

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Енергетика и процесна техника
Предмет: Основе процесних апарата и постројења
Број индекса: 798/2010

Бранко С. Арсенијевић

**Прилог о истраживању карактеристика
топлотно-дистрибутивног система града
крагујевца (ТДСК)**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Милун Бабић** - ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да изврши анализу у истраживању карактеристика топлотно-дистрибутивног система града крагујевца (ТДСК).

Препоручена литература

📖 Пожар, Х.: Основе енергетике, 1 и 2 део

📖 Вушковић, И.: Основе технике мерења

📖 Милинчић, Д.: Системи транспорта топлоте на даљину

📖 Михајлов, И.: Термоелектране. Пројектовање и изградња

Крагујевац, 19.10.2012

ментор:
др Милун Бабић

Резиме

У овом дипломском раду вршило се истраживање карактеристика топлотно-дистрибутивног система града крагујевца (ТДСК).

Што је подразумевало следеће активности:

1. Описивање функционалне целине (ТДСК),
2. Дати осврт на разлоге изградње и коришћења ТДСК и изложити предности и мане таквих централизованих система за дистрибуцију топлоте,
3. Приказивање садржаја базе података у чијем сам прикупљању учествовао,
4. Извршавање симулације понашања дела ТДСК за који сам прикупљао податке на терену, уз помоћ програма који су развили експерти Регионалног евро центра за енергетску ефикасност у Крагујевцу,
5. Изнети податке о понашању е-симуларног дела ТДСК,
6. Дати списак коришћене литературе.

Кључне речи: Топлотни извор, потрошач, котларница, радни флуид.

Abstract:

This thesis describes the research performed on the characteristics of Thermal-DISTRIBUTION SYSTEM Of the City of Kragujevac (TDSK).

The research included the following activities:

1. describing the functional units (TDSK),
2. giving an overview for the reasons of the construction and use of TDSK and explaining the advantages and disadvantages of such central heat distribution system,
3. displaying the contents of the database involved in the research,
4. performing the simulation for the part of TDSK activities of the data collected in the field, with the help of program developed by the experts from the Regional Euro Energy Efficiency Centre in Kragujevac,
5. Giving conclusions on part of e-TDSK simulated activities,
6. Giving a list of references.

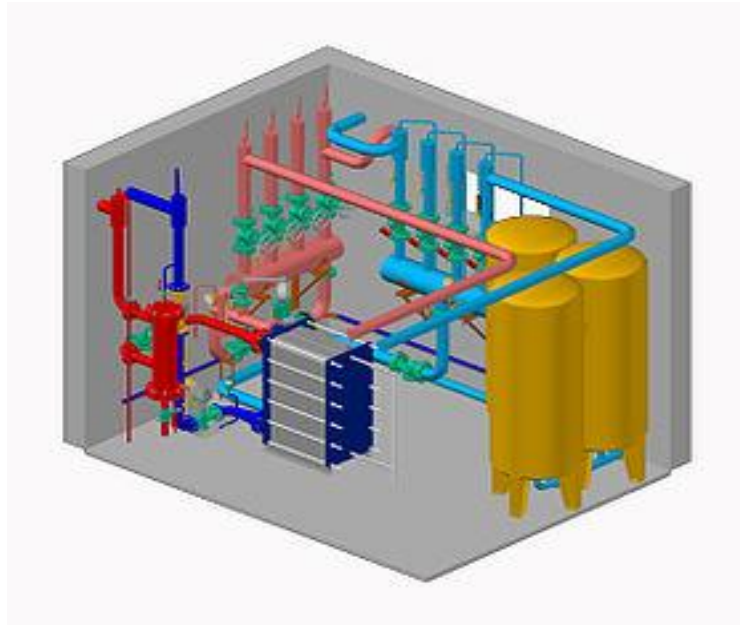
Keywords: heat source, the consumer, boiler, working fluid.

Садржај

1.0 Систем даљинског грејања	2
1.1. Субјекти система	3
1.2. Дистрибуција топлотне енергије	3
1.3. Системи даљинског грејања	4
1.4. Основне врсте мрежа даљинског грејања	5
1.5. Предности и мане система даљинског грејања	7
2.0 Енергетика д.о.о. Крагујева	8
2.1 Основни податци о енергетици	9
2.2 Листа котларница са правцима	11
2.3 Хидраулични прорачун и режим мреже система даљинског грејања	13
2.4 Прикупљање података	14
2.5 Прикупљање података о одвајањима (шахтама)	15
2.6 Прикупљање података о подстаницама	16
2.7 Поступак обраде прикупљених података са терена	17
2.8 Когенерација	20
3.0 Котларница Централна радионица у Крагујевцу	24
3.1 Испитивање инсталације на непропусност и чврстоћу	27
3.2 Испитивање водом под притиском	28
3.3 Циркулациона пумпа прстенастог вода	31
3.4 Прорачун и избор експанзионе посуде	35
4.0 Израда Главног пројекта изградње котларнице у насељу „Централна радионица“ Крагујевац	36
4.1 Опис котла	38
4.2 Технички подаци котла	39
4.3 Економијер за искоришћење топлоте димних гасова	40
4.4 Опасности и штетности које се могу јавити на објекту	46
4.5 Прилог о мерама заштите на раду	47
4.6 Одвођење димних гасова и концентрације штетних материја у ваздуху	50
5.0 Закључак	51
6.0 Литература	53

1.0 Систем даљинског грејања

Систем даљинског грејања је систем грејања домаћинстава и индустријских објеката из једног центра. То може бити градски систем или систем снабдевања топлотном енергијом више насељених места - регије или читаве државе.



Слика 1: Систем даљинског грејања

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 мрежа и топлопредајне станице где је:

- **производни извор** - систем постројења који претвара примарну енергију горива у топлотну енергију
- **топловодна мрежа** - хијерархијски 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 објекта корисника грејања.
- **топлопредајна станица (ТПС)** обезбеђује испоруку топлотне енергије у унутарње 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 тачкама (температура, проток, притисак), даљинско управљање системом, и читавање параметара 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.

1.1 Субјекти система

- **Произвођач топлотне енергије** је енергетски субјект који својим технолошким процесом производи топлотну енергију и исту предаје дистрибутеру топлотне енергије.
- **Дистрибутер топлотне енергије** - енергетски субјект који врши пренос, дистрибуцију и испоруку топлотне енергије и управља системом даљинског грејања. Дистрибутер је истовремено и снабдевач купаца топлотном енергијом.
- **Купац** - свако правно или физичко лице које има у власништву објект прикључен на даљински систем грејања и од дистрибутера за своје потребе купује топлотну енергију. Разликујемо две категорије купаца:
- **Тарифни купац** - купац који купује енергију за сопствене потребе по прописаном тарифном систему;
- **Квалификовани купац** - купац који испуњава услове прописане Законом, купује енергију за сопствене потребе и који може слободно изабрати свог снабдевача енергије.

1.2 Дистрибуција топлотне енергије

Дистрибутер топлотне енергије испоручује енергију користећи воду као медијум преноса, путем мреже топловода до објекта корисника, где мери количину испоручене енергије преко мерних уређаја који су постављени на месту предаје енергије. Код стамбених зграда где то није могуће, поставља

се делитељ трошкова, који омогућава да се сразмерно изврши процена испоручене енергије по деловима самбене зграде.

Мерни уређај - тополотно мерило, које непосредно мери испоручену топлотну енергију и основ је за обрачунавање испоручене топлотне енергије купцу.

Делитељ трошкова омогућава расподелу трошкова топлотне енергије, која је испоручена преко заједничког топлотног мерила у заједничкој прикључној подстаници за више купаца. Збир свих удела мора бити 100%.

1.3 Системи даљинског грејања

Систем даљинског грејања се може одвијати на три начина:

- Систем даљинског грејања на пару. Код оваквог система радна температура флуида је око 250°C . Овакви системи се користе углавном за индустријске сврхе и за снабдевање станова од великог значаја. Главне мане оваквог система су:
 - постоје веће могућности повреда услед квара или пуцања цеви
 - кондензација паре
 - повратак кондезата
 - тешка расподела топлотне енергије
- Систем даљинског грејања на врелу воду. Радни флуид код овог система грејања се загрева до 150°C . Код оваквог система цеви које транспортују радни флуиди су мањег пречника и потребно је да сваки објект засебно поседује сопствену подстану.

Свака подстану треба да садржи следеће елементе:

- равне – запорне или кугла вентиле
- хватач нечистоће
- стубове за умирење струјања
- размењивач
- уређаје за мерење температуре и притиска
- неповратни вентил
- сигурносни вентил
- циркулациону пумпу
- експанзиону посуду
- регулациони вентил
- мерач утрошене топлотне енергије (калориметар)



Слика 2: Изглед подстанице

- Систем даљинског грајања на топлу воду. Код оваквог система флуид се загрева до 100°C . То су углавном мањи системи који су уједно јефтинији и мање опасни од повреда. Крајњи потрошач је директно укључен на вод без употребе топлотне подстанице у објекту који се греје.

1.4 Основне врсте мрежа даљинског грејања

Врста мреже се могу одредити у односу на потрошаче, карактер топлотног оптерећења, врсте носиоца топлоте и индустријских зона. Основна два циља која треба испунити јесу:

- сигурност
- економичност

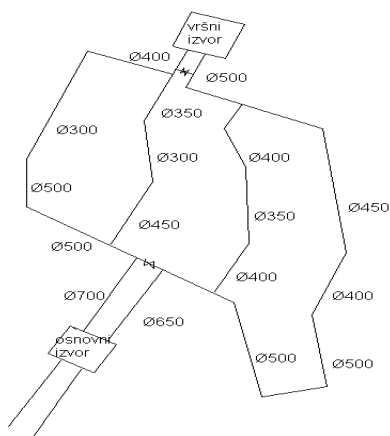
Да би се та два циља постигла, треба тежити што једноставнијим решењима. Пара као носилац топлоте примењује се најчешће за снабдевање технолошких потрошача. Избор врсте мреже је сложенији када је у питању вода као носилац топлоте због мање концентрације топлотних оптерећења, велике разуђености мреже, великог броја потрошача и сл. Због тога се мора посебна пажња посветити обезбеђењу сигурности снабдевања потрошача топлотом. Не препоручује се непосредно прикључивање потрошача на магистрални цевовод (изузев великих индустријских потрошача). У чворовима где се секундарне линије спајају са магистралнима треба поставити разводно – контролне тачке у којима се

постављају органи за затварање ради могућности одвајања појединих делова мреже. Код већих система постављају се попречне резервне везе између више магистрала.

