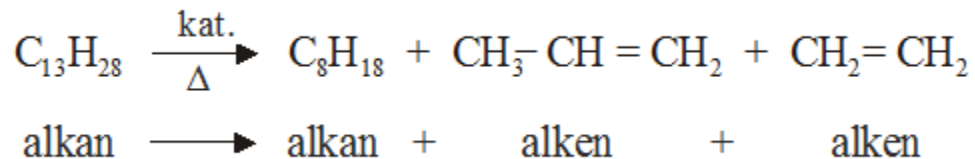


# Katalitičko krekiranje

- pretvorba težih u lakše naftne destilacijske frakcije, jedan od najvažnijih rafinerijskih procesa
- provodi se uz katalizatore (sintetički zeoliti) kojima se povećava brzina reakcije, smanjuje udjel sporednih reakcija (posebice reakcije koksiranja) i ukupna reakcija usmjerava prema nastajanju željenog proizvoda odgovarajućih primjenskih svojstava, prvenstveno benzina visokog oktanskog broja
- sirovine: frakcije višega vrelišta, temperatura destilacije 200...500 °C (C<sub>11</sub>... C<sub>26</sub>), najčešće plinska ulja uz dodavanje destilacijskih ostataka (do 30 %)
- Pretvorbom najviše nastaje benzinska frakcija,  $t_v < 250$  °C, visokog oktanskog broja. Veliki doprinos oktanskom broju, osim aromatskih ugljikovodika (30...35 mas. %), ima i visoki udjel nastalih olefinskih ugljikovodika (30...35 mas. %),

Primjer reakcije katalitičkoga krekiranja alifatskih ugljikovodika:



- najzastupljeniji je proces u fluidiziranom (vrtložnom) katalitičkom sloju – fluidizirano katalitičko krekiranje (engl, *Fluidized Catalytic Cracking*, FCC) = **FCC-proces**, **FCC-benzin**

Toplinsko i katalitičko krekiranje bitno se razlikuju udjelima nastalih proizvoda.

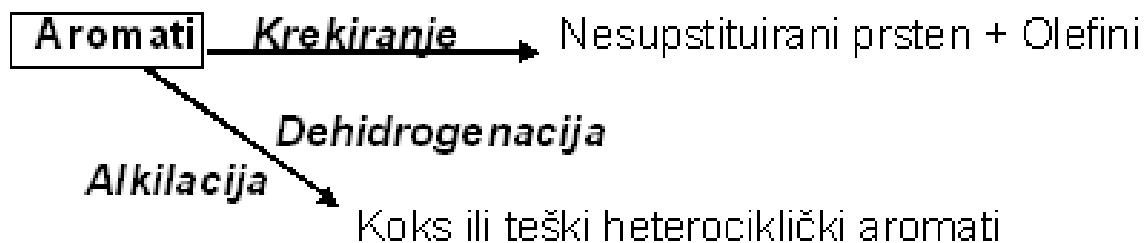
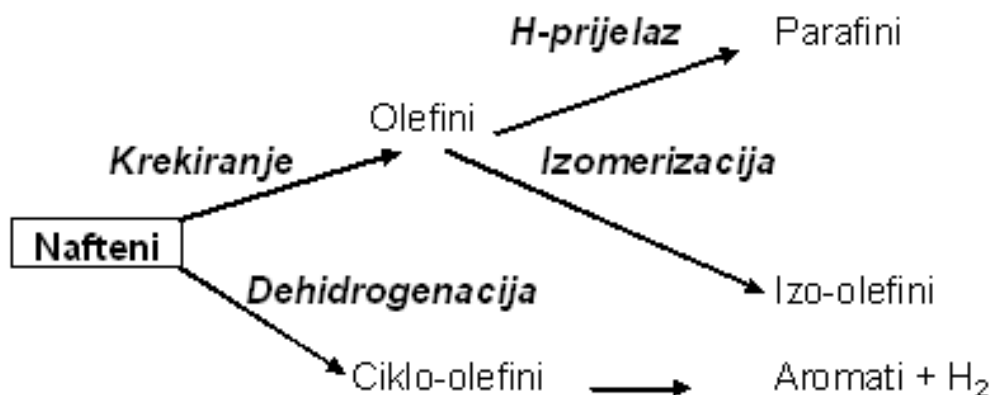
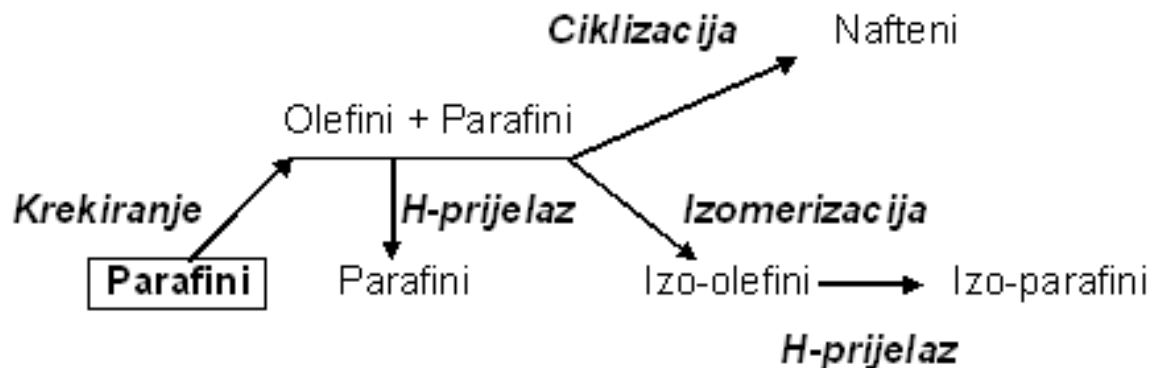
Postupkom toplinskoga krekiranja nastaje više plinova i težih frakcija, a katalitičkim postupkom više izoparafina, olefina i aromata, a najviše je zastupljena benzinska frakcija.

# Razvoj procesa:

<b>Period</b>	<b>Proces</b>	<b>Namjena</b>
< 1928.	Toplinsko krekiranje	benzin, olefini
1928.	E. Houdry: reaktor s fiksnim slojem katalizatora: glina (obrada s H <sub>2</sub> )	veći prinos benzina bolja kvaliteta
1930.-35.	Reaktor s fluidiziranim slojem (FCC), Si-Al amorfni katalizator	kontinuirani proces

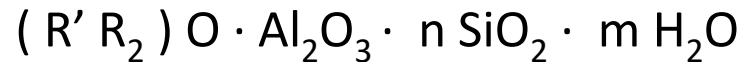
<b>Period</b>	<b>Proces</b>	<b>Namjena</b>
1935.-50.	FCC - optimiranje procesa	postaje najvažniji sekundarni proces prerade
1960.	Zeolitni katalizatori (sintetski kristalni Al - silikati)	velika aktivnost katalizatora, bolja selektivnost, manje nastajanje koksa
1970.	Poboljšanje konstrukcije reaktora	jednostavnija konstrukcija, manji troškovi
> 1970.	Automatizacija Novi katalizatori	veći udio "težih" sirovina, optimalni uvjeti

# Osnovne reakcije:



## Katalizatori:

- Nekad: amorfni aluminosilikati s niskim ( $\approx 13\%$ ) ili visokim ( $\approx 27\%$ ) udjelom  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- Danas: katalizatori zeolitnog tipa, općenitog sastava:



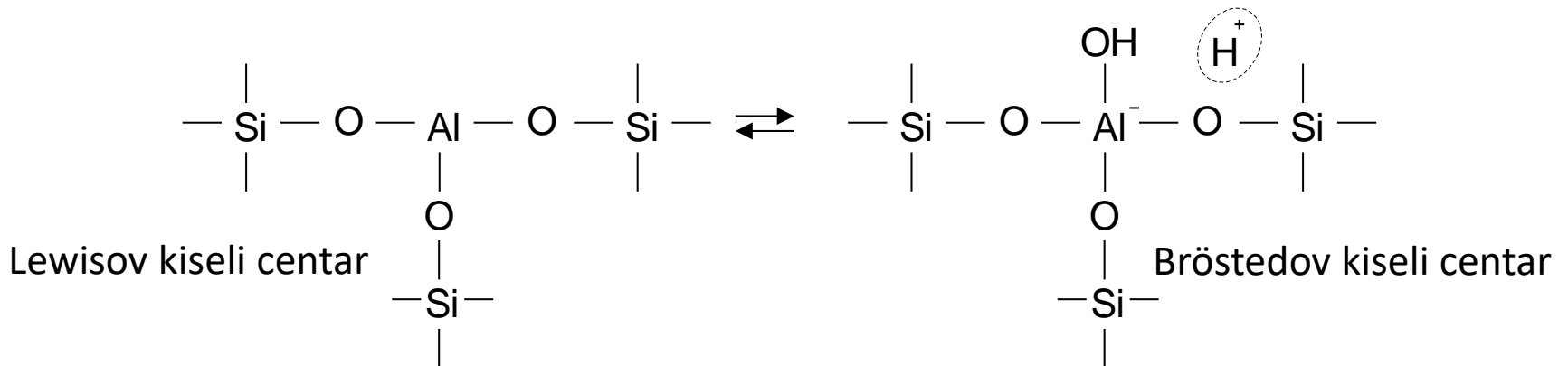
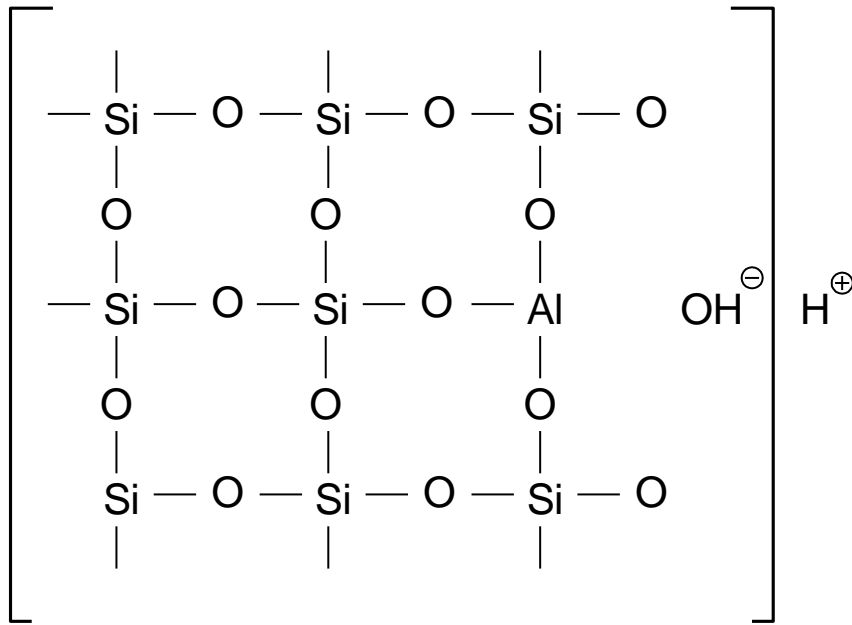
R' - kationi rijetkih metala

