

**S-5000**

## **HGU POSTROJENJE ZA PROIZVODNJU VODONIKA**

1. FUNKCIJA POSTROJENJA U SISTEMU RNP
2. ULAZNI PODACI ZA PROJEKTOVANJE
3. KRATAK OPIS PROCESA
4. SPECIFIKACIJE SIROVINA I PROIZVODA
5. MATERIJALNI I ENERGETSKI BILANS
6. EFLUENTI PROCESA
7. PRILOZI

GRAFIČKI PRILOZI



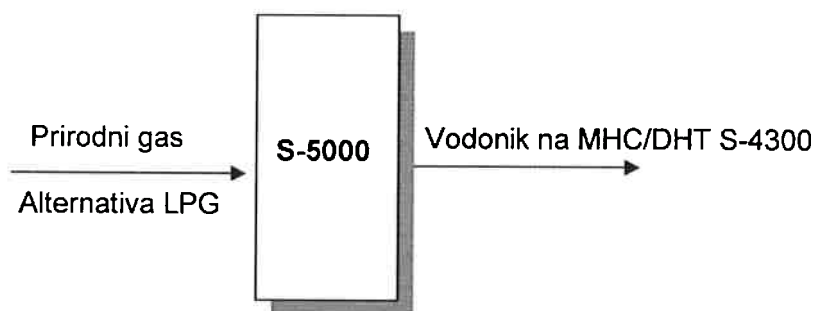
## 1. FUNKCIJA POSTROJENJA U SISTEMU RNP

Postrojenje za proizvodnju vodonika (HGU) S-5000 je sastavni deo Programa tehnološkog razvoja NIS Petrol-RNP. Postrojenje S-5000 u NIS Petrol-Rafineriji nafte Pančevo će se nalaziti u Bloku 22

Na postrojenju se postiže :

- Proizvodnja vodonika bazirana na tehnologiji reformiranja prirodnog gasa ili lakih ugljovodonika pomoću pare (eng. *steam-reforming-a*) sa prečišćavanjem do potrebne čistoće vodonika tehnologijom PSA (eng. *Pressure swing adsorption*); (S-5000)

Postrojenje za proizvodnju vodonika je neophodno za rad postrojenja za blago hidrokrekovanje vakuum gasnih ulja (lako i teško) / hirosulfurizaciju gasnih ulja i kerozina–MHC/DHT S-4300.



BLOK DIJAGRAM POSTROJENJA S-5000

## 2. ULAZNI PODACI ZA PROJEKTOVANJE

Projekat uklapanja novih postrojenja u postojeću rafinerijsku konfiguraciju (FEED- Front End Engineering Design ) uradila je firma ABB Lummus Global iz Brna, Češka Republika. Ovim projektom, koji je uradjen na nivou baznog inženjeringa i konceptualnih studija, predviđena je integracija osam novih licencnih i nelicencnih procesnih postrojenja sa postojećim postrojenjima i sistemima u RNP.

### OSNOVA PROJEKTOVANJA

Licencu i bazni projekat za S-5000 je uradila firma Haldor Topsoe, Danska.

Postrojenje za proizvodnju vodonika S-5000 HGU, projektovano je da proizvodi 6,9 t/h vodonika (77000 Nm<sup>3</sup>/h). Postupak dobijanja vodonika je katalitičko reformiranje metana iz prirodnog gasa sa vodenom parom. Proces se izvodi u cevima reformera sa katalizatorom. Proces preciscavanja sirovog vodonika se odvija u PSA jedinici. U slučaju nedostatka prirodnog gasa postrojenje je projektovano da radi sa tecnim naftnim gasom (LPG).

Bazni (idejni) projekat S-5000 HGU sadrži sledeće delove, koji su neophodni za dalju izradu glavnih projekata (detaljni i izvođački):

- Osnove za projektovanje sa detaljnim informacijama o sirovinama, proizvodima, energenatima i hemikalijama,
- Šeme procesnog toka (Process Flow diagrams),
- Šeme procesa i instrumentacije (Process and Instrumentation diagrams),
- Lista opreme,
- Specifikacije procesne i instrumentalne opreme (Equipment Data Sheet, DCS specifikacija i dr.),
- Bilansi i specifikacije energenata, pomoćnih fluida, efluenata i tokova za baklju,
- Liste cevovoda,
- Preliminarni raspored opreme,
- Zahtevi za održavanjem i laboratorijskim analizama,
- Procena investicionih troškova i Uputstvo za rad postrojenja

### 3. KRATAK OPIS PROCESA

Postrojenje za proizvodnju vodonika se sastoji iz serija S-5000 (HGU i HGU/PSA) i S-5100 (off-gas PSA).

