

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос топлоте и масе

Број индекса: 2023/2014

Милица М. Миљковић

Тарифни системи даљинског грејања у Европи

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Небојша Лукић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да објасни основне појмове о системима даљинског грајања, да увид у тарифне системе даљинског грејања како у Европи тако и у Србији. Изврши упоредну анализу тарифних система даљинског грејања у Европи и Србији и да на основу упоредне анализе изведе конкретне закључке.

Препоручена литература:

- [1]. М. Todorović, Energetska efikasnost sistema grejanja i klimatizacije, Skripta, Mašinski fakultet u Beogradu, 2002.
- [2]. S.J. Zrnčić, Grejanje i klimatizacija, Naučna knjiga, Univerzitet u Novom Sadu, 1967.

Крагујевац, 2015.

ментор:

др Небојша Лукић, редовни професор

Резиме рада: У оквиру завршног рада извршена је анализа тарифних система даљинског грејања у Европи и у Србији. Анализа одрживости система даљинског грејања у Србији урађена је на основу података доступних у домаћим стратешким документима, издањима пословних удружења, података који потичу од добављача горива. У недостатку података о квалитету услуге и потраживањима између учесника у ланцу пружања и кориштења ове услуге кориштени су и новински чланци. Студије међународних организација пружиле су увид у неке од аспеката везаних за производњу и потрошњу услуге даљинског грејања. Коришћена је упоредна анализа начина производње, дистрибуције и испоруке услуге даљинског грејања у Србији са праксом у другим европским државама као и упоредна анализа тарифа односно цена ове услуге.

Кључне речи: даљинско грејање, тарифе даљинског грејања, енергенти

Abstract: Within the framework a bachelor thesis analysis was performed the tariff of district heating systems in Europe and in Serbia. Analysis of the sustainability of district heating systems in Serbia is analyzed on the basis of data available in the national strategic documents, publications business associations, data originating from the fuel supplier. In the absence of data on quality of service and claims between the participants in the chain of delivery and usage of these services have been used and newspaper articles. Studies of international organizations have provided insights into some of the aspects related to the production and consumption of district heating. Has been used comparative analysis of the mode of production, distribution and supply of district heating services in Serbia with the practice in other European countries as well as comparative analysis of tariffs and price of these services.

Keywords: district heating systems, tariffs of district heating systems, energy products

Садржај:

1.	Увод	1
2.	Историјски развој грејања	2
3.	Системи централног грејања	7
	3.1 Локални уређаји за грејање.....	9
	3.2 Уређаји за централно грејање.....	15
4.	Системи даљинског грејања у Европи	21
	4.1 Мреже даљинског система грејања.....	23
	4.2 Одржавање притиска у систему даљинског грејања.....	25
	4.3 Топлотне подстанице.....	26
5.	Тарифни системи даљинског грејања.....	28
	5.1 Тарифни системи даљинског грејања у Европи.....	31
	5.2 Тарифни системи даљинског грејања у Србији	36
6.	Анализа тарифних система даљинског грејања у Европи и Србији.....	40
7.	Закључак.....	46
	Литература.....	48

1.

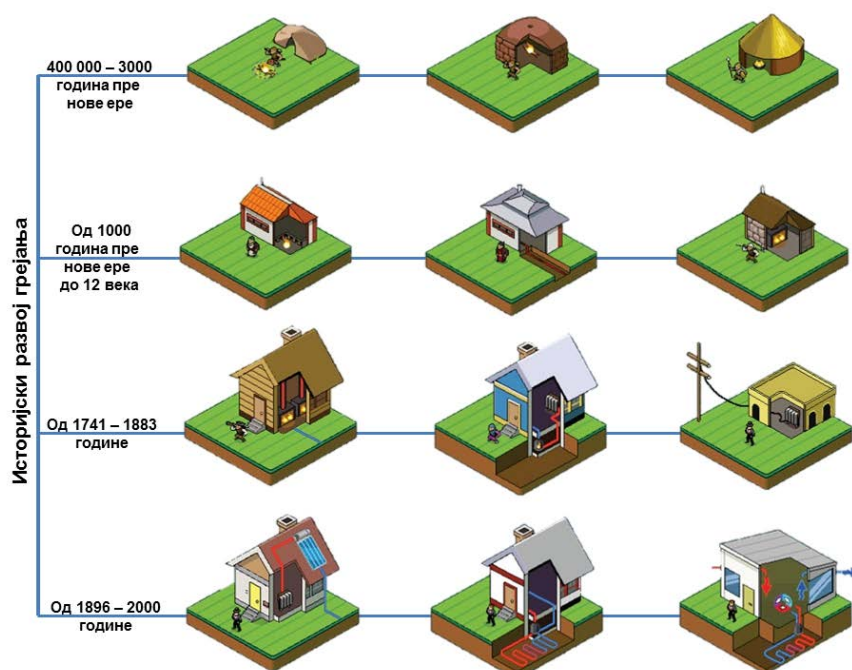
УВОД

Грејање је процес довођења топлоте и одржавање погодних услова за боравак човека у затвореном простору. Када се врши загревање више просторија топлотом која се производи на једном месту, у “топотној станици” онда је то систем грејања познат под називом “централно грејање”. Централно грејање подразумева централни извор топлоте, у коме се врши сагоревање горива на једном месту, одакле се топлота даље дистрибуира до просторија које се греју. То омогућава бољу контролу процеса сагоревања и веће искоришћење горива. Истовремено је избегнуто разношење горива и скупљање пепела на више места и умањује се опасност од појаве пожара. Код централних система је омогућено постављање грејних тела уз спољне зидове, што обезбеђује повољну расподелу температура и боље услове угодности, а грејна тела заузимају мање корисног простора. Економичност централних система нарочито долази до изражаја код оних постројења код којих је остварена добра регулација. Међутим, све добре стране централног грејања могу доћи у питање ако постројење није пројектовано и изведено на одговарајући начин. Постојења за централно грејање имају низ предности у поређењу са локалним уређајима [1].

2.

ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ГРЕЈАЊА

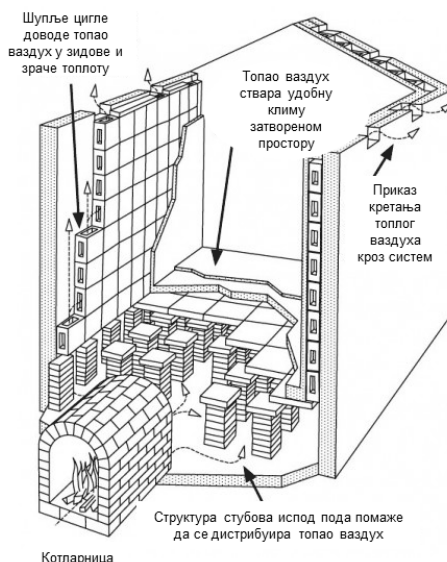
У историји човечанства је био дуг пут док се дошло до данашњих система за грејање [2]. Много векова је прошло док је човек стекао искуство да на погодан начин дође до топлоте (слика 2.1). Много бржи напредак технике грејања уследио је прошлог века са општим условима развоја машинства и научне хигијене.



Слика 2.1. Историјски развој грејања [3]

Најстарији начин загревања било је обично огњиште у почетку без, а касније са димњаком. Као примитиван начин загревања треба поменути и мангал са дрвеним угљем, који је доживео велику распрострањеност али има велики недостатак услед могућности развијања угљен-моноксида. Даље се помиње и једна врста ваздушног централног грејања код Римљана. Прво централно грејање је било тзв. хипокауст-грејање од речи “*hypocaustum*” – што у буквалном преводу значи грејање одоздо и користило се у старом риму (слика 2.2). Ложиште се налазило испод куће, а димни гасови који су одлазили у спољни простор испод куће вршили су загревање пода. Гасови су се одводили кроз једну или више цеви или канала у зидовима, а излазили су са стране кроз отворе. Димњака није било. Занимљиво је то да је под куће која се

грејала био издигнут од земље (уз помоћ низа стубова који су били од глине и опеке). Ложењем ватре, промаја би провлачила топлоту испод пода, а затим кроз зидове до димњака постављених у угловима просторије. Висина стубова била је око 60 см, пошто се сматрало да је ово најефикаснија висина по питању струјања ваздуха.



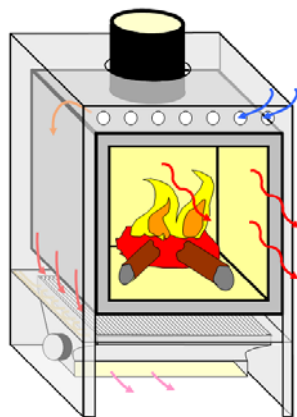
Слика 2.2. Шематски приказ “*hypocaustum*” централног грејања [4]

У северној Кини је дуго био у употреби једноставан метод централног грејања под именом ондол (“*ondol*” – у дословном преводу значи топли камен (слика 2.3)). Уздигнути подни простор за спавање налазио се изнад места за ватру. Ово примитивно централно грејање познато је још из времена династије Хан (202. пре н. е. – 220. нове ере). Ондол је још увек типичан за корејске куће, и јако је цењен јер омогућава комфор при поштовању неких корејских обичаја, као што је нпр. скидање обуће на улазу у кућу и седење на поду. Заправо, када су западни системи грејања постали распрострањени у Кореји, многим породицама је почео недостајати ондол систем који је тако дуго био саставни део корејског начина живота. Као резултат тога, пројектанти су у Кореји почетком 90-тих година XX века почели да запостављају западне системе грејања, и почели да укључују ондол систем у модерне грађевине. Чак и најмодернији корејски хотели почели су примењивати ондол систем за грејање.



Слика 2.3. Приказ “*ondol*” система грејања [5]

Франклинова пећ је први метални камин назван по Бењамину Франклину (*Benjamin Franklin*) који је изумео 1749. године. Франклинова пећ (слика 2.4) још позната и као Пенсилванијска пећ решила је основне принципе пећи за грејање. Њено ложиште у које су се убацивала дрва имало је клизна врата која су се могла користити за контролу протока топлоте од ложишта до димњака. Како је била релативно мала, могла се инсталирати у велике камине или користити као слободно стојећи предмет у средини собе уколико се могла спојити са димњаком. Франклинова пећ грејала је куће, станове по граду и брвнаре широм Северне Америке.

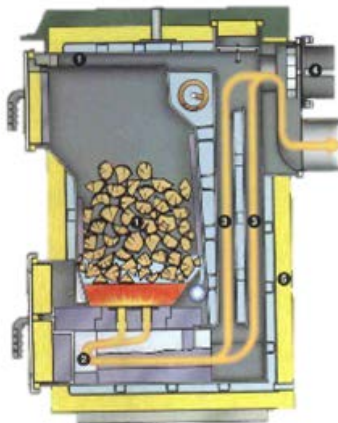


Слика 2.4. Франклинова пећ

Како би се поспешила ефикасност грејних система, развијани су нискотемпературски системи панелног грејања, примена обновљивих извора (биомасе, Соларне енергије, као и енергије тла, подземних вода и спољног ваздуха) и усавршени су системи аутоматске регулације рада система.

Панелна грејна тела (или само панели) су грејна тела састављена од неоребрених цевних змија, које се постављају у грађевинску конструкцију просторије. Цев се могу поставити слободно у подној плочи (око њих је мањи слој ваздуха који се згрева) или уливене у бетон. Уколико се цеви панела уливају у бетон важно је да коефицијент температурског ширења цеви и бетона буде приближно исти, како не би долазило до пуцања грађевинске конструкције и самих цеви.

Најчешће коришћени обновљиви извори енергије за грејање у стамбеним просторијама су биомаса, сунце и ветар. Биомасу је могуће претворити у разне облике корисне енергије топлотну, електричну енергију, као и течна горива за коришћење у транспорту. Производња топлотне енергије уобичајен је начин коришћења биомасе, посебно огревног дрвета у разним облицима као што је приказано на слици 2.5.



Слика 2.5. Пелетни котло за централно грејање

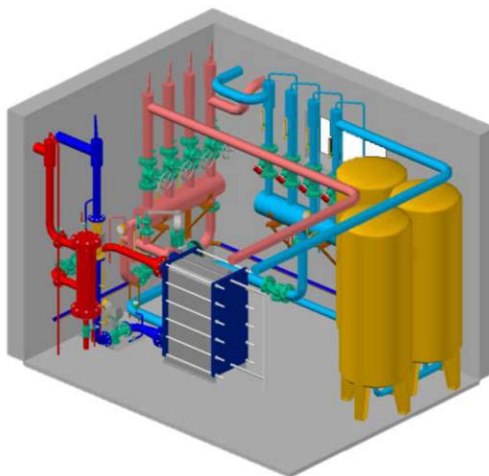
Систем даљинског грејања је систем грејања домаћинстава и индустријских објеката из једног центра (слика 2.6). То може бити градски систем или систем снабдевања топлотном енергијом више насељених места - регије или читаве државе. Систем даљинског грејања је јединствен техничко-технолошки систем међусобно повезаних енергетских објеката који служи за производњу, пренос и дистрибуцију топлотне енергије.

Систем чине: производни извор, топловодна мреже и топлопредајне станице где је:

- производни извор - систем постројења који претвара примарну енергију горива у топлотну енергију
- топловодна мрежа - хијарархијски уређен систем цевовода и мерно регулационих уређаја који повезује производни извор и крајњег корисника. Може се поделити на:
 - преносна мрежа (преносни систем) - део система даљинског грејања који повезује производни извор и топлопредајне станице. Обухвата вреловод и примарну топловодну мрежу,
 - дистрибутивна мрежа (дистрибутивни систем)- део система даљинског грејања који чине топлопредајне станице и секундарне топловодне мреже за дистрибуцију топлотне енергије до објеката корисника грејања.
- топлопредајна станица (ТПС) обезбеђује испоруку топлотне енергије у унутрашње топлотне инсталације и уређаје корисника. Састоји се из прикључне и кућне подстанице.

Систем даљинског грејања подразумева комуникацијску повезаност елемената система, мерење одређених параметара на одређеним тачакама (температура, проток, притисак), даљинско управљање системом, и читавање параматара на свакој контролној тачки система. За ове потребе користе се различите врсте мерних уређаја,

сензора, електромотора и др. електронских уређаја који се комуникацијским каблом или бежично повезују са рачунаром на коме се врши праћење и управљање системом.



Слика 2.6. Систем даљинског грејања [6]

3.

СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛНОГ ГРЕЈАЊА

Системи даљинског грејања су веома сложени системи, а за њихов квалитетан рад (задовољавајуће и економично грејање) потребно је стално подешавање температуре воде према сваком појединачном потрошачу у зависности од спољних услова (температуре, ветрова и других фактора). Топлотне подстанице представљају везу система даљинског грејања са кућном инсталацијом потрошача [1]. За обезбеђење нормалне температуре у свим грејаним просторијама стамбених реона предвиђају се и пројектују хидраулични и топлотни режими топлотних мрежа према најнеповољнијим условима (спољна пројектна температура и режим без добитака топлоте). Да би се избегло значајније повишење унутрашње температуре у просторијама у којима постоје добици топлоте потребна је локална аутоматска регулација. У топлификационом систему зависно од места на коме се остварује регулација можемо разликовати локалне уређаје за загревање појединачних просторија и постројења за централно грејање.

