



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI GUGLIELMO MARCONI

FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE APPLICATE  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

STUDIO TIPOLOGICO DI VULNERABILITÀ SISMICA  
DI EDIFICI ESISTENTI RILEVANTI ALL'INTERNO DEL PIANO  
COMUNALE DI PROTEZIONE CIVILE  
DEL COMUNE DI ISTRANA – PROVINCIA DI TREVISO

Relatore:  
Chiar.<sup>mo</sup> Prof. ERNESTO GRANDE

Candidato:  
MASSIMO PIVATO  
Matr. N°: STA07942/LM23

ANNO ACCADEMICO  
2017/2018

## INDICE

ABSTRACT	9
• Obbiettivi e motivazioni	11
CAPITOLO I	
• Valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti	11
• Le scale d'intensità macrosismica	16
• La vulnerabilità degli edifici: curve di fragilità	19
• Le matrici di probabilità di danno	21
• Il metodo Risk-UE	23
• La metodologia GNDT	25
• Il metodo HAZUS	28
• Una procedura semplificata agli spostamenti	31
• La metodologia speditiva RE.SIS.TO	35
• Il metodo SAVE	41
• Considerazioni conclusive	42
CAPITOLO II	
• Identificazione della metodologia da adottare per l'analisi del patrimonio edilizio del Comune di Istrana	43
• Normativa di riferimento	51
• Il percorso metodologico prescelto	51
CAPITOLO III	
• Metodologia adottata	53
• Il percorso conoscitivo	54
• Identificazione del patrimonio costruito	55
• Caratterizzazione funzionale degli edifici e dei loro spazi	58
• Rilievo geometrico	58
• Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti	60

• Il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione	61
• La caratterizzazione meccanica dei materiali	62
• Aspetti geotecnici	64
• Monitoraggio	66
• Individuazione delle 'debolezze' del sistema (elementi di vulnerabilità)	68
• I parametri spettrali per la valutazione di sicurezza	71
• Valutazione della vulnerabilità sismica mediante il metodo RE.SIS.TO	76
• Valutazione delle caratteristiche dell'edificio	76
• Stima del taglio resistente per edifici in muratura	77
• Stima del taglio resistente per edifici in calcestruzzo armato	79
• Stima della capacità: individuazione del piano critico	81
• Valutazione del coefficiente riduttivo per strutture in muratura	82
• Valutazione del coefficiente riduttivo per strutture in calcestruzzo armato	83
• Accelerazione di collasso di un edificio in muratura o calcestruzzo armato	84
• Valutazione della vulnerabilità sismica con il metodo SAVE	85
• Modello di comportamento: edifici in calcestruzzo armato in assenza di tamponature	86
• Modello di comportamento: edifici in calcestruzzo armato in presenza di tamponature	87
• Modello di comportamento: edifici in muratura	89
• Vulnerabilità sismica e limiti di operatività e collasso: edifici in c.a. e muratura	90

- Determinazione del periodo di ritorno e valutazione del rischio: edifici in c.a. e muratura 92
- Affidabilità delle stime del Metodo SAVE 93
- Confronto tra il metodo SAVE e il metodo RE.SIS.TO 94

#### CAPITOLO IV

- Interventi di consolidamento di edifici esistenti in c.a. 96
  - Irrigidimenti con controventi metallici o tramite setti in c.a. 98
  - 'Beton plaque' – Calcestruzzo placcato 100
  - Incamiciature in c.a. e acciaio 101
  - Fasciature e placcature con FRP 103
- Interventi di consolidamento di edifici esistenti in muratura 107
  - Ripristino del comportamento scatolare 109
  - Incremento della resistenza a taglio 114
  - Incremento della resistenza a compressione 116
  - Miglioramento generale della muratura 117
  - Modifica della distribuzione degli elementi murari 121
  - Inserimento di irrigidimenti nei solai 121

#### CAPITOLO V

- Conclusioni 122
- Bibliografia 127
- Sitografia 128

## **ALLEGATI**

- Allegato 'A': Schede sintetiche di rilievo di fabbricati esistenti
- Allegato 'B': Rilievo fotografico degli edifici esistenti

## ELABORATI GRAFICI

- Tavola n. 1: Inquadramento generale del territorio
- Tavola n. 2: Gestione delle acque
- Tavola n. 3: Individuazione dei rischi
- Tavola n. 4: Siti strategici ed aree di emergenza
- Tavola n. 4 bis - Centro: Siti strategici ed aree di emergenza
- Tavola n. 4 bis - Nord: Siti strategici ed aree di emergenza
- Tavola n. 4 bis - Sud: Siti strategici ed aree di emergenza
- Tavola n. 5: Carta della vulnerabilità sismica