S-5000 projektovano je da radi 365 dana godišnje sa proizvodnjom od 6,9 t/h vodonika (77000 Nm<sup>3</sup>/h). Fleksibilnost postrojenja je 40-100%. Sirovina za dobijanje vodonika je prirodni gas. Ukoliko prirodni gas nije dostupan onda se umesto njega koristi tečni naftni gas (LPG) koji se doprema sa skladišta, a zatim vaporizuje u LPG isparivaču pomoću pare visokog pritiska.

Procesne šeme nalaze se u **Prilog 1**.

#### 3.1 S-5000 ( HGU)

Postrojenje će normalno raditi na prirodni gas kao procesna šarža a alternativno se koristi tečni naftni gas (LPG), kao što je prikazano u procesnom dijagramu.

Postrojenje Vodonik je podeljeno u sledećih četiri sekcije :

- Desulfurizacija
- Reforming
- CO konverzija
- Separacija H<sub>2</sub> (PSA)

*Handwritten note:* 2. BAZNO

Pored vodonika postrojenje takođe proizvodi i 50,8 t/h pregrejane vodene pare visokog pritiska od 45 barg.

### 3.1.1 .Sekcija desulfurizacije

Sekcija desulfurizacije služi za uklanjanje sumpornih i hlornih komponenata u šarži (sirovini). Ovo je neophodno obzirom da su katalizatori za reforming i MT konvertor vrlo osjetljivi na sumporne i hlorne komponente koje utiču na deaktivaciju i trovanje ovih katalizatora.

Sekcija desulfurizacije je sastavljena od tri reaktora ; jedan hidrogenator i dva absorbera sumpora.

Prirodni gas se na ulazu u postrojenje pomoću kompresora podiže na pritisak od 36 barg. U alternativnom slučaju LPG kao sirovina, pomoću pumpe za LPG pritisak se podiže na 36 barg.

Šarža se meša sa vodonikom i dalje greje u predgrejačima do temperature potrebne za HDS reaktore.

### 3.1.2. Sekcija reforming

U sekciji reforming prirodni gas, odnosno tečni naftni gas (LPG) se konvertuje u sintezni gas koji je uglavnom sastavljen od  $H_2$ , CO i  $CO_2$  kao i manjih količina  $CH_4$  metana. Sama reakcija reforming se odigrava u dva koraka: prvi je u prereformeru, a onda drugi korak u cevnom reformeru.

Pre ulaska u prereformer desulfurizovana šarža se meša sa vodenom parom u odnosu para/ugljenik od 2.0 i predgreva na  $520^{\circ}C$  u predreformer predgrejaču. Prereformisan procesni gas se dalje greje do oko  $625^{\circ}C$  u reformer predgrejaču, pre nego što uđe u cevni reformer gde se odigrava konverzija metana.

Cevni reformer je konstruisan kao dupla peć sa gorionicima na zidovima peći. Vazduh za sagorevanje u peći je snabdeven duvačem vazduha.

Dimni gas peći u radijantnoj zoni je pod blagim vakumom i temperature oko  $1062^{\circ}C$  ulazi u reformer konvekcione sekciju gde se toplota dimnog gasa koristi za:

- Grejanje mešavine ugljovodonika i pare pre ulazka u cevni reformer
- Predgrevanje mešavine ugljovodonika i pare pre ulazka u prereformer
- Pregrevanje pare visokog pritiska
- Proizvodnja pare 48 barg
- Predgrevanje vazduha za sagorevanje u peći

Na izlasku iz reformer konvekcione sekcije dimni gas je ohlađen do oko  $129^{\circ}C$ .

Procesni gas koji izlazi iz cevnog reformera prolazi kroz izmenjivač - generator pare proizvodeći paru od 48 barg. Na taj način temperatura procesnog gasa se obara do oko  $293^{\circ}C$ . Procesni gas dalje prolazi kroz predgrejač kotlovske vode i tako se hladi do oko  $205^{\circ}C$  pre nego što uđe u konverter MT.