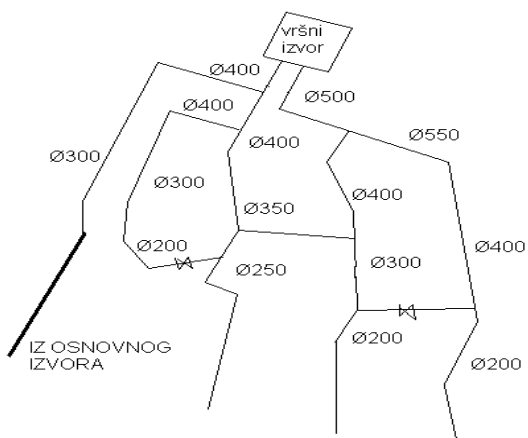
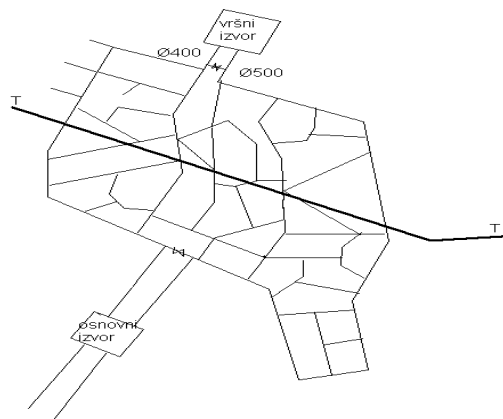
У зависности од локације извора топлоте (вршног и основног), имамо три основне мреже даљинског система грејања:

- Прстенаста
- Прстенасто-окаста
- Зракаста

Прстенаста



Прстенасто-окаста



Зракаста

1.5 Предности и мане система даљинског грејања

Предности даљинског грејања би биле:

- сагоревање се обавља у технички савршенијем ложишту
- лакша регулација
- повољније искоришћење топлоте
- чистије
- радијатори заузимају мање простора
- економичније
- мања специфична потрошња горива
- мање загађење животне средине
- боља расподела топлоте и др.

Мане би биле:

- већи инвестициони трошкови
- повреда у случају пуцања цеви
- ограничен временски период грејања (од 05h до 22h)
- непогодно за прелазне периоде
- могућност смрзавања радног транспортног флуида
- корозија и др.

Овакав систем даљинског грејања на врелу воду у Крагујевцу обавља предузеће „Енергетика“ д.о.о. Крагујевац, уз чију сарадњу смо прикупљали податке са терена за истраживање карактеристика топлотно-дистрибутивног система града Крагујевца.

2.0 „Енергетика“ д.о.о Крагујевац

Крагујевац, перјаница духовног и индустријског развоја у Србији, некадашња престоница и централни град, први је поставио и систем даљинског грејања. Далеке 1884. године, када су посебним системом загрејане фабричке хале Тополивнице и Војнотехничког завода, настао је први облик даљинског грејања у Србији.

Поред грејања Фабрике оружја, Крагујевац те године добија и систем осветљења и агрегат за производњу једносмерне струје, што је претеча развоја читавог енергетског система тадашње Кнежевине Србије.



Слика 3: Енергетика д.о.о.

Проћи ће више од пола века, док не почну да се граде прве градске топлане у новој Југославији. Београд и Нови Сад добијају даљинско грејање 1961. године, док у Крагујевцу Градска топлана почиње да ради 1962. године, у оквиру предузећа „Чистоћа“. Тада, независно једно од другог, функционишу индустријски и градски системи централног грејања.

Везивање градског топловода на индустријске парне котлове, технолошки спаја градску и фабричку топлану, 1978. године, док се фузија ова два предузећа у једно догађа 1986. године. „Застава енергетика“ осим топлотне енергије коју дистрибуира корисницима у Крагујевцу, омогућава и функционисање читавог система бивших Завода „Црвена Застава“, а потом и Групе „Застава“, јер фабрикама, осим грејања, испоручује све енергенте и

флуиде неопходне за различите производне процесе који се у њима одвијају.

Реструктурирањем Групе „Застава“, 2002. године „Енергетика“ постаје самостални привредни субјект, који наставља да, без већих проблема и без дана прекида, обавља своју основну делатност.

2.1 Основни податци о енергетици

„Енергетика“ је јако комплексно постројење, како са становишта послова којима се бави, тако и са становишта разуђености својих постројења.

- Инсталисана снага електро извора у систему је 28MW.

Остали важнији податци о систему:

- Број котларница: 6
- Број котлова: 19
- Број турбина за производњу електричне енергије: 2

Структура објеката који се греју:

- привредни објекти
- стамбени објекти
- школски и универзитетски објекти
- здравствени објекти
- друштвени објекти
- војни објекти и
- спортски објекти

Регулација вреловодне мреже:

- Квалитативна

Власништво капитала „Енергетика“ д.о.о.

- Друштвени капитал: 98,54%
- Државни капитал (Фонд за развој) : 1,46%

»Енергетика« из Крагујевца је веома моћан и сложен енергетски систем битан и виталан не само за грејање града већ и за производне процесе бивше Групе »Застава«.

Ретки су случајеви у пракси, да су вреловодни даљински системи централног грејања везани за изворишта топлоте у фабрикама или индустријским постројењима. Реткост је да су саставни делови постројења за грејање и парне турбине за производњу електричне енергије. Јако су ретки и случајеви да су извори топлоте на чврсто гориво – угаљ. Ретко имамо и да су саставни делови постројења за производњу топлотне енергије и моћна постројења:

- Турбокомпресори инсталисане снаге преко 10 MW
- Агрегати за производњу електричне енергије од 30MW
- Трафостанице великих електричних капацитета 2x63MW
- Постојења за хемијску припрему воде капацитета 4x50 м³/h
- Постојења техничких гасова
- И главно извориште топлотне енергије од 400 MW

»Енергетика« је јако комплексно постројење, како са становишта послова којима се бави (производња и дистрибуција топлотне енергије, производња и дистрибуција електричне енергије, производња и дистрибуција компримованог ваздуха, производња и дистрибуција ДК и ДМ воде, дистрибуција техничких гасова...) тако и са становишта разуђености својих постројења.

Од 315 MW инсталисане снаге на матичној локацији за производњу топлотне енергије за грејање града Крагујевца инсталисано је око:

70% капацитета на угаљ
20% капацитета на гас
10% капацитета на мазут

Топлотне зоне су обично смештене у подручјима са великом густином корисника. Густина је индикатор за ниво торшкова дистрибуције и конкурентности са осталим облицима грејања. Главна формула је: што је већа густина, нижа је цена трошка дистрибуције топлотне енергије.

2.2 Листа котларница са правцима

(укупан капацитет 381.95 MW)

Табела 1: Застава-матична локација (304.0 MW)

Погонско гориво	Угаљ (мазут)	Угаљ (мазут)	Угаљ (мазут)	Гас	Гас
Капацитет (MW)	63	63	115	31.мај	31.мај
Ознака котловског постројења	К3	К4	К5	К1	К2
Тип котла	парни	парни	парни	парни	парни
Година производње	1970	1971	1980	1961	1962
Излазни параметри	$T_p = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ $p = 37\text{ bar}$				
Енергетски облик који се шаље потрошачима	технолошка пара $p = 6.5\text{ bar}$ $t = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ технолошка пара $p = 15\text{ bar}$ $t = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ технолошка вода $t = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ врела вода за грејање $t = 140/80\text{ }^{\circ}\text{C}$				

Табела 2: Котларница Клинички центар (34 MW)

Погонско гориво	Гас (мазут)	Гас (мазут)	Гас (мазут)	Мазут	Гас (мазут)	Мазут
Капацитет (MW)	7.5	7.5	7.5	7	2.57	1.92
Ознака котловског постројења	K1	K2	K3	K5	K4	K6
Тип котла	Вреловодни	Вреловодни	Вреловодни	Вреловодни	Парни	Парни
Година производње	1977	1977	1979	1976	1967	
Енергетски облик који се шаље потрошачима	Пара за технологију $p = 4 \text{ bar}$ $t = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Врела вода за грејање $t = 140/80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Санитарна вода за потребе болнице					

Табела 3: Котларница Ердоглија (40.1 MW)

Погонско гориво	Гас (мазут)	Гас (мазут)	Гас (мазут)
Капацитет (MW)	7.7	16.2	16.25
Ознака котловског постројења	K1	K2	K3
Тип котла	Вреловодни	вреловодни	вреловодни
Година производње	1973	1979	2009
Енергетски облик који се шаље потрошачима	Врела вода за грејање $t=130/80 \text{ }^{\circ}\text{C}$		

2.3 Хидраулични прорачун и режим мреже система даљинског грејања

Хидраулички прорачун цевне мреже и других елемената је веома битан у системима даљинског грејања јер од њега зависи расподела топлоте до потрошача. За неко подручје где се планира даљинско грејање (које се одликује неком конфигурацијом терена, распоредом предајних станица потрошача датог оптерећења као и геодетским профилем мреже) хидрауличким прорачуном најважније је:

- одредити пречнике цевовода,
- одредити пад притиска (напора),
- одредити величине притиска (напора) у разним тачкама система,
- оценити стање у погледу висине притиска код различитих статистичких и динамичких режима у смислу обезбеђења дозвољеног граничног притиска у разним тачкама и потребног притиска код потрошача.

