

Kick off del Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

WP 15 - CONTRIBUTI NORMATIVI RELATIVI A ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Coordinatori: Felice Carlo Ponzo, Giorgio Serino – Referente DPC: Daniele Spina

STRUTTURA WP15

WP15.1: DISPOSITIVI ANTISISMICI (Cap. 11.9);

1.1. Avanzamento tecnologico dei dispositivi antisismici

1.2. Omogeneizzazione con gli ultimi aggiornamenti delle Norme Europee

WP15.2: EDIFICI e PONTI con isolamento e/o dissipazione di energia (Cap. 7.10);

2.1. Isolamento sismico alla base

2.2. Dissipazione di energia

PARTECIPANTI AL WP15

	Coordinatore	Unità di Ricerca	Task 15.1		Task 15.2	
			15.1.1	15.1.2	15.2.1	15.2.2
			D. Losanno	A. Pavese	E. Mele	F. Mazza
1	Felice Carlo Ponzo (UNIBAS)	Univ. Basilicata	X	X	X	
2	Giorgio Serino (UNINA)	Univ. Napoli Federico II	X	X	X	X
3	Virginio Quaglini (POLIMI)	Politecnico di Milano	X	X	X	X
4	Gloria Terenzi (UNIFI)	Univ. di Firenze				X
5	Alberto Pavese (UNIPV)	Univ. di Pavia		X	X	
6	Stefano Silvestri (UNIBO)	Univ. di Bologna				X
7	Stefano Sorace (UNIUD)	Univ. di Udine				X
8	Fabio Mazza (UNICAL)	Univ. della Calabria			X	X
9	Antonello De Luca (UNINA)	Univ. Napoli Federico II		X	X	
10	Ottavia Corbi (UNINA)	Univ. Napoli Federico II				X
11	Andrea Dall'Asta (UNICAM)	Univ. di Camerino		X	X	
12	Luciano Rosati (UNINA)	Univ. Napoli Federico II		X	X	
13	Elena Mele (UNINA)	Univ. Napoli Federico II			X	X

Sub-Task 15.1.1. Avanzamento tecnologico dei dispositivi antisismici

UR1 UNIBAS – Prof. Felice Carlo Ponzo

Formulazione algebrica

Formulazione algebrica proposta per isolatori a scorrimento in regime di extra-corsa

Formulazione algebrica vs test sperimentali

Prove sperimentali su isolatori a scorrimento a doppia superficie curva in regime di extra-corsa

Formulazione algebrica vs test sperimentali

UR3 POLIMI – Prof. Virginio Quaglini

Campagna sperimentale secondo EN15129 presso il Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano

PS-LED 200/10

- spostamento $d_{50} = \pm 10$ mm
- forza $F_E = \pm 200$ kN

PS-LED 60/15

- spostamento $d_{50} = \pm 15$ mm
- forza $F_E = \pm 60$ kN

Studio dell'efficacia del PS-LED per la protezione sismica di strutture a telaio

Edificio caso-studio in CA **Edificio caso-studio in acciaio**

Modellazione numerica in OpenSees

Stabilità della risposta durante ripetizioni multiple di cicli allo spostamento di progetto

UR2 UNINA – Prof. Giorgio Serino

FASI DI SVILUPPO E RISULTATI INTERMEDI

Gomma riciclata con incollaggio poliuretano

Gomma rigenerata con vulcanizzazione

Prove su tavola vibrante 2D

Miscela vulcanizzata con elastomero rigenerato

CRITICITÀ NORMATIVA EN15129

- NO Rinforszi flessibili
- NO Connessioni non vincolata
- NO Gomma rigenerata

Aggiornamento normativo per la qualificazione

PROVE TRI-DIREZIONALI DI DISPOSITIVI IN SCALA REALE SECONDO NORMATIVA EN15129

PROVE TRI-DIREZIONALI SU TAVOLA VIBRANTE DI UN EDIFICIO A DUE PIANI TAMPONATO

ATTIVITÀ IN CORSO E SVILUPPI FUTURI:

- Si è individuata nella tipologia in gomma vergine e rinforzi in fibre di carbonio la tipologia più performante rispetto ai requisiti della EN15129
- Una tipologia più a basso costo e sostenibile può prevedere l'impiego di miscela rigenerata e rinforzi in poliestere
- Il processo di vulcanizzazione risulta necessario per garantire aderenza del tessuto alla gomma, prevenendo la delaminazione
- Per isolamento "lighter" occorre massiccio soffito (CH=0.4 - 0.5 MN) ad alto ancoramento
- Sarà valutata la configurazione non-vincolata incassata (wocss) già prevista dalla EN15129
- La progettazione dei dispositivi FRIS deve garantire un comportamento stabile con fattore di forma secondario adeguato (2.5 - 3.0)
- Alcuni dei requisiti normativi vanno rivisti alla luce del diverso comportamento massiccio del dispositivo FRIS rispetto agli isolatori convenzionali (ex. influenza del carico verticale)

Sub-Task 15.1.2. Omogeneizzazione con gli ultimi aggiornamenti delle Norme Europee

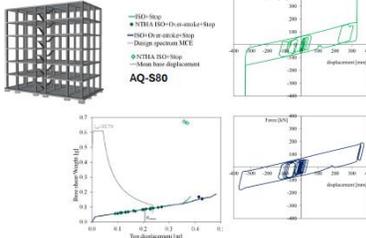
UR1 UNIBAS – Prof. Felice Carlo Pozzo

Dispositivi DCSS con e senza anello rigido secondo le norme Americane ed Europee

Analisi dinamiche non lineari e confronto con analisi statica non lineare delle due configurazioni con anello rigido e in regime di extra-corsa

Dispositivi DCSS

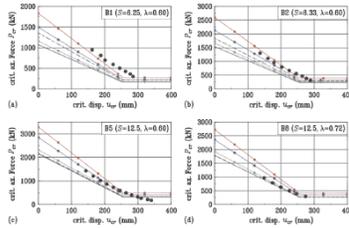
Casi studio



UR2 UNINA – Prof. Giorgio Serino

Carico critico FREIs: sforzo normale + taglio

$$P_{cr,0} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} G A S_1^{\alpha_1} S_2^{\alpha_2}$$

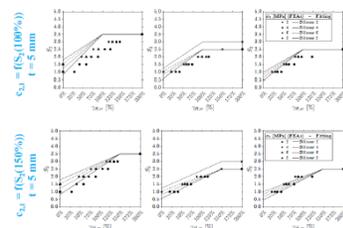


$$S_1^{\alpha_1}(\gamma_{R,pr}) = c_{1,1} + c_{1,2} \gamma_{R,pr}$$

$$S_2^{\alpha_2}(\gamma_{R,pr}) = c_{2,1} + c_{2,2} \gamma_{R,pr}$$

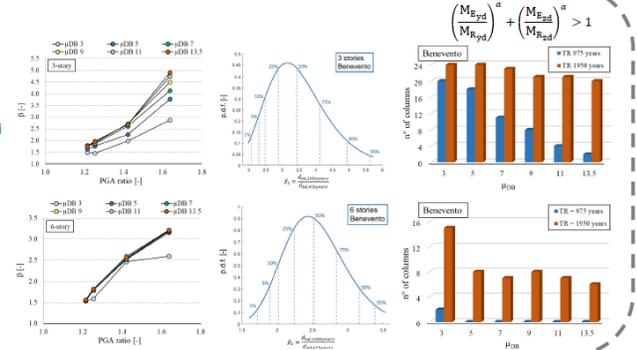
$$\gamma_{R,pr} = \min[\delta_{R,pr,1}, \delta_{R,pr,2}]$$

$$\gamma_{R,pr} = \min[\delta_{R,pr,1}, \delta_{R,pr,2}, \delta_{R,pr,3}]$$



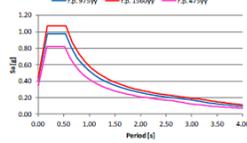
UR3 POLIMI – Prof. Virginio Quaglini

Studio dell'incremento di spostamento per i dispositivi isteretici rispetto allo SLV per eventi con periodo di ritorno di 975 anni e 1950 anni

