

# Optimizacija sustava dehidracije plina na platformi IVANA K

## Gas dehydration optimization in the Ivana K platform

**Hrvoje Krpan**  
INA Jadran d.o.o.  
hrvoje.krpan@ina.hr

**Hrvoje Herceg**  
INA Jadran d.o.o.  
hrvoje.herceg@ina.hr



**Ključne riječi:** prirodni plin, dehidracija, rosište, transportni sustav

**Key words:** natural gas, dehydration, dew point, transporting system

### Sažetak

Odvajanje vodene pare (vlage) iz prirodnog plina potrebno je da bi se spriječilo njezino kondenziranje i akumuliranje u transportnom sustavu. Vlaga u plinovodu ima višestruko negativno djelovanje kao što su: veća mogućnost korozije, smanjenje kapaciteta plinovoda, a sa snižavanjem temperature omogućava se stvaranje hidrata, odnosno prekid protoka plina. Središnju točku proizvodno – sabirno – transportnog sustava prirodnog plina na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran čine eksploatacijska platforma IVANA A i kompresorska platforma IVANA K. Na satelitskim eksploatacijskim platformama i na centralnoj eksploatacijskoj platformi IVANA A obavlja se postupak separacije vode iz plina, a na kompresorskoj platformi IVANA K prikupljeni plin iz svih plinskih polja eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran prolazi kroz postupak komprimiranja i dehidracije.

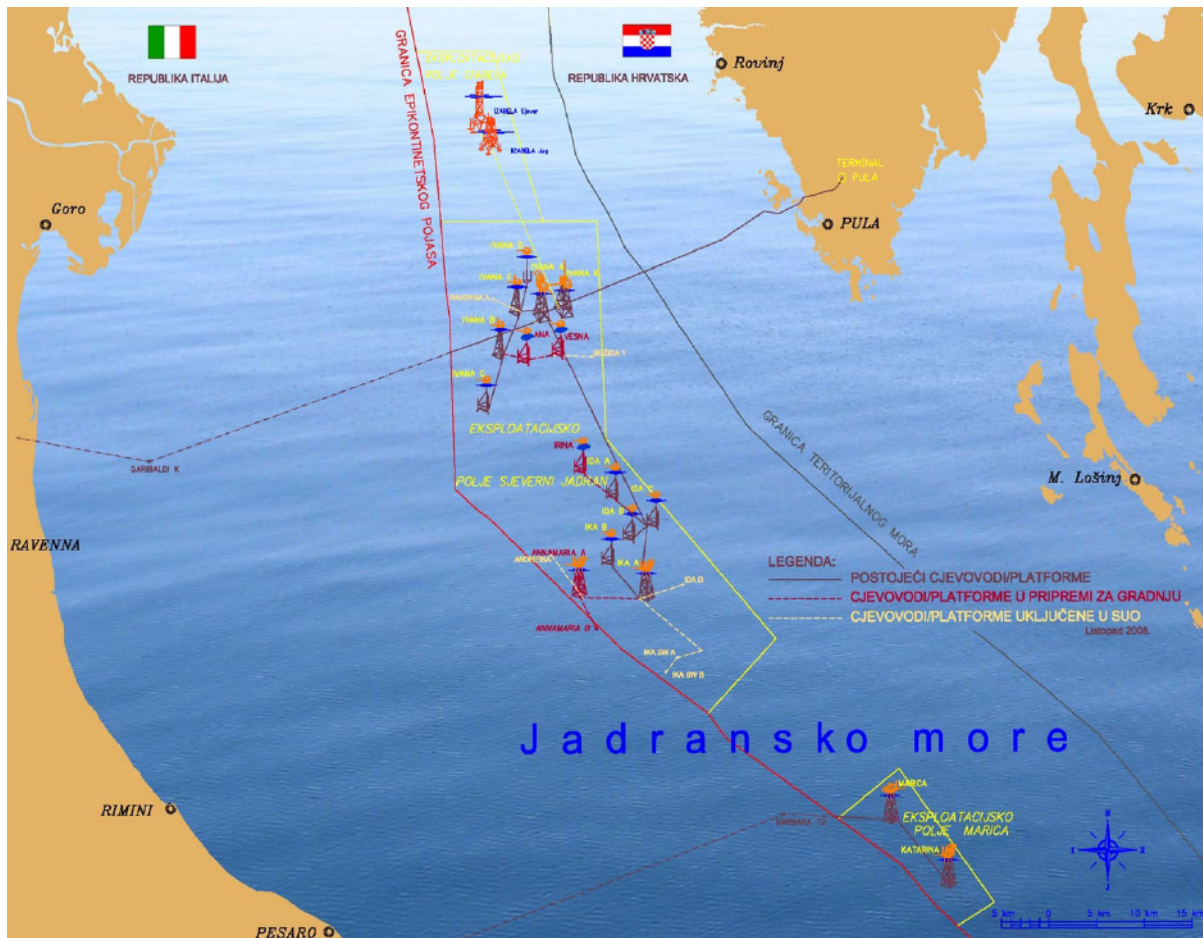
Odatle se očišćeni plin otprema u transportne sustave Republike Hrvatske i Republike Italije.

Funkcija sustava za dehidraciju je izdvajanje vode iz struje plina do razine koja osigurava rosište

od najviše  $-12^{\circ}\text{C}$  pri tlaku od 85 bar. Dehidracija se obavlja u dvije dehidracijske kolone postupkom apsorpcije trietilen-glikolom (TEG). U ovom radu opisana je optimizacija sustava dehidracije plina i sustava za regeneraciju trietilen-glikola na platformi IVANA K, gdje je razmatrana pouzdanost, kao i poboljšanje postojećih sustava u funkciji nesmetane opskrbe transportnim sustavom.

### Abstract

Separating water vapour (moisture) from natural gas is necessary to prevent its condensation and accumulation in transport system because of decrease in temperature. Moisture in gas pipeline has also other negative effects: increases the possibility of corrosion, decreases capacity of pipeline and with the decline of temperature enables formation of hydrates which results with interruption in gas flow. Main spot of production-gathering-transporting system on exploitation field 'North Adria' consists: exploitation platform Ivana A and compressor station Ivana K. On satellite exploitation platforms as on central exploitation platform Ivana A water separation is performed from gas which gathers on compressor platform Ivana K where dehydration and compressing procedures have been done. From Ivana K refined gas dispatches into transporting systems of Croatia and Italy.



Slika 1. Pregledna karta položaja platformi i podzemskih cjevovoda

Function of dehydration system is separating water from gas flow until it reaches level which provides dew point from maximum  $-12^{\circ}\text{C}$  with pressure at 85 bar. Process of dehydration conducts in two dehydration columns with absorption of triethylene glycol (TEG). This paper is about optimization of dehydration system and regeneration of triethylene glycol system on Ivana K platform, where was taken in consideration of greater reliability and enhancement of existing systems for undisturbed supply by transporting system.

