

INTRODUCERE

Această teza de abilitare reprezintă sinteza cercetărilor mele, a carierei academice și profesionale după finalizarea studiilor doctorale. Realizările științifice, profesionale și academice incluse în teza de abilitare acoperă perioada 2010-2023.

Manuscrisul are două părți principale: (1) realizările profesionale, științifice și academice și (2) planuri de evoluție și dezvoltare a carierei.

Cercetarea în domeniul curgerilor, transferului de căldură și eficienței energetice a devenit vitală în contextul unei lumi tot mai preocupate de sustenabilitate și de gestionarea optimă a resurselor.

În această perspectivă, lucrarea curentă reprezintă o explorare interdisciplinară asupra conexiunilor esențiale dintre studiul curgerilor, transferul de căldură, ventilare și confort termic, cu o atenție specială acordată rolului crucial al simulării numerice utilizând Computational Fluid Dynamics (CFD) în rezolvarea problematicilor individuale aferente tuturor acestor direcții.

Teza de abilitare începe cu o scurtă introducere care oferă o privire de ansamblu asupra lucrării, având în vedere inițiativele inițiale de cercetare și evoluția de la studiul curgerilor fundamentale până la aplicarea și utilizarea cunoștințelor fundamentale în diverse aplicații, cum ar fi ventilarea, confortul termic, fațadele ventilate sau partea de evacuare a fumului și gazelor fierbinți rezultate în urma incendiilor. Chiar dacă toate aceste domenii par a fi divergente, totuși la nivel fundamental fiecare dintre acestea depinde de curgerea fluidelor și/sau transferul de căldură și masă.

Realizările mele științifice, acoperă mai multe domenii de cercetare: confort termic, mecanică fluidelor experimentale și numerice aplicate, eficiența energetică a clădirilor, calitatea mediului interior, eficiența ventilației sau studiul incendiilor.

În aceste domenii de cercetare, am obținut rezultate promițătoare folosite de alți cercetători, arhitecți și ingineri și am publicat în această călătorie minunată alături de colegii cu care am colaborat (Ilinca Năstase, Cristiana Croitoru, Mihnea Sandu, Mugur Bălan și alți colegi minunați) lucrări în reviste indexate Web of Science, reviste BDI și conferințe internaționale. De-a lungul anilor, am coordonat 7 proiecte de cercetare și am fost implicat în mai mult de 20 echipe de cercetare naționale și internaționale ca membru în echipa proiectului.

Cercetarea științifică a devenit un motor esențial al dezvoltării umane, furnizând soluții inovatoare și contribuind la avansul tehnologic într-o varietate de domenii. În acest context, prezentul demers propune o privire detaliată asupra direcțiilor de cercetare abordate în cadrul activităților de explorare științifică desfășurate după finalizarea studiilor doctorale până în prezent.

Prima direcție, dedicată efectului studiului prin simulare numerică a formei orificiilor asupra curgerilor fluidelor și transferului de căldură și masă, explorează interacțiunile complexe dintre geometria orificiilor și comportamentul fluidelor. Abordarea detaliată a acestui subiect dezvăluie implicațiile profunde ale formei geometrice asupra fenomenelor de curgere, permițând înțelegerea, optimizarea și intensificarea proceselor de transfer de căldură și masă într-o varietate de aplicații. Astfel, au fost studiate atât

experimental dar cu precădere cu ajutorul simulării numerice CFD o largă varietate de duze și difuzoare cu scopul de a găsi forme inovatoare cu potențial ridicat în amestecul pasiv dintre fluidul din curgere și mediul ambiant sau pentru intensificarea schimbului de căldură.

Direcția a doua se concentrează pe utilizarea simulării numerice în îmbunătățirea ventilării spațiilor pentru creșterea calității aerului interior și a confortului termic al ocupanților. Duzele și difuzoarele studiate în cadrul primei direcții sunt aplicate acum în diverse aplicații, cum ar fi ventilarea personalizată, ventilarea din automobile și alte spații reduse ca volum (ventilarea în avioane, ventilare în cabina echipajului de pe Stația Spațială Internațională), ventilarea în aplicații speciale (săli de operație, clădiri industriale sau comerciale), fațadele ventilate și altele.

Această scurtă detaliere dezvăluie impactul esențial al formei difuzoarelor de aer în eficiența energetică sau în eficiența sistemelor de ventilare și asupra confortului termic în vehicule și alte spații interioare. Cu ajutorul modelelor termofiziologice umane și al simulării numerice, această direcție își propune să optimizeze experiența termică a utilizatorilor.