### 3.1.3. Sekcija konverzije

U ovoj sekciji se vrši konverzija CO u  $CO_2$  u reakciji sa  $H_2O$  i proizvodi se  $H_2$ .

Procesni gas iz sekcije reforming ulazi u sekciju konverzije gde se odigrava prelaz CO u CO<sub>2</sub>. Procesni gas ulazi sa temperaturom od 205°C u MT konvertor.

Procesni gas koji napušta MT konverter se hladi u seriji toplotnih izmenjivača do oko 124°C.

Dalje se procesni gas hladi do oko 39°C u predgejaču demineralizovane vode.

#### 3.1.4. Separacija H<sub>2</sub> (PSA)

Procesni gas konvertovan u MT konvertoru sadrži H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> i manje količine CO i metana. Ovaj gas se dalje prečišćava u PSA sekciji do minimum 99,0% čistoće, što je glavni proizvod ovog postrojenja.

Otpadni gas sa sekcije PSA (tail gas) se šalje u sekciju reforming kao primarno gorivo za peć cevnog reformera.

#### Pomoćni fluidi

Za rad postrojenja je potrebno obezbediti pored prirodnog gasa i LPG kao sirovina još i pomoćne fluide kao što su: komprimovani vazduh 7 barg, instrumentalni vazduh 7 barg, azot 7 barg, vodenu paru niskog pritiska 16 barg, rashladnu vodu, demineralizovanu vodu, manje količine hemikalija kao što su amonijak i fosfati potrebni za proizvodnju vodene pare, kao i manje količine vodonika za startovanje pogona.

## 4. SPECIFIKACIJA SIROVINA I PROIZVODA

### 4.1 Kvalitet sirovine za HGU S-5000

#### Prirodni gas:

KOMPONENTE	Vol. %
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>1.64</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>5.57</b>
<b>Methane</b>	<b>89.90</b>
<b>Ethane</b>	<b>2.04</b>
<b>Propane</b>	<b>0.57</b>
<b>Isobutane</b>	<b>0.10</b>
<b>n-Butane</b>	<b>0.13</b>
<b>Isopentane</b>	<b>0.02</b>
<b>n-Pentane</b>	<b>0.03</b>

#### Hexane

--

Sadržaj sumpora: 4 ppm vol 7 ppm vol max

**LPG:**

KOMPONENTE	% mol
C <sub>3</sub>	34.5
C <sub>3</sub> =	0.1
IC <sub>4</sub>	26.6
nC <sub>4</sub>	40.7
C <sub>4</sub> =	0.1

Sadržaj olefina: 0.2% vol, 1.0% vol max, H<sub>2</sub>S: 5 mg / Nm<sup>3</sup> max

Ukupni merkaptani: 15 mg / Nm<sup>3</sup> max, Ukupni sumpor (design): 50 mg / Nm<sup>3</sup>

**4.3 Kvalitet proizvoda****Vodonik**

Čistoća	> 99,9mol%
Sadržaj CO+CO <sub>2</sub>	<10ppm (vol)
CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>	balance mol% max
Sadržaj hlora	1 ppm (mol) max

**5. MATERIJALNI I ENERGETSKI BILANS****5.1. Bilans sirovina:**

Normalni radni režim sa **prirodnim gasom** kao osnovnom sirovinom

ULAZ	Nm <sup>3</sup> /h
Prirodni gas sirovina	29436
Prirodni gas gorivo	3220
<b>UKUPNO ULAZ</b>	<b>32656</b>
IZLAZ	Nm <sup>3</sup> /h
Vodonik	77000
<b>UKUPNO IZLAZ</b>	<b>77000</b>

Radni režim sa **tečnim naftnim gasom** kao sirovinom (u slučaju nedostatka prirodnog gasa)

ULAZ	kg/h
Tecni naftni gas sirovina	22070
Tecni naftni gas gorivo	2735

UKUPNO ULAZ	24805
IZLAZ	Nm <sup>3</sup> /h
Vodonik	77000
UKUPNO IZLAZ	77000

## 5.2 Potrošnja energije

Energent	Sirovina–prirodni gas	Sirovina – tecni nafni gas
Vodena para nis.prit. 4bar	15 000 kg/h	15 000 kg/h
Demi voda	88143 kg/h	88143 kg/h
Rashladna voda	1350 m <sup>3</sup> /h	1350 m <sup>3</sup> /h
Električna energija	3384 kWh	3384 kWh

## 5.3 Proizvodnja vodene pare

Energent	Sirovina–prirodni gas	Sirovina – tecni nafni gas
Vodena para kg/h vis.prit. 45 bar	51152	44098

## 5.4 Potrošnja hemikalija

Hemikalije	kg/dan
Aditivi	3

# 6 EFLUENTI PROCESA

Postrojenje je projektovano tako da je štetan uticaj na okolnu sredinu sveden na minimum.

