

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale
**«GASSIFICATORI AL PLASMA PER LA
VALORIZZAZIONE ENERGETICA DEI
RIFIUTI»**

Tutor universitario: Prof.ssa Stoppato Anna

Laureando: *Liparini Giulio*

Padova, 25/09/2023

GESTIONE DEI RIFIUTI E RICERCA DI FONTI ENERGETICHE SOSTENIBILI

Termovalorizzazione
Trasformare rifiuti in risorse utili



Tecnologie utilizzate

Un approccio alternativo e innovativo:
il trattamento al plasma

TRATTAMENTO DEI RIFIUTI CON PLASMA TERMICO

Conversione dei rifiuti in un gas di sintesi (**Syngas**),
composto principalmente da **CO e H₂**, utilizzabile come combustibile
o per produrre biocarburanti

Temperature elevate permettono la decomposizione termica completa
dei rifiuti organici e la fusione dei materiali inorganici

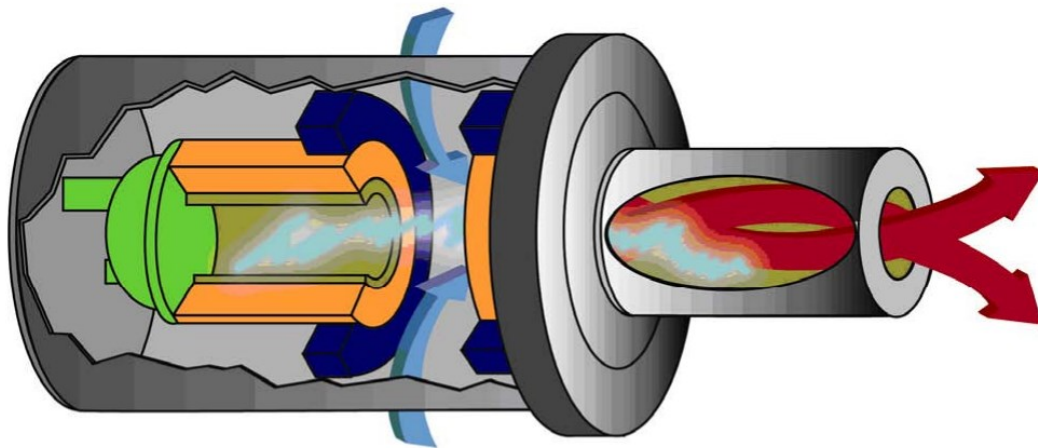
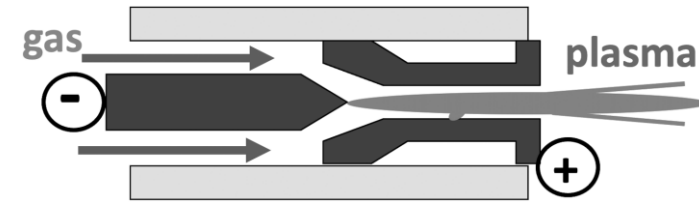
Per farlo si utilizzano **plasmi termici**, caratterizzati da:

temperature tra 5.000 – 50.000K
alta densità energetica
alta velocità di trasferimento di energia

GENERAZIONE DEL PLASMA

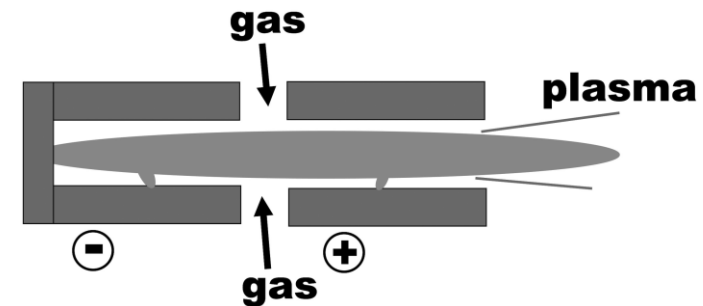
Prodotto con **torce al plasma** alimentate con un gas di varia composizione chimica, tra cui aria, O₂, N, Ar e acqua

Torcia ad arco non trasferito (fino a 200kW)



- Plasma Column
- Entering Process Gas
- Magnetic Field
- Power Terminals
- Electrodes
- Heated Process Gas
- Cooling Water Manifold

Torcia ad arco trasferito (oltre 200kW)



