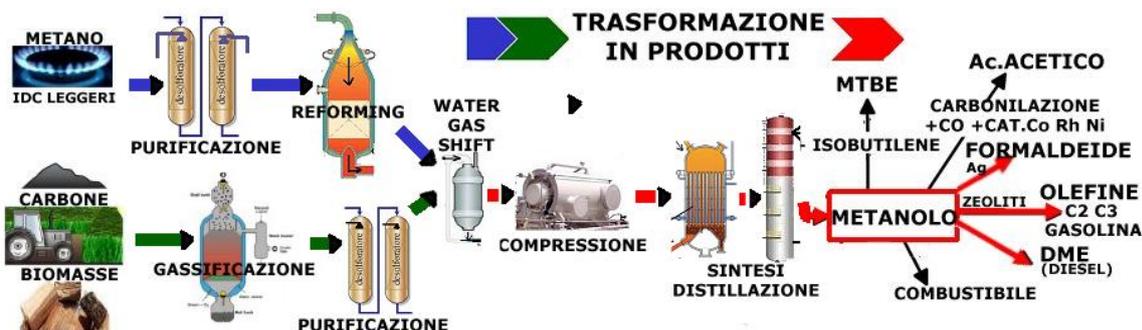


# industria del METANOLO – CH<sub>3</sub>OH -

Versione#B2 – Prof.A.Tonini – [www.andytonini.com](http://www.andytonini.com)

**INDICE:** [PRODUZ.GAS DI SINTESI](#) – [REAZ.SINTESI](#) – [REATTORI](#) – [PRODUZ.DA BIOMASSE](#) – [APPENDICI](#) – [UTILIZZAZIONI](#) -

Si produce dal **gas di sintesi** (CO + H<sub>2</sub>) ottenuto principalmente da reforming o ossidazione del **metano** (vedi ind. ammoniaca), o da **syngas** prodotto da gassificazione di carbone, o delle **biomasse**.



**USI:** Il metanolo è un intermedio per la produzione di resine fenoliche (da formaldeide), melamminiche ed anticongelanti, produzione di esteri (ftalato-tereftalato di metile) metil solfato/cloruro/bromuro, come solvente e disinfettante, nella produzione di MTBE, DME (per disidratazione su  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Ac.Acetico, Olefine leggere (processo MTO cat.zeoliti, elevate produzioni, competitive con steam cracking); uso diretto come combustibile, produzione di benzine (proc.MTG cat.zeoliti ZSM5).

**PRECAUZIONI:** tossico (TLV 260 mg/m<sup>3</sup>);

## A – PRODUZIONE GAS DI SINTESI da GAS NATURALE:

### 1 – DESOLFORAZIONE - DEPURAZIONE DEL GAS

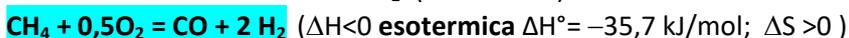
ASSORBIMENTO GAS\_LIQ: la corrente di gas naturale da desolforare è inviata in un reattore, riempito di elementi inerti, in controcorrente a una soluzione acquosa di MEA (monoetanolamina), DEA (dietanolamina), MDEA (metil dietanolamina), a carattere basico, e anche metanolo (Proc.Rectisol), che reagiscono con prodotti solforosi molto velocemente. Gli elementi inerti presenti nel reattore servono ad aumentare la superficie di contatto tra le due correnti. Il gas esce desolforato, mentre in acqua restano discolti i composti solfurei. La corrente di acqua e prodotti di reazione così ottenuti vengono quindi inviati in un secondo reattore, dove a differenti condizioni di pressione e temperatura la reazione tra MEA (o DEA) e prodotti solforosi diventa reversibile. Da questo reattore si riesce dunque a rigenerare i reagenti necessari per la desolforazione, e ottenere in uscita una corrente di prodotti solforosi da recuperare (vedi uso forni Claus – ind. petrolifera).

### 2 – PRODUZIONE DEL GAS DI SINTESI → SYNGAS -

carica: gas naturale (metano) e idrocarburi leggeri –

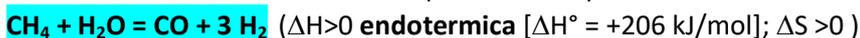
**PROCESSI:**

#### 2A. - OSSIDAZIONE PARZIALE CATALITICA CON O<sub>2</sub> (esotermica)



La reazione viene condotta a temperature circa di 900 C°, con uso di ossigeno (per evitare presenza N<sub>2</sub> inerte) su catalizzatori a base di nichel (supportato su MgO), ed è necessaria una buona miscelazione dei reagenti e una preventiva saturazione con acqua dei gas reagenti, per limitare e/o inibire la formazione di nero fumo. Terminata la reazione si raffreddano i gas velocemente per evitare cambiamenti nell'equilibrio, con recupero di energia. Si opera a 30-40 atmosfere per ridurre i volumi delle apparecchiature.

#### 2B. - REFORMING CATALITICO CON VAPOR D'ACQUA (endotermico)



altre reazioni:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$ ;  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ;

la carica viene addizionata di vapore, e la reazione avviene su catalizzatori a base di Ni/allumina.

