

**Факултет инжењерских наука  
Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма:** Машинско инжењерство

**Ниво студија:** Мастер академске студије

**Модул:** Енергетика и процесна техника

**Предмет:** Транспорт флуида

**Број индекса:** 365/2012

**Александар М. Алексић**

# **СНАБДЕВАЊЕ ГАСОМ**

**мастер рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Др Добрица Миловановић - ментор

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

## САДРЖАЈ

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Увод.....                                                      | 1  |
| 2. Кратка историја примене гаса.....                              | 2  |
| 3. Природни гас у енергетици света.....                           | 4  |
| 4. Природни гас у енергетици Србије .....                         | 9  |
| 5. Особине и физичко-хемијске карактеристике природног гаса ..... | 13 |
| 5.1 Особине природног гаса.....                                   | 13 |
| 5.2 Класификација лежишта природног гаса .....                    | 14 |
| 5.3 Физичке карактеристике природног гаса .....                   | 15 |
| 5.3.1 Густина природног гаса.....                                 | 15 |
| 5.3.2 Вискозност природног гаса.....                              | 16 |
| 5.3.3 Критична температура, критични притисак и запремина.....    | 17 |
| 5.4 Топлотна моћ природног гаса.....                              | 17 |
| 5.5 Хемијске карактеристике природног гаса .....                  | 18 |
| 6. Основни гасни закони.....                                      | 20 |
| 6.1 Закони идеалних гасова.....                                   | 20 |
| 7. Испитивање налазишта природног гаса .....                      | 24 |
| 7.1 Извори података .....                                         | 24 |
| 7.2 Копнена (Onshore) сеизмологија .....                          | 25 |
| 7.3 Сеизмологија на мору (Offshore).....                          | 26 |
| 8. Постројења за бушење.....                                      | 27 |
| 8.1 Постројење за бушење на копну.....                            | 28 |
| 8.1.1 Ударно бушење .....                                         | 28 |
| 8.1.2 Ротационо бушење .....                                      | 29 |
| 8.2 Постројења за бушење на мору .....                            | 32 |
| 9. Експлоатација природног гаса.....                              | 34 |
| 9.1 Опремање канала бушотине (елементи производне бушотине) ..... | 34 |
| 9.1.1 Фактори који утичу на начин опремања канала бушотине .....  | 34 |
| 9.1.2 Елементи опреме канала бушотине.....                        | 36 |
| 9.1.3 Опрема канала бушотине-производна цев .....                 | 37 |
| 9.2 Црпљење природног гаса .....                                  | 39 |
| 9.2.1 Нафтно-гасна лежишта.....                                   | 39 |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 9.2.2 Гасна и гасно-кондензатна лежишта.....                | 41 |
| 10. Транспорт природног гаса магистралним гасоводима.....   | 43 |
| 10.1 Конструкција гасовода .....                            | 44 |
| 10.2 Гасне компресорске станице.....                        | 46 |
| 10.3 Блок станице на гасоводу .....                         | 47 |
| 11. Складиштење природног гаса.....                         | 48 |
| 11.1 Подземно складиште гаса .....                          | 49 |
| 11.1.1 Облици подземних складишта.....                      | 52 |
| 11.1.2 Праћење стања у подземним складиштима гаса.....      | 58 |
| 12. Дистрибуција природног гаса крајњим корисницима.....    | 60 |
| 12.1 Опис система дистрибуције гаса .....                   | 60 |
| 12.2 Типови дистрибутивних система према облику .....       | 63 |
| 12.3 Конципирање дистрибутивних система гасовода.....       | 65 |
| 13. Елементи система за снабдевање природним гасом .....    | 67 |
| 13.1 Цевоводи и арматура .....                              | 67 |
| 13.1.1 Експлоатација цевовода и превентивно одржавање.....  | 67 |
| 13.1.2 Корективно одржавање цевовода .....                  | 71 |
| 13.2 Мерно-регулационе станице.....                         | 71 |
| 13.2.1 Главна мерно - регулациона станица .....             | 73 |
| 13.2.2 Потрошачка мерно-регулациона станица.....            | 75 |
| 13.2.3 Одоризација .....                                    | 75 |
| 13.3 Уређаји за сагоревање природног гаса (горионици) ..... | 77 |
| 13.3.1 Врсте горионика за сагоревање природног гаса .....   | 77 |
| 13.4 Кућни прикључци и инсталације.....                     | 80 |
| 13.4.1 Тип индивидуалног објекта .....                      | 81 |
| 13.4.2 Тип објекта-зграда .....                             | 82 |
| 14. Закључак .....                                          | 83 |
| Литература:.....                                            | 84 |

**РЕЗИМЕ**

У овом раду се представљају процеси снабдевања гасом. Полази се од приказа историје примене гаса и тренутне ситуације у свету. Приказују се проблеми са којима се истраживачи суочавају приликом лоцирања налазишта природног гаса, као и технике бушења које се примењују да би се дошло до овог енергента, како на копну тако и на мору. Даље се обрађује експлоатација природног гаса, односно опремање канала бушотине да би она била могућа. Објашњава се на који начин гас стиже од налазишта до крајњих корисника путем магистралних и дистрибуционих гасовада, као и који се процеси обраде гаса на том путу користе да би његова употреба била могућа. Пажња је посвећена и складиштима гаса, односно њиховој важности уколико дође до настанка неког инцидента који би спречио његову производњу или испоруку. На крају су дати елементи система за снабдевање природним гасом, тј. приказ цевовода, мерно-регулационих станица, уређаја за сагоревање гаса и инсталација у објектима крајњих корисника.

**Кључне речи:** природни гас, експлоатација, гасоводи, складиштење, дистрибуција.

**ABSTRACT**

This work presents gas delivery processes, and describes the beginnings of gas consumption and current situation in the world in this field. Also, the problems that researchers face during exploration of the possible gas locations are shown, including drilling techniques used for finding gas, both at sea and on land. Furthermore, gas exploitation is presented concerning necessary equipment needed for this process. One part of work depicts ways in which gas is transported from production location to end users via distributional pipelines, explaining as well the process of gas treatment during the transport which makes gas usable in the first place. Great attention is placed on gas storage, and how important it is in cases of unexpected incidents happening that could lead to break in gas production and its transport. At the end elements of natural gas supply system are given, including display of pipelines, measure- regulatory stations, gas combustion facilities and end user installation.

**Key words:** natural gas, exploitation, pipelines, storage, distribution .

## 1. Увод

Све веће потребе у енергији, као и значајне промене које су се десиле и дешавају на светском тржишту енергије и све већи утицај производње и потрошње енергије на животну средину, допринели су да се данас енергетика разматра глобално због своје међузависности. Приступачност енергије и сигурност снабдевања је за све државе од животне важности, јер је немогуће направити и минимални привредни и друштвени прогрес без енергије. Значење енергије за развој друштва и схватање њеног места и улоге у привреди и друштву у целини, допринело је да се развојна енергетска политика усмери у правцу обезбеђења сигурних и довољних количина енергије, уз што ниже трошкове, како би се омогућио предвиђени друштвени развој.

Будући развој свих извора енергије данас зависе од два критична фактора: еколошких аспеката, посебно у погледу емисије гасова "стаклене баште", и од будуће цене енергије. Чист ваздух и заштита околине су данас захтев већине човечанства, тако да се морају увек имати у виду. Кјото Протокол из децембра 1997. године, иако није прихваћен од стране свих земаља, мора се имати у виду при предвиђању даљег развоја енергетике света и појединих земаља. Исто тако реално је очекивати пораст цене нафте и природног гаса, без обзира на стални раст резерви и снижавање производних трошкова, које ће допринети даљој рационалности коришћења енергије и већем коришћењу нових обновљивих извора.

Према Светском Савету за енергију постављена су три основна стратешка циља за 21. век која су међусобно повезана:

- Приступачност изворима енергије значи да енергија мора бити доступна по ценама које су прихватљиве и одрживе;
- Распоживост енергетским изворима у смислу континуалне дугорочне понуде;
- Прихватљивост у смислу усклађености развоја и заштите животне средине.

Природни гас задовољава сва три наведена стратешка циља јер су специфичне цене природног гаса увек ниже у односу на нафту, резерве природног гаса омогућавају дужи век коришћења и најмање загађују животну средину у односу на сва остала фосилна горива.

Природни гас уз угаљ и остала чврста горива, једини је примарни облик енергије који се може непосредно употребљавати. Сви остали облици енергије (сирова нафта, водена снага, нуклеарно гориво и сл.) морају се трансформисати у погодније облике (деривате нафте, електрична енергија, водена пара или врела вода). То захтева градњу постројења за енергетске трансформације, уз одређене губитке и велике инвестиције. Због тога је оправдано настојање да се што више природног гаса непосредно употребљава.

## 2. Кратка историја примене гаса

Природни гас није никаква новина, већина природног гаса који црпимо из Земље је у њој присутна милионима година. Међутим, тек од недавно су развијене методе за добијање оваквог гаса, извлачење на површину и његово коришћење.

У почетку је природни гас представљао мистерију за човечанство. Феномени паљења гаса који је испаравао кроз пукотине земљине коре, иницијално ударом грома, резултирали су куљањем живе ватре на површини земље. Овакви призори су од стране раних цивилизација бивали објашњени кроз митове и сујеверје, јер је изостајало научно образложење. Један од најпознатијих догађаја који је фасцинирао тадашње становништво, био је онај који се догодио хиљаду година п.н.е. у античкој Грчкој, на планини Парнас. Сведок овог догађаја био је пастир који је чувавши козе угледао „ватрени извор“, пламен који се уздизао из пукотине на стени. Грци су веровали да је овај феномен дело богова, тако да су саградили храм на том месту. Овај храм је назван Делфи и сматра се најзначајнијим пророчиштем старих Грка који су га сматрали центром света, инспирисани феноменом горећег гаса. Ови типови ватрених извора су били везани и за друге религије и народе, нарочито за Индијце и Персијанце. Фасцинирани оваквим призорима, у недостатку научног објашњења, ови народи су веровали да је ватра настајала надприродним путем или посредством Божанских сила. Око 500 године п.н.е. Кинези су открили да могу користити потенцијал овог природног феномена. На местима где су наилазили на изворишта гаса, конструисали су једноставне цевоводе од стабљика Бамбуса којима су транспортовали гас који је коришћен за загревање морске воде до тачке кључања и одвајања соли чиме је добијана пијаћа вода.

Заслуга за почетке гасне индустрије припада шкотском инжењеру и проналазачу Вилијаму Мердоку (1754-1839), који је 1792. године изумео расвету на гас. Већина проналазача је првих година индустријске револуције покушавала да као покретачко гориво за парне машине користи угаљ. Мердок је био први који је увидео потенцијал примене гаса за потребе осветљења, уместо уобичајене примене рибљег уља.

Није прошло много времена пре него што су све велике фабрике почеле да користе расвету на гас. И док је Мердок био заинтересован за осветљивање индивидуалних објеката, са посебном производњом гаса за сваки од њих, други су сагледали могућност осветљавања више објеката, улица или чак градова прикључених на гасне магистрале, снабдеване из великих постројења за производњу гаса.

Током XIX века, природни гас је готово искључиво бивао коришћен као извор светлости. Без цевне инфраструктуре, било је компликовано транспортовати гас на велике удаљености или до домова како би био искоришћен за кување или грејање. Немачки научник Роберт Бунзен (Енгл. *Robert Brunsen*) је 1885 године конструисао уређај који је данас познат као Бунзенов пламеник. Он је успео да направи уређај који је мешао природни гас са ваздухом у циљу добијања пламена који је мога бити искоришћен за кување и грејање. Бунзенов проналазак је отворио нове могућности коришћења природног гаса широм света. Откриће температурно-регулационог термостата омогућило је једноставније регулисање и праћење интензитета пламена.

У времену пре Другог светског рата, док још нису постојали адекватни системи за пренос природног гаса, већина је остављана да једноставно испари у атмосферу, изгори уколико је нађена са угљем и нафтом или једноставно остане у земљи. Један од првих главних цевовода је саграђен 1891. Овај цевовод је био дугачак 193 километара (120 миља) преносивши природни гас од изворишта у централној Индијани до Чикага. Међутим овај рани цевовод није био нарочито ефикасан у транспортовању гаса, све до 1920 године, када је уложен значајан напор за изградњу савременије инфраструктуре. Након Другог светског рата јавиле су се нове технике у области заваривања и конструисања цеви. Такође са развојем металургије, забележен је напредак у издрживости и ефикасности цевовода. Овакви системи који су шездесетих година знатно напредовали, могли су да послуже за конструисање цевовода дугачких хиљадама километара, који су се простирали дуж читаве Америке.

Омогућавање преноса на велике удаљености, донело је нове примене гаса која се огледала у области грејања домаћинства. Гас је коришћен масовно у индустријским постројењима, производњи, нарочито за загревање воде, као гориво за добијање електричне енергије и друго. Пренос гаса на велике удаљености допринео је његовој популаризацији, тако да је природни гас убрзо постао један од највише коришћених извора енергије.

Све до 1958. године 90% укупних количина гаса у великој Британији добијало се из угља. У то време започело се и са добијањем гаса из нафте, тако да је коришћење угља за производњу гаса значајно опало. Крајем шездесетих година почела је експлоатација резерви природног гаса у британском делу Северног мора, па је од тада врло мало угља коришћено за производњу гаса. Прелазак са коришћења гаса добијеног из угља на коришћење природног гаса за потребе грејања и кувања значио је да је добро познати лондонски смог нестао. Једна од последица производње гаса из угља била је загађена животна средина, па иако представља ефикасну примену угља, она ипак није одговарајућа за масовно грејање и потрошњу у великим градовима света.

Све већи проблеми са загађењем ваздуха у великим светским градовима, напори да се смањи емисија  $\text{CO}_2$ , у складу са Протоколом из Кјота, очекивани раскорак између тражње и понуде нафте и нафтних деривата, су три главна разлога за продор возила на природни гас на светском тржишту последњих година. Преко четири милиона таксија, аутобуса, теретних возила, путничких аутомобила и специјалних возила већ возе на компримовани природни гас у 65 земаља света. Возила на гас у употреби су више од једног века, с тим да су у неким земљама интензивно била у употреби током Другог светског рата, када је конвенционално гориво било резервисано за војне потребе. Уместо тога, кола и аутобуси су преправљани да раде на гас добијен из угља и дрвета. Течни природни гас, који се транспортује бродовима, има сигурно сјајне изгледе да у будућности буде решење за растуће тржиште природног гаса. Наравно, неколико нових бродова за његов транспорт већ је у изградњи. Оцењује се да и водоник ( $\text{H}_2$ ) такође има светлу будућност као енергент, па и за потребе транспорта, али је још увек сувише скуп за ширу примену и користи се само у посебне сврхе.

### 3. Природни гас у енергетици света

У свом историјском развоју производња, па самим тим и потрошња, природног гаса је имала прво локални, потом државни, да би данас имала изузетан међународни значај. Разлог оваквог тока су доказане високе техно-економске вредности природног гаса као хемијске и енергетске сировине, што се одразило на повећање потрошње природног гаса и што су домаће резерве биле исцрпљене или недовољне да подмире повећане потребе па се морало ићи на шире међународно повезивање како би се развили и разрешили финансијски и техно-економски проблеми повезивања са удаљеним производним подручјима.

Познато је да природни гас представља веома квалитетно гориво, које у многим секторима потрошње има изразите, техничке, економске и еколошке предности у односу на друга конвенционална горива. То је и допринело да је његова потрошња у свету у сталном порасту. Због својих потенцијала, расположивости, еколошких и економских предности природни гас је за многе земље представљао оптимални супституент сирове нафте, што је довело до веома брзог раста производње и потрошње. Основни предуслов за то је била изградња све већих и дужих магистралних гасовода, односно све већа међународна размена природног гаса.

Развој магистралних гасоводних система у XX веку је био веома интензиван и омогућио је брзи развој гасификације градова. Тим пре што су у многим градовима и пре примене природног гаса, постојале гасаре и припадајућа гасоводна мрежа која се користила за осветлење и снабдевање потрошача. Тридесетих година XX века почиње интензивније коришћење природног гаса у бившем СССР-у на бази сопствених резерви гаса. Подручје бившег СССР-а располаже са великим доказаним резервама гаса, што је био разлог да су земље бившег СССР-а, а посебно Русија, у врху светске потрошње гаса. Европска унија је у односу на величину потрошње, после Сједињених Америчких Држава трећи потрошач гаса у свету. Примена гаса у земљама Западне Европе је започела на бази откривених резерви гаса у долини реке По (Италија), у *Lacq-u* (Француска) у Гронингену (Холандија) да би се интензивнија потрошња развила откривањем резерви у Северном Мору и повезивањем са производним подручјем бившег СССР-а и Алжира. Интензивнији развој потрошње гаса у земљама западне Европе је везан за шездесете године XX века. Земље источне и централне Европе (бивше социјалистичке земље) су такође, започеле развој потрошње гаса на сопственим резервама да би крајем шездесетих година прошлог века по повезивању са производним подручјем бившег СССР-а дошло до интензивнијег раста потрошње и условљености даљег раста могућностима увоза. У наредном периоду реално је очекивање да ће потрошња природног гаса расти али са различитим стопама по континентима: минимално у Северној Америци, скромно у Европи и Јапану, а знатно у Азији и Латинској Америци.

У даљем тексту ће се, сходно истраживањима Међународне гасне Уније (IGU) која је израдила студију Natural Gas Industry Outlook, на основу извештаја својих Радних комитета и Програмских одбора, приказати реалан развој гасне привреде у свету.

Табела 2.1 Доказане резерве гаса у свету

| Позиција                                                                       | Земља             | Доказане резерве природног гаса у $\text{m}^3 \times 10^9$ | Датум информације  |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1                                                                              | Русија            | 48,700                                                     | 12. Јун 2013.      |
| 2                                                                              | Иран              | 33,600                                                     | 12. Јун 2013.      |
| 3                                                                              | Катар             | 25,100                                                     | 12. Јун 2013.      |
| 4                                                                              | Туркменистан      | 17,500                                                     | 12. Јун 2013.      |
| 5                                                                              | САД               | 9,460                                                      | 12. Децембар 2013. |
| 6                                                                              | Саудијска Арабија | 8,200                                                      | 1. Јануар 2012.    |
| 7                                                                              | Венецуела         | 5,524                                                      | 19. Јул 2011.      |
| 8                                                                              | Нигерија          | 5,246                                                      | 1. Јануар 2010.    |
| 9                                                                              | Алжир             | 4,502                                                      | 1. Јануар 2010.    |
| 10                                                                             | Аустралија        | 4,300                                                      | 1. Јануар 2014     |
| <b>Укупне светске резерве гаса: <math>187,3 \times 10^9 \text{ m}^3</math></b> |                   |                                                            |                    |

Табела 2.2 Списак земаља по производњи природног гаса

| Позиција                                                                                            | Земља             | Годишња производња природног гаса | Датум информације |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1                                                                                                   | САД               | $681,400 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 2                                                                                                   | Русија            | $669,700 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2013              |
| 3                                                                                                   | Иран              | $162,600 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 4                                                                                                   | Канада            | $143,100 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 5                                                                                                   | Катар             | $133,200 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 6                                                                                                   | Норвешка          | $114,700 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 7                                                                                                   | Кина              | $107,200 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 8                                                                                                   | Саудијска Арабија | $103,200 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2012              |
| 9                                                                                                   | Алжир             | $82,760 \times 10^6 \text{ m}^3$  | 2011              |
| 10                                                                                                  | Холандија         | $80,780 \times 10^6 \text{ m}^3$  | 2012              |
| <b>Укупна годишња производња природног гаса у свету: <math>4,359 \times 10^9 \text{ m}^3</math></b> |                   |                                   |                   |

Табела 2.3 Списак земаља по потрошњи природног гаса

| Позиција                                                                                          | Земља                | Годишња производња природног гаса | Датум информације |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1                                                                                                 | САД                  | $689,900 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 2                                                                                                 | Русија               | $457,200 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 3                                                                                                 | Кина                 | $147,100 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 4                                                                                                 | Иран                 | $144,600 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2010              |
| 5                                                                                                 | Јапан                | $112,600 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 6                                                                                                 | Канада               | $103,300 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 7                                                                                                 | Саудијска Арабија    | $99,200 \times 10^6 \text{ m}^3$  | 2011              |
| 8                                                                                                 | Уједињено Краљевство | $103,230 \times 10^6 \text{ m}^3$ | 2011              |
| 9                                                                                                 | Немачка              | $78,990 \times 10^6 \text{ m}^3$  | 2011              |
| 10                                                                                                | Италија              | $77,830 \times 10^6 \text{ m}^3$  | 2011              |
| <b>Укупна годишња потрошња природног гаса у свету: <math>3,319 \times 10^9 \text{ m}^3</math></b> |                      |                                   |                   |

Произведене количине природног гаса у свету, до 2030. године, према тим истраживањима, треба да расту у просеку 2,5% годишње због све веће потребе и тражње природног гаса у свету. Постојеће светске резерве гаса задовољиће потребне количине до 2030. године, тако да неће постојати потреба за комерцијалном експлоатацијом хидрата, који могу да учествују са 2-3% у светској производњи гаса, како би се постигла енергетска сигурност и задовољили сви захтеви највећих тржишта, као што су тржишта САД-а, Јапана, Кине и Индије.

У најновије време долази до убрзаног проналажења подморских извора гаса. У последњих пар година пронађено је 43% нових подморских, према претходно откривених, извора у подручју Пацифика у Азији. До 2030. године половина светске производње биће из подморских налазишта. У 1995. години то учешће је било 26%, а 2005., 39%.

До 2030. године треба повећати производњу на 4,500 милијарди  $m^3$  годишње што ће захтевати улагања од 2,6 трилиона USD за истраживања и производњу нових извора, као и континуалну експлоатацију постојећих. Претпоставља се да ће се нова налазишта наћи на рубним подручјима постојећих великих налазишта или на подручјима са сличним геолошким структурама као и код већ откривених поља. Мишљење је да ће се остварити процена Међународне енергетске агенције (IEA), која предвиђа да ће се више од половине новооткривених конвенционалних налазишта гаса пронаћи у земљама бившег СССР-а, Средњег истока и северне Африке, док ће се једна четвртина пронаћи у Северној и Јужној Америци.

Добре локације за складишта све ће се теже налазити а биће и економских и политичких притисака и конфликта. Цена гасног јастука најнижа је у земљама произвођача гаса, али је због транспортних трошкова препоручљиво да складиште буде у близини тржишта. Технологије које унапређују капацитете и карактеристике постојећих складишта биће изузетно важне, због унапређења флексибилности, смањења утицаја на околину и повећање века трајања складишта. Растући трошкови за опрему повећаваће капиталне издатке за изградњу и рад нових складишних капацитета што ће утицати и на цену гаса. Радна запремина складиштеносног гаса треба да порасте са 333 милијарде  $m^3$  у 2005., на 543 милијарде  $m^3$  у 2030. години, што ће бити повећање за 63%. Потражња за додатним испорукама гаса може да доведе до повећања стопе брзине пуњења складишта за додатних 200 милиона  $m^3/h$  до 2030. године.

Повећање тржишта и истраживање нових извора гаса захтеваће већа улагања у транспорт. Претпоставља се да ће само, на пример, у Ирану бити потребно око 30 милијарди USD за потребну инфраструктуру. Нови транспортни системи и гасоводи повећаће могућност приступа постојећим и убрзаће интеграције регионалних тржишта уз повећање промета и лакша међусобна договарања. До 2030. године велики број транспортних цевовода који сада транспортују природни гас преносиће и неконвенционалне гасове као што су биогас, водоник или  $CO_2$  за складиштење, јер гасна индустрија отвара нову страницу у енергетици и очувању човекове околине. Улагања у нове дистрибутивне мреже ће да порасту, док ће се у земљама са стабилним тржиштима и изграђеном мрежом фокусирати на појачане мере сигурности улагањем у обнову и одржавање система. Просечна годишња замена цевовода износиће 1,6% од укупне дужине гасовода.

Улагаће се у нове технологије и информационе системе, у оспособљавање особља и проверу квалитета материјала.

Основни задатак до 2030. године биће правовремено одржавање гасовода као и надзор пропуштања гаса уз безбедност и сигурност испоруке. Биће неопходно да се управљање системима усклади са постојећом регулативом. Значајан развој нових технологија, обраћање веће пажње на људски фактор и побољшање база података спречиће штете које може да изазове „треће лице“ што ће резултирати еколошком, финансијском и сигурносном побољшању, нарочито у густо насељеним подручјима.

Неопходно је да се повећа сарадња са државним регулаторним телима како би се дистрибутерима осигурала могућност сталног побољшања гасоводног система за који су одговорни, што је једна од најважнијих претпоставки изградње сигурног и одрживог тржишта гаса.

Највећи допринос смањењу емисије гасова који стварају ефекат „стаклене баште“ до 2030. године биће постигнут повећањем енергетске ефикасности, а природни гас ће због свог хемијског састава и способности сагоревања томе највише допринети.

Високе цене енергије и обавеза према околини због климатских промена изазвале су велики напредак у бољем и рационалнијем искоришћењу топлотне енергије. Цене природног гаса и климатске промене одговараће глобалном енергетском тржишту и коришћењу гаса у комбинацији са обновљивим изворима енергије, нарочито са соларном енергијом.

У периоду до 2030. године природни гас и метан из биогаса добијен из органског отпада користиће се за погон од 100 до 200 милиона моторних возила која имају виши степен компресије од бензинских мотора и знатно мање загађење околине због мање емисије штетних материја. Међутим, то ће изазвати потребу за додатних 330 до 360 милијарди  $m^3$  гаса годишње.

У сектору индустрије очекује се пораст потрошње гаса у целом свету, а нарочито на тржишту Кине, Индије и Кореје. Неопходно је усавршавати уређаје и повећавати им степен искоришћења природног гаса. Очекује се повећање потрошње гаса за производњу електричне енергије и то највише као замена нафти и угљу. За повећање степена искоришћења највише се очекује од когенерационих постројења. Коришћење гаса и гасних технологија и поступна замена других фосилних горива гасом допринеће смањењу емисије гасова који стварају ефекат „стаклене баште“.

Очекује се у наредном периоду да ће светском тржишту недостајати гас, јер ће потражња порасти на 4.700 милијарди  $m^3$  годишње док ће на располагању произведене количине до 2030. године бити 4.500 милијарди  $m^3$  годишње. Без обзира на то хоће ли прелазак на обновљиве изворе енергије бити брз или успорен, потражња за природним гасом ће да расте.

Према подацима Међународне гасне очекује се да производња течног природног гаса буде на 750 милијарди  $m^3$  годишње, што претпоставља пораст од 4% годишње у периоду од 2010. до 2030. године. За уобичајену доставу биће потребно повећање флоте за превоз течног природног гаса са 255 танкера (2007.) на 500 до 2030. Очекује се да ће пораст испоруке течног природног гаса према Европи расти паралелно са повећањем испорука земаља руског гаса Азији. До 2030. године развиће се тржиште течног природног гаса што ће довести до оптималног снабдевања потрошача.

Географска распрострањеност извора гаса, инфраструктуре и потрошње довешће до успостављања четири супер регије које ће да покривају Евроазију, Северну Америку, Јужну Америку и Пацифичку Азију.

Течни природни гас ће да побољша унутар регионалне токове и да их учини флексибилнијим, чиме ће да се појача конкуренција са природним гасом, али ће велетрговинске цене и даље да варирају унутар и између различитих регија. Истовремено, уговорима о набавци гаса, његове цене могу да се одвоје од цена нафте и да актуелне цене буду условљене конкуренцијом између више енергената.

Потребе за природним гасом учиниће да се гасно тржиште развија како би се задовољила растућа светска енергетска потражња што ће неминовно довести до сарадње и уједињења регионалних тржишта. Сектор развоја и истраживања помоћи ће оптимизацију производње, доставе и коришћења енергије, осигураће сигурност и поузданост снабдевања и смањиће утицај на загађење околине.

Нове инвестиције ће да омогуће активности сектора развоја и истраживања, нарочито истраживања неконвенционалних гасних резерви и производњу биогаса на тржиштима где се смањује набавка конвенционалних количина.

Финансирање развоја и истраживања од профита трговине гасом на начин да то на себе преузме само једна компанија, може да спроведу само највеће попут Газпрома.

Трошкови повезани са складиштењем угљендиоксида биће смањени за гасну привреду али треба подржавати развој те технологије како би се осигурала конкурентска позиција гаса у односу на нафту и угаљ.

## 4. Природни гас у енергетици Србије

У Републици Србији користи се природни гас са домаћих налазишта и увозни гас. Највећа налазишта природног гаса смештена су у Војводини, а капацитет ових налазишта довољан је да задовољи око 20% тренутних потреба Републике Србије за природним гасом. Природни гас се троши у индустрији као енергент и као полазна сировина у технолошким процесима, као енергент у термоелектранама, топланама, у комуналној и широкој потрошњи.

Коришћење природног гаса у Србији је започето пре скоро пола века. На подручју Војводине прве количине гаса су почеле да се транспортују 1952. године са гасног поља Велика Греда до града Вршца. Значајнији транспорт, као и већа производња и потрошња гаса, започета је 1963. године када је изграђен магистрални гасовод Кикинда-Елемир-Чока-Јерменовци-Панчево, који је заједно са гасоводом Елемир-Госпођинци-Нови Сад-Беочин чинио основу регионалног система гасовода. Крајем 1975.године систем гасовода се састојао од 465 км гасовода, пречника од 4<sup>1/2</sup>" до 12<sup>3/4</sup>".