## 1. Uvod

Na satelitskim eksploatacijskim platformama i na centralnoj eksploatacijskoj platformi IVANA A obavlja se postupak separacije vode iz plina, a na kompresorskoj platformi IVANA K prikupljeni plin iz svih plinskih polja eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran prolazi kroz postupak komprimiranja i dehidracije. Dehidracija prirodnog plina na platformi IVANA K predstavlja posljednju točku sustava obrade prirodnog

plina prije ulaska u plinovod prema kopnu, a time i ulazak u magistralni plinovod Hrvatske [1]. Zbog toga je iznimno važno da se proces dehidracije ispravno odvija kako ne bi došlo do poteškoća u opskrbi plinom. Posebice je to značajno u zimskim mjesecima kad je temperatura zraka niska. Prema ugovornim uvjetima za prodaju prirodnog plina određena je temperatura rosišta vlage i ugljikovodika u plinu pri tlaku od 50 bar, a iznosi za vlagu  $-10^{\circ}\text{C}$ , dok za ugljikovodike je  $0^{\circ}\text{C}$ . S platforme IVANA K se plin otprema u transportne sustave Republike Hrvatske i Republike Italije. Sustav sabiranja i transporta detaljno je prikazan na slici 1.

## 2. Prirodni plin

Prirodni plin je smjesa različitih ugljikovodika od kojih je najveći udio metana ( $\text{CH}_4$ ), a u manjim količinama mogu biti prisutni ostali ugljikovodici - etan, propan, butan i dr. U sastavu prirodnog plina često se nalaze u većem ili manjem udjelu i ugljični dioksid, sumporovodik i dušik, a u tragovima mogu biti prisutni

helij, argon, vodik, živine i druge pare. Porijeklo, vrsta i udio primjesa u prirodnom plinu ovise o vrsti matičnih stijena, utjecaju magmatskih, odnosno hidrotermičkih procesa u litosferi i procesima migracije prirodnog plina. Sastav prirodnog plina stoga se mijenja ovisno o tipu ležišta iz kojih se crpi, a određuje se standardiziranim metodama (plinska kromatografija) [2].

U literaturi se susreću različite podjele prirodnog plina, pa tako Mokhatab i suradnici primjenjuju podjelu na slobodni i vezani plin iz konvencionalnih ležišta i plin iz nekonvencionalnih ležišta [3]. Pritom slobodnim plinom smatraju plin iz plinskih ležišta koji se sastoji od skoro čistog metana uz vrlo mali udio ugljikovodika veće molekularne mase i ostalih primjesa kao što su dušik, sumporovodik i ugljični dioksid. Vezanim plinom smatraju plin koji se proizvede tijekom proizvodnje nafte. Taj plin može biti otopljen u sirovoj nafti ili u kontaktu s njom. Nakon pojave proizvedenog fluida na površini on se u separatoru razdvaja na struju nafte ili plinskog kondenzata, vode i plina. Odvojeni plin je bogat ugljikovodicima težim od metana (etan, propan, butan, pentan i dr.). U slučaju kada je sadržaj tekućih ugljikovodika veći od  $0,668 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (5gal/cf) plin se smatra mokrim (*engl. rich gas*), a kada je taj sadržaj manji od  $0,136 \text{ m}^3/\text{m}^3$  naziva se suhi plin (*engl. lean gas*). Izrazi mokri i suhi plin nisu precizni indikatori kvalitete plina već samo naznaka količine ugljikovodika u struji plina.

Plin iz plinsko-kondenzatnih ležišta također se ubraja u mokri plin iz kojeg prije korištenja treba izdvojiti teže ugljikovodike i štetne primjese. Plin koji izlazi iz separatora obrađuje se s ciljem izdvajanja težih ugljikovodika – prvo propana i butana, mješavina tih dviju frakcija predstavlja ukapljeni naftni plin (*engl. Liquefied Petroleum Gas – LPG*), a zatim i ostalih težih ugljikovodika koji čine kondenzat koji se može miješati sa sirovom naftom ili transportirati kao zaseban proizvod.

Prirodni plin je lakši od zraka, nije otrovan, ali svojom koncentracijom smanjuje količinu kisika u slučaju propuštanja u zatvorenom prostoru. Bez boje je i mirisa. Potpuno izgara bez štetnih proizvoda izgaranja; čađi, ugljičnog monoksida, sumpornog dioksida i pepela. Lako se miješa sa zrakom što omogućuje njegovo dobro i potpuno izgaranje.

Granice eksplozivnosti metana su 5,0 vol % (donja granica) i 15 vol % (gornja granica). Izvan ovih granica, mješavina metan-zrak nije zapaljiva. Specifikacije kvalitete plina koju proizvođači ili prodavatelji plina moraju zadovoljiti pri isporuci plina u Republici Hrvatskoj su sljedeće:

- kemijski sastav (volumni udio, %)
- -metan ( $\text{CH}_4$ ) – minimalno 85%
- -etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) – maksimalno 7%
- -propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) i viši ugljikovodici ( $\text{C}_{4+}$ ) – maksimalno 6%
- -dušik ( $\text{N}_2$ ), ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i drugi inertni plinovi – maksimalno 7%
- sadržaj sumpora:
  - -sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – maksimalno 7,0 mg/m<sup>3</sup>
  - -sumpor ukupni ( $\text{S}_2$ ) – maksimalno 100,0 mg/m<sup>3</sup>
- gornja ogrjevna vrijednost:
  - -minimalno – 36400 kJ/m<sup>3</sup>
  - -maksimalno – 44300 kJ/m<sup>3</sup>
- donja ogrjevna vrijednost:
  - -minimalno – 33100 kJ/m<sup>3</sup>
  - -maksimalno – 40200 kJ/m<sup>3</sup>
- gornji Wobbe indeks:
  - -minimalno – 45100 kJ/m<sup>3</sup>
  - -maksimalno – 55000 kJ/m<sup>3</sup>
- donji Wobbe indeks:
  - -minimalno – 41000 kJ/m<sup>3</sup>
  - -maksimalno – 49900 kJ/m<sup>3</sup>

Sve vrijednosti odnose se na obujam plina od jednog m<sup>3</sup> pri standardnim uvjetima (apsolutni tlak 101 325 Pa (1,01325 bar) i temperatura 288,15 K (15°C)). Gornja ogrjevna vrijednost je ona količina topline koja se oslobađa izgaranjem jednog prostornog metra suhog plina, pri čemu su dimni plinovi svedeni na standardno stanje, a vodena para se u njima kondenzira. Donja ogrjevna vrijednost je ona količina topline koja nastaje potpunim izgaranjem jednog prostornog metra suhog plina, pri čemu su dimni plinovi svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima ne kondenzira. U tablici 1. prikazana je kromatografska analiza odnosno sastav plina s Jadrana, gdje je vidljivo da metan ( $\text{CH}_4$ ) zauzima oko 99%.

