



**Idrometano per la mobilità sostenibile**  
**Conferenza Finale del Progetto LIFE+ Mhybus**  
Bologna, 19 Dicembre 2013  
Auditorium Via Aldo Moro 18

**Argomento** **Caratteristiche e**  
**pericolosità di miscele di gas**  
**infiammabili Idrogeno/Metano**



***Prof. Marco Nicola Carcassi***

Dipartimento di Ingegneria Civile e  
Industriale – Università di Pisa  
L.go Lucio Lazzarino, 2 – 56126 PISA –  
ITALY [carcassi@ing.unipi](mailto:carcassi@ing.unipi).



## Principali parametri della combustione/esplosione delle miscele di idrogeno/metano e l'aria

- Limiti di infiammabilità
- Potere calorifico
- Energia di ignizione
- Velocità di bruciamento laminare
- Il Parametro KG - Indice di Deflagrazione



# Limiti di infiammabilità

Affinché le reazioni di ossidazione (combustione) possano avvenire, il rapporto volumetrico fra combustibile e comburente deve essere entro un ben specifico intervallo, detto campo di infiammabilità. Nel caso del idrogeno-aria tale campo è  $4 \div 75$  % in volume di idrogeno sul volume totale occupato dalla miscela, per le miscele metano aria l'intervallo è  $5 \div 15$  %, mentre per la miscela Idrogeno/Metano in aria esso varia in base alla composizione.

Usando la regola di Le Chatelier ad una miscela combustibile/aria in cui il rapporto del combustibile Idrogeno/Metano è  $15/85$  %, si ottiene un campo di infiammabilità  $4.8 \div 17.6$  % in volume del combustibile sul volume totale.

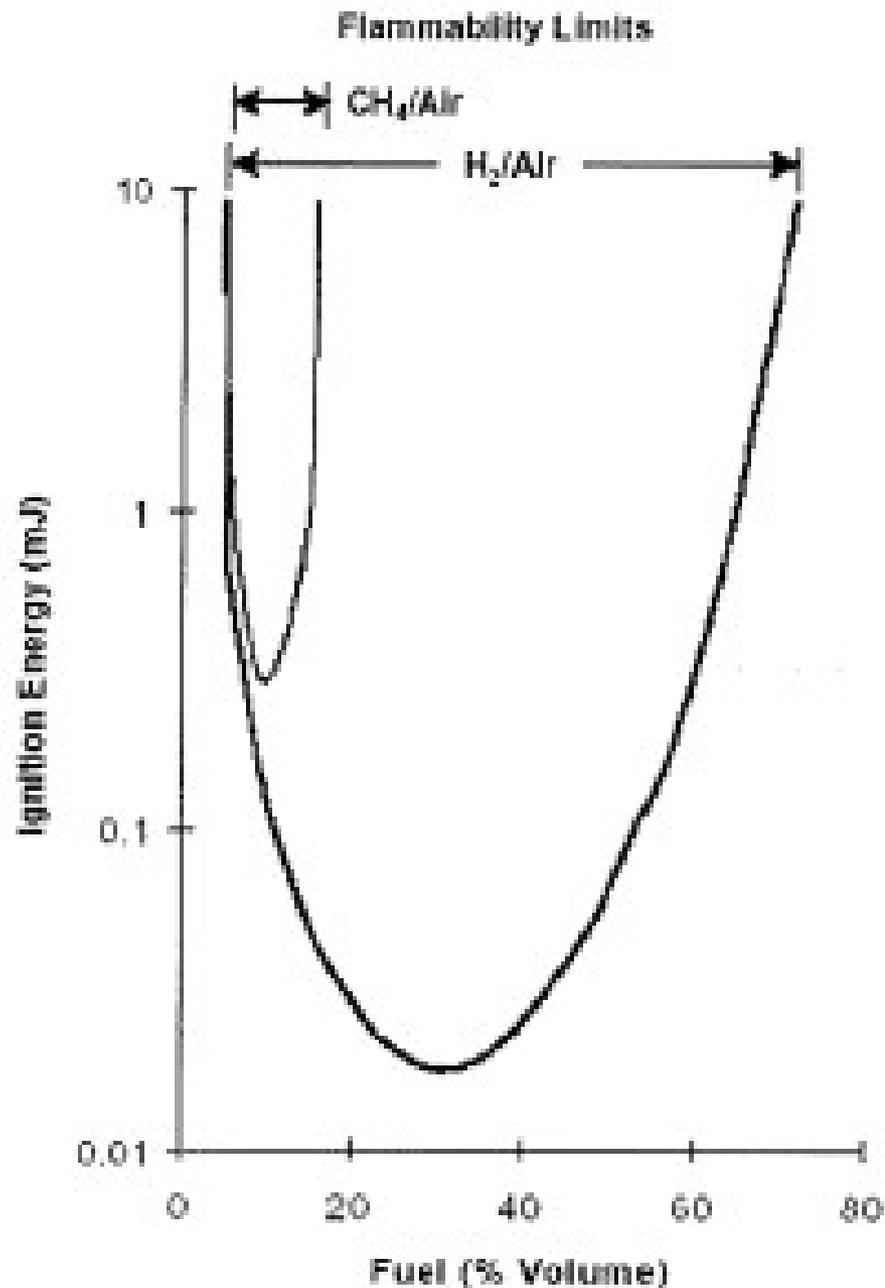
La concentrazione stechiometrica (quella che è spesso usata nella valutazione quantitativa) è del  $29.5$  % per le miscele Idrogeno/aria,  $9.5\%$  per le miscele Metano/aria, mentre per la miscela Idrogeno/Metano  $15/85\%$  e aria è di circa  $11\%$ .



