

## RAZVOJ TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE, SABIRANJA I TRANSPORTA NAFTE I PLINA

Mirko ZELIĆ i Dubravko PETROVIĆ

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, YU – 41000 Zagreb*

**Ključne riječi:** Proizvodnja, Sabiranje, Transport, Plin, Nafta, Oplemenjivanje plina

Proizvodnja nafte i plina započela je 1945. god., na nekoliko malih naftnih polja da bi se tijekom narednih 45 godina proširila na šire područje Sjeverne Hrvatske. Velikim istraživačkim naporom i entuzijazmom otkrivena su značajna ležišta ugljikovodika, na kojima je izgrađena kompleksna tehnološka infrastruktura (bušotine, tehnološki sistemi, transportni sistemi) u svrhu pridobivanja nafte i plina, njene obrade i transporta prema rafinerijama i potrošačima. Shodno razvoju ostalih vrsti tehnologija u svijetu razvijale su se i tehnologije proizvodnje i sabiranja nafte i plina u INA–Naftaplinu, prateći i usvajajući najmodernija svjetska dostignuća u području proizvodnje nafte i plina. Današnjom tehnologijom koja se primjenjuje INA–Naftaplin svrstava se u rang modernog koncipiranih kompanija u području proizvodnje nafte i plina.

**Key-words:** Production, Gathering, Transportation, Gas, Oil, Gas up–grading

The oil production was started in 1945 to cover several small capacity oil fields and to expand in the forthcoming forty–five years to the wider area of the Northern Croatia. Significant exploration efforts and enthusiasm revealed perspective hydrocarbon layers on which a complex technological infrastructure was constructed (wells, technological systems, transportation systems) for the purpose of oil and gas production, its processing and transportation to refineries and consumers. In line with development of other technologies in the world, the oil and gas production and gathering technologies in INA – Naftaplin were also up–graded, monitoring and adopting the most advanced world achievements in the field of oil and gas production. Presently applied technology ranks INA – Naftaplin among modernly organized (from the technical and technological point of view) companies, engaged in the field of oil and gas production and processing.

### Uvod

Širenje proizvodnog i sabirno–transportnog sustava za naftu i plin na području djelovanja Naftaplina karakteriziraju pragovi razvoja, koji su izravna posljedica pozitivnih nalaza pri sve složenijim geološkim uvjetima.

Formiranjem poduzeća Naftaplin 1952. godine preuzeta su od Glavne direkcije za naftu i plin Hrvatske polja: Gojlo, Mramor–Brdo, Križ i Bunjani, kao naftna polja, te Janja – Lipa kao plinsko polje.

Pedesetih godina otkrivena su polja Kloštar i Dugo Selo. Sljedeći razvojni skok je omogućen 1960. godine otkrićem naftnog polja Stružec, čime je proizvodnja nafte prvi put premašila milijun tona godišnje.

Susrevši se s većim dubinama i znatno većim slojnim tlakovima od onih do tada, otkrićem naftnog polja Žutica, prišlo se rješavanju novih problema, a u sabirno–transportnom sustavu i traženju originalnih rješenja, zasnovanih na automatiziranju operacija i procesa. To je, pored tehničkog impulsa, omogućilo uštede u investicijskom ulaganju i radnoj snazi. Ušteda na radnoj snazi bila je 86%. Slijede nova pozitivna otkrića, od kojih treba izdvojiti naftno polje Beničanci. Svojim potencijalom na pragu sedamedesetih godina Beničanci omogućuju novi zamah, koji se ogleda u proširenju istražnog prostora na Jadransko podmorje, opremanju vlastitih

samopodiznih i poluuronjivih platformi za istraživačke podmorja, te ulaskom u fazu oplemenjivanja plina. Konac sedamdesetih godina donosi otkriće plinskog polja Molve, koje je svojom dubinom zaliježanja, izuzetno visokom slojnom temperaturom i tlakom te sastavom plina suočio radne ljude Naftaplina s novim izazovima. Oni su uspješno svladani na početku osamdesetih godina u smislu znanja, a do danas i u smislu opremanja za daljnje istraživanje i privođenje proizvodnji ležišta koja očekujemo ili su već otkrivena, a odlikuju se jednako složenim uvjetima.

Detaljnije gledano, u proteklom razdoblju razvoja INA–Naftaplina otkriveno je, razrađeno i pušteno u proizvodnju niz naftnih i plinskih ležišta, i to po redosljedu kako slijedi:

#### a) naftna ležišta

Gojlo (napušteno), Mramor Brdo, Križ, Bunjani, Kloštar, Dugo Selo, Stružec, Okoli, Lipovljani, Ivanić–Grad, Jezevo, Jagnjedovac, Šandrovac, Bilo, Žutica, Ferdinandovac, Beničanci, Jamarice, Kozarice, Ladislavci–Kapelna, Obod, Crnac, Bokšić, Števkovica, Lepavina, Deletovci, Privlaka, Ilača i Lupoglav, Mihovljani, Letičani, Vezišće;

#### b) plinska ležišta

Janja Lipa, Voloder, Lipovljani, Okoli, Žutica, Ferdinandovac, Veliki Otok, Legrad, Bokšić, Obra-

dovci, Molve, Peteranec, Kalinovac, Stari Gradec, Zebanec, Hampovica i Čepelovac.

Tehnologija proizvodnje nafte eruptiranjem crpi nafte blizu  $3 \times 10^6$  t / god. odnosno kapljevine (nafta + voda) oko  $5 \times 10^6$  t/god.

Tehnologija proizvodnje nafte temelji se na tri osnovna sustava, i to:

- a) eruptivni (10% od proizvodnog fonda bušotina);
- b) plinski lift (40% od proizvodnog fonda bušotina);
- c) dubinske sisaljke (50% od proizvodnog fonda bušotina).

U proizvodnom fondu nalazi se preko tisuću naftnih bušotina s davanjem od 1,0 do maksimalno  $100 \text{ m}^3/\text{d}$  po bušotini, s napomenom da većina bušotina u proizvodnom fondu spada u srednju i završnu fazu radnog vijeka. To značajno oslođnjava procese proizvodnje nafte i naftnog plina.

Iz plinskih ležišta trenutno se dobiva preko  $2,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{god.}$  prirodnog plina, i to značajnije iz polja Molve, Kalinovac, Stari Gradec, Bokšić, Okoli, Žutica i Legrad.

U proizvodnom fondu nalazi se oko 90 bušotina s davanjima od  $10.000\text{--}350.000 \text{ m}^3/\text{d}$  po bušotini.

Slično kao i kod naftnih ležišta, i ovdje se radi o ležištima koja su u završnoj fazi proizvodnog vijeka (izuzev polja u Podravini) pa tehnologija proizvodnje postaje sve složenija. Na većini naših značajnijih naftnih ležišta uvedene su »sekundarne« metode tj. utiskivanje vode u ležišta radi podržavanja ležišnog tlaka (Ivanić, Žutica, Beničanci, Šandrovac, Bilo, Jamarice, Lipovljani, Kozarice). Značajno je napomenuti da se godišnje utisne vode u ležišta oko  $4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$

U tabeli 1 prikazana je proizvodnja nafte i plina po godinama.

### Razvoj tehnologije proizvodnje nafte i plina

Budući da su naša naftna i plinska ležišta različita po svojim geološkim i proizvodnim karakteristikama, odnosno po dubini zalijeganja, tako se je razvijala i tehnologija pridobivanja nafte u svrhu maksimalne racionalizacije iskorištavanja bušotina i ležišta u cjelini.

Proizvodni sustav »ležište—bušotina—sabrino mjesto« kao jedinstveni hidrodinamički i termodinamički sustav zahtijeva temeljitu analizu svih tehnoloških segmenata u njemu, te na taj način i stvaranje

TABELA 1

#### OSTVARENA PROIZVODNJA NAFTE, PRIRODNOG PLINA I TEKUĆIH PLINOVA

| GODINA | PROIZVEDENO         |                            |                 |                                  |                             |                                    |          |
|--------|---------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------|
|        | (u zemlji)<br>(u t) | NAFTE<br>(ANGOLA)<br>(u t) | ukupno<br>(u t) | PLINA<br>(u 000 m <sup>3</sup> ) | TEKUĆIH<br>PLINOVA<br>(u t) | UVJETNE<br>NAFTE<br>(u t)<br>(3+4) |          |
| 1      | 2                   | 3                          | 3a              | 3b                               | 4                           | 5                                  | 6        |
| 1      | 1964                | 1285390                    |                 | 1285390                          | 130602                      | 838                                | 1415992  |
| 2      | 1965                | 1416004                    |                 | 1416004                          | 151106                      | 11250                              | 1567110  |
| 3      | 1966                | 1545169                    |                 | 1545169                          | 188826                      | 23654                              | 1733995  |
| 4      | 1967                | 1702374                    |                 | 1702374                          | 232359                      | 27174                              | 1934733  |
| 5      | 1968                | 1818336                    |                 | 1818336                          | 329728                      | 32897                              | 2148064  |
| 6      | 1969                | 1932164                    |                 | 1932164                          | 408624                      | 31810                              | 2340788  |
| 7      | 1970                | 2057066                    |                 | 2057066                          | 477671                      | 31468                              | 2534737  |
| 8      | 1971                | 2141568                    |                 | 2141568                          | 547537                      | 29641                              | 2689105  |
| 9      | 1972                | 2326456                    |                 | 2326456                          | 569152                      | 32027                              | 2895608  |
| 10     | 1973                | 2422931                    |                 | 2422931                          | 611723                      | 30856                              | 3034654  |
| 11     | 1974                | 2470197                    |                 | 2470197                          | 673796                      | 43665                              | 3143993  |
| 12     | 1975                | 2669750                    |                 | 2669750                          | 751310                      | 53004                              | 3421060  |
| 13     | 1976                | 2812779                    |                 | 2812779                          | 911185                      | 57306                              | 3723964  |
| 14     | 1977                | 2828717                    |                 | 2828717                          | 1009062                     | 51553                              | 3837779  |
| 15     | 1978                | 2931166                    |                 | 2931166                          | 934294                      | 53844                              | 3865460  |
| 16     | 1979                | 2971006                    |                 | 2971006                          | 805868                      | 48402                              | 3776874  |
| 17     | 1980                | 3056388                    |                 | 3056388                          | 983241                      | 53405                              | 4039629  |
| 18     | 1981                | 3140776                    |                 | 3140776                          | 1168928                     | 81111                              | 4309704  |
| 19     | 1982                | 3047194                    |                 | 3047194                          | 1244541                     | 116317                             | 4291735  |
| 20     | 1983                | 2860468                    |                 | 2860468                          | 1196127                     | 140913                             | 4056595  |
| 21     | 1984                | 2853327                    |                 | 2853327                          | 1251493                     | 143955                             | 4104820  |
| 22     | 1985                | 3020190                    | 36419           | 3056609                          | 1463594                     | 205131                             | 4483784  |
| 23     | 1986                | 3006856                    | 80205           | 3087061                          | 1699358                     | 215481                             | 4706214  |
| 24     | 1987                | 2948657                    | 120976          | 3069633                          | 1973468                     | 217029                             | 4922125  |
| 25     | 1988                | 2844668                    | 198773          | 3043441                          | 2122910                     | 278557                             | 4967578  |
| UKUPNO | 1964-1988           | 62109597                   | 436373          | 62545970                         | 21836503                    | 2011288                            | 83946100 |
| UKUPNO | 1945-1988           | 68605610                   | 436373          | 69041983                         | 22254243                    | 2021724                            | 90859853 |

optimalnih tehničko-tehnoloških i ekonomskih uvjeta za njegovo iskorištavanje. To omogućuje visok stupanj razvoja metoda, odnosno sustava za proizvodnju i sabiranje nafte i plina.

