



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

XXXIX CICLO

Il sottoscritto prof. EMIDIO NIGRO (PO X PA RU RTD)
afferre al Dipartimento di **Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e
l'Architettura** S.S.D. *indicare codice e nome per esteso* (ICAR/09 – **Tecnica delle
Costruzioni**)

CHIEDE

di essere inserito nell'elenco dei tutor per il XXXIX ciclo.

1. Curriculum del proponente (max 500 parole)

Prof. Ing. **EMIDIO NIGRO**, PhD, Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni (Settore Scientifico-Disciplinare ICAR/09) presso il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura (DIST) dell'Università di Napoli Federico II.

E' Coordinatore del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Strutturale e Geotecnica e referente per la didattica del Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli Federico II.

Attualmente svolge i corsi di "Tecnica delle Costruzioni" per Laurea in Ingegneria Civile, "Strutture Speciali e Progetto di Strutture Resistenti al Fuoco" per la Laurea Magistrale in Ingegneria Strutturale e Geotecnica e "Sicurezza Strutturale Antincendio di Edifici per Processi Industriali", che si tiene al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica. Ha tenuto in passato i corsi di "Strutture Speciali", di "Recupero e Rinforzo dell'Edilizia Esistente" e, nell'ambito del Master Internazionale in "Design of Steel Structures", il corso di "Composite Structures". Svolge dal 1989 attività di ricerca scientifica nel settore dell'ingegneria strutturale ed è autore di tre monografie, di alcuni capitoli di libri a diffusione nazionale o internazionale e di circa 400 pubblicazioni di carattere tecnico-scientifico. I principali temi di ricerca sviluppati nel corso degli anni sono:

1. Valutazione degli effetti del II ordine in elementi snelli in c.a. in presenza di carichi di breve e lunga durata;
2. Valutazione teorica delle deformazioni differite nelle membrature in c.a. in regime fessurato;



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

3. Analisi non lineare e problemi di progettazione di strutture iperstatiche in c.a.;
4. Analisi non lineare e problemi progettazione di strutture composte acciaio-calcestruzzo;
5. Analisi del comportamento e della vulnerabilità sismica di edifici in muratura ed in c.a.;
6. Valutazione degli effetti delle colate rapide sulle costruzioni;
7. Problematiche relative agli interventi di rinforzo, riparazione ed adeguamento di strutture in c.a. ed in muratura con tecniche innovative (FRP, NSM, FRCM).
8. Resistenza al fuoco delle strutture ed in particolare di strutture di acciaio e composte acciaio- calcestruzzo;
9. Comportamento alle alte temperature di membrature in c.a. rinforzate con l'impiego di elementi di materiale polimerico fibro-rinforzato (FRP);
10. Comportamento di sistemi per la protezione passiva al fuoco di strutture in acciaio, con particolare riferimento alle vernici intumescenti;
11. Approccio ingegneristico per la sicurezza strutturale antincendio (Fire Safety Engineering);
12. Verifica strutturale di rivestimenti in calcestruzzo di tunnel soggetti ad azioni eccezionali.

I temi di ricerca citati sono stati sviluppati, in qualità di responsabile scientifico o di partecipante, nell'ambito di numerosi Progetti di Ricerca nazionali ed internazionali, tra cui progetti M.U.R.S.T. 60% e MIUR-PRIN, progetti RELUIS-DPC, progetti PON e POR, COST Action C26 (Urban habitat constructions under catastrophic events, 2007-2010), COST Action TU0904 (Integrated Fire Engineering and Response, 2010-2014), COST Action TU1207 (Next Generation Design Guidelines for Composites in Construction, 2013-2017), Agreement KE3779 con il CERN (Surface buildings and underground infrastructures for HL-LHC Project, 2017-2020), Agreement KE4936/HSE con il CERN (Fire-Induced Radiological Integrated Assessment project (F.I.R.I.A.) project of CERN).

