



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# ***Mitigazione del Rischio Sismico nelle costruzioni esistenti***

***Prof. Luigi Petti***



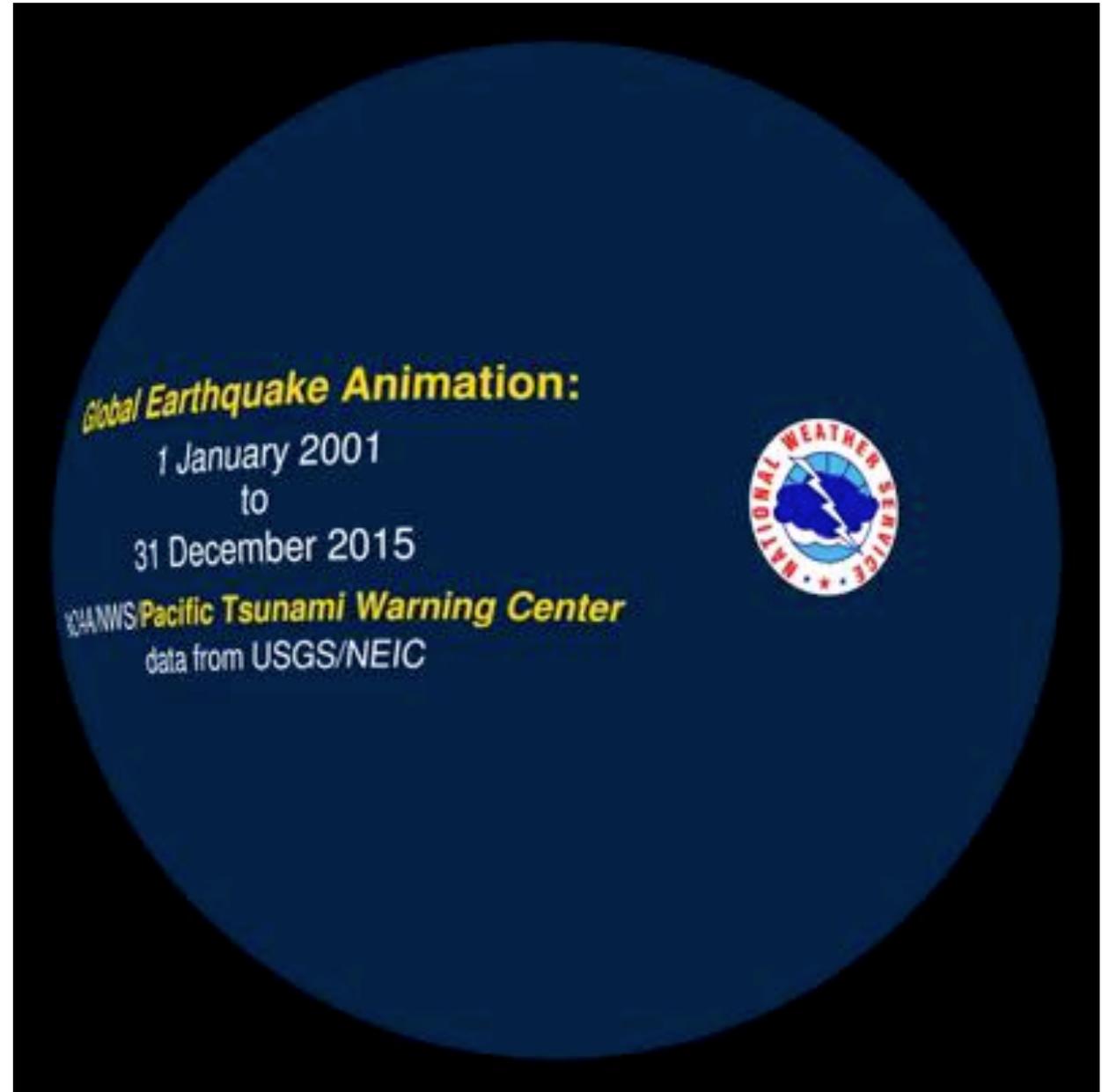
**ICORP**  
international committee on risk preparedness

**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CIVIL ENGINEERING



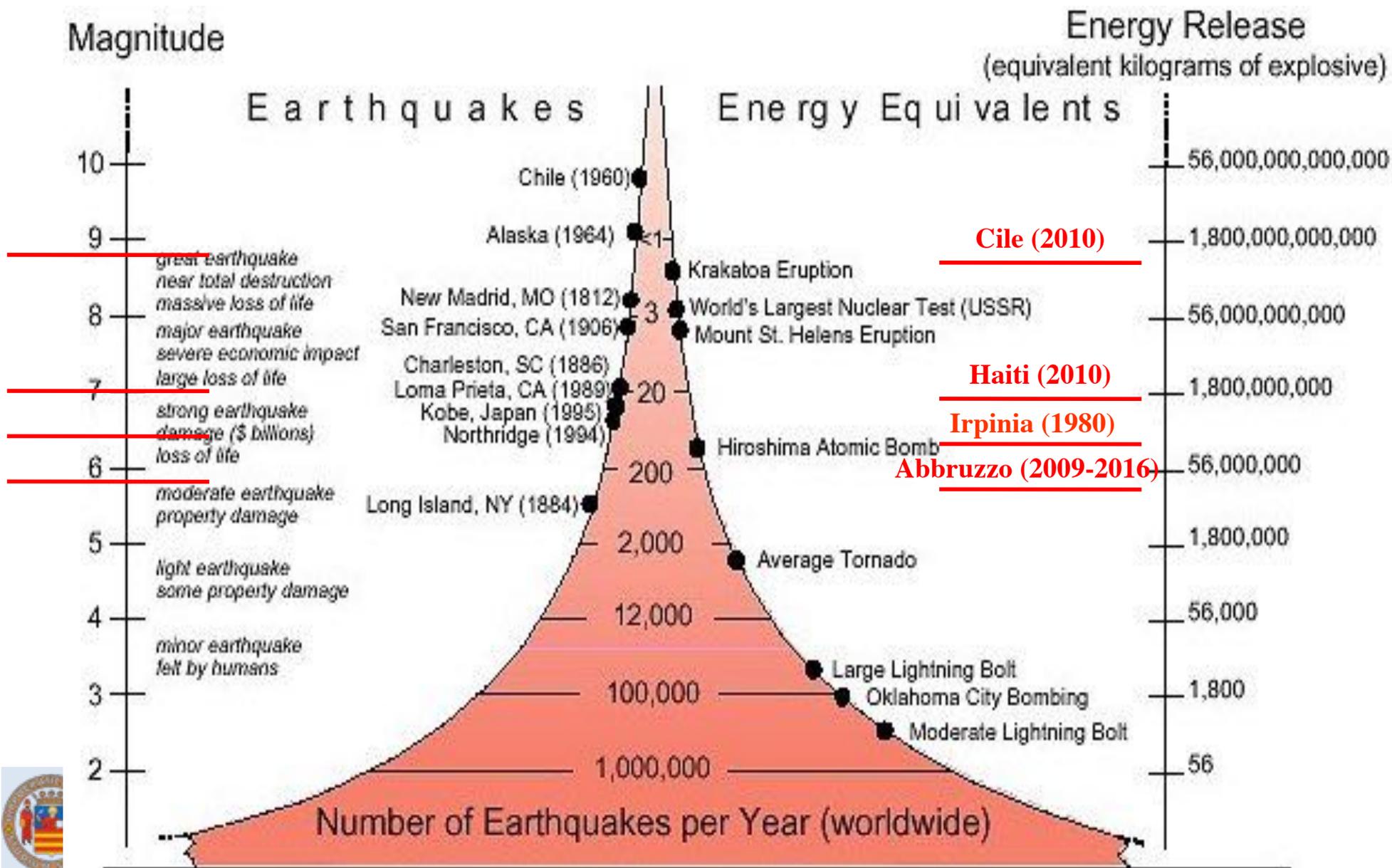
*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

## *Il mondo in cui viviamo*





# Il mondo in cui viviamo



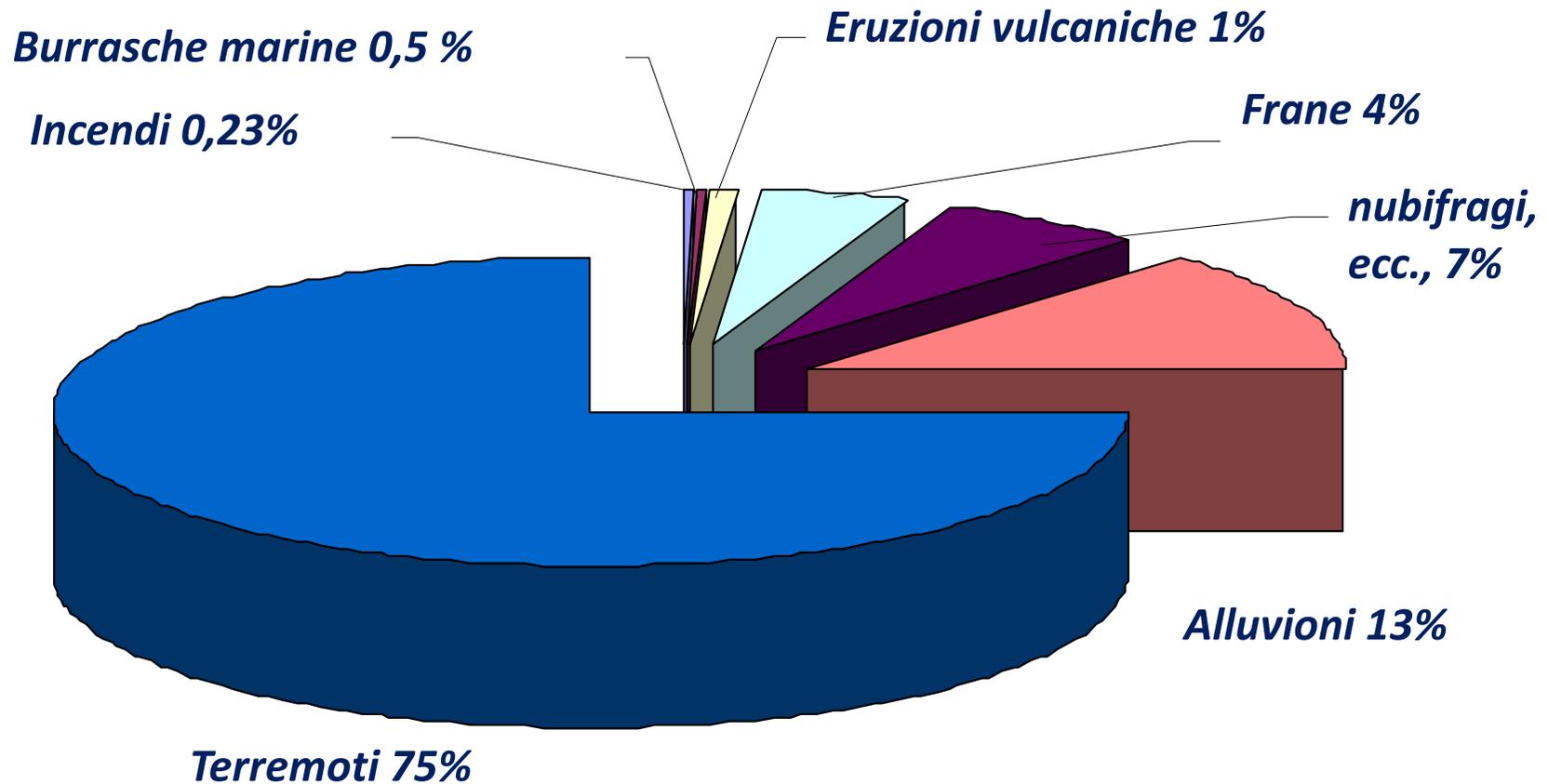


## ***Il numero delle vittime***

<b>Data</b>	<b>Area epicentrale</b>	<b>Intensità (MCS)</b>	<b>Magnit. (Maw)</b>	<b>Vittim e</b>
8 settembre 1905	Calabria	XI	7.1	557
23 ottobre 1907	Calabria meridionale	VIII-IX	5.9	167
<b>28 dicembre 1908</b>	<b>Reggio C. – Messina</b>	<b>XI</b>	<b>7.2</b>	<b>85.926</b>
7 giugno 1910	Irpinia - Basilicata	VIII-IX	5.9	50 ca.
15 ottobre 1911	Area etnea	X	5.3	13
8 maggio 1914	Area etnea	IX	5.3	69
<b>13 gennaio 1915</b>	<b>Abruzzo (Avezzano)</b>	<b>XI</b>	<b>7.0</b>	<b>32.610</b>
26 aprile 1917	Val Tiberina	IX	5.8	20 ca.
29 giugno 1919	Mugello	IX	6.2	100 ca.
7 settembre 1920	Garfagnana	IX-X	6.5	171
27 marzo 1928	Carnia (Friuli)	VIII-IX	5.7	11
<b>23 luglio 1930</b>	<b>Alta Irpinia</b>	<b>X</b>	<b>6.7</b>	<b>1404</b>
30 ottobre 1930	Senigallia	IX	5.9	18
26 settembre 1933	Maiella	VIII-IX	5.7	12
18 ottobre 1936	Veneto-Friuli	IX	5.9	19
21 agosto 1962	Irpinia	IX	6.2	17
<b>15 gennaio 1968</b>	<b>Valle del Belice</b>	<b>X</b>	<b>6.1</b>	<b>296</b>
<b>6 maggio 1976</b>	<b>Friuli</b>	<b>IX-X</b>	<b>6.4</b>	<b>965</b>
<b>23 novembre 1980</b>	<b>Irpinia</b>	<b>X</b>	<b>6.9</b>	<b>2734</b>
26 settembre 1997	Umbrie Marche	VIII-IX	6.1	11



# Vittime - XX SEC.





Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017

Un **disastro** può essere definito  
come la situazione di **crisi**  
**sociale** causata dall'impatto sul  
tessuto antropico, generalmente  
improvviso, di un agente fisico,  
sia esso **naturale** o **tecnologico**



*Scuola di Giotto, XIV secolo*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*