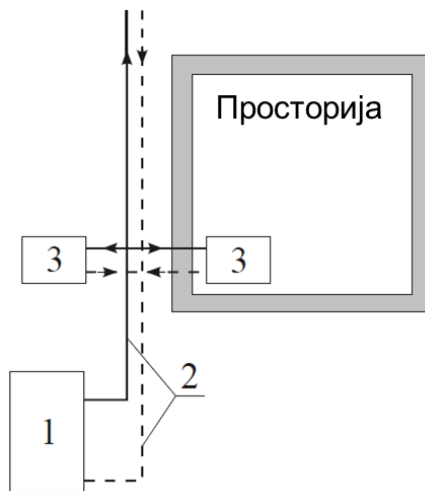
Када су у питању поделе система централног грејања, онда се оне могу направити према:

- Носиоцу топлоте (грејном флуиду) на водене, парне или ваздушне системе;
- Врсти горива на системе на чврсто, течено или гасовито гориво;
- Начину одавања топлоте на конвективно, зрачно и комбиновано;
- Врсти извора топлоте на конвенцијалне и неконвенцијалне системе.

Основна карактеристика **локалних грејних уређаја** је да се налазе у самој просторији која се греје. У грејном уређају се одвија процес сагоревања горива (чврстог, теченог или гасовитог) или претварање неког другог облика енергије у топлоту. Настала топлота у грејном уређају предаје се просторији у којој се уређај налази. Постоје и решења када се један локални уређај може користити и за грејање две просторије (нпр. када се уређај постави у зиду две суседне просторије), али је код уређаја за локално загревање ипак уобичајено: један уређај – једна просторија.

Код **постројења за централно грејање** је карактеристично то што се на један извор топлоте везује већи број грејних тела. Пошто се ложење одвија на једном месту – централизовано – онда се и такви системи називају системи за централно грејање.

Постројење за централно грејање има три основна елемента (и већи број помоћних уређаја без којих не би могло да ради), а то су: извор топлоте, дистрибуција топлоте и грејна тела (слика 3.1).



1. ИЗВОР ТОПЛОТЕ (котао на чврсто, течно или гасовито гориво; обично топловодни, а може и парни котао)

2. ДИСТРИБУЦИЈА ТОПЛОТЕ (или развод топлоте, цевни развод, цевна мрежа која служи да се грејни флуид разведе од извора топлоте до грејних тела и да се обезбеди повратак грејног флуида у котао – затворени систем)

3. ГРЕЈНА ТЕЛА (чија је функција одавање топлоте и загревање просторије; постоје различите врсте и конструкције грејних тела)

Слика 3.1. Основни елементи система за централно грејање [1]

Када се говори о квалитету уређаја за грејање, поређење се може извршити према различитим критеријумима. Критеријуми на основу којих се оцењује квалитет грејног уређаја могу се свести на шест основних категорија и то су:

- Функционалност (најважнији критеријум)
- Економичност
- Хигијенски услови
- Естетика
- Безбедност и
- Екологија

Имајући у виду свих 6 наведених критеријума, генерални став је да у урбаним срединама (густо насељеним) централно грејање зграда има низ предности у односу на појединачне уређаје за грејање. Предности су:

- бољи (равномернији) распоред температуре ваздуха по просторији;
- могућност грејања споредних просторија;
- већи котлови имају бољи степен корисности – боље искоришћење горива и бољу регулацију рада котла, што резултује уједно и мањим загађењем околине;
- рад великих котлова надгледа квалификовано особље;
- мање прљање станова и зграде;
- мања опасност од пожара;
- мањи број димњака у згради;

- мањи транспортни трошкови горива;
- мање ангажовање корисника просторија...

Недостаци централног грејања у односу на локалне уређаје за грејање су:

- већи инвестициони трошкови;
- лошија локална регулација, поготову уколико се искључи грејање у појединим становима.

Због свих наведених предности система централног грејања у односу на локалне уређаје за грејање, данас је примена постројења за централно грејање (укључујући и даљинско грејање као најшири појам централног грејања) веома распрострањена, нарочито у већим градовима.

3.1 Локални уређаји за грејање

Основна подела локалних уређаја за грејање је према врсти горива/енергије:

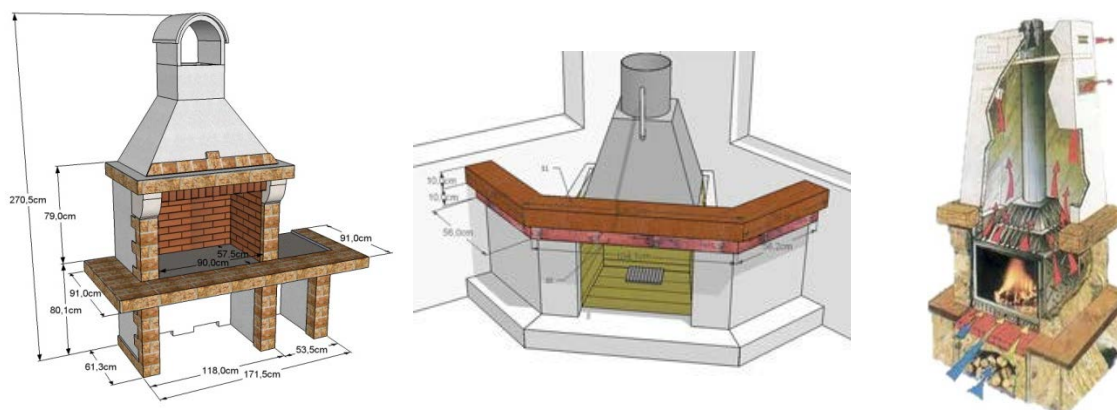
- пећи на чврсто гориво;
- пећи на течено гориво;
- пећи на гасовито гориво;
- уређаји за грејање који користе електричну енергију.

3.1.1 Пећи на чврсто гориво

- Камини,
- Зидане пећи,
- Металне пећи (бункерске и трајножареће)

Камин представља огњиште које је отворено према просторији (слика 3.2) што доводи до повећане опасности од појаве пожара и продора димних гасива у просторију. Топлота се предаје углавном зрачењем отвореног пламена високе температуре. Акумулациона способност камина није велика, тако да убрзо по гашењу пламена престаје и грејање. У каминима се као гориво користи дрво, па је степен корисности јако мали ($\eta = 10\text{--}30\%$). Камини задовољавају естетски критеријум – јако се лепо могу уклопити у простор, чак могу бити и украс у просторији. У нашим климатским условима класични камини се могу користити само као допунски извор грејања. Међутим, као и већина уређаја, и камини су технички унапређивани, тако да модерни камини имају већи степен корисности, контролу интензитета сагоревања, веће акумулационе способности кроз израду масивних ливених ложишта, повећано одавање топлоте

конвекцијом, итд. Такође се конструишу „котловски“ камини, чије је ложиште са спољне стране обложено цевним змијама кроз које струју грејни флуид, и који се користи у другим грејним телима.



Слика 3.2. Изглед различитих конструкција камина [1]

Зидане пећи су биле јако распрострањене током 60-их и 70-их година прошлог века. Најпознатије су каљеве пећи (слика 3.3). Ове пећи имају знатну способност акумулације топлоте. Са унутрашње стране су обложене шамотним плочама, тако да могу грејати и већи број сати (12-16х) након што се прекине ложење. Као гориво у овим пећима се може користити дрво и угаљ. Степен искоришћења горива се креће око 50% (мах 80%). Карактеристика ових пећи је да имају повољан однос одавања топлоте конвекцијом и зрачењем. Естетски услови су такође задовољени и ове пећи могу јако лепо изгледати и бити израђене од каљева различитих боја и текстуре.



Слика 3.3. Изглед каљевих пећи [1]

Металне пећи су код нас углавном познате као „бубњаре“ или „краљице пећи“ (слика 2.4). Ове пећи уместо акумулације топлоте имају акумулацију горива – могу се

напунити горивом, које ће постепено сагоревати – слој по слој. Сагоревање је углавном потпуно. Степен искоришћења горива код ових пећи се креће у границама од 60-70%. Мана ових пећи је њихова висока температура површине, која може достићи и 200°C, што је неповољно из више разлога: безбедност (људи се могу опећи), сагоревање материја које се налазе на површини пећи и веома интензивну размену топлоте зрачењем, која је неугодна за човека.



Слика 3.4. Изглед металних пећи [1]

3.1.2 Пећи на течном гориву

Пећи на течном гориву се код нас често називају „нафта пећи“, мада уствари користе екстра лако уље за ложење. Одавање топлоте се претежно одвија конвективним путем, јер је етално ложиште обавијено и металним кућиштем (углавном из хигијенских и естетских разлога). Код ових пећи је, за разлику од уређаја који користе чврсто гориво, много боља регулација. Степен корисности се креће око 80%. Мана ових пећи је присутност непожељних мириса који се јављају услед испарења из резервоара, продирања димних гасова или услед просипања горива при пуњењу.

3.1.3 Пећи на гасовитом гориву

Пећи на гасовитом гориву могу да користе природни (земни) гас или течни гас (пропан-бутан) из боца. Код ових пећи однос одате топлоте конвекцијом и зрачењем може бити веома различит, у зависности од конструкције пећи (рефлекторске, са усијаним елементима, са цевним грејачима ваздуха итд.). Заједничка карактеристика је висок степен искоришћења горива од око 85%, као и добра регулација. При потпуном сагоревању природног гаса продукти сагоревања су CO_2 и водена пара. Због тога се дозвољава да се пећи мањег капацитета (2-3,5 kW) могу поставити у просторију без повезивања на димањак. За пећи већег капацитета обавезно је повезивање на димањак. Основна функција димњака је прво довођење ваздуха потребног за сагоревање, па тек онда одвођење продуката сагоревања. Предности ових уређаја су:

чистоћа у раду, једноставност руковања, добра регулација. Недостаци су: опасност од пожара и експлозије и опасност од тровања гасом.

3.1.4 Уређаји за грејање који користе електричну енергију

- грејалице,
- калорифери,
- термоакумулационе пећи,
- климатизери (сплит системи, топлотне пумпе).

Електрични уређаји се битно разликују у многим елементима од уређаја за грејање који раде сагоревањем конвенционалног горива. Предности су:

- могу се поставити на термички повољније место у просторији,
- могу да греју и споредне просторије,
- лака је регулација одавања топлоте,
- веома комфортно коришћење са аспекта корисника,
- еколошки прихватљиво за урбане средине.

Недостаци:

- висока цена енергије (код нас није толико колико је то изражено у развијени западним земљама),
- са аспекта друштва у целини, веома је нерационално користити електричну енергију за грејање.

Електричне грејалице користе ефекат загревања проводника (услед отпора провођењу електричне енергије). Топлота се претежно одаје зрачењем и ови уређаји немају никакву способност акумулације топлоте, тако да из мреже „вуку“ струју онда када је грејање потребно, а шпицеви потрошње електричне енергије и топлоте се често подударају, што је неповољно (висока тарифа). Изглед различитих типова електричних грејалица и кварцних пећи је приказан на слици 3.5.



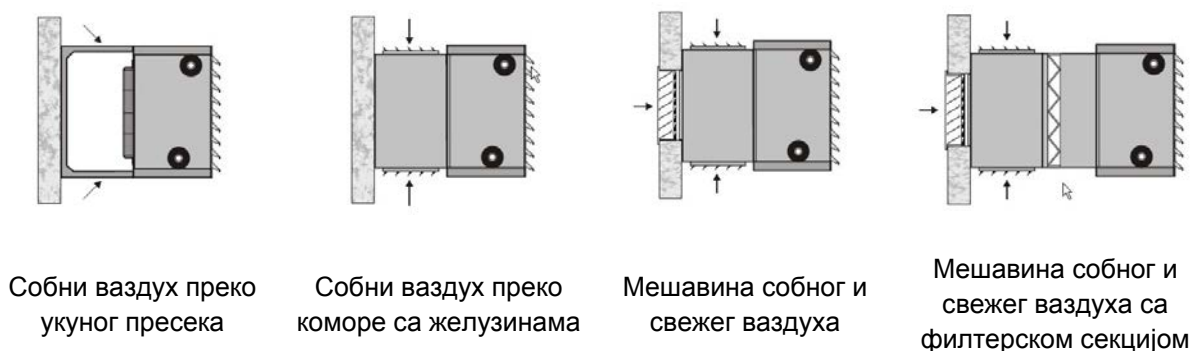
Слика 3.5. Електричне грејалице [1]

Калорифери су уређаји за грејање који имају уграђен вентилатор којим се остварује принудно струјање собног ваздуха преко електричног грејача, и тиме се поспешује прелаз топлоте (слика 3.6). Одају топлоту конвективним путем. Немају могућност акумулације топлоте. У односу на грејалице имају неповољније хигијенске аспекте, је услед принудног струјања ваздуха долази до подизања прашине у просторији.



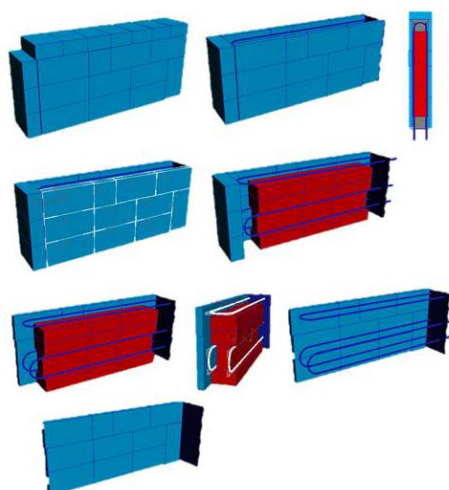
Слика 3.6. Калорифери [1]

Осим електричних, калорифери могу имати и топоводне грејаче. Калорифери могу да раде и са уделом свежег ваздуха, ако се монтирају на спољни зид просторије, што је повољније са аспекта квалитета ваздуха, али неповољније са аспекта инсталисаног капацитета грејача. Начини монтаже калорифера су приказани на слици 3.7.



Слика 3.7. Различити начини постављања калорифера [1]

Термоакумулационе пећи (слика 3.8) имају испуну од магнезијумских опека између електрично грејача и металног кућишта, тако да имају велику моћ акумулације топлоте. Пећ се „пуни“ током ноћи, у доба јефтиније тарифе електричне енергије, а топлоту одаје преко дана, када постоје потребе за грејањем. У себи садрже и вентилаторе, којима се поспешује одавање топлоте конвективним путем. Осим претежног одавања топлоте конвекцијом, један део се предаје и зрачењем, које веома повољно утиче на човека који борави у просторији.



