

2020

**OSPEDALE SAN POLO DI MONFALCONE - PIASTRE MEDICALI “A” e “B”
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ai sensi del § 8.3 del DM17.01.2018**

RELAZIONE GENERALE



**PROGETTI studio associato
Buja**

31/07/2020

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

INDICE

1.	PREMESSA	3
1.1.	Oggetto	3
1.2.	Inquadramento e individuazione delle opere	5
1.3.	Criteri normativi di sicurezza specifici della costruzione	9
1.4.	Normativa di riferimento	9
2.	STATO DI FATTO ED INDAGINI SULLA STRUTTURA	12
2.1.	Descrizione sommaria dei fabbricati	12
2.2.	Documentazione <i>storica</i> disponibile	14
2.3.	Sopralluoghi, rilievi e indagini sulla struttura	15
2.3.1.	Descrizione sommaria delle indagini	17
2.4.	Assunzioni ed ipotesi principali per l'analisi	18
2.4.1.	Progetto delle strutture e documentazione annessa	18
2.4.2.	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	19
2.4.3.	Parametri principali adottati nelle simulazioni sismiche	21
2.4.4.	Criteri per la valutazione critica della vulnerabilità sismica	22
3.	ANALISI E MODELLAZIONI	25
3.1.	Premesse	25
3.2.	Parametri dei materiali e carichi considerati nell'analisi	26
3.2.1.	Materiali	26
3.2.2.	Analisi dei carichi	31
3.3.	Procedure di analisi e modellazione	31
3.3.1.	Premesse	31
3.3.2.	Metodo di analisi	31
3.3.3.	Azioni sismiche	33
3.3.4.	Spinta del terreno	38
3.3.5.	Modelli di calcolo e procedura di analisi e verifica SLV e SLD	39
3.4.	Prove di carico sui solai	39
3.5.	Giunti di dilatazione	40
4.	RISULTANZE PRINCIPALI	42
4.1.	Premesse	42
4.2.	Valutazioni generali sull'intero complesso	42
4.2.1.	Valutazioni sullo stato di fatto e conformità esecutiva al progetto	42
4.2.2.	Valutazioni sulle strutture principali/secondarie in condizioni non sismiche	44
4.2.3.	Valutazioni sulle strutture principali/secondarie in prospettiva sismica	44
4.3.	Valutazioni sulla Piastra “A”	46
4.4.	Valutazioni sulla Piastra “B”	50
5.	ESITI DELLE VERIFICHE E OSSERVAZIONI	54
5.1.	Sintesi delle risultanze di indagine	54
5.2.	Sintesi degli indicatori di rischio	60

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

5.3.	Tempi di attivazione degli interventi	62
5.4.	Commenti conclusivi	64
6.	PROPOSTE DI INTERVENTO	66
6.1.	Ipotesi di Adeguamento Sismico	66
6.2.	Controventi dissipativi	67
6.2.1.	Descrizione	67
6.2.2.	Effetti	69
6.2.3.	Esempio di voce di Capitolato	72
6.2.4.	Stima costi	72
6.3.	Giunti strutturali mediante accoppiatori idraulici antisismici	73
6.3.1.	Descrizione ed effetti	73
6.3.2.	Esempio di voce di Capitolato	74
6.4.	Rinforzi con placcaggi di confinamento nodi	74
6.5.	Rinforzi a flessione di travi con placcaggi	76
6.6.	Rinforzi a taglio di travi in c.a. con placcaggi ad “U”	77
6.7.	Intervento antiribaltamento delle tamponature	78
6.8.	Rinforzo sistemi di ancoraggio dei pannelli prefabbricati esterni	79
6.9.	Cavità nelle travi eseguite per installazioni	80
6.10.	Risanamento fenomeni di degrado locale	81
6.11.	Elementi impiantistici	82
7.	STIMA SOMMARIA DEI COSTI	83
8.	ALLEGATI	86

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

1. PREMESSA

1.1. Oggetto

Oggetto del presente elaborato è la descrizione sintetica delle operazioni connesse alla valutazione della vulnerabilità sismica delle seguenti opere: **Piastra medicale "A" e Piastra mmedicale "B" ed edifici contermini dell'Ospedale Civile denominato San Polo** sito in via Galvani 1 a **Monfalcone (GO)** di proprietà dell'**Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 Bassa Friulana-Isontina**

L'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 all'art.2 comma 3 prevede che le opere strategiche per le finalità di protezione civile e quelle suscettibili di conseguenza rilevanti in caso di collasso siano sottoposte a verifica a cura dei rispettivi proprietari entro 5 anni (quindi al 2008). Tale termine è stato prorogato prima al 31.12.2010 (art. 20 L. 31/2008), poi al 31.12.2012 (D.L. 216/2011) ed infine al 31.03.2013 (comma 421 dell'art. unico della "Legge di stabilità" 228/2012).

L'obbligo di tale verifica non sussiste per opere progettate successivamente al 1984, periodo in cui il vigente DM2018 sulla progettazione in zona sismica non aveva ancora introdotto il concetto del livello di protezione sismica" correlato all'importanza dell'opera.

Solo con il DM 515 del 03.06.1984 viene infatti introdotta la differenziazione del livello di protezione sismica per particolari categorie di edifici [opere strategiche con carichi sismici maggiorati del 40% ed opere a particolare rischio d'uso con carichi sismici maggiorati del 20%.

Per ridurre gli effetti del terremoto l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale, prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa pericolosità.

I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.955 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede 40% della popolazione.

Il territorio di Monfalcone, su cui sorge l'Ospedale San Polo, oggetto della valutazione della sicurezza, non ne faceva parte.

Pertanto si può affermare che nella progettazione originaria non è stata considerata nel calcolo la condizione sismica.

Con l'emanazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - DM Infrastrutture 14.01.2008 e relativa Circolare applicativa n° 617/C.S.LL.PP. del 02.02.2009, e delle D.M.17.01.2018 Infrastrutture "Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" e della relativa Circolare esplicativa NTC2018 n. 7 del 21.01.2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018" - vengono introdotte una serie di nuove indicazioni, suggerimenti e disposizioni in merito alla valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti (rif. Cap.8-NTC2018: "Costruzioni esistenti").

In riferimento alle NTC2018 (ed al regolamento di attuazione della LR 16/2009 del FVG) il livello di protezione sismica risulta attualmente individuato dal concetto di Classe d'uso (parametro Cu), che amplifica il periodo di riferimento dell'azione sismica di progetto in funzione della categoria di "importanza" del fabbricato.

Il complesso ospedaliero di cui trattasi, adibito fin dalla sua origine ad uso ospedaliero, rientra ai sensi della normativa regionale (DPR FVG n. 0176/Pres del 27 luglio 2011) tra le "opere strategiche" (Classe d'uso IV), ed è soggetto pertanto all'obbligo di valutazione della vulnerabilità sismica di cui all'OPCM originaria del 2003.

Sulla base di quanto suesposto si riporta nel presente elaborato la descrizione sintetica delle attività di ricerca, indagine e verifica effettuate per la valutazione di vulnerabilità sismica delle due Piastre medicali, in ottemperanza alle sopracitate prescrizioni normative di riferimento. Nei paragrafi finali si riportano inoltre le principali osservazioni e commenti sulle risultanze ottenute dall'analisi, unitamente ad alcune

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

ipotesi e proposte preliminari di intervento atte a conseguire un maggior livello di sicurezza sismica delle opere in esame.

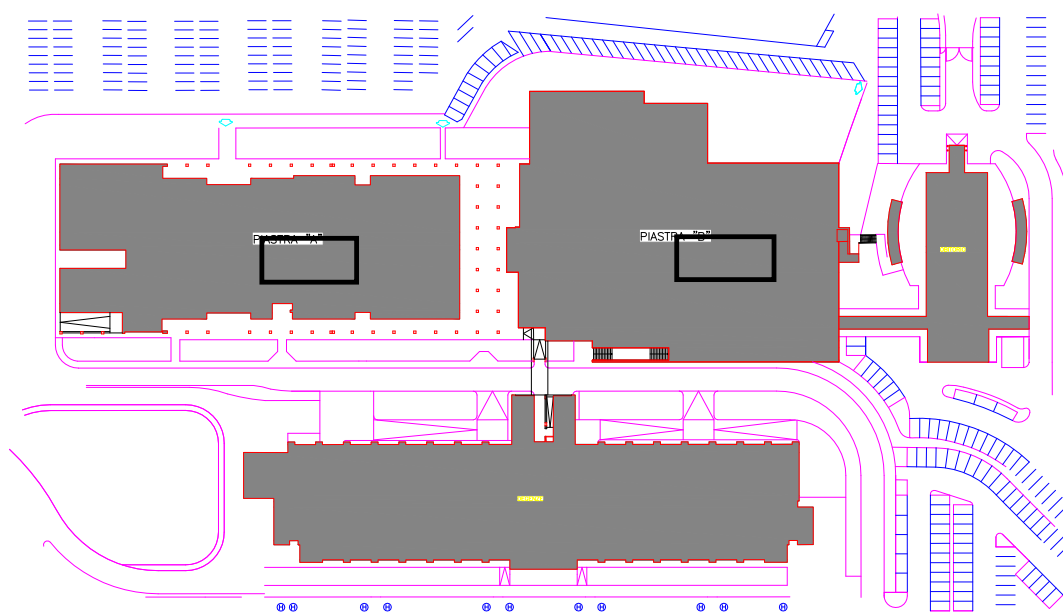
La presente relazione viene redatta anche a supporto delle Schede di sintesi della verifica sismica predisposte dal DPC, e con particolare riferimento al paragrafo 30 "Note" delle medesime, dedicato ad informazioni o chiarimenti non facilmente codificabili o descrivibili nei 29 paragrafi precedenti le Schede stesse.

1.2. Inquadramento e individuazione delle opere

Uso e Funzione: Ospedale Civile denominato San Polo

Localizzazione: **Monfalcone** - Lat. **45,815° N**, Long. **13,519° E** - Alt. **7 m**

Area: **Piastra "A" e Piastra "B"**



Epoca di costruzione: **1975-1976**

Progetto: **Studio ing. Sergio Fornasir di Gorizia**

Tipologia: **costruzione in calcestruzzo armato**

- strutture a telaio

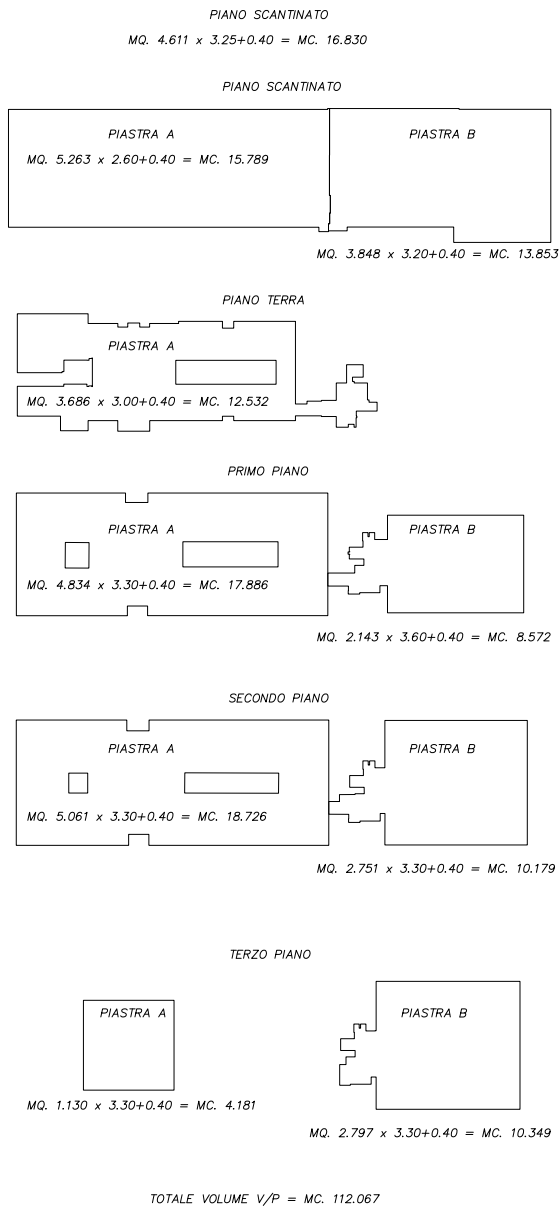
RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- strutture a pareti (vani scale e ascensori e pareti perimetrali interrati)
- fondazioni dirette a platea con vuoto sanitario di 65 cm (platea abbinata a solaio)
- setti gettati in opera
- travi gettate in opera
- pilastri gettati
- solai monolitico gettato in opera
- solai CelerSap precompresso
- solai BiSap a pannelli in latero-cemento

Dimensioni principali

- **Piastra "A"**: fabbricato di 5 piani di cui 1 interrato, altezza totale 18 metri ca, suddiviso in tre parti da due giunti strutturali (non di dilatazione!).
- **Piastra "B"**: fabbricato di 4 piani di cui 1 seminterrato (parzialmente soppalcato da 1 vano tecnico), altezza totale di 16,50 ca.
- Orientativamente le 2 Piastre, divise da un giunto (non di dilatazione), occupano una superficie massima complessiva di 190 m x 45 m
- Alla Piastra "A" sono collegati, non strutturalmente, tre corpi scale, costruiti negli anni 2000, che non fanno parte della presente analisi
- Della Piastra "B" fa parte
 - il corpo scale che collega la stessa alla Piastra "A"
 - il corpo scale a NW del complesso ospedaliero
 - il corpo servizi seminterrato ubicato a SW
 - il tunnel di raccordo con l'edificio Degenze, costruito dopo il 2000, che non fa parte della presente analisi

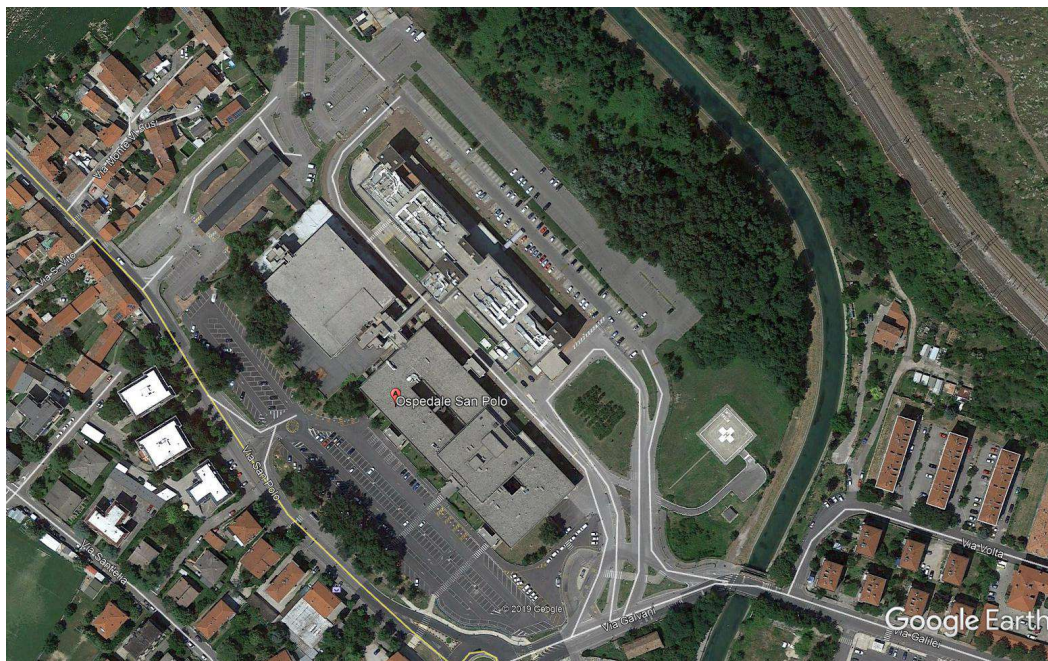
RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE



Interferenze con il territorio circostante e le costruzioni esistenti:
nessuna

Caratteristiche tipografiche del sito:
terreno pianeggiante

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE



RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

1.3. Criteri normativi di sicurezza specifici della costruzione

Le membrature sono state dimensionate nel rispetto della Normativa in vigore alle epoche della progettazione e della realizzazione degli edifici (DM30 maggio 1972 "Norme Tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica) e alle vigenti (DM17.01.2018); per dettagli si rimanda alle tavole esecutive di progetto.

