

**Luigi Frunzo**

Department of Mathematics and Applications “Renato Caccioppoli”  
University of Naples, “Federico II”  
Via Cintia, Monte S. Angelo I-80126 Napoli, Italy  
Tel: +39 081 7683383  
Email: [luigi.frunzo@unina.it](mailto:luigi.frunzo@unina.it)

**PERSONAL INFORMATION**

*First Name / Surname:* Luigi Frunzo  
*Address:* Via Cupa Nuova Vicinale Terracina 89 Fuorigrotta - Napoli 80125.  
*Telephone:* Cell. 3336832376  
*Fax:* 0039 081 5938344  
*E-mail:* [luigi.frunzo@unina.it](mailto:luigi.frunzo@unina.it)  
*Nationality:* Italiana  
*Date of birth:* 14/08/1982

**ATTIVITÀ DI RICERCA PRINCIPALE**

L'attività di ricerca condotta da Luigi Frunzo, è stata, ed è tuttora finalizzata alla modellizzazione matematica di sistemi biologici complessi. Nell'ambito della meccanica dei continui, tale attività comprende la deduzione delle equazioni a derivate parziali iperboliche non lineari e paraboliche semi-lineari che governano l'evoluzione dei sistemi biologici citati.

Oggetto dell'attività di ricerca risulta essere l'analisi qualitativa con la dimostrazione di teoremi di esistenza e unicità e lo studio delle proprietà delle soluzioni; senza tralasciare l'analisi quantitativa, utile qualora i risultati ottenuti debbano essere confrontati con situazioni reali.

I modelli matematici oggetto di studio riguardano situazioni di interesse biologico e/o ingegneristico, quali la modellazione matematica di biofilm multispecie in riferimento a: a) interazione biofilm/bulk liquido in bioreattori adibiti al trattamento delle acque reflue, b) fenomeni di dispersione microbica, c) invasione di specie colonizzanti nell'ambito della successione ecologica, d) diffusione ed adsorbimento di metalli pesanti in biofilm; e la modellazione matematica di processi biologici a colture sospese (suspended biofilm) volti alla produzione di bio-gas (Metano e Idrogeno) e rimozione di Nutrienti.

Ulteriori attività di ricerca vedono la collaborazione con altri gruppi di ricerca sia nazionali che internazionali (e.g. Center for biofilm engineering, e Department of Mathematics Montana State University; Environmental technology University of Paris Est-Marne la Vallè; UNESCO-IHE Delft The Netherland, Gruppo di Ingegneria ambientale, “Federico II” ) tali attività sono volte da

un lato alla comprensione dei fenomeni che governano i sistemi biologici complessi – attività precipua alla definizione dei modelli matematici – e dall’altro all’ottenimento di dati sperimentali necessari alla calibrazione e alla validazione dei modelli matematici proposti.

## **ALTRE ATTIVITÀ DI RICERCA**

L’attività di ricerca condotta da Luigi Frunzo in ambito ingegneristico è incentrata sullo studio di processi di Bio-Raffineria. Nello specifico è possibile individuare diverse linee di ricerca:

### **Digestione Anaerobica (DA)**

Nell’ambito della DA la ricerca è stata focalizzata sulla valutazione dei potenziali di bio-metanazione di nuovi substrati nonché alla produzione di dati sperimentali necessari alla calibrazione e alla validazione di modelli matematici. Successivamente la ricerca è stata volta allo studio di processi di upgrading della DA in particolare i) pretrattamenti termici, ii) pretrattamenti chimico-fisici, iii) messa a punto di nuove configurazioni impiantistiche (i.e. reattori a Biofilm).

### **Dark fermentation (DF)**

Parallelamente allo svolgimento delle ricerche relative all’upgrading dei processi di DA, è stata avviata una linea di ricerca finalizzata allo studio dei processi di produzione di bio-idrogeno mediante DF. Nello specifico sono stati valutati i potenziali di bio-idrogenazione di diversi substrati; sono state testate e messe a punto diverse metodologie volte alla produzione di inoculo fermentativo non metanigeno; sono state valutate le performance di reattori in continuo alimentati con substrati sia sintetici che reali. Sono stati infine, valutati diversi cicli impiantistici che hanno visto la combinazione del processo di DF con la DA, del processo di DF con la foto-fermentazione, ed infine DF, foto-fermentazione e DA.

### **Foto fermentation (FP)**

L’attività di ricerca relativa ai processi di foto-fermentazione è strettamente legata allo studio della DF. Le miscele ricche di acidi volatili risultanti dai processi di DF sono state utilizzate quali substrato per la crescita di batteri foto-fermentativi. È stato possibile dimostrare come mediante questo processo è possibile ottenere un ulteriore aliquota di idrogeno, nonché la produzione di PHB, polimeri che risultano essere alla base della produzione di bioplastiche.

### **Processi a colture algali**

L’attività di ricerca relativa ai processi algali ha visto dapprima lo studio di tali tecnologie per il trattamento di effluenti ad alto carico di azoto sia nitrico che ammoniacale, valutandone sia la fattibilità sia la valutazione dei migliori ceppi algali mediante lo screening di 32 +2 differenti ceppi, 32 provenienti da collezioni della FedII; 2 specie invece, sono state isolate da effluenti di impianti (uno aerobico e uno anaerobico) esistenti. Attualmente si è focalizzati sulla produzione di idrogeno mediante colture algali. Messa a punto di sistemi a colture adese di tipo algali, nello specifico: valutazione dei parametri di processo, nonché dei materiali di supporto di tali biofilm. Utilizzo di sistemi algali per l’upgrading del biogas a biometano.