## *Terremoto di Reggio e Messina, 1908*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*



## *Terremoto dell'Abbruzzo, 2016*



*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

## ***Il Rischio***

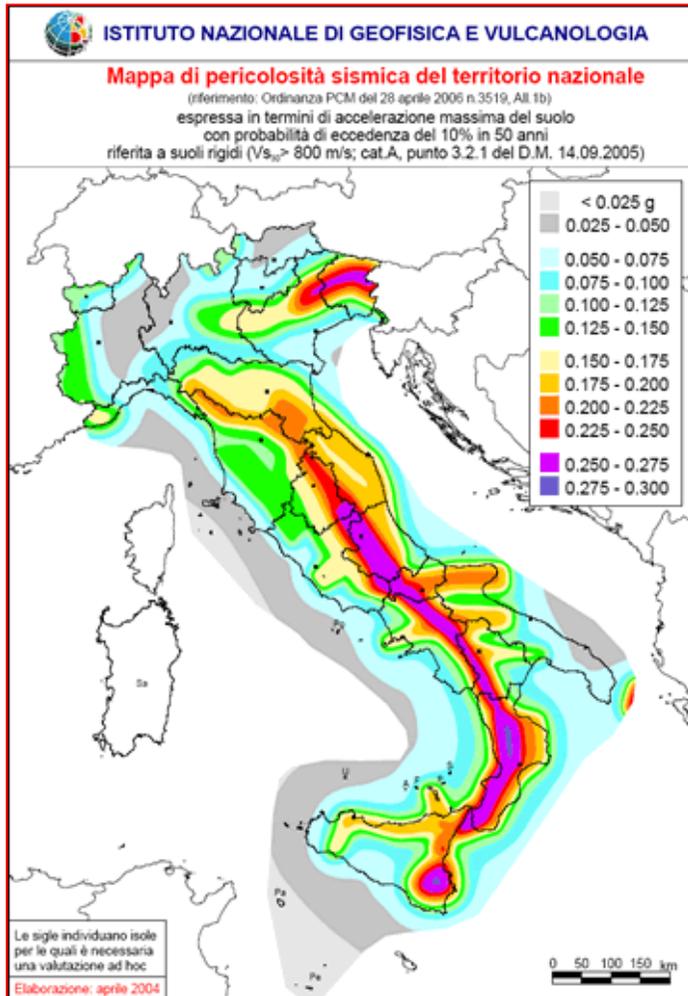


# ***Gli ingredienti del rischio***

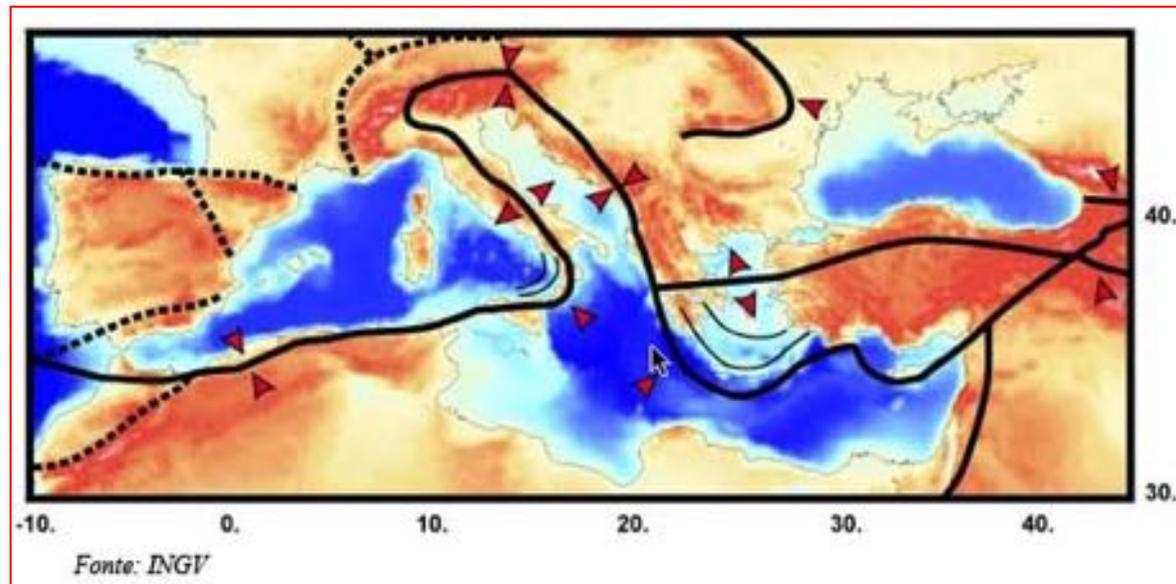


# Il rischio sismico

$$\text{Rischio} = f(\text{Pericolosità}, \text{Esposizione}, \text{Vulnerabilità})$$



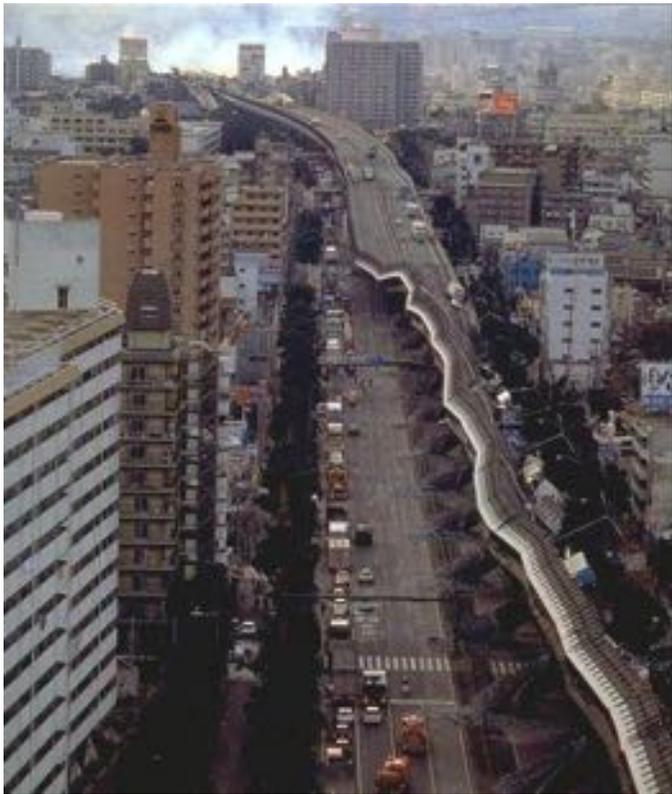
La **pericolosità sismica** di un territorio è rappresentata dalla **frequenza** e dall'**intensità** dei **terremoti** che lo interessano, ovvero dalla sua **sismicità**



# Il rischio sismico

$Rischio = f(\text{Pericolosità}, \text{Esposizione}, \text{Vulnerabilità})$

La vulnerabilità sismica è la propensione di una **struttura** a **subire** un **danno** di un determinato **livello** a fronte di un **evento sismico** di una data **intensità**

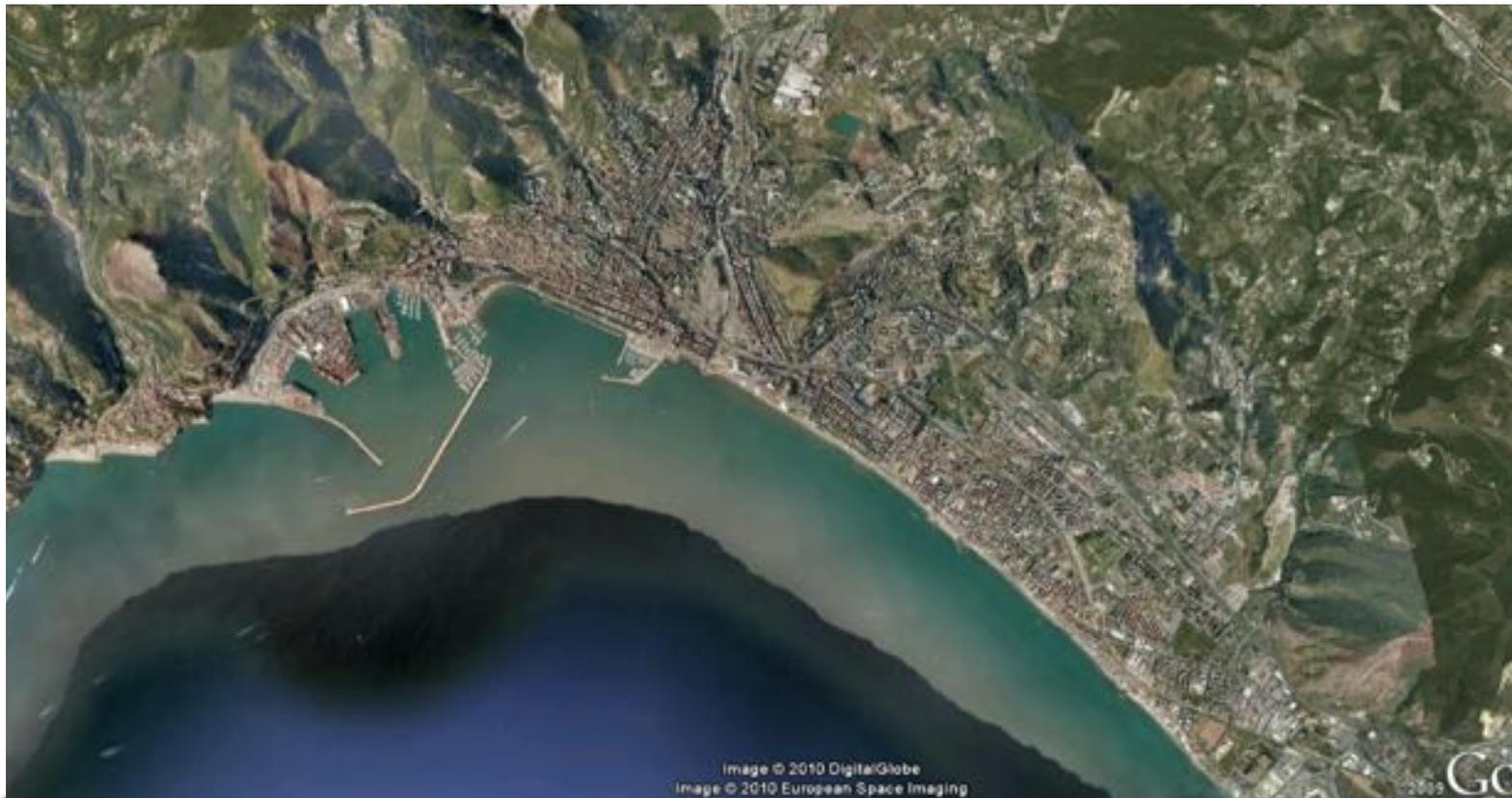




# Il rischio sismico

$Rischio = f(\text{Pericolosità}, \text{Esposizione}, \text{Vulnerabilità})$

L' esposizione rappresenta i **beni**, le **persone**, le **attività** esposte al rischio