Tablica 1: Kromatografska analiza plina na platformi IVANA K

Sastav plina	Molarni udio %	Maseni udio %
$\text{C}_1$	99,26	98,66
$\text{C}_2$	0,01	0,02
$\text{C}_3$	0,03	0,08
i- $\text{C}_4$	0	0
n- $\text{C}_4$	0	0
i- $\text{C}_5$	0	0
n- $\text{C}_5$	0	0
$\text{C}_{6+}$	0	0
$\text{CO}_2$	0,02	0,07
$\text{N}_2$	0,67	1,17

### 3. Dehidracija prirodnog plina

Odvajanje vodene pare (vlage) iz prirodnog plina potrebno je da bi se spriječilo njezino kondenziranje i akumuliranje u transportnom sustavu zbog pada temperature [4]. Vлага u plinovodu ima sljedeće negativno djelovanje:

- Povećava mogućnost korozije;
- Smanjuje kapacitet plinovoda;
- Sa sniženjem temperature omogućava stvaranje hidrata i prekid protoka plina.

#### 3.1. Hidrati

Hidratima se u proizvodnji prirodnog plina nazivaju kristalne, čvrste nestabilne tvari, koje se pri određenom tlaku i temperaturi najčešće stvaraju spajanjem molekula nižih ugljikovodika i vode. Ugljikovodici teži od butana ne tvore hidrate. Sumporovodik i ugljikov-dioksid, koji su često u sastavu smjese prirodnog plina, mogu pri određenom tlaku i temperaturi stvarati hidrate [5].

Hidrati ponajprije nastaju ako je plin niske temperature i visokog tlaka, ako u njemu ima slobodne vode te ako mu je temperatura niža od rosišta vode. Osim toga, stvaranje hidrata pospješit će i velika brzina strujanja, oscilacija tlaka, turbulentni protok i prisutnost malih kristala hidrata. Kristali se lakše stvaraju u smjesi plinova, kakav je i prirodni plin, nego u čistim komponentama [6].

Postoji nekoliko načina za sprječavanje nastajanja hidrata u prirodnom plinu. To su:

1. Dehidracija plina;
2. Zagrijavanje plina na temperaturu na kojoj se hidrati više ne stvaraju;
3. Injektiranje inhibitora.

Zbog toga je nužno izdvojiti vlagu iz plina tako da rosište za naše klimatske uvjete bude od -10 do -25°C. Vлага se iz prirodnog plina izdvaja na dva načina:

- Apsorpcijom ili higroskopsnim kapljevina;
- Adsorpcijom ili higroskopsnim čvrstim tvarima.

#### 3.2. Apsorpcijska dehidracija

Veliki je broj higroskopsnih kapljevina podobnih za odvajanje vlage iz prirodnog plina, ali se komercijalno primjenjuje uglavnom trietilen-glikol, a kalcijev-klorid samo za dehidraciju manjih količina plina. Trietilen-glikol,  $C_6H_{14}O_4$ , zadovoljava sve nužne kriterije za

izbor dobrog apsorbenta: vrlo je higroskopsan, nije korozivan, lako se regenerira do visoke koncentracije, ne miješa se s ukapljenim ugljikovodicima, stabilan je u prisutnosti sumpornih spojeva i ugljik-dioksida, malog je napona para u kontaktu s plinom. Osnovna svojstva trietilen-glikola prikazana su u tablici 2.

U dehidratoru se vлага iz plina odvaja protustrujnom cirkulacijom trietilen-glikola po pliticama od vrha kolone do dna. Plitice se ugrađuju u dehidrator da bi se povećala dodirna površina između vlažnog plina i trietilen-glikola.

Za uporabu trietilen-glikola u dehidracijskom postrojenju treba poznavati osnovne podatke:

- maksimalni protok plina,
- maksimalnu i minimalnu temperaturu i tlak prirodnog plina,
- sastav ulaznog plina i količina vlage u plinu,
- traženu količinu vlage u izlaznom plinu (rosište).

Uobičajeni masni udio trietilen-glikola na ulazu u dehidrator je 98,5 – 99,5%. Masa koncentriranog glikola je 30 – 70 kg na 1 kg vode apsorbirane iz plina, a broj plitica u apsorberu 4 -12.

Trietilen-glikol s odvojenom vodom odlazi u regenerator. Temperatura regeneracije glikola je 190 – 204 °C, pri kojoj se odvaja vodena para do masenog udjela glikola od 98,5 – 99,5%. Količina cirkulacije glikola iznosi oko 0,025m<sup>3</sup> po 1 kg apsorbirane vode. Obično se postiže sniženje točke rosišta za oko 30-47°C (TEG) s minimalnom točkom rosišta -26°C.

Normalni gubici u procesu apsorpcije za DEG iznose 5-18g/1000m<sup>3</sup> plina, odnosno za TEG oko 2g/1000m<sup>3</sup> plina. Opisano postrojenje danas je toliko usavršeno da se gradi u „blok-sistemu“ prenosivo na saonicama („skid-mounted“).

### 4. Eksploatacijsko polje Sjeverni Jadran

Središnju točku proizvodno – sabirno – transportnog sustava prirodnog plina na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran čine eksploatacijska platforma IVANA A i kompresorska platforma IVANA K. Na satelitskim eksploatacijskim platformama i na centralnoj eksploatacijskoj platformi IVANA A obavlja se postupak separacije vode iz plina, a na kompresorskoj platformi IVANA K prikupljeni plin iz svih plinskih polja eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran prolazi kroz postupak komprimiranja i dehidracije. Odatle se plin otprema u transportne sustave Republike Hrvatske i Republike Italije. Sustav sabiranja

i transporta detaljno je prikazan na preglednoj karti položaja platformi i podmorskih cjevovoda.

Obje platforme čelične su konstrukcije smještene na četveronožna postolja, a međusobno su fizički povezana rešetkastom konstrukcijom (most). Dubina mora na toj poziciji iznosi oko 42 metra. Platforme su međusobno povezane i fizički i tehnološki. Centralna eksploatacijska platforma IVANA A u svom sklopu ima pripadajuće eksploatacijske bušotine i sustav separacije plina, kao što je to slučaj i na svim ostalim (satelitskim) eksploatacijskim platformama.

Osim tih sustava centralna eksploatacijska platforma IVANA A opremljena je i sljedećim sustavima:

- sustav za pripremu i razvod gorivog plina,
- centralni sustav za obradu slojne vode,
- glavni sustav napajanja električnom energijom,
- pomoćni sustav napajanja električnom energijom,
- sustav rasterećenja i sustav baklji,
- otvoreni i zatvoreni drenažni sustav,
- centralni sustav za pripremu zraka za rad instrumentima (kompresori i sušaći),
- ostali sustavi.

S eksploatacijske platforme IVANA A centralno se daljinski prikupljaju i prate podaci čitavog proizvodno – sabirno – transportnog sustava te se daljinski upravlja procesom. Centralna eksploatacijska platforma IVANA A opremljena je za rad i boravak stalne ljudske posade.

