




**-ГРАД КРУШЕВАЦ-**

**Програм просторног снабдевања  
ТОПЛОТОМ  
2022 - 2030  
за Град Крушевац**

**Израда:  
Енергетски Тим града Крушевца,  
Радна Група града Крушевца,  
Стручњаци и сарадници у оквиру МЕЕМП пројекта**

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
  
Swiss Confederation  
  
Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
State Secretariat for Economic Affairs SECO



 Republic of Serbia  
Ministry of Mining  
and Energy

Датум: октобар, 2022.године

## Садржај

<b>1</b>	<b>УВОД</b>	<b>5</b>
1.1	ЦИЉЕВИ ПРОГРАМА ПРОСТОРНОГ СНАБДЕВАЊА ТОПЛОТОМ	5
1.2	ГРАД КРУШЕВАЦ	5
1.3	РАДНА ГРУПА СХСП ИЗ КРУШЕВЦА	7
1.4	ВЕЗА СА ЗАКОНОМ О ЕФИКАСНОЈ УПОТРЕБИ ЕНЕРГИЈЕ	7
<b>2</b>	<b>ПРОЦЕНА ПОТРЕБА ТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ</b>	<b>9</b>
2.1	ДЕМОГРАФСКИ ТРЕНДОВИ	9
2.2	БРОЈ ОСОБА ПО СТАМБЕНОЈ ЈЕДИНИЦИ	10
2.3	ПОВРШИНА ПОДА ПО СТАМБЕНОЈ ЈЕДИНИЦИ И ПО ОСОБИ	10
2.4	РАЗВОЈ СТАМБЕНОГ ФОНДА И ПОТРАЖЊЕ ЗА ТОПЛОТОМ	11
	2.4.1 <i>Сценарији за унапређење зграде</i>	11
2.5	ИМПЛИКАЦИЈЕ НА ППСТ	12
<b>3</b>	<b>ПОСТОЈЕЋА ИНФРАСТРУКТУРА</b>	<b>14</b>
3.1	СИСТЕМ ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА	14
	3.1.1 <i>Котларнице</i>	14
	3.1.2 <i>Цевоводи и подстанице</i>	16
	3.1.3 <i>Производња и потрошња топлоте</i>	17
	3.1.4 <i>Будући развој мреже даљинског грејања</i>	18
3.2	МРЕЖА ГАСОВОДА	19
3.3	ПОЈЕДИНАЧНИ СИСТЕМИ ГРЕЈАЊА У ГРАДСКОМ ПОДРУЧЈУ ГРАДА КРУШЕВЦА	20
<b>4</b>	<b>ПРОЦЕНА ПОТЕНЦИЈАЛА ДОСТУПНИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА КРУШЕВЦА</b>	<b>21</b>
4.1	ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ РАЗЛИЧИТИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ	21
	4.1.1 <i>Фосилни извори топлоте</i>	21
	4.1.2 <i>Обновљиви извори топлоте</i>	22
4.2	БИОМАСА	24
	4.2.1 <i>Дрвенаста биомаса</i>	24
	4.2.2 <i>Пољопривредна биомаса</i>	24
4.3	ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА	25
	4.3.1 <i>Геотермална енергија мале дубине</i>	26
	4.3.2 <i>Развој геотермалне енергије за даљинско грејање</i>	28
4.4	СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА	28
	4.4.1 <i>Сунчева топлотна енергија</i>	29
	4.4.2 <i>Соларни фотонапонски системи</i>	30
4.5	СКЛАДИШТЕЊЕ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ	32
	4.5.1 <i>Технологија</i>	32
	4.5.2 <i>Теоријске могућности будуће великог соларног постројења</i>	35
4.6	ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ	37
4.7	ОТПАДНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	37

<b>5</b>	<b>ФОРМУЛАЦИЈА ОДГОВАРАЈУЋИХ МЕРА ЗА СПРОВОЂЕЊЕ ЦИЉЕВА СМАЊЕЊА ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ .</b>	<b>38</b>
5.1	ЕЕ ПОБОЉШАЊА СИСТЕМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА .....	38
5.1.1	<i>Завршетак аутоматизације подстанице.....</i>	<i>38</i>
5.1.2	<i>Замена дотрајалих грејних цеви .....</i>	<i>39</i>
5.1.3	<i>Обрачун за снабдевање топлотом на основу потрошње .....</i>	<i>40</i>
5.1.4	<i>Повезивање децентрализованих котларница на мрежу.....</i>	<i>41</i>
5.1.5	<i>Термичка санација зграда повезаних на мрежуДГ .....</i>	<i>41</i>
5.2	ФОРМИРАЊЕ ПОДРУЧЈА ЗА ОБНОВЉИВЕ ИЗВОРЕ ЕНЕРГИЈЕ.....	42
5.3	МЕРЕ КОЈЕ ДОПРИНОСЕ ПОБОЉШАЊУ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА И СМАЊЕЊУ ЕМИСИЈЕ СО2 .....	43
5.3.1	<i>Замена котлова на угаљ котловима на природни гас и коришћење обновљивих извора енергије у систему даљинског грејања.....</i>	<i>43</i>
5.3.2	<i>Смањење употребе чврстих горива у појединачним домаћинствима .....</i>	<i>44</i>
5.3.3	<i>Термичка санација појединачних стамбених зграда .....</i>	<i>44</i>
<b>6</b>	<b>ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>– ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 1.....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>– ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 2.....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>– ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 3.....</b>	<b>52</b>

## Скраћенице

ЦТСДГ	Централна топлана система даљинског грејања Крушевца
ДГ	Даљинско грејње
DN	Номнални дијаметар
ЕБРР	Европска банка за реконструкцију и развој
ЕЕ	Енергетска ефикасност
АЕ	Агенција за енергетику
ЕУ	Европска унија
СИ	Студија изводљивости
ИАЕ	Интернационална агенција за енергетику
ИАОЕ	Интернационална агенција за обновљиву енергију
LCOE	Вреднована цена енергије
ЈКП	Јавно комунално предузеће
ФН	Фотонапонски
ОЕ	Обновљива енергија
ОИЕ	Обновљиви извори енергије
СДНУ	Систем даљинског надзора и управљања
SECO	Швајцарски државни секретаријат за економске послове
ППСТ	Програм просторног снабдевања топлотом
РЗЗС	Републички завод за статистику

# 1 УВОД

Просторно планирање снабдевања топлотном енергијом је технички и политички процес чији је циљ утврђивање најприкладнијег снабдевања топлотном енергијом у различитим областима територије локалне самоуправе и на тај начин омогућава рационалну употребу енергије, снабдевање топлотом, претежно обновљивом енергијом и минимизирање негативног утицаја животне средине и климе. Просторно енергетско планирање пружа основу за оптимизацију снабдевања топлотном енергијом у општини и њено пројектовање за будућност.

Сигурност снабдевања, економска ефикасност и еколошка компатибилност најважнији су стубови за организацију снабдевања енергијом од стране јавног сектора. Општина се такође може придржавати ових утврђених концепата када је у питању снабдевање топлотом. Просторно планирање снабдевања топлотом и његова примена повећавају правну и планску сигурност: Подручја за снабдевање топлотом обновљивим изворима енергије, као и локације за постројења за производњу енергије морају бити заштићени обавезујућим инструментима планирања, као и координираном применом концепата снабдевања.

## 1.1 Циљеви Програма просторног снабдевања топлотом

Циљ Програма просторног снабдевања топлотом (ППСТ) је да идентификује технички погодне системе грејања који имају најмањи утицај на животну средину и климу у различитим просторним областима. Резултат процеса планирања су мапе које указују на пожељне системе грејања у датој области. За свако подручје одређене су различите приоритетне мере као део реализације ППСТ.

На основу тренутних демографских трендова као и трендова потражње за енергијом, праве се прогнозе за наредних 20 година са стратешким циљевима формулисаним за предвиђено снабдевање топлотном енергијом подручја града. Специфични циљеви ППСТ-а су:

- Пројекција потреба у наредних 20 година и оптимизација снабдевања топлотом;
- Идентификација најпогоднијих система грејања са најмањим утицајем на животну средину и климу за свако подручје;
- Трансфер знања о најновијим трендовима и технологијама у системима грејања;
- Пружање могућности Граду да самостално користи и ажурира Програм заснован на систематском приступу.

Представници Града били су укључени у процес планирања и њихове повратне информације су укључене у коначни нацрт.

Спровођење мера надгледаће се на годишњем нивоу. У зависности од резултата, као и укупног економског и демографског развоја града, ППСТ ће се ревидирати најмање сваке три године, укључујући ревизију планираних и укључивање нових мера.

## 1.2 Град Крушевац

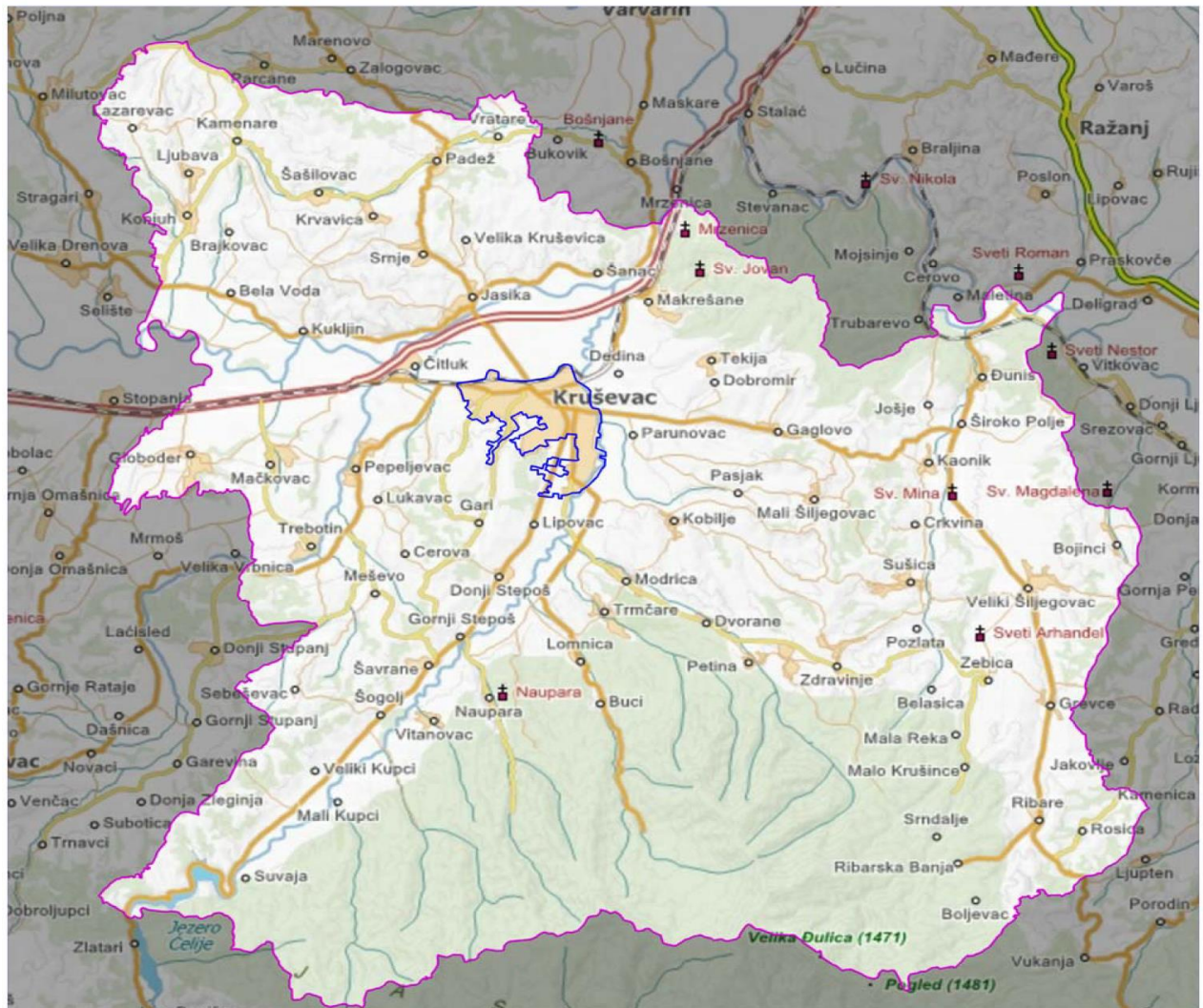
Град Крушевац се налази у централном делу Републике Србије у Расинском округу и простире се на површини од 853,97 км<sup>2</sup> (Слика 1). Обухвата 101 насељено место са укупно 128.862 становника према попису из 2011. године. Стамбено подручје града Крушевца (без индустријских зона на северу и истоку града) заузима површину од 11,8 км<sup>2</sup>.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Сопствено мерење на основу GoogleEarth фотографије из ваздуха, из 2019. године

У 2011. години, број становника, у 100 насеља ван града Крушевца кретао се у распону од 26 (Рлица) до 4.059 (Мудраковац). Просечан број становника био је 297 (РЗС 2011).

Слика 1 Мапа општинске територије града Крушевца



 City and Residential areas in 2019

0 5 10 km

(Basemap: Serbiemap.net)

Отприлике четвртина стамбених подручја у градском подручју Крушевца топлотом се снабдева путем мреже даљинског грејања, са прикључених 42% домаћинстава (више детаља у поглављу 3.1). Преостала домаћинства у околини, као и околна села користе индивидуалне системе грејања. Као извори енергије користе се угаљ, огревно дрво, природни гас, мазут и електрична енергија.

ППСТ истражује оптималне могућности снабдевања топлотом за различита подручја, узимајући у обзир потенцијал за повећање ефикасности снабдевања и примене ОИЕ.

### **1.3 Радна група СХСП из Крушевца**

За припрему садашњег ППСТ-а, град Крушевац је основао посебну Радну групу коју чине следећи чланови:

1. Помоћник Градоначелника за екологију, одрживи развој и енергетику града Крушевца;
2. Енергетски Менаџер града Крушевца;
3. Технички директор предузећа за даљинско грејање „Градска Топлана“, Крушевац;
4. Шеф производње предузећа за даљинско грејање „Градска Топлана“, Крушевац;
5. Шеф развоја предузећа за даљинско грејање „Градска Топлана“, Крушевац;
6. Руководилац машинског одржавања предузећа даљинског грејања „Градска Топлана“, Крушевац;
7. Шеф Шумарске службе Шумског газдинства „Расина“, Крушевац;
8. Шеф Службе за гајење шума Шумског газдинства „Расина“, Крушевац;
9. Комерцијални директор шумарског газдинства „Расина“, Крушевац;
10. Службеник за управљање шумама шумског газдинства „Расина“, Крушевац;
11. Шеф Одељења за дизајн и надзор, ПЦ за урбанизам и дизајн, Крушевац;
12. Просторни планер, ПЦ за урбанизам и дизајн, Крушевац;
13. Технички директор предузећа за водоснабдевање, ЈКП „Водовод“, Крушевац;
14. ИТ службеник, ЈКП „Водовод“, Крушевац;
15. Начелник Одељења за урбанизам и изградњу града Крушевца;
16. Начелник Одељења за инвестиције, привреду и заштиту животне средине града Крушевца.

Одлука о оснивању Радне групе формално је усвојена у јулу 2019.

Чланови Радне групе пружили су потребне информације које су спољним техничким стручњацима биле потребне за њихове процене и припрему сценарија и прорачуна.

Даље, чланови Радне групе су активно сарађивали са техничким стручњацима, како би им пружили што већу подршку у процесу техничког планирања и дали своје повратне информације о привременим резултатима.

### **1.4 Веза са Законом о ефикасној употреби енергије**

Српски Закон о ефикасном коришћењу енергије захтева да јединице локалне самоуправе (општине) припремају програме и планове енергетске ефикасности у складу са националном Стратегијом енергетског развоја и Акционим планом за енергетску ефикасност. Општински програм енергетске ефикасности садржи нарочито (члан 10):

- “ 1) Планирани циљ уштеде енергије (у складу са националним циљевима);
- 2) Преглед и процена годишњих енергетских потреба, укључујући процену енергетских својстава зграда;
  - 3) Предлог мера и активности којима ће се обезбедити ефикасно коришћење енергије, и то:
    - а) План енергетске санације и одржавања јавних објеката

- б) Планови за унапређење система комуналних услуга (систем даљинског грејања, систем даљинског хлађења, водоснабдевања, јавног осветљења, управљања отпадом, јавног превоза, итд)
  - ц) Остале мере које се планирају у погледу ефикасног коришћења енергије
- 4) Одговорности, рокови и процена очекиваних резултата сваке мере предвиђене за постизање планираног циља.
- 5) средства неопходна за спровођење програма, извори и начин њиховог обезбеђивања. “

Резултати процеса планирања ППСТ-а, као и конкретне формулисане мере, узете се у обзир у општинском програму енергетске ефикасности и другим стратешким планским документима града.

## 2 ПРОЦЕНА ПОТРЕБА ТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Циљ овог поглавља је да предвиди како ће се у наредној години развијати потреба за топлотом у Крушевцу. У контексту ППСТ-а, главна сврха одређивања будуће потребе за топлотом је могућност процене да ли би потражња за топлотом остала довољно велика да рационализује рад мреже даљинског грејања.

Развој потражње за топлотом енергијом директно зависи од развоја становништва и потенцијалних побољшања у погледу класе енергетске ефикасности грађевинског фонда. Иако имамо податке из пописа становништва за целокупно подручје за демографски развој, подаци о потрошњи енергије ограничени су на подручје снабдевања постојеће мреже даљинског грејања. Показатеље израчунате из ових података применићемо на преостала домаћинства на градском подручју која нису прикључена на мрежу даљинског грејања.<sup>2</sup> Домаћинства у руралним областима су искључена, јер се претпоставља да се због велике дисперзије и мале густине, мрежа ДГ неће проширити на сеоска насеља. Уколико би се у насељима размотрила изградњу мини мреже за грејање, потражња за грејањем морала би посебно да се испита.

### 2.1 Демографски трендови

Србија тренутно има негативан раст становништва од око -0,4% годишње. Из табеле 1 се види да овај тренд утиче и на град Крушевац. Претпоставља се да ће се укупан број становника смањити са 128.862 на 112.843 становника у периоду 2011. до 2041. године (РЗЗС online).

Табела 1 Пројекција становништва града Крушевца до 2041. године

	Основно становништво - процене становништва средином године, 2011			Пројекција становништва Средња варијанта, 2041 <sup>3</sup>		
	Мушки	Женско	Укупно	Мушки	Женско	Укупно
РЕПУБЛИКА СРБИЈА	3,522,690	3,711,409	7,234,099	3,303,184	3,521,372	6,824,556
Крушевац	62,858	66,004	128,862	55,149	57,694	112,843

Извор: Завод за статистику Републике Србије, <https://data.stat.gov.rs/>

Табела 1 показује да се становништво у урбаним и руралним подручјима Србије различито развија. Од 1955. до 2020. године догодио се снажан тренд урбанизације током којег се градско становништво повећало на преко 50%. Смањење броја становника од 1995. године огледа се углавном у смањењу сеоског становништва, док градско становништво остаје готово исто.

