



UNIVERSITÀ
di VERONA

Dipartimento
di BIOTECNOLOGIE



LabICAB

LABORATORY OF CHEMICAL ENGINEERING
FOR THE ENVIRONMENT AND BIO-PROCESSES



BROCHURE 2023-2024

14



Membri
del team

+3



Milioni da progetti
europei e nazionali

+20



Publicazioni
scientifiche

+30



Tesisti triennali
e magistrali

Introduzione alla brochure

LabCAB è un gruppo di ricerca del Dipartimento di Biotecnologie dell'Università di Verona che studia **processi biologici innovativi per trovare soluzioni sostenibili** a problematiche ambientali. La nostra ricerca spazia in diverse aree, tra cui il trattamento delle acque reflue, il recupero di risorse dai rifiuti, la bioraffinazione, la produzione di bioenergia (biogas e bioidrogeno) e di fertilizzanti a base biologica, con ulteriori focus sulla conversione della CO₂ e sulla produzione di proteine microbiche.

LabCAB offre a dottorandi e ricercatori l'opportunità di sperimentare soluzioni pionieristiche nel campo della **bioraffineria**, dei **biocarburanti**, dei **composti a base biologica** e dell'**estrazione di molecole ad alto valore**. Il nostro gruppo mantiene la competitività internazionale grazie a numerosi finanziamenti di ricerca europei e nazionali, supportati da collaborazioni con partner accademici e industriali di primo piano in tutta Europa.

Promuoviamo attivamente l'innovazione collaborando con le aziende e fornendo loro competenze scientifiche e tecniche per sostenere lo scale-up e l'implementazione delle tecnologie. Il nostro approccio di ricerca copre l'intera linea di sviluppo, **dalla ricerca su scala di laboratorio (TRL 3-4) alle fasi dimostrative e pre-industriali (TRL 6-8)**, collaborando con imprese di ingegneria e costruzione. Questo approccio ci permette di generare conoscenze trasferibili, sviluppare tecnologie scalabili e affrontare le principali sfide ambientali e industriali.

Vi invitiamo a esplorare il resto della brochure per saperne di più sul nostro lavoro e sui risultati ottenuti negli ultimi due anni.

Coordinatori del gruppo

David Bolzonella

*Professore Ordinario
david.bolzonella@univr.it*

Nicola Frison

*Professore Associato
nicola.frison@univr.it*

Federico Battista

*Professore Associato
federico.battista@univr.it*

Membri del gruppo

Aleksandra Jelic

Specialista in scrittura di progetti, PhD in Chimica Ambientale

Giovanna Pesante

*Assegnista di Ricerca
Post-doc, PhD in Biologia*

Federico Micolucci

Assegnista di Ricerca Marie Curie, PhD in Biotecnologie

Elvis Montagnese

Assegnista di Ricerca

Claudia Magonara

Assegnista di Ricerca

Fabio Gugolati

Assegnista di Ricerca

Davide Berstasini

*Candidato al Dottorato,
Assegnista di Ricerca*

Fabio Rizzioli

*Candidato al Dottorato,
Assegnista di Ricerca*

Riccardo Lo Coco

*Candidato al Dottorato,
Assegnista di Ricerca*

Marco Pezzuto

Dottorando

Chiara Bastianelli

Project & Comms Manager

Aree di ricerca

LabCAB si occupa di esplorare e sfruttare le opportunità offerte dall'innovazione tecnologica nel trattamento delle acque reflue e nel recupero e utilizzo dei residui biogenici delle attività agroindustriali.

Svolgiamo attività di ricerca e sviluppo tecnologico per ottimizzare l'efficienza del trattamento delle acque reflue e per convertire i residui del trattamento di rifiuti e delle operazioni agricole in energia e molecole biobased di alto valore, offrendo alternative sostenibili alle loro controparti tradizionalmente derivate da materiali fossili o alimentari. Il nostro lavoro contribuisce quindi a **migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse, a chiudere i cicli dei materiali e a promuovere l'economia circolare** in questi settori.