Kompresorska platforma IVANA K projektirana je i opremljena sustavima za:

Tablica 2: Osnovna svojstva trietilen-glikola

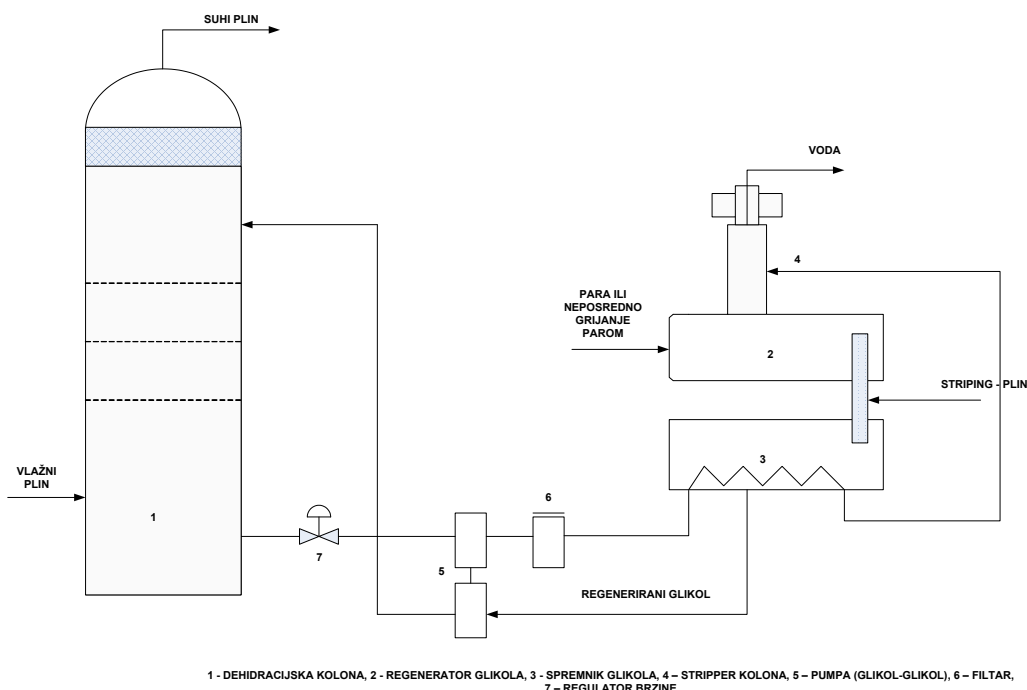
Molarna masa, g/mol	150,17
Gustoća, kg/m <sup>3</sup>	1.125,4
Temperatura razgradnje pri atmosferskom tlaku, °C	206
Ledište, °C	-7

- komprimiranje,
- dehidraciju,
- otpremu prirodnog plina prema transportnim mrežama Republike Hrvatske i Republike Italije, na kopnu.

Osim tih sustava kompresorska platforma IVANA K opremljena je i sljedećim sustavima:

- sustav za pripremu i razvod gorivog plina,
- sustav rashladne vode,
- glavni sustav napajanja električnom energijom,
- pomoćni sustav napajanja električnom energijom,
- sustav rasterećenja i sustav baklji,
- otvoreni i zatvoreni drenažni sustav,
- razvodna mreža komprimiranog zraka za rad instrumenata,
- ostali sustavi.

Na centralni kompleks IVANA priključena su dva sabirna plinovoda:



Slika 2. Tehnološka shema apsorpcijske dehidracije plina trietilen-glikolom

- sabirni plinovod s plinskih polja: Ivana, Ana, Vesna (dolazni pravac IVANA A),
- sabirni plinovod s plinskih polja: Ida, Ika, Ika JZ, Irina i Annamaria (dolazni pravac IDA C), a na već ugrađeni usponski cjevovod na kompresorsku platformu IVANA K priključit će se i sabirni plinovod s plinskog polja Izabela (dolazni pravac IZABELA – JUG).

Prirodni plin sakupljen i pripremljen za transport isporučuje se:

- s kompresorske platforme IVANA K prema plinskom terminalu Pula plinovodom promjera 18“,
- s eksploatacijske platforme IVANA A prema kompresorskoj platformi GARIBALDI K plinovodom promjera 16“,

pri čemu postoje sljedeće mogućnosti:

- isporuka nedehidriranog i nekomprimiranog plina (IVANA A – GARIBALDI K),
- isporuka dehidriranog i komprimiranog plina (IVANA K – terminal Pula).

## 4.1. Dehidracija plina na platformi Ivana K

Funkcija sustava za dehidraciju je izdvajanje vode iz struje plina do razine koja osigurava rosište od najviše -12°C pri tlaku od 85 bar. Dehidracija se obavlja u dvije dehidracijske kolone postupkom apsorpcije trietilen-glikolom (TEG). U donjem dijelu kolona predviđena je separatorska sekcija (*engl. demistor*) u kojoj se odvaja tekuća faza i prazni se režimom otvoreno/zatvoreno. Iz te sekcije, plin kroz tzv. pliticu s dimnjakom ulazi u kontaktnu sekciju u kojoj se voda izdvaja u protustruji sa suhim/nezasićenim trietilen-glikolom (TEG).



Slika 3. Platforme IVANA A – IVANA K

TEG dolazi kroz priključak na vrhu kolone i prelijeva se preko strukturnog paketa prelijevanih plitica na kojima se ostvaruje optimalna hidraulička učinkovitost u izravnom dodiru dvaju medija.

Obrađeni plin pri vrhu kolone prolazi kroz visoko-účinkovitu separatorsku sekciju (sličnog tipa kao i onu na dnu kolone) gdje se reducira sadržaj TEG-a. Nakon toga plin kroz otvor na samom vrhu kolone otprema u podmorski plinovod prema terminalu Pula.

Vlažni zasićeni TEG skuplja se na dnu kontaktne sekcije i pomoću sustava kontrole razine otprema u sustav za regeneraciju. Sustav je projektiran tako da ostvaruje zadovoljavajuće rezultate i pri smanjenom protoku oba medija, za plin do 50% projektiranog kapaciteta i za TEG do 50% projektiranog kapaciteta.

## 4.2. Sustav za dehidraciju

Osnovni projektni podaci za jedinicu K310 su:

- Projektirani tlak (bar) : 95
- Projektirana temperatura (°C): 70
- Projektirani obujamski protok plina pri 85 bar i 30°C (m<sup>3</sup>/dan): 6 000 000
- Projektirani maseni protok TEG-a pri čistoći od 99% (kg/h): 2500