Претпостављамо да се овај тренд урбанизације може пренети и у Крушевац, па претпостављамо да ће становништво у градском подручју Крушевца остати приближно исто наредних 20 година, са око

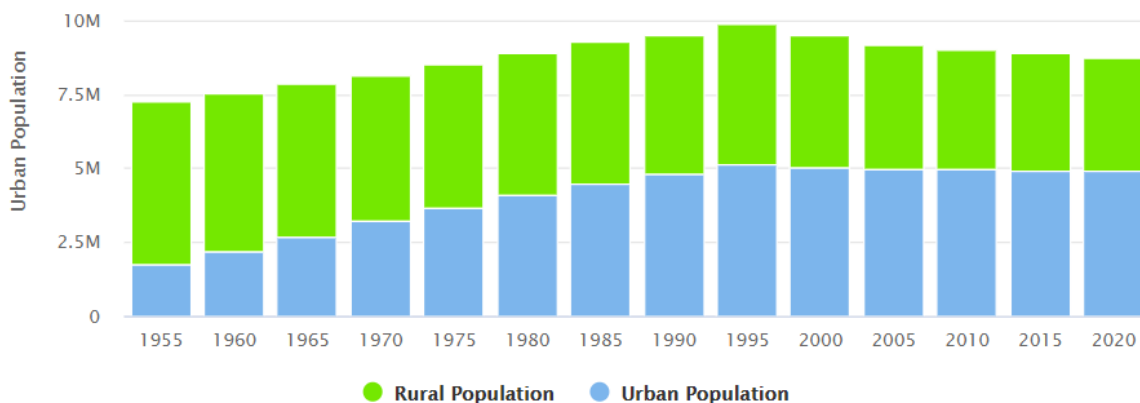
<sup>2</sup> Свесни смо да је ово поједностављење и да постоје разлике између кућа и стамбених зграда. Међутим, ово поједностављење је оправдано, јер циљ овог поглавља није тачан прорачун, већ процена редоследа величина.

<sup>3</sup> „Средња варијанта“ пројекције становништва Уједињених нација претпоставља наставак недавних нивоа нето миграције у наредним годинама

58.000 становника. Овај број становника је отприлике константан од 1991. године, што се може видети из података програма ЕЕ 2020. до 2022. године.

Закључујемо да је ће се предвиђени пад становништва вероватније догодити у руралним областима Крушевца.

**Слика 2 Урбано против руралног становништва у Србији од 1955. до 2020. године**



Извор: <https://www.worldometers.info/demographics/serbia-demographics/>

## 2.2 Број особа по стамбеној јединици

Према српским пописима становништва (РЗЗС 2011), просечан број особа по домаћинству износио је 3,0 у 2002. и 2,9 у 2011. на националном нивоу. Постоји тренд да ова цифра опада за приближно -0,1 током 10-годишњег периода. У Крушевцу је у 2011. просечан број особа по домаћинству у износио 3,21 (2,96 у градским и 3,47 у сеоским срединама) (РЗЗС 2011). Ако претпоставимо да се национални тренд примењује и на Крушевац, ове бројке ће се смањити на 2,9 (2,6 у урбаним и 3,1 у руралним областима) до 2041. године.

Ови трендови су у складу са укупним европским трендовима. Пад броја особа по домаћинству резултат је фактора као што су старење становништва, мање деце по домаћинству и већи удео породице са једним родитељом.

## 2.3 Површина пода по стамбеној јединици и по особи

Ако би просечна површина пода по стамбеној јединици временом остала константна, мањи број људи по стану претворио би се у већу потражњу за топлотном енергијом по особи. Међутим, у Србији такође постоји тренд смањења површине пода по стану. У периоду од 2001. до 2014. просечна површина завршених станова смањила се са 78 на 64 м<sup>2</sup> на националном нивоу (СЛЕД, 2015: 30). Сличан тренд забележен је у Крушевцу у периоду од 2002. до 2005. године са смањењем са 81 на 59 м<sup>2</sup> (ЕЕЈЛС, 2014: 48). Доња табела показује да је у 2011. просечна површина свих усељених станова у Крушевцу износила 77,34 м<sup>2</sup> (урбаних 68,35 м<sup>2</sup> руралних 85,75 м<sup>2</sup>) што одговара просечној површини по особи од 24,06 м<sup>2</sup> (урбаних 23,12 м<sup>2</sup>, руралних 24,72 м<sup>2</sup>).

Претпостављамо да ће се два тренда мањег броја људи по стану са истовремено смањеним површинама пода по стану више или мање међусобно уравнотежити, што ће резултирати да ће просечна површина пода по особи остати приближно на 24 м<sup>2</sup> по особи, до 2041.

**Табела 2 Станови у Крушевцу 2011. године**

	Станови у Крушевцу (за трајно становање) у 2011							
	Број станова	површина пода м2	просечно м2 / стан	ненасељена стана	Број настањених станова	заузета површина м2	људи по окц. место становања	површина пода по особи м2 / кап.
<b>Укупно</b>	49,482	3,826,925	77.34	19.0%	40,083	3,100,009	3.21	24.06
<b>Урбано</b>	23,926	1,635,434	68.35	17.0%	19,869	1,358,122	2.96	23.12
<b>Остало (рурално)</b>	25,556	2,191,491	85.75	20.9%	20,214	1,733,401	3.47	24.72

Извор: Попис становништва 2011, Републички завод за статистику, <https://data.stat.gov.rs/>

Овај специфични просторни захтев по особи не може се безусловно користити за израчунавање специфичне потребе за грејањем, јер се у Србији обично греје само део стана (једна или две просторије) ради уштеде енергије и трошкова. Изузетак од тога су станови прикључени на даљинско грејање, где можемо претпоставити да је целокупна површина пода грејана.

У регионима у којима се делимично грејање још увек примењује, застареле пећи на дрва се и даље често користе, што резултира високим нивоом загађења ваздуха у затвореним, а тиме и високим стопама респираторних болести. Претпостављамо да ће се ови системи модернизовати у средњорочном и дугорочном периоду и да ће се, са повећањем БДП-а по глави становника, грејне навике приближити областима које се снабдевају даљинским грејањем.

## **2.4 Развој стамбеног фонда и потражње за топлотом**

Зграде у Србији су релативно нове у поређењу са онима у многим земљама ЕУ. Најстарији део стамбеног фонда (пре 1919. године) чини само око 5,6% укупног удела у поређењу са просеком ЕУ од око 18%. Отприлике две трећине свих станова изграђено је током социјализма (1945-1991). Најпродуктивнија деценија (1971-1980) допринела је учешћу од 24 процента (UN, 2006: 15). Ова ситуација се односи и на Крушевац како је поменуто у програму ЕЕ (EEJLS 2014) : „У погледу старости стамбеног фонда може се закључити да је око 70% укупног броја станова изграђено после 1960. године. Стари стамбени фонд старији од 70 година смањен је на око 5% са трендом опадања “EEJLS (2014: 48).

### **2.4.1 Сценарији за унапређење зграде**

У зависности од активности обнове, будућа потреба за топлотном енергијом у стамбеном фонду може се значајно смањити. За процену будућих потреба за енергијом за грејање, узимамо у обзир сценарије развијене у оквиру пројекта SLED (SLED 2015: 37 и даље). Потенцијале уштеде за различите мере побољшања детаљно је израчунао SLED и крећу се од -20% до -71% нето потражње за топлотом. Ове уштеде примењујемо на тренутну просечну специфичну потрошњу топлоте коју смо преузели из извештаја ЈКП за даљинско грејање (157 кВт / м<sup>2</sup> \* а).

Направили смо сопствену процену на колико станова ће се применити ове мере побољшања у наредних 20 година. У Стандардном сценарију претпоставили смо да ће око 1% постојећих зграда бити замењено новом зградом сваке године, а 0,7% постојећих зграда биће обновљено према Стандардном сценарију и 0,4% према Амбициозном сценарију (видети Табелу 3) . Процењујемо да

више од половине зграда или уопште неће бити побољшано у наредних 20 година (25%) или ће бити спроведене само најнеопходније делимичне обнове (33%) према „Уобичајеном сценарију“. Ако су ове претпоставке тачне, просечна специфична потрошња топлоте ће се смањити на око 109 kWh/m<sup>2</sup>\*а, до 2041. године, што је смањење од 30% у поређењу са 2020. годином (видети Табелу 2). Имајте на уму да ова цифра укључује енергију потребну за снабдевање топлотом водом (око 12 kWh/m<sup>2</sup>\*а).

**Табела 3 Пројекција специфичне потребе за топлотом до 2041. године**

Сценарио	Мера побољшања	Ест. смањење топлоте у поређењу са просеком из 2011. године од 154 [кВх / м <sup>2</sup> * а] *	Специфична потрошња топлоте [кВх / м <sup>2</sup> * а]	Процењени удео у зградама у 2041. години ***	Просечна специфична потрошња топлоте у 2041 [кВх / м <sup>2</sup> * а]
Нула	Никакве мере	0%	157**	33%	<b>109</b>
Уобичајено	Само делимична реновирања, попут промене прозора или побољшања контрола система грејања	-20%	126	25%	
Стандардно	а. побољшање у складу са важећим прописима као побољшање енергетских перформанси зграде за најмање једну класу енергетске ефикасности.	-59%	66	15%	
	б. Замена старе зграде новом конструкцијом <sup>4</sup>			20%	
Амбициозно	Укључује специфичне мере за подизање класе енергетске ефикасности зграде на максимум.	-71%	46	7%	

Извори: \* SLED (2015), \*\*2019 Подаци ЈКП Градска Топлана (Табела б), \*\*\* сопствене процене

## 2.5 Импликације на ППСТ

Град Крушевац има мрежу даљинског грејања која је изграђена седамдесетих година прошлог века и првобитно је покривала велики део изграђеног подручја. Од тада је град растао брже од мреже даљинског грејања која данас покрива око 22% стамбеног дела града Крушевца. Једно од најважнијих питања којима ће се бавити овај ППСТ је да ли мрежу даљинског грејања треба проширити на ова нова урбана подручја или треба фаворизовати друге изворе топлоте.

У 2019. години купцима је испоручено укупно 98.022 MWh топлотне енергије у области снабдевања од 263 ha. Тренутна густина топлоте у опскрбном подручју мреже даљинског грејања је, према томе, око 37 kWh/m<sup>2</sup> годишње. У међународном поређењу, ова вредност је на доњој граници када мреже даљинског грејања и даље могу да функционишу на нивоу финансијског покривања трошкова. Као што је објашњено у последњем поглављу, очекујемо сталан пад потражње за грејањем домаћинстава током наредних 20 година. Такав тренд представља ризик за финансијску одрживост мреже даљинског грејања у случају да је немогуће паралелно повећати број прикључака.

У принципу, технички би било могуће проширити подручје снабдевања тако да обухвати цело стамбено подручје града. Међутим, предуслов је предузимање мера за масовно побољшање ефикасности мреже ДГ и смањење специфичне потрошње енергије у зградама (видети поглавље

<sup>4</sup> Нове зграде морају се градити према грађевинском кодексу уведеном 2011. Захтеви грађевинског кодекса одговарају карактеристикама мера стандардног сценарија.

5.1.5). Поред тога, потребни су подстицајни системи како би већи број власника имовине био спреман да се повеже на мрежу ДГ.

## 3 ПОСТОЈЕЋА ИНФРАСТРУКТУРА

### 3.1 Систем даљинског грејања

Мрежа даљинског грејања (мрежа ДГ) града Крушевца десета је по величини у Србији, снабдевајући топлотом 8.700 домаћинстава, предузећа и јавних зграда. Узимајући у обзир стопу повезаности од 42% домаћинстава, то је осми по величини систем у Србији који подвлачи његов значај за Крушевац као и за Републику Србију.

Оператер система даљинског грејања града Крушевца је ЈКП Градска Топлана Крушевац. Предузеће је у потпуности у власништву града Крушевца.

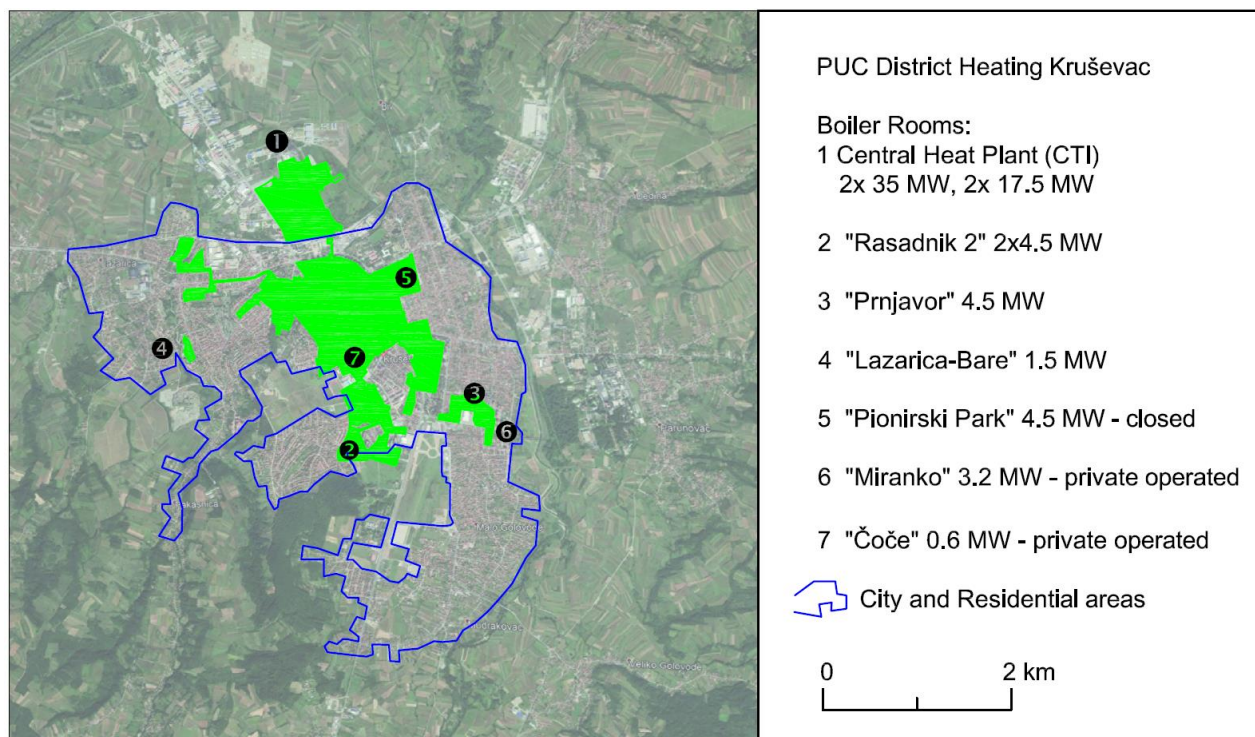
#### 3.1.1 Котларнице

Слика 3 приказује подручје снабдевања мрежом даљинског грејања које покрива подручје снабдевања од 2,63 км<sup>2</sup>. Постројење за централно грејање (ПЦГ) налази се у индустријској зони у северном делу града. Удаљеност до првог потрошача је релативно велика 1,5 км. Централна топлана се налази на великој парцели која омогућава проширења за будући развој.

Остале котларнице којима управља ЈКП Градска Топлана су Расадник, Прњавор, Лазарица-Баре и Пионирски парк. Котларница Пионирски парк тренутно није у функцији. Подручја снабдевања око Расадника и Лазарице-Баре још увек нису повезана на главну мрежу. Поред котларница којима управља ЈКП Градска Топлана, постоје још две котларнице које раде приватно. Локације су Миранко и Чоче и имају комбиновани грејни капацитет од 3,8 MW.

Све оперативне котларнице заједно имају укупну инсталирану снагу од око 125 MW.

Слика 3 Мапа мреже даљинског грејања града Крушевца



(Извор: Сопствена карта заснована на Генералном урбанистичком плану Крушевца 2014-2025, основна карта: Google Earth)

Табела 4 даје техничке детаље о котларницама којима управља ЈКП Градска Топлана: Централна топлана (ЦТ) има укупни капацитет 105 MW (2к35MW угаљ и 2к17,5MW природни гас). До сада су два котла на природни гас коришћена за обезбеђивање вршне енергије, док су котлови на угаљ коришћени за покривање основног оптерећења.

ЈКП Градска Топлана управља додатним котларницама у Расаднику (2к4,5MW мазута, укупно 9MW), Прњавору (1к4,5MW природног гаса) и Лазарици-Баре (5к0,3MW угља, укупно 1,5MW). Котларница Расадник као гориво користи тешки мазут, али је планирано да прелазак на природни гас буде током 2021. године.

Генерално, цео систем се напаја 100% фосилном енергијом и самим тим је веома велик емитер CO<sub>2</sub>. Постоји велики потенцијал за смањење емисије CO<sub>2</sub> из система.

**Табела 4 Котларнице којима управља ЈКП Градска Топлана**

Централни извор топлоте „ЦТИ“	Котао 1	Котао 2	Котао 3	Котао 4		УКУПНО
Тип	ТРК VKR-30	ТРК-VKR-30	Vitomax 200	Vitomax 200		
Година производње	1981	1981	2007	2007		
Година пуштања у рад	1982	1982	2007	2007		
Година реконструкције	2019	ongoing	2019	2019		
Топлотна енергија	35MW	35MW	17,5MW	17,5MW		<b>105MW</b>
Ефикасност	0,75	0,75	8,86	0,86		
Број радних сати	139528	128675	1100	1000		
Врста извора енергије	<u>Угаљ</u>	<u>Угаљ</u>	Природни гас	Природни гас		
<b>Расадник</b>	<b>Котао 1</b>	<b>Котао 2</b>				
Тип	Vitomax 200	Vitomax 200				
Година производње	2004	2005				
Топлотна енергија	4,5	4,5				<b>9MW</b>
Број радних сати	13300	12900				
Ефикасност	0,85	0,85				
Врста извора енергије	Мазут	Мазут				
<b>Прњавор</b>	<b>Котао 1</b>					
Тип	Vitomax 200					
Година производње	2007					
Топлотна енергија	4,5					<b>4,5MW</b>
Број радних сати	11700					
Ефикасност	0,86					
Врста извора енергије	Природни гас					

Лазарица-Баре	Котао 1	Котао 2	Котао 3	Котао 4	Котао 5	
Тип	NeoVulkan	NeoVulkan	NeoVulkan	NeoVulkan	NeoVulkan	
Година производње	1979	1979	1979	1979	1979	
Топлотна енергија	0,3MW	0,3MW	0,3MW	0,3MW	0,3MW	<b>1,5MW</b>
Број радних сати	32000	32000	32000	32000	32000	
Ефикасност	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
Врста извора енергије	Угаљ	Угаљ	Угаљ	Угаљ	Угаљ	
					<b>TOTAL</b>	<b>120MW</b>

Извор: Информације добијене ЈКП Градска Топлана децембар 2020

### 3.1.2 Цевоводи и подстанице

Разграната цевоводна мрежа ЈКП Градска Топлана Крушевац има укупну дужину од 89 км. Највећи пречник је DN 500. Инсталирани капацитет цевоводне мреже је око 102 MW. Инсталирани капацитет потрошача је око 91,8 MW. Из ових података је видљиво да је систем даљинског грејања добро уравнотежен.