Програм гасификације источног дела СФР Југославије, усвојен 1973. године, омогућио је 1978. године увоз природног гаса из СССР и интензиван развој гасоводног система Србије. Основу овог гасоводног система чини магистрални гасовод Хоргош - Госпођинци - Батајница - Велика Плана - Параћин - Појате - Крушевац са великим прстеном: магистрални гасовод Сента-Мокрин - Елемир - Панчево - Смедерево - магистрални гасовод (Велика Плана), са крацима Госпођинци - Нови Сад - Беочин - Госпођинци - Елемир - Банатски Двор - Батајница - Шабац - Лозница - Зворник - Батајница - Панчево, Баточина - Крагујевац - Краљево и Бресница - Чачак - Горњи Милановац. Тај гасоводни систем повезује сва гасна поља у Војводини са потрошачима, омогућује увоз гаса из Русије преко Мађарске и транзит гаса за Босну и Херцеговину.

Гасоводни систем Србије омогућава транспорт 3,7x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> природног гаса за Војводину и 1,7x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> за централну Србију као и 0,7 x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> за западну Србију и Босну и Херцеговину што чини укупно 6,1x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> годишње. Повећаним транспортним капацитетом компресорске станице у Батајници омогућено је повећање транспортног капацитета кроз гасоводни систем Ј.П. Србијагаса на 6,8 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> годишње.

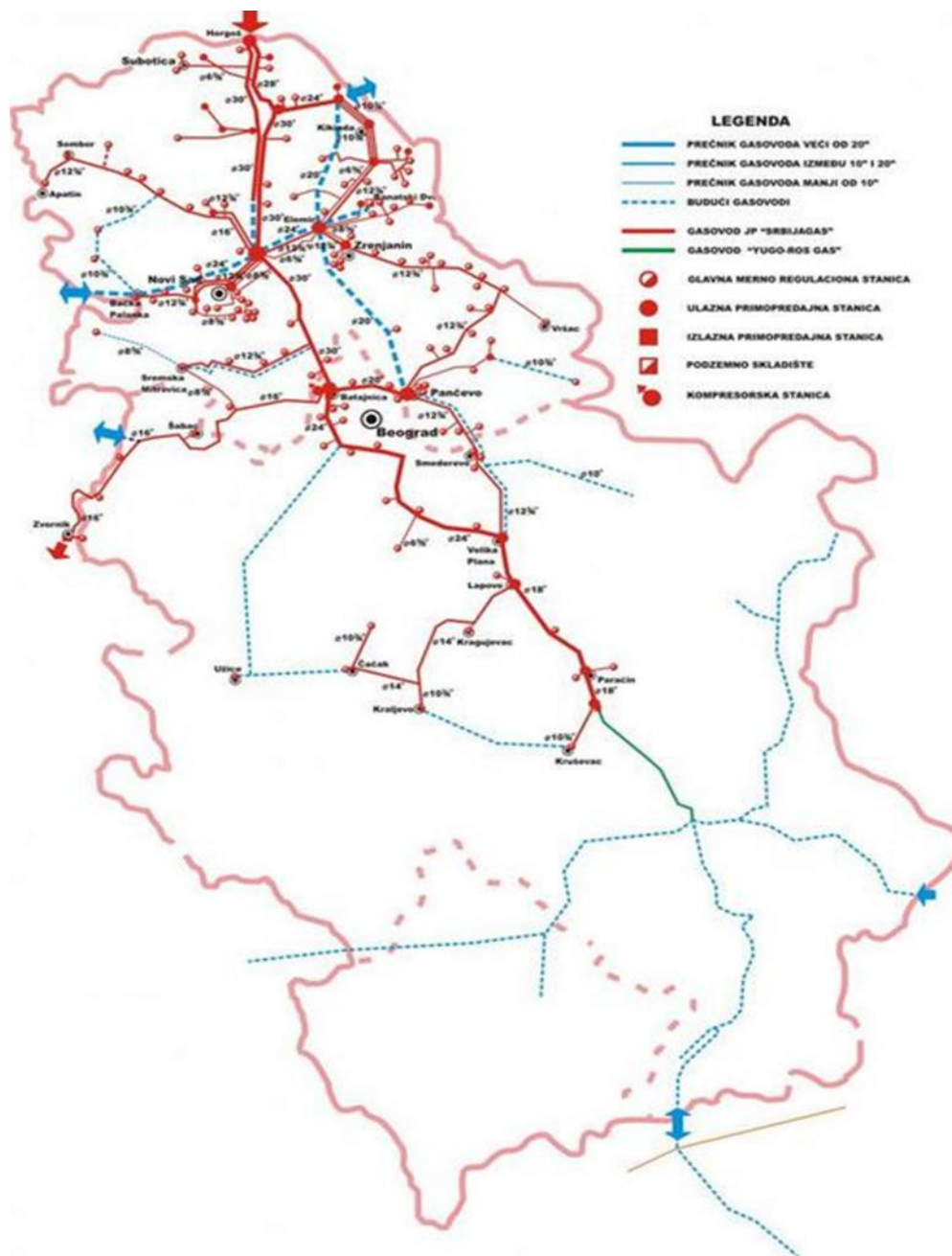
Гасоводни систем Србије се састоји од магистралних, доводних и разводних гасовода и градских дистрибутивних мрежа средњег и ниског притиска, пријемних и предајних станица за гас, главних разводних чворова (ГРЧ), компресорске станице, главних мерно-регулационих станица (ГМРС) и мерно-регулационих станица (МРС).

Гасоводни систем високог притиска чине магистрални и разводни гасоводи и објекти на њима, и налази се у власништву предузећа Ј.П. Србијагас, осим магистралног гасовода МГ-9, деоница Појате-Ниш која је у власништву Југоросгаз а.д. (акционарско друштво у власништву Ј.П. Србијагас са 25% и Газпром-а са 75%).

Систем за транспорт природног гаса је изграђен од челичних цеви пречника од 2" до 30". Сви гасоводи су изграђени на равничарском терену у Војводини и на релативно равничарском у

централној Србији. Старост гасовода је између 10 и 40 година, док је просечна старост гасовода око 25 година.

Магистралним гасоводима се транспортује гас који се преузима на пријемној станици у Хоргошу и гас са домаћих гасних поља. Највеће количине гаса се транспортују магистралним гасоводима на правцу Хоргош-Батајница. Паралелно овом правцу, али источно од њега, постављен је најстарији магистрални гасовод у систему који снабдева гасом источни део гасоводног система у Војводини. Попречна веза ових гасовода је остварена на северном, централном и јужном делу система. Ови гасоводи су грађени са пречницима од 8 5/8" до 30". Радни притисак у магистралним гасоводима је максимално 50 bar.



Слика 4.1 Гасоводна мрежа Србије

Доводним гасоводима се допрема гас произведен на домаћим гасним пољима. Највећи број ових гасовода се налази у источном делу система. Доводни гасоводи су грађени од челичних цеви пречника 2" до 12". Радни притисак у доводним гасоводима је максимално 50 *bar*.

Разводним гасоводима је остварена веза између магистралних гасовода и дистрибутивних гасних мрежа средњег и ниског притиска и индустријских потрошача гаса. Ови гасоводи су прављени од челичних цеви пречника 2" до 20". Радни притисак у разводним гасоводима је максимално 50 *bar*. Разводни гасовод којим се гас транспортује за републику БиХ је пречника 16", дужине око 135 *km* и саграђен је од Батајнице до Зворника. Укупна дужина магистралних, доводних и разводних гасовода на систему Ј.П. Србијасгаса је нешто преко 2.000 *km*.

Примопредајне станице се налазе на свим местима где гас улази у систем и где се предаје другим системима за транспорт гаса. Највећа пријемна станица је у Хоргошу и користи се за пријем увозног гаса. Ова станица има два дела од којих је сваки максималног капацитета 420.000  $m^3/h$ . Максимални улазни притисак у ову станицу је 64 *bar*, а минимални улазни притисак је 35 *bar*. Максимални излазни притисак из станице је 50 *bar* а минимални 35 *bar*. Остале пријемне станице су намењене за пријем гаса произведеног на домаћим пољима. Станица на којој се гас предаје суседним системима за транспорт гаса се налази у Зворнику. На примопредајним станицама у Хоргошу и Зворнику се мерење протока врши помоћу мерних бленди.

Најзначајнија чворишта на гасоводном систему се налазе у Госпођинцима, Батајници, Елемиру, Панчеву, Великој Плани, Баточини и Појатама. На овим местима се врши усмеравање транспорта гаса у захтеваним правцима, као и према потреби мерења количина гаса. Компресорска станица се налази у Батајници. Гасу који се транспортује за БиХ подиже се притисак на 50 *bar*, што омогућава притисак од најмање 26 *bar* у Зворнику. На станици је инсталисано 5 компресорских јединица од којих је свака снаге 882 *kW* и капацитета 33.000  $m^3/h$ .

На ГМРС се врши редукција притиска и мерење количина гаса за дистрибутивне гасне мреже средњег или ниског притиска. Такође, већина значајних потрошача гаса имају своје посебне ГМРС. На систему постоји 180 ГМРС које су капацитета од 500 до 100.000  $m^3/h$ . Градске дистрибутивне мреже средњег притиска од челика су намењене за дистрибуцију гаса до индустријских потрошача, комуналних потрошача и станица за снабдевање гасом широке потрошње. Максимални радни притисак у дистрибутивним мрежама је 6-16 *bar*. Гасоводима ниског притиска од челичних и полиетиленских цеви транспортује се гас до комуналних потрошача и домаћинства. Максимални радни притисак у гасоводима ниског притиска је 6 *bar*. У МРС се редукује притисак са средњег на ниски и мере се количине потребне за широку потрошњу, комуналне потрошаче и индустријске потрошаче. На систему постоји 750 МРС које су капацитета од 100 до 10.000  $m^3/h$ .

Проблем несклада испоруке и потреба за енергентима претставља проблем с којим се суочава енергетска привреда у целини. Он долази до изражаја у енергетском систему са повећањем учешћа електричне енергије, лож уља и природног гаса за потребе грејања. Како производња тих видова енергије нема сезонски карактер, то се неравномерност потрошње мора да решава помоћу вршних капацитета, резерви или складишта да не би дошло до прекида снабдевања.

Највећи проблем који се јавља у снабдевању природним гасом је усаглашавање равномерне производње, односно увоза и транспорта са веома неравномерном потрошњом код потрошача.

Повећање броја домаћинстава која користе природни гас, као и градских топлана које раде у топлификационом систему, повећавају сезонску неравномерност која не може да се савлада без складишта природног гаса. Проблем неравномерности до сада се решавао на рачун домаће производње, која је чинила прихватљив удео у укупној потрошњи и коришћењем потрошача који су имали могућност коришћења резервног горива, као и закупом одређених количина природног гаса у подземним складиштима у иностранству. Неопходност изградње сопствених подземних складишта природног гаса одавно је уочена а и према светским искуствима капацитет подземног складишта треба да износи до 30% годишње потрошње гаса. Складиштење природног гаса обавља предузеће Подземно складиште гаса „Банатски Двор”, д.о.о. (ПСГ БД) чији су оснивачи ЈП „Србијагас” и „Газпром Германиа Гмбх”. Складиште представља порозна пешчарска стена која се простире на око  $54 \text{ km}^2$ , на дубини од 1000 до 1200m. Капацитет овог складишта је 450 милиона кубних метара. Објект ПСГ БД лоциран је 22 км источно од града Зрењанина и 44 км од главног гасног разводног чвора у Госпођинцима код Новог Сада. Досадашња производња природног гаса у Србији приказана је у следећој табели.

**Табела 4.1** Производња природног гаса у Србији  $10^6 \text{ m}^3$

| Година      | Количина | Година      | Количина | Година      | Количина | Година      | Количина |
|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| <b>1956</b> | 4        | <b>1981</b> | 1.059    | <b>1991</b> | 773      | <b>2001</b> | 421      |
| <b>1960</b> | 4        | <b>1982</b> | 983      | <b>1992</b> | 890      | <b>2002</b> | 340      |
| <b>1965</b> | 156      | <b>1983</b> | 893      | <b>1993</b> | 935      | <b>2003</b> | 340      |
| <b>1970</b> | 494      | <b>1984</b> | 989      | <b>1994</b> | 850      | <b>2004</b> | 236      |
| <b>1975</b> | 797      | <b>1985</b> | 1.031    | <b>1995</b> | 870      | <b>2005</b> | 193      |
| <b>1976</b> | 813      | <b>1986</b> | 812      | <b>1996</b> | 745      | <b>2006</b> | 194      |
| <b>1977</b> | 882      | <b>1987</b> | 926      | <b>1997</b> | 548      | <b>2007</b> | 186      |
| <b>1978</b> | 996      | <b>1988</b> | 905      | <b>1998</b> | 589      | <b>2008</b> | 184      |
| <b>1979</b> | 1.080    | <b>1989</b> | 696      | <b>1999</b> | 612      | <b>2009</b> | 248      |
| <b>1980</b> | 910      | <b>1990</b> | 656      | <b>2000</b> | 623      | <b>2010</b> | 332      |

Увоз природног гаса, као и домаћа производња показују укупну потрошњу природног гаса у претходном периоду како је приказано у следећој табели:

**Табела 4.2** Увоз природног гаса у Србију као и укупна потрошња  $10^6 \text{ m}^3$

| Година      | Увоз  | Потрошња | Година      | Увоз  | Потрошња |
|-------------|-------|----------|-------------|-------|----------|
| <b>1991</b> | 1.758 | 2.531    | <b>2001</b> | 1.822 | 2.243    |
| <b>1992</b> | 1.192 | 2.382    | <b>2002</b> | 1.875 | 2.215    |
| <b>1993</b> | 312   | 1.247    | <b>2003</b> | 2.013 | 2.353    |
| <b>1994</b> | 342   | 1.192    | <b>2004</b> | 2.264 | 2.500    |
| <b>1995</b> | 793   | 1.663    | <b>2005</b> | 2.249 | 2.442    |
| <b>1996</b> | 1.874 | 2.619    | <b>2006</b> | 2.085 | 2.279    |
| <b>1997</b> | 2.040 | 2.588    | <b>2007</b> | 2.168 | 2.354    |
| <b>1998</b> | 1.973 | 2.382    | <b>2008</b> | 2.200 | 2.384    |
| <b>1999</b> | 1.072 | 1.684    | <b>2009</b> | 1.584 | 1.832    |
| <b>2000</b> | 1.506 | 2.129    | <b>2010</b> | 1.968 | 2.300    |

## 5. Особине и физичко-хемијске карактеристике природног гаса

### 5.1 Особине природног гаса

Природни гас је без боје и мириса, границе експлозивности су између 4,4 – 15 % запремине, а октански број између 120 и 130. Са саставом му се мења и топлотна моћ. Већи удео угљоводоника са већим бројем атома угљеника у природном гасу узрок је његове веће топлотне моћи. Топлотна моћ земног гаса у слободном стању је 36-36,5 MJ/kg, а у везаном стању приближно 38MJ/kg, а може да достигне и 41MJ/kg.

Широкој примени природног гаса доприносе његова својства која га издвајају у односу на остала горива:

- велика топлотна моћ,
- могућност достизања високог  $\eta$  уређаја за сагоревање.

Практичне предности гаса су:

- лакши и једноставнији транспорт,
- знатно смањење загађења човекове околине,
- занемарљив садржај или потпуно одсуство сумпора, што битно утиче на смањење корозије загревних површина,
- не тражи се посебан простор за складиштење,
- степен искоришћења је висок (нема губитака на почетно грејање плоче за кување и слично),
- нема проблема око паљења и одржавања ватре, нема пепела и шљаке, и нечистоће око ложишта,
- природни гас је универзални носилац енергије који омогућује модернизацију и повећање економичности многих индустријских, технолошких процеса и постројења уз мање загађење животне средине,
- одсуство отровног угљен-моноксида спречава могућност тровања при евентуалном “цурењу” гаса из инсталације,
- природни гас се може користити као сировина у хемијској индустрији за производњу водоника, метана, амонијака, чађи, итд, чиме се отварају нове перспективе развоја у нашој средини,
- могућа је потпуна аутоматизација процеса сагоревања природног гаса за постројење са широким опсегом оптерећења и високим степеном корисности.

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 употребе гаса тежиште било на мерама безбедности. Данас су техничке карактеристике гасних инсталација и постројења такве да је ниво опасности, у поређењу са осталим изворима енергије, сведен на минимум.

## 5.2 Класификација лежишта природног гаса

Класификација лежишта врши се због начина разраде, режима и технологије производње, а критеријуми за класификацију су физичке и термодинамичке особине флуида. Најважније особине - **густина, компресибилност и вискозност** - зависе од **PVT** услова, тј. од односа притиска, запремине и температуре гаса.

Према неким ауторима у природи постоје три типа лежишта: **изолована гасна, гасно-нафтна и гасно-кондензатна**. Други их деле на лежишта **сувог гаса, влажног гаса, гасног кондензата и испариве нафте**. Међутим, често се истиче да је некада тешко разликовати гасно-кондензатна лежишта од лежишта влажног гаса, а нарочито од лежишта испариве нафте. Стога је прва подела можда и једноставнија и природнија.

**Изолована гасна лежишта.** У изолованим гасним лежиштима налази се тзв. **суви** или **сиромашни ПНГ** без виших угљоводоника. Те врсте налазишта обично нису у непосредној вези са нафтом. Од угљоводоника у њима доминантан је метан, а етан, пропан и бутани, налазе се у променљивим и углавном малим количинама. Притисак у таквим лежиштима може бити и до 100 бара (10 МПа).

**Гасно-нафтна лежишта.** У лежиштима овога типа ПНГ је у контакту са нафтом. Поред метана у таквом гасу налазе се знатно веће количине етана, пропана и бутана, па и виших угљоводоника. Због тога је условно назван "**влажним**", **богатим или масним нафтным гасом** нафтног порекла.

Код гасно-нафтих лежишта постоје две могућности: Да гас прати нафту или да нафта прати гас. У оба случаја део гаса је растворен у нафти, а слободни део се налази изнад ње у тзв. гасној капи. Тај део сврстава се у групу природних нафтих гасова, а део гаса који се налази растворен у нафти, назива се пратећим или каптажним нафтным гасом.

За свако лежиште ове врсте одређује се тзв. гасни фактор. Он је дефинисан бројем стандардних кубних метара гаса ( $\text{Sm}^3$ ) који се могу добити из једног кубног метра течности (нафте или кондензата) и изражава се као  $\text{Sm}^3/\text{m}^3$ . ( $\text{Sm}^3$  ознака је за кубни метар гаса при атмосферском притиску и на  $15^\circ\text{C}$ ).

Зависно од услова у лежишту и од степена промена које су се дешавале током генезе и миграције, величина гасног фактора може да варира у широким границама: од 900 до 18.000  $\text{Sm}^3/\text{m}^3$  код гасно-кондензатних лежишта, од 5 до 500  $\text{Sm}^3/\text{m}^3$  код гасно-нафтих и испод 20  $\text{Sm}^3/\text{m}^3$  код лежишта тешких нафти.

Високе вредности гасног фактора карактеристичне су за лежишта јако трансформисане парафинске нафте, а ниске за мање трансформисане нафтенске нафте. Иначе гасни фактор опада током експлоатације лежишта сразмерно степену искоришћења.

**Гасно-кондензатна лежишта.** Карактеришу их високи притисци (изнад  $3 \times 10^7 \text{ Pa} = 30 \text{ МПа}$ ,  $= 300 \text{ бара} = 306 \text{ атм}$ ), и високе температуре ( $80 - 100^\circ\text{C}$  и више). У тим условима у гасно стање прелазе и угљоводоници  $\text{C}_5$  па и знатно виши.

Због садржаја виших угљоводоника ти гасови су названи **влажним, масним или богатим**. По томе су слични гасовима из гасно-нафтих лежишта.

Виши угљоводоници се при снижењу температуре кондензују, поново прелазе у течно стање у природни газолин (смешу угљоводоника од  $C_5$  до  $C_{10}$ ), или у кондензат (смешу угљоводоника од  $C_5$  до  $C_{35}$ .)

Количине кондензата могу да се крећу од 100 до 500  $cm^3/m^3$  природног гаса. Овакви кондензати могу се прерађивати истим редоследом као нафта. Лаки дестилати могу бити сировине за изомеризацију, каталитички реформинг или компоненте моторних бензина; често их на нафтним пољима мешају са сировом нафтом којој се тако повећава цена.

## 5.3 Физичке карактеристике природног гаса

### 5.3.1 Густина природног гаса

Дефинисање физичких карактеристика природног гаса се заснива на разматрању природног гаса као смеше гасова и као реалног гаса.

Густином природног гаса назива се маса јединице запремине. Она се за природни гас најчешће изражава у  $kg/m^3$ . Запремина може да буде дефинисанана на условима нормалним када је температура  $0^\circ C$ , односно стандардним када је температура  $15^\circ C$ , при чему је у оба случаја притисак исти - 101,325  $kPa$ . Густина природног гаса може да буде апсолутна и релативна.

Апсолутна густина природног гаса на стандардним условима може да се одреди на основу познавања запреминског, односно моларног удела, компоненти у природном гасу и густине компоненти, коришћењем једначине:

$$\rho_{gs} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 + \dots + y_n \cdot \rho_n \quad (5.1)$$

где су:

$y_i$  - запремински удео компоненте "i" у гасу

$\rho_i^*$  - густина компоненте „i“

Густина природног гаса може да се одреди на основу познавања молекулске масе гаса према једначини:

$$\rho_{gs} = \frac{M_g}{V_m} \quad (5.2)$$

где су:

$M_g$  - молекулска маса гаса

$V_m$  - молекулска запремина гаса

Пошто је запремина једног киломола на нормалним условима 22,415  $m^3$ , а на стандардним условима 23,646  $m^3$ , то се на бази познавања молекулске масе може одредити густина гаса на нормалним, односно стандардним условима.

Густина гаса у другим условима притиска и температуре, а који нису стандардни, односно нормални, може се одредити преко једначине стања.

$$P \cdot V = N \cdot Z \cdot R_u \cdot T \quad (5.3)$$

Увођењем у једначину за број молова израз:

$$N = \frac{m_g}{M_g} \quad (5.4)$$

где су:

$m_g$  - маса гаса ( $kg$ )

$M$  - молекулска маса гаса ( $kg/kmol$ )

једначина 5.3 добија облик:

$$\rho_g = \frac{m_g}{V} = \frac{P \cdot M_g}{Z \cdot R_u \cdot T} = \frac{P \cdot M_g}{8314 \cdot Z \cdot T} \quad (5.5)$$

где су:

$\rho_g$  - густина гаса у условима  $P$  и  $T$

$P$  - притисак ( $Pa$ )

$V$  - запремина гаса ( $m^3$ )

$N$  - број молова у запремини  $V$

$R_u$  - универзална гасна константа ( $8314 J/kmolK$ )

$T$  - температура ( $K$ )

$Z$  - фактор компресибилности (стишљивости)

Релативна густина представља однос густине гаса према густини ваздуха. Ова густина налази примену у многим технолошким прорачунима, а израчунава се преко једначине:

$$\rho_r = \frac{\rho_g}{\rho_{vs}} \quad (5.6)$$

$$\rho_r = \frac{M_g}{M_v} = \frac{M_g}{28,96} \quad (5.7)$$

где су:

$\rho_r^*$  - релативна густина гаса

$\rho_{gs}^*$  - густина гаса на стандардним, односно нормалним условима

$\rho_{vs}^*$  - густина ваздуха на стандардним условима, односно нормалним условима

$M_v$  - молекулска маса ваздуха ( $M_v = 28,96 kg/kmol$ ) на нормалним условима.

### 5.3.2 Вискозност природног гаса

Разликују се динамичка и кинематска вискозност гаса. Динамичка вискозност  $\mu$  или апсолутна вискозност је мера отпора флуида према течењу. Дефинише се као однос примењеног напрезања на смицање и градијента брзине смицања. Јединица за динамичку вискозност је Паскал секунда ( $Pas$ ).

Кинематска вискозност  $\nu$  је дефинисана односом динамичке вискозности и густине. Јединица за кинематску вискозност је квадратни метар у секунди ( $m^2/s$ ). Квадратни метар у секунди је изведена јединица и једнака је кинематској вискозности хомогеног флуида који има динамичку вискозност  $1 Pas$ , а густину  $1 kg/m^3$ .

Вискозност гасова се понаша у односу на температуру супротно вискозности течности. Вискозност гасова са порастом температуре расте, а са порастом молекулске масе опада.

### 5.3.3 Критична температура, критични притисак и запремина

Критичном температуром назива се она температура, изнад које гас под дејством притиска било које величине не може да буде преведен у течно стање.

Критичан притисак представља притисак неопходан за превођење гаса у течно стање на критичној температури.

Критичном запремином назива се запремина једног мола гаса на критичном притиску и критичној температури.

## 5.4 Топлотна моћ природног гаса

Топлота која се добија при потпуном сагоревању јединице горива ( $1\text{ kg}$ ,  $1\text{ m}^3$ ) назива се топлотна моћ горива. То је она количина топлоте која се ослобађа при потпуном сагоревању јединице масе горива, када су сви услови пре и после сагоревања исти (нпр.  $p = 1,01325\text{ bara}$  и  $t = 0^\circ\text{C}$ ).

Податак који је важан је количина топлоте која се добија сагоревањем, што се исказује топлотном моћи горива. При томе се разликују горња и доња топлотна моћ.

**Горња топлотна моћ ( $H_g$ )** је она количина топлоте која настаје потпуним сагоревањем јединице количине горива, при чему се димни гасови охладе на температуру од  $25^\circ\text{C}$ , а водена пара се из ње издвоји као кондензат. Горња топлотна моћ најтачније се одређује мерењем.

**Доња топлотна моћ ( $H_d$ )** је она количина топлоте која настаје потпуним сагоревањем јединице количине горива, при чему се димни гасови охладе на температуру од  $25^\circ\text{C}$ , а водена пара у њима остаје у парном стању па топлота кондензације остаје неискоришћена. Доња топлотна моћ одређује се рачунски из горње топлотне моћи.

Топлотна моћ природног гаса одређује се мерењем, помоћу уређаја за мерење топлотне моћи, као и израчунавањем. Код ових уређаја се узорак континуално узима из гасовода и уводи у уређај на сагоревање. Сагоревање се одвија у затвореном простору а унутар измењивача топлоте. Овај простор за сагоревање је затворен са горње и са бочних страна тако да продукти сагоревања морају да излазе кроз доњу страну. Водена пара, као производ сагоревања, хлади се на путу, кретањем на ниже, при чему долази до њене кондензације. Топлота ослобођена приликом кондензације паре предаје се измењивачу топлоте као нето топлота сагоревања. Измењивач топлоте прихвата и преноси на своју спољну страну укупну топлоту сагоревања. Са спољне стране измењивача топлоте струји ваздух у контролисаним количинама и он преузима топлоту са измењивача топлоте. Овај ваздух пролази кроз мерач, пре улаза, као и поред термометра, потом преко измењивача топлоте и излазног термометра на излазу. Ово даје пораст температуре специфичне јединице ваздуха што значи да се број топлотних јединица које су произвеле повећање температуре може да израчуна. Гас који је сагорео је испоручен преко мерача протока пошто се установи број топлотних јединица добијених од пламена израчунава се број топлотних јединица по  $\text{m}^3$ . Уређај, иначе, располаже посебним системом за контролу ваздуха потребног за сагоревање.

## 5.5 Хемијске карактеристике природног гаса

Природни гас представља смешу, углавном угљоводоника. Главну компоненту чини метан, чији се садржај креће изнад 90%. Хомолози метана могу бити заступљени код богатијег природног гаса све до октана. Садржај течних угљоводоника опада са порастом њихових молекулских тежина.

Осим угљоводоника у природном гасу се налазе угљендиоксид, сумпорводоник, азот и ређе хелијум. Присуство хелијума је углавном мало, за разлику од угљен-диоксида и сумпорводоника чије учешће може прећи и 40%. У односу на тип лежишта из ког се експлоатише гас разликује се природни гас из гасних, из гасокондензатних и из нафтних лежишта. Гас из гасокондензатних и нафтних лежишта има већи садржај течних угљоводоника.

Постоји значајан број гасних лежишта из којих се производи гас који садржи сумпорводоник са врло високим процентуалним уделом. Такав гас се на самим пољима посебно припрема, односно чисти од  $H_2S$ . Код испорука из оваквих поља уобичајено се контролише садржај  $H_2S$  у гасу како би се избегле његове штетне последице и правовремено реаговало у припреми гаса на гасним пољима. Сумпор-водоник представља непожељну компоненту у природном гасу. Сумпор-водоник везан са водом ствара сумпорасти киселина,  $H_2SO_3$ , која је јако корозивна. Сумпор-водоник је токсичан, па тиме и опасан по околину. Код високих концентрација он се не може детектовати мирисом и може да буде опасан за људе (код концентрација већих од 1000 ppm).

Наведени разлози чине да транспортери и дистрибутери дефинишу строге захтеве у погледу садржаја сумпорводоника у природном гасу. Исти је случај са сумпорним једињењима угљоводоника, као што је меркаптан ( $RSH$ ). Максимална концентрација сумпорних једињења дозвољена у природном гасу, који се испоручује потрошачима, дефинисана је стандардима.

Угљен-диоксид такође може да буде компонента природног гаса. Удео угљен-диоксида у природном гасу може да буде веома различит, зависно од количина које су садржане у лежишту гаса, од неколико делова једног процента па и до неколико процената.

Присуство угљен-диоксида у природном гасу у транспорту и дистрибуцији претставља баласт, односно смањење транспортних и дистрибутивних капацитета и смањење топлотне моћи гаса.

Угљендиоксид са водом гради киселину која изазива корозију:



У табели 5.1. приказан је хемијски састав гаса из различитих типова лежишта као пример илустрације разлика у његовом саставу.

