските промени, централното ладење не се користи колку централното греење. Неколку европски градови имаат воведено системи за централно ладење, со цел да ги намалат емисиите на стакленички гасови.

Изворот на ладење може да биде од апсорпциони чилери, чилери со компресија на пареа и други извори како „бесплатното ладење“. Различни системи за ладење можат исто така и да се комбинираат. Зависно од договорите со потрошувачите, ладната вода може да се обезбедува и за базното и за врвното оптоварување. Со оглед на повисоките инвестициски трошоци од апсорпционите чилери, дополнителни чилери со

<sup>17</sup> За обработка на целото ова поглавје беше користен прирачникот BiogasHeat Handbook (Rutz et al. 2015). Неколку делови од текстот се земени од овој извор.

компресија на пареа можат да работат за време на врвното оптоварување со цел да се осигура снабдувањето. Дизајнот на системот за централно ладење се води според следниве клучни фактори (Rutz et al. 2015):

- разликата на температурата помеѓу влезните и повратните цевки
- брзината на текот
- притисокот на мрежата и диференцијалот од притисокот помеѓу влезните и повратните цевки

Успешната примена на централните системи за греење и ладење зависи најмногу од способноста на системот да постигне големи температурни диференцијали ( $\Delta T$ ) помеѓу влезната и повратната вода (Skagestad & Mildenstein n.d.).  $\Delta T$  се типично ограничени на опсегот 8-11°C. Системите обично ја прилагодуваат температурата на ладната вода врз основа на надворешната амбиентална температура. Системите за централно ладење може да се поделат на три поткатегории врз основа на температурите на снабдување:

- конвенционални температури на ладната вода: од 4°C до 7°C
- системи со мразна вода: +1°C
- системи со мразна каша: -1°C

Со оглед на малите температурни градиенти помеѓу мрежата со цевки и околната почва, не е потребно да се изолираат цевките. Подземните цевки за ладење на дистрибутивната мрежа вообичаено се закопани на длабочини од околу 60 см. Во многу топли климатски предели потребна е изолација на надземните цевки.

Максимално дозволените **брзини на тек** зависат од ограничувањата за пад на притисокот и критичните нарушувања на системот предизвикани од транзиентни феномени. Генерално, брзини повисоки од 2.5 – 3.0 m/s треба да се избегнуваат освен ако системот е специјално дизајниран и заштитен со што би дозволил повисоки брзини на тек.

### 9.3 Избрани примери

За разлика од малите децентрализирани топлински мрежи базирани на обновливи извори на енергија, постојат многу помалку добри практични примери достапни за мали, децентрализирани мрежи за ладење базирани на обновливи извори на енергија. Некои од тие примери се претставени подолу. Претставените примери не се задолжително мали, децентрализирани или базирани на обновливи извори на енергија, но покажуваат различни големини и апликации на ладење со цел да демонстрираат различни технологии. Дobar преглед на најдобри практични примери на соларно ладење се дадени во склоп на проектот Solair ([www.solair-project.eu/175.0.html](http://www.solair-project.eu/175.0.html)), а примери на ладење исто така се вклучени и во извештајот за добри практики на проектот CoolHeating Project (Laurberg Jensen et al. 2016). Некои примери од централното ладење во Данска се наоѓаат во Копенхаген<sup>18</sup> и Тистед<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> <http://www.hofor.dk/english/district-cooling/?highlight=cooling>

<sup>19</sup> <http://fjernkoling.dk/>

### 9.3.1 Соларно ладење на вински визби во Banyuls sur Mer, во Франција<sup>20</sup>

Groupement Interproducteurs du Cru de Banyuls ([www.terresdestempliers.fr](http://www.terresdestempliers.fr)) е унија на производители на вино во Banyuls sur Mer, Франција. Со цел да се складираат 3 милиони шишиња со вино на соодветни температури, температурите во зградите со вински визби биле анализирани и бил инсталиран систем за соларно ладење во 1990 година.

Потребите за ладење на зградите кои се состојат од приземје каде што виното се испраќа и две нивоа на визба каде што виното се чува, кореспондираат со сончевото зрачење; во лето, потребите за ладење се поголеми. Температурите на приземјето се чуваат на 22°C, во првото ниво на визбата на 19°C и во второто ниво на 17°C.

Системот за ладење се состои од колектори со вакуумски цевки на покривот, опфаќајќи површина од 130 m<sup>2</sup>. Колекторите се насочени кон Јужна/Југозападна страна и се директно прицврстени на покривот на 15°C. Системот вклучува резервоар од 1.000 литри за краткотрајно полнење. Шишињата со вино сами делуваат како долготрајни складишта за ладење. Системот има индиректен апсорпционен чилер со еден ефект на ладење со номинална моќност на ладење од 52 kW, како и отворена кула со јама со номинална моќност од 180 kW.

### 9.3.2 Соларно ладење со адсорпциони чилери во Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany<sup>21</sup>

Зградата на Институтот за соларни енергетски системи Fraunhofer (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems – ISE) е енергетски ефикасна зграда со пасивни мерки за ладење. Исклучок е делот со кујна и менза, каде што е потребно активно ладење на воздухот со оглед на високите внатрешни оптоварувања. Ова се прави со помош на мал адсорпционен чилер кој работи на топлина.

Системот за ладење на мензата е систем на вода со затворен циклус и вклучува адсорпционен чилер. Топлината се обезбедува преку соларен топлински систем и преку системот за греење на институтот. Преку летото, системот работи во режим на ладење. Топлината на чилерот со средна температура се отфрла преку три површински цевки, секоја со должина од 80 m. Во зима, се активира функцијата на машината за работа во режим на топлинска пумпа и површинските цевки работат како нискотемпературен топлински извор. Така системот го лади и грее воздухот во кујната.

### 9.3.3 Централно ладење Chemnitz, Германија<sup>22</sup>

Градот Chemnitz во Германија има мрежа за централно ладење од 1973 година. Мрежата е околу 5 km долга и дистрибуира ладна вода до различни јавни згради и шопинг-центри. Иницијално, системот работел на електрични кулери со компресија на параа. Системот е обновен на почетокот од 90тите кога биле инсталирани апсорпциони чилери.

Во 2007 година бил инсталиран иновативен резервоар за складирање на ладна вода со цел да се покријат врвните оптоварувања. Резервоарот е висок 17 m, има дијаметар од 16 m и волумен од 3.500 m<sup>3</sup>. Капацитетот на складирање е 32 MWh.