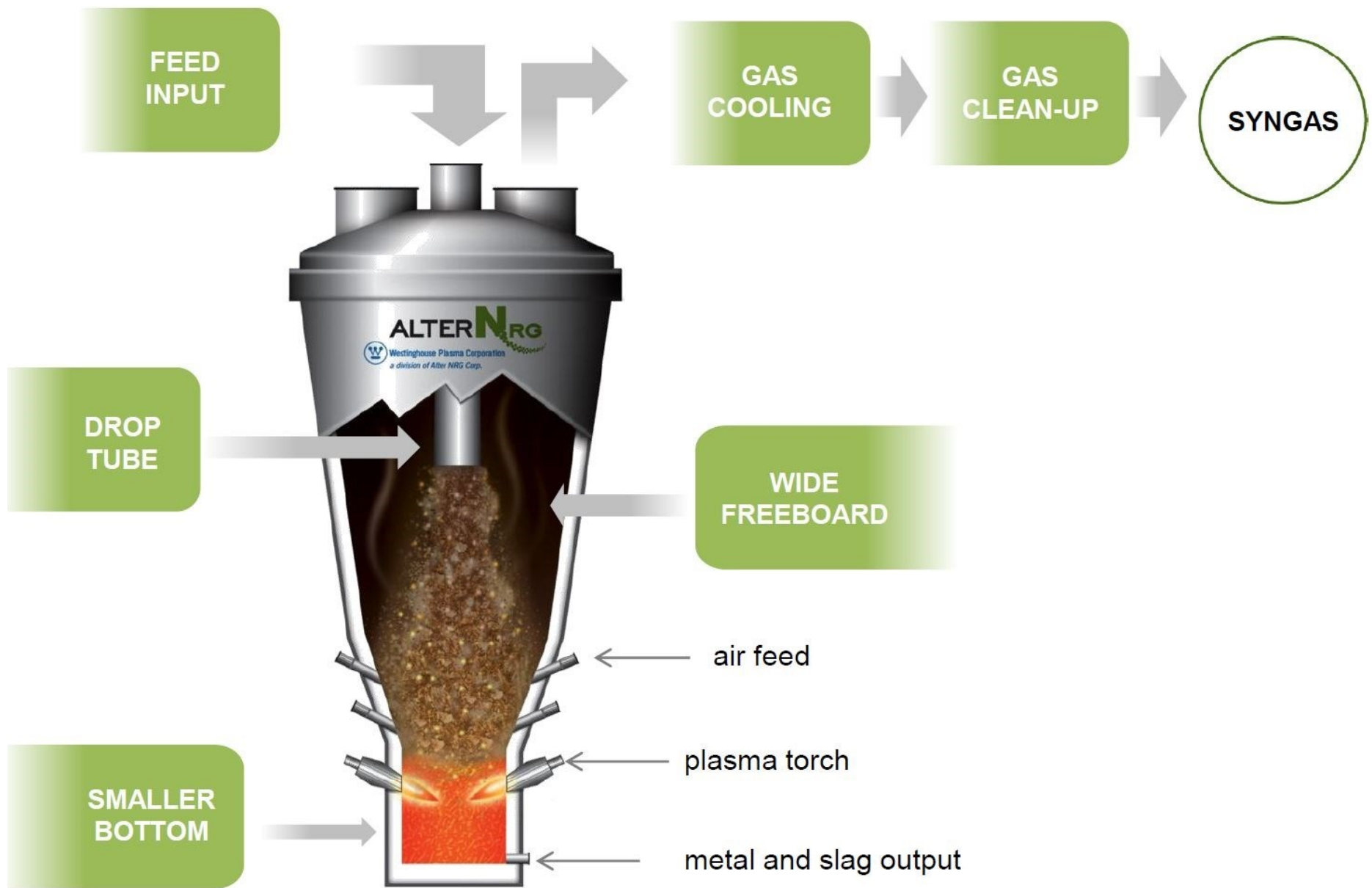
Interazione con il flusso di plasma: riscaldamento,
disgregazione, fusione e **volatizzazione**

