

RE-CORD

Renewable Energy COnsortium for Research & Demonstration



Il processo di carbonizzazione: tecnologie applicative e risultati preliminari dalla campagna sperimentale

Giacomo Lombardi – R&D engineer – Thermal processes business unit

16/02/2024 Febbraio 2024

PROGETTO CARBOGAIN (Carbon Farming, environmental and economic gain)

L'autosufficienza energetica dell'azienda agricola e la sostenibilità ambientale ed economica



Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
Iniziativa realizzata nell'ambito del Gruppo Operativo CarboGain, cofinanziato dal FEASR
Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020 della Regione Lombardia.
Capofila del partenariato è Fondazione Minoprio, progetto realizzato con la collaborazione di DISAA - Università di Milano,
Ater Collis, Cascina Battivacco e Vigneti Genci
Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia

CHI SIAMO



Il Consorzio RE-CORD è un **Centro di ricerca** misto pubblico-privato, no-profit.



Siamo un **team multi-disciplinare** composto da 23+ ricercatori che copre un ampio ventaglio di competenze: ingegneria, chimica, biotecnologia, agronomia, etc.

Svolgiamo **attività di ricerca indipendenti** per supportare le industrie innovative nello sviluppo di nuovi processi sostenibili.



Headquarter
Laboratory & offices
Scarperia (FI)



REC PARK
Experimental Area (500+ m²)
Scarperia (FI)



EC projects office @UNIFI
Department of Industrial Engineering
Firenze



Experimental area AGRO-BIO
Agricultural field trials
San Casciano Val di Pesa (FI)



- 1. Le tecnologie per la produzione di biochar**
- 2. Gli impianti RE-CORD per la carbonizzazione**
- 3. Progetto CARBOGAIN: risultati preliminari dalla campagna sperimentale**

LE TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI BIOCHAR



I PROCESSI DI PRODUZIONE DEL CARBONE VEGETALE



- GASSIFICAZIONE
 - PRODUZIONE DI SYNGAS AD ALTE TEMPERATURE (>800-900 °C)
 - PRODOTTO PRINCIPALE: ENERGIA ELETTRICA E TERMICA
 - COPRODOTTO: CARBONE
 - PROCESSO ASSODATO E COMMERCIALIZZATO
 - MANCANZA DI FLESSIBILITÀ IN TERMINI DI MATERIALI DA PROCESSARE (PEZZATURA, CONTENUTO DI CENERI, UMIDITÀ)
- PIROLISI LENTA (O CARBONIZZAZIONE)
 - PRODOTTO PRINCIPALE: CARBONE
 - COPRODOTTO: CONDENSATI, CALORE
 - LIVELLO DI MATURITÀ COMMERCIALE < GASSIFICAZIONE
 - BASSO COSTO DI INVESTIMENTO E MINORE COMPLESSITÀ DI ESERCIZIO
 - INDIPENDENTE DAGLI INCENTIVI ALLA PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ, BASA LA SUA SOSTENIBILITÀ SULLE CONDIZIONI DI MERCATO

LA GASSIFICAZIONE MIRA ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA, LA PIROLISI A MASSIMIZZARE UN PRODOTTO DI QUALITÀ

I PROCESSI DI PRODUZIONE DEL CARBONE VEGETALE



IL PROCESSO DI PIROLISI (IN GENERALE)

- PROCESSO TERMOCHIMICO ENDOTERMICO, ASSENZA O LIMITATA PRESENZA DI O_2
- TEMPERATURA: 400-650° C
- LENTA, INTERMEDIA, VELOCE



I PROCESSI DI PRODUZIONE DEL CARBONE VEGETALE



LA PIROLISI LENTA

- LUNGHI TEMPI DI RESIDENZA (ORE/GIORNI)
- TEMPERATURE MEDIO ALTE (450-550 ° C)
- BASSA VELOCITÀ DI RISCALDAMENTO



PROMUOVONO FORMAZIONE DEL CHAR

RESE DI CHAR: 20-35 %

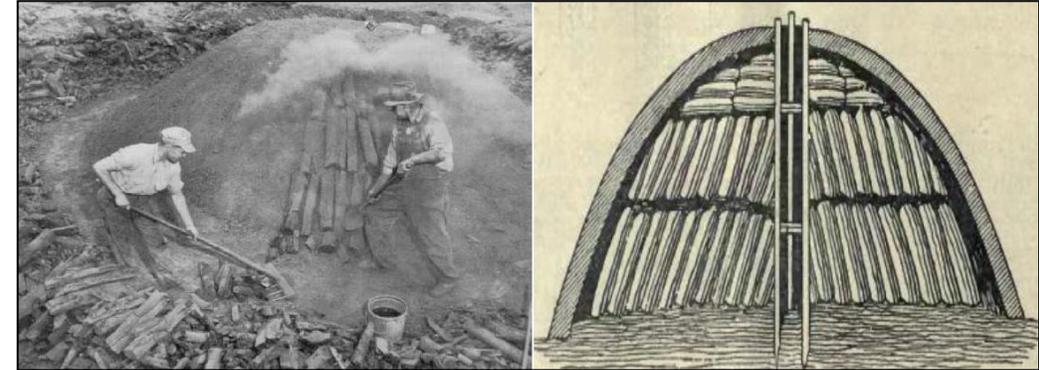
LE TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI BIOCHAR