Realizzate con una visione globale che considera la fattibilità tecnico-economica, la sostenibilità ambientale e l'impatto sociale, le nostre soluzioni innovative nascono da un approccio cooperativo e interdisciplinare. Collaboriamo a stretto contatto con stimati gruppi di ricerca italiani e internazionali e ci confrontiamo con le aziende di gestione delle acque e dei rifiuti, con i decisori politici regionali e con gli utilizzatori delle tecnologie industriali. Grazie a questi sforzi concertati, garantiamo l'applicabilità pratica della nostra ricerca, allineandoci perfettamente ai principi della bioeconomia sostenibile.

Le nostre aree di ricerca sono orientate al prodotto e si concentrano su:



PRODOTTI CHIMICI DI ORIGINE BIOLOGICA

Sviluppiamo tecnologie efficienti dal punto di vista economico e dell'utilizzo delle risorse che integrano processi biologici, fisici e chimici per produrre, separare e purificare prodotti chimici di base ed intermedi di origine biologica derivanti da residui organici. I residui di partenza sono generati principalmente dalle attività agricole (colture e letame), dalla produzione di alimenti e bevande, dalla produzione di pasta di legno e carta, dal trattamento delle acque reflue municipali ed industriali e dal trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU).

Gli **acidi grassi volatili (VFA)** - ovvero l'acido acetico, propionico, butirrico e valerico - sono elementi alla base della sintesi di un'ampia gamma di materiali e prodotti in diversi settori, tra cui quello chimico, farmaceutico, alimentare e agricolo ma la loro produzione si basa principalmente su fonti derivate dal petrolio. Negli ultimi dieci anni, i nostri sforzi di ricerca si sono concentrati sul pretrattamento delle materie prime e sulla fermentazione acidogenica per recuperare i VFA da vari residui organici, nonché sull'ottimizzazione dei processi a valle per garantire l'estrazione efficiente di VFA puri e migliorarne l'idoneità per le successive applicazioni.

Gli **acidi grassi a media catena (MCFA)** - acidi carbossilici con 6-12 atomi di carbonio - sono prodotti chimici di base utilizzati nell'industria delle materie plastiche, dei lubrificanti e dei carburanti, come additivi per alimenti e mangimi e come profumi. La loro produzione si basa su fonti fossili e sull'estrazione dall'olio di palmisto. Sfruttando la nostra esperienza nella produzione di VFA da risorse biologiche (*biobased*) e nei processi anaerobici, stiamo ottimizzando le condizioni operative per una produzione e un recupero efficiente di MCFA, al fine di velocizzarne l'applicazione commerciale (**BIOREFINE, WINERED**).

I **poliidrossialcanoati (PHA)** - poliesteri biodegradabili, versatili e biocompatibili, sintetizzati da vari microrganismi in condizioni di crescita squilibrata come riserve intracellulari di energia e carbonio, sono stati al centro della nostra ricerca per oltre un decennio. Attualmente, stiamo implementando su scala commerciale la nostra tecnologia proprietaria per il recupero di PHA dal surnatante dei fanghi di depurazione degli impianti di trattamento delle acque municipali (**CIRCULAR BIOCARBON**). Siamo inoltre responsabili dell'implementazione di un processo di produzione di PHA su scala pilota a partire da residui agroalimentari per la formulazione di miscele, compositi e multistrati a base di biopoliesteri, ideali per la produzione di teli da pacciamatura e plastiche rigide per il settore agricolo (**AGRILOOP**). Le nostre ultime iniziative nel campo della produzione di PHA includono la progettazione e lo sviluppo di sistemi bioelettrochimici. In questo ambito, stiamo sviluppando un sistema per la produzione di PHA a partire da CO₂ biogenica, utilizzando batteri viola non solfurei (PNSB) in condizioni di autotrofia, da inserire nella catena del valore

degli impianti di digestione anaerobica già esistenti (**PHARPLE**). Stiamo inoltre sperimentando un sistema che combina la produzione e la purificazione di VFA e PHA da fanghi primari cellulosici, da poter potenzialmente integrare negli impianti di depurazione municipali (**REFRAME**).