Reazione dei **gas** prodotti con il plasma

Rapido **raffreddamento**

Espulsione dei componenti inorganici fusi

FASI DEL PROCESSO

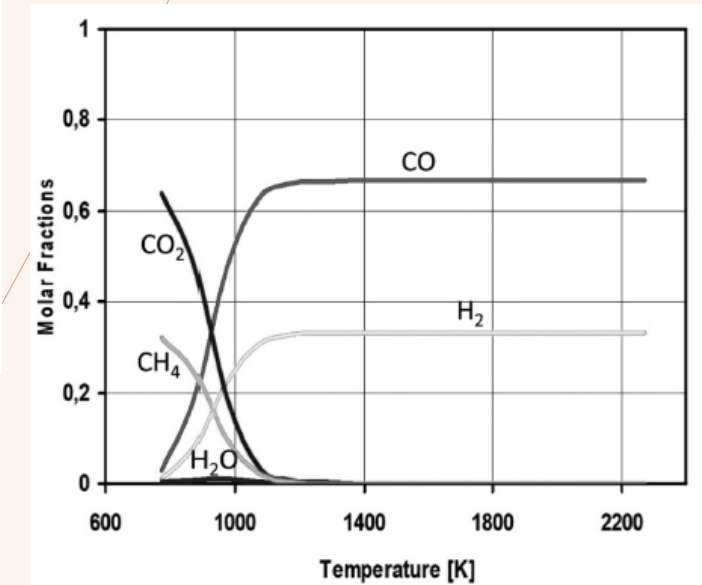


Schema reattore
Westinghouse
Plasma Corp.

GASSIFICAZIONE DI VARI COMPOSTI ORGANICI

Material	Inputs				Syngas						
	Feed Rate (kg/h)	CO ₂ (slm)	O ₂ (slm)	H ₂ O (g/min)	C _{yield}	H ₂ (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	O ₂ (%)	LHV (MJ/m ³)
Wood	41	-	64	18	1.0	45	39	15	1	0	10.1
Wood	41	125	-	18	0.9	42	42	15	1	0	10.2
Wood	60	86	66	18	1.0	41	52	5	1	1	11.1
Wood pellets	60	248	-	18	0.8	42	53	4	0	1	11.2
Seed skins	95	120	30	18		76	15	3	5	0	10.0
Coal	60	-	-	18		61	25	13	1	0	10.1
Polyethylene	11	210	80	18	1.0	35	42	22	0	1	9.1
Plastics	11	300	-	18	0.7	42	50	7	0	1	10.8
RDF	30	216	118	18	0.83	30	48	20	2	0	10.0
RDF	30	-	-	403	0.85	56	30	10	4	0	11.3
Pyrolysis oil	11	-	89	18	1.0	45	48	2	1	4	11.2
Pyrolysis oil	22	200	89	18	0.8	34	44	16	3	3	10.1

Esempi di composizione del syngas ottenuto dalla gassificazione di diversi materiali organici



Esempio di gassificazione del polietilene con CO₂

BILANCIO ENERGETICO

Per valutare il **rendimento** energetico totale si considerano:

- il rendimento della torcia al plasma (60 – 80%)
 - le perdite alle pareti del reattore
- il rendimento del **processo di gassificazione**

Efficienza di utilizzo dell'entalpia plasmatica: $\eta_R = \frac{G(H_{av}^{in} - H_{av}^{out})}{GH_{av}^{in}} = 1 - \frac{H_{av}^{out}}{H_{av}^{in}}$

Rapporto LHV / H_{tot} , tra 2 e 4

Efficienza energetica «cold gas» del syngas, circa 40%

VANTAGGI

Elevata **densità energetica**

Controllo ottimale della **composizione** del prodotto finale

Trattamento di diversi tipi di rifiuti

Vetrificazione delle ceneri e separazione dei metalli

Utilizzo di **elettricità** come fonte primaria

SVANTAGGI E SOLUZIONI

Durata e costo degli elettrodi



Elettrodi Westinghouse Plasma

Vetrificazione su pareti e tubazioni



Design innovativo

Durata del rivestimento refrattario



Raffreddamento delle pareti

Elevato consumo di energia elettrica



Recupero di calore

Conversione di energie rinnovabili

Pochi modelli commerciali

IMPIANTI ESISTENTI

Westinghouse
Plasma Corp.

Europlasma

Tetronics

Phoenix Solutions



Impianto Hitachi Metals, Mihama-Mikata (Giappone)



Impianto di Ranjangaon, Pune (India)

Impianto di Morcenx (Francia)



Grazie per l'attenzione