TIPOLOGIE DI REATTORI

○ KILN

- REATTORI BATCH AUTOTERMICI
- FOSSE O CUMULI RICOPERTI DI TERRA
- SERBATOIO IN METALLO, CALCESTRUZZO, CEMENTO
- ANCORA USATI NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO
- GAS IN ATMOSFERA, VAPORI CONDENSATI NEL SUOLO
- QUALITÀ CHAR COMPROMESSA DALLA CONDENSAZIONE DEI VAPORI
- BIOMASSA TRATTATA: CIOCCHI DI LEGNO (FINO A 80 TONNELLATE)
- TEMPI DI RESIDENZA: 10-30 GIORNI
- RESE DI CHAR: 12-30 %



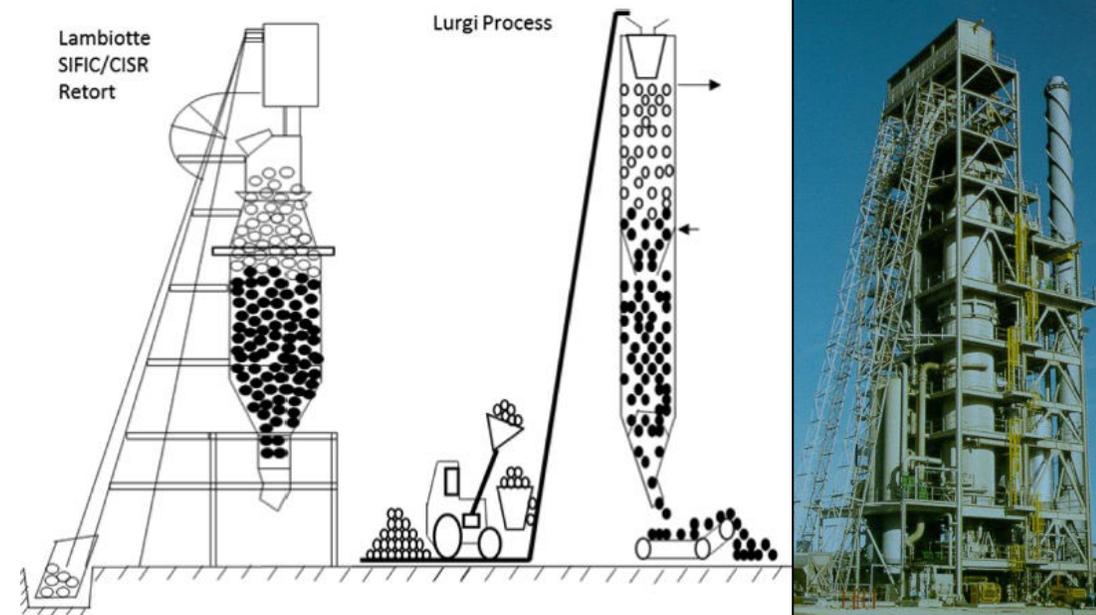
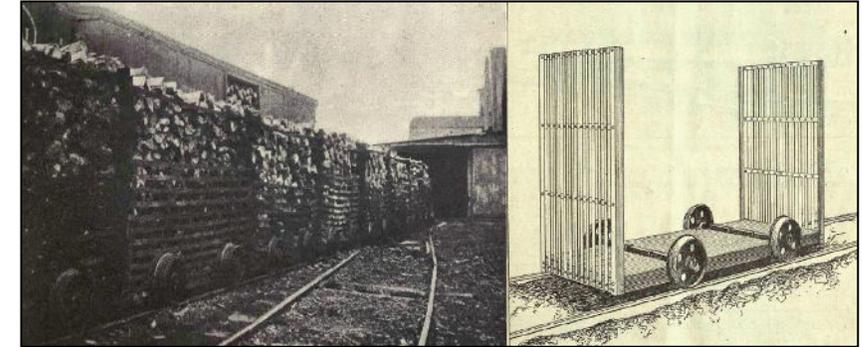
LE TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI BIOCHAR



TIPOLOGIE DI REATTORI

○ RETORT

- REATTORE ALLOTERMICO
 - BATCH, CONTINUO, MOBILE, STAZIONARIO
 - ESEMPI: LAMBIOTTE RETORT, LURGI RETORT, WAGON REACTOR
- BIOMASSA TRATTATA: CIOCCHI DI LEGNO (FINO A 20000 TON/ANNO)
 - SENSIBILI ALLA TIPOLOGIA DI PEZZATURA
- GAS E VAPORI ESTRATTI RAPIDAMENTE E BRUCIATI IN FORNI PER FORNIRE ENERGIA TERMICA AL PROCESSO
- MINORE IMPATTO AMBIENTALE
- MAGGIORE RESA DEL CHAR (30-35 %): 2000-6000 TON/ANNO