Слика 3.8. Термоакумулациона пећ [1]

Климатизери (топлотне пумпе) као првенствену улогу имају задатак хлађења током лета, али могу да раде и у режиму топлотне пумпе током хладнијих дана, када греју (слика 3.9). Назив „сплит“ систем потиче од енеглеске речи са значењем „подељен“, јер се уређај састоји из две јединице: спољне и унутрашње. По својој концепцији – то је расхладни уређај који се састоји од компресора, кондензатора, испаривача и пригушног вентила. Радни флуид је фреон. Компресорско-кондензаторска јединица је спољна јединица, док се испаривач налази у унутрашњој јединици. Кондензатор је ваздухом хлађени кондензатор. У режиму хлађења, током лета, фреон се кондензује у кондензатору предајући топлоту спољном ваздуху, а испарава у испаривачу и топлоту испаравања одузима од ваздуха у просторији. Ваздух из просторије се уводи у унутрашњу јединицу са чеоне стране, а убације назад у просторију са доње стране уређаја. У режиму грејања, кондензатор и испаривач мењају улоге – у унутрашњој јединици се врши кондезација фреона и топлота кондезације се предаје ваздуху у просторији, док се испаравање одвија у спољној јединици.



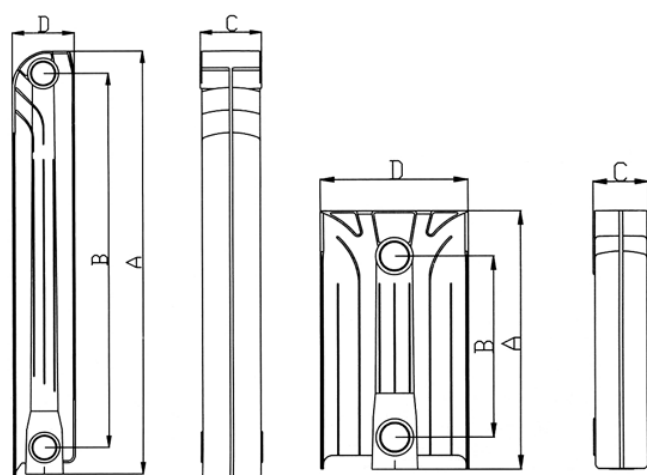
Слика 3.9. Климатизер [1]

3.2 Уређаји за централно грејање

Грејна тела представљају један од основних елемената постројења за централно грејање. Задатак грејног тела је да просторији преда одређену количину топлоте, која је једнака тренутним губицима топлоте [1]. Топлота која се производи у котлу, системом цеви се разводи до просторија, а грејно тело затим доведену топлоту предаје просторији. Има више врста грејних тела, од којих су у системима централног грејања највише заступљени радијатори.

3.2.1 Радијатори

Радијатори су чланкаста грејна тела, чија конструкција омогућава постизање жељене површине грејног тела кроз спајање одређеног броја чланака. Спајање чланака се врши помоћу посебних елемената – назувица. Означавање радијатора се обично врши на следећи начин: $n-A/C$, где је n – број чланака, A – размак између прикључака и C – ширина радијатора (слика 3.10).



Димензије радијатора:

A – размак између прикључака

B – висина радијатора

C – ширина радијатора

D – дебљина чланка

Слика 3.10. Димензије радијатора [1]

Када се радијатори постављају у нишу испод прозора, тада је неопходно оставити од 70 до 120 mm слободног ваздушног простора изнад радијатора, као и испод радијатора, како би се обезбедило опструјавање радијатора собним ваздухом. Уколико нема нише испод прозора, тада висина радијатора не сме прелазити висину парапетног зида. Такође је потребно оставити 20 до 50 mm празног простора између радијатора и спољног зида. Маскирање радијатора – постављање маске преко њега због естетских или заштитних разлога – лоше је термичко решење, јер је у том случају

одавање топлоте радијатора смањено за 10 до 30%. Облик чланака зависи од материјала од кога се радијатор израђује, а то могу бити:

- ливено гвожђе,
- челични лим и
- Al – легуре.

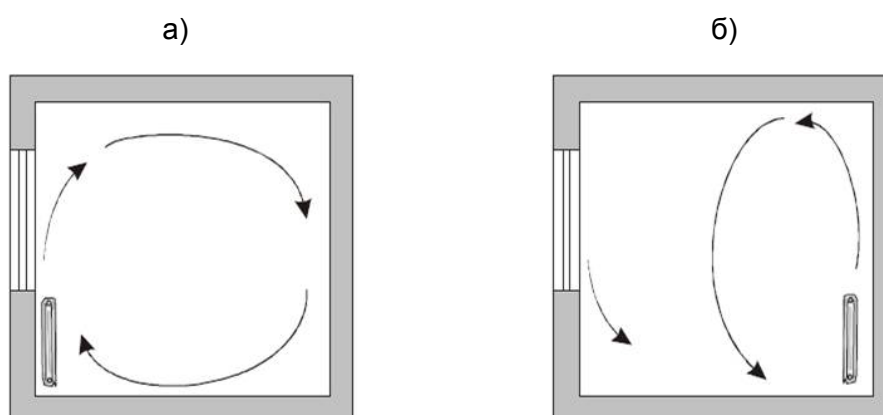
Када се говори о квалитету радијатора, поређење се може извршити према различитим критеријумима. Критеријуми на основу којих се оцењује квалитет радијатора су следећи:

- Трајност (отпорност на корозију) LG, Al, Č ➤
- Инертност (већа маса и већи садржај воде – већа инертност) LG, Č, Al ➤
- Величина (специфично одавање топлоте – $W/Č$) Al, Č, LG ➤
- Тежина (већа тежина – скупља монтажа) LG, Č, Al ➤
- Изглед (естетски критеријум – индивидуално – ствар укуса појединца) Al, LG, Č ➤
- Цена Č, Al, LG ➤

Положај радијатора у просторији

Најбоље је поставити радијатор уз хладну површину (слика 3.11) – на месту где су највећи губици топлоте у просторији, а то су места:

- испод прозора,
- уз спољни зид.



Слика 3.11. Положај радијатора у просторији – а) добри термички услови, б) лоши термички услови [1]

3.2.2 Плочаста грејна тела

Плочаста грејна тела се углавном израђују од челичног лима. Њихова основне карактеристике су мала дебљина и велике глатке или профилисане грејне површине. По питању тока воде и начину одавања топлоте слични су радијаторима, па их често

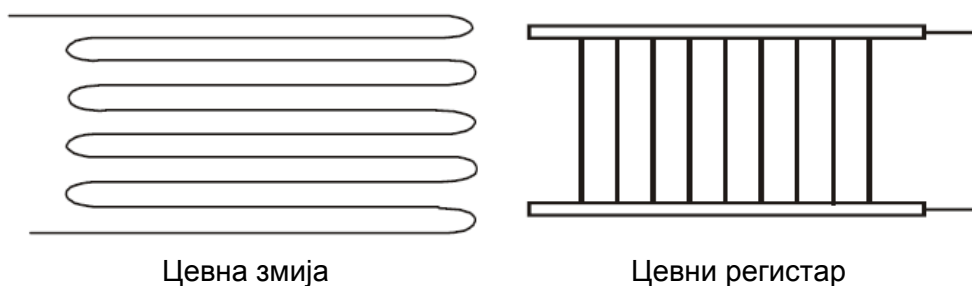
због тога називају плочастим радијаторима. Међутим, плочаста грејна тела немају чланке као радијатори, па самим тим ни могућност добијања жељене површине за одавање топлоте – склапањем на самом објекту, већ се испоручују у фиксним димензијама. Израђују се у стандардним величинама – дужина x , висина y , дебљина z – и у зависности од тога зависи њихов топлотни учинак – одавање топлоте. По питању димензија, трајности, монтаже и инертности при одавању топлоте готово су идентични као и радијатори од челичног лима (слика 3.12). Њихова предност у односу на челичне радијаторе је естетика – лепше изгледају, а због своје мале дебљине скоро да не заузимају користан простор у просторији.



Слика 3.12. Плочасти радијатор [1]

3.2.3 Цевна грејна тела

Цевна грејна тела су састављена од више редова цеви, које су слободно изложене собном ваздуху, коме предају топлоту претежно конвективним путем. Цевна грејна тела се користе у просторијама које имају мале губитке топлоте, ако што су купатила, WC, ходници, блокиране просторије (без спољних зидова и прозора). Материјал за израду цевних грејних тела је угланом челик, односно сама грејна тела се израђују спајањем челичних цеви, на различите начине (слика 3.13). Предности цевних грејних тела је лако одржавање чистоће (хигијенски услови), као и леп изглед површине: могу да се фарбају, никлују и пластифицирају.

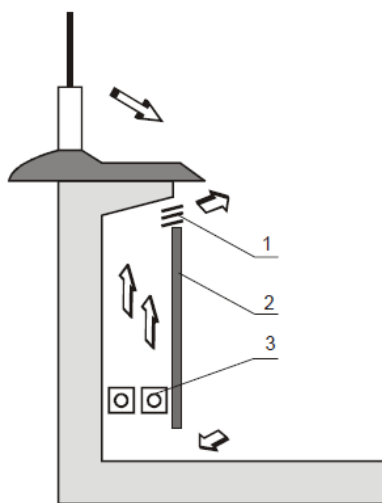


Слика 3.13. Различите конструкције цевних грејних тела [1]

У циљу повећања одавања топлоте цевна грејна тела могу да се оребравају: с обзиром да коефицијент прелаза топлоте са чврстих тела на ваздух има нижу вредност од коефицијента прелаза топлоте са воде на чврсто тело (зид цеви), повећањем спољне површине цеви путем оребрења постиже се боље одавање топлоте. Међутим, код оребрених површина се јавља проблем чишћења, па су нарушени хигијенски услови у просторији.

3.2.4 Конвектори

Конвектори су ламеласте загрејачи ваздуха који се израђују од оребрених цеви (челичних цеви са челичним ребрима или бакарних цеви са алуминијумским ребрима). Сам загрејач ваздуха (размењивач топлоте) је смештен у посебно кућиште, које је конструисано тако да се поспешује природна конвекција (слика 3.14). Висина кућишта, односно размак између горњег и доњег отвора на кућишту директно утиче на узгонску силу која остварује циркулацију ваздуха кроз конвектор. Одавање топлоте се одвија искључиво конвекцијом (па су тако и добили назив). Топлотни учинак конвектора, односно одавање топлоте, зависи како од броја основних цеви размењивача топлоте, тако и од висине кућишта. Подешавања грејног капацитета се може вршити и са „водене“ и са „ваздушне“ стране. Регулација са „водене“ стране се остварује преко регулационог вентила обично квалитативно – променом температуре воде која струји кроз загрејач (регулација може бити и квалитативна – остварује се променом протока грејног флуида). Са „ваздушне“ стране регулација се врши помоћу жалузина које се налазе на излазном отвору за ваздух (на овај начин се не мења хидраулички режим у цевној мрежи).



Елементи конвектора:

1. Канал за струјање ваздуха са жалузинама и успостављање узгонског ефекта
2. Кућиште конвектора
3. Конвекторско тело – загрејач ваздуха израђен од оребрених цеви

Слика 3.14. Конструкција конвектора [1]

3.2.5 Панелна грејна тела

Панелна грејна тела (или само панели) су грејна тела састваљена од неоребрених цевних змија, које се постављају у грађевинску конструкцију просторије. Цев се могу поставити слободно у подној плочи (око њих је мањи слој ваздуха који се згрева) или уливане у бетон. Уколико се цев панела уливају у бетон важно је да коефицијент температурског ширења цев и бетона буде приближно исти, како не би долазило до пуцања грађевинске конструкције и самих цев. Цев од којих се израђују панели могу бити челичне (што је јако ретко), бакарне и пластичне (полетиленске, полипропиленске.).

У зависности од тога у који грађевински елемент просторије се уграђују панели разликује се:

- подно (најчешће),
- зидно и
- плафонско грејање.

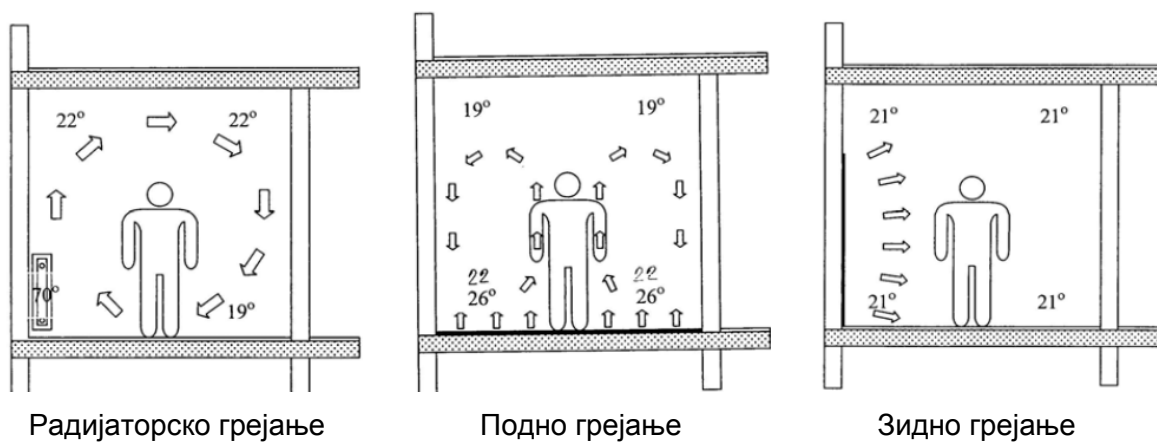
Панел прекрива цео грађевински елемент или његов већи део, па тако код подног грејања – под представља грејно тело. Панелна грејна тела одају топлоту:

- зрачењем на околне површине у просторији (код подног грејања око 55%, док код плафонског грејања може достићи и 90%) и
- конвекцијом на собни ваздух (код подног око 45%, а код плафонског знатно мање).

Панелна грејања се увек изводе као нискотемпературска грејања – пошто је повећана површина за размену топлоте, онда се може ићи на нижу температурски разлику између грејног флуида и ваздуха у просторији.

Подно грејање је најчешће примењивано панелно грејање. Код овог система је знатно боља расподела температура ваздуха по висини просторије у односу на плафонско грејање због тежње да загрејан ваздух струји навише. Удео конвективног преноса топлоте је већи него код плафонског и креће се у границама од 40-45%. Коефицијент прелаза топлоте при конвекцији креће се у границама $\alpha = 3,2 - 4,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Слично као и код плафонског грејања, због величине панела, капацитет овакве врсте грејања је лимитиран површином пода просторије у чијем се делу поставља панел. За разлику од плафонског грејања, за подно грејање се не може увек користити цела површина пода, већ само онај део који није покривен намештајем. На слици 3.15 приказано је поређење распореда температура по запремини просторије за радијаторско и панелно грејање.



Слика 3.15. Расподела температура по запремини просторије [1]

4.