### Tehnologija proizvodnje nafte eruptivnim

Korištenje raspoložive ležišne energije je ujedno i najekonomičnija metoda proizvodnje nafte i treba je održavati što je moguće dulje. Da bi se ona uspješno primjenjivala, potrebno je temeljito poznavati zakonitost višefaznih protjecanja, čemu je u našoj praksi u proteklom razdoblju poklonjena značajna pažnja. To je rezultiralo izuzetno djelotvornim iskorištavanjem naftnih bušotina, pri čemu je tom metodom ostvareno više od 60% od ukupno dobivene nafte.

Temeljeći se na teoretskim postavkama, u našu praksu počela se prije desetak godina uvoditi optimalizacija davanja bušotina primjenom adekvatnih (optimalnih) promjera uzlaznih cijevi (tubinga). Tako je za uvjete davanja bušotina, pored tubinga vanjskog promjera 73 mm (2 7/8" O.D.) i 60 mm (2 3/8" O.D.), uveden u praksu i tubing vanjskog promjera 48 mm (1,9" O.D.), odnosno 42 mm (1,66" O.D.). Na taj način produljio se vijek eruptivnog davanja pojedinih bušotina, a neke se uspješno privedene u proizvodnju primjenom samo manjeg promjera tubinga. Primjena optimalnog promjera tubinga pokazala je u praktičnim aktivnostima dvojaku prednost:

1) u jedinstvenom hidrodinamičkom i termodinamičkom sustavu »ležište–bušotina–sabirno mjesto« raspoloživa ležišta energija troši se maksimalno za korisno dizanje, odnosno, minimalno za nepovratne (ireverzibilne) procese;

2) troškovi materijala (čelika) manji su za oko 2–2,5 puta, ovisno o uvjetima iskorištavanja bušotina.

Manji promjer tubinga uspješno se primjenjuje, kako u eruptivnim (naftnim i plinskim), tako i u bušotinama koje daju neprekidnim liftom. Pored adekvatnih promjera tubinga kao elementi regulacije davanja bušotina uspješno su primjenjivane dubinske, a posebice površinske sapnice, pakeri te rjeđe intermiteri.

Budući da se u procesu eruptiranja zbivaju vrlo složeni hidrodinamički i termodinamički procesi, značajan doprinos u analizi i optimalizaciji tih procesa dali su najnoviji suvremeni kompjuterski modeli. Oni omogućuju brzu, djelotvornu i dovoljno točnu analizu i proračun svih pokazatelja proizvodnog sustava, kao i njihov utjecaj na djelotvornost sustava u cjelini. S takvim suvremenim modelom raspolaze i naš kolektiv bez kojeg je danas nezamislivo voditi procese pridobivanja nafte eruptivnim načinom. Primjenom takvog modela moguće je utvrditi optimalne uvjete za:

a) stupanj raskrivanja (dužinu i gustoću napucanih intervala promjer i dužinu perforacija i dr.);

b) način raskrivanja (s većim ili manjim tlakom stupca kapljevine od ležišnog);

c) geometriju standardnih perforacija i pješčanih zasipa;

d) obrade i hidrauliku frakturiranja;

e) hidrauličke gubitke u tubing u priključnim naftovodima i restrikcijama;

f) utjecaj separtorskog tlaka na djelotvornost proizvodnog sustava.

### Tehnologija proizvodnje nafte plinskim liftom

Razvoj tehnologije pridobivanja nafte plinskim liftom možemo podijeliti u tri faze:

1. Prva faza odnosi se na primjenu konvencionalnog povremenog lifta na polju Mramor–Brdo (počevši od 1959. godine), zatim na poljima Dugo Selo i Lipovljani;
2. Druga faza odnosi se na primjenu suvremenog kontinuiranog lifta na naftnom polju Stružec, zatim na naftnom polju Šandrovac–Bilogora;
3. Treća se faza odnosi na primjenu komornog lifta a u novije vrijeme klipnog, te na primjenu moderne tzv. »wire–line« tehnike pri zahvatima u bušotinama.

U načelu, u našoj praksi razvijen je normalni tzv. kružni sustav plinskog lifta, koji se sastoji od kompresorske stanice kao izvora stlačenog plina, zatim visokotlačne i niskotlačne razvodne mreže cjevovoda.

Tehnika ugradnje i vadenja dubinskih ventila alat-kama na žici znatno je pojeftinila i racionalizirala rad plinskog lifta. Tako sve modernija oprema za liftiranje, kao što su: dubinski ventili vadivi na žici, vretena s bočnim džepom, paker, protupovratni ventil, zatim na površini podesive sapnice i vremenski regulatori, osigurava vrlo visok stupanj djelotvornosti lift–sustava, automatiziranu regulaciju davanja bušotina i potrošnje plina, te programiranje rada bušotina plinskim liftom.

Takva tehnika omogućava racionalno iskorištavanje bušotina, primjenom optimalnog promjera tubinga.

Iako suvremena konstrukcija plinskog lifta nije bitno izmijenila oblik konvencionalnog (sl. 1) ipak, ono što karakterizira suvremeni lift sustav odnosi se na vrlo visok stupanj kvalitete opreme, odnosno dijelova opreme, a posebice suvremeni pristup projektiranja i optimalizacije takvog sustava.

On se temelji na suvremenijem matematičkom modelu koji omogućava brzo i dovoljno točno dobitvanje svih relevantnih pokazatelja, kao što su:

a) optimalna dubina točke utiskivanja plina;

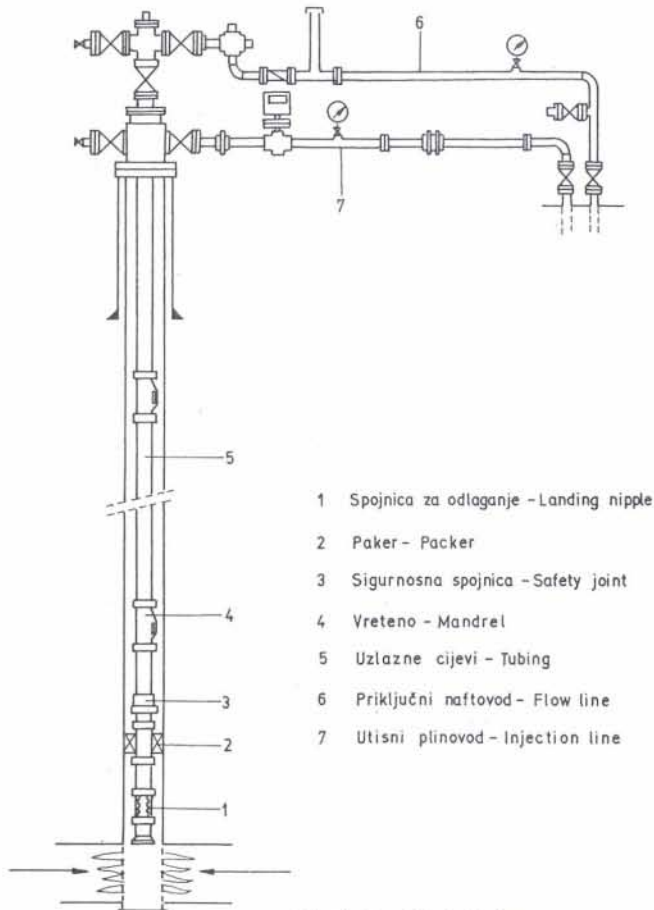
b) optimalni smještaj dubinskih ventila kao i njihove tehničke karakteristike;

c) optimalna depresija na sloj;

d) maksimalno davanje bušotine;

e) minimalni utrošak komprimiranog plina;

f) raspodjela plina za liftiranje po bušotinama prema količini njihovih davanja.



- 1 Spojnica za odlaganje - Landing nipple
- 2 Paker - Packer
- 3 Sigurnosna spojnica - Safety joint
- 4 Vreteno - Mandrel
- 5 Uzlazne cijevi - Tubing
- 6 Prikjučni naftovod - Flow line
- 7 Utisni plinovod - Injection line

Sl. 1 Gas lift bušotina  
Fig. 1 Gas lift well

### Tehnologija proizvodnje nafte dubinskim sisaljka

Razvoj tehnologije proizvodnje nafte dubinskim sisaljka prošao je nekoliko faza. Počevši od one početne na poljima Gojlo, Križ i Bunjani do ove suvremene tehnologije, koja se očituje u primjeni visokokvalitetnih tzv. usadnih sisaljki različitih duljina (300 - 600 mm) različitih promjera (32 - 64 mm), vadivih na klipnim šipkama.

Nadalje, adekvatnom kombinacijom klipnih šipki promjera 16, 22 i 25 mm, visoke kvalitete, zatim, suvremenom konstrukcijom njihalice i elektromotora domaće proizvodnje osigurava se racionalno iskorištavanje bušotina pri različitim uvjetima davanja, od onih 5 m<sup>3</sup>/d do onih od oko 90 m<sup>3</sup>/d kapljevine.

Automatizirano programiranje djelovanja njihalice s elektromotornim pogonom te suvremeni način balansiranja njihalice osiguravaju zadovoljavajući učinak tog sustava podizanja. Treba napomenuti da se taj sustav primjenjuje uspješno u bušotinama i do 2500 m dubine, što se približava gornjoj granici u ekonomičnosti njegove primjene.

Suvremena konstrukcija sustava dubinskih sisaljki, koja se vidi na sl. 2 nije se bitno izmijenila od prvobitne, međutim, u kvaliteti opreme, u suvremenom projektiranju i analizi načinjeni su značajni pomaci.