Централните апсорпциони чилери работат со помош на топлина од комбинирана постројка за топлинска и електрична енергија во Chemnitz. Ова постројка има три единици за топлинска енергија кои се на лигнит или нафта. Иако оваа енергија се базира на фосилни горива, а не обновливи извори, примерот е даден овде за да се покаже централниот систем за ладење. Теоретски, може да се оперира со системот и

<sup>20</sup> Информациите се преземени од: <http://www.solair-project.eu/185.0.html>

<sup>21</sup> Информациите се преземени од: <http://www.solair-project.eu/175.0.html>

<sup>22</sup> Информациите се преземени од: <http://www.eins.de/ueber-eins/netze/fernkaelte/>  
<https://www.inetz.de/startseite/netzanschluss/haushalt-gewerbe/fernkaelte/>

со топлина од обновливи извори. Топлата вода се транспортира преку цевки за централно греење од постројката до централната апсорпциона единица на чилерот.

Апсорпционите чилери користат топлина за да ладат вода до 5°C. Оваа вода се пумпа во изолирани цевки до 25 приклучни места каде специјални разменувачи го осигуруваат ладењето на зградите. Топлата вода на температура од 13°C се враќа назад во централната единица за ладење.

#### 9.3.4 Централно ладење во Виена, Австрија<sup>23</sup>

Во Виена отпадната топлината која се произведува во електрични постројки за согорување на отпад не се користи само за централно греење, туку и за централно ладење. Енергетската компанија Wien Energie нуди две решенија за потрошувачите кои имаат потреба од ладење:

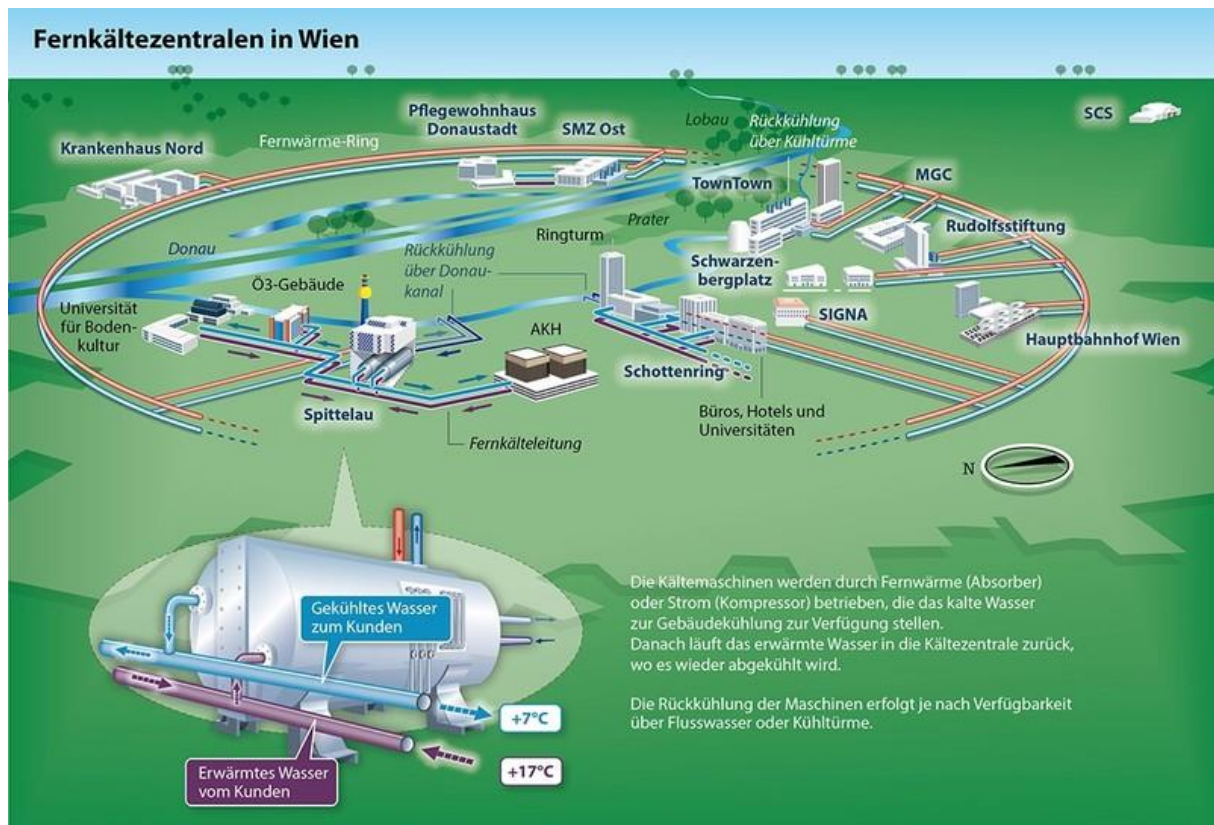
- децентрализирано решение; Wien Energie инсталира центар за ладење директно кај потрошувачот и
- централизирано решение; овој концепт користи центар за ладење кој снабдува неколку потрошувачи во исто време преку мрежа за централно ладење

Како што е прикажано на Слика 72, системот за централно ладење на Виена се состои од неколку помали мрежи за ладење и индивидуални системи за ладење кои се меѓусебно поврзани. Инсталирани се различни единици за централно ладење, вклучувајќи апсорпциони чилери, компресиони чилери или комбинација од нив. Различни делови на системот вклучуваат болници, шопинг-центри, железнички станици и населби.

---

<sup>23</sup> Информациите се преземени од: <http://www.eins.de/ueber-eins/netze/fernkaelte/>  
<https://www.inetz.de/startseite/netzanschluss/haushalt-gewerbe/fernkaelte/>





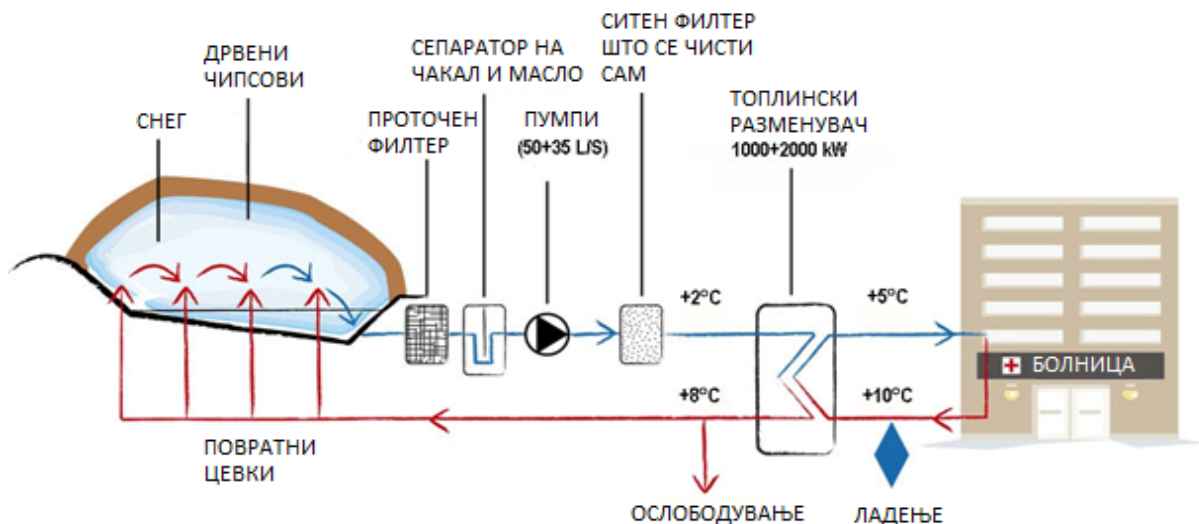
Слика 72: Систем за централно ладење во Виена (Извор: APA-Auftragsgrafik/Wien Energie GmbH)