R - kationi alkalijskih metala

n = 2-12

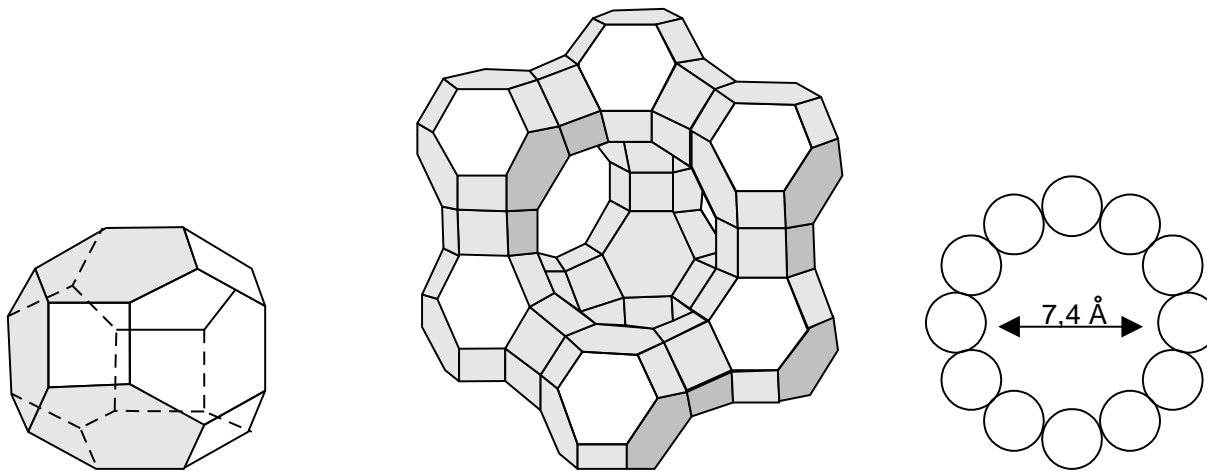
$\text{H}_2\text{O} \approx 2\%$

- Zamjena Si s Al - daje anionski karakter kiselog centra (  $\text{AlO}_4^-$  ). Nastali  $\text{H}^+$  ioni adiraju se na = vezu olefina - karbokation
- Ravnoteža naboja -  $\text{Na}^+$ - ionima - mala katalitička aktivnost
- Kationi elemenata rijetkih metala (Y, La, Ce) povećavaju aktivnost i stabilnost katalizatora



## Struktura zeolita:

- Trodimenzionalne mreže  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  i  $(\text{AlO}_4)^{5-}$  tetraedara, povezanih preko atoma kisika  $\rightarrow$  primarne strukturne jedinice koje stvaraju sekundarne strukturne jedinice, čijom kombinacijom nastaju trodimenzionalne prostorno mrežaste strukture zeolita.
- Y - zeolit  $\rightarrow$  oktaedarske jedinice, međusobno povezane preko heksagonalnih ploha u globalnu strukturu zeolita.



- **Y- zeolit** - veličina pora: 0,8-0,9 nm,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 3-6$
- **X- zeolit** - veličina pora: 0,8-1,3 nm,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2-3$

U odnosu na amorfne alumosilikate karakterizira ih:

- visoka selektivnost ( $\alpha$  i  $\beta$  šupljine definiranih promjera)
- velika aktivnost
- otpornost prema neugljivovodičnim spojevima ( otrovi S i N )
- smanjena sklonost nastajanju koksa
- mogućnost podešavanja kiselosti (promjena omjera Si/Al), što omogućuje široku primjenu kao katalizatora

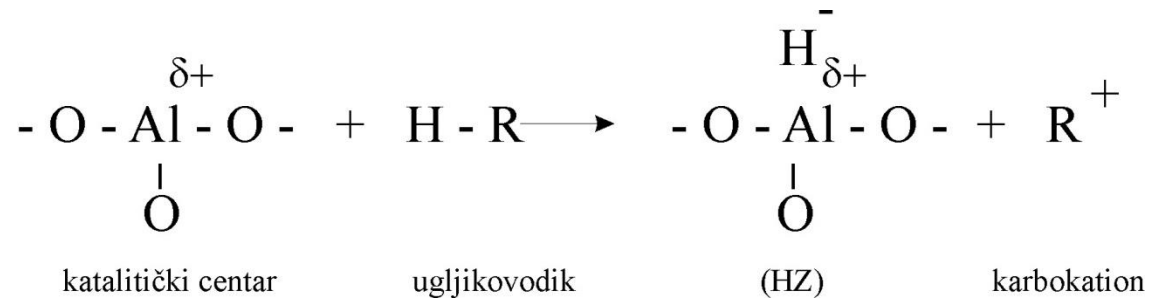


# KATALITIČKO KREKIRANJE

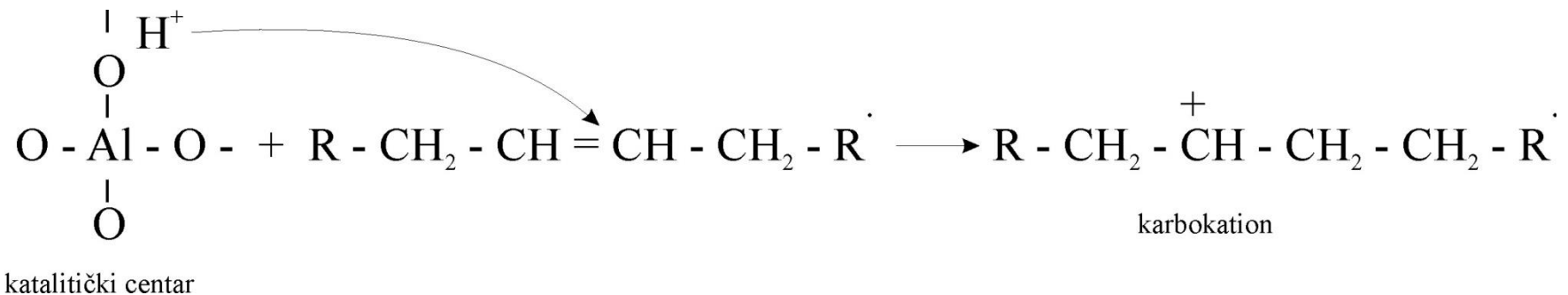
**Reakcijski mehanizam** (mehanizam karbokationa):

Nastajanje:

1. Vežanje  $\text{H}^-$  iona iz molekule alkana na Lewisov kiseli centar:



2. Adicija protona (Brönstedov kiseli centar) na = vezu olefina:



# KATALITIČKO KREKIRANJE

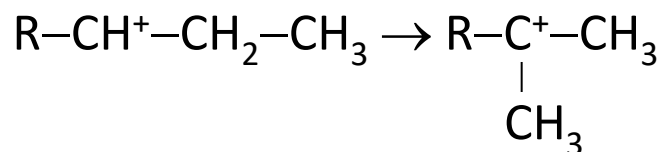
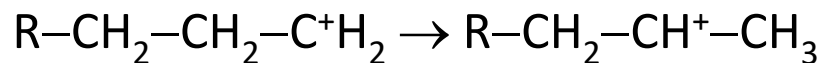
## Reakcije:

- Reaktivnost ugljikovodika u procesu katalitičkog krekiranja raste u nizu:
  - nesupstituirani aromati
  - parafini
  - polimetilni aromati
  - nafteni
  - alkilni benzeni (s duljim bočnim lancima)
  - olefini
- Karbokationi - nastali iz molekula olefina i parafina na kiselim katalitičkim aktivnim centrima - vrlo reaktivni
- Brzine stvaranja i nestajanja ovise o njihovoj stabilnosti, koja opada u nizu:  
tercijarni > sekundarni > primarni

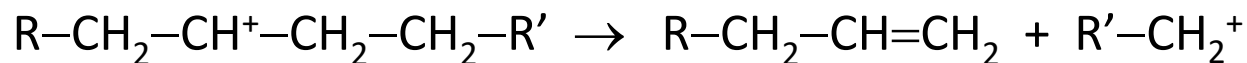
# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Parafini (alkani)

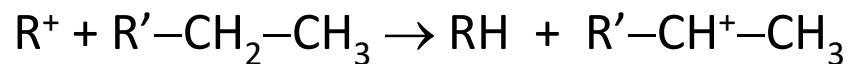
### 1. Izomerizacija:



### 2. $\beta$ -cijepanje:



### 3. H-prijelaz:

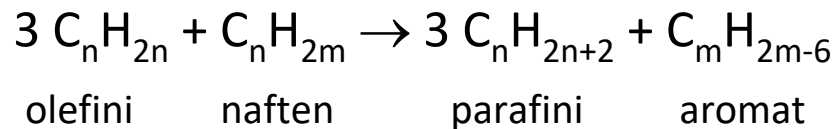


# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Olefini (alkeni)

- najreaktivniji ugljikovodici u procesu katalitičkog krekiranja

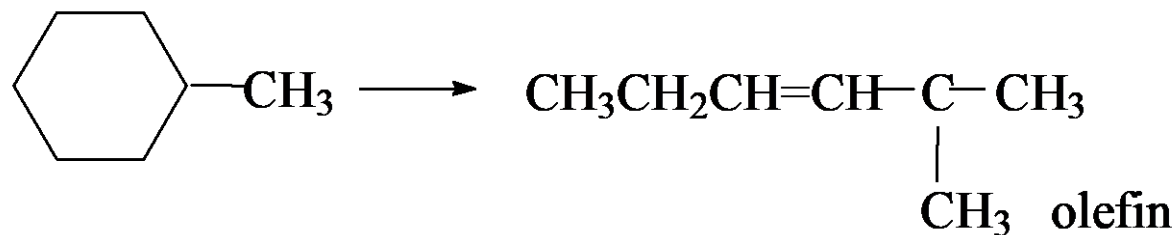
- konverzija u olefine manje molekulske mase (krekiranje)
- izomerizacija - nastaje smjesa izomera
- reakcije prijelaza vodika:



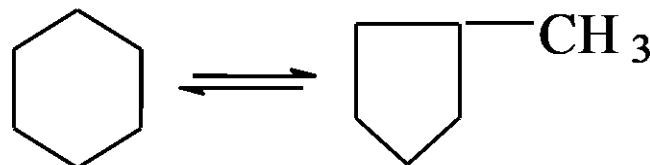
# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Nafteni (cikloparafini)

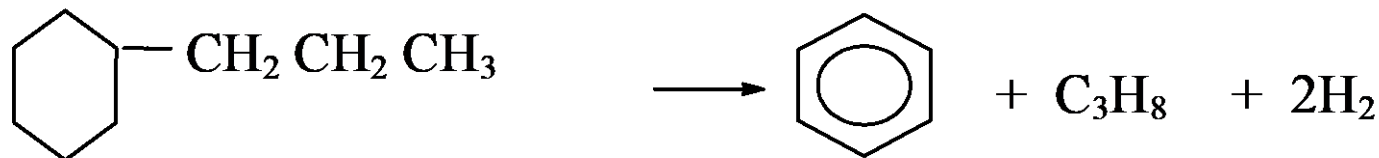
1. Deciklizacija:



2. Izomerizacija prstena:



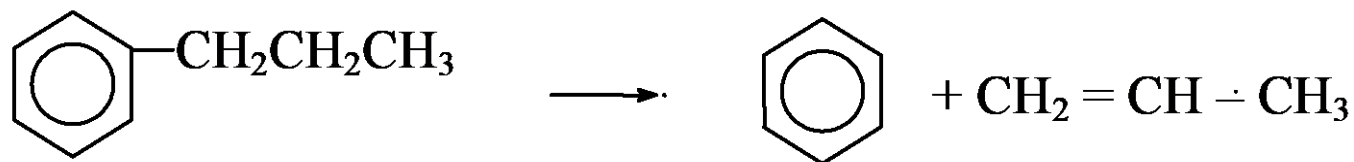
3. Dehidrogenacija i dealkilacija:



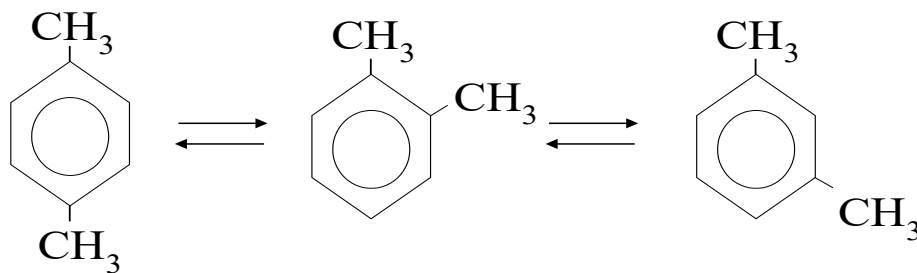
# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Aromati

### 1. Dealkilacija:



### 2. Premještanje metilnih skupina kod polimetilnih homologa benzena:



### 3. Kondenzacija - nastajanje kondenziranih policikličkih CH – koks

# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Termodinamika i kinetika

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

$$\Delta G = - R T \ln K$$

Ako je  $\Delta H$  pozitivna (endotermna reakcija) -  $K$  se povećava s porastom temperature;

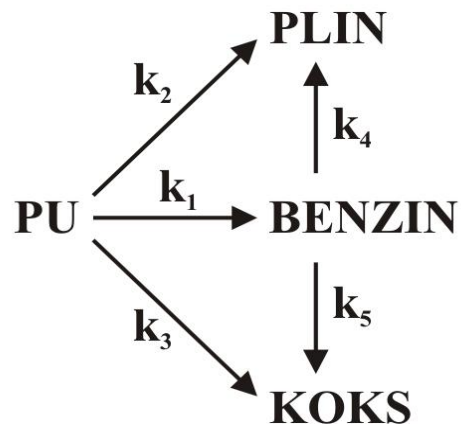
- endotermne reakcije: krekiranje, dealkilacija, dehidrogenacija
- egzotermne reakcije: prijelaz vodika, ciklizacija, izomerizacija

Reakcijska smjesa (plinsko ulje) je vrlo kompleksna - kinetika procesa može se opisati uz pomoć modelnih reakcija.

Reakcijske sheme uključuju karakteristične CH grupe (pseudokomponente).

## Primjer

Četverokomponentni kinetički model temeljen na pretpostavci četiri pseudo-komponente: **plinsko ulje, plin, benzin i koks**.



## Kinetički model

Pretpostavke:

- Krekiranje plinskog ulja - reakcija drugog reda.
- Reakcije nastajanja i nestajanja benzina, plina i koksa - reakcije prvog reda s obzirom na koncentraciju reaktanta.
- Nastajanje katalitičkog koksa funkcija je samo vremena kontakta - smanjivanje aktivnosti katalizatora razmjerno je brzini nastajanja koksa.



## Jednadžbe brzina kemijskih reakcija u procesu krekiranja plinskog ulja:

- Nestajanje plinskog ulja: 
$$r_1 = ky_1^2 \varphi$$
$$k = k_1 + k_2 + k_3$$
- Nastajanje benzina: 
$$r_2 = [k_1 y_1^2 - Ky_2] \varphi$$
$$K = k_4 + k_5$$
- Nastajanje plinske frakcije: 
$$r_3 = [k_2 y_1^2 + k_4 y_2] \varphi$$
- Nastajanje koksa: 
$$r_4 = [k_3 y_1^2 + k_5 y_2] \varphi$$
- Funkcija deaktivacije katalizatora: 
$$\varphi = nA_c t^{n-1}$$

$K$ , konstanta,  $k_4 + k_5$ ,  $s^{-1}$ ;  $k_1$ , kinetička konstanta reakcije krekiranja plinskog ulja,  $g_{\text{cat}}^{-1} \text{cm}^3 \text{s}^{-1}$   
 $k_{(2-5)}$ , kinetičke konstante,  $s^{-1}$ ;  $r_{(1-4)}$ , brzina reakcije,  $g_{\text{kat}} \text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ ;  $t$ , vrijeme reakcije;  
 $y_i$ , maseni udjeli komponenti;  $\varphi$ , funkcija deaktivacije katalizatora;  $A_c$ , konstanta

# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Utjecaj procesnih parametara

### Fizikalno-kemijska svojstva katalizatora:

#### 1. omjer Si / Al

- Povećanje omjera Si/Al - smanjenje katalitičke aktivnosti i povećanje stabilnosti katalizatora.
- Smanjuje se gustoća katalitički aktivnih centara (Al) - naglašene reakcije kreiranja (monomolekulske) u odnosu na reakcije prijelaza vodika (bimolekulske)

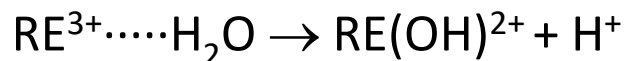
#### Utjecaj:

- **niži prinosi benzina uz viši oktanski broj** - IOB posebno povećavaju olefinski CH
- **manja** sklonost stvaranju **koksa** (smanjeni udjeli reakcija prijelaza vodika)
- **viši prinosi plinske frakcije** (naglašene reakcije kreiranja)

Viši prinosi frakcije ukapljenog naftnog plina (  $C_3$ - $C_4$  ) - poželjni ako se frakcija UNP-a koristi kao sirovina u procesima alkilacije i dobivanja oksigenata (MTBE) - dodataka motornim benzinima radi povećanja OB.