T= 700°–900 °C pressione P=10-30 bar; si aggiunge CO<sub>2</sub> per miglior risparmio di energia. Il vapore inibisce la formazione di depositi carboniosi e la formazione di nerofumo ( $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ). Processo a 1 stadio.

Processo a **2 stadi**: la conversione CH<sub>4</sub> viene limitata al 70%, e completata nel 2°reattore (post reformer) con O<sub>2</sub>/aria; spesso si opera con un **pre-reformer**, con indice finale M $\geq$ 2 [vedi oltre].

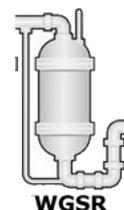
#### 2C. - REFORMING AUTOTERMICO **ATR**: quando le **due** reazioni principali sono combinate;

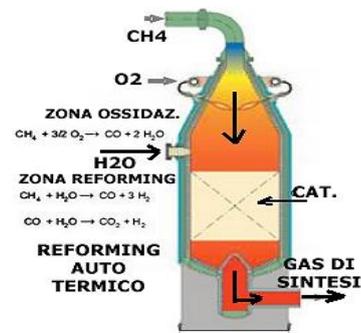
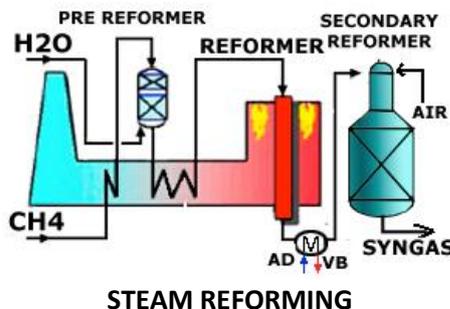
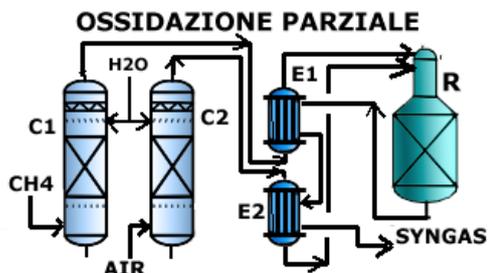
zona combustione:  $\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO} + 2 \text{H}_2$ ; zona catalisi:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3 \text{H}_2$ ;  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ;

uso di O<sub>2</sub> che produce gas più ricco in CO e carente in H<sub>2</sub>, con indice M=1.7-1.8 [vedi oltre]; necessita di ricircolo dello spurgo della sintesi del metanolo (previo eventuale arricchimento in H<sub>2</sub> con metodi a membrana/PSA) oppure di rimozione di CO<sub>2</sub>; adatto a impianti di sintesi metanolo di grandi dimensioni;

#### 2D. - REATTORE DI GAS SHIFT:

il rapporto tra CO e H<sub>2</sub>, indice M, può essere regolato con la reazione di **water gas shift**  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ , r.esotermica  $\Delta H^\circ = -41 \text{ kJ/mol}$ , e fornire la giusta stechiometria per la reazione di sintesi del metanolo. Si usa un opportuno reattore catalitico: catalizzatore ad alta temperatura (340°-510°C) a base di cromo/FeO; a bassa T(175°-340°C) a base di Cu/Zn; in R. economici si impiegano i 2 sistemi;





COMPOSIZIONE DEL SYNGAS GREZZO OTTENUTO DA REFORMING (%moli) [vedi anche più avanti]:

DA GAS NATURALE	CO 35% H2 61% CO2 2,6% CH4 0.3%
DA CARBONE	CO 47% H2 36% CO2 13% CH4 0.1%
DA BIOMASSE/+O <sub>2</sub>	CO 34% H2 32% CO2 27% CH4 5% N2 4%

2E – COMPRESIONE DEI GAS: da p=30 a 80/100bar; compressori: centrifughi a stadi – a turbina;

[INIZIO]

### 3 – SINTESI DEL METANOLO:

La produzione di gas di sintesi da **reforming** di metano (processo più usato) produce 3 moli di H<sub>2</sub> per ogni mole di CO, mentre la sintesi di metanolo consuma solo 2 moli di idrogeno per ogni mole di monossido di carbonio. Un modo di utilizzare l'eccesso di idrogeno è quello di iniettare CO<sub>2</sub> anidride carbonica all'interno del reattore di sintesi del metanolo, dove avviene anche la seguente reazione: CO<sub>2</sub> + 3 H<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O + CH<sub>3</sub>OH.

La richiesta di H<sub>2</sub>/CO stechiometrica è=2; indice importante nella formulazione del gas di sintesi è il modulo M delle concentrazioni:  $M = ([H_2]-[CO_2])/([CO]+[CO_2])$ ; per una buona conversione  $M \cong 2,02-2,04$  (con CO<sub>2</sub> al 3%vol) e pressioni di H<sub>2</sub> elevate, alto rapporto CO/CO<sub>2</sub>, vel.reazione elevata e quantità H<sub>2</sub>O molto bassa.