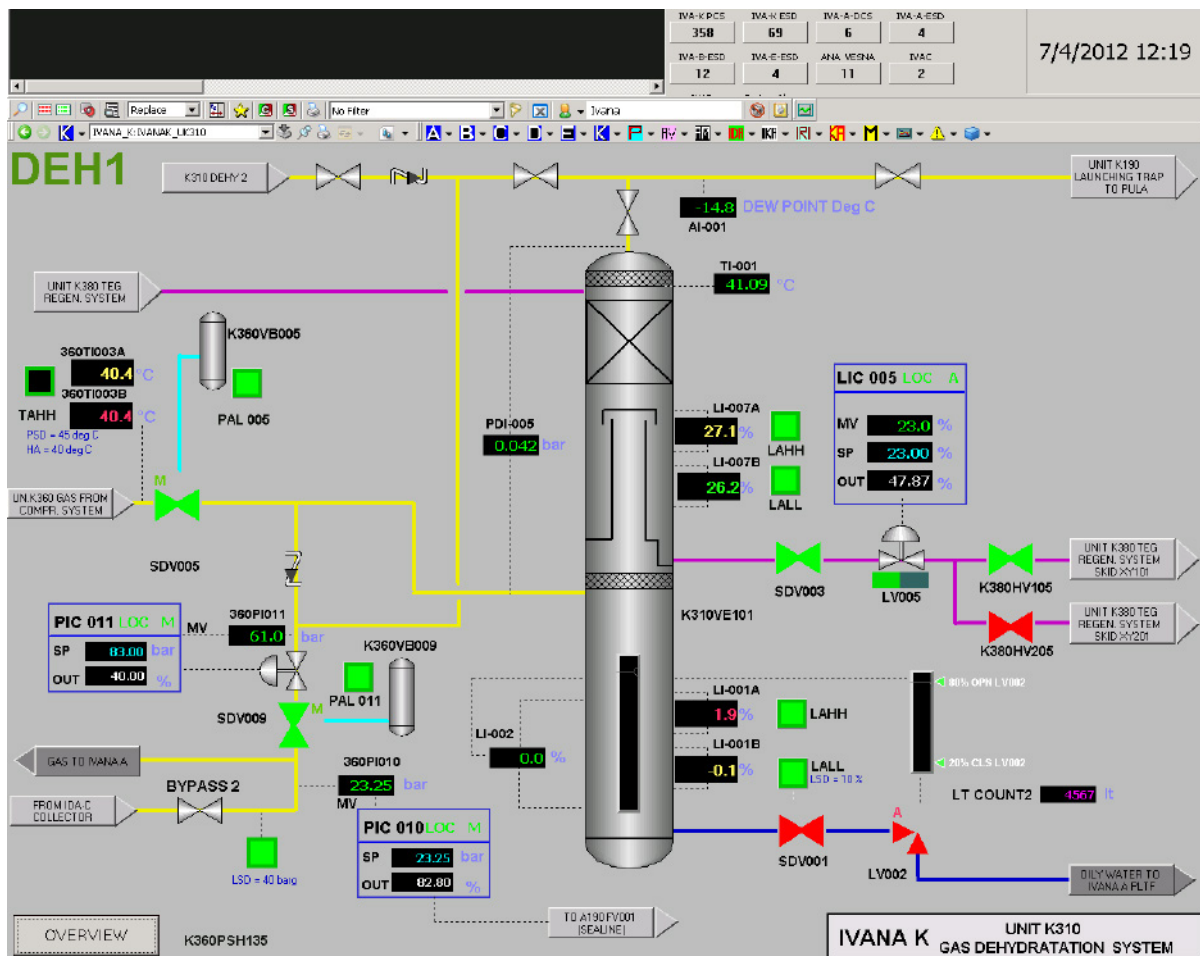
Trenutno se dehidracija plina odvija samo kroz jednu dehidracijsku kolonu, a količina plina koja prolazi kroz nju oko 2 800 000 Sm<sup>3</sup> na dan. Prvih 10 dana većina plina se šalje talijanskoj strani (Eni), dok onda ostatak mjeseca cjelokupna proizvodnja ide Hrvatskoj (Ini).

## 4.3. Sustav za regeneraciju trietilen-glikola

Funkcija sustava za regeneraciju je da oslobodi trietilen-glikol (TEG) od vode koju je preuzeo u kontaktnoj sekciji dehidracijske kolone i dovede ga do razine čistoće 99%.

Sustav se sastoji od:

- Jedne posude za izdvajanje plina apsorbiranog u kontaktnoj sekciji dehidracijske kolone;
- Dva agregata za regeneraciju ugrađena na procesna postolja (jedan u radu, a jedan u pričuvi na izlazu iz kojeg se dograđuju dvije pumpe i jedan završni hladnjak nezasićenog TEG-a prije ulaza u dehidracijsku kolonu);
- Agregata za dobavu nezasićenog TEG-a i obradu pare TEG-a ugrađene na zajedničkom postolju.



Slika 4. Dehidracijska kolona 1

Agregati za regeneraciju sastoje se od sljedeće opreme:

- filtera,
- protustrujnog izmjenjivača topline,
- zagrijača (engl. reboiler),
- destilacijske kolone na vrhu zagrijača,
- „stripper“ kolone,
- sabirne posude,
- puhala zraka za izgaranje u ložištu zagrijača.

Svaki od agregata dimenzioniran je za 100% nazivnog protoka TEG-a tako da su ispunjeni uvjeti za rad sa samo jednim agregatom. Agregat za dobavu nezasićenog TEG-a i obradu pare TEG-a u procesu regeneracije sastoji se od sljedeće opreme:

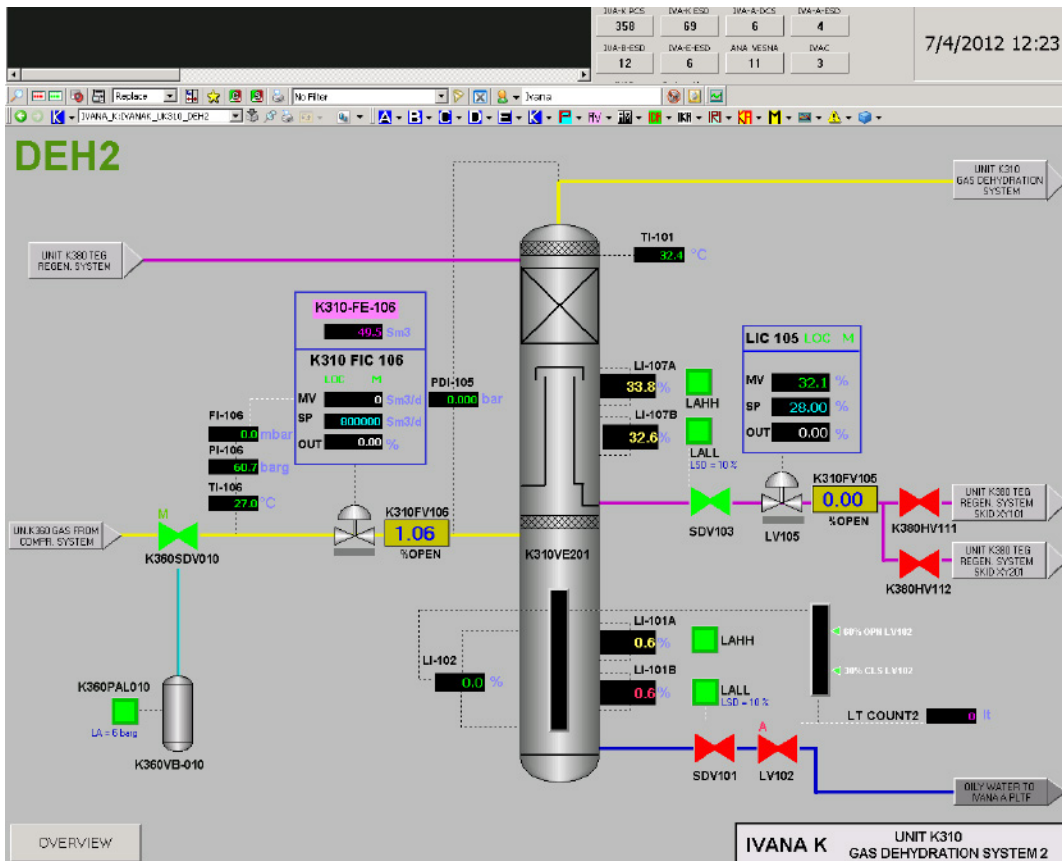
- dvije pumpe za nezasićeni TEG,
- završni hladnjak nezasićenog TEG-a,
- pločasti izmjenjivač morskom vodom,
- dva kondenzatna lonca.