## 2. kationi rijetkih metala - $RE_2O_3$ (eng. rare earth; oksidi Y, La, Ce...)

- Veći sadržaj  $RE_2O_3$  u strukturi zeolita - **povećava stabilnost i aktivnost katalizatora**; povećana gustoća katalitički aktivnih centara - uvjetovana djelovanjem  $RE^{3+}$  kationa na polarizaciju molekula vode (nastajanje  $H^+$  iona):



### Utjecaj:

- povećava se **selektivnost katalizatora za reakcije prijelaza vodika** u odnosu na reakcije krekiranja;
- postižu se **viši prinosi benzina** (olefini se ne krekiraju u plin), ali povećana koncentracija **parafina utječe na smanjenje oktanskog broja benzina**;
- **prinosi plinske frakcije su niži** (manje zastupljeno krekiranje), a koksa viši (povećano stvaranje aromata reakcijama prijelaza vodika - mogućnost kondenzacije, uz dehidrogenaciju)

## Fizikalna svojstva:

### 1. Otpornost prema trošenju

- Trošenjem čestica zbog međusobnih sudara i sudara sa stjenkama reaktora i regeneratora (oštri uvjeti u regeneratoru) - prosječna veličina čestica se smanjuje
- Dio čestica može se pretvoriti u praškasti materijal i izgubiti preko ciklona - utjecaj na smanjenje aktivnosti cjelokupne katalitičke mase

### 2. Specifična površina, volumen pora i nasipna gustoća

- Specifična površina – određuje se postupkom adsorpcije dušika na dekoksiranom uzorku, a važan je parametar za praćenje aktivnosti i stabilnosti katalizatora
- Ukupna površina ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) - uključuje zeolitnu i matričnu komponentu
- Zeolitna površina - primarno krekira plinsko ulje i ključna je za selektivnost katalizatora
- Matrična površina - važna u krekiranju molekula velike molekulske mase (destilacijski ostaci)

### 3. Raspodjela veličina čestica

- Svojstvo koje daje važne informacije o cirkulacijskim karakteristikama i karakteristikama trošenja katalizatora, kao i o radu ciklona
- Dobra cirkulacija katalizatora u FCC jedinici - postiže se kada čestice katalizatora imaju široku raspodjelu
- Tijekom rada procesa događaju se promjene u raspodjeli veličine čestica, kao i u drugim fizikalnim svojstvima

### 4. Stabilnost katalizatora

- Laboratorijski testovi toplinske stabilnosti – provode se izlaganjem uzorka katalizatora utjecaju povišenih temperatura (540 i 870 °C) u određenom vremenskom periodu (3-4 h); utvrđuju se nastale promjene mjerenjem specifične površine i veličine jedinične ćelije (adsorpcijske metode, uz metodu difrakcije x-zraka)

## Svojstva sirovine:

- Sirovine u procesu katalitičkog kreiranja su destilati višeg vrelišta (područje: 350-550 °C):
  1. vakuumska plinska ulja su standardne sirovine + mogućnost dodavanja ostataka
  2. “teški” produkti sekundarnih procesa (koksiranje, lom viskoznosti, hidrokreiranje),
- Sastav sirovine utječe na djelotvornost katalizatora
  - veći sadržaj policikličkih CH u sirovini - veća vjerojatnost nastajanja koksa -
  - brza deaktivacija katalizatora;
  - metali Ni i V - djeluju kao katalitički otrovi i promotori reakcija dehidrogenacije - nastajanje velike količine vodika (problemi u radu procesa i mogući utjecaj na prinose)
- Potrebna hidroobrada sirovine (posebno ako su dodani ostaci)
  - učinak smanjenog nastajanja koksa, uklanjanje S i N
- Fizikalno-kemijske značajke sirovine utječu na raspodjelu produkata katalitičkog kreiranja - sirovine parafinskog tipa (veći faktor K) – viši prinosi frakcije benzina

# KATALITIČKO KREKIRANJE

	Sirovina 1	Sirovina 2
<b>Svojstva sirovine:</b>		
gustoća pri 15 °C, g cm <sup>-3</sup>	0,905	0,935
sumpor, mas. %	0,6	3,0
faktor <i>K</i>	12,0	11,7
<b>Prinosi:</b>		
plin, mas. %	6,8	7,0
ukupno C <sub>3</sub> , vol. %	10,4	9,6
ukupno C <sub>4</sub> , vol. %	13,6	12,6
benzin C <sub>5</sub> -210 °C	59,4	55,3
LCO 210-350 °C, vol. %	16,6	18,5
ostatak, vol. %	6,2	9,5
koks, mas. %	4,8	4,9

## Procesne varijable:

### 1. Temperatura u reaktoru

- Uobičajeno područje temperature: 480 – 540 °C
- Povećanjem temperature - povećava se konverzija i utječe na selektivnost za pojedinačne reakcije u procesu - u skladu s termodinamikom:
  - Prinosi benzina - rastu s povećanjem temperature do  $\approx 520$  °C, zatim “prekrekiranje” - prijelaz u frakciju nižeg vrelišta - plin
  - Oktanski broj benzina - raste s povećanjem temperature (posebno IOB - radi velike koncentracije olefinskih CH)

### 2. Omjer katalizator / sirovina

- Definira se kao omjer količine katalizatora (kg/h) i količine sirovine (kg/h ) koji ulaze u reaktor
- Može biti izražen i u volumnim jedinicama: [ m<sup>3</sup>/h / m<sup>3</sup>/h ]
- Važan parametar koji određuje oštrinu procesa - povećanje omjera C/O uvjetuje povećanje konverzije



### 3. Prostorna brzina (vrijeme zadržavanja)

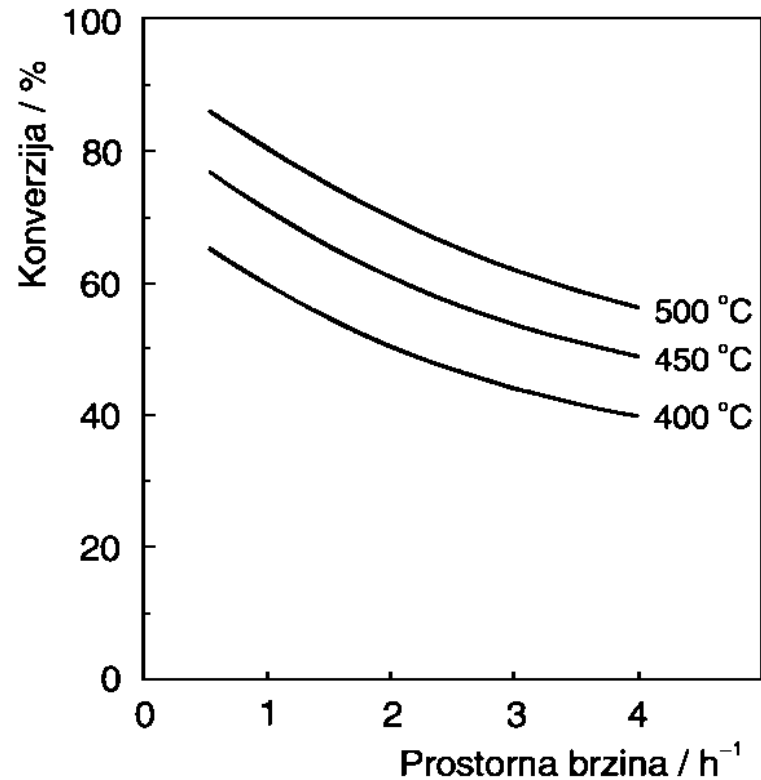
$$\Theta = \frac{60}{\text{WHSV} \times \text{C/O}}$$

$\Theta$  – vrijeme zadržavanja, min

WHSV – masena prostorna brzina

(eng. weight hourly space velocity)

C/O – omjer katalizator/sirovina



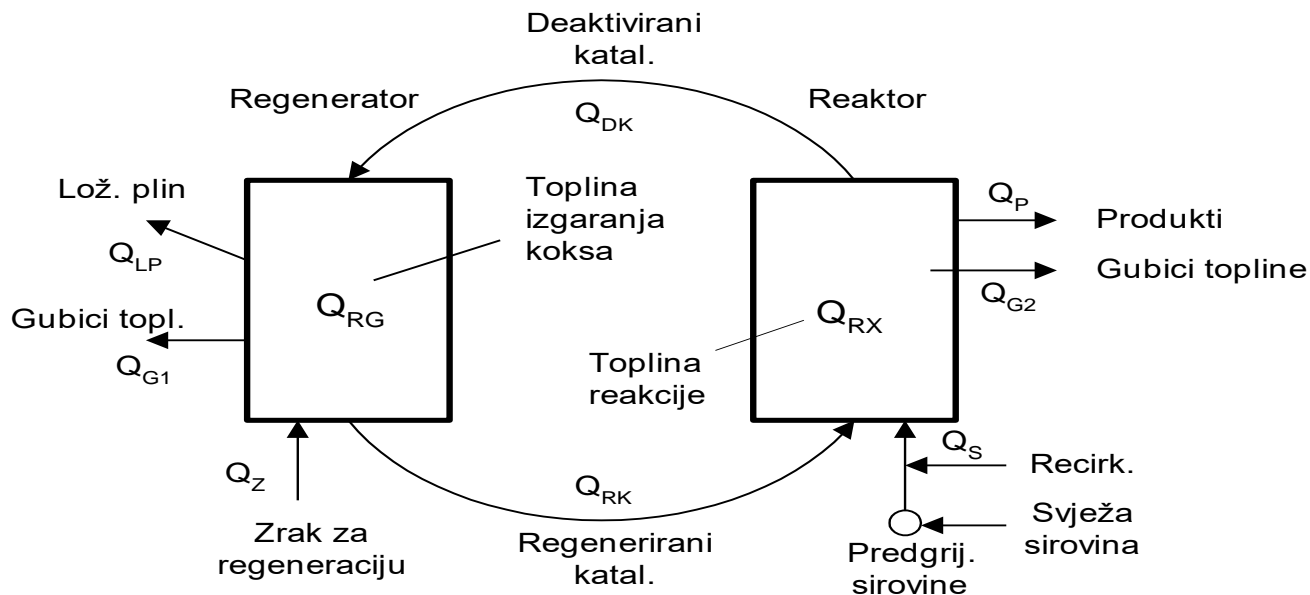
Utjecaj prostorne brzine i temperature  
na konverziju u procesu katalitičkog krekiranja