Расподела топлоте у зградама врши се кроз 577 топлотних подстаница. Од децембра 2020. године, аутоматизовано је 137 подстаница, од којих се 117 налази у систему даљинског надзора и управљања (РМЦС). Још 162 подстанице треба да буду аутоматизоване и повезане на РМЦС. Аутоматизоване подстанице су углавном за вишестамбене зграде. Поред овога, на мрежу ДГ је повезано 278 подстаница породичних кућа. Ограничење протока код ових подстаница врши се у прикључним коморама преко вентила за ручно балансирање.

Недостатак аутоматске контроле протока један је од највећих проблема тренутне мреже ДГ. Резултати су:

- 1) велика брзина протока у цевима у комбинацији са високом енергијом пумпања,
- 2) ширење ниске температуре у доводним и повратним цевима
- 3) високи температурни губици у цевима и
- 4) прегревање зграда.

У том погледу постоји огроман потенцијал за уштеду енергије уз релативно мало улагања. Препоручене мере су описане у поглављу 4.1.1.

Табела 5 Подстанице у мрежи даљинског грејања града Крушевца

	Аутоматизовано	Није аутоматизовано	Није аутоматизовано	УКУПНО
СТІ	130	156	278	<b>564</b>
Расадник		2	0	<b>2</b>
Прњавор	7	4	0	<b>11</b>
Лазарица-Баре	0	0	0	<b>0</b>
<b>УКУПНО</b>	<b>137</b>	<b>162</b>	<b>278</b>	<b>577</b>

Извор: Информације добијене ЈКП Градска Топлана, децембар 2020

### 3.1.3 Производња и потрошња топлоте

Детаљни подаци о систему даљинског грејања приказани су у следећој табели:

**Табела 6 Кључни индикатори даљинског грејања Крушевац (2019)**

Систем даљинског грејања		Централни извор топлоте	Расадник	Прњавор	Лазарица-Баре	УКУПНО
Просечна произведена енергија	MWh/yr.	98.312,00	7.041,00	3.193,00	1.538,00	<b>110.084,00</b>
Губици енергије у дистрибутивном систему	MWh/yr.	10.814,32	774,51	287,40	185,44	<b>12.061,67</b>
Енергија која се испоручује објектима	MWh/yr.	87.497,68	6.266,49	2.905,60	1.352,56	<b>98.022,33</b>
Годишњи губици воде	M3 / yr.	58.530,00	1.424,00	537,00	223,00	<b>60.714,00</b>
Специфична просечна потрошња енергије у грејаним зградама	kWh / m2 yr.	157,84	144,85	116,58	175,3	<b>158,03</b>
Укупна површина која се греје	m2	554.358,20	43.262,61	24.924,01	7.715,34	<b>630.260,16</b>
Еквивалентна количина природног гаса	m3	11.795.789	844.802	362.943	184.534	<b>13.188.067</b>
<b>СТАНОВИ</b>						<b>УКУПНО</b>
Број станова	#	6,721	989	443	163	<b>8,316</b>
Површина	m2	310,556.89	49,078.27	23,048.01	7,683.26	<b>390,366.43</b>
Инсталирани топлотни капацитет	MW	43.48	7.36	3.46	1.30	<b>55.60</b>
Број подстанца	#	215		9		<b>224.00</b>
<b>ПОЈЕДИНИ ОБЈЕКТИ</b>						<b>УКУПНО</b>
Број појединачних зграда	#	547		1		<b>548</b>
Површина	m2	47,665.84		95.65		<b>47,761.49</b>
Инсталирани топлотни капацитет	MW	8.58		0.02		<b>8.60</b>
Број подстанца	#	278		1		<b>279.00</b>
<b>ПОСЛОВНИ ОБЈЕКТИ</b>						<b>УКУПНО</b>
Број пословних објеката	#	241	1			<b>242</b>
Површина	m2	53,820.98	46.81			<b>53,867.79</b>
Еквивалентна површина (запремина / 2.6)	m2 e	54,855.99	54.01			<b>54,910.00</b>
Инсталирани топлотни капацитет	MW	8.78	0.01			<b>8.79</b>

Број подстанца	#	16				<b>16.00</b>
<b>ЈАВНИ ОБЈЕКТИ</b>						<b>УКУПНО</b>
Број јавних зграда	#	126	3	1		<b>130.00</b>
Површина	m <sup>2</sup>	142,260.60	1,360.38	1,098.80		<b>144,719.78</b>
Еквивалентна површина (запремина / 2.6)	m <sup>2</sup> e	150,467.90	1,569.67	1,162.20		<b>153,199.77</b>
Инсталирани топлотни капацитет	MW	27.08	0.28	0.26		<b>27.62</b>
Број подстанца	#	55		1		<b>56.00</b>
<b>УКУПНО</b>						<b>TOTAL</b>
Укупан број објеката	#	7.093	995	452	163	<b>8.703</b>
Површина	m <sup>2</sup>	554.304,31	43.262,61	24.924,01	7.715,34	<b>630.206</b>
Еквивалентна површина (запремина / 2.6)	m <sup>2</sup> e	563.546,62	43.479,10	24.987,41	7.715,34	<b>639.728</b>
Инсталирани топлотни капацитет зграда	MW	79,14	7,64	3,74	1,30	<b>91,82</b>
Број подстанца	#	564	2	11	0	<b>577</b>

Извор: Информације добијене ЈКП Градска Топлана децембар 2020

### 3.1.4 Будући развој мреже даљинског грејања

Мреже даљинског грејања се генерално препоручују за снабдевање топлотом у стамбеним зонама са великом потребом за топлотом. Изградња мреже даљинског грејања веома је велика инвестиција, због чега је важно постићи високу стопу прикључења за финансијски одржив рад. Међутим, стопа повезивања у Крушевцу се смањила последњих година. Стога је хитно потребно применити мере које ће осигурати да се ово вредно средство боље користи у будућности.

Као што је раније поменуто, техничка конфигурација система ДГ омогућила би проширење покривености на цело градско подручје Крушевца, пружајући побољшану ефикасност и на страни понуде и на страни потражње.

Град Крушевац може овај развој да промовише циљаним мерама, нпр. путем подстицаја који осигуравају да је прикључак на топлотну енергију финансијски најзанимљивија и најудобнија опција за снабдевање топлотом. Повећање стопе прикључења ствара добитну ситуацију власницима некретнина и Граду.

Постоје и други аргументи у прилог развоју или проширењу мреже ДГ:

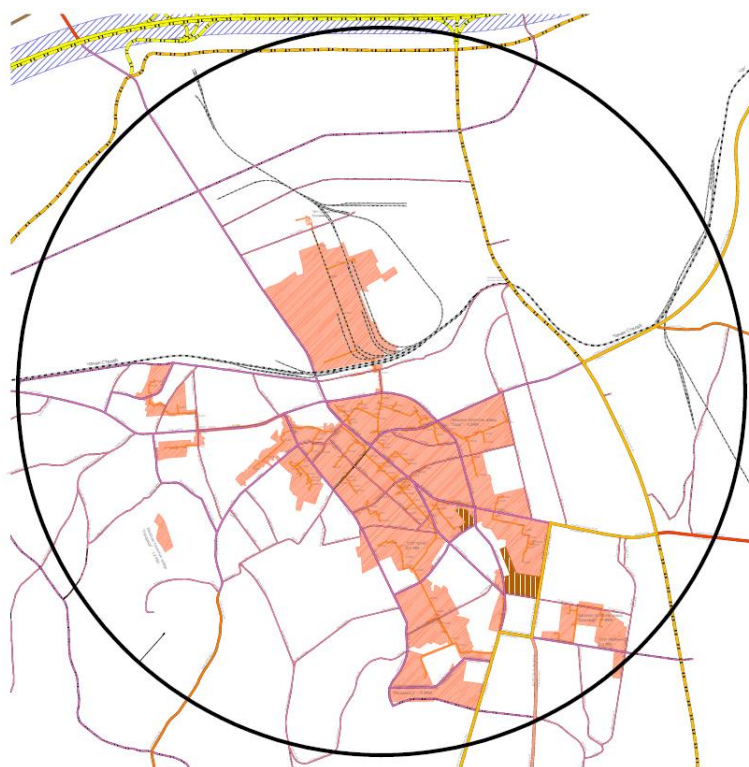
**1. Смањење загађења ваздуха:** Већина домаћинстава која нису прикључена на мрежу даљинског грејања користе угља за грејање. Ови мали појединачни горионици угља су веома штетни по животну средину. Сагоревање угља у топланама производи много мање чађи него сагоревање у малим пећима. Поред тога, производи сагоревања се емитују на много већој надморској висини, што има мањи утицај на загађење града.

**2. Повећање квалитета живота становника града:** Ако специјализовано ЈКП пружа услуге снабдевања топлотном енергијом, тада становници града не морају трошити време на властито гориво, руковање горионцима и друге послове који се односе на грејање. На тај начин могу да се посвете својим професионалним активностима или да квалитетно време проведу на друге начине.

**3. Коришћење обновљивих извора енергије у великом обиму:** Системи даљинског грејања су веома повољни за широку употребу обновљивих извора енергије или употребу отпадне топлоте. Нека техничка решења су економски оправдана само ако се користе у довољно великом топлотном оптерећењу као што су мреже ДГ.

Ако би се подручја за проширење система даљинског грејања посматрала чисто хидраулично, онда би се систем могао проширити на велико подручје града и могао би обухватати сва подручја која су атрактивна за изградњу вишепродичних зграда. Круг на слици 4 означава подручје радијуса од 2,5 км са центром на крају ценовода DN500 које би се теоретски могло напајати тренутним хидрауличким капацитетом.

**Слика 4** Потенцијално подручје снабдевања мрежом даљинског грејања Крушевца



(Извор: Основна карта из ГУП\_КС, 2014)

### **3.2 Мрежа гасовода**

На нивоу града, постоје три нивоа дистрибуције природног гаса:

1. Први ниво дистрибуције природног гаса за притиске до 50 бара:

- а. Магистрални гасовод, капацитета 200.000 Sm<sup>3</sup> / h, у власништву гасне компаније „Србијасгас“,

Програм просторног снабдевања топлотом - ППСТ Крушевац

б. Главна мерно-регулациона станица „Крушевац“ која се користи за редукцију од високог притиска природног гаса од 50 бара до средњег притиска од 12 бара, капацитета 40.000 Sm<sup>3</sup> / h.

2. Други ниво дистрибуције природног гаса за притиске до 12 бара:

а. Прстен градског гасовода капацитета 100.000 Sm<sup>3</sup> / h,

б. Прикључни гасоводи и мерно-регулационе станице за регулацију просечног притиска природног гаса од 12 бара при ниском притиску од 4 бара, Мерно-регулациона станица „Топлана“, капацитета 4.500 Sm<sup>3</sup> / h; Инсталирани капацитет мерних и регулационих станица је 46.400 Sm<sup>3</sup> / h, степен укључености је око 15%.

3. Трећи ниво дистрибуције природног гаса за притиске до 4 бара: Дистрибутивна гасоводна мрежа полиетиленских цеви изграђена је у насељима: Прњавор, Мало Головоде, Мудраковац, Расадник-1, Спортски центар, Багдала-1, Багдала- 2, Багдала-3, Стара чаршија, Равњак, Лазарица, Дедина, Паруновац, Макрешане, Капиџија, Текија, Добромир, Гаглово и Бивоље. Укупна дужина изграђене дистрибутивне мреже гасовода је 150 км; постоји 1.000 активних кућних веза и око 3.000 потенцијалних кућних веза.

Инсталирани капацитет гасне мреже у граду је око 320MWса потенцијалом за дистрибуцију до 800MW.

Град је 2012. године донео Програм за снабдевање природним гасом који предвиђа четири фазе. Примена прве фазе још увек траје.

### 3.3 Појединачни системи грејања у градском подручју града Крушевца

Табела 7 даје преглед система грејања који се користе у појединачним домаћинствима која нису повезана на мрежу ДГ. Већина њих су породичне куће. Три четвртине ових домаћинстава користи дрво или угаљ као извор енергије. Иако у већем делу града постоји гасна мрежа, само 1000 домаћинстава користи је за грејање. Релативно висок проценат од 16% користи грејање на електричну енергију, што је велика штета због чињенице да би иста количина електричне енергије могла да генерише три пута више топлотне енергије ако се користи за напајање топлотних пумпи.

Табела 7 Системи грејања у градским домаћинствима која нису повезана на ДХ мрежу

Појединачни корисници		Чврсто гориво - (дрво и угаљ)	Природни гас	Електрична енергија	Лож уље	УКУПНО
Број домаћинстава	#	11.000	1.000	2.380	200	<b>14.580</b>
Просечан животни простор домаћинства	m <sup>2</sup>	85,75	85,75	68,35	68,35	
Процењена специфична просечна потрошња енергије	kWh/m <sup>2</sup> y.	165	150	135	135	
Енергија за грејање простора годишње	MWh/y.	155.636	12.863	21.961	1.845	<b>192.305</b>
Еквивалентна количина природног гаса	m <sup>3</sup> /y	18.267.785	1.509.734	2.577.653	216.609	<b>22.571.781</b>

Међутим, сагоревање дрва и угља је посебно проблематично, јер појединачне пећи обично немају филтере за одвајање честица прашине од димних гасова. Стога су појединачне пећи на чврсто гориво највећи загађивачи ваздуха.

Сагоревањем угља и дрвета у традиционалним пећима настају велике количине чврстих честица (PM2,5 и PM10) које су изузетно штетне. Честичне материје су мешавине честица и капљица у ваздуху, које се састоје од чађи, дима, прашине, метала (олово, арсен, никл, кадмијум, цезијум) и киселина.

Иако су индустрија и саобраћај често криви за данашње загађење ваздуха у градовима, главни кривци у Србији су уствари традиционалне појединачне пећи и грејачи на угаљ и дрва. Могућности за увођење подстицаја за прелазак на прикључак на природни гас или даљинско грејање детаљно су разрађене у поглављу 5.3.2.

## 4 ПРОЦЕНА ПОТЕНЦИЈАЛА ДОСТУПНИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА КРУШЕВЦА

### 4.1 Предности и недостаци различитих извора енергије

Средњорочно гледано, неће бити могуће да Србија у потпуности фосилну енергију замени топлотном енергијом. Циљ би требало да буде континуирано повећање удела обновљиве енергије у енергетском миксу. У овом поглављу упоређујемо предности и недостатке различитих фосилних и обновљивих извора енергије за производњу топлоте.

#### 4.1.1 Фосилни извори топлоте

УГАЉ	
Добре карактеристике	Лоше особине
Ниска цена топлотне енергије	Емисије ГХГ - Висок интензитет CO <sub>2</sub>
	Комплексни превоз: камиони или железница
	Велики простор за одлагање
	Котлови са великим сагоревањем
	Низак степен ефикасности котла
	Мале могућности управљања сагоревањем
	Велико загађење супстанцама честица, угљен-диоксидом и сумпорним једињењима
	Брзо пропадање котлова и друге опреме
	Проблеми са одлагањем шљаке
	Порез на загађење

ТЛУ (тешко лож-уље) - МАЗУТ	
Добре карактеристике	Лоше особине
	Емисије ГХГ - висок интензитет CO <sub>2</sub>
	Значајан простор за складиштење залиха

	Низак степен ефикасности котла
	Велико загађење честицама, угљен-диоксидом и сумпорним једињењима
	Брзо пропадање котлова и друге опреме
	Престанак производње мазута у Србији

ПРИРОДНИ ГАС	
Добре карактеристике	Лоше особине
Идеално гориво за сагоревање	Емисије ГХГ
Високи степен ефикасности котла - могућност кондензације димних гасова	Ограничене резерве на глобалном нивоу
Испорука цеви не захтева складиштење на нивоу топлане	Веома мали део потрошње покрива природни гас домаћег порекла
	Испоруке цеви из Русије, Турске ... много тога се може догодити успут и могу се десити кризе снабдевања
	Тешко је и скупо чувати
	Цена је повезана са ценом нафте и (уз одређене осцилације) већ дуго расте
	Трошкови превоза, капацитет итд.

#### 4.1.2 Обновљиви извори топлоте

БИОМАСА	
Добре карактеристике	Лоше особине
Остатак биомасе може се користити као гориво	Потребно је уложити значајна средства у прикупљање и транспорт до места употребе
Енергетске културе могу се садити на земљиштима лошег квалитета	Сезонско складиштење треба организовати уз строге мере заштите од пожара
Сакупљање остатака биомасе доводи до отварања нових радних места у ланцу снабдевања	Доступне ограничене количине уз потребан сложен транспорт и складиштење; употреба је ограничена на постројења мањег капацитета

ГЕО-ТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА ВИСОКЕ ТЕМПЕРАТУРЕ	
Енергија која се може директно користити у процесу ГРЕЈАЊА објекта	
Добре карактеристике	Лоше особине

Практично неограничено	Веома ретко се налази на површини
Може се директно користити у системима грејања	За стабилну експлоатацију потребно је бушити на дубинама већим од 600м
	Хемијски састав воде на овим дубинама обично је веома штетан по животну средину, па се вода мора враћати кроз неколико апсорпционих бунара, што значајно повећава трошкове
	Значајан инвестициони ризик ако већ нема активних или истраживачких бунара

<b>ГЕО-ТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА НИЗКЕ ТЕМПЕРАТУРЕ</b>	
<b>ЕНЕРГИЈА КОЈА СЕ НЕ МОЖЕ ДИРЕКТНО КОРИСТИТИ ПРОЦЕСУ ГРЕЈАЊА ЗГРАДА</b>	
<b>Добре карактеристике</b>	<b>Лоше особине</b>
Енергија постоји на релативно малим дубинама	Брзина доласка енергије у подземне слојеве и брзина уклањања енергије морају бити усклађени - ограничен број радних сати
	Потребно је користити „подизаче температуре“ - топлотне пумпе
	Конвенционалне топлотне пумпе троше значајне количине електричне енергије

<b>СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА</b>	
<b>Добре карактеристике</b>	<b>Лоше особине</b>
Има је свуда у Србији – домаћи енергент	Неопходна изградња складишта
Практично нулти утицај на загађење животне средине	Потребна је употреба апсорпционих топлотних пумпи
Количине су неограничене са врло малим променама на годишњем нивоу	Постројење мора бити довољно велико
Цена је стабилна током целог живота постројења	Неуједначена производња
То може бити идеално решење за припрему топле воде и хлађење	Висока почетна инвестиција
Постројење је дуготрајно (30 година) са изузетно ниским трошковима одржавања	
Цена енергије је конкурентна природном гасу	

Анализа фосилних извора топлоте показује да ће само природни гас у будућности бити прихватљив фосилни извор енергије у мешавини енергије за грејање простора.

Употреба обновљиве енергије може се размотрити и за појединачне системе грејања и за системе даљинског грејања. Предност система ДГ је у томе што користе и потенцијале обновљивих извора енергије који не долазе у обзир за појединачне примене због трошкова. Ово се посебно односи на велика соларна постројења и коришћење геотермалне енергије из великих дубина, као и употребу

отпадне топлоте из канализационих система и индустријских постројења. Стога би Србија требало да покуша да избегне грешке које су раније направиле неке друге источноевропске земље које су напустиле своје системе ДГ и циљано промовишу постојеће и нове системе ДГ, истовремено повећавајући удео обновљиве енергије у свом енергетском миксу. Системи даљинског грејања могу да користе соларну, геотермалну и енергију биомасе да би обезбедили базни капацитет и природни гас у комбинацији са апсорпционим топлотним пумпама како би задовољили врхове потребе за топлотом. На овај начин, велики део ОИЕ може бити укључен у енергетски микс система даљинског грејања.