### 9.3.5 Ладење со снег во Sundsvall, Шведска<sup>24</sup>

Болницата на округот Sundsvall во Шведска се лади со голема постројка за ладење на снег. Постојката, која е во употреба од 2000 година, е прва во светот од ваков вид. Болницата е голема зграда која покрива околу 190.000 m<sup>2</sup> и бара моќен систем со цел да се одржи удобна внатрешна клима, како и да се зачува различната техничка опрема од прегревање.

За оваа цел се користел конвенционален уред за ладење се користел сè до 2000 година. Но, советот на округот Västernorrland со почнувањето на новиот милениум се обврзал да применува алтернативни решенија кои се пријателски настроени кон животната средина и штедат енергија преку користење на природни извори кои се лесно достапни на северот од Шведска, поточно снег. Пред да се изгради системот за ладење на снег, веќе постоел талог од снег сместен западно од болницата. Тој главно се користел од општината Sundsvall за складирање на снегот кој бил исчистен од улиците во регионот. Ова место се покажало како идеално за градење на новиот капацитет за ладење, бидејќи не постоело негативно влијание на околната област и веќе станало природно место за растоварување на масивни количества снег.

<sup>24</sup> Информациите се преземени од: <http://www.lvn.se/v1/in-english1/in-english/environment-and-energy/energy-factor-2/snow-cooling-in-sundsvall/>



Слика 73: Систем за ладење на снег за болницата во Sundsväl (Извор: Snowpower AB, <http://www.snowpower.se>)

Објектот е опремен со базен во форма на топка кој се полни со снег за време на зимата. Базенот за снег е направен од водоотпорен асфалт, кој обезбедува цврста изолација. За време на пролетта и летото талогот од снег се покрива со слој од дрвени чипсови, со цел да се спречи топењето на снегот со оглед на зголемената надворешна температура. За време на зимите со помалку врнежи од снег, може да се користи сет од снежни топови за да се осигура дека постои доволно снег во базенот. Како и да е, користењето на снежни топови е сè уште енергетски поефикасно решение отколку користењето на конвенционален систем за ладење.

Сè на сè, постројката за ладење се состои од три главни делови; складиште за снег, пумпна станица и топлински разменувач. Снегот кој се топи се пумпа до топлинскиот разменувач преку кој водата ја лади техничката опрема како и воздухот за вентилација кој мине низ болницата. За време на овој процес, водата достигнува повисока температура. На патот назад, се користи да го стопи снегот. Користењето на снег за ладење на болница ја намалило потребата за електрична енергија за ладење за повеќе од 90%.

## Речник и кратенки

*Речникот и листата со кратенки опишуваат и дефинираат различни специфични или вообичаени изрази, термини и зборови, кои се користени во овој прирачник. Главната цел на оваа листа е да го олесни преводот на овој прирачник на националните јазици. Неколку изрази се преземени од Википедија.*

**а:** види година

**Апсорпција:** Процес при кој атомите, молекулите или јоните влегуваат во некоја обемна маса (гас, течност или тврда материја). Ова е различен процес од адсорпција, бидејќи молекулите кој претрпуваат апсорпција се преземаат волуменски, а не површински (како во случајот со адсорпција).

**AD:** види анаеробна дигестија

**Адсорпција:** атхезија на атоми, јони или молекули од гас, течност или растворена цврста материја на цврста површина

**Амонијак:** гасовито соединение од водород и азот,  $\text{NH}_3$ , со жесток мирис и вкус

**Анаеробна дигестија:** Исто така наречена и дигестија или ферментација. Микробиолошки процес на декомпозиција на органска материја во комплетно отсуство на кислород, кој се извршува преку заедничка акција на широк опсег на микроорганизми. Анаеробната дигестија (AD) има два главни крајни производа: биогаз (газ кој се состои од мешавина од метан, јаглероден диоксид и други гасови и незначително количество од други елементи) и дегистат (дигестиран супстрат). AD процесот е вообичаен во многу природни средини и денес се користи за производство на биогаз во реактивни резервоари кои се отпорни на воздух, познати како дигестори.

**ATES:** резервоари (складишта) на термална енергија од вода

**Барел нафтен еквивалент (boe):** Тоа е количеството енергија содржано во барел сурова нафта, односно приближно 6,1 GJ, еквивалентно на 1.700 kWh. „Петролејски барел“ е мерка за течност еднаква на 42 американски галони (35 империјал галони или 159 литри); околу 7,2 барели се еднакви на еден (метричен) тон нафта.

**BiogasHeat:** Проект (Развој на одржливи пазари за топлинска енергија од постројки на биогаз во Европа) финансиран од Европската програма за интелигентна енергија на Европската комисија во кој овој прирачник е елабориран.

**Биогаз:** Гас кој се добива од анаеробна дигестија и главно се состои од метан и јаглероден диоксид, но исто така и од водороден сулфид, вода и помали фракции на други соединенија.

**Биометан:** надграден биогаз до квалитет на природен гас со учество на  $\text{CH}_4 > 95\%$

**BTES:** складиште на топлинска енергија во пробиени дупки

**Капацитет:** Максималната моќност што една машина или систем може да ја произведе или да ја пренесе безбедно (максималниот инстантен излез на еден ресурс под специфични услови). Капацитетот на производната опрема обично се изразува во киловати или мегавати.

**Јаглероден диоксид:**  $\text{CO}_2$  е природно создадено хемиско соединение составено од два атоми на кислород поврзани ковалентно со еден атом на јаглерод. По природа е гас со стандардна температура и притисок и постои во Земјината атмосфера во оваа состојба, како гас со мала концентрација во износ од 0,039% според волумен.