LE TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI BIOCHAR



TIPOLOGIE DI REATTORI

○ CONVERTER

- REATTORI CONTINUI ALLOTERMICI A LETTO MOBILE
 - FORNI ROTANTI, REATTORI A VITE, FORNACI MULTI-FOCOLARE
- ELEVATA FLESSIBILITÀ IN TERMINI DI PEZZATURA
 - CIPPATO DI LEGNO, RESIDUI, POTATURE
 - FORNI ROTANTI FINO A 40000 TON/ANNO, REATTORI A VITE FINO A 16000 TON/ANNO
- GAS E VAPORI ESTRATTI RAPIDAMENTE E BRUCIATI IN FORNI PER FORNIRE ENERGIA TERMICA AL PROCESSO
- MINORE IMPATTO AMBIENTALE
- CHAR IN POLVERE O IN PICCOLA PEZZATURA (BIOCHAR)
- RESE DI CHAR: 25-35 %: FINO A 5600-14000 TON/ANNO



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jaap

Screw reactors and rotary kilns in biochar production – A comparative review

Konstantin Moser^{a,b,*}, Elisabeth Wopienka^{a,1}, Christoph Pfeifer^{b,2}, Markus Schwarz^{a,3}, Irene Sedlmayer^{a,4}, Walter Haslinger^{a,c,5}

^a BEST Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH, Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz, Austria

^b University of Natural Resources and Life Sciences, Institute of Chemical and Energy Engineering (IVET), Muthgasse 107/I, 1190 Vienna, Austria

^c Luleå University of Technology, Energy Engineering, Division for Energy Science, SE-97187 Luleå, Sweden

<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.106112>

Table 7

Various manufacturers of rotary kiln or screw reactor pyrolysis plants in Europe. Capacity is given in Mg of feedstock per year and the given value is the maximum capacity for the biggest available plant and should be taken as a theoretical value (some values* are extrapolated from capacity per hour numbers under the assumption of 8 000 full load hours per year). Many companies also offer plants with smaller capacities, if desired.

Company	Country	Technology	Capacity	Website/source
3 R environmental technology group	Sweden/Hungary	Rotary kiln	20,000	http://www.3ragrocarbon.com
3R-Systems	Germany	Rotary kiln	10,000	http://www.3r-systems.de/
Carlton forest group	UK	Rotary kiln	8 000	www.carltonforestgroup.com
Dirk Gerlach Engineer	Germany	Rotary kiln	63,000 *	https://www.dgengineering.de/Rotary-Kiln-Plants.html
Biogreen-energy	France	Screw reactor	12,000 *	http://www.biogreen-energy.com/
BlackCarbon A/S	Denmark	Screw reactor	800 *	http://www.blackcarbon.dk
PyroCore Ltd	UK	Screw reactor	8 000 *	http://pyrocore.com
PYREG GmbH	Germany	Screw reactor	13,000	http://www.pyreg.de/

The image shows a complex industrial facility for carbonization. The top half features a large vertical pipe with a blue band and a horizontal pipe leading to a large stainless steel tank with a conical bottom. The bottom half shows a long, blue, rectangular industrial machine, possibly a reactor or furnace, mounted on a metal frame. It has several access points and is connected to various pipes and valves. The background is a dimly lit industrial space with various pipes and structures.

GLI IMPIANTI RE-CORD PER LA CARBONIZZAZIONE

PYROK – PRODUZIONE DI BIOCHAR



UNITÀ DI PIROLISI A FORNO ROTANTE (100 KG/H):

- REATTORE CONTINUO ALLOTERMICO PER LA PRODUZIONE DI BIOCHAR
- LA COMBUSTIONE DEL PYROGAS FORNISCE IL CALORE AL PROCESSO (INDIRETTAMENTE)
- PROCESSA MATERIALE DISOMOGENEO (POTATURE, RESIDUI AGRO-FORESTALI) MAX 5-10 CM, UMIDITÀ MAX 35%



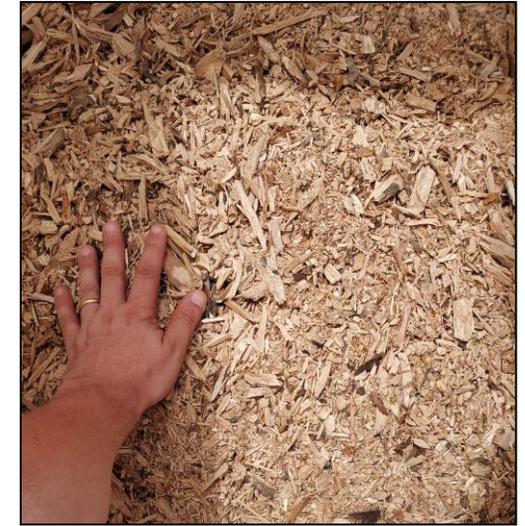
PYROK – PRODUZIONE DI BIOCHAR



UNITÀ DI PIROLISI A FORNO ROTANTE (100 KG/H):

BIOMASSE PROCESSABILI (DIMENSIONE 5-10 CM):

- CIPPATO
- CIPPATINO
- PELLET
- POTATURE (OLIVO, VITE, ECC.)
- FANGHI E DIGESTATI SECCHI (<35% UMIDITÀ)
- RESIDUI AGROALIMENTARI (GUSCI, NOCCIOLINO, ECC.)