## 6.1 Emisija gasova

Emisiju gasova u atmosferu čine dimni gasovi iz reformera. Sagoreli gasovi, protoka 198.082 Nm<sup>3</sup>/h se oslobađaju u atmosferu kroz dimnjak reformera i moraju zadovoljiti sledeće maksimalno dozvoljne vrednosti u skladu sa *Pravilnikom o graničnim vrednostima emisije, načinu i rokovima merenja i evidentiranju podataka* (Republika Srbija, Ministarstvo za zaštitu životne sredine, Beograd, jul 1997.god).

CO < 100 mg/Nm<sup>3</sup>  
NO<sub>x</sub> < 100 mg/Nm<sup>3</sup>  
SO<sub>x</sub> < 800 mg/Nm<sup>3</sup>  
Čestice < 5 mg/Nm<sup>3</sup>

Emisija ugljenmonoksida se kontroliše praćenjem sadržaja kisenika u loživom gasu pomoću analizatora kisenika koji će biti instalirani. Reformer će se ložiti sa prirodnim gasom, alternativno sa tečnim naftnim gasom. S obzirom da će se koristiti niskosumporno gorivo i da će se nabaviti breneri koji emituju nizak sadržaj NO<sub>x</sub>, očekuje se niska emisija SO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub>.



## **6.2 Otpadne vode**

Sve procesne otpadne vode koje nastaju na postrojenju se sakupljaju i obrađuju se na postrojenju za obradu otpadnih voda.

## **6.3 Čvrsti otad**

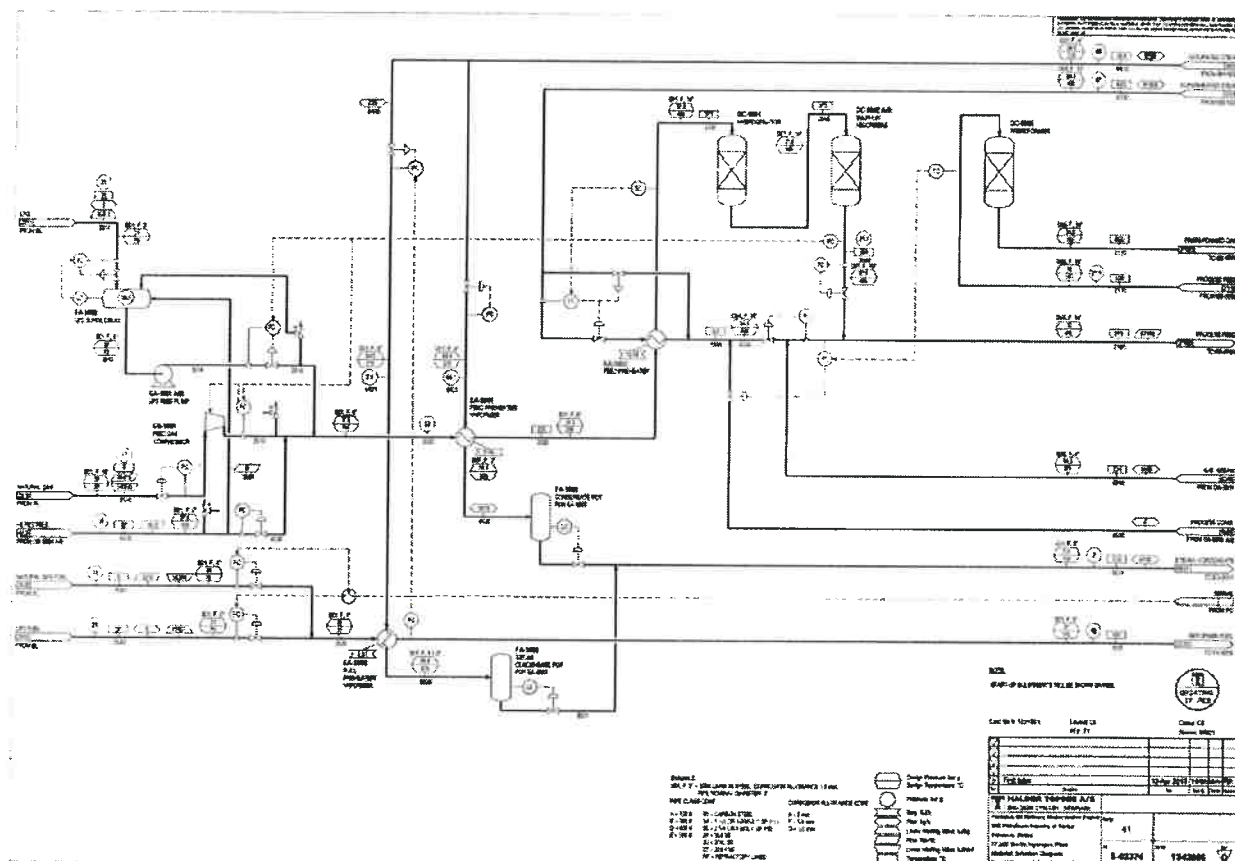
Čvrsti otpad na postrojenju je istrošeni katalizator. Istrošeni katalizator može biti poslat inostranoj firmi za reciklažu koja se bavi izdvajanjem metala iz katalizatora u slučaju katalizatora za reformer koji je na bazi nikla, a ostali katalizator će se odložiti u zemlju uz angažovanje ovlašćenih organizacija, a u skladu sa važećom zakonskom regulativom.