L'**acido nitrico** è un importante precursore per diverse industrie chimiche, tra cui quelle dedicate alla produzione di fertilizzanti. A livello industriale, l'acido nitrico viene ricavato dall'ammoniaca tramite un processo chimico che richiede una grande quantità di energia e l'uso di catalizzatori. In questi anni, abbiamo sviluppato un processo innovativo che consente di recuperare acido nitrico *biobased* dall'azoto ammoniacale contenuto nella frazione liquida del digestato anaerobico. Il sistema combina un bioprocesso a basso consumo energetico con processi fisico-chimici compatti e veloci che non richiedono né sostanze chimiche per il controllo del pH né catalizzatori (**2b-NITRICA**). Il nostro prossimo passo sarà integrare la tecnologia con un impianto di biogas agricolo e dimostrarla come il primo sistema nel suo genere per la produzione di acido nitrico *biobased*.



RECUPERO DI NUTRIENTI

Fertilizzanti biobased (BBF) - l'agricoltura si affida ai fertilizzanti a base di azoto, fosforo e potassio (NPK) per garantire rese elevate delle colture. L'introduzione di strategie che prevedono il recupero dei nutrienti dai residui organici permetterebbe all'agricoltura di ridurre la sua dipendenza dall'industria dei fertilizzanti sintetici, che richiede elevate quantità di energia, e di mitigare l'impatto sul clima. Inizialmente, la ricerca di LabCAB si è concentrata sullo studio di tecnologie efficienti dal punto di vista dei costi e dell'energia per il trattamento delle acque reflue attraverso il recupero di azoto e fosforo destinati alla produzione di fertilizzanti. Abbiamo successivamente esteso questo campo di ricerca allo studio di diversi processi fisico-chimici - filtrazioni a membrana, cristallizzazione - che possono essere combinati in una catena tecnologica dedicata alla concentrazione di forme minerali e organiche di N, P e K direttamente dalla frazione liquida del digestato anaerobico. Questo metodo innovativo consente di estrarre questi nutrienti essenziali in alte concentrazioni, facilitandone la successiva formulazione in diverse tipologie di fertilizzanti (**ELLIPSE**, **DIMITRA**, **BIOSIMPACT**, **MISE**, **AGRILOOP**).

Per **proteine microbiche (MP)** - note anche come *single cell proteins* (SCP) - si intende la biomassa microbica che può essere coltivata attraverso un processo di fermentazione utilizzando materie prime sostenibili. Le MP rappresentano una fonte proteica alternativa e altamente nutriente per l'alimentazione umana e animale, grazie al loro elevato contenuto proteico e alla presenza di carboidrati, minerali, grassi, vitamine e amminoacidi. Nel 2022 abbiamo avviato una linea di ricerca dedicata allo sviluppo di tecnologie per la produzione di MP batteriche di alta qualità da residui agroalimentari per l'alimentazione animale. I nostri studi su scala di laboratorio, utilizzando colture microbiche sia selezionate che miste, hanno prodotto MP caratterizzate da un elevato contenuto proteico (circa il 70% sc) e da un profilo amminoacidico bilanciato, adatto all'alimentazione dei pesci. Abbiamo anche ottimizzato queste tecnologie per aumentare la capacità dei batteri di accumulare PHA, che hanno proprietà antimicrobiche ed immunomodulatorie nei pesci. Oltre a valutare le prestazioni tecno-economiche e ambientali delle nostre tecnologie, abbiamo esaminato attentamente la salute e la sicurezza delle MP, nonché gli aspetti legali e di mercato, per garantirne l'applicabilità industriale. Partendo dai nostri studi iniziali che dimostrano l'alta qualità delle MP e il loro potenziale commerciale, stiamo continuando a sviluppare i processi con il supporto di produttori di mangimi per l'acquacoltura al fine di integrarli negli impianti di biogas.