Табела 5.1 Хемијски састав гаса из различитих типова лежишта

| Компоненте                                                                         | Суви гас (мол %) | Влажни гас (мол %) | Гас из гасокондензатних лежишта (мол %) |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| <b>метан</b>                                                                       | 94,41            | 78,87              | 70,96                                   |
| <b>етан</b>                                                                        | 1,44             | 6,61               | 8,21                                    |
| <b>пропан</b>                                                                      | 0,34             | 3,32               | 3,37                                    |
| <b>и-бутан</b>                                                                     | 0,07             | 0,71               | 0,76                                    |
| <b>н-бутан</b>                                                                     | 0,10             | 1,32               | 1,61                                    |
| <b>и-пентан</b>                                                                    | 0,04             | 0,57               | 0,77                                    |
| <b>н-пентан</b>                                                                    | 0,64             | 0,60               | 0,54                                    |
| <b>хексан</b>                                                                      | 0,04             | 0,92               | 1,47                                    |
| <b>хептан и виши угљоводоници</b>                                                  | 0,44             | 3,34               | 10,88                                   |
| <b>азот</b>                                                                        | 0,30             | 1,79               | 0,88                                    |
| <b>угљен-диоксид</b>                                                               | 2,78             | 1,94               | 0,53                                    |
| <b>сумпорводоник</b>                                                               | -                | 0,11               | 0,02                                    |
| <b>гасни фактор*</b>                                                               | 27600            | 2720               | 1140                                    |
| *однос произведених m <sup>3</sup> гаса према произведеним m <sup>3</sup> течности |                  |                    |                                         |

Економија транспорта и дистрибуције као и захтеви хемијске индустрије, која користи гас као хемијску сировину, дефинишу дозвољени садржај угљендиоксида у природном гасу. На гасним пољима се обавља одвајање угљендиоксида из гаса у постројењима која могу бити намењена и за издвајање сумпорводоника. Уколико се природни гас преводи у течно стање ради складиштења или даљег транспорта у течном стању онда природни гас не сме да има већи садржај од 1% угљендиоксида.

## 6. Основни гасни закони

Физичке величине којима се описује стање материје зову се параметри стања. Параметри идеалног гасног стања су притисак ( $P$ ), запремина ( $V$ ), температура ( $T$ ) и количина супстанције ( $n$ ), а њихова међусобна зависност исказује се једначином идеалног гасног стања коју је могуће једноставно извести из познавања основних гасних закона. Гасни закони проистекли су из експерименталних мерења параметара стања реалних гасова, али њихова формулација важи егзактно само за гасове у идеалном гасном стању.

### 6.1 Закони идеалних гасова

Данас се често говори да су идеални гасови они гасови који се строго покорављају Бојл-Мариотовом, Геј-Лисаковом и Шарловом закону. У термотехници се се ови закони идеалних гасова примењују и на реалне гасове при релативно малим притисцима и релативно високим температурама.

Стање гаса је одређено величинама стања. Ако се при разматрању сматра да је једна величина константна а остале две променљиве, добијају се закони идеалних гасова који се могу приказати у раванском координатном систему. Ако су познате две величине стања трећа се може израчунати из односа:

$$p = f_1(T, v) \quad (6.1)$$

$$p = f_2(T, p) \quad (6.2)$$

$$v = f_3(p, T) \quad (6.3)$$

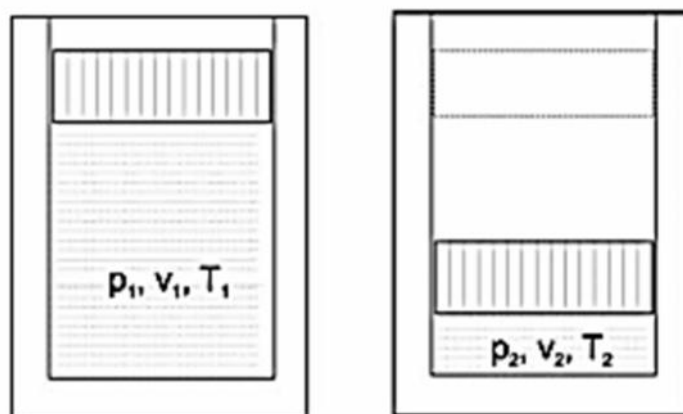
#### Бојл - Мариотов закон

Посматра се цилиндар са покретним клипом у коме се налази идеалан гас, запремине  $V_1$ , температуре  $T_1$  и притиска  $p_1$ , као што је приказано на слици 6.1.

Не мењајући температуру,  $T = \text{const}$ , нека се клип помери тако да се смањи запремина а повећа притисак, тако да су нове величине стања  $p_2$ ,  $V_2$  и  $T_2$ . Може се написати да је:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (6.4)$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \dots = p_n \cdot V_n = \text{const} \quad (6.5)$$

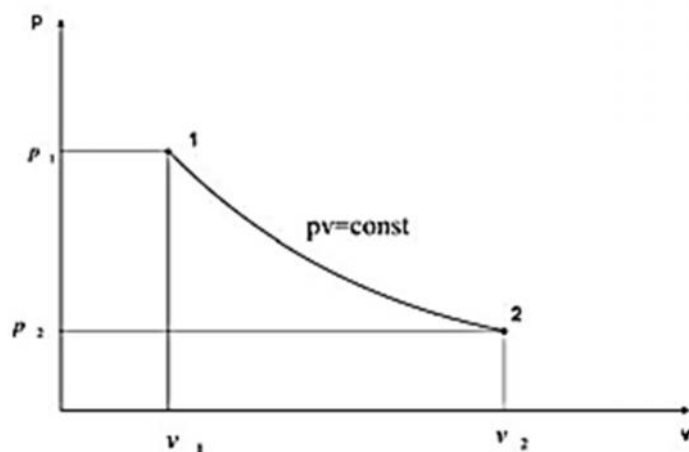


Слика 6.1 Цилиндар са клипом

Бојл-Мариотов закон гласи:

- При константној температури производ притиска и одговарајуће запремине односно специфичне запремине, је константан или
- При константној температури притисци су обрнуто сразмери одговарајућим запреминама, односно специфичним запреминама.

На слици 6.2 приказан је Бојл – Мариотов закон у  $p - V$  дијаграму.



Слика 6.2  $p - V$  дијаграм Бојл – Мариотовог закона

Линија 1 – 2 представља линију константне температуре па се ова промена стања назива изотермска промена, а крива промене стања изотерма.

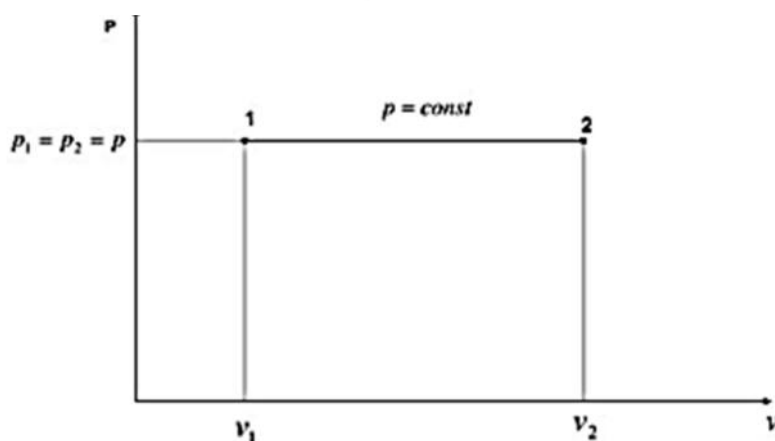
### Геј – Лисаков закон

Овај закон успоставља везу између запремине, односно специфичне запремине и температуре при константном притиску  $p = \text{const}$ .

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (6.6)$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots = \frac{V_n}{T_n} = \text{const.} \quad (6.7)$$

$$\frac{V}{T} = \text{const.} \quad (6.8)$$



Слика 6.3  $p - V$  дијаграм Геј – Лисаковог закона

Права линија  $p = \text{const}$  Геј – Лисаковог закона назива се изобара а сама промена стања изобарска промена.

Овај закон гласи: при константном притиску количник запремине, односно специфичне запремине и одговарајуће апсолутне температуре је константан.

### Шарлов закон

Овај закон успоставља везу између притиска и температуре идеалног гаса при константној запремини  $V = \text{const}$ , односно специфичној запремини  $v = \text{const}$ .

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (6.9)$$

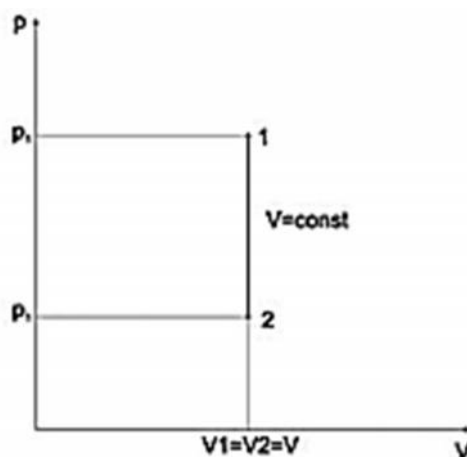
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \dots = \frac{p_n}{T_n} = \text{const.} \quad (6.10)$$

$$\frac{p}{T} = \text{const.} \quad (6.11)$$

Шарлов закон гласи:

- При константној запремини, односно специфичној запремини, притисци су директно сразмерни одговарајућим апсолутним температурама, или
- Количници притисака и одговарајућих апсолутних температура, при константној запремини, односно специфичној запремини су константни.

Шарлов закон у  $p - v$  дијаграму представљен је правом линијом  $v = \text{const}$ . Права линија Шарловог закона се назива изохора, а сама промена изохорска промена стања.



Слика 6.4  $p - v$  дијаграм Шарловог закона

**Авогадров** закон гласи да различити гасови у истој запремини, на истом притиску и температури садрже једнак број молекула:

$$n = \text{const} \text{ за } V, P, T = \text{const} \quad (6.12)$$

Пошто је идеални гас равномерно распоређен по запремини коју заузима, онда за одређени притисак и температуру важи да је запремина сразмерна количини гаса, тј.,  $V = \text{const}$  за  $P, T = \text{const}$ . Авогадров закон се још може формулисати као једнакост моларних запремина за

све гасове на одређеним вредностима притиска и температуре. Моларна запремина ( $V_m$ ) било које супстанције у идеалном гасном стању при притиску од  $1 \text{ atm}$  и на температури  $0^\circ\text{C}$  износи  $22,414 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .

Шарлов, Геј-Лисаков и Бојл-Мариотов закон показују међусобну зависност два од три параметра стања ( $P$ ,  $T$ ,  $V$ ) при чему је трећи константан као и количина гаса. Обједињавањем ових закона можемо добити међусобну зависност притиска, температуре и запремине при константном броју молова:

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \quad (6.13)$$

Ова тврдња позната је као **комбиновани гасни закон**. Имајући у виду Авогадров закон, десна страна једначине (6.13) треба да је сразмерна броју молова. Ако константу сразмере означимо са  $R$ , долазимо до израза који обједињује све параметре идеалног гасног стања, познатог као **једначина идеалног гасног стања**:

$$PV = nRT \quad (6.14)$$

Константа  $R$  износи  $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  и назива се моларна гасна константа. До једначине идеалног гасног стања може се доћи и помоћу **кинетичке теорије гасова** која претпоставља да се молекули гаса понашају у складу са Њутновим законима кретања.

## 7. Испитивање налазишта природног гаса

Методе лоцирања налазишта природног гаса су значајно напредовале у последњих двадесет година, захваљујући примени напредне технологије. На самом почетку индустријског развоја, једини начин за проналажење подземних извора гаса био је тражење површинских промена земљишта, које су карактеристичне за локације испод којих се налази гас. У раним истраживањима, истраживачи су били приморани да копају површинске слојеве земље у нади да ће доћи до цурења нафте или гаса на том месту. Међутим јако мале количине нафте и гаса су доспевале до површине па је овај начин истраживања био веома тежак и неефикасан. Како је расла потражња за фосилним горивима тако су биле неопходне прецизније методе лоцирања ових налазишта.

### 7.1 Извори података

Напредак технологије омогућио је невероватно повећање успешности у лоцирању налазишта природног гаса. У овом делу говориће се о томе како геолози и геофизичари користе технологију и знање да би прикупили податке који могу касније да се искористе за проналажење резерви гаса. Међутим треба назначити да је процес тражења природног гаса и нафте и даље непоуздан због комплексности самог истраживања и чињенице да се природни гас налази на неколико хиљада метара испод земље.

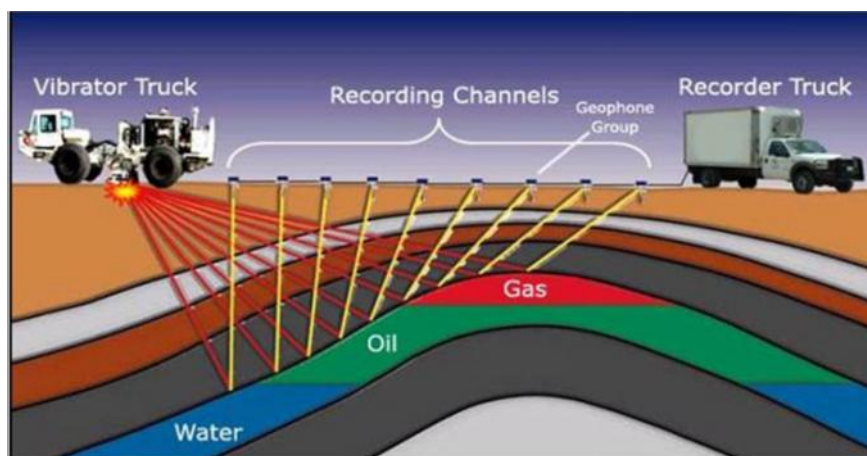
Истраживање обично почиње геолошким испитивањем површинске структуре земље. Утврђено је да је испод одређених врста земљишта (антиклиналних) већа вероватноћа постојања налазишта природног гаса и нафте. Ове антиклиналне површине су подручја где је земља наборана, конвексна навише, формирајући облик куполе који је карактеристика великог броја подземних резервоара природног гаса. Када геолози утврде област где је могуће да постоје залихе гаса и нафте, може се приступити детаљнијем тестирању. Ова тестирања омогућују прецизније мапирање подземних извора. Тестови се обично изводе од стране геофизичара.

Убедљиво до највећег напретка у истраживању налазишта нафте и природног гаса је дошло применом знања из области сеизмологије. Сеизмологија је метод истраживања који се темељи на принципу одбијања звучних таласа од површине подземних стена, на чијем темељу научници добијају акустичну слику подземља. 1855 Луиђи Палмеире (*Luigi Palmieri*) је развио први сеизмограф, инструмент који служи за детектовање и снимање земљотреса. Овај уређај омогућавао је да се детектују и сниме вибрације у земљиној кори које се дешавају током земљотреса. Међутим, све до 1921. године ова технологија није се примењивала за проналажење подземних извора фосилних горива.

Овај начин функционисања може се објаснити помоћу гумене лопте. Када се гумена лопта испусти на бетон одскочиће на другачији начин него када би исту лопту испустили на песак. Сходно овоме, сеизмички таласи пропуштени кроз подземне слојеве, одбијаће се различито ако је материјал порозан или чврст (стена). На тај начин може се одредити дубина ових слојева. У даљем тексту ће бити представљени сеизмички принципи који се користе приликом истраживање нафте и гаса.

## 7.2 Копнена (Onshore) сеизмологија

У пракси, примена сеизмологије за истраживање копнених подручја укључује стварање вештачких сеизмичких таласа и њихово прикупљање након рефлектовања. Таласи се прикупљају од стране уређаја смештених у земљи, чија је осељивост велика а који се називају геотелефонима (*geophones*). Вештачки таласи се производе активирањем малих експлозивних направа или вибратора који се постављају на посебне камионе. Подаци прикупљени геотелефонима прослеђују се возилима посебно опремљеним за њихову обраду. Слика 7.1. показује поступак описан у претходном делу текста.



Слика 7.1 Приказ сеизмиолошког копненог истраживања

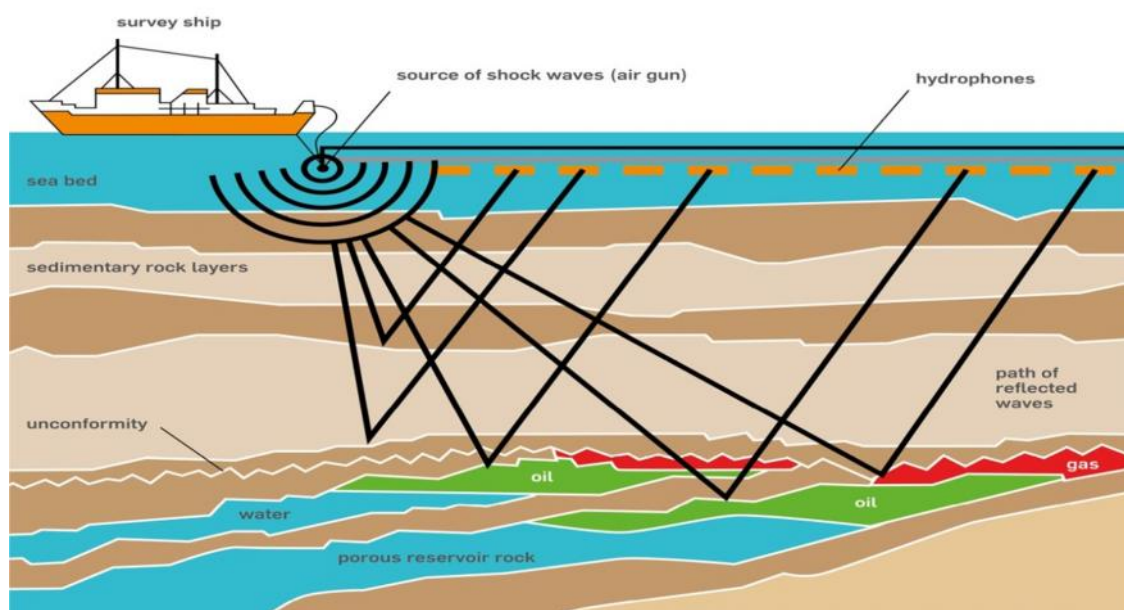
На самом почетку примене знања из сеизмологије у проналажењу резерви фосилних горива, сеизмички таласи су стварани коришћењем динамита. Ове пажљиво планиране мале експлозије су стварале жељене сеизмичке таласе. Због забринутости за животну средину и напретком технологије, све ређе су се користила експлозивна пуњења за стварање потребних сеизмичких таласа. Уместо тога користе се неексплозивна средства за њихово добијање. Ова неексплозивна технологија се обично састоји од тешких робусних камиона, која носе специјалну опрему дизајнирану да створи снажне ударце или серију вибрација. Ови ударци или вибрације стварају сеизмичке таласе сличне онима које добијамо употребом динамита. Камион приказан на слици 7.2. има уграђен велики клип и тег који се користи за стварање вибрација на површини земље.



Слика 7.2 Камион са тегом за изазивање вибрација

### 7.3 Сеизмологија на мору (Offshore)

Када се врши истраживање резерви природног гаса које се налазе на хиљаде метара испод морског дна, незнатно другачији метод сеизмиолошког истраживања се користи. Уместо возила и геотелефона користе се брод и хидротелефони за прикупљање подводних сеизмичких таласа. Уместо коришћења динамита или удараца на морско дно, ови бродови користе велике ваздушне топове, који ослобађају рафале компримованог ваздуха под водом, стварајући сеизмичке таласе који продиру кроз морско дно те се враћају до хидрофона причвршћених за дугачки кабл што га за собом вуче истраживачки брод. Истраживачи помоћу добијених података израђују компјутерске приказе који им олакшавају анализу подморја.



Слика 7.3 Приказ сеизмиолошког истраживања на мору

Поред сеизмологије за истраживање резерви гаса користи се и магнетометрија. Магнетометријским путем се одређују мале промене у магнетном пољу земљине коре. Одређивање се спроводи уз помоћ сателита који поседују опрему за мерење магнетног поља широм земаљске кугле. Поред промена у магнетном пољу могу се вршити и мерења разлика у гравитационом пољу земљине коре.

## 8. Постројења за бушење

Када се потенцијално налазиште природног гаса лоцира од стране тима за истраживање (геолога и геофизичара), на ред долази тим експерата за бушење који копају тамо где се сматра да гас постоји. Иако процес копања кроз земљину кору у сврхе тражења резерви гаса делује застрашујуће и неизводљиво, индустрија је развила низ иновација и техника које смањују цену а повећавају ефикасност копања.

Одлука да ли ће се вршити бушење зависи од различитих фактора, укључујући економски потенцијал налазишта. Компаније троше много новца за истраживање и производњу гаса, и увек постоји ризик неналажења очекиване, односно процењене количине природног гаса. На основу података о величини, односно о резервама и података о проценту гаса који се може добити на површини одређује се вредност лежишта. Да би се инвестирало у производњу на истраживаном лежишту, трошкови истраживања и експлоатације морају бити нижи од цене која се постиже продајом гаса на тржишту. До процене трошкова планиране рударске експлоатације може се доћи применом сложене процедуре пројектовања технолошког процеса са кључном улогом методе и технологије бушења. За провођење ове процедуре кључни значај имају подаци о лежишним условима до којих се долази истраживањем лежишта. Након што тим геофизичара одреди локацију као потенцијално добру за бушење, неопходно је да компанија задужена за тај део посла буде сигурна да је преузела све кораке неопходне за легално копање у тој области. Ти кораци обично подразумевају обезбеђивање дозвола за операције бушења, оснивање правног споразума који дозвољава гасној компанији да вади и продаје гас који се налази у датој области, и план линије цевоцода.

Захтеви да постројења брзо и ефикасно избуше бушотине (вертикалне, косе, хоризонталне, великог пречника, великих дубина, у сложеним условима радне средине) чине да су ова постројења по својој структури веома сложена, са бројним, по функцији, врло специфичним целинама. Постројење за бушење, својим техничко-технолошким карактеристикама, мора да обезбеди: квалитетно извршавање функција за које је намењено, могућност брзог и лаког транспорта, брзу монтажу и демонтажу, поузданост у раду, безбедност послужоца, еколошку прихватљивост, итд. Постројења за бушење се класификују према:

### 1. Месту примене на:

- постројења за бушење на копну,
- постројења за бушење на мору.

### 2. Начину деловања радног елемента на:

- постројења са механичким (ударним, ротационим, ударно-ротационим) деловањем,
- постројења са физичким (плазменим, електротермичким, термомеханичким, електрофизичким, хидрауличким, ласерским, итд.) деловањем.



Слика 8.1 Постројење за бушење на копну    Слика 8.2 Постројење за бушење на мору

## 8.1 Постројење за бушење на копну

Бушења на копну (слика 8.2) су још увек доминирајућа на пословима истраживања и експлоатације нафте и гаса. Преко 80% постројења за бушење је лоцирано на копну. Код копненог бушења гасног налазишта разликујемо две методе:

- Бушење уз примену “ужета” (“cable tool”) или **ударно** – перкусионо бушење, те
- Бушење ротацијом односно **ротационо** бушење

### 8.1.1 Ударно бушење

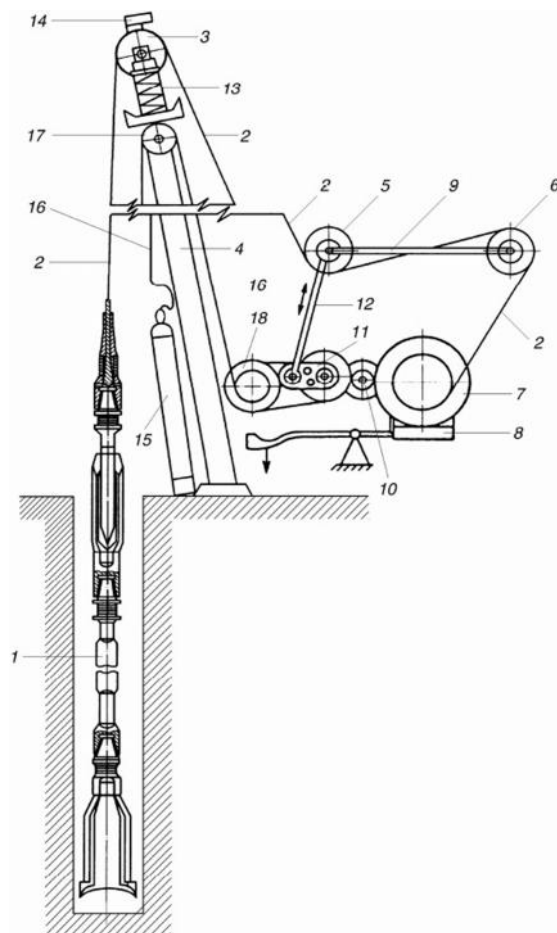
Ударно бушење је добило име по начину рада бушећег прибора, односно по начину наношења оптерећења на тло. Бушеће длето није стално у контакту са стеном него се периодично диже и спушта. Последица динамичког оптерећења, тј. удара сечива длета по стени на дну бушотине је цепање, одваљивање, дезинтеграција дела стенског масива изложеног овом динамичком оптерећењу. Дезинтегрисани материјал се из бушотине износи кашиком или исплаком. Овај начин бушења нема велику примену у истраживању лежишта због малог броја информација о лежишту и стенском масиву које се њим могу добити. Савремено ротационо бушење готово је потпуно истиснуло старије ударно бушење. Овом техником се могу бушити бушотине великог пречника од 148 до 850 *mm*, дубина до 2000 *m*, искључиво вертикално наниже.

Према технологији извођења постоје два вида ударног бушења:

- Ударно бушење без исплаке (са ужетом)
- Ударно бушење са исплаком (са бушећим шипкама)

### Ударно бушење без исплаке

Ударно бушење са ужетом спада у најстарије начине бушења и познато је као Пенсилванијски начин бушења. Прибор за бушење се састоји од длета, ударне шипке и маказа. Прибор је обешен о уже (слика 8.3). Уместо ужета могу се употребити пуне металне шипке, но овај метод има доста недостатака и не користи се код бушења без исплаке. Чишћење бушотине од дезинтегрисане стене врши се кашиком. У бушотину се повремено долива вода да би се дезинтегрисана стена претворила у житку масу ради њеног лакшег изношења и ради мањег отпора пролазу длета. После избушеног интервала од око 50 *cm* прибор за бушење се извлачи из бушотине да би се она очистила. Време маневрисања код бушења са ужетом је неупоредиво краће него код бушења са шипкама. Са друге стране бушење са шипкама омогућава контролу заокретања длета и подешавање угла заокретања према стени која се буши.



**Слика 8.3** Упростићена шема гарнитуре за ударно бушење са ужетом (Пенсилванијски метод)

1. Колона бушаћег прибора; 2. Челично уже; 3. Главна катурача; 4. Торањ; 5. Затезна катурача; 6. Балансна катурача; 7. Главни бубањ; 8. Кочница бубња; 9. Клатна полуга; 10. Погонски мотор; 11. Ексцентар; 12. Полуга ексцентри; 13. Амортизер удара; 14. Заштитник ужета од испадања из катура; 15. Кашика; 16. Уже за кашиковање; 17. Помоћна катурача; 18. Помоћни бубањ.

### Ударно бушење са исплаком

Код овог начина ударног бушења дезинтегрисани материјал се из бушотине износи исплаком. У овом случају прибор за бушење састоји се од длета, ударне шипке, маказа, радних шипки и испирне главе на врху колоне. Из резервоара исплака се клипном пумпом преко испирне главе и шупљих радних шипки, одговарајућих маказа и ударне шипке кроз длето доводи на дно бушотине. Исплака се поред бушаћег прибора креће вертикално навише и са собом носи честице дезинтегрисане стене.

#### 8.1.2 Ротационо бушење

Данас се, за потребе истражног и експлоатационог бушења, најчешће користе постројења са ротационим дејством радног органа (слика 8.4). Постојења за ротационо бушење се класификују према:

- максималном оптерећењу на куки,
- оријентационој дубини бушења.

Додатни критеријуми су:

- капацитет пумпе,
- притисак пумпе,
- снага мотора,
- дужина секције.

Технолошки процес ротационог бушења се састоји од следећих радних операција:

- ротација и уздужно померање длета у смеру напредовања чела бушотине,
- испирање бушотине и изношење разореног материјала на површину,
- настављање бушаћег прибора са напредовањем чела бушотине,
- подизање и спуштање бушаћег прибора,
- припрема, обрада и чишћење флуида који се користе за испирање бушотине,
- спуштање обложних колона да се обезбеди стабилност зидова бушотине.

Ове операције указују да је постројење за бушење сложене структуре, са следећим функционалним целинама:

- торањ,
- уређаји за подизање и спуштање (маневрисање) бушаћег прибора,
- уређај за ротацију бушаћег прибора,
- уређаји за испирање канала бушотине,
- уређаји за припрему и обраду бушаћег флуида,
- уређаји за заштиту,
- помоћни уређаји.