1.4. Normativa di riferimento

- OPCM 3274 del 20 marzo 2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Prot. DPCISISM/0083283 Dipartimento Protezione Civile del 04 novembre 2010 - "Chiarimenti sulla gestione degli esiti delle verifiche sismiche condotte in ottemperanza all'art.2, comma 3 dell'OPCM n. 3274 del 23 marzo 2003"
- D.M.30.05.1972 n.9161 "Norme Tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- D.M.30.05.1974 "Norme Tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- D.M.17.01.2018 Infrastrutture "Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni"
- Circolare esplicativa NTC2018 n. 7 del 21.01.2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018"

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- DPR FVG n. 0176/Pres del 27 luglio 2011 e ss.mm.ii. - "Definizione delle tipologie di opere e di edifici di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso, nonché degli interventi di nuova costruzione, degli interventi su costruzioni esistenti e degli interventi di variante in cordo d'opera che assolvono una funzione di limitata importanza statica, ai sensi dell'art. 3, comma e, lettere a), c), c) ter della L.R.16/2009"
- GPG EMILA ROMAGNA n. 01154 del 26 luglio 2010 "Istruzioni sulle analisi sismiche di ospedali esistenti - Documento di supporto per la redazione di verifiche tecniche e progetti di interventi "

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M. 17.01.2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M.2018 stesso:

- UNI – EN 1991:2004/2005/2006/2014/2015 Parte 1, Parte 3, Parte 4 Eurocodice 1 "Azioni climatiche, eccezionali, indotte da macchinari, su silos e serbatoi"
- UNI – EN 1992 -1-1:2005 Parte 1-1 Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici"
- UNI – EN 1993 -1-1:2005 Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture d'acciaio – Regole generali"
- UNI – EN 1993 -1-8:2005 Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture d'acciaio – Progettazione dei collegamenti (Errata corregge: maggio 2005; versione italiana: settembre 2005)"
- UNI – EN 1994 -1-1:2005 Parte 1-1 Eurocodice 4 "Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali"
- UNI – EN 1998-1:2013 Eurocodice 8 "Progettazione per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici"

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- UNI – EN 1998-5:2005 Eurocodice 8 “Progettazione per la resistenza sismica – Fondazioni”
- UNI – EN 15129:2009 “Dispositivi antisismici”
- Linee Guida CNR-DT 200 R1/2013 “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie”.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

2. STATO DI FATTO ED INDAGINI SULLA STRUTTURA

2.1. Descrizione sommaria dei fabbricati

La costruzione dell'edificio PIASTRE "A" e "B" (ad eccezione dei vani scala esterni e del tunnel di collegamento con l'edificio Degenze "C") risale agli anni 1975/1976 e presenta caratteristiche strutturali e di finitura di un certo interesse architettonico.

La struttura portante, di caratteristiche simili per entrambi i corpi di fabbrica, è costituita da un'intelaiatura in cemento armato con tamponatura perimetrale costituita da doppio paramento in pannelli p prefabbricati a vista all'esterno e in laterizio intonacato all'interno. L'intelaiatura è caratterizzata da pilastri (quadrati, a "H" e rettangolari) e travi in spessore di solaio di 28cm e 30cm e sostanzialmente di 2 maglie: 5,40 m x 5,40 m per la PIASTRA "A" e 7,20 m x 7,20 m per la PIASTRA "B". Sono presenti anche una serie di setti in cemento armato, in corrispondenza dei vani ascensore e/o delle scale di rigidezza superiore rispetto ai telai tipici; entrambi i corpi presentano, perimetralmente, pareti appaiate a formare dei cavedi per le porzioni interrata e semi-interrata.

I solai principali (di interpiano e copertura) sono realizzati in lastre precomprese BISAP e solai a travetti precompressi tipo CELERSAP di varie tipologie. Gli orizzontamenti secondari di luce modesta sono a struttura monolitica.

Il manto di copertura è costituito da un "pacchetto" costituito da guaine impermeabilizzanti massetti alleggeriti per le pendenze e plotte drenanti in calcestruzzo di 4÷6 cm di spessore.

Tra la Piastra "A" e la Piastra "B" è presente giunto tecnico.

Anche per il corpo di fabbrica di maggior sviluppo longitudinale (la Piastra "A") è presente un giunto tecnico che lo divide in tre porzioni di dimensione e tipologia simile.

I livelli dei 2 corpi di fabbrica principali si presentano:

- di 5 piani di cui 1 interrato, altezza totale 18 metri circa per la Piastra "A".
- di 4 piani di cui 1 seminterrato (parzialmente soppalcato da 1 vano tecnico), altezza totale di 16,50 circa per la Piastra "B"
- per la Piastra "B" si rileva un piano tecnico che occupa parzialmente la superficie, in posizione centrale, a quota +1,80 m dal pdc, realizzato con solai della stessa tipologia degli altri

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

orizzontamenti, e compreso tra i solai a quota calpestio -1,70 m e +3,75 m dal pdc

Il sistema fondale è di tipo superficiale, costituito da una platea in cemento armato e vuoto sanitario (realizzato con la soletta in calcestruzzo armato a -3,03 m per la Piastra "A" e a -1,70 m per la Piastra "B", rinforzato con un graticcio di travi di sezione 60x75 cm) .

In sintesi.

Il sistema costruttivo della Piastra "A" è costituito da un'orditura di circa 2000 travi e di 900 pilastri a formare un insieme di telai, suddivisi in 3 corpi separati. Il Corpo Centrale della Piastra "A" è caratterizzato anche da un nucleo ascensori/scale in c.a.

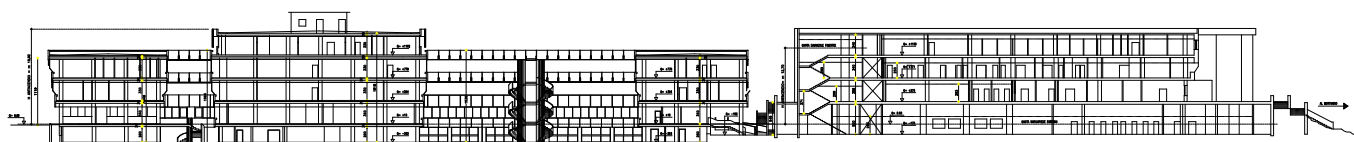
Il sistema costruttivo della Piastra "B" è costituito da un' orditura di circa 400 travi e di 300 pilastri e un nucleo ascensori/scale in c.a.

Tra la Piastra "A" e la Piastra "B", da esse giuntata, si sviluppa la Zona Scale Centrale che fa parte integrante nell'analisi della Piastra "B" stessa.

Adiacente alla Piastra "B", e da essa separato da un giunto, si sviluppa il Locale monopiano denominato Servizi Tecnici.

Si allegano di seguito alcune semplici rappresentazioni schematiche delle "sezioni tipo" strutturali dei vari edifici, desunte dalla documentazione originaria di progetto ed dai sopralluoghi.

Negli allegati elaborati grafici è possibile consultare la panoramica completa delle "carpenterie" in oggetto.



SEZIONE LONGITUDINALE

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE



SEZIONE TRASVERSALE Piastra "A"

Per una descrizione di dettaglio di tutte le carpenterie strutturali dei fabbricati si rimanda alla documentazione **disponibile del progetto originario** (vedi Capitolo 2.2) e delle tavole grafiche allegate.

2.2. Documentazione *storica* disponibile

Per accertare le caratteristiche degli edifici sono state eseguite delle ricerche d'archivio presso l'ufficio del **Genio Civile di Gorizia** dove sono state reperite alcune tavole grafiche del progetto originario riguardanti le carpenterie degli impalcati e le armature delle travi della Piastra "B". Altra documentazione è stata reperita presso l'archivio tecnico dall'**Azienda per l'Assistenza Sanitaria n. 2 Bassa Friulana-Isontina**. L'elenco della documentazione reperita viene di seguito riportato.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

DESCRIZIONE DOCUMENTO	DATA	FIRMA
UFFICIO del GENIO CIVILE DI GORIZIA (*) Progetto completo al 65% delle strutture della Piastra "B" (1° Lotto)	11/02/1975 Studio ing. Sergio Fornasir - arch. Manfredi Riffer - Impresa PA-BAR S.p.A. 21/01/1976 Studio ing. Sergio Fornasir - arch. Manfredi Riffer - Impresa PA-BAR S.p.A.	
PARERE DI CONFORMITA' PROGETTO ANTINCENDIO Sezione Longitudinale "A" e "B" Sezione Trasversale "A"	FEB 2004 Studio Tecnico COPROGETTI FEB 2004 Studio Tecnico COPROGETTI	
AGGIORNAMENTO AUTORIZZAZIONE ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA PIANTE E PARTICOLARI PIASTRA "A" 1 di 2 PIANTE E PARTICOLARI PIASTRA "A" 2 di 2	GEN 2013 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio GEN 2013 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio	
RELAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE Costruzione di cabina elettrica Messa a norma presidio Comando Prov.le VV.F Progetto ammodernamento accessi	s.d. dott. ing. Sandro Francescutti GEN 2008 Studio Altieri 12/08/2013 dott. geol. Paolo Giovagnoli	
GESTIONE EMERGENZE PIANO INTERRATO "A" e "B" PIANO TERRA "A" e "B" PIANO PRIMO "A" e "B" PIANO SECONDO "A" e "B" PIANO TERZO "A" e "B"	15/07/2014 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio 15/07/2014 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio 15/07/2014 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio 15/07/2014 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio 15/07/2014 LOGOS di FILIPPO FABRIZIO Buttrio	
VERIFICA STRUTTURE PORTANTI REPARTO RADIOLOGIA PIASTRA "B" INDAGINI E COSTROLI NON DISTRUTTIVI INTERVENTO DI RINFORZO STRUTTURALE	AGO/SET 2019 IN SITU s.r.l. Trieste 25/11/2019 Sudio Suraci ing. Giuseppe	

I documenti relativi al Genio Civile risultano archiviati al protocollo n°1028 del 11 febbraio 1975 e al n°489 del 21 gennaio 1976.

Sulla base della documentazione di cui sopra (e delle indagini integrative descritte successivamente) è stato possibile acquisire adeguate informazioni in merito alla geometria strutturale, nonché ai dettagli costruttivi ed alle caratteristiche dei materiali impiegati, sufficienti per la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare dei fabbricati in esame.

2.3. Sopralluoghi, rilievi e indagini sulla struttura

Sulla base della documentazione progettuale disponibile è stato possibile identificare, in maniera sufficientemente adeguata, l'organismo strutturale esistente della sola Piastra "B", per cui i sopralluoghi effettuati in situ sono stati perlopiù finalizzati al controllo/verifica di rispondenza tra le previsioni progettuali e le strutture effettivamente realizzate per tale Piastra "B".

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Per quanto riguarda la Piastra "A" è stata seguita una campagna di prove, condotta dalla Società LGT di Ruda, più invasiva sulle strutture esistenti e piuttosto delicata in quanto era necessario interferire il meno possibile con l'esigenza di fruibilità continuativa degli edificio, che risulta attualmente (e fin dall'origine) utilizzato come ospedale.

È possibile affermare tuttavia le strutture esistenti evidenziano buono stato di conservazione in relazione all'età (oltre 40 anni), e non manifestano importanti criticità o fenomeni di dissesto, nemmeno per le parti più esposte agli agenti atmosferici.

Il rilievo visivo diffuso e locale a campione ha evidenziato, almeno per le parti direttamente ispezionabili, un'ottima corrispondenza tra il progetto strutturale originario e le opere effettivamente costruite (per la Piastra "B"), a meno di modeste discrepanze non sostanziali che non modificano il comportamento dell'organismo complessivo rispetto alla sua concezione originaria.

La verifica di conformità delle opere strutturali al progetto originario risulta peraltro agevolata dal fatto che gran parte delle strutture (pilastri, travi, solai, ecc...) risultano "mascherate" da controsoffitti e rivestimenti (carter metallici) removibili; tale circostanza ha permesso di ispezionare con relativa facilità le carpenterie generali delle opere ed il loro stato di conservazione, a meno di alcune tipologie (in particolare le fondazioni e le porzioni intonacate).

In particolare si è potuta rilevare sostanziale corrispondenza al progetto (per la Piastra "B"), in merito ai seguenti aspetti:

- corrispondenza dimensionale degli elementi strutturali principali (pilastri/travi/pareti) direttamente ispezionabili;
- sostanziale conformità nella tipologia ed orditura dei solai ;
- corrispondenza della posizione (tuttavia di non adeguata dimensione) dei giunti tecnici previsti tra corpi adiacenti o all'interno di singoli fabbricati ;
- sostanziale corrispondenza delle opere secondarie e di quelle non strutturali (tamponamenti, tipologia e distribuzione partizioni divisorie interne, pacchetti di finitura, ecc...) alle previsioni di progetto.

Per la Piastra "A", dove non è stato possibile reperire il progetto strutturale originario con semplici verifiche visive, è stato possibile accertare che:

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- tra solaio a quota -3,30 e la platea esiste un vuoto sanitario + platea
- è verosimile, come per la Piastra "B", la presenza delle travi di nervatura della platea anche se non è stato possibile rilevarne la presenza
- a causa di tale incertezza ma non si ne tiene conto delle travi di fondazione.

La disponibilità del progetto strutturale originario completo al 60%÷65% per la Piastra "B", ha consentito inoltre di limitare le costose ed invasive operazioni di scarifica/demolizione per il controllo di quantità e disposizione delle armature, nonché per la caratterizzazione delle proprietà dei materiali.

Si è pertanto programmata una campagna di indagini e prove sperimentali di contenuta invasività, per la Piastra "B", mirata ad operazioni di controllo/verifica "a campione" della quantità di armatura disposta e delle caratteristiche dei materiali per gli elementi tipologici più rappresentativi di tale corpo di fabbrica.

Per la Piastra "A", come detto, la campagna di indagini e prove sperimentali è stata più diffusa e invasiva per realizzare un efficace controllo "a campione" della quantità di armatura disposta e delle caratteristiche dei materiali per gli elementi tipologici più rappresentativi (vedi Capitoli successivi).

Per la caratterizzazione della categoria del suolo di fondazione si è fatto riferimento allo studio geologico condotti nell'area nel 2013.

In base alla campagna di indagini/prove effettuata si è poi adottato un corrispondente fattore di confidenza **decisamente prudenziale**, come più avanti specificato.

2.3.1. Descrizione sommaria delle indagini

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Le indagini sono state condotte dalla Società specialistica L.G.T. Laboratorio Geotecnico srl di Ruda (UD).
Per esaminare tutti i risultati di prove, rilievi e indagini eseguite *in situ* si rimanda al Rapporto specifico allegato.

Si ricorda che ha eseguito nello specifico:

- rilievi dimensionali di pilastri, travi e solai
- valutazioni di dettagli costruttivi come l'individuazione della posizione, della spaziatura e della quantità delle barre di armatura di travi e pilastri (con microscassi, georadar, pacometro)
- valutazione delle proprietà meccaniche (qualità, resistenza, carbonatazione) del calcestruzzo (con carotaggi, sonreb, prove di laboratorio)
- valutazione delle proprietà meccaniche (qualità, resistenza) dell'acciaio (con microscassi, prelievi, saldatura di ripristino, prove di laboratorio)
- analisi stratigrafiche dei “pacchetti” di solaio (indagini endoscopiche e microscassi)
- prove di carico con materassi d'acqua di travi e solai
- valutazione della tipologia di ancoraggio dei pannelli prefabbricati perimetrali (microdemolizioni)
- valutazione della tipologia dei muri divisorii in laterizio (indagini endoscopiche)

2.4. Assunzioni ed ipotesi principali per l'analisi

Sulla base dell'analisi della documentazione disponibile e delle indagini integrative di cui sopra, si è potuta definire la modalità operativa di analisi/verifica dei fabbricati (vedi successivo capitolo 3.) fondata su una serie di valutazioni ed assunzioni di seguito richiamate.

2.4.1. Progetto delle strutture e documentazione annessa

- a. Il progetto originario delle strutture (di cui è stata recuperata parzialmente la documentazione) è stato redatto a fine anni '70, pertanto in accordo alla L. 1086/71 ed alla L. 64/1974. Il progetto del 1975 risulta pertanto concepito secondo i criteri antisismici

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- dell'epoca, nel rispetto dei DM 30.5.1972 e DM 30.5.1974 e con riferimento al metodo delle tensioni ammissibili.
- b. Per la Piastra "A" non è stato possibile esaminare gli elaborati grafici del progetto delle strutture (a parte i disegni dello studio Logos del gennaio 2013 relativi all'aggiornamento dell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera). Per individuare, con buon livello di precisione, le geometrie di progetto ed i dettagli costruttivi (carpenterie e disposizione delle armature) più significativi ai fini delle analisi e verifiche sismiche dell'opera, è stato necessario mediante le ispezioni visive effettuate a campione nelle fasi preliminari di rilievo e mediante la campagna di indagine condotta dalla Società LGT s.r.l. di Ruda.
 - c. Per la Piastra "B" gli elaborati grafici del progetto delle strutture permettono di individuare con buon livello di precisione le geometrie di progetto ed i dettagli costruttivi (carpenterie e disposizione delle armature) più significativi ai fini delle analisi e verifiche sismiche dell'opera. Le geometrie di progetto principali inoltre hanno trovato riscontro con quanto effettivamente realizzato durante le ispezioni visive effettuate a campione nelle fasi preliminari di rilievo ed indagine.
 - d. Le indagini a campione puntuali su dettagli costruttivi (posizione e quantità armatura) e sulla qualità dei materiali, compiute dalla Società LGT s.r.l. di Ruda, hanno evidenziato sostanziale congruenza con le indicazioni di progetto, con la documentazione di progetto reperita e con le ipotesi assunte. In merito ai materiali da costruzione si è rilevato che, per alcune membrature, il calcestruzzo presenta qualità sensibilmente superiori rispetto alle prescrizioni di progetto.
 - e. Le informazioni desunte dalla documentazione originaria reperita, unitamente alle informazioni acquisite mediante ispezioni ed indagini puntuali, hanno premesso di limitare l'effettuazione di indagini e prove distruttive di particolare invasività per l'ospedale in piena attività (e in particolare periodo storico, determinato dall'emergenza COVID19) e contestualmente di ottenere una serie di dati ed informazioni necessari alla modellazione numerica con sufficiente livello di affidabilità, riassunti nei Livelli di conoscenza e nei fattori di confidenza assunti ai sensi del Capitolo 8. Del DM2018.