**CHP:** Комбинирано производство на топлинска и електрична енергија (когенерација), последователно производство на електрична енергија и корисна топлинска енергија од заеднички извор на гориво. Отпадната топлина од индустриски процеси може да се користи за придвижување на електричен генератор (долен циклус). Спротивно на тоа, вишокот топлина од електричната производна постројка може да се користи за индустриски процеси или други цели како греење на простор и вода (горен циклус).

**$\text{CO}_2$ :** види јаглероден диоксид

**Коефициент на перформанси (COP):** Коефициентот на перформанси или COP (некогаш CP) на топлинска пумпа е коефициентот на промена на топлината на излезот (разгледуваниот топлински резервоар) кон снабдуваната мрежа. COP бил создаден за да може да се споредуваат топлинските пумпи врз основа на нивната енергетска ефикасност.

**Когенерација:** види комбинирано производство на топлинска и електрична енергија (CHP)

**Котел за кондензирање:** Котлите за кондензирање се затоплувачи на вода со високи ефикасности (типично повеќе од 90%) кои се постигнуваат со користење на отпадната топлина на гасовите од ојаци за предгревање на ладна вода која влегува во котелот. Тие може да работат на гас или нафта и се наречени котли за кондензирање бидејќи водената пара која се добива за време на согорувањето се кондензира во вода, која го напушта системот преку одводен канал.

**Ладење:** Ладењето е процес на пренесување на топлинска енергија преку топлинска радијација, топлинска кондукција или конвекција, со што се менува температурата на целниот систем од повисоки температурни нивоа до пониски температурни нивоа.

**COP:** види коефициент на перформанси

**CPC:** сложен параболичен концентратор

**CSP:** концентрирана соларна моќност

**DH:** централно греење

**DHC:** централно греење и ладење

**DHW:** снабдување со санитарна топла вода

**Дигестат:** третираниот/дигестираниот одлив од AD процес (слично со AD остатоци, дигестирана биомаса, дигестирана каша со биогаз)

**Дигестер:** затворен резервоар, обично со вертикална или хоризонтална цилиндрична форма или гаража (за сува дигестија) во која се одвива процесот на анаеробна дигестија

**Дигестија:** види анаеробна дигестија

**Централно ладење:** Централното ладење е систем за дистрибуирање на ладна вода или мешавина од вода/мраз од централна локација за резиденцијално и комерцијално ладење како што е ладењето на воздух.

**Централна енергија:** комбинација на концепти за централно греење и ладење

**Централно греење:** Централното греење е систем за дистрибуирање топлина (преку топла вода или пареа) генерирана на централна локација за задоволување на резиденцијалните и комерцијалните потреби од греење како што е греењето на простор и греењето на вода.

**EER:** види коефициент на енергетска ефикасност

**Електролиза:** Електролизата е метод на користење на еднонасочна струја за предизвикување на хемиска реакција која инаку е неспонтанa. На пример, електролизата може да ги раздвои елементите на водата (водород и кислород).

**Коефициент на енергетска ефикасност (EER):** коефициент на суров излез од електричен влез за одреден извор

**Компанија за енергетски услуги (ESCo, ESCO):** Компаниите за енергетски услуги се комерцијален бизнис кој дава широк опсег на детални енергетски решенија вклучувајќи дизајни и имплементација на проекти за заштеди на енергија, заштита на енергија, обезбедување на надворешни услуги поврзани со енергетска инфраструктура, производство на електрична енергија и снабдување со енергија и управување со ризици.

**Енталпија:** Енталпијата е мерка за вкупната енергија на еден термодинамички систем. Ја вклучува внатрешната енергија, која е енергијата потребна за формирање систем и количеството енергија потребно за правање простор за истата преку разместување на околината и востановување на волумен и притисок.

**Ентропија:** Ентропијата е мерка која покажува колку рамномерно е дистрибуирана енергијата во еден систем. Во еден физички систем, ентропијата дава мерка на количеството енергија кое не може да се искористи за корисна работа.

**ESCo:** види компанија за енергетски услуги

**Ексергија:** Во термодинамиката, ексергија на еден систем е максимално возможната корисна работа за време на еден процес кој го доведува системот во состојба на еквилибриум (рамнотежа) со помош на топлински резервоар. Кога околината е резервоар, ексергијата е потенцијалот на системот да предизвика промена со што ќе постигне рамнотежа со неговата околина. Ексергијата е енергијата која е достапна за користење. Откако системот и неговата околина ќе достигнат рамнотежа, ексергијата е нула. Одредувањето на ексергијата било една од првите цели на термодинамиката.

**Суровина:** која било влезна материја во еден процес која се преобразува во друга форма или производ

**Колектор со рамни плочи:** највообичаениот соларен топлински колектор

**Тек:** транспортно средство со одредена количина и температура кое тече од изворот на топлина до одводната цевка

**Фосилни горива:** Фосилните горива се формираат во текот на милиони години преку природни процеси како анаеробно разградување на мртви организми.

**„Бесплатно“ ладење:** „Бесплатното“ ладење е ладење при ниски цени со користење на ниска амбиентална температура, на пример од воздух, почва или водни тела.

**Потенцијал на глобално затоплување (GWP):** GWP е релативна мерка за тоа колку топлина заробува во атмосферата еден стакленички гас. Го споредува количеството на заробена топлина од одредена маса на гас со количеството топлина заробено од слична маса на јаглероден диоксид. GWP се пресметува за одреден временски интервал, вообичаено 20, 100 или 500 години. GWP се изразува како фактор на јаглероден диоксид чиј GWP е стандардизиран на вредност 1. На пример, 20-годишниот GWP на метан е 72, што значи дека ако истата маса на метан и јаглероден диоксид се појави во атмосферата, метанот ќе зароби 72 пати повеќе топлина отколку јаглеродниот диоксид во текот на наредните 20 години.

**Стакленички гас (GHG):** Гасови кои ја заробуваат топлината од Сонцето во Земјината атмосфера, правејќи ефект на стаклена градина. Двата главни стакленички гасови се водената пареа и јаглеродниот диоксид. Други стакленички гасови вклучуваат метан, озон, хлорофлуоројаглероди и азотни оксиди.