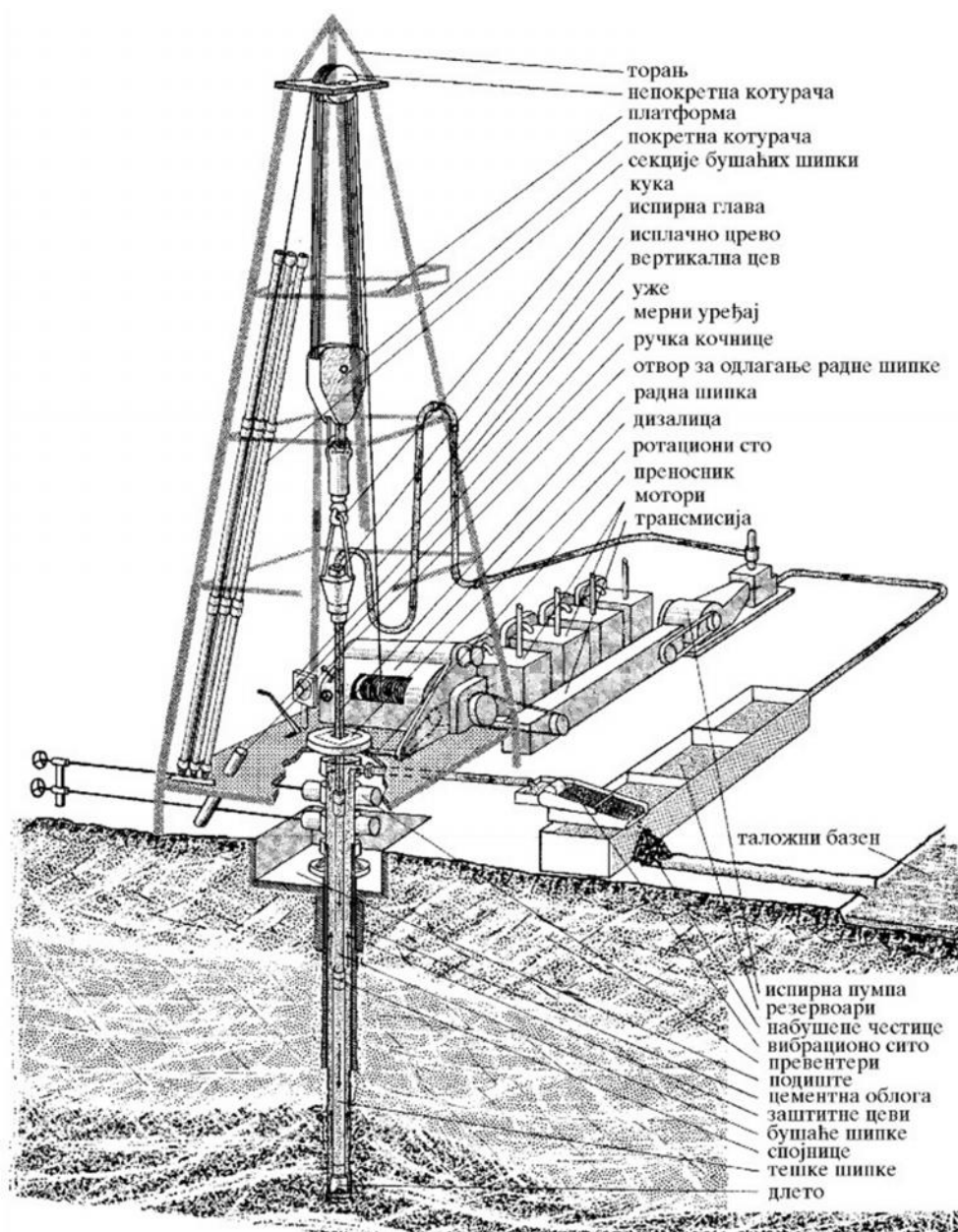
Ови уређаји, заједно са:

- прибором за бушење и
- длетима за бушење,

обезбеђују да се процес бушења одвија по пројектованим параметрима. Специфична техничка решења обезбеђују могућност усмереног (косог или хоризонталног) бушења. За све ове послове потребно је обезбедити одговарајуће алате (ручне или механичке), уређаје за праћење рада током ушења, помоћне уређаје, итд. Потребна опрема за безбедан рад и смештај људства је такође део ових постројења.

Овај метод бушења користи ротациони сто за погон тј. обртање бушаћих шипки, али без преноса осног оптерећења на њих. На овај начин се могу постићи велике дубине уз велике почетне пречнике бушења и брзине бушења које достижу неколико десетина метара на час у меким стенама.

Длето које разара стене на дну спушта се у бушотину у низу бушаћих и тешких шипки. Низ се састоји од више секција бушаћих шипки повезаних спојницама са конусним навојима за олакшано навртање и одвртање. Бушаћи низ је спојен са радном шипком која има квадратни или хексагонални попречни пресек и пролази кроз отвор у ротационом столу. На овај начин обртање ротационог стола се преноси на радну шипку и затим на низ бушаћих шипки. Горњи крај радне шипке је повезан са испирном главом која је обешена о куку. Кука је спојена са покретном котурачком која је у вези са непокретном котурачком у врху торња. Уже чији је радни крај намотан на бубањ дизалице пролази преко котурова непокретне и покретне котураче.



Слика 8.4 Постројење за ротационо бушење

Мотори покрећу ротациони сто и дизалицу, а такође се користе за погон пумпе. Пумпа црпи испирни флуид из резервоара и потискује га кроз потисни вод, испирну главу, композицију бушаћег алата до длета. Длето има отворе (млазнице) кроз које флуид истиче великом брзином. Флуид на дну бушотине захвата набушене крхотине стена, износи их кроз прстенасти простор између бушаћег прибора и зида бушотине, истиче из бушотине и кроз канале протиче назад у резервоар.

Како се повећава дубина бушотине, композиција алата окачена о куку и покретну катурачу постепено се спушта. Руковалац који манипулише кочницом дизалице тако подешава спуштање алата за бушење да тешке шипке на доњем делу низа бушаћег алата обезбеде неопходно оптерећење длета.

Ради замене истрошеног длета бушаћи низ се извлачи из бушотине, раздваја у појединачне секције. При извлачењу или спуштању бушаћег низа један радник је на платформи, два радника рукују са клештима код ротационог стола а један контролише дизалицу.

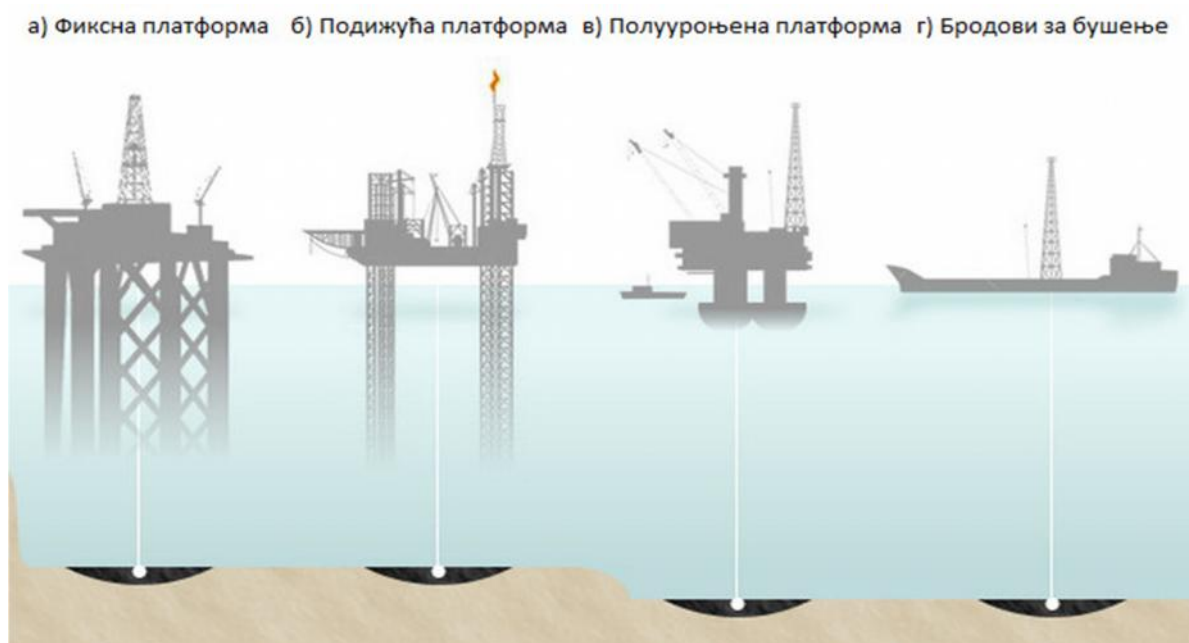
Зидови бушотине у нестабилним формацијама се облажу заштитним цевима. Цементна облога која учвршћује заштитне цеви служи и за одвајање формација са различитим флуидима. Кратка уводна колона (неколико десетина метара) служи да усмери канал бушотине и заштити њен горњи део од испирања.

## 8.2 Постројења за бушење на мору

Све већа потражња за гасом намеће потребу истраживања и експлоатације гаса, из лежишта која се налазе у приобаљу или испод нивоа (слика 8.2). Специфични услови радне околине наметнули су и специфична техничка решења ових постројења (слика 8.5).

**Фиксне** (слика 8.5-а) платформе се најчешће користе за дубине мора, језера и мочвара до 300 метара. За њих је карактеристично да леже на носачима који су набијени у дно или су то бетонски носачи који својом масом обезбеђују стабилност постројења. Користе се на местима где се очекује дуг временски период експлоатације (велике резерве) који може да покрије велика инвестициона улагања у ове платформе.

**Подизућа** (слика 8.5-б) платформа је широко коришћена мобилна платформа за бушење на мору. Носачи платформе могу бити цилиндрични стубови. Такође могу бити отворене решеткасте конструкције (као и торањ). Када се труп платформе постави на локацију за бушење, посада спушта ногаре док не дотакну морско дно. Затим они подижу или спуштају труп изнад висине деловања највиших таласа. Опрема за бушење је на горњој страни трупа. Највеће подизуће платформе могу да буше у водама дубине до приближно 120 метара.



Слика 8.5 Постројења за бушење на пробаљу и на мору

**Полууроњене** (слика 8.5-в) платформе су међу највећим плутајућим постројењима икада направљеним. То су мобилне платформе са понтонима који су испод нивоа мора. Оне могу бити високе преко 30 метара, а њихова главна палуба је површине око  $2500\text{ m}^2$ . Понтон је дуг, узан и шупаљ челични пловак-бова са правоугаоним или кружним попречним пресеком. До одабране локације се транспортују вучом а на одабраној локацији, понтони се пуне водом, платформа тоне док понтони не достигну зону мирне воде (18-30 m). Радна висина палубе је 9-15 m изнад нивоа мора. Стабилизација платформе се изводи сидрењем а контрола положаја платформе се остварује аутоматски, опремом која се састоји од: уређаја за давање информација о положају (сателитска навигација), рачунара за обраду података и погона за корекцију положаја. Већина платформи овог типа ради у водама дубине 300 до 1000 метара, а максимална дубина воде у којима могу да раде је 2500 метара. Полууроњене платформе могу да буше до дубине од 9000 метара.

**Бродови** (слика 8.5-г) за бушење су мобилна постројења са могућностима за бушење на свим дубинама. Они су погодни за бушење на удаљеним локацијама. Већина бушаћих бродова делује у водама дубоким од 300 до 1000 метара, али могу и до 3200 метара. Велики бушаћи бродови могу бити дугачки више од 350 метара, широки 30 метара, и са трупом вишим од 18 метара. Озбиљни недостаци ових уређаја су: велика бочна и вертикална померања до којих долази услед таласања површине мора и дејства ветра или јаким морским струја. Стабилизација се остварује системима за: сидрење, контролу положаја и љуљања, контролу позиционирања и корекцију положаја.

Сва ова постројења морају да буду аутономна како у погледу снабдевања енергијом тако и у погледу боравка људства на њима.

## 9. Експлоатација природног гаса

### 9.1 Опремање канала бушотине (елементи производне бушотине)

Процес опремања канала бушотине започиње одмах по завршетку послова бушења, испитивања и обраде резултата.

Испитивањима (тестирањем) дефинишу се сви параметри који су неопходни за доношење одлуке о увођењу у експлоатацију или одбацивању бушотине (резерве, притисци, температуре, продуктивност, физичке и хемијске особине лежишног флуида, итд.). Након доношења позитивне одлуке, о исплативости улагања, приступа се пословима опремања бушотине и њеног довођења у стање погодно за дугорочну експлоатацију.

Опремење канала бушотине је комплексан инжењерски посао који, уважавајући специфичности лежишта и бушотине, омогућава ефикасну експлоатацију лежишних флуида. Опремањем канала бушотине, треба постићи:

- просту конструкцију,
- минималне трошкове улагања,
- поузданост конструкције,
- безбедност опреме, људства, итд.

Додатни захтеви могу бити повезани са:

- величином притиска флуида у слоју,
- потребом стимулације лежишта,
- сервисним условима,
- потребом допунског отварања секундарних слојева, итд.

Проблеми о којима, током пројектовања и опремања, треба водити рачуна су:

- присуство воде,
- корозиона активност,
- ерозионо дејство,
- присуство парафина, итд.

Бројна су техничка решења која се, уважавајући све горе наведене специфичности, примењују током послова опремања гасних бушотина, финални резултат је бушотина спремна за дуготрајну и поуздану експлоатацију лежишног флуида.

#### 9.1.1 Фактори који утичу на начин опремања канала бушотине

Израдом канала бушотине и добијањем позитивних резултата, након испитивања, улази се у фазу опремања, тј. фазу припреме канала бушотине за експлоатацију. На одлуку која ће се технологија експлоатације користити, тј. на одлуку како опремити канал бушотине, утичу следећи фактори:

- Геолошки,

- Енергетски,
- Хидродинамички,
- Механички.

Израдом канала бушотине нарушава се ранија природна равнотежа стена које се међусобно разликују по: литолошком саставу, физичко-механичким особинама, степену засићености различитим флуидима. Бушењем се пролази кроз слојеве стенског материјала који могу бити: компактни, растресити, чврсти или слабо везани са бројним пукотинама, шупљинама, раседима, итд. Све су ово фактори који утичу на стабилност канала бушотине током бушења, али и по завршеном бушењу. Када се зна да ће процес експлоатације неких бушотина трајати и десетак година онда се мора водити рачуна да се канал бушотине, у конкретним геолошким условима, квалитетно опреми за тако дуг радни век. Тестирањем исплаке, продуката разарања стенског материјала, извлачењем језгра на површину и лабораторијским анализама, електричним, радиоактивним, звучним и ултразвучним методама тестирања, итд., дефинише се присуство нафте, воде и гаса у лежишту. Такође, тестирањем се дефинишу: притисак, доток, густина, вискозност, температура, итд., лежишног флуида у каналу бушотине. Хетерогеност стенског материјала и различити хидродинамички услови значајно утичу на доток воде и гаса па се, анализом свих утицајних, хидродинамичких величина, добијају подаци на основу којих се доносе валидне одлуке о технологији експлоатације, а на основу ње и о начинима опремања канала бушотине. Сагласно условима у лежишту, као једно од решења примењују се различите технике перфорирања.

Када се говори о утицају механичких фактора пре свега се мисли на опрему која се уграђује, па треба водити рачуна о следећим чиниоцима:

- квалитету челика,
- дужини цеви,
- дебљини зида цеви,
- спољашњем пречнику цеви и начину спајања цеви, итд.

Опремањем канала бушотине мора се добити: чврст, херметичан канал у који се може сместити опрема која се користи за експлоатацију, а која ће поуздано радити током дужег временског периода. Ово се постиже, у највећем броју случајева, зацевљењем канала бушотине, тј. заштитом канала од обрушавања зидова, али и од негативног утицаја технолошког процеса експлоатације на стабилност канала и околину. Позитивни ефекти су:

- учвршћивањем зидова, канала бушотине, канал се оспособљава за дуготрајну употребу,
- облагањем бушотине, бушотина се штити од продора воде или губитка корисног флуида,
- херметичким раздвајањем хоризоната са неједнаким притисцима постиже се стабилност и сигурност рада,
- спречава се загађивања околине, итд.

Недостаци су:

- велики трошкови набавке и уградње опреме,
- трошкови одржавања опреме,
- потребна је стручна радна снага, итд.

### 9.1.2 Елементи опреме канала бушотине

Бушотине се могу израђивати на: копну, у приобаљу и мору. Према месту израде канала бушотине, формирају се специфична решења опремања. Заједничко за све поступке опремања је да се опрема бушотине дели на:

- површинску (подводну),
- опрему канала бушотине,
- опрему дна канала бушотине.

**Површинску опрему** (опрему уста канала бушотине) чине склоп више различитих елемената, смештених на површини продукционе бушотине, са следећим задатком:

- да се о њу каче обложне и производне цеви,
- да се на њу монтира арматура која формира опрему која се користи за различите поступке експлоатације, тј. да са површине контролише проток флуида из бушотине,
- да се обезбеди погон опреме (пумпи) која се смешта у канал бушотине.

Површинску опрему чине:

- бушотинска глава (Wellhead),
- јелка (Christmas tree).

Бушотинска глава је намењена да се о њу каче једна (слика 9.1) или више обложних цеви (Casing). Конструкција бушотинске главе је прилагођена технолошком решењу експлоатације лежишног флуида. Генерално, бушотинску главу чине више, међу собом повезаних, елемената од којих је најзначајнији захватни клин. Елементи главе се прорачунавају на максимално очекивани притисак, температуру, али и на корозионо и ерозионо дејство лежишног флуида. Под дејством силе терета који се качи о клин главе, кућиште главе се деформише (шири) што утиче и на положај цеви у захватном клину. Цев се обично помери наниже за 20-40 *mm*. То је чињеница о којој се мора водити рачуна приликом пројектовања.



Слика 9.1 Бушотинска глава

### 9.1.3 Опрема канала бушотине-производна цев

Опрему канала бушотине чине:

- Колона заштитних цеви (Casing);
- Производне цеви (Tubing);
- Обложне цеви (Liner);
- Пакери (Packer);
- Помоћна и мерно-контролна опрема.

Основна намена **колоне заштитних цеви** је да обезбеди:

- учвршћивање зидова канала бушотине тамо где су физичко-механичке карактеристике стенског материјала лоше,
- раздвајање слојева са различитим хидродинамичким целинама,
- припрему канала бушотине за дуготрајну експлоатацију гаса.

По намени, колоне заштитних цеви, слика 9.2, деле се на: уводну колону, површинску колону, техничку и експлоатациону колону.

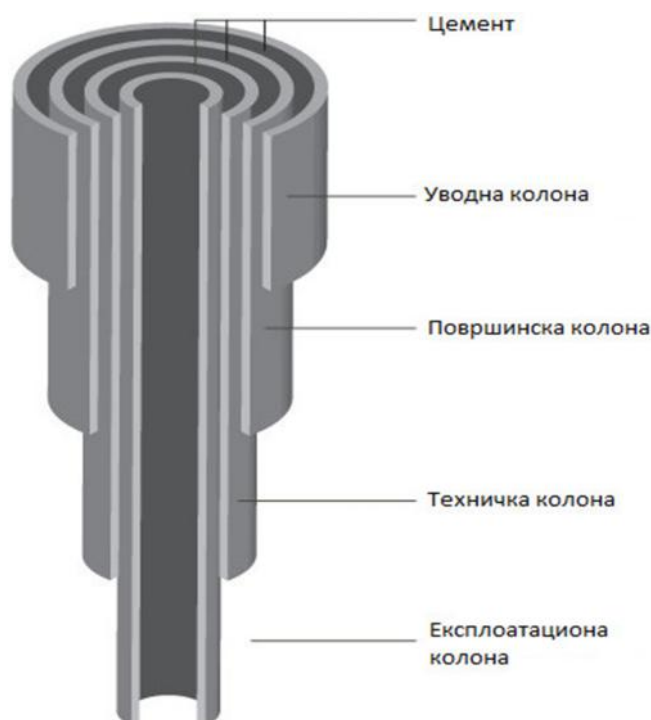
**Уводна колона** је прва заштитна цев која се уграђује у бушотину до дубине од десетак метара. Основни задатак ове колоне је да спречи обрушавање горњих растреситих слојева земљишта и да формира ушће бушотине. Уобичајени пречници су од 339,7 до 508mm. Битно је да унутрашњи пречник колоне обезбеди пролаз длета, за бушење, и површинске колоне. Пета, ослонац, се обавезно уграђује у водонепропусни слој, а од околног стенског материјала се изољује цементирањем.

**Површинска колона** заштитних цеви се уграђује у бушотину са задатком: да се изољују водоносни слојеви и да се на тај начин спречи продор подземних вода у канал бушотине; да спречи губитке исплаке; да се омогући уградња сигуросних уређаја на ушћу бушотине; да се обезбеди ношење нових композиција колоне заштитних цеви. Пета, ослонац, се обавезно уграђује у водонепропусни слој, а од околног стенског материјала се изољује цементирањем.

**Техничка колона** се уграђује у зонама где се појављују значајни проблеми при формирању канала бушотине. То су пре свега зоне са различитим порним притисцима, и зоне где се јавља интензивно обрушавање и бубрење стенског материјала, итд. У сложеним геолошким условима уграђује се и друга техничка колона. Цементира се по потреби и то на прелазу између два хидродинамичка слоја.

**Експлоатациона колона** заштитних цеви се уграђује кроз продуктивне слојеве, када треба испитати те слојеве или када су ти слојеви позитивни. Основна функција експлоатационе колоне је да:

- заштити продуктивни слој и омогући његово испитивање и производњу,
- обезбеди херметичност и директну везу продуктивног слоја са устима бушотине (опремом на површини),
- обезбеди замену производне опреме у бушотини током експлоатације слоја, итд.



Слика 9.2 Колоне заштитних цеви

**Производна цев** (Tubing), је цев мањег пречника од заштитне цеви. Од производних цеви се формира колона која се спушта у бушотину. Основни задатак, овако формиране колоне цеви, је:

- да обезбеди могућност подизања смеше нафте, воде и гаса из лежишног слоја,
- довођење, у бушотину, течности или гаса са циљем интензивирања производње,
- спуштање опреме у канал бушотине.

Производне цеви су глатке цеви са крајевима на којима су нарезани навоји. Спајање се остварује спојницама које су, као и цеви, опремљене навојем. Димензије и конструкција производне цеви мора да обезбеди:

- оптималну производњу,
- отпорност на кидање у најугроженијем пресеку,
- отпроност на унутрашњи и спољашњи притисак,
- отпорност на дејство корозије, херметичност свих спојева у колони.

**Заштитна цев** (Liner) је кратка колона цеви која не допире до дна канала бушотине, а штити зидове канала бушотине испод пете претходне колоне обложних цеви. По конструкцији могу бити перфорирани или слотед линери. Уграђују се у канале бушотина на местима где се поред заштите зида цеви (Casing) мора обезбедити и нормалан доток лежишног флуида.

## Пакери

Бушотински заптивачи (Packer) су уређаји који се користе за:

- заптивање опреме која је спуштена у бушотину, а која формира два канала при експлоатацији више слојева,
- бесцевну експлоатацију-извлачење флуида обложном колоном,

- заптивање које се користи током испитивања и то у случајевима: одвојеног испитивања слоја, када је више слојева отворено једном бушотином; провера херметичности обложне колоне и херметичности цементног слоја,
- заптивање које се примењује за дејство на слој у циљу побољшања продуктивности слоја, и то при: хидроразарању слоја, одржавању притиска у слоју, доводу топлоте у слој.

## 9.2 Црпљење природног гаса

Готово сав природни гас придружен је нафтним лежиштима, или је акумулиран у подземним лежиштима као самостално гасно лежиште. При већим дубинама и температурама (изнад 150°C) ствара се термогени гас. Тај гас је акумулиран у подземним лежиштима, често испод непропусне стене која спречава његово покретање према површини земље. Високе температуре на већим дубинама (преко 5500 метара), претварају оригиналну нафту у природни гас и графит (угљеник), процесом који је сличан термалном крекингу у рафинерији, где се велики молекули раздвајају-цепају у мање. Испод тих дубина само може постојати гас, јер је нафта била предубоко закопана па је термалним процесима претворена у гас.

### 9.2.1 Нафтно-гасна лежишта

У лежиштима са смесом земног гаса и нафте, црпљење нафтног гаса зависи од динамике црпљења нафте, а величина исцрпка зависи од режима искоришћавања нафтних лежишта. Највећи исцрпак нафтног гаса добија се **режимом раствореног гаса**, док се **режимом гасне капе** сам гас добија тек након исцрпљења нафте, тј. кад се лежиште понаша као да је лежиште слободног гаса.

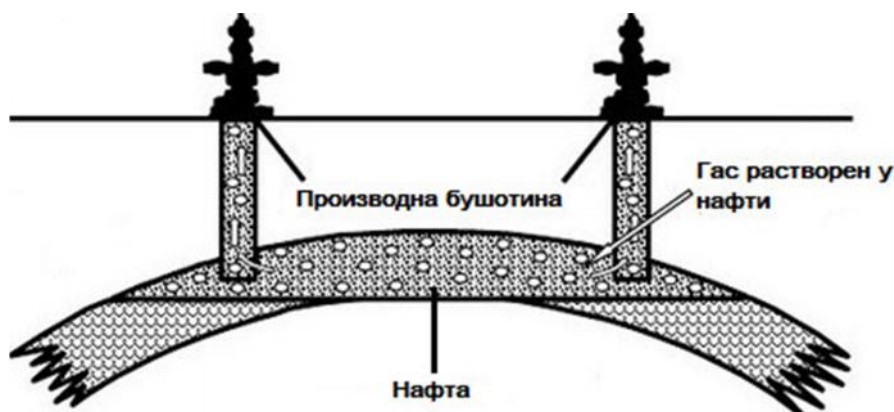
#### 9.2.1.1 Режим раствореног гаса (Solution Gas Drive)

При том режиму сва лежишна енергија садржана је у гасу раствореном у течnoj фази при датим лежишним условима притиска и температуре. Снижавањем притиска у лежишту, гас ће почети да експандира дајући тиме енергију за покретање нафте. Даљим смањењем притиска испод притиска (притисак засићења) при којем је сав гас растворен у нафти, гас почиње да се издваја из нафте и у том тренутку у лежишту почињу истовремено протицати две фазе (течна и гасовита). Током времена, количина гасовите фазе у односу на течну се стално повећава.

У почетку експлоатације лежишта, у његовим се порама налази покретљива нафта и у њој растворени гас, док је уз површину зрнаца (минерала) стена везана непокретљива вода - везана вода.

Како при црпљењу овим режимом нема надомештања друге енергије, енергији раствореног гаса, притисак у порама се брзо смањује, а тиме и сила која делује у примарној фази. Посебно је тај процес брз у порама већег пречника јер су оне пропусније па из њих брже излази нафта. Делотворно истискивање нафте гасом (клипним деловањем) одиграва се само у почетној фази експлоатације. Од момента његовог продора, због неколико стотина пута веће покретљивости гас почиње излазити претежно сам, па се према бушотини премешта све више гаса, а све мање нафте, која истовремено постаје све вискознија и непокретљивија. Због тога притисак у лежишту се нагло смањује, повећава се гасни фактор и коначни исцрпак нафте је релативно

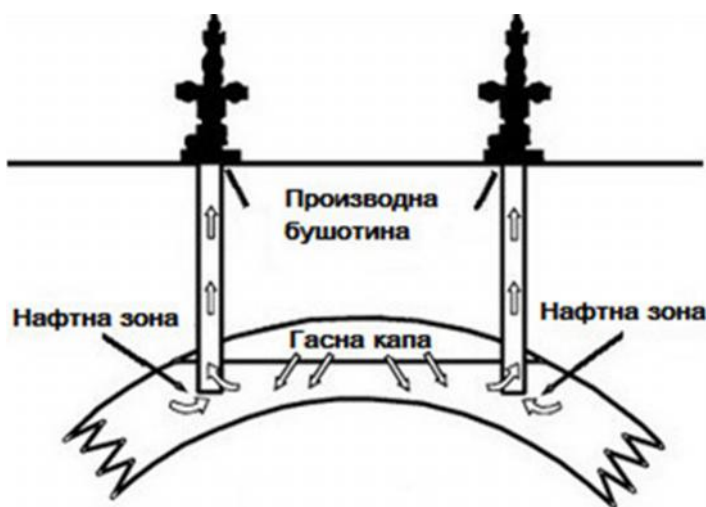
мали и износи 5-25% док је код гаса искоришћење далеко веће (60-80%) од откривених геолошких залиха.



Слика 9.3 Режим раствореног гаса

#### 9.2.2.2 Режим гасне капе (Gas Cap Drive)

Режим гасне капе јавља се у лежиштима где запремина присутног гаса прелази количину која се може растворити у нафти уз владавајуће лежишне услове притиска и температуре, где слободна гасна фаза уз погодне геолошке услове формира гасну капу изнад нафтне зоне. Енергија за производњу нафте у таквим лежиштима потиче од ширења гаса из гасне капе и раствореног гаса у нафти.



Слика 9.4 Режим гасне капе

Снижавањем притиска гасна капа еластично се шири и потискује нафту према каналу бушотине, а при томе гас из гасне капе пуни поре које напушта потискивана нафта. Растворени гас у нафти експандира и даје додатну енергију за истискивање нафте. Како се нафта подиже кроз узлазне цеви, притисак и даље пада, мехурићи гаса се шире, олакшавајући тиме колону флуида. Комбинацијом лежишног притиска и смањеном тежине колоне флуида у узлазним цевима могуће је успоставити природни доток.

Током производње мехурићи гаса стварају се и у самом лежишту, и својом експанзијом терају све више нафте у бушотину. Међутим, експандирани мехурићи гаса међусобно се повезују

стварајући гасну фазу. У том моменту гасна фаза почиње прострујавати у бушотину остављајући за собом све тежу нафту. Тај феномен траје све док лежишни притисак не падне толико да више није у стању потискивати густу нафту на површину.

### 9.2.2 Гасна и гасно-кондензатна лежишта

Лежишта која садрже само гас или његове теже компоненте називају се лежишта слободног гаса. Дефинисана су компонентним саставом и почетним условима притиска и температуре.

Ако се променом притиска и температуре до површинских услова један део гасовитих угљоводоника кондензује, тада се таква лежишта класификују као лежишта мокрог гаса, јер у гасној смеси постоји одређен садржај угљоводоника тежих од метана. Међутим, посебна врста лежишта су она где у колекторској стени при лежишном притиску и температури акумулирани угљоводоници су у гасовитом стању. Ако се током искоришћавања (смањењем притиска и температуре) део гасовите фазе кондензује тј. прелази у течно стање, тада се таква лежишта класификују као **гасно-кондензатна лежишта**.

Препознају се по дубини копања, уз високи слојни притисак и температуру и количини кондензибилних компоненти. Једнофазна гасовита смеша угљоводоника смањењем притиска проузрокованог придобијањем гаса почиње у ствари кондензовати (а не испаравати), и тада ту појаву називамо **ретроградна кондензација**. При ретроградној кондензацији, удео кондензата најпре расте, а затим се даљим смањењем притиска смањује тако да при одређеном сниженом притиску опет долази до појаве гасовите фазе. Уколико се то догоди у лежишту се губи део вредних кондензибилних угљоводоника и постиже мањи исцрпак.