2.4.2. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- a. In fase di ricerca della documentazione disponibile non si sono reperite RSU, prove sui materiali e/o certificati di collaudo, attestanti la conformità dei materiali utilizzati alle relative prescrizioni di progetto.
- b. Dalla documentazione di progetto strutturale disponibile si possono desumere solo parzialmente i materiali prescritti per la realizzazione delle opere principali.
- c. Dalla campagna di indagini eseguita sulle strutture dalla ditta "LGT di Ruda" si è potuto verificare la corrispondenza con le previsioni di progetto (parziali) reperite, e verificare a campione la qualità media dei materiali effettivamente utilizzati, con particolare riferimento alle strutture di maggior rilievo per la stabilità dell'edificio (le risultanze principali vengono riassunte nel seguito dell'elaborato).
- d. Per le strutture metalliche del soppalco delle scuole elementari e delle modeste linde esterne, da ispezione visiva "a campione" si è potuta rilevare sostanziale conformità tra i profilati e le giunzioni bullonate previste in progetto e quanto effettivamente costruito.
- e. Per le strutture in esame le indagini non distruttive hanno permesso inoltre di verificare "a campione" la corrispondenza tra le carpenterie e disposizioni locali di alcune armature e le relative rappresentazioni delle tavole di progetto originarie a firma dell'ing. Sergio Fornasir.
- f. Per i principali elementi non strutturali di interesse (tamponamenti perimetrali, partizioni interne, eventuali rivestimenti, ecc...) si è rilevata... sostanziale conformità rispetto alle indicazioni degli elaborati di progetto originari (strutturali e architettonici)
- g. Dalle ispezioni visive (strutture principali perlopiù "a vista", prive di particolari rivestimenti o al più intonacate) e dalle indagini effettuate (saggi, rilievi geometrici puntuali, carotaggi e indagini non distruttive) si è potuto ricostruire con buona attendibilità la geometria e tipologia delle opere principali, anche per una corretta valutazione dei carichi permanenti effettivi.
- h. I corpi di fabbrica in esame sono caratterizzati da tipologie strutturali molto simili e con elevate caratteristiche di ripetitività degli elementi principali e secondari (per esempio i pilastri e le travi di analoga carpenteria ed armatura in ciascuna Piastra, la tipologia e dimensione dei solai, pressoché identici, la tipologia delle pareti e delle partizioni interne, ecc...); tale circostanza fa ritenere che le indagini/valutazioni su singoli elementi strutturali si possano ragionevolmente estendere a quelli di analoga tipologia (realizzati dalla medesima impresa, nello stesso periodo e con riferimento alle medesime prescrizioni progettuali, ove reperite).
- i. Per il complesso delle opere in esame, alla luce di quanto sopra esposto, si ritiene di non aver raggiunto un livello di conoscenza

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

superiore a quello indicato come **LC1** dalle vigenti norme, e di poter adottare i seguenti fattore di confidenza (FC) per le caratteristiche dei materiali:

Piastra "A"

- **FC=1.30** per il calcestruzzo
- **FC=1.25** per l'acciaio

Piastra "B"

- **FC=1.20** per il calcestruzzo
- **FC=1.20** per l'acciaio

2.4.3. Parametri principali adottati nelle simulazioni sismiche

- a. Alla luce anche di quanto esposto in precedenza ed in ottemperanza alle più recenti disposizioni normative (NTC2018), si riassumono nel seguito le principali ipotesi ed assunzioni adottate per la valutazione della vulnerabilità sismica delle opere in esame.

b. Principali parametri per analisi sismica

- Classificazione sismica: **zona sismica 3** (bassa) ai sensi DGR 845 del 6.05.2010
- Tipo di costruzione: 2 ordinaria con Vita nominale **$V_n=50$** anni ai sensi par. 2.4.1. NTC-2018
- Tipo di edificio: "rilevante" con **Classe d'uso IV** ($C_u=2.0$) ai sensi par. 2.4.2. NTC-2018
- Periodo di riferimento azione sismica: **$V_r = V_n \cdot C_u = 100$ anni** ai sensi par. 2.4.3. NTC-2018
- Categoria del suolo: **tipo B** - $S_s \leq 1.2$ (*)
- Categoria topografica: **T1** - $S_t = 1$ (sito pianeggiante)

(*) Caratterizzazione del suolo desunta da indagine e relazione del dott. P. Giovagnoli redatta nel 2013 con specifico riferimento alla zona in cui insistono i fabbricati in esame

c. Tipo di analisi e principali parametri di verifica

- Tipo di modellazione: modello tridimensionale ad elementi finiti (**FEM**)
- Tipo di analisi: **dinamica lineare con spettro di progetto - verifiche allo SLV**

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- Tipo di analisi: **dinamica lineare con spettro di progetto - verifiche allo SLD** (classe IV)
- Fattore di struttura: **$q=1.5$** per verifica meccanismi fragili; **$q=1.5$** anche per meccanismi duttili (i pilastri risultano troppo vicini alla soglia di resistenza e non si possono comportare come elementi duttili)
- Piastra "A"
 - Calcestruzzo: $> \approx C22,3/26,9$ considerando un $FC=1.30$
 - Acciaio per elementi in calcestruzzo: valore medio snervamento da prove $f_{ym} \geq 370 \text{ N/mm}^2$ (qualità di riferimento tra AQ50 e AQ60) (da considerare nei calcoli un $FC=1.25$)
- Piastra "B"
 - Calcestruzzo: $> \approx C28,5/34$ considerando un $FC=1.20$
 - Acciaio per elementi in calcestruzzo: valore medio snervamento da prove $f_{ym} \geq 369 \text{ N/mm}^2$ (qualità di riferimento tra AQ50 e AQ60) (da considerare nei calcoli un $FC=1.20$)

d. Modellazione, carichi, verifiche

- La modellazione è stata effettuata con riferimento alle carpenterie del progetto strutturale originario, per le zone dove è stato possibile reperirlo, previa verifica di conformità a campione con ispezione visiva e/o indagini puntuali in situ.
- L'analisi dei carichi per il progetto simulato unitari è quella del progetto originario; per le altre verifiche l'analisi dei carichi unitari ha tenuto conto delle situazione reale attuale, leggermente diversa da quella originaria di progetto, per i carichi permanenti; i carichi variabili adottati sono conformi a quelli attualmente previsti da NTC2018.
- Per le verifiche di resistenza si è fatto riferimento ai dettagli costruttivi desumibili dagli elaborati grafici del progetto strutturale originario, e dalle indagini precisate ai precedenti paragrafi (nei casi in cui le indagini pacometriche hanno rilevato quantità di armatura superiori a quelle di progetto, con assunzione prudentiale si sono considerate solo queste ultime nella verifica).

2.4.4. Criteri per la valutazione critica della vulnerabilità sismica

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- a. Progetto simulato per la distribuzione dell'armatura delle travi e introduzione grafica dell'armatura dei pilastri in base ai riscontri relativi alle indagini LGT *in situ* (a campione) per la Piastra "A"
- b. Confronto delle armature travi riscontrate nelle indagini LGT *in situ* (a campione) con armatura da progetto simulato per la Piastra "A", con eventuali correzioni
- c. Introduzione grafica dell'armatura reperita nella documentazione di progetto (originario del 1975) per la Piastra "B"
- d. Confronto tra le armature indicate nel progetto originario con quanto desunto dalle indagini LGT *in situ* (a campione) per la Piastra "B", con eventuali correzioni.
- e. In fase preliminare è stata condotta l'analisi sismica secondo i parametri di progetto di cui ai punti precedenti ($V_r=100$ anni; caso di verifica più gravoso), al fine di valutare se il fabbricato possedesse capacità resistenti antisismiche conformi alle richieste di NTC2018 per il solo stato limite di salvaguardia della vita (**SLV**) qui di interesse, come previsto al par. 8.3 DM2018.
- f. L'esito negativo del primo ciclo di analisi/verifica, ha costretto a procedere in modo iterativo riducendo il valore dell'accelerazione spettrale di riferimento al suolo PGA (che corrisponde indirettamente a ridurre il Tempo di Ritorno dell'azione sismica di progetto, ovvero, a parità di classe d'uso, a ridurre il periodo di riferimento $V_R=V_N \cdot C_u$, direttamente connesso al periodo di ritorno nella misura di $T_r \sim 9.5 V_r$), fino ad individuare il valore PGA dell'accelerazione al suolo che corrisponde al soddisfacimento, con i margini di sicurezza imposti dal DM2018, delle verifiche dei principali elementi sismo-resistenti dell'edificio (sia per meccanismi duttili, che fragili). In tal modo si è determinata la capacità in termini di accelerazione al suolo per lo SLV, o, con procedura simile, quella in termini di periodo di ritorno.
- g. **L'indicatore di rischio α_{uv}** è stato quindi valutato come rapporto tra le accelerazioni al suolo e tra i periodi di ritorno, in termini di "capacità" ottenuti per la struttura (PGA_{CLV} , T_{RCLV}) ed il relativo valore che rappresenta la "domanda" (PGA_{DLV} , T_{RDLV}) imposta dalla normativa vigente; per fornire valori in scala comparabile a quelli che si otterrebbero con rapporti tra le accelerazioni, tale indicatore ha assunto la seguente forma:
 - $\alpha_{uv} (PGA) = [PGA_{CLV} / PGA_{DLV}]$
(nel nostro caso: $PGA_{DLV} = 0.214$ g accelerazione di aggancio ($T=0$) per il suolo B)
 - $\alpha_{uv} (TR) = [T_{RCLV} / T_{RDLV}]^{0.41}$

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

(nel nostro caso: $T_{RDLV} = 9.5V_nC_u \approx 950$ anni)

Per alcuni casi particolari (casi in cui la "crisi" viene raggiunta per collasso/carenze di singoli o pochi elementi) sono stati valutati anche gli indicatori di rischio per meccanismi successivi al primo, quando quest'ultimo non sia ritenuto rappresentativo dell'effettiva "capacità resistente" dell'organismo complessivo.

Si è pertanto valutata l'effettiva capacità nell'ipotesi di provvedere al consolidamento locale di tali elementi (che attivano il primo meccanismo di rottura) o di escluderli integralmente come contributo resistente (ipotesi particolarmente conservativa), ottenendo in taluni casi indici di rischio anche sensibilmente superiori.

Tale seconda assunzione risulta giustificata purché per gli elementi "eliminati" dall'analisi l'attivazione del collasso sia di tipo duttile (ovvero la crisi strutturale sia raggiunta per flessione/pressoflessione prima che per taglio) in modo da poter escludere pericoli di rotture locali di tipo "fragile", notoriamente più perniciosi.

- h. Stabilito il valore più rappresentativo dell'indicatore di rischio (ovvero il minimo valore di $V_N \div T_R$ per cui sono soddisfatte le verifiche di resistenza allo SLV), si può effettuare valutazioni critiche sulla vulnerabilità dell'opera e sulle eventuali opportunità/necessità/urgenze di intervento.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

3. ANALISI E MODELLAZIONI

3.1. Premesse

La verifica sismica dei singoli fabbricati ha lo scopo di individuare l'entità dell'azione sismica che le strutture sono in grado di sopportare rispettando i criteri di resistenza/duttilità propri dello Stato Limite di riferimento (nel caso specifico lo Stato limite di Salvaguardia della Vita, come precisato nei paragrafi che seguono).

Il primo passo della valutazione consiste nel calcolo dell'azione sismica di progetto per il sito in esame, correlata alla Vita Nominale ed alla Classe d'Uso appropriate, e necessaria a valutare se l'edificio possieda già, nella configurazione attuale, i requisiti per soddisfare lo Stato Limite di riferimento. In tal caso il livello di sicurezza sismica della struttura risulterebbe conforme a quanto previsto dalla normativa per le nuove costruzioni.

Nel momento in cui invece si manifesti l'inadeguatezza dell'edificio rispetto alle azioni sismiche di progetto, diventa essenziale ottenere una stima del livello di sicurezza dell'opera al fine di stabilire adeguate priorità/modalità e tempistiche di intervento.

Nel seguito si riporta una descrizione sintetica delle analisi numeriche effettuate e delle principali risultanze in merito alla valutazione della sicurezza in caso sismico dei fabbricati in esame nello stato di fatto.

Per le analisi di dettaglio dei vari corpi si rimanda ai relativi fascicoli allegati per ogni singolo edificio.

In particolare viene effettuata l'analisi sismica delle strutture sulla base delle carpenterie desunte dal progetto originario e confermate mediante le indagini/valutazioni descritte nei paragrafi precedenti.

Le verifiche vengono svolte con riferimento ai carichi permanenti del progetto originario e/o sulla base di quanto desunto dalle indagini in situ; per le azioni variabili (verticali o sismiche) si fa riferimento ad NTC2018.

Infine si riportano alcune analisi/valutazioni sulle strutture più rappresentative dell'orditura secondaria (solai di interpiano e copertura) e sugli elementi non strutturali (partizioni e tamponamenti).

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

3.2. Parametri dei materiali e carichi considerati nell'analisi

3.2.1. Materiali

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare nelle verifiche vengono ricavate in base alle indicazioni delle NTC2018 (§8.5.3), tenendo conto della documentazione disponibile (in questo caso le prescrizioni riportate su elaborati grafici della PIASTRA "B" del progetto originario e uno stralcio di relazione di calcolo della PIASTRA "A" del progetto originario) e delle risultanze delle indagini integrative eseguite in situ (vedi Rapporto prove "LGT").

Come richiesto dalla normativa, le caratteristiche ricavate devono essere poi opportunamente modificate per tener conto dell'inevitabile grado di incertezza insito nell'approccio alle costruzioni esistenti; a tal fine i valori caratteristici delle resistenze dei materiali sono divise per i corrispondenti coefficienti parziali γ_M e per i fattori di confidenza FC relativi ai livelli di conoscenza raggiunti.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

PIASTRA "A" - Carote cls

	Tensione di rottura N/mm ²			D/H	Rc N/mm ²	
	D (mm)	H (mm)				
1	44,9	94	94	0,976	45,33	
2	35	94	93	0,964	35,51	
3	38	94	94	0,976	38,36	
4	47,6	94	93	0,964	48,30	
5	31,5	94	94	0,976	31,80	
6	23,3	94	92	0,951	23,77	
7	38,8	94	94	0,976	39,17	
8	19,70	94	93	0,964	19,99	numero carote = 25
9	52,2	94	92	0,951	53,25	somma Rc = 748,81
10	31,6	94	94	0,976	31,90	
11	23	94	94	0,976	23,22	Rcm = 29,95 N/mm ²
12	27,8	94	93	0,964	28,21	
13	22,9	54	54	0,976	23,12	
14	25,3	94	94	0,976	25,54	
15	24,5	94	93	0,964	24,86	
16	31,6	94	94	0,976	31,90	
17	28,6	94	94	0,976	28,87	
18	23,5	54	53	0,954	23,94	
19	25,7	54	53	0,954	26,18	
20	21,4	54	52	0,931	22,01	
21	24,8	54	53	0,954	25,26	
22	22,3	54	54	0,976	22,51	
23	28,8	54	54	0,976	29,07	
24	19,4	54	53	0,954	19,76	
25	26,6	94	93	0,964	26,99	
					748,81	

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

PIASTRA "A" - Prelievo barre lisce acciaio

	Tensione di snervamento f_y N/mm ²	Tensione di rottura f_t N/mm ²	f_t/f_y	Allungam. A_{gt} %	D (mm)	peso (kg/m)	
1	350	534	1,53	12,50	21,9	2,96	
2	340	528	1,56	12,60	21,89	2,95	
3	357	533	1,49	11,30	21,66	2,89	
4	469	599	1,28	11,90	21,93	2,97	
5	337	507	1,50	11,60	21,92	2,96	
6	366	521	10,70	10,70	15,84	1,55	
7	412	592	1,44	11,50	15,6	1,5	
8	328	472	1,44	8,20	15,6	1,5	
9	366	545	1,49	11,00	16,17	1,61	
10	353	516	1,46	8,70	13,89	1,19	
11	377	569	1,51	8,30	17,62	1,91	
12	343	505	1,47	10,40	13,72	1,16	numero prelievi = 18
13	355	510	1,44	7,40	13,76	1,17	
14	468	723	1,54	7,00	19,84	2,43	
15	366	548	1,50	8,30	17,54	1,90	$f_{ym} = 374$ N/mm ²
16	339	413	1,22	7,10	13,71	1,16	$f_{tm} = 546$ N/mm ²
17	441	677	1,54	14,80	13,71	1,16	
18	368	537	1,46	12,60	13,71	1,16	
	6735	9829					

PIASTRA "A" - CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)

	INFORMAZIONI DA DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO ORIGINARIO	f_{cm} DA PROVE DI LABORATORIO SU CAROTA QQ 2020	R_{cm} ASSUNTO	$R_{cm} \cdot 0,83 = f_{ck}$	γ_c	f_{cd}	f_{cd}/FC (FC=1,3)
PILASTRI SETTI	-	N/mm ² 29,95	N/mm ² 29,70	N/mm ² 24,651	1,5	N/mm ² 16,43	N/mm ² 12,64

PIASTRA "A" - CARATTERISTICHE ACCIAIO DI ARMATURA (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)

	INFORMAZIONI DA DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO ORIGINARIO	f_{ym}/f_{tm} DA PROVE DI LABORATORIO SU PRELIEVI 2020	f_{ym} ASSUNTO	f_{yk}	γ_c	f_{yd}	f_{yd}/FC (FC=1,25)
PILASTRI	-	N/mm ² 372/537	N/mm ² 370,00	N/mm ² 370	1,15	N/mm ² 322	N/mm ² 257

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

PIASTRA "B" - Carote cls

	Tensione di rottura N/mm ²	D (mm)	H (mm)	D/H	Rc N/mm ²		
1	53,5	94	94	0,976	54,01		
2	31,4	94	94	0,976	31,70		
3	39	94	94	0,976	39,37		
4	32,9	94	93	0,964	33,38		
5	25,6	94	94	0,976	25,84		
6	36,4	94	92	0,951	37,13		
7	27	94	95	0,989	27,12		
8	20,60	94	94	0,976	20,80	numero carote =	12
9	33,8	94	94	0,976	34,12	somma Rc =	425,31
10	35,5	54	55	0,998	35,53		
11	48,5	94	94	0,976	48,96	Rcm =	35,44 N/mm ²
12	37	94	94	0,976	37,35		
					425,31		

PIASTRA "B" - Prelievo barre lisce acciaio

	Tensione di snervamento f _y N/mm ²	Tensione di rottura f _t N/mm ²	f _t /f _y	Allungam. A _{gt} %	D (mm)	peso (kg/m)		
1	342	501	1,46	8,60	15,98	1,57		
2	339	492	1,45	8,40	15,9	1,56		
3	381	568	1,49	8,20	16,11	1,6		
4	384	572	1,49	6,70	16,09	1,6		
5	383	574	1,50	10,20	19,89	2,44		
6	379	566	1,49	12,70	22,4	3,09	f _{ym} =	369 N/mm ²
7	375	525	1,40	11,00	15,49	1,48	f _{tm} =	543 N/mm ²
	2583	3798						

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

PIASTRA "B" - CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC2)

	INFORMAZIONI DA DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO ORIGINARIO	f_{cm} DA PROVE DI LABORATORIO SU CAROTA QQ. 2020	R_{cm} ASSUNTO	$R_{cm} * 0,83 = f_{ck}$	γ_c	f_{cd}	f_{cd}/FC (FC=1,2)
PILASTRI E SETTI	35	N/mm ² 35,44	N/mm ² 35,00	N/mm ² 29,05	1,5	N/mm ² 19,37	N/mm ² 16,14

PIASTRA "B" - CARATTERISTICHE ACCIAIO DI ARMATURA (LIVELLO DI CONOSCENZA LC2)

	INFORMAZIONI DA DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO ORIGINARIO	f_{ym}/f_{tm} DA PROVE DI LABORATORIO SU PRELIEVI 2020	f_{ym} ASSUNTO	f_{yk}	γ_c	f_{yd}	f_{yd}/FC (FC=1,2)
PILASTRI E TRAVE	370	N/mm ² 369/543	N/mm ² 369,00	N/mm ² 369	1,15	N/mm ² 321	N/mm ² 267

Note sui materiali

- A favore di sicurezza sono applicati i coefficienti parziali sui materiali γ_M anche nelle verifiche per elementi/meccanismi duttili, ancorchè la norma imponga tale adozione solo per gli elementi fragili primari (rif. par. 8.7.2 DM2018).
- In alcuni campioni (vedi Rapporti di Prova LGT) la massa volumica del calcestruzzo risulta piuttosto bassa; per tale motivo si adottano FC di confidenza prudentiali
- Alcuni carotaggi le prove di compressione rivelano resistenze basse, attorno ai $R_{ca} \approx 20$ N/mm², dovuta probabilmente alla presenza di un inerte di grosso diametro all'interno del campione cilindrico prelevato
- Anche le prove non distruttive SONREB (SONic REBound: ultrasuoni + sclerometro) eseguite in entrambe le PIASTRE hanno fornito sempre valori elevati della resistenza e in certi casi in linea con quelli delle carote (vedi Rapporti di Prova LGT).
- La profondità di carbonatazione per alcuni pilastri del primo piano della Piastra "A" (PI/1/da 1 a 6) risulta eccessiva e necessita di un trattamento protettivo superficiale a base di prodotti idrorepellenti anti-carbonatazione (pitture e smalti).

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- Per dettagli si rimanda al Rapporti di Prova allegati redatto dalla ditta LGT.

3.2.2. Analisi dei carichi

Vedi ALLEGATI

ANALISI E MODELLAZIONI PIASTRA "A"
ANALISI E MODELLAZIONI PIASTRA "B"

3.3. Procedure di analisi e modellazione

3.3.1. Premesse

La verifica sismica delle opere in oggetto è stata condotta in accordo a quanto previsto nei seguenti capitoli delle Norme Tecniche 2018 e relative istruzioni:

- §8.3 - §C8.3 Costruzioni esistenti - Valutazione della sicurezza;
- §8.5 - §C8.5 Costruzioni esistenti - Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti;
- §8.7.2 - §C8.7.2 Costruzioni esistenti - Costruzioni in cemento armato o in acciaio;
- §7.4 - §C7.4 Progettazione sismica costruzioni in calcestruzzo;
- §7.3.3.1-§C7.3.3.1 Analisi lineare dinamica;
- §C8A.1.B Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio: dati necessari per la valutazione

La modellazione e l'analisi sono state condotte mediante codice di calcolo ad elementi finiti.

Nei successivi paragrafi si descrivono sinteticamente le procedure di analisi utilizzate per l'organismo sismo-resistente principale.

A seguire si riportano inoltre alcune semplici valutazioni riferite agli elementi secondari (tipicamente gli orizzontamenti di impalcato) ed agli elementi non strutturali (partizioni, tamponamenti, ecc...).

3.3.2. Metodo di analisi

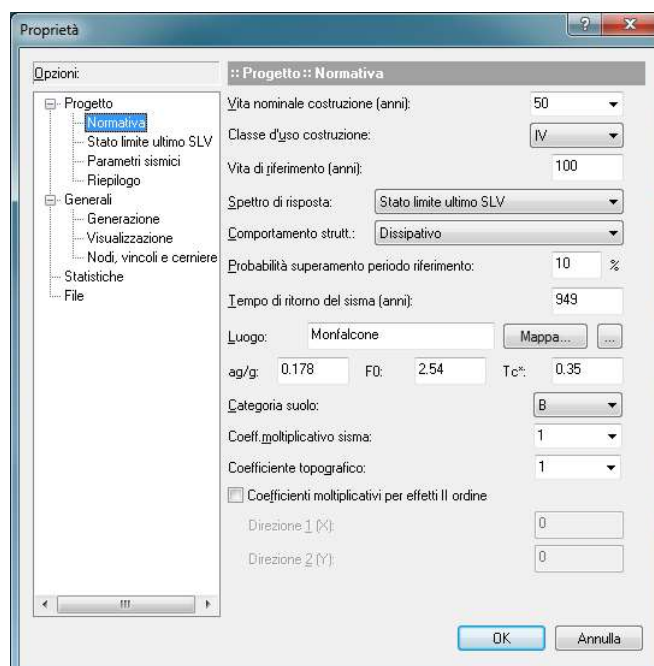
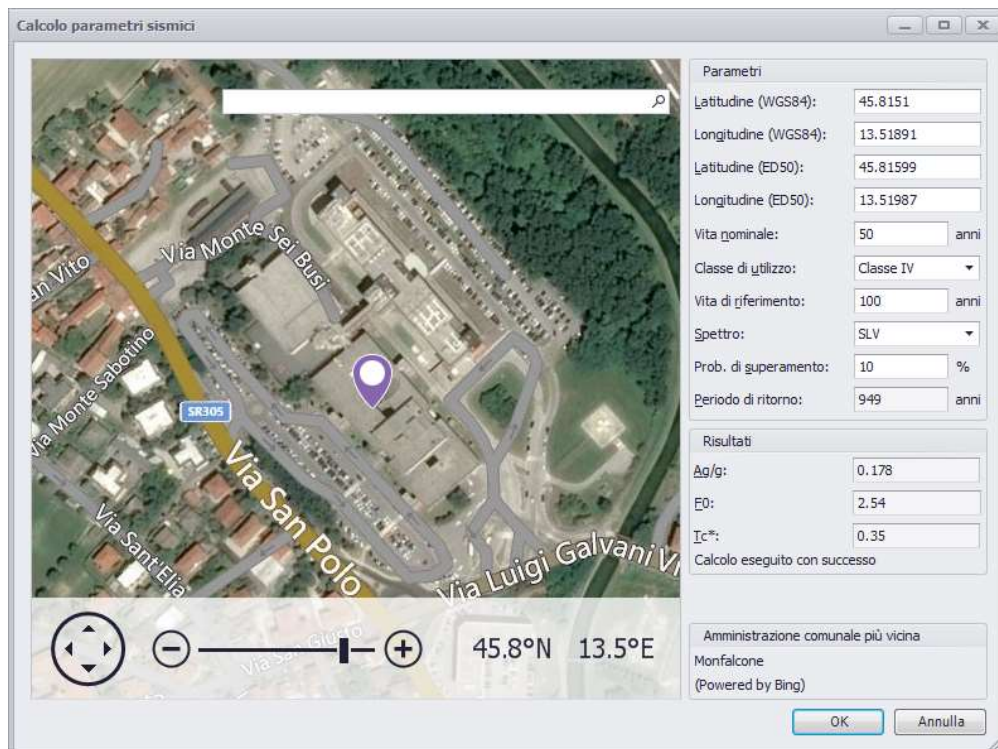
RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Lo studio della struttura, in prospettiva sismica, è stato condotto con il metodo dell'Analisi dinamica lineare (analisi dinamica modale con fattore di struttura q), con riferimento ai soli Stati Limite Ultimi, come previsto nel paragrafo 8.3 delle NTC2018; in particolare si sceglie di fare riferimento alle verifiche allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV). In proposito infatti nella normativa (§8.3 - §C8.3) si afferma che le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC). Le verifiche SLD/SLO non assumono particolare significato per il caso in esame.

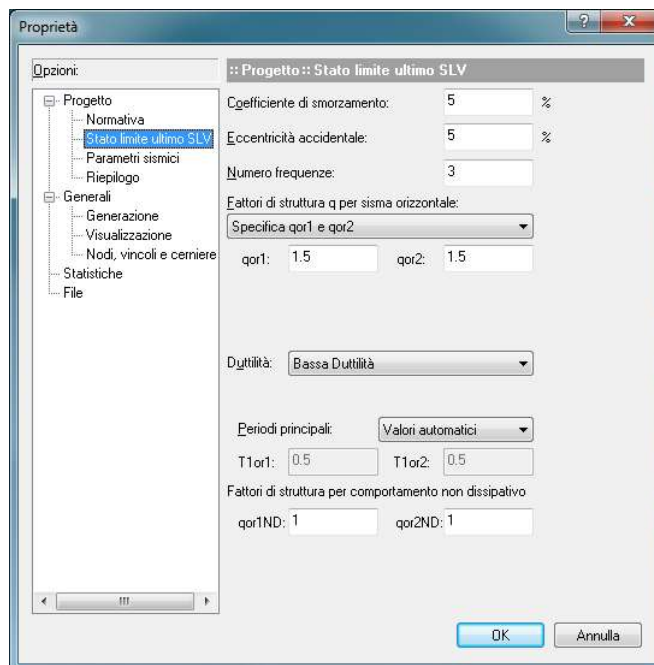
In accordo al paragrafo C8.7.2.4, sia le verifiche degli elementi/meccanismi duttili che quelle degli elementi/meccanismi fragili possono essere condotte in termini di resistenza, differenziando però l'entità dell'azione sismica di riferimento (attraverso l'adozione di due diversi fattori di struttura q). In particolare si ammette l'utilizzo di un fattore q compreso tra 1.5 e 3 (in funzione della regolarità della struttura e del tasso di lavoro dei materiali in condizioni statiche) *per il calcolo delle sollecitazioni negli elementi/meccanismi duttili, mentre si impone un valore del fattore q pari a 1.5 per il calcolo delle sollecitazioni relative agli elementi/meccanismi fragili*. Nel nostro caso il controllo limite della duttilità nella maggioranza dei pilastri (esaminando i dettagli costruttivi e considerando lo sforzo normale cui sono sottoposti gli stessi) non risulta soddisfatto. Pertanto si impone un valore del fattore q pari a 1,5 per tutti gli elementi/meccanismi che si considerano poco capaci di dissipare energia e pertanto si ritengono *fragili*.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018 PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

3.3.3. Azioni sismiche



RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE



Tipo di struttura
Tipo di analisi
Tipo di soluzione
Normativa

Nello Spazio
Statica e Dinamica
Lineare
NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione
Classe d'uso costruzione
Vita di riferimento
Luogo
Longitudine (WGS84)
Latitudine (WGS84)
Categoria del suolo
Fattore topografico

50 anni
IV
100 anni
Monfalcone
13.5189
45.8151
B
1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	60	0.057	2.50	0.26	1.44	1.20	0.068
SLD	101	0.072	2.51	0.28	1.41	1.20	0.086
SLV	949	0.178	2.54	0.35	1.36	1.20	0.214
SLC	1950	0.227	2.59	0.36	1.35	1.17	0.264

Comportamento strutturale

Dissipativo

STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento
Eccentricita' accidentale

5%
5%

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Numero di frequenze	3
Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor=1.5
Fattore q di struttura per comportamento non dissipativo	qorND = 1
Duttilita'	Bassa Duttilita'
Periodo proprio T1 in direzione X	0.500
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.500

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3

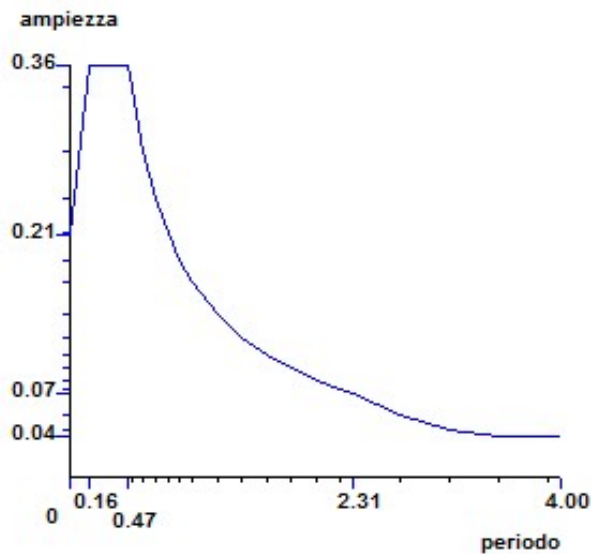


Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018

Fattore di importanza γ_i 1 applicato

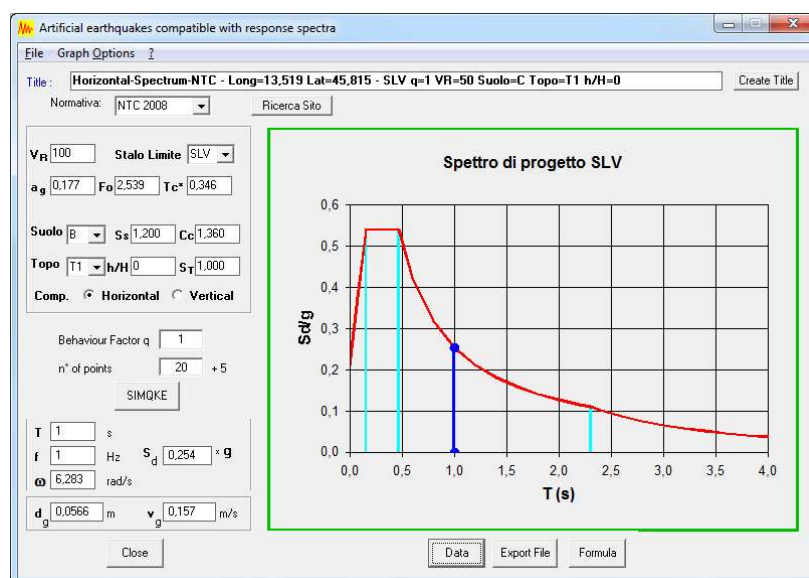
Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.2136

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

2	0.158	0.3617
3	0.475	0.3617
4	0.500	0.3436
5	0.600	0.2863
6	0.700	0.2454
7	0.800	0.2147
8	0.900	0.1909
9	1.000	0.1718
10	1.200	0.1432
11	1.400	0.1227
12	1.600	0.1074
13	1.800	0.0954
14	2.000	0.0859
15	2.200	0.0781
16	2.312	0.0743
17	2.700	0.0545
18	3.100	0.0413
19	3.500	0.0356
20	3.900	0.0356
21	4.000	0.0356

Da cui si ricava lo spettro di risposta elastico per la componente orizzontale, il cui valore massimo vale: $S_0(T) = a_g S \eta F_0 = 0.5391g$



L'accelerazione di "aggancio" ($T=0$) per suolo tipo B vale: $a_g S = 0.214g$

Il valore massimo di "plateau" dello spettro di progetto si ottiene dal precedente applicando il fattore riduttivo q (fattore di struttura):

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

$S_{d,dutt}(T) = a_g S F_0 / q_{frag} = 0.5391 / 1.5 = 0.3594 g$ (per meccanismi/ elementi fragili)

Come già descritto nei paragrafi precedenti, si assume solo il valore del fattore di struttura q per gli elementi/meccanismi fragili.