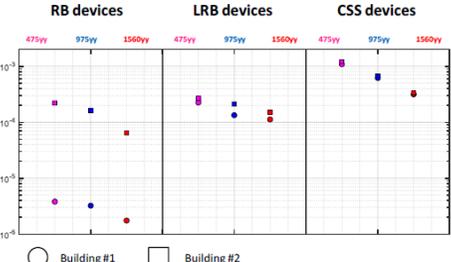


UR5 UNIPV – Prof. Alberto Pavese

Analisi delle variazioni dei valori di Annual Failure Rate, in funzione di diverse definizioni di stati limite, relativamente a diverse soluzioni tecnologiche.

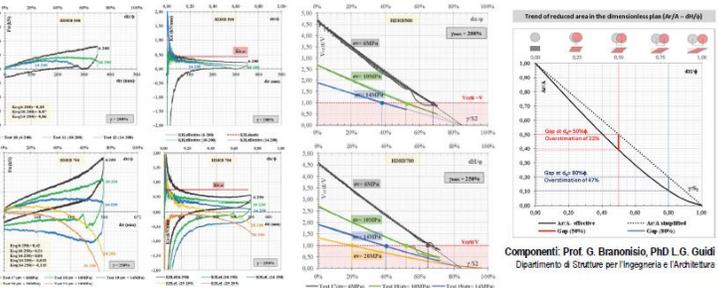


$$\lambda_f = \int_{IM} P[V|IM = im] |d\lambda_{im}|$$



UR9 UNINA – Prof. Antonello De Luca

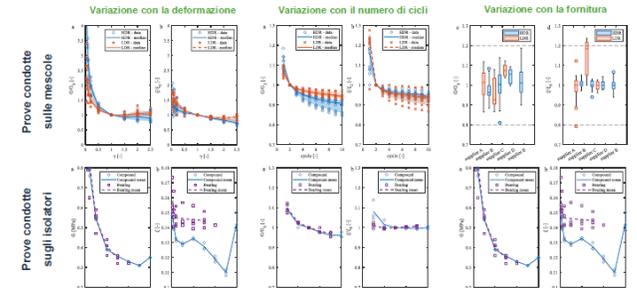
Stability issues for elastomeric bearings: analytical formulations v.s experimental results (full-scale devices)



Component: Prof. G. Branoniso, PhD L.G. Guidi
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura

UR11 UNICAM – Prof. Andrea Dall'Asta

Analisi dei dati sperimentali riguardo la variabilità delle proprietà meccaniche delle mescole con la produzione, le condizioni ambientali e le condizioni di esercizio e confronto con prove su dispositivo



UR12 UNINA – Prof. Luciano Rosati

Modellazione e calcolo dei parametri di progetto di isolatori e dissipatori con comportamento isteretico rate-independent complesso

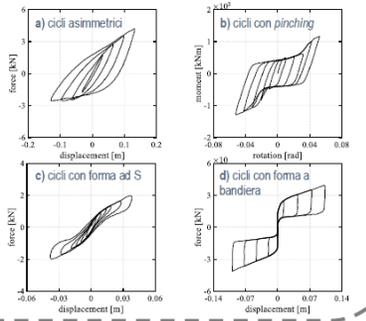
- Simulazione e calcolo dell'area $\Delta(E_T)_{T1}$ di cicli di isteresi complessi (Figure a e b) mediante la formulazione analitica del modello di isteresi proposto da Vaiana e Rosati.
- Calcolo della rigidezza secante equivalente (Figura c):

$$k_s = \frac{k_1^2 + k_2^2}{2}$$

- Calcolo fattore di smorzamento viscoso equivalente (Figura d):

$$\zeta_{eq} = \frac{1}{\pi} \frac{\Delta(E_T)_{T1}}{A_1 + A_2 + A_3}$$

- Verifica dell'accuratezza dei suddetti parametri con confronto risposta non lineare.