Производња из ових лежишта треба бити тако регулисана да се из њих придобије на површини што више ретроградне течности, а гас добијен на површини раздваја се на течне и гасовите фракције.

Извори енергије за производњу гаса слични су онима у нафтним лежиштима и то су: **експанзија гаса** и **експанзија воде**. Експлоатација гаса зависи од режима који влада у лежишту. Основне врсте режима су:

- волуметријски и
- водонапорни режим.

#### 9.2.2.1 Волуметријски режим

Волуметријски режим или режим експанзијом гаса, је врло повољан, јер се извор енергије налази у компримованом гасу у стени, док испод акумулације гаса нема водоносног слоја или је он јако мали и без утицаја на искоришћавање лежишта.

Услед разлике између високог притиска гаса у порама лежишта и притиска у бушотини, гас експандира и тиме се покреће према дну бушотине. Експанзијом гаса производе се велике количине гаса и постиже се црпљење у распону 70-90% а које зависи од величине притиска у лежишту у тренутку престанка експлоатације лежишта.

### 9.2.2.2 Водонапорни режим

Водонапорни режим (енергија потиска водом) лежишта јавља се тамо где су лежишта гаса више или мање окружена већим или мањим водоносним наслагама.

Производњом гаса, тј. смањењем притиска, активира се водоносни слој, јер експанзија воде узрокује дотицање гаса у бушотину а тада вода испуњава празне поре у стени. До заробљавања гаса долази иза воденог таласа. Део неискоришћеног гаса остаје у лежишту као слободан гас при високом притиску, док већи део гаса вода заробљава током њеног дотока из водоносних наслага у лежиште. Интензитет дотока воде у лежиште зависи од темпа црпљења гаса, величини водоносних наслага, конфигурацији лежишта, локацији и броју производних бушотина, стварања водених конуса, промене односно смањења релативне пропустљивости стене за гас због појаве друге фазе. Исцрпак гаса који зависи од интензивности дотока воде у лежиште је у распону од 50 до 70% од откривених геолошких залиха.

Без обзира на то којим је путем гас добијен, он садржи метан у великом проценту, угљоводонике као што су етан, пропан, бутан и пентани, затим водену пару, водоник-сулфид, угљеникдиоксид, хелијум, азот и друга једињења. То практично значи да се из природног гаса пре транспорта морају одстранити побројана пратећа једињења. Обрада гаса, подразумева одстрањивање свих нечистоћа и примеса и обавља се у неколико следећих фаза.

**Сепарацијом** сирове нафте и гаса из лежишта издваја се гас из нафте, па се тако издвојене фазе усмеравају ка одговарајућим уређајима ради даље обраде. Нафта и гас се посебно обрађују.

**Дехидрацијом** сирове нафте и гаса одстрањује се влага из гаса и из нафте посебно. Влага изазива корозију на металним површинама, а при транспорту гаса гасоводима може повећати масу гаса и тако смањити брзину транспорта. При нижим температурама могу се створити ледени чепови, при чему се проток гаса зауставља.

**Десулфуризацијом** гаса издваја се сумпор из нафте и гаса. Сумпор се налази у седиментним стенама, па сирова нафта и гас приликом транспорта ка бушотинама долазе у додир са тим стенама, при чему струјом односе и честице стена које садрже сумпор. Сумпор је штетна компонента јер изазива корозију у гасоводима.

**Одвајањем механичких нечистоћа** нафта и гас се чисте, тј. филтрирају, јер механичке нечистоће отежавају транспорт гаса, смањујући брзину протицања гаса кроз гасовод.

**Идвајањем тешких угљоводоника** из природног гаса одржава се константан састав и топлотна моћ гаса. Издвајају се пропан (S3N8) бутан (S4N10) и течни гас. То је завршни поступак обраде природног гаса пре пуштања у гасне разводне системе.

На или у самој близини главе бушотине постављају се сепаратори за песак и друге крупне нечистоће, као и грејачи који треба да спрече акумулирање хидрата природног гаса који представљају полу чврста једињења слична кристалима леда а која се формирају са падом температуре гаса који у себи садржи одређену количину воде.

Обрада гаса набројаним операцијама врши се у сабирној станици за гас.

## 10. Транспорт природног гаса магистралним гасоводима

Транспорт природног гаса од места производње до места потрошње захтева добро разрађен систем транспорта. У већини случајева гас произведен на одређеном гасном пољу треба да се транспортује на велике раздаљине до самих потрошача.

Сам систем транспорта природног гаса састоји се из сложене мреже гасовода дизајнираних за брз и ефикасан транспорт гаса. Транспорт гаса је у тесној вези са његовим складиштењем, уколико у одређеном тренутку није неопходан за употребу, и тада се чува у одређеним резервоарима док не дође време за његову употребу.

Постоје три врсте цевовода за транспорт гаса:

- магистрални,
- дистрибутивни и
- потрошачки.

Магистрални цевоводи су делови гасовода који повезују велике индустријске потрошаче и градове са извором гаса. Природни гас се сакупља са гасних поља у сабирној станици односно постројењу за прераду гаса, где се врши одвајање пратећих компоненти, и одакле се транспортује магистралним цевоводима до компресорске станице.

Магистрални цевоводи се постављају изван насељених места, железничких станица, морских и речних пристаништа. За изградњу ових цевовода користе се само бешавне цеви од угљеничних и нисколегираних челика. Изградња магистралних цевовода може се вршити подземним постављањем (слика 10.1.а) у ископане ровове у земљи или надземним (слика 10.1.б), при чему се морају додатно термички изоловати.



*Слика 10.1 Магистрални цевовод, а) подземни б) надземни*

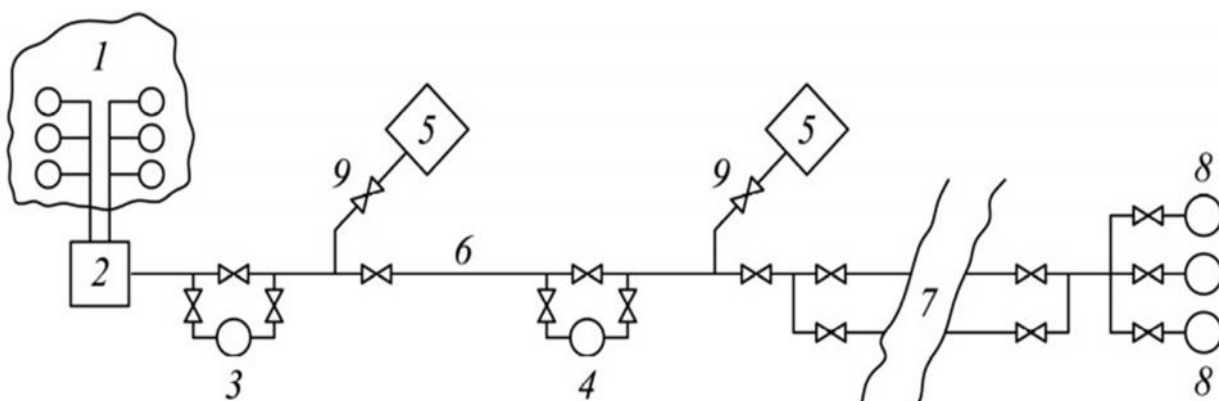
Зависно од вредности радног притиска гаса магистрални гасоводи деле се на:

- гасоводе високог притиска (радни притисак гаса у њима је изнад 25 bar),

- гасоводе средњег притиска (радни притисак гаса у њима је од 12 до 25 *bar*) и
- гасоводе ниског притиска (радни притисак гаса у њима је до 12 *bar*).

Дужина магистралних гасовода креће се од десетак километара, па до неколико хиљада километара. Пречник им је од 150 до 1420 *mm* и више. Годишњи капацитет им је обично од десет до тридесет милијарди  $m^3$ .

Елементи једног комплетног магистралног гасовода приказани су на слици 10.2. Дуж трасе магистралног гасовода постављају се на сваких 20—25 *km*, станице за одржавање и ремонт објеката који се налазе у саставу гасовода. Ради заштите од корозије и гасоводи се премазују средствима која зависе од геолошког састава терена у које је цевовод положен.



**Слика 10.2** Шема магистралног гасовода: 1-гасно поље са сабирним цевоводима, 2-сабирна станица, 3- главна компресорска станица, 4-помоћна компресорска станица, 5-станица за дистрибуцију гаса, 6-цевовод са арматуром, 7-прелаз преко реке, 8-резервоари за гас, 9- одводни цевоводи

## 10.1 Конструкција гасовода

За изградњу магистралног гасовода могу се употребити само челичне цеви од угљеничних или нисколегираних челика са димензијама и по квалитету који одговарају за транспорт гаса. Избор цеви и материјала за цеви мора се извршити према важећим нормативима и стандардима, тако да се одржи структурални интегритет цевовода под температуром и другим условима који се могу предвидети, да се обезбеди отпорност материјала на медијум који се транспортује и да се обезбеди херметичност и еластичност система.

За гасоводе морају се употребљавати искључиво стандардни челични елементи као што су: колена, лукови, Т-комади, прелази, капе и други елементи за чеоно и бочно заваривање на цеви, изграђени од истог или одговарајућег материјала. Притисак разарања цевног елемента мора бити већи од притиска разарања цеви са којом је елемент спојен.

Поред стандардних елемената који су горе наведени у цевовод се могу уграђивати лукови, израђени хладним савијањем цеви, с тим што није дозвољено уграђивање набораних или спљоштених лукова.

Дебљина зидова за гасоводе мора бити таква да цев, поред унутрашњег притиска гаса, може да издржи и сва спољна оптерећења којима је изложена, ако она нису на одговарајући начин отклоњена. Цеви гасовода морају бити на одговарајући начин заштићене од спољних

оптерећења и топлотних утицаја тако да је омогућена њихова дилатација. Рачунски притисак израчунава се према следећој једначини:

$$p = \frac{2 \cdot s \cdot k \cdot t}{D \cdot V \cdot T} \quad (10.1)$$

где је:

$p$  – рачунски притисак ( $bar$ ),

$k$  – минимална граница развлачења ( $N/mm^2 = MPa$ ),

$D$  – спољни пречник цеви ( $mm$ ),

$t$  – дебљина цеви ( $mm$ ),

$s$  – коефицијент сигурности:  $s$  = минимална граница развлачења \ максимално дозвољено ободно напрезање

$V$  – фактор уздужног и спиралног вара (обавезно = 1),

$T$  – фактор температуре.

Табела 10.1 Фактор температуре  $T$

| Температура гаса                    | Фактор температуре ( $T$ ) |
|-------------------------------------|----------------------------|
| До $120^{\circ}C$                   | 1,000                      |
| Од $120^{\circ}C$ до $150^{\circ}C$ | 0,965                      |
| Од $150^{\circ}C$ до $175^{\circ}C$ | 0,935                      |
| Од $175^{\circ}C$ до $200^{\circ}C$ | 0,905                      |
| Од $200^{\circ}C$ до $225^{\circ}C$ | 0,875                      |

При прелазу гасовода преко већих нагиба терена мора се израдити посебан прорачун свих сила које делују на цевовод и предвидети анкерисање цевовода, а при пролазу кроз клизишта мора се на основу геолошког испитивања земљишта, извршити санација клизишта и израдити детаљан пројект уградње цевовода. Изградња прелаза гасововода преко железничке пруге и железничког моста није дозвољена, осим у изузетним случајевима у којима се мора прибавити посебна сагласност од надлежних органа или организација које управљају пругом или мостом.

При пројектовању и извођењу цевовода мора се водити рачуна о томе да цевовод буде довољно еластичан да би могао преузети топлотна напрезања која се могу јавити у цевоводу и његовим деловима и омогућити слободну дилатацију цеви.

За гасоводе се морају употребити челични запорни органи (вентили, славине, засуни, затварачи и сл.) прирубнице и прирубни чки спојеви који су по конструкцији и квалитету материјала намењени транспорту гаса, а израђени су према одговарајућим нормативима и стандардима.

Ако се запорни органи уграђују под земљом, морају се са цевоводом спојити заваривањем. Ако се у подземни цевовод уграђују запорни органи са прирубничким спојевима, морају се поставити у бетонско окно довољних димензија да се може вршити контрола и руковање тим запорним органом. Запорни органи уграђени под земљом морају бити опремљени продуженим вretenом довољне дужине да ручица или редуктор за руковање буде на висини од 80 *cm* изнад површине терена. Подземни и надземни цевовод на месту спајања са другим

цевоводом, као и на месту изласка цевовода на површину тла морају имати чврст ослонац да би се спречило померање прикључка. Ослонац надземног цевовода мора бити израђен од негоривог материјала и изведен тако да осигурава слободна истезања цевовода.

## 10.2 Гасне компресорске станице

Компресори на магистралним гасоводима имају задатак да повећају притисак гаса ради даљег транспорта. Кретању гаса кроз цевовод супроставља се сила трења, услед чега долази до пада притиска па је гасу потребна додатна енергија да се одређена количина гаса допреми до потрошача. Због тога се уз магистрални гасовод за одређене деонице постављају компресорске станице (слика 10.3). Основна изведба компресорске станице садржи:

- против пожарне шахтове са вентилима (улазни и излазни),
- сепараторску групу,
- компресорску групу,
- мерну групу,
- уређаје за заустављање рада, затварање гаса и искључење енергије којима се рукује са најмање два места, од којих једно мора бити изван пожарне зоне,
- запорну, сигурносну, контролну и осталу арматуру,
- неповратне излазне вентиле,
- алармно-сигурносне уређаје за повећану концентрацију гаса.



*Слика 10.3 Компресорска станица*

Компресорска станица гради се далеко од насеља из безбедносних разлога и због буке. У компресорске станице уграђују се компресори конструисани према капацитету гасовода (називни проток и називни притисак). Они могу бити:

- клипни,
- ротациони и
- турбо компресори.

**Клипни компресори** користе се код гасовода са малим протоком и високим притиском.

**Ротациони компресори** користе се код гасовода са великим протоком и средњим и високим притиском.

**Турбо компресори** користе се за веома високе протоке и притиске.

Компресори се уграђују у паралелној вези (радни и резервни) и обавезан је против-повратни вентил и заобилазни вод због повратног дејства. За погон компресора најчешће се користе гасни мотори или електромотори. Подмазивање код компресора је централизовано и најчешће аутоматизовано.

У нормалним условима снабдевање електричном енергијом врши се из градске мреже. Потрошачи који су битни за обезбеђење континуалног рада компресорске станице, или за затварање у случају нужде прикључени су на интерни систем за напајање без прекида. У том случају при нестанку струје из градске мреже, акумулатор преузима краткотрајно напајање неких виталних система. За случај дужег нестанка струје компресорске станице су опремљене једним или више генератора које покрећу гасне турбине. За погон се користи гас из гасовода преко регулационе станице са котларницом и грејачима.

Станица мора да се снабдева водом за хлађење компресора и погонских машина, као и питком водом. У том циљу се станица, уколико у близини нема погонског извора текуће воде, опрема системом снабдевања са расхладном кулом. Све пумпе које омогућују водоснабдевање и циркулацију расхладне воде смештене су у пумпној станици.

Пре увођења у компресоре, гас мора да буде очишћен од прашине и ослобођен присуства воде, па се и за то предвиђају одговарајући уређаји. Уколико то није учињено у сабирној станици, предвиђају се још и уређаји за одсумпоровање и сушење гаса, као и за издвајање угљен-диоксида. У принципу, компресорска станица функционише аутоматски, па се задатак руковооца своди на надгледање њеног рада и праћење сигурносно-безбедносне ситуације. Подразумевају се редовне провере, прегледи, контроле и испитивања према важећим техничким прописима.

Након компресорске станице поставља се примопредајна мерно - регулациона станица, чија улога је да повеже доводни магистрални и разводни дистрибутивни цевовод, редукује и регулише притисак на излазни од 6 - 7 бара и мери проток природног гаса. ППМРС се изводе као засебни грађевински објекти који су ограђени оградом око опасне зоне.

### 10.3 Блок станице на гасоводу

Гасовод мора бити опремљен запорним органима смештеним на таквим међусобним размацима да удаљеност од било које тачке цевовода до најближег запорног органа за одређене разреде појаса износи највише и то:

- за појас I разреда – 16 km,
- за појас II разреда – 12 km,
- за појас III разреда - 6 km,
- за појас IV разреда – 4 km.

## 11. Складиштење природног гаса

Природни гас се примарно користи за производњу електричне енергије и грејање простора. У многим деловима света потражња има сезонски карактер. Најчешће, више се гаса троши током хладних месеци него током топлих. Међутим, потражња за електричном енергијом се лети повећава и због све веће употребе уређаја за климатизацију. Осим тога, локална потражња за електричном енергијом варира током једног дана - најчешће је повећана током дана, а смањена током ноћи. Периоди вршне потрошње могу трајати само пола сата, но дистрибутери електричне енергије морају у сваком тренутку бити спремни и у случају потребе доставити додатне количине енергије.

Произвођачи електричне енергије који као погонско гориво користе гас, тај гас морају купити. Дугорочни уговори са добављачима осигуравају базичну производњу електричне енергије, но сезонска потражња која варира, узрок је додатних улагања односно куповине додатних количина гаса. Када је потражња мања, те се количине продају на тржишту или се складиште. Добављачи гаса често потписују такозване "узми или плати" уговоре с извозницима гаса, нафтним или гасним компанијама или с власницима гасовода. Тим дугорочним уговорима, купац се обавезује да плати договорене количине гаса иако је потражња на тржишту мала. У време велике потражње, добављачи исто купују гас, но уколико се она смањи, често се одлучују на складиштење, како би продали гас по већој цени.

Подземно складиштење гаса важан је начин контролисања цене тог енергента на тржишту. Складиштење као такво, важан је део ланца који се протеже од експлоатације и производње до дистрибуције, те, на крају, до потрошача. Постоји много компанија које се баве само складиштењем и трговином гаса. Њихова складишта су најчешће повезана гасоводом са више добављача и дистрибутера. Иако се чини изненађујуће да се природни гас утискује назад у лежиште након што је уложено толико пуно времена, труда и новца за његову производњу, подземна складишта гаса имају важну улогу у снабдевању природним гасом. Успешно се употребљавају већ стотињак година како би се успоставила равнотежа између потражње и снабдевања гасом. Складиштење гаса је неопходно и у смислу настанка неког инцидента који би спречио производњу или испоруку гаса. Број гасних складишта у свету се стално повећава, а нарочито након нестабилности које се периодично јављају на тржишту нафте и гаса.

Транспортни систем природног гаса подложен је великим дневним, месечним и годишњим променама у односу између снабдевања и потражње. С друге стране, произвођачи и дистрибутери желе да снабдевање гасом буде константна у свако доба. Потрошачима је гас потребан само у одређеним тренуцима (за време кувања, грејања). Подземна складишта гаса омогућавају задовољавање потражње потрошача у случајевима кад је потражња већа од количине гаса која се налази у дистрибутивној мрежи.

На слици 11.1 приказан је пример годишњег кретања потребе за гасом на месечној бази у подручјима које карактеришу климатски услови слични онима у Републици Србији.



Слика 11.1 Дијаграм потражње гаса по месецима

Овакав пример потрошње типичан је за сезонско складиштење гаса, када се подземно складиште гаса пуни за време летњих месеци, а празни за време зимских. Складишта гаса описане намене називају се **сезонска складишта**.

У неким земљама дневне промене могу бити већих размера него годишње. Због тога је потребно дневно складиштење гаса, с тим да се гас утискује у складиште током ноћи, а користи се ујутро и предвече, па се таква складишта често називају **дневна складишта гаса**. У изузетним ситуацијама вршне потрошње, користе се посебна складишта гаса где се велике количине гаса дистрибуирају у кратком периоду (неколико дана). Оваква складишта се користе у најхладнијим зимским данима, с тим да се допуњују у летњим месецима, а називају се **складишта за покривање вршне потрошње**.

Прекиди снабдевања су углавном узроковани техничким проблемима (отказивање компресорских станица или проблеми с гасоводом), а у случају међународног транспорта и дистрибуције прекид снабдевања могу узроковати политички разлози (нпр., случај између Украјине и руске компаније Газпром у зиму 2008.-2009.). Да би се у таквим ситуацијама осигурале довољне количине гаса, користе се тзв. **стратешка складишта гаса**. Гас из таквих складишта не мора се употребљавати неколико година, осим у ванредним ситуацијама. Замишљени сценарио оваквих складишта се заснива на претпоставци да би прекид снабдевања могао потрајати 2-6 недеља. Пуњење оваквог типа складишта није временски условљено.

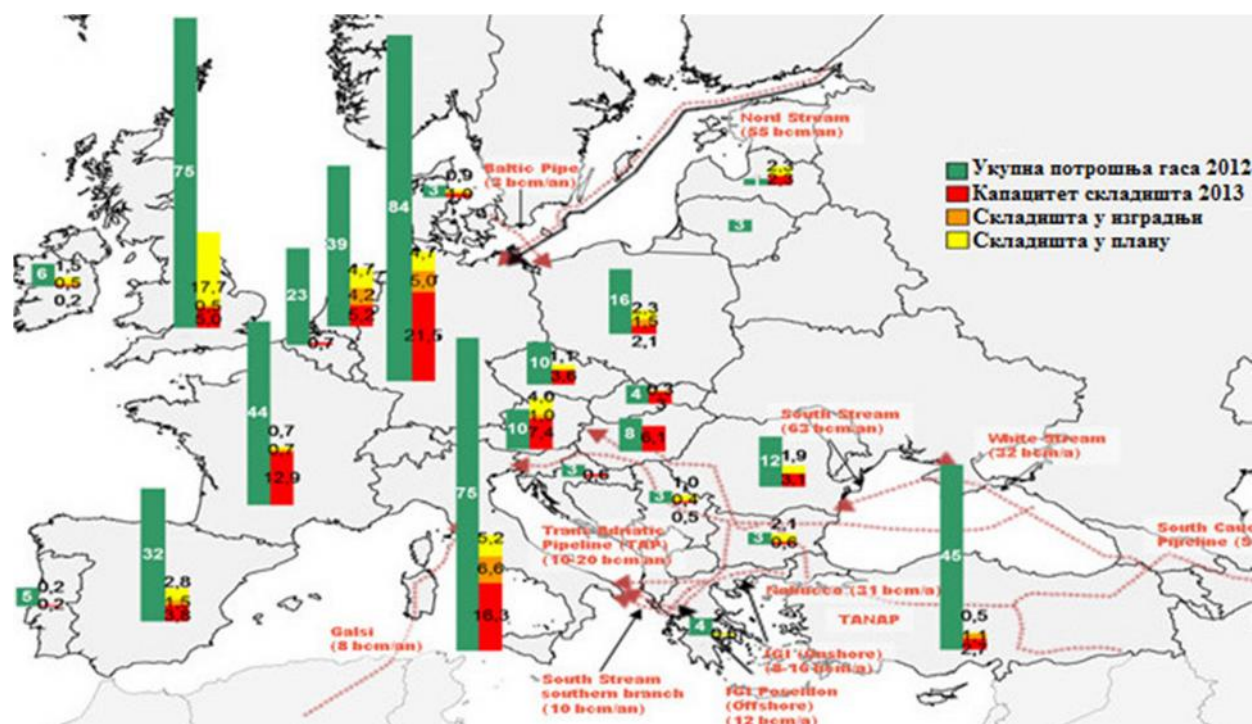
Како би се осигурале потребне количине гаса, складишта се често налазе близу гасних поља. Такви облици складишта се називају **производна складишта**, а сврха им је сигурна испорука гаса у дистрибутивну мрежу (гасовод). У таквим случајевима, производња гаса углавном није константна, него је повезана с производњом нафте, те често зна бити прекинута због различитих фактора (нпр., у Мексичком заливу због урагана). Сви наведени облици складишта употребљавају се у свим земљама света и на свим тржиштима гаса.

## 11.1 Подземно складиште гаса

Потреба за подземним складиштима гаса је све већа због променљиве потребе за тим енергентом. Технике и технологије које се користе код пројектовања, изградње те надгледања подземних складишта гаса већином потичу из нафтне индустрије.

Прво подземно складиште отворено је 1915. године у Онтарију, Канада. 1916. године поље Зоар, близу *Buffala, New York*, постало је прво подземно складиште гаса у САД-у које је и данас активно. Гас се у складиште утискивао током лета, а експлоатисао се током зиме. У исто време, 1916. године, компанија *Deutsche Erdoel AG* патентирала је израду бушотина у сланим кавернама у сврху утискивања односно складиштења сирове нафте и дестилата. Током следећих деценија, није било великог напретка у технологијама складиштења, но 1950. године у Америци је дошло до нових активности. Те је године, кондензат по први пут ускладиштен у хемијски обрађену слану каверну на пољу *Keystone, Texas*. 1961. године пећину у наслагама соли у *Marysville, Michigan*, САД, постала је прво складиште за природни гас тог типа. Ови пројекти складиштења покренути су у сврху испоруке гаса растућим центрима популације (градовима) и то када је потражња почела премашивати капацитете постојећих гасовода и нафтовода. Прва каверна добијена отапањем соли у солној доми постала је складиште природног гаса током 1970-тих година и то у сврху испоруке гаса током разних урагана када производња из Мексичког залива није била могућа. Слична складишта су изграђена у сврху складиштења стратешких резерви виђених као питање националне безбедности. Тренутно, широм света постоји 628 различитих подземних складишта гаса. Отприлике две трећине налази их се у Сједињеним Америчким Државама, а већина осталих смештена је у Европи. Складишта се најчешће налазе у исцрпљеним лежиштима нафте и гаса или у аквиферима, док су остали типови складишта много ређи.

У Европи је 2012. године регистровано 148 подземних складишта гаса укупног капацитета складиштења 98,7 милијарди  $m^3$  гаса.



Слика 11.2 Подземна складишта гаса у Европи

У табели 11.1 приказани су земље са бројем подземних складишта и радном запремином гаса.

Табела 11.1 Капацитет и број подземних складишта у свету

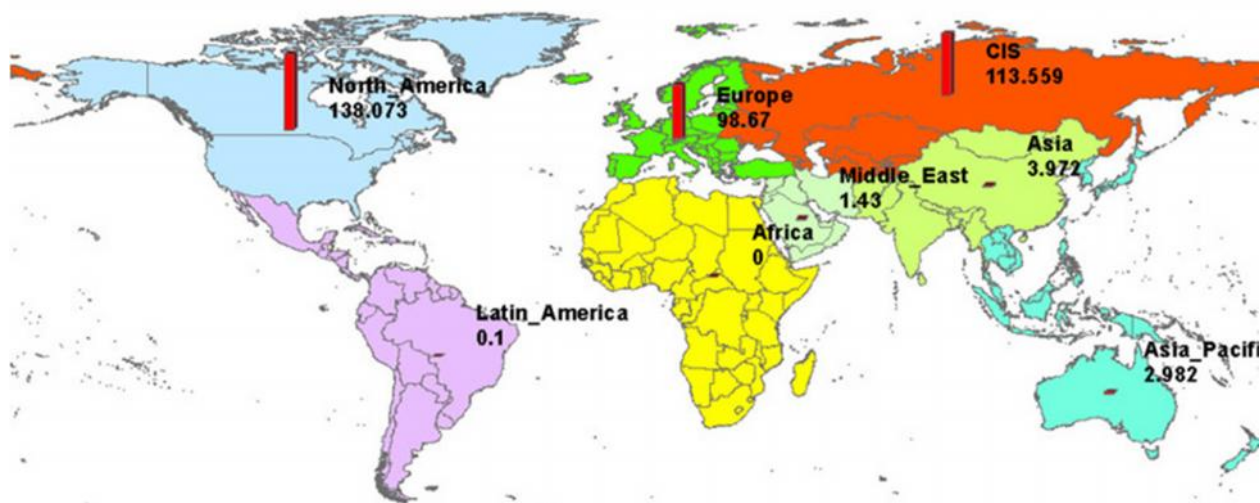
| Земља                                                                                                              | Број подземних складишта | Укупна инсталирана запремина радног гаса $\times 10^9 \text{ m}^3$ | Земља           | Број подземних складишта | Укупна инсталирана запремина радног гаса $\times 10^9 \text{ m}^3$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1. САД                                                                                                             | 419                      | 121.40                                                             | 20. Пољска      | 8                        | 2.70                                                               |
| 2. Русија                                                                                                          | 22                       | 65.62                                                              | 21. Летонија    | 1                        | 2.30                                                               |
| 3. Украјина                                                                                                        | 13                       | 32.78                                                              | 22. Турска      | 2                        | 1.90                                                               |
| 4. Немачка                                                                                                         | 46                       | 20.33                                                              | 23. Бугарска    | 2                        | 1.65                                                               |
| 5. Италија                                                                                                         | 12                       | 17.44                                                              | 24. Аустралија  | 4                        | 1.61                                                               |
| 6. Канада                                                                                                          | 56                       | 16.68                                                              | 25. Иран        | 2                        | 1.43                                                               |
| 7. Француска                                                                                                       | 16                       | 12.60                                                              | 26. Белорусија  | 3                        | 1.16                                                               |
| 8. Аустрија                                                                                                        | 10                       | 7.45                                                               | 27. Јапан       | 4                        | 1.10                                                               |
| 9. Мадђарска                                                                                                       | 6                        | 6.28                                                               | 28. Данска      | 2                        | 1.02                                                               |
| 10. Узбекистан                                                                                                     | 3                        | 5.40                                                               | 29. Белгија     | 1                        | 0.73                                                               |
| 11. Холандија                                                                                                      | 4                        | 5.20                                                               | 30. Хрватска    | 1                        | 0.56                                                               |
| 12. Велика Брит.                                                                                                   | 9                        | 4.82                                                               | 31. Србија      | 1                        | 0.45                                                               |
| 13. Казахстан                                                                                                      | 3                        | 4.20                                                               | 31. Нови Зеланд | 1                        | 0.27                                                               |
| 14. Азербејџан                                                                                                     | 3                        | 4.20                                                               | 32. Ирска       | 1                        | 0.21                                                               |
| 15. Кина                                                                                                           | 9                        | 3.97                                                               | 33. Португал    | 1                        | 0.14                                                               |
| 16. Чешка Реп.                                                                                                     | 8                        | 3.71                                                               | 34. Јерменија   | 1                        | 0.14                                                               |
| 17. Румунија                                                                                                       | 8                        | 3.51                                                               | 35. Аргентина   | 1                        | 0.10                                                               |
| 18. Шпанија                                                                                                        | 6                        | 3.38                                                               | 36. Киргистан   | 1                        | 0.06                                                               |
| 19. Словачка                                                                                                       | 3                        | 2.97                                                               | 37. Шведска     | 1                        | 0.01                                                               |
| Укупан број складишта у свету: 694      Укупно инсталирана запремина радног гаса: $359.24 \times 10^9 \text{ m}^3$ |                          |                                                                    |                 |                          |                                                                    |

Подземно складиште гаса (ПСГ) карактеришу радна запремина гаса, потисни гас (гасни јастук), испорука и време потребно за утискивање/црпљење гаса у/из ПСГ.

