

Realizzazione impianti sperimentali, dimostrazioni e divulgazione WP5

Francesco Gallucci CREA – Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari

Convegno Nazionale

30.11.2023

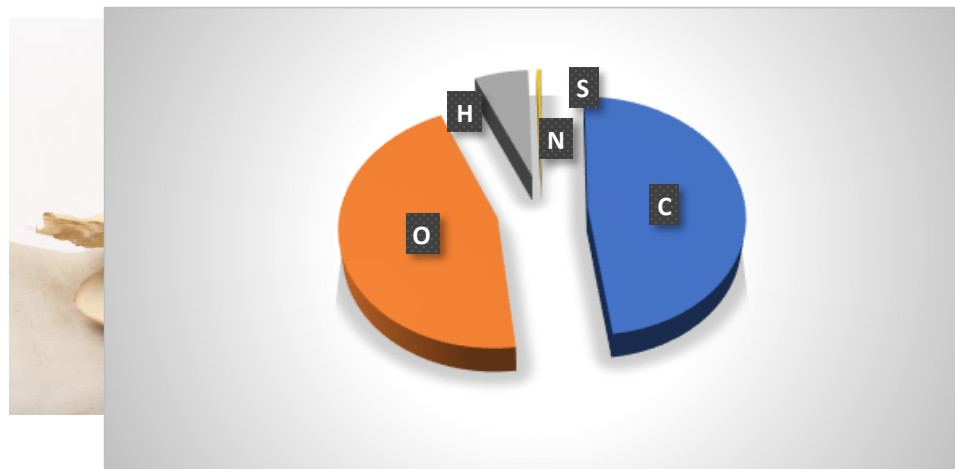
Aula Magna ISTAT

- **Obiettivo:** Trasformazione energetica delle biomasse agroforestali mediante processi termochimici e monitoraggio delle emissioni.
- **Metodologia:**
 - ✓ Caratterizzazione chimico/fisica della biomassa a monte dei processi termochimici;
 - ✓ Combustione diretta della biomassa in impianti di conversione energetica;
 - ✓ Valutazione e Controllo delle emissioni al camino;
 - ✓ Caratterizzazione del PM;
 - ✓ Gassificazione della biomassa nell'impianto pilota a letto fluidizzato;
 - ✓ Valutazione della qualità del Syngas prodotto da PABR;
- **Divulgazione e validazione dei risultati della ricerca:**
 - ✓ Pubblicazioni su riviste IF (22);
 - ✓ Atti di convegno (42);

La caratterizzazione chimico-fisica della biomassa permette di prevedere la qualità della combustione e delle emissioni prodotte

Analisi elementare:

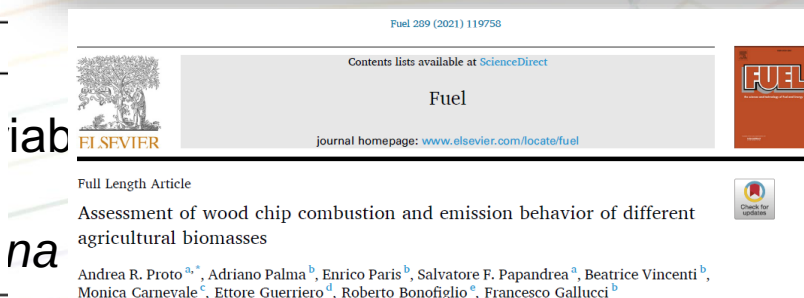
Carbonio (40-55%), **Ossigeno** (40-50%), **Idrogeno** (5-7%), **Azoto** e **Zolfo**, presenti in percentuali che in genere non arrivano all'1%. In percentuali piccole, **Cellulosa** stabilisce le microfibre che danno resistenza meccanica alle piante



Rapporto C/N

Può dare delle indicazioni su quale sia il processo di conversione energetica più adatto per un dato materiale. Quando questo rapporto risulta > 30 allora sarebbe meglio fare ricorso ai processi termochimici; se è < 30 è meglio utilizzare quelli biochimici.

Compound	Citrus	Grapevine	Olive
C (%)	48.86 $\pm$ 4.42	50.34 $\pm$ 0.73	49.58 $\pm$ 2.69
H (%)	5.75 $\pm$ 0.62	6.36 $\pm$ 0.52	5.00 $\pm$ 0.60
N (%)	0.35 $\pm$ 0.06	0.57 $\pm$ 0.12	0.21 $\pm$ 0.06
Ash (%)	1.80 $\pm$ 0.18	2.71 $\pm$ 0.14	0.90 $\pm$ 0.03
Humidity (%)	12.31 $\pm$ 0.06	12.08 $\pm$ 0.15	12.15 $\pm$ 0.07
LHV (MJ/kg)	17.95 $\pm$ 0.20	18.39 $\pm$ 0.37	18.68 $\pm$ 0.03



sostanze

osa 25-35%

Parametri della caratterizzazione: Strumentazione

Umidità [%]



Determinazione umidità
Stufa Memmert UFP800

Ceneri [%]



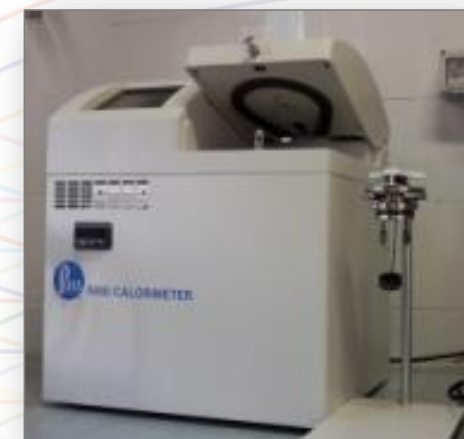
Determinazione contenuto ceneri
Muffola Lenton EF/118B

Analisi elementare [%]



Determinazione del contenuto di C, H, N, S, O
Analizzatore elementare Costech ECS 4010

Potere calorifico [MJ/kg]



Determinazione del PCS
Calorimetro Anton Parr 6400

$$PCI = PCS - 206,15 \cdot H\%/1000$$

Combustione diretta della biomassa in impianti di conversione energetica

Centrale a biomasse: Impianto dimostrativo di cogenerazione da 350 kW_{th}

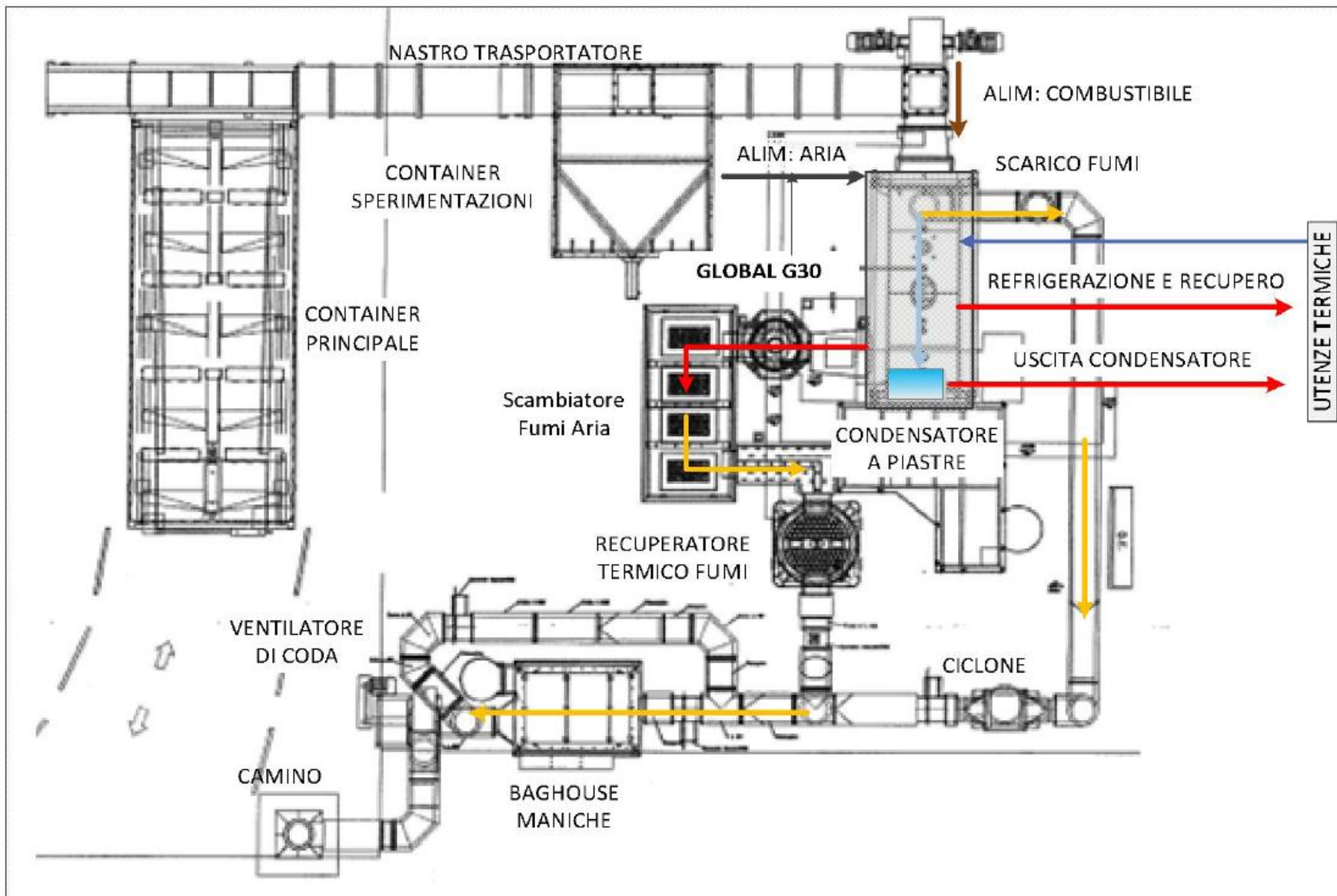


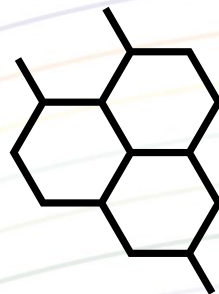
Combustione diretta della biomassa in impianti di conversione energetica