Резултати оваквих хидрауличких прорачуна служе као улазни подаци за следеће задатке:

- одређивање инвестиционих улагања у топловодну мрежу,
- избор мрежних (циркулационих) пумпи, напојних пумпи, експанзионих судова и остале пратће опреме,
- избор начина везе мреже даљинског грејања са кућном инсталацијом,
- избор елемената предајних станица,
- разрада режима експлоатације...

2.4 Прикупљање података

Приликом прикупљања података на другом краку топловодног правца Ердоглија, прикупљено је око 206 читавања за подстанице и око 170 читавања за шахте. Приликом читавања на терену било је потребно да се детаљно сними:

- свако одвајање (шахта),
- прикупљање кубатуре објекта који се греју,
- инсталисана снага објекта,
- улазни пречници цеви у објекат,
- улазни пречник цеви у подстанницу,
- пречник топловода и
- сваки параметар у подстаници и на топоводу (компезатори, кривине, вентили, хватачи нечистоће, редукције, регулатори протока...)

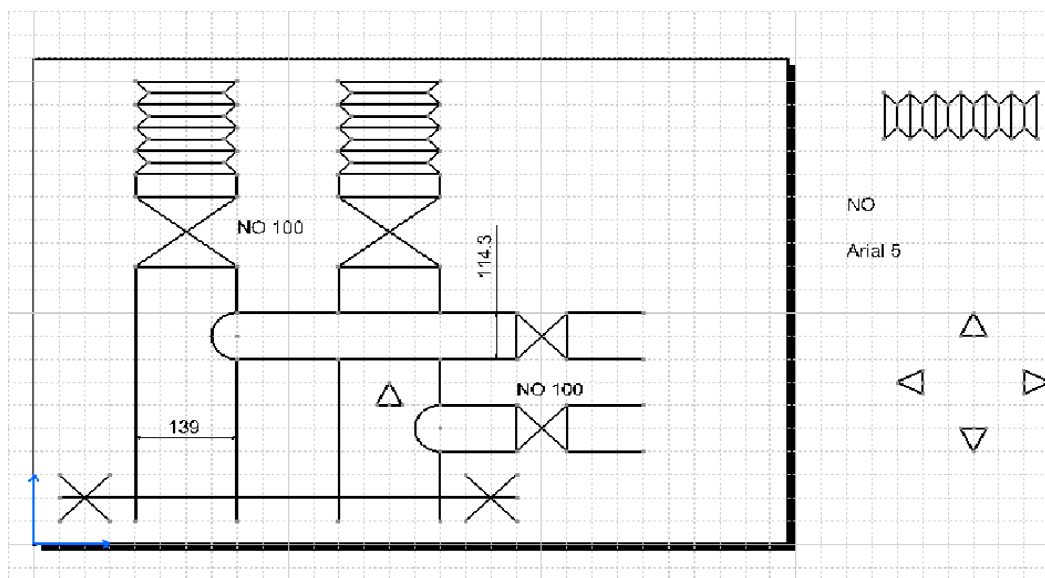
Тако да смо приликом рада на терену прикупљали две врсте података и то:

- 1) податке о одвајањима (шахтама) и
- 2) податке о подстаницама.

2.5 Прикупљање података о одвајањима (шахтама)

Приликом прикупљања података на терену поред одвајања на топоводу наилазили смо на одвајања у подстаницама, као и на каналу без шахти и вентила. Наш задатак је био узимање података за свако одвајање што се огледало у томе да се нацрта скица одвајања, измере пречници цеви на примарном воду (одлазном и повратном), на скретањима, цевима за одмуљаване, испуштање и цевима за одзраку. Било је потребно снимити све величине вентила као и остале елементе који су се налазили у шахтама (фиксне тачке, компезаторе, редукције...)

Сав тај рад на терену се настављао даље у просторијама Машинског факултета где су све прикупљене вредности уношене у рачунар ради лакшег прегледа свих података. Свако снимљено одвајање (шахта) смо са свим прикупљеним елементима цртали на рачунар помоћу софтвера CATIA у 2D формату.



Слика 4: Изглед одвајања нацртаног помоћу софтвера CATIA са свим поменутим елементима

2.6 Прикупљање података о подстаницама

Приликом прикупљања података о подстаницама било је потребно обратити пажњу на више елемената приликом снимања стања у подстаници. Елементи подстаница за које су узимани подаци:

- > име, презиме и адреса власника,
- > улазни пречник прикључног вода,
- > тип, врста и снага измењивача,
- > тип и врста калориметра и водомера,
- > тип, врста и количина циркулационих пумпи,
- > стубови за умирење струјања,
- > проширења са сондама,
- > вентили (равни запорни, кугла, лептир, шибер вентил, трокраки, електромоторни...)
- > неповратни вентил,
- > регулациони вентил,
- > број колена од 90°, 45° и U – колена,
- > одмуљивачи и сакупљачи нечистоће,
- > сужења и проширења,
- > експанзионе посуде,
- > уграђене ваздушне коморе...

Приликом снимања ових елемената обрађала се пажња на исправност постављене инсталације у подстаници и могућим кваровима на инсталацији (запраљан измењивач или контра везан). Имало је случајева мада веома ретко да је корисник грешком укључио обадве пумпе или отворио вентил на бај – пасу тако да смо оваке проблеме лако отклањали на лицу места. Све ове податке уносимо у картон подстанице па касније у просторијама Машинског факултета уносимо у рачунар помоћу софтвера Micro Office Officess.

2.7 Поступак обраде прикупљених података са терена

Било је потребно извршити неке прорачуне и корекције на податцима са терена како би даљи рад био регуларан и исправан. А то су:

- > прорачун унутрашњег пречника цеви топловода,
- > добијање инсталисане снаге објекта,
- > израчунавање хидрауличких губитака на топловоду и
- > на сваком одвајању било је потребно уочити:
 - број колена,
 - број скретања и промене правца,
 - број вентила и
 - остале елементе који утичу на прорачун (проширења, сужења, компезатори...)

Приликом прорачунавања унутрашњег пречника цеви на топловоду није било већих проблема. Потребно је да се од постојећег пречника који смо читали на терену одузмемо дебљине зидова који су се континуално повећавали, затим смо тако добијена пречнике уносили у софтвер EPANETE у којем је већ уцртана топловодна мрежа града.

Најчешћи проблеми код подстаница и на одвајања цевовода

Главни проблеми на одвајањима су :

- > дотрајалост,
- > предимензионисаност неких цеви,
- > цеви затрпане земљом и муљем,
- > лоша изолација цеви на неким деловима је начисто скинута,
- > слаба дренажа шахти,

- > пуно неофарбаних и корозираних севи,
- > пуно неодговарајућих поклопаца за шахте,
- > многе шахте су потопљене фекалијама,
- > неправилно постављени вентили и неодговарајућа величина...

Слика 5:Затечено стање на терену одвајања (шахте)



Главни проблем са подстаницама:

- > недостатак неких елемената (хватач нечистоће, стуб за умирење струјања, вентила...)
- > недостатак мерних инструмената (манометар, термометар, калориметар)
- > различити пречници цеви и колена у подстаницама,
- > недостатак вентила за одмуљавање и одзрачивање система,
- > неправилно постављени измењивачи...

Има пуно подстаница где треба одрадити потпуни ремонт јер пуно делова фали а веома је тешко накнадно уградити. У неким подстаницама има елемената који се већ годинама не користе нпр. клима коморе, омекшивачи за воду који чак нису ни исправни и тд.



Слика 6: Топлотна подстанција

2.8 Шта је когенерација?

Когенерација (често се користи и израз комбинована производња топлотне и електричне енергије, CHP) представља производњу електричне енергије са истовременим коришћењем отпадне топлоте, која се иначе губи у индустријским процесима.

Принципи когенерације познати су већ дуже време, а технологија се побољшава и развија већ годинама. Данас, модерни когенерациони системи постижу ефикасност и до 90%. Когенерација нуди велику флексибилност; најчешће постоји комбинација постројења и горива која задовољава већину индивидуалних захтева.

Конвенционалне термоелектране исто тако производе велику количину топлоте, али се она не користи зато што су оне најчешће изграђене далеко од урбаних средина (ради загађења ваздуха). Не исплати се топлотну енергију (у виду топле воде) транспортовати изолованим цевоводима (у бетонским каналима) на великим растојањима.

CHP постројења лоцирају се на места где се топлота може користити, а будући да су то насељена места, гориво које се користи треба да буде еколошко, у највећем броју случајева природни гас.

Како когенерација ради?

Когенерација користи отпадну топлоту, која увек настаје приликом добијања електричне енергије, чиме се спречава њено испуштање у атмосферу.

Приликом конвенционалних начина добијања електричне енергије, готово две трећине енергетског инпута се губи на овај начин!

Когенерација може да искористи већину те (иначе бачене) топлотне енергије, чиме се добија знатно боља искоришћеност горива и значајне уштеде, што све резултира у енергетској уштеди од 20 до 40%.

Когенерациони модул

Основне компоненте CHP постројења су:

- главни покретач, где се хемијска енергија горива претвара у кинетичку енергију (ротационо кретање),
- генератор, који трансформише ротационо кретање у ел. енергију, и
- рекуператор, с којим се користи топлота гасова од сагоревања.

Као главни покретач најчешће се користи гасна турбина и (клипни) мотор са унутрашњим сагоревањем (MUS), а у фази развоја су горивне (гориве) ћелије и "Стирлинг" мотори.