## **4.2 БИОМАСА**

### **4.2.1 Дрвенаста биомаса**

Током састанка Радне групе у мају 2019. године, Одељење за шумарство је известило да на територији града Крушевца има око 27.000 хектара шуме. Отприлике половина је у државном власништву и њиме управља државно јавно предузеће Србијашуме. У њиховом шумском округу годишње се убере око 31.000 м<sup>3</sup> дрвета. Целокупна количина се тренутно користи за грејање простора, углавном у породичним кућама и становима, па тренутно није доступна биомаса за топлане. У случају смањења употребе биомасе од стране појединачних домаћинстава, због повећања ефикасности или преласка на друге изворе горива, биомаса би се могла користити за снабдевање новим постројењима на биомасу.

### **4.2.2 Пољопривредна биомаса**

Студија за процену потенцијала биомасе из пољопривредне производње за производњу енергије у граду Крушевцу донела је следеће закључке:

а) Најзначајнији потенцијал на територији града Крушевца за производњу енергије су остаци из пољопривредне производње, иако се више од половине расположивих количина већ користи као подлога у сточарству. Процењена количина која би се могла користити за употребу енергије је око 27.000 т / годишње. Међутим, треба напоменути да више од 70% остатака потиче од кукуруза убраног у јесен, често током кишних периода и који садржи висок садржај влаге у време бербе и сакупљања. Осигурање садржаја влаге испод 25% за сигурно складиштење представља изазов и представља додатне трошкове. Стога је употреба ових остатака за снабдевање енергијом врло ограничена. Имајући ово на уму, као и друге карактеристике остатака, биле би потребне додатне студије како би се потврдила доступност биомасе и могућност да се осигура континуирано снабдевање енергијом.

б) Следећи најзначајнији потенцијал за производњу енергије у граду Крушевцу су остаци резивања воћњака и винограда. Без искориштавања пуног потенцијала, око 21.000 м<sup>2</sup> загрејане површине јавних зграда могло би се опскрбити топлотом.

ц) Расположиво стајско ђубриво могло би се користити за производњу биогаза у постројењима за биогаз. Процењује се да се око 30% од укупног броја говеда налази на фармама где би се стајњак могао сакупљати и користити за производњу биогаза. Од преосталих количина, више од половине стајњака доступно је живинско стајиво које је неповољан супстрат за производњу биогаза.

д) Потенцијал биоразградивог отпада не постоји јер се не врши примарно одвајање. Убудуће, ако би се користио као супстрат за производњу биогаза, на пример, било би неопходно обезбедити примарно одвајање и већи обухват сакупљања отпада у општини Крушевац. Потенцијал

биоразградивог отпада из мензи / ресторана и већих трговачких ланаца, укупно 11.000 т / годишње који се тренутно одлаже на депоније, могао би се користити за производњу биогаза у постројењима за биогаз и повећао би могућу инсталирану електричну енергију биоплина из постројења у општина за 1 MWe.

Све у свему, потенцијал за мале пројекте постоји, међутим, потребне су додатне студије како би се процениле расположиве количине и осигурало континуирано снабдевање (укључујући прикупљање и складиштење).

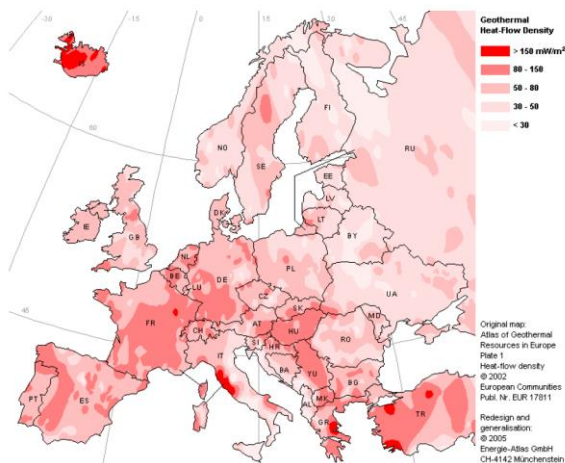
Још један општи проблем употребе пољопривредне биомасе је недостатак локалног тржишта. Да би промовисао употребу биомасе за производњу енергије, град би требало да се укључи у подршку стварању локалног тржишта, нпр. кроз обезбеђивање површина за складиштење или трговину биомасом.

### 4.3 Геотермална енергија

Територија Србије има повољне геотермалне карактеристике као што је приказано на слици 5. Постоји 130 геотермалних бунара, од којих је 83 у Панонском басену, а 47 у другим областима. Укупни топлотни капацитет свих геотермалних бунара у Србији је око 200 MWth, где је 82,5 MWth Панонском басену. Међутим, овај потенцијал је до сада веома мало развијен.

Крушевац се налази на најјужнијем ободу Панонске низије и вероватно је за очекивати да су слојеви испод Крушевца повећане геотермалне вредности. У питању су слојеви тла испод 500м дубине.

Слика 5 Мапа густине топлотног тока за Европу



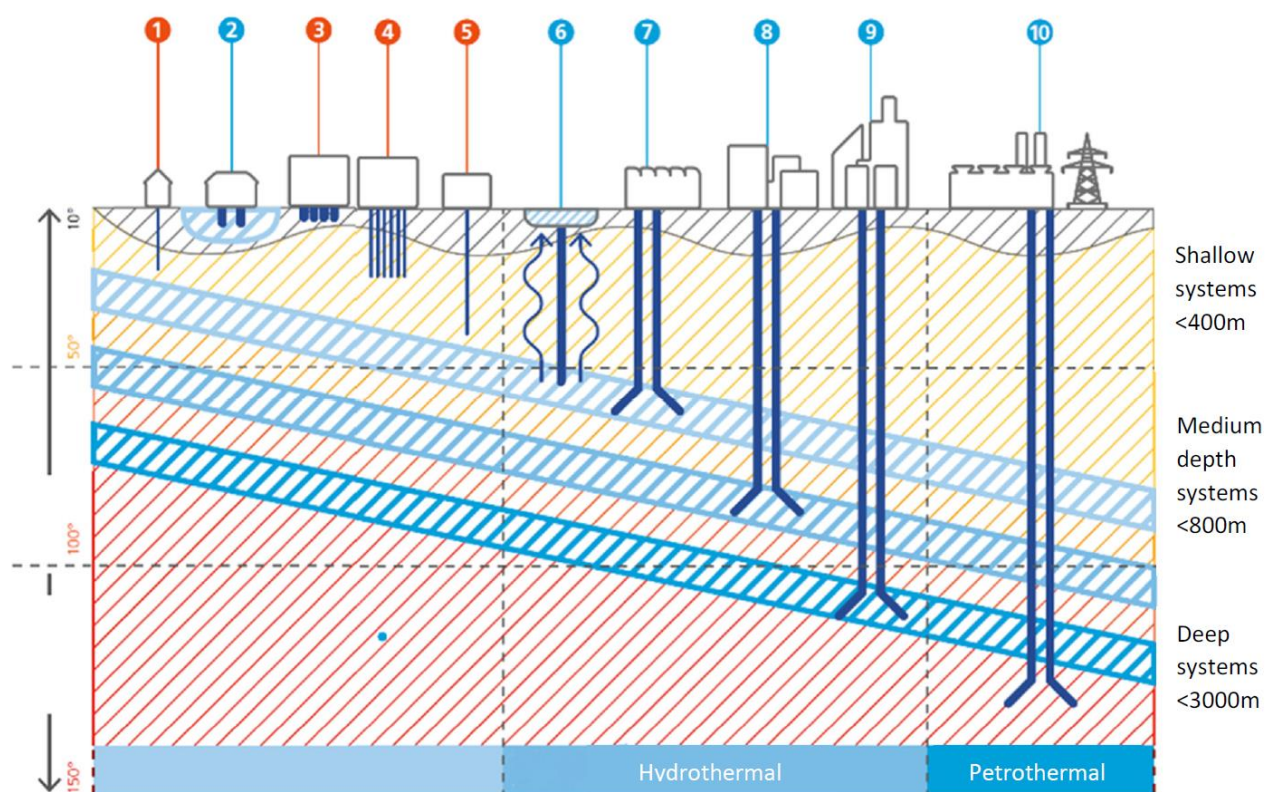
Поред овога, постоји преко 50 локација на којима се термална вода користи за балнеологију, спорт и рекреацију, укључујући и територију Крушевца где се вода из врелих извора користи на подручју Рибарске бање у бањске сврхе.

У зависности од дубине, геотермална енергија се може користити у различите сврхе као што је грејање зграда, у индустријске сврхе или за производњу електричне и топлотне енергије (слика 6).

Употреба геотермалне енергије најмање је позната од свих процеса и технологија за употребу обновљивих извора топлоте. Једно од образложења могло би се наћи у чињеници да су потребна детаљна истраживања и пробне бушотине пре доношења одлуке о улагању. Поред тога, формирање истражних бунара изузетно је скуп поступак, посебно за хидротермалне и петро-термичке системе.

Међутим, употреба геотермалне енергије из плитких система помоћу топлотних пумпи је јефтинија и сигурнија. Плитки геотермални системи су посебно погодни за загревање зграда на ниским температурама. Ови системи не зависе искључиво од протока топлоте кроз земљину кору, јер се земљиште у првих 20 до 30 метара испод површине загрева сунчевом енергијом. С обзиром да постоји значајан потенцијал за његову примену у Србији и који се једва искоришћава, најчешћи системи биће представљени у следећем поглављу.

**Слика 6 Класификација система геотермалне енергије**



1-Borehole heat exchanger (BHE), 2. Heat from groundwater, 3. Energy piles, 4. BHE fields, 5. Deep BHE, 6. Hot springs, 7. Heat for industry demands, 8. Heat for heating purposes, 9. Deep hydrothermal systems, 10. Heat and electricity

*Извор: Geothermie in der Schweiz, Eine vielseitig nutzbare Energiequelle, Energieschweiz, 2017*

#### **4.3.1 Геотермална енергија мале дубине**

Прва технологија је пренос топлоте из плитких слојева (до 150 м) тла помоћу измењивача топлоте који је закопан или избушен у земљу. Слика 7 приказује основне конфигурације такозваних топлотних пумпи са сланом водом. Топлотна пумпа са сланом водом не црпи топлоту из бунара, већ из земље преко затвореног круга слане воде. Круг сланог раствора садржи мешавину гликол-воде како би се

спречило његово смрзавање у испаривачу топлотне пумпе и има концентрацију од око 30 до 35 процената.

Топлотне пумпе са сланом водом подељене су на оне са а) бушотинским измењивачима топлоте и б) земаљским измењивачима топлоте. Оба се обично производе од посебно издржљивих ПЕ цеви, што их чини дугорочном инвестицијом.

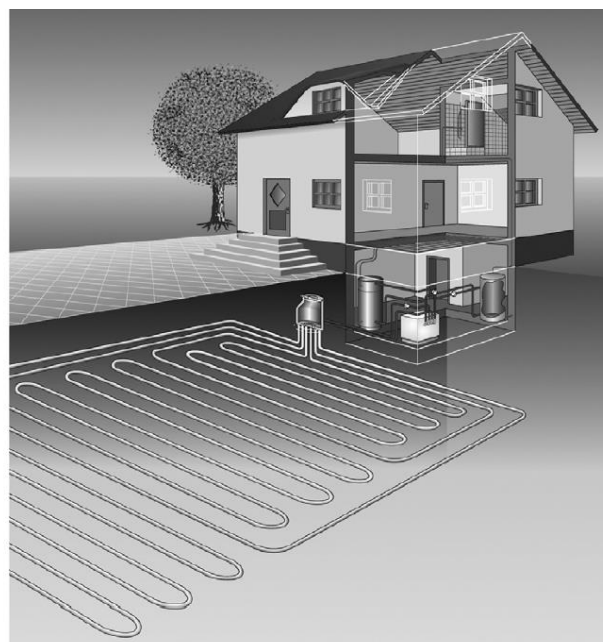
Бушотински измењивачи топлоте убацују се вертикално у земљу. Када топлотна пумпа ради, бушотински измењивачи топлоте извлаче топлоту из околног тла што доводи до хлађења у непосредној области тла. На почетку грејне сезоне температура у бушотини креће се у распону од 4 до 12 ° Ц, али уклањањем енергије температура тла полако опада. Како се температура смањује, енергетски ток се заправо повећава. Добро постављен систем је онај у коме се снабдевање енергијом координира са пражњењем енергије, тако да траје довољан број сати до краја грејне сезоне.)

Јефтинија алтернатива, посебно за оне који инсталирају сопствене системе топлотних пумпи, су измењивачи топлоте у земљи. Измењивачи топлоте у земљи постављени су водоравно, испод земље (око 1,5 до 2м). Баш као и код бушотинских измењивача топлоте, и они мењују топлоту из околног тла. Међутим, како се топлота уклања врло близу површине тла, измењивачи топлоте у земљи подлежу значајним променама температуре.

**Figure 7 Системи топлотних пумпи са сланом водом**



а) бушотински измењивачи топлоте



б) са земаљним измењивачима топлоте

*Извор: Bonin (2012)*

У обе конфигурације сланица се доводи у измењивач топлоте у топлотној пумпи. Поступком који се у топлотној пумпи реализује употребом електричне или топлотне енергије као генератора, топлотна енергија се претвара из ниске температуре у средњу, односно употребљива у системима грејања. Најефикаснији су нискотемпературни системи у опсегу од 30 до 35 °С који имају типични COP од 3,0 до 3,5.

Количина енергије која се може добити у плитким слојевима тла зависи од дубине на којој се уграђује измењивач-сонда, састава тла, протока подземне воде, начина уградње сонде и многих других фактора. Стога су искуства из стварних биљака у предметном подручју неопходна за прецизније дефинисање енергије која се може добити на овај начин. Типични специфични топлотни капацитет

који се може постићи у плитким слојевима тла креће се од 20 до 100 W/m. То значи да количина топлотне енергије зависи од топлотног капацитета тла, дубине до које је постављена сонда и броја сати рада постројења. Пракса је показала да су уобичајени начини постављања сонди на дубине од 100 до 125 м на радијалним удаљеностима од 7 до 10 м и да је број радних сати постројења од 1.800 до 2.400 сати у свакој грејној сезони. Како се број сати повећава, топлотни капацитет тла се значајно смањује. Када постројење престане са радом током лета, долази до природне регенерације топлотног капацитета и процес одвођења топлоте може се поновити у следећој грејној сезони. За боље перформансе тла могуће је извршити вештачку регенерацију коришћењем система за хлађење зграда током лета, а енергија одузета хлађењем користи се уместо да се испушта у ваздух за регенерацију тла.

### **Топлотне пумпе вода-вода**

Топлотна пумпа вода-вода црпи топлоту из воде, обично бунарске воде из бушотине и око 20% је ефикаснија од топлотних пумпи са измењивачима. Нажалост, топлотне пумпе вода-вода у Србији обично се изводе црпљењем воде из подземних водоносних слојева на дубинама од 20 до 100 м и испуштањем воде у канализацију уместо у испусне бунаре назад у водоносни слој. Ова неправилна пракса значи огроман губитак воде за пиће што може довести до пада слојева подземне воде. Стога би такву праксу требало спречити и санкционисати што је више могуће.

### **4.3.2 Развој геотермалне енергије за даљинско грејање**

Употреба геотермалних ресурса у процесу система даљинског грејања у Крушевцу зависи од неколико фактора. Прво, неопходно је размотрити врсту и могућност експлоатације геотермалних ресурса. Треба утврдити квалитативне и квантитативне карактеристике геотермалног ресурса, укључујући капацитет и температуру.

Даље, неопходно је размотрити техничке могућности коришћења геотермалних ресурса у оквиру постојеће топлане, тј. Комбиновану употребу геотермалних ресурса и природног гаса за производњу топлотне енергије (базно оптерећење и вршно оптерећење). На страни ресурса потребно је:

- окарактерисати геотермалне резервоаре,
- одредити перспективно подручје за дубоку изградњу бунара,
- одредити пројектну дубину геотермалне бушотине,
- утврдити начин бушења дубоке геотермалне бушотине,
- дизајнирање начина за надгледање и анализу резултата дубоког бушења,
- утврдити расположиву количину енергије из геотермалног бунара.

Да би се истражили ови параметри, требало би одредити специјализовану студију.

Да бисмо грубо проценили потенцијал, можемо да користимо податке о бушотинама које се налазе у Геотермалном атласу АП Војводине. Са температуром бунарске воде од 40 °С и протоком од 10 l/s количина топлотне енергије која се може добити хлађењем на 15 °С током грејне сезоне од октобра до маја износи око 4.500 MWh годишње.

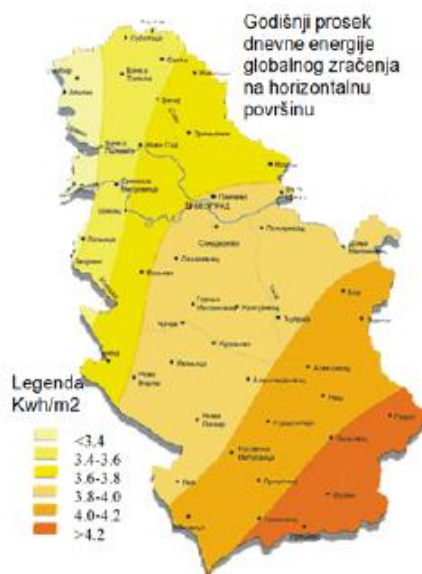
### **4.4 СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА**

Соларна енергија је ресурс који је, у зависности од климе, мање или више доступан свим људима. Снага сунца која досеже површину земље износи око  $1.8 \times 10^{11}$  MW, што далеко премашује све

енергетске потребе. Ова енергија се може користити и за производњу електричне и топлотне енергије.

Као мера осунчаности неког подручја на земљи користи се величина просечне дневне и годишње енергије Сунчевог глобалног зрачења на хоризонталној равни. Као што је приказано на слици 8, Србија има добре нивое изолације, посебно на југу земље, укључујући и град Крушевац са 1520 kWh / м<sup>2</sup> годишње. Док је у поређењу са Данском, где је развијено највише соларних система, што ће бити приказано у даљем тексту, осунчаност у Србији већа за 30%.

**Слика 8 Соларно зрачење на хоризонталној површини је годишњи просек на дневном нивоу**



#### 4.4.1 Сунчева топлотна енергија

Србија је изузетно повољно подручје за примену технологије великих соларних термалних система из више разлога: инсолација је велика, клима је континентална са хладним зимама, великом потражњом за грејањем и великим бројем система даљинског грејања дизајнираних за рад у режиму воде са средње температуре (у поређењу са неким другим деловима Европе са системима ДГ дизајнираним за рад на високим температурама).