Centrale a biomasse: Impianto dimostrativo di cogenerazione da 350 kW_{th}



Layout impianto





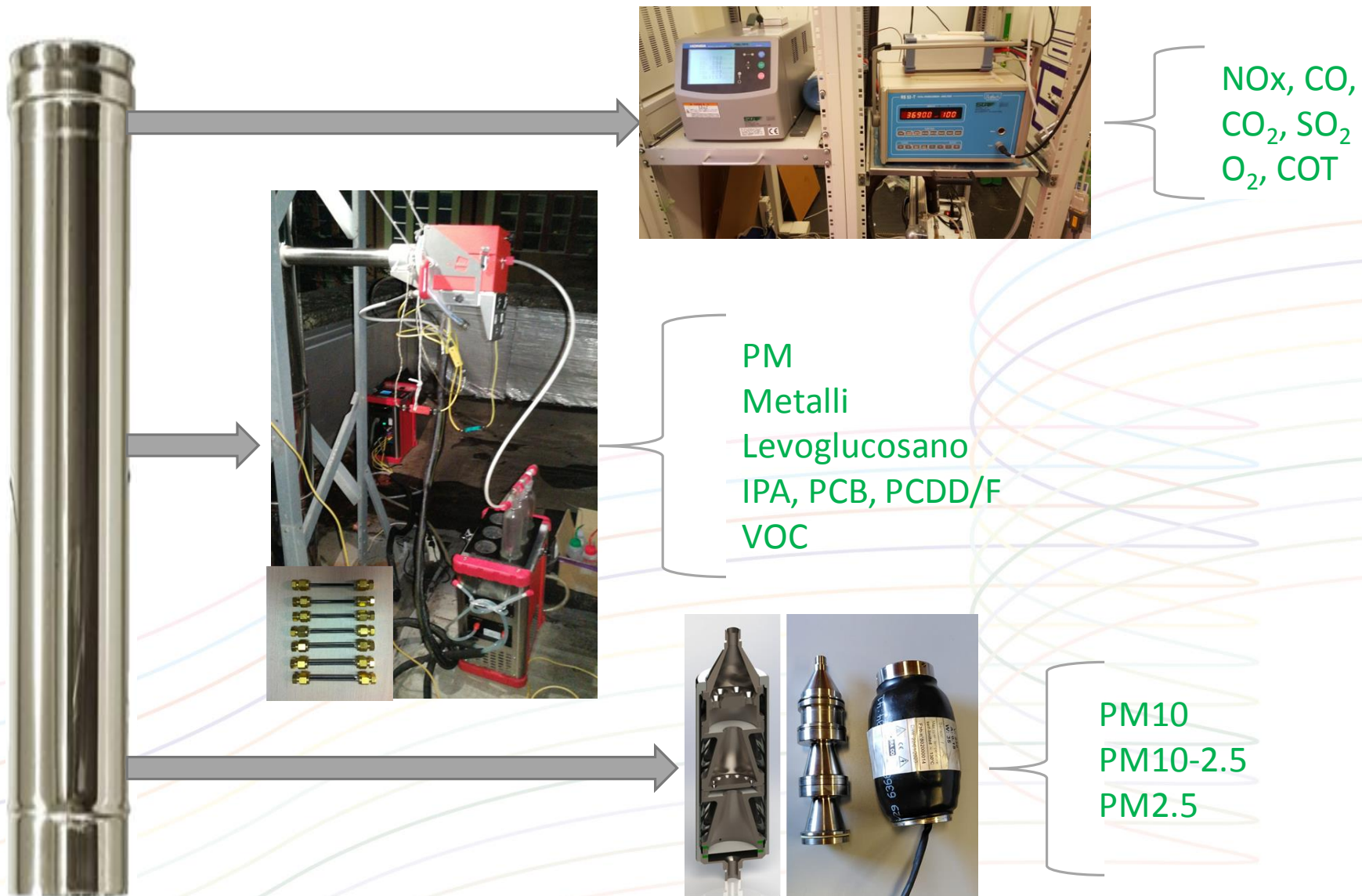


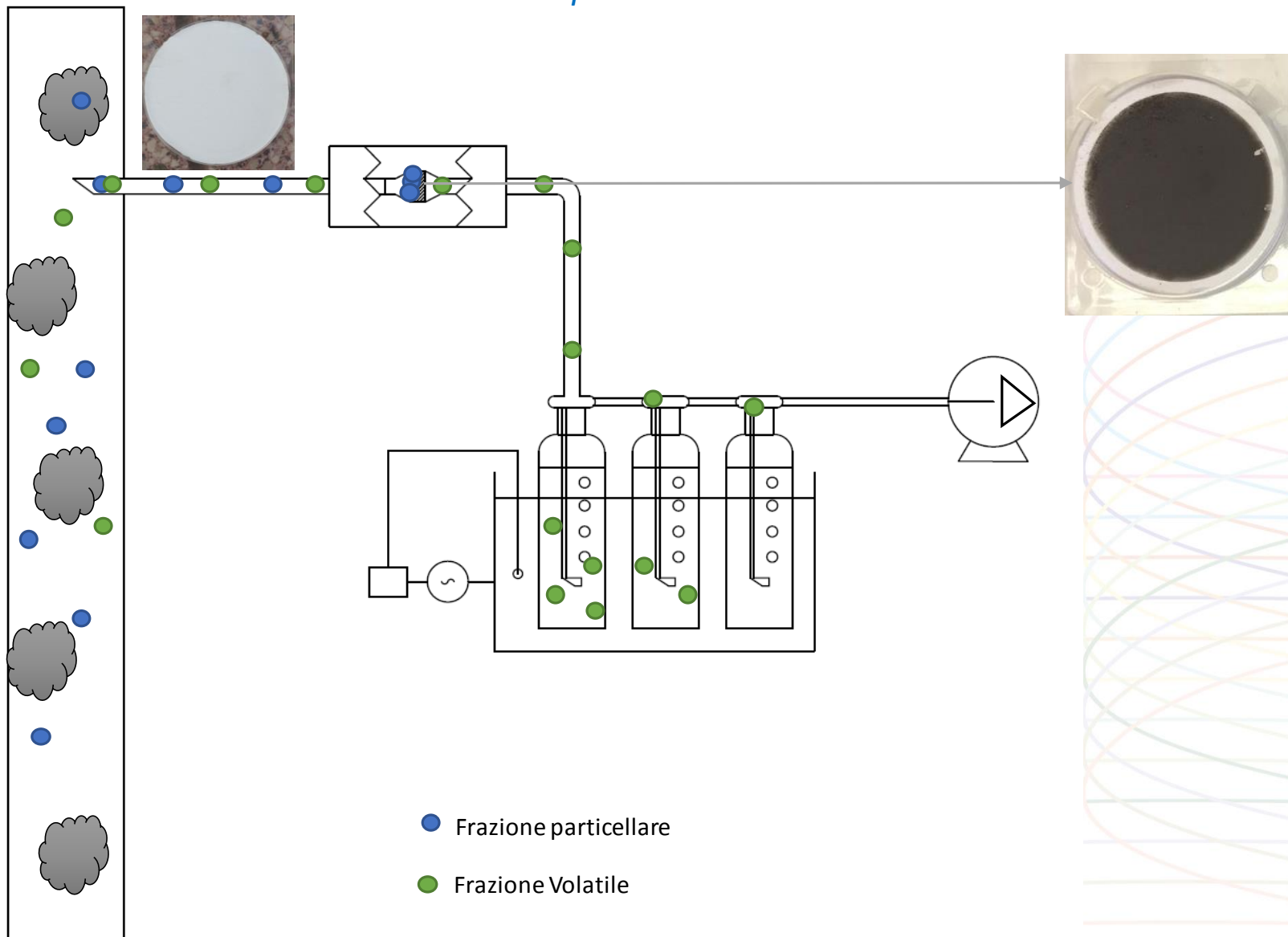
Apparato strumentale per il campionamento isocinetico:

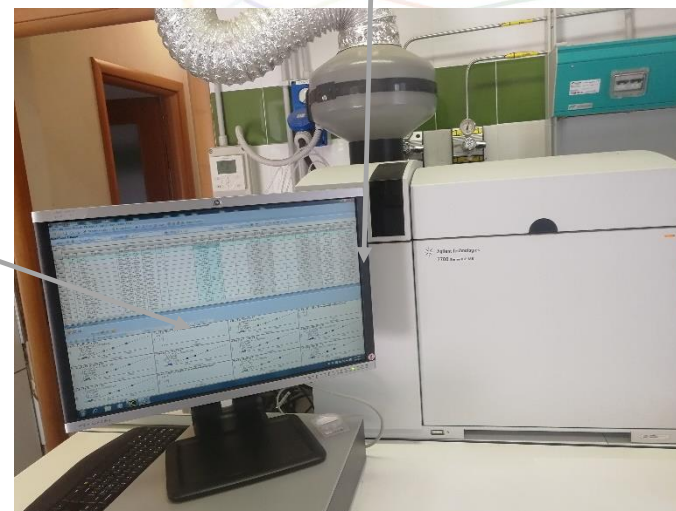
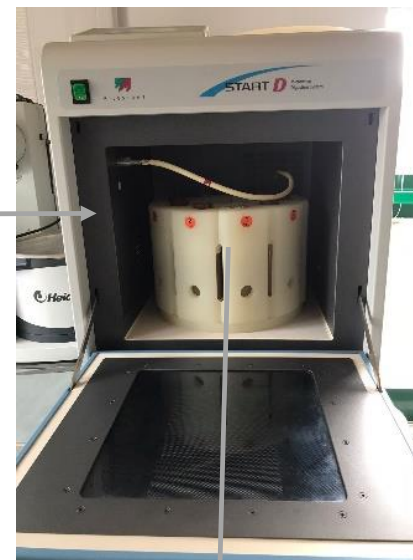
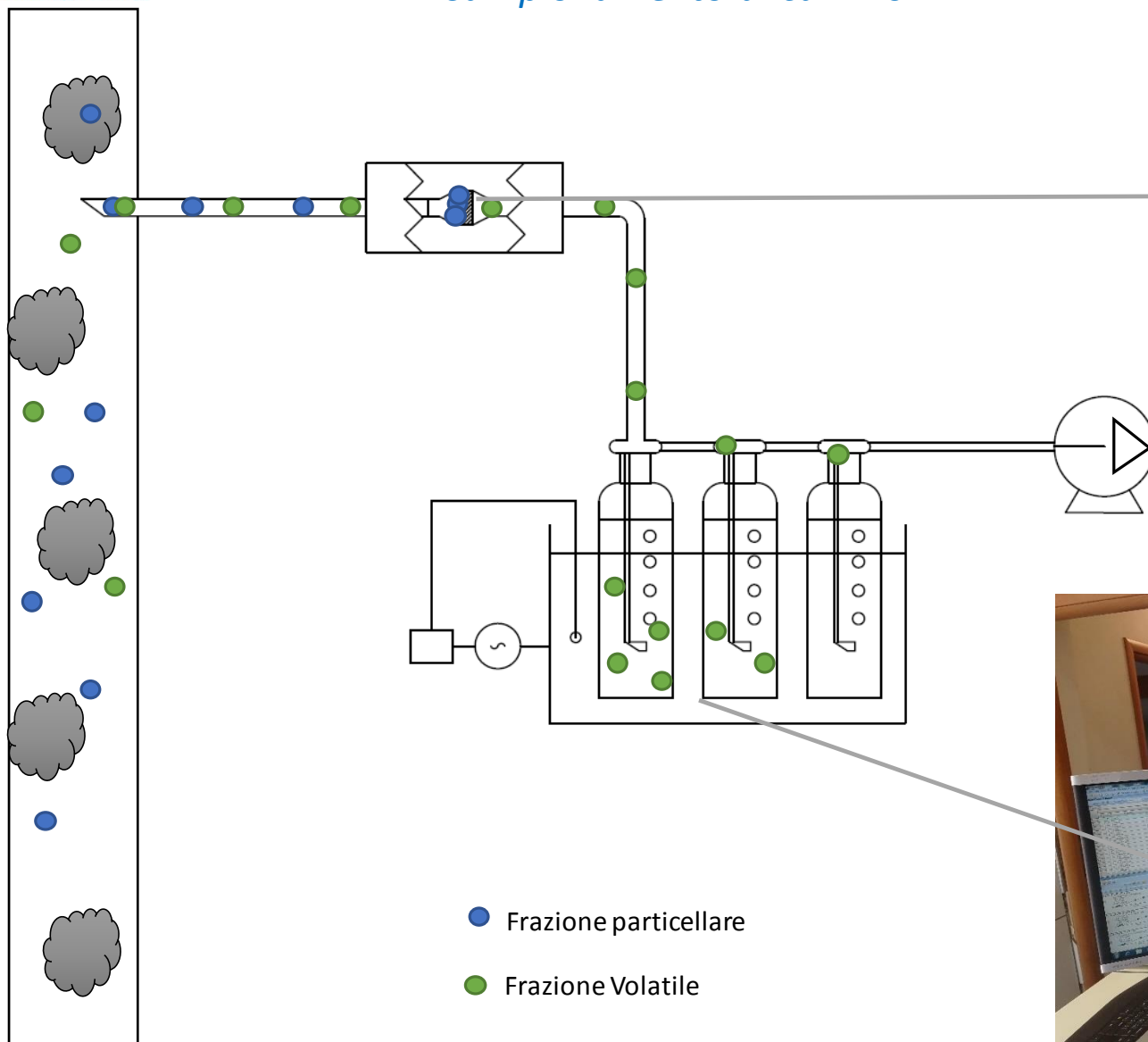
- 1: Sonda di prelievo riscaldata
- 2: Camera termostata
- 3: Chiller con gorgogliatori
- 4: Campionatore Isocinetico Automatico

Valutazione e Controllo delle emissioni al camino

Strumentazione per il monitoraggio e il campionamento delle emissioni

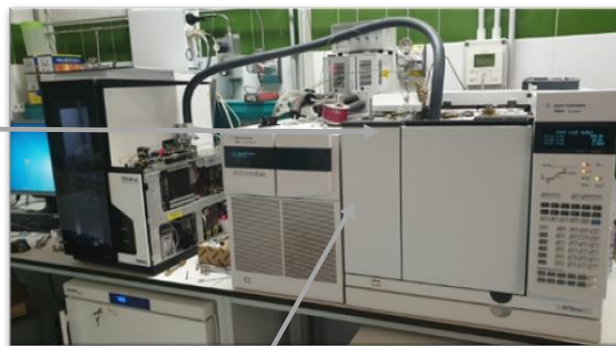




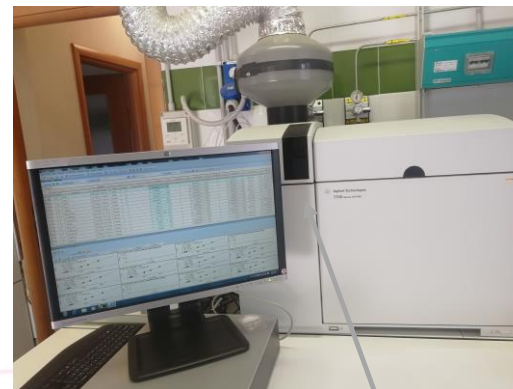


Composti Organici (VOC: BTEX,...; SVOC: PCDD/F, IPA, PCB,...; Levoglucosano e suoi isomeri) ed Inorganici (Metalli)

SVOC



Metalli

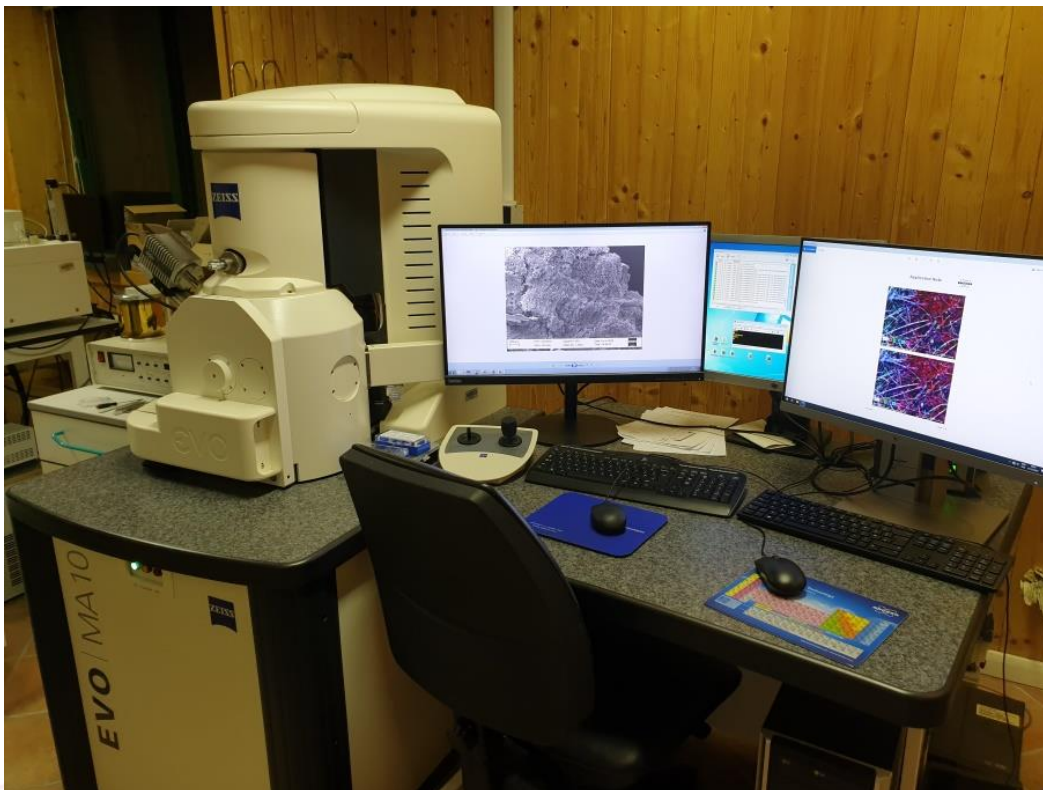


VOC

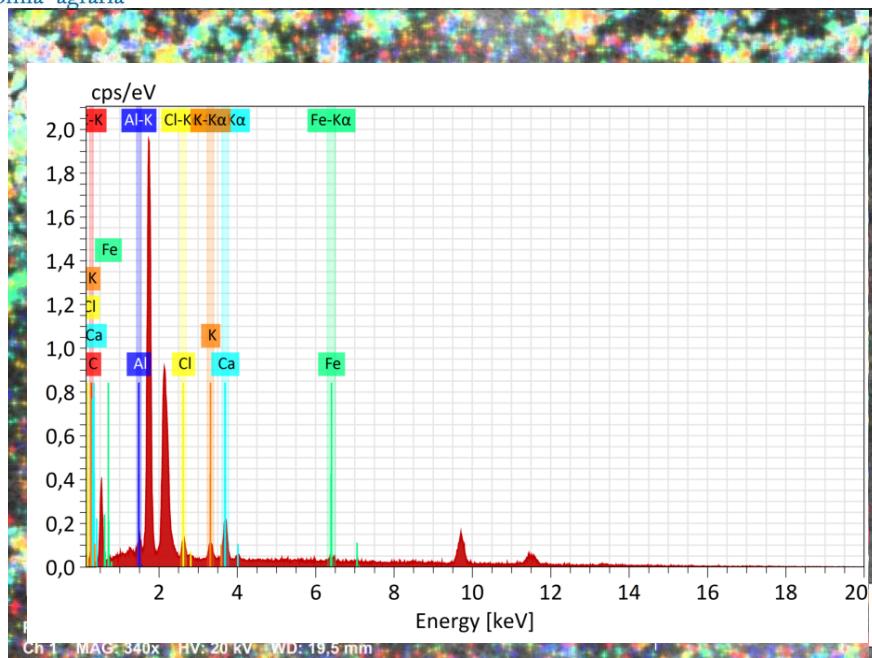


Levoglucosano



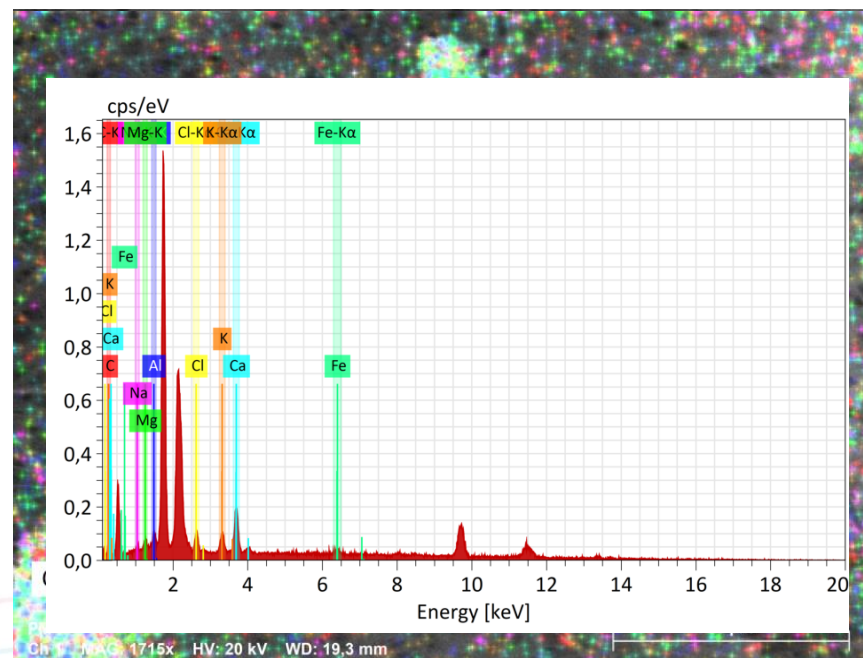


- Il SEM permette di analizzare la morfologia delle particelle emesse e residuali (PM, Ceneri, ecc.).
- L'EDS permette di ottenere la composizione elementare superficiale delle particelle studiate