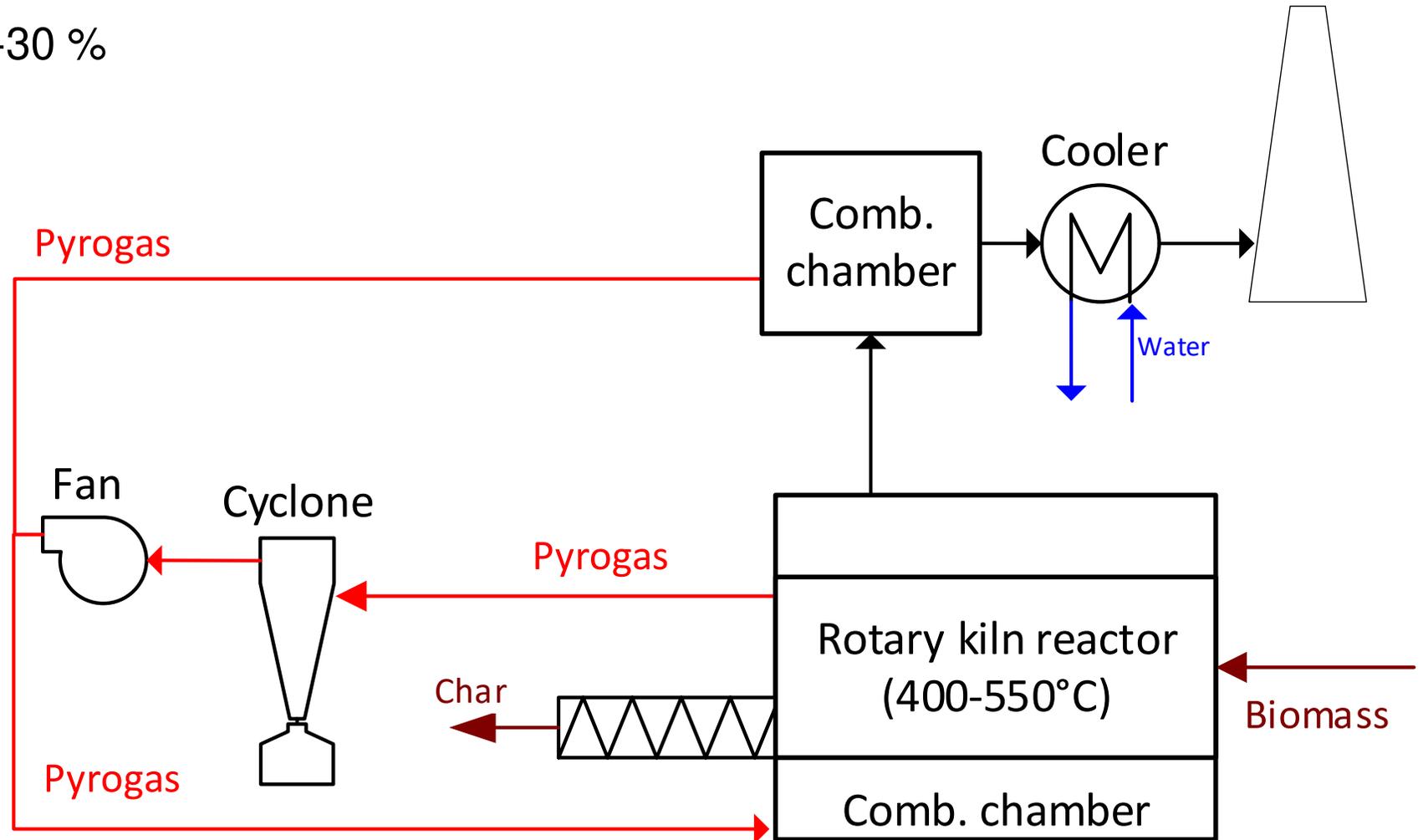


PYROK – PRODUZIONE DI BIOCHAR



UNITÀ DI PIROLISI A FORNO ROTANTE (100 KG/H):

- RESA IN MASSA DI CARBONE: 25-30 %
- TARGET: BIOCHAR (<20 MM)
- BIOMASSA 480 kW (100%)
- CHAR 220 kW (46%)
- GAS COMBUSTI 190 kW (40%)



SPYRO – PRODUZIONE DI BIOCHAR E RECUPERO CONDENSATI



UNITÀ DI PIROLISI A COCLEA (3 KG/H):