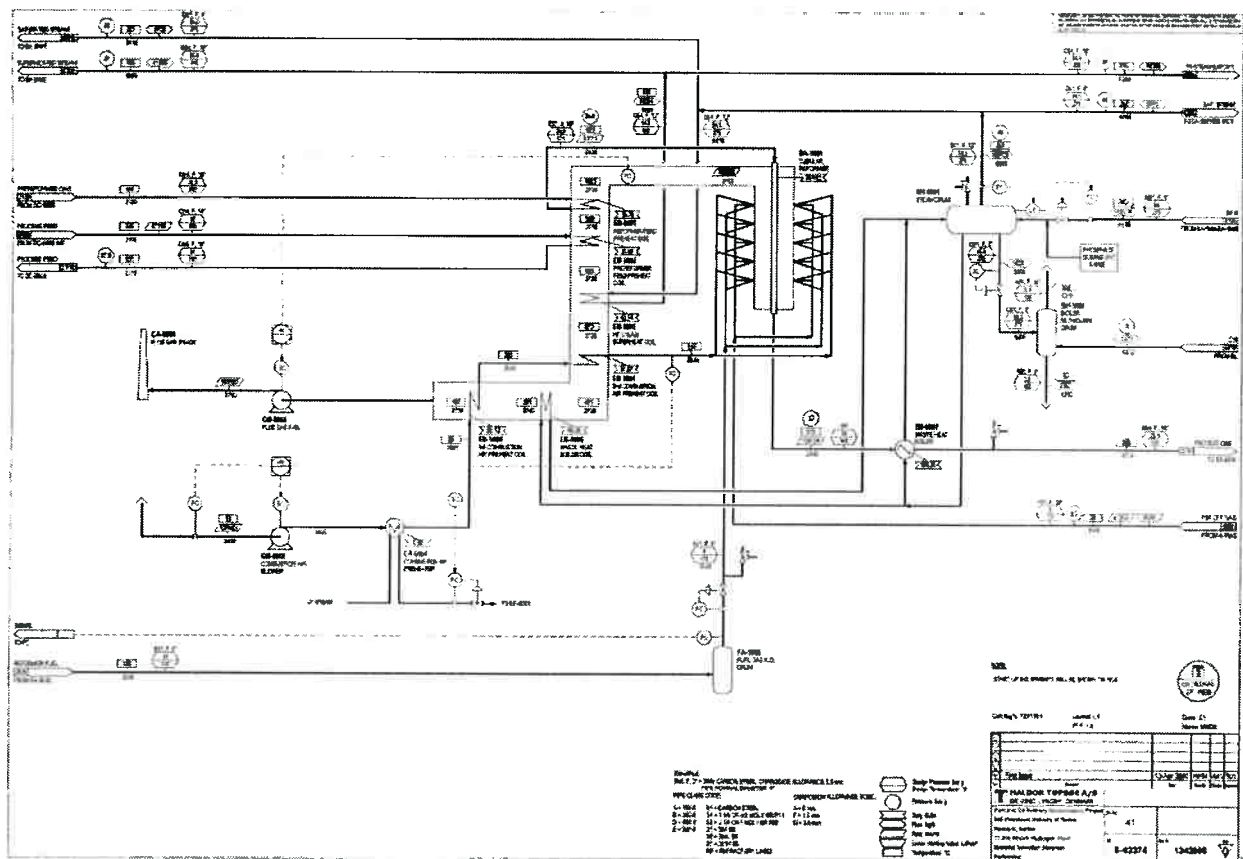
## **7. PRILOZI**

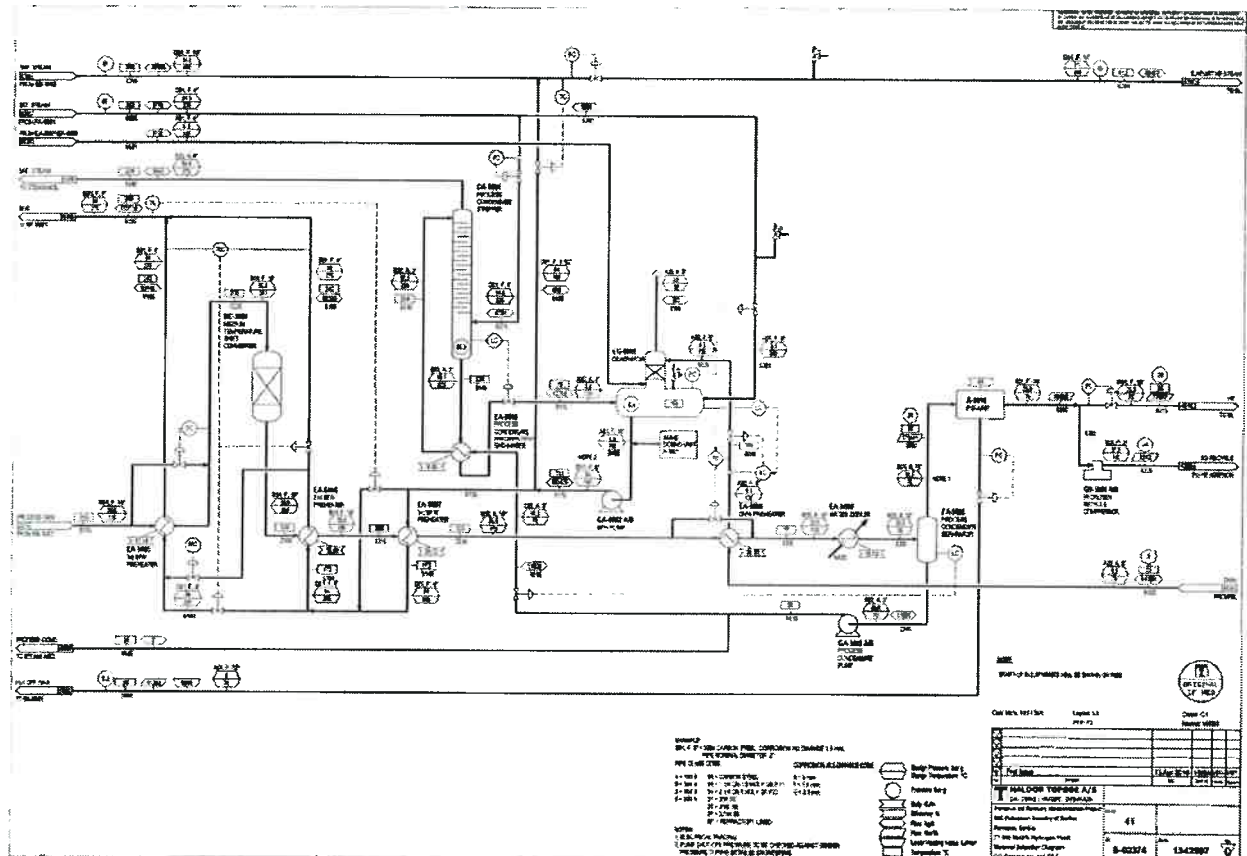
***Prilog 1:*** PROCESNE SEME

***Prilog2:*** SPECIFIKACIJA GLAVNE PROCESNE OPREME

## Prilog 1: PROCESNE SEME







## **Prilog2: SPECIFIKACIJA GLAVNE PROCESNE OPREME**

### **1. List of main equipment**

<b><u>Equipment Description</u></b>	<b><u>Item Number</u></b>
<b><u>Compressor-Booster-Fan</u></b>	
Feed Gas Compressor	GB-5001
Combustion Air Blower	GB-5002
Flue Gas Fan	GB-5003
Hydrogen Recycle Compressors	GB-5004 A
	GB-5004 B
SU N <sub>2</sub> Compressor for Reformer/Shift Section	GB-5005
Emergency Hydrogen Compressor	GB-5006
<b><u>Heat Exchanger</u></b>	
Feed Preheater/Vaporizer	EA-5001 A/B
Feed Preheater	EA-5002
Fuel Preheater/Vaporizer	EA-5003
Combustion Air Preheater	EA-5004
1 <sup>st</sup> BFW Preheater	EA-5005 A/B
2 <sup>nd</sup> BFW Preheater	EA-5006
3 <sup>rd</sup> BFW Preheater	EA-5007 A/B
DMW Preheater	EA-5008
Water Cooler	EA-5009
Process Condensate Feed/Effluent Exchanger	EA-5010 A/B
Start-Up Heater for Reformer/Shift Section	EA-5011