Responsabile Scientifico di numerose Convenzioni per attività di ricerca applicata, tra cui quelle con il Ministero della Giustizia, con RFI (Rete Ferroviaria Italiana), con il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e con il Consorzio ForCase. Componente o coordinatore di varie Commissioni normative e pre-normative internazionali e nazionali, tra cui:



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

- Project Team "SC4.T4 Composite - Develop new rules for composite columns (concrete filled tubes) in fire".
- Coordinatore Gruppo di Lavoro UNI/CT 021/GL01 (Progettazione strutturale contro l'incendio).
- Commissione CEN/TC 250/SC 4 "Evolution Group EN1994-1-2" e CEN/TC 250/SC3 "Evolution Group EN1993-1-2".
- Sottocommissioni CIS/SC4 "Strutture Composte Acciaio-Calcestruzzo" e CIS/SC3 "Strutture di Acciaio".
- Gruppi di studio per Documenti Tecnici del CNR (CNR-DT 200/2004 e CNR-DT 215).
- A.C.I. International ed ACI Italy Chapter (Consiglio Direttivo).
- fib Task Group 9.3 e fib Task Group 2.6.
- Technical Committee "DUC" of RILEM.
- Coordinatore della Commissione Tecnica "Sicurezza delle strutture in acciaio in caso di incendio" istituita da Fondazione Promozione Acciaio

2. Dottorandi dei quali il proponente è stato tutor nell'ultimo triennio

n. <u>3</u>	<i>specificare tipologia di borsa: ateneo, pon, por, ecc.</i> n. 2 borse di ateneo XXXVI ciclo e n.1 borsa INPS XXXVI ciclo
-------------	--

3. Titolo della ricerca proposta



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

Ottimizzazione delle procedure di progettazione dei protettivi passivi antincendio per le strutture.

4. Area Tematica

Ingegneria Strutturale

5. Tipologia di borsa per la quale si propone il progetto

Ateneo

DM 117 (Investimento 3.3)
(in questo caso indicare l'azienda co-finanziatrice)

DM 118 (Investimento 4.1 P.A.)

DM 118 (Investimento 4.1 generici)

DM 118 (Investimento 4.1 Patrimonio culturale)

6. Sintesi del progetto di ricerca (max 500 parole. Stato dell'arte, breve programma previsto per le attività e obiettivi)

La valutazione della sicurezza antincendio, nell'attuale panorama tecnico-scientifico e normativo, trova un importante strumento nella disciplina della Fire Safety Engineering (FSE), approccio di progettazione che determina un'accurata verifica dei livelli di sicurezza prefissati e consente una maggiore flessibilità nelle scelte progettuali.

Per l'applicazione è necessario conoscere le caratteristiche termiche di tutti i materiali, compreso i protettivi, in particolare in presenza di curve di incendio "naturali" caratterizzate da una evoluzione diversa rispetto a quelle "nominali" utilizzate nell'approccio convenzionale prescrittivo. Pertanto, è necessaria un'attività di ricerca specifica che consenta di individuare una metodologia di caratterizzazione sperimentale e numerica di tali protettivi, al fine di permetterne l'introduzione nei modelli di calcolo avanzato ed ottimizzare la progettazione antincendio. Inoltre, simulando il comportamento di tali protettivi si riuscirebbe a "prevederne" il comportamento durante le prove sperimentali, consentendo ai produttori una progettazione "mirata" della prova, risparmiando notevoli risorse economiche ed umane

Le attività sono organizzate in modo da coniugare al meglio: a) le competenze tecnico-scientifiche



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

sulla FSE e sull'analisi del comportamento delle strutture e dei protettivi in condizioni di incendio, sviluppate presso il DIST (UNINA), dipartimento sede del dottorato; b) la possibilità di effettuare prove sperimentali su diverse tipologie di protettivi passivi presso i laboratori della "Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica" dei VVF, entrando in contatto con le autorità competenti e contribuendo all'aggiornamento delle normative di settore; c) le competenze tecnico-scientifiche presenti presso l'Università estera ospitante (Ulster University) sulla sperimentazione e sull'interpretazione dei risultati. Le attività di ricerca saranno dedicate prevalentemente alle strutture in acciaio, sia in assenza di protezioni, sia in presenza di sistemi di protezione passiva. Le attività svilupperanno attraverso una prima fase dedicata alla caratterizzazione termica dei materiali ed una seconda dedicata alle analisi termomeccaniche di edifici tipologici in struttura metallica.

