



Allegato 1

Scheda di proposta per progetto di ricerca sviluppato da Gruppo di Ricerca Anno 2024

TITOLO DELLA RICERCA

Modelli matematici per la fluidodinamica in bioingegneria

PAROLE CHIAVE

1	Bioingegneria del flusso ematico
2	Emodinamica
3	Emoreologia
4	Fluidi non newtoniani
5	Equazioni alle derivate parziali

PROPONENTE/COORDINATORE

COGNOME E NOME	Nastasi Antonella
RUOLO	RTDa
E-MAIL	antonella.nastasi@unipa.it
SSD	MATH-03/A

RICERCATORI DEL DIPARTIMENTO PARTECIPANTI

N.	COGNOME E NOME	RUOLO	SSD
1	Contino Salvatore	RTDa	IBIO-01/A
2	D'Ippolito Filippo	PO	IINF-04/A
3	Parisi Antonino	RTDb	IINF-01/A
4	Pirrone Roberto	PO	IINF-05/A

RICERCATORI ESTERNI PARTECIPANTI

N.	COGNOME E NOME	RUOLO	UNIVERSITA'/ORGANIZZ. ESTERNA
1	Michal Javorka	Full Professor	Jessenius Faculty of Medicine in Martin Comenius University in Bratislava Department of Physiology, Martin, SLOVAKIA .
2	Dimitris Kugiumtzis	Full Professor	Aristotle University of Thessaloniki Faculty of Engineering School of Electrical and Computer Engineering Thessaloniki, GREECE .



3	Cintia Pacchiano Camacho	Researcher	Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Okinawa, JAPAN .
4	Ana Paula Rocha	Professor Auxiliar	Universidade Do Porto Dep. Matemática, Fac. Ciências Porto, PORTUGAL .
5	Matias Vestberg	Assistant Professor	Uppsala University Department of Mathematics Uppsala, SWEDEN .

SCOPO, DESCRIZIONE E RISULTATI ATTESI DELLA RICERCA

Stato dell'arte (max 10 righe):

Negli ultimi anni è stata rivolta una notevole attenzione alla modellizzazione matematica dei *fluidi non newtoniani*, i quali sono soggetti a variazione di viscosità per effetto di stimoli esterni. Per le loro proprietà, tali fluidi trovano applicazione in diversi ambiti: elettronica, tecnologia aerospaziale, medicina, bioingegneria. Nel contesto della meccanica del continuo, anche il sangue è modellizzato come fluido non newtoniano. L'*emodinamica* è una branca della meccanica dei fluidi che studia le caratteristiche del flusso sanguigno, non solo in condizioni normali, ma anche patologiche, come in presenza di stenosi, aneurisma o trombosi. Il *monitoraggio* del flusso ematico consente diagnosi quanto più puntuali e precoci di malattie cardiovascolari che rappresentano la principale causa di mortalità nel mondo. Per tale motivo, si sta sviluppando un'ampia letteratura per studiare il comportamento emodinamico. In questa direzione, molti sono i problemi ancora aperti.

Obiettivi, ipotesi e metodologia (max 12 righe):

Il progetto si propone di sviluppare nuovi strumenti per lo studio della dinamica dei fluidi non newtoniani con *reologia non standard*, con attenzione particolare all'*emodinamica*. Lo studio si concentrerà sulle proprietà reologiche del sangue per analizzare l'influenza dei parametri del flusso ematico fisiologicamente importanti sulla salute cardiovascolare, attraverso la *modellizzazione matematica*. Tale studio utilizzerà modelli descritti da equazioni alle derivate parziali, nei quali il comportamento reologico del fluido si riflette nella relazione non lineare tra la tensione tangenziale e il gradiente di velocità. Ci concentreremo sul caso in cui questa relazione è anisotropica e non omogenea, in quanto fenomeni anisotropi e non omogenei caratterizzano il comportamento non newtoniano. L'obiettivo è usare tali modelli per la comprensione di fenomeni riguardanti il flusso ematico, la variazione dei *parametri emodinamici* e conseguentemente le *malattie cardiovascolari* connesse. Tali variazioni sono registrabili nelle visite immediatamente precedenti ad un evento, pertanto risulta fondamentale riuscire ad evidenziare tempestivamente le anomalie cardiocircolatorie.