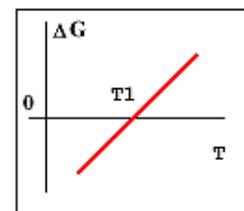
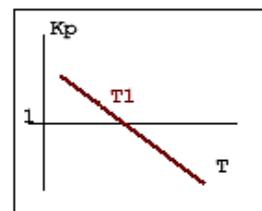
#### REAZIONI DELLA SINTESI:

reazione principale	(1) <b>CO + 2 H<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>OH</b>	esotermica, ΔH°= -90,7 kJ/mol a 298K 50bar [favorita da cat. Cu]
reazione secondaria	(2) <b>CO<sub>2</sub> + 3 H<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>OH + H<sub>2</sub>O</b>	esotermica, ΔH°= -49,6 kJ/mol a 298K 50bar; diminuisce il surplus di H <sub>2</sub> se il gas di sintesi è prodotto con reforming, e in presenza di CO <sub>2</sub> ;
reazione di equilibrio	(3) <b>CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> = CO + H<sub>2</sub>O</b>	endotermica, ΔH°= +41kJ/mol a 298K 50bar [water gas shift]
Reazione (2) somma di (1)+(3), r.indipendenti;		

#### Termodinamica:

reazioni [1] [2]: ΔH° < 0 **esotermiche**; ΔS° < 0 ordinanti;  
 Δn < 0 reazioni con diminuzione n°moli;  
 ΔG° = ΔH° - T ΔS° = 0 per T<sub>1</sub> = 135°C (408 K)  
 reazioni [1] [2] favorite da **basse temperature** e **alte pressioni**;

(a 225°C 75bar la conversione da CO a metanolo ≤60%);  
 $k_p[1] = p_{CH_3OH} / (p_{CO} \cdot p_{H_2}^2)$ ; la k<sub>p</sub> di equilibrio, funz.(T,p) ha un andamento favorevole (reazioni [1;2] spostate verso destra) per valori <T<sub>1</sub>=135°C, ma con cinetiche **sfavorevoli**;



#### Cinetica:

Uso di catalizzatore selettivo: **Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** [su inerte], più recente, oppure CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [TOPSØE];

Condizioni di reazione: T= 240°- 300°C; p= 50 - 100 bar

Reazioni **secondarie**: portano alla formazione di CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, C, etanolo, alcoli superiori, etere metilico:

CO + 3H<sub>2</sub> = CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O ; CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> = CO + H<sub>2</sub>O; 2CH<sub>3</sub>OH = CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O;

2CO + 4H<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH + H<sub>2</sub>O;....queste reazioni sono in parte inibite con l'uso di un catalizzatore selettivo.

#### Impiantistica:

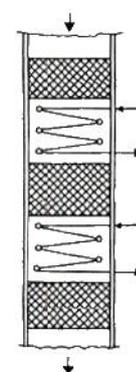
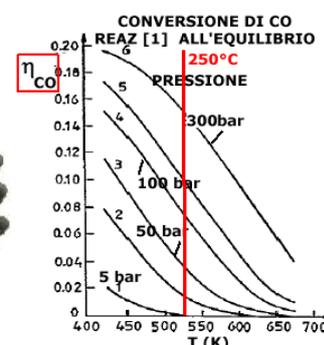
Il processo attuale lavora a **250°-270°C e 80-100 bar**, con reattori in acciaio altamente legato.

La sintesi è un processo esotermico di equilibrio; la reazione ha 2 fattori contrastanti: la **velocità** aumenta all'aumento di temperatura, ma la **resa** di equilibrio diminuisce (R.eso);

#### tipi di reattori:

-**adiabatici**: a **stadi** di catalisi con opportuni **raffreddamenti** intermedi esterni;

-**reattori isoterma**, più usati : p.es. il reattore a tubi dritti ad acqua bollente (Boiling Water Reactor, BWR); con recupero di energia come vapore. Di seguito sono presentati i tipi più comuni di **reattori**.



I **problemi economici/impiantistici** da risolvere, con tipi di impianti diversi, riguardano i seguenti punti:

- costi di installazione e gestione;
- richiesta e costo del metanolo;
- produzioni con rese le più elevate possibili, con rimozione di calore efficiente e economico;
- problemi di sicurezza e materiali per le alte pressioni;
- costi di funzionamento in pressione, anche se con apparecchiature più ridotte;

**5-SEPARAZIONE DEI PRODOTTI:**

dopo la sintesi si ha recupero di energia e condensazione dei gas; segue quindi la separazione ad alta e bassa pressione, da cui si ottiene il metanolo grezzo; data la conversione non elevata, si ha **ricircolo** di gas non reagiti, previo spurgo di gas inerti (CH<sub>4</sub> N<sub>2</sub> Ar) che abbassano la resa e favoriscono prodotti indesiderati. Lo spurgo è usato come fuel (combustibile).