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]
Carbon	6	678	2,91	39,92	68,54
Calcium	20	4736	2,33	31,95	16,95
Potassium	19	1678	0,64	8,75	4,76
Chlorine	17	1854	0,60	8,26	4,46
Iron	26	680	0,52	7,12	2,29
Aluminium	13	740	0,29	4,01	1,61
		Sum	7,29	100,00	100,00

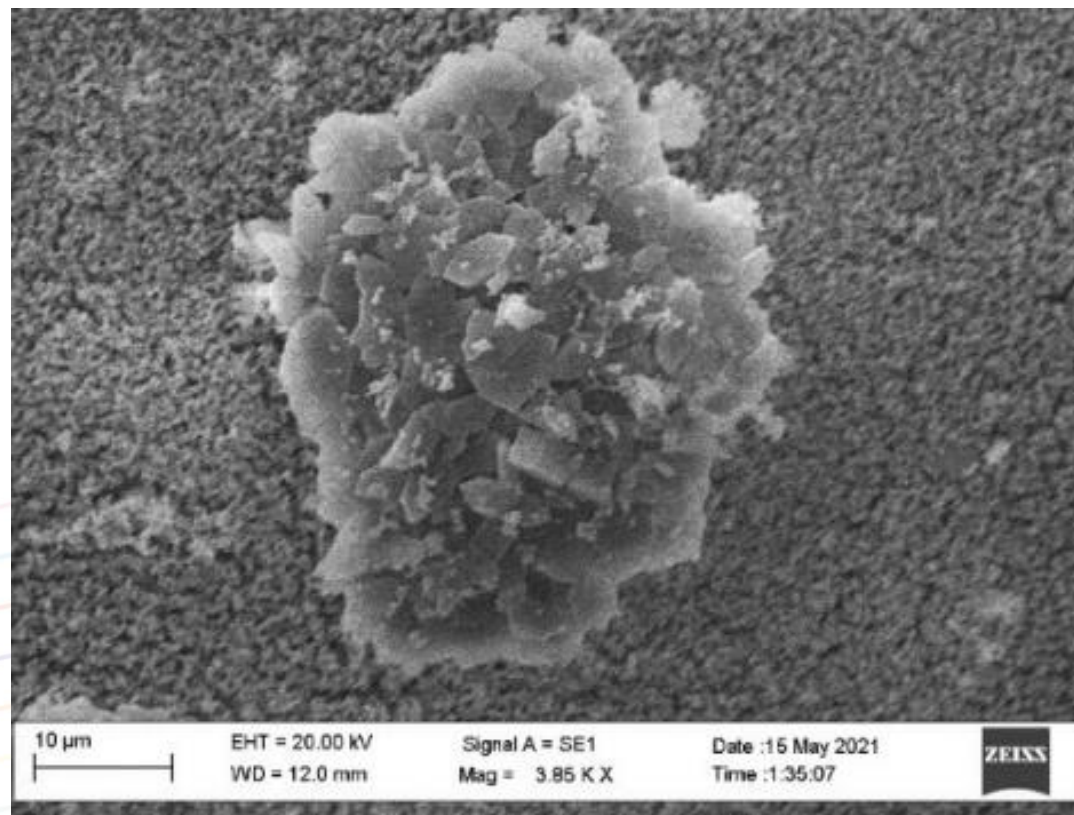
Ch 1 MAG: 340x HV: 20 kV WD: 19,5 mm



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]
Carbon	6	649	3,00	40,15	68,54
Calcium	20	4355	2,48	33,13	16,95
Potassium	19	1564	0,68	9,08	4,76
Chlorine	17	1572	0,58	7,71	4,46
Iron	26	579	0,47	6,22	2,29
Aluminium	13	366	0,16	2,11	1,61
Sodium	11	94	0,08	1,05	0,94
Magnesium	12	75	0,04	0,55	0,46
		Sum	7,48	100,00	100,00

Ch 1 MAG: 6200x HV: 20 kV WD: 19,7 mm

- PM (Particulate Matter) è il termine generico con il quale si definisce una miscela di particelle solide e liquide (particolato) che si trovano **in sospensione nell'aria**
- Esiste, inoltre, un **particolato di origine secondaria** che si genera in atmosfera per reazione di altri inquinanti come gli ossidi di azoto (NO_x), il biossido di zolfo (SO₂), l'ammoniaca (NH₃) ed i Composti Organici Volatili (VOC), per formare solfati, nitrati e sali di ammonio. Inoltre, tra i costituenti delle polveri rientrano composti quali idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli pesanti.
- Le particelle sospese nell'aria hanno forme irregolari. Le particelle vengono classificate **secondo il diametro aerodinamico**, e l'unità di misura convenzionalmente usata è il micrometro.



Influenza delle condizioni esterne sulla formazione e distribuzione del PM₁₀:

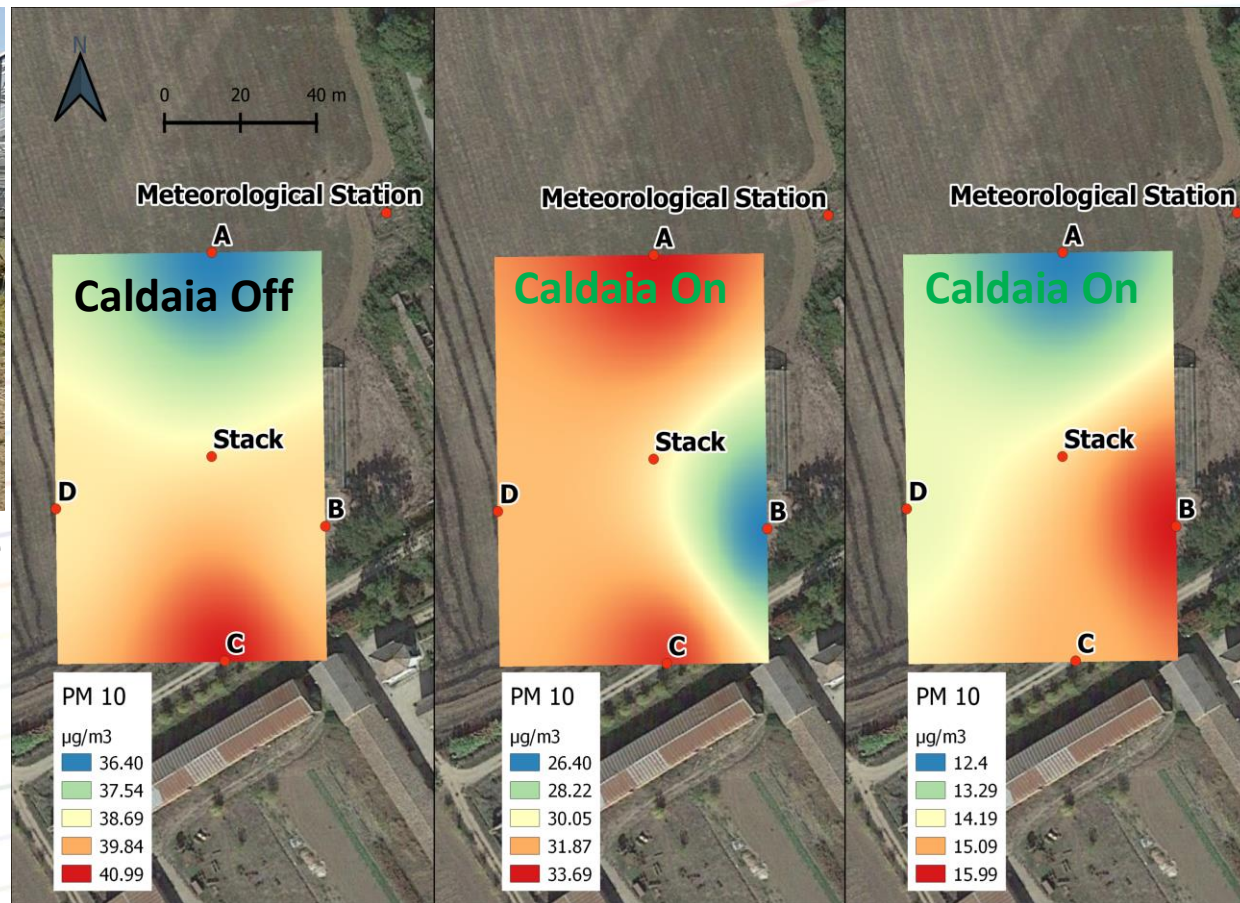
- Meteorologia;
- Lavorazioni agricole;
- Traffico automobilistico;
- Fenomeni di combustioni locali;