# Potere calorifico

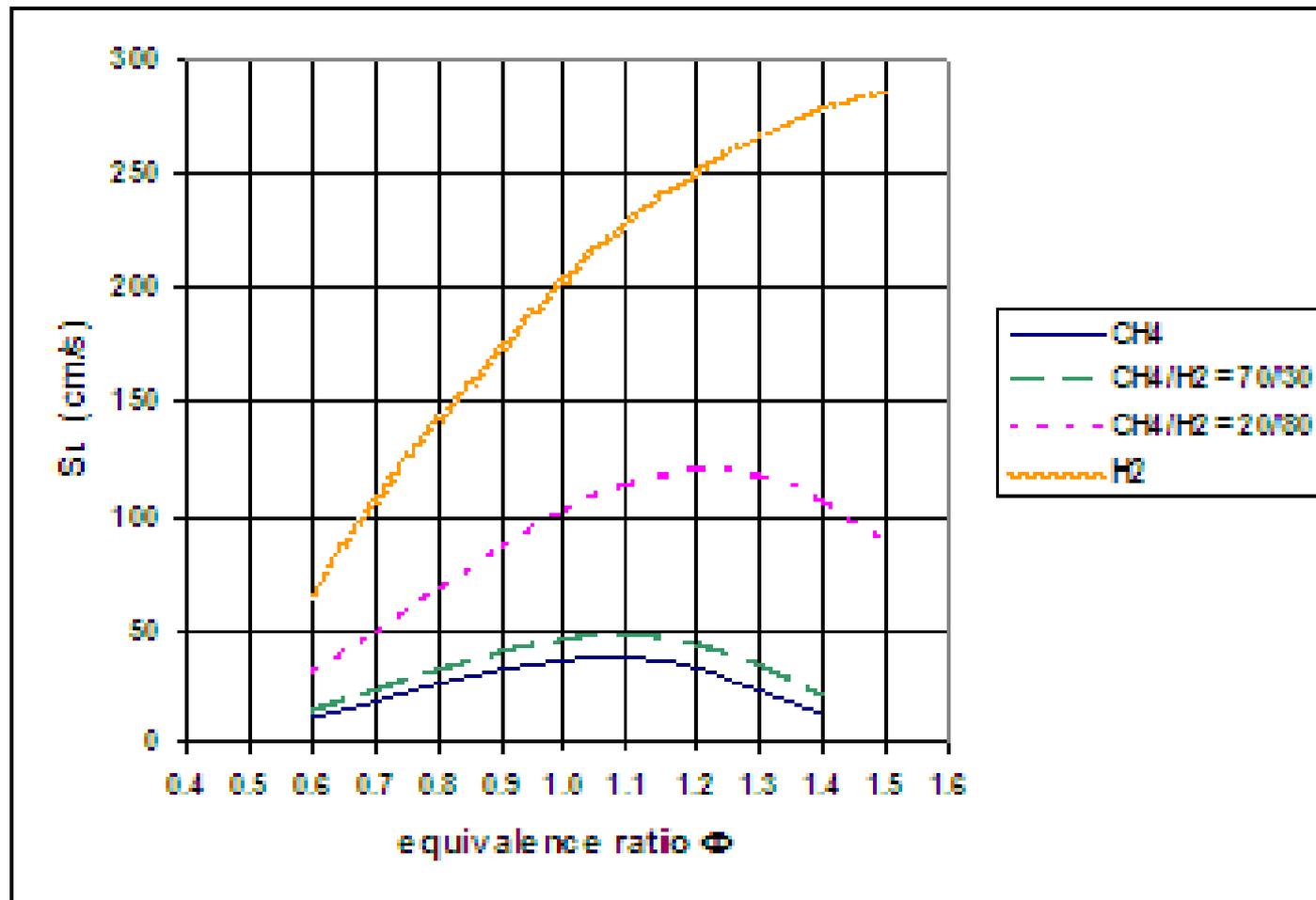
Come è noto il potere calorifico dell'idrogeno, in termini di energia su Kg, è il più elevato di tutti i combustibili (120 MJ/kg). Invece il potere calorifico inferiore dell'idrogeno gassoso, o per quello che ci riguarda, della miscela idrogeno/aria è inferiore a quello del metano (3.22 MJ/m<sup>3</sup> del metano/aria contro i 2,97 MJ/m<sup>3</sup> dell'idrogeno/aria).

