

CONDIZIONI DI EQUILIBRIO:

$$\begin{cases} \downarrow_{-}^L (T_{PUSH}, P_{PUSH}, X) = \downarrow_{-}^V (T_{PUSH}, P_{PUSH}, X) \\ \sum X_i = 1 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{SCHEMA TDN}} \begin{cases} P_{-}^O (T_{PUSH}) \cdot X_i = P_{PUSH} \cdot Z_i \\ \sum X_i = 1 \end{cases} \longrightarrow \sum \frac{P_{PUSH}}{P_{-}^O (T_{PUSH})} \cdot Z_i = 1$$

→ RILAVO  $T_{PUSH}$

OPPURE:

$$\begin{cases} \downarrow_{-}^L (T_{PUSH}, P_{PUSH}, X) = \downarrow_{-}^V (T_{PUSH}, P_{PUSH}, X) \\ \sum X_i = 1 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{SCHEMA TDN}} \begin{cases} P_{-}^O (T_{PUSH}) \cdot X_i = P_{PUSH} \cdot Z_i \\ \sum X_i = 1 \end{cases}$$

$$\longrightarrow P_{PUSH} = \frac{1}{\sum \frac{Z_i}{P_{-}^O (T_{PUSH})}}$$

→ RILAVO  $P_{PUSH}$

PBL MLC:

$$x_i = \frac{z_i}{1 + \alpha (k_i - 1)}, \quad y_i = \frac{k_i z_i}{1 + \alpha (k_i - 1)}$$

PBL MCI:

$$z_i = (1 - \alpha) x_i + \alpha y_i$$

$$= (1 - \alpha) x_i + \alpha \frac{1 + \alpha (T_{i,0}, x)}{p} x_i$$

$\downarrow$   
 $k_i^{MCI}$

$$x_i = \frac{z_i}{1 + \alpha (k_i^{MCI} - 1)}, \quad y_i = \frac{k_i^{MCI} z_i}{1 + \alpha (k_i^{MCI} - 1)}$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^{MCI} \frac{z_i (k_i - 1)}{1 + \alpha (k_i - 1)} + \sum_{i=MCI+1}^{MCI} \frac{z_i (k_i^{MCI} - 1)}{1 + \alpha (k_i^{MCI} - 1)} = 0$$

→ RACHFOND - RICE

**EXCEL ESERCIZIO SUL FLASH :**

CONDIZIONI DI BUBBLA :

$z_i$	$P_i^o (T_{BUBB})$	$Y_i$
-------	--------------------	-------

CONDIZIONI DI BULBADA :

$z_i$	$P_i^o (T_{BULB})$	$X_i$
-------	--------------------	-------

FLASH :

$z_i$	$P_i^o (T_{FLASH})$	$K_i$	$X_i$	$Y_i$	$Y_i - X_i$
-------	---------------------	-------	-------	-------	-------------

2

BILANCIO ENERGETICO :

$h_{iL} (T_F)$	$H_i (T_F)$	$h_{iL}^v (T_{FLASH})$	$H_i^v (T_{FLASH})$	$h_{iL}^v (T_{FUND})$	$H_i^v (T_{FLASH})$
----------------	-------------	------------------------	---------------------	-----------------------	---------------------

## EXCELL EMBRIGLIO SU REATTORE

SPECIE	$\dot{m}_1$	NU	DELTA	$\dot{m}_2$	$X_2$
--------	-------------	----	-------	-------------	-------