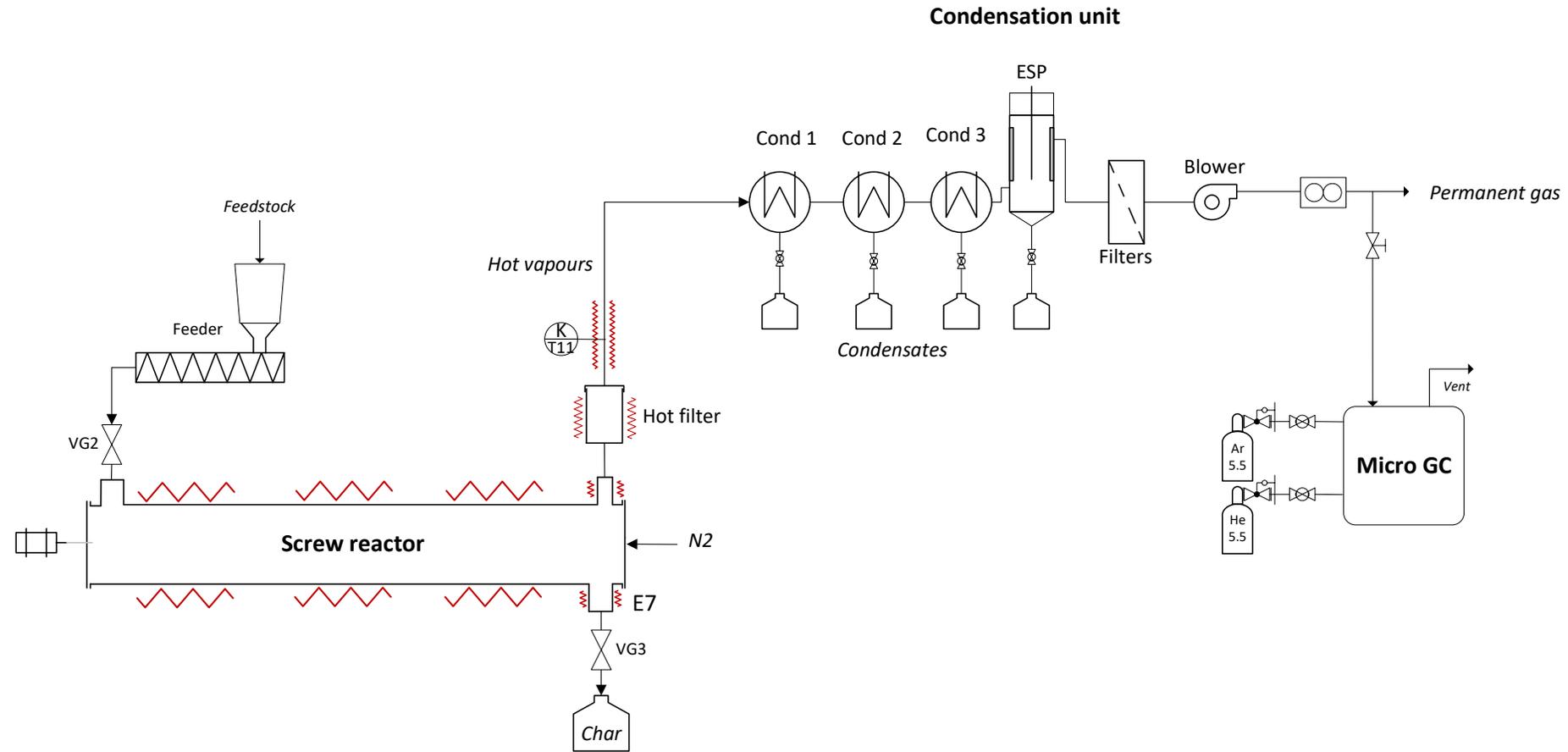
- REATTORE CONTINUO RISCALDATO ELETTRICAMENTE
- PRODOTTI: BIOCHAR + PYROGAS (VAPORI ORGANICI CONDENSABILI E GAS PERMANENTI)
- BANCO DI CONDENSAZIONE PER RECUPERO DEI CONDENSATI
- MICROGC: CAMPIONAMENTO DEI GAS PRODOTTI (H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_6 , C_3H_8)



SPYRO – PRODUZIONE DI BIOCHAR E RECUPERO CONDENSATI



SCHEMA DI PROCESSO DELL'IMPIANTO PILOTA SPYRO



SPYRO – PRODUZIONE DI BIOCHAR E RECUPERO CONDENSATI



BIOMASSE PROCESSABILI (PEZZATURA 1 CM):

- CIPPATO E PELLETTI DI LEGNO (PIOPPO, OLMO, BETULLA, ECC.)
- POTATURE (VITE, VERDE URBANO, ECC.)
- BIOMASSE ERBACEE (CANAPA, ARUNDO DONAX, SORGO, ECC.)
- FANGHI E DIGESTATI SECCHI
- RESIDUI AGROALIMENTARI (CAFFE, SCARTI DI MACELLAZIONE, ECC.)