A treia direcție, concentrată pe îmbunătățirea eficienței energetice în diverse aplicații, explorează potențialul colectoarelor solare cu aer și a altor soluții inovatoare. Studiile detaliate în acest domeniu demonstrează modul în care simularea numerică poate contribui la dezvoltarea de tehnologii sustenabile, cum ar fi colectoarele solare cu aer, pentru a maximiza captarea energiei solare și eficiența energetică în clădiri și vehicule.

În sfârșit, direcția a patra a apărut ca o normalitate datorită experienței de 6 ani (studii doctorale) pe simulare numerică legată de partea de ardere și de eficientizarea a combustiei. Aceasta, împreună cu experiența pe care am câștigat-o în decursul anilor în cadrul Direcției a 2-a de cercetare, simularea numerică aplicată în domeniul ventilării spațiilor a dus inevitabil la apariția Direcției a 4-a, simularea numerică aplicată în cazul incendiilor, evacuării fumului și gazelor fierbinți.

Această direcție se concentrează pe utilizarea simulării numerice în gestionarea incendiilor, evacuării fumului și gazelor fierbinți. Aceasta pune în lumină importanța tehnologiilor de simulare numerică în dezvoltarea de strategii eficiente de prevenire și gestionare a incendiilor, contribuind astfel la siguranța și securitatea spațiilor locuite și industriale.

Pe această direcție am dezvoltat colaborări la nivel național atât pe plan academic cât și industrial, acest domeniu fiind unul în plină expansiune la această oră datorită convergenței dintre puterea de calcul disponibilă, programele de simulare numerică existente și cerințelor beneficiarilor de utilizare a acestor metode moderne în evaluarea eficienței sistemelor de ventilare în cazul unui incendiu. Trebuie ținut cont și de faptul, ca eficiența reală unui astfel de sistem nu poate să fie evaluată decât în condițiile reale ale unui incendiu ceea ce face simularea numerică CFD indispensabilă pentru confirmarea sau proiectarea eficientă a soluțiilor de ventilare pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți din incendii.

În ansamblul său, această lucrare reprezintă o explorare cuprinzătoare a relațiilor complexe dintre cele patru direcții de cercetare, subliniind modul în care simularea numerică CFD acționează ca un liant vital care unifică eforturile de cercetare. Prin

utilizarea acestei abordări interdisciplinare și a metodelor avansate de simulare numerică, cercetările prezentate în această lucrare aduc contribuții semnificative în dezvoltarea cunoașterii și în dezvoltarea de soluții practice pentru optimizarea eficienței energetice, confortului termic, calității aerului interior și siguranței spațiilor construite.

Planurile de evoluție și dezvoltare a carierei vor continua direcțiile începute deja și care au produs rezultate până în acest moment, subiectele de cercetare nefiind epuizate.

În continuare intenționez să-mi dezvolt expertiza în aceste direcții și să continui să exploreze noi modalități de a contribui la avansul cunoștințelor și tehnologiilor în aceste domenii de cercetare. Colaborările în curs și planurile de viitor cu diverse institute de cercetare și universități subliniază din nou dorința mea de a continua să contribui activ la dezvoltarea științifică și la progresul tehnologic pe toate aceste direcții de cercetare.

2023

Florin Ioan BODE

ABSTRACT

This habilitation thesis represents a synthesis of my research, spanning my academic and professional career following the completion of my doctoral studies. The scientific, professional, and academic achievements included in this habilitation thesis cover the period from 2010 to 2023.

The manuscript comprises two main parts: (1) professional, scientific, and academic achievements, and (2) career development and growth plans.

Research in the fields of fluid dynamics, heat transfer, and energy efficiency has become vital in the context of an increasingly sustainability-conscious world and the optimal management of resources. In this perspective, the current work constitutes an interdisciplinary exploration of the essential connections between the study of flows, heat transfer, ventilation, and thermal comfort, with particular emphasis on the crucial role of numerical simulation using Computational Fluid Dynamics (CFD) in addressing individual issues within these domains.

The habilitation thesis commences with a brief introduction that provides an overview of the work, considering initial research initiatives and the evolution from fundamental flow studies to the application and utilization of fundamental knowledge in various applications such as ventilation, thermal comfort, ventilated facades, or smoke and hot gas evacuation following fires. Despite these domains appearing divergent, at a fundamental level, each of them depends on fluid flow and/or heat and mass transfer.