Gotovo kompletna oprema, izuzev klipnih šipki i cilindara, uspješno je usvojena domaća i zamije-

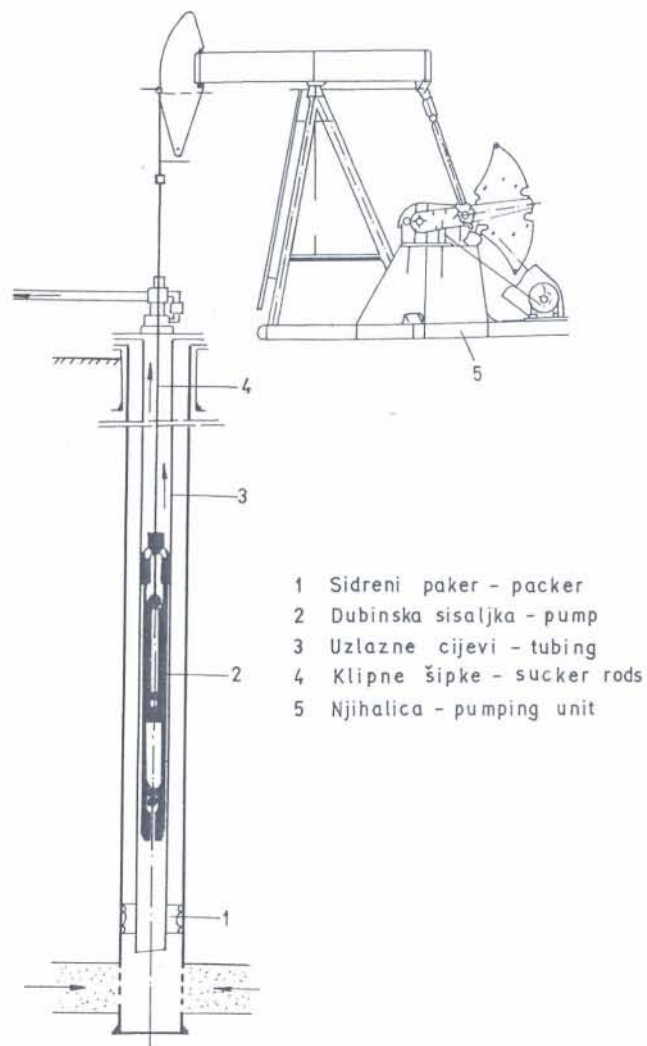
njena uvoznom, kao što su: njihalice, elektromotori, usisni i tlačni ventili, plinska sidra, pješčana sidra i drugi elementi.

Najsuvremeniji program omogućuje nam projektiranje, analizu i optimalizaciju, kako pojedinačnih elemenata, tako i sistema u cjelini, kojim se postiže maksimalno moguća proizvodnja fluida uz minimalni utrošak pogonske energije.

Takvim programom postizemo brzinu i dovoljnu točnost proračunavanja optimalnih uvjeta rada sustava koji se odnosi na:

- optimalnu dubinu ugradnje sisaljke;
- da ili ne primjenu plinskog sidra;
- optimalnu kombinaciju klipnih šipki;
- optimalno opterećenje na glatkoj šipci (maksimalno i minimalno)
- maksimalno davanje sisaljke s maksimalnim koeficijentom korisnog učinka;
- optimalno uravnoteženje;
- izbor adekvatne njihalice i pogonskog motora i td.,

To osigurava visok stupanj iskorištenja proizvodnog sustava u cijelini i njegov relativno dugi radni vijek, čak i u složenim uvjetima pridobivanja nafte.



- 1 Sidreni paker - packer
- 2 Dubinska sisaljka - pump
- 3 Uzlazne cijevi - tubing
- 4 Klipne šipke - sucker rods
- 5 Njihalice - pumping unit

Sl. 2 Dubinska pumpa  
Fig. 2 Downhole pump

### Tehnologija utiskivanja vode u ležišta radi održavanja ležišnog tlaka

Na temelju vlastite analize ležišta i tehničko-tehnološkog znanja, sustav utiskivanja vode u ležište radi održavanja ležišnog tlaka primjenjen je prvi put u našoj praksi, i to vrlo uspješno, na polju Ivanić 1972. godine. Ohrabreni njegovom djelotvornošću, taj sustav je razrađen i za ostala značajnija polja, tako da je slijedila njegova primjena na polju Žutica, zatim na polju Beničanci, da bi se zatim kompletirao na poljima Šandrovac-Bilo i Jamariće-Kozarice-Lipovljani.

Uvođenje sekundarnih metoda na našim značajnijim ležištima odrazilo se na crpljenje veće količine nafte iz ležišta, tako da možemo slobodno reći kako bi trenutna proizvodnja bez njih bila za oko 40%

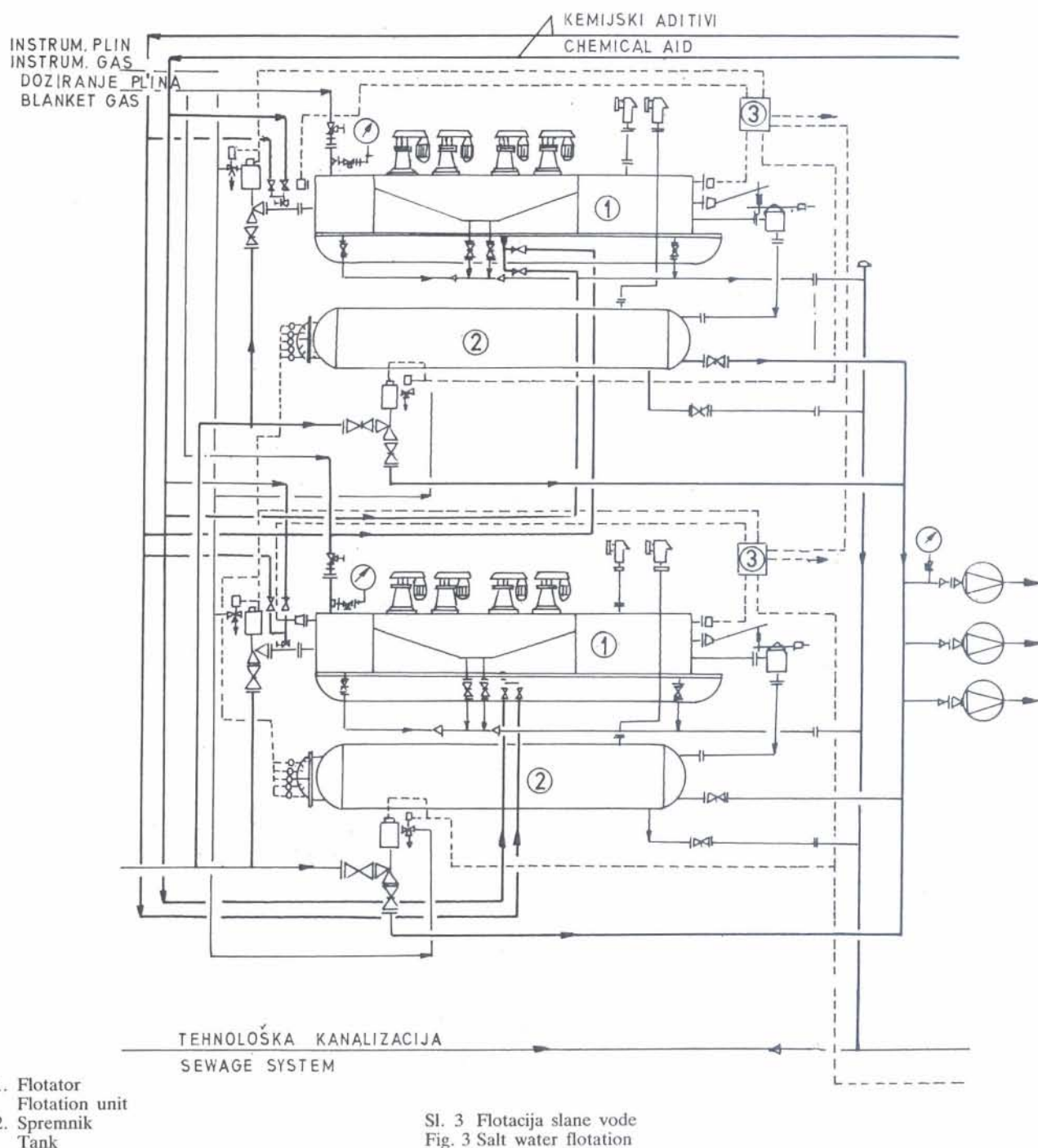
manja. Očekuje se vrlo visok koeficijent konačnog iscrpka na pojedinim ležištima, i do 50% od ukupnih zaliha.

Da bismo što djelotvornije i dugotrajnije ostvarili utiskivanje vode u ležišta, značajna pažnja posvećena je pripremi vode za utiskivanje kako bismo postigli maksimalnu njenu čistoću. U tom pogledu, počela se primjenjivati tehnologija čišćenja vode flotacijom kojom se postiže vrlo visok stupanj čistoće.

Takav sustav izgrađen na polju Žutica, a pripreme se vrše i za ostala polja, prikazan je na slici 3.

### Tehnologija proizvodnje plina iz plinskih bušotina

Eruptivni radni vijek većine plinskih bušotina, izuzev onih na polju Molve i Kalinovac i Stari Gradec,



Sl. 3 Flotacija slane vode  
Fig. 3 Salt water flotation

u završnoj je fazi pa je nužno iskoristiti sve tehničke mogućnosti da se takav način proizvodnje produži. Zbog opadanja ležišnog tlaka i akumulacije vode i kondenzata na dnu bušotina dolazi do njihova ugušenja i prestanka davanja. Da bi se to spriječilo, poduzimaju se različite mjere, i to: primjenom tubinga malog promjera, uvođenjem klipnog lifta, dodavanjem pjenušavih tvari i dr.

Pored toga, za one bušotine kojima te tehničke mjere nisu dovoljne primjenjuje se kompresorska proizvodnja. U tom pogledu proširene su kompresorske stanice na gotovo svim značajnijim »starim« plinskim poljima, i to kompresorima domaće izrade.

Perspektiva proizvodnje plina i kondenzata je u dubokim ležištima Podravskog bazena ( $> 3000$  m): Molve, Kalinovac, Stari Gradec i dr.

Treba odmah naglasiti složene uvjete iskorištavanja takvih ležišta budući da se odlikuju visokim ležišnim tlakovima (do 500 bara), visokim ležišnim temperaturama ( $200^{\circ}\text{C}$ ), sadržajem agresivnih plinova ( $10\text{--}20\%$   $\text{CO}_2$ ;  $0,01\%$   $\text{H}_2\text{S}$ ) te relativno visokim sadržajem klorida i žive.

Opremanje i privođenje takvih bušotina proizvodnji povezano je s brojnim tehnološkim i financijskim teškoćama. Pri tome se postavljaju osnovni zahtjevi:

- programirano ravnomjerno crpljenje fluida iz ležišta;
- optimalizacija procesa proizvodnje, pri čemu se podrazumjeva minimalno trošenje raspoložive ležišne energije u nepovratne (ireverzibilne) procese (trenje, klizanje);
- neprekinutost (kontinuiranost) procesa proizvodnje.