**Радна запремина гаса** или **радни гас** (енгл. *working gas volume*) је максимална запремина гаса која се може исцрпети из пуног складишта. Та количина гаса може се утиснути у складиште и из њега црпети више пута годишње. Корисна количина гаса ће бити већа што је већи максимално дозвољени притисак у лежишту. Максимални притисак у складишту одређен је чврстоћом покривне стене, односно притиском пробоја. Максимално дозвољени притисак за исцрпљена или делимично исцрпљена гасна лежишта једнак је почетном лежишном притиску, односно ономе који је у лежишту владао на почетку експлоатације, увећан за притисак пробоја. Притисак пробоја одређује се лабораторијски, на узорцима стене добијене језгровањем током израде бушотина.

**Гасни јастук** (енгл. *cushion gas, base gas*) је гас који остаје у ПСГ-у и не може се повући из лежишта. Он одржава минимални притисак у лежишту који је потребан како би црпљење гаса било могуће. Када се као подземно складиште употреби исцрпљено гасно или нафтно лежиште, гасни јастук тек треба формирати утискивањем потребне количине гаса да би се постигао потребан притисак у складишту. Често се уместо потребне количине гаса утискују угљен-диоксид, азот, те гасови чија се употреба све више напушта (рафинеријски, гротлени и сл.) и гасови сагоревања, ако су такви гасови расположиви у довољној количини. Кад се за складиште гаса предвиђа употреба делимично исцрпљеног гасног лежишта, експлоатација гасног лежишта се обуставља кад се лежишни притисак смањи до нивоа која одговара потребама складишта. Тада преостали гас у лежишту чини гасни јастук па запремину гасног

јастука не треба допуњавати. Природни гас у гасном јастуку је заробљен све до ликвидације складишта. Потисни гас је у власништву оператора складишта. Сума потисног гаса и употребљивог гаса се често назива **инвентар складишта**.



Слика 11.3 Радна запремина гаса у свету изражена у милијардама  $m^3$

**Оброк црпљења** је количина гаса која се може повући из складишта у одређеном времену. Углавном је константна током црпљења када се у складишту налази велика количина гаса, а смањује се када услед црпљења дође до смањења притиска у лежишту или каверни.

**Оброк утискивања** гаса је супротан црпљењу гаса из складишта, те се изражава као количина гаса која се може утиснути у складиште у одређеном времену. Ова количина се смањује са попуњавањем складишта.

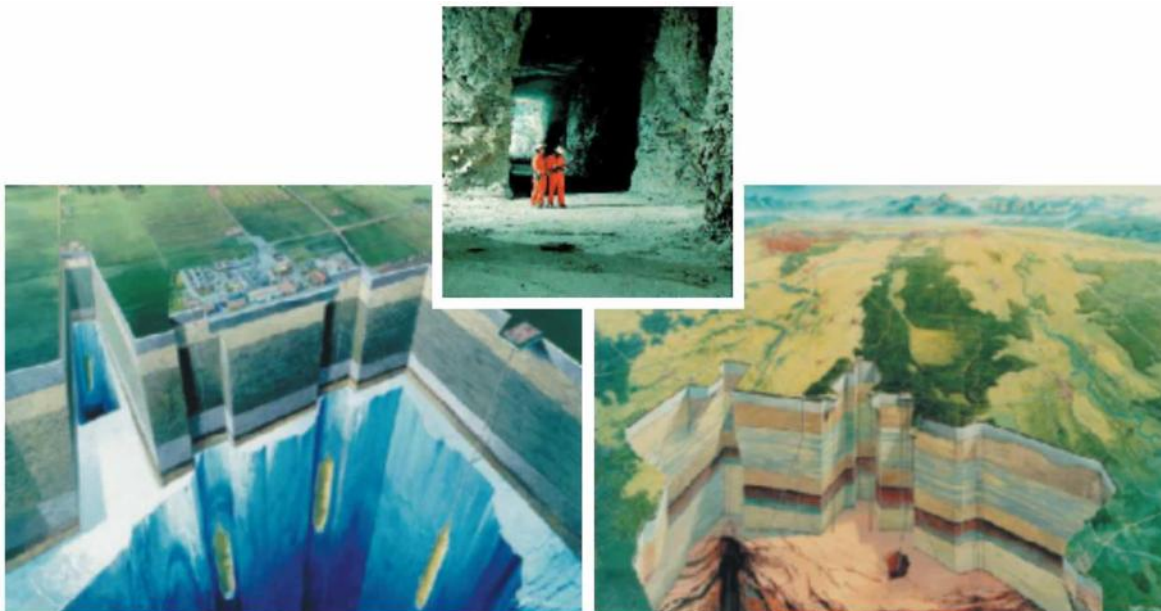
**Време рада складишта** је однос између радне запремине и оброка црпљења или радне запремине и оброка утискивања, а посредно показује ефикасност постројења. Време рада одређених складишта је прилично дуго (60 до 120 дана), а за време вршне потрошње је релативно кратко (1 до 20 дана), и може бити тек неколико сати.

#### 11.1.1 Облици подземних складишта

Подземна складишта могу бити израђена у наслагама соли, исцрпљеним нафтним и гасним лежиштима, те напуштеним рудницима (слика 11.4). За сваки пројекат израде складишта потребна је петрофизичка и механичка карактеризација посматраног лежишта. Код наслага соли битно је испитати њихову чврстоћу и запремину. Код лежишта која се налазе у порозним стенама битно је видети да ли су затворена, те да ли имају одговарајућу порозност односно пропустљивост, будући се током периода складиштења, односно експлоатације очекује велики проток гаса.

Два веома важна параметра за сваки тип складишта су радна запремина гаса, односно укупна количина гаса коју је могуће произвести (црпети) из лежишта, те максимална испорука коју је могуће остварити током дефинисаног временског периода. Максимална испорука гаса ограничена је отпорима протицању, а зависи од отпора који се јављају услед протицања у бушотини и порном простору. Конструкција бушотина кроз које се утискује/црпи гас из подземних складишта мора бити таква да бушотина издржи велике притиске утискивања,

велике добаве, те брзе и честе промене тока (од утискивања до производње). Подземна складишта гаса, за разлику од конвенционалних лежишта нафте и гаса имају дуготрајан радни век од чак 80 година, па и дуже.



*Слика 11.4 Подземна складишта конструисана у формацијама соли (лево), напуштеним рудницима (средина) и лежишним стенама (десно)*

#### **11.1.1.1 Складишта природног гаса у делимично исцрпљеним лежиштима**

##### **Складиштење у гасна лежишта**

Већина постојећих подземних складишта налази се у исцрпљеним гасним лежиштима. Предност оваквог типа складишта представљају добро познате карактеристике лежишта у које се утискује гас. То не значи да је било које искоришћено гасно лежиште повољно за складиштење. Основне карактеристике које одређују да ли је неко лежиште прикладно да буде складиште гаса су:

**1) Непропусност лежишта** - иако гасна лежишта имају способност задржавања гаса, након одређеног времена може доћи до промена у геолошким формацијама које могу резултирати губитком гаса из лежишта. Разлози губитка гаса из лежишта могу бити фрактурирања стена због превеликог притиска, продор гаса у суседне формације или лоша веза између цементног камена и колоне заштитних цеви.

**2) Величина лежишта** - геолошки је ограничена, с тим да би лежиште требало бити довољно велико за смештај радне запремине гаса и потребног гасног јастука. Величина лежишта не би требала бити превелика јер ће онда бити потребна превелика количина потисног гаса (гасног јастука) те ће пројекат бити економски неисплатив.

**3) Својства лежишта** - шупљикавост, пропустљивост и дебљина лежишта нису само својства која утичу на понашање бушотине већ и на кретање гаса према бушотини и од ње дубље у лежиште. Брзине кретања гаса у ПСГ у лежиштима су често неколико пута веће од брзина

које су карактеристичне за производни век лежишта. Запремина гаса који се произведе у периоду од 10 до 20 година, може се утиснути и испразнити из ПСГ-а у периоду од свега 3 до 6 месеци.

**4) Снага аквифера** - многа ПСГ-а не садрже воду те се понашају као резервоар чији је притисак пропорционалан количини гаса у лежишту. Међутим, у лежиштима у којима се испод слоја гаса налази вода (аквифер), вода ће се проширити унутар слоја гаса. У неким случајевима подизање (ширење) слоја воде је толико снажно да се вода у случају смањења запремине гаса у лежишту кроз гасни јастук пробије до производних бушотина. Гасне бушотине могу издржати одређену количину воде, али би превелике количине изазвале гушење бушотине. У неколико ситуација се показало да се у случају када вода из аквифера досегне производне бушотине испорука гаса се смањује због накупљања талога у бушотини. С друге стране подизање нивоа аквифера ће допринети одржавању потребног притиска, те ће се тиме смањити потребна количина гаса у гасном јастуку.

**5) Присуство кондензата у лежишном гасу.** У случају када се ради о лежишту мокрог гаса, са смањењем лежишног притиска долази до издвајања кондензата који остаје у лежишту. Код црпљења утиснутог гаса из складишта, део кондензата ће излазити и с гасом из складишта доћи на површину. У гасу који се црпи из складишта може се налазити и одређена количина воде. Воду и кондензат потребно је на површини издвојити из гаса. Уколико је потребно издвојити само воду проблем се лако решава применом методе апсорпције на основу које се у постројењу вода уклања помоћу триетиленгликола. Поступак је јефтин, а потребно смањење притиска излазног гаса износи само неколико бари. Међутим, уколико из гаса треба уклонити теже угљоводонике потребно је за примену система на принципу Џул-Тхомпсоновог учинка остварити пад притиска између 20 и 40 бара, што резултира мањом производношћу бушотина. Зато се на новијим складиштима за уклањање воде и тежих угљоводоника примењују адсорпцијски системи са силикагелом као адсорбентом. Недостатак система је његова висока цена.

**6) Удаљеност складишта од тржишта.** Удаљеност складишта од система цевовода за снабдевање врло је важно размотрити приликом одабира лежишта погодног за складиштење природног гаса.

### **Складиштење гаса у нафтна лежишта**

Када се гас складишти у нафтним лежиштима, углавном се складишти у гасну капу која је већ присутна у лежишту (то може бити примарна гасна капа и секундарна гасна капа формирана током производње нафте). Понашање оваквих лежишта је врло слично понашању гасних лежишта. Предност складиштења гаса у гасну капу може бити и повећање производње нафте у односу на период пре утискивања. У тренутку складиштења, притисак се може одржавати све док бушотине производе са великом вредношћу односа гаса и капљевине. Тај добијени гас се одмах може утиснути назад у лежиште, у супротном ће вредност гаса и капљевине бити велика само у случају пражњена складишта.

Нафтна лежишта без гасне капе се такође користе као складишта гаса. Припрема лежишта у тим случајевима може трајати неколико година јер је потребно нафту у лежишту заменити гасом, што значи да се та нафта мора прво произвести. У таквим лежиштима складиштење гаса захтева посебну пажњу, јер ако та лежишта садрже нафту то не значи да при истом

притиску могу садржати и гас. Иако су старе бушотине у гасним пољима пројектоване тако да осигурају да нема продора гаса између лежишта, за нафтна поља то често није случај. Због тога складиштење гаса у стара нафтна лежишта представља велики ризик.

#### **11.1.1.2 Складиштење у аквифере**

Аквифер тј. лежиште воде може се претворити у складиште гаса иако је то економски неповољнији начин складиштења гаса у односу на складиштење у делимично исцрпљена лежишта. Наиме, код овог типа складишта потребно је прецизно утврдити изолаторске способности покровних стена. Осим великог броја анализа покровних стена, потребно је спровести и тест утискивања гаса у лежиште јер максимални притисак у аквиферима мора бити већи од почетног лежишног притиска како би се гас могао утискивати у аквифер. Велики притисак утискивања поставља додатне захтеве на конструкцији и цементацији бушотина. Осим тога, обим гасног јастука може износити и до 50% радне запремине складишта. Сви ови подаци упућују на то да је, за разлику од осталих облика складиштења, за складиштење гаса у аквифере потребно више времена и финансијских средстава.

#### **11.1.1.3. Складиштење у соним кавернама**

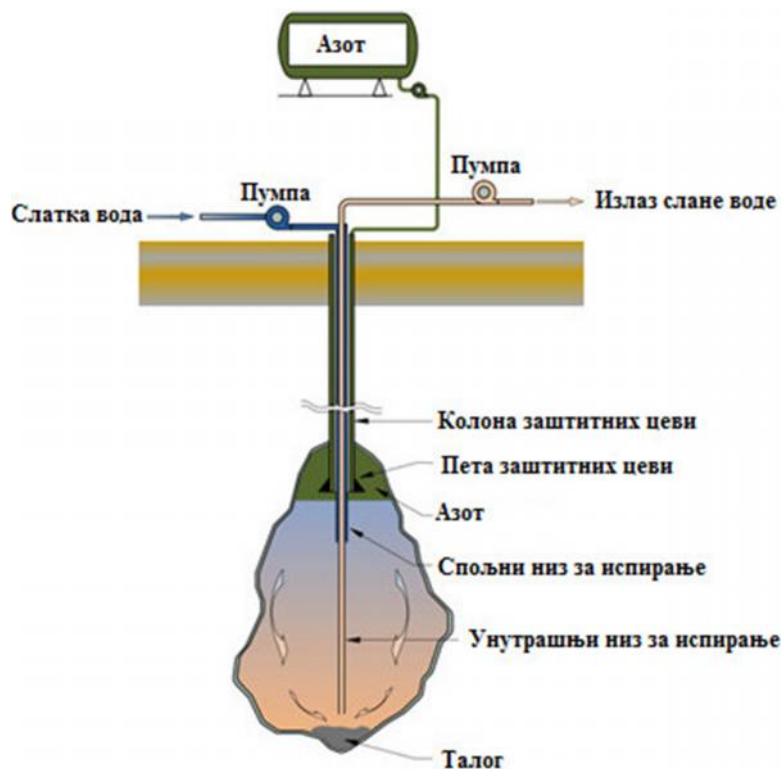
Со има неколико својстава која је чине идеалном за складиштење гаса. Средње је чврстоће и тече пластично, што омогућава затварање пукотина које би иначе могле бити места губљења гаса. Њена шупљикавост и пропустљивост за гасове и текуће угљоводонике је скоро једнака нули, тако да ускладиштен гас не може "побећи" из лежишта. Каверне соли одликују се великом добавом, јер нема пада притиска који се иначе јавља код протицања гаса кроз поре. Уз то складишта у кавернама нису осетљива на тренутну операцију утискивања-производња и обрнуто. Промена између утискивања и производње, код соних каверни је могућа унутар само неколико минута и то при високим испорукама, због чега је овај тип лежишта најзанимљивији трговцима гасом. Најчешће се за складиштење гаса израђују каверне на дубинама између 1000 и 15000 метара.

Стабилност каверне ће зависити од њеног облика, висине и од максималног и минималног дозвољеног радног притиска. Максимални притисак мора бити мањи од слојног притиска и од притиска фрактурирања соли, док минимални притисак износи 20 до 35% укупне вредности максималног притиска. У подземљу се могу наћи и структуре у којима се слојеви соли (евапорати) смењују са другим типовима стена, но такве акумулације најчешће садрже анхидрите и вапненце, те доломите који нису растворљиви. Због тога је најпожељније да је лежиште у облику хлороводоничне доме. Солне доме хомогеније су од наведених лежишта и пожељније за складиштење јер се лакше растварају те могу садржати веће каверне. Код истраживања наслага соли примијењују се електромагнетна, сеизмичка и гравиметријска мерења и то зато јер се проводљивост, брзина ширења таласа кроз со и њена густина битно разликују од карактеристика стена које је окружују. Језгровање је потребно у сврху откривања структуре и састава саме соли.

Механичка својства лежишта су врло важан фактор при дизајнирању подземних складишта гаса. Теоретским прорачунима могуће је одредити да ли ће одређено лежиште садржати каверне за складиштење. Уз то, битно је знати структуру и чврстоћу лежишта, те облик и позицију лежишта. Исто тако, потребно је знати које и какве се формације налазе између каверни, као и максималне радне притиске које сама пећина и стене око ње могу издржати. Со

се пластично деформише у релативно малом времену, што објашњава њену одличну способност затварања пукотина односно херметичност. То физичко својство осигурава да се при високим притисцима могуће фрактуре саме од себе брзо затворе, али ће се због тога својства запремина каверни с временом смањивати.

Језгра се испитују да би се установила оптимална метода којом би се хемијским путем (отапањем) створиле каверне у лежишту соли. Солне каверне настају отапањем (испирањем) соли водом уз примену рударских техника. Поступак израде каверне приказан је на слици 11.5.



Слика 11.5 Поступак израде каверне

Кроз одговарајућу наслалу соли изради се бушотина дефинисане конструкције. Након цементације последње колоне заштитних цеви у бушотину се спуштају два низа за испирање - спољни и унутрашњи. Део колоне у прстенастом простору између спољног низа за испирање и колоне заштитних цеви испуни се азотом да се спречи отапање соли око и на дну пете заштитних цеви. У типичну конструкцију бушотине при бушењу лежишта соли спада уводна колона пречника (28"), уколико је потребно, прва техничка колона пречника (24" или 20"), друга техничка колона пречника (18 ½" или 16"), и коначно, трећа техничка колона пречника (13 3/8 или 11") која је зацементирана испод врха наслаг соли. Производне и утисне колоне обешене су о задњу техничку колону. Пре него се започне са утискивањем воде у лежиште, треба испитати херметичност бушотине. Током процеса производње и утискивања, односно складиштења гаса, највећи диференцијални притисци се јављају у пети последње колоне, тако да је то место на коме је за време испитивања потребно постићи највеће притиске.

При изради складишта, у бушотину се утискује чиста (слатка) вода, док се истовремено из ње производи слана, односно отпадна вода. У поступку израде каверне, слатка вода се утискује у бушотину кроз један од низова, док се слана вода производи кроз други низ. Облик каверне

контролише се променом дубине спуштања низова за испирање, дубином изолационог ступца у прстенастом простору, те добавом и смером протока воде.

Израда каверне може трајати од неколико месеци до неколико година. Истом бушотином ће се одвијати процес складиштења и производње природног гаса. Приликом бушења кроз лежишта соли и исплака мора бити засићена сољу да не би дошло до превременог отапања, односно стварања мањих каверни унутар лежишта, а пре постизања жељене дубине. Слана вода произведена током процеса утискивања и обликовања самог складишта најчешће се користи у хемијској индустрији за производњу соли или се одлаже у море ако је то дозвољено. Ако није, утискује се у друге формације. У неким случајевима, отпадна слана вода одлаже се у напуштене руднике соли. Нерастворљиви остаци из камене соли засићени су водом и налазе се на дну каверне. Након што се каверна испуни сувим гасом, вода с дна каверне испарава, меша се са гасом и заједно с њим производи. Смањењем притиска при производњи, из сада мокрог гаса, издвојиће се хидрати, због којих може доћи до зачепљења тубинга. Да се то не би догодило, потребно је пратити вредности притиска у каверни, температуру те влажност гаса.

Време потребно за формирање каверне зависи од растворљивости саме соли и запремине каверне која се жели постићи. Уколико се складиште израђује у наслагама соли (халита), често се између њих налазе слојеви од нетопивог материјала као што је пешчар, лапор или доломит. Због тога ће запремина таквих каверни бити мања од запремине каверни израђених у секцијама соли (соним домама). Каверне у соним домама могу бити високе неколико стотина метара са пречником између 50 и 80 метара, па њихова запремина може бити између 300 000 и 700 000  $m^3$ . За разлику од њих, запремина каверни израђених у слојевима соли је између 100 000 и 300 000  $m^3$ .

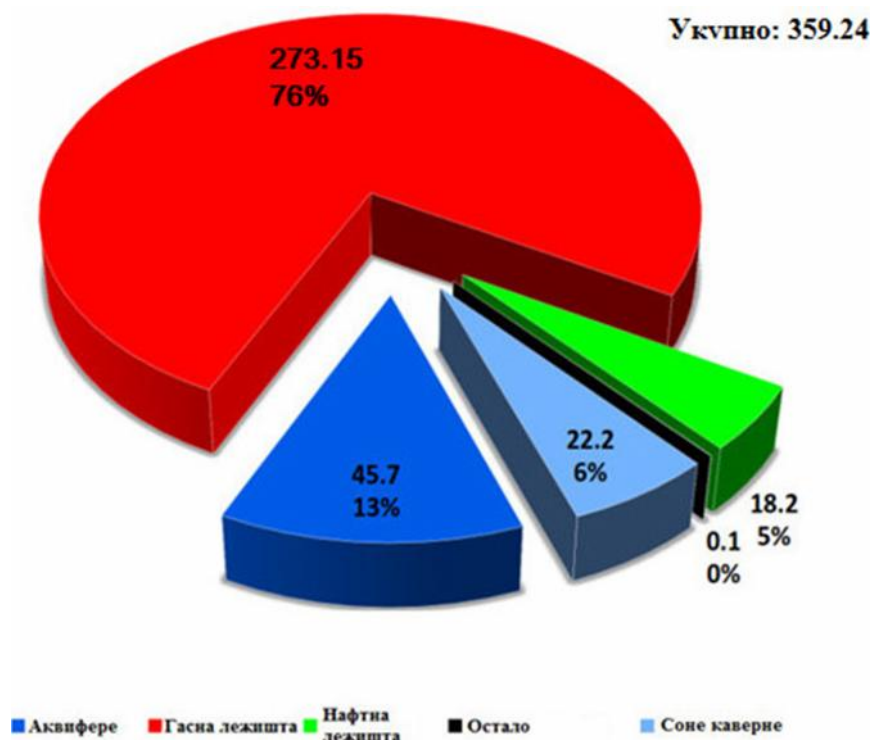
Пример подземног складишта гаса овог типа налази се у Нутермору, у Немачкој. Ово лежиште имало је идеалне услове за градњу подземног складишта: со високог квалитета, позиционирано је близу дистрибутивног гасног система, доступност бесплатне свеже воде и могућност испуштања слане воде у залив реке Емс. Каверне у том складишту високе су 400, а широке 75 метара. Укупно их је 18, а обим им је око  $8,5 \times 10^6 m^3$ , те се у њих може ускладиштити око  $1,3 \times 10^9 m^3$  природног гаса од чега 80% отпада на радну запремину, а 20% на гасни јастук. Минимални радни притисак је око 30 бари, а максимални око 150 бари. Ово складиште је стратешки битно за Немачку јер осигурава велики удео гаса у потрошњи земље.

#### **11.1.1.4 Остали облици подземних складишта гаса**

То могу бити напуштени рудници. Први такав објекат је био рудник у близини Лоуренцебурга (Lawrenceburg) у Индијани, САД-у (1952.). 1970. године рудник соли у близини *Burggraf-Bendorf*-а у Немачкој је претворен у складиште гаса. Складиштење гаса у руднике угља је такође било испробано у Денверу (1959-2003) и у два рудника у белгијским Арденима између 1975. и 2000. године. Главни проблем оваквог облика складиштења је била немогућност задржавања гаса у складишту. па ова складишта нису више у употреби. Два складишта гаса изграђена су у кавернама ископаним у чврстим стенама. Близу Хаје у Републици Чешкој, у граниту је на дубини од 1000 метара направљен низ тунела укупне дужине 45 километара користећи за приступ рударско окно оближњег напуштеног рудника урана. Након затварања рудника у тунел се од 1998. године складишти око  $54 \times 10^6 m^3$  гаса.

У Шведској се од 2004. године гас складишти у каверни израђеној у граниту. Каверна запремине  $40\,000\text{ m}^3$  протеже се на дубини између 100 и 200 метара и обложена је челичном облогом да се спречи миграција гаса. Њена радна запремина је  $8,5 \times 10^6\text{ m}^3$  гаса, а испорука  $960.000\text{ m}^3/\text{дан}$ .

У новије се време разматра израда каверни у кречњачким формацијама помоћу отапања киселином. Поступак израде је још у истражној фази.



Слика 11.6 Радна запремина гаса у свету према типу подземног складишта

### 11.1.2 Праћење стања у подземним складиштима гаса

Сва подземна складишта гаса захтевају неку врсту контроле, односно надзора. Праћење стања у лежишту потребно је да би се осигурала стална испорука. Велике испоруке током производње могу узроковати оштећење наслага стена око производног низа. Слично томе, до оштећења може доћи и приликом утискивања, те честим изменама циклуса утискивања/производња. Мерења, због праћења стања у лежишту, обично се обављају сваке две године и то помоћу теста смањења притиска. Тест се састоји од затварања бушотине на неколико сати док се притисак не стабилизује, те наизменичним отварањем бушотине током следећих 4 до 8 сати. Током теста контролише се испорука уз бележење вредности повећања, односно смањења притиска. Подаци добијени овим тестом могу дати сазнања о садашњој и будућој производности бушотине. Понављањем теста сваке две године могу се открити евентуална оштећења у бушотинском низу или лежишту. Уколико се тест не спроводи редовно, евентуална оштећења неће бити откривена на време, те ће због тога доћи до неповратног смањења производности. Уз то, нередовно тестирање отежава откривање типа оштећења.

Будући да је тест смањења притиска скуп поступак, пречесто тестирање се не исплати. Постоје и новије методе праћења стања у лежишту где се помоћу података добијених

површинским тестовима могу одредити оштећења настала у бушотини током времена. Један од начина којим се континуирано прати стање у бушотини је мерење електричног тока (*енгл. Electric flow measurements-EFM*). Помоћу те методе мере се достава и притисци на бушотинској глави, а измерени подаци се електронским путем шаљу до оператора. Бушотине су повезане компјутерском мрежом, те се сваких сат времена бележе подаци о притиску и протоку, након чега се шаљу до оператора. Оваква честа мерења помажу при откривању проблема, односно оштећења у бушотинама, или, при, нпр. заказивању једног од сигурносних вентила. Осим мерења притиска, експериментише се и са сеизмичким мерењима у сврху надгледања подземних складишта гаса.

Оштећења стена која се најчешће јављају у подземним складиштима гаса су:

- оштећење услед деловања бактерија,
- оштећење услед присуства неорганских честица (спојеви гвожђа, соли, калцијум карбонат),
- оштећење услед присуства угљоводоника, органских остатака и остатака средстава коришћених током експлоатације,
- присуство разних чврстих честица.

Све ове недостатке треба санирати на различите начине уколико се жели повећање производност складишта. Постоје модели који служе за идентификовање типа оштећења те за одабир методе санације. Модел који служи примарно за подземна складишта гаса садржи базе података прикупљених током година, као и посебне буџете и логику. Зависно од улазних података које корисник унесе, програм дијагностикује највероватнији тип оштећења, те предлага начин стимулације бушотине и флуиде који би се требали користити током радова.

## 12. Дистрибуција природног гаса крајњим корисницима

### 12.1 Опис система дистрибуције гаса

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

Дистрибутивни систем гаса се напаја гасом из магистралног гасовода преко разводног гасовода на крају кога је изграђена главна мерно-регулациона станица. У овој станици се обавља редукција притиска са нивоа који влада у магистралном гасоводу на ниво радног притиска у дистрибутивном систему. Код великих градова дистрибутивне мреже гасовода имају велико распрострањење, па се у таквим примерима снабдевање дистрибутивне мреже гасом обавља преко две или више главних мерно-регулационих станица. Систем са две или више главно мерно-регулационих станица, у односу на систем са једном главно мерно-регулационом станицом има гасоводе мањег пречника што чини овај систем економичнијим.

У примерима када се град или насеље снабдева синтетичким гасом извор снабдевања представља постројење за гасификацију угља, уљних шкриљаца, нафте или других горивих материјала. Обично се ова постројења, позната под именом "гасара (плинара)", налазе у непосредној близини града и произведен гас иде из њих директно у дистрибутивни систем града. У овом случају притисак испоруке једнак је притиску дистрибутивног система гаса. Уколико је постројење за производњу синтетичког гаса значајније удаљено од града, односно насељених места, (пример када се гасификација обавља на месту производње угља, шкриљаца) допрема гаса се обавља гасоводима високог притиска. У том случају постоји потреба за главном мерно-регулационом станицом у којој се обавља редукција притиска на ниво притиска дистрибутивног система гасовода.

Од извора снабдевања, односно од главне мерно-регулационе станице, гас се дистрибуира до потрошача преко два система гасоводних мрежа. Један систем гасоводних мрежа служи за допрему гаса од главне мерно-регулационе станице до непосредне близине објекта потрошача, до индустријских, комуналних и стамбених објекта. Овај систем гасовода назива се **дистрибутивна гасна мрежа**. Други систем гасовода служи да преузме гас из дистрибутивних гасовода разведе по објекту потрошача до места коришћења гаса, до трошила. Овај систем се назива **унутрашња гасоводна мрежа, гасоводна мрежа потрошача, или сервисна гасна мрежа**.