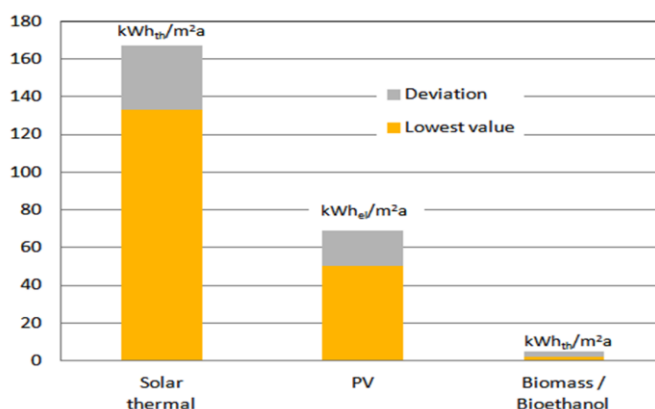
Претварање соларне енергије у термичку врше соларни термални колектори. Ефикасност термалних соларних колектора значајно се повећала у последњих деценијама на преко 60%. Слика 9 показује да соларна топлотна инсталација може генерисати највећи енергетски принос по м<sup>2</sup> површине земљишта у поређењу са осталим обновљивим изворима енергије.

**Слика 9 Принос сунчеве енергије по м<sup>2</sup> земљишне површине**

Извор: solarthermalworld.org

<https://www.solarthermalworld.org/news/solar-thermal-shows-highest-energy-yield-square-metre>

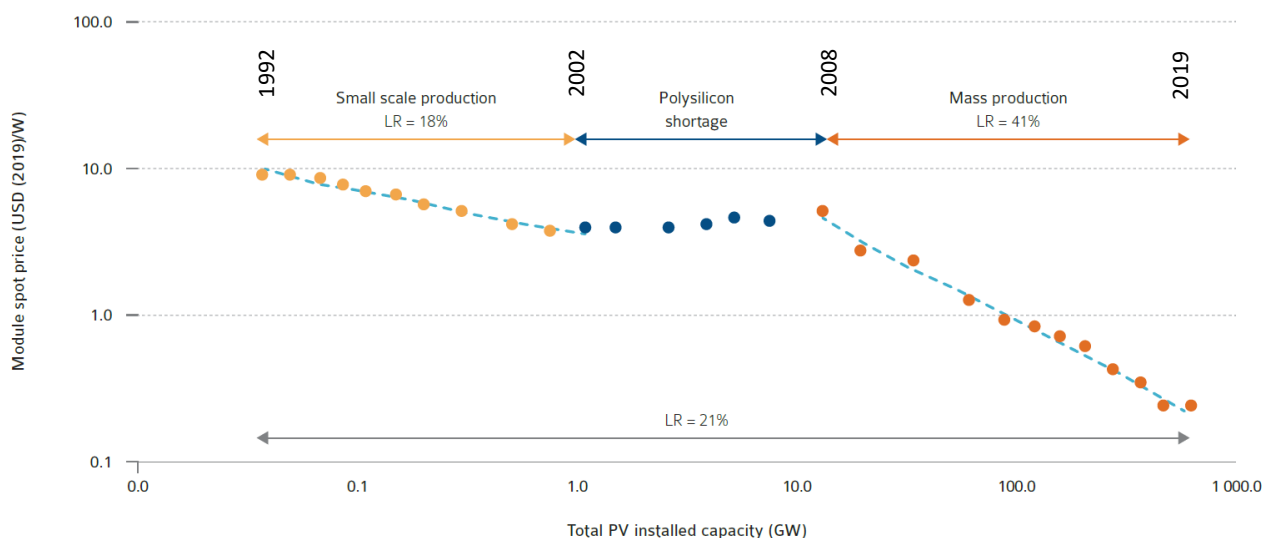
Fraunhofer ISE, PlanEnergi and Chalmers University



#### 4.4.2 Соларни фотонапонски системи

Цене соларних фотонапонских система (ФН) нагло су пале током последњих 20 година, посебно од 2008. године. То се односи на цене ПВ панела као и на укупне цене система. На слици 10. приказан је развој цена ФН модула у периоду од 1992. до 2019. године на логаритамској скали. Почетак масовног пада цена започео је 2008. године, када је Кина ушла у производњу ФН панела и на тај начин најавила фазу масовне производње. Светски инсталирани капацитет повећао се за фактор 60 између 2008. и 2019. Значајне економије обима довеле су до импресивних 41% стопе учења (НУ) у овом периоду.<sup>5</sup> На крају 2019. године, глобални инсталирани ФН капацитет представљао је 623 GW кумулативних ФН постројења (IEA-PVPS, 2020: 10). Тренутно се цене ФН модула крећу у распону од 0,2 до 0,5 USD/W за пројекте комуналних размера.

Слика 10 Кривуља учења спотовних цена ФН модула (1992-2020)



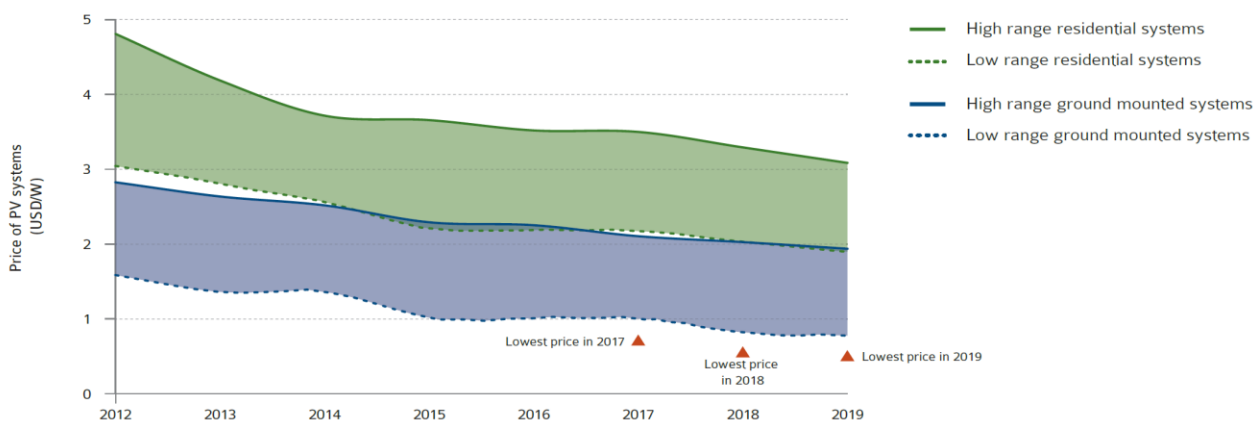
Извор: IEA-PVPS, 2020:57

Велика већина фотонапонских инсталација су мрежно повезани системи или надземни или стамбени кровни системи без батерија. Слика 11 приказује развој цена у земљама ОЕCD-а за такве системе од 2012. до 2019. Трошкови за стамбене системе тренутно се крећу у распону од 2-3 USD/W<sub>p</sub>, док су

<sup>5</sup> Стопа учења (СУ) изражава константно побољшање процента (у смислу смањења трошкова) у технологији за свако удвостручавање кумулативног инсталираног капацитета технологије.

комунални системи између 0,7-1,8 USD/W<sub>p</sub>. Најниже цене ПВ комуналне скале биле су у распону од 0,5 USD/W<sub>p</sub> у 2019.

**Слика 11 Еволуција стамбених и приземних система - распон цена 2012 - 2019**



Извор: IEA-PVPS, 2020:61

#### Прогноза цена за соларну ФН технологију

Претпостављамо да ће цене фотонапонских система наставити да падају током наредних 15 година. Може се очекивати да ће у будућности нови технолошки ФН модули бити доступни у распону од 0,15 USD/W<sub>p</sub>. Снижења цена очекују се и за остале компоненте система.

Према Међународној агенцији за обновљиве изворе енергије (IRENA, 2019: 28), процењује се да је глобални пондерисани просечни LCOE<sup>6</sup> ФН постројења за комуналне намене опао за 77% између 2010. и 2018. године, са око 0,37 USD/kWh на 0,085 USD/kWh, док резултати подстицајних шема засновани на аукцијама и тендерима сугеришу да ће они пасти између 0,08 USD/kWh и 0,02 USD/kWh 2030. године. До 2050. године очекује се да ће соларни ФН бити међу најјефтинијим расположивим изворима енергије, са трошковима опсег 0,014–0,05 USD/kWh.

#### Оквир 1 Најновија достигнућа соларне ФН технологије

Данас главна соларна технологија - силицијум, достиже своју практичну и економску границу фотонапонске ефикасности. Ефикасност ћелија монокристалних силицијумских ћелија са једним спојем се изједначава у распону од 25% (Википедиа). Последњих година истраживања су се зато концентрисала на нове материјале помоћу којих се могу постићи виши нивои ефикасности. Утврђено је да минерална група перовскита веома обећава. Соларне ћелије Перовските имају предност у односу на традиционалне силицијумске ћелије у једноставности њихове обраде и толеранцији на унутрашње недостатке. Њихов висок коефицијент апсорпције омогућава ултратанким филмовима од око 500 nm да апсорбују комплетан видљиви соларни спектар. То омогућава производњу јефтених, високо ефикасних, танких, лаганих и флексибилних соларних модула са врло малим уносом енергије. У комерцијалним применама перовскит се тренутно користи за производњу тандемских ћелија, при чему се танак слој перовскита таложи на традиционалним Си ћелијама. Произвођачка компанија Окфорд ФН известила је да ће започети производњу тандемских ћелија са једним спојем које имају сертификовану ефикасност од 28%, 2021. Теоријска граница ће бити 43% (oxford.com).

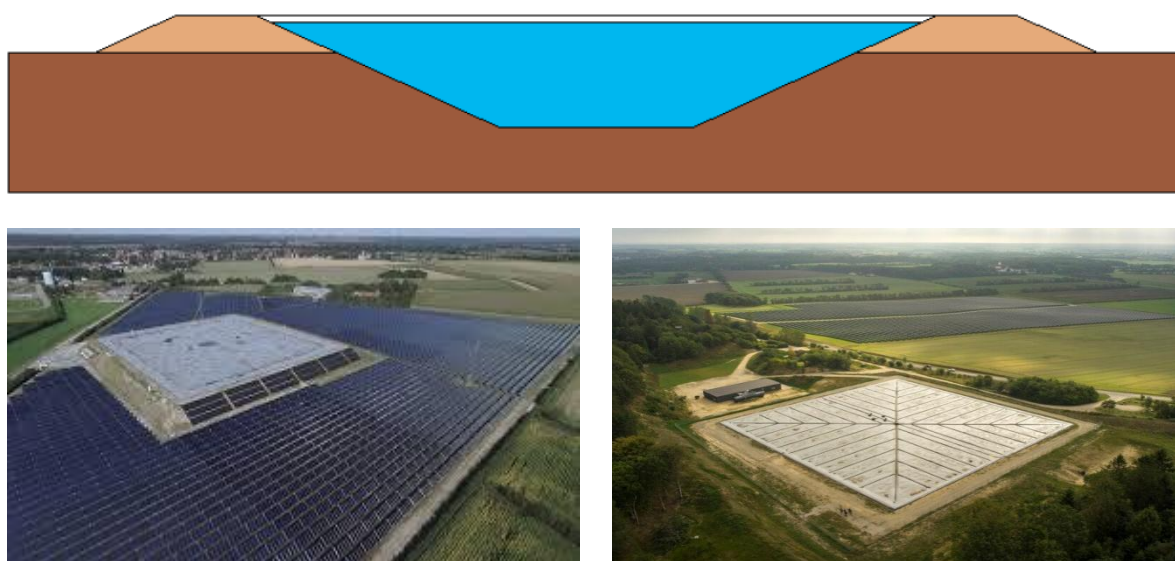
<sup>6</sup> Изравнани трошак енергије (LCOE) или поравњени трошак електричне енергије мера је просечних нето садашњих трошкова производње електричне енергије за производно постројење током његовог животног века (Википедиа).

## 4.5 Складиштење топлотне енергије

Годинама постоје покушаји да се уштеди топлотна енергије која лети има неограничено, да се зими користи. Покушавано је да се енергија складишти у складиштима - базенима, напуњених водом или складиштењем енергије под земљом. Ови пројекти су имали проблем високе цене енергије због трошкова базенског складишта. Почетком 2000-их такви пројекти почели су да се развијају у Данској, где су се складишта изузетно повећала на десетине или стотине хиљада кубних метара воде.

Да би значајно смањили цену ових складишта - базена, базени су изграђени искључиво од тла на месту складишта. Након стабилизације тла, складиште- базен је прекривено висококвалитетним хидроизолационим материјалом отпорним на температуре преко 90 °С. Складиште- базен је напуњено водом и прекривено висококвалитетном топлотном изолацијом спољашњег ваздуха. Иако на земљи нема топлотне изолације, прорачуни губитака и пракса показују да губици и прикупљена енергија износе 8-12%. Цена ускладиштене енергије из складишта- базена у еврима по кубном метру опада са запремином, а складишта мања од 75.000 м<sup>3</sup> финансијски нису одржива. Технологија захтева врло велику потрошњу, као у системима даљинског грејања.

Слика 12 Складиштење топлотне енергије "СКЛАДИШТЕ -БАЗЕН"



### 4.5.1 Технологија

#### Direct energy transfer "FREE HEATING"

Директан пренос енергије "БЕСПЛАТНО ГРЕЈАЊЕ"

Након прикупљања енергије током лета, температура у складишту - базену је око 90 степени Целзијуса. Једном када започне директна испорука топлоте потрошачима без додатне енергије, температура у складишту пада све до тренутка када постане 5-10 степени Целзијуса виша од температуре повратне воде из система грејања. У том тренутку се размена енергије зауставља и допринос складишта у топлотној енергији постаје занемарљив. У зависности од величине соларног

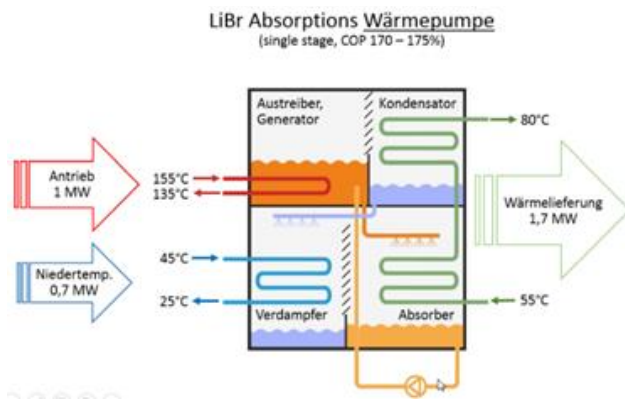
постројења и величине система грејања, овај режим траје током месеца октобра до средине новембра. Да би се обезбедила оптимална температура повратне воде, аутоматизација подстаница са смањењем протока и снижавањем температуре повратне воде, пресудна је за правилно коришћење складишта.

### Апсорпционе топлотне пумпе

Апсорпционе машине за хлађење, односно топлотне пумпе, уређаји су чија је примена почела да се значајно развија у последњих двадесет година. Ове машине користе смешу течне литијум-бромидне соли и воде. Основни елементи апсорпционе топлотне пумпе су испаривач, апсорбер, генератор и кондензатор. Карактеристика ових топлотних пумпи је да, за разлику од компресорских или вијчаних топлотних пумпи које користе електричну енергију, ове пумпе користе топлотну енергију за производњу.

То значи да је топлотна енергија која се нормално производи и троши у системима даљинског грејања обогаћена за 35 до 70% додатне енергије из извора топлоте са ниском температуром. Овај извор топлоте може бити складиште соларних постројења, отпадна топлота индустријског постројења, топлота отпадних вода у канализационим системима или нискотемпературна геотермална енергија. Резултат рада апсорпционе топлотне пумпе је топлотна енергија на температурама од 75 до 85 степени Целзијуса, температурама погодним за наше системе даљинског грејања. Неповољна карактеристика апсорпционих топлотних пумпи је да су њихове цене високе за мале снаге, док су за велике снаге, на пример преко 1MW, њихове цене мање од вијчаних пумпи. Потрошња електричне енергије апсорпционих топлотних пумпи је минимална у односу на топлотни капацитет пумпе.

**Слика13** Принцип рада апсорпционих топлотних пумпи



Принцип рада апсорпционе топлотне пумпе



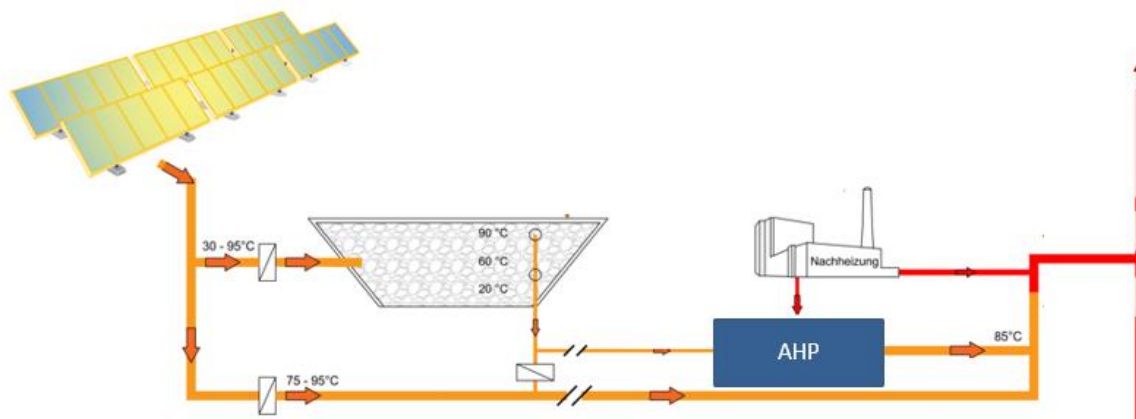
Изглед апсорпционе топлотне пумпе

Период директног снабдевања системом даљинског грејања из базенског складишта прати период хлађења базенског складишта помоћу апсорпционе топлотне пумпе док се базенско складиште не охлади на око 15-20 степени Целзијуса. Након преласка на рад путем апсорпционе топлотне пумпе, топлотна енергија добијена од сунца такође је употребљива током зимских сунчаних дана.

### Кондензација димних гасова

Додатна предност употребе апсорпционе топлотне пумпе је кондензација димних гасова. Ако се изврши кондензација водене паре у димним гасовима, може се добити додатна енергија до 15%. Вредност додатне енергије која се може добити из горива зависи од многих фактора, али најбоље резултате даје сагоревање природног гаса. Кондензација водене паре из димних гасова тешког мазута или угља захтева измењиваче топлоте (економајзер) висококвалитетног материјала отпорног на сумпорну киселину. Количина додатне енергије која се може добити зависи пре свега од температуре воде која улази у додатни измењивач топлоте (економајзер) на каналу димних гасова. Пошто су уобичајене температуре повратне воде у системима даљинског грејања између 45 и 50 степени Целзијуса, мали део водене паре се кондензује. У случају да се из апсорпционе топлотне пумпе у измењивач доведе вода са температуром од 25 С, сва водена пара ће се кондензовати и добиће се значајна количина енергије.

Слика 14 Шема функционисања соларног постројења заједно са топланом



Извор: SOLID Graz

Систем даљинског грејања у Крушевцу има све предуслове за додавање топлотне соларне енергије у енергетски микс, што је практично 100% зелена енергија без постизања штетних ефеката на климу или животну средину. Централни извор топлоте производи 90% укупне енергије система даљинског грејања. Овај проценат би се лако могао повећати на 100% повезивањем децентрализованих локалних извора топлоте са централним извором. Локација централне топлане је веома повољна за примену великог соларног постројења због расположивог земљишта у близини. Изградња великог соларног постројења може се извести у распону до 1,5 км, као што је приказано на слици 15. Складиште јама требало би да буде близу топлане, али соларни колектори могу бити чак и на више локација.