Cippato di legnose



Pellet di legno



Digestato agricolo



Digestato scarti
macellazione



Fanghi essiccati



PROGETTO CARBOGAIN: RISULTATI
PRELIMINARI DALLA CAMPAGNA
SPERIMENTALE

PROGETTO CARBOGAIN



Cippato da sarmenti di vite



Cippato da mix di latifoglie



SPYRO (3 kg/h)



PYROK (100 kg/h)



Valutazione bilanci di:

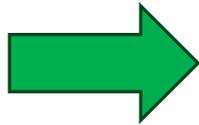
- Massa
- Energia (on going)

Produzione di biochar

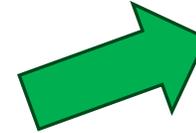
PROGETTO CARBOGAIN: SARMENTI DI VITE (SPYRO)



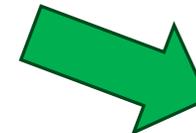
Cippato da sarmenti di vite
6.000 kg @MC 0 wt%



- Temperatura: 500°C
- Tempo di residenza: 60 min

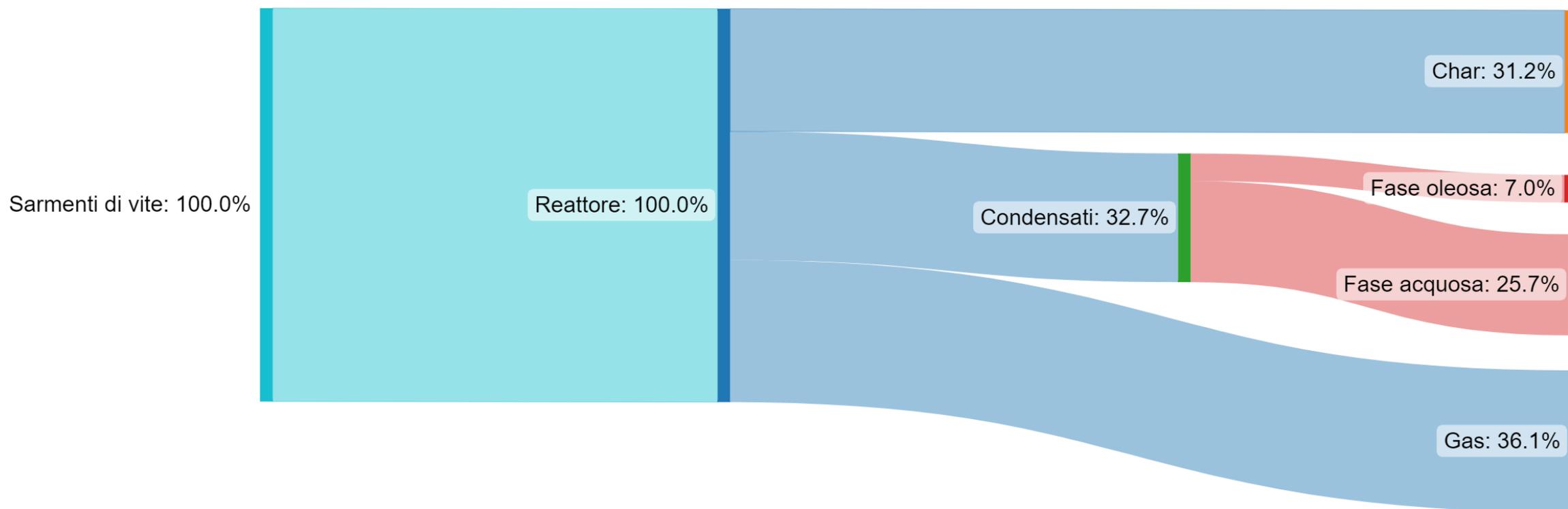


Condensati da sarmenti di vite:
1.972 kg
Resa 32.7 wt. d.b.



Char da sarmenti di vite:
1.873 kg
Resa 31.2 wt. d.b.

PROGETTO CARBOGAIN: BILANCIO DI MASSA – SARMENTI DI VITE (SPYRO)

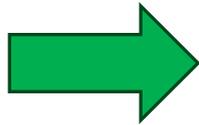


*gas per differenza

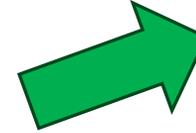
PROGETTO CARBOGAIN: MIX DI LATIFOGLIE (SPYRO)



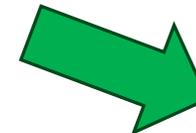
Cippato da mix di latifoglie
6.000 kg @MC 0 wt%