У пракси се може срести подела дистрибутивних гасовода, унутар дистрибутивне гасоводне мреже, у односу на функцију коју имају гасоводи у гасоводној мрежи. Тако да се разликују **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. Дистрибутивни гасоводи имају функцију дистрибуирања и испоруке гаса директним корисницима. Напојни гасоводи имају виши радни притисака и често се називају примарним или основним гасоводима.

Дистрибутивни гасоводи, у ужем смислу речи, раде на мањим притисцима од претходних гасовода. Ова подела је у знатној мери условна јер у градским условима практично сви гасоводи имају функцију дистрибуције гаса, па зато није грешка када се градски гасоводи називају дистрибутивним гасоводима. 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 односу на радни притисак гасовода, дистрибутивни гасоводи се деле на:

- гасоводе ниског притиска код којих је радни притисак до  $5\text{ kPa}$ , односно 0,1 бар. (Национални прописи ближе дефинишу нивое притисака у дистрибутивним гасоводима; тако, нпр., у Русији, код снабдевања домаћинства природним гасом, притисак у гасоводима је до  $3\text{ kPa}$ , код снабдевања течним нафтным гасом притисак у гасоводима је до  $4\text{ kPa}$ , док је код снабдевања синтетским гасом притисак у гасоводима до  $2\text{ kPa}$ .),
- гасоводе средњег притиска, код којих је радни притисак до  $0,3\text{ MPa}$ , односно 0,4 Мра,
- гасоводе високог притиска, код којих је радни притисак  $0,6\text{ MPa}$ , односно 1,2 МПа.

**Гасоводи ниског притиска** се користе за снабдевање домаћинства и мањих комуналних објеката. У принципу, ови гасоводи су намењени за снабдевање мањих потрошача јер је снабдевање већих комуналних објеката, котларница или већих потрошача овим системом гасовода неекономично.

**Гасоводи средњег и високог притиска** се користе за напајање дистрибутивне мреже средњег и ниског притиска преко мерно-регулационих станица. Њима се обавља снабдевање индустријских и комуналних потрошача. Према нашим важећим прописима максимални радни притисак гасовода (који пролазе кроз насељено подручје) за снабдевање индустријских потрошача и котларница за централно снабдевање топлотом, износи  $0,6\text{ MPa}$ . Гасоводи високог притиска, до  $1,2\text{ MPa}$ , користе се за напајање гасоводног система високог притиска (до  $0,6\text{ MPa}$ ) у условима када овај систем треба да обезбеди велике количине гаса за потрошаче и када се полагање гасовода може обавити уз обезбеђење потребног нивоа безбедности и сигурности, како по објекат тако и по околину, а што је случај полагања гасовода у подручју града са малом густином насељености. Ови гасоводи се користе и за допрему гаса до складишта уколико систем снабдевања гасом поседује и систем складишта гаса.

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.

Избор дистрибутивног система гаса одређују различити фактори, међу којима су најважнији:

- величина града, или насељеног места које је у плану да се 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.

У градовима постоје потрошачи који имају различите захтеве у погледу притиска. Сектор широке потрошње и комунална потрошња имају потребу за ниским нивоом притиска, док индустријски потрошачи захтевају средњи и високи притисак.

Потреба за системом са средњим и високим притиском се исказује кад је дистрибутивна мрежа гасовода широко распрострањена, када постоји значајно распрострањење градских гасовода и када се испоручују велике количине гаса.

У централним деловима града где је заступљена стара градња и где је велика густина насељености и мања ширина улица, због мера сигурности и безбедности и услова полагања и експлоатације дистрибутивних гасовода, гасоводи високог притиска су непожељни.

Појава више различитих притисака у гасоводима града може се објаснити и тиме што је систем већих градова грађен, прошириван и реконструисан током многих година и што су гасоводи у централном делу града били пројектовани за мањи притисак од притиска за који се у данашњем времену граде гасоводи. Избор система дистрибуције гаса мора бити заснован на техно-економским рачуницама и на условима сигурне и безбедне експлоатације.

**Једностепени систем дистрибуције.** Као што је већ речено код овог система гас се даје свим потрошачима под истим притиском. Притисак у систему може бити низак, а такође и средњи, односно високи притисак. Једностепени системи са ниским притиском се највише користе за снабдевање домаћинстава у мањим градовима и другим насељеним местима на чијој се територији налазе постројења за производњу синтетског гаса. Притисак испорука синтетског гаса из постројења за гасификацију је низак ( $2kPa$ ). Ови једностепени системи ниског притиска су били заступљени у земљама Европе између два рата. Недостатак овог система је изградња цевовода великих пречника и мала акумулациона моћ система што представља проблем задовољења неравномерних потреба потрошача. Из тог разлога саставни елемент овог система чини резервоарски простор за гас. Достигнути технолошки и безбедносни ниво транспорта и дистрибуције природног гаса је учинио да се ови системи практично у новим насељима и градовима данас не користе.

Једностепени системи средњег и високог притиска могу обезбедити снабдевање гасом не само мањих, већ и великих градова. Треба имати у виду да уградња прикључака на гасоводима средњег или високог притиска чини одређене потешкоће и у неким сличајевима ова уградња прикључака може довести и до искључења гасовода, односно до прекида снабдевања гасом. Једностепени системи са повећаним притиском су најцелисходнији за примену у одвојеним рејонима или селима где нема велике густине насељености и где је велика површина простора на коме се гради мрежа. У том случају примена система ниског притиска би водила ка

уградњи цеви великог пречника, а код двостепеног система било би потребно градити паралелне гасоводе са различитим притиском, средњег и високог нивоа, што није повољно. Примена једностепеног система високог притиска треба да буде оправдана и проверена како са аспекта изградње тако и са аспекта експлоатације и сигурности и безбедности рада у сваком конкретном случају.

**Двостепени систем** у данашње време има највећу примену. Он се примењује како код малих, тако и код великих градова. Основни елементи овог система су гасоводи ниског притиска (први степен), гасоводи средњег или високог притиска (други степен) и мерно-регулационе станице преко којих се мреже гасовода напајају.

**Гасоводи ниског притиска** су намењени за снабдевање домаћинстава и мањих комуналних објеката.

**Гасоводи средњег или високог притиска** служе за дистрибуцију гаса по граду и напајају мреже ниског притиска преко мерно-регулационих станица. На ове гасоводе су спојени комунални објекти, индустријски потрошачи и котларнице система за централизовано снабдевање топлотом.

Код снабдевања природним гасом увек се тежи да гасоводи другог степена буду гасоводи високог притиска јер се тиме смањују пречници гасовода а неопходан притисак се обезбеђује преко главне мерно-регулационе станице из магистралног гасовода. Из истих разлога се тежи да први степен буде гасоводни систем средњег притиска, уместо ниског притиска. Данас је код нас пракса да се домаћинства и мањи комунални објекти снабдевају гасоводима са притиском до  $0,4\text{MPa}$ , док се индустријски потрошачи и топлане снабдевају гасоводима са притиском  $0,6\text{MPa}$ .

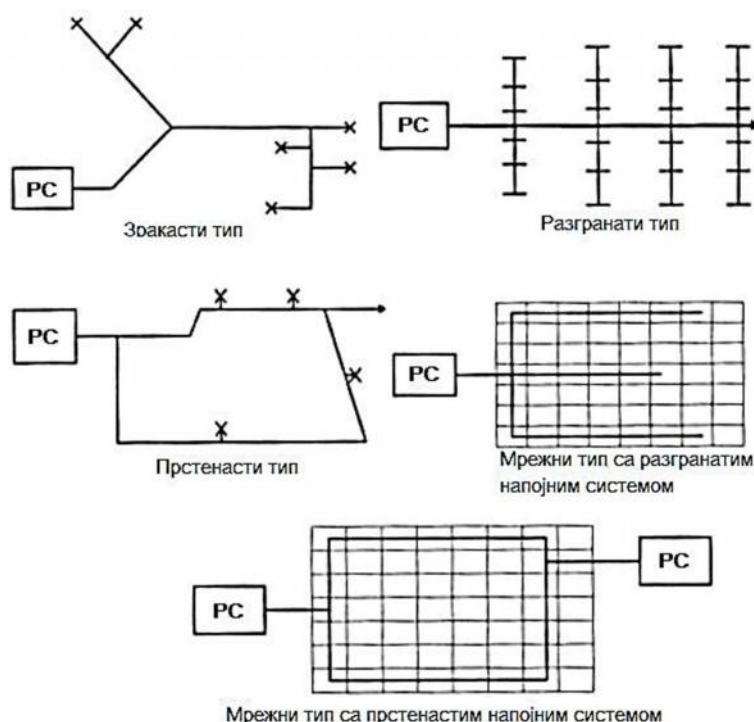
**Тростепени и вишестепени систем** је у данашње време добио велику заступљеност, како код великих, тако и код средњих градова.

Пре свега, тростепени систем се примењује у случајевима када се код средњег притиска добијају јако велики пречници гасовода, а прелазак на високи притисак у целом граду није могуће извести због недовољног растојања гасовода од суседних објеката. У том случају, од извора снабдевања, главне мерно-регулационе станице, гас иде под високим притиском све до подручја које је густо насељено када се притисак гаса редукује на средњи притисак. Високи притисак се такође користи за снабдевање великих индустријских потрошача и потрошача у удаљеним рејонима града. Гасоводима средњег притиска гас се обично дистрибуира у централном делу града. Из ових гасовода се преко мерно-регулационих станица напајају мреже ниског притиска, а такође и обавља снабдевање гасом котларница и индустријских потрошача. Из гасовода ниског притиска снабдевају се домаћинства и мањи комунални потрошачи. Мрежа ниског притиска се може напајати директно из гасовода високог притиска преко мерно-регулационе станице.

## 12.2 Типови дистрибутивних система према облику

У односу на облик систем дистрибутивних гасовода може бити: зракаст, разгранат, мрежни са разгранатим напојним гасоводима и мрежни са прстенастим напојним гасоводима. На слици 12.1 су приказани наведени типови дистрибутивних система гасовода.

**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.



*Слика 12.1 Типови дистрибутивних система према облику*

**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.

**Прстенасти тип** дистрибутивног система пружа високу поузданост снабдевања гасом као и добре резерве у испорукама гаса, али зато има високу цену изградње.

**Мрежни тип са разгранатим напојним гасоводима**, као и **мрежни тип са прстенастим напојним гасоводима** карактеришу се 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.

Предност прстенастиг типа је у томе што, уколико се искључи једна грана прстена снабдевање гасом се 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 међусобно повезаних прстенова, тада искључење једног прстена практично нема утицаја на снабдевање гасом.

Уопштено се сматра да су најповољнији типови дистрибутивних система: прстенасти тип, мрежни тип са прстенастим напојним водовима и мрежни тип са разгранатим напојним водовима. У овој оцени повољности примењени су уобичајени критеријуми: цена изградње, резерве у испорукама гаса и сигурност снабдевања.

Треба посебно нагласити да, када се говори о избору типа мреже, онда се не мисли на шему свих гасовода, већ само на шему напојних, примарних, гасовода који одређују снабдевање града гасом или одвојених рејона. Иста опаска важи и за системе гасовода у односу на заступљеност радних притисака.

### 12.3 Конципирање дистрибутивних система гасовода

Конципирање дистрибутивних система гасовода на подручју једног града подразумева избор типа примарног система гасовода и секундарног система гасовода, односно типа гасоводног система високог и средњег притиска и основних параметара тих система (структура-облик, притисци, пречници и дужине гасовода, број напојних тачака односно станица).

Систем примарних гасовода има функцију снабдевања већих потрошача, снаге веће од 1MW. Њиме се снабдевају индустријски потрошачи, топлане, већи комерцијални потрошачи и напајају дистрибутивни систем за широку потрошњу (домаћинстава).

Основу конципирања система примарних гасовода чини познавање:

- просторног распореда индустријских потрошача, топлана, комерцијалних потрошача и стамбених објеката,
- величине потрошње, садашње и потрошње у наредном периоду од 10 до 15 година, индустријских потрошача, топлана, комерцијалних потрошача и сектора широке потрошње (домаћинстава),
- осетљивости појединих потрошача на прекиде у испорукама гаса и захтеви потрошача у погледу притиска.

У конципирању система примарних гасовода треба водити рачуна о:

- њиховој техничкој функционалности, (о захтеву задовољења потреба потрошача, односно конзумног подручја, о обезбеђењу одређеног нивоа притиска код потрошача),
- удовољењу захтева генералног урбанистичког плана и других релевантих докумената планирања развоја градских структура,
- удовољењу захтева које намећу прописи за вођење примарних гасовода, гасовода високог притиска, посебно за гасоводе радног притиска од 12 бари а посебно за гасоводе са радним притиском од 6 бари,
- нивоу поузданости, сигурности снабдевања потрошача, који треба да се обезбеди потрошачима,
- економским елементима везаним како за цену изградње тако и за величину експлоатационих трошкова гасоводног система.

При избору траса примарних гасовода треба настојати:

- да примарни гасоводи пролазе по средини конзумног подручја - треба изабрати трасу која ће омогућити допрему гаса до појединачних потрошача са гасоводима што мањег пречника и са што мањом дужином гасовода,
- да трасе буду изабране тако да гасоводи задовољавају како постојеће тако и будуће потрошаче чији се развој очекује у наредном периоду,
- да се динамика изградње гасовода може одвијати етапно, односно да се гасификација појединих потрошачких зона може одвијати фазно,
- да се обезбеди што већа сигурност снабдевања гасом.

При разматрању конфигурације гасоводног система и броја напојних тачака, броја главних мерно-регулационих станица, по правилу се разматра више варијанти у циљу дефинисања броја станица, њихових капацитета и димензија гасовода односно изналажења оних параметара гасоводног система, (број станица, димензије гасовода, њихове дужине и радни притисци) који дају најповољније економске ефекте, уз одржање траженог нивоа сигурности снабдевања потрошача.

Саставни део система примарних гасовода су мерно-регулационе станице. Оне се лоцирају у близини или у кругу потрошача. Преко мерно-регулационих станица се напајају гасоводне мреже за снабдевање домаћинстава. Њихов број и локација се посебно разматра приликом конципирања секундарног система гасовода, система гасовода средњег притиска.

Полазну основу у конципирању гасоводног система за снабдевање домаћинстава представљају глобални параметри стамбене изградње, постојећа изграђеност и планирана градња стамбених објеката по зонама града, број станова, становника, густина насељености.

На подручју једног града може постојати више међусобно независних гасоводних система средњег притиска. Сваки део чини једну целину и представља посебну мрежу. Величина и облик мреже је условљен распоредом зона и блокова предвиђених за гасификацију. Број мерно-регулационих станица које напајају једну мрежу зависи од величине потрошње гаса на подручју које мрежа покрива и од ограничења у паду притиска при протоку гаса кроз мрежу, односно од величине простора који покрива мрежа. Ако се напајање обавља са две или више мерно-регулационих станица онда се у провери притисака у чворовима мреже прорачун спроводи по деловима мреже, при чему свака станица има одређену зону снабдевања и прорачун се одвија као да других делова мреже нема.

При конципирању гасоводног система за снабдевање широке потрошње морају се поред функционалних захтева, захтева за допрему гаса до потрошача (домаћинстава) у потребним количинама и економских захтева допреме гаса (по најповољнијој цени), водити рачуна и о сигурном, поузданом снабдевању потрошача. Отуда, систем за снабдевање сектора широке потрошње представља мрежа гасовода у којој гасоводи чине велики број прстенова који обезбеђују високу поузданост снабдевања прикључених домаћинстава. Трасе гасовода унутар ове мреже морају да воде рачуна о захтевима које намеће генерални урбанистички план и други документи који регулишу развој града, као и захтеве које намећу прописи за вођење гасовода средњег притиска. Слично као и код конципирања система примарних гасовода, бирају се параметри система, број мерно-регулационих станица - напојних тачака и трасе гасовода са степеном резервирања у капацитетима снабдевања, различите димензије пречника гасовода, путем разматрања варијантних решења и вредновања економских параметара сваке варијанте.

## 13. Елементи система за снабдевање природним гасом

### 13.1 Цевоводи и арматура

Цеви, фитинзи, цевни запорни затварачи, блок станице, кондензационе посуде, чистачка места за унутрашње чишћење и секцијски цевни затварачи интегрисани или повезани у једну међузависну функционалну целину чине цевовод, односно, у ужем смислу, гасовод за транспорт и дистрибуцију гаса.

Принципи руковања и одржавања цевовода обухватају:

- пуштање у рад,
- искључивање из рада,
- надзор над радом и стањем цевовода,
- стављање цевовода ван употребе.

#### 13.1.1 Експлоатација цевовода и превентивно одржавање

##### *Пуштање у рад*

Пуштање у рад се врши по пријему цевовода. Почетна ситуација је да су сви запорни органи и уређаји у затвореном положају. Пуштање у рад отпочиње:

- лаганим отварањем цевних отварача по деоницама и одзрачивањем деонице цевовода на припадајућем секцијском или блок вентилу,
- лаганим пуњењем гасовода гасом и контролисањем присуства гаса на одзракама,
- праћење напуњености преко притиска и манометара на надземним објектима или прикључцима и дренирање цевовода и уређаја на њему, ради провере и испуштања евентуално заостале нечистоће и кондензата.

##### *Руковање цевоводима у раду*

Руковање цевоводима у току рада (транспорта) своди се на манипулацију са цевним затварачима, по статусу укључен-искључен, односно деоница је ''укључена'' или ''искључена''. Искључивање из рада, односно обустављање транспорта може се вршити само у оквирима законске регулативе, чиме се жели заштита заинтересованих страна.

##### *Надзор над радом и стањем цевовода*

Прегледи цевовода у функцији контроле рада и превентивног одржавања, могу да се врше на следећи начин:

- преглед из ваздуха,
- преглед пешачким обиласком,
- преглед обиласком са возилом.

Прегледом се надзире и контролише:

- промена вегетације на траси због испуштања гаса и природног раста,
- уочавање грађевинских и пољопривредних активности,
- утврђивање испуштања гаса,

- уочавање промене на деловима: цевовода, ознака статуса са блок вентила, чистачких места и
- посуда за скупљање кондензата.

Промена вегетације изнад и у зони гасовода појављује се на местима испуштања гаса. Гас ”суши” прекривни слој земље и ствара неподобне услове за развој биљке која мења боју и суши се.

На траси цевовода контролише се природни раст и развој вегетације, јер растиње са дубоким и јаким кореном и жилама може оштетити не само изолацију него и гасовод.

Промене на цевоводу и деловима цевовода уочавају се и контролом испуштања гаса који се врши:

- контролом вегетације,
- преносним детекторима гаса,
- сапуницом на надземним деловима цевовода,
- контролом атмосфере у заштићеним цевима код пролаза,
- контролом атмосфере гасним детектором у бушотинама направљеним шипком у земљи изнад гасовода,
- контролом пада притиска на деоницама које се могу привремено
- изоловати и блиндирати,
- визуелно изнад цевовода који пролази испод воде.

Контрола статуса и спољног стања уређаја и цевовода обавља се визуелно и мануелно и утврђују се недостаци, као што су:

- оштећење антикорозионе заштите,
- оштећења цевовода, улубљења, огреботоне и слично,
- функционално стање цевних затварача и могућа оштећења, пропуштања, оштећење механизма и индикатора положаја и
- функционалност оштећења на чистачким и блок станицама и другим уређајима.

### ***Празњење и чишћење цевовода***

Током експлоатације цевовода, исти се празне, при чему се чисти унутрашња површина од наслага на зидовима и садржаја кондензата и воде. Испуштање гаса, гасног кондензата и воде може се вршити само на местима изграђеним за ту сврху преко цевних затварача. То испуштање се може вршити на:

- манометарским славинама,
- води за дренажање филтера,
- местима чистачке кутије и кондензационог лонца,
- испусним водовима код секцијских и блок вентила.

Испуст талога кондензата није дозвољен у отворени простор и он се испушта у за то предвиђене затворене просторе или покретне цистерне. При празњењу кондензата узимају се узорци ради утврђивања порекла узрока настанка штетног кондензата. Испуштање кондензата се врши периодично, а испуштање гаса и кондензата се врши при корективном одржавању цевовода и уређаја.

Чишћење гасовода врши се периодично и при:

- изградњи нових гасовода,
- истеривању воде заостале при испитивању гасовода на чврстоћу,
- појави течне фазе у гасоводу због недовољне припреме гаса у дегазолинажама и
- одстрањивању других садржаја у цевоводу.

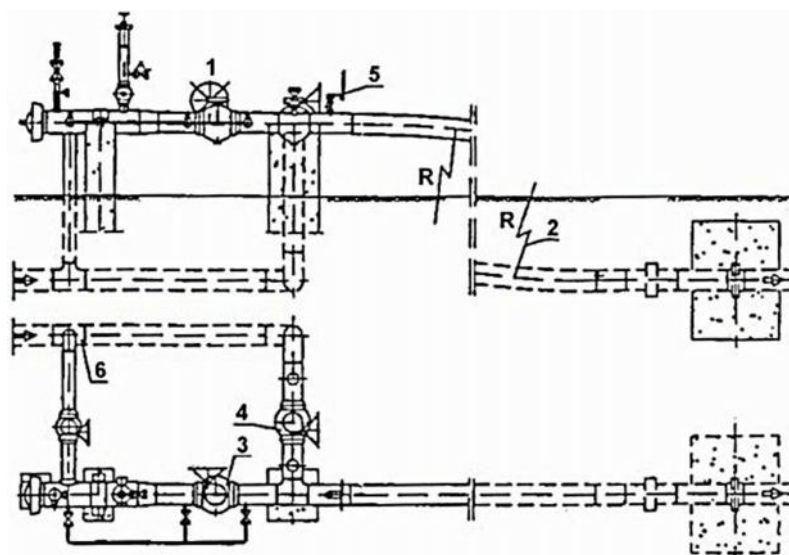
Чишћење гасовода врши се на основу детаљног упутства за сваки конкретан случај. Чишћење гасовода захтева солидну припрему и координацију свих субјеката у ланцу, оператер-корисник-јавне регионалне службе.

Практично чишћење отпочиње и врши се са отпремне чистачке станице на следећи поједностављени начин:

- на чистачкој одашиљачкој станици при транспорту гаса отворена је само кугласта славина (позиција 4 на слици 13.1), док су све остале затворене, као и затварач кутије,
- провери се стање присутности гаса у чистачкој кутији постављањем манометра на славину за контролу притиска, лагано се отвори славина и констатује се притисак,
- отвори се одзрачни вод кутије преко славине на том воду и растерети се кутија од притиска,
- по растерећењу кутије, затвори се одзрачни вод и провери да ли притисак расте у кутији, односно да ли славине позиција 3 и славина на прикључку 6 и растеретне мале славине на кутији добро држе,
- отвори се поново одзрака на кутији и тек по растерећењу притиска сме се отворити поклопац крацерске кутије са великим опрезом, преко осигурача и механизма за отварање,
- у кутију се постави одговарајући чистач (крацер) и помоћним алатом се гурне напред мимо прикључка 6 и прве растеретне славине,
- затвори се поклопац кутије и провери стање осигурача,
- преко малих славина на кутији за манипулацију, уводи се гас иза крацера, отварањем две крајње славине,
- на тај начин се крацер помери до славине 3 и изједначе притисци испред и иза њега,
- затворе се мале славине на бајпасу кутије, лагано отвори славина 3 и славина на прикључку позиција 6, а затвори славина 4,
- крацер се потискује напред; на показивачу проласка крацера позиција 5, констатује се пролажење крацера,
- регулише се протицање гаса преко славина на прикључку 6, тако да брзина крацера буде 2-5 m/s,
- манипулација пријема крацера у пријемној станици је слична, само што се одвијају у обрнутом редоследу у односу на одашиљање, а све према конкретном упутству за сваку инсталацију.

О чишћењу се прави извештај у којем се нарочито дају подаци о:

- брзини кретања чистача, стварној и рачунској,
- садржају кондензата и нечистоћа,
- стању оштећености чистача,
- саставу узетог кондензата (ако је узоркован).



Слика 13.1 Одашилачка чистачка станица



Слика 13.2 Припрема крацера за убацивање у цевовод

### Стављање цевовода ван употребе

Може се вршити на одређено време и на трајни период. Поступак стављања ван употребе на одређено време и због оправданих разлога врши се снижавањем притиска и потрошње гаса из њега на поуздану вредност и поузданом блокадом улазно-излазно цевних затварача.

Стављање гасовода ван употребе врши се због:

- престанка потребе за транспортом (пресељење потрошача),
- дотрајалости,
- због опасности за гасовод или околину или
- трајне забране коришћења од стране надлежног органа.

Поступак се спроводи на следећи начин:

- предметни гасовод се блокира пратећим цевним затварачима,
- предметни гасовод се растерети притиска, ослободи од гаса,

- изврши се његово испирање и одстрањивање могућности да се у њему створи експлозивна смеша,
- крајеви гасовода се безбедно блиндирају, а шахтови затрпају.

### 13.1.2 Корективно одржавање цевовода

Обухвата реконструкцију и санацију цеви и других интегрисаних делова цевовода.

#### *Отклањање оштећења цевовода*

Оштећени делови се скоро по правилу замењују новим, када се за то створе услови (или одмах по праву пречег). До стварања таквих услова, нарочито код перфорација, примењују се техничке мере санације, као што су разни чепови и обујмице, а у последње време и пластични материјали у облику вишеслојних обујмица.



Слика 13.3 Пример обујмица при санацији цевовода

#### *Најчешћи откази цевовода*

Проистичу из спољне деградације при грађевинским активностима у окружењу и корозионог дејства. Најчешће се оштећује механичка изолација те се на том месту убрзава процес корозије и настају перфорације. Пуцање гасовода и интегрисаних елемената се ређе дешава и оне су последица, пре свега, скривених грешака или неисправне монтаже.

Када се део цевовода из било којих разлога мења или измешта, нови део цевовода треба да буде од цеви или делова цеви истог или бољег квалитета и исте или веће дебљине зида. Исто важи и када се механичко или корозионо оштећење или пропуштање (перфорација) санира исецањем оштећеног цилиндричног дела цеви и замењује новим здравим комадом.

## 13.2 Мерно-регулационе станице

На путу од производње до експлоатације гаса налазе се станице: компресорска и мерно-регулационе станице.

Интегрисани елементи и склопови потребни за процес мерења и регулацију притиска чине мерно-регулациону станицу. Мерно-регулационе станице се у начелу могу поделити на:

- главне (ГМРС)
- потрошачке (МРС)
- кућне (КМРС).

Према броју линија могу се поделити на:

- једнолонијске и

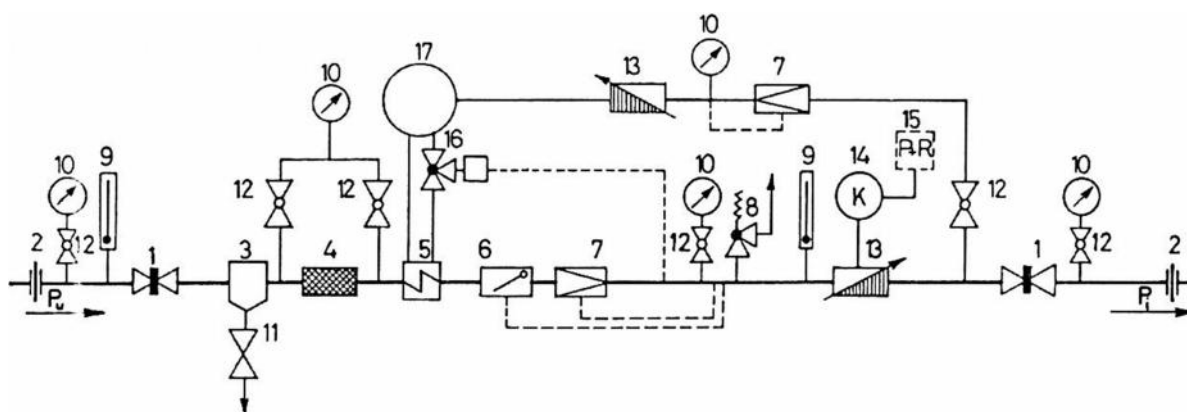
- вишелинијске.



Слика 13.4 Пример једнолинијске (лево) и вишелинијске (десно) станице

Мерно-регулационе станице могу бити изграђене у грађевинском објекту или на отвореном простору и морају бити ограђене заштитном оградом, при чему је растојање од других објеката дефинисано прописима. Нпр., уколико мерно-регулациона станица има проток од  $30000 \text{ m}^3/\text{h}$ , мора бити удаљена од стамбених зграда минимално  $15 \text{ m}$ . Објекат мора бити изграђен од негоривог материјала, лаке кровне конструкције са вратима која се отварају према спољашњој страни објекта ради растерећења притиска у случају хаварије. Просторија објекта у којој су уграђене гасне инсталације мора бити одвојена од других просторија објекта зидовима који не пропуштају гас. Отвори за проветравање морају бити постављени тако да спречавају сакупљање гаса у просторији.

Основна разлика главне мерно-регулационе станице (сл. 13.5) од индустријске и рејонске састоји се у томе што она добија гас из магистралног гасовода и због тога мора да буде опремљена инсталацијом која је прорачуната на максимални могући притисак који влада у магистралном воду, а са друге стране треба да изврши редукуцију притиска на захтевани радни притисак који је потребан потрошачима, односно дистрибутивном систему. ГМРС-у карактерише велика пропусна способност, због чега се пригушивање гаса у њима остварује у неколико линија, при чему се на свакој линији поставља регулатор притиска велике пропусне моћи. Такође, ГМРС се разликује од осталих станица по допунској обради гаса и потпуној аутоматизацији.