## **CURRENT POSITION**

*(From 2014 - today)*

### **Assistant professor in Applied Mathematics**

*Department of Mathematics and Applications "Renato Caccioppoli", University of Naples, "Federico II"*

## **EDUCATION AND TRAINING**

- **Laurea Specialistica in Ingegneria per L'Ambiente e il Territorio conseguita il 22/10/2007** presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Voto finale: 110/110 cum laude. Titolo della tesi: modellazione dei compositi fibrorinforzati in interventi di consolidamento statico delle strutture in calcestruzzo armato.
- **Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei sistemi idraulici di trasporto e territoriali - Settore ICAR/04 – MAT/07 conseguito il 13 Dicembre 2011** presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Titolo della tesi di dottorato: Mathematical modelling of anaerobic suspended and attached growth bioreactors.
- **Assegnista di Ricerca in Fisica Matematica (MAT/07)** presso il Dipartimento di Matematica e Applicazioni dell'Università degli studi di Napoli "Federico II" per il periodo 1 Giugno 2012 – 31 maggio 2013:
- **Assegnista di Ricerca in Fisica Matematica (MAT/07)** presso il Dipartimento di Matematica e Applicazioni dell'Università degli studi di Napoli "Federico II", per il periodo 1 Giugno 2013 – 29 Dicembre 2013:

## **TITOLI E ABILITAZIONI**

- **Conseguimento dell'ABILITAZIONE SCIENTIFICA NAZIONALE** con funzioni di **Professore Universitario di seconda fascia Settore concorsuale A1/04 – FISICA MATEMATICA** – Settore Scientifico Disciplinare MAT/07 Validità abilitazione Dal 05/12/2017 al 05/12/2023.
- **Responsabile scientifico**, (01.08.2018 – 31.07.2019) delle attività di ricerca del Dott. Vincenzo Luongo nell'ambito dell'Assegno di ricerca dal titolo "Modelli matematici della produzione di bioenergia da rifiuti organici nell'ambito della bioraffineria" SSD MAT/07, Ambito disciplinare: Fisica Matematica. Attività da svolgersi presso il Dipartimento di Matematica e Applicazioni "R. Caccioppoli" Dell'università Degli Studi di Napoli "Federico II".
- **Membro dell' Editorial Board della rivista: "Annals of Microbiology" ISSN: 1590-4261 (Print) 1869-2044 (Online)**. Annals of Microbiology è una rivista del gruppo Springer, indicizzata sia su Scopus che su WoS e presenta un IF di 1.12 (Journal Citation Reports) dal 08-06-2017 a 12-12-2018

- (23 dicembre 2015 – 2018): **Membro della Collegio dei docenti del dottorato europeo Marie Curie Joint Doctorate Program “ABWET – Advanced Biological Waste-to-Energy Technologies”** finanziato nell’ambito del programma quadro Marie Curie – Horizon 2020 della Commissione Europea, e accreditato dal Ministero per il ciclo XXXI di dottorato.

### ATTIVITÀ DI RICERCA ALL’ESTERO

- (1 Giugno 2015 – 30 settembre 2015) Periodo di ricerca all’estero presso il Department of Mathematical Sciences of Montana State University (USA). Attività riguardante la modellazione matematica di Biofilm multispecie. Supervisore scientifico: prof. Isaac Klapper.
- (23 Marzo 2015 – 28 Marzo 2015) Periodo di ricerca all’estero con fellowship presso l’ Instituto de la Grasa (C.S.I.C.), Siviglia (Spagna). Attività riguardante la modellazione matematica della digestione anaerobica con particolare interesse sull’effetto dei metalli pesanti. Supervisore scientifico: Dr. Fernando G Feroso.
- (24 Luglio 2017 – 27 Luglio 2017) Periodo di ricerca all’estero retribuito presso il Basque Center for Applied Mathematics: BCAM, Bilbao (Spagna). Attività riguardante la modellazione matematica di biofilm planari. Supervisore scientifico: Dr. Gianni Pagnini.

### ATTIVITÀ DIDATTICA A LIVELLO UNIVERSITARIO IN ITALIA

- Per gli aa.aa: 2014-2015; 2015-2016; 2016-2017 e 2017-2018:  
Titolare dell’incarico di insegnamento di **Meccanica Razionale** nell’ambito del Corso di Studi triennali in Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio presso l’Università degli studi di Napoli “Federico II” 9 CFU
- Per gli aa.aa: 2013-2014:  
Titolare dell’incarico di insegnamento di **Advanced Applied Engineering Mathematics** per gli studenti del corso Emerging Technologies for Construction presso l’Università degli studi di Napoli “Federico II”
- Per gli aa.aa: 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018:  
Titolare dell’incarico di insegnamento di **Matematica** nell’ambito del Corso di Studi triennali in Biologia Generale e Applicata presso l’Università degli studi di Napoli “Federico II”
- (3 Luglio 2017 – 4 Luglio 2017) Attribuzione dell’insegnamento “Mathematical Models in Environmental Technologies” organizzato per il dottorato europeo Marie Curie Joint Doctorate Program “ABWET – Advanced Biological Waste-to-Energy Technologies” finanziato nell’ambito del programma quadro Marie Curie – Horizon 2020 della Commissione Europea, e accreditato dal Ministero per il ciclo XXXI di dottorato.

- (Settembre 2010 – oggi) **Correlatore e Relatore di oltre 20 tesi di Laurea Magistrale** presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II.
  