# Energia di ignizione





# Velocità di bruciamento laminare





# Il Parametro $K_G$ Indice di Deflagrazione

$$K_G = (dP/dt)_{\max} v^{1/3} \quad (\text{bar m/sec})$$

il  $K_G$  dell'idrogeno è circa 10 volte quello del metano (550 dell'idrogeno contro i 55 del metano).

Per la miscela sotto studio un valore di  $K_G$  di 81 (bar m/sec), se si prende come riferimento l'Idrogeno, che si riduce a 63 se prediamo a riferimento il Metano.



# Ministero dell'Interno

DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO, DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE  
DIREZIONE CENTRALE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA TECNICA  
AREA PREVENZIONE INCENDI

Prot. n. P951/4114 sott. 1

Roma.

15 OTT. 2007

Al Comando Provinciale VV.F.

Via Genova, 3/A

00184 ROMA

(rif. nota prot. n. 7878 OS f del 30/07/2007)

**OGGETTO:** *Quesito - Accorpamento in una unica colonnina di erogazione di due pistole di erogazione, una per metano puro ed una per miscela metano idrogeno.*

Preso atto che dalla relazione prot. n. 12491 del 16/7/2007 del gruppo di lavoro del Dipartimento dei Vigili del fuoco, denominato "Problematiche idrogeno" e dalla relazione scientifica dell'Università di Pisa - Dipartimento di ingegneria meccanica, nucleare e della produzione - del 12 luglio 2007 a firma del Prof. M. N. Carocci, si desume che la miscela metano/idrogeno, nella percentuale in volume 70/30% (cosiddetta idrometano), ha sostanzialmente la stessa pericolosità, ai fini della sicurezza antincendio, del metano, si ritiene possibile accorpare in un'unica colonnina i dispositivi di erogazione di metano e di idrometano, a condizione che siano adottati oggettivi accorgimenti impiantistici atti a garantire, anche durante l'esercizio, il mantenimento delle caratteristiche della miscela, nonché le pressioni massime di erogazione.

Quando sopra dovrà essere opportunamente certificato da parte della ditta che realizza l'impianto all'atto della richiesta di rilascio del certificato di prevenzione incendi. Inoltre, la miscelazione del metano con l'idrogeno dovrà avvenire in posizione remota rispetto alla colonnina di erogazione.