$q = 1.5$ (in accordo al paragrafo C8.7.2.4 delle Istruzioni alle NTC2008)

Gli effetti dell'azione sismica e le combinazioni dell'azione sismica con le altre azioni sono valutate in accordo al paragrafo 2.5.3 e 3.2.4 delle NTC2008, ed in particolare con riferimento ai coefficienti di combinazione ψ_{2i} ; di seguito elencati:

$\psi_{2i} = 0.0$ (Neve su copertura a quote ≤ 1000 m.s.l.m.)

$\psi_{2i} = 0.6$ (Ambienti suscettibili di affollamento - Cat. C1)

Nel caso le verifiche della prima iterazione eseguite con riferimento ad una vita nominale pari a 50 anni non dovessero risultare tutte soddisfatte, si prevede di condurre delle analisi successive con valori via via decrescenti dell'accelerazione di riferimento al suolo PGA_{SLV} (ovvero valori decrescenti del tempo di ritorno, direttamente correlato per ogni tipo di SL e di Classe d'uso alla vita nominale V_N), fino al valore che garantisca il soddisfacimento delle verifiche stesse. Si riportano quindi i grafici relativi all'andamento dei parametri sismici principali ($a_g T_C^* F_0$) in funzione del Periodo di Ritorno dell'azione sismica, essendo tale parametro definito dalla formula seguente:

$$T_R = (C_u * V_N) / \ln(1-p)$$

T_R = periodo di ritorno dell'azione sismica

C_u = coefficiente d'uso della costruzione

$p = 10\%$ probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento dello SLV

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018 PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

3.3.4. Spinta del terreno

In accordo con il §6.4.2.1 le verifiche vengono effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti dall'APPROCCIO2.

Condizioni statiche ipotizzate (dopo consultazione Relazioni Geologiche reperite)

Parametri geotecnici di design (riempimento **cuneo di spinta** a tergo muro):

Peso di volume: $\gamma_t = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito interno: $\varphi = 30^\circ$

Ang. di attrito tra terreno e muro in calcestruzzo liscio: $\delta = 2/3\varphi \cong 20^\circ$

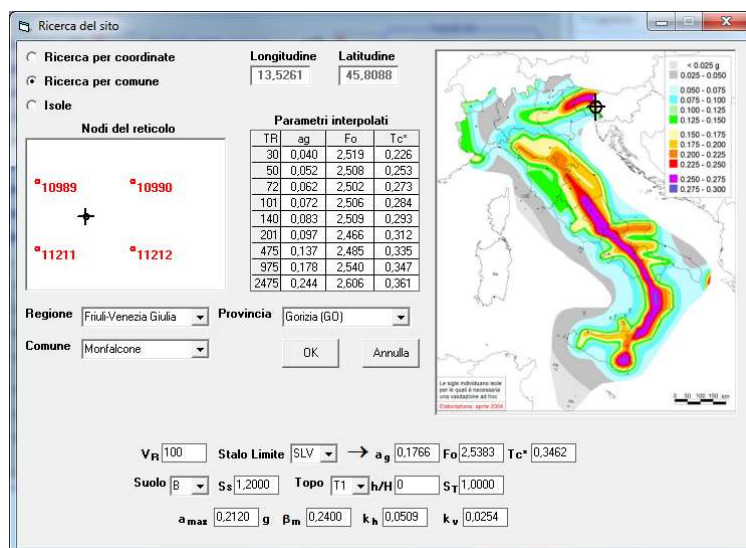
Angolo di attrito terra-fondazione $\varphi_f \cong 30^\circ$

Angolo di attrito interno di progetto $\varphi_d = \arctg(\tg\varphi^\circ/\gamma_\varphi) = 30^\circ$

K_o = coefficiente di spinta a riposo = $1 - \sin\varphi_d = 0,50$ (pareti rigide)

K_a = coefficiente di spinta attiva = $\tg^2(45 - \varphi_d/2) = 0,333$ (pareti deformabili)

Condizioni sismiche



RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Il coefficiente di spinta attiva K_{AE} viene determinato con la nota formula di Mononobe e Okabe che estende la teoria di Coulomb al caso in presenza di sisma.

3.3.5. Modelli di calcolo e procedura di analisi e verifica SLV e SLD

Si rimanda alla consultazione degli Allegati per consultare i modelli di calcolo e la procedura di analisi e verifica delle varie membrature strutturali della Piastra "A" e della Piastra "B".

3.4. Prove di carico sui solai

Come detto, sono state prescritte opportune prove di carico (n°6) con materassi d'acqua, su vari solai *a campione* delle due PIASTRE mediacali.

L'ubicazione delle prove, la modalità di esecuzione e i valori delle deflessioni riscontrate durante i cicli di carico sono riportati in dettaglio nell'Allegato Rapporto di Indagini della LGT.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati.

Piastra "A"

- 1 - Calpestio 3° piano - carico 400 kg/m^2 - freccia massima 0,21 mm - deformazione residua 0,03 mm;
- 2 - Calpestio 2° piano (solaio CELERSAP) - carico 300 kg/m^2 - freccia massima 0,14 mm - deformazione residua 0,02 mm;
- 3 - Calpestio 2° piano - carico 300 kg/m^2 - freccia massima 0,15 mm - deformazione residua 0,02 mm;
- 4 - Calpestio 1° piano - carico 300 kg/m^2 - freccia massima 0,27 mm - deformazione residua 0,05 mm;
- 5 - Calpestio piano terra - carico 400 kg/m^2 - freccia massima 0,24 mm - deformazione residua 0,02 mm.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Piastra "B"

- 1 - Calpestio Mensa a -1,70 m - carico 400 kg/m² - freccia massima 0,39 mm - deformazione residua 0,04 mm;
- 2 - Calpestio Radiologia 2° piano - carico 400 kg/m² - freccia massima 0,57 mm - deformazione residua 0,16 mm;
- 3 - Copertura vani tecnici lato obitorio - carico 150 kg/m² - freccia massima 0,16 mm - deformazione residua 0,00 mm

Confortanti i risultati.

In genere, con sovraccarichi accidentali indicati, si sono ottenute deflessioni in linea con gli andamenti teorici accertati sulle luci di calcolo e deformazioni residue ammissibili.

Nessuna fessurazione è stata segnalata a prova avvenuta.

3.5. Giunti di dilatazione

I 3 corpi della Piastra "A" sono divisi da un giunto strutturale la cui dimensione non evita il martellamento in caso di evento sismico.

Anche i giunti della Zona scale centrale, tra la Piastra "A" e la Piastra "B", e dei Locali Servizi Tecnici sono conformati in maniera tale da non evitare il **martellamento** in caso di evento sismico.

Il fenomeno del martellamento si verifica quando due o più edifici adiacenti iniziano ad impattare l'uno contro l'altro a cause dell'effetto di azioni dinamiche orizzontali, come vento o sisma.

L'intensità ed il numero di impatti dipende da molteplici fattori, tra cui principalmente il **periodo proprio** delle strutture coinvolte e la loro **distanza reciproca**, anche detta **giunto strutturale**.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

Per valutare questo fenomeno bisogna considerare un **modello di impatto** abbastanza **complesso** e **articolato**.

In questa sede si danno solo delle indicazioni sulla soluzione da adottare per ridurre gli effetti del martellamento strutturale senza tenerne conto nei modelli FEM proposti.

In genere per ridurre gli effetti del martellamento strutturale, la soluzione **tradizionale** consiste nella collocazione di **accoppiatori idraulici antisismici** fra le due strutture di cui se ne parlerà nel Capitolo 6 PROPOSTE DI INTERVENTO.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

4. RISULTANZE PRINCIPALI

4.1. Premesse

In questo capitolo e nei successivi si intende:

- sintetizzare gli elementi salienti tra quelli descritti nei paragrafi precedenti (sintesi del percorso conoscitivo);
- riepilogare le problematiche emerse e le relative indicazioni sui possibili rimedi alle vulnerabilità riscontrate.

Nelle pagine seguenti verranno chiaramente evidenziate:

- le eventuali limitazioni d'uso della costruzione;
- i livelli di sicurezza nei confronti dell'azione sismica;
- le vulnerabilità "non quantificabili" riscontrate.

Inoltre verranno delineate, in linea di massima:

- le possibili soluzioni ai singoli problemi evidenziati.

4.2. Valutazioni generali sull'intero complesso

4.2.1. Valutazioni sullo stato di fatto e conformità esecutiva al progetto

- ✓ Le indagini e prove locali effettuate tra giugno e agosto 2020 sui materiali o su alcuni dettagli costruttivi hanno fornito esiti perlopiù positivi e congruenti con le prescrizioni dei progetti originari (vedi allegato Rapporto di prova della ditta LGT Srl).
- ✓ Lo stato di conservazione delle strutture portanti (telai, pilastrate, solai di interpiano o copertura) appare buono; si rilevano localmente zone

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

soggette a fenomeni di degrado (tipo sbrecciamenti di spigoli o affioramenti delle staffe, distacchi puntuali di copriferro corticale corrosione passante su alcuni elementi) dovuti perlopiù all'infiltrazione d'acqua (vedi Rapporto Fotografico allegato); tali dissesti locali vanno risanati/eliminati per la corretta efficienza e durabilità; comunque gli ammaloramenti locali non pregiudicano attualmente la stabilità delle strutture, ma sono perlopiù correlati alla durabilità ed efficienza nel tempo delle opere, oltre naturalmente a costituire elemento di criticità dal punto di vista estetico; possono essere agevolmente risanati con interventi correttivi di ordinaria manutenzione e di semplice esecuzione (ripristino corticale di copriferro e strati ammalorati con i moderni prodotti forniti dalla chimica per l'edilizia).

- ✓ In alcuni casi si è notata un'eccessiva profondità di carbonatazione dei pilastri che richiede un trattamento protettivo superficiale a base di prodotti idrorepellenti anti-carbonatazione (pitture e smalti in grado di creare una barriera contro l'acqua e o l'umidità in genere).
- ✓ Per gli elementi metallici di tamponamento "leggeri" (frangisole) non si dispone di informazioni adeguate in merito all'entità dei carichi o alla tipologia di ancoraggio; l'intervento correttivo più semplice e sicuro pare quello di integrare i dispositivi di "fissaggio" esistenti con viti autofilettanti, piastre saldate, tassellaggi, ecc... previa indicazione/stima dei relativi carichi.
- ✓ Per gli elementi prefabbricati "pesanti" di tamponamento perimetrale, fissati sui solai, si è indagato sulle modalità di ancoraggio eseguendo un'opportuna microdemolizione (vedi Allegati LGT) che ha evidenziato un insufficiente fissaggio a mensola dell'elemento metallico verticale (HEA 140) sul bordo del solaio; l'ancoraggio appare in certi casi insufficiente anche a causa della vicinanza ai bordi della trave di solaio dei tasselli meccanici di fissaggio; l'intervento correttivo più semplice e sicuro pare quello di integrare l'ancoraggio con eventuali dispositivi di "fissaggio" (piatti metallici, angolari metallici, ecc...) rinforzando i dispositivi già presenti.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- ✓ Alcuni elementi di controsoffitto "sospesi" sui solai di copertura, causa infiltrazioni piovane locali, di modesta entità, dovranno essere sostituiti previa l'intervento sigillatura/ripassatura delle guaine non perfettamente a tenuta.

4.2.2. Valutazioni sulle strutture principali/secondarie in condizioni non sismiche

- ✓ In condizioni non sismiche (SLU) si rileva in genere che le strutture possiedono sufficienti capacità resistenti, a meno di pochi punti locali di alcune membrature; in particolare si rilevano verifiche "formalmente" non soddisfatte su alcune travi e pochissimi pilastri; il superamento è dovuto in genere a parziale insufficienza dell'armatura a flessione e a taglio in porzioni limitate di alcune travi; nei casi più significativi va previsto intervento locale di rinforzo, previa eventuale verifica puntuale dell'effettiva quantità di armatura disposta.

4.2.3. Valutazioni sulle strutture principali/secondarie in prospettiva sismica

- ✓ In prospettiva sismica (combinazioni SLV) le analisi mostrano che le strutture non sono in grado, com'era prevedibile, di soddisfare formalmente i requisiti di sicurezza propri dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una Vita Nominale paria 50 anni (quella prevista per i nuovi edifici, a parità di tipologia di costruzione); in altre parole, secondo i criteri delle NTC2018, in caso di azione sismica pari a quella prescritta per il dimensionamento di edifici di analoga tipologia e classe d'uso ($V_R = V_N \times C_u = 100$ anni; sisma con periodo di ritorno $T_R \sim 9.5 V_R \sim 950$ anni), i fabbricati non risultano idonei a garantire i livelli prestazionali stabiliti dalla normativa vigente.
- ✓ In prospettiva sismica era scontato che le travi del telaio fossero inadeguate a resistere alle apprezzabili azioni sismiche previste dalle Norme Vigenti per l'area di Monfalcone; infatti il telaio è costituito da travi

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

in spessore più larghe di quasi tre volte la larghezza dei pilastri e quindi del tutto inadeguate a creare nodi sismo-resistenti.

- ✓ Le valutazioni numeriche effettuate hanno evidenziato una serie di criticità diffuse anche nella struttura portante principale; in particolare si rilevano frequenti inadeguatezze "a taglio" e "a flessione" per i pilastri principali e per le travi.
- ✓ Per gli elementi "setto" si ottengono coefficienti di sfruttamento non adeguati (ovvero maggiori di 1) sia per flessione che per taglio, con situazioni più critiche per gli elementi di maggior rigidezza (ovvero di maggiori dimensioni).
- ✓ Con riferimento alle richieste formali di normativa (usualmente indicate come "Domanda") la capacità resistente delle strutture (sinteticamente denominata "Capacità") non risulta mai (come era ragionevole attendersi) adeguata, con indicatori di rischio complessivi di vulnerabilità valutabili nel range $I_r \sim 0.22 \div 0.24$ (rispettivamente in termini di accelerazione e di tempi di ritorno); gli indicatori più bassi si riscontrano in genere per meccanismi di tipo "fragile" di rottura per taglio.
- ✓ Anche adottando ipotesi meno conservative in merito alla caratterizzazione dei materiali (livello di conoscenza LC3) non si raggiungerebbero mai valori degli indicatori di vulnerabilità prossimi all'unità (ovvero corrispondenti al formale "adeguamento", mentre si potrebbe probabilmente ottenere una parziale riduzione del numero di elementi "non verificati".
- ✓ Sempre in prospettiva antisismica si rilevano casi di potenziale vulnerabilità anche per alcune tipologie di elementi cosiddetti "secondari", ovvero:
 - partizioni divisorie interne in laterizio intonacato di specchiature di tamponamento di maggiori dimensioni;
 - ancoraggio alle strutture principali degli elementi di tamponamento perimetrale in pannelli prefabbricati, come

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

precedentemente spiegato.

4.3. Valutazioni sulla Piastra "A"

La Piastra "A" risulta divisa da giunti (non-sismici) in 3 blocchi.

1° blocco 30 m x 45 m (valori di ingombro massimo arrotondati)

2° blocco 45 m x 45 m (valori di ingombro massimo arrotondati)

3° blocco 45 m x 45 m (valori di ingombro massimo arrotondati)

1° blocco e il 3° blocco sono costituiti da 1 piano interrato e 3 piani fuori terra (da -3,03 m a +7,78 m quote di calpestio).

Il 2° blocco, quello centrale, è costituito da 1 piano interrato e 4 piani fuori terra (da -3,03 m a +11,62 m quote di calpestio).

La quota della copertura è a +15,18 m dal pdc ($\pm 0,00$).

I due corpi laterali hanno struttura a **telaio** in calcestruzzo **armato**, il corpo centrale la struttura a telaio è abbinata ad **un nucleo scale/ascensori costituito da setti** sempre in cemento armato.

La maglia dei telai, pressochè costante, è di 540 x 540 cm.