Uz to, nužno je prilikom projektiranja dubokih bušotina zadovoljiti osnovne kriterije, kao što su:

- potpuna sigurnost bušotina u radu;
- dugotrajni radni vijek bušotina ( $15\text{--}20$  god.);
- potpuna automatizirana kontrola rada bušotina i polja u cjelini.

Projektiranje proizvodne opreme predstavlja vrlo složen postupak, budući da je ona neposredno izložena dugotrajnom djelovanju tlaka, temperature i agresivnih medija.

Zbog toga je potrebno obuhvatiti sve analize i proračune što su vezani uz:

- gubitak (pad) tlaka koji nastaje u uzlaznim i odvodnim bušotinskim cijevima;
- gubitak topline (pad temperature) u uzlaznim i odvodnim bušotinskim cijevima;
- djelovanje sila na promjenu duljine uzlaznih i odvodnih bušotinskih cijevi;
- uvjete stvaranja procesa korozije, kao i načina borbe protiv korozije, odnosno zaštite materijala (čelika).

Proračun gubitaka tlaka za različite uvjete protoka omogućuje izbor optimalnih promjera uzlaznih i odvodnih bušotinskih cijevi, što se odražava u racionalnom trošenju ležišne energije na korisno dizanje fluida, s jedne strane, odnosno na uštedu materijala (čelika), s druge strane.

Za proračunavanje gubitka tlaka u našoj praksi primjenjuju se suvremene metode koje su programirane na elektroničkom računalu i na taj način se

omogućava brzo rješavanje vrlo složenih postupaka i praktičnih zadataka, bilo da se radi o jednofaznom ili o višefaznom protoku.

Proračun gubitaka topline, odnosno pada temperature fluida pri protoku u uzlaznim i odvodnim bušotinskim cijevima vrlo je važan i složen postupak.

Razvijen je vlastiti postupak proračuna i, također, programiran na elektroničkom računalu, čime se postiže i brzo i djelotvorno proračunavanje pri različitim postavljenim ili očekivanim uvjetima protoka fluida.

Poznavanje temperaturnog profila u bušotini pri različitim uvjetima protoka predstavlja ključni zadatak budući da se tako visoke temperature fluida u ležištu prenose i po profilu bušotine do ušća, odnosno do sabirnog mjesta. Zbog toga dolazi do promjene duljine uzlaznih i odvodnih bušotinskih cijevi, a time i do promjene njihova naprezanja. Pored toga, visoka temperatura, a osobito promjena temperature, uzrokuje različita oštećenja brtvenih elemenata bušotinske opreme, zbog čega se njihov radni vijek smanjuje.

Zbog toga se kritična brtveća mjesta bušotinske opreme moraju izrađivati po sistemu brtvljenja »metal-metal«, što znatno poskupljuje opremu. To je specijalni način izrade materijala pa se za nove uvjete mora isključivo osloniti na uvoznu komponentu.

Proizvodna oprema izvrnuta je djelovanju različitih sila koje mogu uzrokovati promjenu duljine, odnosno različita naprezanja. Tu ubrajamo: silu uzgona, masu uzlaznih cijevi, nateg, tlačenje, unutarnji tlak, vanjski tlak itd.

Vrijednost, odnosno stupanj djelovanja tih sila potrebno je proračunati pri maksimalnim i minimalnim uvjetima kako bi se mogli dobiti odgovarajući koeficijenti vezani uz izbor materijala s obzirom na dubinu i ostale uvjete ugradnje opreme.

Jedno od najvažnijih područja analize odnosi se na utvrđivanje uvjeta stvaranja procesa korozije. Pri tome se treba pridržavati osnovnih standarda koji, na temelju teoretskih i praktičnih spoznaja, propisuju donje granice uvjeta pojave korozije iskazane prisutnošću različitih agresivnih plinova.

S obzirom na uvjete i sadržaj agresivnih plinova u plinu dubokih ležišta Podravskog bazena (relativno visoki parcijalni tlakovi) prisutni su razni procesi korozije, i to:

- opća korozija zbog prisutnosti  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{S}$ ;
- rupičasta korozija;
- naponska korozija;
- vodikova krtost metala;
- kloridova krtost metala;
- korozija – erozija
- korozija uzrokovana prisustvom žive.

Budući da su u dubokim plinskim i plino-kondenzatnim bušotinama perspektivnog Podravskog bazena prisutne sve navedene vrste korozije, javlja se vrlo delikatna problem odlučivanja za način borbe protiv korozije. O tome ovise i sigurnost i radni vijek svake bušotine, a time i podlog za racionalno i dugoročno iskorištavanje plinskih i plino-kondenzatnih ležišta.

Postoji više načina borbe protiv korozije ovisno o uvjetima iskorištavanja bušotina, i to:

- a) izbor adekvatnog materijala (čelika) otpornog na više vrsta korozije;
- b) inhibiranje – kontinuirano u bušotinu, – povremeno u uzlazne cijevi, – povremeno u sloj;
- c) plastificiranje unutarnjih stijenki uzlaznih cijevi;
- d) kontrola brzine protoka fluida u uzlaznim cijevima;
- e) kombinacija prethodno navedenih načina.

U našoj praksi zastupljeni su načini navedeni pod toč. a), b) i d), tj. izbor adekvatnog kvalitetnog čelika i povremeno utiskivanje inhibitora u sloj te kontrola brzine protoka fluida. Oni su se pokazali kao najdjelotvorniji načini borbe protiv korozije za naše uvjete.

Za uvjete iskorištavanja dubokog Podravskog bazena značajnu su ulogu odigrale dvije vrste čelika i to:

- a) martenzitni legirani čelik s 13% Cr s tvrdoćom po Rockwellovoj skali  $R_c < 23$ , prihvatljiv i za dubinsku i površinsku bušotinsku opremu;
- b) visokolegirani čelik s 25% Cr tzv. »duplex« materijal (50% ferita), samo za dubinsku proizvodnu opremu, koja je u neposrednom kontaktu s fluidom.

Sigurno je da ovi specijalni materijali poskupljuju početna ulaganja u bušotine, međutim, ako želimo ispuniti prethodno navedene osnovne kriterije, takva je primjena ovakvih materijala neizbježna.

Početna faza je, ipak uspješno svladana. Bušotine na polju Molve uspješno su privedene u proizvodnju, kao i na polju Kalinovac, te dvije bušotine na polju Stari Gradec. Opremljene su kvalitetnim tubingom 13% Cr i 25% Cr, permanentnim pakerom s kvalitetnim brtvenim elementima, kliznim vratima, sigurnosnim ventilom, zatim na površini erupcijskim uređajima otpornim na agresivnost postojećih kiselih plinova, te adekvatnim sigurnosnim automatiziranim sustavom za kontrolu i zatvaranje bušotina u slučaju kvara (vidi Sl 4 i 5).

U tom pogledu, za buduća plinska i plino-kondenzatna ležišta slijede daljnja tehnološka poboljšanja, kako u pogledu konstrukcije bušotina, tako i u pogledu kvalitete materijala i opreme, oslanjajući se, pri tome, na bitni kriterij – dugotrajnu i pod sigurnim uvjetima proizvodnju plina i kondenzata.

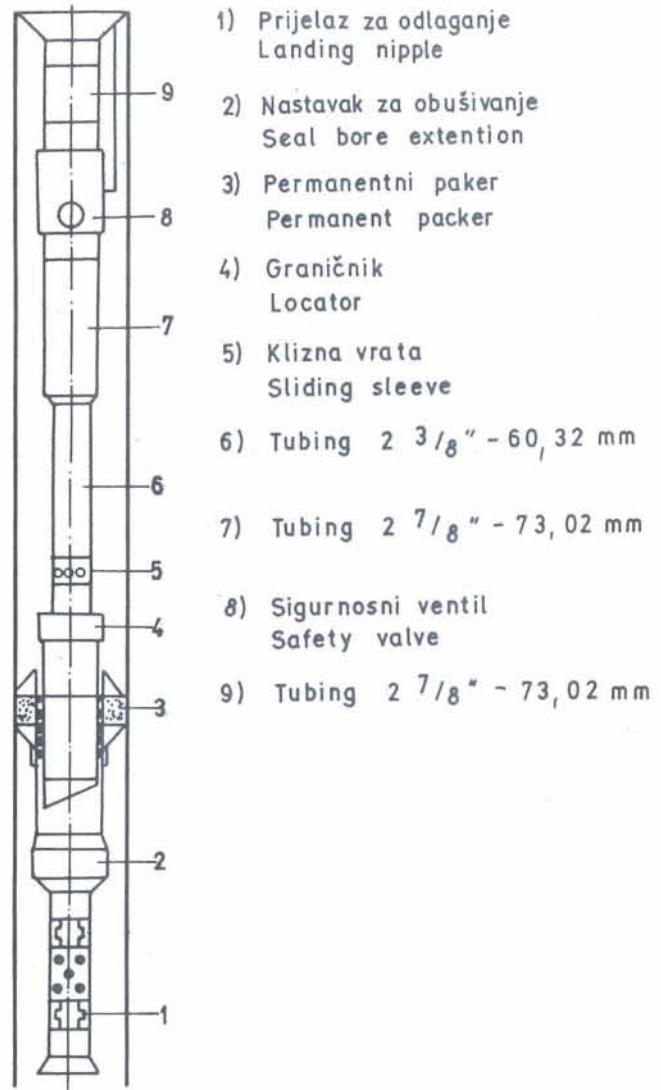
Pored toga, dotrajale razvodne sisteme vodovoda od čeličnih cijevi zamijenjujemo uspješno plastičnim.

## Razvoj sabirnog sustava za naftu i plin

### Razvoj sabirnog sustava za naftu

Sve složeniji uvjeti zalijeganja nafte i plina, inicirali su sve složenije zahtjeve na sabirno-transportni sustav.

Prva faza sabirnih sustava odnosi se na polje Križ, izgrađen po uzoru na Gojlo. Na Bunjanima, Kloštru i Dugom Selu, po prvi put su ugrađeni separatori plina i nafte, mjerila protoka plina i automatska regulacija tlaka.