Sub-Task 15.2.1. Isolamento sismico alla base

UR1 UNIBAS – Prof. Felice Carlo Ponzo

Metodologia

Modellazione isolatore DCCSS con anello rigido (End-Stop)

Modellazione isolatore DCCSS con extracorsa, Over-Stroke and rigid End-Stop moat wall

Casi studio

Curve di capacità nelle varie configurazioni per la struttura nuova (AQ_new) ed esistente (S80)

Curve di fragilità GC e UPD

UR2 UNINA – Prof. Giorgio Serino

Monumento allo Scugnizzo dei Quattro giornate di Napoli

Carpenteria del basamento isolato

Sistema di acquisizione

Valori massimi delle misure giornaliere di velocità

Valori massimi delle misurazioni (06/2022 – 09/2023) vs valori di riferimento in mm/s

valutazione delle vibrazioni

UR3 POLIMI – Prof. Virginio Quaglini

Configurazioni ammissibili

Modello numerico del ponte

Curve di domanda vs curve di capacità

Direzione x

Direzione y

Sezione trasversale dell'impalcato

dettagli delle pile

Modello SDOF del ponte as-built

Modello 2DOF del ponte con impalcato isolato

UR5 UNIPV – Prof. Alberto Pavese

Casi studio

Edificio #1

Edificio #2

Curva di capacità

Curve di fragilità: LRB

Exceedance of isolation design displ.

Exceedance of isolation ultimate displ.

Exceedance of building yielding displ.

UR8 UNICAL – Prof. Fabio Mazza

Isolamento sismico, nella direzione orizzontale e verticale (HDRB + HDRL), ed eventuale dissipazione viscosa (VD)

Geometria dell'edificio in c.a. isolato alla base

Grado di isolamento verticale $\alpha_T = (T_{RH,VT} / T_{RH,TV})$ - terremoti "near-fault" senza (NPT) e con (PT) carattere impulsivo in direzione verticale

Analisi "wavelet" - fenomeno di "moving resonance" verticale indotto da plasticizzazione della sovrastruttura

spettrogrammi

Terremoto Duzeze (PT)

UR9 UNINA – Prof. Antonello De Luca

Vulnerabilità sismica e adeguamento di strutture esistenti

Ponte Mailart-arch

Edificio in c.a. (1960) progettato per soli carichi verticali

Caso no.1

UR11 UNICAM – Prof. Andrea Dall'Asta

Variabilità delle proprietà meccaniche degli isolatori sulla risposta di strutture isolate alla base

spettri di risposta

curve di risposta

curva di hazard

modello di risposta

HDR bearing

UR12 UNINA – Prof. Luciano Rosati

Applicazione dei Wire Rope Isolators (WRIs) a strutture leggere – Modelli strutturali per l'analisi dinamica non lineare

Blocchi rigidi isolati alla base con WRIs

Isolatori a scorrimento a superficie piana e WRIs

Generalizzazione del modello matematico

UR13 UNINA – Prof. Elena Mele

Isolamento Sismico Intermedio (IIS): sopraelevare per adeguare

Procedura di Progetto

comportamento sismico di LS

esplorazione dinamica

progetto di ISO e US

comportamento sismico ed efficacia dell'IIS

stepwise procedure

previsione del comportamento non lineare di LS tramite l'IIS design spectrum

IIS irregolare

IIS + LS Irregolare

ISO modes

LS modes

effetto di smorzamento di massa

Sub-Task 15.2.2. Dissipazione di energia

UR2 UNINA - Prof. Giorgio Serino

- Sviluppo di due procedure di progetto (diretta ed inversa) di dissipatori "shear Link Bozzo" (SLB) di 4a generazione.
- Applicazione della procedura a un caso studio relativo ad una nuova struttura in c.a. di 25 piani.