СИСТЕМИ ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА У ЕВРОПИ

Термином даљинско грејање (ДГ) означавамо централизовано снабдевање топлотом већег броја потрошача. Потрошачи топлоте у систему даљинског грејања могу бити: постројења централног грејања, проветравања, климатизације, постројења за припрему топле санитарне воде, као и различити уређаји у индустрији који користе топлоту. Даљинско грејање је инфраструктура која омогућује да се топлота произведена на централној локацији преноси до стамбених и комерцијалних зграда на ширем подручју. Даљинско грејање је чисто, ефикасно и економично због своје флексибилности и оптималних услова за производњу топлоте [3]. Постројење даљинског грејања често је комбинација топлане и електране (CHP). Захваљујући истовременој производњи топлоте и струје у истом процесу, користи се топлота која би се иначе расипала при производњи електричне енергије. Ово доводи до огромних уштеда енергије, до 30%. Сваки извор енергије може се употребити у систему даљинског грејања. Обновљиви извори као што су биомаса, соларна енергија и отпад све се више примењују у системима даљинског грејања, било у потпуности било као додатак традиционалним фосилним горивима. Даљинско грејање је другим речима спремно за данашње изворе чисте енергије, као и за оне који ће се појавити у будућности. Према европском удружењу националних удружења за даљинско грејање, Euroheat&Power даљинско грејање је погодан начин за грејање простора и потрошне топле воде. Заступљеност система даљинског грејања у Европи приказана је на слици 4.1.

У многим процесима, на пример у процесу производње електричне енергије или при сагоревању отпада, велике количине енергије се ослобађају у облику отпадне топлоте. Основна идеја водилца за модерне системе даљинског грејања је искориштавање ове топлоте која би иначе била изгубљена из производње електричне енергије, из процеса рафинације горива и биогорива као и из других индустријских процеса. Даљинско грејање такође може да омогући кориштење обновљивих извора енергије као што су биомаса, геотермална или сунчева енергија.

Подела система ДГ према намени:

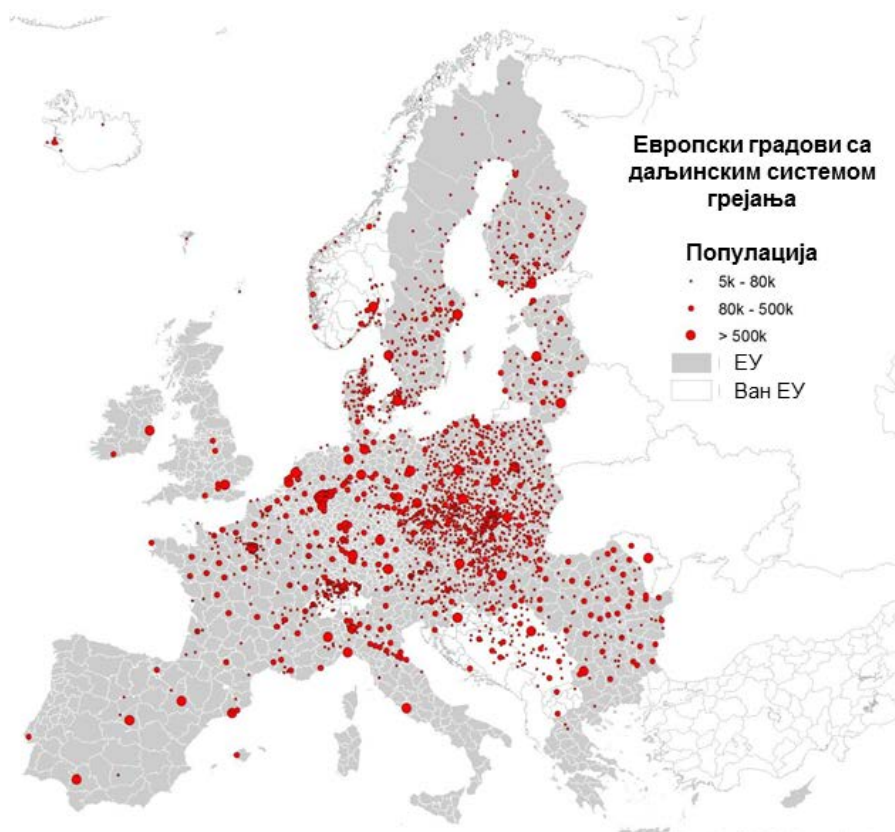
- комунални системи (стамбене, пословне, јавне зграде)
- индустријски системи (разне фабрике – потребе грејања и технолошки процеси)

Подела према носиоцу топлоте:

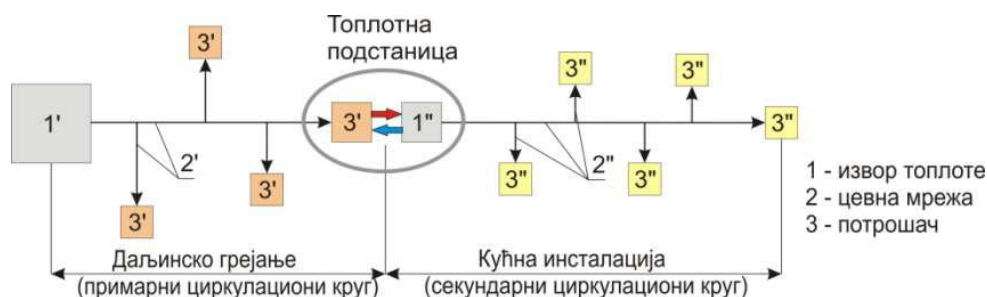
- водени системи,
- парни системи.

Систем даљинског грејања може се поделити у три целине: места потрошње, топловодна мрежа и места производње топлотне енергије. Тачно познавање рада свих елемената система и њихове међусобне повезаности је неопходан услов за постизање оптималних резултата. Слично као и код система централног грејања, код даљинског грејања (слика 3.2) постоје три основна елемента система:

1. елемент за производњу топлоте (топлотни извор – топлана, котлови);
2. елемент за транспорт носиоца топлоте (цевна мрежа – топовод);
3. елемент за предају топлоте потрошачима (прикључна станица, предајна станица, топлотна подстанција или само подстанција).



Слика 4.1. Заступљеност система даљинског грејања у Европи [7]

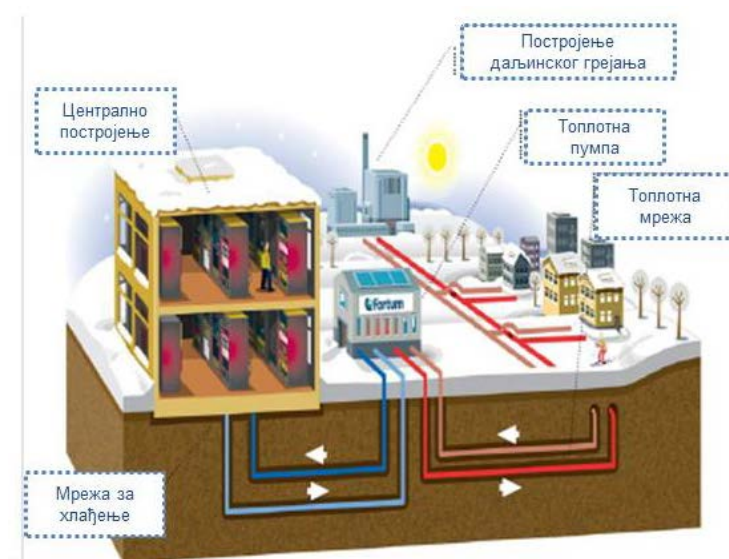


Слика 4.2. Основни елементи система ДГ [8]

Висока термичка отпорност изолације тј. низак коефицијент провођења топлоте неопходна је ради снижења топлотних губитака топловода. Величина ових губитака зависи од проводљивости топлоте посматраног слоја и његове дебљине. Иста величина губитка топлотне енергије q може се остварити различитим изолацијама одговарајуће дебљине. Подразумева се да се исти овај ефекат може постићи и одговарајућим комбиновањем више различитих изолационих слојева истовремено. Која вредност губитка топлоте и која комбинација изолационих слојева треба да се примени код система за транспорт топлотне енергије произилази из техноекономске анализе целог система.

4.1 Мреже даљинског система грејања

Мреже даљинског грејања су, по правилу, сложени цевоводи које чине бројне праве деонице, рачве или струјни кругови [4]. Кроз мрежу даљинског грејања, пумпе у постројењу које производи топлоту доводе воду до корисника, где се она употребљава за загревање просторија/пода и за производњу потрошне топле воде (слика 4.3). Потрошна топла вода се загрева у размењивачу топлоте у којем загрејана доведена вода преноси своју топлоту на воду која излази из славине. Доведена вода се може користити директно за загревање просторија. Алтернативно, размењивач топлоте може и да пренесе топлоту у интерну циркулацију. Доведена вода - која је сада хладна пошто је топлота пренесена на потрошну топлу воду и загревање просторија - затим се враћа у постројења даљинског грејања. Доводна вода у даљинском грејању бескрајно циркулише у затвореном цевоводу.

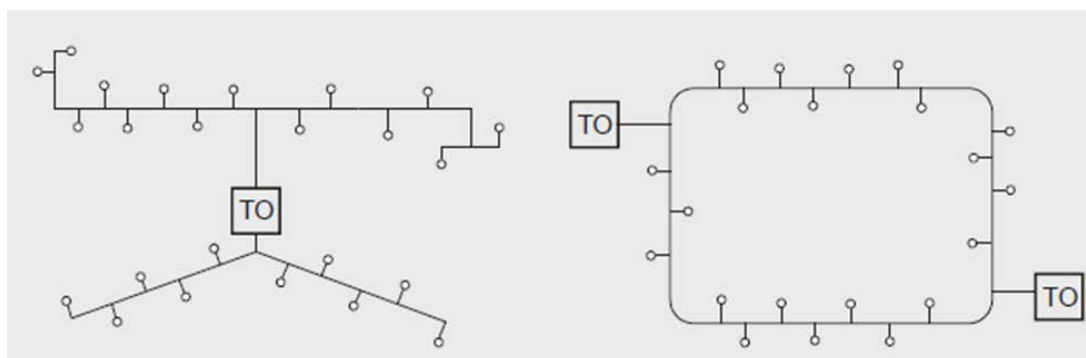


Слика 4.3. Мрежа даљинског грејања [8]

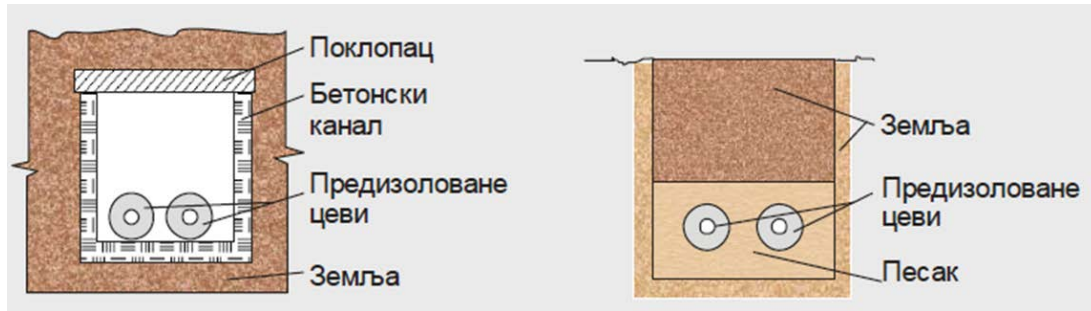
Постојећи наменски програмски пакети омогућују да се изврши статичка хидрауличка анализа различитих типова цевних мрежа. Добијени подаци су од виталног значаја за пројектовање цевне мреже даљинског грејања, одређивање оптималне конфигурације пумпних станица, откривање критичних тачака у систему и процену могућности за повећање потрошње. За оптимално управљање системом моделе цевовода треба поједноставити груписањем у појединачне целине чиме се модел може поједноставити за 80 до 95% без знатнијег смањења тачности. Па ипак, важно је задржати неке битне одлике цевне мреже, као што су запремина флуида у цевоводу, време кашњења, запремински проток, топлотни губици и притисак у систему. Поједностављени модел мора бити у сагласности са стварним моделом до извесног степена талности, нарочито по питању притиска у систему и динамике предаје топлоте.

Подела мрежа даљинског грејања може се извршити на неколико начина:

- Према конфигурацији (слика 4.4) постоје:
 - зракасте и
 - прстенасте мреже.
- Према броју цеви:
 - једноцевне (за транспорт паре без повратка кондензата - неекономично);
 - двоцевне (најчешће примењиване);
 - троцевне (две разводне и једна повратна).
- Према начину полагања (слика 4.5) цеви:
 - надземне (јефтиније, примењује се у индустријским комплексима) и
 - подземне (цеви у каналима или бесканално полагање у земљу).



Слика 4.4. Зракасте (лево) и прстенасте (десно) мреже даљинског система грејања [8]



Слика 4.5. Начин полагања топловода у бетонском каналу (лево) и бесканално (десно) [8]

Неки системи даљинског грејања користе пару као медијум за дистрибуцију уместо воде. На овај начин се постижу више температуре доведене воде, које су често неопходне за индустријске процесе. Мана паре је да узрокује веће губитке топлоте него вода.

4.2 Одржавање притиска у систему даљинског грејања

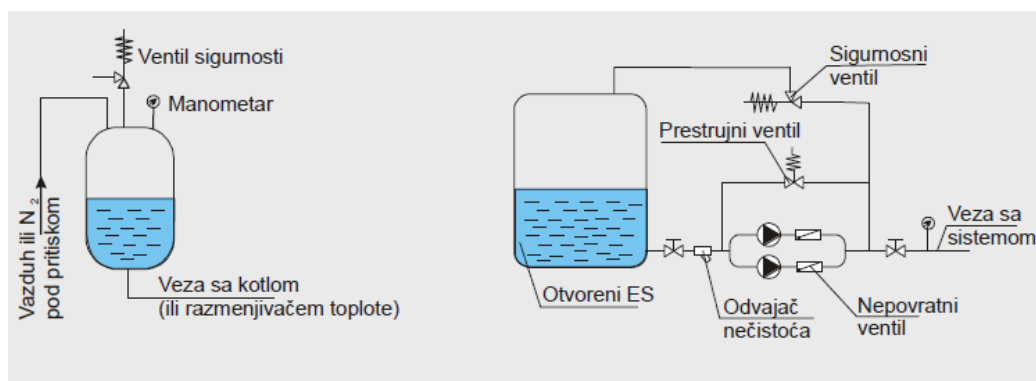
У системима даљинског грејања веома је важна расподела притиска у мрежи. Притисак у мрежи се разликује у стању мировања радног флуида (статички) и у раду система. Никада и нигде у систему се не сме дозволити:

- да притисак порасте изнад притиска засићења, како не би дошло до испаравања воде и
- да притисак падне испод атмосферског, како не би дошло до усисавања ваздуха.

С друге стране максимални притисак воде у грејним телима је 6 бара, па се због тога на брежуљастим теренима обавезно примењује индиректни систем (када се хидраулички раздвајају примарни и секундарни циркулациони круг). Максимални притисак у примарном делу мреже је 25 бара.