#### 4. Temperatura u regeneratoru

- Nije neposredno kontrolirani parametar – određuju ga cirkulacija katalizatora i temperatura predgrijavanja sirovine
- Regenerator – spaljivanje koksa nastalog na česticama katalizatora - predaja topline cirkulirajućem katalizatoru (endotermni proces)

Bilanca topline:  $Q_{RG} = [Q_P - Q_S] + [Q_{LP} - Q_Z] + [Q_{RX}] + [Q_{G1} + Q_{G2}]$

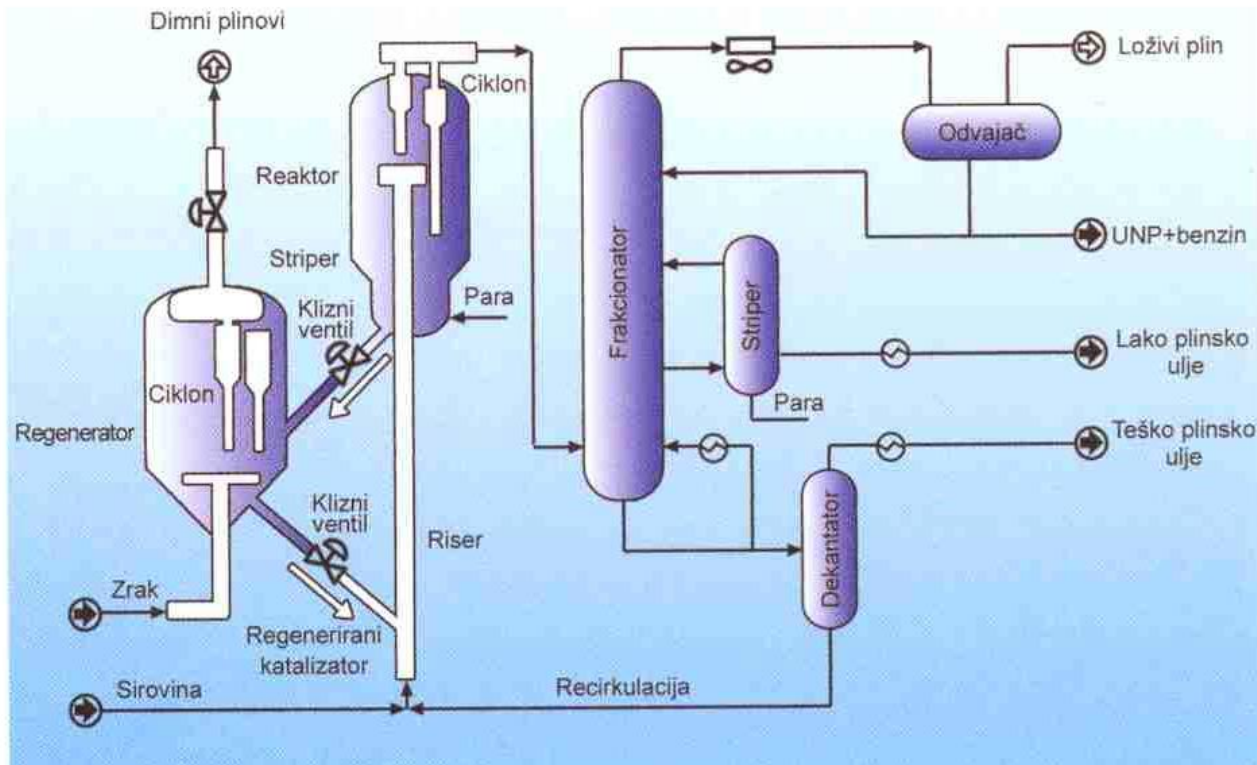
	toplina		toplina	
izgaranja	[reaktor]	[regenerator]	reakcije	gubici
4,87	[3,22-1,00]	[1,93-0,42]	[1,14]	[0]



# KATALITIČKO KREKIRANJE

## Proces u fluidiziranom sloju (FCC)

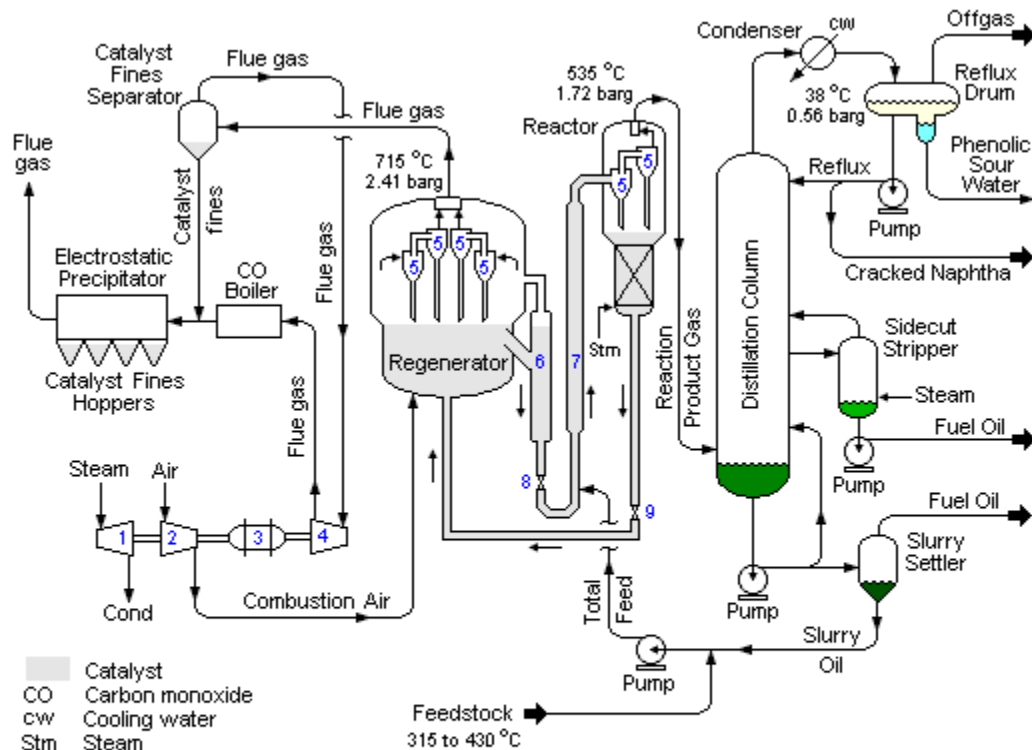
- Sirovina (+ povratni tok) - zagrijavanje ( $\approx 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i doziranje u cjevni dio rektora - miješanje s vrućim regeneriranim katalizatorom i zagrijavanje na reakcijsku temperaturu ( $480\text{--}540\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) - reakcije krekiranja - brzo razdvajanje katalizatora od CH para radi sprječavanja sekundarnih reakcija
- Katalizator s  $\approx 1\%$  ads. koksa skuplja se na dnu rektora (zona stripiranja) i odvodi prema regeneratoru; razlika tlaka na izlaznim ventilima oko 0,35 bara – osigurava kružni tok katalizatora
- U regeneratoru – miješanje katalizatora s vrućim zrakom u fluidiziranom sloju – spaljivanje koksa – povrat regeneriranog vrućeg katalizatora u reaktor



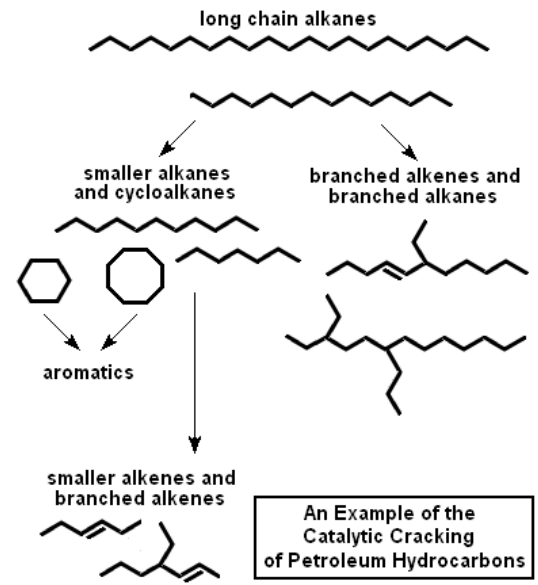
Produkti – preko ciklona iz rektora na odvajanje u frakcionator – gubitak 2-3 % katalizatora – dodavanje iste količine svježeg katalizatora.



# A schematic flow diagram of a Fluid Catalytic Cracking unit as used in petroleum refineries



- Catalyst
- CO Carbon monoxide
- cw Cooling water
- Stm Steam
- Cond Condensate
- 1 Start-up steam turbine
- 2 Air compressor
- 3 Electric motor/generator
- 4 Turbo-expander
- 5 Cyclones
- 6 Catalyst withdrawal well
- 7 Catalyst riser
- 8 Regenerated catalyst slide valve
- 9 Spent catalyst slide valve



## Reactor and Regenerator

The reactor and regenerator are considered to be the heart of the fluid catalytic cracking unit. The schematic flow diagram of a typical modern FCC unit is based upon the "side-by-side" configuration. The preheated high-boiling petroleum feedstock (at about 315 to 430 °C) consisting of long-chain hydrocarbon molecules is combined with recycle slurry oil from the bottom of the distillation column and injected into the *catalyst riser* where it is vaporized and cracked into smaller molecules of vapor by contact and mixing with the very hot powdered catalyst from the regenerator. **All of the cracking reactions take place in the catalyst riser within a period of 2–4 seconds.**

The hydrocarbon vapors "fluidize" the powdered catalyst and the mixture of hydrocarbon vapors and catalyst flows upward to enter the *reactor* at a temperature of about 535 °C and a pressure of about 1.72 bar.