**Слика 15**    **Погодно место за складиштење топлотне енергије у Крушевцу**



#### **4.5.2    Теоријске могућности будуће великог соларног постројења**

Да би се прецизно дефинисала оптимална величина постројења, потребно је направити детаљне софтверске симулације рада великог соларног постројења и проучити оптимално уклапање у систем даљинског грејања. Међутим, на основу искуства са великим соларним системима у иностранству, могуће је проценити опсег величина система који би одговарао Крушевачкој мрежи ДГ.

У претходном тексту је већ наглашено да би најмања запремина требала бити око 75.000м<sup>3</sup>. Такво складиште јама, заједно са одговарајућим пољем соларних панела од око 18.500м<sup>2</sup>, могло би, у комбинацији са кондензацијом димних гасова, да доведе у систем око 14.300MWh/a топлотне енергије. Ово представља удео обновљиве енергије од око 13% у даљинском систему града Крушевца.

За изградњу таквог постројења било би потребно обезбедити око 5 хектара земље. Амбициознији сценарио био би погон изграђен на површини од око 15 хектара. Такво постројење би имало складиште јама од око 240.000м<sup>3</sup> и колекторско поље од око 60.000м<sup>2</sup> које би могло да доведе око 38.500 MWh/годишње топлоте у систем. У овом случају удео обновљиве енергије био би око 35%.

**Слика 16**    **Примери соларних термалних складишта у Европи**

<p style="text-align: center;"><b>БРЕДСТРУП ДАНСКА</b></p> 	<p>Комбиновани енергетски систем који укључује 18.600 м<sup>2</sup> соларних колектора, 7.500 м<sup>3</sup> резервоара за складиштење топлоте, 19.000 м<sup>3</sup> сезонског складишта топлоте у пилот бушотини (што одговара око 9.000 м<sup>3</sup> воде), топлотна пумпа са електричним погоним, електрична бојлер, гасни мотор (комбинована производња топлоте и електричне енергије) и котлови који се греју само на природни гас. Такође, успостављен је напредни систем управљања који балансира максималну соларну топлоту и максималну продају електричне енергије. Соларна покривеност: 22%. Изграђена 2007. године, продужена 2012. године.</p>
--	---

<p style="text-align: center;"><b>ДРОННИНГЛУНД ДАНСКА</b></p> 	<p>Поље од 35.000 м<sup>2</sup> соларних панела, у комбинацији са складиштем -базеном, испуњено са 60.000 м<sup>3</sup> воде.</p> <p>Складиште јама користи се за складиштење топлоте произведене лети, а користи се током зиме. Соларно поље производи 16.000 MWh годишње и са својих 1.350 купаца обезбеђује 40% топлоте за локалну грејну мрежу. Остали извори топлоте су мотор на природни гас и котло са апсорпционом топлотном пумпом, који хлади складиште. Постројење је пуштено у рад 2014. године..</p>
<p style="text-align: center;"><b>ВОЈЕНС ДАНСКА</b></p> 	<p>Искуства са великим колекторским пољем од 17.000 м<sup>2</sup> из 2012. године подстакла су Војенс Фјернварме да планира да том пољу дода још 52.500 м<sup>2</sup>, повећавајући укупну енергију за 36.750 MWh, као и сезонско складиште од 200.000 м<sup>3</sup>, што је повећало годишњи удео соларне енергије са 14% у 2014. на 45% у 2015. години.</p>
<p style="text-align: center;"><b>СИЛКЕБОРГ ДАНСКА</b></p> 	<p>Поље соларних колектора од 156.694 м<sup>2</sup>. У време пуштања у рад крајем 2016. године била је највећа соларна електрана на свету. Остали извори топлоте у систему су ППСТ на природни гас и отпадна топлота из индустрије.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ГРАЦ АУСТРИЈА</b></p> 	<p>Од 2015. године, ЈКП Енергие Стеиермарк ради на изградњи велике соларне електране за град Грац, укључујући сезонско складиште топлоте. Анализа је показала да је економски конкурентан соларни систем могућ у распону од око 150.000 м<sup>2</sup> до 650.000 м<sup>2</sup> соларне површине, што би значило соларни покривач од 9 до 26% тренутне топлотне топлоте у Грацу. 2016. године ЈКП Energie Steiermark је најавио реализацију пројекта. Земљиште је купљено, а пројекат је тренутно у фази главног пројекта и одобрења. Почетак градње планиран је за 2021. годину.</p>

### Економски параметар

Студије претходне изводљивости спроведене за градове Панчево, Бор и Нови Сад урађене уз подршку EBRD-а показале су да иако се ови даљински системи могу такмичити са природним гасом, иако су прилично различити по величини и структури и с обзиром на изузетно дуг животни век

Програм просторног снабдевања топлотом - ППСТ Крушевац

постројења, стабилни услови рада и изузетно ниски оперативни трошкови по тренутној цени енергије. Пројекти обновљиве енергије су финансијски захтевни пројекти, али могу се приступити шемама финансијске подршке које могу значајно побољшати економску одрживост.

#### **4.6 Енергетска ефикасност**

Иако се енергетска ефикасност не уклапа у дефиницију обновљивих извора енергије, мере за смањење потрошње енергије имају највећи потенцијал за смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и смањење енергетске зависности Србије.

У одељку Процена потреба за топлотном енергијом доступни су подаци о енормној потрошњи енергије за грејање, који су уобичајени у целој Србији, укључујући и Крушевац. То је због чињенице да већина зграда није у складу са Уредбом о енергетској ефикасности у зградама, из 2011. године. Да би власници имовине могли да инвестирају у термичку обнову својих зграда, потребан је одговарајући период поврата. То се може постићи циљаним повећањем цена енергије и финансијском стимулацијом кроз повољне кредите и субвенције.

Накнадним укључивањем појединачних зграда и вишестамбених зграда у енергетски разред „Ц“ са мање од 100kWh/m<sup>2</sup> годишње, смањила би се потрошња енергије за грејање за више од 40%. Додатна корист енергетске обнове зграда је смањење потребних температурних режима у цевоводима, што доводи до повећане ефикасности дистрибуције, повећане ефикасности производње енергије и могућности употребе обновљивих извора у већем обиму.

#### **4.7 Отпадна топлотна енергија**

Отпадна енергија такође не испуњава дефиницију обновљивог извора енергије, али такође има огроман потенцијал за смањење употребе примарне енергије. За урбана подручја највећи потенцијал за коришћење отпадне енергије лежи у канализационим системима. Уобичајена температура отпадних вода из канализације у просеку је на 15 °C током зимских месеци. Хлађење отпадних вода на 7 до 10 °C ослобађа значајну количину енергије и за коришћење те енергије потребна је употреба топлотних пумпи. Због недоступности података о протоцима отпадних вода у постројењима за пречишћавање отпадних вода, енергетски потенцијали се не могу прецизно утврдити, иако се на основу броја становника може проценити да би количина енергије која се може добити премашила 11.000 MWh годишње, што је је око 10% потреба система даљинског грејања.

Отпадна топлота из индустријских процеса у Србији је до сада била запостављана. Индустријска постројења су велики потрошачи енергије и честа је ситуација да се огромне количине енергије избацују у ваздух или водотоке кроз димне гасове, расхладне торњеве и измењиваче топлоте. Врло често су ови губици енергије укључени у производне трошкове, а индустрија не разматра могућност продаје или одавања отпадне топлоте системима даљинског грејања и на тај начин смањује трошкове производње. Даље, постоји врло мало свести да су такве активности корисне за цело становништво због смањења загађења ваздуха. Вреди напоменути да су нови системи даљинског грејања у већини земаља ЕУ изграђени у областима у којима је доступна индустријска отпадна топлота.

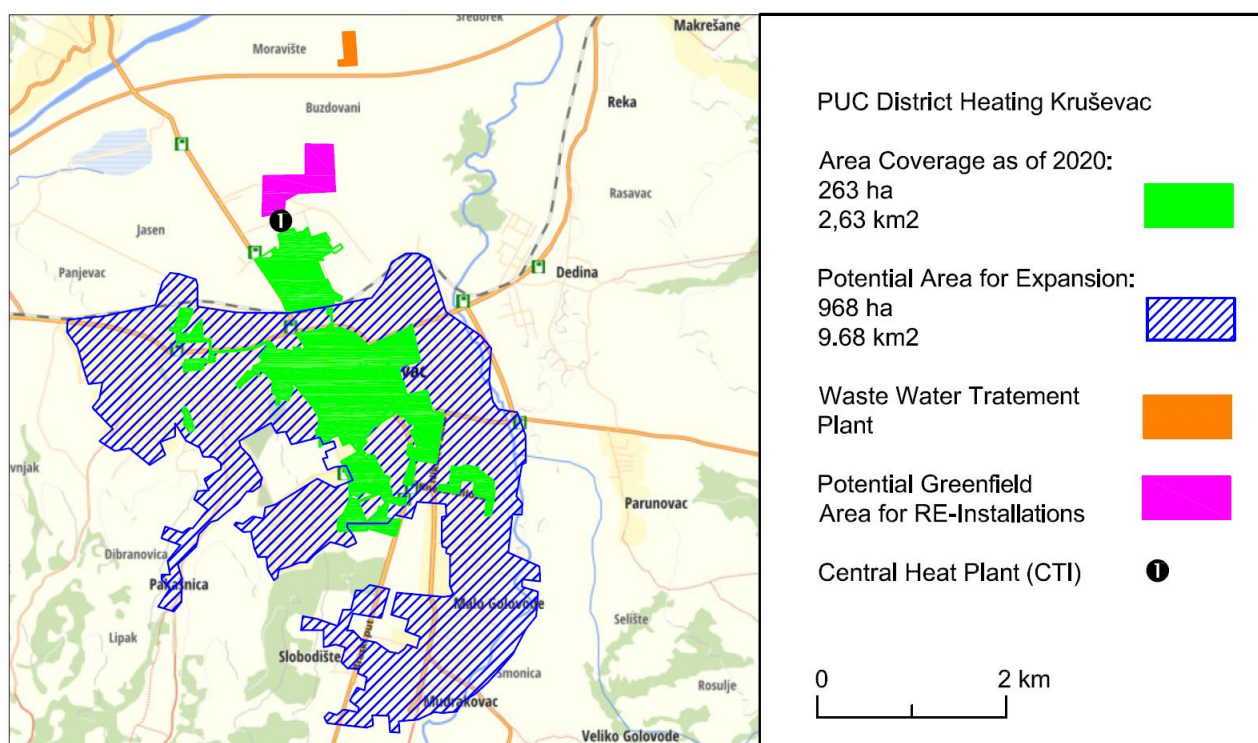
## 5 ФОРМУЛАЦИЈА ОДГОВАРАЈУЋИХ МЕРА ЗА СПРОВОЂЕЊЕ ЦИЉЕВА СМАЊЕЊА ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ

### 5.1 ЕЕ побољшања система даљинског грејања

Мрежа ДГ је од великог значаја за Крушевац. То је драгоцену имовину чији је потенцијал тренутно далеко од пуне експлоатације. Ширење мреже ДГ нуди могућност да се покрије практично цело градско подручје и истовремено реализују огромни потенцијали за уштеду енергије. У овом поглављу је предложен низ мера за постизање овог циља.

Слика 17 приказује могуће ширење будуће мреже даљинског грејања и локације извора енергије који ће у будућности имати удела у енергетском микс.

Слика 17 Преглед подручја за просторно ширење мреже ДГ - Крушевац



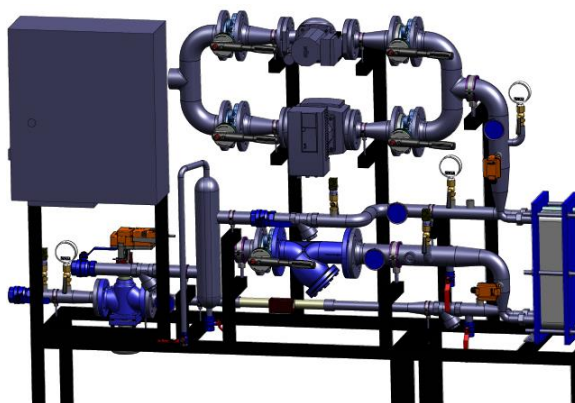
#### 5.1.1 Завршетак аутоматизације подстанице

Као што је поменуто у поглављу 3.1.2, недостатак аутоматске регулације протока један је од највећих проблема тренутне мреже ДГ. Резултати су 1) велика брзина протока у цевима у комбинацији са високом пумпном енергијом, 2) нискотемпературно ширење у доводним и повратним цевима, 3) високи температурни губици у цевима и 4) прегревање зграда. Завршетак аутоматизације 162 подстанице и њихова веза са РМЦС и регулација протока 278 подстаница у појединачним зградама требало би да буду највећи приоритет инвестиција ЈКП Топлана Крушевац. Завршетак ове активности захтева мало средстава и може се завршити практично у једној сезони поправки. Средства уложена у ову активност враћају се врло брзо и повећање квалитета услуге биће видљиво корисницима.

### Подстанции за стамбене зграде

Слика 18 приказује компактну топлотну подстанцију која се обично користи за повезивање стамбене зграде на мрежу ДГ. Постоји 162 такве топлотне подстанции које треба да буду завршене у мрежи ДГ. То укључује уградњу мерача топлоте, вентила електромотора за регулацију протока, регулатора, измењивача топлоте и друге опреме и њихово повезивање са СДНУ.

Слика 18 Компактна топлотна подстанција

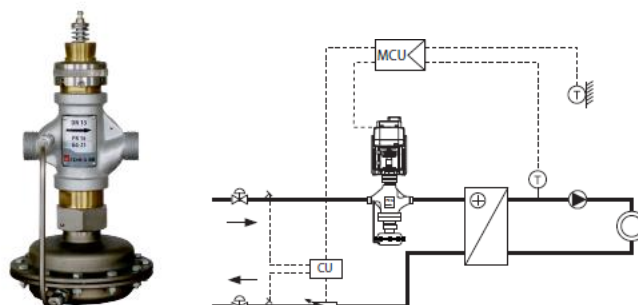


### Подстанции за породичне зграде

Након завршетка аутоматизације вишепородичних, пословних и јавних објеката, потребно је инсталирати активну контролу протока за сваку трафостаницу појединачних зграда. Постоји 278 породичних зграда у које треба уградити вентиле за регулацију активног протока, као што је приказано на

Слика 19. Ова инвестиција ће се врло брзо исплатити јер нерегулисане зграде троше непотребно огромне количине топлоте.

Слика 19 Вентил за активну регулацију протока погодан за примену у појединачним кућама



## 5.1.2 Замена дотрајалих грејних цеви

### 5.1.2 Замена дотрајалих грејних цеви

Програм просторног снабдевања топлотом - ППСТ Крушевац

Грађевински радови и замена цевовода је бескрајан процес код система даљинског грејања. Сваке сезоне потребни су ремонтни радови на одржавању цевовода. Замена цевовода велика је инвестиција са дугим периодом поврата, упркос чињеници да су цевоводи суштина система даљинског грејања и мора им се посветити највећа пажња. Губици који су присутни на цевоводном систему даљинског грејања у Крушевцу су на нивоу од 300 м3 дневно, што је изузетно велика вредност.

Вредност тренутног 89 км дугог цевовода за грејање у Крушевцу може се приближно проценити на око 14 милиона евра, што значи да се сваке године у цевоводе мора уложити око 400-500.000 евра. То представља мање од 8% укупних прихода мреже ДГ. Истовремено, инвестиције у цевоводе су практично највеће инвестиције у било ком систему даљинског грејања.

Након завршетка аутоматизованих подстанци, као што је описано у последњем поглављу, проток кроз цеви би се смањило. То би омогућило употребу мањих пречника цеви у неким деловима мреже, што би смањило трошкове замене старих цеви и омогућило проширење мреже и повезивање нових купаца. Добра тарифна политика цена прикључка може помоћи у привлачењу нових купаца. Да би се то постигло, веза са мрежом ДГ мора бити јефтина и атрактивна, што је посебно значајно за веће зграде и комплексе зграда.

Према подацима добијеним од ЈКП Градска Топлана, потребна је хитна обнова 10,8 км рова цевовода еквивалентног пречника DN125mm да би се смањили велики губици воде. У зависности од нивоа инвестиције годишње, ова обнова се може извршити у периоду између 3 и 7 година.

### **5.1.3 Обрачун за снабдевање топлотом на основу потрошње**

Од 2015. године постоји законска обавеза система даљинског грејања за наплату услуга грејања према испорученој енергији у термостаници. Иако су бројни системи даљинског грејања спровели ову обавезу, постоји велики број система који још увек наплаћују паушално по м2. Иако се чини да је паушална накнада нешто што доприноси једнакости грађана на први поглед, управо је супротно, јер потрошачи који имају зграде са мањом потрошњом енергије плаћају већу цену, а систем доводи до неефикасне употребе енергије. Свака инвестиција у термичку санацију зграда ограничена је паушалним плаћањем. Честе су примедбе градског општинског руководства да ће прелазак система даљинског грејања на плаћање засновано на потрошњи изазвати велико незадовољство корисника услуге грејања. Наведени разлози су следећи:

- Процес није био добро припремљен и купци нису разумели методологију плаћања;
- Купци нису обавештени о начинима смањења потрошње енергије;
- Купцима није понуђен прелазни период током којег би могли бити делимично субвенционисани до завршетка накнадне уградње њихових објеката;
- Нису понуђени повољни зајмови и субвенције за термичку санацију зграда.

Град и систем даљинског грејања тренутно су у својеврсном ћорсокаку. Ако се придржавају прописа, биће притужби и ризика од великог броја искључења која би довела до смањења прихода и тиме погоршања финансијске ситуације компанија ДГ.

Генерално, Град и систем даљинског грејања морају да преузму водећу улогу у пројекту енергетске санације бар одређеног броја зграда у критичном стању. Покренуо би се процес преласка на начин наплате према потрошњи, што би довело до нових инвестиција у енергетску санацију и било би покретач шире енергетске санације зграда.

#### **5.1.4 Повезивање децентрализованих котларница на мрежу**

Котларница Расадник, која користи мазут, довољно је близу за прикључак на цевоводну мрежу. Котларница Лазарица-Баре је нешто удаљенија, али узимајући у обзир трошкове преласка горива на природни гас и трошкове одржавања, присутна су економска и еколошка оправдања за изградњу цевовода и уклањање штетног извора топлоте. У будућности ће можда бити могуће економски оправдати укидање котларнице Прњавор и повезивање читавог подручја на централизовану мрежу. Погодно вријеме за повезивање било би када опрема у Прњавору захтијева веће обнављање и након што се ЦТСДГ пребаци на мање CO<sub>2</sub> интензивне изворе топлоте. Трошкови замене опреме и њеног рада биће већи од трошкова прикључења. Веза ће смањити загађење у близини децентрализованих котларница. Поред тога, важно је узети у обзир да је изградња сваког цевовода за замену децентрализованих котларница шанса за повезивање нових купаца..