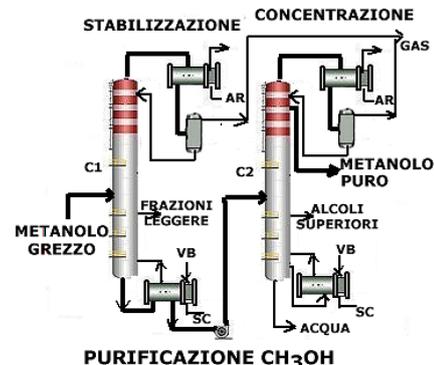


**6- DISTILLAZIONE DEL METANOLO GREZZO**

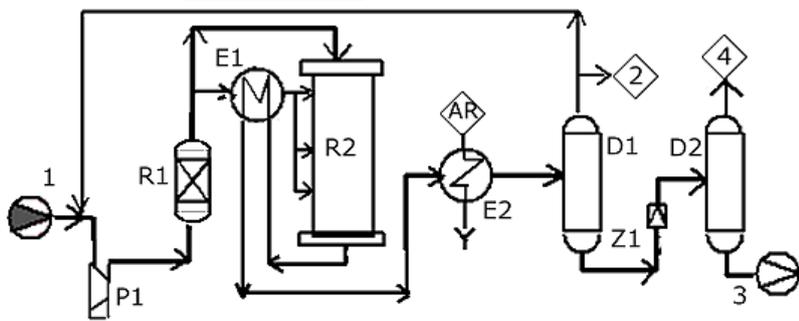
La sezione di distillazione del metanolo provvede alla rimozione dell'acqua e dei sottoprodotti, alcoli superiori,.... ; [il metanolo uscente è a circa 11% moli]; si opera con un impianto a 1-3 colonne, a seconda del grado di purezza e dell'uso del metanolo richiesto [fuel, solvente, materia prima per chemicals, grado AA -più puro-];

**IMPIANTO A 2 COLONNE:**

- (1) colonna di stabilizzazione a p≈2-3 bar: rimozione dei gas disciolti e sottoprodotti leggeri, eteri chetoni aldeidi...;
- (2) colonna di concentrazione: separazione del metanolo dall'acqua, da alcoli superiori e etanolo, spurgo e ricircolo gas;



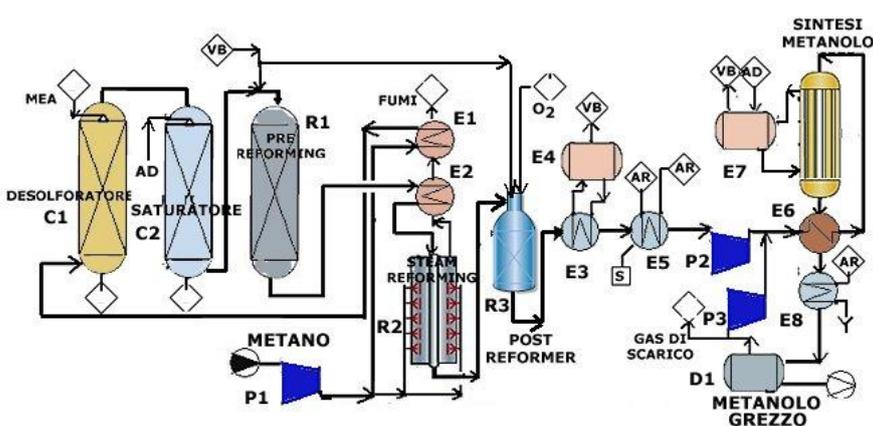
**SCHEMA DI DISEGNO SEMPLIFICATO DEL PROCESSO LURGI DI PRODUZIONE DI METANOLO DA GAS DI SINTESI PURO**



by A.Tonini

- 1 GAS DI SINTESI
- 2 SPURGO per abbassare % inerti
- 3 METANOLO GREZZO
- 4 SCARICO GAS residui
- P1 COMPRESSORE
- R1 PREREAUTORE
- R2 REATTORE CATALITICO A QUENCH
- E1 SCAMBIATORE recuperatore
- E2 CONDENSATORE
- D1 SEPARATORE ALTA PRSSIONE
- Z1 ABBASSAMENTO DI PRESSIONE
- D2 SEPARATORE BASSA PRESSIONE

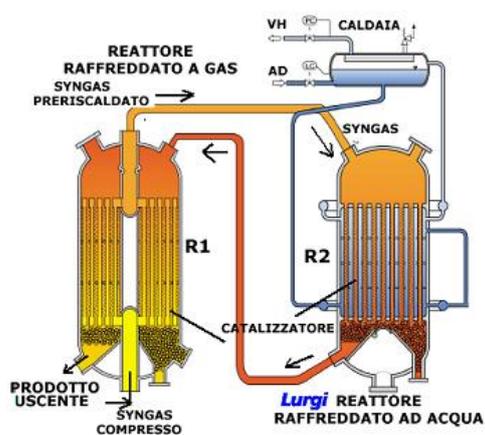
**SCHEMA DI PROCESSO REFORMING a doppio stadio e SINTESI A METANOLO [tipo Lurgi b.p.]**