Одржавање притиска се може решити на неколико начина (слика 4.6) и то обично у комбинацији са решавањем проблема експанзије воде приликом загревања. Неки од начина су:

- Експанзиони суд са парним простором,
- Експанзиони суд са гасним јастуком,
- Диктир систем (помоћу посебних циркулационих пумпи - диктир пумпи).



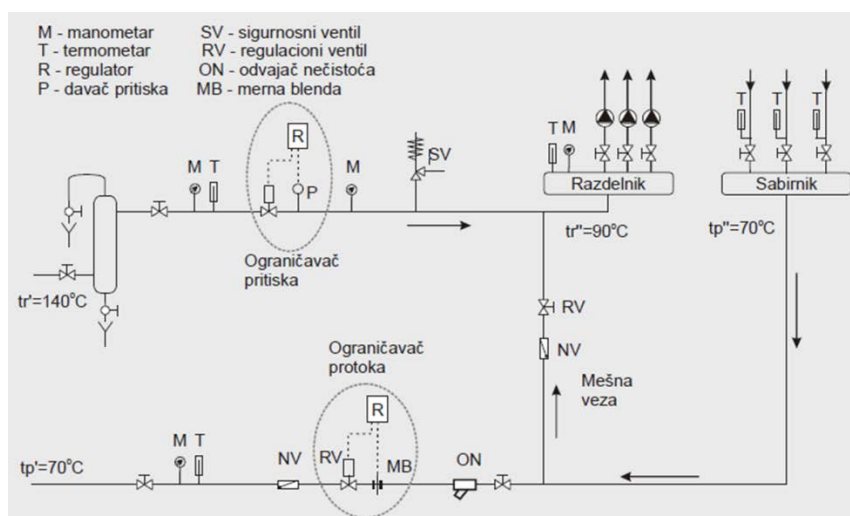
Слика 4.6. Начини одржавања притиска у систему [8]

4.3 Топлотне подстанице

Постоје два основне типа топлотних подстаница:

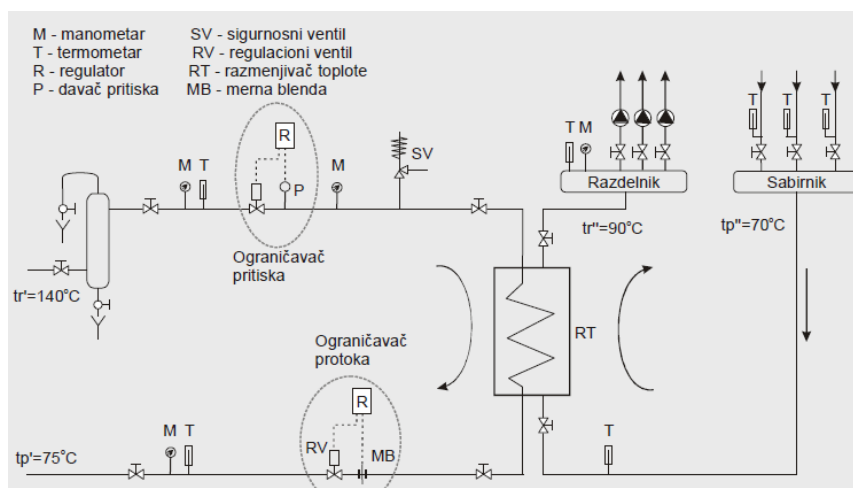
- са директним прикључком и
- са индиректним прикључком.

Код система са директним прикључком систем даљинског грејања и кућна инсталација представљају јединствен хидраулички (циркулациони) круг (слика 4.7) [3]. Ово решење је једноставније, јефтиније и економичније. У овом систему је температура повратне воде примара нижа и једнака је температури повратне воде у секундару (кућној инсталацији). Међутим, овакав систем није увек применљив, због притиска који је потребно одржавати у мрежи даљинског грејања. Неповољност представља и јединствен циркулациони круг, па се нечистоће из кучне инсталације преносе у инсталацију даљинског грејања.



Слика 4.7. Систем са директним прикључком [8]

Индиректан прикључак подразумева постојање размењивача топлоте, који служи за размену топлоте између воде примара и секундара и он хидраулички раздваја циркулационе кругове система ДГ и кућне инсталације (слика 4.8). Предност овакве подстанице је што је притисак у кућној инсталацији независан од притиска у топоводу. Осим тога, нема мешања воде из кућне инсталације са водом из система ДГ.



Слика 4.8. Систем са индиректним прикључком [8]

5.

ТАРИФНИ СИСТЕМИ ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА

Тарифни систем је систем обрачунавања испоручене робе и/или услуга купцима код континуалне продаје. Код продаје топлотне енергије крајњим потрошачима треба да се примењују важећи тарифни ставови, који су засновани на књиговодственим или на објективизованим трошковима у целокупном технолошком процесу производње, транспорта и испоруке, а у функцији места, начина и износа преузетих количина топлоте. Односи међу тарифним ставовима одређују се према месту преузимања, категорији потрошње и карактеристици потрошача у функцији објективно произведених трошкова. Тарифни систем треба да представља основу за трансформисање цена код крајњих потрошача. Порези и таксе, субвенције и олакшице су основни елементи и инструменти енергетске политике усмерене на оне облике енергије и структуру потрошње који су за друштво најповољнији. Тарифна политика је та која диференцира цене за различите категорије потрошача, ћиме упућује поруку потрошачима какво треба бити њихово понашање и подстиче их на рационалну потрошњу. Ово знаћи да структура производње и потрошње топлотне енергије треба да буде подржана ценама и тарифним системом како би оне коначно могле бити препуштене регулацији на слободном тржишту, управо путем тих цена и тарифног система.

Тарифним системом се одређују:

- основни тарифни елементи за обрачунавање вредности робе и/или услуге,
- купцима критеријуми и мерила за одређивање нивоа цена,
- начела и критеријуми за одређивање тарифних ставова и начин утврђивања и коришћења рачунских елемената код формирање цене.

Тарифни елементи су одређене величине која учествују у формирању појединих елемената цене, односно појединих тарифних ставова. Тарифни елементи за које се утврђују тарифни ставови су код система даљинског грејања:

- прикључна снага,
- испоручена количина топлотне енергије,
- читавање мерача, расподела трошкова, обрачун и наплата,
- надзор над градњом прикључног вода и топлотне подстанице,

- пробна испитивања и пробни рад,
- друге нестандартне услуге.

Тарифни ставови се утврђују за појединачне тарифне елементе. Тако, код система даљинског грејања, тарифни ставови за појединачне тарифне елементе могу бити:

- цена за јединицу прикључне снаге у $\text{дин}/(\text{kW} \times \text{месец})$
- цена за јединицу испоручене количине топлотне енергије:
 - за топлотну енергију у $\text{дин}/\text{kWh}$,
 - за санитарну топлу воду у $\text{дин}/\text{m}^3$,
- цене расподеле трошкова (систем делитеља), очитавања мерача (на нивоу предајног места), обрачуна и наплате у $\text{дин}/\text{мерном месту}$, односно у $\text{дин}/\text{обрачунском месту}$,
- цене за надзор над градњом прикључног топловода и топлотне подстанице,
- цене за пробна испитивања и пробни рад,
- цене других нестандартних услуга.

Категоризација, груписање и подела на тарифне групе потрошача топлоте из система даљинског грејања проводи се по критерију врсте носитеља топлоте, намене, нивоа топлотног оптерећења или инсталираног топлотног капацитета, количине преузете енергије, трајању искоришћења инсталираног топлотног капацитета, специфичном топлотном оптерећењу и специфичној топлотној потрошњи. Елементарна подела потрошача топлоте заснива се на критеријуму носитеља топлотне енергије, по којем се потрошачи могу поделити у три основне категорије:

- потрошачи технолошке паре (индустријски потрошачи, болнице, праонице, итд),
- потрошачи вреле или топле воде (домаћинства, радни простори производних предузећа, услужне делатности, ординација, хотела, бироа, итд.),
- потрошачи санитарне воде из система ДГ.

Следећа подела потрошача може бити унутар појединих сектора или категорија потрошње. Поделе на групе потрошача унутар категорија потрошње могу се знатно разликовати будући да између потрошача различитих категорија потрошње постоје знатне разлике у наменама, броју, количинама и категоријама потрошње. Када се ради о овој подели, примарни су они критеријуми који су везани за количине потрошње или износе оптерећења и њихове осцилације. У систему даљинског грејања, сви корисници топлоте су сврстани у три тарифне групе:

- домаћинства,
- привреда (са висином загрејаног простора до 3,5 m),

- посебни потрошачи (чија висина загревања простора износи 3.5 и више метара).

Начин утврђивања цене топлоте и накнаде за прикључење нових потрошача утврђују се у односу на циљеве и ефекте који се желе њима остварити. Утврђена цена и тарифна структура треба да су производ следећих показатеља и захтева:

- реални трошкови комуналне делатности или услуге који су у функцији: развоја, изградње, експлоатације и акумулације система ДГ,
- врсте енергента, искоришћење примарних енергената, укључивање обновљивих извора топлоте,
- трошкови експлоатације у функцији подстицања штедње и смањења губитака топлоте,
- трошкови експлоатације у функцији избора нивоа рационалности од стране потрошача,
- плаћање реалних трошкова стварно ангажованог топлотног оптерећења и утршка топлоте,
- да цена, тарифни систем и начин утврђивања накнаде за прикључак подржавају рационалан избор извора загревања, и
- да се подстиче смањење негативних утицаја на животну околину, посебно смањење емисије отпадне топлоте и штетних гасова.

У првом кораку одређивања цене топлоте, одређује се просечна цена топлоте којом се осигурава покриће расхода производње, транспорта, дистрибуције и расподеле топлоте. У другом се кораку укупни трошкови, тј. просечна цена топлоте, трансформише путем тарифног система у цене за поједине категорије и групе потрошача. Трошкови који настају у систему производње и дистрибуције топлоте до потрошача деле се на фиксне и варијабилне. Фиксни трошкови су трошкови капацитета, који су независни од степена искоришћења система, и то су трошкови амортизације, текућег и инвестиционог одржавања, осигурања, камата итд. Варијабилни трошкови су трошкови зависни о степену искоришћења капацитета. Они расту са бројем произведених kWh топлотне енергије. Полазна основа за разраду подлога тарифног система у топлификацији градова су свеукупни трошкови до нивоа испоруке топлоте потрошачима. Унутар њихове обраде, неопходно је утврдити допринос и утицај сваке компоненте топлотног система на ниво и структуру тарифних ставова, од трошкова производње, транспорта и дистрибуције топлоте, до места, времена и начина њеног преузимања и потрошње.

У земљама ЕУ примењују се одређене методологије за одређивање варијабилног дела цене топлоте из ДГ за шта се користе одговарајуће формуле. Формуле садрже старе и нове цене варијабилног дела топлоте као и старе и нове цене горива, као и одређене индексе, корекционе факторе итд.

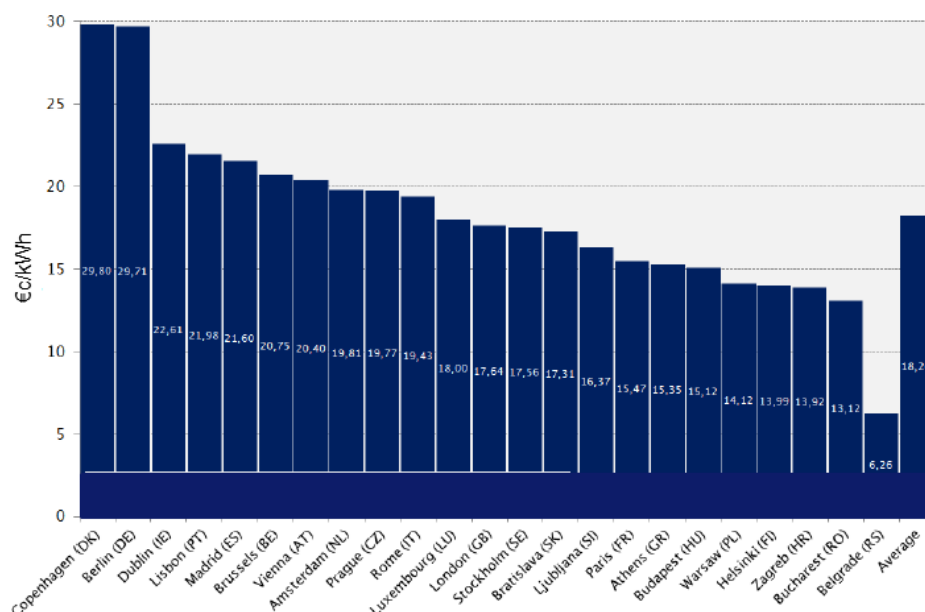
Елементи по којима треба вршити утврђивање цена топлотне енергије из система ДГ су:

- обрачунска топлотна снага, фиксни трошкови,
- испоручена топлотна енергија, варијабилни трошкови,
- површина затвореног стамбеног простора,
- количина испорученог носиоца топлоте.

Анализе топлотних оптерећења и потрошње по објектима показују велике разлике и по топлотном оптерећењу и по потрошњи топлоте по m^2 грејане површине. Ови показатељи су подложни климатским условима али и грађевинским карактеристикама објеката и начину понашања при потрошњи топлоте. Тако нпр. у новијим објектима добрих топлотних карактеристика и у објектима до приземље + 4 спрата, топлотно оптерећење по m^2 површине износи 90 W, а у високим објектима и слабо изолованим објектима топлотно оптерећење по m^2 површине износи и до 165 W. У врло лоше пројектованим и изведеним објектима, као и у старим објектима, топлотно оптерећење износи знатно више, па и до 300 W/ m^2 . Овом констатацијом постаје потпуно оправдано подузимање мера и подстицања смањивања топлотних оптерећења или уговорених топлотних снага по m^2 грејане површине, смањујући губитке топлотне енергије а тиме и укупних трошкова система.