#### **5.1.5 Термичка санација зграда повезаних на мрежу ДГ**

Термичка санација стамбених зграда најтежи је задатак који је у енергетском смислу постављен у Србији. Правилник о енергетској ефикасности из 2011. године пружа одличну основу за све нове зграде и показује да су и инвеститори и купци нових станова веома заинтересовани за добре енергетске перформансе становања. Термичка рехабилитација и прелазак у класу „Ц“ довешће до огромних уштеда енергије са потенцијалом у овој области до 40%.

Енергетско обнављање зграда изузетно је дуг процес и у недостатку подстицаја може потрајати неколико деценија да се побољша сав потребан грађевински фонд. Да би се процес убрзао, треба увести одређене мере са позитивним доприносима као што су:

- бољи услови живота за становнике,
- побољшани изглед града,
- повећана економска активност у граду,
- повећана вредност некретнина.

Стога је приоритетни интерес града да организује и пружи помоћ процесу. Обнова стамбених зграда, подржана специјализованим подстицајима и зајмовима, омогућила би малу разлику у годишњим трошковима енергије између корисника који плаћају на основу обрачуна на територији и корисника који плаћају на основу потрошње.

Трошкови енергетске санације зграда зависе од многих фактора; од тренутног стања фасада зграде до стања крова, прозора, инсталације грејања итд. Енергетска санација се може извршити у потпуности и делимично. Комплетна санација подразумевала би додавање топлотне изолације од око 10 цм на фасаду зграде, санацију крова и додавање 10 цм минералне вуне, неопходну замену свих олука због промењене геометрије зграде и замену спољних отвора - прозора и врата . Ако се све ово уради, заиста би била штета не инсталирати опрему за регулацију и дистрибуцију испоручене енергије у зграду, термостатске вентиле и алокаторе трошкова топлоте како је препоручено у поглављу 5.1.1.

Иако се наглашава да цена енергетске санације може увелико варирати од зграде до зграде. За процену се могу узети следеће вредности. Трошкови делимичне обнове изолацијом фасаде, крова и заменом олука и додавањем опреме за регулацију и индивидуалну дистрибуцију процењују се на 36 евра / м<sup>2</sup> стамбене јединице. Трошкови замене прозора процењују се на око 32 евра / м<sup>2</sup> стамбене јединице. За енергетску санацију 10% зграда са највећом потрошњом, износ од око 1,5 милиона евра, док је за + други случај потребан износ од око 2,7 милиона евра. Таква улагања покренула би процес преласка на наплату засновану на потрошњи и имала би значајан утицај на бољу политичку и друштвену атмосферу у граду. Ово се односи на стамбене зграде повезане на мрежу ДГ.

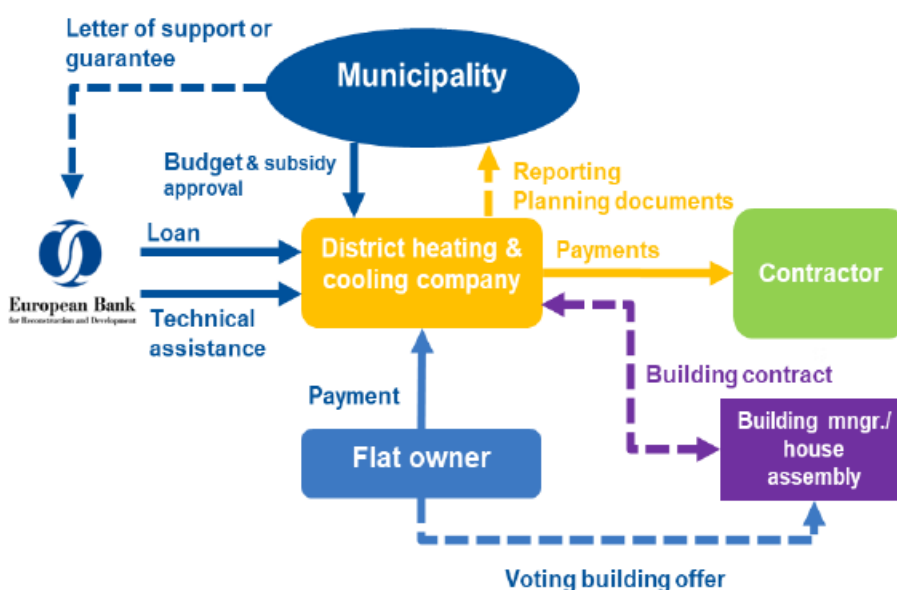
Очекиване уштеде енергије за ове зграде крећу се од 35% у делимичном преуређивању до 50% у преуређивању спољних прозора и врата.

Чак и ако би такав пројекат био подржан субвенцијама, ЈКП Градска Топлана вратила би улагања штедњом, јер ове зграде у свом тренутном стању заправо послују са губитком.

Испод је пример ЕСЦО приступа који је ЕБРД промовисала у Србији у коме ПУЦ-ови пружају почетну инвестицију за обнову зграда, док потрошачи инвестицију враћају својим месечним рачунима.

**Слика20 : Приступ АЕ за јавне комуналне услуге ЕБРР**

### Public ESCO/Utility intermediated EE



Извор: EBRD, REEP\_Update\_EECG\_EBRD, Energy Efficiency Coordination Group Meeting, [https://www.energycommunity.org/dam/jcr:b69c9fdd-abad-4b24-82f9-1090318954dd/REEP\\_update\\_EECG\\_EBRD\\_draft\\_161120\\_ebrdkfw\\_final.pdf](https://www.energycommunity.org/dam/jcr:b69c9fdd-abad-4b24-82f9-1090318954dd/REEP_update_EECG_EBRD_draft_161120_ebrdkfw_final.pdf)

## 5.2 Формирање подручја за обновљиве изворе енергије

Најкраћа удаљеност између топлане и постројења за пречишћавање отпадних вода је око 2 км. Формирање подручја за обновљиве изворе енергије у овом подручју омогућило би да обновљиви извори енергије користе заједничку инфраструктуру као што су цевоводи, топлотне пумпе и генератори топлоте. На тај начин, сваки појединачни пројекат био би мање финансијски оптерећен и имао би нижу цену обновљиве енергије.

**Слика 21 Предложено “Greenfield” подручје за инсталације обновљиве енергије**



Подручје означено на слици 21 има око 75 хектара. За изградњу предложеног соларног термалног система довољно је око 15 хектара. Међутим, избор веће површине је могућ када имате већу флексибилност за постављање соларних колектора и ако одаберете земљиште које је јефтиније. Све врсте обновљивих извора енергије могу се применити у овој области. Да би се имало велико складиште енергије, допуњавање складишта је могуће током целе године, тј. Могуће је да чак и мали потрошачи могу учествовати у производњи и складиштењу енергије (соларна енергија, геотермална енергија, отпадна енергија и биомаса).

### **5.3 Мере које доприносе побољшању квалитета ваздуха и смањењу емисије CO<sub>2</sub>**

#### **5.3.1 Замена котлова на угаљ котловима на природни гас и коришћење обновљивих извора енергије у систему даљинског грејања**

Угаљ као извор енергије није погодан за употребу у урбаним срединама. Иако су трошкови угља нижи од осталих горива, с обзиром на све трошкове који се односе на погон постројења на угаљ, трошкови по јединици произведене грејне јединице су само 15% нижи у поређењу са природним гасом. Негативан утицај сагоревања угља на животну средину је огроман, јер честице, сумпор и азотни оксиди штетно утичу на квалитет ваздуха у граду. Улагање у капацитете за производњу енергије из природног гаса са повећаном ефикасношћу економски је одрживије од рада котлова на угаљ.

Развој пројеката који користе обновљиве изворе топлоте, посебно соларне енергије, омогућио би граду Крушевцу да добије чисту, домаћу производњу енергије са стабилном ценом током најмање 25 година, што може бити у рангу трошкова топлоте произведене из природног гаса.

### **5.3.2 Смањење употребе чврстих горива у појединачним домаћинствима**

Чињеница да је град Крушевац у последњем временском периоду изградио значајну инфраструктуру за природни гас требало би да се искористи за побољшање квалитета ваздуха у граду. Да би се убрзао процес преласка на природни гас, потребно је размотрити смањење трошкова или чак пружање финансијских подстицаја за повезивање на природни гас. Истовремено, треба размотрити могућност обесхрабтивања употребе чврстих горива путем пореза на загађење ваздуха. Иако је употреба природног гаса или пелета или бар пиролитичког котла на дрво много удобнија, већина корисника неће извршити прекид због велике разлике у трошковима грејања. Због тога је потребно да се застареле технологије оптерете порезима на загађење ваздуха, док се истовремено чисте технологије промовишу субвенцијама. Поступно укидање застарелих технологија дуг је процес који би трајао више од 5 година. Један од могућих модела је да се порези током година постепено повећавају. У сваком случају, средства прикупљена овим поступком морају се користити за наменске субвенције. Појединачним домаћинствима која се налазе у подручју мреже ДГ треба понудити подстицаје за повезивање на ДГ и друге мере као што је описано у поглављу 5.1.

### **5.3.3 Термичка санација појединачних стамбених зграда**

Власници индивидуалних стамбених зграда су много свеснији потребе термичке санације својих објеката, али због недовољних подстицаја и мало знања о могућностима финансирања, ниво обнове је низак. Енергија се често штеди на штету удобности и смањене собне температуре. Власници појединачних станова утичу на загађење, па би увођење пореза на загађење требало да буде праћено и могућностима субвенција за термичко обнављање станова.

## 6 ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду значајну величину града Крушевца, закључили бисмо констатацијом да постоји довољан потенцијал за смањење потрошње топлотне енергије кроз термичку санацију зграда, санацију цевовода система даљинског грејања и аутоматизацију термостаница. Све су то неопходни предуслови за прелазак извора топлоте са чврстих горива на природни гас, а такође и на обновљиве изворе енергије када су у питању системи даљинског грејања. Потенцијал обновљиве енергије је око 55.000 MWh годишње, што би у садашњим условима потрошње енергије било готово 50% енергије потребне систему даљинског грејања, или око 17% у односу на тренутне потребе читавог града. Ако се потенцијал топлотне санације зграда и појединачних стамбених зграда у потпуности оствари, удео обновљиве енергије могао би укупно премашити 25%.

## 7 ЛИТЕРАТУРА

Bonin, Jürgen (2012): Heat Pump Planning Handbook. Second edition, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

EEJLS (2014): Energy Efficiency Program of the City of Krusevac 2015 to 2018.

EEJLS (2019): Energy Efficiency Program of the City of Krusevac 2019 to 2021.

GUP\_KS (2014): General Urban Plan Krusevac 2014-2025

Hurter, S; Haenel, Ralph (2002): Atlas of geothermal resources in Europe. Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg,

РЗС online: Статистичка база података. Републички завод за статистику.  
<https://data.stat.gov.rs/?caller=SDDB&languageCode=sr-Cyrl>

РЗС (2011): Попис 2011. Републички завод за статистику. <http://popis2011.stat.rs/?lang=cir>

SLED (2015): The typology of the residential building stock in Serbia and modelling its low-carbon transformation. Support for Low-Emission Development in South Eastern Europe (SLED).

UN (2006): Country Profiles on the Housing Sector. Serbia and Montenegro. Economic Commission for Europe. United Nations.

<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/prgm/cph/countries/serbia%20and%20montenegro/CP%20Serbia%20&MontenegroPub.pdf>

## 8 – ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 1

<b>Техничка обнова система даљинског грејања, проширење система и коришћење обновљивих извора енергије</b>	
<b>Опис предмета / проблема</b>	
<p><b>Мере које се односе на поправљање стања у систему даљинског грејања и његово довођење у технички оптимално стање.</b></p> <p>Систем даљинског грејања (СДГ) града Крушевца десети је по величини у Србији. Из система се топлотом снабдева 8.700 домаћинстава, предузећа и јавних зграда. Ако се узме у обзир да је на систем прикључено 42% домаћинстава, <del>то</del> Даљински систем грејања Крушевца је осми по величини систем у Србији који подвлачи што наглашава његов значај како за Крушевац, тако и за Републику Србију. Оператер система даљинског грејања града Крушевца је ЈКП Градска Топлана Крушевца. Предузеће је у потпуности у власништву града Крушевца.</p> <p>Разграната цевоводна мрежа ЈКП Градска Топлана Крушевца има укупну дужину од 89 км. Највећи пречник је ДН 500. Инсталирани капацитет цевоводне мреже је око 102 MW. Инсталирани капацитет потрошача је око 91,8 MW. Расподела топлоте у зградама врши се кроз 577 топлотних подстанцица. Од Децембра 2020. аутоматизовано је 137 подстанцица, од којих се 117 налази у систему даљинског надзора и управљања (РМЦС) (SCADA). Још 162 подстанцице треба да буду аутоматизоване и повезане на РМЦС. Аутоматизоване подстанцице су углавном за смештене вишестамбеним зградама. Поред тога, на СДГ је повезано 278 подстанцица породичних кућа. Ограничење протока код ових подстанцица врши се у прикључним коморама (шахтовима) преко вентила за ручно балансирање.</p>	
<b>Предложене мере</b>	
<b>Бр. 1</b>	<p><b>Завршетак аутоматизације подстанцица</b></p> <p>Завршетак аутоматизације 162 подстанцице и њихово повезивање са РМЦС (SCADA) и активно регулисање протока 278 подстанцица у појединачним домаћинствима.</p>
<b>Бр. 2</b>	<p><b>Замена дотрајалих цеви за грејање, затварање децентрализованих котларница и њихово повезивање на мрежу даљинског грејања.</b></p> <p>Обнова 10,8 км. трасе цевовода еквивалентног пречника ДН125 мм и повезивање локалних извора топлоте дужине до 3,2 км са еквивалентним пречником ДН150.</p>
<b>Бр. 3</b>	<p><b>Замена котлова на угљь котловима на природни гас у Централном Топлотном Извору (ЦТИ)</b></p> <p>Замена котлова на угљь <math>2 \times 35 \text{ MW} = 70 \text{ MW}</math> са котловима на природни гас <math>3 \times 25 \text{ MW} = 75 \text{ MW}</math> или <math>4 \times 17,5 \text{ MW} = 70 \text{ MW}</math> је апсолутно неопходна, поготово јер за то постоје сви предуслови, јер се природни гас већ користи у топлани, а регулациона станица је пројектована за пуни капацитет.</p> <p>Приликом дефинисања и избора капацитета и других техничких параметара котлова на природни гас, потребно је имати на уму да се ови котлови могу користити као генератори топлоте за апсорпциону топлотну пумпу, која ће бити срце система обновљиве енергије како је описано у наставку, <b>зато их треба пројектовати тако да задовољавају параметре за рад абсорпционе топлотне пумпе .</b></p>
<b>Бр. 4</b>	<p><b>Формирање подручја за обновљиве изворе енергије и изградња великог термалног соларног постројења и складишта топлоте.</b></p> <p>Изградњом великог термалног соларног постројења, складишта топлоте и апсорпционе топлотне пумпе стварају се услови да се други обновљиви извори енергије, попут геотермалне енергије, отпадне енергије из канализационог система и индустрије, придруже енергетском миксу обновљивих извора енергије, као и да користе потенцијал биомасе. Све ово могло би се постићи у посебној зони предвиђеној за обновљиве изворе</p>

	енергије на подручју између Централног извора топлоте (ЦТИ) и постројења за пречишћавање отпадних вода. Неопходно је урадити студију изводљивости која ће се бавити могућностима коришћења обновљиве енергије и показати потенцијал за њену употребу.
<b>Циљеви и ефекти</b>	
<b>Бр. 1 завршетак аутоматизације-подстаница</b>	
Циљ је добити систем даљинског грејања који се у потпуности може контролисати, где ће се дистрибуција енергије кроз контролу протока и температуре контролисати у реалном времену, а врхови протока који доводе до прекомерне потрошње енергије ће се амортизовати. Смањивање протока на оптимални ниво који одговара спољној температури и тиме смањење температуре поврата у цевоводу, што повећава ефикасност система.	
<b>Бр. 2 Замена дотрајалих топовода и затварање децентрализованих котларница и њихово повезивање на мрежу даљинског грејања.</b>	
Циљ је смањити губитак енергије и воде у систему убрзаним обнављањем цевоводне мреже, што повећава енергетску ефикасност система за више од 5% и веома повећава поузданост система, јер у одређеним случајевима прекомерни губици воде може довести до искључења система грејања. Затварање котларнице на угаљ (Лазарица-Баре) и котларнице на мазут (Расадник) и повезивање њихових грејних подручја на мрежу даљинског грејања Централног топлотног извора доприноси смањењу загађења у центру града и смањењу трошкова одржавања. Обнављањем цевовода и повезивањем локалних котларница стварају се услови за проширење система даљинског грејања на нове потрошаче. Ефекти су губитак енергије и смањење трошкова, као и повећање вредности система даљинског грејања. Захваљујући смањењу трошкова и повећању броја потрошача, тарифа грејања се смањује, што повећава атрактивност услуге у целини.	
<b>Бр. 3 Замена котлова на угаљ котловима на природни гас у Централном топлотном извору (ЦТИ)</b>	
Поред нешто ниже цене енергије добијене из угља, сви остали параметри сагоревања угља имају веома негативан утицај, па котлове на угаљ на ЦТИ треба заменити котловима на природни гас. Ефекти ове мере биће знатно мање загађења, знатно нижи трошкови одржавања постројења и радне снаге. Нови систем ће бити флексибилнији и њиме ће се лакше управљати у складу са променљивим потребама за грејањем. Систем ће у будућности олакшати укључивање обновљивих извора енергије јер се може користити као генератор топлотне енергије за апсорпциону топлотну пумпу.	
<b>Бр. 4 Формирање подручја за обновљиве изворе енергије и изградња великог термалног соларног постројења и складишта топлоте.</b>	
Град Крушевац има одличне предуслове за коришћење обновљиве енергије за грејање у значајном проценту. Енергија потребна за грејање у Крушевцу је довољно велика да је одржива инвестиција у складиште енергије. На складиште прво треба повезати апсорпциону топлотну пумпу и соларно постројење. У каснијој фази на ову инфраструктуру могу се повезати и други обновљиви извори енергије (или отпадна топлота из постројења за пречишћавање воде). Енергија добијена из <b>великог термалног соларног постројења</b> може се учинити конкурентном природном гасу у погледу цене и има предност што је домаћи извор енергије који је готово не ствара никакво загађење. Најмањи волумен складишта могао би бити око 75.000 м <sup>3</sup> . Такво складиште, заједно са одговарајућим пољем соларних панела од око 18.500м <sup>2</sup> , могло би, у комбинацији са кондензацијом димних гасова, да у систем обезбеди око 14.300 МWh/годишње топлотне енергије. Ово представља удео обновљиве енергије од око 13% у даљинском систему грејања града Крушевца. За изградњу таквог постројења било би потребно обезбедити око 5 хектара земље. Амбициознији сценарио било би постројење изграђено на површини од око 15 хектара. Такво постројење би имало складиште <del>јам</del> од око 240.000м <sup>3</sup> и колекторско поље од око 60.000м <sup>2</sup> које би могло да обезбеди око 38.500 МWh/годишње топлоте у систем. У овом случају удео обновљиве енергије био би око 35%.	
<b>Одговорности</b>	

Спроводи	Град Крушевац
Учествује	ЈКП Градска топлана Крушевац

## 9 – ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 2

### **Мере које се односе на купце система даљинског грејања**

#### **Подизање свести о наплати заснованој на потрошњи и термичкој рехабилитацији зграда повезаних на систем даљинског грејања**

##### **Опис предмета / проблема**

Систем даљинског грејања (СДГ) града Крушевца десети је по величини у Србији. Из система се топлотом снабдева 8.700 домаћинстава, предузећа и јавних зграда. Ако се узме у обзир да је на систем прикључено 42% домаћинстава, Даљински систем грејања Крушевца је осми по величини систем у Србији који подвлачи што наглашава његов значај како за Крушевац, тако и за Републику Србију. Оператер система даљинског грејања града Крушевца је ЈКП Градска Топлана Крушевац. Предузеће је у потпуности у власништву града Крушевца.