My scientific achievements encompass multiple research areas: thermal comfort, applied experimental and numerical fluid mechanics, building energy efficiency, indoor environmental quality, ventilation efficiency, and fire studies. In these research areas, I have achieved promising results that have been used by other researchers, architects, and engineers. I have also published works in Web of Science-indexed journals, BDI journals, and international conferences during this wonderful journey alongside colleagues I collaborated with (Ilinca Năstase, Cristiana Croitoru, Mihnea Sandu, Mugur Bălan, and other wonderful colleagues). Over the years, I have led 7 research projects and been involved in more than 20 national and international research teams as a project team member.

Scientific research has become an essential driver of human development, providing innovative solutions and contributing to technological advancement in various fields. In this context, this endeavour offers a detailed overview of the research directions pursued in the scientific exploration activities conducted since completing doctoral studies to the present day.

The first direction, dedicated to the numerical simulation study of orifice shape effects on fluid flows and heat and mass transfer, explores the complex interactions between orifice geometry and fluid behaviour. A detailed approach to this subject reveals the profound implications of geometric shape on flow phenomena, enabling the understanding, optimization, and intensification of heat and mass transfer processes in a variety of applications. Thus, a wide variety of nozzles and diffusers have been studied experimentally but primarily with the help of CFD numerical simulations to find

innovative shapes with high potential for passive mixing between the flowing fluid and the surrounding environment or for enhancing heat transfer.

The second direction focuses on using numerical simulation to improve space ventilation for enhanced indoor air quality and occupant thermal comfort. The nozzles and diffusers studied in the first direction are now applied in various applications such as personalized ventilation, ventilation in automobiles and other confined spaces (ventilation in airplanes, ventilation in the crew cabin of the International Space Station), ventilation in special applications (operating rooms, industrial or commercial buildings), ventilated facades, and more. This brief elaboration reveals the essential impact of air diffuser shape on energy efficiency and the efficiency of ventilation systems, as well as on thermal comfort in vehicles and other indoor spaces. With the use of human thermophysiological models and numerical simulations, this direction aims to optimize the thermal experience of users.

The third direction, focused on improving energy efficiency in various applications, explores the potential of air-based solar collectors and other innovative solutions. Detailed studies in this field demonstrate how numerical simulation can contribute to the development of sustainable technologies, such as air-based solar collectors, to maximize solar energy capture and energy efficiency in buildings and vehicles.

Finally, the fourth direction emerged as a natural progression due to my 6-year experience (doctoral studies) in numerical simulation related to combustion and combustion efficiency. This, together with the experience gained over the years in the second research direction, numerical simulation applied in ventilation, inevitably led to the emergence of the fourth direction: numerical simulation applied to fires, smoke evacuation, and hot gases management. This direction focuses on the use of numerical simulation in fire situations, smoke and hot gas evacuation. It highlights the importance of numerical simulation technologies in developing efficient fire prevention and management strategies, thereby contributing to the safety and security of residential and industrial spaces.

In this direction, I have developed collaborations at the national level, both in academia and industry. This field is currently experiencing significant growth due to the convergence of available computing power, existing numerical simulation programs, and the requirements of users for the use of these modern methods in evaluating the efficiency of ventilation systems in the event of a fire. It should also be noted that the real efficiency of such a system can only be evaluated under actual fire conditions, making CFD numerical simulation indispensable for confirming or efficiently designing smoke and hot gas evacuation solutions in fires.

Overall, this work represents a comprehensive exploration of the complex relationships among the four research directions, highlighting how CFD numerical simulation acts as a vital binding agent that unifies research efforts. Through the use of this interdisciplinary approach and advanced numerical simulation methods, the research presented in this work makes significant contributions to the development of knowledge and the development of practical solutions for optimizing energy efficiency, thermal comfort, indoor air quality, and safety in built environments.

Career development and growth plans will continue the directions already initiated and which have produced results up to this point, as research topics are far from exhausted.

I intend to further develop my expertise in these directions and continue to explore new ways to contribute to the advancement of knowledge and technologies in these research areas. Ongoing collaborations and future plans with various research institutes and universities underscore my commitment to actively contribute to scientific development and technological progress in all these research directions.

2023

Florin Ioan BODE