Start-Up Cooler for Reformer/Shift Section	EA-5012
Boiler Blowdown cooler	EA-5013
Start-Up Heater for 1 <sup>st</sup> Sulphur Absorber	EA-5014
Reformer Feed Preheat Coil	EB-5001
Pre-Reformer Feed Preheat Coil	EB-5002
HP Steam Superheat Coil	EB-5003
2 <sup>nd</sup> Combustion Air Preheat Coil	EB-5004
Waste Heat Boiler Coil	EB-5005
1 <sup>st</sup> Combustion Air Preheat Coil	EB-5006
Waste Heat Boiler	EB-5007
Start-Up Cooler for HDS	EC-5001

**Equipment Description****Item Number****Flare-Stack-Vent**

Flue Gas Stack

CA-5001

**Furnace-Boller**

Tubular Reformer

BA-5001

**Column**

Process Condensate Stripper

DA-5001

**Motor**

Motor for Feed Gas Compressor GB-5001

M.GB-5001

Motor for Combustion Air Blower GB-5002

M.GB-5002

Motor for Flue Gas Fan GB-5003

M.GB-5003

Motors for Hydrogen Recycle Compressors GB-5004 A

M.GB-5004 A

GB-5004 B

M.GB-5004 B

Motor for SU N<sub>2</sub> Compressor for Reformer/Shift Section, GB-5005

M.GB-5005

Motor for Emergency Hydrogen Compressor, GB-5006

M.GB-5006

Motors for Feed Pumps GA-5001 A

M.GA-5001 A