Dispositivi "shear-link" **Caso studio**
Edificio in c.a. ad Acapulco (Messico)

Procedura di progetto

Diagramma di flusso del metodo di iterazione diretto

Diagramma di flusso del metodo di iterazione inverso

UR3 POLIMI - Prof. Virginio Quaglini

- Sviluppo di una procedura speditiva per il predimensionamento di dissipatori isteretici-attritivi per il retrofit di edifici in c.a..
- Applicazione della procedura a due casi studio, con diversi fattori di duttilità dei dissipatori.

Procedura di progetto **Caso studio** Edificio in c.a. a Potenza

Strutture originale e adeguata

UR4 UNIFI - Prof.ssa Gloria Terenzi

- Proposta di una classificazione dei dispositivi dissipativi basata sul loro modello reologico (in serie o in parallelo).
- Definizione di una metodologia progettuale non iterativa di tipo energetico per il progetto dei dissipatori in serie.
- Progetto dei dissipatori in parallelo per il controllo degli spostamenti e del martellamento strutturale.

Caso studio Asilo in c.a. in Toscana

Distribuzione in pianta dei dissipatori metallici (CD-M) e risposta numerica

Distribuzione in pianta dei dissipatori fluido-viscosi (CD-FV) e risposta numerica

UR6 UNIBO - Prof. Stefano Silvestri

- Revisione del metodo di progetto semplificato "direct five-step procedure" per dissipatori fluido-viscosi al variare di:
 - tipologia strutturale (telaiio multipiano e capannone industriale) nuova o esistente;
 - posizionamento dei dispositivi dissipativi (controventi dissipativi di interpiano e link dissipativi di piano).

Direct Five-Step Procedure

$$C_{5d} = \frac{2\pi}{T_1} \frac{W}{Z} \frac{N+1}{n} \frac{1}{\cos^2 \theta} \left(0.8 \frac{S_y(T_1, \bar{R}_1)}{2\pi T_1} \frac{2}{N+1} \cos \theta \right)^{1-2\alpha}$$

Obiettivo prestazionale

Casi studio

laboratory viscos dampers **SPD placement** **MDP tower**

UR7 UNIUD - Prof. Stefano Sorace

- Rivalutazione dei metodi di progetto di controventi dotati di dissipatori fluido-viscosi pressurizzati, ai fini di una più stringente valutazione degli incrementi di prestazione conseguibili per gli elementi non strutturali degli edifici.
- Caso di studio esaminato nell'ultimo semestre: palestra inclusa in plesso scolastico.

Caso studio palestra in c.a. in Toscana

Analisi dello stato di fatto Modellazione strutturale

Miglioramento sismico con dissipatori fluido-viscosi pressurizzati Dettagli di installazione

Risposta delle tamponature nel piano Pre-intervento Post-intervento

UR8 UNICAL - Prof. Fabio Mazza

- Messa a punto di un codice di calcolo in C++ per l'analisi statica non lineare di strutture intelaiate in c.a. tenendo conto della risposta non lineare nel piano (IP) e fuori dal piano (OOP) della tamponatura.
- Aggiornamento di una procedura di progetto prestazionale, basata sul controllo degli spostamenti, di controventi dissipativi isteretici per l'adeguamento antisismico di una struttura esistente tenendo conto della risposta IP ed OOP della tamponatura.

Caso studio Padiglione ospedaliero di Avellino

Modellazione della tamponatura Legame IP Legame OOP

Risposta della tamponatura In-Plane (IP) Out-of-Plane (OOP)

UR10 UNINA - Prof.ssa Ottavia Corbi

- Formulazione di metodi di progetto per dissipatori visco-elastici e fluido viscosi
- Analisi numeriche su varie tipologie strutturali con studi di sensitività ed ottimizzazione dell'apporto dissipativo.