- Temperatura: 500°C
- Tempo di residenza: 60 min

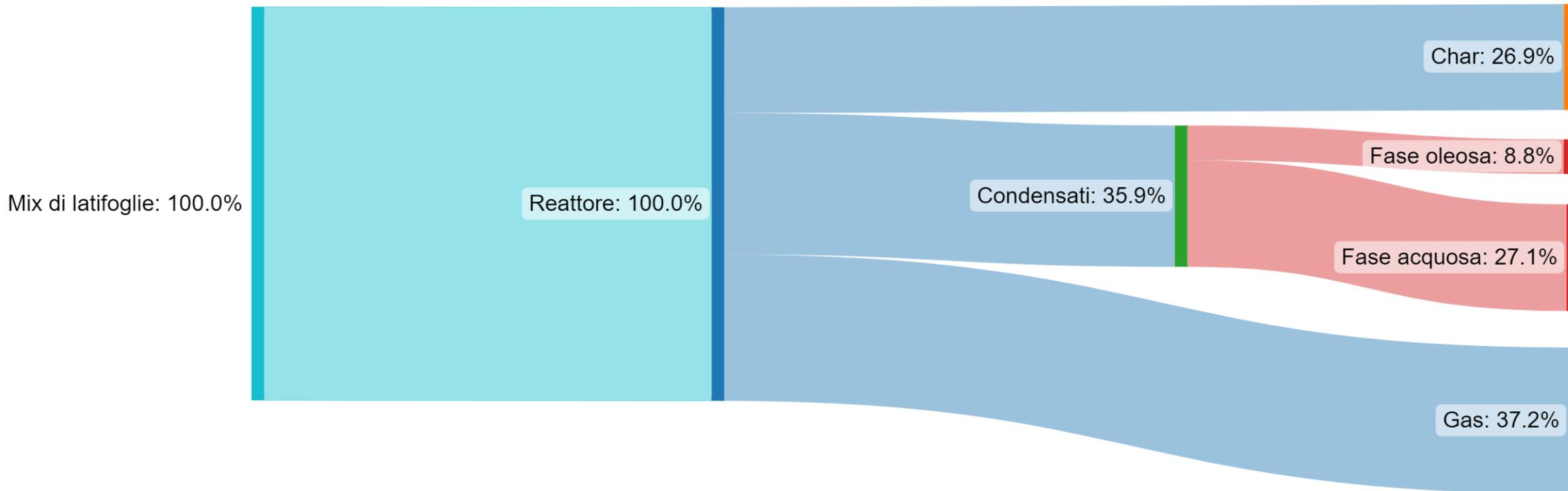


Condensati da mix di latifoglie
2.153 kg
Resa 35.9 wt.% d.b.



Char da mix di latifoglie
1.616 kg
Resa 26.9 wt.% d.b.

PROGETTO CARBOGAIN: BILANCIO DI MASSA – MIX DI LATIFOGLIE (SPYRO)



*gas per differenza

PROGETTO CARBOGAIN: ANALISI PRELIMINARI CHAR PRODOTTI (SPYRO)



Analisi	Unit	Char da sarmenti di vite	Char da mix di latifoglie
Umidità	wt. w.b.	1.3	0.9
Carbonio fisso	wt. d.b.	74.0	83.0
Volatili	wt. d.b.	14.2	11.9
Ceneri	wt. d.b.	11.9	5.1
C	wt. d.b.	81.5	88.5
H	wt. d.b.	2.4	2.8
N	wt. d.b.	1.6	0.7
O	wt. d.b.	2.6	2.9

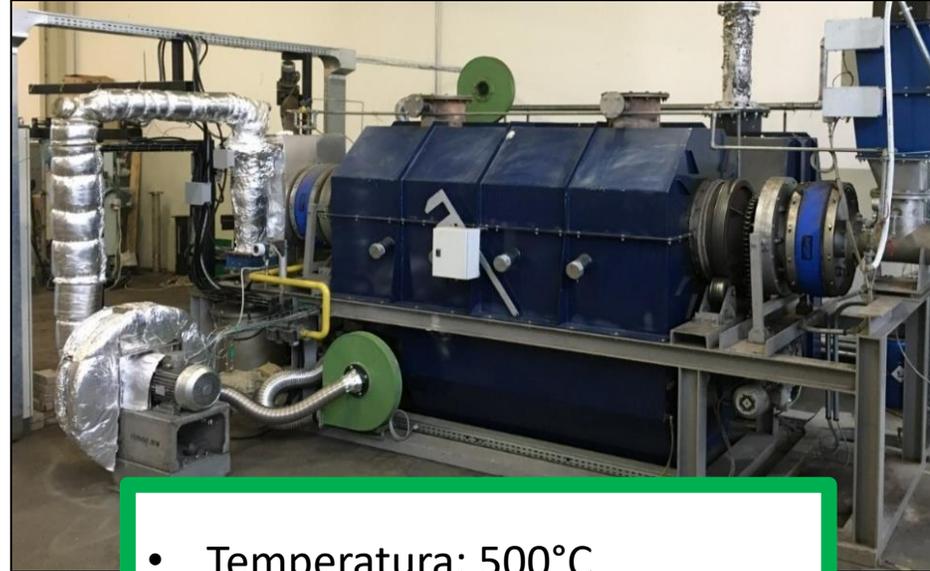


PROGETTO CARBOGAIN – TEST SU IMPIANTO A FORNO ROTANTE (PYROK)

PROGETTO CARBOGAIN: SARMENTI DI VITE (PYROK)