- CARATTERISTICHE:
- depurazione saturazione prereforming;
  - steam reforming di metano
  - 1°STADIO con H<sub>2</sub>Ovap., T≈800°C, p≈15 bar, conversione parziale di CH<sub>4</sub>;
  - 2°STADIO CON O<sub>2</sub>; →syngas CO e H<sub>2</sub> con regolazione possibile del modulo M (=2.03);
  - sintesi del metanolo: reattore isotermo; si lavora a temperature inferiori (T=250 – 260°C) e pressioni ridotte, p=50-60 bar, processo a **bassa pressione**.
  - catalizzatore: composto da Cu /ZnO con la presenza di allumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>);

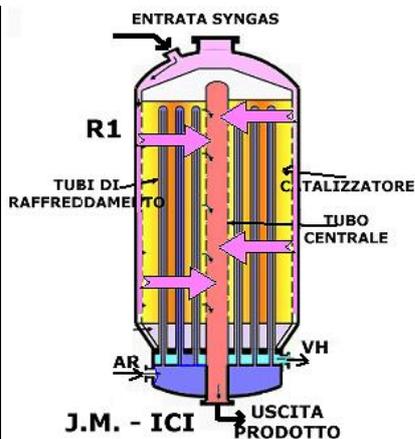
-**spurgo**: per abbassare la concentrazione di inerti, CH<sub>4</sub> Ar N<sub>2</sub>, che riducendo le pressioni parziali dei reagenti abbassano la resa.

7 – REATTORISTICA:

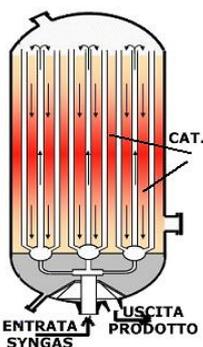


**PROCESSO LURGI – ISOTERMO**  
**b.p.** - reattori tubolari a bassa pressione catalizzatore interno tubi;  
 R1: preriscaldatore del syngas e completam. di sintesi;  
 R2: reattore principale a  $T=240^{\circ}\text{C}$   $p=70$  bar; rapporto di ricircolo ridotto; alta conversione ( $T \ll \text{resa conv.}$ ) e efficienza energetica;

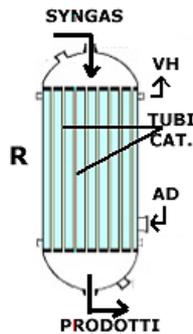
cat. a lunga vita; capacità fino a 5000ton/gg;



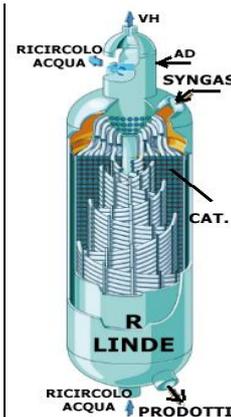
**PROCESSO JOHNSON MATTHEY DAVY (ICI) - ISOTERMO-**  
 R1 a flusso radiale e raffreddamento acqua vapore; impianti di buona potenzialità, basse perdite di carico, buon uso catalizzatore e elevata conversione ed efficienza;  
 $T=250^{\circ}\text{C}$   $p=80$  bar; capacità 1500-2000 ton/gg; anche R a flusso assiale;



**PROCESSO DAVY JOHNSON MATTHEY – ISOTERMO – TCC (tube cooled converter)**  
 R a raffreddamento con syngas entrante; inizio reazione a  $240^{\circ}\text{C}$ ; buon uso del catalizzatore; semplice struttura; capacità  $\approx 2000$ ton/gg



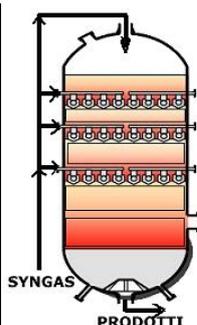
**HALDOR TOPSØE-LURGI -BWR - ISOTERMO**  
 R a fascio tubiero con catalizzatore interno tubi (BWR) raffreddato da acqua bollente, con buon controllo T tramite  $p_{\text{VAP}}$ ;  $T=250^{\circ}\text{C}$   $p=100$ bar; basso ricircolo elevata conversione (99,9%), costo elevato; capacità a 1500-2000 ton/gg, più elevate per R in parallelo; spesso con R precatalisi; syngas da reforming autotermici;



**PROCESSO LINDE ISOTERMO**  
 R a letto fisso isoterma, elevate prestazioni;



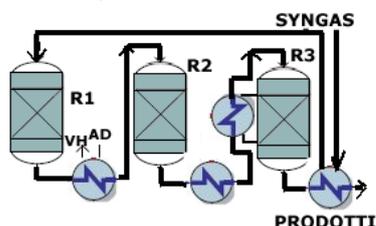
**PROCESSO IMC CASALE - ISOTERMO**  
 R a flusso assiale radiale con raffreddamento a piastre, nel letto catalitico, percorse da syngas o acqua o altri fluidi di raffreddamento; migliore regolazione del profilo termico;  $T=300^{\circ}\text{C}$   $p=80$  bar; capacità fino a 7000ton/gg per reattore;