- (8 gennaio 2011 – Novembre 2016) **Correlatore delle tesi di Dottorato**, nell'ambito del programma ERASMUS MUNDUS di:
  - o **Dr. Maria Rosaria Mattei**. Lavoro di tesi dal titolo: “Mathematical modelling of multispecies biofilms for wastewater treatments”
  - o **Dr Anish Ghimire**. Lavoro di tesi dal titolo: “Dark fermentative biohydrogen production from organic waste and application of by-products in a biorefinery concept”
  - o **Dr. Martha Minale Yeshaw** Lavoro di tesi dal titolo: “Enhanced anaerobic digestion of organic solid waste through thermal pretreatment and biofilm based two-stage reactors”
  
- (Ottobre 2014 – Marzo 2018) **Relatore della tesi di dottorato**, nell'ambito del programma di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi Civili, del Dr. **Vincenzo Luongo** , lavoro di tesi dal titolo: “Anaerobic processes for waste biomass treatment: applications and mathematical modelling”
  
- (8 gennaio 2014 – Oggi): **Correlatore delle tesi di Dottorato**, nell'ambito dei programmi ERASMUS MUNDUS e MARIE CURIE, di:
  - o **Jairo Hernan Moreno**. Attività di dottorato in: “Algal biofilms for wastewater treatments, experimental activities and mathematical modelling”
  - o **Anastasia Kostrytsia**. Attività di dottorato in: “Denitrification coupled to sulfur solubilization: kinetics and mathematical modeling.”
  - o **Bikash Maharaj**. Attività di dottorato in: “ADMI based mathematical model of trace element precipitation/redissolution in anaerobic digestion processes.”
  
- (1 gennaio 2018 – Oggi) **Correlatore delle tesi di Dottorato** nell'ambito del programma di Dottorato di Ricerca in Matematica e Applicazioni, di:
  - o **Daniele Bernardo Panaro**. Attività di dottorato in “Mathematical modelling of Dry Anaerobic Digestion”
  - o **Alberto Tenore**. Attività di dottorato in: “Mathematical modelling of algal biofilm in wastewater treatment.”
  
- (1 gennaio 2019 – Oggi) **Correlatore delle tesi di Dottorato** nell'ambito del programma di Dottorato di Ricerca in Matematica e Applicazioni, di:
  - o **Fabiana Russo**. Attività di dottorato in “Mathematical modelling of mixotrophic biofilm”
  - o **Grazia Guerriero**. Attività di dottorato in: “Mathematical modelling autotrophic denitrification.”

### **ATTIVITÀ DIDATTICA A LIVELLO UNIVERSITARIO ALL'ESTERO**

- Giugno 2011: *Attribuzione dell'insegnamento “Modeling and Design of Municipal Wastewater Treatment Plants” durante il corso avanzato “Wastes and Wastewaters Anaerobic Digestion:*

*Technologies and Modeling” organizzato per i dottorandi del progetto europeo Erasmus Mundus Joint Doctorate Program “ETeCoS3 – Environmental Technologies for Contaminated Solids, Soils and Sediments”.*

## **BREVETTI**

- *Partecipazione come co-inventore alla domanda di richiesta di brevetto presentata in data 14.05.2018: “Processo e impianto di valorizzazione del digestato anaerobico in uscita da un impianto di produzione di energia da biogas volto alla produzione di bio-concimi e nuovo substrato biodisponibile.”*

## **PARTECIPAZIONE AL COMITATO SCIENTIFICO DI CONFERENZE INTERNAZIONALI**

- *1<sup>st</sup> International ABWET Conference Waste-to-bioenergy: Applications in Urban areas. Champs-sur-Marne, Paris (Francia) 19-20 Gennaio 2017.*
- *1<sup>st</sup> International congress on Metals in Anaerobic Biotechnologies (IMAB17). Siviglia (Spagna) 4-6 Ottobre 2017*

## **PARTECIPAZIONE AL COMITATO ORGANIZZATIVO DI CONFERENZE INTERNAZIONALI**

- *XX International Conference on waves and stability in continuous media WASCOM 2019 Maiori (Italy) 10-14 June 2019.*

## **PARTECIPAZIONE A PROGRAMMI E/O PROGETTI DI RICERCA.**

### **Progetti nazionali**

- *(1 gennaio 2010 – 31 dicembre 2010) - Partecipazione alle attività di ricerca del PRIN 2009 “Caratterizzazione microbiologica, chimico-fisica e cinetica delle biomasse negli impianti di trattamento delle acque reflue che utilizzano bioreattori a membrana (MBR), finalizzata all’ottimizzazione delle condizioni di funzionamento ed alla modellazione matematica dei processi depurativi”.*  
*Responsabile nazionale: prof. Massimiliano Fabbrocino, Università degli Studi di Napoli Federico II.*  
*Importo: ca. 350`000 euro*
- *(1 settembre 2014 – 14 dicembre 2016) - Partecipazione alle attività di ricerca del PRIN 2012 “I consumi energetici e le emissioni di gas clima-alteranti negli impianti di depurazione: un sistema di supporto decisionale per il dimensionamento e la gestione”.*  
*Responsabile locale: prof. Giovanni Esposito*  
*Responsabile nazionale: prof. Giorgio Mannina, Università degli Studi di Palermo.*

Importo: ca. 580'000 euro

- (giugno 2016 – giugno 2017) - **Partecipazione alle attività di ricerca nell'ambito del Progetto giovani GNFM 2016, dal titolo: Comportamenti emergenti ed auto - organizzazione in sistemi iperbolici di reazione diffusione in ambito biologico ed ecologico.**  
Coordinatore: prof. Giancarlo Consolo Università di Messina  
Importo: 6'000 euro
- (16 luglio 2017 – Oggi) - **Coordinazione delle attività di ricerca nell'ambito del Progetto giovani GNFM 2017, dal titolo: Analisi di sistemi biologici complessi.**  
Coordinatore: Dr Luigi Frunzo Università degli Studi di Napoli  
Importo: 3'500 euro
- (Aprile 2018-Oggi) - **Coordinatore locale del - progetto VOLAC - Valorization of OLive oil wastes for sustainable production of biocide-free Antibiofilm Compounds – finanziato dalla Fondazione CARIPLO.**  
Coordinatore Nazionale: prof. Federica Villa, Università degli studi di Milano  
Importo: € 288.000