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

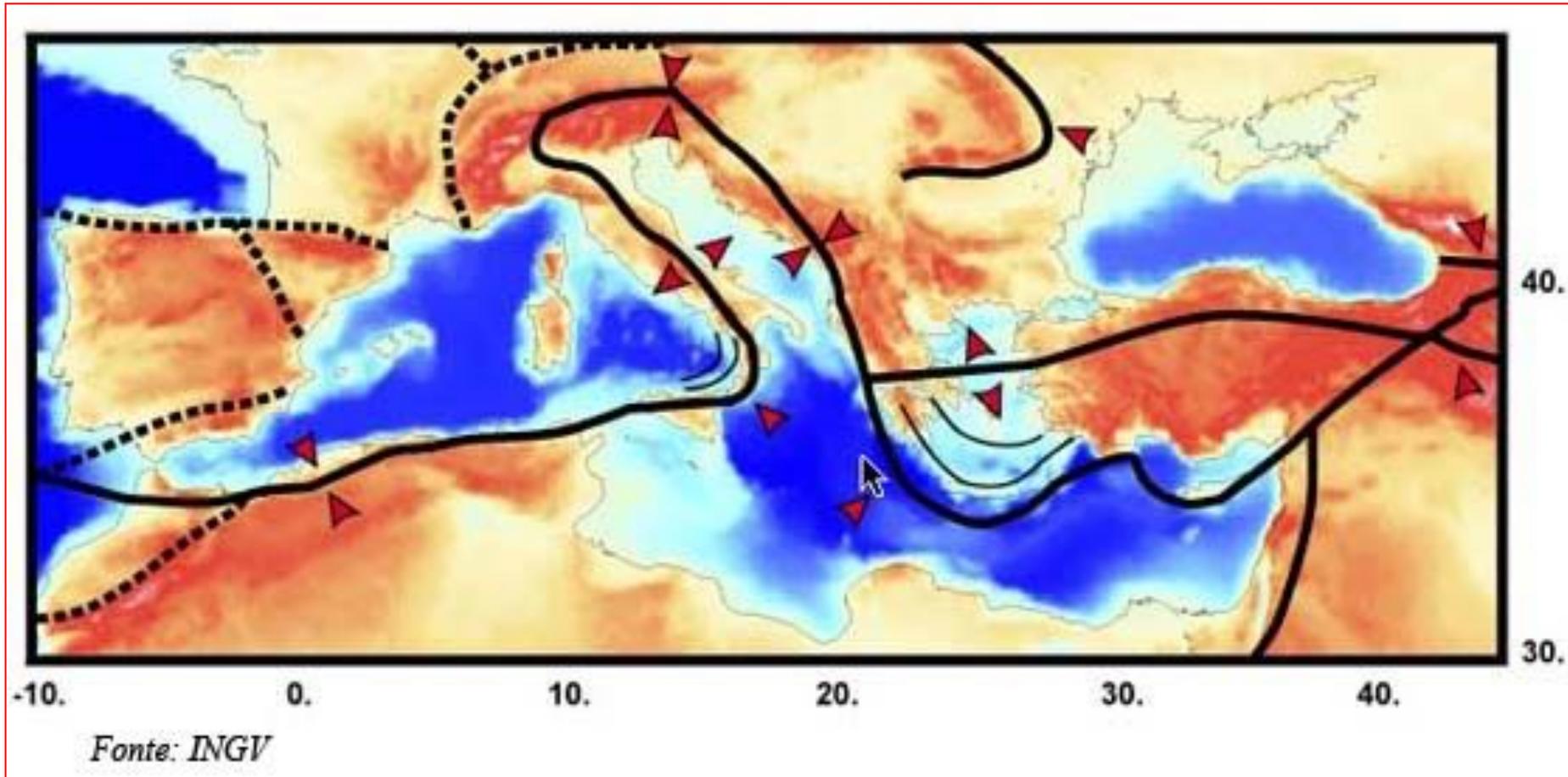
# ***La Pericolosità (Sismica)***



*Luigi Petti*

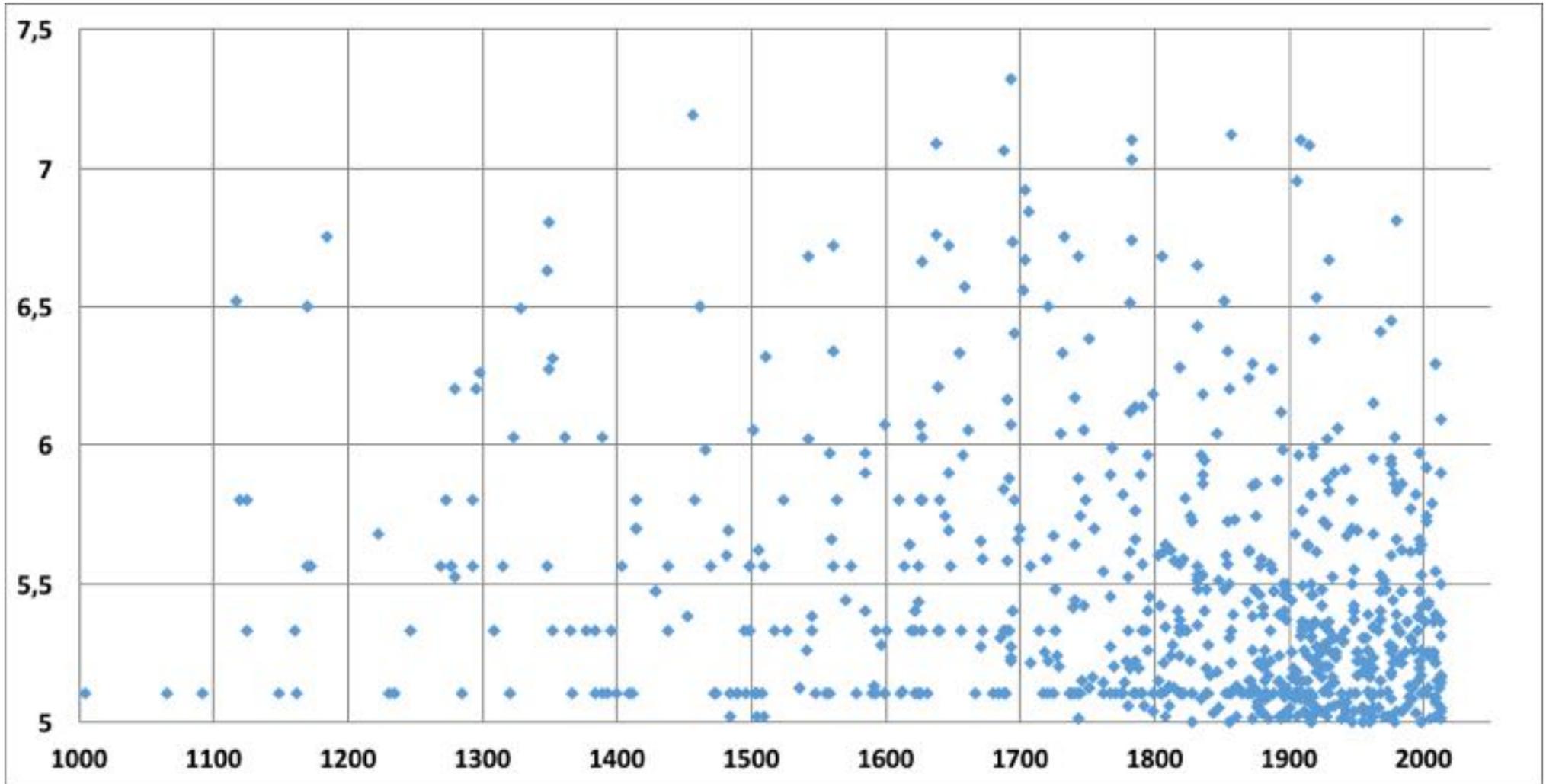


# Pericolosità Sismologia





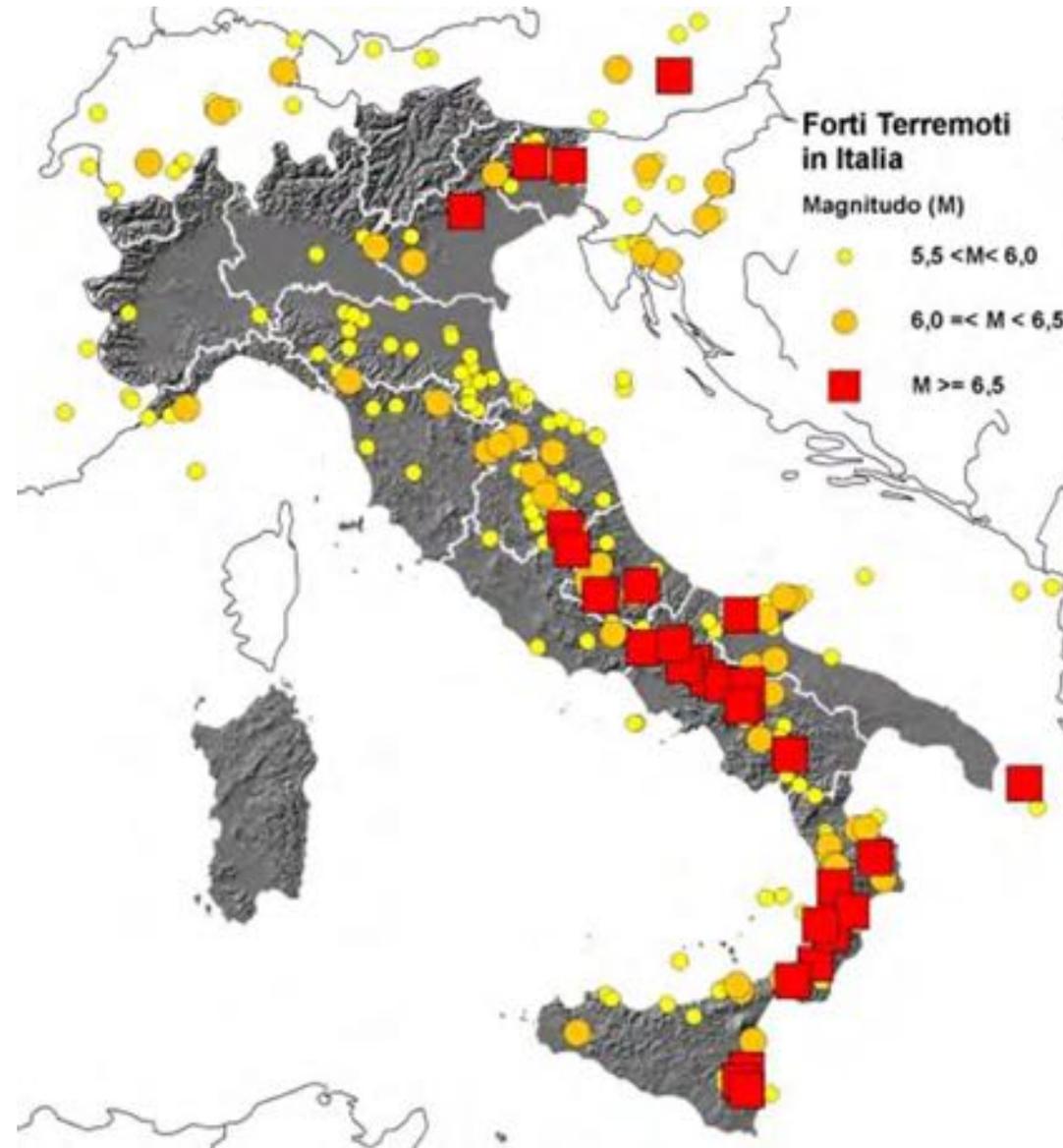
# *Eventi dal 1000 al 2015*





Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017

# I forti terremoti dal 800 al 2004



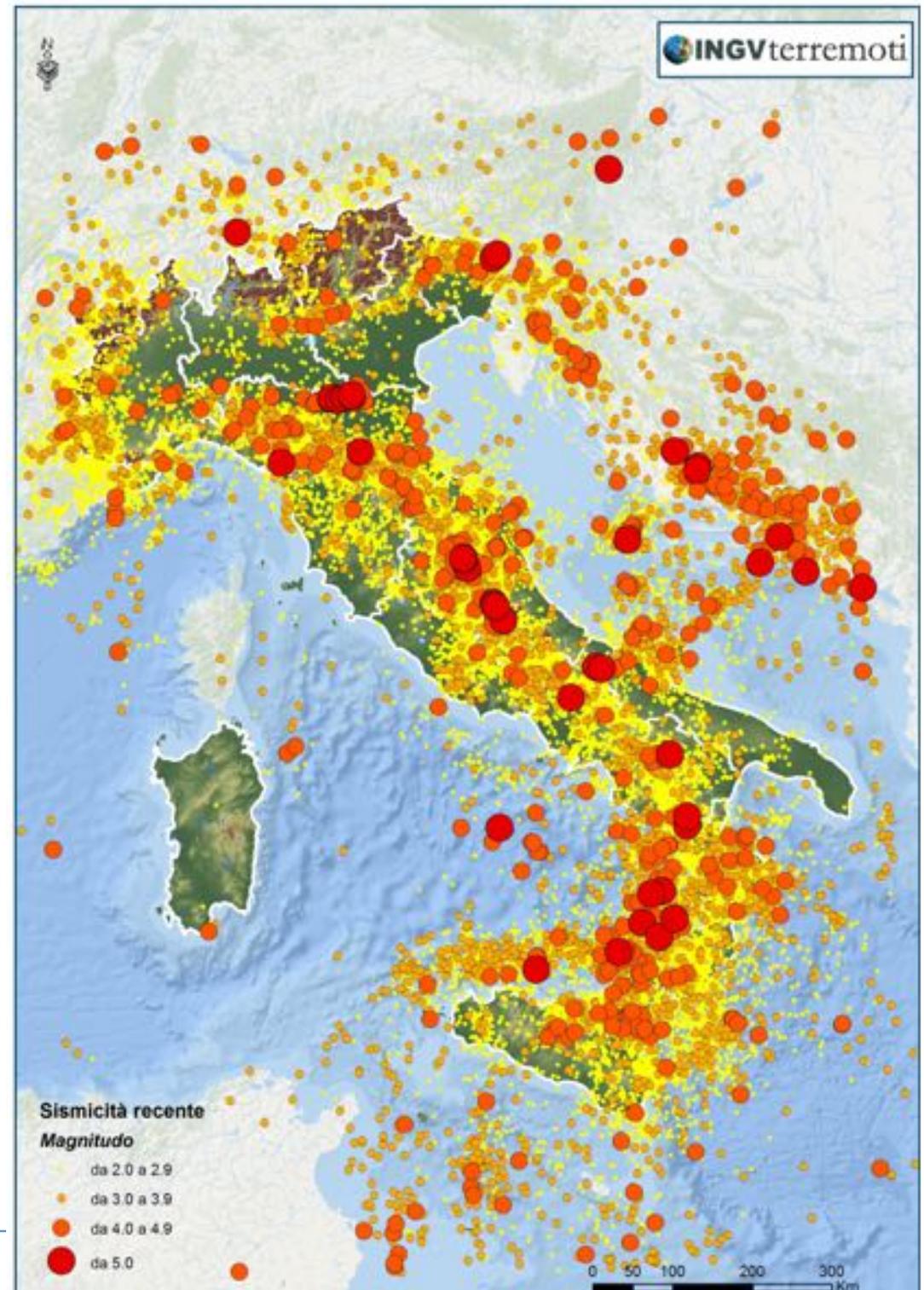
LACE  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL HERITAGE



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

## *I terremoti dal 1985 al 2014*



**LACE**  
LABORATORIO DI ARCHITETTURA E CALCOLO



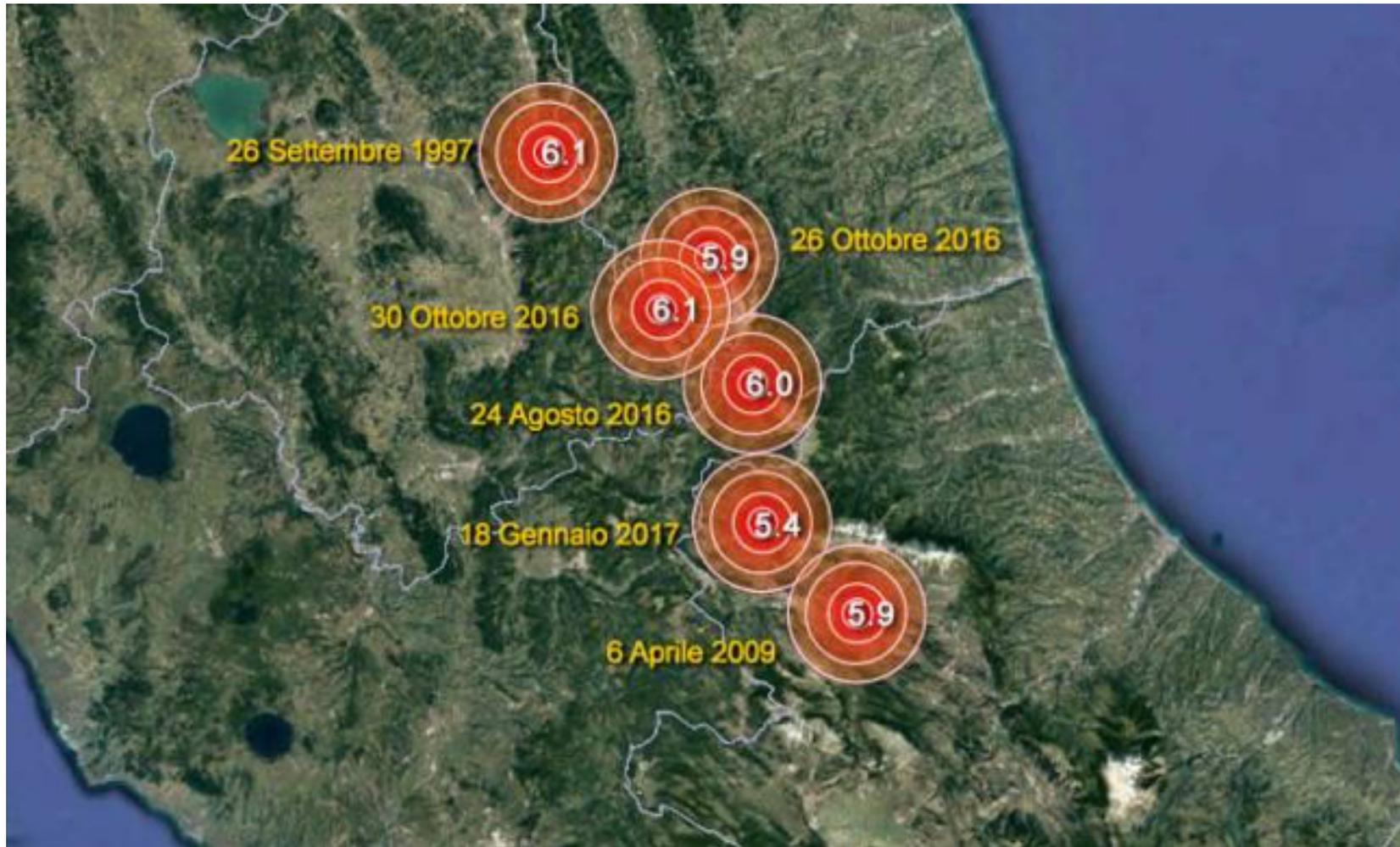
# Le ultime settimane





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# *Il terremoto dell'Abbruzzo 2016-2017*



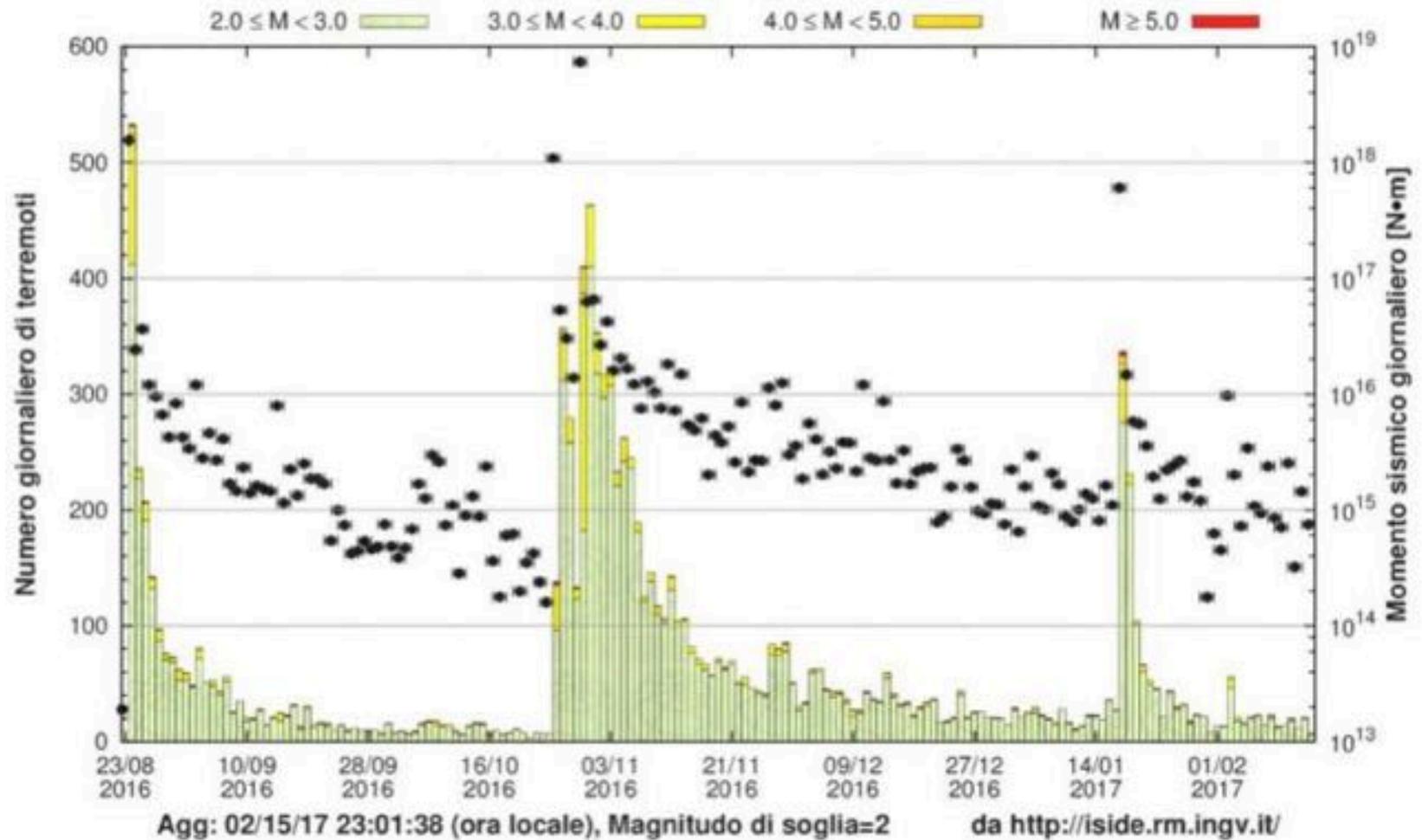
**LACE**  
LABORATORIO DI ARCHITETTURA E CULTURA