Per quanto concerne la prima fase, allo stato attuale delle conoscenze, non è compiutamente definita la possibilità di applicare la FSE in presenza di protettivi antincendio, in particolare di quelli "reattivi", come le vernici intumescenti e tale aspetto è chiarito anche in una circolare emanata di recente dagli organi competenti, in cui si vieta l'uso di protettivi antincendio se si progetta con FSE. Infatti le proprietà termiche degli stessi potrebbero essere influenzate da curve di incendio naturali, caratterizzate da una evoluzione diversa da quella della curva standard solitamente utilizzata per la classificazione dei materiali nell'ambito dell'approccio prescrittivo. A tal fine, verranno anzitutto utilizzate ed analizzate alcune ricerche teorico-sperimentali condotte recentemente dal proponente e da altri ricercatori. Nell'ambito dell'attività di ricerca proposta, a partire dall'esame dei risultati delle ricerche citate sarà possibile definire una serie di prove sperimentali per la caratterizzazione di particolari tipologie di protettivi sottoposti a curve di incendio naturali. Questa fase prevederà l'interazione con aziende produttrici di protettivi finalizzata all'esecuzione delle prove di caratterizzazione dei materiali. Inoltre, in questa fase, il dottorando interegirà con esperti nel campo dell'ingegneria chimica e della fluidodinamica, presenti presso UNINA.

Per quanto riguarda la seconda fase, si procederà alla valutazione degli effetti che l'appropriata caratterizzazione termica dei materiali protettivi ha nella valutazione della sicurezza strutturale nell'ambito della FSE. Verrà sviluppata la modellazione termomeccanica di strutture di acciaio in presenza ed assenza di protezione, tenendo conto, con l'ausilio di codici di calcolo e di procedure numeriche implementate ad hoc, del comportamento termomeccanico non lineare dei materiali strutturali, della caratterizzazione dei materiali protettivi sviluppata nella prima fase della ricerca, della non linearità meccanica e geometrica del problema strutturale, nonché delle sollecitazioni iperstatiche dovute alle dilatazioni termiche contrastate. Le modellazioni termomeccaniche saranno sviluppate con riferimento ad alcuni edifici tipologici in acciaio.

7. Pubblicazioni sul tema di ricerca

de Silva, D.; Nuzzo, I.; Nigro, E.; Occhiuzzi, A. (2022), Intumescent Coatings for Fire Resistance of Steel Structures: Current Approaches for Qualification and Design. *Coatings* 2022, 12, 696. <https://doi.org/10.3390/coatings12050696>



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

de Silva, D.; Alam, N.; Nadjai, A.; Nigro, E.; Ali, F. (2021), Finite Element Modelling for Structural Performance of Slim Floors in Fire and Influence of Protection Materials. *Appl. Sci.* 2021, 11, 11291. <https://doi.org/10.3390/app112311291>

de Silva D., Bilotta A., Nigro E. (2020), Approach for modelling thermal properties of intumescent coating applied on steel members. *FIRE SAFETY JOURNAL*, vol. 116, ISSN: 0379-7112. September 2020, 103200, doi: 10.1016/j.firesaf.2020.103200.

de Silva D., Bilotta A., Nigro E. (2019). *Experimental investigation on steel elements protected with intumescent coating*. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*, vol. 205, p. 232-244, ISSN: 0950-0618, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.223

Bilotta A., De Silva D., Nigro E. (2016). *Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel structures*. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*, vol. 121, p. 410-422. ISSN: 0950-0618, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.05.144.