### **Progetti internazionali**

- (1 novembre 2010 – oggi) - **Partecipazione alle attività di ricerca del progetto europeo Erasmus Mundus Joint Doctorate Program “ETeCoS3 – Environmental Technologies for Contaminated Solids, Soils and Sediments” finanziato dalla Educational, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA) della Commissione Europea e accreditato dal Ministero per i cicli XXV, XXVI, XXVII, XXVIII e XXIX di dottorato.**  
Importo: ca. 5'000'000 euro  
Collaborazione con 27 partner accademici ed industriali provenienti da 13 Paesi del mondo
- (Novembre 2013 – Luglio 2018) - **Coordinatore Nazionale, e membro della Management committee della COST Action ES1302. European network on ecological functions of trace metals in anaerobic biotechnologies, finanziato dalla Commissione Europea.**  
Coordinatore Internazionale: prof. Fernando G. Feroso  
Importo: ca 600'000 euro  
Collaborazione con 54 ricercatori provenienti da Paesi diversi paesi europei.
- (1 gennaio 2015 – oggi) - **Partecipazione alle attività di ricerca e membro del Collegio dei docenti del dottorato Marie Curie Joint Doctorate Program “ABWET – Advanced Biological Waste-to-Energy Technologies” finanziato nell'ambito del programma quadro Marie Curie – Horizon 2020 della Commissione Europea.**  
Importo: ca. 4'000'000 euro  
Collaborazione con 20 partner accademici ed industriali provenienti da 10 Paesi del mondo.

**PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE PRODOTTE**

- [1]. D'Acunto, B; Frunzo, L; Luongo, V; Mattei, MR; **Free boundary approach for the attachment in the initial phase of multispecies biofilm growth**, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, 70,3,91,2019, Springer International Publishing
- [2]. Frunzo, L; Feroso, FG; Luongo, V; Mattei, MR; Esposito, G; **ADMI-based mechanistic model for the role of trace elements in anaerobic digestion processes**, Journal of environmental management, 241,587-602,2019, Academic Press
- [3]. Osorio, Jairo H Moreno; Benettoni, Pietro; Schmidt, Matthias; Stryhanyuk, Hryhoriy; Schmitt-Jansen, Mechthild; Pinto, Gabriele; Pollio, Antonino; Frunzo, Luigi; Lens, Piet NL; Richnow, Hans H; **Investigation of architecture development and phosphate distribution in Chlorella biofilm by complementary microscopy techniques**, FEMS microbiology ecology, 95,4, fiz029, 2019, Oxford University Press
- [4]. Trucchia, A; Mattei, MR; Luongo, V; Frunzo, L; Rochoux, MC; **Surrogate-based uncertainty and sensitivity analysis for bacterial invasion in multi-species biofilm modeling**, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2019, Elsevier
- [5]. Maharaj, Bikash Chandra; Mattei, Maria Rosaria; Frunzo, Luigi; van Hullebusch, Eric D; Esposito, Giovanni; **ADMI based mathematical model of trace element complexation in anaerobic digestion processes**, Bioresource technology, 276, 253-259, 2019, Elsevier
- [6]. Tenore, Alberto; Vieira, João; Frunzo, Luigi; Luongo, Vincenzo; Fabricino, Massimiliano; **Calibration and validation of an activated sludge model for membrane bioreactor wastewater treatment plants**, Environmental technology, 1-14, 2018, Taylor & Francis
- [7]. Osorio, Jairo Hernan Moreno; Luongo, Vincenzo; Del Mondo, Angelo; Pinto, Gabriele; Pollio, Antonino; Frunzo, Luigi; Lens, Piet Nicolaas Luc; Esposito, Giovanni; **Nutrient removal from high strength nitrate containing industrial wastewater using Chlorella sp. strain ACUF\_802**, Annals of Microbiology, 68,12,899-913, 2018, Springer International Publishing
- [8]. D'Acunto, B; Frunzo, L; Klapper, I; Mattei, MR; Stoodley, P; **Mathematical modeling of dispersal phenomenon in biofilms**, Mathematical biosciences, 307, 70-87, 2019, Elsevier.
- [9]. Frunzo, Luigi; Garra, Roberto; Giusti, Andrea; Luongo, Vincenzo; **Modelling biological systems with an improved fractional Gompertz law**, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2019, Elsevier
- [10]. A Kostrytsia, S Papirio, MR Mattei, L Frunzo, PNL Lens, G Esposito (2018), **Sensitivity analysis for an elemental sulfur-based two-step denitrification model**. Water Science and Technology 78 (6), 1296-1303
- [11]. B D'Acunto, L Frunzo, MR Mattei, (2018) **Moving boundary problem for the detachment in multispecies biofilms**. Ricerche di Matematica 67 (2), 683-698
- [12]. Maharaj, B.C., Mattei, M.R, Frunzo, L., van Hullebusch, E.D., Esposito, G., (2018). **ADMI based mathematical model of trace element precipitation/dissolution in anaerobic digestion processes**. Bioresource technology 267, 666-676
- [13]. Yeshanew M.M., Paillet F., Barrau, C., Frunzo, L., Lens P.N.L., Esposito, G., Escudie, R., Trably, E. (2018). **Co-production of hydrogen and methane from the organic fraction of municipal solid waste in a pilot scale dark fermenter and methanogenic biofilm reactor**. Frontiers in Environmental Science 6, 41.
- [14]. Dessì, P., Porca, E., Frunzo, L., Lakaniemi, A.-M., Collins, G.b, Esposito, G., Lens, P.N.L. (2018). **Inoculum pretreatment differentially affects the active microbial community performing mesophilic and thermophilic dark fermentation of xylose**.