*Luigi Petti*



Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017

# Il terremoto dell'Abbruzzo 2016-2017

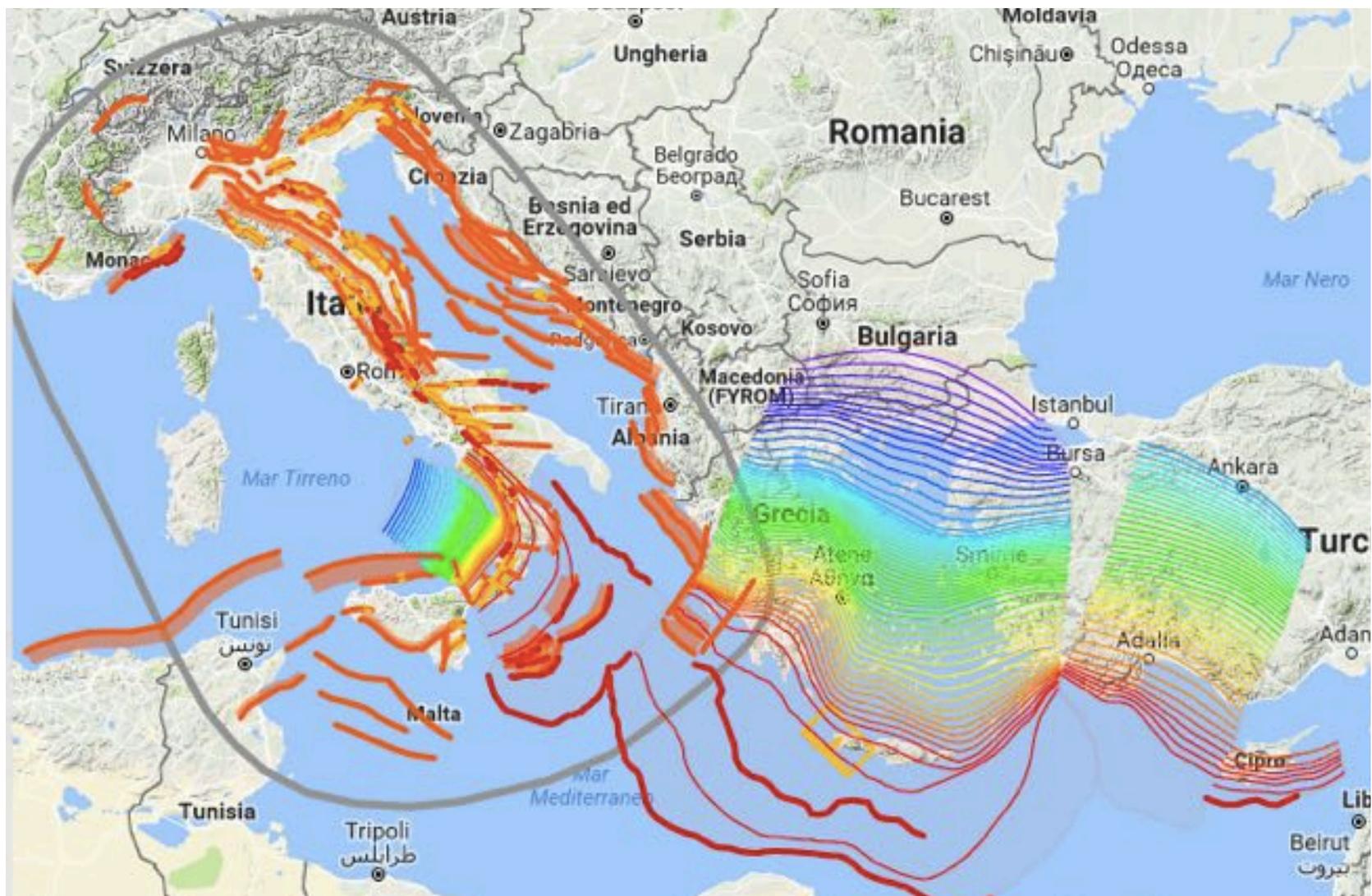


LACE



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# *Database of Individual Seismogenic Source DISS*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



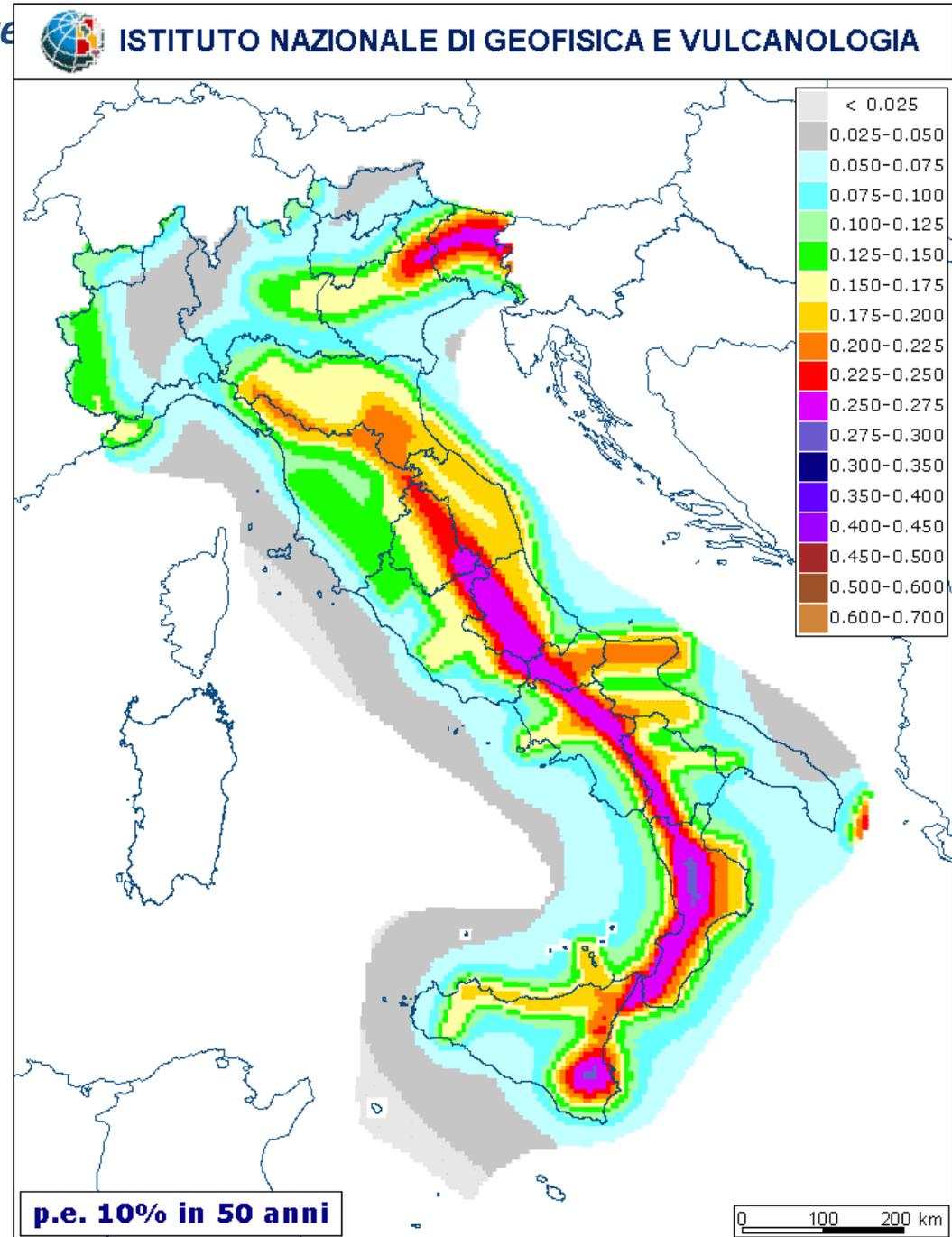
Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

# *la previsione*

## *Pericolosità sismica di riferimento*



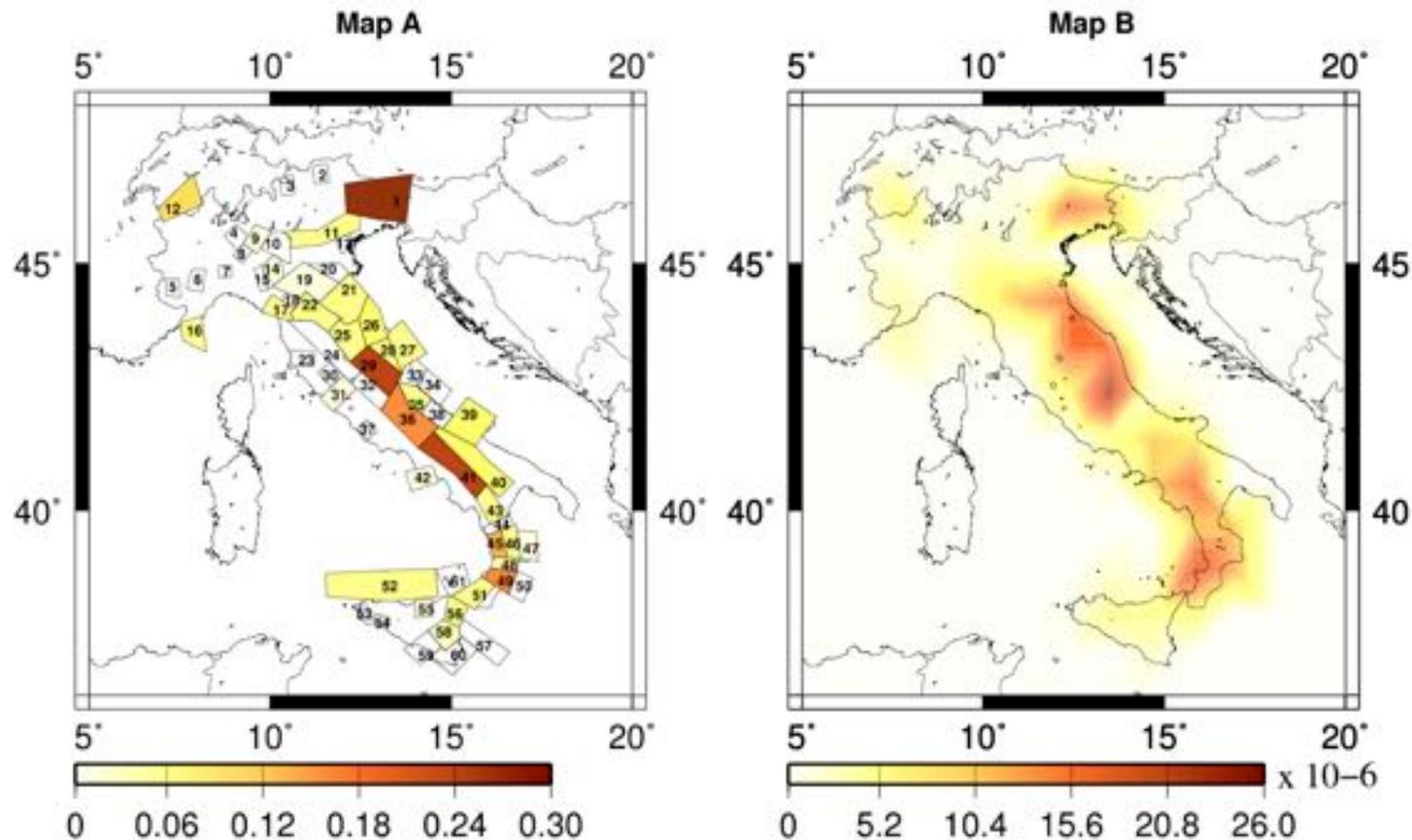
LACE

Luigi Petti



# la previsione nel tempo

**Probabilità che si abbia un evento con magnitudo uguale o maggiore di 5,5 nel decennio 2009-2019**





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# *La Vulnerabilità*



# **VULNERABILITÀ**

- **NORME – CRITERI DI PROGETTO**
- **SCENARI DI CARICO – AZIONI CONSIDERATE**
- **LIVELLO DI MANUTENZIONE**
- **DANNI ACCUMULATI NEL TEMPO**
- **MODIFICHE DELLE CONDIZIONI D'USO – CARICHI**
- **MODIFICHE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO**
- **...**