Bilotta A., de Silva D., Nigro E. (2016). *General approach for the assessment of the fire vulnerability of existing steel and composite steel-concrete structures*. *JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING*, vol. 8, p. 198-207. ISSN: 2352-7102, doi: 10.1016/j.jobeb.2016.10.011.

E. Nigro (2017). *Nuovi sviluppi ed opportunità nella progettazione di strutture di acciaio soggette ad incendio*. *COSTRUZIONI METALLICHE*, Anno LXIX, Vol. 5, Set-Ott 2017. pp. 9-10. ISSN: 0010-9673

F. Corradino, D. de Silva, E. Nigro (2019). *A simplified model to evaluate the thermal-induced stresses in steel statically indeterminate structures subjected to fire*. *Proceedings of IFireSS 2019 – 3rd International Fire Safety Symposium*, June 5-7, 2019, Ottawa, Canada. Editors: George Hadjisophocleous & Rheanna Johnson. p. 273-281. ISBN: 9781488400100.

S. Pustorino, P. Princi, E. Nigro, A. Ferraro, F. Bontempi, C. Crosti, L. Ponticelli, C. Mastrogiuseppe (2017). *Application of Fire Safety Engineering to steel structures of industrial halls according to national regulations*. *Proceedings of IFireSS 2017 – 2nd International Fire Safety Symposium*, June 7-9, 2017, Napoli, Italy. Editors: E. Nigro & A. Bilotta. p. 129-136. ISBN: 978-88-89972-67-0. ISSN: 2412-2629.



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

Del Prete I., Cefarelli G., Nigro E. (2016). *Application of criteria for selecting fire scenarios for structures within fire safety engineering approach*. JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING, vol. 8, pp. 208-217. ISSN: 2352-7102, doi: 10.1016/j.jobbe.2016.10.010.
E. Nigro, A. Bilotta, D. Asprone, F. Jalayer, A. Prota, G. Manfredi (2014). *Probabilistic approach for failure assessment of steel structures in fire by means of plastic limit analysis*. FIRE SAFETY JOURNAL, Vol.68, p. 16-29. ISSN: 0379-7112, doi:10.1016/j.firesaf.2014.05.020

E. Nigro, A. Ferraro, G. Cefarelli (2011). *The influence of fire scenarios on the structural behaviour of composite steel-concrete buildings*. APPLIED MECHANICS AND MATERIALS, Vol. 82 (2011), p. 368-373. ISSN: 1662-7482. ISBN-13 978-3-03785-217-0. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.82.368

E. Nigro, G. Cefarelli, A. Ferraro, G. Manfredi, E. Cosenza (2011). *Fire Safety Engineering for open and closed car parks: C.A.S.E Project for L'Aquila*. APPLIED MECHANICS AND MATERIALS, Vol. 82 (2011), p. 746-751. ISSN: 1662-7482. ISBN-13 978-3-03785-217-0. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.82.746.

8. Progetti di ricerca finanziati in cui l'attività si inserisce

- **STAR PLUS 2020 - LINEA 1. N. Prog. 21-UNINA-EPIG-136 – Responsabile scientifico Prof. Emidio Nigro, titolo del progetto di ricerca “PROSYSSIF - Chemo-physical properties of PROtective SYstems for Steel Structures in Fire” (n. progetto 21-UNINA-EPIG-136)**
- **Attività di ricerca applicata finanziata da Fondazione Promozione Acciaio: “Qualificazione di sistemi di protezione antincendio per la verifica delle strutture di acciaio soggette ad incendio”, che prevede anche la collaborazione diretta con aziende produttrici di sistemi di protezione passiva antincendio.**

Lo sviluppo delle attività di ricerca sperimentali potrà inoltre beneficiare della Convenzione stipulata tra il CeSMA (Centro Servizi Metrologici e Tecnologici Avanzati presso UNINA) ed il Distretto Tecnologico IMAST per l'utilizzo del laboratorio leggero fuoco presso il Polo universitario di San Giovanni a Teduccio (Napoli), nonché della collaborazione in essere con la Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica del Dipartimento dei Vigili del Fuoco,



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

Soccorso Pubblico e Difesa Civile, che dispone di un laboratorio per prove di resistenza al fuoco a Capannelle (Roma).