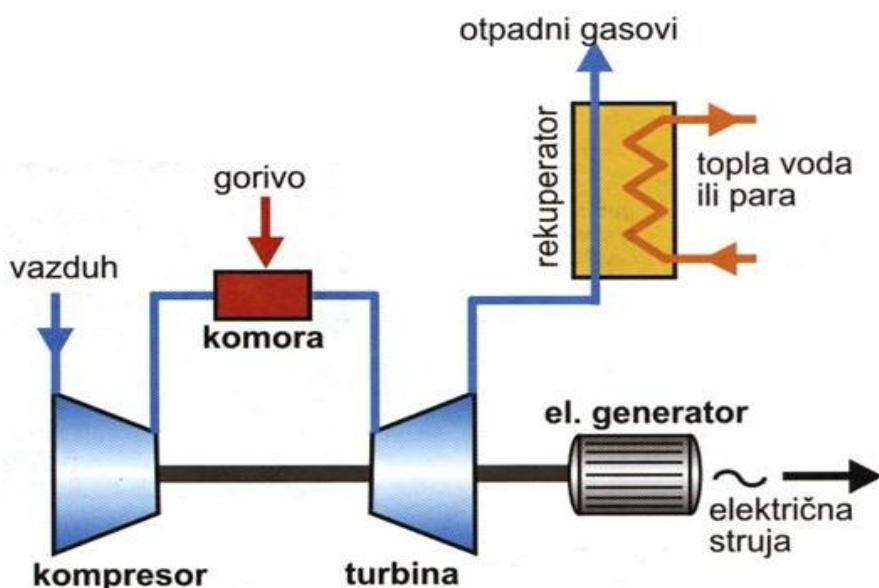
Когенерациони модул је енергетска јединица која истовремено производи електричну и топлотну енергију, а састоји се типично од следећих главних делова:

- гасни Otto мотор са унутрашњим сагоревањем,
- генератор наизменичне струје,
- измењивач топлоте за расхладну воду мотора, уље за подмазивање, гасне смеше и издувних гасова,
- разводни, управљачки и енергетски ормани са аутоматиком за синхронизацију и паралелан рад са нисконапонском електричном мрежом.

Рад СНР постројења са гасном турбином

Функционисање СНР постројења где је главни покретач гасна турбина. Прво се компримује ваздух који се меша са горивом у комори за сагоревање, затим врући гасови са високим притиском експандирају у турбини при чему се добија ротационо кретање које се у генератору претвара у електричну енергију. У ствари овако раде конвенционалне гасне централе. Али гасови који излазе из турбине имају високу температуру и у рекуператору добија се велика количина топлоте у виду топле воде (или паре) што се може користити за грејање.

Пара (уместо за грејање) може се користити у новом циклусу са парном турбином за добијање допунске ел. енергије, у том случају реч је о комбинованом циклусу.



Слика 7: Шема СНР постројења са гасном турбином

Електропривредна когенерација у Србији

Изузев у ТЕ „Никола Тесла” Б, ТЕ „Морава” и ТЕ „Костолац” Б, когенерација је присутна у свим осталим термоелектранама у Србији (ТЕ „Никола Тесла” А, ТЕ „Костолац” А, ТЕ „Колубара” А, ТЕ-ТО „Нови Сад”, ТЕ-ТО „Зрењанин” и ТЕ-ТО „Сремска Митровица”). Стање когенерационих капацитета у тим објектима, крајем 2007. године било је следеће:

➤ **ТЕ „Никола Тесла” А**, од укупно шест агрегата има у когенерацији агрегате А1 и А2, називне снаге на прагу од 2х191 МWe, чија је укупна топлотна снага 197,6 MWt, а годишња производња топлоте (у периоду 2006-2008. године) око 225-250 GWht, која се углавном користи за грејање Обреновца и околине. Укупна снага топлотног конзума је око 91 MWt. Поред тога, блокови А5 и А6, укупне електричне снаге од 2х280 МWe снабдевају технолошком паром индустријски погон „Уљарице” у Обреновцу, од око 10 000-13 000 t годишње.

➤ **ТЕ „Колубара”** је реконструкцијом такође додатно оспособљена за производњу топлотне енергије за грејање стамбеног насеља у Великим Црљенима од око 7 500 MWht годишње и испоруку технолошке паре предузећу „Универзал” из Великих Црљена од око 20 000 t годишње. Топлота се одузима са турбина агрегата А1, А2 и А4, чија је укупна електрична снага на прагу 87 МWe.

➤ **ТЕ „Костолац” А**, укупне електричне снаге од 90+191=281 МWe на прагу има оспособљена оба блока (А1 и А2) за производњу топлоте за грејање Пожаревца, Дрмна, Старог Костолца и Костолца са годишњом испоруком топлоте од око 200 GWht.

➤ **ТЕ-ТО „Панонске електране”** у Новом Саду, укупне електричне снаге два блока од 108+100= 208 МWe, наменски је грађена за комбиновану производњу електричне енергије, топлоте за грејање и технолошке паре. Укупна топлотна снага јој је 332 MWt, а производи топлотну енергију између 125 и 220 MWht годишње.

➤ **ТЕ-ТО „Зрењанин”**, у коју је уграђен један агрегат, снаге од 100 МWe на прагу, наменски је грађена као когенерационо постројење, са термичком снагом од 310 MWt (уз помоћни погон од 200 MWt) са укупном годишњом производњом топлоте за грејање од око 100 GWht и технолошке паре од око 25 000 t.

➤ **Енергана „Сремска Митровица”** има уграђена три агрегата, укупне електричне снаге на прагу од 28 МWe и пројектоване термичке снаге за грејање од 40 MWt и технолошке паре 200 t/h, са годишњом производњом од 30-35 GWht термичке енергије за грејање и око 110 000 t технолошке паре.

Потенцијал когенерације у системима даљинског грејања

У 56 градова Србије постоје системи централизованог даљинског грејања, базирани на сопственим топланама, где свака од њих има своје грејно подручје, у којем напаја индивидуалне и колективне потрошаче стамбених (82 %) и пословних објеката (18 %). Инсталирани капацитет централизованог снабдевања топлотом је око 6 600 MWt, док је прикључена снага потрошача око 6 000 MWt.

Општа је тенденција да последњих година ти грејни системи прелазе на коришћење природног гаса као основног енергента, што даје могућност увођења гасних мотора или гасних турбина у постојећа и будућа постројења за производњу топлотне енергије за грејање и праксе симултане спрегнуте производње електричне и топлотне енергије у процесу дистрибуиране когенерације.

Ова могућност је посебно интересантна за велике градове (Београд, Ниш, Крагујевац, Суботица, итд.), где су појединачне снаге извора за грејање веће, чиме се могу постићи и веће снаге извора електричне енергије, а с тим и мања специфична инвестициона цена по kW снаге уграђених електричних агрегата.

Потенцијал кућне когенерације

Опција повећаног удела природног гаса у задовољењу енергетских потреба је стратешко опредељење развоја енергетике Србије. Програм прикључивања нових 500 000 домаћинстава на гасоводни систем омогућиће постојећа и планирана транспортна и дистрибутивна мрежа, којом ће се гас довести у око 70 % општина у Војводини и 44% општина на подручју централне Србије. Реализација тог плана ће имати велики значај и за развој електропривреде, јер ће се увођењем гаса смањити потрошња електричне енергије за топлотне потребе у домаћинствима, а с тим ће се смањити и вршно оптерећење електроенергетског система за 600-750 MWe.

Светски тренд је да се повећана потрошња природног гаса у домаћинствима комбинује са микро-когенерацијом, преко индивидуалних котларница, у којима се у ту сврху као одговарајућа постројења могу користити гасни мотори, микротурбине, или горивне ћелије. Њихова примена и у Србији је ствар будућности.

Цене котлова:

BUDERUS – котао на гас 7.5 MW, кошта 125000e

VISSMANN Vitomax - котао на гас 7.5 MW, кошта 134000e

3.0 Котларница Централна радионица у Крагујевцу

Котларница Централна радионица у Крагујевцу је нови објект који се гради за услове уградње два нова котла од по 8 MW. Котларница је димензија 15x12x8 m. Котларница је целина без преграда, само су у једном делу на другом нивоу предвиђене канцеларије за особље. У наставку котларнице укопана су два резервоара за мазут по 100 m³, а од њих до котларнице води подземни пролаз са пратећом инсталацијом и агрегатима за транспорт мазута. Сва решења из ове области су усаглашена главним машинским пројектом изградње котларнице, у складу са законом о ZNP и PPZ као и грађевинским пројектом и нормативима из ове области.



Слика 8: Котларница Централна радионица у Крагујевцу

Врата котларнице (главни улаз је на југозападној страни) су метална вишеделна. На севернозападној страни су метална једнокрилна врата. Обоја врата су постављена тако да се отварају напоље, што одговара прописима.

Пречници цевовода су одређени према техничким нормативима и износе за сваки котао $\phi 216 \times 6 \text{ mm}$. Димензије сабирника и разделника су добијене прорачуном и износе $\phi 711,2 \times 12,5 \text{ mm}$, дужине $L=2500 \text{ mm}$.

За заштиту котла од подхлађивања усвојена је пумпа у спреси са трокраким вентилом који се води температуром повратне воде, а за регулацију променљивог слања топле воде према потрошачима усвојна је регулација оба котловска круга са трокраким вентилима који се воде прео спољне температуре и температуре одлазне воде. За загревање грејача мазута, поред електричне енергије, користи се и вода $110/70^\circ\text{C}$, која се добија посебним циркулационим кругом преко измењивача топлоте, а у секундару потискује посебном пумпом.



Слика 9: Котларница Централна радионица у Крагујевцу

Складишни резервоари мазута

За потребе котларнице уграђују се два подземна, двослојна, цилиндрична резервоара, производ „мип-тимо“ Ћуприја или други, сваки запремине од 100m³.