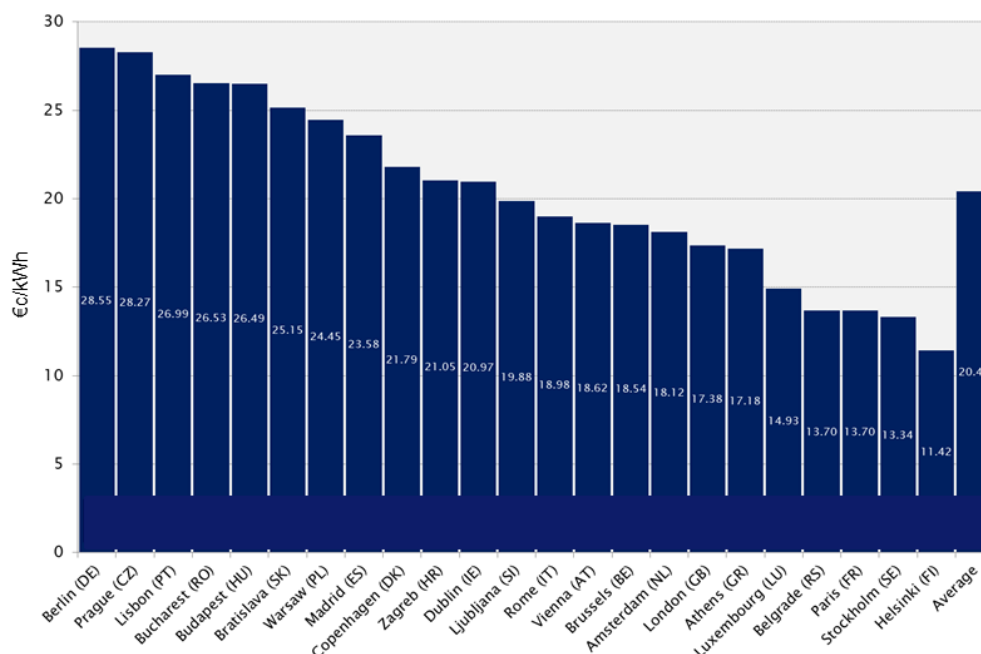
5.1 Тарифни системи даљинског грејања у Европи

Цене електричне енергије за крајње кориснике у 23 главна града у Европи [9] приказане су на слици 5.1. Види се да у зависности од тога где потрошачи живе у Европи, цена коју потрошач плаћа по kWh електричне енергије може да варира и за 127%. Ако обухватимо и Београд, однос цене је 4.8. Домаћинства у Копенхагену и (од скоро) у Берлину плаћају убедљиво највише цене у Европи (иако цена енергије представља мали део укупне цене, док највећи део заправо одлази на порезе), док становници Београда плаћају најмање. На први поглед чини се да су цене ел. енергије у земљама централне и источне Европе ниже; Праг је једини главни град међу новијим градовима у анализи у ком је цена електричне енергије изнад европског просека.



Слика 5.1. Цене електричне енергије за крајње кориснике у 23 главна града у Европи [9]

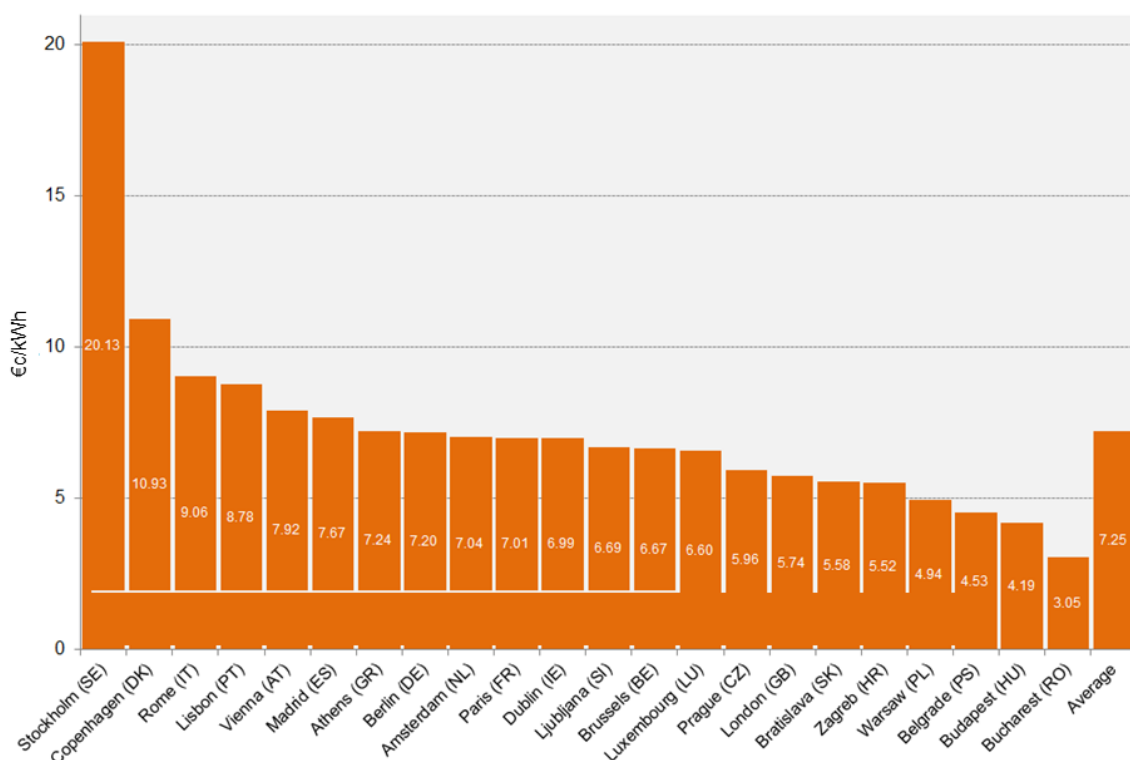
Међутим, гледано према стандарду куповне моћи сваке од земаља (слика 5.2), већина земаља централне и источне Европе имају цене које су изнад европског просека. Берлин у том случају постаје место са најскупљом ел. енергијом, иза њега следе Праг и Лисабон. На другом крају спектрума, Хелсинки има најјефтинију електричну енергију према стандарду куповне моћи, иза њега су Стокхолм и Париз.



Слика 5.2. Цене електричне енергије за крајње кориснике према стандарду куповне моћи [9]

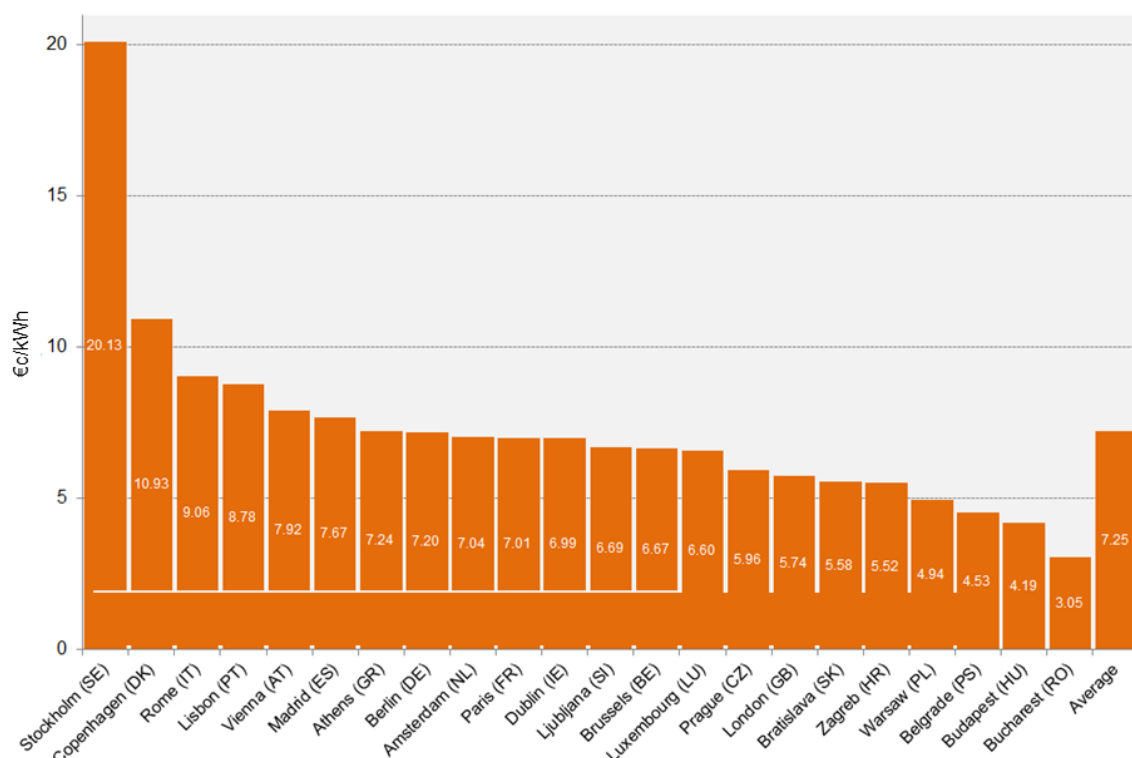
Слика 5.3 приказује цену природног гаса за крајње кориснике у 22 главна града Европе. Далеко највишу цену плаћају становници Стокхолма (готово дупло у односу на други најскупљи град када је цена гаса у питању). Ово се може објаснити малим

тржиштем; на читавој територији Шведске има свега 33.000 домаћинстава која троше гас. Не рачунајући Стокхолм, Копенхаген је најскупљи град за гас, у ком су цене три пута веће од оних у Букурешту, најјефтинијем граду када је гас у питању. На први поглед, чини се да су цене гаса (као и цене ел. енергије) најниже у главним градовима централне и источне Европе. Као што се види на графикону, шест најјефтинијих градова за гас јесу главни градови земаља централне и источне Европе.



Слика 5.3. Цене природног гаса за крајње кориснике у Европи [9]

Међутим, цене гаса посматране у односу на куповну моћ (слика 5.3)(не узимајући у обзир Стокхолм) показују значајно другачији резултат, тако да главни градови Централне, Источне и Јужне Европе генерално имају највише цене. Лисабон има највише нормализоване (прерачунате) цене, а затим следе Београд, Рим, Варшава, Праг итд. Луксембург, Лондон, и Брисел имају најниже нормализоване прерачунате цене гаса.

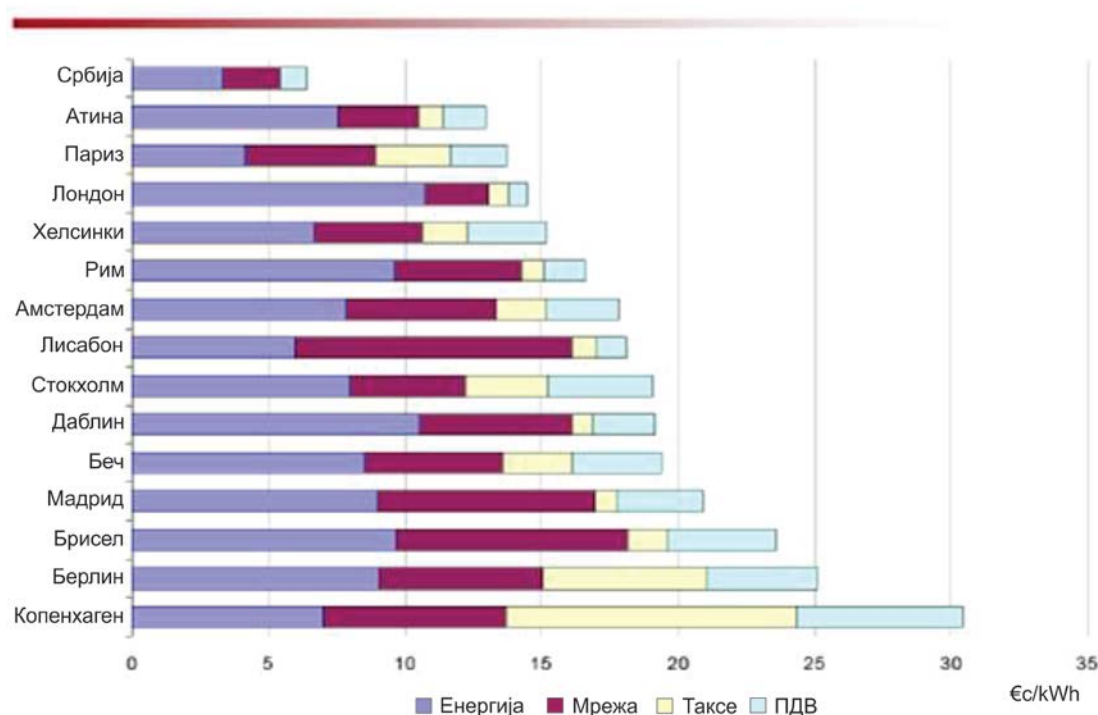


Слика 5.3. Цене природног гаса за крајње кориснике у Европи [9]

Цене даљинског грејања за домаћинства у државама Европске уније 1 и 2 представљене су у табели 1. Цене топлотне енергије у земљама ЕУ1 су у просеку знатно веће (преко 100%) од цена у земљама ЕУ2. Разлози за такву ситуацију су различити. На висину цене топлотне енергије знатан утицај имају и порези који су у земљама ЕУ1 у просеку много већи него у земљама ЕУ2.

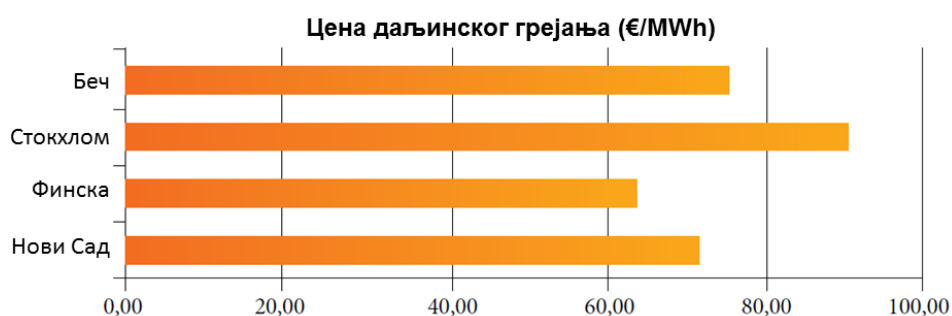
Табела 1. Цене даљинског грејања за домаћинства у државама ЕУ из 1998. године

Држава ЕУ1	Порез %	Цена+Порез €/MWh	Одступање од просека	Држава ЕУ2	Порез %	Цена+Порез €/MWh	Одступање од просека
Аустрија	20	54,00	1,12	Чешка	5	30,35	1.41
Данска	25	62,50	1,29	Естонија	0	35,00	1,63
Финска	25	38,75	0,80	Мађарска	12	20,55	0,96
Француска	21	51,86	1,07	Литванија	18	22,43	1,03
Немачка	16	49,88	1,03	Румунија	22	13,60	0,63
Шведска	18	48,00	1,00	Словачка	6	13,70	0,64
В. Британија	25	35,86	0,69	Украјина	20	21,40	1,00
Средња вредност	-	48,60	1	Средња вредност		21,49	1



Слика 5.4. Цене природног гаса у градовима Европе [13]

Просечна цена испорученог MWh топлоте у Финској у 2011. години укључујући све порезе и таксе и фиксне трошкове износила је мање од 70 еура (укључујући ПДВ од 23%), док се у Шведској распон цена кретао између 50 и 110 Еура за 1 MWh. Домаћинство чији је стан прикључен на систем даљинског грејања у Београду или Новом Саду са просечном потрошњом од 150 kWh/m² за једну грејну сезону платиће преко 70 Еура (укључујући ПДВ од 8%) сваки испоручени MWh топлоте без обзира да ли се обрачун за плаћање врши по квадратном метру или по испорученом kWh топлотне енергије.