**Мрежни цевки:** цевки за централно греење кои ја дистрибуираат топлината до потрошувачите кои се приклучени преку цевки за добивање на таквата услуга

**GWP:** види потенцијал на глобално затоплување

**H<sub>2</sub>**: види водород

**H<sub>2</sub>S**: види водороден сулфид

**Топлина**: Топлината е енергија пренесена од еден систем на друг преку топлинска интеракција. За разлика од работата, топлината е секогаш придружена со пренос на ентропија. Пренесувањето на топлината од тело со висока кон тело со ниска температура се случува спонтано. На овој тек на енергија може да се влијае и делумно да се преобрази во корисна работа со помош на топлинска машина. Вториот закон на термодинамиката го отфрла пренесувањето на топлина од тело со ниска кон тело со висока температура, но со помош на топлинска пумпа, може да се искористи надворешна работа за да се пренесе енергија од ниска кон висока температура. Во секојдневнието, топлината има различни значења, вклучувајќи и температура. Во физиката, „топлината“ по дефиниција е пренос на енергија и секогаш се поврзува со некаков процес. Термините „топлински тек“ и „пренос на топлина“ често се користат како замена за терминот „топлина“. Пренос на топлина може да се случи на различни начини: со кондукција, радијација, конвекција, пренос на нето маса, триење или вискозитет (лепливост) и преку хемиска дисипација.

**Топлински разменувач**: уред создаден за ефикасно пренесување на топлинска енергија од еден флуид на друг, при што флуидите се одделени со цврст ѕид за да не се помешаат никогаш или флуидите се во директен контакт

**Топлинска вредност**: количеството топлина ослободено за време на согорување на одредено количество на гориво (биогас, биометан)

**Ефикасност на пренесувањето топлина**: коефициент на корисен топлински излез и реалната произведена топлина во уредот за согорување

**Флуид за пренос на топлина**: Средството кое се користи за да се донесе топлината од топлинскиот извор до одводните цевки. Во системите за централно греење, тоа обично е вода.

**Водород**: H<sub>2</sub> е најлесниот елемент и неговата моноатомна форма (H<sub>1</sub>) е најизобилната хемиска супстанција, грубо чинејќи 75% од барионската маса на Универзумот. На стандардна температура и притисок, водородот е безбоен, безмирисен, безвкусен, нетоксичен, неметален, високо согорлив двоатомски гас со молекуларна формула H<sub>2</sub>. Природно, атомскиот водород може ретко да се најде на Земјата.

**Водороден сулфид**: H<sub>2</sub>S е безбоен, многу отровен, запалив гас со лош мирис на расипани јајца. Често се јавува како резултат на бактериско разградување на органска материја во отсуство на кислород (анаеробна дигестија).

**Инсталиран капацитет**: Инсталираниот капацитет е вкупниот електричен или топлински капацитет на уредите за производство на енергија.

**Џул (J)**: метричка единица за енергија, еквивалентна работа извршена од сила во износ од еден Њутн применета на растојание од еден метар; 1 џул (J) = 0.239 калории; 1 калорија (cal) = 4.187 J.

**ibid.**: (ibidem) поим кој се користи за да се цитира или референцира извор кој се спомнал претходно (пред да се искористи поимот)

**Киловат (kW)**: мерка за електрична моќност или топлински капацитет еднаква на 1.000 вати

**Киловат час (kWh)**: kWh е најчесто користената единица за енергија. Се однесува на снабдување со еден киловат електрична или топлинска енергија за време од еден час.

**kW<sub>el</sub>**: електрична моќност (капацитет)

**kWh**: види киловат час

**kW<sub>th</sub>**: термален (топлински) капацитет

**Латентна топлина**: Латентната топлина е топлина ослободена или апсорбирана од тело или термодинамички систем во текот на процес кој се одвива без промена на температурата. Типичен пример е промената на агрегатната состојба, означувајќи преодна фаза како што е топењето на мразот или вриењето на вода. За разлика од латентната топлина, сензибилната енергија или топлина предизвикува процеси кои резултираат со промена на температурата на системот.

**Легионела**: Патогена група на бактерии која може да предизвика здравствени проблеми. Тие растат во топла вода и носат ризик во системот за топла санитарна вода ако температурата на водата е многу ниска.

**Крива на оптоварување**: Кривата на оптоварување е график кој ја покажува актуелната потрошувачка на топлинска или електрична енергија во текот на времето, кое обично изнесува една година (8760 часови).

**Крива на траење на оптоварувањето**: Кривата на траење на оптоварувањето е слична со кривата на оптоварување, но податоците за оптоварувањето се подредени по големина во опаѓачки редослед, наместо по хронолошки редослед.

**Топлинска мрежа LowEx:** Тоа е мрежа во која не се зема предвид само количеството топлина, туку и квалитетот (ексергија). Топлината со повисока температура треба да се користи за апликации кои имаат потреба од високи температури, додека топлината со пониска температура може исто така да се користи, на пример, за греење на простор или санитарна топла вода.

**Мезофилен процес:** процес на анаеробна дигестија со температура од 25°C – 45°C

**Метан:** CH<sub>4</sub> е запалив, експлозивен, безбоен, безмирисен, безвкусен гас кој е малку растворлив во вода, а растворлив во алкохол и етер; врие на -161,6°C, а мрзне на -182,5°C. Се формира во бари и мочуришта од распадна органска материја и е главна причина за експлозија под земја. Метанот е главен составен дел (до 97%) на природниот гас и се користи како извор на петрохемикалии и како гориво. Тој е согорлив гас при нормални услови и е релативно јак стакленички гас.

**Мини мрежа:** интегриран систем за локално производство, пренос и дистрибуција (на електрична или топлинска енергија) кој опслужува бројни потрошувачи

**Влажност:** коефициентот на масата на водата која се содржи во еден материјал (биомаса) и масата самиот на сув материјал

**мол:** Молот е SI единица која се користи во хемијата за да се изрази количество на хемиска супстанција, дефиниран како количество на супстанција која содржи онолку елементарни честици (на пример, атоми, молекули, јони, електрони) колку што има атоми во 12 грама од чист јаглерод. Ова кореспондира  $6.02214179(30) \times 10^{23}$  елементарни честици на супстанцијата.

**Природен гас:** Природниот гас е фосилна хидројаглеродна мешавина од гас која се состои примарно од метан со други хидројаглероди, јаглероден диоксид, азот и водороден сулфид.

**NH<sub>3</sub>:** види амонијак

**NHPC:** нето трошоци за производство на топлинска енергија

**m<sup>3</sup>:** Кубен метар е волуменот на 1x1x1 m. Еден кубен метар е околу 1 тон вода.

**O<sub>2</sub>:** види кислород

**Нафтен еквивалент:** Тон од нафтен еквивалент (toe) е единица за енергија, односно количеството на енергија ослободено со согорување на еден тон сурова нафта, приближно 42 GJ.