9. Fondi disponibili per eventuali assegni, borse di ricerca, ecc., per acquisto eventuale di attrezzature, missioni

- STAR PLUS 2020 - LINEA 1. N. Prog. 21-UNINA-EPIG-136 – Responsabile scientifico Prof. Emidio Nigro, titolo del progetto di ricerca “PROSYSSIF - Chemo-physical properties of PROtective SYstems for Steel Structures in Fire” (n. progetto 21-UNINA-EPIG-136)

10. Informazioni relative ad un periodo di ricerca all'estero (minimo tre mesi) previsto per il dottorando (*indicare Università/ente di ricerca e docente/ricercatore di riferimento*) (max 300 parole)

L'attività proposta prevede un periodo di 3 mesi presso la Ulster University in Irlanda del Nord. Il centro di ricerca e sperimentazione di questa università “Fire Safety Engineering Research and Technology Centre (FireSERT)” si distingue in ambito internazionale per l'eccellente contributo alla ricerca in Ingegneria e Scienza in materia di sicurezza antincendio e più precisamente nell'ambito della sperimentazione sulla reazione al fuoco dei materiali e sulla resistenza al fuoco delle strutture.

Pertanto, presso il FireSERT il dottorando svolgerà le seguenti attività:

- esecuzione di prove sperimentali “su coupon” (legati ad aspetti termo-chimici e termo-fisici) sui medesimi materiali protettivi da testare successivamente presso i VVF;
- acquisizione dei criteri per l'elaborazione di prove sperimentali in piccola e grande scala.

I risultati conseguiti saranno direttamente utilizzati nei modelli di calcolo avanzati agli elementi finiti per tener conto del comportamento dei protettivi alle alte temperature nell'ambito delle analisi termo-meccaniche delle strutture, attività che il dottorando svolgerà principalmente presso l'Università di Napoli sede del dottorato (UNINA) ed in sinergia con i Vigili del Fuoco e la stessa



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA
CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA STRUTTURALE GEOTECNICA E RISCHIO SISMICO

Università di Ulster. Il bagaglio di competenze tecnico-scientifiche del dottorando di ricerca sarà, quindi, fortemente irrobustito dal periodo di permanenza presso l'università estera.

- Denominazione Ente: Fire Safety Engineering Research and Technology Centre (FireSERT) - "Ulster University"
- Sede: 27B09 - Jordanstown campus, Belfast, Irlanda del Nord
- Tutor presso l'Ente: Professor Ali Nadjai
- email: a.nadjai@ulster.ac.uk

11. Eventuali collaborazioni con imprese/aziende sul tema di ricerca (max 300 parole)

Il tema di ricerca proposto prevederà la collaborazione con aziende produttrici di protettivi antincendio finalizzata all'esecuzione delle prove di caratterizzazione termica dei materiali protettivi antincendio. Le modalità di collaborazione verranno meglio definite all'inizio della eventuale attività di dottorato di ricerca, anche mediante specifiche convenzioni di ricerca o accordi di collaborazione. In particolare, nell'ambito dell'attività di ricerca applicata finanziata da Fondazione Promozione Acciaio, dal titolo "Qualificazione di sistemi di protezione antincendio per la verifica delle strutture di acciaio soggette ad incendio", è prevista anche la collaborazione diretta con aziende produttrici di sistemi di protezione passiva antincendio.

Tra le possibili aziende produttrici i protettivi antincendio si annoverano:

- Knauf Italia: Materiali per edilizia e sistemi costruttivi a secco;
- Promat: Protezione al fuoco e l'isolamento termico e acustico.

Napoli, 30/06/2023

FIRMA

Il presente modulo va compilato in ogni sua parte ed inviato all'indirizzo di posta elettronica phd.dist@unina.it entro e non oltre il 30/06/2023.