Gli **idrolizzati proteici (IP) come biostimolanti** - le MP hanno un valore aggiunto anche al di là del loro utilizzo come additivi per mangimi e alimenti, perché possono essere impiegate per la produzione di idrolizzati proteici. Gli IP, ovvero miscele di polipeptidi e aminoacidi liberi, sono risultati essere efficaci biostimolanti per le piante, grazie alla loro capacità di migliorare notevolmente vari processi orticoli e di ridurre l'apporto di sostanze chimiche nell'agricoltura in ambiente aperto e controllato. Nel nostro laboratorio, abbiamo prodotto IP con promettenti proprietà biostimolanti, ottenuti sottoponendo biomassa microbica alimentata con residui agroalimentari a diversi processi di idrolisi termico-chimica. Sulla base di questi risultati positivi, continuiamo a sviluppare i processi di idrolisi delle MP insieme a gruppi di ricerca specializzati in analisi agronomiche che ci aiutano a ottimizzare l'efficacia e la redditività di mercato degli idrolizzati proteici come biostimolanti per pratiche agricole sostenibili (**BIOSIMPACT**).



BIOCARBURANTI

Biogas e idrogeno - La bioconversione dei residui agricoli sta aprendo la strada a soluzioni energetiche eco-compatibili. LabiCAB studia l'influenza di vari parametri operativi, come la temperatura (T), il tasso di carico organico (OLR), il pH e il tempo di ritenzione idraulica (HRT), sui processi di fermentazione al buio (*dark fermentation*) finalizzati alla produzione simultanea di biogas arricchito in idrogeno e di acidi grassi volatili (VFA), utilizzando come substrati di partenza residui agricoli come letame animale e residui di colture energetiche. In particolare, i nostri studi esplorano il potenziale della digestione anaerobica a due stadi: il primo stadio si concentra sull'acidogenesi, portando alla produzione di VFA, mentre il secondo stadio promuove la produzione di idrogeno attraverso la fermentazione al buio. Questo approccio non solo aumenta la produzione di biogas e idrogeno, ma contribuisce anche alla riduzione delle emissioni di CO₂. Inoltre, l'ottimizzazione del processo potrebbe aprire la strada ad un percorso di potenziamento degli impianti di biogas esistenti, migliorandone l'efficienza e la sostenibilità e favorendo lo sviluppo di un sistema energetico più circolare ed ecologico ([BRIC-INAIL](#), [WINERED](#), [CIRCforBIO](#)).



TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

Sebbene il nostro gruppo di ricerca si sia evoluto per sviluppare strategie di recupero di risorse dai processi di trattamento dei rifiuti e delle acque reflue in linea con la bioeconomia circolare, continuiamo a dedicarci all'obiettivo principale di garantire il trattamento affidabile delle acque reflue municipali e industriali per uno scarico sicuro nell'ambiente. La nostra ricerca sul trattamento delle acque reflue viene condotta in stretta collaborazione con i servizi di trattamento e i partner industriali, per soddisfare le loro esigenze di miglioramento delle prestazioni di trattamento e di soluzioni più efficaci. Sviluppiamo e testiamo soluzioni tecniche che migliorano l'efficienza del trattamento, riducono i costi operativi, minimizzano il consumo di energia e riducono le emissioni di gas serra nel trattamento delle acque reflue, garantendo al contempo la conformità agli standard normativi ([MISE](#)). Attualmente, stiamo supportando i nostri partner nel progetto [DT4ART](#) nello sviluppo di un gemello digitale all'avanguardia basato su cloud, progettato per migliorare l'efficienza energetica e di rimozione del carbonio dei reattori anaerobici che trattano le acque reflue industriali provenienti da birrerie, industrie della pasta di legno e della carta e aziende del settore alimentare. Nell'ambito del progetto [REFRAME](#), stiamo sviluppando una tecnologia per la produzione di VFA e PHA a partire dalle fibre di cellulosa recuperate dalle acque reflue grezze, con conseguente riduzione del consumo energetico nel trattamento biologico e della produzione di fanghi negli impianti di depurazione.

I nostri laboratori

I nostri laboratori all'avanguardia sono un centro dinamico per studi sperimentali progettati sia per l'insegnamento che per la ricerca. I laboratori, dotati di strumenti analitici moderni e di strumenti per la preparazione e l'analisi dei campioni, nonché di diversi sistemi di reattori, forniscono agli studenti un'esperienza pratica inestimabile e permettono ai dottorandi e ai ricercatori di condurre ricerche innovative applicando i principi scientifici per risolvere i problemi del mondo reale.