15 OTT. 2007

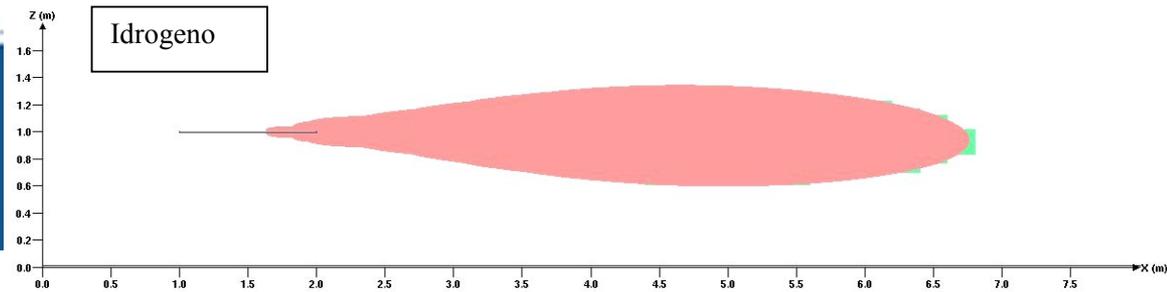
IL DIRETTORE CENTRALE

(Barzani)

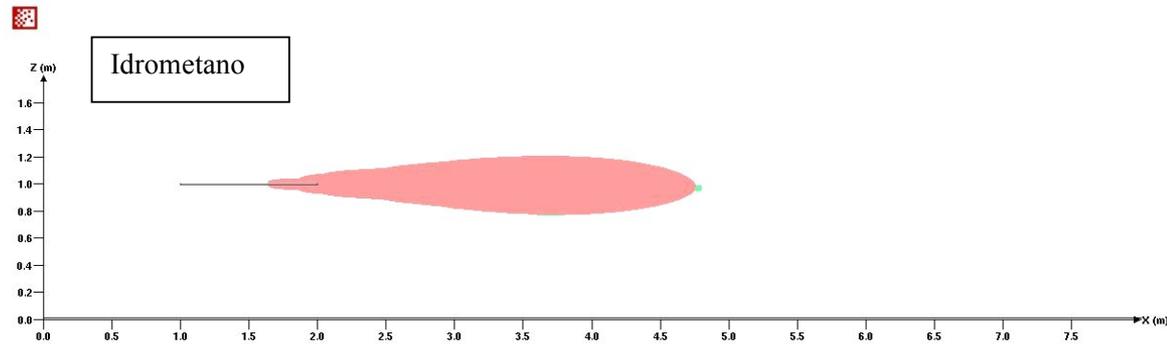
SCARICATO



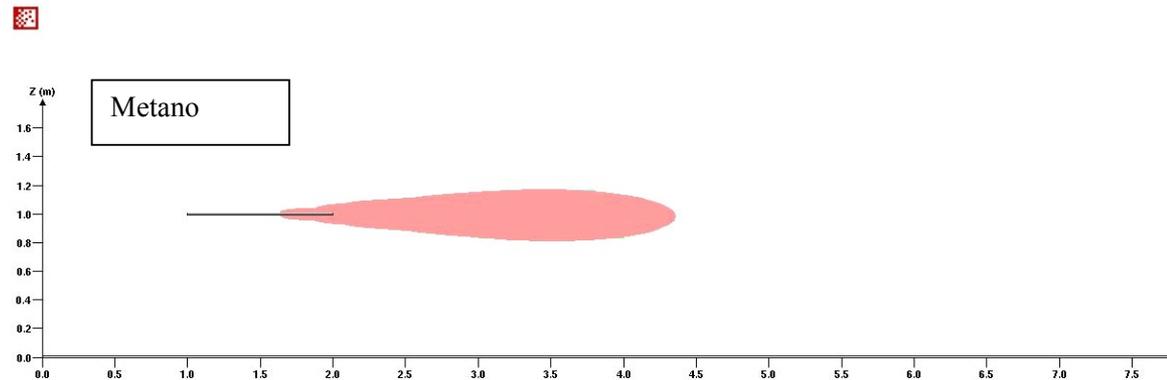
*Figura : Estensione del campo di infiammabilità per jet di diverse sostanze*



Job=000006, Var=FMOLE (m3/m3), Time= 10.001 (s),  
X=0.1 : 7.9, Y=5 : 9.8, Z=0.1 : 1.7 m