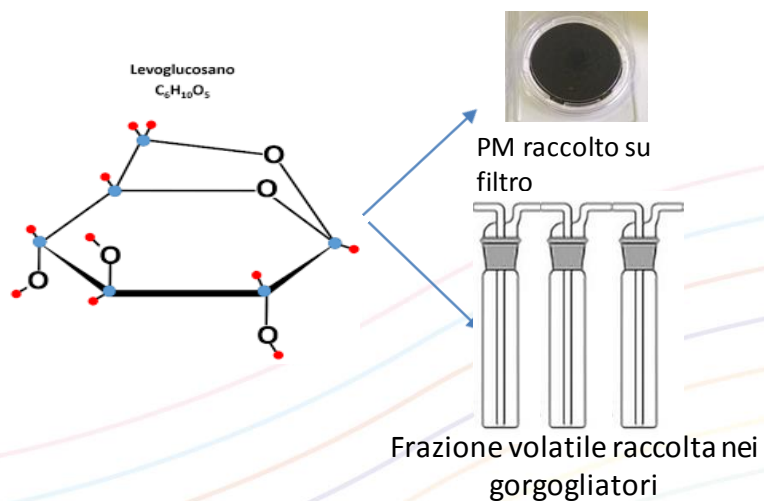
Caldia 30 kW



Campionatore ambientale
PM₁₀: SkyPost Tecora

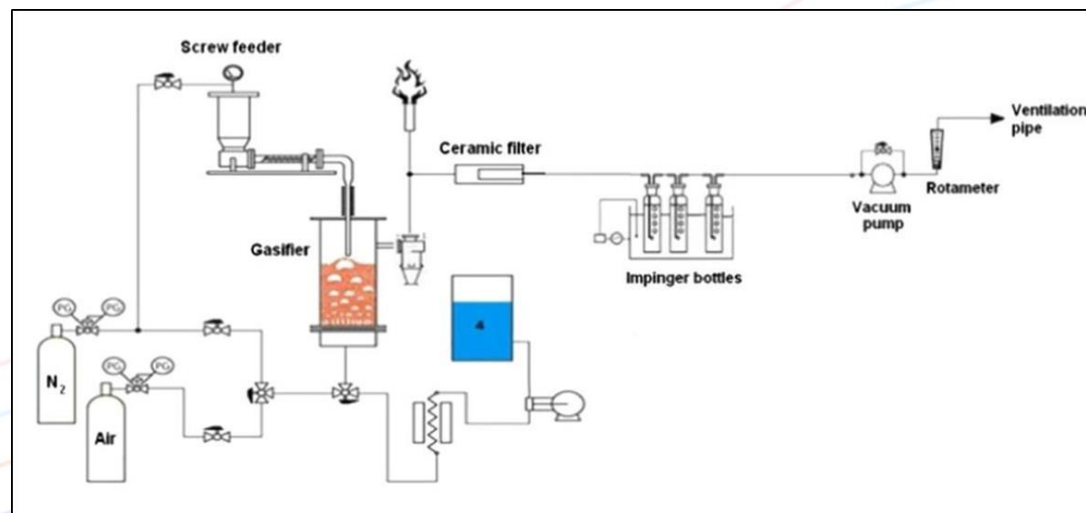
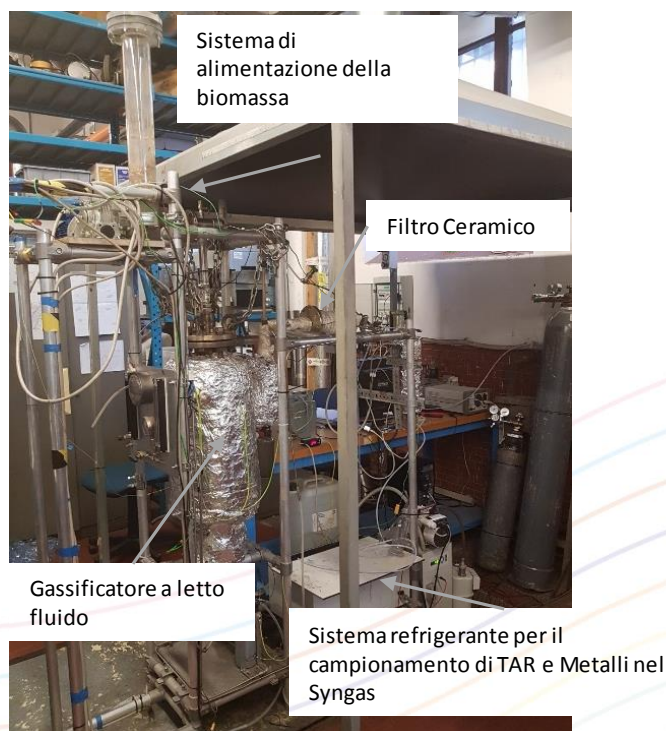


Si genera nei processi di pirolisi della cellulosa a temperature superiori a 300°C ed è stabile in atmosfera, utile a discriminare univocamente le diverse fonti emissive.



Cromatografo Ionico Metrohm ECO-IC + Detector
Amperometrico
Determinazione Anioni Cationi e Zuccheri

La gassificazione mediante una degradazione termica porta alla creazione di una miscela gassosa di sintesi detta appunto Syngas, composto principalmente da H_2 , CO e CH_4 . Tale processo di conversione energetica permette di utilizzare prodotti residuali agroforestali per realizzare energia green a basso impatto ambientale.

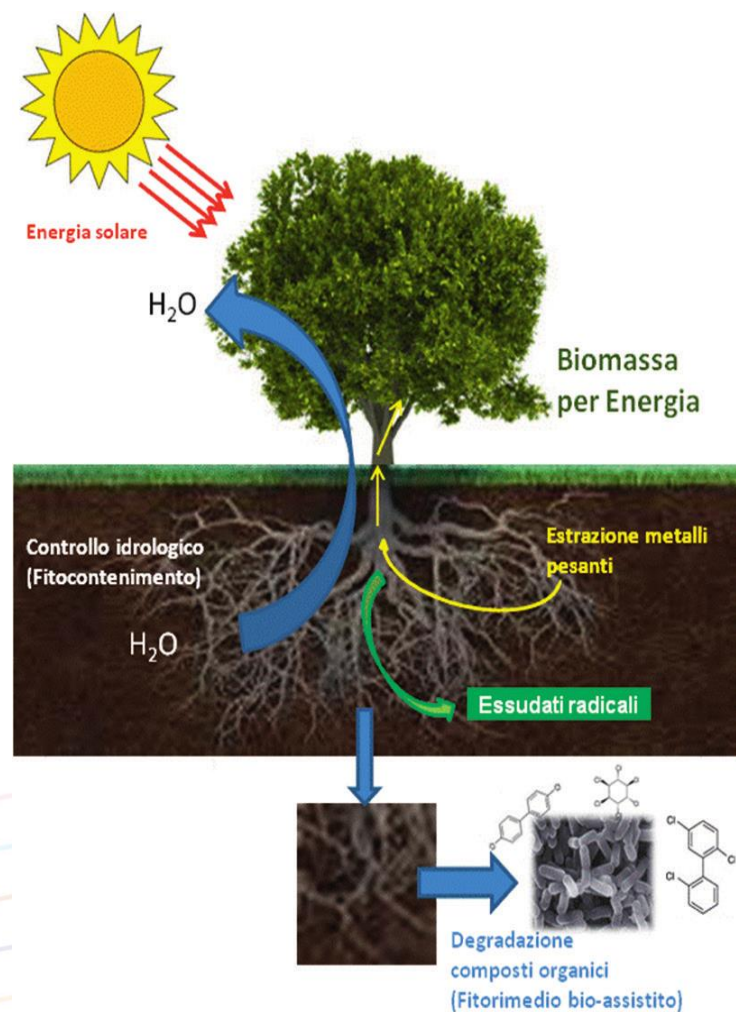


Attività di analisi e monitoraggio:

- Composizione Syngas
- Composizione Ceneri
- Metalli nel Syngas
- VOC nel Syngas

Gassificazione della biomassa nell'impianto pilota a letto fluidizzato

Gassificazione biomasse PABR (*Plant Assisted BioRemediation*)

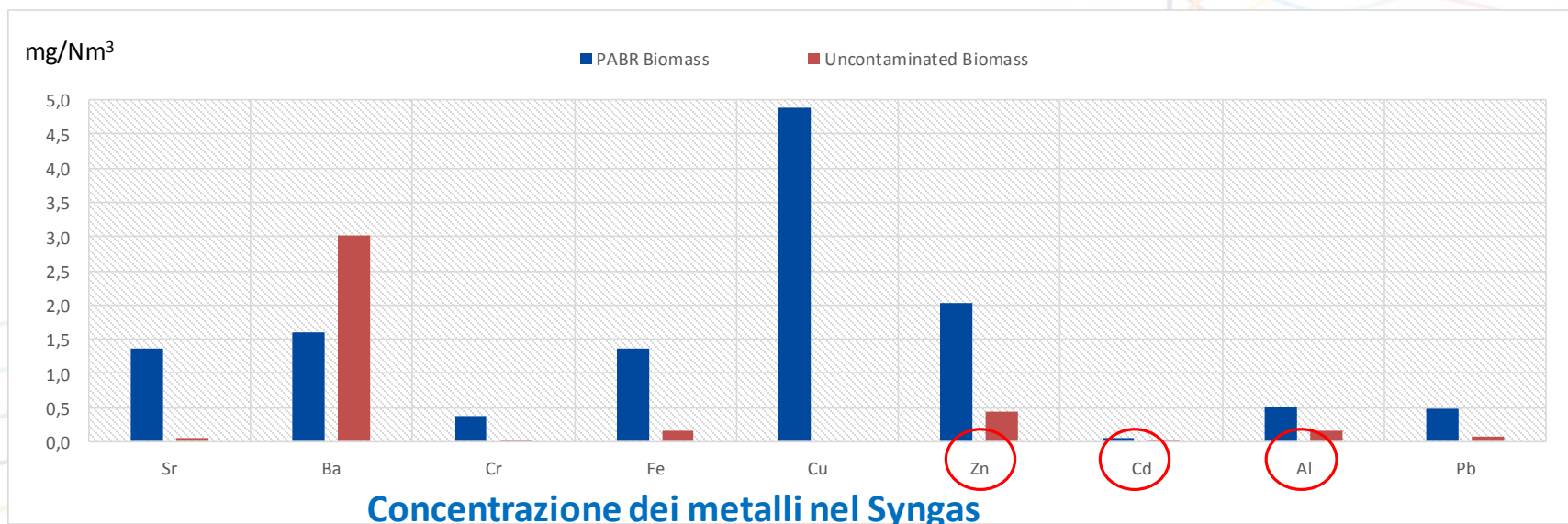


- PABR è una tecnica green per il recupero di suoli contaminati
- L'azione sinergica di piante e microrganismi permette di bonificare i terreni
- Le potature di colture PABR sono considerate contaminate e perciò prodotti di scarto difficili da smaltire
- La gassificazione è un processo che può valorizzare le potature