Preparazione e analisi campioni

I laboratori del gruppo LabCAB sono attrezzati per la preparazione e l'analisi di campioni di acque reflue, fanghi e residui organici, secondo metodi standard. Le apparecchiature consentono di misurare i seguenti parametri: solidi, pH, temperatura, alcalinità, conducibilità, ossigeno disciolto, domanda biochimica e chimica di ossigeno (BOD & COD), anioni (solfato e alogenuri), azoto (ammoniaca, nitrito, nitrato e azoto totale Kjeldahl), fosforo (ortofosfato, polifosfato e fosfato organico) e gas (azoto, ossigeno, anidride carbonica, acido solfidrico, ammoniaca e metano).



Processi condotti su scala di laboratorio

LabCAB dispone di una gamma di diversi tipi di bioreattori dotati di sensori per il controllo del processo in tempo reale: CSTR-reattori a vasca agitata continua (1 L e 2 L), UASB-reattori anaerobici a letto di fango con flusso ascendente (5 L, 20 L), SBR-reattori batch sequenziali (28 L), reattori fed-batch (5 L), reattori di digestione anaerobica (5 L, 10 L), reattori di fermentazione (30 L) e reattori elettrochimici (1 L, 2 L).



Nei nostri laboratori eseguiamo microfiltrazione, ultrafiltrazione, nanofiltrazione e osmosi inversa di diverse matrici (ad esempio, fermentati acidogenici e digestati agricoli) utilizzando sistemi di filtrazione a membrana da banco per separare i nutrienti e recuperare acqua pura per le applicazioni a valle.

Un respirometro multiuso a due reattori viene utilizzato per studiare la cinetica e l'efficienza di bioprocessi adattati a diversi substrati e requisiti specifici.

L'analisi dei gas in tempo reale viene eseguita con un gascromatografo portatile (micro-GC) per rilevare e misurare azoto, ossigeno, anidride carbonica, idrogeno solforato, ammoniaca e metano.



I laboratori sono dotati di due sistemi di cromatografia per l'analisi degli acidi grassi volatili e dei comuni anioni inorganici, tra cui cloruro, nitrato, nitrito, fosfato e solfato.

Un sistema di test del potenziale metanigeno (BMP) da 15 bottiglie HDPE da 1 L consente di determinare il potenziale di produzione di metano o biogas di diversi substrati organici in condizioni anaerobiche, secondo le norme Uni 1601755/2018.

I campioni di biomassa, batteri e alghe possono essere rapidamente liofilizzati nei nostri laboratori con un liofilizzatore da tavolo con capacità di condensazione di 4 kg, per analisi a valle o per un facile trasporto e conservazione.

Scale- up di processi

I reattori pilota per la produzione di bio-chemicals e biocarburanti e per il recupero dei nutrienti, installati presso l'impianto di biogas della Società Agricola Consortile "La Torre" di Isola della Scala (Verona) e integrati nei sistemi di trattamento delle acque reflue dei partner industriali, servono a sviluppare e perfezionare i processi in condizioni ambientali reali, garantendone l'efficienza e l'applicabilità pratica.





Progetti di ricerca in corso nel 2023-2024

LabICAB è attualmente coinvolto in 16 progetti di ricerca collaborativi a livello europeo e nazionale.



Funded by the European Union, UK Research and Innovation, Schweizerische Eidgenossenschaft, Confédération suisse, Confederazione Svizzera, Confederaziun svizra, Swiss Confederation, Federal Department of Economic Affairs, Education and Research EAER, State Secretariat for Education, Research and Innovation SER

中华人民共和国科学技术部
Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China

Dic 2022 - Nov 2026
Coordinatore: INRAE - National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment, Francia
10 milioni € // agriloop-project.eu



Circular Bio-based Europe Joint Undertaking, Bio-based Industries Consortium, Co-funded by the European Union