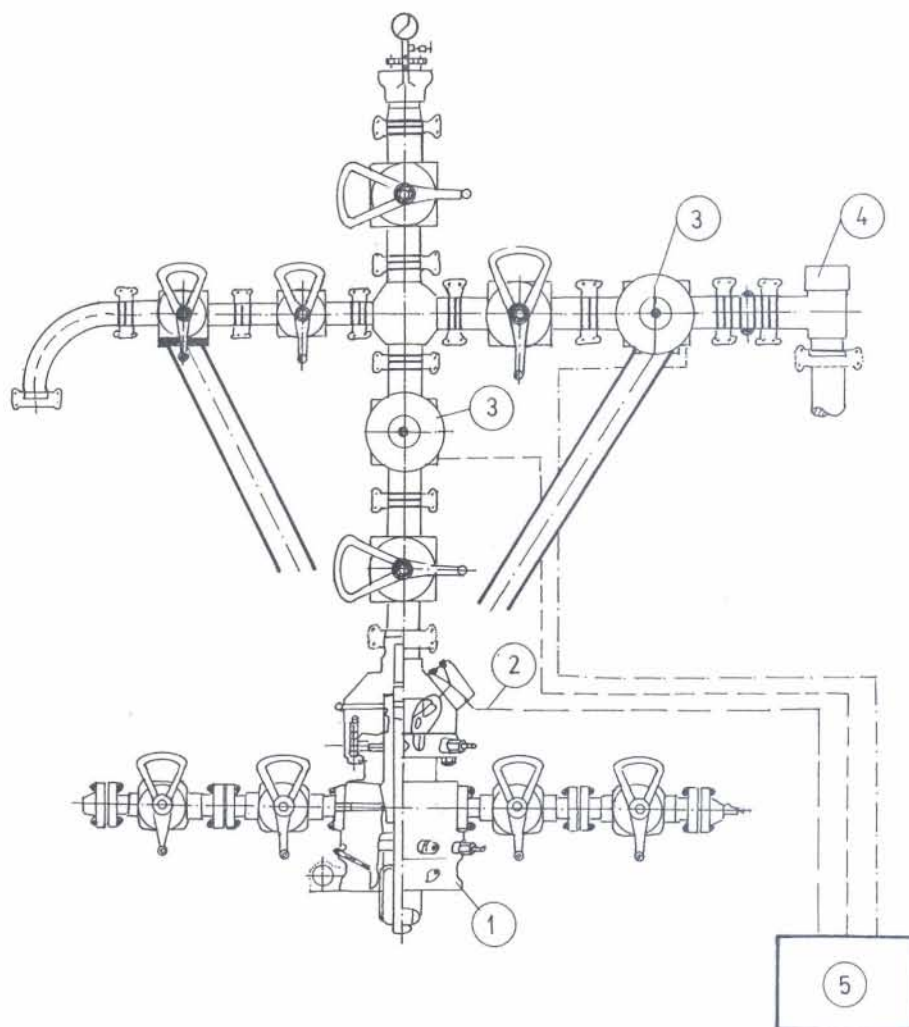


Sl. 4 Oprema plinske bušotine  
Fig. 4 Gas well equipment

Otkriće naftnog polja Stružec omogućilo je primjenu nove tehnologije sabiranja koja je kasnije primijenjena i na poljima Lipovljani i Ivanić. Pored niza novih tehničkih rješenja, poboljšanja radnih uvjeta, što je preteča današnjih sabirnih instalacija. Međutim, u toj fazi, automatizirane su samo pojedine operacije.

Automatizacija procesa sabiranja u cjelini izvršena je na »Mjernim stanicama« u Jagnjedovcu, Šandrovcu i Žutici. Prvi put je izgrađen sabirni sustav bez rezervoarskog prostora. Također, prvi put se fluid kreće pomoću raspoložive ležišne energije. Automatski rad mjerne stanice, bez stalne ljudske posade, izdržao je kušnju vremena proteklih dvadesetak godina. Na sl. 6 prikazana je shema mjerne stanice.

Promjene i odstupanja od usvojene relejne tehnike u upravljačko-signalizacijskom dijelu izravna su posljedica brzog razvoja na području elektrotehnike. Promjene u cjelini prvenstveno su posljedica danas drugačije energetske situacije i boljih mogućnosti domaće industrije. Slijedom takvog razvoja, rekonstruirani sabirni sustav Beničanaca (1978/79) čini prirodan kontinuitet. Razlike od ranijih mjernih



- 1) Tubing glava - Tubing head
- 2) Kontrolni vod za DSV - DHSV control line
- 3) Zasun s hidrauličkim aktuatorom - Hydraulic operated valve
- 4) Podesiva sapnica - Adjustable choke
- 5) Sigurnosno blokadni uređaj - Wellhead control panel

Sl. 5 Erupcioni uređaj plinske bušotine  
Fig. 5 Gas well christmas tree

stanica predstavljaju korekciju ranijih iskustava uz energetska optimalizaciju. Tu je prvi put primijenjena nova logika u kojoj svaka procesna jedinica ima svoj upravljački uređaj.

U razvoju sabirnog sustava posebno mjesto ima polje Bilo. Zbog osobitosti konfiguracije, nepristupačnosti i klizišta, polje je razrađeno »grmovima« usmjerenih bušotina. Sustav je automatiziran visoko integriranom tranzistorskom logikom. To omogućuje operateru nadzor s jednog mjesta nad radom sedamdeset proizvodnih bušotina, postavljanje bušotina na mjernu liniju, čišćenje cjevovoda uz signalizaciju prolaza čistača parafina, mjerenje pojedinačnih i ukupnih količina nafte i plina na mjernoj stanici i otpremanje nafte i plina s polja.

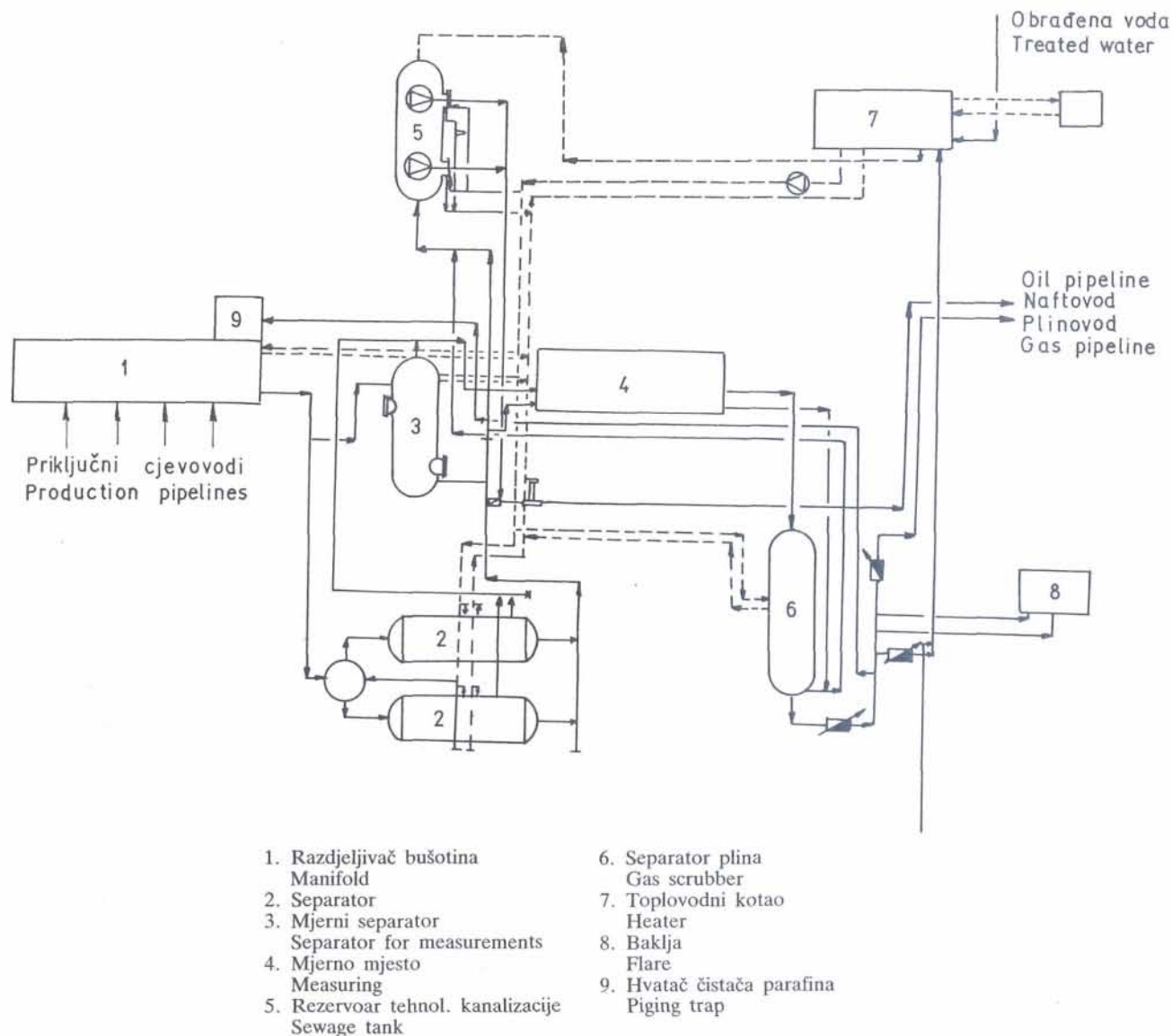
Koncem sedamdesetih godina učinjen je novi korak koncipiranjem i izgradnjom visokoučinskih

dehidracija, prilagođenih za velike proizvodnje s visokim sadržajem vode. Osnovne su joj karakteristike: domaća oprema i energetska optimalizacija izvršena kroz selektivni odabir kemikalija koje djeluju pri znatno nižim temperaturama uz istovremeni izbor generatora topline s visoko učinkovitim goračima plina. Uz to, za otpremnu stanicu Beničanci prvi put je primijenjen upravljački uređaj na bazi mikroprocesora domaće proizvodnje. Shema otpremne stanice s dehidracijom prikazana je na slici 7.

#### Razvoj sabirnog sustava za plin

S porastom proizvodnje plina iz plinskih ležišta razvijala se i tehnologija sabiranja i pripreme plina za transport. S obzirom na razmjere, prostorne položaje, te proizvodna svojstva klasičnih plinskih ležišta (Okoli, Žutica, Bokšić, Legrad i dr.) sabirni sustav





Sl. 6 Tehnološka shema mjerne stanice  
Fig. 6. Lay-out of lact

koncipiran je po načelu »plinskih stanica« koje su povezivale odgovarajući broj bušotina i na kojima su se odvijali procesi separacije, zatim ponegdje niskotemperaturna separacija u svrhu intenziviranja odvajanja kondenzata, te procesi dehidracije (uglavnom apsorpcioni). Na sl. 8 prikazana je tehnološka shema plinske stanice uobičajene konstrukcije na našim klasičnim plinskim poljima.

Otkrićem dubokih plinskih i plinsko-kondenzatnih ležišta na području Podravine (Molve, Kalinovac i Stari Gradec) razvila se i nova koncepcija sabiranja i priprema plina za transport.

Kao što je već prethodno spomenuto, vrlo teški uvjeti na tim poljima (visoki tlakovi; temperature, relativno visok sadržaj štetnih primjesa 10–23%  $\text{CO}_2$ , 0,01 – 1,0%  $\text{H}_2\text{S}$ -a, klorida, žive, te konfiguracija i geografski položaj tih polja) diktirali su i posebne kriterije za koncipiranje sabirnih sustava, a posebice za izbor kvalitetnih materijala za pojedine uređaje i dijelove sustava.