Резервоари су опремљени следећом опремом, прикључцима и отвором:

- подни топловодни грејач
- проточни топловодно-електрични грејач
- механички показивач нивоа
- прикључак за пуњење
- прикључак за одваздушење са заштитном мрежицом
- прикључцима за подни и проточни грејач
- прикључак за пражњење
- прикључак за одмуљивање
- отвор на омотачу за улаз

Табела 4: Физичка својства мазута С према DIN 51603

1.0	Калорична вредност (горња)			
1.1		Xo	11,88	кWh/kg
1.2		Xo	42,76	MJ/kg
1.3		Xo	10,21	Mcal/kg
2.0	Калорична вредност (доња)			
2.1		Xy	11,22	кWh/kg
2.2		Xy	40,38	MJ/kg
2.3		Xy	9,65	Mcal/kg
3.0	Густина на температури од °C	ρ		
3.1	0	ρ ₀	1,1	gr/ml
3.2	20	ρ ₀₂	0,99	gr/ml
3.3	40	ρ ₀₄	0,985	gr/ml
3.4	60	ρ ₀₆	0,975	gr/ml
3.5	80	ρ ₀₈	0,96	gr/ml
3.6	100	ρ ₀₀₁	0,95	gr/ml
3.7	120	ρ ₀₂₁	0,935	gr/ml
4.0	Специфична топлота на температури од °C	C _m		
4.1	10	C _{m10}	0,41	kcal/kg
4.2	20	C _{m20}	0,418	kcal/kg
4.3	40	C _{m40}	0,435	kcal/kg
4.4	60	C _{m60}	0,45	кцал/кг
4.5	80	C _{m80}	0,468	kcal/kg

Мазут се складишти у два укупана резервоара од по 100m^3 . Резервоари се пуне из транспортних цистерни пумпном станицом. Из резервоара до дневног резервоара, од 5m^3 , мазут се транспортује пумпном станицом која се активира преко нивостата у дневном резервоару. Обе пумпне станице се постављају у простору испод земље поред укупаног пролаза који повезује резервоаре са котларницом и којим пролазе и цеви мазута. Дуж цевовода мазута који се изолује пролазе и цевоводи топле воде за грејаче мазута и пратећи грејачи и то праве жице са обе стране цевовода.

Од дневног резервоара, пумпном станицом, се мазут транспортује до оба котла и назад (кружно). Из овог круга сваки котло преко догрејачке станице и посебне пумпне станице добија мазут до горионика.

У систему се одржава притисак преко посебног система за одржавање притиска (диктир систем). Овај систем преко „диктир пумпе“ додаје воду у систем када притисак пада, а преко преструјног вентила испушта воду у отворене посуде када притисак расте. Систем се допуњава водом преко аутоматског уређаја за хемијску припрему воде, који се укључује преко нивостата отворених (преливних) посуда.

Одвод продуката сагоревања решен је са димњаком - за сваки котло посебно, висине новог димњака је 20 m, пречник 1000 mm.

Урађена је и провера функције димњака за рад са гасовитим горивом, сходно DIN 4705.

За евентуално гашење почетног пожара предвиђени су: 4 хидранта и опрема за почетно гашење пожара пема закону за изградњу котларница и према условима на терену.

Обзиром да се ради о котларници средње величине лоцираној у насељу између зграда, предвиђен је и систем за детекцију присуства експлозивних гасова.

3.1 Испитивање инсталације на непропусност и чврстоћу

Подлога за ово испитивање је пропис DVGW G 469/87 (или JUS M.EZ.151) којим се утврђују поступци испитивања гасоводних инсталација (у целини) притиском.

Поступак испитивања бира се у зависности од употребљених материјала за израду гасовода или гасних постројења, од врсте спајања елемената, подручја примене...

Све вредности притиска у овом стандарду су вредности надпритиска изнад тренутног атмосферског притиска.

3.2 Испитивање водом под притиском

Испитивање цевне мреже од МРС до гасних рампи врши се на чврстоћу и непропусност под притиском од $p=4 \text{ bar}$.

Испитивање гасовода водом под притиском може се вршити једаном или двапут при чему се мора имати у виду следеће:

- испитивање се обавља само при температури воде и околине изнад $+4^{\circ}\text{C}$ (при нижим температурама треба предвидети посебне услове).
- вода која се употребљава за испитивање не сме бити агресивна, мора бити чиста. Пуњење цевовода (инсталације) мора бити без присуства ваздуха.
- за мерење притиска треба користити контролне манометре класе мин 0,6
- пре испитивања треба испрати и очистити цевну мрежу од нечистоћа.

Редослед испитивања:

Временски редослед испитивања притиском дели се на поједине интервале:

- 1) прво повећање испитног притиска
- 2) прво време задржавања испитног притиска 90 min
- 3) прво смањење испитног притиска
- 4) друго повећање испитног притиска
- 5) друго време задржавања испитног притиска 24h
- 6) растеређење, смањење испитног притиска

Испитивање гасне инсталације хладним воденим притиском (по завршетку "свих радова") треба извршити у присуству надзорног особља. Приликом испитивања обавезна је визуелно димензиона контрола свих заварених спојева цеви, као и контрола челичне конструкције ослонаца, арматуре и сл. Испитивање траје цца 2 сата. Инсталација се сматра исправном ако на њој након испитивања нема никаквог цурења нити пластичних деформација. Највећи дозвољени пораст притиска до испитног притиска је 3 bar/min .

Резултате испитивања треба уписати у грађевински дневник (сачинити записник о испитивању), а испитивање се сматра успешним ако се притисак за првих 10 минута не смањи за више од 2%.

Уграђена опрема (котлови, горионици, пумпе, и пумпни агрегати, моторни вентили са пратећом аутоматиком, вентилатори, арматура и сл.) морају бити усаглашени са важећим ЈУ стандардима. Атестна документација и гарантни листови за опрему и арматуру морају се дати на

увид надзорном органу, а по завршетку радова предати инвеститору или кориснику.

Извођач радова је дужан да по завршетку радова, на видном месту постави упутство за руковање и одржавање котлова, пратеће инсталације и арматуре.

Испред улаза у котларницу на главном колекторском воду DN125 предвиђен је и постављен главни запорни затварач (GZCZ) DNД25NP16. Његово постављење је ван дохвата "незапослених"; на фасади објекта.

Због ремонта, евентуалног брзог затварања и сервиса GZCZ, предвиђене су пењалице (према JUS M.B0.60) и платформа од челичних профила (површине цца 1 m²). Функција главног запорног затварача је да брзо прекине довод гаса.

Вентилација котларнице:

Вентилација (проветравање) котларнице је природна. Фиксне доводне жалужине уграђују се у доњем делу зида или врата топлане (Радинг, Краљево FZ-T – 1050x1000mm, са ефективном површином 0,765m², 4 комада, што износи 3,06m² ефективне површине, или друге) са доњом ивицом на растојању од пода мин. 0,3 m, мах. 0,5 m, док се фиксне жалужине за одвод ваздуха уграђују на супротном зиду, при врху, у задњој трећини висине зида. Ове жалужине су саставни део Грађевинског пројекта.

Високопритисни део гасних рампи:

Високо притисни део гасних рампи има задатак да излазни притисак из MPS смањи на потребан притисак сагоревања гаса.

Свака гасна рампа има свој високо-притисни део који је инсталиран поред котла.

Гасне рампе у основи садрже следеће елементе:

- гасна славина на почетку гасне рампе.
- фини филтер за гас који има функцију пречишћавања и одмуљивања гаса.
- турбински мерач протока гаса који је уграђен иза филтера мери и показује тренутни и збирни проток гаса кроз гасну рампу.
- регулатор притиска гаса - тип са уграђеним сигурносно прекидним (блок) вентилом. Улога регулатора притиска је да одржава подешени излазни притисак константним, без обзира на промене улазног притиска, односно промене потрошње гаса.

- Сигурносни блокадни вентил има функцију да у случају повећања притиска гаса иза регулатора изнад подешене вредности (регулационе групе) затвори, односно блокира довод гаса.
- Сигурносни мембрански испусни вентил MBC-560 који има задатак да у случају повећања притиска изнад дозвољеног (подешеног) пропусти мање количине гаса (10% од називног протока кроз гасну рампу) у атмосферу.
- Растеретни вентил (славина)
- Сигурносна склопка за гас која прекида струјни круг код пораста притиска изнад подешене вредности сходно JUS M.E3.381, JUS M.E3.471 и DIN 3398/1.
- Манометри на улазу испред славине и иза регулатора притиска за мерење притиска на овим деловима гасне рампе.

Нископритисни део гасних рампи:

Функција ниско притисне гасне рампе је управљачка, сигурносна и контролна, овај део гасне рампе је изведен посебно, тј. наставља се на високо притисну гасну рампу до сваког горионика понаособ.

Основни елементи ниско-притисне гасне рампе су:

- Излазна гасна славина
- Контролна пригушница
- Електро-магнетни вентили сходно DIN 3394, који служе за затварање и отварање довода гаса у тачно одређеним случајевима и секвенцијама.
- Аксијални цевни компензатор.
- Регулациона клапа за гас димензија која у склопу са осталим елементима за регулацију делује као програматор гаса.
- Сигурносна склопка за гас која прекида струјни круг када притисак гаса падне испод подешене вредности према JUS M.E3.381 и JUS M.E3.471.
- Сигурносна притисна склопка за контролу непропусности гасне рампе према JUS M.E3.381 и JUS M.E3.471.
- Контролни горионик према DIN 4788 и DVGW радни лист G-490.
- Уређај за показивање непропусности као последња провера непропусности целе инсталације испред горионика.
- Електро-магнетни вентил одушни на воду за показивање непропусности.
- Електро-магнетни вентил, за контролу пламена и за потпалу.

3.3 Циркулациона пумпа прстенастог вода

Мазут се потискује из дневног резервоара, према котловима и повратно враћа у дневни резервоар – прстенасто кретање мазута.

Димензионисање пумпи врши се на бази максималних капацитета одговарајућих пумпних агрегата. Пумпну станицу чини двоструки пумпни агрегат са зупчастим пумпама, електромоторима, филтерима, манометрима, вакуумметрима, граничником притиска, сигурносним вентилом и прикључном арматуром. Пумпна станица се поставља непосредно уз дневни резервоар. Према максималној потрошњи мазута од 1500 kg/h ($1,56 \text{ m}^3/\text{h}$ или $26,04 \text{ lit/min}$), изабран је пумпни агрегат са 1,5 -2 пута већим протоком:

- Производ	MPD Daruvar
- Тип	DPS ZOLS – 50/100 L-6
- Капацитет	48 l/min
- Напор	5 bar
- Фаза	3
- Напон	400 V
- Снага електромотора	1,5 kW
- Број обртаја	930 1/min
- Транспортна температура мазута	60 °C
- Вискозност за транспортну температуру	230cSt
Du/Di=DN32(φ42,4)/DN25(φ33,7)	

Пумпна станица се испоручују комплет са електромоторима, спојницама, филтерима са електрогрејачем, одвајачима гасова, вентилима за ограничавање притиска и осталом мерном и сигурносном опремом, на заједничком постољу. Једна пумпа је радна, а друга је резервна.