Caratteristiche di interdisciplinarietà del progetto (max 5 righe):

L'interdisciplinarietà tra diverse aree di ricerca di Matematica (MATH-03) e Ingegneria (IBIO-01, IINF-01-04-05) assume un ruolo portante per il raggiungimento degli obiettivi proposti. Infatti, il progetto promuove sia lo sviluppo di studi teorici nel contesto della modellizzazione matematica (equazioni alle derivate parziali anisotropiche e non omogenee) sia il loro impiego in ambito bioingegneristico, elettronico e della robotica medica (analisi e monitoraggio dei parametri ematici e diagnosi robotica).

Risultati attesi (max 5 righe):

Il *monitoraggio emodinamico* fornisce informazioni fondamentali sullo stato di salute. La valutazione quantitativa della gittata cardiaca è una delle più importanti dal punto di vista clinico, ma anche una delle più difficili da effettuare. L'analisi condotta permetterà di individuare fattori fisiologici in ambito cardiovascolare correlati a specifiche patologie, con conseguente applicazione per il miglioramento dell'*efficienza di procedure chirurgiche* e lo sviluppo di nuove *tecnologie diagnostiche e terapeutiche*.



DESCRIZIONE DEI PRODOTTI DELLA RICERCA ATTESI, pari al 50% della numerosità del gruppo di ricerca (tipologia, collocazione editoriale, co-autore straniero se previsto, tempi attesi), evidenziando il numero di prodotti attesi entro la fine del 2024.

Si prevede la pubblicazione di minimo cinque pubblicazioni su riviste Q1 co-autorate dai partecipanti del Dipartimento e dagli studiosi stranieri coinvolti nel progetto:

- o **P1**: pubblicazione metodologica (models for non newtonian fluids), **rivista Q1** tipo *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, co-autore straniero: Pacchiano Camacho Cintia (JAPAN). Entro la fine del 2024.
- o **P2**: pubblicazione metodologica (regularity of solutions for PDE with non standard growth), **rivista Q1** tipo *Journal of Differential Equations*, co-autore straniero: Matias Vestberg (SWEDEN). Entro la fine del 2025.
- o **P3**: pubblicazione metodologica (biomedical data analysis), **rivista Q1** tipo *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, co-autore straniero: Ana Paula Rocha (PORTUGAL). Entro la fine del 2024.
- o **P4**: pubblicazione applicativa (rheological behavior of blood), **rivista Q1** tipo *IEEE Access*, co-autore straniero: Javorka Michal (SLOVAKIA). Entro la fine del 2025.
- o **P5**: pubblicazione applicativa (biomedical data analysis), **rivista Q1** tipo *Chaos*, co-autore straniero: Dimitris Kugiumtzis (GREECE). Entro la fine del 2025.

Saranno organizzati **roundtable** e **seminari** presso il Dipartimento nel corso del 2025, sulle tematiche del presente progetto, coinvolgendo i ricercatori partecipanti (del Dipartimento ed esterni) come organizzatori e/o relatori. Inoltre, i ricercatori esterni partecipanti trascorreranno dei periodi di ricerca come **visitors** presso il Dipartimento per incentivare il lavoro di ricerca.

INDICAZIONI SUL SODDISFACIMENTO DEI CRITERI DI CUI ALL' ART. 15 DEL REGOLAMENTO PER IL SISTEMA DI INCENTIVAZIONE, SOSTEGNO E PREMIALITÀ DELLA RICERCA DIPARTIMENTALE

a) Il gruppo di ricerca è composto da ricercatori appartenenti a **cinque SSD diversi** del DI. Le pubblicazioni previste saranno co-autorate da membri del gruppo di ricerca appartenenti a SSD del DI diversi.

b) I ricercatori appartenenti alle **cinque istituzioni estere** indicate verranno coinvolti attivamente nella ricerca e saranno co-autori delle pubblicazioni programmate.