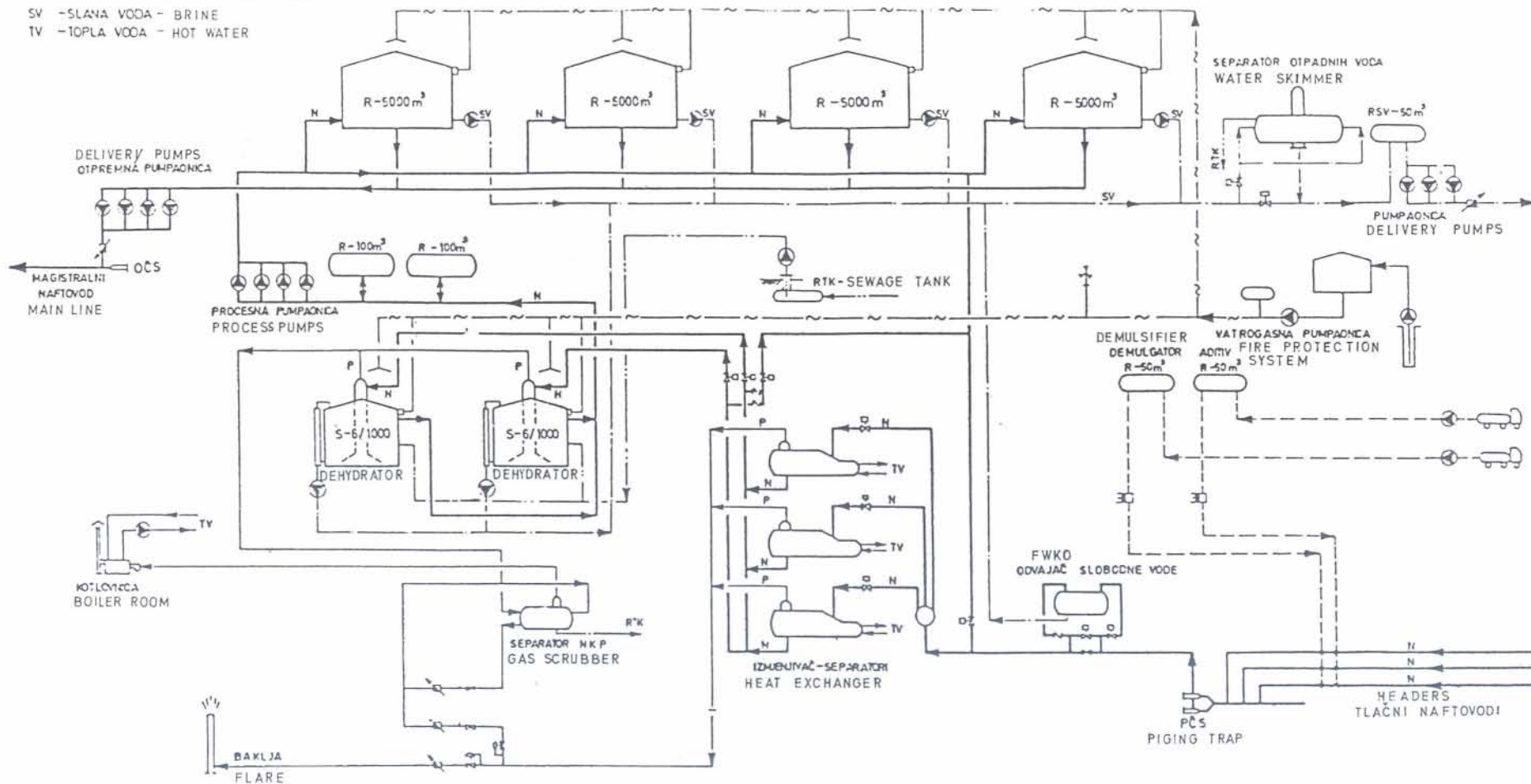
Visoki tlakovi i visoke temperature omogućili su koncepciju sabirnog sustava s tzv. »satelitskim plinskim stanicama (3 na polju Kalinovac, po 1 na polju Molve i Stari Gradec) na kojima se odvijaju procesi separacije i jedne (centralno plinske stanice – CPS) smještene na polju Molve, koja se gradila u tri faze (pa je i dobila naziv CPS–I; CPS–II i CPS–III) na kojoj se zbivaju procesi dodatne separacije, dehidracije i čišćenja plina od štetnih primjesa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ -a, žive) te izdvajanje visokomolekularnih ugljikovodika.

Na Sl. 9 prikazana je tehnološka shema CPS–II, koja je koncipirana na bazi apsorpcije vrućim kalijevim karbonatom tzv. »Benfield procesom« obogaćen s katalizatorom dietanolaminom. Isti postupak zastupljen je i na CPS–I.

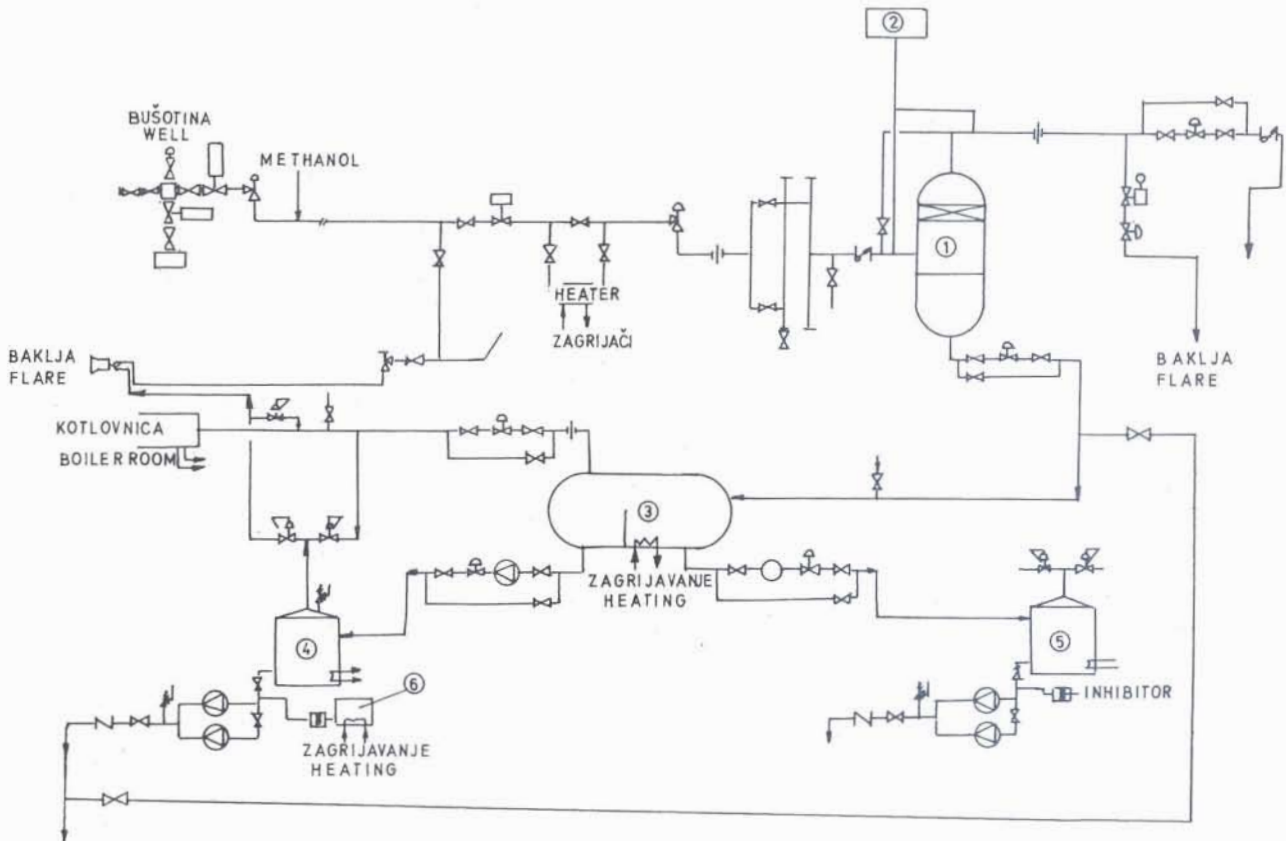
Značajka ovog tzv. »vrućeg« procesa odnosi se na djelotvorno izdvajanje, kako ugljičnog dioksida (s ulaznih 20% na izlazni 3%), tako i sumporovodika.

## LEGENDA - KEY

- N - NAFTA - OIL  
 P - PLIN - GAS  
 RI - PLIN INSTRUMENTALNI - INSTR. GAS  
 SV - SLANA VODA - BRINE  
 TV - TOPLA VODA - HOT WATER



Sl. 7 Tehnološka shema otpremne stanice  
 Fig. 7 Lay-out of gathering station



- |  |  |
|--|--|
| 1. Dvofazni separator<br>Two phase separator   | 4. Rezervoar kondenzata<br>Gasoline tank |
| 2. Inhibitor                                   | 5. Rezervoar sljne vode<br>Brine tank    |
| 3. Trofazni separator<br>Three phase separator | 6. Depresant<br>Flow improver            |

Sl. 8 Tehnološka shema plinske stanice  
Fig. 8 Lay-out of gas station

Nova plinska stanica CPS-III koja treba osigurati kapacitet oko  $5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/d plina temelji se na procesu apsorpcije pomoću kemijskog otapala, tzv. AMDEA.

Uz dodatnu frakcionaciju etana i viših komponenta ugljikovodika u tzv. »Cold Box« postupku, tim dijelovima procesa pridodan je i proces kojim se konvergira izdvojeni sumporovodik u sumpor tzv. »Lo Cat« proces, odnosno apsorpcioni proces za izdvajanje žive.

Treba napomenuti, da je zbog složenosti procesa i sadržaja štetnih primjesa bilo nužno odabrati i materijale adekvatne kvalitete.

Pored razvoja sustava za sabiranje i pripremu nafte i plina za transport, uporedo su se razvijali i sustavi za prikupljanje podataka, nadziranje i upravljanje tehnološkim postupcima, počev od onoga na polju Žutica za lokalno prikupljanje i obradu do najsuvremenijih na poljima Podravine, koji pomoću suvremenih elektroničkih računala osiguravaju potpuni nadzor i upravljanje cjelokupnim tehnološkim procesom.

Tu su lokalne mreže elektroničkih računala međusobno povezane te stvorene mogućnosti njihovog povezivanja i uklapanja u integralni informacijski sustav INA-Naftaplina.