Proces sustava regeneracije ima sljedeći tijek:

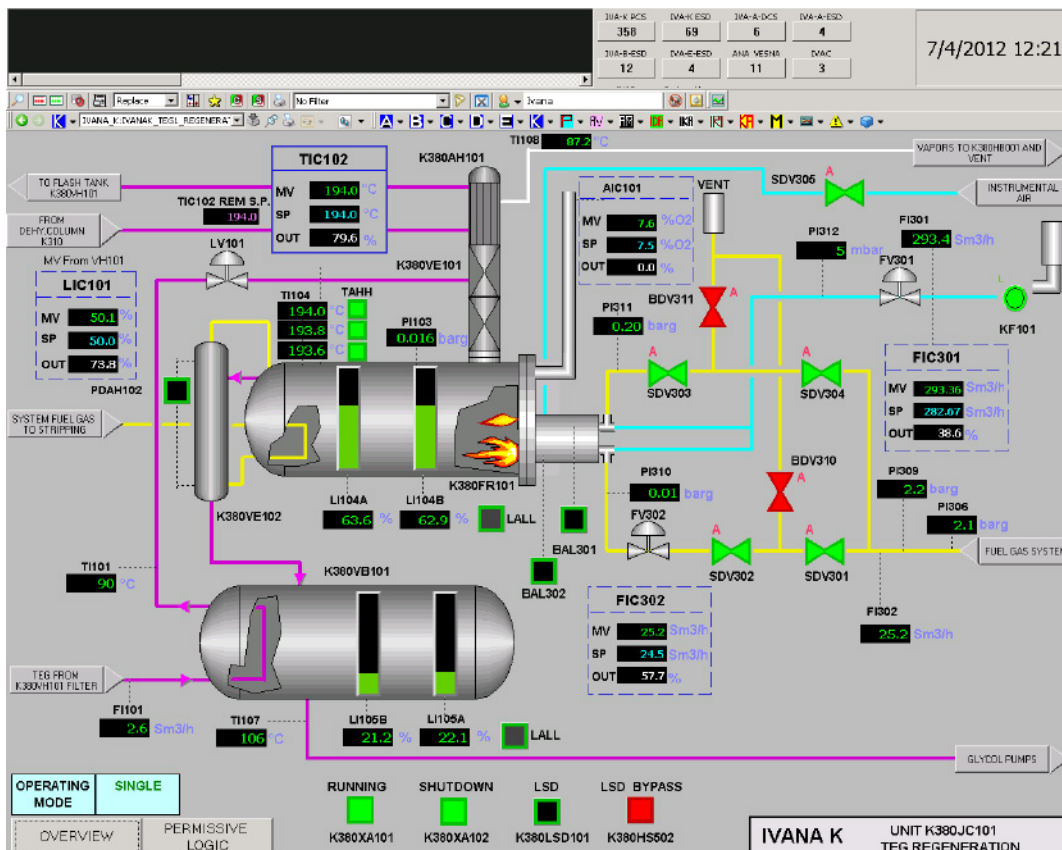
- Iz dehidracijske kolone, zasićeni TEG se pomoću regulatora razine otprema u agregat za regeneraciju gdje prvo prolazi kroz kondenzator ugrađen

u gornjem dijelu destilacijske kolone zagrijača. Nakon predgrijavanja u kondenzatoru, ulazi u posudu za izdvajanje plina. U posudi se izdvaja plin apsorbiran u dehidracijskoj koloni. Ovaj plin se u procesu koristi za završno regeneriranje TEG-a (engl. *stripping*).

- Iz posude za izdvajanje plina, TEG prolazi kroz protustrujni izmjenjivač TEG/TEG (engl. economizer) u kojem se dodatno predgrijava vrelim TEG-om iz zagrijača. TEG zatim odlazi u destilacijsku kolonu zagrijača gdje se gravitacijski spušta u zagrijanu posudu. Iz zagrijača, TEG se prelijeva u tzv. „stripping“ kolonu u kojoj se u protustruji sa prethodno izdvojenim plinom odvaja zadnja količina vode i TEG čisti do završne čistoće od 99%. Nezasićeni TEG prikuplja se na dnu „stripping“ kolone i gravitacijski odvodi u sabirnu posudu. Iz sabirne posude TEG odlazi na usis elektromotornih pumpi (jedna je radna, jedna u pričuvu) koje ga otpremaju natrag u dehidracijsku kolonu kroz završni izmjenjivač hlađen morskom vodom.