Valutazione della qualità del Syngas prodotto da PABR

Gassificazione biomasse PABR

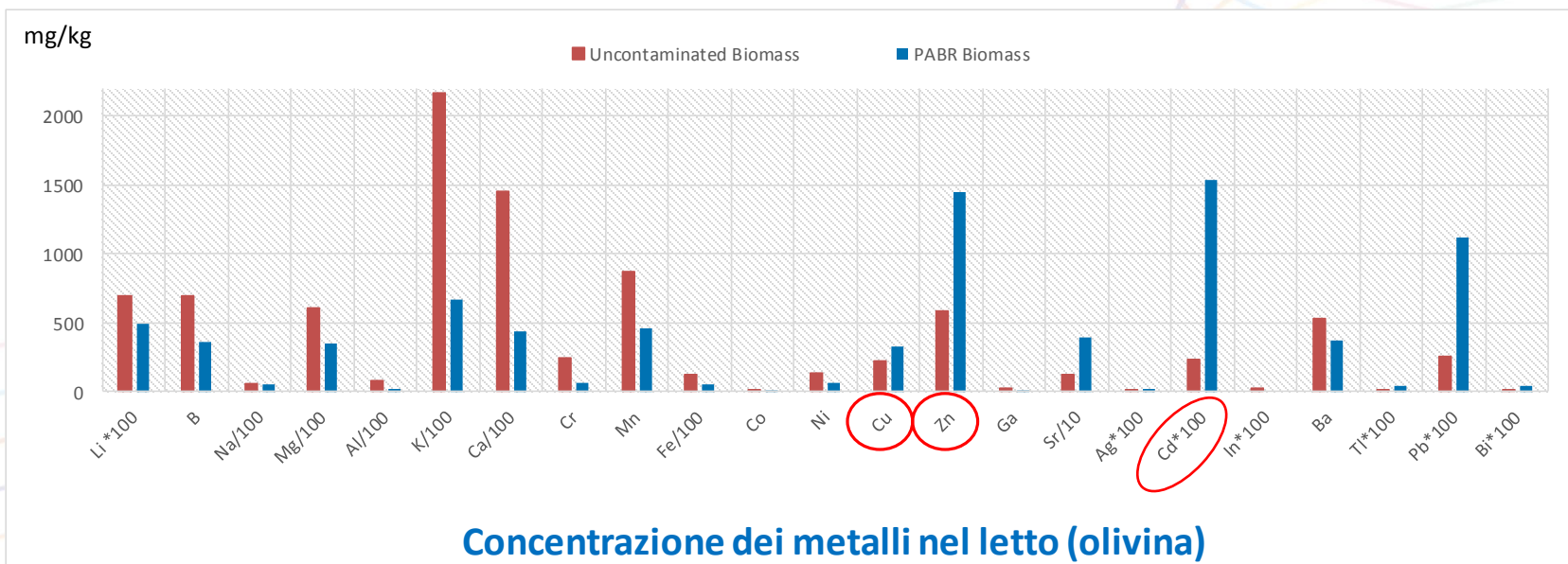
- I contaminanti metallici nel syngas sono dello stesso ordine di grandezza se si confrontano biomasse tradizionali e PABR, mentre nelle ceneri c'è una differenza evidentissima
- La maggior parte dei metalli si concentra nelle ceneri
- La gassificazione permette di ottenere energia green da un prodotto di scarto e di ridurre il volume di materiale contaminato



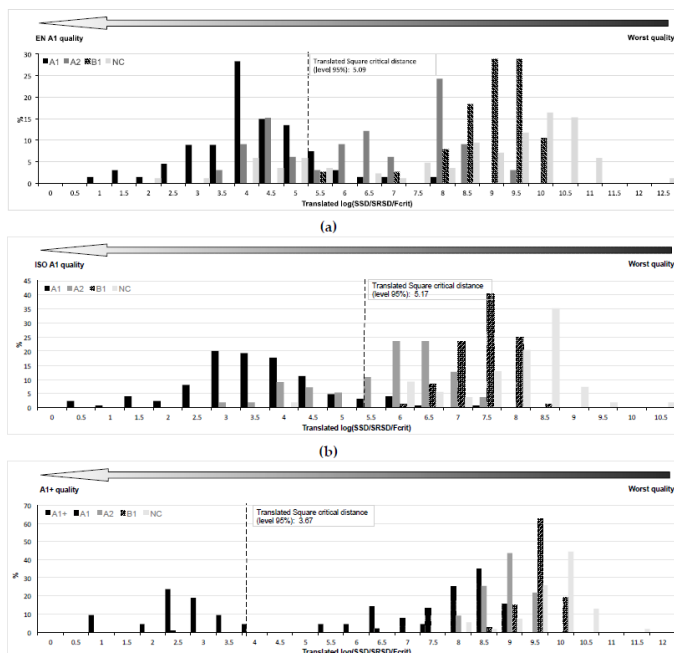
Valutazione della qualità del Syngas prodotto da PABR

Gassificazione biomasse PABR

- I contaminanti metallici nel syngas sono dello stesso ordine di grandezza se si confrontano biomasse tradizionali e PABR, mentre nelle ceneri c'è una differenza evidentissima
- La maggior parte dei metalli si concentra nelle ceneri
- La gassificazione permette di ottenere energia green da un prodotto di scarto e di ridurre il volume di materiale contaminato



Task 5.5 Leader: Corrado Costa



Valutazione qualitativa del pellet:
Indice SIMCA di qualità del pellet basato su
parametri chimico-fisici

Hanno partecipato al Task 1.4: Antonucci F, Taiti C, Violino S, Cecchini, C, Figorilli S, Pallottino F, Zanetti M, Proto A, D'Andrea S, Greco R, Demattè L, Mancuso S, Cavalli R, Grigolato S, Menesatti P

Antonucci F, Figorilli S, Costa C, Pallottino F, Raso L, Menesatti P, 2019. A Review on blockchain applications in the agri-food sector. JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE, 99: 6129–6138.

Costa C, Taiti C, Zanetti M, Proto A, D'Andrea S, Greco R, Demattè L, Mancuso S, Cavalli R, 2017. Assessing VOC emission by wood pellets using the PTR-ToF-MS technology. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, 58: 445-450.

Zanetti M, Greco R, Costa C, Cavalli R, 2018. Changes of particle size classification of wood chips according to the new standard rules for domestic use. EUROPEAN JOURNAL OF WOOD AND WOOD PRODUCTS, 76: 805-807.

Zanetti M, Costa C, Greco R, Grigolato S, Ottaviani Aalmo G, Cavalli R, 2017. How wood fuels's quality relates to the standards: a class-modelling approach. ENERGIES, 10: 1455.

Linea 1 di attività: Sviluppo e/o valutazione di metodi indiretti di stima delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati
Linea 2 di attività: Sviluppo e/o valutazione di modelli e tecniche per la qualificazione e la provenienza delle materie prime
Linea 3 di attività: Valutazione economica sull'introduzione di tecnologie di tracciabilità elettronica (RFID) nella filiera del pellet ed in relazione alla certificazione
Linea 4 di attività: Azioni di dimostrazione e di divulgazione dei risultati

Review

Received 19 April 2019
Revised 25 June 2019
Accepted article published 3 July 2019
Published online in Wiley Online Library 16 August 2019

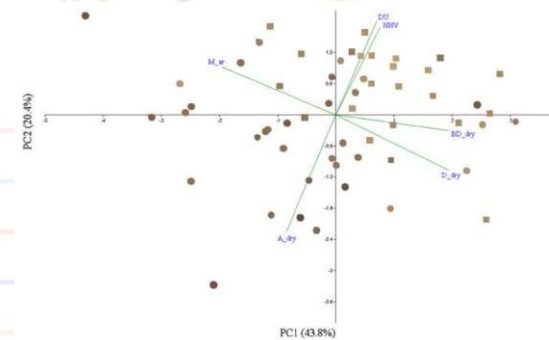


A review on blockchain applications in the agri-food sector

Francesca Antonucci,^a Simone Figorilli,^a Corrado Costa,^{a,*}
Federico Pallottino,^a Luciano Raso^b and Paolo Menesatti^a

4 premi

5 eventi dimostrativi



Metodi indiretti per la stima delle proprietà chimico-fisiche
delle materie prime

1. Paris E., Carnevale M., Guerriero E., Palma A., Vincenti B., Khalid A., Rantica E., Proto A.R., Gallucci F, Fixed source monitoring system for marker emission during biomass combustion, 2023, Renewable Energies, 208, 10.1016/j.renene.2023.03.116
2. Palma A., Gallucci F., Papandrea S., Carnevale M., Paris E., Vincenti B., Salerno M., Di Stefano V., Proto A.R, Experimental Study of the Combustion of and Emissions from Olive and Citrus Pellets in a Small Boiler, 2023, Fire, 6, 8, 10.3390/fire6080288
3. Vincenti B., Gallucci F., Paris E., Carnevale M., Palma A., Salerno M., Cava C., Palone O., Agati G., Caputi M.V.M., Borello D, Syngas Quality in Fluidized Bed Gasification of Biomass: Comparison between Olivine and K-Feldspar as Bed Materials, 2023, Sustainability, 15, 3, 10.3390/su15032600
4. Carnevale M., Paris E., Vincenti B., Palma A., Salerno M., Guerriero E., Mancini R., Calcopietro M., Gallucci F, Combustion and Emission Analysis of Spent Mushroom Compost and Forestry Woodchip for Management and Energy Production, 2023, Fire, 6, 1, 10.3390/fire6010009
5. Del Giudice A., Scarfone A., Paris E., Gallucci F., Santangelo E, Harvesting Wood Residues for Energy Production from an Oak Coppice in Central Italy, 2022, Energies, 15, 24, 10.3390/en15249444
6. Palma A., Paris E., Carnevale M., Vincenti B., Perilli M., Guerriero E., Cerasa M., Proto A.R., Papandrea S.F., Bonofiglio R., Salerno M., Gallucci F, Biomass Combustion: Evaluation of POPs Emissions (VOC, PAH, PCB, PCDD/F) from Three Different Biomass Prunings (Olive Citrus and Grapevine), 2022, Atmosphere, 13, 10, 10.3390/atmos13101665
7. Gallucci F., Paris E., Palma A., Vincenti B., Carnevale M., Ancona V., Borello D, Fluidized bed gasification of biomass from plant-assisted bioremediation: Fate of contaminants, 2022, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 53, , 10.1016/j.seta.2022.102458
8. Paris E., Avino P., Guerriero E., Vincenti B., Palma A., Carnevale M., Benedetti P., Torre M., Gallucci F, Activated Porous Carbon Fiber: New Adsorbent for Sampling and Analysis by Thermal Desorption of Siloxanes in Biogas and Biomethane, 2022, IJERP, 19, 17, 10.3390/ijerph191710890
9. Gallucci F., Palma A., Vincenti B., Carnevale M., Paris E., Ancona V., Migliarese Caputi M.V., Borello D, Fluidized bed gasification of biomass from plant assisted bioremediation (PABR): Lab-scale assessment of the effect of different catalytic bed material on emissions, 2022, Fuel, 322, , 10.1016/j.fuel.2022.124214
10. Carnevale M., Longo L., Gallucci F., Santangelo E, Influence of the harvest time and the airflow rate on the characteristics of the Arundo biochar produced in a pilot updraft reactor, 2022, Biomass Conversion and Biorefinery, 12, 7, 10.1007/s13399-020-01241-8
11. Vincenti B., Paris E., Carnevale M., Palma A., Guerriero E., Borello D., Paolini V., Gallucci F, Saccharides as Particulate Matter Tracers of Biomass Burning: A Review, 2022, IJERP, 19, 7, 10.3390/ijerph19074387