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

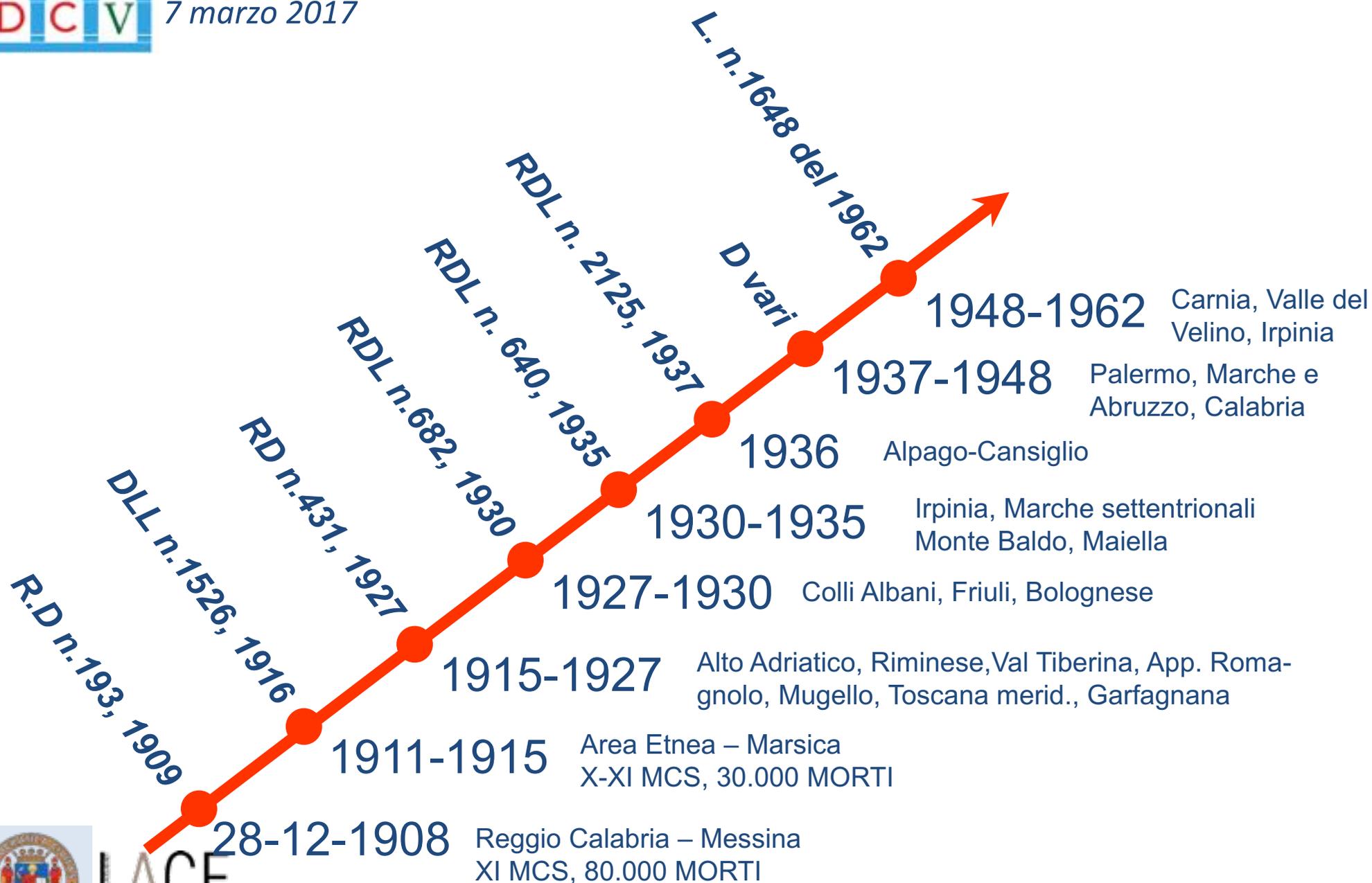
## *lo stato e le norme*



Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli

7 marzo 2017

# Norme & Terremoti

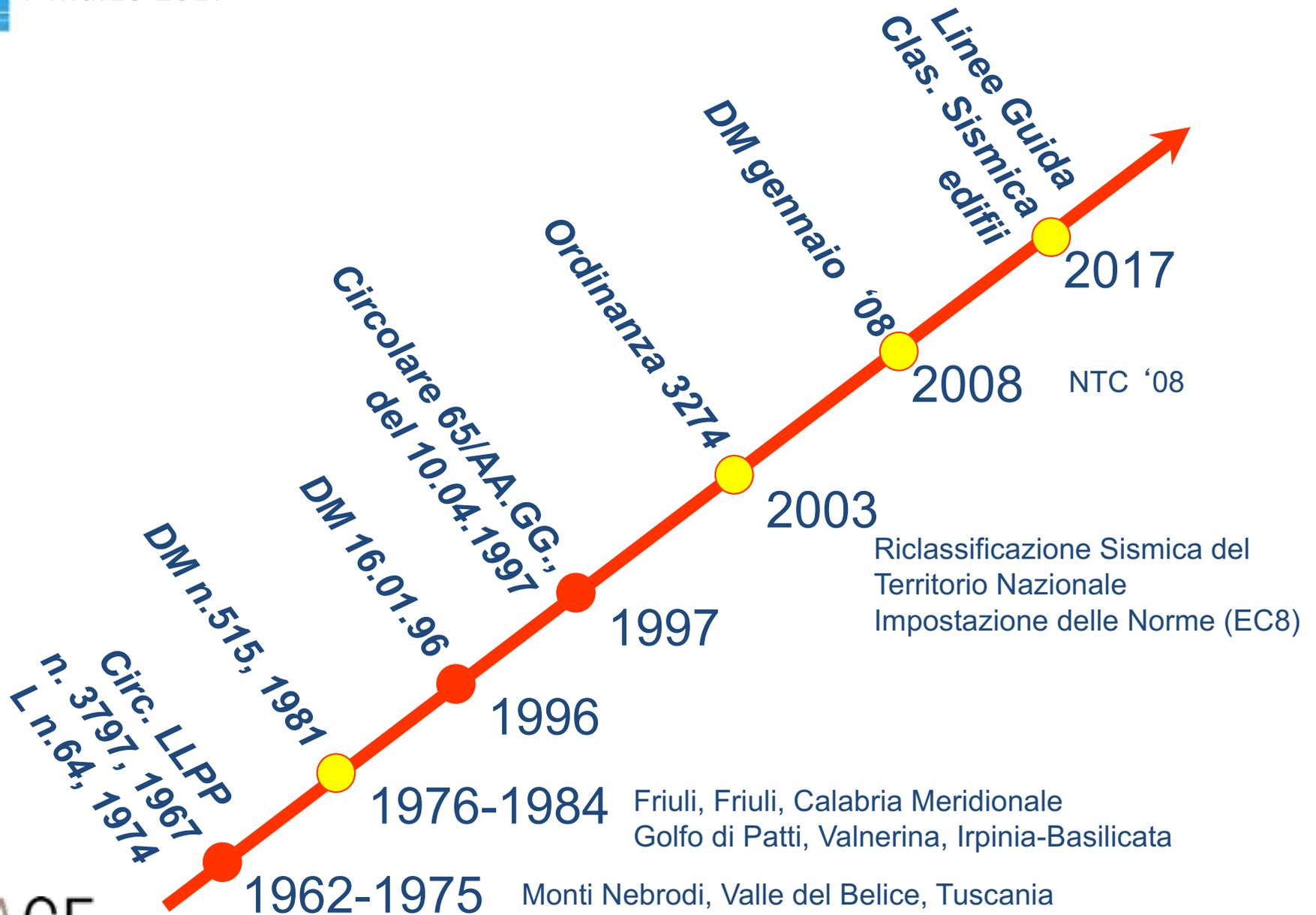


LACE

Luigi Petti



# Norme & Terremoti

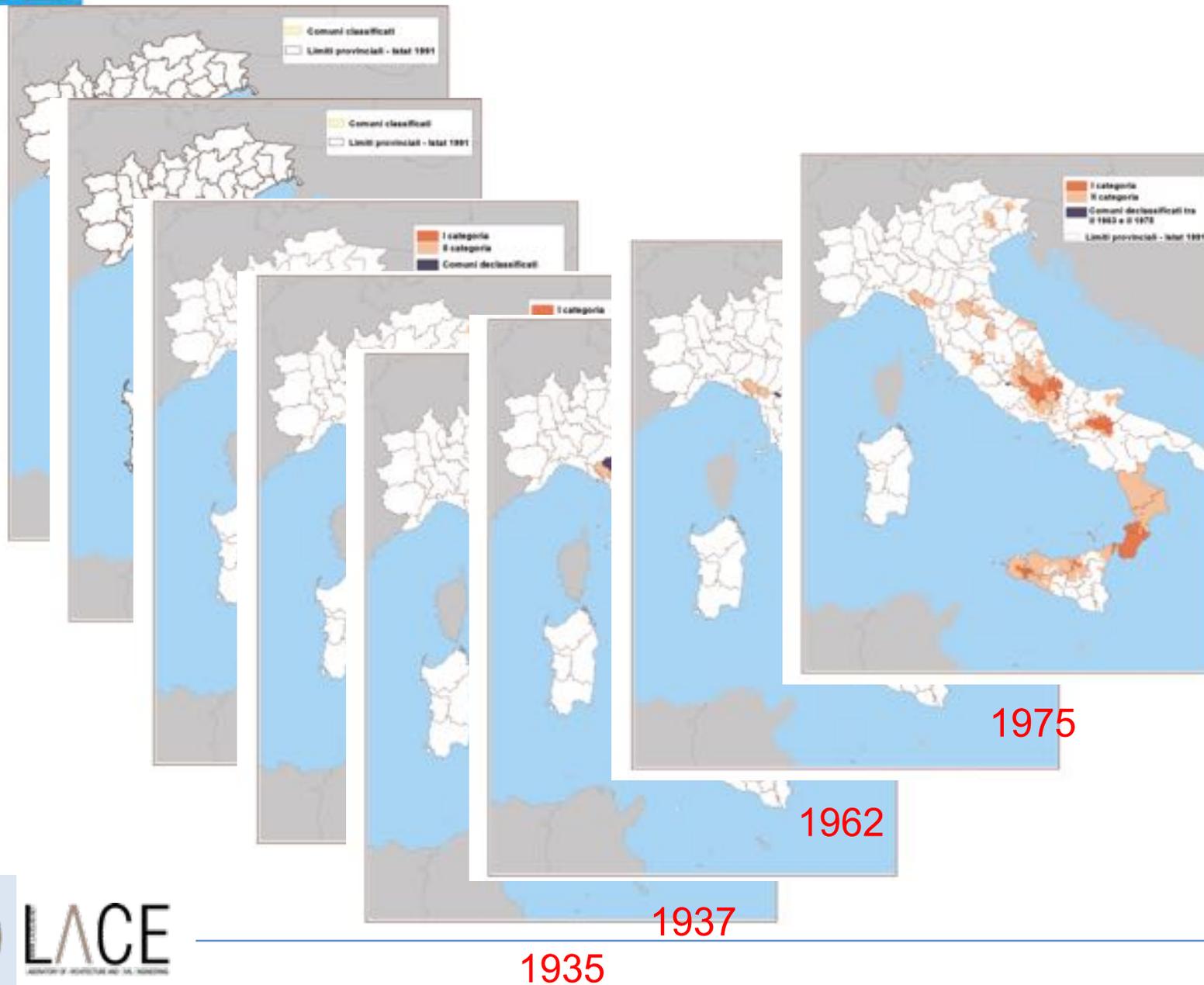




Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli

7 marzo 2017

# Come cambia la Classificazione



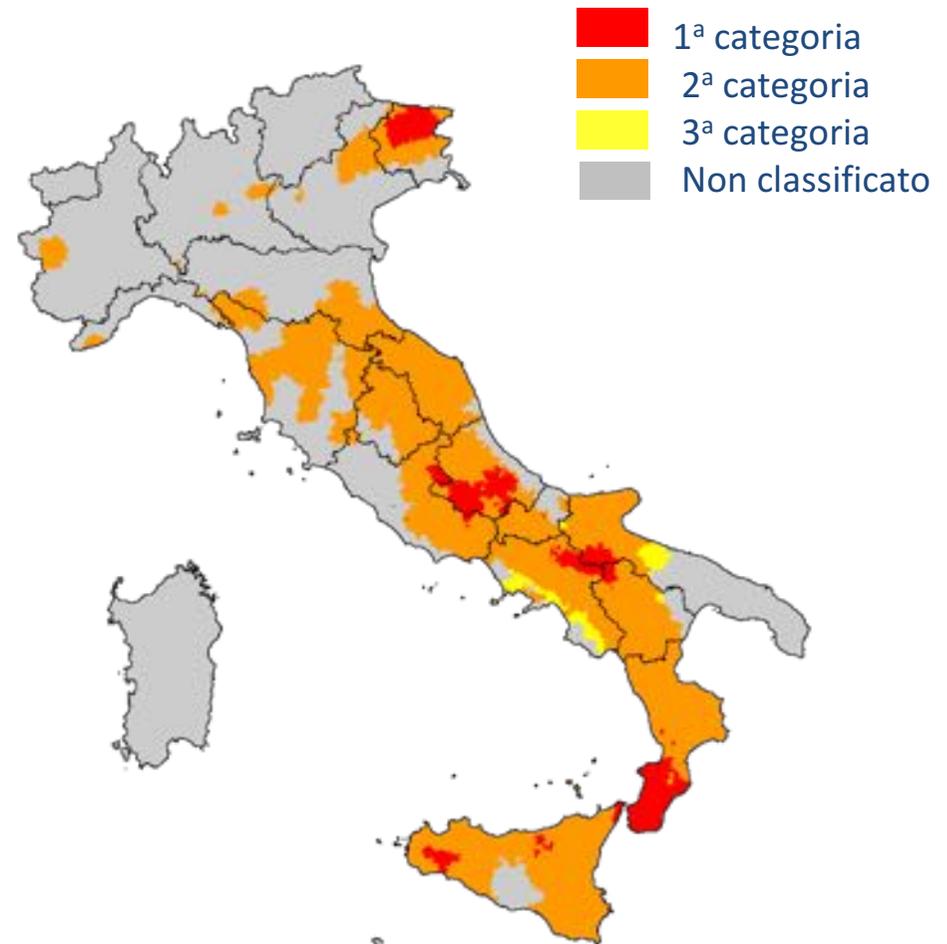
LACE  
ASSOCIAZIONE NAZIONALE COMUNI ITALIANI

Luigi Petti



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# ***Classificazione Sismica post Irpinia 1980***





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*



***San Giuliano in Puglia, 2002***

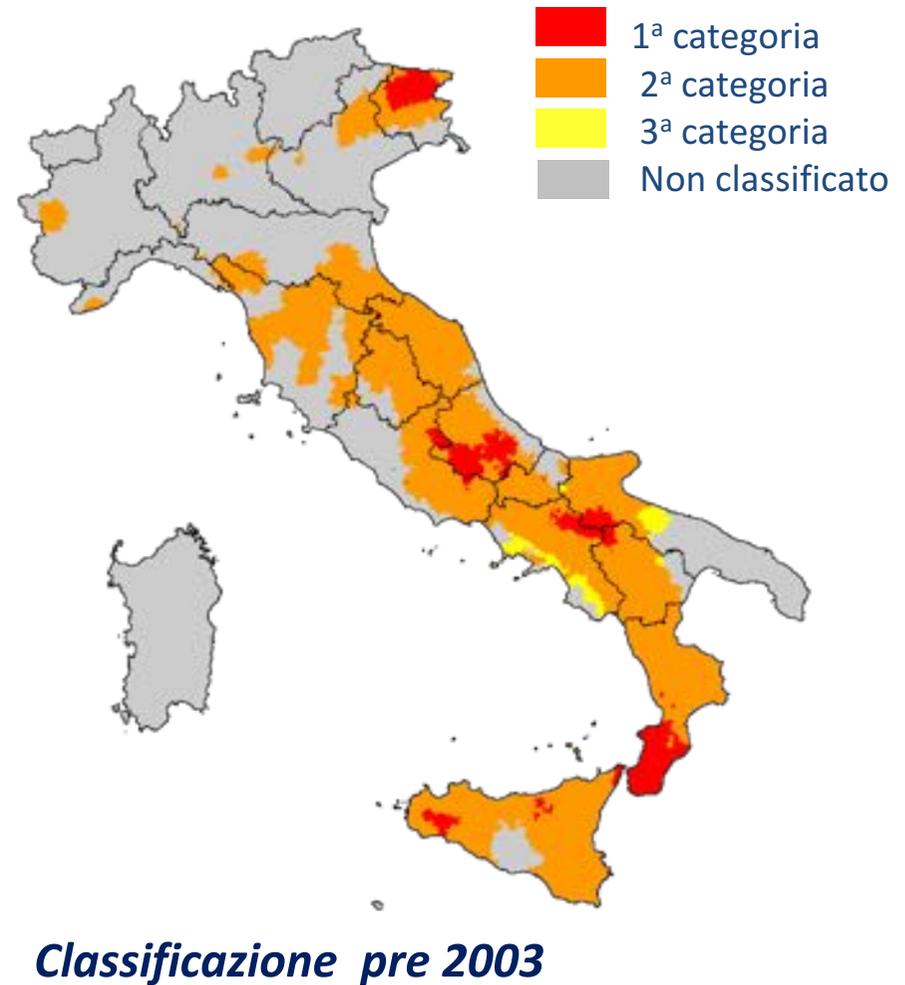
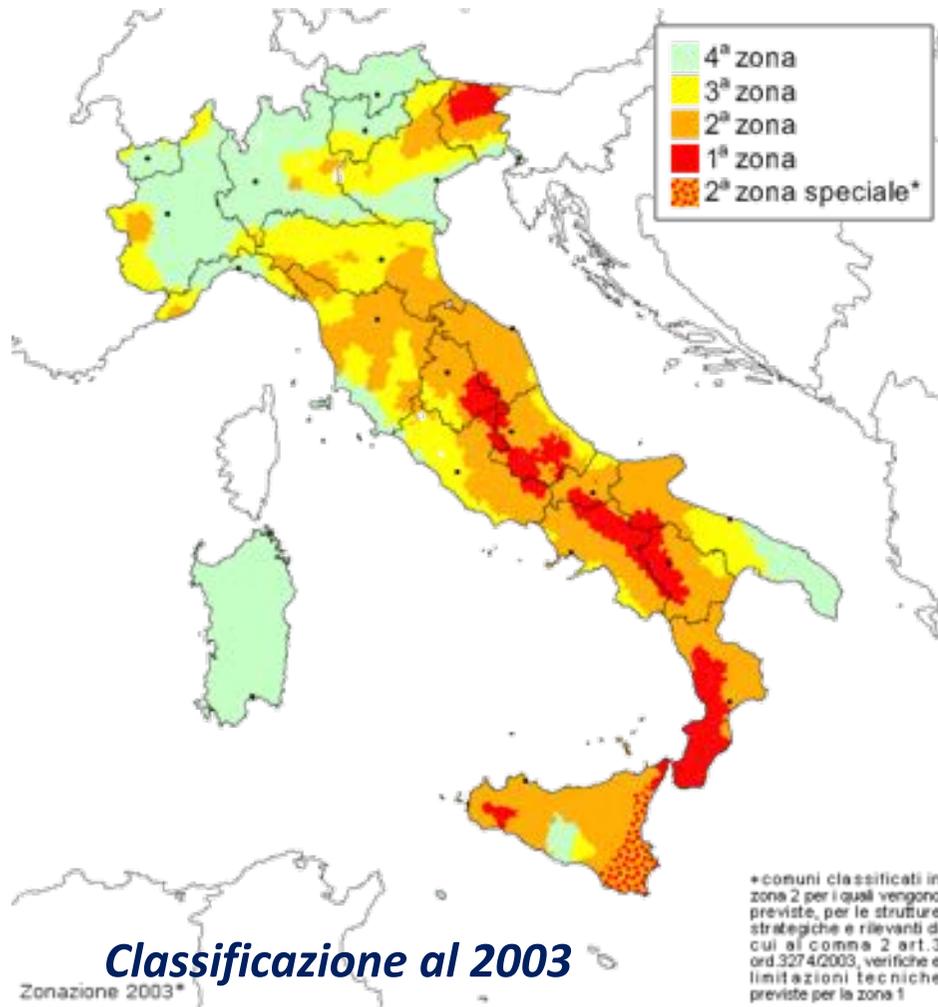