Избор циркулационе пумпе

Циркулационе пумпе се димензионишу према капацитету усвојеног измењивача топлоте и потребном напору у секундарном кругу.

- капацитет измењивача топлоте	180kW
- температурни режим примара	140/80°C-NP16, Δt=60°C
- температурни режим секундара	110/70°C, Δt=40°C
- пад притиска у секундару	20mVS (проверено програмом)
- потребан капацитет пумпе	3,97 m³/h
- потребан напор пумпе	25mVS

Усвајам циркулациону пумпу, произвођача Грундфос, следећих техничких карактеристика:

- производ	Grundfos
- тип:	TP 40-270/2 A-F-A BUBE
- број комада	2
- брзина	2880 o/min
- Ду/Ди	DN40
- снага мотора	1,5kW
- напон	380 V
- тежина	42,1 kg

Сет за одржавање притиска са две пумпе Грундфос, или други, тип CRE 32-4 A-F-A-E HQQE, са техничким карактеристикама:

- Проток: **20 m³/h**
- Напор: **60 mVS**
- Прикључак: **DN 65**
- Напон: **380 V**
- Снага: **7,5 kW**
- Број обртаја: **2919 o/min**
- Тежина: **132**
- Регулација, фреквентна – интегрисана
- Број комада: **2**

Сет садржи комплет арматуру, командну таблу са потребном аутоматиком за аутоматско одржавање притиска, преструјни вентил, вентил сигурности и осталу опрему неопходну за повезивање са отвореним експанзионим посудама.

Мрежна пумпа, за циркулацију воде према потрошачима. Техничке карактеристике изабране пумпе, су:

- Производ: **Grundfos**
- Тип: **NK 125-500/447 A2E-F**
- Проток, максимални: **269,1 m³/h**
- Напор, максимални: **63,9 mVS**
- Ду/Ди: **DN150/DN125**
- Снага погона, максимална: **75 kW**

- Степен искоришћења: **95,1 %**

- Број обртаја: **1490 1490 o/min**

Пумпа за заштиту котла. Техничке карактеристике:

Произвођач: **Grundfos**

Тип: **TP 150-130/4**

ПН: **16 bar**

ДН: **150 mm**

Проток: **200 m³/h**

Напор: **до 12 м**

Снага: **7,5 kW**

Број обртаја: **1450 o/min**

Комада: **2**

Експанзиону посуду, за круг грејања мазута је: EP-150, запремне V=150lit, p_{max}=6бар, произвођач ЕЛБИ Италија, или други.

Уређај за хемијску припрему воде:

Тип уређаја: **WA-ED**

Капацитет **7,5 m³/h**

Омекшивач воде – двоструки са квалитативном регенерацијом која се састоји:

- 2 измењивачке посуде од GFK са системом дизни
- 2 пуњења смолом високог капацитета
- 2 централна управљачка вентила
- 1 сензорске управљачке јединице, уграђене на зид, за потпуно аутоматски погон. Искључење регенерације и пребацивање на други измењивач преко сензорског сигнала. Аутоматско осигурање од пробоја тврдоће.
- 1 посуда за со са поклопцем и уграђеним ниво системом
- 1 контактнoг мерача протока
- 1 финог филтера са филтерским улошком – визуелно контролисан – са уређајем за аутоматско испирање филтерског улошка
- 1 прекидна цевна веза укључујући цевне спојеве и заптиваче према DIN 1988, DVGW – испитано

Подаци:

- Гранични капацитет **7,5 m³/h**
- Капацитет **800 m³ x °dH**
- Дозвољена укупна тврдоћа **22°dH**
- Капацитет између две регенерације **30 m³**

- Време између две регенерације 5 h
- Потрошња соли по регенерацији. 40 kg

са дозирном – фабрички предмонтираном станицом за квантитативно дозирање течним средствима за дозирање са дозирном пумпом и електромешалицом.

Тип уређаја: DOSIN – 200 litt.

Уређај за дозирање, прање, напајање и дозирање течних заштитних хемикалија изузев хидразима. Комплетан опис

уређаја је у прорачуну, заједно са додатним мобилним уређајем и средствима за прво пуњење.

Мерач топлотне енергије. Следећих карактеристика:

- Произвођач: **Danfoss**
- Тип: **SONOMETER 3000**
- Водомерни део: **SIETRANS FUE 380**
- Qн: **120 m³/h**
- Qмах: **180 m³/h**
- Веза: **прирубница**
- Притисак: **NP16**
- Пречник: **DN100**
- **2,5 l/pulsuy**
- Рачунска јединица: **INFOCAL 6**
- Напајање: **230В DC**
- Очитавање у: **MWh**
- Температурски сензори: **Pt500, f6mm**
- Дужина кабла температурског сензора: **10m**
- Чауре од нерђајућег челика: **120mm**
- М-Бус модул
- Уградња у повратни вод

3.4 Прорачун и избор експанзионе посуде

Подаци за избор експанзионе посуде, су:

- капацитет измењивача топлоте	180kW
- статички притисак	1,5bar
- максимални притисак	6bar
- запремина воде у систему 12lit/kW	2160lit
- потребна запремина посуде (добијена програмом)	104,4lit

За крајњи притисак $p_k=5\text{bar}$ и почетни $p_n=2\text{bar}$

Усвајам експанзиону посуду EP-150, запремне $V=150\text{lit}$, $p_{\text{max}}=6\text{bar}$, произвођач ЕЛБИ Италија, или други.



Слика 10 : Експанзиона посуда

4.0 Израда Главног пројекта изградње котларнице у насељу „Централна радионица“, Крагујевац

Котларница као основно гориво користи природни гас, а као алтернативно мазут.

Постоје два вреловодна котла укупне снаге 15MW, са параметрима воде 130/80°C.



Слика 11 : Котло VISSMANN Vitomax 200 HW-4, тип M238



Слика 12 : Котао **VISSMANN Vitomax 200 HW-4, тип M238**

Карактеристике котлова:

VISSMANN Vitomax 200 HW-4, тип M238, са интегрисаним економијзером, номиналног капацитета 8000 kW вреловодни котао за производњу вреле воде температуре изнад 120°C. Производи се у верзијама за сагоревање лож уља према DIN 51603, или за сагоревање гаса према DVGW радном листу G260.

4.1 Опис котла:

Котао је вреловодни за производњу вреле воде температуре изнад 120°C. Производи се у верзијама за сагоревање лож уља према DIN 51603, или за сагоревање гаса према DVGW радном листу G260.

Витомах 200 HW, тип M238 је високопритисни вреловодни котао, који одговара EG (97/23/EG) смерницама за посуде под притиском. Котао поседује CE ознаку (CE-0035 према Смерницама за посуде под притиском). Котао је предвиђен за постављање на равну подлогу, односно на постоље које апсорбује звук. Котао је заварен електрично, у атмосфери заштитног гаса.

Витомах 200 HW је лежећи вреловодни котао са пламеном и димним цевима, тропромајне конструкције, челични, са цилиндричним ложиштем. Друга и трећа “промаја” налазе се симетрично и концентрично око ложишта.

Котао има велики водени простор, што обезбеђује добру сопствену циркулацију и сигурно преношење топлоте.

Специфична запремина воде у котлу је већа од 2,2 l/kW, што омогућава еластичан рад котла са великом инерцијом, добрим прилагођавањем променљивим топлотним оптерећењима и малим бројем стартовања горионика.

Ниско специфично топлотно оптерећење ложишта, омогућава дуготрајност котла, квалитетно сагоревање горива, са малом количином штетних материја и ниском емисијом азотних оксида.

Котао је предвиђен за постављање на равну подлогу, односно на постоље које апсорбује звук.

Котао је заварен електрично, у атмосфери заштитног гаса.

Тело котла је топлотно изоловано минералном вуном у јастуцима, дебљине 120 mm, са оплатом од лакираног челичног лима, тако да су губици топлоте минимални.

Захваљујући ревизионим отворима на котлу, омогућен је одговарајући приступ котловским размењивачким површинама, што обезбеђује њихову визуелну контролу у складу са прописима Европске заједнице EN12953-3.

Котао је цилиндричног облика и сребрне боје, и поседује: врата за чишћење, сабирник излазних димних гасова са поклопцима за чишћење, прокронске турбулаторе увучене у димне цеви треће промаје, плату по којој се може ходати, уметак (међукомад) полазног вода за уградњу мерне, регулационе и сигурносне арматуре, као и прикључке за уградњу инструмената и других елемената.