**PROCESSO A QUENCH ICI e MITSUBISHI – ADIABATICO -**  
 R con quench a gas fresco, bassa p, adiabatico con raffreddamenti rapidi, senza recupero calore; impianto economico, ma bassa utilizzazione catalizzatore e conversione ( $T >$ ); a volte con sistemi a tubi di raffreddamento aria o acqua; con ricircolo 5-7%; [R.Mitsubishi  $T=200-280^{\circ}\text{C}$   $p=50-150$ bar]

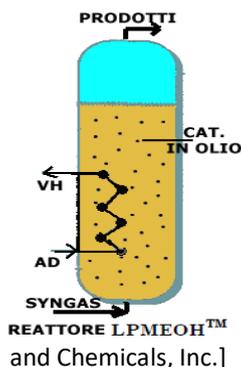
**PROCESSO CON REATTORI ADIABATICI - TOPSØE**

uso di più reattori adiabatici a letto fisso in serie con interposti raffreddamenti; bassi costi di investimento, bassa conversione ed efficienza, alti ricircoli;

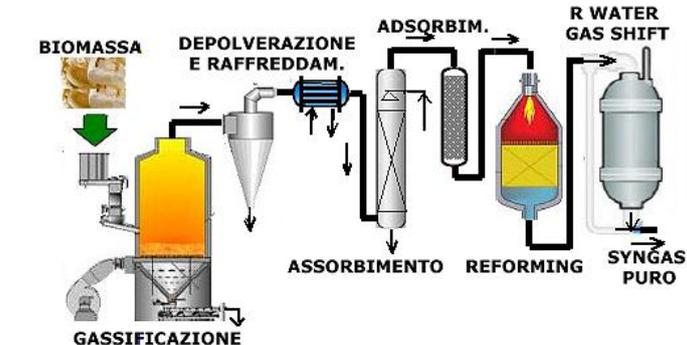


**PROCESSO IN FASE LIQUIDA E LETTO FLUIDO – LPMEOH – [studio avanzato]**

catalizzatore  $\phi=10\mu\text{m}$  in olio inerte minerale; serpentino immerso; buona dispersione di calore; elevate conversioni per passaggio; impianto con struttura resistente e versatile, anche produzioni elevate e coproduzione metanolo ed energia (VH); produce meno  $\text{H}_2\text{O}$ , con alcool di elevata purezza; reintegro progressivo di cat.esausto senza fermata impianto; per syngas di  $\neq$ composizione; problemi di separazione prodotti da olio inerte; [Air Products and Chemicals, Inc.]



**B - PROCESSO di produzione di SYNGAS da BIOMASSE o CARBONE:**



**MATERIE PRIME:**

biomasse: residui di lavorazioni agricole, scarti ind.legno e materiali ligno cellulosici,...;  
carbone o coke di petrolio;

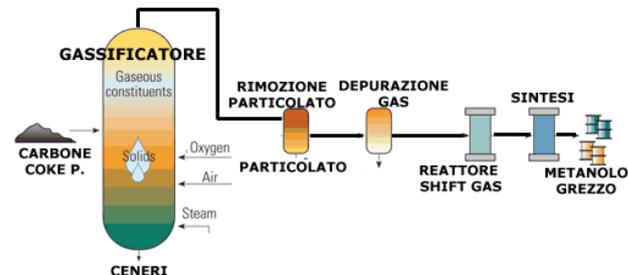
**PROCESSO:**

**1- GASSIFICAZIONE:** T=800°-1300°C ,p=1-30 bar; →**syngas grezzo**;  
 [vedi documento a parte su gassificazione/pirolisi BIOMASSE];

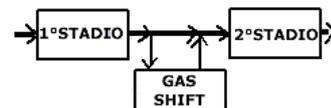
**2- PROCESSI DI DEPURAZIONE DESOLFORAZIONE DEL SYNGAS**

[alcuni dei trattamenti possibili, scelti a seconda delle esigenze]:  
 composizione del syngas grezzo: H<sub>2</sub> CO CH<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>S COS NH<sub>3</sub> C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> e tar, polveri,...;

- a) **separazione** polveri con cicloni, filtri a maniche, a ceramica;
- b) **assorbimento** a umido con solventi: →eliminazione H<sub>2</sub>S COS NH<sub>3</sub> HCl CO<sub>2</sub> idc.pesanti (tar); [metanolo- MEA processo più economico con minore efficienza...]
- b2) processo RECTISOL : assorbimento in colonne con metanolo



puro a T=-30°/-60°C; sistema impiantisticamente complesso e costoso ma molto efficiente;  
 SCHEMA: - 1°stadio abbattimento H<sub>2</sub>S; - stadio "gas shift": per portare il modulo M ≅ 2.03 e CO<sub>2</sub><3% e conversione di COS a H<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O; - 2° stadio abbattimento completo;



c) **adsorbimento** su Carboni attivi;

d) **reforming** con H<sub>2</sub>O<sub>VAP</sub> del gas di gassificazione della biomassa;

e) **Reattore water gas shift** [se non fatto in precedenza]: reazione CO + H<sub>2</sub>O = CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>, per regolazione del rapporto M;