Слика 5.5. Цене даљинског грејања на изабраним локацијама [12]

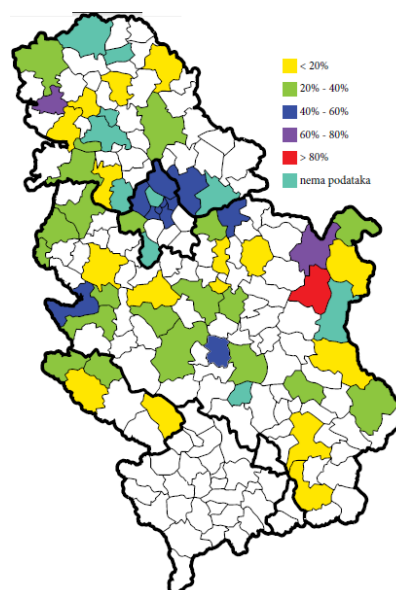
У Шведској и Финској углавном не постоји регулација цена даљинског грејања, и порез на додату вредност је већи од 20%. Предузећа из ове области послују са профитом, нису корисници државних субвенција и имају контролисане негативне утинке на животну средину.

5.2 Тарифни системи даљинског грејања у Србији

Системи даљинског грејања у Србији почивају на процесу у коме се топлота сагоревања фосилних горива предаје путем измењивача топлоте дистрибутивном систему којим се она даље допрема до потрошача [5]. Топлотом сагоревања фосилних горива греје се вода до температуре која у најхладнијим режимима прелази и 100 степени те се у овом процесу губи огроман део максималног корисног рада који је било могуће извршити овом енергијом. На тај начин је већи део енергетског и економског потенцијала садржаног у овом гориву неповратно изгубљен. Производња топлотне енергије се обавља у релативно великим котловским јединицама. Ове јединице су пројектоване тако да омогуће да се најудаљенијем потрошачу у најхладнијем дану испоручи оптимална количина топлоте. Системи су пројектовани за температуре које су ниже од остварених зимских температура, па је инсталисана снага грејних тела на страни потрошње превелика, што је узроковало и додатно повећање пројектоване снаге котлова. Резултат је ниско кориштење котловских капацитета, односно лоше кориштење имовине, као и рад котлова изван оптималних режима ефикасности и у стани-крани режиму. Годишње кориштење капацитета је у распону од 1,000 до 1,500 еквивалентних сати. Системи даљинског грејања нису у стању да капиталне трошкове свог пословања плаћају из пословних прихода. Буџети локалних самоуправа су најчешће извор покривања ових трошкова чиме су грађани који нису корисници услуге даљинског грејања стављани у положај да суфинансирају ову услугу. На слици 5.6 и 5.7 приказане су територије општина које користе системе даљинског грејања.

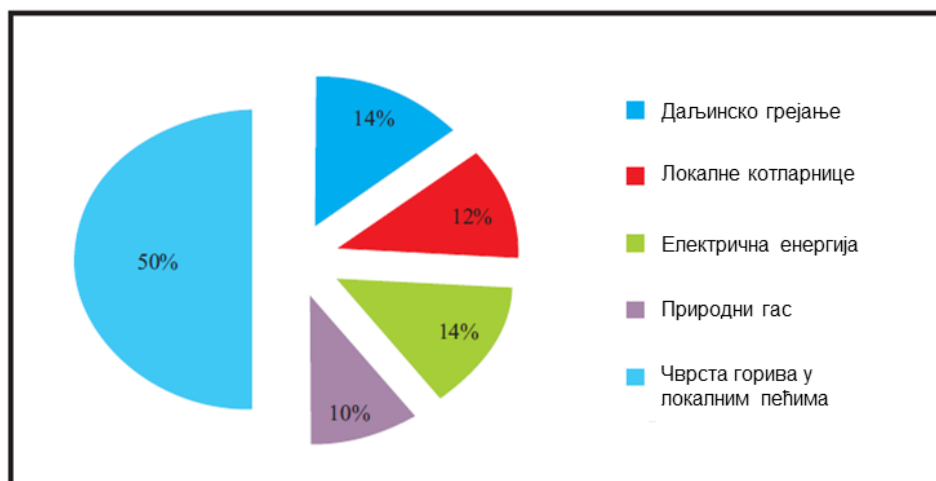


Слика 5.6. Општине у Србији са системом даљинског грејања [12]



Слика 5.7. Проценат објеката у Србији прикључених на систем даљинског грејања [12]

Начини загревања зграда у Републици Србији су следећи: 26 % укупне површине се загрева из система даљинских грејања и локалних котларница са централним грејањем (14 % из даљинских система и 12 % из локалних котларница), 14 % из електроенергетског система, 10 % из система природног гаса и 50 % укупних површина користи чврста горива у локалним пећима (угаљ, огревно дрво, биомаса из пољопривреде, отпад и др.(слика 5.8)).



Слика 5.8. Начин загревања зграда у Србији [12]

Број домаћинстава која се греју на електричну енергију износи 14 % од укупног броја, а само за грејање потроши се 24 % од укупне потрошње електричне енергије у свим домаћинствима. Преостала електрична енергија у домаћинствима користи се за: осветљење (7 %), акумулационе бојлере (23 %), штедњаке (30 %), машине за прање (8,5 %) и фрижидере и замрзиваче (25 %) и за остале потребе (6,5 %).

Средње годишње специфичне потрошње енергије за објекте грејане из система даљинског грејања и локалних котларница износе: за стамбене зграде 171 kWh/m^2 , за нестамбене зграде 194 kWh/m^2 , за припрему топле воде у стамбеним зградама 55 kWh/m^2 а у нестамбеним зградама kWh/m^2 . То даје средњу специфичну потрошњу топлоте за грејање и припрему топле воде у стамбеним и нестамбеним зградама сведену на 1 m^2 нето стамбене површине од 228 kWh/m^2 .

Средње годишње специфичне потрошње енергије за грејање објеката који користе остале начине загревања износе: за објекте грејане електричном енергијом 130 kWh/m^2 , природним гасом 230 kWh/m^2 и из локалних пећи на чврста горива 57 kWh/m^2 .

Рачун за даљинско грејање представља значајан део расположивог дохотка домаћинстава која користе ову услугу у Србији. Ипак, пословни приходи система даљинског грејања нису довољни да покрију трошкове. Просечан рачун домаћинства у Новом Саду које троши $9,000 \text{ kWh}$ за једну грејну сезону са 6 kW инсталисане снаге

износи на годишњем нивоу око 15% износа бруто домаћег производа по глави становника у Србији. Овај износ превазилази 10% укупно расположивог дохотка просечног војвођанског домаћинства. У табели 2 дате су цене даљинског грејања за поједине градове Србије.

Табела 2. Цене даљинског грејања без пореза на додату вредност по испорученој топлоти у динарима по KWh у изабраним градовима Србије

Град	Стамбени простори	Пословни простори
Београд	5,77	7,26
Нови Сад	5,40	5,40
Крагујевац	4,15	6,23
Бор	5,50	8,25
Суботица	4,28	7,28
Панчево	5,90	5,90



Слика 5.8. Трошкови горива за производњу 1 MWh топлотне енергије [12]

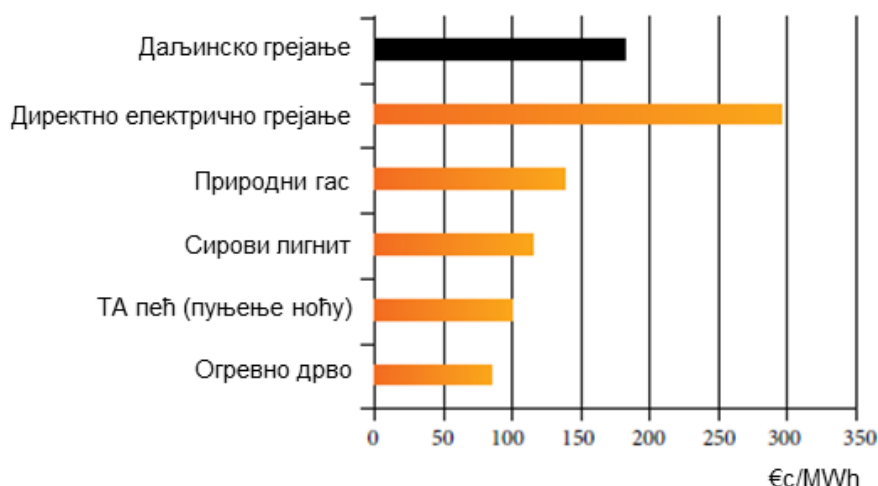
Табела 3. Потрошња горива по врстама у системима даљинског грејања у Србији

Гориво	Количина
Природни гас	320,000,000 sm ³
Лигнит	200,000,000 kg
Мазут	150,000,000 kg

Системи даљинског грејања у Србији троше природни гас, мазут, лигнит (табела 3) и занемарљиву количину других горива. Удели природног гаса и мазута се мењају из године у годину будући да изврстан број система може да користи и једно и друго гориво. Избор горива је углавном заснован на условима плаћања, тренутном паритету цена и расположивости горива. Последњих година су ови фактори диктирали повећање потрошње природног гаса осим у данима када је снабдевање овим енергентом било нестабилно.

Тарифа за даљинско грејање је висока када се пореди са другим расположивим опцијама за грејање простора. Грејање стана од 60 квадрата који троши просечних 9000 kWh за те потребе на годишњем нивоу је скупље од других расположивих алтернатива као што је грејање на термоакумулационе пећи, грејање на дрва, грејање на угаљ или грејање на природни гас, ако се у обзир узму тарифе даљинског грејања које су биле на снази у Београду или Новом Саду у Јануару 2013. године.

Даљинско грејање има смисла, односно инфраструктуру потребну за обављање делатности даљинског грејања је могуће комерцијално користити, само ако је грејање ефикасно а топлотни извор користи неки вид рециклиране топлоте или гориво чији је опортунитетни трошак занемарљив. Важи поједностављено правило по коме је могуће одржавати инфраструктуру даљинског грејања уколико је трошак услуге мањи од трошка грејања простора помоћу топлотне пумпе. Како је у Србији распрострањеност ове врсте грејања тренутно мала, а цене неких видова енергије и енергената под контролом није лако установити објективни локални репер за конкурентност услуге грејања.



Слика 5.9. Поређење цена различитих видова грејања у Србији [12]

Анализа обрачуна и плаћања утрошене топлоте у градовима Србије показује разноликост како у начину категорисања произвођача и потрошача, тако и у начину политике плаћања.

6.

АНАЛИЗА ТАРИФНИХ СИСТЕМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА У ЕВРОПИ И СРБИЈИ

Системи даљнског грејања у Србији пружају услуге за око 30% домаћинстава на територији Републике Србије. Инсталисана топлотна снага ових система је већа од 6.600 MW . Ови системи су заступљени у више од 55 локалних самоуправа у Србији. У 2008. години потрошња енергената у овим системима износила је 7.108 GWh са учешћем природног гаса од 67% мазута од 19% и угља од 14%. У блоковским котларницама потрошено је још око 3.000 GWh. Учешће топлотне енергије у финалној потрошњи енергије за енергетске сврхе у 2010. години износило је око 9.6%. Укупне емисије гасова са ефектом стаклене баште које се могу приписати овим системима износе око 2,5 милиона тона CO₂ годишње.

Одрживост пружања услуге даљинског грејања у Републици Србији у постојећем окружењу постаје све упитнија. Непосредни трошкови као и негативне екстерналије повезане са стварањем ове услуге онемогућавају производњу и допремање топлоте до корисника на конкурентан и друштвено оправдан начин. Тарифе које корисници плаћају су високе у односу на стандард корисника и платежне могућности пословних субјеката али нису довољне да покрију трошкове производње топлотне енергије. Размере неизмирених обавеза у ланцу пружања ове услуге су огромне. Тачне износе није лако утврдити будући да сви подаци нису лако доступни као и због тога што су неке од обавеза преузела правна лица која се не налазе непосредно у ланцу пружања ове услуге као што су локалне самоуправе. Ипак, може се проценити да су потраживања добављача горива према предузећима која обављају услугу даљинског грејања реда величине годишњих трошкова за гориво. Потраживања предузећа према корисницима услуге су нешто већа. У домаћој литератури нема радова који су се бавили проценом одрживости ових система узимајући у обзир све наведене аспекте и значај ових система као и чињеницу да је грејање домаћинстава вероватно највећа појединачна ставка енергетског биланса Републике Србије.

Анализа одрживости система даљинског грејања у Србији урађена је на основу података доступних у домаћим стратешким документима, издањима пословних удружења, података који потичу од добављача горива. У недостатку података о

квалитету услуге и потраживањима између учесника у ланцу пружања и кориштења ове услуге кориштени су и новински чланци. Студије међународних организација пружиле су увид у неке од аспеката везаних за производњу и потрошњу услуге даљинског грејања.

Коришћена је упоредна анализа начина производње, дистрибуције и испоруке услуге даљинског грејања у Републици Србији са праксом у другим европским државама као и упоредна анализа тарифа односно цена ове услуге. Приказане су и групе мера за унапређење енергетске ефикасности у дистрибуцији и испоруци топлотне енергије које су прилагођене стању ових система у Републици Србији. Анализа ресурса је урађена на основу расположивих стратешких докумената, резултата пројеката међународних и националних организација и добре пољопривредне и шумарске праксе. Анализа трошкова горива и трошкова неефикасности у дистрибуцији и испоруци топлоте је рађена на основу експертских прорачуна и расположивих јавних података. Анализа позиција појединих заинтересованих страна је процењена како би се омогућило осмишљавање праваца за деловање према одређеним циљним групама у сврху спровођења промена у системима даљинског грејања.

Већина постојећих система даљинског грејања у Србији је изграђена између 1980. и 1990. године (табела 3).