The reactor is a vessel in which the cracked product vapors are: (a) separated from the *spent catalyst* by flowing through a set of two-stage cyclones within the reactor and (b) the *spent catalyst* flows downward through a steam stripping section to remove any hydrocarbon vapors before the spent catalyst returns to the *catalyst regenerator*. The flow of spent catalyst to the regenerator is regulated by a slide valve in the spent catalyst line.

Since the cracking reactions produce some carbonaceous material (referred to as catalyst coke) that deposits on the catalyst and very quickly reduces the catalyst reactivity, the catalyst is regenerated by burning off the deposited coke with air blown into the regenerator.

The regenerator operates at a temperature of about 715 °C and a pressure of about 2.41 bar, hence the regenerator operates at about 0.7 bar higher pressure than the reactor. The combustion of the coke is exothermic and it produces a large amount of heat that is partially absorbed by the regenerated catalyst and provides the heat required for the vaporization of the feedstock and the endothermic cracking reactions that take place in the catalyst riser. For that reason, FCC units are often referred to as being 'heat balanced'.

The hot catalyst (at about 715 °C) leaving the regenerator flows into a *catalyst withdrawal well* where any entrained combustion flue gases are allowed to escape and flow back into the upper part to the regenerator. The flow of regenerated catalyst to the feedstock injection point below the catalyst riser is regulated by a slide valve in the regenerated catalyst line. The hot flue gas exits the regenerator after passing through multiple sets of two-stage cyclones that remove entrained catalyst from the flue gas.

The amount of catalyst circulating between the regenerator and the reactor amounts to about 5 kg per kg of feedstock, which is equivalent to about 4.66 kg per litre of feedstock. Thus, an FCC unit processing 75,000 barrels per day (11,900 m<sup>3</sup>/d) will circulate about 55,900 tonnes per day of catalyst.

# KATALITIČKO KREKIRANJE

Produkti:

- **C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>** – frakcija ukapljenog naftnog plina – sirovina za alkilaciju, oligomerizaciju i procese dobivanja oksigenata (MTBE)
- **Benzin** – lakša frakcija ( $t_v = 75-125\text{ °C}$ ) – niski OB - prerada u procesu katalitičkog reformiranja; teža frakcija ( $t_v = 125-210\text{ °C}$ ) – nakon uklanjanja S spojeva namješavanje u motorne benzine
- **Lako cikličko ulje** – frakcija ( $t_v = 200-350\text{ °C}$ ) – ovisno o cetanskom broju – komponenta dizelskih goriva ili loživog ulja
- **Teško cikličko ulje** – frakcija ( $t_v = 350-420\text{ °C}$ ) – sirovina za proces koksiranja ili komponenta loživog ulja

Tri načina (područja) rada reaktora:

Područje	Srednji destilat	Benzin	Laki olefini
<b>Radni uvjeti</b>			
temperatura reaktora, °C	449-510	527-538	538-560
vrijeme zadržavanja	< Base	Base	> Base
omjer katalizator/sirovina	< Base	Base	> Base

# KATALITIČKO KREKIRANJE

Područje	Srednji destilat	Benzin	Laki olefini
<b>Sastav katalizatora</b>			
zeolit	1	2	3
udio zeolita, mas. %	15	30	40
udio RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , mas. %	1-2	0,5-1,5	0
<b>Prinosi produkata</b>			
H <sub>2</sub> S, mas. %	0,7	1,0	1,0
C <sub>2</sub> , mas. %	2,6	3,2	4,7
C <sub>3</sub> , vol. %	6,9	10,7	16,1
C <sub>4</sub> , vol. %	9,8	15,4	20,5
C <sub>5+</sub> , benzin, vol. %	43,4	60,0	55,2
LCU, vol. %	37,5	13,9	10,1
TCU, vol. %	7,6	9,2	7,0
koks, mas. %	4,9	5,0	6,4

# KATALITIČKO KREKIRANJE

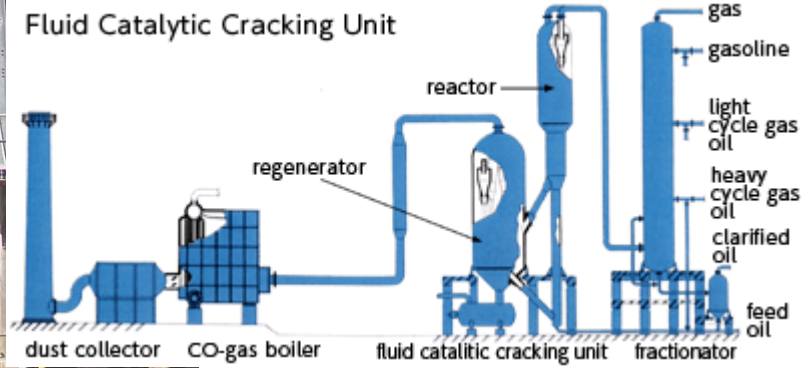
Područje	Srednji destilat	Benzin	Laki olefini
<b>Sastav produkata</b>			
C <sub>3</sub> -nezasićeni / C <sub>3</sub> -zasićeni, vol. %	3,4	3,2	3,6
C <sub>4</sub> -nezasićeni / C <sub>4</sub> -zasićeni vol. %	1,6	1,8	2,1
<b>benzin</b>			
90 % predestiliranog volumena, °C	193	193	193
IOB	90,5	93,2	94,8
MOB	78,8	80,4	82,1
<b>lako cikličko ulje</b>			
90 % predestiliranog volumena, °C	350	316	316
viskoznost (50 °C), cSt	3,7	3,1	3,2
sumpor, mas. %	2,9	3,4	3,7
cetanski indeks	34,3	24,3	20,6



# Fluid Catalytic Cracker (FCC) Unit - 11,000 BPD



Fluid Catalytic Cracking Unit





## Carbon Monoxide Incinerator

### **Carbon Monoxide Boiler / Incinerators**

#### **Carbon Monoxide Boilers**

Carbon Monoxide Boilers are thermal oxidizers that are used to oxidize carbon monoxide (CO)-rich waste gases that are typically generated by Fluidized Catalytic Cracking (FCC) and Residual Cracking (RCC) units in petroleum refineries. They are traditionally referred to as “CO Boilers” due to the large quantity of steam that is generated by an integral waste heat recovery system.

#### **Typical Performance:**

Residence Time = 1.0 seconds

Operating Temperature = 1010°C

Waste Destruction Efficiency (DRE) >99.9999%

#### **Typical Applications:**

Petroleum Refineries: Fluidized Catalytic Cracking Units (FCCU)

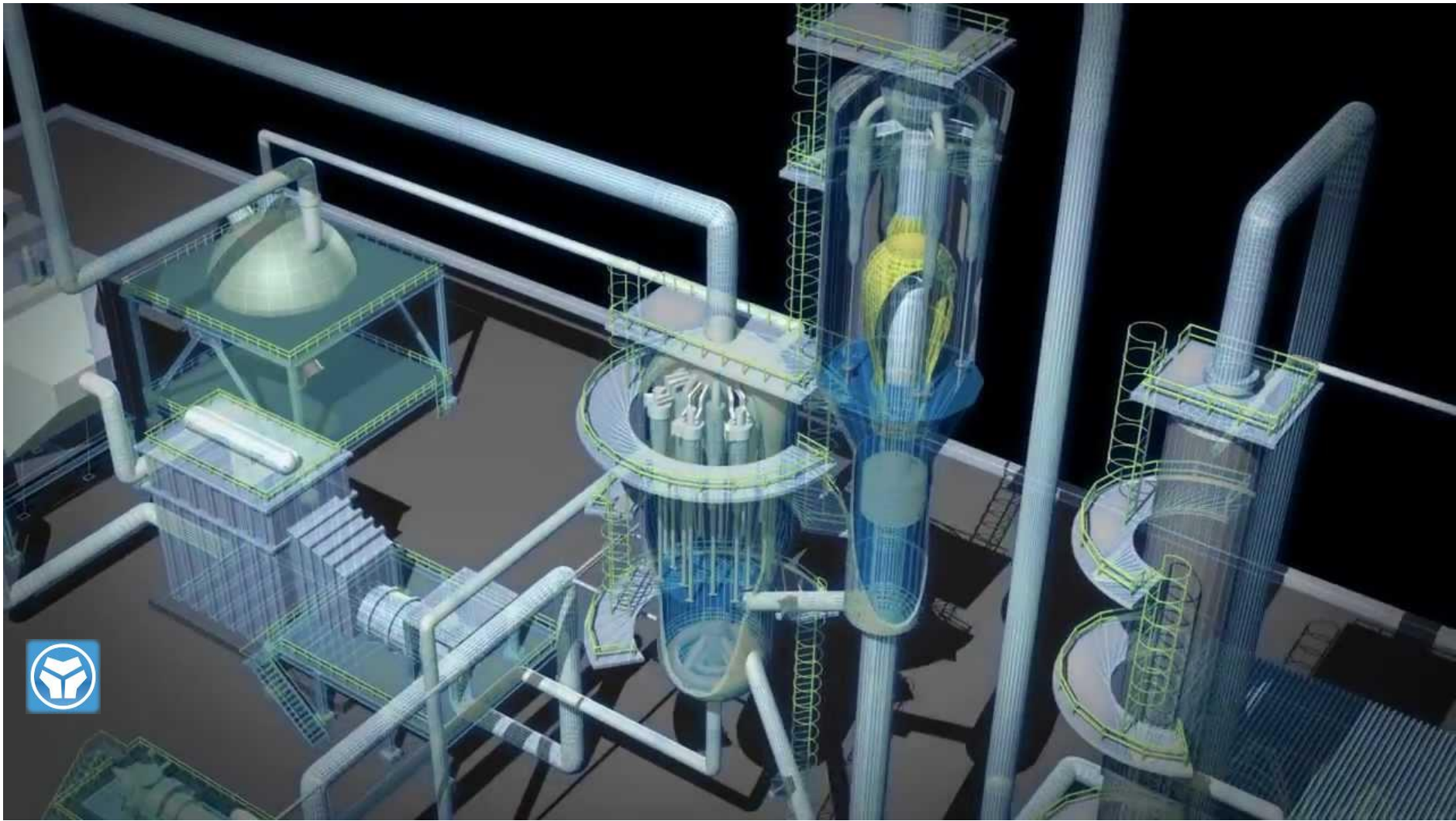
#### **Design Features:**

Custom engineered thermal oxidizer design guarantees optimal emissions performance