Dispositivi visco-elastici ricentranti

Dimensionamento dei dispositivi Operatori di risposta

Analisi dinamica non lineare di strutture 3D Time-histories del drift di piano per le strutture originale e adeguata con dispositivi con varie percentuali di dissipazione

Assegnazione di η ed e_f

Massima risposta non lineare vs limite di prestazione

$F = F_0 + Kx + Cv^\alpha$

F_0 = forza di prearico
 K = rigidezza
 C = costante di smorzamento
 α = esponente della velocità

UR13 UNINA - Prof.ssa Elena Mele

- Sopraelevazione di edifici esistenti in muratura mediante isolamento intermedio.
- Adeguamento di edifici esistenti in c.a. mediante esoscheletro dissipativo con elementi link rigidi e viscoelastici.

Esempi di esoscheletri

Periodo fondamentale e smorzamento modale al variare delle caratteristiche del link

Rapporti di spostamento Collegamento infinitamente rigido Collegamento viscoelastico

Equazioni del moto per modello semplificato a due gradi di libertà

$$m_1 \ddot{u}_1 + c_1 \dot{u}_1 + k_1 u_1 = -m_1 \ddot{x}_g + F$$

$$m_2 \ddot{u}_2 + c_2 \dot{u}_2 + k_2 u_2 = -m_2 \ddot{x}_g - F$$

$$F = c_3 (\dot{u}_2 - \dot{u}_1) + k_3 (u_2 - u_1)$$

OBIETTIVI WP15

In linea con quanto previsto dall'art. 19 del D.Lgs. n. 1 del 2 febbraio 2018, obiettivo generale del WP è la promozione ed il trasferimento al Servizio Nazionale della Protezione Civile delle conoscenze e risultati più recenti relativi alla protezione delle costruzioni dal rischio sismico e da altri rischi allo stesso collegati tramite l'utilizzo delle tecniche di isolamento sismico e di dissipazione concentrata di energia. Tali tecniche hanno ormai raggiunto un livello di maturazione e consenso non solo nell'ambito della comunità scientifica, ma anche da parte del mondo professionale e degli operatori delle costruzioni, come testimoniato dalle ormai numerose applicazioni realizzate negli ultimi 30 anni sul territorio nazionale. Purtroppo, sussistono margini di miglioramento per una utilizzazione più efficiente di tali sistemi, che faccia anche tesoro dell'esperienza accumulata e che guardi al comportamento sperimentale nel ciclo di vita dei dispositivi e della struttura. A partire dalle esperienze e dai risultati raggiunti nell'ultimo biennio dalle UR afferenti al WP, che coinvolgono a livello nazionale i principali gruppi di ricerca che si interessano di queste tematiche, si intende effettuare una rivisitazione delle applicazioni oggi disponibili al fine di confermarne la validità ed individuare le criticità, in particolare quelle di carattere sperimentale legate alla qualifica ed accettazione dei dispositivi, quelle legate alla valutazione del degrado a cui sono soggetti i dispositivi, oltre a proporre nuovi sistemi non convenzionali anche di costo più contenuto rispetto agli attuali al fine incentivare ulteriormente l'utilizzo di tali tecnologie.

STRUTTURA WP15

Task 15.1 - STUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Task 15.2 - STRUTTURE NON CONVENZIONALI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Task 15.3 – ASPETTI SPERIMENTALI RELATIVI AI DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