LAMBDA

ASSUNZIONI CONSIGLIATE:

$$\frac{h_2}{h_1} - T = 0$$

$$h_m(K_{L1}) - h_m(K_{L2}) = 0$$

$h_1(T_1)$	$h_2(T_2)$	$h_1(T_1)$	$h_2(T_2)$
------------	------------	------------	------------

$$\ln (P_i(T)) = R \left( a_i + b_i \cdot T + c_i \cdot \frac{1}{T^2} \right)$$

$$\int_{T_{REF}}^T (P_i(T)) dT = R \left[ a_i (T - T_{REF}) + \frac{b_i}{2} (T^2 - T_{REF}^2) - c_i \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{REF}} \right) \right]$$

$$\left( \frac{1}{T^2} = T^{-2} \xrightarrow{\text{INTEGRALE}} \frac{T^{(-2+1)}}{(-2+1)} = \frac{T^{-1}}{-1} = -\frac{1}{T} \right)$$

### A) EQUILIBRIO TERMODINAMICO:

$$\prod (a_i^{v_i}) = \text{EXP} \left( - \frac{\Delta G^{\circ}_R(T_2)}{R \cdot T_2} \right), \quad m = \frac{P_{ATM}}{P_{REF}}$$

$\underbrace{\quad}_{K_{ATM}} \quad \underbrace{\quad}_{K_{REF}}$   
 $\rightarrow a_i = P \cdot X_i \quad \rightarrow \text{CON } P \text{ IN [ATM]}$

### B) LANCIO ENTALPICO:

$$\dot{H}^*(T_1) = \dot{H}^*(T_2) \rightarrow \sum \dot{m}_i \left( \Delta H_{f,i}^{\circ}(298 \text{ K}) + \int_{298 \text{ K}}^{T_1} (C_{p,i} dT) \right) =$$

$$\sum \dot{m}_i \left( \Delta H_{f,i}^{\circ}(298 \text{ K}) + \int_{298 \text{ K}}^{T_2} (C_{p,i} dT) \right)$$

### REAZIONI:

- COMBUSTIONE:  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- SR:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$
- WGS:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

### COMBUSTIONE METANO:

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{\dot{M}_{\text{O}_2, \text{CH}_4} - \dot{M}_{\text{O}_2, \text{CH}_4}}{\dot{M}_{\text{O}_2, \text{CH}_4}}$$

**BILANCIO ENTALPICO:**

$$\dot{H}_F(T_F) - \dot{H}_V(T_{F,SH}) - \dot{H}_L(T_{F,SH}) + \dot{Q} = 0$$

2° NECESSARIO STABILIRE LA FASE DELLA CORRENTE F:

• CALCOLO  $T_{BOLL}$  e  $T_{COND}$  A  $P_{REF}$ ,

SE  $T_F < T_{BOLL} \rightarrow F$  è LIQ. SOTTOREFRIGERATO

SE  $T_F > T_{COND} \rightarrow F$  è VAP. SURR.

SE  $T_{BOLL} < T_F < T_{COND} \rightarrow F$  è IN CONDIZIONE DI EQ. L-V

• CALCOLO  $P_{BOLL}$  e  $P_{COND}$  A  $T_F$ ,

SE  $P_F > P_{BOLL} \rightarrow F$  è LIQ. SOTTOREFR.

SE  $P_F < P_{COND} \rightarrow F$  è VAP. SURR.

SE  $P_{COND} < P_F < P_{BOLL} \rightarrow F$  è IN EQ. L-V.

• CALCOLO IL RIFORMAMENTO:

FASE  $\rightarrow$  STESSA FASE DI F

TEMP  $\rightarrow T_F$

$h_L$ : FASE  $\rightarrow L$ , TEMP  $\rightarrow T_F$

$$\dot{H}_F(T_F) = \sum F \cdot Z_i \cdot h_i^L(T_F)$$

$$\dot{H}_K(T_{F,SH}) = \sum L \cdot X_i \cdot h_i^L(T_{F,SH})$$

$$\dot{H}_V(T_{F,SH}) = \sum V \cdot Y_i \cdot h_i^V(T_{F,SH})$$

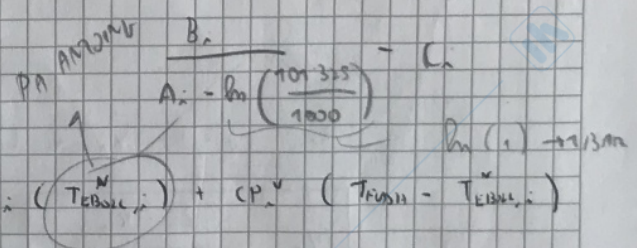
- HP:
- MIX. ID
  - $CP \approx \text{cost}$
  - EFFETTO POUH PIU' COME SURR. ENTALPIA TRANSDABILE