Proven internal waste gas injection system ensures flame stability and proper ignition of carbon monoxide waste stream

System-based approach provides dependable process control and reliability for the complete incineration and waste heat boiler package

Refractory system design provides protection against catalyst particulate abrasion and high operating temperature



<https://www.youtube.com/watch?v=u1tKTd3meUY>

**Fluid Catalytic Cracking Unit**

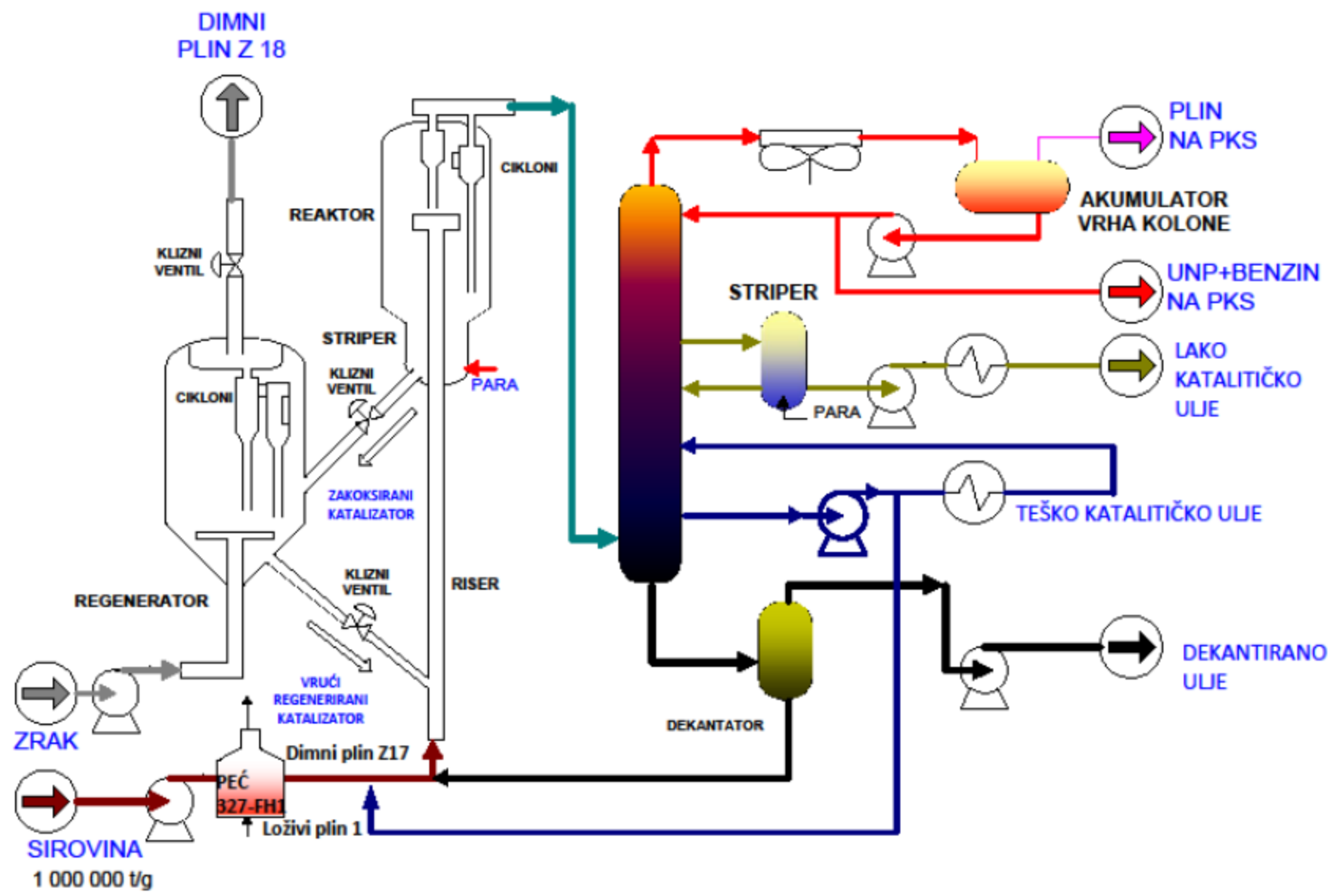
[PraxisTechnical](#)

## Opis tehnoloških procesa u RN Rijeka

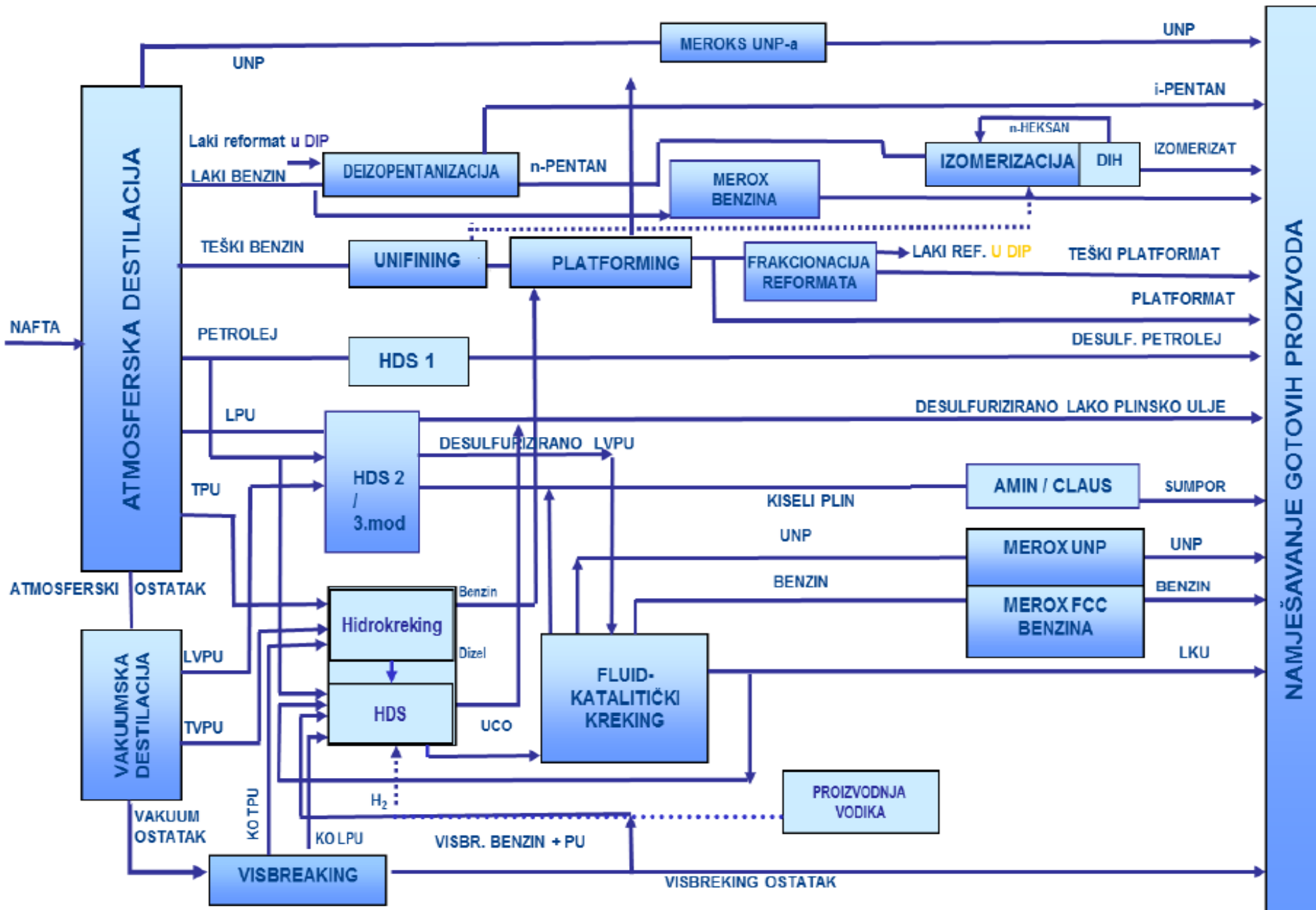
### Fluid katalitički kreking (FCC)

- Postrojenje FCC namijenjeno je za krekiranje plinskih ulja u lakše i vrednije produkte (benzin, UNP) uz pomoć katalizatora na relativno visokim temperaturama.
- CO boiler je kotao za proizvodnju pare koji koristi izmjenu topline sa vrućim plinovima iz FCC regeneratora, a kao dodatno loženje može koristiti i loživi plin.
- Postrojenje koncentracije plina namijenjeno je da smjesu ugljikovodika (loživi plin, tekući plin i benzin) sa FCC-a razdjeli unutar njihovih specifikacija na loživi plin, UNP i benzin.