- International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 43, Issue 19, 10 May 2018, Pages 9233-9245
- [15]. Kostrytsia, A., Papirio, S., Frunzo, L., Mattei, M. R., Porca, E., Collins, G., ... & Esposito, G. (2018). **Elemental sulfur-based autotrophic denitrification and denitritation: microbially catalyzed sulfur hydrolysis and nitrogen conversions**. *Journal of environmental management*, 211, 313-322.
- [16]. D'ACUNTO, B., Frunzo, L., Luongo, V., & Mattei, M. R. (2018). **Invasion moving boundary problem for a biofilm reactor model**. *European Journal of Applied Mathematics*, 1-31.
- [17]. Mattei, M. R., Frunzo, L., D'Acunto, B., Pechaud, Y., Pirozzi, F., & Esposito, G. (2018). **Continuum and discrete approach in modeling biofilm development and structure: a review**. *Journal of mathematical biology*, 76(4), 945-1003.
- [18]. D'Acunto, B., Frunzo, L., & Mattei, M. R. (2018). **On a free boundary problem for biosorption in biofilms**. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 39, 120-141.
- [19]. Ghimire, A., Trably, E., Frunzo, L., Pirozzi, F., Lens, P. N., Esposito, G., ... & Escudié, R. (2018). **Effect of total solids content on biohydrogen production and lactic acid accumulation during dark fermentation of organic waste biomass**. *Bioresource technology*, 248, 180-186.
- [20]. Cassidy, J., Frunzo, L., Lubberding, H. J., Villa-Gomez, D. K., Esposito, G., Keesman, K. J., & Lens, P. N. L. (2017). **Role of microbial accumulation in biological sulphate reduction using lactate as electron donor in an inversed fluidized bed bioreactor: operation and dynamic mathematical modelling**. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 121, 1-10.
- [21]. Frunzo, L., & Mattei, M. R. (2017). **Qualitative analysis of the invasion free boundary problem in biofilms**. *Ricerche di Matematica*, 66(1), 171-188.
- [22]. D'Acunto, B., Frunzo, L., & Mattei, M. R. (2017). **Continuum approach to mathematical modelling of multispecies biofilms**. *Ricerche di Matematica*, 66(1), 153-169.
- [23]. Caniani, D., Cosenza, A., Esposito, G., Frunzo, L., Gori, R., Bellandi, G., ... & Mannina, G. (2017, May). **A New Plant Wide Modelling Approach for the Reduction of Greenhouse Gas Emission from Wastewater Treatment Plants**. In *Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling* (pp. 489-496). Springer, Cham.
- [24]. Frunzo, L., Esposito, G., Gori, R., Caniani, D., Caivano, M., Cosenza, A., & Mannina, G. (2017, May). **A Graphical User Interface as a DSS Tool for GHG Emission Estimation from Water Resource Recovery Facilities**. In *Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling* (pp. 476-481). Springer, Cham.
- [25]. Luongo, V., Ghimire, A., Frunzo, L., Fabbicino, M., d'Antonio, G., Pirozzi, F., & Esposito, G. (2017). **Photofermentative production of hydrogen and poly- $\beta$ -hydroxybutyrate from dark fermentation products**. *Bioresource technology*, 228, 171-175.
- [26]. Ghimire, A., Luongo, V., Frunzo, L., Pirozzi, F., Lens, P. N., & Esposito, G. (2017). **Continuous biohydrogen production by thermophilic dark fermentation of cheese whey: Use of buffalo manure as buffering agent**. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(8), 4861-4869.
- [27]. D'Acunto, B., Frunzo, L., & Mattei, M. R. (2017). **Moving boundary problem for the detachment in multispecies biofilms**. *Ricerche di Matematica*, 1-16.
- [28]. Yeshanew, M. M., Frunzo, L., Luongo, V., Pirozzi, F., Lens, P. N., & Esposito, G. (2016). **Start-up of an anaerobic fluidized bed reactor treating synthetic**