$$h_i^L(T) = h_{i,ref}^L + \int_{T_{ref}}^T CP_i^L dT = \underbrace{h_i^L(T_F)}_{h_0} + \int_{T_F}^T CP_i^L dT$$

$$h_i^L(T_F) = (CP_i^L) (T_F - T_F) = 0$$

$$h_i^L(T_{F,SH}) = CP_i^L (T_{F,SH} - T_F)$$

$$h_i^V = CP_i^L (T_{F,SH}^V - T_F) + \Delta H_{VAP,i}(T_{BOLL,i}^V) + CP_i^V (T_{F,SH} - T_{BOLL,i}^V)$$



$$\rightarrow \sum Z_i \cdot h_i^L(T_F) = \sum \frac{L}{F} X_i \cdot h_i^L(T_{F,SH}) + \sum \frac{V}{F} Y_i \cdot h_i^V(T_{F,SH})$$

$$\rightarrow \sum Z_i \cdot h_i^L(T_F) = \sum (1-\alpha) X_i \cdot h_i^L(T_{F,SH}) + \sum \alpha Y_i \cdot h_i^V(T_{F,SH})$$

## CONDIZIONI DI Bolla e di rugiada

ALL' EQUILIBRIO DEL FLASH DEVONO ESSERE FASE LIQUIDA e FASE VAPORE, (CUM) DEV' COMPLETARE CBE:

$$\begin{aligned} & \bullet T_{Bolla} < T_{FLASH} < T_{Rugiada} & A & P_{FLASH} & \left. \begin{array}{l} \text{MOLTA VALUTA 1} \\ \text{DOLLE 2} \end{array} \right\} \\ & \bullet P_{Rugiada} < P_{FLASH} < P_{Bolla} & A & T_{FLASH} & \end{aligned}$$

## CONDIZIONI DI Bolla:

$$\begin{cases} f_i^L(T_{Bolla}, P_{FLASH}, x_i) = f_i^V(T_{Bolla}, P_{FLASH}, y_i) \\ \sum y_i = 1 \end{cases}$$

- SIEMA 70N:
- MIX GASOSA e LIQUIDA IDEALE
  - COMPILAMENTO VOLUMETRICO DI GAS PERFETTO X I VAPORI
  - CONDIZIONE DI POYNTEG TRASCURBILI

$$\begin{cases} P_i^0(T_{Bolla}) \cdot z_i = P_{FLASH} \cdot y_i \\ \sum y_i = 1 \end{cases} \rightarrow \sum \frac{P_i^0(T_{Bolla})}{P_{FLASH}} z_i = 1$$

→ RICAVO  $T_{Bolla}$

OPPURE:

$$\begin{cases} f_i^L(T_{FLASH}, P_{Bolla}, x_i) = f_i^V(T_{FLASH}, P_{Bolla}, y_i) \\ \sum y_i = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_i^0(T_{FLASH}) \cdot z_i = P_{Bolla} \cdot y_i \\ \sum y_i = 1 \end{cases} \rightarrow P_{Bolla} = \sum P_i^0(T_{FLASH}) \cdot z_i$$

→ RICAVO  $P_{Bolla}$

**INCONDENSABILI:**

• CASO IN CUI  $\tilde{A}$  SIA ASSAIBILI IN FASE LIQUIDA:

VERIFICO SOLO CHE  $T_{FINI} < T_{INIZIA}$ ,  $T_{FINI}$  MA AN SENSO  
 COMPARARLI POICHE' E' SEMPRE L'INCONDENSABILE.