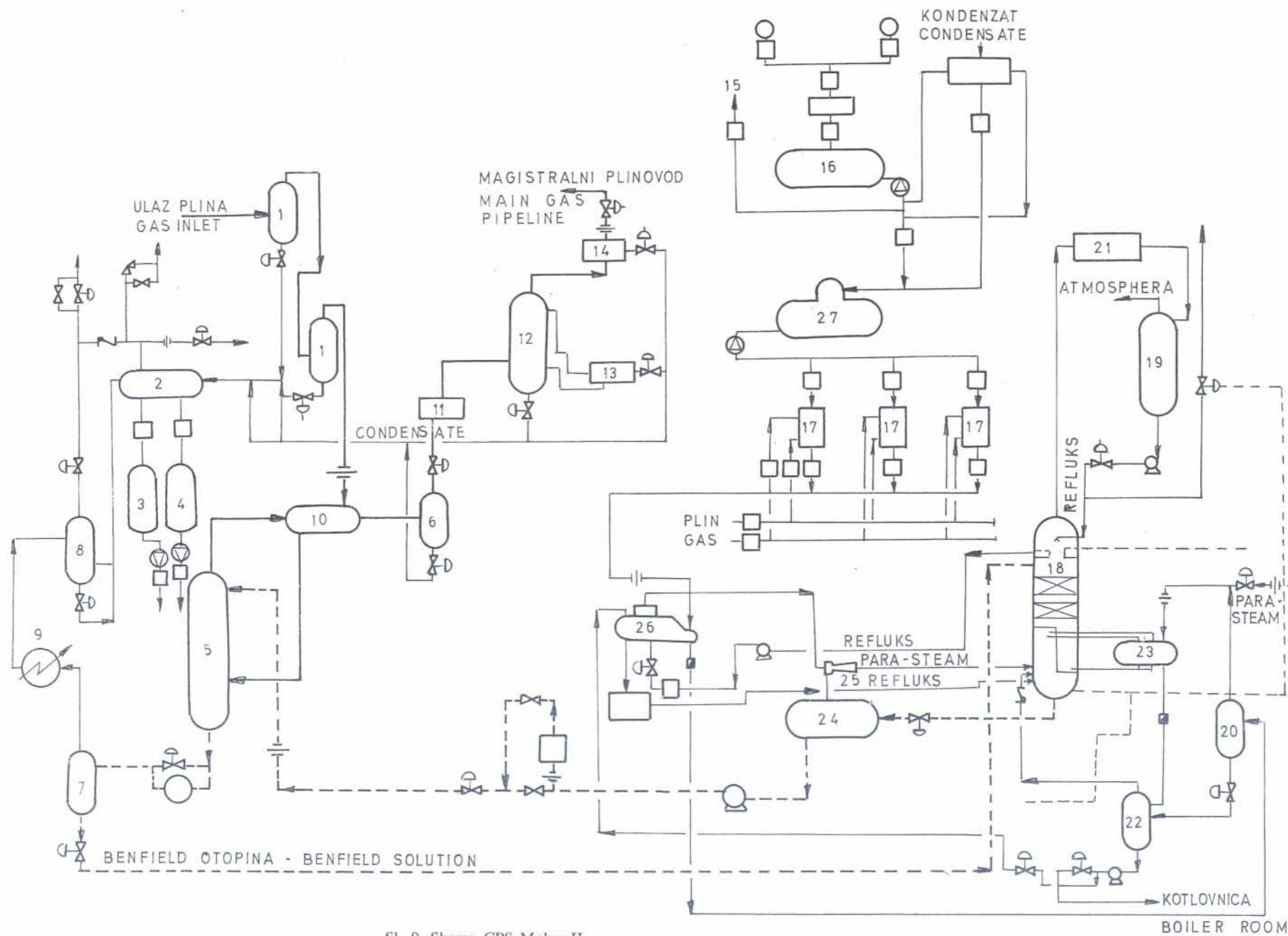
## Razvoj transporta nafte i plina

Transport nafte i plina su dva odvojena iako često međusobno povezana sustava.

Transport nafte se u početku obavljao preko utovarnih stanica za vagon-cisterne. Gojlo je imalo svoju utovarnu stanicu u Banovoj Jaruzi; Mramor Brdo u Gračenici; Kloštar, Križ i Bunjani u Graberju, a Dugo Selo u Dugom Selu.

Prvi naftovod je sagrađen 1960. godine od Stručca do Siska. Kasnije je polje Lipovljani spojeno naftovodom na Stručec, a nakon toga i Mramor Brdo. Nakon puštanja polja Ivanić u proizvodnju izgrađen je naftovod Graberje-Stručec. Kasnije su Šandrovac i Ferdinandovac spojeni na Graberje, a potom Dugo Selo preko Kloštra na Graberje, Bilo na Šandrovac i Beničanci na Utovarnu stanicu u Slavskom Brodu. Tako smo dobili mrežu magistralnih naftovoda (Sl.10). Iz Slavenskog Broda, nafta se u Sisak transportira teglenicama Savom.

Razvoj transporta plinske mreže počeo je izgradnjom plinovoda Janja-Lipa-Zagreb 1958. godine. Do tada je postojao transport plina Gojlo-Kutina. Plinovod Janja-Lipa-Zagreb izgrađen je u dvije etape: prva Ivanić Grad - Zagreb, druga Janja-Lipa - Ivanić Grad.



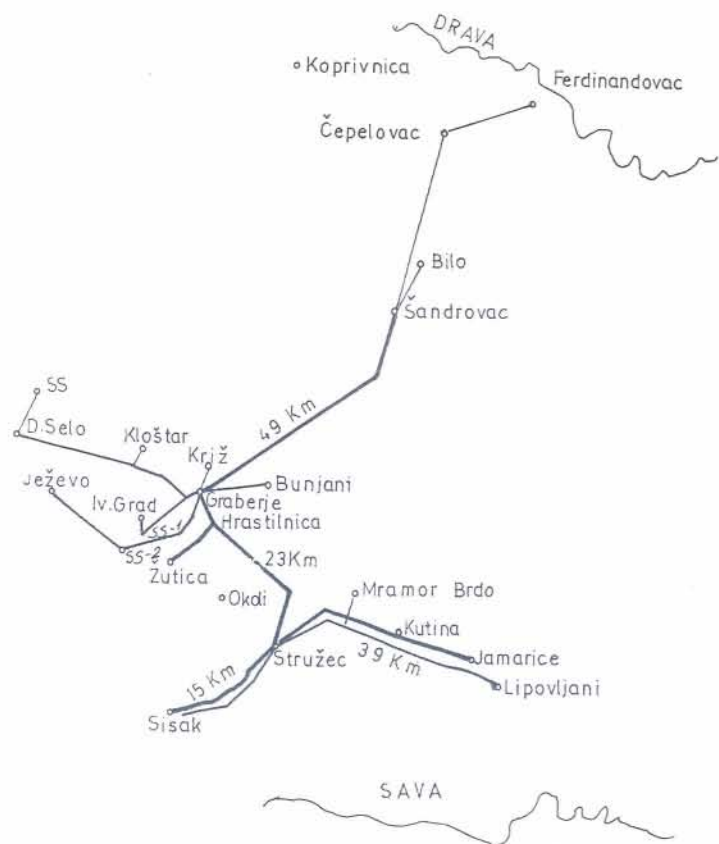
Sl. 9 Shema CPS Molve II  
Fig. 9 Lay-out of gas station Molve II

LEGENDA:  
LEGEND:

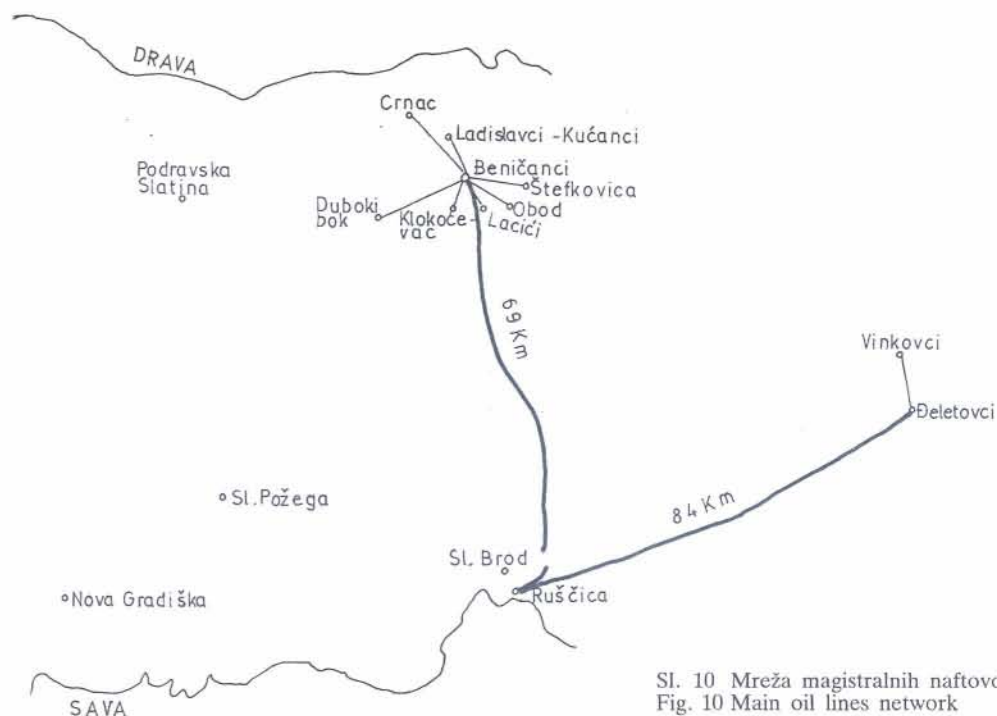
1. ulazni separator (INLET SEPARATOR) – 2. trofazni separator (3-phase SEPARATOR) – 3. spremnik kondenzata (LIQUID HYDROCARBON SURGE DRUM) – 4. spremnik vode (SALT WATER STORAGE TANK) – 5. B. apsorber (B. APSORBER) – 6. B. kondenzni lonac (B. CATCHPOT) – 7. otplinjač bogate otopine (RICH SOLUTION FLASH DRUM) – 8. odvajač ishlapjenog plina (FLASHED FUEL GAS COOLER) – 10. B. izmjenjivač plina – plin (B. FEED/PRODUCT EXCHANGER) – 11. zračni hladnjak plina iz apsorbera (APSORBER OVERHEAD COOLER) – 12. dehidracija plina (DEHYDRATOR) – 13. regeneratorski glikola (GLYCOL UNIT)

– 14. jedinica za hlađenje plina (REFRIGERATION UNIT) – 15. rashladni toranj (COOLING TOWER) – 16. spremnik napojen kotlovske vode (B.F.W. STORAGE TANK) – 17. kotlovi (BOILER UNIT) – 18. B. striper (B. STRIPPER) – 19. B. separator kondenzata (B. CONDENSATE SEPARATOR) – 20. otplinjač kondenzata srednjeg tlaka (M.P. CONDENSATE FLASH DRUM) – 21. B. zračni kondenzator (B. OVERHEAD CONDENSER) – 22. otplinjač kondenzata niskog tlaka (L.P. CONDENSATE FLASH DRUM) – 23. Benfield zagrijač (B. REBOILER) – 24. višestepeni otplinjač (MULTISTAGE FLASH DRUM) – 25. ejektor (STEAM EJECTOR) – 26. zagrijač kondenzata (OVERHEAD CONDENSATE REBOILER) – 27. napojni rezervoar (WATER TANK)