STRUTTURA WP15

Task 15.1 - STUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Analisi del comportamento dinamico:** analisi dei dati provenienti da sistemi di monitoraggio (incluso OSS) e altre fonti per la **valutazione dell'efficacia** dei sistemi di isolamento e dissipazione in costruzioni esistenti (in coordinamento con WP6)
- **Effetto del degrado:** valutazione degli effetti del **degrado dei dispositivi** in costruzioni esistenti, tenendo conto dell'epoca di costruzione e delle caratteristiche attuali del sistema di protezione, anche attraverso eventuali sperimentazioni
- **Manutenzione e controllo:** definizione **procedure per la manutenzione ed il controllo dei dispositivi già installati** per ridurre le incertezze legate all'invecchiamento
- **Influenza delle tamponature:** valutazione **influenza delle tamponature nella risposta sismica degli edifici isolati in c.a.**, tenendo conto dell'evoluzione normativa in corso (in coordinamento con WP10 e WP11)
- **Esoscheletri dissipativi:** sviluppo di procedure per **l'ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione all'interno di esoscheletri dissipativi**
- **Robustezza e ottimizzazione:** miglioramento della robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progettazione di sistemi di isolamento e dissipazione

STRUTTURA WP15

Task 15.2 – SISTEMI NON CONVENZIONALI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Sistemi a basso costo:** valutazione della possibilità di utilizzare sistemi e dispositivi di costo più contenuto rispetto a quelli attuali, garantendo livelli di sicurezza non inferiori (approccio prestazionale)
- **Isolamento geotecnico:** valutazione, anche attraverso confronti prestazionali e costi, le possibilità offerte dalle tecniche di isolamento geotecnico per la protezione sismica
- **Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione:** individuazione delle tecniche di isolamento e/o dissipazione maggiormente indicate per gli impianti industriali
- **Certificazione e accettazione:** definizione delle procedure di certificazione, qualifica ed accettazione per dispositivi e sistemi non convenzionali

STRUTTURA WP15

Task 15.3 – ASPETTI SPERIMENTALI RELATIVI AI DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Test di accettazione:** aggiornamento delle prescrizioni NTC relativi alle prove di accettazione sui dispositivi, con la possibilità di scartare singoli provini ma non l'intera fornitura
- **Linee guida per i rapporti di prova:** definizione di linee guida per uniformare i rapporti delle prove di qualifica ed accettazione dei dispositivi
- **Macchine sperimentali:** definizione delle caratteristiche e modalità di utilizzo delle macchine di prova per test di accettazione e qualifica dei dispositivi
- **Resistenza al fuoco:** valutazione della possibilità di stabilire le proprietà di resistenza al fuoco di alcune tipologie di dispositivi e sistemi di isolamento e dissipazione più diffusi
- **Modellazione di sistemi fluido-viscosi:** sviluppo di modelli di sistemi fluido-viscosi per la semplificazione delle procedure di progettazione

UNITA' DI RICERCA PARTECIPANTI

N.	RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNIVERSITÀ	DIPARTIMENTO	TASK 1	TASK 2	TASK 3
1	Ponzo Felice Carlo	Università degli Studi della Basilicata	SI		X	X
2	Serino Giorgio	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X	X	
3	Quaglini Virginio	Politecnico di Milano	ABC	X	X	X
4	Terenzi Gloria	Università degli Studi di Firenze	DICeA	X		X
5	Pavese Alberto	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X		X
6	Silvestri Stefano	Università degli Studi di Bologna	DICAM	X		
7	Sorace Stefano	Università degli Studi di Udine	DPIA	X		
8	Mazza Fabio	Università della Calabria	DINCI	X		X
9	De Luca Antonio	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
10	Corbi Ottavia	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
11	Dall'Asta Andrea	Università degli Studi di Camerino	SAD	X		
12	Rosati Luciano	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
13	Mele Elena	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X	X	
14	Gara Fabrizio	Università Politecnica delle Marche	DICEA	X		
15	Massimino Maria Rossella	Università degli Studi di Catania	DICAR		X	
16	Castaldo Paolo	Politecnico di Torino	DISEG	X		
17	Paolacci Fabrizio	Università degli Studi Roma Tre	DICITA		X	
18	Foti Dora / Rizzo Fabio	Politecnico di Bari	ArCoD	X		X
19	Della Corte Gaetano	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
20	Caterino Nicola	Università degli Studi di Napoli "Parthenope"	D.I.		X	