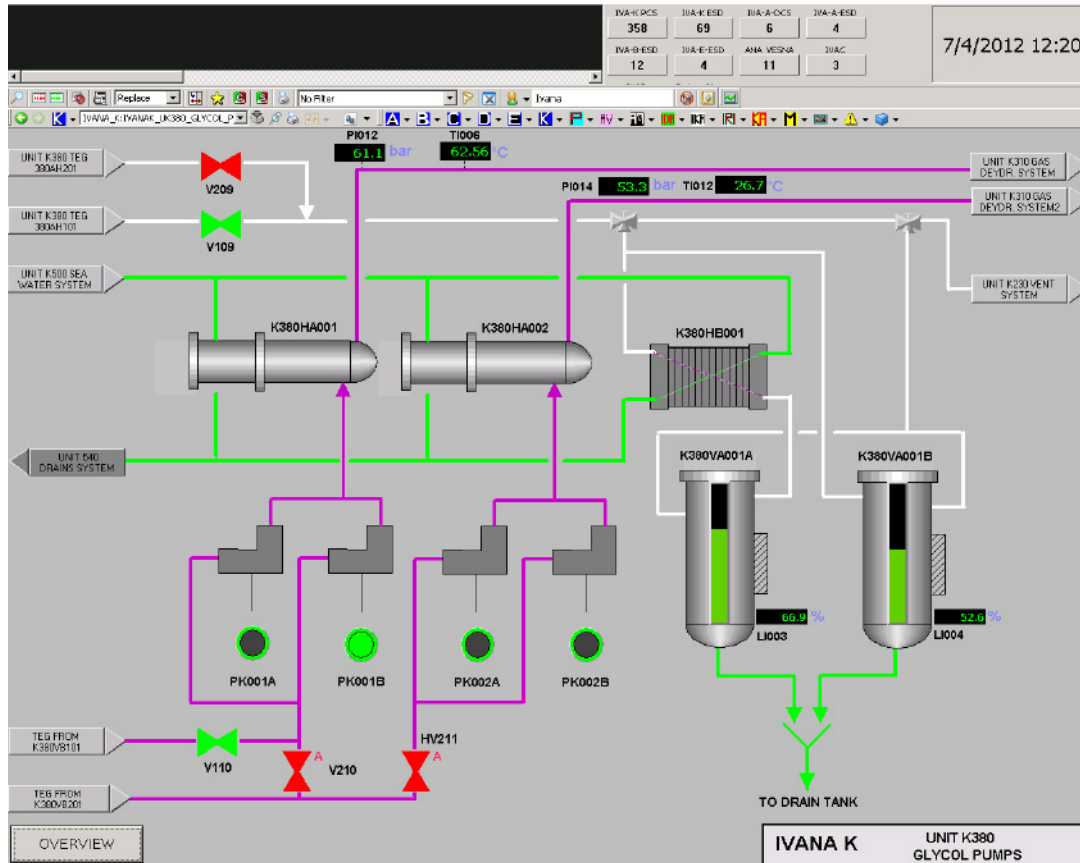


Slika 5. Dehidracijska kolona 2

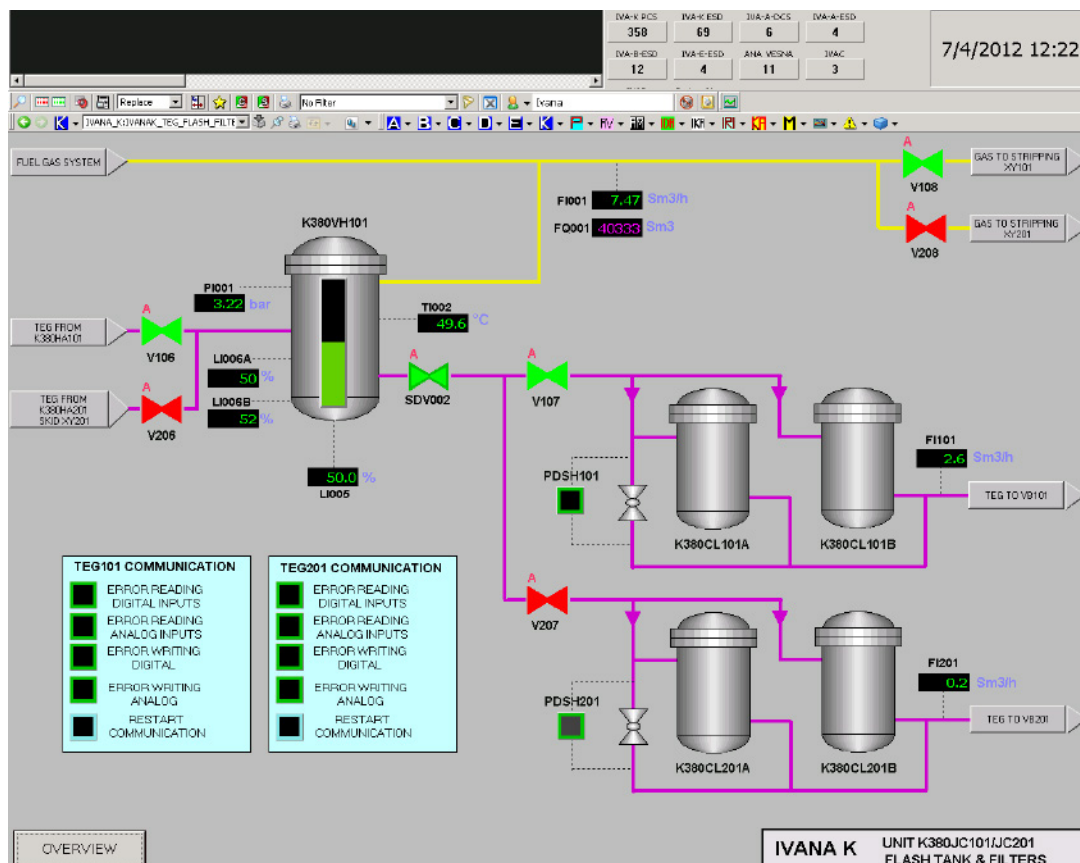


Slika 6. Regeneracija TEG-a





Slika 7. Pumpe trietilen-glikola



Slika 8. Spremnik jednokratne separacije i filteri

Pokretanje zagrijača ložišta je lokalno, a ložište je opremljeno odgovarajućim uređajem za sprječavanje povrata plamena kao i sustavom za kontrolu plamena i automatsko zaustavljanje dovoda gorivog plina.

Količina svježe otopine glikola koji pada na prvi najgornji tanjur apsorpcijske kolone može se odrediti prema formuli:

$$m_{g1} = \frac{m_w}{(1 - x_2) \frac{x_1}{x_2} - (1 - x_1)}$$

gdje su:

$m_{g1}$  – masa svježe otopine glikola, kg/d

$m_w$  – masa apsorbirane vode iz plina, kg/d

$x_1, x_2$  – masena koncentracija glikola u nezasićenoj, odnosno zasićenoj otopini

Trenutna količina trietilen-glikola koja se pumpa iznosi 2,6 m<sup>3</sup>/h što odgovara proračunu, a može se vidjeti na slikama 7 i 9. Masa apsorbirane vode iz plina na platformi IVANA K je između 600 i 800 kilograma na dan.

Sadržaj čvrstih čestica suspendiranih u trietilen-glikolu treba držati ispod 0.01% kako bi se smanjilo trošenje pumpe, začepljenje izmjenjivača, oštećenja uređaja za apsorpciju i završno regeneriranje TEG-a (*engl.strip*per). Filtri krutih čestica mogu ukloniti čestice veličine 5 μm i veće [7]. Trenutno su ugrađeni filtri sa sitima veličine 20 μm. Poželjna lokacija filtera krutih čestica je na liniji visokog tlaka na dnu apsorbora. Tako smješten filter uspješno će ukloniti sve krute čestice u apsorbentu prije ulaska u pumpu glikola. Grijač opskrbljuje toplinu za regeneraciju zasićenog TEG-a u stripperu jednostavnom destilacijom. Separacija



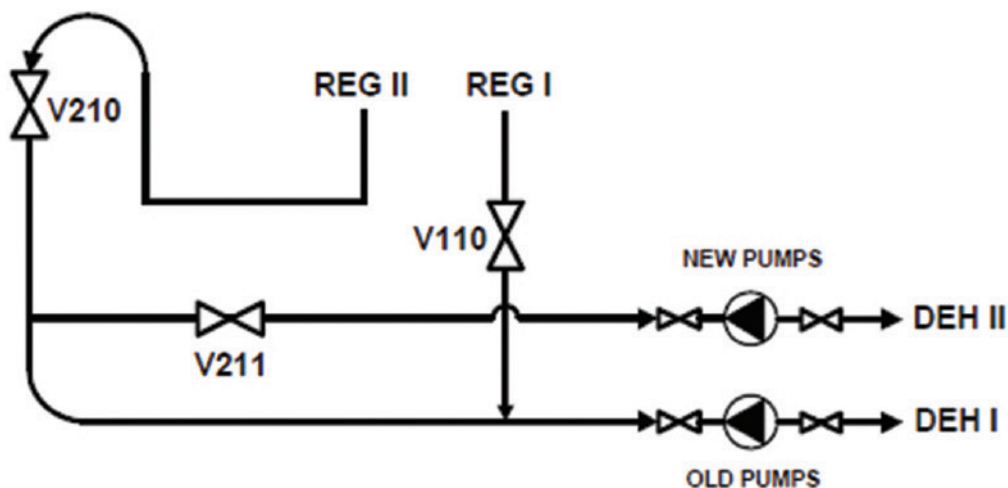
Slika 9. Filter trietilen-glikola

je relativno jednostavna zbog velike razlike u vrelištima vode i glikola. Elektro-motorne pumpe su dobro rješenje jer pružaju pouzdan rad, smanjuju troškove procesa i održavanja, te povećavaju učinkovitost.