За потребе производње топлотне енергије за загревање насеља, водом температуре 140/80°C, као носиоцем топлотне енергије, усвајам два челична натпритисна топловодна котла са могућношћу погона на природни гас и мазут, следећих карактеристика:

4.2 Технички подаци котла

- Номинални Топлотни капацитет: **8000 kW**
- Мах.топлотно оптерећење пламенице при ложењу на природни гас: **9050 KW**
- Мах.топлотно оптерећење пламенице при ложењу на мазут: **8900 KW**
- Мах. дозвољени натпритисак: **13 bar**
- Укупна дужина котла: **7100 mm**
- Укупна ширина: **3200 mm**
- Укупна висина: **3500 mm**
- Укупна тежина: **25400 kg**
- Прикључак дим.гасова: **760/750 mm**
- Отпор на страни димних гасова (при ложењу на гас): **9.1 mbar**
- Отпор на страни димних гасова (при ложењу на мазут): **8.8 mbar**
- Запремина воде у котлу: **22 m³**
- Температурска разлика полазне и повратне воде: **50°C**
- Радна температура: **130/80°C**
- Сигурносна (мах.радна тем.) температура: **175°C**
- Минимални капацитет је условљен гориоником.
- Минимална температура воде на улазу у котао при ложењу на гас је: **60°C**
- Минимална температура воде на улазу у котао при ложењу на мазут: **80 °C**
- Погонско гориво: природни гас (JUS H.F1.001) и друга гасовита горива уље за ложење (JUS B.H2.411) и друга течна горива
- Димензије прикључака: полазни вод воде DN200, повратни вод воде DN200, Прикључак дим.гасова: 760/750 mm
- димензије котла: ширина 3200 mm, дужина 7670 mm
- всина са економајзером: 5380 mm

Степен корисности котла са економајзером у зависности од температуре полазног вода: при раду на гас и оптерећењу 100% износи 95,8%, док при раду на гас без економајзера и максималном оптерећењу према ENI 12953-3 износи: 91,3%.

Прикључак димних гасова може бити изведен са задње, бочне или горње стране економајзера у зависности од потреба објекта.

4.3 Економијзер за искоришћење топлоте димних гасова

Извођење: Постављање у интегрисаној конструкцији на сабирник димних гасова котла. Димоводни бау-пасс интегрисан у измењивачу топлоте, са моторном димоводном клапном и термостатом димних гасова; прикључци за одзрачивање, пражњење, сигурносни вентил. Економијзер је опремљен са 2 термометра, сигурносним граничником температуре, као и термостатом и манометром.

Измењивачке површине су израђене од спиралних оребрених цеви. Кућиште од челичног лима дебљине 5 mm, са ревизионим отвором и изолацијом. Прорачун, конструкција и израда према прописима за судове под притиском.

Технике карактеристике економијзера су:

- Топлотни капацитет Есо-а: **400 kW**
- Пад притиска кроз Есо са димне стране износи: **2,5 mbar**
- Пад притиска кроз Есо са водене стране износи: **0,26 bar**
- Степен корисности котла са Есо-ом износи: **95,8 %**
- Температура воде на улазу/излазу из Есо: **70/87 °C**
- Температура димних гасова на улазу/излазу из Есо: **245/150 °C**
- Димензије Есо-а (шхдхв): **2600x1200x2100 mm**
- Површина топлотне размене: **110 m²**
- Приизвођач: **Rosnik**
- Комада: **2**

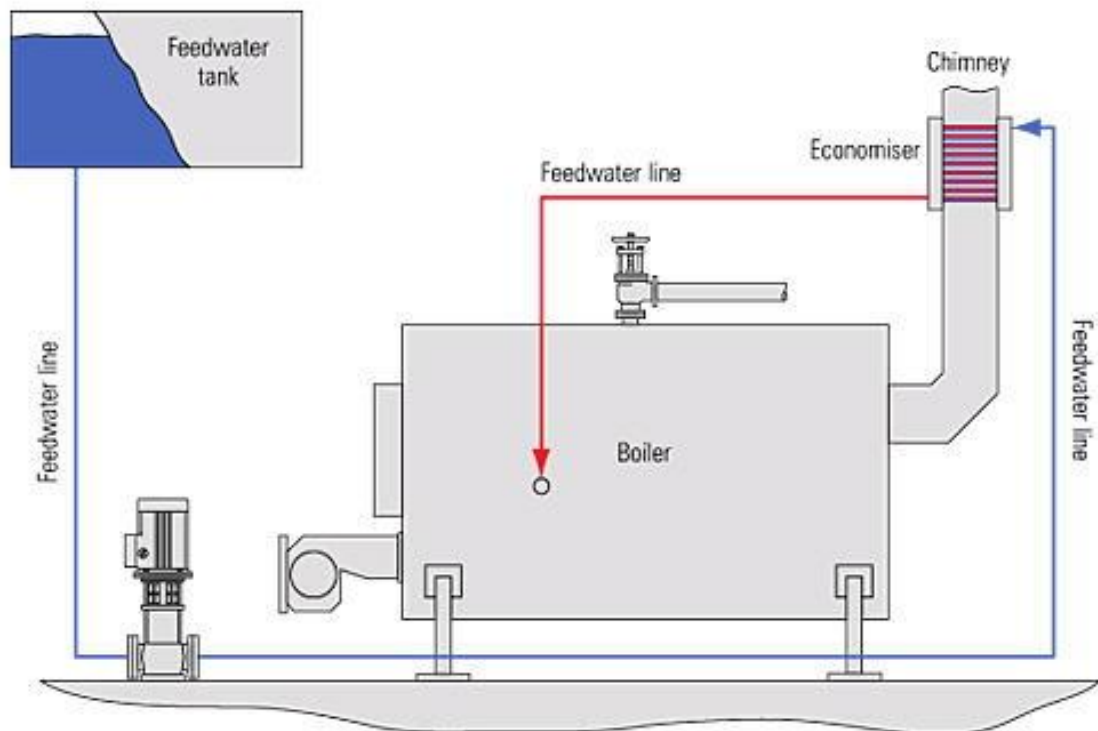
Економијзер је опремљен следећим прикључцима и мерним уређајима:

- прикључком за одзраку: **DN15, PN25**
- прикључком за пражњење: **DN15, PN25**
- сигурносним вентилом, за $p_{отв} = 15 \text{ bar}$
- сигурносним граничником температуре, 50-200°C
- 2 ком. термометра, 0-200°C/300°C
- манометром 0-25 bar

- два запорна вентила на улазу/излазу у ECO: **DN80 DN25**

Прикључак димних гасова изведен са задње стране економајзера, спољашњег пречника 760 mm.

У котларници су смештени котлови, циркулационе и рециркулационе пумпе, уређаји за одржавање притиска, хемијска припрема воде и унутрашњи цевоводи са арматуром.



Слика 13: Шематски приказ економајзера

ЗАГРЕЈАЧ ВОДЕ - економајзер

Уградњом загрејача воде на топоводним, вреловодним и парним котловима повећава се степен искоришћења чак до 94%.

Потрошња горива је мања што у укупном билансу смањује експлоатационе трошкове.

1.Подаци битни за одржавање притиска и експанзиони систем су следећих карактеристика:

- ♦ запремина система $V=250\text{m}^3$,
- ♦ статичка висина 35m,
- ♦ мах притисак 10bar,
- ♦ радна температура 130/80°C;

3.Подаци о димњаку:

- ♦ котло Viessmann 200HW-4 снаге 8000kW - 2ком

4.Подаци о циркулационим пумпама:

- ♦ Проток $Q_{\text{мах}}=250\text{m}^3/\text{h}$, напор 5bar, мах. температуре 80°C, мах. $p=16\text{bar}$ 2ком

5.Подаци о мазутним пумпама и резервоарима:

- ♦ Сезонски резервоар за мазут $V=100\text{m}^3$ -2ком $p=4\text{bar}$, $t=60^\circ\text{C}$
- ♦ Дневни резервоар $V= 5\text{m}^3$ -1ком $p=4\text{bar}$, $t=60^\circ\text{C}$, за обе ставке важи: температура воде за грејање $t_{\text{мах}}=100^\circ\text{C}$ $p=10\text{bar}$;
- ♦ Пумпе за претакање из цистерне у сезонски резервоар: проток $q=18\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{мах}}=10\text{bar}$, $t_{\text{мах}}=100^\circ\text{C}$ 2ком;
- ♦ Пумпе за претакање из сезонског резервоара у дневни резервоар и циркулацију: проток $q=6\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{мах}}=6\text{bar}$, $t_{\text{мах}}=100^\circ\text{C}$ 2ком
- ♦ Пумпе за циркулацију до горионика: проток $q=6\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{мах}}=25\text{bar}$, $t_{\text{мах}}=110^\circ\text{C}$ 1ком
- ♦ Подаци о горионику

Р.бр.	Назив	Комада	Јед.тежина(kg)	Укупно(kg)
1.	Котао са гориоником	2	50000	100000
2.	Резервоар за мазут	2	111600	223200
3.	Дневни резервоар мазута	1	5700	5700
4.	Сабирник и разделник	2	1000	2000
5.	Димњак	2	5000	10000
6.	Резервоари за одржавање притиска	3	5000	15000
7.	Решетке за довод ваздуха	8	1050x1000 mm, од пода 300 mm	
8.	Решетке за одвод ваздуха	3	1050x800 mm у задњој трећини висине котларнице, супротна страна од довода	

Табела 5: Подаци за пројекат грађевине

Р.бр.	Назив	Комада	Снага(kW)	Укупно(kW)
1.	Горионик	2	21/400	42
2.	Прот.грејач цистерне од 100м ³	2	25	50
3.	Пумпа од складишног до дневног рез.	1	3/400	3
4.	Пумпа за истакање из аутоцистерне	1	7,5/400	7,5
5.	Пратећи грејачи цевовода	Око 40m	28	1,12
6.	Грејач невног резервоара	1	35	35
7.	Пумпа за мазут прстенастог вода	1	1.5/400	1,5
8.	Догрејачка станица	2	44,8	89,6
9.	Пумпна станица код горионика	2	8	16
10.	Циркулациона пумпа за грејање мазута	1	1,5/400	1,5
11.	Диктир пумпа	1	7,5/400	7,5
12.	Пумпа за заштиту котла	2	7,5/400	15
13.	Мрежна пумпа	2	75/400	150
14.	Мерачи топлотне енергије	2	220	220