# FLUID KATALITIČKI KREKING (FCC)



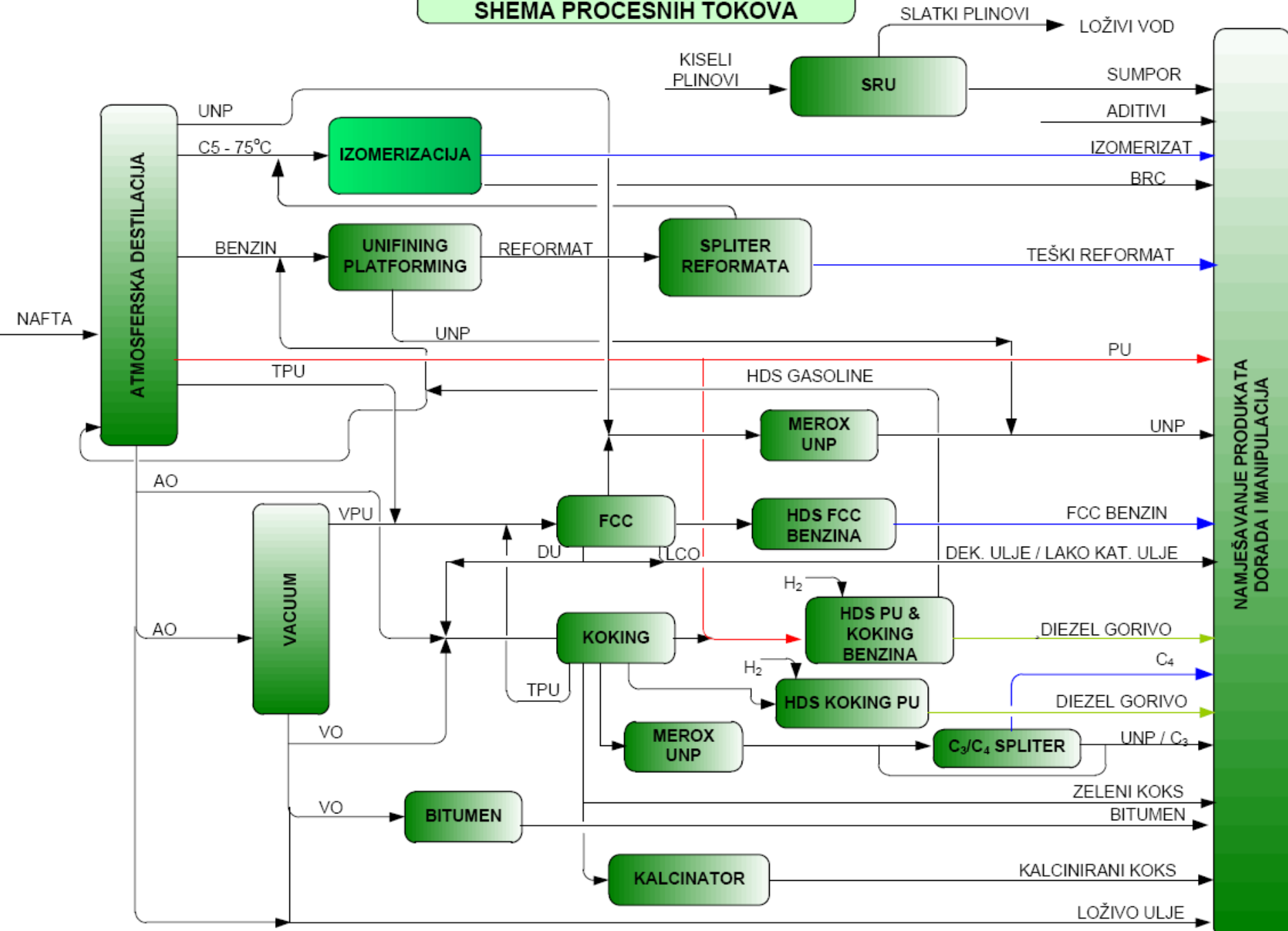
# RNR - Shema procesnih tokova



## Opis tehnoloških procesa u RN Sisak

**FCC (Fluid katalitički kreking)** - postrojenje namijenjeno je za krekiranje teških uljnih šarži (teška plinska ulja) u lakše i vrednije proizvode (benzin, UNP) uz pomoć katalizatora na relativno visokim temperaturama.

# RNS 2011. GODINA HEMA PROCESNIH TOKOVA



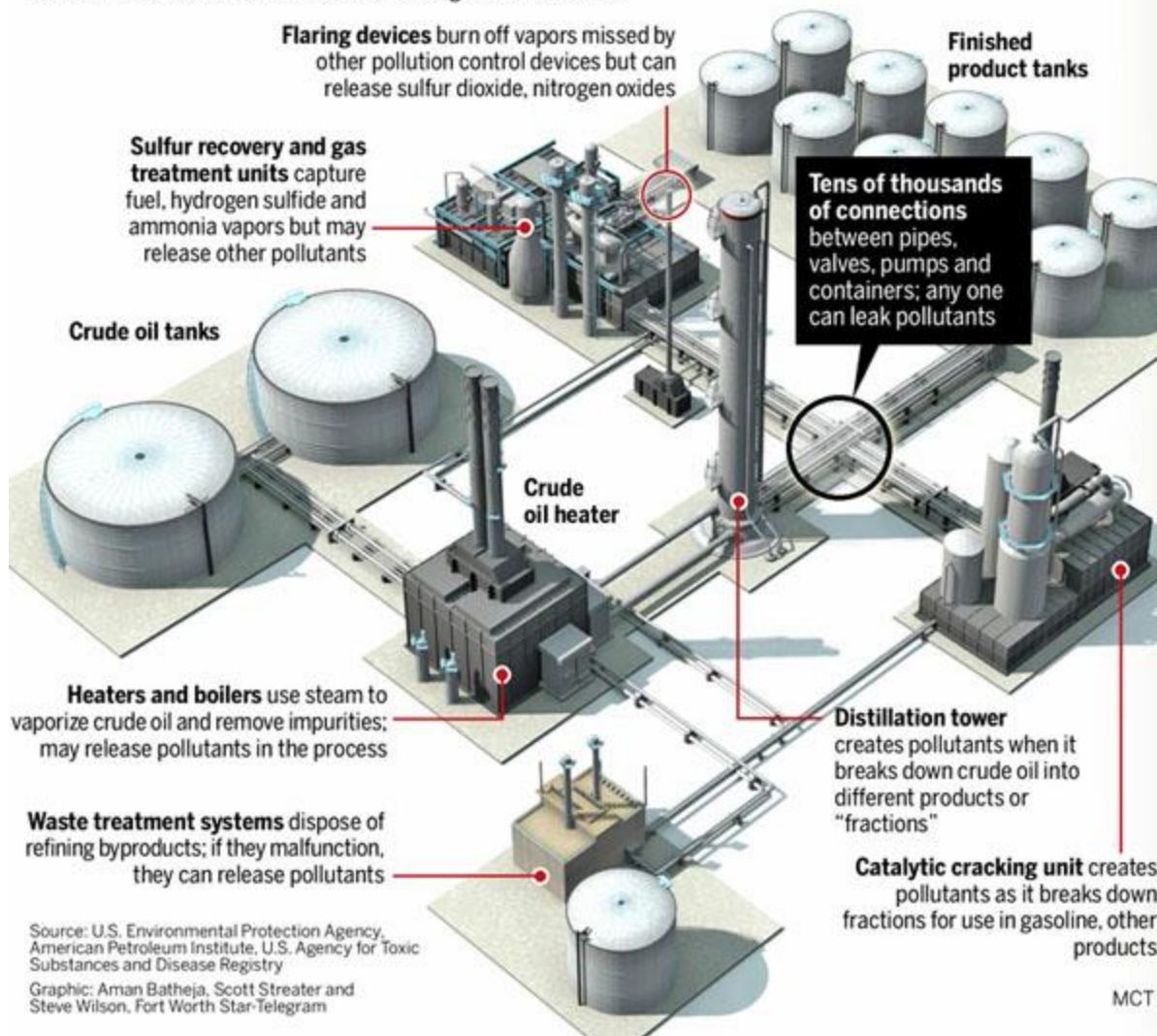






# How an oil refinery can pollute the air

This simplified diagram of an oil refinery shows some of the parts that can release hazardous chemicals and gases into the air:



## Refinery air pollutants

### Ammonia gas

Irritates tissues; low level can irritate eyes, nasal passages; high level can kill

### Benzene

Carcinogen, may harm fetuses; can cause dizziness, sleepiness, convulsions, rapid pulse, coma or death

### Hydrogen sulfide

"Rotten egg" gas; inhaling even a small amount can kill

### Nitrogen oxides

Source of ground-level ozone, which can trigger asthma attacks, aggravate bronchitis, emphysema, other chronic respiratory diseases

### Volatile organic compounds

Another source of ozone; linked to cancer, lung and immune system damage

### Sulfur dioxide

Tiny particles linked to numerous respiratory problems; with water vapor, creates acid rain

### Microscopic particles

Lodge deep inside lungs, can cause asthma, heart attack, premature death

### Carbon monoxide

Gas from smokestacks, vehicle tailpipes; high amounts deprive brain of oxygen, can cause brain damage and death

MCT

Source: U.S. Environmental Protection Agency, American Petroleum Institute, U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry

Graphic: Aman Batheja, Scott Streater and Steve Wilson, Fort Worth Star-Telegram