Le travi, a spessore di solaio, rinvenute sono di 3 tipi:

- 140 x 28 cm (la maggior parte)
- 160 x 30 (a supporto del solaio monolitico CELERSAP)
- 100 x 28 cm (in copertura)

I pilastri risultano di 3 tipi:

- 60 x 60 cm nel piano interrato
- ad "H" 60 x 60 cm nel piano terra
- 30 x 60 cm nei piani successivi

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

I solai sono di due tipi:

- Solettone CELERSAP a travetti accostati 9x12 H30 cm con armatura T4 (1A8-1A12-3A12)
- Solaio BISAP a pannelli H24+4 cm B = 80 cm armato come indicato negli allegati grafici (Rck350/Acciaio nervato)

I corpi laterali sono caratterizzati da due aperture a tutt'altezza (denominate "cortili" interni).

Tutte le dimensioni geometriche e le informazioni sulle armature rilevate da indagine o da documentazione reperita, sono rilevabili negli allegati elaborati grafici.

Per la definizione del modello di riferimento per le analisi è stata effettuata un'analisi storico-critica del fabbricato, un rilievo sommario e una caratterizzazione a campione dei materiali da parte della Società LGT di Ruda.

Il Livello di Indagini e Prove, ai sensi del §8.5.4. del DM2018, è da ritenersi limitato.

Le geometrie delle strutture principali (carpenterie) sono state evinte da disegni di carpenteria in possesso dell'azienda con rilievo visivo a campione.

I dettagli strutturali sono stati ricavati, come detto, da un Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e da indagini limitate *in situ* (LGT).

Per l'analisi in condizioni non sismiche (SLU) si è adottato il modello "Progetto simulato" ossia l'armatura delle travi è fatta derivare applicando la norma DM14.02.1992 (tensioni ammissibili) e attribuendo le idonee caratteristiche dei materiali (derivanti da prove *in situ*).

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Le armature dei pilastri invece sono state inserite graficamente in base alle risultanze delle prove *in situ*.

È stato controllato che la distribuzione dell'armatura delle travi (ipotetica ma ragionevole) sia confrontabile con l'armatura rilevata con le indagini *in situ*.

Su tale distribuzione dell'armatura si sono basate le successive verifiche.

Le proprietà dei materiali sono stati desunti da valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e da prove limitate *in situ* (LGT).

Si rileva dalle prove a compressioni su campioni (carote) di calcestruzzo dei pilastri che alcuni campioni presentano masse volumiche piuttosto basse e resistenze inadeguate (vedi Rapporto LGT).

Limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche (le verifiche in prospettiva sismica, a prescindere dal grado di conoscenza, non appaiono soddisfatte) di singoli componenti (solai, travi e pilastri sui quali si ritiene di aver condotto indagini particolarmente accurate) si sono adottati fattori di confidenza differenziati (prudenziali):

FC=1,30 per le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo

FC=1,25 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio per calcestruzzo

Il metodo di analisi è l'*analisi lineare statica o dinamica*.

In condizioni non sismiche si rileva, in genere, che le strutture possiedono adeguate capacità resistenti, a meno di pochi punti locali di alcune membrature; in particolare si rilevano verifiche "formalmente" non soddisfatte su alcune travi (per esempio **le travi portanti il solaio a travetti accostati CELERSAP di luce a doppia maglia**).

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

Tali elementi dovranno essere oggetto di placcaggi di confinamento con tessuti in fibra di acciaio.

Le scale del cortile interno denominate con AS3 e AS4 risultano inagibili per problemi di portata statica e forti segnali di dissesto strutturale.

Confortanti i risultati delle prove di carico sui solai riportati nel Rapporto di Indagini della LGT.

Il superamento è dovuto in genere a parziale insufficienza dell'armatura a flessione e a taglio in porzioni limitate di alcune travi.

Nei casi più significativi va previsto un intervento locale di rinforzo, previa eventuale verifica puntuale dell'effettiva quantità di armatura disposta.

Per le strutture principali e secondarie della Piastra "A" si rileva sostanziale conformità rispetto alla seppure "ridotta" documentazione progettuale originaria reperita.

In prospettiva sismica (combinazioni SLV) una struttura a telaio con travi in spessore molto larghe rispetto all'dimensione dei pilastri, com'era prevedibile, non risulta in grado di soddisfare formalmente i requisiti di sicurezza propri dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una Vita Nominale pari a 50 anni prevista per i nuovi edifici.

Altre valutazioni.

Dal rapporto fotografico si evince che sono moderatamente diffuse localmente piccole aree di degrado come sbrecciamenti, affioramenti delle staffe, distacchi puntuali di copriferro corticale, corrosione di alcuni elementi secondari metallici dovuti perlopiù all'infiltrazione d'acqua.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

4.4. Valutazioni sulla Piastra "B"

La Piastra "B" risulta divisa da giunti (non-sismici) dal Locale Servizi Tecnici e dalla Zona Scale Centrale.

Il blocco principale misura 85 m x 45 m (valori di ingombro massimo arrotondati) ed è costituito da 1 piano interrato e 3 piani fuori terra (da -1,70 m a +11,5 m quote di calpestio).

La quota della copertura è a +14,94 m dal pdc ($\pm 0,00$).

Il corpo principale della Piastra "B" ha struttura a **telaio** in calcestruzzo **armato**, ed è abbinata ad un nucleo scale/ascensori costituito da setti sempre in cemento armato giuntato fuori terra dal corpo principale.

La maglia dei telai, pressochè costante, è di 720 x 720 cm.

Le travi più ricorrenti, a spessore di solaio, sono di 3 tipi:

- 160 x 28 cm
- 120 x 28 cm
- 60 x 30 cm

Esistono altre tipologie di travi le cui dimensioni sono riportate negli elaborati grafici allegati.

I pilastri risultano di 3 tipi:

- 60 x 60 cm nel piano interrato
- ad "H" 60 x 60 cm nel piano terra
- 30 x 60 cm nei piani successivi

I solai sono di tre tipi:

- Solettone CELERSAP a Travetti accostati 9x12 H30 cm con armatura T4 (1A8-1A12-3A12)
- Solaio CELERSAP a travetti 9x12 H28 di passo 50 cm

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- Solaio BISAP a pannelli H24+4 cm B = 80 cm armato come indicato negli allegati grafici (Rck350/Acciaio nervato)

Per le misure si rimanda agli elaborati grafici allegati.

Tutte le dimensioni geometriche e le informazioni su Corpi secondari adiacenti (Locale Servizi Tecnici e Zona Scale Centrale) e sulle armature rilevate da indagine o da documentazione reperita, sono rilevabili negli allegati elaborati grafici.

Per l'analisi in condizioni non sismiche (SLU) la distribuzione dell'armatura di travi e pilastri è stata inserita graficamente in base alle risultanze delle prove *in situ* e in base alla documentazione reperita.

Ai materiali sono state attribuite idonee caratteristiche (derivanti da prove *in situ*). Su tale distribuzione dell'armatura si sono basate le successive verifiche.

In condizioni non sismiche si rileva in genere che le strutture possiedono adeguate capacità resistenti, a meno di pochi punti locali di alcune membrature; in particolare si rilevano verifiche non soddisfatte su alcune travi. Il superamento è dovuto in genere a parziale insufficienza dell'armatura a flessione e a taglio in porzioni limitate di alcune travi. Nei casi più significativi va previsto intervento locale di rinforzo, previa eventuale verifica puntuale dell'effettiva quantità di armatura disposta. Per le strutture principali e secondarie della Piastra "B" si rileva sostanziale conformità rispetto documentazione progettuale originaria.

In prospettiva sismica (combinazioni SLV) una struttura a telaio con travi in spessore molto larghe rispetto all' dimensione dei pilastri, com'era prevedibile, non risulta in grado di soddisfare i requisiti di sicurezza propri dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una Vita Nominale pari a 50 anni prevista per i nuovi edifici.

Dal rapporto fotografico si evince che sono moderatamente diffuse localmente piccole aree di degrado come sbriciamenti, affioramenti

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

delle staffe, distacchi puntuali di copriferro corticale, corrosione di alcuni elementi secondari metallici dovuti perlopiù all'infiltrazione d'acqua.

Per la definizione del modello di riferimento per le analisi è stata effettuata un'analisi storico-critica del fabbricato, e un rilievo sommario e una caratterizzazione a campione dei materiali da parte della Società LGT di Ruda.

Il Livello di Indagini e Prove, ai sensi del §8.5.4. del DM2018, è da ritenersi limitato.

Le geometrie delle strutture principali (carpenterie) sono state evinte da disegni di carpenteria originari in possesso dell'azienda con rilievo visivo a campione.

I dettagli strutturali sono stati ricavati, come detto, dalla documentazione di progetto strutturale originaria (parziale) e da indagini limitate *in situ* (LGT).

Per le strutture principali e secondarie della Piastra "B" si rileva sostanziale conformità rispetto alla documentazione progettuale originaria (ove disponibile).

Le proprietà dei materiali sono stati desunti da valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e da prove limitate *in situ* (LGT).
Il metodo di analisi è l'*analisi lineare statica o dinamica*.

Limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche (le verifiche in prospettiva sismica, a prescindere dal grado di conoscenza, non appaiono soddisfatte) di singoli componenti (solai, travi e pilastri sui quali si ritiene di aver condotto indagini particolarmente accurate) si sono adottati fattori di confidenza differenziati:

FC=1,20 per le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

FC=1,20 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio per calcestruzzo

La terrazza del Corpo Principale a quota +3,75 dovrà essere oggetto di limitazione d'accesso: sarà consentita l'accesso per la sola manutenzione e riparazione (inferiore a 1,50 kN/m²).

Nel piano tecnico, a quota +1,80 m, e sulla copertura, a quota +14.94, non dovranno essere aumentati i carichi verticali attuali.

Confortanti i risultati delle prove di carico sui solai riportati nel Rapporto di Indagini della LGT.

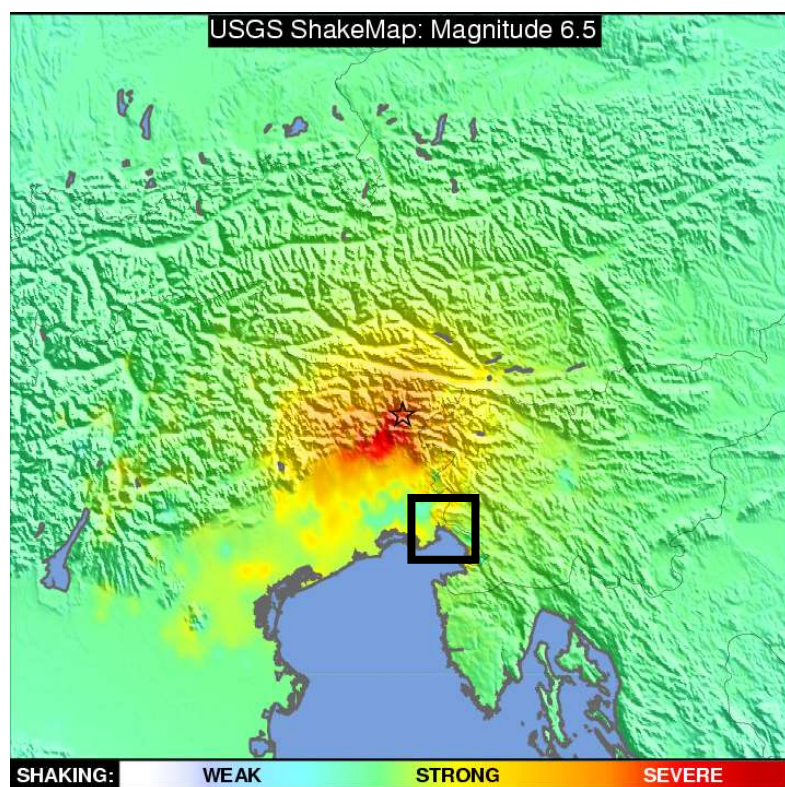
**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

5. ESITI DELLE VERIFICHE E OSSERVAZIONI

5.1. Sintesi delle risultanze di indagine

- ✓ Il calcolo è stato condotto tenendo presente la zona sismica in cui le strutture risultano e ubicate e la loro tipologia e destinazione d'uso.
- ✓ Nel calcolo si è fatto riferimento alle vigenti normative in materia di costruzioni.
- ✓ Le opere strutturali del complesso ospedaliero, dopo 45 anni di vita e dopo aver subito un sisma di una certa energia (1976), si presentano perlopiù in buono stato di conservazione, senza evidenze di fenomeni di dissesto di particolare rilevanza, in atto o potenziali; non vi sono all'esame visivo indizi di lesioni o fessurazioni di particolare consistenza a denotare capacità prestazionali e risorse reali dei materiali in linea con le richieste di destinazione d'uso.
- ✓ Le strutture portanti principali sottoposte al forte sisma del 1976 non hanno subito danni gravi

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**



- ✓ Non si evidenziano gravi errori di progetto o di costruzione.
- ✓ È stata operata un'analisi storico - critica della struttura esistente e un approfondito rilievo delle strutture ed un'adeguata campagna d'indagini che tuttavia non hanno permesso di superare un livello di conoscenza LC1/LC2 del complesso strutturale, secondo le indicazioni del Capitolo §8.5.4 del DM2018.
- ✓ A livello delle fondazioni si rileva una situazione di sostanziale equilibrio stabile che perdura dai tempi della costruzione originaria e non si ha evidenza di cedimenti o malfunzionamenti dell'organismo portante fondazionale; la verifica del sistema di fondazione non è obbligatoria poiché non sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale e non si riscontra nessuna delle seguenti condizioni (§8.3 DM2018):

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- presenza di importanti dissesti nella costruzione attribuibili a cedimenti delle fondazioni o di dissesti della stessa natura prodotti nel passato;
 - possibilità di fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
 - possibilità di fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.
- ✓ Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si è fatto riferimento alla documentazione disponibile (Relazioni Geologiche del dott. geol. Paolo Giovagnoli dell'agosto del 2013, dello Studio Altieri del gennaio 2008 e del dott. ing. Sadro Francesciutti senza data) e si è ritenuto di omettere di svolgere indagini specifiche in quanto si ritiene che sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.
- ✓ Materiali
- le qualità dei materiali sono desunte dalle indagini condotte dalla Società LGT di Ruda
 - nelle prove di resistenza delle carote estratte (vedi Relazione LTG) la massa volumica del calcestruzzo risulta, soprattutto in alcuni campioni, piuttosto bassa
 - sono rilevabili alcuni fenomeni di carbonatazione e degrado del copriferro corticale, che non incidono ad oggi sulla stabilità delle strutture ma solo sulla loro durabilità ed efficienza nel tempo; trattasi peraltro di fenomeni di semplice ed agevole risanamento, con attività di ordinaria manutenzione

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- nella Piastra "A" le proprietà meccaniche del calcestruzzo risultano leggermente più scadenti rispetto a quelle rilevate nella Piastra "B"
 - la qualità dell'acciaio in barre lisce, rilevate mediante indagini specifiche dalla LGT, è riconducibile presumibilmente ad un acciaio denominato all'epoca di costruzione come AQ60, sia nella Piastra "A" che nella Piastra "B"; tale acciaio presenta proprietà meccaniche simili per le due Piastre.
- ✓ Verifiche in condizioni non sismiche (SLU)
- dalle verifiche riportate risulta che per tutti gli edifici le strutture principali dal punto di vista della resistenza ai carichi verticali (statici) in assenza di sisma si possono considerare globalmente verificate ai sensi del DM16.06.1976 ossia alle norme in vigore all'epoca della loro costruzione
 - con l'applicazione della normativa vigente, il DM17.2018, si sono rilevate alcune situazioni locali di verifiche "formalmente" non soddisfatte ("a taglio" e anche "a flessione"), ancorchè non vi siano ad esame visivo indizi di lesioni o fessurazioni di particolare rilevanza, a denotare capacità prestazionali e risorse reali dei materiali spesso superiori a quelle desumibili da analisi e verifiche teoriche
 - nei casi di maggior rilievo va comunque prudenzialmente previsto intervento correttivo locale che si traduce con imposte limitazioni all'uso delle strutture come:
 - **la temporanea inagibilità delle Scale AS3 e AS4 del cortile interno della Piastra "A"**
 - **la riduzione del sovraccarico utile a 1,50 kN/m² della terrazza di copertura a +3,70 m della Piastra "B", che dovrà risultare accessibile solo per la sola manutenzione e riparazione**