Табела 3. Старост мрежа дистрибуције топлоте и мрежа подстанца у системима даљинског грејања у Србији

Старост дистрибутивне мреже	Удео	Старост подстанца	Удео
Године	%	Године	%
Више од 30	18	Више од 30	9
20-30	38	20-30	48
10-20	30	10-20	30
Мање од 10	14	Мање од 10	13

Старост система даљинског грејања у Србији одређује како његове технолошке карактеристике тако и оперативне карактеристике. Додатни фактор који је утицао на изглед и функционисање система даљинског грејања у Србији је чињеница да су ови системи грађени фазно без јединственог пројекта и без интегралних енергетских, масених и хидрауличких прорачуна. Системи даљинског грејања у Србији су направљени тако да се целокупно конзумно подручје снабдева из малог броја великих котлова. Системи су пројектовани на начин да се најдаљем потрошачу у најхладнијем дану испоручи оптимална количина топлоте. При пројектовању система кориштене су спољне пројектне температуре које више не одражавају стварне климатске услове, те је већ у фази пројектовања уграђен значајан вишак инсталираних капацитета. Неретко

је остављана и резерва у снази зарад будућег проширења конзума. Све ово резултира ниском искориштеношћу топлотних извора који годишње раде око 1000 еквивалентних сати (рачунато као количник испручене енергије у току једне године и инсталисаног топлотног капацитета котла). Међународно удружење Euroheat and Power које окупља национална удружења произвођача даљинског грејања у свом опису ове услуге не уврштава концепт даљинског грејања какав је присутан у Србији. Системи даљинског грејања у ЕУ-27 испоручили су у 2006. Години преко 80% топлоте из извора класификованих као „рециклирана топлота“ а који обухватају топлоту из процеса комбиноване производње електричне и топлотне енергије из спалионица отпада и индустријских процеса независно од коришћеног енергента. Овај појам такође обухвата и две трећине топлоте добијене посредством топлотних пумпи. Директном употребом фосилних горива, електричне енергије и трећином енергије добијене из топлотних пумпи производи се нешто преко 15% топлоте док се остатак добија директним коришћењем обновљивих извора енергије. У Републици Србији се преко 90% енергије за системе даљинског грејања произведе директним коришћењем фосилних горива а учешће обновљивих извора је далеко испод 1% (табела 4).

Табела 4. Проценат производње топлотне енергије за системе даљинског грејања директним коришћењем фосилних горива у ЕУ и Србији у 2006. години.

Србија	ЕУ- 27
Преко 90%	Око 15% (укључујући и трећину енергије добијену из топлотних пумпи)

За спровођење читавог скупа мера за унапређење ефикасности у дистрибуцији топлоте потребно је око 6. година. Замена топлотног извора би међутим могла бити могућа већ од тренутка када је обезбеђена квантитативна регулација и тиме створене могућности за коришћење нижих температурних режима и могућу употребу кондензационих котлова у овим системима. Величина и поједине карактеристике највећих дистрибутивних система су дате у следећој табели 5.

Табела 5. Величина и поједине карактеристике највећих дистрибутивних система

Градови	Укупна дужина мреже (m)	Еквивалентан радијус цеви (m)	Просечна старост мрежног система (године)	Укупна запремина воде у мрежи (m ³)	Просечни губици воде у мрежи (m ³ /сезона)	Просечни губици топлоте у мрежи %
Београд	1 200 000	0,355	22	11 000	3 500	15-20
Нови Сад	280 200	-	-	9 000	-	-
Крагујевац	85 000	0,125	20	7 000	-	-
Ниш	60 000	0,145	20	3 000	65 000	10
Бор	37 000	0,2	30	3 700	110 000	-
Панчево	70 000	0,209	12	2 300	6 000	15

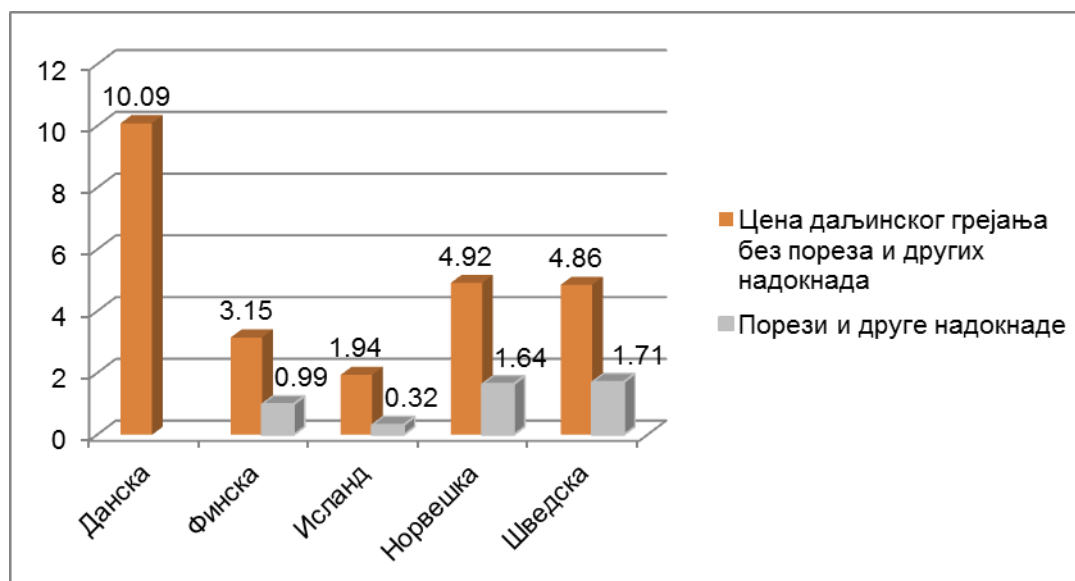
Унапређење дистрибутивне мреже би значајно допринело могућности да се системи даљинског грејања у Србији одрже. Сами трошкови производње топлотне енергије у Србији који су зависни од горивног микса су међутим високи. Дуговања топлана према добављачима горива су према доступним подацима око 200 милиона евра док су укупни трошкови горива према расположивим подацима око 300 милиона евра по грејној сезони. Анализа цене горива и одговарајућих калоријских вредности показује да су само трошкови горива за производњу 1 KWh топлотне енергије око 6 динара по KWh по садашњим ценама гаса и мазута.¹⁰ Топлотна енергија која се производи по цени већој од 5с€ по KWh није приступачна. Не улазећи у структуру коначне тарифе даљинског грејања ваља напоменути да треба додати трошкове ефикасности котла, губитке у дистрибуцији и испоруци топлоте, трошкове одржавања, трошкове амортизације, трошкове радне снаге, трошкове електричне енергије, трошкове хемијске припреме воде и замене воде, трошкове грејања мазутних складишта и друге трошкове.

Према прорачунима Агенције за енергетику Републике Србије трошкови грејања стана од 60 m² који је повезан на систем даљинског грејања већи су од грејања стана исте величине путем термоакумулационих пећи (ако се користи само ноћна струја за пуњење пећи) као и од грејања истог стана путем природног гаса, угља и дрва (табела 6).

Табела 6. Трошкови грејања стана од 60 m² за једну грејну сезону

ТА пећи	Лож уље	Пропан Бутан	Електрична енергија	Природни гас	Угаљ	Дрва	Централно грејање
42 000	223 000	146 000	125 000	57 000	51 000	67 000	76 800

Већ са постојећим ценама које не покривају трошкове, даљинско грејање губи примат у односу на неке друге врсте грејања. Трошак који потрошачи плаћају представља значајан издатак и у случају домаћинства у Београду које располаже просечним месечним приходима од 58.228 динара представља 10,99% расположивих примања домаћинства. У скандинавским земљама (слика 6.1) у којима тарифе одражавају пуне трошкове испоруке а негде се чак и формирају слободно без регулације локалних власти цене по испорученом KWh се не разликују много од цена у Републици Србији.



Слика 6.1. Цене грејања у неким скандинавским земљама у €/кWh

Сви учесници у ланцу пружања услуге даљинског грејања су у тренутном оквиру на губитку. Потрошачи плаћају цену која је већа од неких доступних алтернатива за услугу која често није довољног квалитета. Износ који плаћају је приближан оном који плаћају корисници у земљама где тарифа покрива целокупне трошкове што у Србији није случај. Удео трошка даљинског грејања у просечно расположивим средствима домаћинстава износи готово 11%. Предузећа која пружају услугу не могу да покрију трошкове пословања и потражују значајна средства од потрошача. Снабдевачи горивом потражују значајна средства од предузећа која пружају услугу даљинског грејања. Локалне самоуправе плаћају трошкове инвестиционог одржавања и капиталне трошкове и појављују се као јамац за дуговања предузећа за гориво чиме се буџети локалних самоуправа угрожавају а грађани који не користе услугу даљинског грејања доводе у неравноправан положај.

Одрживост услуге даљинског грејања и смањење негативних последица пружања ове услуге на шире друштвено окружење не може се постићи изменом регулаторног оквира, тарифном поитиком или увођењем мерења потрошње на нивоу стамбених јединица. Потребна је технолошка промена са изменом енергетског микса и значајно унапређеном ефикасношћу дистрибуције и испоруке топлотне енергије. Мерење потрошње на нивоу стамбених јединица би могло омогућити правичнију алокацију трошкова, међутим оно не би могло утицати значајно на смањење јединичног трошка услуге који је неприхватљиво висок. Да би се смањιο јединични трошак производње топлоте у системима даљинског грејања, побољшала сигурност снабдевања и омогућиле позитивне екстерналије неопходна је промена технологије производње

топлоте. Мере смањења емисија на месту извора топлоте могу да укључе неке од следећих мера:

- увођење производње комбиноване енергије и топлоте;
- повећану ефикасност сагоревања без замене горива;
- замену горива;

ЗАКЉУЧАК

У завршном раду је показано да системи даљинског грејања у Србији у облику у коме данас постоје не омогућавају квалитетну испоруку топлоте потрошачима по приступачним и конкурентним ценама. Осим тога масовно коришћење скупих увозних фосилних горива за производњу топле воде која се дугачким цевима испоручује неефикасном стамбеним објектима угрожава сигурност снабдевања енергијом привредних активности које стварају додатну вредност и преусмерава је ка дугорочно неплатежној потрошњи. Услед географске позиције Србије оваква врста потрошње у зимским данима изазива кризе у снабдевању и спречава квалитетно обављање услуге даљинског грејања чиме се додатном притиску и неефикасном коришћењу из економског угла, излаже електроенергетски систем у Србији. У процесу прикључења Србије Европској унији очекује се да ће се у кратком року догодити да се постојећим трошковима прикључе трошкови емисија гасова са ефектом стаклене баште. Мада су ти трошкови у овом тренутку на историјски ниском нивоу за очекивати је да ће Европска унија предузети кораке да се тај трошак повећа. У постојећој литератури анализиран је и могући утицај ових трошкова на системе даљинског грејања у Србији.

На основу напред изнетог може се закључити следеће:

- економично управљање сложеним системима даљинског грејања мора да обухвати рационализацију рада свих компонената које су укључене у процес производње и дистрибуције топлотне енергије,
- циљ управљања је да у потпуности одговори потребама потрошача, уз истовремено одржање најнижих могућих варијабилних трошкова производње и дистрибуције топлотне енергије,
- топлотни губици у цевној мрежи могу се смањити избором оптималне температуре разводне воде,
- топлотни губици у разводној цевној мрежи могу се смањити избором начина полагања цевовода и врсте изолације оптималне температуре разводне воде,
- топлотни губици у цевној мрежи незнатно одступају од прорачунских због специфичности полагања цевне мреже.

Будући да је суштина проблема одрживости у системима даљинског грејања у самој технологији производње топлотне енергије, регулаторне, институционалне или мере

које се тичу мерења испоруке не могу бити мере које ће решити питање одрживости. Редослед предузимања мера у решавању данашње ситуације у системима даљинског грејања треба да зависи искључиво од утицаја тих мера на смањење јединичног трошка испоруке. Мере на унапређењу ефикасности дистрибуције и испоруке топлотне енергије могу дати значајан ефекат и могу претходити промени технологије производње топлотне енергије омогућујући да новоуведени извори буду оптималне величине. Само у таквим околностима може се размишљати о спровођењу проширења система даљинског грејања.

У Србији постоје ресурси који омогућавају промену технологије производње топлотне енергије и широк спектар могућности за унапређење квалитета и квантитета тих ресурса на начин који може подићи запосленост и о конкурентност пољопривредне производње, шумарске производње и дрвнопрерађивачке индустрије. Држава треба да помогне у стварању предвидивог оквира који би омогућио искориштавање тих ресурса. Предузећа која се баве услугом даљинског грејања могу удруживањем постићи боље услове за спровођење промене тако што ће омогућити извесну економију обима улсоваљајући мање јединичне цене потребних роба и услуга, већу привлачност за инвеститора и бољу позицију према снабдевачима горивом.

Узевши у обзир садашње, већ високе цене ове услуге, могуће је да се целокупна промена обави на комерцијалним основама и да потрошачи по данашњим ценама добију квалитетнију услугу а предузећа која пружају ту услугу стекну профит из обављања те услуге. Целокупан ланац снабдевања у случају производње топлотне енергије из локално расположивих обновљивих ресурса или когенеративних постројења би се обављао унутар економије Републике Србије са благотворним утицајем на запосленост и смањење спољнотрговинског дефицита. Таокође могле би се ослободити значајне количине квалитетних горива за привредне активности које стварају додатну вредност. Оваква врста производње топлотне енергије допринела би и томе да Република Србија оствари циљеве зацртане у Пакету ЕУ за климу и енергију у погледу смањења емисија гасова са ефектом стаклене баште, енергетске ефикасности и учешћа обновљивих извора енергије у финалној потрошњи енергије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Todorović, Energetska efikasnost sistema grejanja i klimatizacije, Skripta, Mašinski fakultet u Beogradu, 2002.
- [2]. S.J. Zrnić, Grejanje i klimatizacija, Naučna knjiga, Univerzitet u Novom Sadu, 1967.
- [3]. Интернет страница, [http://vesti.kombib.rs/infografika - istorija grejanja.html](http://vesti.kombib.rs/infografika_-_istorija_grejanja.html), приступљено 20.9.2015.
- [4]. Интернет страница, <https://www.pinterest.com/pin/54465476719447511/>, приступљено 20.9.2015.
- [5]. Интернет страница, <http://f5waeg.blogspot.rs/2010/11/turn-up-heat.html>, приступљено 20.9.2015.
- [6]. Интернет страница, https://sr.wikipedia.org/wiki/Sistem_daljiniskog_grejanja, приступљено 20.9.2015.
- [7]. David Connolly, Brian Vad Mathiesen, Poul Alberg Østergaard, Bernd Møller, Steffen Nielsen, Henrik Lund, Daniel Trier, Urban Persson, Daniel Nilsson, Sven Werner, Heat roadmap Europe 2050, Performed by Aalborg University and Halmstad University for Euroheat & Power, Brussels, 2012.
- [8]. Обука за полагање стручног испита за област енергетске ефикасности зграда, pdf.
- [9]. Household Energy Price Index for Europe, pdf.
- [10]. Stojanović, B., Janevski, J., Mitrović, D., Ignjatović, M., Stojiljković, M., Regulacija rada toplotne postanice, Zbornik radova (ISBN 978-86-80587-80-6), 13. simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, Srbija, 16-19. oktobar, 2007.
- [11]. Janevski, J., Stojanović, B., Mitrović, D., Stojiljković, M., Ignjatović, M., Uticaj toplovoda na efikasnost sistema centralnog grejanja, Zbornik radova (ISBN 978-86-80587-80-6), 13. simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, Srbija, 16-19. oktobar, 2007
- [12]. Интернет страница, http://www.cesid.org/images/1370004356_Brochure,%20final%20version.pdf, приступљено 20.9.2015.
- [13]. Интернет страница, http://www.cesid.org/images/1370505540_Daljinско%20grejanje%20u%20Srbiji_Aleksandar%20Macura,%20srpski.pdf , приступљено 20.9.2015.