**ORC:** органски Ранкинов циклус

**Органски Ранкинов циклус:** Овој процес е наречен така поради тоа што користи органски, високо молекуларен масивен флуид кој се менува од течност во пара или постигнува точка на вриење која се случува на пониска температура отколку при промена на водата во водена пара. Флуидот овозможува искористување на топлината од извори со пониска температура како што се постројките на биогаз.

**Кислород:** На стандардна температура и притисок, два атома на елементот се врзуваат со што формираат ди-кислород, многу бледо син, безмирисен, безвкусен двоатомски гас со формула O<sub>2</sub>. Ова соединение е важен дел од атмосферата и е потребен за да се одржи земскиот живот.

**PCM:** види материјал за промена на состојба

**Материјал за промена на агрегатна состојба:** PCM е супстанција со висока топлина на фузија, која се топи и стврдува на одредена температура и има способност за складирање и ослободување на големи количества енергија. Топлината е апсорбирана или ослободена кога материјалот се менува од цврста во течна состојба и обратно.

**Моќност:** количеството завршена работа или пренесена енергија во единица време

**Процесна топлина:** топлина која се користи во различни интерни и екстерни процеси (на пример, греење со дигестер)

**PTES:** складирање на топлинска енергија во јама

**Повратен тек:** ладно преносно средство со одредено количество и температура кое тече од топлинската одводна цевка до топлинскиот извор

**Сателитска комбинирана постројка (Satellite CHP):** Комбинирана единица за топлинска и електрична енергија која не е лоцирана на местото на постројката на биогаз, туку на друго место. Со постројката на биогаз е поврзана преку цевковод за биогаз.

**SCOP:** сезонски коефициент на перформанси

**Сензитивна енергија:** види сензитивна топлина

**Сензитивна топлина:** Сензитивна топлина е топлината разменета од термодинамички систем кој има единствен ефект на промена на температурата.

**Цевки кои ја носат услугата (Service pipes):** цевки кои се дел од систем за централно греење и кои ги поврзуваат потрошувачите со мрежата (мрежните цевки)

**SI:** Меѓународниот систем на единици (скратено SI од францускиот назив *Système international d'unités*) е модерна форма на метрички систем и главно е систем на мерни единици кои се добиваат преку основните седум единици и преку употребата на бројот десет.

**Паметна мрежа:** Паметна мрежа е електрична мрежа која користи информациски технологии и други технологии со цел да ги прилагоди побарувачката и снабдувањето на најефикасен можен начин. Паметните мрежи се мерки со кои се подобрува енергетската ефикасност, а со зголеменото користење на обновлива енергија ќе биде поважно да се работи на стабилизирање на мрежата.

**Пареа:** Пареа е технички термин за водена пареа, гасната агрегатна состојба на водата.

**Стирлингов мотор:** Топлинска машина која работи на циклична компресија и експанзија на воздух или друг гас, како работен флуид, на различни температурни нивоа при кои се јавува мрежна конверзија на топлинската енергија во механичка работа.

**Потстанција:** Станица за пренос на топлина која ја поврзува мрежата на централното греење со потрошувачот на топлина. Вообичаено вклучува топлински разменуваач.

**Вишок топлина:** види отпадна топлина

**Температурен диференцијал ( $\Delta T$ ):** разликата помеѓу две температурни нивоа при што резултатот е секогаш позитивен

**Термодинамика:** Термодинамиката е гранка на природната наука која се занимава со топлината и со нејзините односи со другите форми на енергија и работа. Главно ги зема предвид промените во температурата, ентропијата, волуменот и притисокот кои ги опишуваат просечните својства на материјалните тела и на радијацијата и објаснува како тие се поврзани и според кои закони се менуваат со текот на времето.

**Преносни цевководи:** долги цевки кои ја носат топлината од топлинскиот извор до мрежата за централно греење

**TTES:** цилиндрични резервоари од челик

**Турбина:** Машина за преобразување на топлинската енергија од пареата или гасот со висока температура во механичка енергија. Во турбината, проток на пареа или гас со голема брзина поминува низ последователни редови од радијални перки прицврстени на централна оска.

**Пареа:** Парееа е супстанција во гасна состојба на температура пониска од нејзината критична точка. Ова значи дека парееа може да се кондензира во течност или во цврста материја со зголемување на притисокот без намалување на температурата. На пример, водата има критична температура од 374°C (647 K), која е највисоката температура на која течната вода може да постои. Во атмосферата при нормални температури, водата во состојба на гас (водена пареа) ќе се кондензира во течност доколку нејзиниот парцијален притисок доволно се зголеми. Парееа може да коегзистира со течност (или цврста материја).

**Колектор со вакуумски цевки:** сончев колектор кој се состои од вакуумски цевки во кои е сместен апсорбер

**Отпадна топлина:** Топлината од кој било процес, како што е когенеративната единица, која е ослободена во атмосферата и е неискористена. Исто така, може да се нарече и вишок топлина со оглед на тоа што топлината како вид на енергија не може да исчезне (да се потроши), согласно законот за запазување на енергијата.

**Вода:** Водата (H<sub>2</sub>O) содржи еден кислороден и два водородни атома и е течност при амбиентални услови, но често коегзистира на Земјата во својата цврста состојба како мраз и во гасовита состојба (водена пареа или само пареа). Водата покрива 70.9% од површината на Земјата и е од витално значење за сите познати форми на живот.

**Содржина на вода:** коефициентот помеѓу масата на водата што се содржи во еден материјал (биомаса) и масата на самата влажна материја

**Водена пареа:** водената пареа е гасната состојба на водата, види пареа

**Ват (W):** Стандардна мерна единица (SI систем) за нивото на енергија која се користи од опремата или нивото при кое енергијата се движи од една локација кон друга. Исто така е стандардна мерна единица за електрична моќност. Кратенката „kW“ означува киловат или 1000 вати. Кратенката „MW“ означува мегават или 1.000.000 вати.

**Година:** Календарската година е апроксимација на Земјиниот орбитален период според одреден календар. Календарската година во Грегоријанскиот календар (како и во Јулијанскиот календар) има или 365 дена (обични години) или 366 дена (престапни години). Оперативните часови на опремата поврзана со биогаз обично изнесуваат 8.760 часови (цела година).