- carbohydrate rich wastewater.** *Journal of Environmental Management*, 184, 456-464.
- [29]. Yeshanew, M. M., Frunzo, L., Pirozzi, F., Lens, P. N., & Esposito, G. (2016). **Production of biohythane from food waste via an integrated system of continuously stirred tank and anaerobic fixed bed reactors.** *Bioresource technology*, 220, 312-322.
- [30]. Pontoni, L., Fabbricino, M., Frunzo, L., Pirozzi, F., & Esposito, G. (2016). **Biological stability and dewaterability of CAS and MBR sludge.** *Desalination and Water Treatment*, 57(48-49), 22926-22933.
- [31]. Ghimire, A., Valentino, S., Frunzo, L., Pirozzi, F., Lens, P. N., & Esposito, G. (2016). **Concomitant biohydrogen and poly- $\beta$ -hydroxybutyrate production from dark fermentation effluents by adapted *Rhodobacter sphaeroides* and mixed photofermentative cultures.** *Bioresource technology*, 217, 157-164.
- [32]. Yeshanew, M. M., Frunzo, L., Lens, P. N., Pirozzi, F., & Esposito, G. (2016). **Mass Loss Controlled Thermal Pretreatment System to Assess the Effects of Pretreatment Temperature on Organic Matter Solubilization and Methane Yield from Food Waste.** *Frontiers in Environmental Science*, 4, 62.
- [33]. van Hullebusch, E. D., Guibaud, G., Simon, S., Lenz, M., Yekta, S. S., Feroso, F. G., ... & Skjellberg, U. (2016). **Methodological approaches for fractionation and speciation to estimate trace element bioavailability in engineered anaerobic digestion ecosystems: an overview.** *Critical reviews in environmental science and technology*, 46(16), 1324-1366.
- [34]. D'Acunto, B., Frunzo, L., Mattei, M.R. **Qualitative analysis of the moving boundary problem for a biofilm reactor model** (2016) *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 438 (1), pp. 474-491. DOI: 10.1016/j.jmaa.2016.02.008
- [35]. Ghimire, A., Sposito, F., Frunzo, L., Trably, E., Escudié, R., Pirozzi, F., Lens, P.N.L., Esposito, G **Effects of operational parameters on dark fermentative hydrogen production from biodegradable complex waste biomass** (2016) *Waste Management*, 50, pp. 55-64. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.01.044
- [36]. Pontoni, L., Fabbricino, M., Frunzo, L., Pirozzi, F., Esposito, G. **Biological stability and dewaterability of CAS and MBR sludge** (2016) *Desalination and Water Treatment*, pp. 1-8. Article in Press. DOI: 10.1080/19443994.2016.1153904
- [37]. Mousset, E., Frunzo, L., Esposito, G., Hullebusch, E.D.V., Oturan, N., Oturan, M.A. **A complete phenol oxidation pathway obtained during electro-Fenton treatment and validated by a kinetic model study** (2016) *Applied Catalysis B: Environmental*, 180, pp. 189-198. Cited 4 times. DOI: 10.1016/j.apcatb.2015.06.014
- [38]. D'Acunto, B., Esposito, G., Frunzo, L., Mattei, M. R., & Pirozzi, F. (2015). **Mathematical Modeling of Heavy Metal Biosorption in Multispecies Biofilms.** *Journal of Environmental Engineering*, C4015020.
- [39]. Ghimire, A., Valentino, S., Frunzo, L., Pirozzi, F., Lens, P.N.L., Esposito, G. **Concomitant biohydrogen and poly- $\beta$ -hydroxybutyrate production from dark fermentation effluents by adapted *Rhodobacter sphaeroides* and mixed photofermentative cultures** (2015) *Bioresource Technology*, . Article in Press. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.03.017
- [40]. Ghimire, A., Valentino, S., Frunzo, L., Trably, E., Escudié, R., Pirozzi, F., Lens, P.N.L., Esposito, G. **Biohydrogen production from food waste by coupling semi-continuous dark-photofermentation and residue post-treatment to anaerobic digestion: A synergy for energy recovery** (2015) *International Journal of Hydrogen Energy*, 40 (46), pp. 16045-16055. Cited 1 time. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.09.117

- [41]. Mattei, M.R., Frunzo, L., D'Acunto, B., Esposito, G., Pirozzi, F. **Modelling microbial population dynamics in multispecies biofilms including Anammox bacteria** (2015) *Ecological Modelling*, 304, pp. 44-58. Cited 3 times. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.02.007
- [42]. Ghimire, A., Frunzo, L., Pirozzi, F., Trably, E., Escudie, R., Lens, P.N.L., Esposito, G. **A review on dark fermentative biohydrogen production from organic biomass: Process parameters and use of by-products** (2015) *Applied Energy*, 144, pp. 73-95. Cited 22 times. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.01.045.
- [43]. Ghimire, A., Frunzo, L., Pontoni, L., d'Antonio, G., Lens, P.N.L., Esposito, G., Pirozzi, F. **Dark fermentation of complex waste biomass for biohydrogen production by pretreated thermophilic anaerobic digestate** (2015) *Journal of Environmental Management*, 152, pp. 43-48. Cited 5 times. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.12.049
- [44]. Liotta, F., Chatellier, P., Esposito, G., Fabbicino, M., Frunzo, L., van Hullebusch, E.D., Lens, P.N., Pirozzi, F. **Modified Anaerobic Digestion Model No.1 for dry and semi-dry anaerobic digestion of solid organic waste** (2015) *Environmental technology*, 36 (5-8), pp. 870-880. Cited 2 times. DOI: 10.1080/09593330.2014.965226
- [45]. D'Acunto, B., Frunzo, L., Klapper, I., Mattei, M.R. **Modeling multispecies biofilms including new bacterial species invasion** (2015) *Mathematical Biosciences*, 259, pp. 20-26. Cited 3 times. DOI: 10.1016/j.mbs.2014.10.009
- [46]. Ghimire, A., Frunzo, L., Salzano, E., Panico, A., Esposito, G., Lens, P.N.L., Pirozzi, F. **Biomass enrichment and scale-up implications for dark fermentation hydrogen production with mixed cultures** (2015) *Chemical Engineering Transactions*, 43, pp. 391-396. Cited 2 times. DOI: 10.3303/CET1543066
- [47]. Liotta, F., Chatellier, P., Esposito, G., Fabbicino, M., Frunzo, L., Van Hullebusch, E.D., Lens, P.N.L., Pirozzi, F. **Modified Anaerobic Digestion Model No.1 for dry and semi-dry anaerobic digestion of solid organic waste** (2015) *Environmental Technology (United Kingdom)*, 36 (7), pp. 870-880. Cited 2 times. DOI: 10.1080/09593330.2014.965226
- [48]. Pontoni, L., D'Antonio, G., Esposito, G., Fabbicino, M., Frunzo, L., Pirozzi, F. **Thermal pretreatment of olive mill wastewater for efficient methane production: Control of aromatic substances degradation by monitoring cyclohexane carboxylic acid** (2015) *Environmental Technology (United Kingdom)*, 36 (14), pp. 1785-1794. Cited 6 times. DOI: 10.1080/09593330.2015.1012179
- [49]. Ariunbaatar, J., Scotto Di Perta, E., Panico, A., Frunzo, L., Esposito, G., Lens, P.N.L., Pirozzi, F. **Effect of ammoniacal nitrogen on one-stage and two-stage anaerobic digestion of food waste** (2015) *Waste Management*, 38 (1), pp. 388-398. Cited 6 times. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.12.001
- [50]. Mattei, M.R., D'Acunto, B., Esposito, G., Frunzo, L., Pirozzi, F. **Mathematical modeling of competition and coexistence of sulfate-reducing bacteria, acetogens, and methanogens in multispecies biofilms** (2015) *Desalination and Water Treatment*, 55 (3), pp. 740-748. Cited 1 time. DOI: 10.1080/19443994.2014.937764
- [51]. Pontoni, L., D'Alessandro, G., D'Antonio, G., Esposito, G., Fabbicino, M., Frunzo, L., Pirozzi, F. **Effect of anaerobic digestion on rheological parameters and dewaterability of aerobic sludges from MBR and conventional activated sludge plants** (2015) *Chemical Engineering Transactions*, 43, pp. 2311-2316. Cited 1 time. DOI: 10.3303/CET1543386
- [52]. Ariunbaatar, J., Panico, A., Frunzo, L., Esposito, G., Lens, P.N.L., Pirozzi, F. **Enhanced anaerobic digestion of food waste by thermal and ozonation**