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



# Come cambia la Classificazione





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*



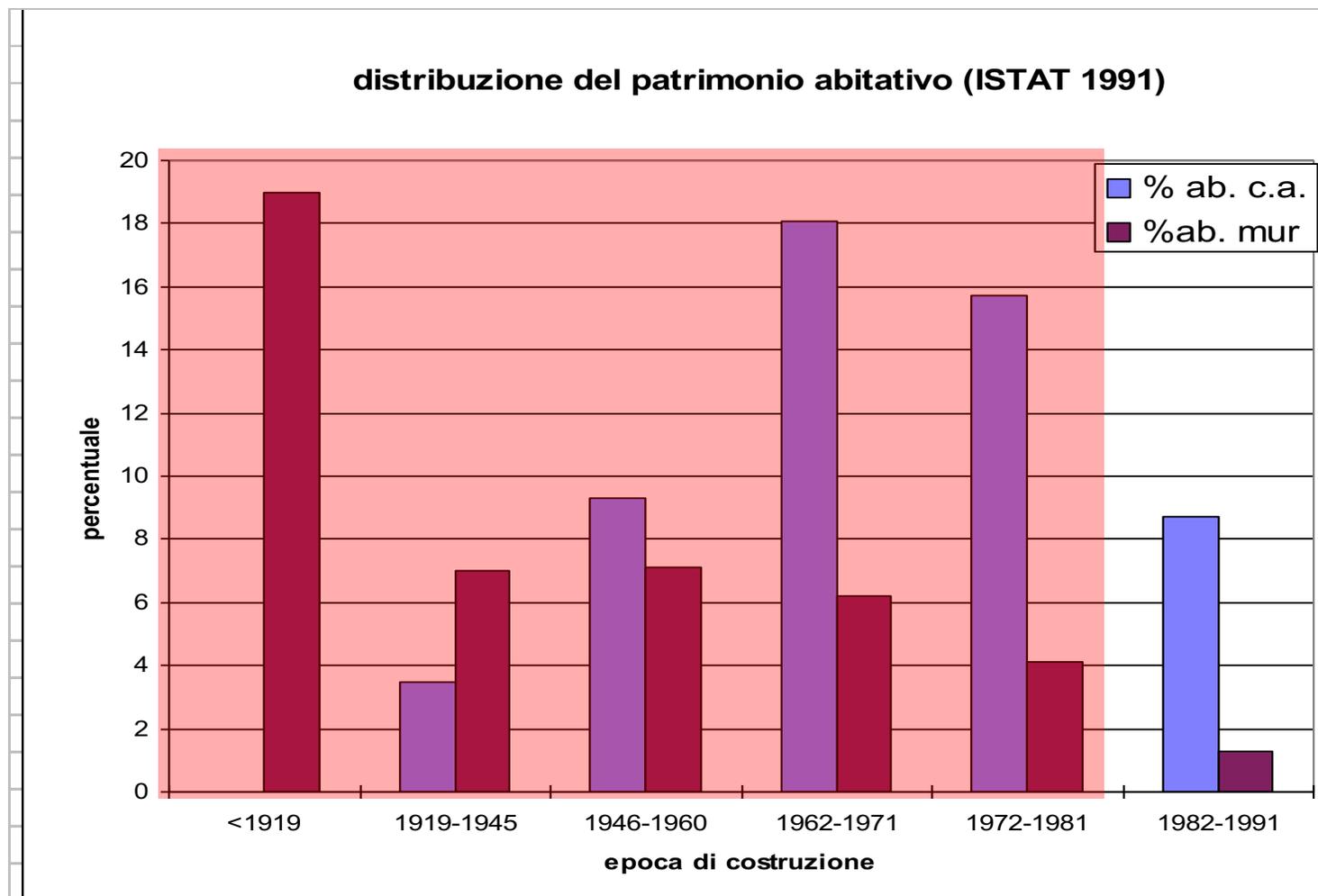
***L'evento Aquilano del '09***



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*

# Patrimonio Edilizio Residenziale

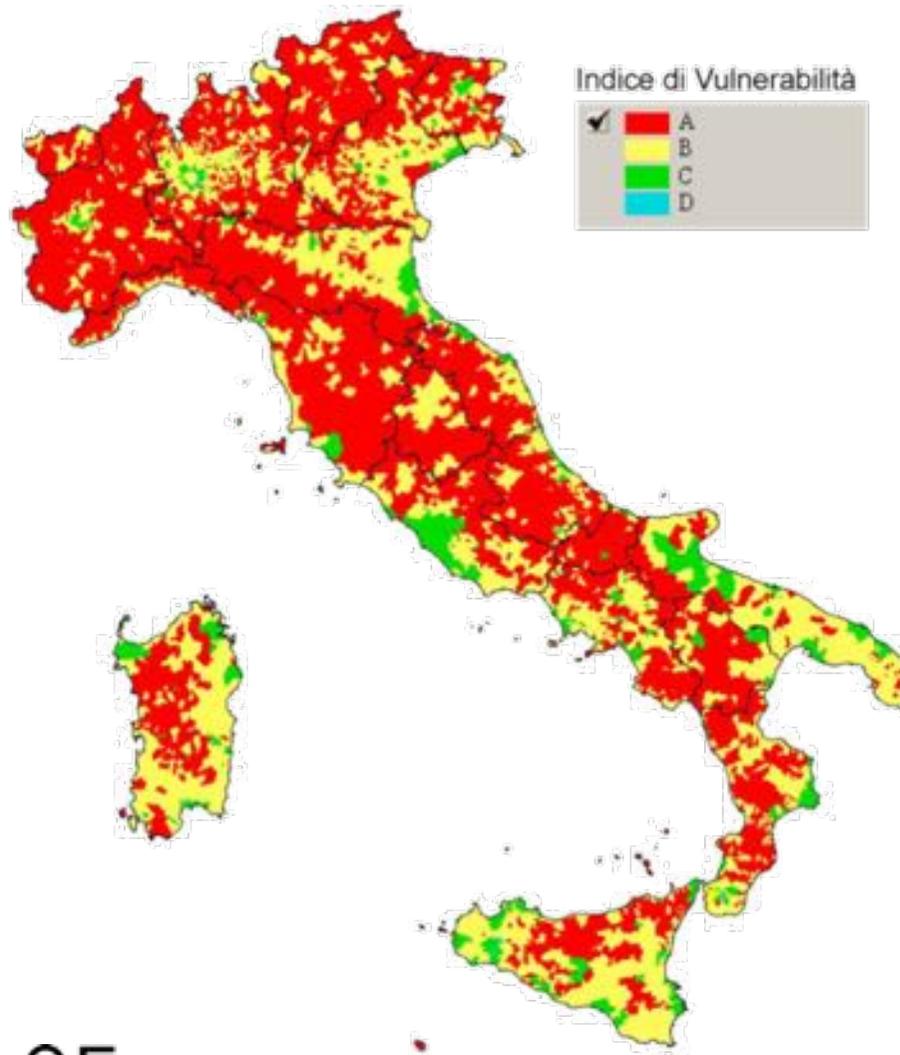


***Al 1991 risulta che solo il 14% delle abitazioni presenti in Italia era stato costruito dopo la classificazione sismica (Fonte SSN)***



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# ***Vulnerabilità degli edifici***



***Distribuzione delle classi  
tipologiche di vulnerabilità  
EMS98***

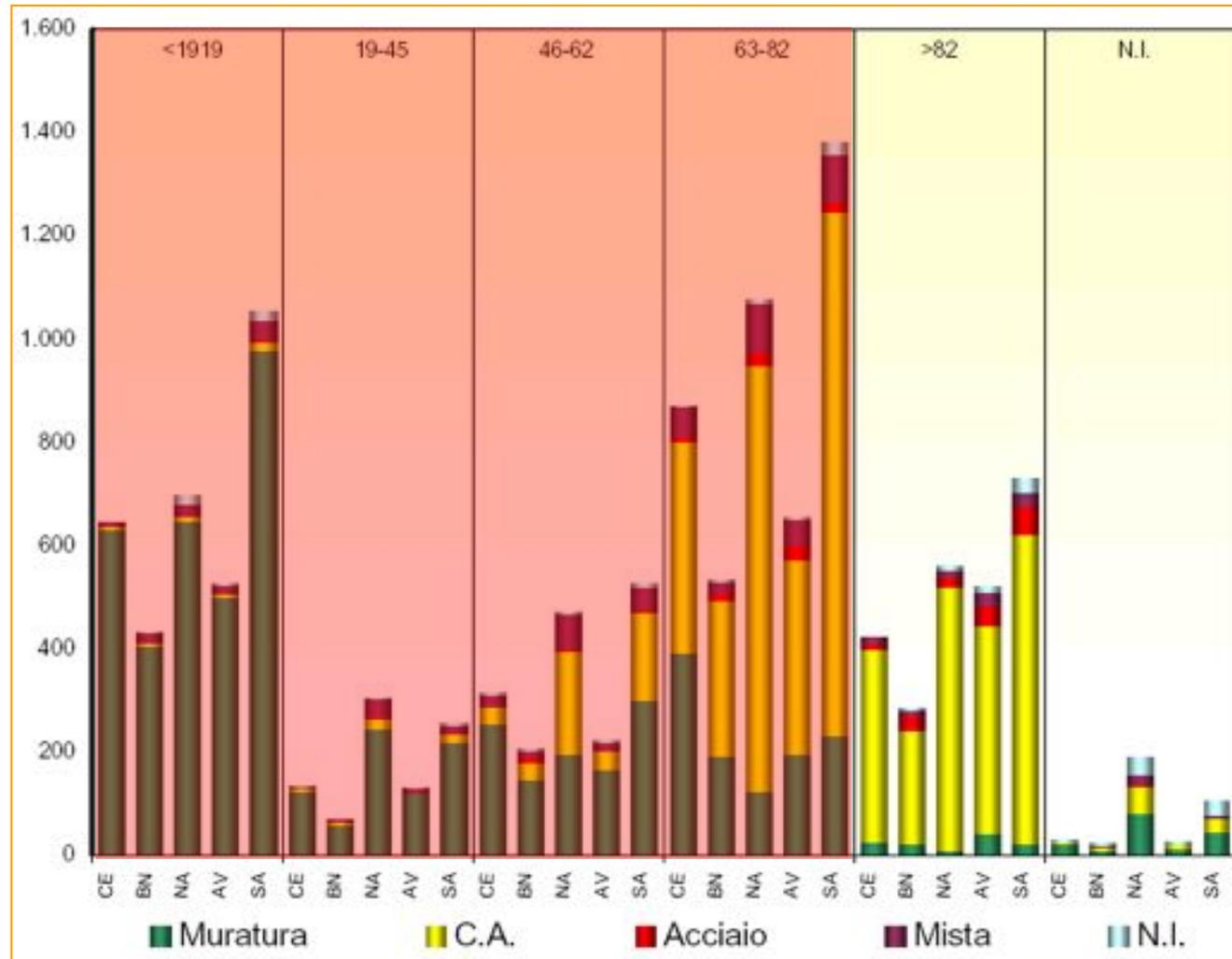


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL HERITAGE RESEARCH

*Luigi Petti*



# Patrimonio Edilizio Pubblico



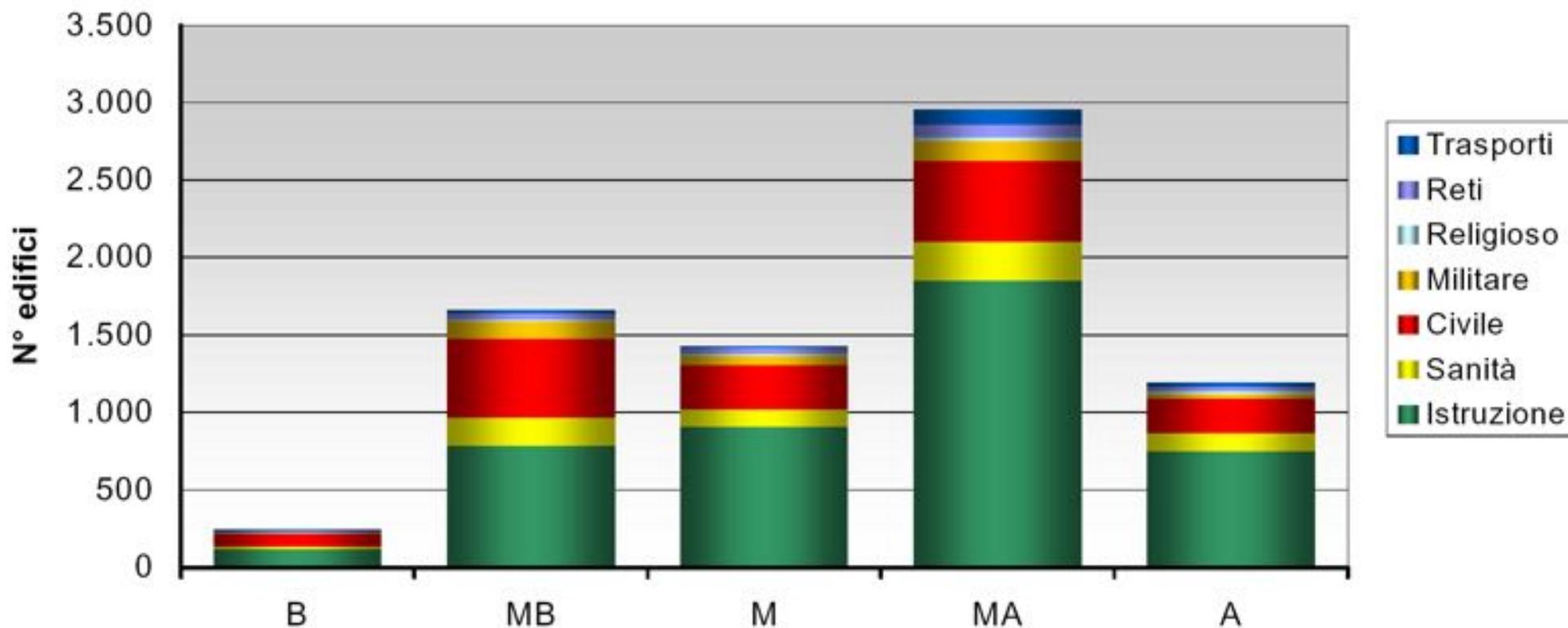
*“Previsione e prevenzione dei rischi derivanti dalle azioni sismiche”*

*Bruno Palazzo – Luigi Petti*



Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017

# Vulnerabilità Edifici Pubblici in Campania



Elaborazione dei dati del “Censimento di Vulnerabilità degli Edifici Pubblici, Strategici e Speciali nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia”  
PCM, Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, GNDT, DPC”



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

## *il cittadino*



*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# *Un caso tipo*



*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

# **Descrizione dello stato di fatto**



**Stato di conservazione Cornicioni**



**Stato di conservazione Parete Torino  
Scala**



**LACE**  
LABORATORIO DI ANALISI E CONSULENZA

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**  
7 marzo 2017

# **Descrizione dello stato di fatto**



**Stato di conservazione Cornicioni**



**Stato di conservazione Muro  
perimetrale piano attico**



**L'AQUILA**  
UNIVERSITY OF L'AQUILA

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL  
HERITAGE RESEARCH AND CONSERVATION

**Stato di conservazione di una trave**

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

# **Descrizione dello stato di fatto**



**Sbalzo crollato – Lato mare**



**LACE**  
LABORATORIO DI ARCHITETTURA E CALCOLO STRUTTURALE

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**Stato di conservazione Solai**



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**LACE**  
LABORATORIO DI ARCHITETTURA E CALCOLO

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION ENGINEERING

*Luigi Petti*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# *Descrizione dello stato di fatto*