Al gruppo di ricerca partecipano soggetti appartenenti a **SSD con bassa produttività**, ad es. MATH-03/A, IINF-01/A e IINF-05/A, e **SSD critici** IINF-04/A e IINF-05/A.

c) Il gruppo di ricerca è coordinato da una ricercatrice di **SSD di materie di base**. Le tematiche del progetto partono dalla ricerca di base sulle equazioni alle derivate parziali e le proprietà di regolarità delle soluzioni (**P1-P2**) e sostengono la ricerca applicata all'ingegneria in quanto prevedono lo studio del comportamento reologico del flusso ematico (**P4**) e l'analisi dei dati in ambito biomedico (**P3-P5**).

d) L'attività da svolgere trae spunto da precedenti progetti finanziati da programmi di ricerca:

- PRIN 2022, progetto "Learn a Cognitive framework to build a Robotic PROctor", PNRR Prot. P20229CSJB, CUP E53D23014540001;

- Istituto Nazionale di Alta Matematica, progetto "Regolarità per problemi ellittici e parabolici con crescite non standard" – CUP E53C22001930001, Gruppo Nazionale per l'Analisi Matematica, la Probabilità e le loro Applicazioni (GNAMPA);

- Horizon 2020, progetto "ASTONISH - Advancing Smart Optical Imaging and Sensing for Health"; "Sensoristica intelligente, infrastrutture e modelli gestionali per la sicurezza di soggetti fragili" (4FRAILTY), funded by Italian Ministry of Education, University and Research (MIUR).

Tale **attività è propedeutica alla partecipazione a nuovi partenariati e bandi** dei prossimi programmi Horizon Europe e del Programma Nazionale Ricerca 2021-2027, anche tramite il coinvolgimento dei partner stranieri indicati nella proposta.

I **temi della ricerca** sono perfettamente **coerenti con i settori ERC**: PE7 (Ingegneria dei sistemi e delle comunicazioni: ingegneria elettrica, elettronica, delle comunicazioni, ottica e dei sistemi) ed in particolare: PE7_3 Ingegneria della simulazione e della modellazione, PE7_11 Componenti e sistemi per le applicazioni (ad esempio: in medicina, biologia, ambiente); PE1 (Matematica: tutte le aree della matematica, pura e applicata, fondamenti matematici di informatica, fisica matematica e statistica) ed in particolare: PE1_10 Equazioni differenziali e sistemi dinamici, PE1_11 Aspetti teorici di equazioni differenziali alle derivate parziali, PE1_12 Fisica matematica, PE1_18 Calcolo scientifico ed elaborazione dati, PE1_20 Applicazione della matematica nelle scienze, PE1_21 Applicazione della matematica nell'industria e nella società.



**Università
degli Studi
di Palermo**

Dipartimento di Ingegneria
Direttore: prof. Antonino Valenza



FINANZIAMENTO RICHIESTO (max 3.000,00 €)

3.000,00 €

DESCRIZIONE DELLE SPESE PREVISTE

Missioni: 2000 €

Spese di pubblicazione: 1000 €

L'ammontare delle spese di pubblicazione si ritiene congruo in considerazione della tipologia delle riviste indicate, la maggior parte delle quali non espongono costi di pubblicazione. Si prevede inoltre il cofinanziamento delle spese di pubblicazione open access tramite fondi dei componenti (italiani ed internazionali) del gruppo di ricerca.

La sottoscritta, proponente del progetto, dichiara:

- di non avere disponibilità di fondi di ricerca per un importo superiore a 10.000 €;
- di non avere coordinato gruppi di ricerca risultati assegnatari di finanziamento nell'edizione precedente della misura.

Luogo e data Palermo, 23/10/2024

Firma