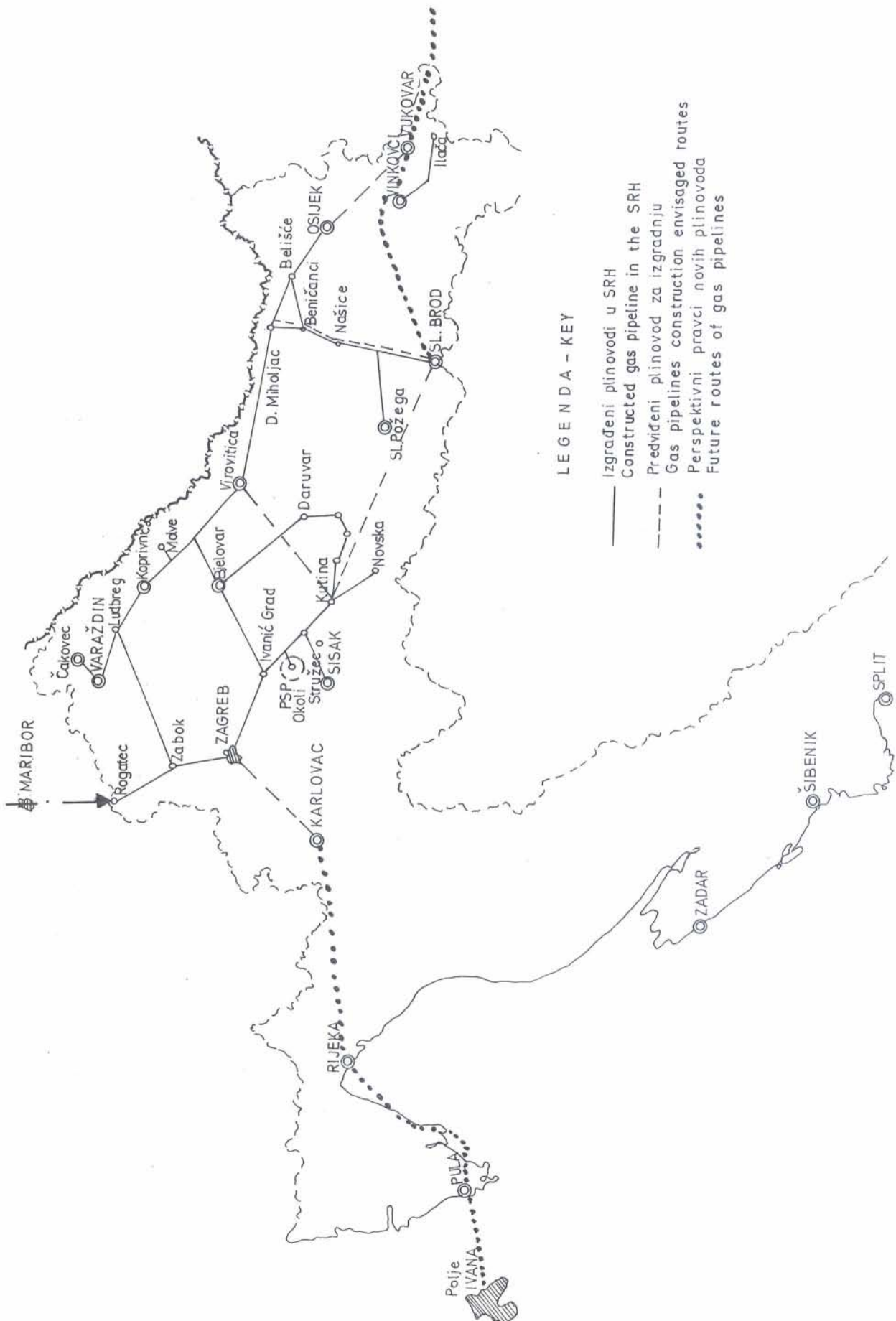
POSAVINA - PODRAVINA



SLAVONIJA



Sl. 10 Mreža magistralnih naftovoda  
Fig. 10 Main oil lines network



Sl. 11 Mreža magistralnih plinovoda  
Fig. 11 Main gas line network

Kad je građen naftovod Stružec–Sisak (1960), paralelno je položen i odvojak plinovoda Janja–Lipa–Zagreb od Popovače do Siska, kasnije do Petrinje.

Nakon toga su izgrađeni novi plinovodi stvarajući danas mrežu od oko 1300 km duljine (sl. 11).

Plinski transportni sustav se prostire na području Sjeverne Hrvatske gdje se nalaze i glavna ležišta. Transportna plinska mreža predstavlja zatvoreni dinamički sustav s preko dvadeset ulaza i s velikim brojem izlaza. Ulazi i izlazi uzajamno korespondiraju, a granični uvjeti su usklađenost proizvodnje i uvoza s potrošnjom. Tlak sustava je 50 bara. Na bazi  $\Delta P = 10$  bara, mreža ima 10% dnevne akumulacije za pokrivanje dnevnih oscilacija potrošnje. Za upravljanje tako kompliciranim dinamičkim modelom izgrađen je sustav za sakupljanje podataka i upravljanje plinskom mrežom iz dispečerskog centra u Zagrebu. Kao prirodni nastavak transportnog sustava izgrađeno je podzemno skladište plina koristeći iscrpljena plinska ležišta Okoli kapaciteta  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

To omogućuje pokrivanje sezonskih oscilacija, kao i dodatnu sigurnost opskrbe.

### Razvoj procesa oplemenjivanja plina

Nakon energetske krize 1963. bio je prirodan zadatak učiniti korak dalje u vrednovanju energenata koje proizvodimo.

U tu svrhu izgrađena su postrojenja za proizvodnju etana iz prirodnog plina i preradu etana u etilen.

Prvi korak u pravcu razvoja postrojenja za oplemenjivanje učinjen je 1954. izgradnjom degazolinaže na Mramor–Brdu kapaciteta 2000 tona tekućeg plina godišnje. Slijedila je 1965. degazolinaža u Ivanić Gradu, izgrađena za  $330.000 \text{ m}^3/\text{dan}$  ulaznog kapaciteta. Kasnijih godina (1974) u okviru degazolinaže je izgrađena stabilizacija gazolina. Godine 1974. donijeta je odluka o izgradnji etanskog i etilenskog postrojenja.

Etansko postrojenje je izgrađeno za ulazni kapacitet od jedne milijarde  $\text{m}^3/\text{godinu}$  prirodnog plina. Za razliku od apsorpcijskog procesa u degazolinaži, na etanskom postrojenju je primijenjen ekspanderski postupak, što omogućuje znatno veći iscrpak etana, butana i propana zahvaljujući niskim temperaturama, Izlazni proizvodi su metan, koji ide u plinsku mrežu do potrošača, etan, koji se transportira etanovodom do etilenskog postrojenja, te butan i propan koji se plasiraju kao tekući plin.

Etilensko postrojenje je kapacitirano za proizvodnju  $90.000 \text{ t/godinu}$  etilena uz  $9.500 \text{ t/god.}$  propana,  $5500 \text{ t/god.}$  vodika i  $12.700 \text{ t/god.}$  dušika. Proizvodnja etilena je osnov za proizvodnju OKI–a kao i druge kemijske industrije.

### Zaključak

U zaključnom razmatranju može se reći da je osnovna karakteristika dosadašnjeg razvoja proizvodnje, sabiranja i transporta nafte i plina, uzročna i reverzibilna povezanost između sve složenijih uvjeta istraživanja i prateće tehnologije na istraživanju i proizvodnji.

U tom ciklusu jednom nova tehnologija omogućuje nove i do jučer nedostupne istraživačke uspjehe – drugi put novi nalazi izazivaju nove pomake u tehnologiji.

Uglavnom, može se reći da je razvoj naše tehnologije proizvodnje, sabiranja i transporta dostigao vrlo visok stupanj i da se može mjeriti sa svjetskim dostignućima u tom području.

S obzirom da proizvodnja nafte opada a plina i kondenzata raste, posebice iz dubokih ležišta, za očekivati je daljnji napredak tehnologije u tom području.

Međutim, neophodno je uz ovakav stupanj razvoja i uz kadrovski potencijal stvoriti preduvjete za uspješan izlazak na svjetsko tržište znanja i tehnologije.

Primljeno: 27. IV. 1990.

Prihvaćeno: 4. VI. 1990.

## The Development of Oil and Gas Production Gathering and Transportation Technology

*M. Zelić and D. Petrović*

On the area of North Croatia the beginning of oil and gas production, gathering and transportation technology dates back to 1945. The oil and gas production technology developed from shallow wells to deep wells (3.000 m) with several ways of lifting. Oil lifting is carried out by flowing (10%), gas lift (40%) and by down hole pumps (50%) on over 1.000 production wells. In significant oil reservoirs were introduced »secondary methods«, i.e. water injection in the reservoir for the purpose of maintaining reservoir pressure.

Gas production is achieved on 90 wells, the quantity ranging from 20.000 – 350.000 m<sup>3</sup>/day. Remarkable gas findings are found in Podravina where exist complex conditions related to gas production, followed by high pressures (500 bars), high temperatures (200°C) and aggressive gas content (10–20% CO<sub>2</sub> and 0,01% H<sub>2</sub>S).

With installed equipment complying to all safety measures, the production from the wells with complex production conditions is carried out successfully. In the course of oil and gas gathering system development, the surface installation technology was gradually modernized from the most simple system to the highly automatized processes capable of functioning without man. Part of the surface installation system consists of processing units, the purpose of which is to prepare oil for transportation. A control system on basis of micro-processor is built in the surface installation. The gas gathering system was developed from classic gas station to satellite stations erected for high pressures and

temperatures. Such stations are connected to the central station where are performed the processes of additional separation, dehydration, and the separation of harmful components (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, mercury). Such gas station is operating on the ethane and heavier hydrocarbon components with the »COLD BOX« process and the »LO CAT« process for the removal of mercury.

Along with the process of gas gathering and treatment was developed the telemetric system for supervision and control of the process, and data gathering, connected to contemporary computers.

According to the enclosed figures the gas and oil transportation system is connected to all gas and oil fields. Oil is transported by pipeline to the refinery Sisak, while gas is distributed by a gas lines long 1.300 km in the area of North Croatia towards large industrial centers. In order to compensate the pressure variation in the gas line system is included the underground gas storage Okoli.

Gas enrichment process started in 1954 when the gasoline plant was constructed first at Mramor Brdo and later at Ivanić Grad. At the beginning of the eighties started the construction of the ethane and ethylene plant. At the ethane plant was adopted the expansion system enabling a higher production of ethane, propane and butane.

The final stage of gas processing in INA–Naftaplín is the product ethylene which is transported as raw material to OKI Zagreb and to other chemical industries.