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*

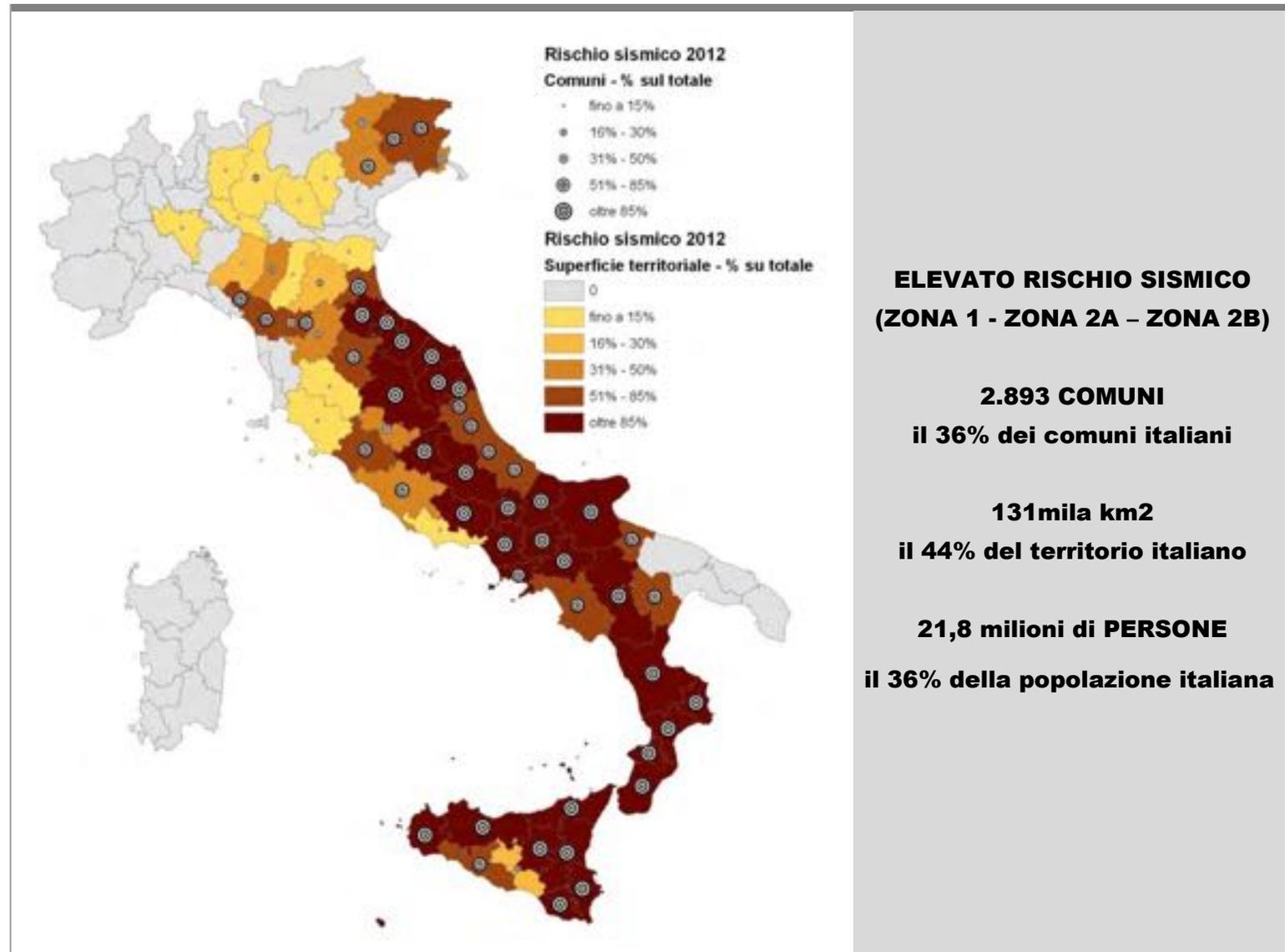


*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# ***Il Rischio***



# Rischio Sismico



Fonte: elaborazione CRESME su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012



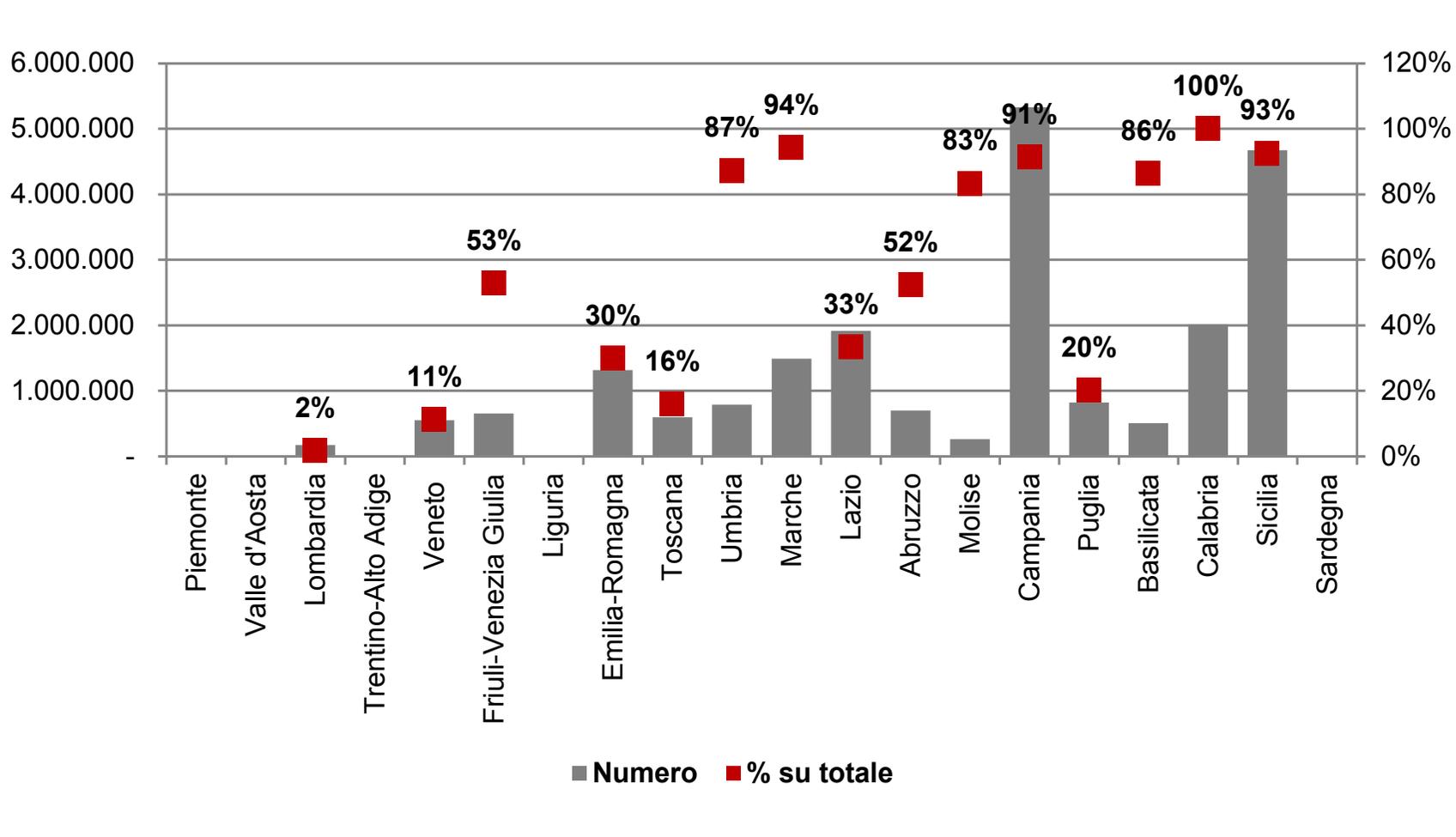
**TABELLA 1.10. - POPOLAZIONE IN AREE A RISCHIO NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELLO SCENARIO PREVISIONALE**

	Situazione attuale (2010)		Scenario previsionale (2020)	
	Rischio sismico	Rischio idrogeologico	Rischio Sismico	Rischio idrogeologico
Nord-ovest	172.618	1.297.775	205.944	1.420.448
Nord-est	2.543.528	1.662.006	2.839.041	1.866.239
Centro	4.724.965	1.096.309	5.313.978	1.196.681
Sud	9.640.075	1.644.856	9.540.774	1.638.984
Isole	4.672.253	91.966	4.668.937	91.017
<b>Totale</b>	<b>21.753.439</b>	<b>5.792.912</b>	<b>22.568.674</b>	<b>6.213.369</b>

Fonte: elaborazione CRESME Demo/SI su dati ISTAT



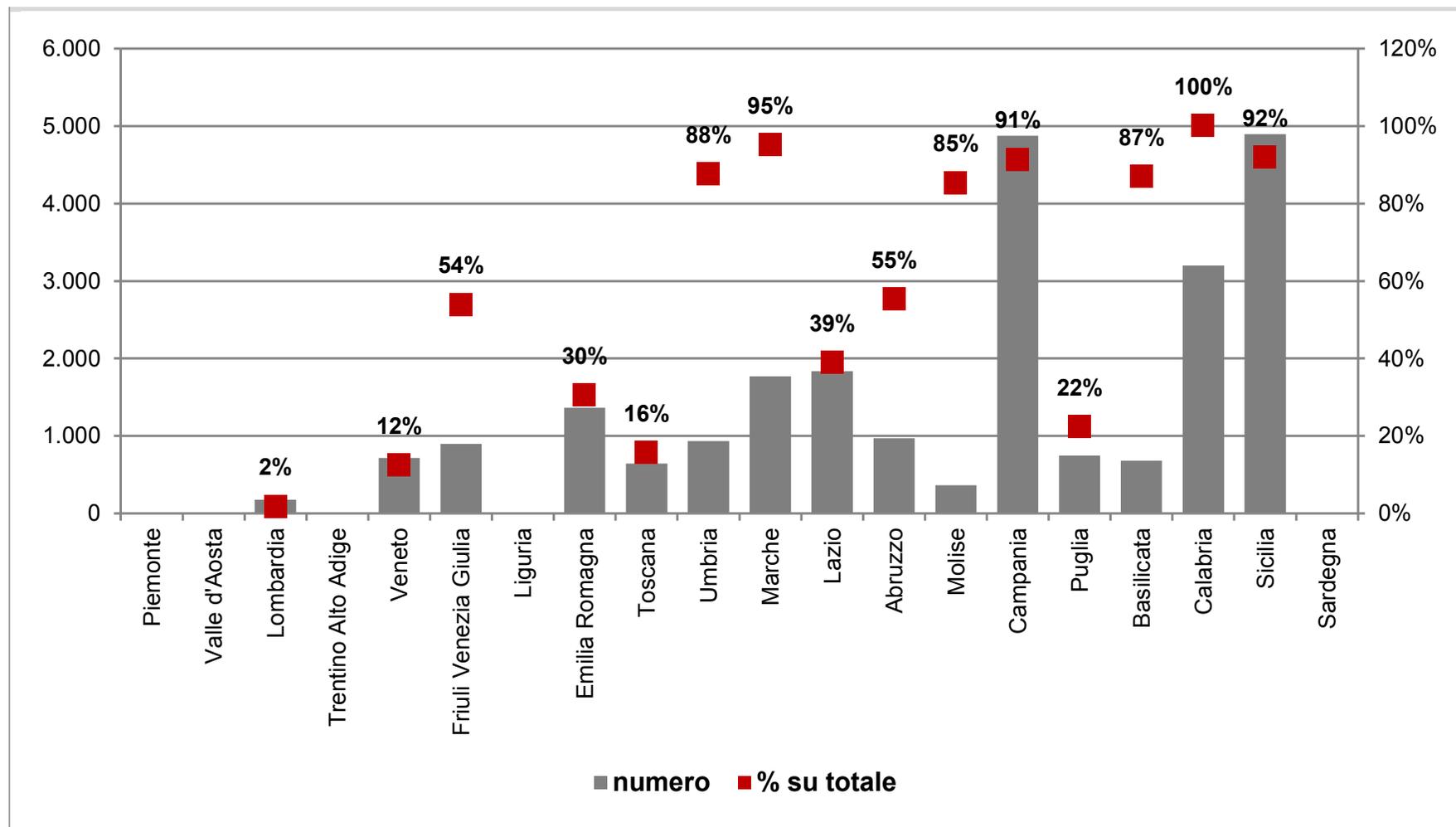
# Popolazione residente esposta



Fonte: elaborazione CRESME su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012



# Rischio Scuole





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

## ***Cosa fare ?***



## le attività ordinarie

pianificazione, progettazione, costruzione, controllo

## le attività pre-evento

analisi del rischio, azioni di tutela e rinforzo, preparazione, allerta

## le attività post-evento

emergenza, piani di protezione e recupero

### **Pianificazione**

mappe di pericolosità e di rischio (VIA & Risk Analysis)

### **Progettazione**

standard progettuali, condizionamenti locali, prescrizioni specifiche

### **Costruzione**

previsione di eventi rischiosi durante la costruzione

### **Monitoraggio**

ispezioni periodiche, sistemi di monitoraggio e allarme





## ***le attività ordinarie***

pianificazione, progettazione, costruzione, controllo

## ***le attività pre-evento***

analisi del rischio, azioni di tutela e rinforzo, preparazione, allerta

## ***le attività post-evento***

emergenza, piani di protezione e recupero

### **Analisi del rischio**

identificazione e valutazione delle variabili del rischio, schematizzazione dei processi

### **Azioni di tutela e rinforzo**

difesa attiva e difesa passiva

### **Preparazione**

preannuncio dell' evento o predisposizione dei piani di emergenza

### **Allerta**

programmazione delle attività post-evento





## ***le attività ordinarie***

pianificazione, progettazione, costruzione, controllo

## ***le attività pre-evento***

analisi del rischio, azioni di tutela e rinforzo, preparazione, allerta

## ***le attività post-evento***

emergenza, piani di protezione e recupero

Riunione del Coordinamento di Protezione Civile, Attivazione del Piano di Protezione Civile, Rilievo generale della rete, Classificazione dei danni diretti, Classificazione dei danni indiretti, Identificazione del livello di funzionalità della rete, Interventi immediati e temporanei, Rilievi particolareggiati ed interventi permanenti, Restrizioni al traffico, Campagna di informazione alla popolazione





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# ***Caso studio***

## ***Miglioramento Sismico edificio in c.a.***



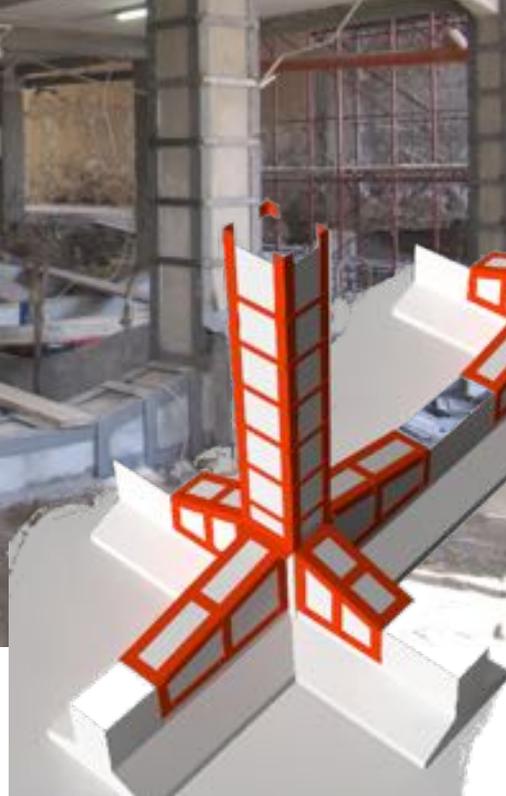
*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## ***Interventi in fondazione***