BMC  
 DM<sub>i</sub>  
 EQ DM L-V  
 COMB STRUTTO  
 INCONDENSABILI

$$\left\{ \begin{array}{l} F = L + V \\ F \cdot z_i = L \cdot x_i + V \cdot y_i \\ P^L(T, P, X) = P^V(T, P, Y) \\ \sum (y_i - x_i) = 0 \\ x_i = 0 \quad \text{PER MCI} \end{array} \right.$$

PER MCC:

$$x_i = \frac{z_i}{1 + \alpha(k_i - 1)} \quad , \quad y_i = \frac{k_i \cdot z_i}{1 + \alpha(k_i - 1)}$$

PER MCI:

$$x_i = 0 \quad , \quad z_i = (1 + \alpha) x_i + \alpha y_i$$

$$\rightarrow y_i = \frac{z_i}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^{MCC} z_i \frac{(k_i - 1)}{1 + \alpha(k_i - 1)} + \sum_{i=MCC+1}^{MCI} \frac{z_i}{\alpha} = 0 \quad \rightarrow \text{RACHFORD - RICE}$$

• CASO IN CUI LA SOLUBILITA' DI  $\tilde{A}$  SIA DETERMINATA DALLA LEGGE DI HENRY:

COMP. DI RICHIEDA:

PER MCC:  $P \cdot z_i = P_i^0(T_{ANNO}) \cdot x_i \rightarrow x_i = \frac{P}{P_i^0(T_{ANNO})} z_i$

PER MCI:  $P \cdot z_i = H_i(T_{ANNO}, X) \cdot x_i$

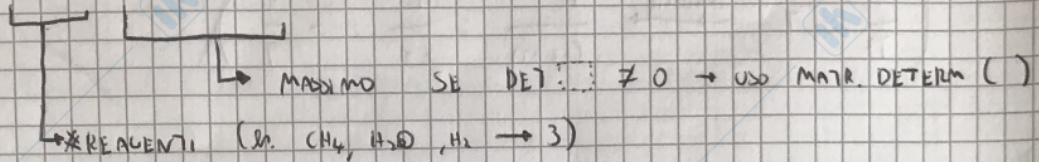
DOVE:  $\ln(H_i(T_{ANNO}, X)) = \sum_{j=1}^M x_j \cdot \ln(H_{i,j}(T_{ANNO}))$

$$H_{i,j}(T_{ANNO}) = H_{i,j}^0(298K) \cdot \exp\left(\frac{\Delta H_{i,j}}{R} \cdot \left(-\frac{1}{T} + \frac{1}{298}\right)\right)$$

# ESERCIZI FONDAMENTALI DI PROC. CHIMICI

## DETERMINAZIONE DELLE REAZIONI CHIMICHE BASE:

$$NS = NC - \text{RANK}(A)$$



CONVERSIONE  $\frac{kmol}{D}$  e  $\frac{Nm^3}{D}$ :

$$\dot{m} \left[ \frac{Nm^3}{D} \right] = \dot{m} \left[ \frac{kmol}{D} \right] \cdot 22,413 \left[ \frac{Nm^3}{kmol} \right]$$

## POTENZA DI H<sub>2</sub>O EMISSA CON ARIA UMIDA:

$$U.A.: \frac{P \cdot X_{H_2O}}{P^0(25^\circ C)} [-] \rightarrow X_{H_2O} \quad P^0 = P \cdot [P_u]$$

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{\dot{m}_{ARIA UMIDA} \cdot X_{H_2O}}{1 - X_{H_2O}}$$