- pretreatment methods** (2014) *Journal of Environmental Management*, 146, pp. 142-149. Cited 15 times. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.07.042
- [53]. Liotta, F., D'Antonio, G., Esposito, G., Fabbricino, M., Frunzo, L., Van Hullebusch, E.D., Lens, P.N., Pirozzi, F. **Effect of moisture on disintegration kinetics during anaerobic digestion of complex organic substrates** (2014) *Waste Management and Research*, 32 (1), pp. 40-48. Cited 8 times. DOI: 10.1177/0734242X13513827
- [54]. Panico, A., D'Antonio, G., Esposito, G., Frunzo, L., Iodice, P., Pirozzi, F. **The effect of substrate-bulk interaction on hydrolysis modeling in anaerobic digestion process** (2014) *Sustainability (Switzerland)*, 6 (12), pp. 8348-8363. Cited 3 times. DOI: 10.3390/su6128348
- [55]. D'Acunto, B., Esposito, G., Frunzo, L., Mattei, M. R., & Pirozzi, F.. **Analysis and simulations of the initial phase in multispecies biofilm formation** (2013). *Communications in Applied and Industrial Mathematics*. 4 pp 1-23.
- [56]. Esposito, G., Frunzo, L., Panico, A., Pirozzi, F. **Enhanced bio-methane production from co-digestion of different organic wastes** (2012) *Environmental Technology (United Kingdom)*, 33 (24), pp. 2733-2740. Cited 25 times. DOI: 10.1080/09593330.2012.676077.
- [57]. Frunzo, L., Esposito, G., Pirozzi, F., Lens, P. **Dynamic mathematical modeling of sulfate reducing gas-lift reactors** (2012) *Process Biochemistry*, 47 (12), pp. 2172-2181. Cited 4 times. DOI: 10.1016/j.procbio.2012.08.010
- [58]. Esposito, G., Frunzo, L., Giordano, A., Liotta, F., Panico, A., Pirozzi, F. **Anaerobic co-digestion of organic wastes** (2012) *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11 (4), pp. 325-341. Cited 44 times. DOI: 10.1007/s11157-012-9277-8
- [59]. D'Acunto, B., Frunzo, L. **Free boundary problem for an initial cell layer in multispecies biofilm formation** (2012) *Applied Mathematics Letters*, 25 (1), pp. 20-26. Cited 5 times. DOI: 10.1016/j.aml.2011.06.032
- [60]. Esposito, G., Frunzo, L., Panico, A., Pirozzi, F. **Model calibration and validation for OFMSW and sewage sludge co-digestion reactors** (2011) *Waste Management*, 31 (12), pp. 2527-2535. Cited 26 times. DOI: 10.1016/j.wasman.2011.07.024
- [61]. D'Acunto, B., Esposito, G., Frunzo, L., Pirozzi, F. **Dynamic modeling of sulfate reducing biofilms** (2011) *Computers and Mathematics with Applications*, 62 (6), pp. 2601-2608. Cited 9 times. DOI: 10.1016/j.camwa.2011.07.064
- [62]. D'Acunto, B., Frunzo, L. **Qualitative analysis and simulations of a free boundary problem for multispecies biofilm models** (2011) *Mathematical and Computer Modelling*, 53 (9-10), pp. 1596-1606. Cited 10 times. DOI: 10.1016/j.mcm.2010.12.024
- [63]. Esposito, G., Frunzo, L., Panico, A., Pirozzi, F. **Modelling the effect of the OLR and OFMSW particle size on the performances of an anaerobic co-digestion reactor** (2011) *Process Biochemistry*, 46 (2), pp. 557-565. Cited 35 times. DOI: 10.1016/j.procbio.2010.10.010
- [64]. Esposito, G., Frunzo, L., Panico, A., d'Antonio, G. **Mathematical modelling of disintegration-limited co-digestion of OFMSW and sewage sludge** (2008) *Water Science and Technology*, 58 (7), pp. 1513-1519. Cited 18 times. DOI: 10.2166/wst.2008.509