## **ABSTRACT**

La Tesi è la conseguenza di una collaborazione, gratuita e volontaria, con il Geologo Mario Pizzolon per la standardizzazione dei dati informatici del Piano di Protezione Civile del Comune di Istrana, approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale del Comune di Istrana n. 47 del 27/11/2008. I criteri di standardizzazione dei dati informatici dovevano rispettare le linee guida indicate dalla Regione del Veneto con DGR n. 1575 del 17/06/2008 e s.m.i., allo scopo di consentire un più ampio scambio informativo tra gli Enti del Sistema Regionale di Protezione Civile che, con DGR n. 1575 del 17/06/2008, sono state approvate le 'Linee guida per la standardizzazione e lo scambio informatico dei dati in materia di Protezione Civile'; successivamente aggiornate e rimodulate con DGR 3315 del 21/12/2010.

Nello specifico le tavole grafiche aggiornate, del Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Istrana, dovevano contenere i tematismi minimi previsti dalle Linee Guida contenenti alcune informazioni cartografiche di supporto; in particolare, oltre ai tematismi strettamente inerenti il Piano di Protezione Civile sono stati inseriti, come base utile, altri tematismi ufficiali scaricati direttamente dal geoportale della Sezione Pianificazione territoriale strategica e cartografica.

Per quanto concerne il presente studio si è proceduto ad approfondire il rischio sismico descrivendo il territorio comunale di Istrana partendo anche da un'analisi storico critica, e individuando al suo interno delle tipologie costruttive, evidenziandone, per ciascuna tipologia, la vulnerabilità sismica; successivamente si è proceduto alla determinazione di possibili soluzioni di intervento mediante preventive analisi di calcolo degli indicatori di vulnerabilità come rapporto tra i periodi di ritorno.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AMATO, A. SELVAGGI, G. ET AL., *Terremoti probabili in Italia tra il 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico*, 2002, GNDT
- BERNARDINI A., a cura di, *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, Roma, GNDT-CNR, 2000
- BERNARDINI A., *Classi macrosismiche di vulnerabilità degli edifici in area veneto-friulana*, Genova, XI Congresso Nazionale ANIDIS, 2004
- BOSCOLO BIELO M., *Interventi su edifici esistenti*, Edizioni di Legislazione Tecnica, 2012
- CAPO DEL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE. *Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 3685/2003. Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 3685/2003*
- CANGI G., *Manuale del Recupero Strutturale e Antisismico*, Roma, DEI, 2005
- COSENZA, E., MAGLIULO, G. AND MADDALONI, G., *L'analisi statica non lineare (push - over) delle strutture in cemento armato secondo la nuova normativa sismica italiana*, XVII Congresso CTE, Roma, 5-8 novembre 2008
- DOLCE M., V.D. LORUSSO, A. MASI, *Sismic response of buildings structures with flexible inelastic diaphragm*, in *The Struct, Design of Tall Build*, n. 3/1994
- DOLCE M., *Schematizzazione e modellazione degli edifici in muratura soggetti ad azioni sismiche*, Roma, L'Industria delle Costruzioni, 1991
- MAGENES G., BOLOGNINI D., BAGGIO C., *Metodi semplificati per l'Analisi Sismica non Lineare di Edifici in Muratura*, Roma, CNR, 2000

PERUZZA L., POLI M. E., REBEZ A., RENNER G., ROGLEDI S., SLAJKO D. and ZANFERRARI A., *The 1976-1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects. Mem. Soc. Geol. It., 57, 391-400, 2002*

POLESE M., Un approccio a Doppio Livello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in c.a., Tesi di dottorato di ricerca in meccanica computazionale XVII ciclo - Tutore: Prof. Maurizio Aristodemo. Università degli Studi di Napoli Federico II - Facoltà di Ingegneria, 2002

TROMBETTI T. e TRENTIN A., *La Lezione di Pier Luigi Nervi*, edizioni Mondadori Bruno collana Ricerca, 2010



## **SITOGRAFIA**

<https://www.centromicrozonazioneismica.it> - Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni, Centro MS (Accordo Prot. CNR n. 8564 del 9 febbraio 2015)

<http://cslp.mit.gov.it> - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

<http://www.protezionecivile.gov.it> - Dipartimento della protezione civile è una struttura della Presidenza del Consiglio dei Ministri

<http://www.pcn.minambiente.it> - Geoportale Nazionale

<http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/> Geoportale - Infrastruttura Dati Territoriali (IDT) della Regione Veneto

<https://emidius.mi.ingv.it> - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT)

<http://www.beniculturali.it> - Ministero dei beni e delle attività culturali

<http://datiopen.istat.it> - Piattaforma Linked Open Data (LOD) dell'Istat

<http://www.reluis.it> - Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS)