

Анализа примарне гасне дистрибутивне мреже у урбаној средини и прорачун ГМРС – Студија случаја Ћуприја

Јања Ивановић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Анализа примарне гасне дистрибутивне мреже у урбаној средини и прорачун ГМРС – Студија случаја Ћуприја | Јања Ивановић || 2022 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006393>

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки
факултет



Завршни рад

Основне академске студије

**Анализа примарне гасне
дистрибутивне мреже у
урбаној средини и прорачун
ГМРС – Студија случаја
Ћуприја**

Кандидат:

Јања Ивановић Р75/18

Ментор:

доц. др Александар Маџаревић

Београд, август, 2022

Комисија:

1. доц. др Александар Маџаревић, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. Проф. др Дејан Ивезић, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. Проф. Др Марија Живковић, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

Резиме:

Овај рад приказује идејно решење примарног дистрибутивног гасовода у Ћуприји. Помоћу прикупљених података о општини Ћуприја и свим секторима потрошње природног гаса, извршена је анализа потреба, трасирање гасовода и сам хидраулички прорачун истог. Поред тога, рад обухвата и пројектовање главно мерно-регулационе станице као кључног елемента који спаја два гасоводна система.

Кључне речи:

Дистрибуција гаса, гасификација, Ћуприја

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ПРИРОДНИ ГАС	2
2.1. Дистрибуција природног гаса.....	4
2.2. Главно мерно-регулациона станица.....	8
2.3. Мерно-регулациона станица.....	10
3. СТУДИЈА СЛУЧАЈА ЋУПРИЈА	12
3.1. Географски и инфраструктурни положај	12
3.1. Клима.....	14
3.2. Демографија.....	15
3.3. Загађеност ваздуха	17
4. АНАЛИЗА ПОТРОШАЧА И ДЕФИНИСАЊЕ ЊИХОВИХ ПОТРЕБА ...	18
4.1. Дефинисање потреба у сектору широке потрошње	18
4.2. Дефинисање потреба у јавно-комерцијалном сектору.....	26
4.3. Дефинисање потреба у индустријском сектору.....	28
5. МРЕЖА ГАСОВОДА.....	33
6. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН РАЗДЕЛНОГ И ПРСТЕНАСТОГ ГАСОВОДА	36
7. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГЛАВНО МЕРНО-РЕГУЛАЦИОНЕ СТАНИЦЕ	44
7.1. Димензионисање главно мерно-регулационе станице.....	44
7.2. Избор опреме ГМРС	44
8. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА	55
9. ЗАКЉУЧАК	56
ЛИТЕРАТУРА	57
ПРИЛОГ	60

СПИСАК СЛИКА

Слика 2.1 - Типови дистрибутивних система према облику.....	6
Слика 2.2 - Изглед ГМРС.....	9
Слика 2.3 - Изглед МРС [33]	10
Слика 3.1 - Територија општине Ћуприја	12
Слика 3.2 - Гасоводна мрежа у Србији.....	13
Слика 3.3 - Број становника у Ћуприји (1971-2011).....	16
Слика 3.4 - Број становника у месним заједницама.....	16
Слика 3.5 - Однос урбаног и руралног становништва	17
Слика 4.1 - Број степен дана.....	23
Слика 4.2 Индустијска зона Минел	29
Слика 5.1 Разделни гасовод.....	35
Слика 5.2 Прстенасти гасовод.....	35

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 3.1 Историјат температура.....	15
Табела 4.1 Број чланова домаћинства	21
Табела 4.2 Коефицијент температурног ограничења.....	25
Табела 4.3 Коефицијент експлоатационог ограничења.....	25
Табела 4.4 Коефицијент трансмисионих губитака.....	26
Табела 4.5 Степен искоришћења котла и енергент који се користи у котлу....	28
Табела 6.1 Рачунати и усвојен пречник	38
Табела 6.2 Рејнолдсов број и коефицијент хидрауличког отпора	39
Табела 6.3 Прорачун пада притиска преко основне једначине	40
Табела 6.4 Прорачун пада притиска преко Реноуардове једначине.....	41
Табела 6.5 Прорачун пада притиска преко Стрелецове једначине	42
Табела 6.6 Претпостављена и рачунски добијена брзина	43
Табела 7.1 Састав природног гаса.....	44
Табела 7.2 Физичка својства гаса.....	45

1. УВОД

Дефинисање рационалног дистрибутивног гасоводног система је веома сложен проблем јер поред основних захтева у погледу потребне количине гаса која мора да се допреми до сваког потрошача као и економичности самог гасовода, постоје различити фактори који утичу на пројектно решење. Односно за гасоводни систем се може рећи да је спрегнути систем у погледу пројектовања.

У овом раду се најпре дефинишу основни појмови дистрибуције природног гаса и инфраструктуре једног гасоводног система. Изнете су предности гаса као енергента 21. века у односу на друга конвенционална горива. Рад има за циљ да покаже шта је све неопходно превазићи да би се једна урбана средина гасификовала. Тако је за почетак пројектовања потребно анализирати сам град са демографског и стамбеног аспекта али и његове климатске карактеристике. Након тога, врши се идентификација потрошача и њихових потреба, при чему се разматрају три сектора (индустријски, јавно-комунални и сектор широке потрошње). Што се потрошача тиче кључно је сагледати како тренутне тако и будуће потрошаче чије потребе овај систем мора да задовољи.

Након декларисања потреба и просторног положаја потрошача приступа се конципирању саме примарне дистрибутивне мреже. То подразумева трасирање гасовода, позиционирање мерно-регулационих станица и груписање потрошачу у оквиру појединачних станица. При чему се разматрају два типа гасоводних система, разделни и прстенасти систем.

У наставку, врши се димензионисање гасовода (избор пречника, дебљине зида цеви, провера брзине гаса, као и провера падова притисака у оквиру деоница). Пројектовање овог гасоводног система завршава се димензионисањем главно-мерно регулационе станице и усвајањем њене опреме.

2. ПРИРОДНИ ГАС

Природни гас је фосилно гориво али и индустријска сировина високог квалитета коју одликују бројне предности у техничком, економском и еколошком смислу у односу на друга конвенционална горива. Природни гас, угаљ и остала чврста горива јесу једини примарни облик енергије који се може непосредно употребљавати, односно пре саме употребе није потребно трансформисати их у погоднији облик [4, 22, 28].

Природни гас је готово идеално гориво које се лако меша са ваздухом, има велику брзину сагоревања при томе сагорева без дима, чађи и чврстих остатака, и као такав не загађује околину. Искуство земаља са дугом традицијом коришћења гаса показује да је природни гас и један од најбезбеднијих енергената [19, 28, 22].

Непосредном употребом природног гаса може се задовољити 80-85% енергетских потреба у домаћинствима (грејање просторија, кување и припрему топле воде). Преостали део потреба ипак није могуће задовољити природним гасом с обзиром да захтева прилагођавање свих кућних апарата конзумирању гаса [4].

Употребом природног гаса у појединачним ложиштима за грејање, постиже се већа ефикасност него употребом вреле воде из топлана и котловница. У поређењу са централним топоводним системима, развођење природног гаса дистрибутивном мрежом има и других предности: мање инвестиције јер није потребна изградња топлана и котловница, гасна мрежа је јефтинија од вреловодне, која мора имати топлотну изолацију и повратни вод.

Практичне предности примене природног гаса:

- након прикључења на гасну мрежу изостаје брига потрошача о складиштењу, транспорту и набавци дрва или угља
- плаћање се врши месечно, на основу потрошње

- степен искоришћења је висок
- висока топлотна моћ
- природни гас је универзални носилац енергије који омогућује модернизацију и повећање економичности многих индустријских, технолошких процеса и постројења
- могућа је потпуна оптимизација процеса сагоревања природног гаса за постројења са широким опсегом оптерећења и високим степеном корисности
- употребом природног гаса стварају се могућности и отварају се нове перспективе развоја индустрије и предузетништва [12, 22, 28].
- широка примена гаса у сектору широке потрошње значи и повећање животног стандарда становништва, максимално задовољење његових материјалних и културних потреба, јер су предности природног гаса у овом сектору најизразитије [7].

Најозбиљнији недостатак природног гаса, свакако је опасност од експлозије. Од самог почетка експлоатације то је представљало највећи проблем, па је у стогодишњем развоју дистрибуције и потребе гаса тежиште било на мерама безбедности. Данас су техничке карактеристике гасних инсталација, постројења и уређаја који га троше такве - да је ниво опасности, у поређењу са осталим изворима енергије, сведен на минимум [28].

Све наведено доводи да природни гас има широку примену и постоји велика тежња ка супституцији других горива природним гасом. Примена плавог енергента, како другачије називамо природни гас, расте од 1950. године када је учествовао са свега 10% у укупној потрошњи примарне енергије, преко 1999. године када је тај удео износио 20,7% па све до данас када природни гас представља трећи најчешћи извор енергије у свету са уделом од преко 21% [22].

Међутим, како би се природни гас допремио до потрошача постоји потреба за изградњом гасовода или пак развоја флоте танкера за транспорт

течног гаса уз комплексне уређаје за ликвификацију и регасификацију, што доста повећава трошкове коришћења природног гаса [22].

2.1. Дистрибуција природног гаса

С обзиром на нераскидиву везу коришћења гаса и изградње гасовода, увиђа се значај пројектовања и изградње гасоводних система. Гасоводни систем представља једну техничко-технолошку целину чији је циљ искоришћење потенцијала природног гаса као енергента или сировине, а путем његове експлоатације, транспорта, дистрибуције и на крају потрошње код крајњег корисника. Реализација ових послова обавља се путем гасоводних мрежа, мерно-регулационе опреме и гасних апарата [26].

У зависности од њихове функције разликујемо два типа гасоводних система:

1. транспортни систем
2. дистрибутивни систем.

Транспорт природног гаса је преношење природног гаса транспортним системом до крајњих купаца или другог транспортног система, дистрибутивних система или складишта природног гаса

Магистрални гасовод-мрежа високог притиска (50-100bar) служи за транспорт гаса унутар једне земље или већег подручја унутар земље, најчешће од места производње или увоза, односно од места преузимања до потрошачких центара или великих индустријских потрошача закључно са главним мерно-регулационим станицама (ГМРС).

Дистрибуција гаса је пренос гасовитих угљоводоника од гасовода за транспорт до купца, гасоводима радног притиска 16 bar и нижег. Дистрибуција природног гаса је преношење природног гаса преко дистрибутивног система ради испоруке природног гаса крајњим купцима, односно другом дистрибутивном систему, а не обухвата снабдевање природним гасом.

Систем дистрибуције гаса на подручју града или неког насељеног места представља сложен систем којим се разводи гас од места снабдевања гасом до потрошача. Састоји се од дистрибутивних гасовода различитог нивоа притисака и мерно-регулационих станица (МРС) којима се обезбеђују различити нивои притисака.

Од извора снабдевања, односно од ГМРС, гас се дистрибуира до потрошача преко два система гасоводних мрежа:

Дистрибутивна гасна мрежа, која служи за допрему гаса од ГМРС до непосредне близине објеката потрошача, до индустријских, комуналних и стамбених објеката. Унутрашња гасоводна или сервисна гасна мрежа, која служи да преузети гас из дистрибутивних гасовода разведе по објекту потрошача до места коришћења гаса, до трошила.

Унутар дистрибутивне гасоводне мреже, у односу на функцију коју имају гасоводи у гасоводној мрежи, разликују се напојни гасоводи и дистрибутивни гасоводи (у ужем смислу речи).

Напојни гасоводи имају функцију допреме гаса од извора снабдевања до подручја у коме се налазе потрошачи и функцију повезивања подручја потрошње у оквиру једног града. Напојни гасоводи имају виши радни притисака и често се називају примарним или основним гасоводима.

Дистрибутивни гасоводи имају функцију дистрибуирања и испоруке гаса директним корисницама. Дистрибутивни гасоводи, у ужем смислу речи, раде на мањим притисцима од претходних гасовода.

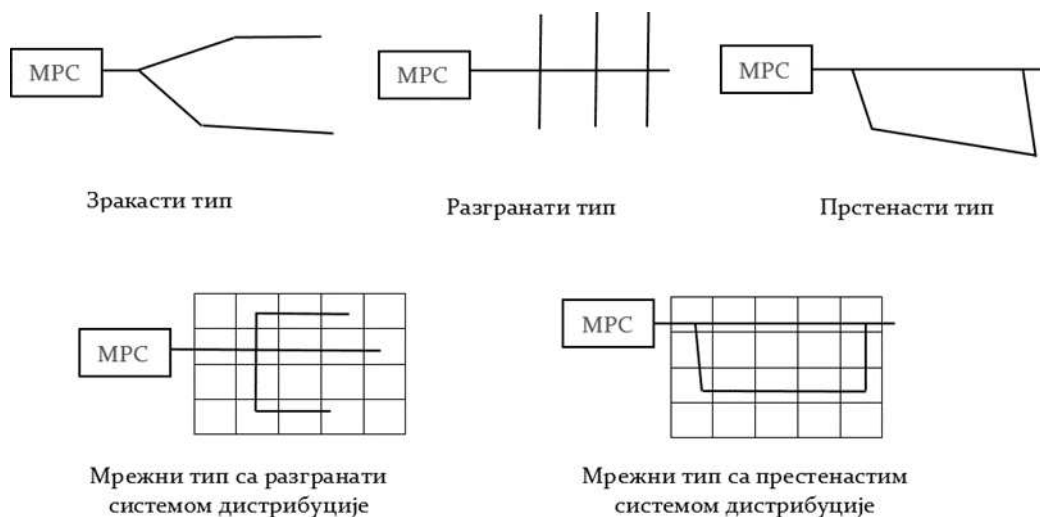
Сходно овој подели гасовода постоји и подела дистрибутивних гасоводних мрежа на примарну и секундарну дистрибутивну мрежу.

Примарна дистрибутивна мрежа гаса повезује извор снабдевања са свим подручјима у којима се налазе потрошачи, док секундарна дистрибутивна мрежа дистрибуира, допрема гас потрошачима у оквиру једног подручја.

У дистрибутивној мрежи гаса радни притисак може бити исти у свим гасоводима или у различитим гасоводима могу бити различити притисци. У зависности од овога системи гасовода се деле на:

- једностепене системе, код којих се гас испоручује кроз гасоводну мрежу истим притиском (по правилу то је систем ниског притиска)
- двостепени систем, где се гас испоручује потрошачима преко два система гасовода са различитим радним притиском.
- тростепени систем, где се гас испоручује потрошачима преко система гасовода, високог, средњег и ниског радног притиска.
- вишестепени систем где се гас испоручује потрошачима преко гасовода који имају четири или више различитих притисака

У односу на облик систем дистрибутивних гасовода може бити: зракаст, разгранат, мрежни са разгранатим напојним гасоводима и мрежни са прстенастим напојним гасоводима (Слика 2.1).



Слика 2.1 - Типови дистрибутивних система према облику

Зракасти тип дистрибутивног система гаса се састоји од више гасовода који полазе из једне тачке а протежу се у различитим правцима ка потрошачима. Овај тип система се карактерише најповољнијом ценом изградње док резерве у капацитетима испоруке као и сигурност снабдевања потрошача чине мањкавост (недостатак) овог система.

Разгранати тип дистрибутивног система гаса се састоји од главног дистрибутивног гасовода из кога разводни гасоводи одводе гас у различите рејоне града. При томе крајеви разводних гасовода се међусобно не спајају већ њихови крајеви остају затворени. Овај тип система има исте карактеристике као и зракасти тип, тј. карактерише се ниском ценом изградње, недовољним нивоом резерве у испоруци гаса и недовољним нивоом сигурности снабдевања потрошача. Разгранати тип система налази примену код снабдевања одвојених индустријских објеката и мањих насеља а такође и у почетном периоду снабдевања града гасом када изградња гасоводне мреже није још завршена. У том случају разграната гасоводна мрежа представља саставни део будуће прстенасте мреже.

Прстенести тип дистрибутивног система пружа високу поузданост снабдевања гасом као и добре резерве у испорукама гаса али зато има високу цену изградње. Предност прстенастог типа је што ако се искључи једна грана прстена онда се снабдевање гасом не прекида већ се оно обавља преусмеравањем тока гаса при чему долази до повећања оптерећења друге гране прстена. Ако се узме у обзир да се мрежа састоји из више прстенова међусобно повезаних, тада искључење једног прстена практично нема утицаја на снабдевање гасом.

Мрежни тип са разгранатим напојним гасоводима као и мрежни тип са прстенастим напојним гасоводима се карактеришу високом ценом изградње али зато поседују високу поузданост рада и високу резерву у капацитетима испоруке гаса. Дужина гасовода код прстенастог типа и мрежног типа је већа од дужине гасовода разгранатог или зракастог типа и то је разлог за већу цену.

Мрежни тип дистрибутивног система у експлоатацији није осетљив на нагле промене у потрошњи гаса.

Основна разлика између ових типова представља поузданост у дистрибуцији гаса, причему се истиче мрежни тип, а потом и прстенасти.

Избор система дистрибуције гаса мора бити заснован на техно-економским рачуницама и на условима сигурне и безбедне експлоатације.

Избор дистрибутивног система је функција више фактора:

- величина града, или насељеног места које се планира да гасифицира и динамика реализације гасификације,
- величина потреба у гасу,
- структура потрошача и њихов захтев у погледу величине притиска,
- расположивост извора снабдевања и њихов положај,
- врста гаса која се дистрибуира и размештај складишта [22].

2.2. Главно мерно-регулациона станица

Главно мерно-регулациона станица (ГМРС) је објекат који повезује транспортни систем (магистрални гасовод) и дистрибутивни систем неког града или насељеног места. Практично ГМРС представља физичко разграничење магистралног и градског гасовода. Основна функција овог објекта јесте снабдевање одређеног дистрибутивног подручја или већег потрошача. Да би ГМРС обавила своју функцију, у њој се врши редукација притиска, са радног притиска у магистралном или разводном гасоводу на дистрибутивни притисак. Поред тога врши се и мерење протока све са циљем правилног вођења процеса транспорта и дистрибуције, али и примопредаје између транспортера и дистрибутера односно потрошача. Она је практично део транспортног система и технолошки је спојена са гасоводом [22, 29].

Структура опреме која се уграђује у једну станицу зависи од њене намене, односно степена безбедности, поузданости и економичности коју та

станција треба да обезбеди. Опрема из које се састоји једна ГМРС се дели у следеће групе:

- опрема за пречишћавање гаса,
- опрема за затварање и отварање водова (цевни затварачи),
- опрема за редукцију и регулацију притиска и протока,
- опрема за мерење протока и осталих параметара,
- опрема за заштиту од прекомерног притиска (сигурносна опрема),
- опрема за загревање гаса [22].

Главне техничке карактеристике оваквих станица су:

- врло високи улазни притисци и
- велики протоци гаса [14].

Две основне целине када је реч о ГМРС јесу регулациона и мерна линија. Регулациона линија чини најважнији део сваке станице јер се на њој врши регулација притиска, али се и обезбеђује безбедан рад помоћу сигурносних уређаја који се ту налазе. ГМРС морају обавезно имати две регулационе линије капацитета 100% [15].

Изглед једне ГМРС дат је на слици 2.2 [32].



Слика 2.2 - Изглед ГМРС

2.3. Мерно-регулациона станица

Мерно-регулациона станица (МРС) је објекат који повезује примарни дистрибутивни систем и секундарни дистрибутивни систем или веће потрошаче (Слика 2.3). Ова станица служи за снижење притиска са нивоа који влада у примарном дистрибутивном систему на одговарајући притисак који налажу прописи за безбедно вођење гаса унутар круга потрошача. Такође је и званично место мерења за обрачун примљених количина гаса од дистрибутера. Грубо речено, ова станица има улогу груписања потрошача, односно њихових потреба [3].

У односу на ГМРС, мерно-регулационе станице се у нашим условима обично не граде са: загрејачком опремом, телеметријом и метанолском инсталацијом. Остали део опреме је индентичан као код ГМРС о коме је било речи у поглављу 2.2., с тим да у се у оквиру МРС врши одоризација гаса будући да он мора бити одорисан у сектору широке потрошње [14, 15, 22].

Главне техничке карактеристике ових станица су:

- високи улазни притисци (6-16 bar) и
- средњи часовни протоци [14].



Слика 2.3 - Изглед МРС [33]

Технолошки поступак у станици је следећи. Након уласка гаса у станицу, допремљени гас се најпре чисти у филтеру-одвајачу кондензата, где

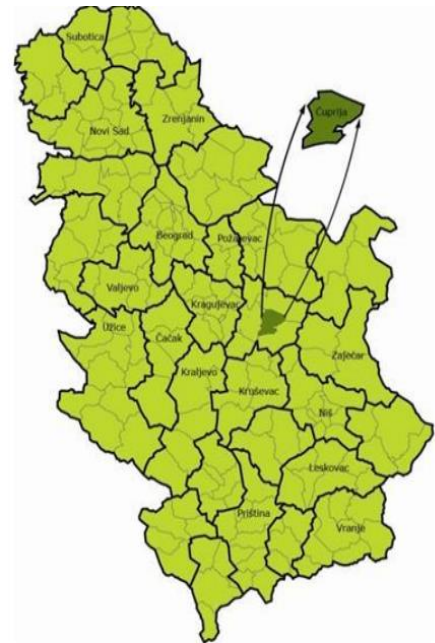
се одстрањују све нечистоће и евентуално кондензат уколико дође до његовог издвајања. Испуштање кондензата се најчешће врши ручно преко два запорна органа који су постављени на дну суда. Кондензат се одводи у сакупљач кондензата. Након тога гас одлази у регулатор, где се врши редукција притиска [15].

3. СТУДИЈА СЛУЧАЈА ЋУПРИЈА

Анализа и прорачун ГМРС и примарне гасне дистрибутивне мреже врши се на примеру једне урбане средине – општине Ћуприја. Основни разлог оваквог избора је чињеница да урбана средина представља свакако повољније подручје у погледу перспективности и оправданости гасификације. У оквиру овог поглавља даје се приказ свих географских, демографских, климатских и еколошких карактеристика општине Ћуприја које су неопходне као улазни параметар за дефинисање потреба потрошача.

3.1. Географски и инфраструктурни положај

Општина Ћуприја (Слика 3.1), налази се у средишту Поморавског округа, окружена Јагодином на североистоку, општином Параћин на југу, и општином Деспотовац на северозападу. Поморавски округ чине шест општина асиметрично распоређених око горњег тока Велике Мораве: Параћин, Ћуприја, Свилајнац и Деспотовац – с десне стране, а Рековац и Јагодина с леве. Површина територије општине Ћуприја износи 287 km². Надморска висина урбаног дела Ћуприје износи 116 m [21, 34].



Слика 3.1 - Територија општине Ћуприја

Географске координате општине Ћуприја:

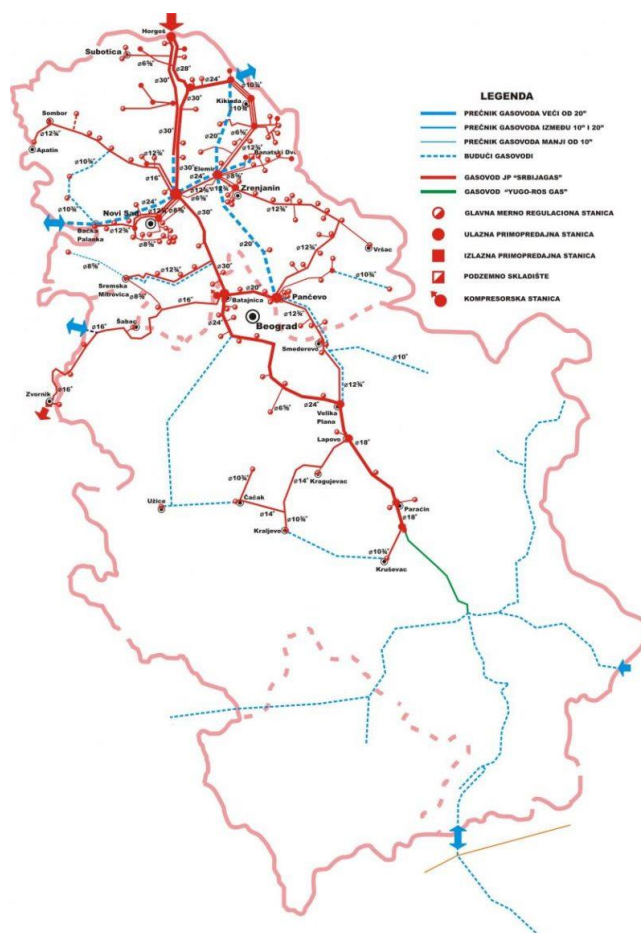
43° 55' 39" СГШ

21°22' 12" ИГД [16]

Ћуприја се налази на најнижој моравској тераси у централном делу Србије на обалама реке Раванице и Велике Мораве, у средишњем делу горњег Поморавља. Општина је смештена у долини, са десне стране опасана благим

обронцима Кучајских планина, а са леве стране планином Јухор. И поред тога Туприја се сматра равничарско-низијским градом [34].

Општина Туприја има одличан геостратешки положај. Наиме, Коридор 10 који спаја источну са западном Европом, пресеца територију општине Туприја. Повољном положају доприноси и магистрална пруга Суботица – Београд – Ниш, која је међународног карактера и пролази кроз територију саме општине. Удаљеност Туприје од Београда износи 147 km, а од Ниша 89 km. Осим тога, са аспекта гасификације веома је значајно да се Туприја налази надамак магистралног гасовода (Слика 3.2). Прецизније, магистрални гасовод граница Бугарске – граница Мађарске пролази преко територије општине Туприја (села Крушар, Исаково, Батинац, Супска, Влашка) [5,20, 27, 34].



Слика 3.2 - Гасоводна мрежа у Србији

У погледу примене природног гаса Ћуприја је релативно мали град који нема велики индустријски потенцијал, али и поред тога има задовољавајућу структуру мањих потрошача.

3.1. Клима

Основни подаци о климатским карактеристикама овог краја одређени су својствима и елементима умерено континенталне климе са просечно довољним количинама падавина и мањим утицајем ветрова, изузев кошаве. Ћуприја је окружена планинама и при различитим температурама ствара се језеро топлог или хладног ваздуха, што може да проузрокује изузетно високе температуре лети и екстремно ниске температуре зими. Најнижа температура забележена је 9. фебруара 1956. године $-28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, док је највиша измерена температура износила $44.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 24. јула 2007. године [34].

Карактеристике климе директно утичу на величину потреба у гасу за грејање неког објекта независно од његове намене, с тога је потребно одредити параметар који се назива спољна пројектна температура. За спољну пројектну температуру не узима се најнижа температура која се јавља на неком географском подручју. Таква температура траје јако кратко и ретко се јавља. Уколико би се она узимала у обзир резерве оваквог пројектованог система биле би нерационално велике и евидентно је да је такав систем потпуно неекономичан. Са друге стране грејни систем пројектован за неку температуру имаће радни ефекат и при нижим температурама, умањен али прихватљив у том реално кратком времену када су те ниже температуре [22].

Због тога, приликом одређивања потреба у гасу за грејање домаћинства, јавно-комуналних и индустријских објеката, до спољне пројектоване температуре долази се на основу минималних температура у Ћуприји у претходних 10 година (сматра се да је овај период довољно широк како би се постигла емпиријска тачност). Поменуте температуре приказане су у Табели 3.1 [25].

Табела 3.1 Историјат температура

Година	Минимална температура (°C)	Средња температура у јануару (°C)
2011	-14,1	-3,6
2012	-24,3	-3,2
2013	-12,3	-2,0
2014	-11,5	0,0
2015	-15,8	-1,7
2016	-17,8	-4,6
2017	-22,4	-9,1
2018	-15,4	-0,3
2019	-17,3	-3,3
2020	-9	-3,0
2021	-10,1	-0,3

Овакав принцип је уобичајен за територију Републике Србије, при чему се за крајњу температуру која се узима у прорачуну користи следећа једначина :

$$t_s = 0,4 * t_m + 0,6 * t_{min} \quad (2.1.)$$

где су:

t_s – спољна пројектна температура, °C;

t_m – средња температура најхладнијег месеца за период (10 година), °C;

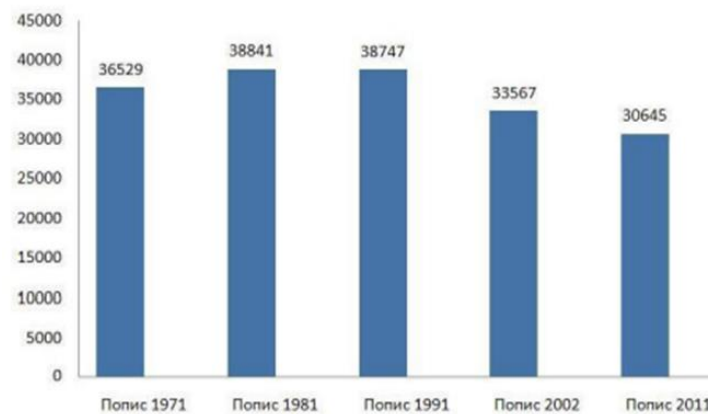
t_{min} – апсолутни минимум за одабрани период (10 година), °C;

Преузимањем података из Табеле 3.1. и применом горње једначине добија се спољна пројектна температура -18,2°C која се даље користи за прорачун потреба у гасу.

3.2. Демографија

Према подацима последњег званичног пописа становништва спроведеног 2011. године, на територији Ћуприје живи 30 645 становника. На основу података који се односе на последња три званична пописа становништва (Слика 3.3), може се констатовати непрекидан пад броја становника. Ово умањење посебно је изражено у последњем пописном интервалу (2002-2011). За пројектовање гасоводног система битна је

чињеница да је број становника у паду односно да се потребе за природним гасом у погледу домаћинстава неће повећавати у будућности [35].



Слика 3.3 - Број становника у Туприји (1971-2011)

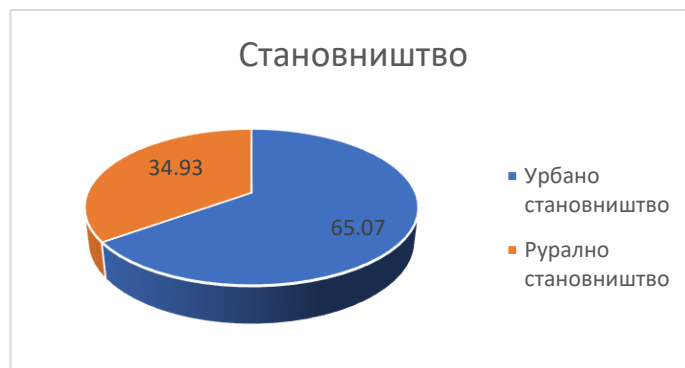
Што се тиче броја становника важно нагласити чињеницу да број 30645 представља укупан број становника у општини Туприја. Међутим како је предмет гасификације само урбана средина неопходан је број становника у самом граду, без узимања у обзир становништво околних села. Градско становништво добили смо одузимањем броја становника у селима која су приказана на Слици 3.4. од укупног броја становника и оно броји 19 942 становника. Треба такође напоменути, да за насеља Добричево и Старо Село нема података [35].

МЗ	ЈОВАЦ	ДВОРИЦА	ВИРИНЕ	БИГРЕНИЦА	КРУШАР	СУПСКА	ВЛАШКА	БАТИНАЦ	СЕЊЕ	МИЈАТОВАЦ	КОВАНИЦА	ПАЉАНЕ	ИВАНКОВАЦ	ОСТРИКОВЦ	ИСАКОВО
укупно станов.	1066	188	763	696	1280	1023	298	725	1197	1647	144	429	218	501	528

Слика 3.4 - Број становника у месним заједницама

Постоји велики потенцијал гасификације руралног сеоског дела Туприје, с обзиром да однос становништва који живи у граду и селу није тако изражен.

Наиме, на Слици 3.5. се може видети да је удео сеоског становништва скоро 35%, самим тим је евидентно да су потребе у селима значајне. Међутим то није предмет овог рада [24].



Слика 3.5 - Однос урбаног и руралног становништва

3.3. Загађеност ваздуха

Што се тиче аерозагађења у Ћуприји осим саобраћаја, најчешћи загађивачи су стационарни извори из зоне становања, индивидуална ложишта и котларнице, грејање на чврста (угаљ, дрва) и течна горива. У близини нема већих индустријских загађивача. Према подацима агенције за заштиту животне средине концентрација ПМ честица у ваздуху у Ћуприји ни током зимског периода не прекорачује дозвољене вредности. Самим тим, у еколошком смислу, Ћуприја не спада у групу градова са израженом угроженошћу од загађења, али би примена природног гаса свакако допринела побољшању ваздуха како саме општине тако и ширег подручја [1, 2, 13].

4. АНАЛИЗА ПОТРОШАЧА И ДЕФИНИСАЊЕ ЊИХОВИХ ПОТРЕБА

Идејно решење примарног дистрибутивног гасоводног система као улазни параметар захтева количине гаса које су потребне за задовољење свих потреба потрошача у свим секторима потрошње. Зависно од развијености одређеног сектора варира у величина потреба у гасу у том сектору.

Стога је потребно идентификовати потрошаче и декларисати њихове потребе у гасу. Потрошаче можемо груписати у три сектора:

1. сектор широке потрошње
2. јавно-комерцијални сектор
3. индустријски сектор

Међутим поред величине потреба и структуре потрошње треба узети у обзир и динамику потрошње, о чему ће бити речи у наставку овог поглавља.

4.1. Дефинисање потреба у сектору широке потрошње

Што се тиче сектора широке потрошње, ту спадају стамбени објекти колективног и индивидуалног становања, односно куће и стамбене зграде. Потребне у сектору широке потрошње су веома различите, почев од грејања, затим кување и припрема топле воде, климатизација, осветљење просторија. Стога их је веома тешко одредити за сваког појединачног потрошача. Ипак највећи удео у потрошњи имају потребе за грејањем.

Потрошња природног гаса домаћинства у стамбеним објектима индивидуалног и колективног становања одређује се помоћу следеће једначине:

$$Q_g = Q_{dg} + Q_{dk} \quad (3.1)$$

где су:

Q_g - укупна потрошња гаса једног домаћинства, m^3/h ;

Q_{dg} – потрошња гаса за грејање, m^3/h ;

Q_{dk} – потрошња гаса за кување и припрему потрошне топле воде, m^3/h ;

За одређивање потреба у гасу за грејање стамбених објеката користи се норматив из књиге Дистрибуција природног гаса за чију примену су потребне вредности специфичних потреба топлоте.

Главни улазни податак за одређивање просечне потребне количине топлоте за грејање једног стана (стамбене јединице) у Ћуприји је запремина стамбених јединица која се греје односно просечна квадратура стамбених јединица као и просечна висина плафона.

Просечна квадратура стамбених јединица у Ћуприји према Заводу за статистику Србије износи $72,5 m^2$, при чему је закључено да квантитет потиче из чињенице да је становништво у Ћуприји претежно насељено у кућама које су по правилу нешто веће површине у односу на станове. Што се тиче просечне висине плафона она се разликује када је реч о староградњи и новоградњи. Усвојена висина плафона износи $2,7 m$ за староградњу и $2,6 m$ за новоградњу. Запремина стамбених јединица V_{st} добија се помоћу следеће једначине:

$$V_{st} = A * h \quad (3.2)$$

где је:

A – површина стамбене јединице, m^2 ;

h - висина плафона стамбене јединице, m ;

Овај резултат свакако одступа од реалне вредности, међутим сматра се да су одступања у овом случају прихватљива. Просечна запремина стамбених јединица староградње у Ћуприји је $198,18 m^3$, док када је у питању новоградња овај број износи $190,84 m^3$.

На вредност специфичних потреба топлоте утичу :

- карактеристике климе подручја у коме се налазе објекти који се греју
- енергетске ефикасности објеката.

Што се тиче специфичних потреба топлоте, односно специфичних губитака топлоте, за староградњу усваја се вредност 51 W/m^3 , а за новоградњу 35 W/m^3 .

Просечна потребна количина топлоте одређује се помоћу познавања просечне запремине стана и већ поменутих специфичних топлотних губитака, на основу следеће једначине :

$$Q_{st} = V_{st} * q \quad (3.3)$$

при чему су:

Q_{st} – потребна количина топлоте, W/стан;

V_{st} – запремина стамбених јединица, m^3 ;

q – специфичних губитака топлоте, W/m^3 .

На тај начин је одређена просечна потребна топлота за грејање једног стана на основу које ће се у наставку одредити потреба у гасу за исту сврху. Величина потреба у природном гасу за загревање једног стана се одређује помоћу једначине:

$$Q_{gh} = \frac{3600 * Q_{st}}{\eta * H_d} \quad (3.4)$$

при чему су:

Q_{gh} – потребе у гасу за грејање једног стана, m^3/h ;

Q_{st} - потребна количина топлоте, W/дан;

η - коефицијент корисног дејства термичког уређаја, у случају природног гаса износи 0,85;

N_d – доња топлотна моћ природног гаса, приказана у Прилогу 1, MJ/ m³.

До укупне потрошње гаса за грејање домаћинства долази се на основу броја домаћинства у Ћуприји који износи 6 765 и Q_{gh} за један стан, и она износи 5277.58 m³/h. Детаљи прорачуна приказани су у Прилогу 2.

Поред грејања у домаћинствима постоји одређене потребе гаса за припрему потрошне топле воде и кувања као што показује једначина (3.1) на почетку овог поглавља. Да би се одредиле ове потребе такође се користи норматив (66. стр Дистрибуција природног гаса). За примену овог норматива потребан је просечан број чланова домаћинства који износи 3 (Табела 4.1).

Табела 4.1 Број чланова домаћинства

Укупан број домаћинства	6 765
Са 1 чланом	1475
Са 2 члана	1711
Са 3 члана	1308
Са 4 члана	1311
Са 5 чланова	539
Са 6 и више чланова	421
Просечан број чланова	3

Ако се узме у обзир временски период коришћења гаса за потребе кувања и потребе припреме потрошне топле воде као и фактор истовремености, норматив за потребе кувања и припреме топле потрошне воде износи 0,4 m³/h по четворчланом домаћинству у нашим условима. Уколико се на добијену вредност сатне потрошње гаса за грејање дода вредност од 0,3 m³/h гаса будући да је просечан број чланова домаћинства 3, који се користи за припрему топле воде и кувања, добија се укупна сатна потрошња.

Одређивање укупне сатне потрошње на основу потребе у гасу захтева да се размотри чињенице неравномерности потреба у гасу, односно да је у неком периоду мала вероватноћа да сва домаћинства истовремено користе гас и за грејање и припрему топле воде и кувања. Ипак зими може да се деси да

добар део домаћинстава ипак истовремено користи гас у ове сврхе, из тог разлога усвојена је вредност фактора неравномерности 0,8.

Коначно, добијена вредност укупне потребе у гасу по часу и за грејање и за кување и припрему топле воде у домаћинствима у Ћуприји износи 2029,5 m³/h.

Ако саберемо укупне потребе и за грејање и за кување и припрему топле воде, општина Ћуприја захтева 7307,08 m³/h гаса.

Годишња потрошња природног гаса по једном домаћинству представља веома значајан полазни параметар када прелазимо са неког другог енергента на гас. Пре свега у погледу економичности преласка на коришћење гаса у одређеном градском подручју.

Годишња потрошња гаса за грејање једног стана може се одредити помоћу једначине :

$$Q_{gg} = 24 * Q_{gh} * SD * e * \frac{Y}{(t_u - t_s)} \quad (3.5)$$

где су:

Q_{gg} - потребе у гасу на годишњем нивоу за грејање, m³ /god;

Q_{gh} - потребе у гасу, m³ /h, за грејање специфицираног стана код задатих пројектних услова (t_u , t_s);

SD - број степени дана;

t_u - унутрашња пројектна температура, °C;

t_s , - спољна пројектна температура, °C;

e - коефицијент ограничења;

Y – коефицијент трансмисионих губитака.

Метод степен дана је једна од најједноставних метода за прорачун годишње потрошње енергије за грејање, због чега налази велику примену у

инжењерској пракси. Овај метод је посебно погодан уколико се захтевају само оријентациони подаци о годишњој потрошњи гаса за грејање, као што је случај у пројектовању једног гасоводног система. Наиме, само димензионисање гасоводног система не зависи од годишњих потреба гаса за грејање добијених помоћу методе степен дана, већ искључиво од часовне потрошње гаса. Међутим метод степен дана омогућава да се на основу годишњих потреба размотри оправданост гасификације неког подручја.

Број степен дана је кључни параметар за одређивање годишње потребе гаса за грејање и по њему је и сам метод добио назив. Овај број показује утицај температуре спољашњег ваздуха на потрошњу енергије за грејање. До сада су се за одређивање броја степен дана у домаћој пракси користиле средње дневне температуре спољњег ваздуха [9].

Вредност овог карактеристичног параметра се евидентно разликује разликује од места до места, будући да зависи од тока спољашње температуре, средње температуре током грејног периода и дужине трајања грејне сезоне. Број степен дана за Ћуприју износи 2380 (Слика 4.1).

МЕСТО	SD	Z	θ_g	MESTO	SD	Z	θ_g
Aleksinac	2517	176	5,7	Leskovac	2625	181	5,5
Beograd	2520	175	5,6	Požarevac	2588	181	5,7
Bečeј	2797	184	4,8	Negotin	2818	183	4,6
Bor	3100	200	4,5	Niš	2613	179	5,4
Valjevo	2784	192	5,5	Novi Sad	2679	181	5,2
Vranje	2675	182	5,3	Pančevo	2712	182	5,1
Vršac	2556	180	5,8	Pirot	2610	180	5,5
Gornji Milanovac	3078	208	5,2	Prokuplje	2604	186	6
Divčibare	3839	243	4,2	Senta	2824	187	4,9
Zaječar	2880	192	5	Smederevo	2610	180	5,5
Zlatibor	3728	239	4,4	Sombor	2850	190	5
Zrenjanin	2748	182	4,9	Sremski Karlovcі	2496	177	5,9
Jagodina	2599	178	5,4	Sremska Mitrovica	2738	185	5,2
Kikinda	2763	183	4,9	Užice	3015	201	5
Kopaonik	5349	311	2,8	Čačak	2755	190	5,5
Kragujevac	2610	180	5,5	Čuprija	2380	163	5,4
Kraljevo	2628	180	5,4	Šabac	2588	181	5,7
Kruševac	2654	183	5,5	Šid	2686	184	5,4

Слика 4.1 - Број степен дана

Унутрашња пројектна температура је задата температура унутрашњег ваздуха, која се свакако односи на период зимских месеци када се спроводи

грејање. Усваја се зависно од намене просторије и објекта у целини. Међутим у Србији је пракса да се користи вредност температуре од 20°C.

Коефицијент e је корекциони фактор који узима у обзир прекид у загревању. Самим тим директно утиче на смањење потрошње енергије за грејање, у овом случају гаса. Овај коефицијент се састоји из два коефицијента, један је коефицијент температурног а други коефицијент експлоатационог ограничења. Његова вредност добија се када помножимо ова два коефицијента.

Први температурни коефицијент e_t обухвата дневне прекиде коришћења гаса за грејање. Наиме он се односи на чињеницу да је уобичајено да се грејање просторија прекида током ноћи или пак знатно смањује. Као последица овог прекида у загревању долази до снижење унутрашње температуре у односу на пројектну вредност. Вредност овог коефицијента се може одредити рачунски помоћу следеће једначине:

$$e_t = \frac{\theta_{um} - \theta_g}{\theta_u - \theta_g} \quad (3.6)$$

где је:

θ_{um} – снижена унутрашња температура током ноћи, °C

θ_g – температура границе грејања, °C

θ_u – унутрашња пројектна температура, °C

С обзиром да је θ_{um} јако тешко одредити јер зависи од више утицајних фактора, температурни коефицијент се тако најчешће одређује емпиријски и усваја се у зависности од намене зграде, односно дневног коришћења постојења за грејање у згради. Његове вредности дате су у Табели 4.2.

Табела 4.2 Коефицијент температурног ограничења

Врста зграде	ϵ_t
Здравство	1
Стамбене зграде са грејањем свих просторија	0,95
Стамбене зграде са изразитим ноћном ограничењем у грејању	0,9
Административне зграде	0,85
Школе са једном сменом наставе и великом акумулационом способношћу	0,8
Школе са једном сменом наставе и малом акумулационом способношћу	0,75

Други експлоатациони коефицијент узима у обзир случајеве код којих унутрашњи услови грејања сваког дана нису исти. Заправо се односи на прекид у загревању или пак у одређеној мери смањено загревање током викенда, празника, распуста или колективног одмора и слично. Такође се емпиријски одређује и зависи од намене објекта искључиво. За Ћуприју, вредности овог коефицијента усвајају се из Табеле 4.3. зависно од конкретног објекта за који се врши прорачун.

Табела 4.3 Коефицијент експлоатационог ограничења

Врста зграде	ϵ_b
Стално грејани објекти (стамбене зграде, болнице...)	1
Зграде са ограниченим грејањем викендом и током празника(канцеларије, административне зграде, банке...)	0,9
Школе	0,75

Коефицијент трансмисионих губитака или корекциони фактор једновременности како се другачије назива варира у зависности од ветровитости и положаја посматраног града. Он узима у обзир чињеницу да се неповољни утицаји попут велике брзине ветра, високе облачности, велика влажност ваздуха не јављају готово никад у исто време што се свакако мора узети у обзир приликом одређивања губитака топлоте. Овај коефицијент има веће вредности када је објекат мање изложен ветру из разлога што се сматра да је тада објекат мање предимензионисан у фази рачунања сатне потрошње гаса и обрнуто. Односно, у пракси се показало да су процењене вредности Q_{gh} превелике, посебно у условима објекта који су у неповољнијим климатским

областима. Вредности коефицијента трансмисионих губитака су приказане у Табели 4.4. а што се тиче града Ћуприје усвојена је вредност 0,6 која се односи на нормално ветровите пределе који имају отворен положај [9, 22].

Табела 4.4 Коефицијент трансмисионих губитака

Положај	Y
За нормално ветровите пределе и заклоњен положај	0,63
За нормално ветровите пределе и отворен положај	0,6
Ветровити предели и заклоњен положај	0,58
Ветровити предели и отворен положај	0,55

Након узимања у обзир свих поменутих фактора, долази се до годишњих потреба у гасу за домаћинства у Ћуприји које износе 4 846 831,459 m³/god.

4.2. Дефинисање потреба у јавно-комерцијалном сектору

У Ћуприји постоји велики број јавних и комуналних објеката, укључујући болницу, дом здравља, четири основне и три средње школе, једна школа за музичке таленте, једна виша школа као и многе друге установе од јавног значаја. Сви ови објекти имају одређене потребе у гасу које се морају задовољити од стране гасоводне мреже.

Што се тиче потреба гаса у комерцијалном сектору које су неопходне за пројектовање гасоводног система, оне су рачунате на два начина. Због специфичности ситуације, где се један део установа у Ћуприји греје помоћу локалних котларница познате снаге, други део користи непознати извор енергије у исте сврхе, прорачун се ради раздвојено.

У првом случају познати су котловски капацитети и користи се одређена једначина док се у другом случају непознатог начина грејања, користи норматив идентичан оном који се користио за сектор широке потрошње.

Као што је наглашено одређени број установа греје се помоћу локалних котларница, а што се тиче самих енергената заступљени су редом електрична енергија, лож уље, чврста горива попут мрког угља и дрва (Табела 4.5).

Обзиром да се разматра идејно решење гасификације града претпоставља се да ће поменути енергенти бити замењени природним гасом. За такве кориснике, потреба за гасом одређује се помоћу израза:

$$Q_{gh} = \frac{3600 * P_k}{\eta * H_d} \quad (3.7)$$

где је:

Q_{gh} - максимална потрошња природног гаса, m^3/h ;

P_k - снага котла, kW ;

η - коефицијент корисног дејства котла, 0,85;

H_d - доња топлотна моћ природног гаса, kJ/m^3 .

Снага котла локалних котларница и њихова годишња потрошња енергената у Туприји је податак који у великој мери одговара реалности будући да је преузета из општинске управе, тачније Сектора за управљање и унапређење енергетске ефикасности општине Туприја.

Степен искоришћења котла зависи од енергента који се примењује као и од саме старости котла, међутим како је старост непозната она се у овом случају занемарује. Зависност степена искоришћења од енергента приказана је у Табели 4.5. при чему су разматрани само енергенти који се користе у Туприји. Суштински значајно јесте искоришћење котла у случају коришћења природног гаса у овој студији случаја.

На крају прорачуна добија се вредност $610,19 m^3/h$ која је потребна за грејање јавно-комуналних објеката у Туприји код којих је позната номинална снага котларница (Прилог 3).

Табела 4.5 Степен искоришћења котла и енергент који се користи у котлу

Енергент	Степен искоришћења котла
Електрична енергија	0,85-0,95
Лож уље	0,7-0,75
Дрво	0,6
Угаљ	0,6
Природни гас	0,8-0,9

Што се тиче дела јавних објеката чија снага котлова није позната, укупне потребе у гасу одређују се на идентичан начин као код стамбених јединица, односно користи се норматив потреба за грејање као што је објашњено у поглављу 4.1. На тај начин добија се вредност 1307,27 m³/h природног гаса за грејање јавно-комуналних објеката (Прилог 4)

Годишња потрошња гаса одређује се из истог разлога и на идентичан начин и у јавно-комерцијалном сектору, па се добија вредност од 6 621 870,26 m³/h.

4.3. Дефинисање потреба у индустријском сектору

Индустријски сектор града Ћуприје није на значајном ступњу развоја, при чему су фабрике углавном сконцентрисане у индустријским зонама. Општина Ћуприја располаже са две индустријске зоне:

- индустријском зоном Минел
- индустријским парком Добричево

Индустријски парк Добричево је локација која се простире на 636 ha расположивог земљишта, претежно у државном власништву. Добричево је централна индустријска зона која је проглашена локацијом високог приоритета Владе Републике Србије за цело Поморавље. Намењена је за изградњу, индустријску употребу или пољопривреду. Индустријски парк Добричево налази се на мање од једног километра до саобраћајног прикључка и излаза на ауто – пут Е -75 [17, 20].

На простору ове индустријске зоне тренутно се налази само једна фабрика СМП Аутомотив која се бави производњом унутрашњих страница врата и командних табли моторних возила премиум класе. Ова фабрика нема потребу коришћења гаса у технолошком процесу производње, али се гас може користити за потребе грејања. Међутим како је фабрика на великој удаљености од града, исплативост изградње оваквог гасовода доводи се у питање. С обзиром да је индустријска зона тек на почетку развоја, у случају изградње нових фабрика (значајних за потрошњу природног гаса), постоји могућност гасификације овог подручја. Наиме, два идејна решења се намећу а то је пројектовање и изградња новог крака гасовода који би полазио од ГМРС или пак директног повезивања ове индустријске зоне за магистрални гасовод који пролази на свега 1 km [20].

Индустријска зона Минел се налази на периферији града између аутопута Београд-Ниш и регионалног пута Ћуприја-Параћин као што је приказано на Слици 4.3). Простире се на 242 ha од чега је 7,5 ha расположивог простора у јавној својини. Удаљеност зоне од центра Ћуприје износи 3 km, док је центар Параћина на свега 5 km. Зона је изграђена тако да остаје могућност нове градње објеката индустрије, производње, комуналних и комерцијалних објеката. Површина индустријске зоне је велика а близина аутопута повољна, самим тим постоји значајна могућност развоја индустријског сектора у Ћуприји, међутим то није у неком скорашњем плану [20].



Слика 4.2 Индустријска зона Минел

Сам положај индустријске зоне је јако значајан за пројектовање гасоводног система, будући да су највећи потрошачи природног гаса управо индустријски потрошачи.

Индустријски потрошачи имају енергетске потребе самог технолошког процеса, грејања и вентилације. Део ових потреба се може задовољити коришћењем природног гаса док преостали део ипак захтева други извор енергије. Величина потреба у гасу се значајно разликује зависно од намене.

Потребе у гасу за грејање одређују се на основу површине пословних просторија на идентичан начин као код стамбених јединица. Резултати прорачуна приказани су у Прилогу 5.

Индустријских потрошачи у Туприји који гас користе у технолошком процесу су углавном сконцентрисани у индустријској зони Минел, а то су:

1. Раваница;
2. Стандард фурнитуре;
3. Метал;
4. Ветеринарска установа Напредак;
5. Компонента;

Раваница је фабрика кондиторских производа попут „бонжите“, „романсе“, „шумске тајне“ и разних других слаткиша и сланиша. У фабрици је запошљено око 130 радника на различитим делатностима. Само фабричко постојење помоћу кога се обавља технолошки процес прераде брашна, шећера уља и осталих сировина које се користе у производњи кондитора, за своје функционисање користи два котла појединачне снаге 2MW. Први котло користи се за загревање воде јер је у овој грани индустрије велика потрошња вреле кључале воде, и његова снага је 2MW. Други котло повезан је са пећницама у којима се пеку кондиторски производи и његова снага износи 2MW [23].

Метал је фабрика која се бави поступком ливења метала и производњом металне галантерије. Састоји се из котларнице снаге пећи 2 MW која се

користи у процесу загревања метала. Ова фабрика запошљава 50 радника и површина постројења је 900 m². Подаци су прикупљени на основу контакта са радницима ове фабрике.

Стандард Намештај бави се израдом ентеријера и намештаја од масивног дрвета по наруџбини. Она поседује управну зграду, стовариште трупаца, сушаре, примарни погон, финални погон, погон прераде брикета са млином, лакирницу, магацине за просушивање полупроизвода, магацине за складиштење готових производа. Компанија запошљава 300 радника. Стандард намештај простире се на површини од 20 000 m². На месечном нивоу преради више од 1500 m³ букових трупаца. Сам капацитет сушара је око 700 m³/месец. Стандард намештај брине о заштити животне средине и енергетској ефикасности. У вези са тим производи биогорива у виду брикета без вештачких примеса и адитива. Енергетско функционисање фабрике заснива се на раду два котла снаге 2 MW који се користе за сушење буковог дрвета и производњу брикета [31].

Ветеринарска установа Напредак јесте фабрика која се бави уништавањем животињског отпада и различитих производа са истеклим роком употребе. Фабрика запошљава око 100 радника. Површина фабрике јесте 4800 m². Технолошки процес се заснива на раду котларнице. Котларница поседује један стари котао и један нови котао. Стари није у функцији док је нови котао снаге 1,95 MW. Котао производи водену пару која се путем паровода доводи до кувача који примају сировину масе 2 и 4 t. На тај начин се кува сировина. А након тога се скувана сировина се пресипа у посуде и путем пужева води до пресе где се цеди, сабија. Извор информација јесте управа фабрике.

Компонента је фабрика сличне намене као Ветеринарска установа Напредак. Површина фабрике је 7800 m², а број радника данас износи негде близу 100. У њој се производи храна за псе, мачке и друге животиње. Компонента у склопу свог постројења садржи силосе за складиштење

сировине. У фабрици постоје такође кувачи чији се рад заснива на раду котла снаге 3 MW. Извор ових података је управа фабрике.

За одређивања потреба у гасу потребно је нагласити да се не врши грејање свих просторија. Такође приликом разматрања континуираности коришћења природног гаса узети су обзир ремонтни радови фабрика као и начин рада за време празника.

Прорачун је добијена вредност сатне потрошње за индустријске потрошаче који користе гас у свом технолошком процесу од 2 179,44 m³/h.

Годишња потрошња се такође и у овом случају ради са циљем разматрања оправданости гасификације по истом принципу као за сектор широке потрошње. Прорачун годишњих потреба у гасу за грејање се врши на идентичан начин као код домаћинстава и јавно-комуналних објеката, док је прорачун годишњих потреба технолошког процеса базиран на броју радних сати и дана у току године као и сатне потрошње. Добија се вредност 14 450 026,50 m³/h.

Нажалост, сама индустријска зона поседује још много других фабрика али оне не користе гас у свом технолошком процесу тако да нису биле интересантне за поступак гасификације, мада су поменуте у погледу грејања самих просторија.

5. МРЕЖА ГАСОВОДА

Приликом избора трасе, пројектовања и изградње гасовода, мора се осигурати безбедан и поуздан рад дистрибутивног гасовода, али и спречити могућност штетних утицаја околине на гасовод и гасовода на околину [18].

Сама траса изабрана је на основу примарног задатка да гасовод прати изграђене саобраћајнице. Осим тога узет је у обзир концепт радног појаса. Радни појас јесте простор са обе стране гасовода који се може користи за кретање механизације којом се обавља ископ рова за полагање гасовода, за одлагање ископаног материјала и слично. Гасовод не сме да угрожава постојеће или планиране објекте. Поред свега овога сама траса бирана је тако да допрема гас директно до најважнијих потрошача и да покрива највећи део града [18, 22].

Траса дуж које је пројектован гасовод обухвата улице:

Везирова - Сремска - Михајла Пупина - Индустијска - Кнеза Милоша – Боривоја Велимановића – Браће Нешића – Краља Петра 1 Ослободиоца – Његошева – Раваничка – Карађорђева – Цара Лазара – Миодрага Новаковића – Светосавска – Косанчићева – Цетињска – Крушевачка – Сретена Здравковића – Капетана Коче.

Ако говоримо о положају ГМРС-а, у оквиру овог идејног решења разматране су две могућности позиционирања главне мерно-регулационе станице.

Први положај који је разматран био је недалеко од Опште болнице на Деспотовачком путу, првенствено из разлога што је здравствени центар Ћуприје један од највећих потрошача и у погледу безбедности свакако најзахтевнији потрошач. Међутим, поред Опште Болнице у граду постоје и други велики потрошачи међу којима се свакако издваја индустријска зона Минел. Главни проблем овог идејног решења настаје због индустријске зоне која се налази на супротном крају града, те да је поменути први положај

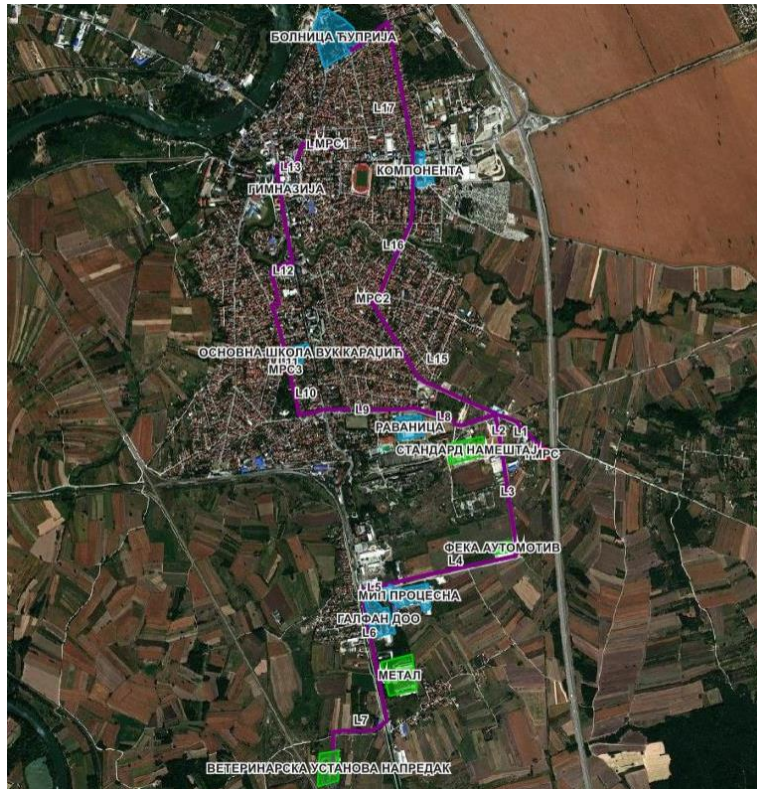
изабран постоји могућност да би целокупна гасоводна мрежа од ГМРС и болнице ка индустријским потрошачима била предимензионисана. У том случају поред многобројних техничких проблема, економичност овог гасоводног система би била потпуно нарушена. Управо зато као крајње решење при пројектовању овог гасоводног система за положај ГМРС узима се простор недалеко од индустријске зоне, али довољно далеко од самог насељеног места из безбедоносних разлога. Осим тога, још једна важна чињеница приликом избора ГМРС-а јесте близина магистралног гасовода која би требала бити задовољавајућа због економичности. У том правцу, оба решења свакако задовољавају неопходни услов.

За излазни притисак се на основу потреба гаса које су претходно израчунате усваја се вредност **9 bar**-а. Капацитет ГМРС добија се сабирањем капацитета мерног регулационих станица, капацитета котларница снаге преко **1 MW**.

Други степен редукције притиска поред поменуте ГМРС обављају МРС како би се тај гас безбедно и економично допремио до мањих потрошача. Предвиђене су 3 МРС, будући да се град може грубо поделити на три дела. Ова подела првенствено је настала као последица чињенице да река Раваница дели град на два дела међутим јужни део града захтева 2 МРС због далеко већег броја потрошача, односно већих потреба у гасу. Сам капацитет МРС одређен је на основу процене да МРС 1 захвата 50 % домаћинства и јавних објеката, МРС 2 30 % првенствено због мањег присуства неких јавно-комуналних већих потрошача, и МРС 3 као најмања која захвата свега 20 % потрошача. Такође потребно је нагласити је сам капацитет МРС 1 и 2 станица увећан за $200 \text{ m}^3/\text{h}$ у смислу повећања садашњег броја потрошача.

Идејно решење обухвата конципирање два различита гасоводна система, разделни и прстенасти. Приказ ова два система дат је на сликама 5.1 и 5.2. При самом пројектовању најпре је обезбеђена болница као једини потрошач који се у сваком тренутку мора снабдевати гасом. Са друге стране избегнуто је директно снабдевање осталих великих потрошача из једног

разлога, односно предимензионосног гасовода. Првенствено због цене изградње истог, будући да Ћуприја иако има велики број потрошача ниједан од њих није од велике важности.



Слика 5.1 Разделни гасовод



Слика 5.2 Претенасни гасовод

6. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН РАЗДЕЛНОГ И ПРСТЕНАСТОГ ГАСОВОДА

Дистрибутивна мрежа мора бити тако димензионисана да задовољава два основна захтева:

1. Да до сваког потрошача стигне захтевана количина гаса са задовољавајућим нивоом притиска;
2. Да структура пречника цевовода буде најповољнија, како би трошкови инвестиционе изградње били минимални.

Ова два захтева се једино могу испунити уколико се нађе добар метод конципирања дистрибутивна мреже и ефикасан модел прорачуна.

Гасовод се димензионише на основу хидрауличког прорачуна и искуствених података, а величине које се траже су:

- Проток;
- Унутрашњи пречник;
- Почетни или крајњи притисак;
- Пад притиска у разматраној деоници [10].

Дистрибутивна мрежа се дели у 17 различитих секција код разделног типа односно 18 код прстенастог гасовода све са циљем лакшег димензионисања. Пре самог поступка димензионисања односно одређивања пречника и дебљине зида цеви појединих секција гасовода, потребно је усвојити материјал цеви које се користе за изградњу гасовода. С обзиром на очекивани притисак у систему, усваја се материјал по API 5L стандарду квалитета челика В са границом еластичности f од 24100 PSI-а односно 241 МПа.

Димензионисање дистрибутивних гасовода и припадајуће опреме се обавља коришћењем одговарајућих једначина протока које су приказане у наставку овог поглавља као и у Поглављу 7.

Што се тиче усвајања брзине усваја се почетна вредност 13 m/s.

Након усвајања материјала и претпостављања почетне брзине протока гаса приступа се одређивању пречника помоћу једначине :

$$D_u = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} \quad (5.1)$$

где су:

D_u - унутрашњи пречник гасовода, m;

Q - проток гаса, m³/ s;

v - брзина гаса, m/s.

На основу израчунатих вредности усвајамо прву већу вредност пречника из таблице API 5L и читавамо одговарајућу дебљину зида цеви и спољашњи пречник.

Након тога рачуна се вредност дебљине зида цеви помоћу следеће једначине:

$$\delta = \frac{p * D_s * S}{20 * f * v * T} + c \quad (5.2)$$

где су:

δ - дебљина зида цеви, mm;

p - притисак, bar;

D_s - спољашњи пречник цеви, mm;

S - фактор сигурности;

f - граница еластичности, MPa;

v - фактор завареног шава, за бешавне цеви је 1;

T - фактор температуре, 1 за температуре испод 120 °C;

c - додатак за корозију, усвојена вредност је 2.

За степен сигурности усвојена је вредност од 2,5 јер је у питању гасовод који протиче кроз насељено место те је са становништа безбедности врло важно то и назначити [10, 22].

Затим се рачуна спољашњи пречник гасовода помоћу једначине:

$$D_s = D_u + 2 * \delta \quad (5.3)$$

Прорачуном добијени пречници као и стандардизовани пречници приказани су у табели 6.1.

Табела 6.1 Рачунати и усвојен пречник

Ознака секције	Потрошач	Дужина секције [km]	Проток		Рачунати пречник			Усвојени пречник		
			По потрошачу [m³/h]	Укупан [m³/h]	Спољашњи [mm]	t [mm]	Унутрашњи [mm]	Спољашњи [mm]	t [mm]	Унутрашњи [mm]
Притисак на излазу из ГМРС										
L1	-	0.388		12516.17	593.2	4.8	583.5	610.0	12.7	584.6
L2	Стандард намештај	0.223	792.04	2292.74	256.3	3.3	249.8	273.1	11.1	250.9
L3	Фека аутоматив	0.571	256.18	1500.70	208.1	3.0	202.1	219.1	8.2	202.7
L4	МИП процесна опрема	0.945	129.80	1244.52	190.1	3.0	184.0	219.1	15.9	187.3
L5	Галфан Доо	0.165	138.88	1114.72	180.2	3.0	174.1	219.1	22.2	174.7
L6	Метал	0.581	648.87	975.84	168.5	2.8	162.9	168.3	2.1	164.1
L7	ВУ НАПРЕДАК	0.831	326.97	326.97	99.3	2.5	94.3	101.6	3.6	94.4
L8	Раваница	0.647	678.77	6762.85	437.2	4.1	428.9	457.0	15.9	425.2
L9	-	0.476		6084.08	415.1	4.1	406.8	457.0	23.8	409.4
L10	МРСЗ	0.45	1607.9	6084.08	415.1	4.1	406.8	457.0	23.8	409.4
L11	Основна школа Вук К.	0.084	126.98	4476.18	356.8	3.9	349.0	406.4	28.6	349.2
L12	Гимназија	1.16	147.8	4349.20	351.3	3.7	344.0	355.6	5.6	344.4
L13	-	0.428		4201.40	345.4	3.7	338.1	355.6	8.7	338.2
L14	МРС1	0.196	4201.4	4201.4	345.4	3.7	338.1	355.6	8.7	338.2
L15	МРС2	1.13	2604.6	3460.58	313.9	3.5	306.8	323.9	8.4	307.1
L16	Компонента	0.756	432.79	855.98	158.2	2.8	152.6	168.3	7.1	154.1
L17	Болница	1.35	423.19	423.19	112.4	2.5	107.3	114.3	3.2	107.9
Укупна дужина секција		10.381								

Да би се након одређене вредности пречника, одредила вредност пада притиска морамо одредити вредност Рејнолдсовог броја **Re** као и вредност хидрауличког отпора λ помоћу једначина које ће бити дате у наставку [8]:

$$Re = \frac{1,2326 * 10^{-3} * Q_g * \rho_r * p_0}{D_u * \mu * T_0} \quad (5.4)$$

где су:

Re - Рејнолдсов број, бездимензиона величина;

Q_g - проток гаса, m³/h;

ρ_r - релативна густина гаса;

p_o - притисак на стандардним условима, bar;

D_u - унутрашњи пречник цевовода, mm;

μ - вискозност гаса, Pas;

T_o - температура на стандардним условима.

Вредност хидрауличног отпора одређује се на два начина зависно од величине Рејнолдсовог броја:

1. Уколико је Рејнолдсов број већи од 2320:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (5.5.)$$

2. Уколико је Рејнолдсов број мањи од 2320:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.6)$$

Вредности Рејнолдсовог броја и коефицијента хидрауличног отпора дате су у табели 6.2.

Табела 6.2 Рејнолдсов број и коефицијент хидрауличног отпора

Re	λ
573322.55	0.011498
244703.70	0.014226
198256.08	0.014994
177930.54	0.015405
170867.42	0.015562
159241.56	0.015839
92751.79	0.018130
425914.95	0.012385
397954.54	0.012597
397954.54	0.012597
343257.23	0.013072
338168.09	0.013121
332664.77	0.013175
332664.77	0.013175
301755.69	0.013500
148746.71	0.016111
105026.85	0.017576

Прорачун пада притиска у примарној дистрибутивној мрежи средњег и високог притиска врши се помоћу следећих једначина:

1. Основна једначина или Дарси-Вајсбах-ова једначина

$$p_1 - p_2 = 1,7108 * 10^6 * \lambda * \frac{Q_D^2 * \rho_r * L * Z}{(100 * D)^5} * \frac{273 + t}{273} \quad (5.7)$$

Резултати прорачуна дати су у табели 6.3

Табела 6.3 Прорачун пада притиска преко основне једначине

Ознака секције	Потрошач	Дужина секције [km]	Притисак -Основна једначина			
			P1 [bar]	P1 ² -P2 ² [bar ²]	P2 [bar]	ΔP [bar]
		на излазу из ГМРС	9.00	-	-	0.00
L1	-	0.388	9.0000	0.0126	8.9993	0.0007
L2	Стандард намештај	0.223	8.9993	0.0206	8.9982	0.0011
L3	Фека аутомотив	0.571	8.9982	0.0691	8.9943	0.0038
L4	МИП процесна опрема	0.945	8.9943	0.1200	8.9876	0.0067
L5	Галфан Доо	0.165	8.9876	0.0241	8.9863	0.0013
L6	Метал	0.581	8.9863	0.0903	8.9813	0.0050
L7	ВУ НАПРЕДАК	0.831	8.9813	0.2636	8.9666	0.0147
L8	Раваница	0.647	8.9993	0.0323	8.9975	0.0018
L9	-	0.476	8.9975	0.0237	8.9962	0.0013
L10	МРСЗ	0.45	8.9962	0.0224	8.9949	0.0012
L11	Основна школа Вук К.	0.084	8.9949	0.0052	8.9947	0.0003
L12	Гимназија	1.16	8.9947	0.0729	8.9906	0.0041
L13	-	0.428	8.9906	0.0276	8.9891	0.0015
L14	МРС1	0.196	8.9891	0.0126	8.9884	0.0007
L15	МРС2	1.13	8.9993	0.0820	8.9947	0.0046
L16	Компонента	0.756	8.9947	0.1260	8.9877	0.0070
L17	Болница	1.35	8.9877	0.3564	8.9679	0.0198

2. Реноуард-ова једначина

$$p_1 - p_2 = 46\,742 * 10^6 * \frac{\rho_r * L * Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad (5.8)$$

Резултати прорачуна дати су на Слици 6.4

Табела 6.4 Прорачун пада притиска преко Реноуардове једначине

Ознака	Потрошач	Дужина секције	Притисак - Једначина Реноуард			
L1	-	0.388	9.0000	0.0163	8.9991	0.0009
L2	Стандард намештај	0.223	8.9991	0.0252	8.9977	0.0014
L3	Фека аутоматив	0.571	8.9977	0.0833	8.9931	0.0046
L4	МИП процесна опрема	0.945	8.9931	0.1434	8.9851	0.0080
L5	Галфан Доо	0.165	8.9851	0.0287	8.9835	0.0016
L6	Метал	0.581	8.9835	0.1072	8.9775	0.0060
L7	ВУ НАПРЕДАК	0.831	8.9775	0.3010	8.9607	0.0168
L8	Раваница	0.647	8.9991	0.0411	8.9968	0.0023
L9	-	0.476	8.9968	0.0299	8.9951	0.0017
L10	МРСЗ	0.45	8.9951	0.0283	8.9936	0.0016
L11	Основна школа Вук К.	0.084	8.9936	0.0065	8.9932	0.0004
L12	Гимназија	1.16	8.9932	0.0911	8.9881	0.0051
L13	-	0.428	8.9881	0.0345	8.9862	0.0019
L14	МРС1	0.196	8.9862	0.0158	8.9853	0.0009
L15	МРС2	1.13	8.9991	0.1018	8.9934	0.0057
L16	Компонента	0.756	8.9934	0.1487	8.9852	0.0083
L17	Болница	1.35	8.9852	0.4106	8.9623	0.0229

3. Универзална Стрелецова једначина

$$p_1 - p_2 = 5,25 * 10^4 * \frac{\rho_r * L * Q^{1,8}}{D^{4,8}} \quad (5.9)$$

при чему су:

p_1 – притисак у пресеку 1, bar;

p_2 - притисак у пресеку 2, bar;

Λ – коефицијент трења;

Q - запремински проток гаса, m³/h;

L – дужина цевовода, између пресека 1 и 2, km;

D – пречник гасовода, mm;

ρ_r - релативна густина гаса [22].

Резултати прорачуна дати су на Слици 6.5.

Табела 6.5 Прорачун пада притиска преко Стрелецове једначине

Ознака	Потрошач	Дужина секције	Притисак Универзална Стрелецова једначина			
L1	-	0.388	9.0000	0.0172	8.9990	0.0010
L2	Стандард намештај	0.223	8.9990	0.0270	8.9975	0.0015
L3	Фека аутомотив	0.571	8.9975	0.0898	8.9925	0.0050
L4	МИП процесна опрема	0.945	8.9925	0.1551	8.9839	0.0086
L5	Галфан Доо	0.165	8.9839	0.0310	8.9822	0.0017
L6	Метал	0.581	8.9822	0.1161	8.9757	0.0065
L7	ВУ НАПРЕДАК	0.831	8.9757	0.3298	8.9573	0.0184
L8	Раваница	0.647	8.9990	0.0437	8.9966	0.0024
L9	-	0.476	8.9966	0.0319	8.9948	0.0018
L10	МРСЗ	0.45	8.9948	0.0301	8.9932	0.0017
L11	Основна школа Вук К.	0.084	8.9932	0.0069	8.9928	0.0004
L12	Гимназија	1.16	8.9928	0.0973	8.9874	0.0054
L13	-	0.428	8.9874	0.0368	8.9853	0.0020
L14	МРС1	0.196	8.9853	0.0169	8.9844	0.0009
L15	МРС2	1.13	8.9990	0.1089	8.9930	0.0061
L16	Компонента	0.756	8.9930	0.1614	8.9840	0.0090
L17	Болница	1.35	8.9840	0.4488	8.9590	0.0250

Значајно је нагласити да поред пада притиска услед протицања гаса кроз праволинијски део цевовода, постоји додатни пад притиска који настаје због поремећења струјања у фазонским комадима и цевоводној арматури. Локални отпори или другачије локални губици, се не узимају експлицитно у једначинама. Основни разлог томе јесте што је пад притиска услед локалних отпора занемарљиво мали у односу на пад који се јавља због трења у неидеално глатким цевима, у већини дистрибуционих мрежа [11].

На почетку прорачуна је коришћена претпостављена, дозвољена брзина струјања гаса од 13 m/s, док се брзина кроз усвојене пречнике цеви добија према једначини:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D_u} \quad (5.10)$$

где је:

v - брзина гаса, m/s;

Q - проток гаса, m³/s;

D_u - унутрашњи пречник гасовода, m.

Прорачунате брзине у деоницама гасовода задовољавају дозвољене вредности (Слика 6.6).

Табела 6.6 Претпостављена и рачунски добијена брзина

Претпостављена брзина [m/s]	Брзина за усвојени пречник [m/s]
	-
13	12.95
13	12.88
13	12.92
13	12.55
13	12.92
13	12.82
13	12.98
13	13.23
13	12.84
13	12.84
13	12.98
13	12.97
13	12.99
13	12.99
13	12.98
13	12.75
13	12.86

Поступак прорачуна прстенастог гасовода је идентичан као поступак код разделног типа.

Међутим оно што је потребно нагласити јесте да приликом прорачуна мора постојати тачка на прстену у којој је пад притиска једнак нули. Ово место налази се на секцији L18, што значи да би пад притиска требао бити једнак нули на месту L13 и L17. У самом раду ова вредност није нула али је јако блиска томе што задовољава услове задатка.

На крају имамо усвојене односно стандардизоване пречника са провереном брзином струјања гаса, при чему се увиђа да не постоје велика одступања од дозвољене брзине струјања гаса нити у абнормално великим пречницима који се не би могли пронаћи у каталозима стандардизованих пречник. Пад притиска је задовољавајући.

На крају димензионисања дат је приказ дужине и пречника цеви које су потребне за израду гасовода (Прилог 6).

7. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГЛАВНО МЕРНО-РЕГУЛАЦИОНЕ СТАНИЦЕ

Пројектовање примарне гасне дистрибутивне мреже прати и пројектовање ГМРС и усвајање потребне опреме која мора да задовољи све техно-економске али и безбедоносне критеријуме једног гасоводног система

Да би ГМРС обавила своју функцију, у њој је потребно извршити редукацију притиска са нивоа који влада у магистралном или разводном гасоводу на дистрибутивни притисак, уз мерење и регулацију протока, филтрирање и догревање гаса.

7.1. Димензионисање главно мерно-регулационе станице

Поступак димензионисања захтева познавање састава гаса (Табела 7.1) на основу кога се долази до потребних физичких и хемијских особина.

Табела 7.1 Састав природног гаса

Састав гаса	Запремински удео компоненте (%)
метан (CH ₄)	84.82
етан (C ₂ H ₆)	4.66
пропан (C ₃ H ₈)	3.15
и-бутан (i-C ₄ H ₁₀)	1.2
н-бутан (n-C ₄ H ₁₀)	1.08
и-пентан (i-C ₅ H ₁₂)	0.37
н-пентан (n-C ₅ H ₁₂)	0.24
хексан (C ₆ H ₁₄)	0.11
виши угљоводоници	0.02
азот (N ₂)	3.15
угљендиоксид (CO ₂)	1.22

Физичка својства гаса дата су у Табели 7.2.

Табела 7.2 Физичка својства гаса

Својства гаса	Вредност	Јединица
молекулска маса	19,698	kg/kmol
густина при нормалним условима	0,879	kg/m ³
густина при стандардним условима	0.833	kg/m ³
критични апсолутни притисак	4572,733	kPa
критична температура	208,176	K
доња топлотна моћ при стандардним условима	37942,202	kJ/m ³
динамички вискозитет	$1,1 \cdot 10^{-10}$	bars

Поред основних особина гаса, за пројектовање ГМРС неопходно је дефинисати и њене основне карактеристике које зависе од величине потрошње, нивоа притиска који се захтева у делу гасовода пре ове станице али и после станице.

Основне карактеристике главне мерно-регулационе станице:

Притисак гаса на улазу: $p_u = 16-50 \text{ bar}$ [30];

Притисак гаса на излазу: $p_i = 6-16 \text{ bar}$ [26];

Максимални проток: $Q_{\max} = 13\,000 \text{ m}^3/\text{h}$;

Минимални проток: $Q_{\min} = 2030 \text{ m}^3/\text{h}$.

Што се тиче максималног протока, усвојена је вредност $13\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, што је свакако веће од прорачунатих потреба. Наиме, прорачунате потребе у гасу износе $12\,516,17 \text{ m}^3/\text{h}$, али због постојања индустријске зоне Добричево узета је мало већа вредност.

За минималан проток гаса узима се количина гаса која се троши у летњем периоду, када се гас не користи за потребе грејања већ се користи за потребе кувања и припрему топле потрошне воде. За 6765 индивидуалних домаћинстава, користећи норматив потрошње од $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ гаса за кување и

припрему топле воде и усвајајући фактор једновремености од 0.8, добијамо укупну потрошњу од 2030 m³/h гаса, што усвајамо за минимални проток.

Након усвајања потребних података следи прорачун и избор цеви ГМРС који обухватају одређивање минималног унутрашњег пречника цеви, затим усвајање цеви према API 5L стандарду и на крају провера дебљине зида цеви. Уколико се провером утврди да усвојена цев не испуњава услов у погледу дебљине зида цеви и сигурности гасовода, врши се усвајање новог пречника цеви и нове дебљине цеви.

Пречник цеви и провера дебљине зида цеви на улазу:

Да бисмо одредили пречник потребна нам је величина протока Q, с обзиром да се прорачун улазног и излазног пречника своди на проверу протока за препоручене дозвољене брзине струјања. Препоручена брзина у гасним станицама износи 20 m/s. За одређивање протока, користи се следећа једначина:

$$Q = Q_u * \frac{p_b}{p_b + p_{min}} * \frac{273 + t}{273} \quad (6.1.)$$

$$Q = 13000 * \frac{1,01325}{1,01325+16} * \frac{273+15}{273} = 816.78 \frac{m^3}{h}$$

где је:

Q - проток гаса на стварним условима, m³/h;

p_b – атмосферски притисак околине, bar;

p_{min} - минимални притисак гаса на улазу у ГМРС, bar;

t – температура гаса, °C.

Затим се одређује пречник помоћу једначине:

$$d_u^2 = \frac{354 * Q}{v} \quad (6.2.)$$

где је:

D_u – унутрашњи пречник цеви, mm;

v – дозвољена брзина гаса, m/s.

$$d_u^2 = \frac{354 * 816,78}{20} = 14\,457,006 \text{ mm}$$

$$d_u = \sqrt{14\,457,006} = 120,23 \text{ mm}$$

Усваја се бешавна цев са првим већим пречником из таблице API 5L, а то је пречник цеви 141,3 mm са дебљином 4,4 mm и спољашњим пречником од 151,2 mm. Након тога врши се провера брзине њеним изражавањем из једначине 6.2.

$$v = \frac{354 * Q}{d_u^2}$$

$$v = \frac{354 * 753,95}{141,3^2} = 13,4 \frac{m}{s} < 20 \text{ m/s}$$

Провера дебљине зида цеви на улазу у ГМРС заснива се на провери да ли усвојена дебљина цеви одговара у погледу допуштених одступања, услова транспорта, корозије и хабања, начина израде.

Прорачун дебљине зида цеви се врши према DIN 2470/2/1975.

$$t_n = t_R + c_1 + c_2 \quad (6.3.)$$

где је:

t_n – називна дебљина цеви, mm;

t_R – рачунски добијена дебљина цеви, mm;

c_1 – додатак за компензацију допуштених одступања дебљине цеви услед транспорта, mm;

c_2 - додатак за компензацију допуштених одступања дебљине цеви услед корозије и хабања, обично се узима 1 mm.

$$t_R = \frac{p * D_s * S}{20 * f * V * T} \quad (6.4)$$

$$t_R = \frac{51,01325 * 0,1512 * 2}{20 * 241 * 1 * 1} = 0,0032 \text{ m} = 3,2 \text{ mm}$$

где је:

t_R - дебљина зида цеви, mm;

P - радни притисак гасовода, bar;

D_s - спољни пречник гасовода, mm;

S - фактор сигурности;

f - граница еластичности, Mpa , за Ч.1212 $f = \text{bara}$;

V - фактор завареног шавва, за цеви API 5L, $V = 1,0$;

T - фактор температуре, за $t = 1$ до 120 °C, $T = 1,0$.

Допуштено одступање:

$$c_1 = (t_R + c_2) * \frac{c_1'}{100 - c_1'} \quad (6.5)$$

$$c_1 = (3,2 + 1) * \frac{15}{100 - 15} = 0,741 \text{ mm}$$

$$t_n = t_R + c_1 + c_2 = 0,32 + 0,741 + 1 = 2,061 \text{ mm}$$

Дебљина зида цеви задовољава услов.

Пречник и дебљина цеви на излазу из ГМРС:

$$Q = Q_u * \frac{p_b}{p_b + p_{min}} * \frac{273 + t}{273} = 13000 * \frac{1,01325}{1,01325 + 6} * \frac{273 + 15}{273} = 1\,981,4 \frac{m^3}{h}$$

$$d_u^2 = \frac{354 * Q}{v} = \frac{354 * 1\,981,4}{20} = 35\,070,78$$

$$d_u = \sqrt{32\,373,3} = 187,27 \text{ mm}$$

Усваја се пречник цеви 219,1 mm са дебљином 4,8 mm и спољашњим пречником од 228,7 mm. Након тога врши се провера брзине:

$$v = \frac{354 * Q}{d_u^2} = \frac{354 * 1\,829}{219,1^2} = 13,48 \frac{m}{s} < 20 \frac{m}{s}$$

Прорачун дебљине зида цеви се врши према DIN 2470/2/1975.

$$t_n = t_R + c_1 + c_2$$

$$t_R = \frac{p * D_s * S}{20 * f * V * T} = \frac{17,01325 * 0,1512 * 2}{20 * 241 * 1 * 1} = 0,00107 \text{ m} = 1,07 \text{ mm}$$

$$c_1 = (t_R + c_2) * \frac{c_1'}{100 - c_1'} = (1,07 + 1) * \frac{15}{100 - 15} = 0,365$$

$$t_n = t_R + c_1 + c_2 = 1,07 + 0,365 + 1 = 3,435 \text{ mm}$$

Дебљина зида цеви одговара услову.

7.2. Избор опреме ГМРС

Приликом пројектовања једне ГМРС неопходно је извршити избор опреме која се уграђује у исту, и то одмах након димензионисања улазних и излазних гасовода из ове станице. Сам поступак поред улазних података укључује инжерску слободу у одабиру појединих делова као и произвођача истих.

Свакако је потребно имати у виду да опрема варира зависно од саме ГМРС, њених специфичних улога, положаја и врсте гаса.

Саставни делови опреме су:

1. Филтер за гас

Филтер за гас представља део опреме који је намењен за пречишћавање гаса на улазу у ГМРС превасходно од механичких нечистоћа. Максимални дозвољени пад притиска у филтеру је веома важан параметар који је потребно

пратити и контролисати. Запрљаност филтерског улошка се проверава управо мерењем пада притисака помоћу диференцијалног манометра великог опсега. На свако линији ГМРС морају се уградити филтери једнаке конструкције. (југас, дистрибуција)

За конкретан случај ГМРС која напаја град Ћуприју усваја се филтер из каталога:

Проток гаса у каталогу је на нормалним условима ($p = 1,01325, t = 0$), због тога је потребно извршити прерачун протока помоћу следеће једначине:

$$Q_n = Q_{max} * \frac{273,15}{T_s} * \frac{p_s}{1,01325} * \frac{1}{Z} \quad (6.6)$$

где су:

Q_n – проток гаса на нормалним условима;

Q_{max} – проток гаса на стварним условима;

T_s – стварна температура гаса;

p_s – стварни апсолутни притисак гаса;

Z – фактор компресибилитета гаса.

$$Q_n = 13000 * \frac{273,15}{288} * \frac{6}{1,01325} * \frac{1}{0,98} = 74\,500,7 \text{ m}_n^3/\text{h}$$

Филтер за гас – фини филтер са два измењивим улошком:

Тип: 414/2

Називни отвор: DN300

Минимални улазни притисак: 16

Проток: 76 700 Sm³/h

Класа прикључка: ANSI 600

Произвођач: Гастех Инђија

Место уградње: две регулационе линије ГМРС

2. Загрејач гаса

Намењен је за загревање целокупне количине гаса у ГМРС. Његова главна улога јесте спречавање замрзавања појединих елемената ГМРС. Због појаве хлађења гаса, услед редукције притиска (Џул-Томсонов ефекат) постоји опасност од појаве честица леда у струји гаса или могућности да се делови инсталације из регулатора замрзну. Ова појава може утицати на безбедан рад станице. Зато се на ГМРС иза филтера за гас уграђује измењивач топлоте гас-топла вода. Број измењивача зависи од концепције станице. Избор, односно димензионисање измењивача своди се на одређивање потребне снаге, односно топлоте за загревање гаса. Полази се од једначине за одређивање температурне разлике:

$$\Delta t_p = K(p_{ulaz,max} - p_{izlaz,min}) + t_R - t_u = 0,4 \cdot (50 - 6) + 15 - 5 = 27,6^\circ\text{C}$$

где је:

K - Џул-Томсонов коефицијент, $^\circ\text{C} / \text{bar}$, 0,4;

$p_{(ulaz,max)}$ – максимални улазни притисак гаса, bar;

$p_{(izlaz,min)}$ – минимални излазни притисак гаса, bar;

t_R – излазна температура гаса из измењивача топлоте, $^\circ\text{C}$;

t_u – улазна температура гаса у измењивач топлоте, $^\circ\text{C}$.

Након тога, на основу Δt_p дефинише се потребна количина топлоте, односно неопходна снага грејача за загревање гаса, помоћу следеће једначине:

$$N = P = \frac{Q_n * \rho_n * c_p * \Delta t_p}{3600} = \frac{13\,000 * 0,879 * 1,983 * 27,6}{3600} = 995,6 \text{ kW}$$

где је:

N – снага измењивача топлоте, kW;

Q – проток гаса на нормалним условима, m^3/h ;

ρ – густина гаса на нормалним условима, kg/Sm^3 ;

c_p – специфична топлота гаса при константном притиску, $\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$;

Δt_p – промена температуре, $^{\circ}\text{C}$.

На основу добијене снаге, усваја се из каталога произвођача први већи измеђивач топлоте како би могао да обезбеди сигурно загревање, водећи рачуна да страна гаса буде пројектована да издржи притисак до 50 bar.

3. Сигурносни блок вентили

Ови уређаји имају безбедоносну улогу. Њихов задатак да аутоматски прекине проток гаса када притисак порасте 10 % изнад вредности отварања сигурносног вентила. Овакви вентили се искључиво могу отворити ручно. Овај уређај бира се на основу пречника цеви на месту уградње, као и максималног улазног и минималног излазног притиска.

За конкретан случај ГМРС која напаја град Ћуприја усваја се сигурносни блок вентил:

Произвођач: Гастех Инђија

Тип: 234-BV

Притисци блокаде: $p_{\text{max}} = 2 - 50 \text{ bar}$

$p_{\text{min}} = 0.1 - 4 \text{ bar}$

Класа прикључка: ANSI 600

Називни отвор: DN 300

Место уградње: Регулациона и резервна линија

4. Сигурносни одушни вентили

Ови уређаји такође имају безбедоносну улогу. Међутим, отварају се пре него што дође до активирања сигурносног блок вентила, односно на нижем притиску. Издубни или одушни вентил служи да испушта гас најчешће по 2%

свог капацитета у случају пораста притиска и на тај начин растеређује без блокаде протока гаса.

За конкретан случај ГМРС која напаја град Ћуприја усваја се сигурносни одушни вентил:

Проток: 13 000 Sm³/h

Притисак отварања: p_{отв} = 10 – 20 bar

Произвођач: Гастех Инђија

Тип: 216

Место уградње: Регулациона и резервна линија

5. Мерач протока гаса

Основна функција мерача протока као што њихов назив каже јесте мерење протекле количине гаса у јединици времена кроз одређен попречни пресек цеви. Приликом испоруке гаса потрошачима неопходно је у сваком тренутку знати која је то количина гаса која се испоручује како би се извршило наплаћивање од стране дистрибутера.

За конкретан случај ГМРС која напаја град Ћуприја усваја се мерач протока гаса:

Максимални проток кроз мерач:

$$Q = Q_u * \frac{p_b}{p_b + p_{min}} * \frac{273 + t}{273} = 13000 * \frac{1,01325}{1,01325 + 6} * \frac{273 + 15}{273} \\ = 1981,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Минимални проток кроз мерач:

$$Q = Q_u * \frac{p_b}{p_b + p_{min}} * \frac{273 + t}{273} = 13000 * \frac{1,01325}{1,01325 + 16} * \frac{273 + 15}{273} \\ = 816,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Проток: 130 – 2500 m³/h

Називни отвор: DN 300

Пад притисака: 1,5 mbar

Величина мерила: Konvex – Гасна и водо техника

Произвођач: G 1600

Тип: SM-RI-X

8. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Приликом пројектовања овог гасоводног система, наилази се на различите недоумице у којима се истиче инжењерска слобода уз поштовање стандарда, норми и препорука приликом пројектовања. Главне недоумице које су разматране јесу положај главно мерно-регулационе станице и избор типа дистрибутивног система према облику.

Ако говоримо о положају ГМРС-а, у оквиру овог идејног решења разматране су две могућности позиционирања главне мерно-регулационе станице. Први положај је недалеко од болнице док је други у близини индустријске зоне Минел. Са аспекта економичности, први положај никако није повољан будући да би сам гасовод био предимензионисан, због тога усвојен је други положај.

Што се тиче самог облика дистрибутивног система, разматрана су два облика примарне мреже, разделни и прстенасти. Иако су главне предности прстенастог гасовода (сигурност у случају хаварије, повољне резерве, капацитет испоруке), обично се истиче његов недостатак повећане цене изградње. Генерално, то је једини разлог зашто се обично даје предност другим дистрибутивним системима. Ипак је могуће надоместити овај недостатак тиме што се сам разделни гасовод уз мале измене претвара у прстенасти (конкретно, у овом идејном решењу врши се додавање једне секције Л18). Повећање дужине гасовода је свега неких 700 m, што се свакако компензује сигурношћу овог гасовода. Међутим, то са собом повлачи смањење доступне количине гаса већини потрошача у случају хаварије на неком делу гасовода. У том смислу, прстенастим гасоводом задовољене су потребе најзначајнијег потрошача болнице у потпуности, док је преостали део потреба значајно умањен. Тако да би у случају хаварије, потрошња гаса морала бити смањена на неопходни минимум, али би гас био достављен до сваког потрошача.

9. ЗАКЉУЧАК

Гасификација градова је досада имала неповољан конкурентни статус поредећи се са системом топлификације, односно природни гас се третирао само као енергент за загревање објеката. Право стање ствари је да је природни гас енергент који је и сировина, енергент у примарном облику, расположив у сваком тренутку са великим степеном искоришћења, природан и еколошки најпогоднији и оно што је у граду значајно не заузима пуно простора. Лако мерљив до свих нивоа коришћења и самим тим омогућава рационално понашање потрошача. Са једним прикључком могуће је обезбедити: грејање, припрему воде, кување, технолошке потребе, хлађење и као компримован може да супституише течна горива у индивидуалним возилима, аутобусима и привредним возилима.

У погледу примене природног гаса Ћуприја је релативно мали град који тренутно нема велики индустријски потенцијал, међутим географски положај може бити назнака развоју привреде. Поред тога, Ћуприја има задовољавајућу структуру мањих потрошача што је битно са аспекта коришћења природног гаса. Гасификација је и поред тога оправдана величином потреба у гасу као и индустријским потрошачима попут Напретка и Компоненте који имају континуитет у коришћењу гаса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агенција за заштиту животне средине, 2019-2022., Месечни извештаји, доступно на:
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=2019&id=208&akcija=showAll>
2. Брчески И., 2010, Локални еколошки план општине Ћуприја, стр. 27, Београд
3. Беогас, Основни појмови, доступно на:
<http://www.beogas.rs/new/postanite-korisnik/informacije-o-gasu/osnovni-pojmovi/>
4. Вулетић В., 2011, Карактеристике и примена природног гаса, Београд
5. Влада Републике Србије, 2019, Уредба о утврђивању Просторног плана подручја посебне намене магистралног гасовода граница Бугарске – граница Мађарске, Службени Гласник, доступно на: <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2012/119/1>
6. Геосрбија, Сателитски снимци
7. Група аутора, 2005, Гасификација Београда, Програм за израду Плана генералне регулације за изградњу гасне мреже и објеката у Београду, Београд, стр. 10
8. Група аутора, 2012, Историјски развој Дарси-Ваисбахове једначина за отпор струјању флуида кроз цевоводе, Машински факултет, Београд
9. Енергетска ефикасност система грејања и климатизације, стр.1-25. доступно на: <https://www.slideshare.net/mikon/05-godisnjapotrosnjaenergijezagrejanje>
10. Ивезић Д., 2022, Материјал са предавања, Принципи прорачуна дистрибутивне мреже, Рударско-Геолошки факултет, Београд. – хидраулични прорачун
11. Иветић М., 1966, Рачунска хидраулика течења у цевима, Београд, стр 43., доступно на:
https://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/knjiga_ra_unska_hidraulika_te_enje_u_cevima_1585039090421.pdf

12. Илић Б., Иванишевић С., 2008, Предности коришћења природног гаса као енергента у процесима сушења, Нови сад, доступно на: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-5029/2008/1450-502908020671.pdf>
13. Институт за јавно здравље Србије, Загађеност урбаног ваздуха на територији Републике Србије у мрежи институција јавног здравља у 2019. години, доступно на: <https://www.batut.org.rs/download/izvestaji/higijena/GodisnjiIzvestajVazduh%202019.pdf>
14. Јованчић П., 2010, Материјал са предавања, Предавање 2, стр 3-8. доступно на: https://rgf.bg.ac.rs/page.php?page=predmeti_details_4&predmet_id=6460
15. Поповић С., 1998, Приручни за пројектовање и израда мерно-регулационих станица на природни гас, ЈУГАС, Београд, доступно на: <https://wiac.info/docview>
16. Координате општине Ћуприја, доступно на: <https://latitude.to/map/rs/serbia/cities/cuprija>
17. Locations database, Industrijska zona Minel, доступно на: <http://crm.siepa.gov.rs/locations-eng/location.php?ID=1373>
18. Министарство рударства и енергетике, 2015, Правилник о условима за несметану и безбедну дистрибуцију природног гаса гасоводима притиска до 16 bar, Службени гласник РС, бр. 86/2015 стр 1-4., доступно на: <http://arhiva.mre.gov.rs/doc/nafta-i-gas/Pravilnik%20o%20uslovima%20za%20nesmetanu%20i%20bezbednu%20distribuciju%20pr%20gasa%20gasovodima%20pritiska%20do%2016%20bar.pdf>
19. National Geographic, Natural gas, доступно на: <https://education.nationalgeographic.org/resource/natural-gas>
20. Одсек за локални економски развој, 2021, Каталог локација општине Ћуприја, Ћуприја стр. 2-8., доступно на: <https://cuprija.rs/sr/wp->

[content/uploads/2019/10/KATALOG-LOKACIJA-OPSTINE-CUPRIJA-2021.SRB_-1.pdf](https://cuprija.rs/sr/wp-content/uploads/2019/10/KATALOG-LOKACIJA-OPSTINE-CUPRIJA-2021.SRB_-1.pdf)

21. Поморавски управни округ, доступно на: <http://puo.rs/>
22. Прстојевић Б., Вулетић В., Ђајић Н., 2005, Дистрибуција природног гаса, Рударско-геолошки факултет, Београд
23. Раваница, О нама, доступно на: <https://ravanica-cuprija.rs/o-nama/>
24. Републички завод за статистику, 2011, Демографија Туприје, доступно на: <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/31020301?languageCode=sr-Cyrl#>
25. Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије, 2011-2021., Метеоролошки годишњак, доступно на: https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
26. Србијагас, Дистрибуција, доступно на: https://www.srbijagas.com/?page_id=1103
27. Србијагас, Мапа гасовода, доступно на: https://www.srbijagas.com/?page_id=2128
28. Србијагас, О природном гасу, доступно на: https://www.srbijagas.com/?page_id=11879&script=lat, први пасус,
29. Србијагас, Основни појмови гасне технике, доступно на: https://www.srbijagas.com/?page_id=1423
30. Србија гас, Транспорт, доступно на: https://www.srbijagas.com/?page_id=11780
31. Стандард Намештај, О нама, Туприја, доступно на: <https://furniture.standard-serbia.com/standard-furniture-serbia-doo/>
32. Термо-електро Горионици, ГМРС – главно мерно-регулациона станица, доступно на: <https://www.termoelektro-mm.com/page.php?16>
33. Термо-електро Горионици, МРС – мерно-регулациона станица, доступно на: <https://www.termoelektro-mm.com/page.php?17>
34. Чланови скупштине општине Туприја, 2019, Стратегија развоја општине Туприја 2019-2024, Службеник гласник општине Туприја, Туприја, доступно на: <https://cuprija.rs/sr/wp-content/uploads/2019/04/strategija-prilog-1.pdf>

ПРИЛОГ

Прилог 1: Карактеристике гаса

Компонента	Запремински удео - Y_i	Молекулска маса - M_i	M_{sm}	Топлотна моћ - H_{oiv} [MJ/m^3]	H_{dis}	Критична температура - T_{krit} [K]	Критични притисак - P_{krit} [kPa]	P_{pk}	Масени удео - g_i	c_{pi} [kJ/kgK]	c_{psm}	c_{vi} [kJ/kgK]	c_{vsm}
C_1	0.8482	16.043	13.6077	33936	28784.5152	190.55	4604	3905.1128	0.6908	2.204	1.5226	1.686	1.1647
C_2	0.0466	30.07	1.4013	60395	2814.4070	305.43	4880	227.4080	0.0711	1.706	0.1214	1.429	0.1017
C_3	0.0315	44.097	1.3891	86456	2723.3640	369.82	4249	133.8435	0.0705	1.625	0.1146	1.436	0.1013
iC_4	0.012	58.124	0.6975	112031	1344.3720	408.13	3648	43.7760	0.0354	1.616	0.0572	1.473	0.0522
nC_4	0.0108	58.124	0.6277	112384	1213.7472	425.16	3797	41.0076	0.0319	1.652	0.0526	1.509	0.0481
iC_5	0.0037	72.151	0.2670	138044	510.7628	460.39	3381	12.5097	0.0136	1.600	0.0217	1.485	0.0201
nC_5	0.0024	72.151	0.1732	138380	332.1120	469.6	3369	8.0856	0.0088	1.622	0.0143	1.507	0.0132
C_6	0.0011	86.178	0.0948	164402	180.8422	507.4	3012	3.3132	0.0048	1.613	0.0078	1.517	0.0073
C_7	0.0002	100.205	0.0200	190398	38.0796	540.2	2736	0.5472	0.0010	1.606	0.0016	1.523	0.0015
CO_2	0.0122	44.01	0.5369		0.0000	304.19	7382	90.0604	0.0273	0.833	0.0227		
N_2	0.0315	28.013	0.8824		0.0000	126.1	3399	107.0685	0.0448	1.040	0.0466		
Σ	1.000		19.6975	37942.2020	37942.2020	208.1761		4572.7325	1.0000		1.9831		1.5101

Прилог 2: Потребе у сектору широке потрошње

ДОМАЋИНСТВА		
Просечна површина стана (m ²)		73.4
Просечна висина плафона h (m)	Староградња	2.7
	Новоградња	2.6
Специфични губици топлоте q (W/m ²)	Староградња	51
	Новоградња	35
Коефицијент трансмисионих губитака Y		0.6
Број степени дана SD		2380
eb		1
et		0.95
e		0.95
Унутрашња пројектна температура		20
Спољна пројектна температура		-18.2
Број домаћинстава	Староградња	4059
	Новоградња	2706
Vst (m ³)	Староградња	198.18
	Новоградња	190.84
Qst	Староградња	10107.18
	Новоградња	6679.4
Qgh	Староградња	1.128212854
	Новоградња	0.745587289
Qgg	Староградња	961.5917639
	Новоградња	635.4745862
Укупна потрошња за грејање на годишњем нивоу	Староградња	3903100.97
	Новоградња	125938.3535
Корекциони фактор за неистовременост потрошње		0.8
Укупна потрошња гаса (m³/god)	4846831.459	
Укупна сатна потрошња (m³/h)	5277.58	

Потребе гаса за кување и припрему топле воде		
Број домаћинстава	Староградња	4059
	Новоградња	2706
Норматив за потребе кувања (m ³ /god)		150
Потребе у гасу за припрему топле воде (m ³ /god)		250
Норматив за потребе кувања и припрему топле воде за трочлану породицу (m ³ /god)		300
Потребе у гасу за сва домаћинства за кување и топлу воду (m ³ /god)		2029500
Потребе у гасу за сва домаћинства за кување и топлу воду (m ³ /h)		2029.5

Прилог 3: Потребе у гасу јавно-комуналних објеката

ЈАВНИ ОБЈЕКТИ												
Број	Назив објекта	Улица	Површина (m ²)	Висина платфона (m)	Запремина објекта V _o (m ³)	et	eb	e	Y (W/m ³)	Q _o (W/obj.)	Q _h (m ³ /h)	Q _{gs} (m ³ /god)
1	Академија васпитано-медицинских струковних студија	Булевар Војске Србије бб	1400	3.1	4340	0.85	0.75	0.638	0.6	221340	24.71	14131.14
2	Школа за музичке таленте „Душан Сковран“	Милцие Ценић бб	3400	3.3	11220	0.85	0.75	0.638	0.6	572220	63.87	36532.58
3	Дом ученика „Срећно“	Кнеза Милоша 57	460	2.9	1334	0.95	1	0.95	0.6	68034	7.59	6472.72
4	Касарна	Јована Кирсаре 3	6200	3.5	21700	0.9	0.9	0.81	0.6	1106700	123.54	89774.31
5	Општинско јавно правобранилаштво Ћуприја	Бранка Ђосановића 4	1200	3	3600	0.9	0.9	0.81	0.6	183600	20.49	14893.43
6	Казнено-поправни завод	Боже Марјановића 10	1145	3	3435	0.9	1	0.9	0.6	175185	19.56	15789.80
7	Железничка станица	Булевар Војске Србије бб	2130	4	8320	0.85	0.9	0.765	0.6	434520	48.50	33289.58
8	Автобуска станица	Цара Лазара 91	600	5	3000	0.85	0.9	0.765	0.6	153000	17.08	11721.68
9	Републички фонд за пензионо и инвалидско осигурање	Карађорђева 45	2940	3	8820	0.9	0.9	0.81	0.6	449820	50.21	36488.91
10	Хотел Плажа	Друмска 1	920	3	2760	0.95	1	0.95	0.6	140760	15.71	13391.83
11	Стрељана	Друмска 2	426	2.7	1150.2	0.85	0.9	0.765	0.6	58660.2	6.55	4494.09
12	Дом здравља	Краља Петра 1 Ослобођица 65	7560	3	22680	1	1	1	0.6	1156680	129.11	11587.81
13	Завод за јавно здравље	Млодрага Новаковић 77	2420	3	7260	1	1	1	0.6	370260	41.33	37080.36
14	Болница	Млодрага Новаковић 78	24779	3	74337	1	1	1	0.6	3791187	423.19	379675.29
15	Полицијска станица	Раде Кочара 6	1632	3	4896	0.9	0.9	0.81	0.6	249696	27.87	20255.07
16	Пошта	Кнеза Милоша 2	1614	3.2	5164.8	0.9	0.9	0.81	0.6	265404.8	29.40	21367.11
17	Ветеринарска станица	Цара Лазара 58	900	2.7	2430	0.9	0.9	0.81	0.6	123930	13.83	10053.07
18	Водопровреда	Цара Лазара 88	1000	2.8	2800	0.9	0.9	0.81	0.6	142800	15.94	11583.78
19	МИП процесна опрема	Индустријска бб	5700	4	22800	0.9	0.9	0.81	0.6	1162800	129.80	94235.08
20	Галван доо	Индустријска бб	6970	3.5	24395	0.9	0.9	0.81	0.6	1244145	138.88	10923.70
21	Фека Аутоматив	Микејла Пулина 28	9000	5	45000	0.9	0.9	0.81	0.6	2295000	256.18	186167.92
23	Електродистрибуција	Кнеза Милоша 6	1800	3	5400	0.9	0.9	0.81	0.6	275400	30.74	2240.15
Укупна потрошња гаса (m³/god)											1276589.42	
Укупна потрошња гаса по сату (m³/h)											1307.27	

Прилог 4: Потребе у гасу локалних котларница

ЈАВНЕ ЗГРАДЕ ОПШТИНЕ ЂУПРИЈА									
рб	намена	Назив	Улица	енергент	Потрошња, (m ³ , kWh)	снага котла (kW)	Масени проток гаса (kg/s)	Запремински проток гаса (m ³ /s)	Запремински проток гаса (m ³ /h)
1	административне	Скупштина општине	13. Октобар 7	лож уље	7890	250	0.0077517	0.0088177	31.74
2		Одељење ЛПА	14. Октобар 7	лож уље	3450	100	0.0031007	0.0035271	12.70
3	образовне	ОШ "Вук Караџић"	Кнеза Милоша 94	лож уље	19872	1000	0.0310069	0.0352709	126.98
4		ОШ "13.Октобар"	Милице Ценић бб	лож уље	11285	400	0.0124028	0.0141084	50.79
5		ОШ "Ђура Јакшић"	Карађорђева 46	лож уље		котло у Гимназији		0.0000000	
6		Гимназија	Карађорђева 47	лож уље	26504	1164	0.0360920	0.0410553	147.80
7		Медицинска школа	Раде Кончара 5	чврсто гориво	71,39 т + 5,65 m ³	500	0.0155035	0.0176354	63.49
8		Техничка школа	Кнеза Милоша	лож уље	11504	400	0.0124028	0.0141084	50.79
9	ШОМО "Душан Слован"	Милице Ценић бб	лож уље	4586	160	0.0049611	0.0056433	20.32	
10		Брегалничка бб	лож уље	10702	140	0.0043410	0.0049379	17.78	
11		Крушевачка 15	лож уље	11887	300	0.0093021	0.0105813	38.09	
12	предшколске	Града Јанције 10	лож уље	10508	105	0.0032557	0.0037034	13.33	
13		Раде Миљковић 1	лож уље	10288	408	0.0126508	0.0143905	51.81	
14		Цара Лазара 89	лож уље	10105	105	0.0032557	0.0037034	13.33	
15	социјалне	Народна библиотека "Душан Матић"	Милице Ценић 15	ел. енергија	30449	105	0.0032557	0.0037034	13.33
16		Музеј "НОРВЕИМ МАРГ-РАВНО"	Јована Крстуле 2	ел. енергија	22820	250	0.0077517	0.0088177	31.74
17	спортске	Хале спортова "АДА"	Булевар Војске Србије бб	ел. енергија	172080	480	0.0148833	0.0169300	60.95
18		Соколски дом	Кнеза Милоша 40	ел. енергија	45343	140	0.0043410	0.0049379	17.78
								Укупна потреба за гасом (m³/h)	610.19
								Укупна годишња потрошња	5345280.84

Прилог 5: Потребе у гасу индустријских потрошача

Раваница		
Грејање објекта	Површина [m ²]	6800
	Висина просторија [m]	6
	q[W/m ³]	51
	eb	0.9
	et	0.9
	e	0.81
	tu[°C]	20
	ts[°C]	-18.2
	SD	2380
	Y	0.6
Прорачун грејања	Vst[m ³]	40800
	Qo [W/obj.]	2080800
	Qgh [m ³ /h]	232.27
	Qgg m ³ /god]	168792.24
Технолошки процес	Број котлова	2
	Снага котла [MW]	2
	Број дана рада котла	345
	Степен искоришћења	0.85
	Доња топлотна моћ ПГ [MJ/m ³]	37.942202
	Qgh [m ³ /h]	446.50
	Годишња потрошња [m ³ /god]	3697016.35
Укупне потребе за гасом на годишњем нивоу [m³/god]		3865808.59
Укупне потребе за гасом на сатном нивоу [m³/h]		678.77

Метал		
Грејање објекта	Површина [m ²]	900
	Висина просторија [m]	5
	q[W/m ³]	51
	eb	0.9
	et	0.9
	e	0.81
	tu[°C]	20
	ts[°C]	-18.2
	SD	2380
	Y	0.6
Прорачун грејања	Vst[m ³]	4500
	Qo [W/obj.]	229500
	Qgh [m ³ /h]	25.62
	Qgg m ³ /god]	18616.79
Технолошки процес	Број котлова	1
	Снага котла [MW]	2
	Број дана рада котла	350
	Степен искоришћења	0.85
	Доња топлотна моћ ПГ [MJ/m ³]	37.942202
	Qgh [m ³ /h]	223.25
	Годишња потрошња [m ³ /god]	1875298.15
Укупне потребе за гасом на годишњем нивоу [m³/god]		1893914.94
Укупне потребе за гасом на сатном нивоу [m³/h]		248.87

Компонента		
Грејање објекта	Површина [m ²]	4300
	Висина просторија [m]	4
	q[W/m ³]	51
	eb	0.9
	et	0.9
	e	0.81
	tu[°C]	20
	ts[°C]	-18.2
	SD	2380
	γ	0.6
Прорачун грејања	Vst[m ³]	17200
	Qo [W/obj.]	877200
	Qgh [m ³ /h]	97.92
	Qgg m ³ /god]	71157.51
Технолошки процес	Број котлова	1
	Снага котла [MW]	3
	Број дана рада котла	345
	Степен искоришћења	0.85
	Доња топлотна моћ ПГ [MJ/m ³]	37.942202
	Qgh [m ³ /h]	334.87
	Годишња потрошња [m ³ /god]	2772762.26
Укупне потребе за гасом на годишњем нивоу [m³/god]		2843919.78
Укупне потребе за гасом на сатном нивоу [m³/h]		432.79

Ветеринарска установа Напредак		
Грејање објекта	Површина [m ²]	4800
	Висина просторија [m]	4
	q[W/m ³]	51
	eb	0.9
	et	0.9
	e	0.81
	tu[°C]	20
	ts[°C]	-18.2
	SD	2380
	γ	0.6
Прорачун грејања	Vst[m ³]	19200
	Qo [W/obj.]	979200
	Qgh [m ³ /h]	109.30
	Qgg m ³ /god]	79431.64
Технолошки процес	Број котлова	1
	Снага котла [MW]	1.95
	Број дана рада котла	360
	Степен искоришћења	0.85
	Доња топлотна моћ ПГ [MJ/m ³]	37.942202
	Qgh [m ³ /h]	217.67
	Годишња потрошња [m ³ /god]	1880656.14
Укупне потребе за гасом на годишњем нивоу [m³/god]		1960087.79
Укупне потребе за гасом на сатном нивоу [m³/h]		326.97

Стандард Намештај		
Грејање објекта	Површина [m ²]	2000
	Висина просторија [m]	4
	q[W/m ³]	51
	eb	0.9
	et	0.9
	e	0.81
	tu[°C]	20
	ts[°C]	-18.2
	SD	2380
	γ	0.6
Прорачун грејања	Vst[m ³]	8000
	Qo [W/obj.]	408000
	Qgh [m ³ /h]	45.54
	Qgg m ³ /god]	33096.52
Технолошки процес	Број котлова	2
	Снага котла [MW]	2
	Број дана рада котла	360
	Степен искоришћења	0.85
	Доња топлотна моћ ПГ [MJ/m ³]	37.942202
	Qgh [m ³ /h]	446.50
	Годишња потрошња [m ³ /god]	3857756.19
Укупне потребе за гасом на годишњем нивоу [m³/god]		3890852.71
Укупне потребе за гасом на сатном нивоу [m³/h]		492.04

Прилог 6: Набавка цеви за изградњу гасовода

Набавка	Ds	L
	[mm]	[km]
	610.0	0.388
	457.0	1.573
	406.4	0.084
	355.6	1.784
	323.9	1.13
	273.1	0.223
	219.1	1.681
	168.3	1.337
114.3	1.35	
101.6	0.831	

Набавка:	Ds	L
	[mm]	[km]
	610.0	0.388
	457.0	1.573
	406.4	1.214
	355.6	1.784
	273.1	0.223
	219.1	2.437
	168.3	0.581
	141.3	1.35
114.3	0.705	
101.6	0.831	

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Јања Ивановић

Број индекса Р75/18

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

АНАЛИЗА ПРИМАРНЕ ГАСНЕ ДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ
У УРБАНОЈ СРЕДИНИ И ПРОРАЧУН ГМРС - СТУДИЈА
СЛУЧАЈА ПУЛРИЈА.

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 14. 9. 2022.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Јања (Драган) ИВАНОВИЋ
Број индекса Р75/18
Студијски програм ИНЖЕЊЕРСТВО НАФТЕ И ГАСА
Наслов рада АНАЛИЗА ПРИМАРНЕ ГАСНЕ ДИСТРИБУТИВНЕ
МРЕЖЕ У УРБАНОЈ СРЕДИНИ И ПРОРАЧУН
ГМРС - СТУДИЈА СЛУЧАЈА ЋУПРИЈА
Ментор ДОЦЕНТ. ДР АЛЕКСАНДАР МАЏАРЕВИЋ

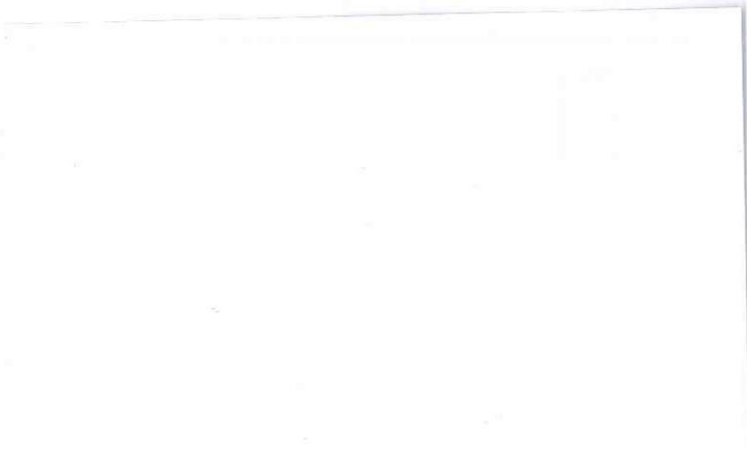
Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 14.9.2022.

Потпис студента



ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

АНАЛИЗА ПРИМАРНЕ ГАСНЕ ДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ У
УРБАНОЈ СРЕДИНИ и прорачун ГМРС - Студија
случаја Ђупрца

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

- I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;
- II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.
 - 1. Ауторство (CC BY)
 - 2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
 - 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
 - 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
 - 5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
 - 6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 14.9.2022

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-