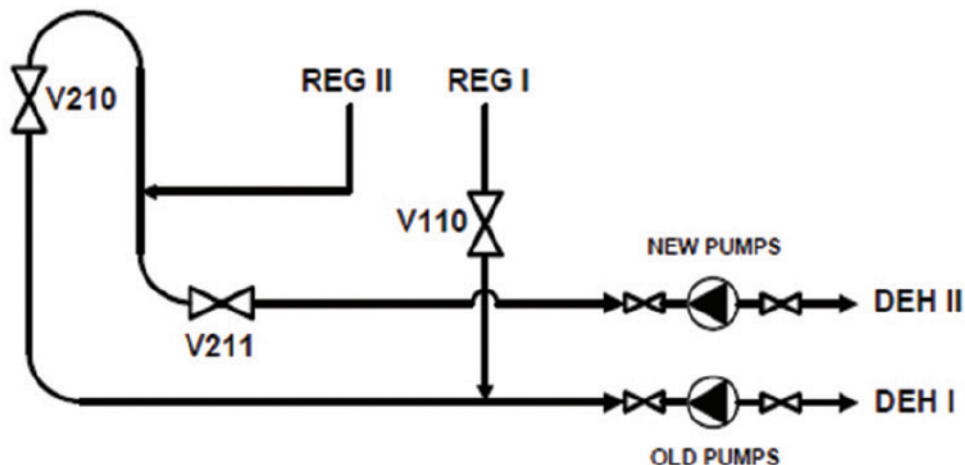
Trenutna količina trietilen-glikola koja se pumpa iznosi 2,6 m<sup>3</sup>/h što je u skladu sa projektiranim uvjetima. Protok TEG-a je 60 t/dan. Masena koncentracija regeneriranog TEG-a je 99%, dok je zasićenog 95%.

Ovom optimizacijom sustava, omogućilo se da se obje dehidracijske kolone mogu koristiti sa obje jedinice regeneracije što do sada nije bio slučaj. Također spojila se dodatna linija vode kako bi pospješilo hlađenje tri-etilen glikola u izmjenjivaču.

Također se ovom optimizacijom pristupilo i promjeni logike u upravljačkom sustavu, gdje je dosad bilo podešeno da dehidracijska kolona 2 može raditi samo u paralelnom radu sa dehidracijskom kolonom 1. Ovom izmjenom omogućen je samostalni rad dehidracijske kolone 2.



Slika 10. Stara shema regeneracije TEG-a



Slika 11. Nova shema regeneracije TEG-a

## 5. Zaključak

U plinu uvijek postoji izvjesna količina vodene pare koja pri određenim uvjetima tlaka i temperature može prijeći u kapljevitost ili kruto stanje (led, hidrati), što dovodi do ozbiljnih poteškoća pri pripremi i transportu plina. Zbog toga je dehidracija plina na platformi IVANA K od izuzetnog značaja te se ne smije dovesti u pitanje njezin ispravan rad. Na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran dolazi do prirodnog pada proizvodnje, najviše na polju IVANA, ali očekuje se plin s eksploatacijskog polja IZABELA. Apsorpcijska dehidracija pomoću trietilen-glikola koja se primjenjuje na platformi IVANA K kao tehnološko rješenje ispunjava uvjete, jer snižava točku rosišta na  $-15^{\circ}\text{C}$  pri tlaku od 60 bar, što je u skladu sa ugovornim uvjetima gdje je određena točka rosišta vlage  $-10^{\circ}\text{C}$  pri tlaku od 50 bar. Apsorpcijska dehidracija pomoću trietilen-glikola ima najčešću primjenu, pogotovo ako točka rosišta ne mora biti vrlo niska. Trietilen-glikol,  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4$  zadovoljava sve nužne kriterije za izbor dobrog apsorbenta: vrlo je higroskopan, nije korozivan, lako se regenerira do visoke koncentracije, ne miješa se s ukapljenim ugljikovodicima, stabilan je u prisutnosti

sumpornih spojeva i ugljik-dioksida, malog je napona para u kontaktu s plinom.

Kod održavanja opreme za dehidraciju plina važno je pridržavati se uputa proizvođača. Dehidracijske kolone su konstrukcijski u dobrom stanju, treba ih održavati prema godišnjem planu. Kemijsko-mehaničko čišćenje posuda odraditi svake dvije godine. Posebno treba pripaziti na instrumentacijsku opremu. Kalibriranje uređaja za mjerenje točke rosišta trebalo bi napraviti jednom godišnje, a čišćenje odnosno zamjena filtera trietilen-glikola prema radu odnosno zaprljanosti filtera. Ispravnost plovaka koji pokazuju razinu trietilen-glikola u spremniku, odnosno njihovo čišćenje i kalibraciju treba odraditi jednom godišnje. Također jednom godišnje potrebno je provjeriti ispravnost otpuštača na dnu kolone. Za pouzdan rad sustava dehidracije plina najvažnije je redovito održavanje opreme.

U budućnosti bi trebalo omogućiti paralelan rad izmjenjivača TEG-a kako bi se njegova temperatura snizila na projektiranih  $35^{\circ}\text{C}$ , a koja sad iznosi oko  $50^{\circ}\text{C}$ .

## Literatura

1. Rudarski projekt rekonstrukcije rudarskih postrojenja i opreme za eksploataciju ugljikovodika na eksploatacijskoj platformi IVANA A i kompresorskoj platformi IVANI K na eksploatacijskom polju ugljikovodika Sjeverni Jadran – plinsko polje IVANA – dopuna 2
2. Zelić M., Tehnologija sabiranja i pripreme nafte i plina za transport, Zagreb, 1987.
3. Simon Katarina, Skladištenje prirodnog plina i nafte, Zagreb, 2010.
4. INA - NAFTAPLIN – Osnove tehnologije proizvodnje, sabiranja i transporta nafte i plina, Zagreb, 2000.
5. INA - NAFTAPLIN, Prirodni plin, Zagreb, 1989.
6. Caroll J., Natural Gas Hydrates, 2009.
7. Øi L.; Tyvand E., Process simulation of glycol regeneration, Bergen, 2002.