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- **soprattutto nel piano tecnico della Piastra "B", a quota +1,84 e sulla copertura della Piastra "B", a quota +14,94 m, non dovranno essere aumentati i carichi verticali attuali; in generale in tutti i piani non dovranno essere aumentati i carichi verticali attuali**
- ✓ Verifica in prospettiva sismica (combinazioni SLV)
 - ai sensi del comma 3 dell'articolo 2 dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, la valutazione della sicurezza è stata eseguita con riferimento ai soli SLU
 - le analisi mostrano che le strutture portanti principali non sono in grado, com'era prevedibile, di soddisfare formalmente i requisiti di sicurezza propri dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una Vita Nominale pari a 50 anni (quella prevista per i nuovi edifici, a parità di tipologia di costruzione).
 - con riferimento alle richieste formali di normativa si ottengono indicatori di rischio complessivi di vulnerabilità nel range **$a_{uv} \sim 0,22-0,24$ per la Piastra medica "A" che "B"**, a seconda dei meccanismi di collasso considerati; gli indicatori più bassi si riscontrano in genere per meccanismi di tipo "fragile" di rottura per taglio (vedi allegati).
 - i periodi di ritorno minimi sono elencati nel seguito (§5.2)
 - sempre in prospettiva antisismica si rilevano casi di potenziale vulnerabilità anche per alcune tipologie di elementi cosiddetti "secondari" (tamponamenti perimetrali e partizioni interne)
 - ai sensi del comma 3 dell'articolo 2 dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, nel caso di opere progettate secondo le norme vigenti successivamente al 1984 (tunnel di collegamento Piastra "B" e Piastra "C", blocchi scale esterni piastra "A")

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE “A” e “B” - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

non è prescritta l'esecuzione di una nuova verifica di adeguatezza alla norma vigente

- in condizioni sismiche permane un livello di rischio elevato e pertanto sono necessari interventi di adeguamento/miglioramento sismico come indicato nel §8 del DM2018, volti ad innalzare il livello di sicurezza della costruzione a quello compatibile con la sua tipologia e destinazione d'uso
- nel Capitolo §6 sono riportate alcune soluzioni di intervento di adeguamento/miglioramento sismico, fra quelle ritenute possibili
- nel Capitolo §7 sono forniti i costi di massima per tali interventi

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

5.2. Sintesi degli indicatori di rischio

PIASTRA "A"

"DOMANDA" elementi "fragili e duttili"	Stato Limite	SLV	
	P_{VR}	10%	
	Cat. Suolo	B	
	Cat. Topografica	T1	
	S_S	1,2	
	S_T	1,000	
	V_N	50	
	C_U	2	
	V_R	100	
	q	1,5	
	a_g	0,178 g	accelerazione orizzontale massima attesa al sito cat. B (INGV)
	T_{RDLV}	$9,5 \cdot V_R =$	950,0 anni periodo di ritorno per lo stato limite considerato
	PGA_{DLV}	$a_g \cdot S_S \cdot S_T =$	0,214 g accelerazione di "aggancio" al suolo per $T=0$

"CAPACITA'" elementi fragili e duttili"	PGA_{CLV}	$(a_{g,rid} \cdot S) =$	0,048 g	(accelerazione di "aggancio" al suolo per $T=0$)
	$a_{g,rid}$		0,040 g	
	$V_{R,rid}$		3,160 anni	
	T_{RCLV}	$9,5 \cdot V_{R,rid} =$	30,0 anni	per. di rit. correlato all'attivazione di succ. mecc. di rott. allo SLV
	$V_{N,rid}$		2 anni	
	QUESTA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SIGNIFICA CHE L'EDIFICIO IN ESAME PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER UN TEMPO CONVENZIONALE DI V_N, RID. TRASCORSO TALE PERIODO DOVRÀ ESSERE SOTTOPOSTO AD UNA NUOVA VERIFICA.			

INDICATORI DI RISCHIO	$\alpha_{UV(PGA)}$	$PGA_{CLV}/PGA_{DLV} =$	0,22	indicatore del rischio in termini di accelerazione
	$\alpha_{UV(TR)}$	$[T_{RCLV}/T_{RDLV}]^{0,41} =$	0,24	indicatore del rischio in termini di tempo di ritorno
	$T_{INT} (ANNI)$	$[T_{INT} C_U]/T_{RCLV} =$	0,105 →	$T_{INT} = 1,58$

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

PIASTRA "B"

"DOMANDA" elementi "fragili e duttili"	Stato Limite	SLV	
	P_{VR}	10%	
	Cat. Suolo	B	
	Cat. Topografica	T1	
	S_S	1,2	
	S_T	1,000	
	V_N	50	
	C_U	2	
	V_R	100	
	q	1,5	
	a_g	0,178 g	accelerazione orizzontale massima attesa al sito cat. B (INGV)
	T_{RDLV}	$9,5 \cdot V_R =$ 950,0 anni	periodo di ritorno per lo stato limite considerato
	PGA_{DLV}	$a_g \cdot S_S \cdot S_T =$ 0,214 g	accelerazione di "aggancio" al suolo per $T=0$

"CAPACITA'" "elementi fragili e duttili"	PGA_{CLV}	$(a_{g,rid} \cdot S) =$ 0,048 g	(accelerazione di "aggancio" al suolo per $T=0$)
	$a_{g,rid}$	0,040 g	
	$V_{R,rid}$	3,160 anni	
	T_{RCLV}	$9,5 \cdot V_{R,rid} =$ 30,0 anni	per. di rit. correlato all'attivazione di succ. mecc. di rott. allo SLV
	$V_{N,rid}$	2 anni	
	QUESTA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SIGNIFICA CHE L'EDIFICIO IN ESAME PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER UN TEMPO CONVENZIONALE DI $V_{N,rid}$. TRASCORSO TALE PERIODO DOVRÀ ESSERE SOTTOPOSTO AD UNA NUOVA VERIFICA.		

INDICATORI DI Rischio	$\alpha_{UV(PGA)}$	$PGA_{CLV}/PGA_{DLV} =$ 0,22	indicatore del rischio in termini di accelerazione
	$\alpha_{UV(TR)}$	$[T_{RCLV}/T_{RDLV}]^{0,41} =$ 0,24	indicatore del rischio in termini di tempo di ritorno
	$T_{INT} \text{ (ANNI)}$	$[T_{INT} C_U]/T_{RCLV} =$ 0,105 →	$T_{INT} = 1,58$

Si ricorda che il tempo di ritorno (T_R) di 30 anni è il minimo previsto dalle NTC2018.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

Vita nominale restante, $V_{N,rid}$

La **vita nominale restante**, indicata nei prospetti precedenti, va intesa come il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alle specifiche inadeguatezze rilevate.

Tempo di intervento, T_{INT}

$$T_{INT} = 0,105 T_{RCLV}/C_U$$

5.3. Tempi di attivazione degli interventi

- ✓ In merito ai tempi di attivazione degli interventi conseguenti agli esiti delle presenti verifiche si fa riferimento alle indicazioni e ai chiarimenti nel merito forniti dalla nota del Dipartimento della Protezione Civile Prot.. n.DPC/SISM/0083283 del 4 novembre 2010.
- ✓ "A seguito degli esiti della valutazione della sicurezza, condotta ai sensi del §8 DM2018, relativamente alle azioni indipendenti dalla volontà dell'uomo, **non sussiste l'obbligo immediato di intervento** ma solo un obbligo di programmazione degli interventi stessi attraverso la Pianificazione Triennale"
- ✓ "È evidente che gli interventi potranno essere anche parziali e/o temporanei, al fine di risolvere le vulnerabilità più importanti ed eseguire in momenti successivi gli interventi più "corposi", atti a migliorare/adequare complessivamente la costruzione e/o parti di essa, valutando la gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante"

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- ✓ "Nella scelta delle tempistiche e delle priorità di intervento si dovranno considerare anche altri fattori, oltre al valore dell'accelerazione di ancoraggio dello spettro che caratterizza la capacità della struttura, quali:
 - l'esposizione di vite umane
 - le previsioni di utilizzo futuro
 - il ruolo della specifica struttura (un ospedale con bacino di utenza di rilevanza regionale)
 - la possibilità di intervenire senza interrompere totalmente la fruizione dell'edificio ovvero la possibilità di disporre facilmente di altro edificio in cui spostare temporaneamente le attività
 - le disponibilità economiche, tenendo conto anche del quadro complessivo delle costruzioni di competenza di un medesimo ente preposto alla programmazione di interventi"
- ✓ Per quanto riguarda i **provvedimenti**, conseguenti agli esiti negativi della valutazione della sicurezza (peraltro limitati), condotta ai sensi del §8 DM2018, relativamente alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e di servizio, si fa riferimento al punto C.8.3 della Circolare esplicativa NTC2018 n. 7 del 21.01.2019 dove si dice: *"...Nel caso in cui l'inadeguatezza di un'opera si manifesti nei confronti delle azioni non sismiche, quali carichi permanenti e altre azioni di servizio combinate per gli stati limite ultimi secondo i criteri esposti nel § 2.5.3 delle NTC (eventualmente ridotte in accordo con quanto specificato al § 8.5.5 delle NTC), è necessario adottare gli opportuni provvedimenti, quali ad esempio limitazione dei carichi consentiti, restrizioni all'uso e/o esecuzione di interventi volti ad aumentare la sicurezza, che consentano l'uso della costruzione con i livelli di sicurezza richiesti dalle NTC. Gli interventi da effettuare per eliminare le vulnerabilità più importanti possono anche essere parziali e/o temporanei, in attesa di essere completati nel corso di successivi interventi più ampi, atti a migliorare/adequare complessivamente la costruzione e/o parti di essa..."*

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

5.4. Commenti conclusivi

Si può affermare che l'uso della costruzione, nei confronti dei carichi permanenti e delle altre azioni di servizio, può continuare (senza importanti interventi) con le ipotesi assunte nelle analisi condotte e sopra richiamate; naturalmente non vanno modificate le attuali condizioni di utilizzo e di carico della struttura, ed inoltre vanno costantemente monitorati eventuali quadri fessurativi che dovessero insorgere.

Dalle indagini e dalle analisi numeriche effettuate si sono rilevate sull'organismo strutturale in esame alcune criticità e/o elementi di rischio in prospettiva sismica, tali da consigliare l'adozione di una serie di interventi (caratterizzati da variabile priorità) per la mitigazione/eliminazione del rischio medesimo.

I primi indicatori di rischio (e le vite nominali ridotte a questi correlate) appaiono infatti piuttosto bassi ad indicare la necessità/opportunità di prevedere interventi sistematici, locali/globali, atti a migliorare o adeguare il livello di sicurezza delle opere, da attuarsi in tempi brevi.

Tra gli interventi **ritenuti più urgenti** ai fini della continuità di fruizione nel breve periodo del complesso ospedaliero in accettabili condizioni di sicurezza, si richiamano i seguenti:

- ✓ eliminazione delle criticità correlate passaggio delle tubazioni impiantistiche in alcune travi in adiacenza ai pilastri
- ✓ chiusura all'accesso al pubblico delle Scale denominate AS3 e AS4 ubicate in un cortile interno della Piastra "A"
- ✓ limitazione utilizzo terrazzamento Piastra "B" quota +3,75 con limitazione e/o cautela d'uso (orizzontamento accessibile per la sola manutenzione)
- ✓ sulla copertura della piastra medica "B" a quota +14,94 m e sul piano tecnico della Piastra "B", a quota +1,84, non dovranno essere aumentati i carichi verticali attuali

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- ✓ interventi localizzati di incremento della resistenza e/o duttilità delle membrature che hanno evidenziato i meccanismi di rottura con indicatori di rischio più bassi in fase statica (ovvero quelli più pericolosi).
- ✓ eliminazione di alcuni fenomeni di degrado locale (distacchi corticali, sbrecciamenti, carbonatazione, riparazione guaine, ecc)

Con l'adozione degli interventi di cui sopra (atti sostanzialmente ad eliminare/ridurre le criticità più evidenti o le situazioni di potenziale rottura/labilità locale) si ritiene di poter conseguire un'effettiva riduzione della vulnerabilità sismica della struttura, pur restando comunque lontani dal livello ideale dell'adeguamento.

Tra gli interventi **da programmare in tempi brevi** in prospettiva di mitigazione del rischio sismico, benchè a titolo non esaustivo, si richiamano qui i seguenti:

- ✓ Interventi di miglioramento/adeguamento atti a conseguire il massimo incremento di capacità resistente possibile in funzione delle risorse economiche disponibili (con pianificazione e programmazione temporale dei medesimi).
- ✓ Interventi di rinforzo/adeguamento/sostituzione dei cosiddetti elementi secondari e delle relative condizioni di vincolo (in particolare tamponamenti esterni e/o partizioni interne di maggior specchiatura).
- ✓ Interventi di rinforzo/adeguamento diffuso delle strutture esistenti atti a conseguire un livello di "miglioramento spinto" della capacità resistente dell'organismo strutturale (ovvero caratterizzato da indicatori di rischio allo SLV: $IR \geq 0.6 \div 0.8$). In tale ottica di intervento andrà anche valutata, in relazione alle risorse disponibili ed alle previsioni di futuro utilizzo dell'opera, l'opportunità di raggiungere il livello dell' "adeguamento sismico" (IR indicatore di Rischio ≥ 0.8) dell'intero organismo strutturale.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

6. PROPOSTE DI INTERVENTO

6.1. Ipotesi di Adeguamento Sismico

Nel presente capitolo si riporta una descrizione sommaria di alcune possibili previsioni e tipologie di intervento atte ad eliminare le principali criticità rilevate e a conseguire un livello di sicurezza prossimo a quello del formale adeguamento in prospettiva antisismica.

Sulla base delle principali carenze rilevate dalle analisi numeriche si sono effettuate solo alcune ipotesi di intervento sulle strutture esistenti.

Per calibrare tali ipotesi di intervento sono state effettuate delle analisi numeriche preliminari atte a valutare l'efficacia della tipologia proposta che, per brevità di trattazione, non vengono qui allegate.

A seguito di queste valutazioni si ritiene che l'incremento della capacità di dissipazione energetica, che consenta di diminuire la domanda sismica, potrà essere perseguita mediante **l'installazione opportuna di dispositivi dissipativi che incrementino la dissipazione dell'energia che si genera nella struttura** come nel seguito illustrato.

Le presenti indicazioni sui possibili rimedi alle problematiche emerse sono da ritenersi come ipotesi di larga massima, valutate tra le numerose possibilità di intervento e necessitano, ovviamente, di adeguata analisi comparata e di affinamento di dettaglio in sede di progettazione definitiva e/o esecutiva.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

6.2. Controventi dissipativi

6.2.1. Descrizione

I ***controventi dissipativi***, indicati come TFB (TENS FrameBending), possono essere introdotti nelle strutture esistenti con l'obiettivo di migliorarne la risposta sismica.

Tale metodo di protezione passiva conduce ad un aumento della resistenza e rigidità della strutturale.

L'incremento di rigidità provoca una riduzione del periodo proprio della struttura che porterebbe ad un incremento della domanda sismica, tuttavia, l'intervento è progettato in modo tale che l'effetto legato alla dissipazione d'energia sia prevalente portando ad una riduzione della domanda sismica.

L'utilizzo di controventi dissipativi produce una riduzione della domanda sismica in termini di forze e di spostamenti di interpiano e, quindi, di danno strutturale conseguente.

Intatti, l'energia trasmessa alla struttura viene dissipata non più attraverso la plasticizzazione degli elementi strutturali ma tramite gli elementi dispositivi introdotti.

Il comportamento è fortemente non lineare (l'energia assorbita è rappresentata appunto dall'area racchiusa nel ciclo isteretico, che risulterebbe invece nulla per un dispositivo a comportamento lineare), e può essere di tipo ricentrante o non ricentrante, mentre la dissipazione può ottenersi per plasticizzazione, per attrito o per viscosità.

I TFB (TENS FrameBending) sfruttano la dissipazione di energia di plasticizzazione del metallo e sono particolarmente indicati per strutture intelaiate in cemento armato.

Essi sono particolarmente efficaci nella limitazione degli spostamenti di interpiano e, di conseguenza, nel controllo del danno.

Più in generale la dissipazione, contribuendo alla dispersione dell'energia fornita dal sisma, tende a ridurre gli spostamenti relativi che altrimenti si attiverebbero in sua mancanza.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

Gli interventi con controventi dissipativi vengono applicati generalmente a strutture con intelaiatura in cemento armato o in acciaio.

Si interviene pertanto introducendo all'interno della maglia strutturale esistente, degli elementi controventanti in acciaio dotati di dispositivi dissipativi, basati su diverse combinazioni di tecnologie e materiali capaci di dissipare una grande quantità di energia e dotando così l'edificio di maggiore resistenza, rigidezza e capacità dissipativa.

Così facendo si otterrà una regolarizzazione dei modi di vibrare della struttura ed un aumento dello smorzamento viscoso equivalente che porterà ad una riduzione della forza sismica.

L'inserimento dei controventi dissipativi risulta inoltre poco invasivo dal momento che sono elementi che vengono inseriti in punti ben specifici e strategici per coadiuvare la struttura originaria.

Non comportano grosse opere sulla struttura esistente se non quelle derivanti dalla verifica dei nodi trave-colonna e delle travi in mezz'opera in corrispondenza dei quali devono essere ancorati i controventi dissipativi.