Слика 13.5 Шематски приказ главне мерно-регулационе станице

### 13.2.1 Главна мерно - регулациона станица

Главна мерно-регулациона станица служи да код већих потрошача гаса притисак магистралног гасовода који може бити и 50 бара редукује на радни притисак потрошача (6 бара) и да мери потрошену количину гаса. У области широке потрошње поред редукције притиска и мерења количине гас се мора одоризирати, па се у систем поставља још и уређај за одоризацију гаса. При редукцији притиска гаса долази до пада температуре, па ако се гас није добро осушио могу се јавити хидрати и ледени чепови. Због тога, у инсталацију редукционе станице обавезно се постављају грејачи гаса, који могу бити са посредним и са непосредним системом загревања. Грејачи се постављају испред редуктора тако да се гас претходно загреје до температуре условљене редукцијом притиска. Температура гаса после редукције износи 15 - 20 °C.

Гас се може загревати посредно и непосредно. Посредно, када се прво загреје вода помоћу гасне пећи, док је змијаста цев кроз коју пролази гас потопљена у воду па се гас загрева топлим водом. Вода се може загревати и електричним грејачем. Непосредно загревање гаса врши се помоћу сагорелих гасова, тј. у специјалним пећима гас се сагорева, па настали топли гасови облизују змијасте грејач кроз који пролази гас те га на тај начин загревају. Гас се непосредно загрева и индукционим грејачем.

Гас из магистралног гасовода доводи се у сепаратор-филтер где се одваја течна фаза (вода и кондензат) која се преко регулатора нивоа повремено испушта из доњег дела сепаратора, док гас одлази на загревање у пећ. Загрејани гас иде на редуктор (регулатор) где се редукује притисак на радни притисак потрошача. Температура и притисак гаса се мери пре и после редукције. Затим, гас одлази на мерну бленду где се помоћу диференцијалног мерача протока мери количина потрошње гаса. Иза регулатора постављен је и сигурносни вентил, па ако дође до квара редуктора и пораста притиска, гас се испушта у атмосферу. Поред главне линије поставља се и обилазни вод да се због квара опреме проток гаса не би прекидао и димензионисане су за излазни притисак од 6 бара. ГМРС су потпуно аутоматизоване и опремљене опремом којом је омогућено њено безбедно функционисање без посаде даљинским управљањем и контролисањем рада.

Основни елементи мерно регулационе станице:

- запорни органи,
- филтери,
- уређај за регулацију притиска гаса,
- сигурносни уређаји,
- мерач протока гаса,
- мерни и контролни инструменти,
- одоризатор гаса (по потреби),
- котао на гас (ГМРС),
- догрејач гаса (ГМРС),
- остали прибор,

#### **Филтер**

Због нечистоћа у чврстом и течном стању које садржи гас, да не би дошло до оштећења и неправилног рада регулационе и мерне арматуре, на улазу регулационе линије постављен је

фини гасни филтер. Фини филтер је са скупљачем кондезата и диференцијалним манометром, помоћу којег се врши контрола запрљаности улошка филтера. Приликом замене улошка филтера гас се пропушта кроз резервну линију. Испуштање кондезата врши се путем одмуљних вентила и цеви изван објекта ГМРС.

### ***Догрејач гаса***

Приликом редукције притиска гас експандира што за последицу има пад температуре. Код великих редукција притисака гаса овај ефекат може довести до појаве леда у инсталацији, који је посебно опасан у регулационим и сигурносним уређајима. Зато је неопходно вршити догревање гаса пре редукције (испред регулатора притиска), нарочито код ГМРС. Догревање гаса врши се индиректно, путем топле воде у догрејачима гаса. Количина топлоте која се предаје гасу, регулише се двостепено; уз помоћ термо-регулационог вентила и укључивањем и искључивањем једног котла. Догрејачи су снабдевени са вентилом сигурности и вентилом за одмуљивање.

### ***Регулатор притиска***

Задатак регулатора притиска је да одржава константан излазни притисак гаса, односно, да гас снизи према потреби и одржава у одређеним границама, независно од протока капацитета и притиска гаса на улазу. Редукција може бити једноступена или вишеступена. После сваког степена редукције и регулације налази се сигурносни уређај који ће реаговати ако дође до квара регулатора да би спречио пораст притиска изнад дозвољене границе.

Основни услови рада регулатора притиска су:

- потребна тачност регулације,
- сигурност у раду, брзо реаговање уз промену малих сила,
- промена за различите протоке као и неке друге услове.

Према начину и брзини дејства регулатори се деле на:

- директне и
- индиректне.

### ***Блок вентил сигурности***

Блокадни вентил сигурности од превисоког притиска, који је уграђен у регулатор притиска, повезан је импулсним водом са гасоводом из регулатора притиска. Подешен је тако да аутоматски блокира, односно затвори довод гаса, у случају да притисак иза регулатора порасте за 10% изнад притиска отварања првог одушног вентила сигурности који се уграђује иза регулатора притиска.

### ***Одушни вентил сигурности***

Вентили сигурности, који је уграђен на гасоводу иза регулационе групе, димензионисани су за капацитет који је 25-30% од максималног капацитета ГМРС. Овај проценат је већи од прописаног да би се умањила вероватноћа активирања блок-вентила, односно искључивања потрошача из мреже снабдевања. Притисак отварања првог вентила сигурности је 15% виши од радног притиска иза регулатора и он испушта половину предвиђеног капацитета. Други

вентил сигурности се отвара у случају настављеног раста притиска и то за 5% у односу на први вентил, када се испушта друга половина предвиђеног капацитета за испуштање.

### ***Мерач протока***

Мерење протока природног гаса у ГМРС врши се помоћу турбинског мерача са коректором притиска и температуре, који треба да буду избаждарени од стране овлашћене радне организације. Мерач протока је одабран тако да може коректно да мери проток гаса при максималном и минималном протоку.

### ***Термо-регулациони вентил***

Регулација предате количине топлоте у загрејачу гаса врши се уз помоћ термо-регулационог вентила који са смањењем топлотног оптерећења загрејача смањује проток топле воде кроз систем.

### ***Прикључци за телеметрију***

За праћење стања појединих параметара, као што су: притисак, температура и проток гаса, задржаност филтера, на свим главним мерно-регулационим станицама у гасном систему, изведени су прикључци за телеметрију, помоћу којих се врши пренос података до Телеметријског центра.

## **13.2.2 Потрошачка мерно-регулациона станица**

Дистрибутивне или потрошачке мерно-регулационе станице имају задатак да прилагоде параметре гаса за транспорт у дистрибутивним гасоводима или прикључним гасоводима индустријских потрошача. У односу на ГМРС, мерно-регулационе станице се обично не граде са: загрејачком опремом, опремом за регулацију (ограничавање) протока, телеметријом и метанолском инсталацијом. Остали део је исти као код ГМРС. Код широке потрошње гас мора бити одорисан.

## **13.2.3 Одоризација**

Природни гас и већина његових примеса су без боје, укуса и мириса, па се не могу приметити људским чулима. Пракса је показала да се такви гасови могу осетити, ако им се дода карактеристично средство за непријатан мирис – одорант. У појединачним случајевима одоризација гаса може помоћи раном откривању пропуштања гасовода положених у земљу. Али, препоручљиво је за откривање присуства неизгорелог гаса у домаћинству и широкој потрошњи.

Одоранти морају имати типичан, карактеристичан, препознатљив мирис који се не сме бркати са другим честим мирисима у домаћинству. Данас су уобичајени одоранти на бази сумопрних једињења, меркаптан и сулфиди.

Минимална количина гаса која се мора осетити утврђује се прописима и износи око 20 % од доње границе експлозивности. Свака појава земног гаса у ваздуху чија концентрација прелази

1% указује на приближавање могућности експлозије и на неопходност предузимања мера заштите.

Одоранси морају имати следеће особине:

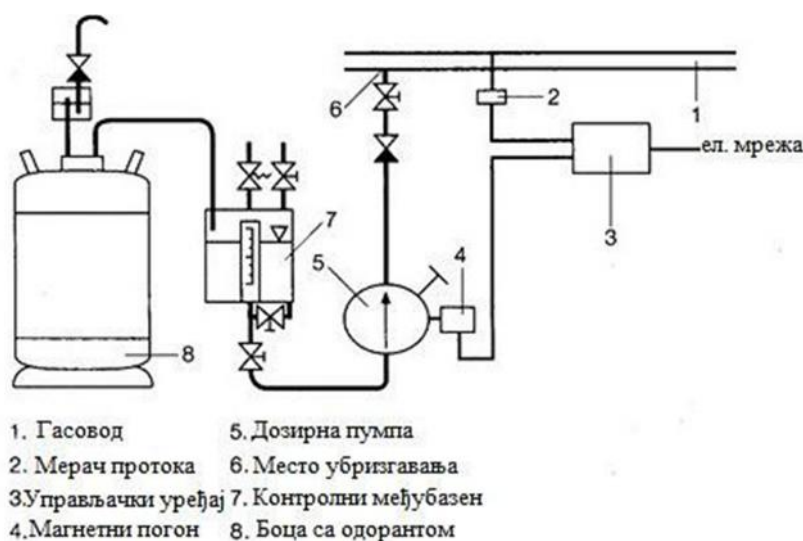
- мирис који је гас попримио од одоранта не сме бити такав, да се може заменити другим мирисима, односно мора бити непријатан и лако препознатљив,
- средство које се додаје у циљу одоризације земног гаса, не сме постати токсично нити штетно за околину. Мора у потпуности да сагори са земним гасом при чему продукти његовог сагоревања не смеју бити штетни.
- одоранс такође мора бити хемијски инертан, односно не сме ступати у хемијску реакцију са компонентама земног гаса,
- одоранс мора имати високу испарљивост како се не би кондензовао услед температурних промена и промена притиска у гасоводу не сме испољавати корозивна својства.

Пример опреме за одоризацију приказан је на слици 13.6. Ова опрема се може поставити издвојено или у склопу грађевинског објекта ГМРС.

Одоранти агресивно делују на скоро све материјале који се користе у машинству. Посебно је изражена њихова агресивност према бакру, па је употреба бакра забрањена на уређајима за одоризацију. На тим уређајима се користи најчешће прокрон челик са најмање 17% хрома и 9% никла. Заптивачи који долазе у додир са капљицама одоранта или концентрисаним парам одоранта, морају бити на њих постојани, па се најбоље показали тефлонски заптивачи.

Проблем одоризације малих протока гаса решавају одоризатори с уграђеним електронским управљачким јединицама (сл. 13.6).

За одоризацију користе се уређаји на принципу убризгавања одоранта, који су преко аутоматске дозирне пумпе повезани на уређај за мерење протока гаса и по потреби у систем даљинске дојаве података. Испод уређаја се морају поставити посуде – боце као резервоар за одорант, подови се морају извести од непропусног материјала постојаног на одорант, који уз то има антистатичка својства и не варничи. Ово је битна мера сигурности обзиром на велику специфичну тежину пара одоранта и њихову ниску границу експлозивности.



Слика 13.6 Уређај за одоризацију помоћу магнетне дозирне пумпе

### 13.3 Уређаји за сагоревање природног гаса (горионици)

Сагоревање представља сложен физичко-хемијски процес сједињавања горива са кисеоником (оксидансом) уз интензивно ослобађање топлоте.

#### 13.3.1 Врсте горионика за сагоревање природног гаса

Класификација горионика може да буде на основу разних принципа:

- по топлотној моћи,
- по притиску гаса,
- по начину довођења ваздуха.

Међутим устаљено је мишљење да их је најбоље класификовати по начину образовања гориве смеше која служи за сагоревање и то на следеће три групе:

- горионике без претходног мешања гаса и ваздуха,
- горионике са делимичним претходним мешањем гаса и ваздуха,
- горионике са претходним мешањем гаса и ваздуха.

Сагоревање природног гаса омогућава се у низу ових врста горионика који уводе гас и ваздух за сагоревање у ложишни простор. Од начина увођења природног гаса и ваздуха у ложишни простор горионици по врсти пламена могу да буду дифузиони са светлећим жутим пламеном или кинетички (инјекторски) са плавим пламеном.

Код **дифузионих горионика** природни гас и ваздух се одвојено уводе у ложишни простор у коме настаје постепено мешање, разлагање и сагоревање. Истицање гаса и ваздуха може да буде ламинарно и турбулентно те настаје спорије или брже мешање. На додирној површини гаса и ваздуха врши се сагоревање, створена топлота омогућава даље разлагање честица у гасној струји пре њиховог потпуног мешања са ваздухом. Дифузиони пламен има висок степен црноће, ефикасно зрачи топлоту и знатно је дужи од кинетичког за исту потрошњу гаса. Предност дифузионих горионика је одсуство опасности од откидања пламена, могућност рада без вентилаторског удувавања ваздуха и при ниским притисцима гаса и једноставна конструкција. Недостатак је неопходност извесног повећања коефицијента вишка ваздуха у односу на кинетичке горионике и мање топлотно оптерећење ложишног простора.

Код **инјекторских горионика** природни гас се претходно помеша са ваздухом за сагоревање. Ово кинетичко сагоревање при којем је пламен скоро безбојан, плавичаст, несветлећи, кратак и оштар. Код оваквог сагоревања температура пламена се приближава теоријској температури сагоревања. Овакви кинетички горионици се уграђују у постројења где није неопходно ефикасно преношење топлоте зрачењем. Поред тога, због претходног мешања, не могу да раде са предгрејаним ваздухом температуре изнад 600°C, јер се јавља опасност паљења гаса у телу горионика. Инјекторске горионике могуће је градити и са већим бројем млазница, односно према потребној снази.

Ове две основне врсте горионика имају своја разна извођења у зависности од начина довода ваздуха, према радном притиску и где се примењују.



*Слика 13.7 Приказ пламена код дифузионог (лево) и кинетичког (десно) горионика*

**Атмосферски горионици** су први дифузиони горионици једноставне конструкције, која је прилагодљива облику ложишта, бешумни су у раду, без покретних делова, релативно јефтини и не захтевају посебно одржавање. Снага им је од 4 до 100 kW. Код њих се ваздух усисава унутар горионика на рачун енергије струје гаса, који долази из једне или више млазница. Гас и ваздух се мешају у горионику и из његовог отвора у ложиште улази мешавина гаса и ваздуха.

Радни притисци на којима раде атмосферски горионици зависе од снаге коју треба да обезбеде. За мање снаге потребни су нижи притисци, а за веће виши. Ниски притисци су од 20 до 40 mbar, средњи од 200 до 500 mbar, а високи 1 bar.

Горионици средњег притиска способни су да обезбеде сав ваздух неопходан за потпуно сагоревање гаса, а горионици ниског притиска, по правилу, обезбеђују само одређени део ваздуха који се назива примарни. Остали део потребног ваздуха улази у зону сагоревања из ложишта на рачун смањења притиска у њему и он се назива секундарни.

Инјекторски горионици имају предност у томе што немају потребе за електричном енергијом за сопствени погон вентилатора за довод ваздуха, аутоматско одржавање и одређивање опсега топлотне снаге горионика рачунајући узајамни однос количине гаса и инјектираног ваздуха, добро мешање гаса и ваздуха. Недостаци су му у брзом порасту димензија са повећањем топлотне снаге, ограничене могућности регулације при малим вишковима ваздуха и висок ниво буке при коришћењу гаса средњег и високог притиска.

**Горионици без претходног мешања гаса са ваздухом** употребљавају се у средњим и великим постројењима у којима се сагоревају веће количине гаса.

Предност ове групе горионика је у томе што може да се постигне, у случају потребе, и светлећи пламен, уколико гас садржи веће количине угљоводоника. Дијапазон регулације је велики и не постоји опасност да се пламен увуче у горионик.

Недостаци ове врсте горионика су углавном следећи: прилично висок губитак услед хемијски непотпуног сагоревања при вишку ваздуха и неопходност регулисања односа гаса и ваздуха скупим пропорционалним регулаторима.

**Горионици са делимичним претходним мешањем гаса и ваздуха** инјекторским дејством усисавају свега од 40 - 50% ваздуха потребног за сагоревање, док се преостали ваздух доводи

пламену дифузијом. Ова се врста горионика ретко употребљава у индустријским постројењима, изузев код котлова за централно грејање. У горионцима са претходним мешањем гаса и ваздуха сагорева смеша која се припрема у специјалним уређајима.

Ови се горионици могу примењивати само код јединица мањих капацитета. Предност ове групе горионика је у томе што се сагоревање врши без пламена, услед чега може да се усвоји мање ложиште. Сагоревање се врши са малим коефицијентом вишка ваздуха. Основни недостатак овог горионика је немогућност предгревања ваздуха до температуре паљења.

**Горионцима са принудним снабдевањем ваздуха**, по правилу, доводи се онолика количина ваздуха која је потребна за потпуно сагоревање гаса. Ако су то горионици без претходног мешања, гас и ваздух улазе у зону сагоревања посебно и мешање настаје на отвору горионика или ложишта једновременно са сагоревањем. Код горионика са принудним снабдевањем ваздуха и претходним мешањем могуће је да се обезбеди унапред жељени квалитет припремљене смеше пре изласка на отвор горионика или ложишта.

Код горионика са принудним снабдевањем ваздухом (**надпритисни горионици**), притисак који обезбеђује вентилатор мора да буде довољан да обезбеди сагоревање гаса уз истовремено савлађивање отпора гасног тракта дуж ложишта и димног дела постројења до димњака.

Треба напоменути да се у пракси веома често налазе комбиновани горионици који имају за циљ да омогуће сагоревање и радном и резервном гориву.

Да би се испунили сви захтеви који се пред горионике постављају они морају да буду опремљени одговарајућом опремом.

Према уградњи и опремљености уређајама за управљање и сигурност рада горионици могу да се сврстају у три главне групе:

- аутоматске гасне горионике,
- полуаутоматске горионике,
- горионике са ручним управљањем.

**Аутоматски горионици** су они који су опремљени аутоматским направама за паљење, контролу и регулацију пламена. Паљење, контрола пламена, укључивање и искључивање уређаја врши се аутоматски, према задатим вредностима, без учешћа погонског особља. Топлотном снагом горионика може да се управља аутоматски или ручно.

**Полуаутоматски горионици** су опремљени аутоматским уређајима за паљење, контролу пламена и управљање. Пуштање у погон ових горионика врши се ручно. После искључења горионика из погона не може да се изврши његово поновно аутоматско паљење. Топлотном снагом може да се управља аутоматски или ручно.

**Горионици са ручним управљањем** су горионици код којих се сваки поступак паљења спроводи ручно. Контрола горионика врши се аутоматски од контроле пламена и у границама потреба сигурности од граничника (блокада), који га у случају потребе искључују. Поновно укључивање врши се ручно. Топлотном снагом може да се управља аутоматски или ручно.

### 13.4 Кућни прикључци и инсталације

Избор најповољније варијанте потрошње гаса у широкој потрошњи треба обавити на основу свестраних економских и техничких анализа, водећи рачуна не само о инвестиционим трошковима него и о експлоатационим карактеристикама инсталације и њеном предвиђеном радном веку. Да би се сагледала могућност коришћења природног гаса у домаћинствима, треба пре свега познавати просечну структуру потрошње енергије модерног домаћинства. За ово могу послужити анализе извршене у нашој земљи и земљама региона из којих произилази да је структура потрошње енергије у просечном домаћинству (табела 13.1).

*Табела 13.1 Структура потрошње енергије у просечном домаћинству*

| Намена потрошње          | Удео   |
|--------------------------|--------|
| Грејање просторија       | 70-80% |
| Припрема топле воде      | 10-15% |
| Кување                   | 5-6%   |
| Осветљење просторија     | 5-10%  |
| РТВ и електрични апарати | 5%     |

Имајући у виду да се на данашњем степену развоја наших градова за већину намена, па чак и за грејање просторија, користи електрична енергија, то представља веома нерационално решење, тако да би замена природним гасом за задовољење тих потреба имала велики енергетски и економски значај. Другим речима, примена природног гаса у домаћинствима би могла да супституише енергенте за грејање, припрему потрошне топле воде и кување, односно практично 90% енергетских потреба домаћинства.

Слична је ситуација и у пословним зградама код којих потребе грејања и хлађења просторија, припреме потрошне топле воде чине око 80-85% укупних потреба енергије. Изузимајући потребе за осветљењем просторија и коришћење малих електричних апарата (радио и телевизијски пријемници, пегле, кухињски помоћни апарати, усисивачи и др.) који се данас обезбеђују искључиво електричном енергијом, све остале енергетске и кућне потребе се могу покрити путем примене природног гаса. Изванредна својства и могућност свестране употребе природног гаса били су и остали изазов конструкторима апарата за домаћинство. У данашње време појављује се у технички развијеним земљама, где постоји дугогодишња традиција коришћења гаса, све више уређаја конструктивно прилагођених карактеристикама и предностима природног гаса.

У почетној фази гасификације није реална претпоставка да ће се просечно домаћинство опремити додатним гасним уређајима због економске моћи потрошача и неамортизованих постојећих уређаја на електричну енергију. Тек у каснијој фази гасификације доћи ће до повећања стандарда коришћења гасних уређаја који ће довести и до повећања специфичних потреба домаћинства, односно стана.

За кућне инсталације примењују се по правилу челичне цеви, мада су дозвољене и бакарне цеви. Примена полиетиленских, оловних или алуминијумских цеви није дозвољена.

### 13.4.1 Тип индивидуалног објекта

Индивидуални објекти могу бити са спратовима и без њих. Због тога се у типском решењу једне такве куће предвиђа да има подрум, један или више спратова, при чему је на сваком нивоу по један стан (домаћинство). Од улице, куда пролази гасни вод, подземно се врши довод до подрума где се смешта мерни сет за сваког потрошача. Уколико не постоји подрум, мерни сет се поставља на зид у улазном ходнику. Део инсталације до мерног сета (инсталација немереног гаса) обухвата главни вентил, који може бити постављен и на уличном делу, пролаз кроз основни зид и одговарајуће вентиле за сваког потрошача. При томе се мора имати у виду да сваки потрошач мора имати свој посебни независни вод и потрошњу гаса која се мери.

Мерно-регулациони сет је предвиђен за мерење количине, регулацију притиска гаса и осигурање инсталације потрошача од појаве превисоког или прениског притиска, односно од нестанка гаса. При томе се претпоставља да је минимални улазни притисак у кућну инсталацију 40 *mbar*. Пад притиска у кућној инсталацији се одређује на бази пада притиска до најнеповољнијег потрошача, при чему тај притисак не сме бити нижи од 18 *mbar*. Ако ови услови нису остварени, прорачун се мора поновити.

Мерно-регулациони сет се уграђује на унутрашње или спољне зидове. Фабрички мора бити испитан на непропусност и спреман за уградњу. Главни елементи сета морају бити повезани са растављивим спојевима, тако да се могу несметано вршити поправке, односно једноставна демонтажа и монтажа појединих елемената у сврху редовних сервисних и контролних прегледа. Уколико постоје велике температурне разлике на месту уградње сета, он мора имати и температурни компензатор који елиминише грешке мерења настале пламеном температуре гаса. Због лакшег читавања на мерни сет се може поставити даљински читач. За осигурање катодне заштите (у случају челичних цеви) стављају се изолирајући комади на кућне прикључке, уз истовремено спречавање лутајућих струја као и преношење електропотенцијала из куће на уличне гасоводе. Изолирајући комади се уграђују непосредно испред или иза главног запорног органа.



Слика 13.8 Приказ мерно-регулационог сета за гас

### 13.4.2 Тип објекта-зграда

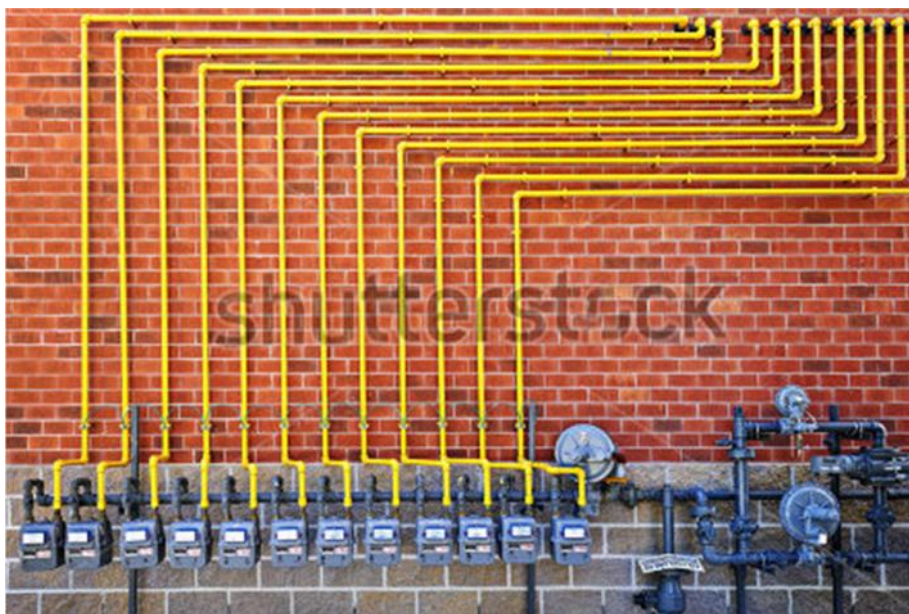
За станове у колективним зградама се претпоставља иста структура потрошача гаса као и у становима у индивидуалним објектима:

- гасни шпорет,
- гасна брзогрејалица и
- гасне пећи или комби грејач за етажно грејање.

Инсталације за станове у колективним зградама су исте, без обзира на број спратова, јер се претпоставља да су потребе домаћинства исте без обзира на висину зграде. Разлика може да постоји само у облику и положају станова у згради, начину вођења цеви унутар стана у односу на потрошаче, положај отвора на спољним зидовима или вентилационим каналима и слично. Такође, разлика може бити у погледу решења потреба грејања, да ли путем централне котларнице, етажних грејања или појединачних пећи.

Немерени део инсталације се води од подрума зграде успонским водовима до мерно-регулационог сета испред сваког стана. Мерно-регулациони сет има исте карактеристике као и за станове у индивидуалним зградама. Поставља се на зид и служи за регулисање и мерење потрошње у стану. Његов положај мора да буде приступачан и да омогућава лако читавање потрошње, чак и без присуства власника стана. Унутар стана, од мерног сета, цевоводима за развод гаса врши се снабдевање појединих гасних уређаја.

Међутим, за колективне зграде у којима већ постоје инсталације централног грејања, за потребе кувања може се развести, по истом принципу, гасна мрежа са засебним мерно-регулационим сетом за свако домаћинство, док се за потребе грејања и припреме потрошне топле воде може користити заједничка котларница снабдевана гасом чији се трошкови распоређују по  $m^2$  стамбене површине. При томе, котларница може бити смештена било у подруму, било на крову.



Слика 13.9 Гасна инсталација у зградама

## 14. Закључак

Потребе за различитим врстама енергената мењале су се у складу са променама у развоју друштва и развоју науке. Дуго је угља био витални енергент, покретач привредног развоја након разарања у Другом светском рату. Након угља уследила је фаза нафте. Међутим, у последњој деценији постало је јасно да ће позната налазишта нафте бити исцрпљена у наредне две до три деценије. Из тог разлога је дошло до експанзије развоја алтернативних извора енергије како би се предупредила енергетска жеђ која се неумитно приближава. Алтернативни извори енергије који су у повоју имају за крајњи циљ производњу електричне енергије без које човечанство данас није у стању да функционише. Међутим, овакви извори енергије за сада не могу да обезбеде довољну количину потребне енергије за позитиван енергетски биланс. Као једина преостала реална алтернатива потрошачима се намеће природни гас.

Природни гас постаје кључан енергент како за привреду, тако и за индивидуалне потрошаче у домаћинствима. Његов опсег примене је широк. Користи се у индустрији, широкој потрошњи, топлификацији, за производњу електричне енергије, за погон моторних возила и као сировина у производњи. Поседује јасне техничке и економске предности у односу на конвенционална горива. О његовом значају довољно говори податак да приватни потрошачи гас могу користити у задовољавању око 80 посто енергетских потреба. Овај податак добија на значају када се зна да природни гас нема чврстих остатака при сагоревању и да загађује околину у занемарљивој мери. Неопходност употребе природног гаса можда најбоље илуструје пример постепеног престројавања аутомобилске индустрије према коришћењу овог горива.

Његов значај ће још више порасти када се реше техноекономски проблеми искоришћења неконвенционалних резерви природног гаса, које су по неким проценама знатно веће него конвенционалног природног гаса, као и економичне производње водоника. Његова релативно ниска цена, еколошка оправданост, широк спектар употребе, огромне резерве и релативно једноставна експлоатација су фактори који доприносе да се природни гас оправдано назива горивом будућности и кључним фактором енергетске безбедности 21. века.

## Литература:

1. Вулетић В.: *Карактеристике и примена природног гаса*, Београд, 2011.
2. Шкрбић Б.: *Транспорт нафте и гаса*, Технолошки факултет, Нови Сад, 2006.
3. Рајковић М.: *Нафта и природни нафтни гас*, Нови Сад, 2009.
4. Прстојевић Б., Џајић Н., Вулетић В.: *Дистрибуција природног гаса*, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2005.
5. Баталовић Н.: *Машине и уређаји за бушење и опремање нафтних и гасних бушотина*, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2011.
6. Торбица С. и Лековић Б.: *Истражно бушење*, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2001.
7. Драгићевић С.: *Термотехника*, Технички факултет, Чачак, 2009.
8. Preradović J.: *Beleške s predavanja iz uvoda u geotehnologiju – Proizvodnja nafte i plina*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2009.
9. Simon K.: *Skladištenje i potrošnja energenata*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2010.
10. D. J. Evans and R. A. Chadwick: *Underground Gas Storage*, Geological Society, London, 2009.
11. Јованчић П.: *Експлоатација и одржавање гасоводних система*, Скрипта са предавања, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009.
12. Working committee 2: *Underground Gas Storage*, Triennium Work Report, Kuala Lumpur, 2012.

## Интернет сајтови:

<http://www.naturalgas.org/> (датум приступа 04. 09. 2014.)

<http://www.igu.org/> (датум приступа 09. 09. 2014.)