Cippato da sarmenti di vite
278.6 kg @MC 12 wt.%



- Temperatura: 500°C
- Tempo di residenza: ~60 min



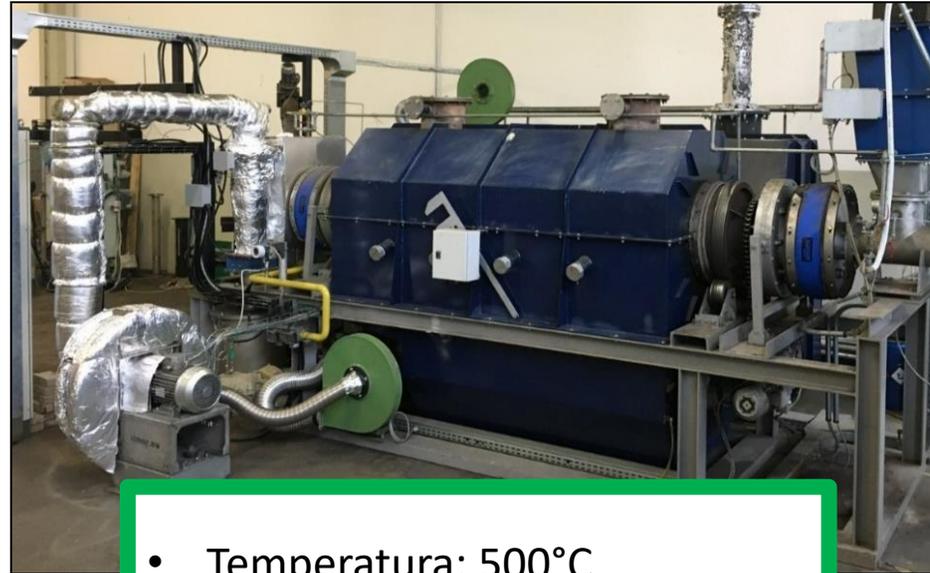
Char da sarmenti di vite
71.3 kg d.b.
Resa: 30.8 wt.% d.b.*

*Considerando anche il residuo solido recuperato nel tank del ciclone (4.3 kg)

PROGETTO CARBOGAIN: MIX DI LATIFOGLIE (PYROK)



Cippato da mix di latifoglie
275.2 kg @MC 9.4 wt.%



- Temperatura: 500°C
- Tempo di residenza: ~60 min



Char da mix di latifoglie
64.0 kg d.b.
Resa: 26.7 wt.% d.b. *

*Considerando anche il residuo solido recuperato nel tank del ciclone (2.5 kg)

PROGETTO CARBOGAIN: CONFRONTO PRODUZIONE IMPIANTI



Biomassa di partenza	Unità	Resa di char	
		SPYRO (coclea, 2 kg/h)	PYROK (forno rotante, 100 kg/h)
Cippato da sarmenti di vite	wt. d.b.	31.2	30.8
Cippato da mix di latifoglie	wt. d.b.	26.9	26.7

Variazione rel %
-1.3
-0.7



PROGETTO CARBOGAIN: ANALISI PRELIMINARI CHAR PRODOTTI (SPYRO)



Analisi	U.M.	Char da sarmenti di vite		Char da mix di latifoglie	
		SPYRO	PYROK	SPYRO	PYROK
Carbonio fisso	wt. d.b.	74.0	72.1	83.0	83.9
Volatili	wt. d.b.	14.2	14.2	11.9	11.8
Ceneri	wt. d.b.	11.9	13.7	5.1	4.3
C	wt. d.b.	81.5	80.5	88.5	88.5
H	wt. d.b.	2.4	2.1	2.8	2.4
N	wt. d.b.	1.6	1.5	0.7	0.6
O	wt. d.b.	2.6	2.2	2.9	4.2

CONCLUSIONI



- PER PICCOLE-MEDIE AZIENDE AGRICOLE LA PIROLISI LENTA RAPPRESENTA UN'ALTERNATIVA ALLA PRODUZIONE DECENTRALIZZATA DI ENERGIA
 - VALORIZZAZIONE DI BIOMASSA RESIDUALE A DISPOSIZIONE IN AZIENDA PER LA PRODUZIONE DI UNO O DUE PRODOTTI (BIOCHAR/CARBONELLA) CHE SI INSERISCE NEL MERCATO
 - TECNOLOGIA SCALABILE E ADATTA ANCHE PER LE PICCOLE SCALE
 - PRODUZIONE SOSTENIBILE CON BIOMASSA LOCALE E LIMITATE EMISSIONI CON COPRODUZIONE DI CALORE
 - INDIPENDENTE DAGLI INCENTIVI, CHE A LORO VOLTA DIPENDONO DAL CONTESTO POLITICO (BASA LA SUA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA SULLE CONDIZIONI DI MERCATO)
 - RICHIEDE MODESTI INVESTIMENTI, LIMITATI INGOMBRI E PERSONALE NON ALTAMENTE SPECIALIZZATO

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



Follow us!

 [re-cord](https://www.linkedin.com/company/re-cord)

 [record_bioenergy](https://www.instagram.com/record_bioenergy)

 [recordbioenergy](https://twitter.com/recordbioenergy)

 [Consorzio RE-CORD](https://www.youtube.com/consorzio-re-cord)

 WWW.RE-CORD.ORG



GIACOMO.LOMBARDI@RE-CORD.ORG