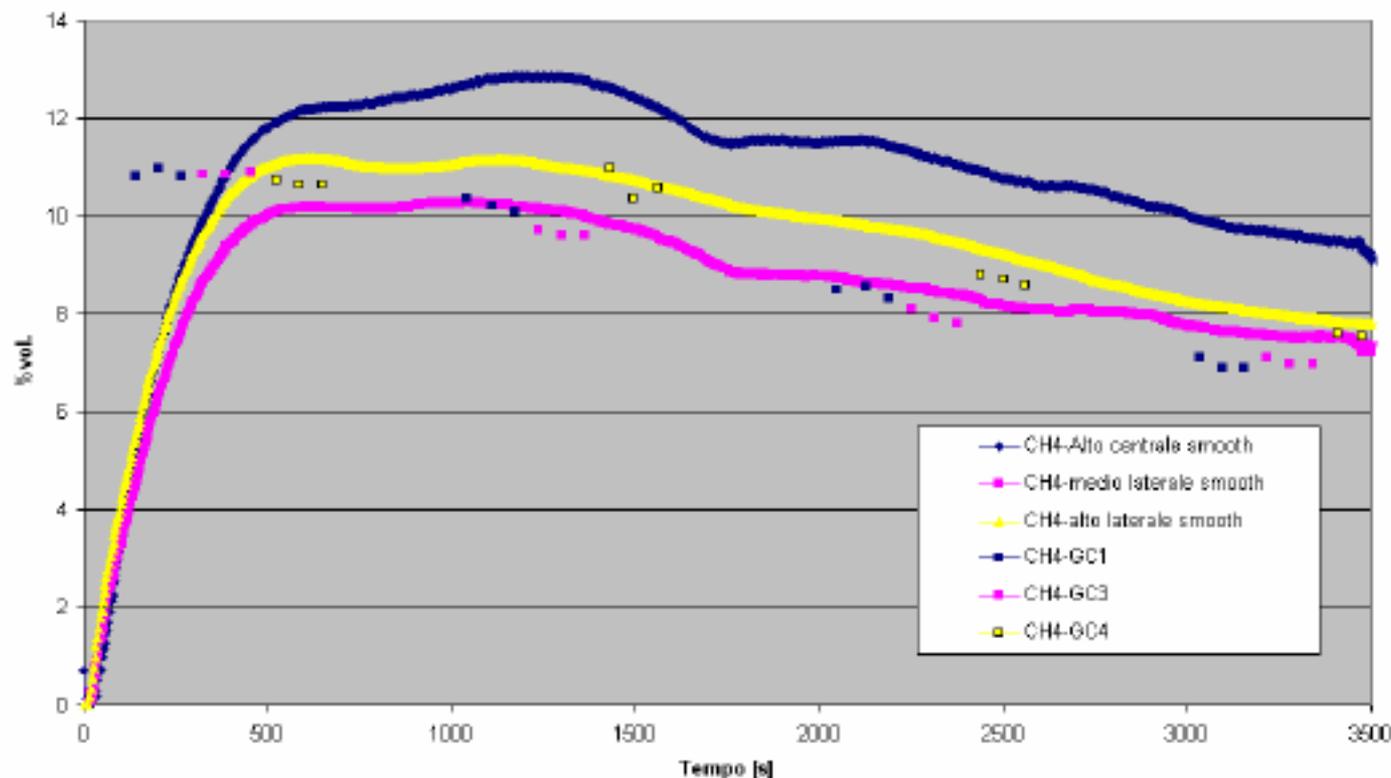
Job=000006, Var=FMOLE (m3/m3), Time= 9.999 (s),  
X=0.1 : 7.9, Y=5 : 9.8, Z=0.1 : 1.7 m



Job=000006, Var=FMOLE (m3/m3), Time= 9.998 (s),  
X=0.1 : 7.9, Y=5 : 9.4, Z=0.1 : 1.7 m



# Esperimenti sulla separazione dell'Idrometano



*Figura : Concentrazioni di metano misurate da sensori vs analisi gasromatografiche di miscela Idrogeno/Metano nella composizione 10/90 in vol%*



# Grazie per l'attenzione