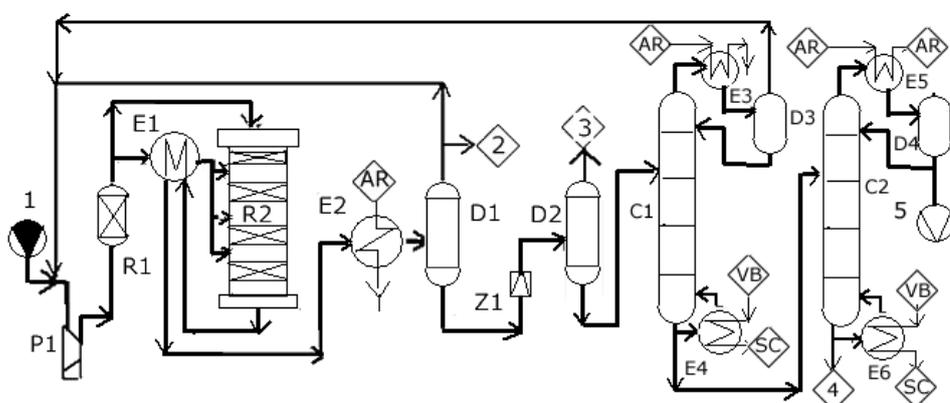
f) **Reattore di presintesi con Cu**: abbatte inquinanti residui e H<sub>2</sub>S;

3- **SINTESI DEL METANOLO** – [come esposto in precedenza]

[INIZIO]

**APPENDICI**

**SCHEMA DI PROCESSO LURGI PRODUZIONE E RAFFINAZIONE DI METANOLO:**



legenda:

- 1 GAS DI SINTESI
- 2 SPURGO per abbassare % inerti
- 3 SCARICO GAS residui
- 4 PRODOTTI PESANTI
- 5 METANOLO GREZZO
- P1 COMPRESSORE
- R1 PREREAZIONE
- R2 REATTORE CATALITICO A QUENCH
- E1 SCAMBIATORE recuperatore
- E2,3,5 CONDENSATORI
- D1 SEPARATORE ALTA PRESSIONE
- Z1 ABBASSAMENTO DI PRESSIONE
- C1,2 COLONNE DISTILLAZIONE
- PURIFICAZIONE SEPARAZIONE
- D2 SEPARATORE BASSA PRESSIONE
- D3,4 SERBATOI CONDENSA
- E4,6 RIBOLLITORI

Prof.A.Tonini

[INIZIO]

**UTILIZZAZIONI DEL METANOLO (cenni):** molti processi sono in fase sperimentale;

1- →**FORMALDEIDE CH<sub>2</sub>O**:

PROCESSO di ossidazione parziale: **CH<sub>3</sub>OH + ½ O<sub>2</sub> [aria] = HCHO + H<sub>2</sub>O;**

condizioni: R.eso ΔH=-155 kJ/mol ;T=300°C; p≅1,3 bar, eccesso aria≅5% (evitare zona esplosione);

catalizzatore: ossidi Mo/Fe; cat.Ag a T=650°C; →resa≅91%;

ASSORBIMENTO: in soluzione acquosa (formalina) a concentrazioni del 37% e del 50%.

USI: battericida; polimeri con fenolo[→bakeliti] urea melammina: laminati adesivi schiume;...

**2- →ACIDO ACETICO CH<sub>3</sub>COOH;**PROCESSO carbonilazione:  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ ;con uso di intermedio HI:  $[\text{CH}_3\text{OH} + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}; \text{CH}_3\text{I} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COI}; \text{CH}_3\text{COI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HI}]$ Catalizzatore (BP Chem.):  $[\text{Ir}(\text{CO})_2\text{I}_2]^-$ , attivato dal rutenio P=1bar T=150°C;

USI: produzione di vinile acetato e polimeri; produzione di esteri vari (usati come solventi, profumi, farmaceutici, insetticidi, fungicidi, plastificanti); produz. di anidride acetica;

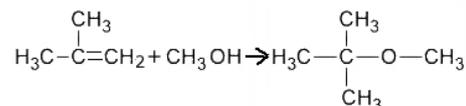
**3-→DME CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> etere dimetilico;**PROCESSO disidratazione:  $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;

catalizzatore Silice/Allumina;

USO: combustibile (jet fuel – diesel), gas per spray, solvente, fluido refrigerante;

**4-→MTBE C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O metil-t-butil etere;**PROCESSO:  $\text{isobutene} + \text{metanolo} \rightarrow \text{MTBE}$ ; cat. resina a scambio ionico; T=30-100°C

p=1-15bar; uso additivo per benzina,... ;

**5-→OLEFINE C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>; Proc.UOP – LURGI - EXXON;**PROCESSO deidratazione:  $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $3\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; cat. zeoliti (silicoalluminatofosfati –SAPO34/ZSM5);T=350-500°C p=1-3bar; [Metanolo→dimetiletere→C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> +C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>→C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> + Aromatici]

USI: materie plastiche, sostanze base della petrolchimica.