12. Garuti M., Sinisgalli E., Soldano M., Feroso F.G., Rodriguez A.J., Carnevale M., Gallucci F, Mechanical pretreatments of different agri-based feedstock in full-scale biogas plants under real operational conditions, 2022, Biomass and Bioenergy, 158, 10.1016/j.biombioe.2022.106352
13. Paris E., Carnevale M., Vincenti B., Palma A., Guerriero E., Borello D., Gallucci F, Evaluation of VOCs Emitted from Biomass Combustion in a Small CHP Plant: Difference between Dry and Wet Poplar Woodchips, 2022, Molecules 27, 3, 10.3390/molecules27030955
14. Proto A.R., Palma A., Paris E., Papandrea S.F., Vincenti B., Carnevale M., Guerriero E., Bonofiglio R., Gallucci F, Assessment of wood chip combustion and emission behavior of different agricultural biomasses, 2021, Fuel, 289, 10.1016/j.fuel.2020.119758
15. Soldano M., Pietri A., Bertuzzi T., Fabbri C., Piccinini S., Gallucci F., Aureli G, Anaerobic Digestion of Mycotoxin-Contaminated Wheat: Effects on Methane Yield and Contamination Level, 2021, Bioenergy Research, 14, 1, 10.1007/s12155-020-10161-4
16. Palma A., Colantoni A., Vincenti B., Bianchini L., Carnevale M., Paris E., Gallucci F, Comparison between coffee and common lignocellulosic biomass for energetic potential prediction, 2021, Environmental Engineering and Management Journal, 20, 10, 10.30638/eemj.2021.150
17. Fontana A., Soldano M., Bellasi P., Fabbri C., Gallucci F., Morelli L., Cappa F, Dynamics of Clostridium genus and hard-cheese spoiling Clostridium species in anaerobic digesters treating agricultural biomass, 2020, AMB Express, 10, 1, 10.1186/s13568-020-01040-4
18. Santangelo E., Carnevale M., Migliori C.A., Picarella M.E., Dono G., Mazzucato A., Gallucci F, Evaluation of tomato introgression lines diversified for peel color as a source of functional biocompounds and biomass for energy recovery, 2020, Biomass and Bioenergy, 141, , 10.1016/j.biombioe.2020.105735
19. Coppa E., Astolfi S., Beni C., Carnevale M., Colarossi D., Gallucci F., Santangelo E, Evaluating the potential use of Cu-contaminated soils for giant reed (Arundo donax L.) cultivation as a biomass crop, 2020, Environmental Science and Pollution Research, 27, 8, 10.1007/s11356-019-07503-x
20. Rajabi Hamedani S., Colantoni A., Gallucci F., Salerno M., Silvestri C., Villarini M, Comparative energy and environmental analysis of agro-pellet production from orchard woody biomass, 2019, Biomass and Bioenergy, 129, , 10.1016/j.biombioe.2019.105334
21. Pietrini F., Carnevale M., Beni C., Zacchini M., Gallucci F., Santangelo E, Effect of different copper levels on growth and morpho-physiological parameters in giant reed (Arundo donax L.) in semi-hydroponic mesocosm experiment, 2019, Water, 11, 9, 10.3390/w11091837
22. Del Giudice A., Acampora A., Santangelo E., Pari L., Bergonzoli S., Guerriero E., Petracchini F., Torre M., Paolini V., Gallucci F, Wood chip drying through the using of a mobile rotary dryer, 2019, Energies, 12, 9, 10.3390/en12091590

1. Palma A. Vincenti B. Salerno M. Paris E. Tonolo A. Carnevale M. Di Stefano V. Scalabrino M. Proto A.R. Papandrea S. Gallucci F, INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PARTICLE EMISSIONS AND COMBUSTION CONDITIONS DURING WOOD PELLET COMBUSTION", 2023, 732-734, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174638800&partnerID=40&md5=5bc62a7e9ea9b0d9b20c91736b18bd56>
2. Del Giudice A. de Iudicibus A. Assirelli A. Beni C. Arnone S. De Santis E. Lecce F. Gallucci F. Santangelo E, RECOVERY OF AGRI-FOOD LEFTOVERS MEDIATED BY BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS L.): (II) SEPARATION OF LARVAE AND BIOCONVERTED SUBSTRATES", 2023, 209-214, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174635160&partnerID=40&md5=fe397c3128eb85014278a145ed43d0cd>
3. Carnevale M. Palma A. Vincenti B. Paris E. Salerno M. Di Stefano V. Colantoni A. Bianchini L. Tonolo A. Bernardini F. Gallucci F, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND IMPACTS ASSESSMENT OF A PYRO-GASIFICATION CASE STUDY", 2023, 407-410, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174600068&partnerID=40&md5=05ac22d6e0ce619b70559753186b6e7a>
4. Paris E. Vincenti B. Palma A. Carnevale M. Salerno M. Proto A.R. Papandrea S.F. Di Stefano V. Serafini L. Gallucci F, MONITORING OF ATMOSPHERIC MARKERS EMITTED BY THE COMBUSTION OF BIOMASS: COMPARISON BETWEEN CITRUS AND OLIVE", 2023, 726-728, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174595742&partnerID=40&md5=f0c4b50b5054afb4c3630f8deba4310e>
5. Gallucci F. Vincenti B. Palma A. Carnevale M. Salerno M. Cervellini C. Di Stefano V. Tonolo A. Paris E, PARTICULATE MATTER FRACTIONS SAMPLING FROM BIOMASS BURNING BY A PROTOTYPE DEVICE", 2023, 729-731, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174576738&partnerID=40&md5=9cff89d8668ab40d5bfe3a98e1923673>
6. Vincenti B. Palma A. Salerno M. Carnevale M. Paris E. Tonolo A. Di Stefano V. Brannetti G. Caputi M.V.M. Cava C. Gallucci F, ASSESSMENT OF CONTAMINATED ARBOREAL AND HERBACEOUS BIOMASS EMISSIONS BY MEANS OF TGA-DSC ANALYSIS", 2023, 706-708, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174572789&partnerID=40&md5=0d1cf8285f738fcdd6716ae535d3524e>
7. Paris E. Palma A. Vincenti B. Salerno M. Torre M. Tratz P. Paolini V. Perilli M. Guerriero E. Caputi M.V.M. Carnevale M. Gallucci F, ACTIVATED POROUS CARBON FIBER (APCF) FOR VOCS AND SILOXANES SAMPLING IN BIOGAS", 2022, 626-628, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142534404&partnerID=40&md5=433c6a3c1f882da15d3d54853bd8599c>
8. Arnone S. Beni C. Carnevale M. De Mei M. Gallucci F. Paris E. Assirelli A. Santangelo E, USE OF TOMATO PEELS IN THE BIOCONVERSION MEDIATED BY BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS L.): PRELIMINARY RESULTS", 2022, 238-243, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142528887&partnerID=40&md5=503902ae72e86f63f737649446d0bea9>
9. Santangelo E. Migliori C.A. Carnevale M. Vincenti B. Gallucci F. Mazzucato A, BIOACTIVE COMPOUNDS IN TOMATO PEELS OF NEW BREEDING LINES", 2022, 244-248, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142515247&partnerID=40&md5=8f26f5796c7e2618aa5d3d9e2e2f3ac8>
10. Paris E. Vincenti B. Palma A. Carnevale M. Plescia P. Moscato I. Colantoni A. Salerno M. Gallucci F, CHARACTERIZATION OF DIGESTATE FROM BOVINE SLURRY CORN AND BY-PRODUCTS", 2022, 200-204, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142486611&partnerID=40&md5=9f5968dc61a108569ae37759b5a3023b>