## **BOOK CHAPTER**

- [1]. Feroso, F.G., Van Hullebusch, E.D., Guibaud, G., Collins, G., Svensson, B.H., Carliell-Marquet, C., Vink, J.P.M., Esposito, G., Frunzo, L. **Fate of trace metals in**

*anaerobic digestion* (2015) *Biogas Science and Technology*, pp. 171-195. DOI: 10.1007/978-3-319-21993-6\_7

### **PRESENTAZIONE DEI PROPRI RISULTATI A CONVEGNI INTERNAZIONALI.**

- [1]. *Mathematical prediction of methane formation in anaerobic co-digestion CSTR. G. ESPOSITO, L. FRUNZO, A. PANICO, F. PIROZZI, 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment System, Dubrovnik, 29 Settembre- 3 Ottobre 2009.*
- [2]. *Mathematical modelling and numerical simulations for multispecies biofilm formation. B. D'ACUNTO, L. FRUNZO. BioMicroWorld 2011 IV International conference on environmental, industrial and applied microbiology. Torremolinos, Malaga, Spain, 14-16 September 2011.*
- [3]. *Analysis and simulations of the initial phase in multispecies biofilm formation. B. D'ACUNTO, L. FRUNZO, M. R. MATTEI. Congresso Nazionale della Società Italiana di Matematica ed Industriale, SIMAI 2012, Torino 25-28 Giugno 2012*
- [4]. *Mathematical modeling of the competition between sulfate reducing, acetoclastic and Methanogenic bacteria within multispecies biofilms. B. D'ACUNTO, G. ESPOSITO, L. FRUNZO, M. R. MATTEI and F. PIROZZI. CEST 2013 13th International Conference on Environmental Science and Technology, Athens, Greece, 5-7 September 2013.*
- [5]. *B D'ACUNTO, L FRUNZO and MR MATTEI. Numerical modelling of initial formation in multispecies biofilms. Convegno della Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale SIMAI. Hotel Villa Diodoro, Taormina - Sicily, Italy. July 7-10, 2014*
- [6]. *L FRUNZO and MR MATTEI. Mathematical Modelling of new bacterial species invasion in biofilm. XVIII International Conference on Waves and Stability in Continuous Media. Cetraro Giugno 2015*
- [7]. *L. FRUNZO, B.D'ACUNTO, and F.PIROZZI Multidimensional modelling of plug flow anaerobic digester. XIV International Conference on Environmental Science and Technology Rodi (Grecia) 5 Settembre 2015*
- [8]. *B D'ACUNTO, L FRUNZO and MR MATTEI. XX Congresso Unione Matematica Italiana UMI Mathematical modelling of new bacterial species invasion in biofilm Siena. 6-13 Settembre 2015.*
- [9]. *L FRUNZO 10th European Conference on Mathematical & Theoretical Biology and SMB annual meeting. Modelling dispersal phenomena in multispecies biofilm. Nottingham 11-15 July 2016.*
- [10]. *L FRUNZO WASCOM 2017 XIX International Conference on Waves and Stability in Continuous Media. Modeling Sorption of Emerging Contaminants in Biofilms. Bologna, 12-16 June 2017.*
- [11]. *L. FRUNZO, G. ESPOSITO, M. R. MATTEI, V. LUONGO, B. D'ACUNTO. Frontiers International Conference on Wastewater Treatment. Mathematical Modeling of Interactions of Trace Metals in Biofilms 21-24 May 2017 Palermo, Italy.*
- [12]. *B D'ACUNTO, L FRUNZO, MR MATTEI. Society for Mathematical Biology 2017 Annual Meeting. Modeling sorption of trace-elements in multispecies biofilms. Salt Lake City, UTAH 17-21 Giugno.*
- [13]. *L FRUNZO - Modeling sorption of trace-elements in multispecies biofilms **Invited speaker con borsa di 1700 CAD**, al Workshop on Mathematics for Complex Microbial Systems, May 7 - 11, 2018, Location: Fields Institute, Toronto, Canada.*

**DATI BIBLIOMETRICI**

<i>Tipologia indice</i>	<i>Scopus</i>	<i>SCHOLAR</i>
<b><i>N° articoli</i></b>	<b>62</b>	<b>85</b>
<b><i>Citazioni</i></b>	<b>1198</b>	<b>1618</b>
<i>Anni</i>	<i>11</i>	<i>11</i>
<i>Citazioni anno</i>	<i>108.9</i>	<i>147.09</i>
<i>Citazioni/articolo</i>	<i>19.32</i>	<i>19.03</i>
<b><i>h-index</i></b>	<b>17</b>	<b>21</b>

**VALUTAZIONE - VQR 2011-2014**

<b>PRODOTTO</b>	<b>VALUTAZIONE</b>	<b>PUNTEGGIO</b>	<b>NOTE</b>
B. D'Acunto, L. Frunzo (2012). <b>Free boundary problem for an initial cell layer in multispecies biofilmformation.</b> APPLIED MATHEMATICS LETTERS, p. 20-26, ISSN: 0893-9659, doi: 10.10.16/j.aml.2011.06.032	Eccellente	1.00	
B. D'Acunto, L. Frunzo (2011). <b>Qualitative analysis and simulations of a free boundary problem for multispecies biofilm models.</b> MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING, vol. 53, p. 1596-1606, ISSN: 0895-7177	Elevato	0.70	
B. D'Acunto, G. Esposito, L. Frunzo, F. Pirozzi (2011). <b>Dynamic modeling of sulfate reducing biofilms.</b> COMPUTERS & MATHEMATICS WITH APPLICATIONS, vol. 62, p. 2601-2608, ISSN: 0898-1221, doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.07.064">10.1016/j.camwa.2011.07.064</a>	Eccellente	1.00	

Napoli 12/06/2019

Luigi Frunzo