**6-→ GASOLINE (benzina) processo MTG- MOBIL -EXXON;**PROCESSO: 1° fase come (3); 2° fase: deidratazione e transalchilazione su cat.zeoliti( tipo ZSM5)→idrocarburi C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> e oltre (alcani alcheni paraffine e aromatici –alto N.Ottano);**SCHEDA DI SICUREZZA METANOLO:**

FRASI H: H225 Liquido e vapori facilmente infiammabili. H331 Tossico se inalato. H311 Tossico per contatto con la pelle H301 Tossico se ingerito. H370 Provoca danni agli organi.

CONSIGLI DI PRUDENZA P: P210 Tenere lontano da fonti di calore/scintille/fiamme libere/superfici riscaldate, Non fumare.P233 Tenere il recipiente ben chiuso. P280 Indossare guanti/indumenti protettivi/proteggere gli occhi/proteggere il viso. P307+P311 In caso di esposizione contattare UN CENTRO ANTIVELENI o un medico.

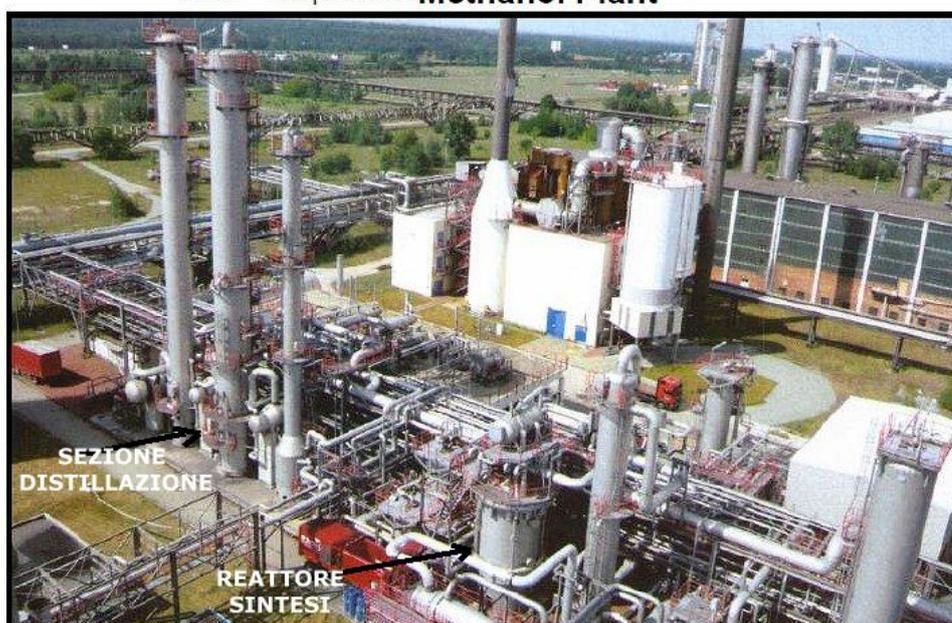
Note: il metanolo è corrosivo su Al Zn Mn, aumenta la permeabilità ai vapori delle materie plastiche, ha bassa volatilità in climi freddi.

**METANOLO**  
simboli di rischio chimico

pericolo

**Frase H** 225 - 301 - 311 - 331 - 370

**Consigli P** 210 - 233 - 280 - 307+310 - 302+352 - 311

Uhde low-pressure **Methanol Plant**

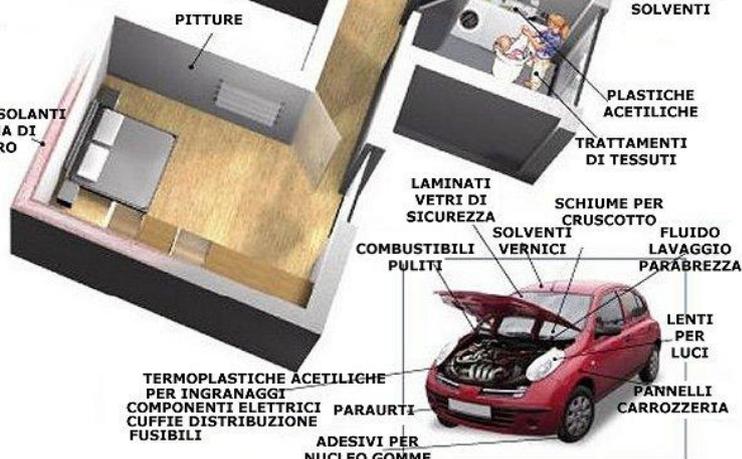
Babcock-Borsig centrifugal compressor

# USI PRINCIPALI DEL METANOLO



## METANOLO NELLA NOSTRA VITA

MATERIALI	DERIVATI
FORMALDEIDE	UREA FORMALDEIDE FENOL FORMALDEIDE 1,4 BUTANDIOLO RESINE ACETALICHE
ACIDO ACETICO	VINIL ACETATO ANDRIDE ACETICA AC.TEREFTALICO SOLVENTE ACETATO SOLVENTE ESTERI
COMBUSTIBILI	MISCELE METANOLO E ACQUA CELLE A IDROGENO MTBE BENZINE RIFORMULATE
ALTRI DERIVATI	METILMETACRILATI METILAMMINE CLOROMETANI USO DIRETTO



[INIZIO]