Табела 6: Подаци за електро пројекат

Фина арматура и опрема на примарној инсталацији

- Вентили сигурности
- Прикључак за мерне елементе
- Раван запорни вентил DN 200 PN 16
- Раван запорни вентил DN 150 PN 16
- Неповратни вентил DN 150 PN 16
- Раван запорни вентил DN 100 PN 16
- Неповратни вентил DN 100 PN 16
- Циркулациона пумпа са фреквентном регулацијом (заштита хладног краја)
тип: Грундфос TP 125-110/4
- Циркулациона пумпа с фреквентном регулацијом
тип: Грундфос TP 65-120/2
- Разделник $\Phi 711 \times 2500 \text{mm}$
- Сабирник $\Phi 711 \times 2500 \text{mm}$
- Раван запорни вентил (одмуљивање колектора) DN 20 PN 16
- Раван запорни вентил (озрачивање система) DN 20 PN 16
- Термометар 0-160°C
- Манометар 0-25bar
- Мерач утрошака топлотне енергије TER 3000 DN 100
- Циркулациона пумпа са снабдевање потрошача
тип: Грундфос HK 125-500/447 A2E-Ф

Цевоводи вреле воде (Примар)

- Одлаз из котла – $\Phi 219.1 \times 5.9 \text{mm}$
- Поврат у котао – $\Phi 219.1 \times 5.9 \text{mm}$
- Кратка веза на котлу – $\Phi 59 \times 4.5 \text{mm}$
- Одлаз према потрошачу - $\Phi 219.1 \times 5.9 \text{mm}$
- Поврат од потрошача - $\Phi 219.1 \times 5.9 \text{mm}$
- Кратка веза на разделнику – $\Phi 159 \times 4.5 \text{mm}$
- Вод за озрачивање система – $\Phi 29.6 \times 2.3 \text{mm}$
- Вод за одводњавање колектора - $\Phi 29.6 \times 2.3 \text{mm}$
- Веза са системом за експанзију – $\Phi 108 \times 3.6 \text{mm}$
- Напојни вод преко ЕКО-а – $\Phi 108 \times 3.6 \text{mm}$

Цевоводи топле воде (секундар)

- Одлазни вод од измењивача топлоте – Φ 60.3x2.9mm
- Повратни вод ка измењивачу топлоте – Φ 60.3x2.9mm
- Напојни вод проточног грејача за дневни резервар - Φ 42.4x2.6mm
- Повратни вод проточног грејача за дневни резервар - Φ 42.4x2.6mm
- Заједнички вод за сезонске цистарне – Φ 48.3x2.9mm
- Вод према једној сезонској цистеми – Φ 42.4x2.6mm
- Сезонска цистема – подни грејач - Φ 42.4x2.6mm
- Сезонска цистема – проточни грејач – Φ 33.7x2.6mm
- Сигурносни вод – Φ 33.7x2.6mm

4.4 Опасности и штетности које се могу јавити на објекту

Током извођења радова на градњи објеката могу се јавити низ опасности и штетности, које у случају неблаговремене и неефикасне интервенције или примене неадекватне заштите, могу бити штетне за раднике који раде на градилишту, а такође и за становништво, околину, итд.

Опасности и штетности које могу да се јаве су:

- опасност и штетност од неправилно димензионисане инсталације и конструкције
- опасност и штетност од неправилне уградње инсталације (конструкције), арматуре и сл.
- опасност и штетност од превисоког притиска у мрежи
- опасност и штетност од избијања пожара током градње објеката
- опасност штетног зрачења током контроле заварених спојева и услед заваривања
- опасност од експлозије током градње објеката
- опасност при транспорту, утовару, истовару материјала и опреме
- опасност неправилне примене оруђа за рад при градњи објеката,
- опасност, односно штетност због стварања буке и вибрације током градње објеката,
- опасност од штетног дејства електричне струје током градње објеката,
- опасности и штетности опасних материја за људе, тј. опасност од загађења околине,
- опасност од нестручног пружања прве помоћи раднику на раду,
- опасност необезбеђења градилишта и саобраћајница.

Место за котларницу мора бити одређено тако да у случају избијања пожара у котларници не буде угрожен цео објекат, а посебно део где бораве људи. Под одређеним околностима у котларници може доћи и до експлозије гаса. Због тога котларница треба да буде смештена тако да се обезбеди растерећење притиска насталог при експлозији, у циљу спречавања рушења целог објекта. Зато је најповољније да котларница има један спољни зид постављен према отвореном простору. Прозори и отвори на том зиду служе као одушни отвори. Из истих разлога котларница не сме да буде укопана више од 2/3 своје висине, а горња трећина мора бити у слободном простору. Из наведених услова произилази да котларница не сме бити у средини објекта, јер би експлозија у њој изазвала рушење целог објекта.

Због опасности од експлозије, котларнице у објектима у којима се стално или повремено окупља већи број људи, могу имати најмање два зида у слободном простору и не могу ни у ком случају бити испод нивоа околног терена.

4.5 Прилог о мерама заштите на раду

Опште одредбе и напомене

Заштита на раду обухвата услове рада које радници обезбеђују применом техничких, здравствених, социјалних, економских, васпитних, правних и других одговарајућих мера (Сл. гласник Републике Србије бр. 42/91, са изменама и допунама закона у броју 53/93).

Основни задатак заштите на раду је спречавање могућности повређивања, смртних удеса и професионалних обољења радника на раду.

Поред заштите радника од повреда и професионалних обољења, против пожарне заштите, заштита на раду обухвата заштиту целокупне личности радника у вези са радом у радној средини.

Опште мере заштите на раду одређују се за сва радна места, односно послове, уколико за одређена радна места или услове рада нису предвиђене посебне мере заштите на раду.

Опште мере заштите на раду су прописане мере које се примењују као мере заштите на раду на пословима, односно радним задацима у свим делатностима.

Слика 14: Сlike котларнице





4.6 Одвођење димних гасова и концентрације штетних материја у ваздуху

Сагоревањем органских горива у котловским постројењима настају материје које се преко димних гасова избацују у атмосферу. Најштетнија гасовита једињења у димним гасовима котловских постројења су: сумпорни оксиди (CO_2 и CO_3), азотни оксиси (NO_x) и угљен моноксид (CO).

Потребна висина димњака одређује се из услова да величина највеће концентрације (C_m) било ког загађивача у приземном слоју ваздуха, не сме да буде већа од средње дневне максимално дозвољене концентрације (MDK), које су законски прописане.

Према одредбама Закона о заштити животне средине ("Службени гласник РС", бр. 53/95) и Правилника о граничним вредностима, методама мерења имисије, критеријума за успостављање мерних места и евиденцији података ("Службени гласник РС", бр. 30/99), прописане су максимално дозвољене концентрације штетних материја у ваздуху:

Ред.бр.	Материја	Средња дневна концентрација [mg/m ³]	Краткотрајна концентрација [mg/m ³]
1	сумпордиоксид	0.15	0.5
2	чађ	0.05	0.15
3	олово	0.0007	-
4	оловосулфид	0.0017	-
5	арсен као неорганска јед.	0.003	-
6	угљен дисулфид	0.01	0.03
7	угљен моноксид	1	3.0
8	азотни оксид	0.085	0.085
9	флуоро водоник	0.005	0.02
10	оксиданси	-	0.125
11	пепео и инертна прашина	до 300 mg/m ² на дан	

Табела 5: Максимално дозвољене концентрације штетних материја у ваздуху

5.0 Закључак

Да би се унапредио систем грејања и да би се уштедела енергија потребно је придржавати се следећих корака:

1. Савремени систем грејања

Основни корак за смањење трошкова грејања је инвестиција у модеран гасни кондензациони уређај. Ови уређаји штеде од 15% енергије у односу на новије квалитетне конвенционалне котлове, па и до 40% у односу на нпр. уређаје из 80-тих и 90-тих година (on-off регулација пламена, пилот пламен, прикључак на димњак)! Додатно, стари уређаји су често слабо одржавани, нису подешени, имају зачепљени измењивач, што им додатно смањује степен корисности, па прелазак на кондензациони уређај може донети и веће уштеде. Препорука је да се изврши замена уређаја старијих од 15 година, јер се због уштеда инвестиција врати за највише 2 до 3 године.

2. Собни термостати

Веома често се дешава да се котлоу угради без регулатора / собног термостата. Када нема термостата, нема шта да „каже“ котлу када је у просторији достигнута порепоручена температура од 20-22°C, па котлови неконтролисано раде и троше више енергије.

3. Програмски собни термостати / регулатори грејања

Штедите ноћу или када нисте кући: испрограмирајте да је у кући регуларна температура 21°C, а да је нпр. 17°C током ноћи, као и од 08-14h када сте на послу. Ови регулатори смањују потрошњу гаса и до 10% у односу на системе без регулације.

4. Снизите температуру просторије

Температура просторије има велики утицај на потрошњу енергије: снижавањем темп. за само 1°C може се уштедети и до 6% енергије!... Препоручене темп. су нпр. 20-22°C за дневни боравак и трпезарију, 18-20°C за кухињу и ходник, 22°C за радну и дечју собу, 23°C за купатило. Ако је на вашем термостату подешено 24 или 25°C, смањите подешавање на 22°C, и смањићете потрошњу гаса за 10-15%!

5. Термо главе на радијаторима

Због свега наведеног у тачки 4, препоручује се регулисање температуре у свакој просторији посебно. Ово енергетски оптимизовано управљање грејања можете постићи уградњом термостатких вентила на радијаторима.

6. Нижа температура у акумулационом бојлеру

Најпријатнија температура за туширање је од 39 до 40°C. Према томе не постоји никакав разлог да се топла вода у акумулационом бојлеру одржава на температури од нпр. 80°C. Довољно је да темп. буде подершена 60°C - комфор је исти, а штедите енергију.

7. Изолација цеви

Препоручује се топлотна изолација свих цеви за топлу воду у подруму тј. котларници. Често су ове просторије негрејане, са отвореним прозорима или вентилационим отворима, па су читав систем излаже непотребним топлотним губицима.

6.0 Литература

📖 Стојановић, Д.: Топлотне турбомашине

📖 Тодоровић, Б.: Пројектовање постројења за одређивање потребне количине топлоте за грејање

📖 Тодоровић, Б.: Пројектовање постројења за централно грејање

📖 Приручник за грејање и климатизацију

📖 Званичана веб адреса „Енергетика“ д.о.о.