11. Colantoni A. Paris E. Carnevale M. Vincenti B. Palma A. Bianchini L. Gallucci F, Abatement Systems Efficiency: Comparison of PM Emitted by Biomass Combustion", 2022, 272-277, https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127712730&doi=10.1007%2f978-3-030-98092-4_29&partnerID=40&md5=bde1147a35812a79c2ee4a31da9b943b
12. Gallucci F. Paris E. Carnevale M. Palma A. Vincenti B. Salerno M. Manganiello R. Tonolo A. Paolini V. Borello D. Proto A.R. Colantoni A, Comparison between "open burning" and boiler combustion: Characterization of the metals present in the pm_{10-2.5} and intermediate fractions", 2021, 1162-1164, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111899407&partnerID=40&md5=c487ec8421965219cbfe01cec1c1b7c5>
13. Gallucci F. Palma A. Scarfone A. Paris E. Vincenti B. Carnevale M. Del Giudice A. Colantoni A, Coffee pellet vs. Conventional pellet: A statistical evaluation based on quality parameters", 2021, 249-251, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111871172&partnerID=40&md5=0a03a0fb3c16255f286f358b3eabc2a7>
14. Palma A. Vincenti B. Carnevale M. Paris E. Borello D. Salerno M. Manganiello R. Bianchini L. Colantoni A. Proto A.R. Gallucci F, Evaluation of trace elements fate in contaminated biomass fractions for clean biofuel production", 2021, 102-104, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111863519&partnerID=40&md5=797bcfc6da0fb7eebe3b66f9b80e1c92>
15. Paris E. Gallucci F. Ancona V. Aimola G. Palma A. Vincenti B. Carnevale M. De Silvestri A. Iannitti L. Migliarese Caputi M.V. Borello D, Pruning of biomass from plant-assisted bioremediation (Pabr): Use in a gasification plant and monitoring of syngas quality", 2021, 546-548, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111859771&partnerID=40&md5=558927811756cb78441878022d4593fb>
16. Vincenti B. Paris E. Palma A. Carnevale M. Manganiello R. Salerno M. Borello D. Guerriero E. Colantoni A. Tonolo A. Drigo C. Proto A.R. Gallucci F, Characterization of biomass burning tracers in PM_{2.5}aerosols", 2021, 1165-1167, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111848318&partnerID=40&md5=41f21b5357cfc9cd51048b1d1580620e>
17. Carnevale M. Paris E. Palma A. Vincenti B. Salerno M. Manganiello R. Guerriero E. Perilli M. Colantoni A. Proto A.R. Gallucci F, Characterization of emissions from combustion of olive wood chips", 2021, 577-580, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111837558&partnerID=40&md5=07dc9be80b04be3030b484b785f989e6>
18. Del G.A. Scarfone A. Gallucci F. Assirelli A. Santangelo E, An innovative cutting system for the production of calibrated wood chips from pruning", 2021, 687-690, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111805812&partnerID=40&md5=636ac2bcf6ed914333aa1ce0c3bf0c9b>
19. Colantoni A. Bianchini L. Paris E. Palma A. Vincenti B. Carnevale M. Scarfone A. Del Giudice A. Civitarese V. Di Stefano V. Tonolo A. Gallucci F, Different pellet mixtures obtained from spent coffee grounds: Energetic characterization", 2020, 357-359, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097445425&partnerID=40&md5=d1927026cd426527f74b8d7d25331e57>
20. Del Giudice A. Scarfone A. Paris E. Gallucci F. Santangelo E, Qualitative assessment of residual biomass from a turkey oak (*Quercus cerris* L.) coppice in central Italy", 2020, 128-131, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097431977&partnerID=40&md5=c1fccd08ba00e27e566d412e8a1cedec>

21. Borello D. De Caprariis B. Ancona V. Paris E. Plescia P. Gallucci F, *Use of an innovative TGA apparatus for sampling the emissions generated by pyrolysis of plant assisted bio-remediation biomass*", 2020, 302-305, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097415755&partnerID=40&md5=eeee2ad117728a6f70885a0f032fa45>
22. Carnevale M. Santangelo E. Colantoni A. Paris E. Palma A. Vincenti B. Paolini V. Petracchini F. Salerno M. Di Stefano V. Gallucci F, *Thermogravimetric analysis of olive tree pruning as pyrolysis feedstock*", 2020, 581-584, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097409197&partnerID=40&md5=f8300ef828b3890a3f0623d52e8359a0>
23. Santangelo E. Beni C. Paris E. Del Giudice A. Zacchini M. Pietrini F. Gallucci F, *Effect of groundwater level on giant reed (Arundo donax L.) plants grown in Mesocosms*", 2020, 212-215, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097407889&partnerID=40&md5=4bac39270b4caadcc1d4e52a58a000fd>
24. Vincenti B. Proto A.R. Paris E. Palma A. Carnevale M. Guerriero E. Bernardini F. Tonolo A. Di Stefano V. Gallucci F, *Chemical and physical characterization of pellet composed of biomass of different essences*", 2020, 124-127, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097377711&partnerID=40&md5=38e24c7e5b29369cb5530939ad0f40ad>
25. Paris E. Carnevale M. Palma A. Vincenti B. Assirelli A. Paolini V. Guerriero E. Plescia P. Tonolo A. Di Stefano V. Gallucci F, *Comparison between VOCs emitted from orange with and without peel and development of an emission abatement system*", 2020, 822-825, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097375540&partnerID=40&md5=aad5cbeb8b852f79487f34c8265fcc58>
26. Santangelo E. Carnevale M. Migliori C.A. Mazzucato A. Picarella M.E. Dono G. Gallucci F, *Tomato genetic variants for peel color a source of biocompounds and biomass for energy recovery*", 2019, 1818-1823, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071068300&partnerID=40&md5=d7a2dfbb40d1760d7b211d8de05ee072>
27. Gallucci F. Liberatore R. Sapegno L. Volponi E. Venturini P. Paris E. Carnevale M. Rispoli F, *Biomass gasification: The effect of equivalence ratio on syngas quality in the case of externally heated reactor*", 2019, 913-917, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071066664&partnerID=40&md5=bb43fc92ba12c2dc5322bc76f625ccea>
28. Proto A.R. Benalia S. Papandrea S. Bernardi B. Bonofiglio R. Leuzzi A. Zimbalatti G. Tonolo A. Pari L. Gallucci F, *Harvesting citrus and olive pruning residues for energy use in southern Italy*", 2019, 393-396, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071066644&partnerID=40&md5=09d455c3ceee4ddc7f88b527c2233dfa>
29. Paris E. Assirelli A. Carnevale M. Gallucci F. Roccuzzo G. Pagano M. Santangelo E, *Residues from harvesting of tree nuts: An appraisal of energy value of walnut and almond husks*", 2019, 303-306, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071066606&partnerID=40&md5=3707101b830ac77adb7f2e1e48637f38>
30. Civitarese V. Acampora A. Sperandio G. Tomasone R. Caracciolo G. Gallucci F. Carnevale M. Assirelli A, *Poplar wood from srf for pellet production. Characterization of the raw materials derived from 3 and 6 years old trees*", 2019, 299-302, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071066140&partnerID=40&md5=c383e23fe33582c27cc11731e4a5a60f>
31. Carnevale M. Petracchini F. Salerno M. Colantoni A. Tonolo A. Drigo C. Paris E. Guerriero E. Paolini V. Gallucci F, *Characterization of agricultural residues: Physical and chemical analysis for energy transformations*", 2019, 290-293, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071065708&partnerID=40&md5=71357cfe7578752410d5a90d23e8c7da>
32. Paris E. Gallucci F. Carnevale M. Khalid A. Paolini V. Guerriero E, *Evaluation of the vocs emitted by the combustion of rice straw*", 2019, 1663-1666, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071063816&partnerID=40&md5=9eb1bd8e765ad95173239b294b3225f3>
33. Paris E. Salerno M. Tonolo A. Drigo C. Petracchini F. Khalid A. Paolini V. Carnevale M. Guerriero E. Gallucci F, *Characterization of emissions from combustion of agricultural waste: Wheat straw and rice straw*", 2019, 1667-1670, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071063220&partnerID=40&md5=f405dbeef7055c0281b4cd7b8f8568ca>
34. Carnevale M. Beni C. Gallucci F. Paris E. Del Giudice A. Santangelo E, *Energy characterization of giant reed (Arundo donax L.) grown on soil contaminated with copper. a preliminary study*", 2019, 285-289, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071062528&partnerID=40&md5=562e9b3c71a09b516152cd56ba2831c1>

35. Pagano M. Santangelo E. Acampora A. Guerrieri M. Cedrola C. Sperandio G. Tomasone R. Gallucci F. Caracciolo G. Assirelli A, Exploitation of pruning residues along with biological control: A case study for sweet chestnut (*Castanea Sativa* mill.) orchards in central Italy", 2018, 299-304, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051036077&partnerID=40&md5=bc43d2e3f06e0f57e894315141ba6bd3>
36. Gallucci F. Longo L. Santangelo E. Guerriero E. Paolini V. Carnevale M. Colantoni A. Tonolo A, Assessment of syngas produced from gasification of olive tree pruning in a downdraft reactor", 2018, 728-731, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051030414&partnerID=40&md5=f31052d4512d708e08e25b47ac2ced36>
37. Gallucci F. Pari L. Longo L. Carnevale M. Santangelo E. Colantoni A. Paolini V. Guerriero E. Tonolo A, Assessment of organic micropollutants (Pcdd/fs and pcbs) from biomass combustion in a small chp facility", 2018, 606-609, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051013319&partnerID=40&md5=c059879d1382c47c1f7e39eacc2dd7e>
38. Gallucci F. Carnevale M. Longo L. Paolini V. Guerriero E. Del Giudice A. Santangelo E. Tonolo A, Pyrolysis of giant reed (*Arundo donax*) for production of biochar", 2018, 1137-1141, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051001823&partnerID=40&md5=3f47b80fc66f90c94e6dff241f149b9c>
39. Gallucci F. Salerno M. Guerriero E. Amalfi M. Palmieri F, Research facility assessment for biomass combustion in moving grate furnaces", 2017, 603-610, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043791914&partnerID=40&md5=2a16d38b65dd043fd96c1edac27818b2>
40. Gallucci F. Longo L. Pari L. Salerno M. Carnevale M. Paolini V. Colantoni A, Assessment of syngas produced by gasification with air of vine prunings through a downdraft reactor", 2017, 803-807, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043776459&partnerID=40&md5=a86ea94340b098cb4956657bb51bae9c>
41. Amalfi M. Palmieri F. Gallucci F. Guerriero E, MIMO modelling of a moving grate furnace by finite impulse response filters", 2017, 552-560, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043763662&partnerID=40&md5=d83e0f0ff9710d2ae4f294d5c1b3a8b9>
42. Amalfi M. Palmieri F. Gallucci F. Guerriero E, Indirect analysis of a moving grate furnace: Flue gas moisture sensing and faulty condition on packed bed", 2017, 596-602, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043760294&partnerID=40&md5=c3e540d9910406a26f10c966ff284468>

- L'utilizzo della combustione della biomassa, ai fini energetici, se non correttamente gestita, può influenzare pesantemente i parametri di qualità dell'aria.
- In una Europa sempre più indirizzata alla Circular Economy, l'utilizzo di biomasse in processi di conversione energetica rappresenta un'importante opportunità per il recupero di prodotti di scarto per produrre energia. Il lavoro svolto, gli articoli pubblicati e i dati riportati convergono sul fatto che l'utilizzo di caldaie a biomasse, dotate di sistemi di abbattimento, hanno un impatto atmosferico ridotto. Tali impianti dovrebbero essere incentivati poiché da un lato rappresentano una strategia per la realizzazione di energia da fonti rinnovabili, mentre dall'altro evitano che tali residui agroforestali possano essere smaltiti in modo non idoneo (ad es. l'open burnig) con conseguenze peggiori sull'impatto ambientale. Tuttavia è necessario investigare ulteriormente sulle sorgenti di PM non solo primario, ma anche, e soprattutto, secondario come NH₃, NO_x, SO_x, (precursori del PM) al fine di promuovere politiche incentivanti che riducano le emissioni.