Mag 2023 - Apr 2027
Coordinatore: AIMPLAS - Plastics Technology Centre, Spagna
7.1 milioni € // ellipse-project.eu



Co-funded by the European Union

Set 2023 - Apr 2028
Coordinatore: National Technical University of Athens, Grecia
3.8 milioni € // life-dimitra.eu



Funded by the European Union

Set 2023 - Feb 2026
Coordinatore: Università di Verona, Italia
216 mila €
reframe-euproject.com



BBI JU, Horizon 2020 European Union Funding for Research & Innovation, Bio-based Industries Consortium

Giu 2021 - Mag 2026
Coordinatore: URBASER, Spagna
Università di Verona come terza parte
23 milioni € // circularbiocarbon.eu



eurostars™

Dic 2023 - Ago 2026
Coordinatore: NABLADOT, Spagna
656 mila €



Gen 2019 - Dic 2024

Coordinatore: National Technical University of Athens, Grecia
2.6 milioni € // circforbio.eu



Dic 2022 – Nov 2025

Coordinatore: Università di Verona, Italia
565 mila € // sites.google.com/view/biosimimpact

2b-Nitrica



Set 2022 - Ago 2024

Coordinatore: Università di Verona, Italia
17 mila €



Set 2023 - Set 2025

Coordinatore: Politecnico di Milano, Italia
270 mila € // <https://www.linkedin.com/company/pharple>

BIOREFINE



Set 2023 - Set 2025

Coordinatore: Università di Verona, Italia
316 mila €

WINERED



Gen 2023 - Dic 2025

Coordinatore: Università di Verona, Italia
266 mila €

BRIC-Processi innovativi biologici e bio-elettrochimici per la produzione di idrogeno da matrici organiche di scarto



Mag 2023 - Mag 2025

Coordinatore: Università Ca' Foscari di Venezia, Italia
500 mila €

Sistemi innovativi per la produzione sostenibile di biometano da FORSU ed altre matrici organiche (MISE)



Apr 2024 - Apr 2027

Coordinatore: LADURNER - Ambiente S.p.a, Italia
13 milioni €



Set 2022 - Giu 2026

Coordinatore: Università di Padova, Italia
110 milioni € // www.consorzioinest.it/#inest



Giu 2022 - Ago 2025

Coordinatore: CNR-Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia
320 milioni € // www.nbfc.it/en

Collaborazioni con le aziende

Trasferimento tecnologico

LabCAB ha rafforzato la collaborazione con le aziende di servizio idrico italiane e ha costruito relazioni orientate al mercato con le industrie come fornitore di tecnologia e consulente tecnologico. LabCAB dispone delle conoscenze e delle attrezzature all'avanguardia per replicare le condizioni operative dei processi industriali e fornire ai propri partner soluzioni personalizzate, economicamente vantaggiose e rispettose dell'ambiente, che consentono di migliorare il recupero del biogas e l'efficienza del trattamento delle acque reflue.

Digestione anaerobica

Supportiamo le cooperative agricole e le aziende private e pubbliche di gestione dei rifiuti urbani che gestiscono impianti di biogas, affinché possano migliorare l'efficienza dei loro processi di recupero. Il nostro approccio comprende uno studio dei substrati utilizzati e del loro potenziale di produzione di biogas, che viene misurato con precisione tramite l'analisi del potenziale biochimico di metano (BMP). Inoltre, supportiamo i nostri partner industriali nella progettazione di nuovi impianti di biogas o nel rinnovamento di quelli esistenti tramite un'attenta analisi dei dati storici e di analisi chimico-fisiche specifiche sul campo.

Trattamento delle acque reflue

Offriamo supporto ai servizi idrici e alle industrie, inclusi i settori della pasta di legno e della carta, degli alimenti e delle bevande, per migliorare l'efficienza del trattamento delle acque reflue e ridurre i costi operativi, il consumo di energia e le emissioni di gas serra, grazie alla nostra innovazione e alla nostra esperienza nel recupero delle risorse. Il nostro approccio include una valutazione completa delle infrastrutture esistenti e delle condizioni operative, nonché l'analisi delle opzioni praticabili per ottimizzare gli impianti di trattamento delle acque reflue. Oltre all'analisi teorica, possiamo replicare diverse fasi del processo di trattamento nel nostro laboratorio per ottimizzare efficacemente i parametri operativi. Collaboriamo strettamente con i partner industriali per sviluppare soluzioni personalizzate per le loro esigenze specifiche, come il recupero dell'acido nitrico nell'ambito del progetto 2b-Nitrica o la cattura e la valorizzazione dell'anidride carbonica biogena.