**Граница на развлекување:** или “точка на развлекување” е својство на материјата дефинирано како напрегање при кои материјалот почнува да се деформира пластично

**Зеолит:** алуминиумско силикатни минерали со микropори обично користени како комерцијални адсорбенти

$\Delta T$ : види температурен диференцијал



## Општи конверзиони единици

Табела 8: Префикси за енергетски единици

Префикс	Кратенка	Фактор	Количество
деци	Da	10	десет
хекто	H	10 <sup>2</sup>	сто
кило	K	10 <sup>3</sup>	илјада
мега	M	10 <sup>6</sup>	милион
гига	G	10 <sup>9</sup>	билион (милијарда)
тера	T	10 <sup>12</sup>	трилион
пета	P	10 <sup>15</sup>	квадрилион
екса	E	10 <sup>18</sup>	квинтилион

Табела 9: Конверзија на енергетски единици (килоџул, килокалорија, киловат час, тон јаглероден еквивалент, кубен метар природен гас, тон нафтен еквивалент, барел, британска топлинска единица)

	kJ	kcal	kWh	TCE	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	toe	barrel
1 kJ	1	0.2388	0.000278	3,4 10 <sup>-8</sup>	0.000032	2,4 10 <sup>-8</sup>	1,76·10 <sup>-7</sup>
1 kcal	4,1868	1	0,001163	14,3 10 <sup>-8</sup>	0.00013	1 10 <sup>-7</sup>	7,35·10 <sup>-7</sup>
1 kWh	3,600	860	1	0,000123	0.113	0,000086	0,000063
1 TCE	29 308 000	7 000 000	8140	1	924	0,70	52
1 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	31 736	7 580	8,816	0,001082	1	0,000758	0,0056
1 toe	41 868 000	10 000 000	11 630	1,428	1,319	1	7,4
1 barrel	5 694,048	1 360,000	1 582	0,19421	179,42	0,136	1
1 BTU	1,055						

Табела 10: Конверзија на единици за моќност (кило калорија на секунда, киловат, коњска моќност, Pferdestärke = коњска сила)

	kcal/s	kW	hp	PS
1 kcal/s	1	4,1868	5,614	5,692
1 kW	0,238846	1	1,34102	1,35962
1 hp	0,17811	0,745700	1	1,01387
1 PS	0,1757	0,735499	0,98632	1

Табела 11: Конверзија на температурни единици

	Unit	Celsius	Kelvin	Fahrenheit
Celsius	°C	-	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 1,8$
Kelvin	K	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$	-	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459,67) \times 1,8$
Fahrenheit	°F	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$	$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$	-

Табела 12: Конверзија на единици за притисок (паскал, бар, техничка атмосфера, стандардна атмосфера, тор, фунта на квадратен инч)

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
1 Pa		0,00001	0,000010197	$9,8692 \times 10^{-6}$	0,0075006	0,0001450377
1 bar	100 000		1,0197	0,98692	750,06	14,50377
1 at	98 066,5	0,980665		0,9678411	735,5592	14,22334
1 atm	101 325	1,01325	1,0332		760	14,69595
1 Torr	133 3224	0,001333224	0,001359551	0,001315789		0,01933678
1 psi	6894,8	0,068948	0,0703069	0,068046	51,71493	

## Референци

- Bava F., Furbo S., Brunger A. (2015) Correction of collector efficiency depending on fluid type, flow rate and collector tilt. - IEA-SHC INFO SHEET 45.A.1; <http://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-SHC-T45.A.1-INFO-Correction-of-collector-efficiency.pdf> [09.11.2016]
- Danish Energy Agency, Energinet.dk (2015) Technology Data for Energy Plants - Generation of Electricity and District Heating, Energy Storage and Energy Carrier Generation and Conversion. - May 2012 (certain updates made October 2013, January 2014 and March 2015); ISBNwww: 978-87-7844-931-3
- Dansk Fjernvarme (2016) Technology. - <http://www.geotermi.dk/english/deep-geothermal-energy-in-denmark/technology> [11.11.2016]
- Danish Geothermal District Heating (2016) [The geothermal concept.](http://www.geotermi.dk/english/deep-geothermal-energy-in-denmark/technology) - <http://www.geotermi.dk/english/deep-geothermal-energy-in-denmark/technology> [09.11.2016]
- Dimitriou I., Rutz D. (2015) Sustainable Short Rotation Coppice, A Handbook. - WIP Renewable Energies, Munich, Germany; ISBN 978-3-936338-36-2; [www.srcplus.eu](http://www.srcplus.eu)
- Euroheat & Power (2012) District Cooling The sustainable response to Europe's rising cooling demands. – Brochure; [http://www.euroheat.org/Files/Files/documents/District%20Heating/Cooling\\_Brochure.PDF](http://www.euroheat.org/Files/Files/documents/District%20Heating/Cooling_Brochure.PDF) [10.07.2012]
- Euroheat & Power (2008): Guidelines for District Heating Substations; <https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2008/04/Euroheat-Power-Guidelines-District-Heating-Substations-2008.pdf> [03.10.2016]
- Frederiksen S., Werner S. (2013) District Heating and Cooling. - Studentlitteratur, page 205
- GeoDH (n.d.) "Developing Geothermal District Heating in Europe", [www.geodh.eu](http://www.geodh.eu), [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/geodh\\_final\\_publishable\\_results\\_oriented\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/geodh_final_publishable_results_oriented_report.pdf) [10.11.2016]
- Hiegl W., Rutz D., Janssen R. (2011) Information Material Biomass Systems. – Training Handbook for Sanitary and Heating Installers; WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Academy for In-Service Teacher Training and Staff Development (ALP), Dillingen a.d. Donau, Germany; Report of the IEE Project Install+RES
- Holzmann A. (2010) Modellierung und Simulation einer Adsorptionskältemaschine. – Diplomarbeit, TU Wien
- Hurter, S., and R. Haenel, 2002, Atlas of Geothermal Resources in Europe, Publication No. EUR 17811 of the European Commission. Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg.
- Isoplus (2016) Laying rules. - <http://en.isoplus.dk/laying-rules-163> [03.11.2016]
- Laurberg Jensen L., Rutz D., Doczekal C., Gjorgievski V., Batas-Bjelic I., Kazagic A., Ademovic A., Sunko R., Doračić B. (2016) Best Practice Examples of Renewable District Heating and Cooling. – Report of the CoolHeating project; PlanEnergi, Denmark; [www.coolheating.eu](http://www.coolheating.eu)
- Kempener R. (2015) Solar Heating and Cooling for Residential Applications: Technology Brief. – IEA-ESTAP and IRENA Technology Brief E21 – January 2015; [http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_etsap\\_tech\\_brief\\_r12\\_solar\\_thermal\\_residential\\_2015.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_etsap_tech_brief_r12_solar_thermal_residential_2015.pdf) [04.08.2016]
- Kotlan R. (2016) Technical interview with Ralf Kotlan from W.A.S. Wasseraufbereitungssysteme GmbH on 27.10.2016; Güssing, Austria; <http://www.w-a-s.cc>
- Köfinger M., Schmidt R.R., Basciotti D., Hauer S., Doczekal C., Giovannini A., Konstantinoff L., Hofmann M., Andreeff V., Meißner E., Ondra H., Teuschel P., Frühauf O. (2015) NextGenerationHeat Niedertemperaturfernwärme am Beispiel unterschiedlicher Regionen Österreichs mit niedriger Wärmebedarfsdichte. - Projektnummer: 834582; AIT Austrian Institute of Technology GmbH; [http://ait.visueligent.at/fileadmin/mc/energy/downloads/NextGenerationHeat\\_publicierbarer\\_Endbericht\\_final.pdf](http://ait.visueligent.at/fileadmin/mc/energy/downloads/NextGenerationHeat_publicierbarer_Endbericht_final.pdf) [10.11.2016]
- Laurberg Jensen L., Rutz D., Doczekal C., Gjorgievski V., Batas-Bjelic I., Kazagic A., Ademovic A., Sunko R., Doračić B. (2016) Best Practice Examples of Renewable District Heating and Cooling. – Report of the CoolHeating Project; PlanEnergi, Denmark
- Metz M., Moersch M., Heini W. (2012) Komponenten solarthermischer Anlagen. – Kapitel 4 in Leitfaden Solarthermische Anlagen; Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie.
- Morgenstern A., Safarik M., Wiemken E., Zachmeier P. (2016) Mit solarer Wärme kühlen: Konzepte und Technologien für die Klimatisierung von Gebäuden. - BINE-Themen info III/2016;