ARIA: 79% N<sub>2</sub> + 21% O<sub>2</sub>

SELETTIVITA': es.: rapporto CO con selettività 10% rispetto alle mol di CARBONIO CONVERTITE:

$$\sigma_c^{CO} = 0,1 = \frac{\text{mol CO PRODOTTE}}{\text{mol C CONVERTITE}}$$

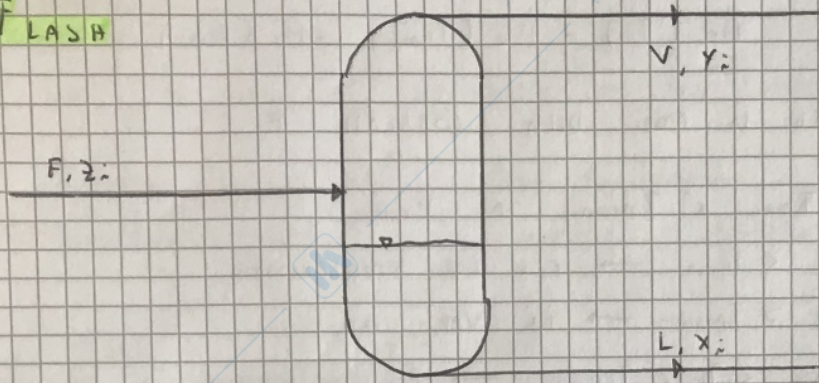
↳ SELETTIVITA' DEL CARBONIO RISPETTO A C

## BILANCIO ENALPICO:

$$\dot{H}_{in} - \dot{H}_{out} + \dot{Q} = 0 \rightarrow \text{SE ADIABATICO } \dot{Q} = 0$$

$$\dot{H}_{in} - \dot{H}_{out} = \sum \dot{m}_i \int_{T_{ref}}^{T_1} C_{P,i}(T) dT - \sum \dot{m}_j \int_{T_{ref}}^{T_2} C_{P,j}(T) dT + \sum \lambda_i \Delta H_{f,i} + \sum V_i \lambda_i \int_{T_{ref}}^{T_2} C_{P,i}(T) dT$$

**FLASH**



- BILANCIO MATERIALE GLOBALE
- BILANCIO MAT. SIMBOLI SPECIE
- EQUILIBRIO TON LIQ-VAP
- STABILITÀ MATERICA

$$\begin{cases}
 ① & F = L + V \\
 ② & F \cdot z_i = L \cdot x_i + V \cdot y_i \\
 ③ & f_i^L(T, P, x) = f_i^V(T, P, y) \\
 ④ & \sum (y_i - x_i) = 0
 \end{cases}$$

INTRODUZIONE  $\alpha = \frac{V}{F}$  → GRADO DI VAPORIZZAZIONE ( $0 \leq \alpha < 1$ )

① :  $1 = \frac{L}{F} + \frac{V}{F} = \frac{L}{F} + \alpha \rightarrow \frac{L}{F} = 1 - \alpha$

② :  $z_i = \frac{V}{F} y_i + \frac{L}{F} x_i \rightarrow z_i = \alpha y_i + (1 - \alpha) x_i$

③ :  $\frac{x_i}{P_{tot}} = \frac{y_i}{P_{tot}} \rightarrow y_i = \frac{P_i^*(T_{tot})}{P_{tot}} x_i$

$y_i = K_i \cdot x_i$   
 ↳ COSTANTI DI RIPARTIZIONE ( $K_i = K_i(P_{tot}, T_{tot})$ )

② :  $z_i = \alpha \cdot K_i \cdot x_i + (1 - \alpha) x_i \rightarrow x_i = \frac{z_i}{1 + \alpha(K_i - 1)}$

③ :  $y_i = \frac{z_i \cdot K_i}{1 + \alpha(K_i - 1)}$

④ :  $\sum (y_i - x_i) = 0 \rightarrow \sum z_i \left( \frac{K_i - 1}{1 + \alpha(K_i - 1)} \right) = 0 \rightarrow$  RACHFORD - RICE  $f(\alpha)$