Abbiamo collaborato con:



Publicazioni '23/'24

Bastianelli C., Pesante G., Ambrosini S., Zamboni A., Frison N. (2023) Upcycling of PHA-producing bacteria for biostimulants production and polyhydroxyalkanoates recovery, *Science of the Total Environment*, 888, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164238

Battista F., Padovan C., Salvetti E., Gatto V., Rizzioli F., Bertasini D., Bolzonella D. (2023) A groundbreaking biorefinery loop for the valorization of cigarette butts into fermentable sugars and bioethanol, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31, DOI: 10.1016/j.scp.2022.100948

Bertasini D., Battista F., Rizzioli F., Frison N., Bolzonella D. (2023) Decarbonization of the European natural gas grid using hydrogen and methane biologically produced from organic waste: A critical overview, *Renewable Energy*, 206, pp. 386 – 396, DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.029

Binder P.M., Frison N., Guerra-Gorostegi N., Hidayat I., Paredes L., Llenas L., Blázquez E., Mora M., Ballottari M., Cazzaniga S., Fatone F., Ponsa Salas S. (2023) Innovative multiple resource recovery pathways from EBPR wastewater treatment-derived sludge, *Biomass Conversion and Biorefinery*, DOI: 10.1007/s13399-023-03849-y

Bolzonella D., Bertasini D., Lo Coco R., Menini M., Rizzioli F., Zuliani A., Battista F., Frison N., Jelic A., Pesante G. (2023) Toward the Transition of Agricultural Anaerobic Digesters into Multiproduct Biorefineries, *Processes*, 11 (2), DOI: 10.3390/pr11020415

Gottardo M., Dosta J., Cavinato C., Crognale S., Tonanzi B., Rossetti S., Bolzonella D., Pavan P., Valentino F. (2023) Boosting butyrate and hydrogen production in acidogenic fermentation of food waste and sewage sludge mixture: a pilot scale demonstration, *Journal of Cleaner Production*, 404, DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136919

Pesante G., Frison N. (2023) Recovery of bio-based products from PHA-rich biomass obtained from biowaste: A review, *Bioresource Technology Reports*, 21, DOI: 10.1016/j.biteb.2023.101345

Piubello Orsini L., Leardini C., Danesi L., Guerrini A., Frison N. (2023) Circular economy in the water and wastewater sector: Tariff impact and financial performance of SMARTechs, *Utilities Policy*, 83, DOI: 10.1016/j.jup.2023.101593

Rangel C., Carvalho G., Oehmen A., Frison N., Lourenço N.D., Reis Maria A.M. (2023) Polyhydroxyalkanoates production from ethanol- and lactate-rich fermentate of confectionary industry effluents, *International Journal of Biological Macromolecules*, 229, pp. 713 – 723, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.12.268

Rizzioli F., Benedetti V., Patuzzi F., Baratieri M., Bolzonella D., Battista F. (2023) Valorization of orange peels in a biorefinery loop: recovery of limonene and production of volatile fatty acids and activated carbon, *Biomass Conversion and Biorefinery*, DOI: 10.1007/s13399-023-03738-4

Rizzioli F., Bertasini D., Bolzonella D., Frison N., Battista F. (2023) A critical review on the techno-economic feasibility of nutrients recovery from anaerobic digestate in the agricultural sector, *Separation and Purification Technology*, 306, DOI: 10.1016/j.seppur.2022.122690

Rizzioli F., Magonara, C., Mengoli, G., Bolzonella, D., Battista, F. (2024) Production, purification and recovery of caproic acid, Volatile fatty acids and methane from *Opuntia ficus indica*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, 114083, DOI: 10.1016/j.rser.2023.114083

Tomás-Pejó E., González-Fernández C., Greses S., Kennes C., Otero-Logilde N., Veiga M.C., Bolzonella D., Müller B., Passoth V. (2023) Production of short-chain fatty acids (SCFAs) as chemicals or substrates for microbes to obtain biochemicals, *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 16 (1), DOI: 10.1186/s13068-023-02349-5

Battista, F., Bolzonella, D. (2024) Beyond Anaerobic Digestion: New Perspectives for the Development of a Biorefinery Platform for the Simultaneous Production of Medium-Chain Fatty Acids by Chain Elongation and Biogas from Food Wastes, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2024, 12(42), pp. 15294–15306, DOI: 10.1021/acssuschemeng.4c05724

Battista, F., Zeni, A., Andreolli, M., Salvetti, E., Rizzioli, F., Lampis, S., Bolzonella, D. (2024) Treatment of food processing wastes for the production of medium chain fatty acids via chain elongation, *Environmental Technology & Innovation*, Volume 33,103453, DOI: 10.1016/j.eti.2023.103453.

Bertasini, D., Battista, F., Mancini, R., Frison, N., Bolzonella, D. (2024) Hydrogen and methane production through two stage anaerobic digestion of straw residues, *Environmental Research*, 2024, 247, 118101, DOI: 10.1016/j.envres.2024.118101

G. Mancini, L. Lombardi, A. Luciano, D. Bolzonella, P. Viotti, D. Fino (2024) A reduction in global impacts through a waste-wastewater-energy nexus: A life cycle assessment, *Energy*, Volume 289,130020, DOI: 10.1016/j.energy.2023.130020.

Gottardo M., Battista F., Bolzonella D., Lauri R., Giroto L., Piasentin A., Valentino F. (2024) Enhancing Hydrogen Production by Zeolite Addition in the Dark Fermentation Process of Urban Organic Waste, *Chemical Engineering Transactions*, 2024, 110, pp. 265–270, DOI: 10.3303/CET24110045

Lo Coco, R., Jelic, A., Järvelä, E., Frison, N. (2024) Recovery of bio-based volatile fatty acids from anaerobically treated winery wastewater using a closed-loop liquid-liquid hydrophobic membrane contactor system, *Chemical Engineering Journal*, 2024, 500, 156889, DOI: 10.1016/j.cej.2024.156889

Pesante, G., Bolzonella, D., Jelic, A., Frison, N. (2024) Upgrading biogas plants to produce microbial proteins for aquaculture feed, *Journal of Cleaner Production*, 2024, 459, 142559, DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.142559

Pesante, G., Tesoriero, C., Cadoria, E., Andreolli, M., Lampis, S., Vettori, A., Frison, N. (2024) Valorisation of agricultural residues into *Thaueria* sp. Scl9 microbial proteins for aquaculture, *Environmental Technology and Innovation*, 2024, 36, 103772, DOI: 10.1016/j.eti.2024.103772

Rizzioli, F., Magonara, C., Mengoli, G., Bolzonella, D., Battista, F. (2024) Production, purification and recovery of caproic acid, Volatile fatty acids and methane from *Opuntia ficus indica*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, 114083, DOI: 10.1016/j.rser.2023.114083

Singla Just, B., Binder, P.M., Guerra-Gorostegi, N., Díaz-Guerra, L., Vilaplana, R., Frison, N., Meers, E., Llenas, L., Robles Aguilar, A. (2024) Phosphorus Release Dynamics from Ashes during a Soil Incubation Study: Effect of Feedstock Characteristics and Combustion Conditions. *Agronomy* 2024, 14, 935, DOI: 10.3390/agronomy14050935

David Bolzonella
Professore Ordinario
david.bolzonella@univr.it

Nicola Frison
Professore Associato
nicola.frison@univr.it

Federico Battista
Professore Associato
federico.battista@univr.it



UNIVERSITÀ
di VERONA

Dipartimento
di BIOTECNOLOGIE



Dipartimento di Biotecnologie - Università di Verona, Italia
Strada Le Grazie 15, 37134 Verona, Italia