GA-5001 B

M.GA-5001 B

Motors for BFW Pumps GA-5002 A

M.GA-5002 A

GA-5002 A

M.GA-5002 A

Motors for Condensate Pumps GA-5003 A

M.GA-5003 A

GA-5003 B

M.GA-5003 B

Motors for Sulphiding Pumps GA-5004 A

M.GA-5004 A

GA-5004 B

M.GA-5004 B

**Pump**

LPG Feed Pumps

GA-5001 A

GA-5001 B

BFW Pumps

GA-5002 A

GA-5002 B

Process Condensate Pumps

GA-5003 A

GA-5003 B

Sulphiding Pumps

GA-5004 A

GA-5004 B

**Equipment Description****Item Number****Absorber-Reactor**

Hydrogenator	DC-5001
Sulphur Absorbers	DC-5002 A
	DC-5002 B
Prereformer	DC-5003
Medium Temperature (MT) Shift Converter	DC-5004

**Separator-Vessel-Storage Tank**

Steam Condensate pot for EA-5001 A/B	FA-5001
LPG Surge Drum	FA-5002
Steam Condensate pot for EA-5003	FA-5003
Fuel Gas K.O. Drum	FA-5005
Process Condensate Separator	FA-5006
SU K.O. Drum for Reformer/Shift Section	FA-5007
Emergency Hydrogen Storage Vessel	FB-5001
Deaerator	EG-5001
Steam Drum	BH-5001
Boiler Blowdown Drum	BH-5002

**Miscellaneous**

Amine Dosing Unit	A-5001
Phosphate Dosing Unit	A-5002
PSA Unit	A-5010