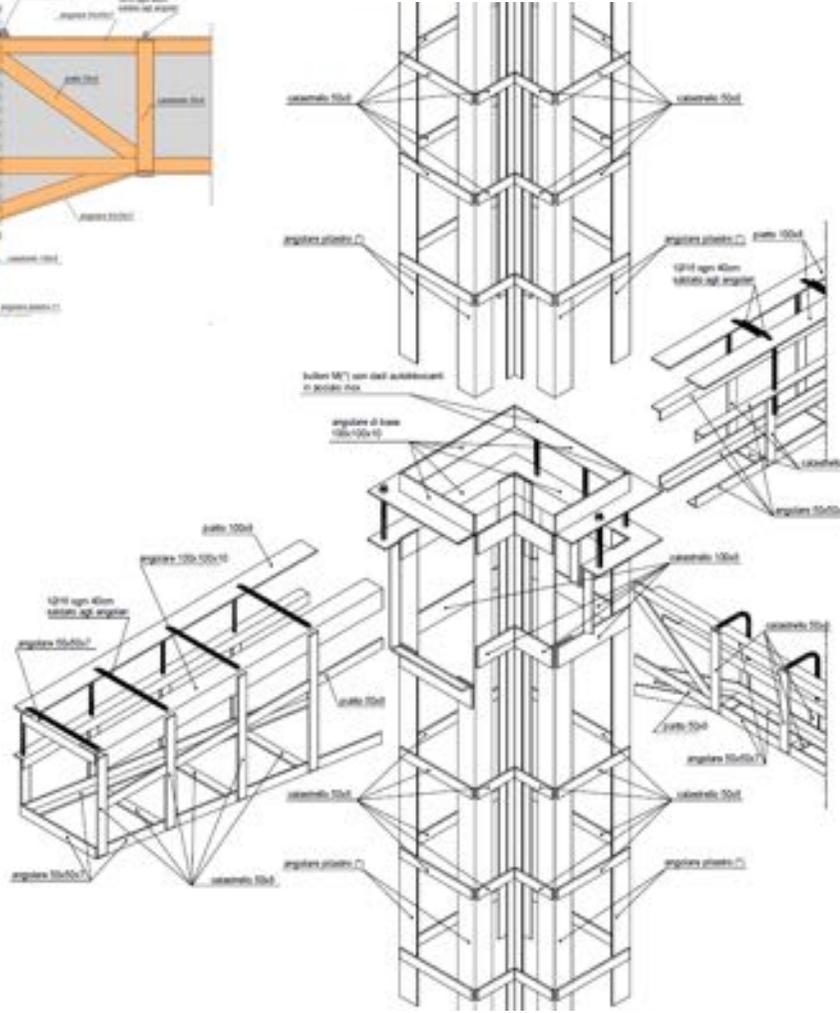
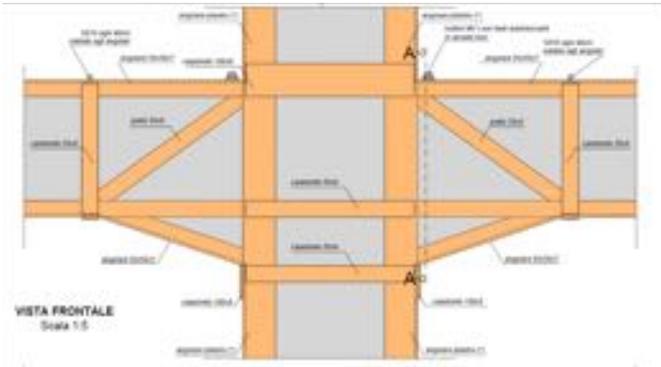


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

*Luigi Petti*



## **Interventi in elevazione**









*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*



**LACE**  
LICEO ARTISTICO CLASSICO EUROPEO

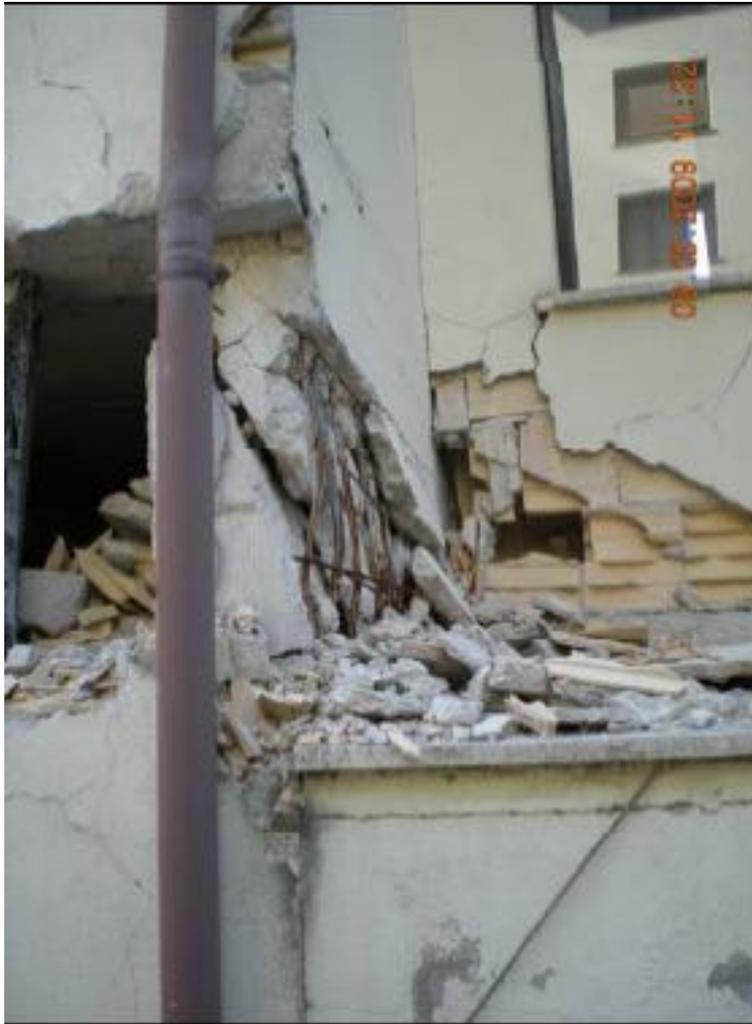
---

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017



## ***Caso studio*** ***Demolizione e ricostruzione*** ***con isolamento sismico***



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL ENGINEERING

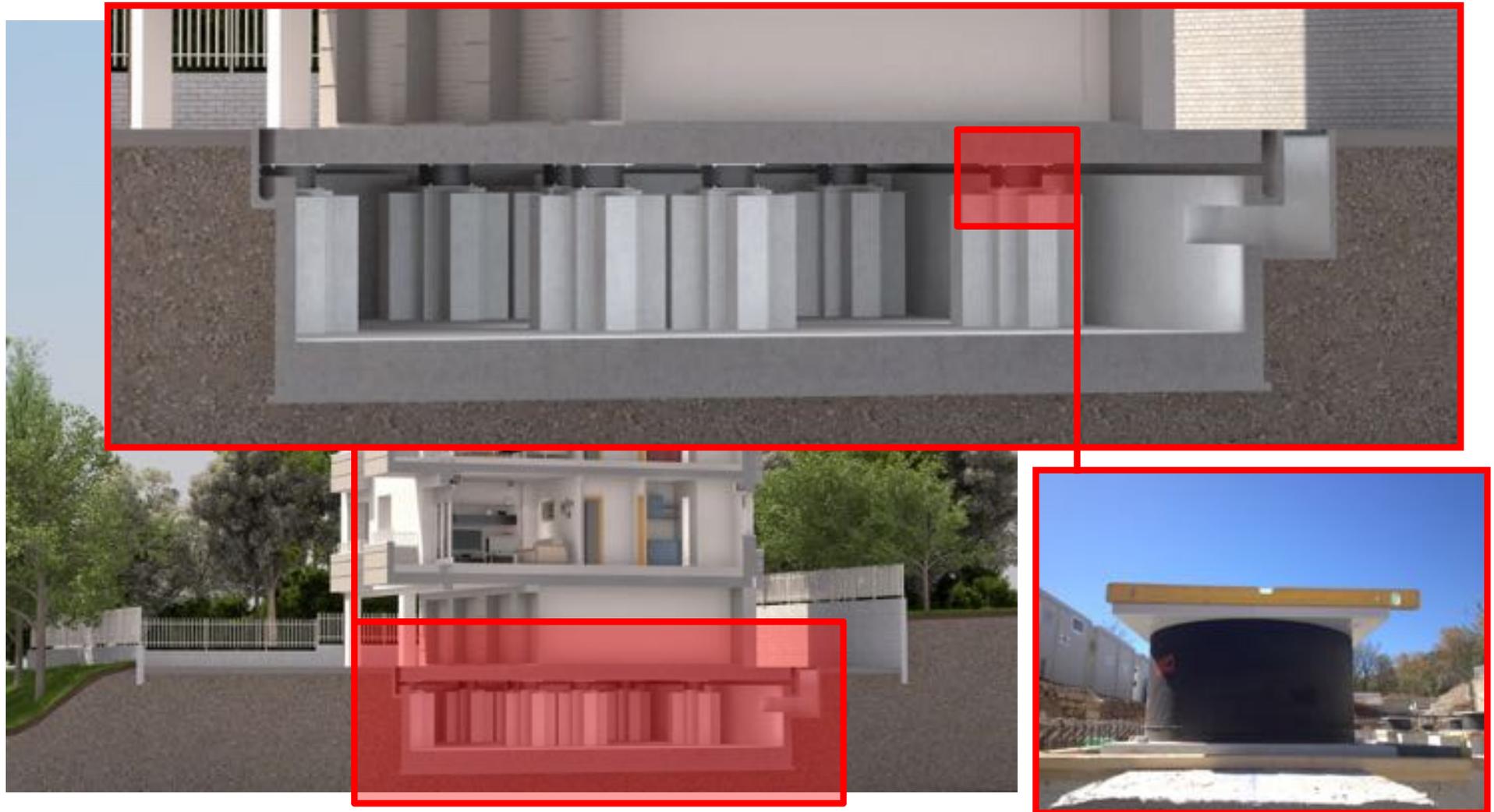
*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## **Progetto di ricostruzione**





**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## **Fasi di demolizione**



**L'ACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## **Ricostruzione**



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## **Ricostruzione**



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

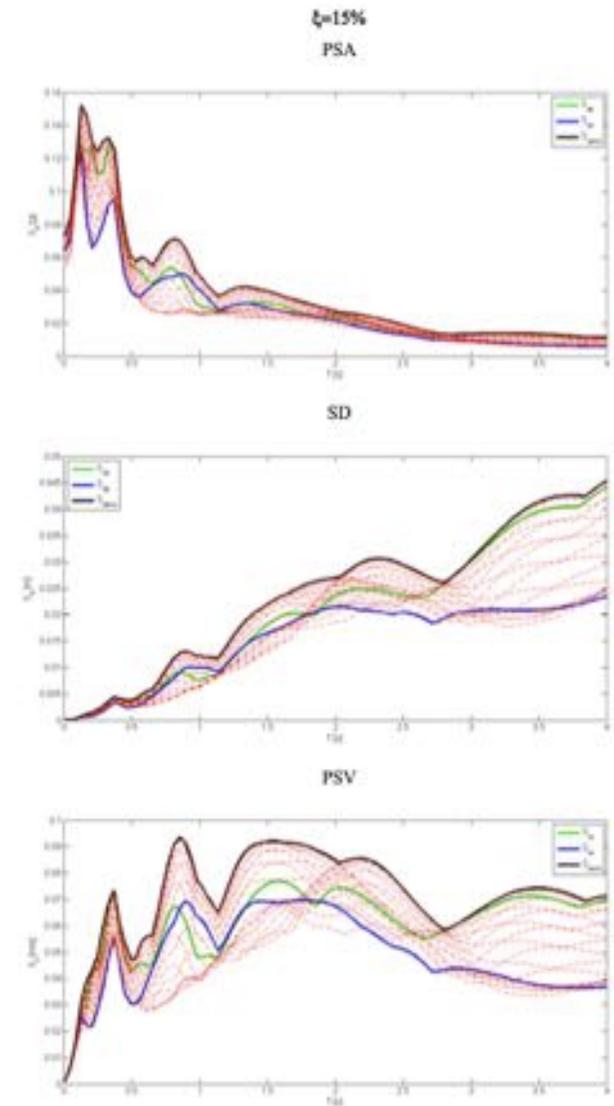
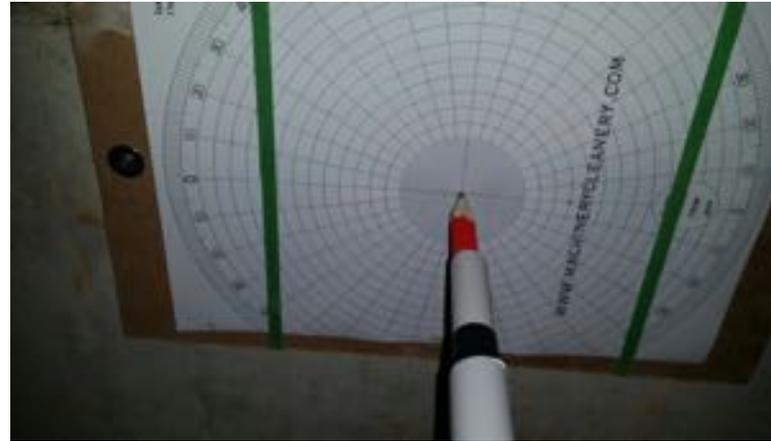
7 marzo 2017

## **Ricostruzione**



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



**Risposta sismica all'evento  
del 30 ottobre '16**



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli*

*7 marzo 2017*

# ***Caso studio***

## ***Miglioramento sismico con dissipazione di energia***



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURAL AND CIVIL ENGINEERING

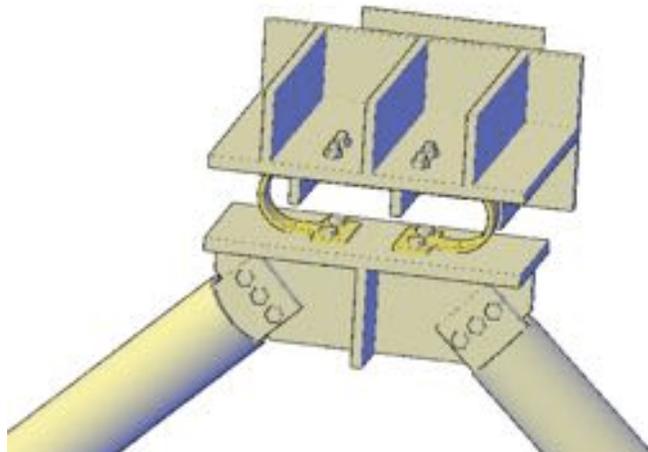
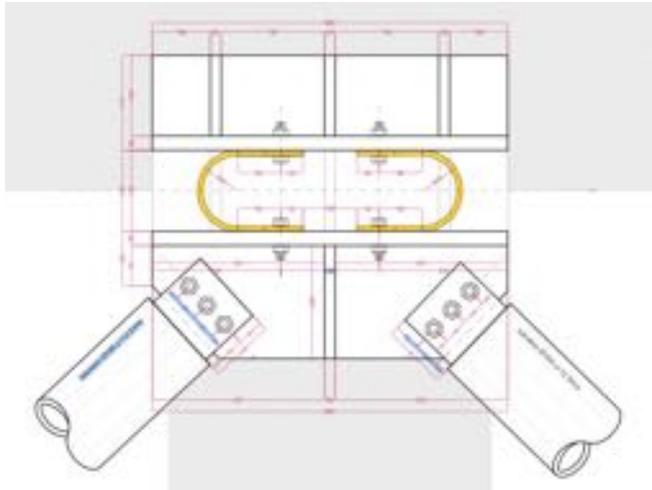
*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017

## **Dispositivi di dissipazione**



**L'ACE**  
UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND FORESTRY

*Luigi Petti*



**Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli**

7 marzo 2017



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

*Luigi Petti*



## **ALCUNE RIFLESSIONI**

### **Consolidamento della struttura**



### **Isolamento alla base**



### **Dissipazione di energia**



***Prestazioni***

***Condizioni di fatto e vincoli***

***Progetto ed esecuzione***

***Costi***



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

# **Politiche di mitigazione**

**intervento sul cittadino**

**con azioni di  
informazione e sensibilizzazione**

**per aumentare la  
percezione**





*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

## *Perché si fa poco ?*



*Building a culture of prevention is not easy*

*While the costs of prevention have  
to be paid in the present,  
its benefits lie in a distant future*

*Moreover, the benefits are not tangible;  
they are the **disasters that did NOT happen***

*(Kofi Annan 1999)*



*Istituto di Istruzione Superiore  
Della Corte – Vanvitelli  
7 marzo 2017*

***grazie***

*Info:*

**[petti@unisa.it](mailto:petti@unisa.it)**  
**[www.lacelab.net](http://www.lacelab.net)**



---

*Luigi Petti*