[http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/III\\_2016/themen\\_0316\\_internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/III_2016/themen_0316_internetx.pdf)  
[accessed: 04.08.2016]

- Nast M. et al. (2009) Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines Wärmegesetzes Endbericht. - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR);  
[http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Endbericht\\_Waermegesetz-11.pdf](http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Endbericht_Waermegesetz-11.pdf) [10.11.2016]
- Nast M. (2012) Fernwärme, die Komfort-Energie, Rolle der Wärmenetze in der Stromversorgung. - 11. Tagung "Wärme- und Kälteversorgung in der Energiestrategie Schweiz"; 26. Januar 2012 in Biel-Bienne;  
[http://elib.dlr.de/75363/1/Rolle\\_der\\_W%C3%A4rmenetze\\_in\\_der\\_Stromversorgung.pdf](http://elib.dlr.de/75363/1/Rolle_der_W%C3%A4rmenetze_in_der_Stromversorgung.pdf) [10.11.2016]
- New Buildings Institute (1998) Guideline: Absorption Chillers. - New Buildings Institute; Fair Oaks; Canada;  
<http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/Chillers/AbsorptionChillerGuideline.pdf> [10.07.2012]
- Paeger J. (2012) <http://www.oekosystem-erde.de/html/energie.html> [10.07.2012]
- Rutz D., Janssen R. (2008) Biofuel Technology Handbook. - 2nd version; BIOFUEL MARKETPLACE Project funded by the European Commission (EIE/05/022); WIP Renewable Energies, Germany; 152p.  
[http://www.wip-munich.de/images/stories/6\\_publications/books/biofuel\\_technology\\_handbook\\_version2\\_d5.pdf](http://www.wip-munich.de/images/stories/6_publications/books/biofuel_technology_handbook_version2_d5.pdf) [10.11.2016]
- Rutz D., Janssen R., Letsch H. (2006) Installateurs-Handbuch Biomasseheizanlagen. - EU-IEE EARTH Project; 241p. [www.earth-net.info](http://www.earth-net.info)
- Rutz D., Mergner R., Janssen R. (2015) Sustainable Heat Use of Biogas Plants – A Handbook, 2nd edition. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Handbook elaborated in the framework of the BiogasHeat Project; ISBN 978-3-936338-35-5 translated in 8 languages; [http://www.wip-munich.de/images/stories/6\\_publications/books/Handbook-2ed\\_2015-02-20-cleanversion.pdf](http://www.wip-munich.de/images/stories/6_publications/books/Handbook-2ed_2015-02-20-cleanversion.pdf) [10.11.2016]
- Schrøder Pedersen A., Elmegaard B., Christensen C.H., Kjølner C., Elefsen F., Bøgild Hansen J., Hvid J., Sørensen P.A., Kær S.K., Vangkilde-Pedersen T., Feldthusen Jensen T., (2014) Status and recommendations for RD&D on energy storage technologies in a Danish context. -  
[https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Forskning%20-%20PSO-projekter/RDD%20Energy%20storage\\_ex%20app.pdf](https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Forskning%20-%20PSO-projekter/RDD%20Energy%20storage_ex%20app.pdf) [09.11.2016]
- Skagestad B., Mildenstein P. (no date) District Heating and Cooling Connection Handbook. – International Energy Agency (IEA) District Heating and Cooling.  
[http://dedc.dk/sites/default/files/programme\\_of\\_research\\_development\\_and\\_demonstration\\_on\\_district\\_heating\\_and\\_cooling.pdf](http://dedc.dk/sites/default/files/programme_of_research_development_and_demonstration_on_district_heating_and_cooling.pdf) [10.07.2012]
- Solair Project (2009) Increasing the market implementation of Solar-air-conditioning systems for small and medium applications in residential and commercial buildings (SOLAIR). – Project website <http://www.solair-project.eu/142.0.html> [accessed: 04.08.2016]
- Tour & Andersson Ges.m.b.H. (2005) TA Systemheft - Hydraulische Grundsaltungen. - Guntramsdorf; Austria
- Von Hertle H., Pehnt M., Gugel B., Dingeldey M., Müller K. (2015) Wärmewende in Kommunen, Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. – Heinrich Böll Stiftung Band 41 der Schriftenreihe Ökologie [https://www.boell.de/sites/default/files/waermewende-in-kommunen\\_leitfaden.pdf](https://www.boell.de/sites/default/files/waermewende-in-kommunen_leitfaden.pdf) [10.07.2012]
- WHO (2007) Legionella and the prevention of legionellosis. - World Health Organization ; India,  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/emerging/legionella.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf) [10.11.2016]
- Zweiler R., Doczekal C., Paar K., Peischl G. (2008) Endbericht Energetisch und wirtschaftlich optimierte Biomasse-Kraft-Wärmekopplungssysteme auf Basis derzeit verfügbarer Technologien, Energiesysteme der Zukunft, bmvit, FFG-Projekt Nummer 812771; [www.get.ac.at](http://www.get.ac.at)
- Zweiler, R. (2013) ToughGas (Entwicklung eines innovativen Wirbelschichtvergasungssystems kleiner Leistung zur Nutzung biogener Reststoffe) (Endbericht No. 834621).