Увођење обрачуна заснованог на потрошњи законска је обавеза свих система даљинског грејања од 2015. Министарство рударства и енергетике чак је подржало ову законску меру великом донацијом бројила топлотне енергије. Међутим, многи системи даљинског грејања који су у примену овог начина плаћања ушли са недовољном пажњом и недовољном информисаношћу купаца доживели су велике шокове и значајне губитке у броју корисника (пример града Ниша где је 10% корисника искључено са мреже систем).

Највећи број зграда повезаних са системима даљинског грејања у Србији изграђен је током 1970-их и почетком 1980-их. Грађене су у време релативно јефтине енергије и са лошом топлотном изолацијом. Током 30-40 година њихове употребе, прозори и врата су значајно изгубили своја изолациона својства, тако да сада губици у вентилацији чине до 50% укупних губитака топлоте. Стари начин обрачуна са паушалним стопама на основу грејане подне површине потпуно демотивише власнике кућа да улажу у топлотну изолацију зграда.

Да би се увео обрачун заснован на потрошњи, потребне су пратеће мере како би купци СДГ били спремни да прихвате ову промену. Да би промена била прихваћена, трошкови грејања власника кућа не смеју да се повећају за значајне износе. Најбољи начин да се избегну таква повећања је боља изолација зграда и тиме смањење њихове потрошње енергије и довршетак аутоматизације подстанца.

##### **Предложене мере**

<b>Бр. 1</b>	<b>Мере комуникације и подизања свести за увођење рачуна за снабдевање топлотом на основу потрошње од стране ЈКП Градска Топлана</b>
<b>Бр. 2</b>	<b>Термичка санација дотрајалих зграда повезаних на систем даљинског грејања са врло великом потрошњом енергије</b>
<b>Бр. 3</b>	<b>Термичка рехабилитација стамбених зграда повезаних на систем даљинског грејања</b>

**Бр. 1 Мере комуникације и подизања свести за увођење рачуна за снабдевање топлотом на основу потрошње од стране ЈКП Градска Топлана**

Увођење обрачуна на основу потрошње није технички захтеван процес, посебно с обзиром на то да бројила потрошње енергије за већину подстанца већ постоје. Сродне техничке мере су обрађене у табели мера 1.

Међутим, промена система на наплати заснованој на потрошњи је друштвено осетљив процес који захтева пажљиву припрему како би се избегли већи проблеми са постојећим купцима. Успешно увођење обрачуна заснованог на потрошњи захтева да град Крушевац обезбеди низ додатних нискобуџетних мера. Ове мере морају бити усмерене на јачање поверења становништва у значајност обрачуна заснованог на потрошњи и стварање транспарентности у погледу промене система.

#### **Служба телефонске подршке**

- Неопходно је формирати техничко-економско-правни тим који је у стању да одговори на питања корисника. Треба успоставити врућу линију ~~када дотични~~ путем које купци СДГ добијају одговоре на своје проблеме и информације о доступним шемама подршке и подстицаја.

#### **Мере за подизање свести**

- Поменути тим би требало да организује догађаје јавног информисања на којима се објашњава потреба и корисност обрачуна заснованог на потрошњи.
- Израда летка који објашњава кључна питања тренутног система и законске захтеве које има град да уведе обрачун на основу потрошње и с тим повезане мере подршке.
- Информације ће се такође дистрибуирати путем веб странице града Крушевца.
- Поред тога, процениће се и развити ширење путем одговарајућих онлајн и штампаних медија.

#### **Бр. 2 Термичка санација дотрајалих зграда повезаних на систем даљинског грејања са врло великом потрошњом енергије**

Међу зградама које су повезане на СДГ Крушевца, постоји 5-7% који су у веома лошем стању, што се изражава у врло високој потрошњи топлотне енергије ( $> 200 \text{ kWh} / \text{m}^2$  \* годишње). Власници ових зграда обично немају финансијску снагу да сами финансирају топлотну обнову. Промена рачуна на основу потрошње повећала би трошкове грејања за ове зграде за више од 50%. То би највероватније довело до протеста, који би могли угрозити покушај града да уведе обрачун заснован на потрошњи уопште.

С једне стране, тренутни метод обрачуна на основу површине потпуно је демотивишући за било каква улагања у термичку санацију зграда. С друге стране, тренутни систем заснован на површини је крајње неправедан јер власници термички „добрих“ зграда узајамно субвенционису власнике „лоших“ зграда.

Граду Крушевцу би се на више начина исплатило да се термичка обнова ових „лоших“ зграда подстиче јавним средствима:

- a. Потрошња енергије у зградама могла би бити најмање преполовљена, што би такође смањило трошкове горива ЈКП Градска Топлана.
- b. Узајамно субвенционисање власника „добрих“ зграда могло би се завршити, смањивши трошкове грејања за све.
- c. Комбинација a. и b. повећава шансе да ће прелазак система на обрачун заснован на потрошњи бити прихватљив за грађане Крушевца.

Да би се проценила стварна укупна површина „лоших“ зграда и станова, потребно је урадити студију изводљивости на ову тему, али за приближну процену можемо узети да је површина око 25 000 м<sup>2</sup> (6,4%).

Следеће вредности могу се узети као референтна вредност за израчунавање потребне инвестиције:

1. За изолацију фасаде, замену и изолацију крова и замену олука због промена у геометрији зграде 35 ЕУР / м<sup>2</sup>

2. За замену прозора 25 ЕУР / м<sup>2</sup>
3. За уградњу термостатских вентила и разделника за поделу трошкова 5 ЕУР / м<sup>2</sup>.

***Ово су само индикативне вредности и могу се веома разликовати између зграда.***

Ово нас доводи до два сценарија:

1. Изолација „лоших“ зграда уградњом опреме за регулацију и поделу трошкова: потребно улагање 1.000.000 ЕУР. Уштеда енергије 35 до 55%.
2. Исто као горе, али додатно са заменом прозора: потребна инвестиција 1.625.000 ЕУР. Уштеда енергије 55 до 65%.

Потребна инвестиција може се распоредити у периоду од 2-3 године. Будући да ова мера има и социјалну компоненту, било би могуће пријавити се за бар делимично финансирање путем међународних донаторских организација.

***Најгоре што се може учинити је сачекати да обрачун заснован на потрошњи буде обавезан. Тада ће бити проблема које ће бити тешко контролисати. Стога је пожељно ову меру спроводити приоритетно.***

### ***Бр. 3 Термичка рехабилитација стамбених зграда повезаних на систем даљинског грејања***

Постојећи систем топлане у Крушевцу веома је драгоцен за град и његове становнике. Његова техничка конфигурација омогућила би му да покрије много веће подручје него што је то тренутно случај. Да би се побољшала економска одрживост и одрживост мреже, неопходно је проширити покривеност мрежом и број купаца. Нажалост, број купаца се смањио последњих година због страхова да ће предстојећи прелазак на обрачун заснован на потрошњи довести до већих трошкова грејања за кориснике.

Предложене мере у мерном листу 1 имају за циљ смањење специфичних трошкова грејања, тако да даљинско грејање остаје приступачно за постојеће купце и постаје атрактивно за нове купце. Међутим, само ово није довољно јер је већина зграда у Крушевцу слабо изолована и због тога има високу специфичну потрошњу енергије. Претходни систем обрачуна по површини није пружио никакав подстицај за термичку обнову. Стога промена за обрачун на основу потрошње тренутно није занимљива за многе власнике кућа.

#### **Оквир**

Мера бр. 3 из табеле мере 2 стога намерава да развије оквир који олакшава термичку обнову, тако да повезивање останак на мрежи даљинског грејања остаје најисплативија опција за постојеће купце. Фокус мере је на вишепородичним зградама које су већ повезане на мрежу даљинског грејања. Међутим, фокус се касније може проширити на нове купце.

#### **Циљ**

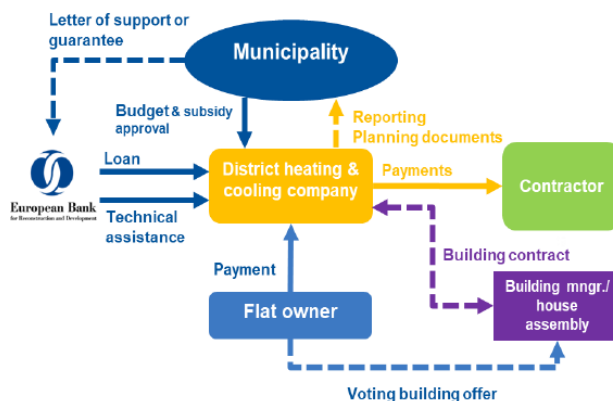
Циљ је надоградити ове зграде барем на енергетску класу „Ц“ са мање од 100 kWh / м<sup>2</sup> годишње што би смањило потрошњу енергије за грејање за више од 40%.

#### **Проценити могућност „ESCO“ приступа за подстицање топлотне рехабилитације зграда**

Укупна површина вишепородичних стамбених зграда повезаних на систем даљинског грејања је око 390.000 м<sup>2</sup>. У недостатку специфичних мера које подржавају термичко обнављање ових зграда, лако би могло проћи неколико деценија док се не примети било какво значајно побољшање. Да би убрзао овај процес, Град Крушевац би требало да уведе посебне мере за подршку термичкој рехабилитацији.

Будући да вишепородичне зграде имају различите власнике, важно је поставити подстицаје тако да се сви становници могу сложити са енергетском обновом. Једна од могућности била би увођење ЕСЦО приступа какав промовише ЕБРД у Србији. Према овом приступу, почетну инвестицију за обнову зграде обезбеђује компанија за даљинско грејање, док потрошачи враћају инвестицију путем својих месечних рачуна:

### Public ESCO/Utility intermediated EE



На основу референтних инвестиционих захтева за термичку санацију свих зграда више породичних породица повезаних на систем даљинског грејања у Крушевцу, проценили смо два сценарија:

1. Изолација свих повезаних вишепородичних зграда уградњом опреме за регулацију и поделу трошкова: Потреба за инвестицијом 15.600.000 ЕУР; Уштеда енергије 35%.
2. Исто као горе, али додатно са заменом прозора: Захтев за инвестицијом: 25.350.000 ЕУР. Уштеда енергије 55%.

Спровођење тако обимне мере сигурно ће потрајати најмање 10 година. То ће имати позитиван утицај на локалну ситуацију запослености и добро стање локалних компанија. У том смислу, то је „win-win“ ситуација за становништво и владу Града Крушевца (укљ. ЈКП Градска Топлана). Стога има смисла ~~наредити~~ изградити детаљне студије изводљивости и плана примене за даљи развој ове мере.

С обзиром на потенцијал за значајне уштеде енергије овом мером, треба покушати да се ~~пријави~~ обезбеди барем делимично финансирање путем међународних донаторских организација.

#### Одговорности

Спроводи	Град Крушевац
Учествује	ЈКП Градска топлана Крушевац

## 10 – ПРИЛОГ ТАБЕЛА МЕРЕ 3

**Мере које се односе на појединачне власнике кућа изван мреже даљинског грејања**

**Побољшање квалитета ваздуха кроз замену енергента за грејање и изолацију зграда.**

#### Опис предмета / проблема

У граду Крушевцу има око 14.600 домаћинстава која се греју на различите начине. Највећи број, око 11.000, користи чврсто гориво, угљ и дрво, затим око 2.400 користи електричну енергију, 1.000 су потрошачи природног гаса и око 200 лож уља.

Међутим, сагоревање дрвета и угља је посебно проблематично, јер појединачне пећи ~~обично~~ немају филтере за одвајање честица прашине од димних гасова. С тога су појединачне пећи на чврсто гориво највећи загађивачи ваздуха.

Сагоревањем угља и дрвета у традиционалним пећима настају велике количине чврстих честица (ПМ<sub>2,5</sub> и ПМ<sub>10</sub>) које су изузетно штетне. Честичне материје су мешавине честица и капљица у ваздуху, које се састоје од чађи, дима, прашине, метала (олово, арсен, никл, кадмијум, цезијум) и киселина. Кад год је то могуће, ове зграде треба прикључити на мрежу даљинског грејања. Међутим, многи од њих се налазе изван грејне мреже, али унутар гасне мреже. Иако гасна мрежа покрива већи део града, само 1.000 домаћинстава користи је за грејање. Чињеница да је град Крушевац изградио значајну инфраструктуру природног гаса у последњем временском периоду требало би да се искористи за побољшање квалитета ваздуха у граду.

Власници индивидуалних стамбених домаћинстава су много свеснији потребе термичке санације својих објеката од власника домаћинстава у вишепородичним стамбеним објектима, али због недовољних подстицаја и мало знања о могућностима финансирања, ниво обнове је низак. Енергија се често штеди на штету удобности и смањења собне температуре. Боља топлотна изолација може смањити потрошњу енергије зграда и до 50%. Модернизација система грејања може смањити потрошњу енергије за додатних 20-30%.

Да би се смањило загађење ваздуха и потрошња енергије у појединачним зградама, требало би створити подстицаје за инвестиције замене система грејања и изолацију зграда. Подстицаји могу бити комбинација позитивних подстицаја, попут субвенција, или негативних подстицаја, попут пореза на загађење.

#### **Предложене мере**

<b>Бр. 1</b>	<b>Смањење употребе чврстих горива у појединачним домаћинствима - подстицање процеса замене начина грејања</b>
<b>Бр. 2</b>	<b>Термичка рехабилитација појединачних домаћинстава.</b>

#### **Бр. 1 Смањивање употребе чврстих горива у појединачним домаћинствима - подстицање процеса замене начина грејања**

Да би се убрзао процес преласка на природни гас, потребно је размотрити смањење трошкова или чак пружање финансијских подстицаја за повезивање на природни гас. Истовремено, треба размотрити могућност обесхрабривања употребе чврстих горива путем пореза на загађење ваздуха. Иако је употреба природног гаса или дрвених пелета или бар пиролитичког котла на дрво много удобнија, већина корисника неће извршити замену енергента због велике разлике у трошковима грејања. Због тога је неопходно да се застареле технологије оптерете порезима на загађење ваздуха, док се истовремено чисте технологије промовишу субвенцијама. Постепено укидање застарелих технологија дуг је процес који би трајао више од 5 година. Један од могућих модела је да се порези на загађење током година постепено повећавају. У сваком случају, средства прикупљена овим поступком морају се користити за наменске субвенције. Појединачна домаћинства која се налазе на подручју СДГ мреже треба да имају подстицаје за повезивање са СДГ.

Разликујемо два случаја појединачних домаћинстава где је потребно заменити чврсто гориво:

1. Домаћинства са неколико ложишта, где се грејање врши у неколико просторија.
2. Домаћинства која већ имају унутрашњу цевну инсталацију за грејање и сагоревање врше се на једном месту (централно грејање).

Приликом замене таквих система природним гасом могуће су и обе ситуације. Током замене, технички саветник треба да укаже на недостатке и добре карактеристике сваког система. Други систем је скупљи, али много комотнији и здравији, јер се при сагоревању у просторијама у којима живе људи троши кисеоник и такав систем може бити потенцијално опасан у погледу непотпуног сагоревања или присуства угљен-моноксида у просторијама у којима људи живе .

При замени чврстог горива сагоревањем дрвета у облику пелета или употребом пиролитичких пећи, сигурно је економски повољније решење за изградњу инсталација за грејање са унутрашњим цевима тамо где још не постоје.

Као што је горе описано, постоји велики број различитих случајева, тако да се улагања веома разликују. Инвестиција зависи од врсте горива (природни гас, дрво), удаљености од гасне мреже, централног грејања или више пећи, да ли постоји инсталација за грејање са унутрашњим цевима, величине зграде или потребног топлотног капацитета.

Најмања инвестиција је у случају да у близини постоји мрежа природног гаса и да објекат има унутрашњу инсталацију за грејање. Тада се трошкови по домаћинству могу проценити на око 1.500 евра. То укључује трошкове прикључења и куповине гасног котла и друге опреме.

За велика појединачна домаћинства у којима је потребно извршити унутрашњу цевну инсталацију грејања, цена може достићи 7.500 евра. Међутим, за просечно домаћинство од око 85 м<sup>2</sup>, трошкови прикључења на инсталацију на природни гас или куповине котла на пелет или пиролитичког котла, заједно са изградњом унутрашње инсталације за грејање, износили би око 3.500 евра. За 11.000 домаћинстава потребна инвестиција износи преко 38 милиона евра.

Убедљиво највећи део овог новца платиће сами власници кућа, али без увођења пореза на загађење и субвенција за замену чврстих горива, овај процес би трајао деценијама.

### **Бр. 2 Термичка рехабилитација појединачних домаћинстава.**

Термичка рехабилитација појединачних домаћинстава је убедљиво највећи вредносни пројекат. Такође је пројекат који би трајао најдуже, а успех овог пројекта зависи искључиво од економских услова који превађавају на енергетском тржишту. Повољни кредити и субвенције сигурно помажу већем броју власника домаћинстава да се одлуче за енергетску санацију кућа.

За потпуну изолацију зграде (поткровље, зидови, прозори, под) за породичне куће изграђене пре 1990. године процењени су просечни трошкови од 86 ЕУР по м<sup>2</sup> грејане површине (Стандардни сценарио, СЛЕД (2015: 49)). Укупан инвестициони захтев би тако премашио 100 милиона евра, што је донекле превелико за Крушевац и вероватно би требало да буде подржано кроз национални програм.

Међутим, град Крушевац би се могао усредсредити на промоцију одређених компоненти омотача зграда. На пример, најефикаснија би била изолација пода изнад таванице последњег спрата, која већ може смањити потрошњу енергије за 30%. Трошкове ове мере СЛЕД (2015: 49) процењује на просечно 17 ЕУР по м<sup>2</sup> грејане површине. Предност ове мере је што је технички једноставна, а могу је изводити и сами власници домаћинстава мајстори, чиме се још више смањују трошкови. Поред тога што треба да понуди субвенције, град би требало да изради упутства за власнике домова који желе сами да изврше ову меру. Поред тога, требало би спровести информативну кампању за подизање свести становништва о тако једноставним мерама. Ова мера кошта у просеку 1.500 ЕУР по кући. Ако град субвенционише трошкове инвестиције, процес се може убрзати и постићи значајне уштеде енергије уз мале износе субвенција (нпр. За допринос од 400 ЕУР по кући потребно је само 5 милиона ЕУР субвенција у случају 11.000 зграда) .

### **Одговорности**

Спроводи

Град Крушевац