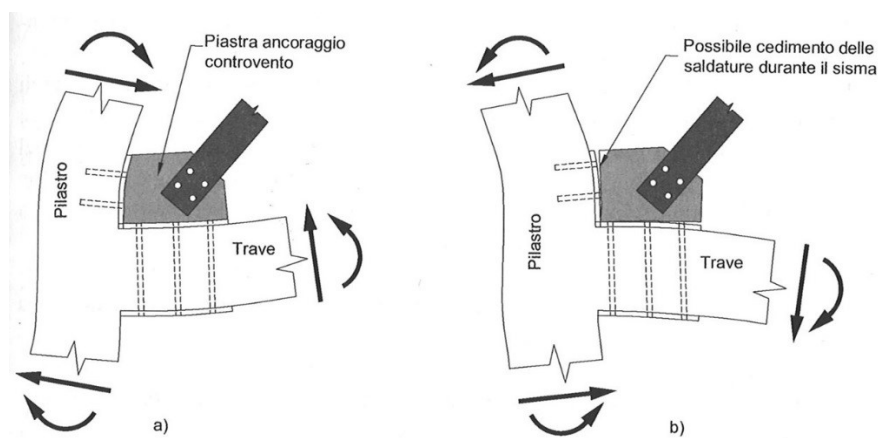
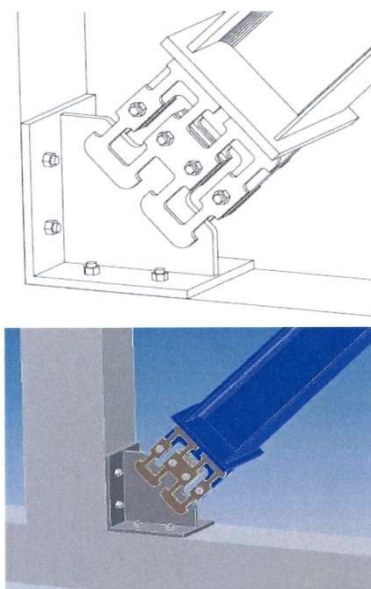
In queste zone infatti possono verificarsi grosse concentrazioni di sforzi e potrebbe quindi essere necessario conferire maggiore resistenza nei confronti delle azioni di compressione, trazione e taglio.

A volte vengono inseriti in facciata: in questo caso sono interessate, oltre alla struttura portante, anche le tamponature esterne



telaio strutturale
controventi
dissipatori

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE



6.2.2. Effetti

Si riportano le indicazioni dell'ing. Salvatore Lombardo nel suo testo

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

"Miglioramento e Adeguamento Sismico di strutture in cemento arm – Tecniche tradizionali e moderne".

"L'impiego di sistemi dissipativi per la protezione sismica nell'adeguamento di edifici esistenti non è molto frequente.

L'intenento consiste nell'introduzione all'interno della maglia strutturale, di un sistema supplementare, che utilizza speciali dispositivi incorporati in controventi rigidi, quasi sempre di acciaio, che connettono due piani della struttura, solitamente consecutivi.

Lo spostamento interpiano prodotto dal sisma attiva i meccanismi di dissipazione di energia prima che gli spostamenti relativi possano produrre danni significativi sugli elementi strutturali.

In tal modo la maggior parte dell'energia in entrata viene immagazzinata e dissipata nei dispositivi, mentre la funzione di sostegno dei carichi verticali rimane attribuita alla struttura convenzionale.

I controventi dissipativi determinano una sensibile riduzione degli spostamenti complessivi e, quindi degli spostamenti interpiano, con conseguente riduzione dei danni agli elementi strutturali e non.

In ogni caso i pilastri interagenti direttamente con i controventi dissipativi, a fronte di una drastica riduzione delle sollecitazioni flettenti e taglianti, subiscono un incremento delle sollecitazioni assiali pertanto è opportuno provvedere al rinforzo, per esempio con incamiciatura in c.a., prima di collocare i controventi.

... La strategia della dissipazione di energia ben si presta all'adeguamento o al miglioramento sismico di costruzioni esistenti, particolarmente degli edifici intelaiati, con possibili vantaggi rispetto ad interventi convenzionali.

Il costo aggiuntivo dei dispositivi dissipativi e della loro manutenzione può risultare compensato da una serie di vantaggi conseguibili con un'attenta progettazione, quali:

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- *la riduzione di interventi in fondazione (nel nostro caso non necessari);*
- *la limitazione degli interventi ai soli telai interessati dall'introduzione dei dispositivi;*
- *il maggior livello di protezione sismica della struttura intelaiata a parità di resistenza/rigidezza;*
- *la possibile riduzione degli eventuali interventi di riparazione e mantenimento della funzionalità e operatività delle costruzioni, anche a seguito di terremoti violenti*

Quest'ultimo aspetto è di particolare interesse nella progettazione di costruzioni di importanza strategica (per esempio ospedali).

Pertanto in questa sede non si è potuto tener conto di eventuali aspetti correlati alla funzionalità dei locali, a vincoli/esigenze di tipo architettonico, nonché alle eventuali interconnessioni con progetto di efficientamento energetico e impiantistico, situazioni tutte che richiedono una fase preliminare di dettagliata analisi e confronto con Direzione Sanitaria.

Ricapitolando.

Si ritiene che la soluzione prospettata possa:

- ridurre le forze agenti sulle strutture dovute alla dissipazione di energia garantita dai controventi
- ridurre l'eccitazione dinamica degli elementi secondari e degli oggetti all'interno della struttura
- ridurre gli spostamenti interpiano con conseguente riduzione del danno negli elementi non strutturali (tamponature)
- garantire una minor percezione delle scosse da parte degli occupanti
- garantire che adeguamento sismico sia conseguito intervenendo solo in alcuni nodi, ed eventualmente travi, dell'edificio (quelli interessati dall'introduzione dei dispositivi) e quindi garantire la riduzione dei costi per il rifacimento delle parti non strutturali e delle finiture

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- ridurre gli interventi in fondazione
- garantire un maggior livello di protezione sismica della struttura intelaiata a parità di resistenza/rigidezza
- Ridurre gli eventuali interventi di mantenimento della funzionalità e operatività della costruzione, anche a seguito di terremoti violenti

6.2.3. Esempio di voce di Capitolato

CONTROVENTI DISSIPATIVI: Fornitura e posa in opera di dispositivi per la realizzazione di controventi a risposta isteretica - marcati CE secondo EN 151291:2009 - realizzati mediante una coppia di piastre coprigiunto per la giunzione bullonata ad attrito dell'estremo dell'asta di controverto alla struttura di collegamento al nodo. Dette piastre saranno opportunamente lavorate per concentrare le deformazioni anelastiche in apposite zone a sezione calibrata in grado di dissipare l'energia con tensioni prevalentemente flessionali. Parametri caratteristici: Forza di soglia (kN), Corsa totale (mm). Tutte le superfici metalliche esposte alla corrosione dovranno essere protette in conformità alla EN 1337-9. Sono escluse dal prezzo le prove di qualificazione ed accettazione sui dispositivi in conformità alla suddetta ordinanza, le piastre metalliche di suppolto ed ancoraggio alla struttura, la fornitura di eventuali malte di inghissaggio, nonché eventuali ponteggi, impalcature o attrezzature mobili necessarie per la posa e l'accesso al posto di lavoro.

6.2.4. Stima costi

L'intervento di adeguamento sismico di una struttura esistente con controventi dissipativi, come sinteticamente descritto nel presente capitolo §6.2., può essere sostanzialmente stimato in **220,00÷370,00 €/mq** circa a piano.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

6.3. Giunti strutturali mediante accoppiatori idraulici antisismici

6.3.1. Descrizione ed effetti

Gli accoppiatori idraulici antisismici sono dispositivi di protezione sismica con comportamento legato alla velocità di azione del carico esterno applicato.

Anche detti "shock transmission unit", hanno la peculiarità di non opporre significativa reazione quando sottoposti a carichi ridotti (minori del 10% del carico di progetto) e a spostamenti lenti come quelli associati ad effetti termici, di ritiro o cedimenti.

Viceversa, se interessati da forze esterne di tipo impulsivo e movimenti rapidi, esplicano la loro funzione di reazione.

Questo è il caso tipico di azioni associate ad eventi sismici o rapidi come l'effetto del vento.

Tali caratteristiche permettono di realizzare vincoli temporanei che si attivano durante il sisma e consentono di distribuire le forze associate su più punti proteggendo la struttura dal collasso e da danni.

Il comportamento degli accoppiatori è ottenuto mediante un sistema idraulico che utilizza fluidi estremamente stabili in un ampio intervallo di temperatura e nel tempo.

Inoltre i dispositivi sono provvisti di snodi sferici alle estremità e lavorano sia in trazione che compressione assicurando grande flessibilità di impiego e la possibilità di essere facilmente integrati nelle strutture o all'interno degli apparecchi di appoggio.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

6.3.2. Esempio di voce di Capitolato

Fornitura e posa in opera di dispositivi di ritegno antisismico a doppio effetto di tipo oleodinamico a comportamento termico, aventi le seguenti caratteristiche:

- Forza orizzontale (in compressione o trazione) di 1700 kN;
- Corsa totale (campo termico) di 300 (+/- 150 mm);

I dispositivi saranno essenzialmente costituiti da un sistema pistone cilindro che realizza due camere riempite con olio idraulico collegate mediante una valvola ad orificio calibrato.

In presenza di movimenti lenti, derivanti dalle escursioni termiche dell'impalcato il sistema funzionerà in regime lamellare non creando apprezzabili perdite di carico; in presenza invece di movimenti bruschi derivanti da sisma, il sistema funzionerà in regime turbolento divenendo pressochè rigido e capace di trasmettere integralmente la forza orizzontale dell'impalcato.

I dispositivi saranno dotati inoltre di due telai in acciaio, da fissare opportunamente alla struttura, completi di snodi sferici per assicurare un corretto montaggio, previa esecuzione di uno scasso nella trave di bordo del solaio e successivo getto di completamento.

6.3.3. Stima costi

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in **12.000,00÷18.000,00 €** circa per ciascun dispositivo.

6.4. Rinforzi con placcaggi di confinamento nodi

In alcuni nodi trave-pilastro in c.a., risulta necessario il rinforzo, a carattere locale, con placcaggi di confinamento, mediante l'utilizzo di

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

sistema composito certificato da idoneo Laboratorio, in accordo con le Linee Guida CNR-DT 200 R1/2013, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwired ad altissima resistenza, (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata), formato da micro-trefoli di acciaio, con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione impregnato con una geomalta minerale, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a base di Geolegante® e zirconia a reazione cristallina a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita delle strutture in calcestruzzo individuate. Tutti i materiali impiegati devono avere marcatura CE.

Possibile svolgimento dell'intervento:

- a) eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm e bagnatura a rifiuto delle superfici;
- b) stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di ca. 3 - 5 mm;
- c) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;
- d) esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 3 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali sottosistemi;
- e) eventuale ripetizione delle fasi (c) e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

È possibile che oltre all'eventuale bonifica delle zone degradate e al ripristino del substrato, siano necessari dei dispositivi di ancoraggio mediante connettori o piastre metalliche.

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in **800,00÷1.200,00** €/nodo circa.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

6.5. Rinforzi a flessione di travi con placcaggi

In alcune travi c.a. risulta necessario il rinforzo a flessione, a carattere locale, con placcaggio con fasce di rinforzo, mediante l'utilizzo di sistema composito certificato da idoneo Laboratorio, con comprovata esperienza e dotati di strumentazione adeguata per prove su sistemi FBE in accordo con le Linee Guida CNR-DT 200 R1/2013 realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato HardwiredM ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio, impregnato con adesivo minerale epossidico eco-compatibile, in gel, per incollaggi strutturali di tessuti in fibra di acciaio galvanizzato o altri materiali compositi in genere.

Possibile svolgimento dell'intervento:

- a) eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari;
- b) stesura di un primo strato di spessore di ca. 2-3 mm di adesivo minerale epossidico;
- c) con adesivo ancora fresco, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;
- d) esecuzione del secondo strato di matrice, fino a completa copertura del tessuto di rinforzo, spessore medio 1-2 mm;
- e) eventuale ripetizione delle fasi (c), e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

È possibile che, oltre all'eventuale bonifica delle zone degradate e al ripristino del substrato, siano necessari dei dispositivi di ancoraggio mediante connettori o piastre metalliche.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in **200,00÷320,00** €/m² circa di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

6.6. Rinforzi a taglio di travi in c.a. con placcaggi ad "U"

In alcune travi c.a. risulta necessario il rinforzo a taglio, a carattere locale, con placcaggi ad "U" o a completo avvolgimento, mediante l'utilizzo di sistema composito certificato da idoneo Laboratorio, con comprovata esperienza, in accordo con le Linee Guida CNR-DT 200 R1/2013 realizzato con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwired ad altissima resistenza (presagionato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice), formato da micro-trefoli di acciaio prodotti, impregnato con adesivo minerale epossidico eco-compatibile, in gel, per incollaggi strutturali di tessuti in fibra di acciaio galvanizzato o altri materiali compositi in genere

Possibile svolgimento dell'intervento:

- a) eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammorbide, decoese o non planari e stondatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm;
- b) stesura di un primo strato di spessore di ca. 2-3 mm, di adesivo minerale epossidico;
- c) con adesivo ancora fresco, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;
- d) esecuzione del secondo strato di matrice, fino a completa copertura del tessuto di rinforzo; spessore medio 1-2 mm;
- e) eventuale ripetizione delle fasi (c), e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto;

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

f) nel caso di conformazione ad "U", prevedere l'ancoraggio delle estremità dei tessuti all'interno del solaio, fissate con adesivo minerale epossidico.

È possibile che, oltre all'eventuale bonifica delle zone degradate e al ripristino del substrato, siano necessari dei dispositivi di ancoraggio mediante connettori o piastre metalliche.

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in **200,00÷320,00 €/m²** circa di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

6.7. Intervento antiribaltamento delle tamponature

Intervento di antiribaltamento degli elementi non strutturali più vulnerabili come le tamponature interne di maggior specchiatura, con intervento di incremento dello SLD con collegamento delle stesse a travi e pilastri mediante rinforzo locale realizzato con un tessuto bidirezionale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, impregnato con geomalte ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale

Possibile svolgimento dell'intervento:

- a) demolizione e rimozione dell'intonaco esistente e di tutte le parti inconsistenti o incoerenti; per una larghezza della fascia di circa 50 cm, in seguito provvedere alla rimozione della polvere dai supporti effettuando un lavaggio con acqua a bassa pressione di tutte le superfici interessate al rinforzo;
- b) realizzare un primo strato di intonaco strutturale con Geocalce Fino, avente spessore di circa 5-6 mm;
- c) a malta ancora fresca, si procederà all'applicazione della rete bi-assiale in fibra di basalto e acciaio Inox in ragione di n.2 fori al metro lineare di

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

- fascia di rete, alla realizzazione di fori pilota di diametro 8 mm inclinato fino a circa 3-4 cm dentro l'elemento in c.a.;
- d) installazione della barra di opportuna lunghezza all'interno del foro mediante apposito mandrino e successiva piegatura della parte terminale della barra non infissa fino al fitlo della rete;
- e) realizzazione del secondo strato dell'intonaco con GE0CALCE FINO, l'applicazione deve garantire il riempimento di tutte le cavità e l'inglobamento totale della rete di armatura e delle barre elicoidali;
- f) terminata l'applicazione si procederà alla staggiatura e alla rifinitura confrattazzo di spugna, curando la stagionatura umida delle superfici per almeno 24 ore;
- g) rasatura finale con rasante idoneo certificato secondo prescrizioni progettuali.

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in **50,00÷70,00 €/m²** circa di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

6.8. Rinforzo sistemi di ancoraggio dei pannelli prefabbricati esterni

In caso di sisma le strutture intelaiate prefabbricate industriali e commerciali, come i pannelli di tamponamento perimetrali, hanno normalmente degli elevati spostamenti e in taluni casi potenziali ribaltamenti in caso di evento sismico.

Se sul perimetro a queste strutture si vincolano rigidamente dei pannelli che hanno grande rigidità per azioni sismiche parallele alla superficie di tamponamento il comportamento deformativo della struttura viene completamente modificato e il vincolo tra pannelli e struttura viene sollecitato da forze molto elevate a cui i fissaggi sono sottoposti.

È necessario consentire ai pannelli di non interferire con il comportamento sismico del telaio, realizzando un vincolo a pattino tra pannello e struttura; ossia è necessario realizzare un vincolo con una

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

guida di scorrimento orizzontale, inserita lungo la trave di bordo del solaio entro la quale scorre un cursore solidale ai pannelli.

In tale maniera è possibile svincolare i pannelli della struttura evitando in caso di sisma il collasso della connessione.

Per l'intervento di sostituzione (parziale) dei dispositivi di ancoraggio esistenti e il montaggio di nuovi ancoraggi a scorrimento ciclico, si stima un costo totale di circa **250,00÷550,00 €/cd.**

6.9. Cavità nelle travi eseguite per installazioni

La sigillatura delle cavità potrà essere realizzata con la fornitura e posa in opera di malta cementizia espansiva sia in fase plastica che in fase indurita, ad elevatissimo scorrimento, applicabile a colaggio, (tipo MasterFlow 928 della BASF CC ITALIA spa o similare).

In questa sede tuttavia si quantifica un intervento più radicale, che garantisce la sicurezza contro il punzonamento e nel contempo non limita il passaggio delle tubazioni esistenti.

Si tratta di munire il pilastro di un capitello in cemento armato

L'intervento può essere sostanzialmente stimato in circa **800,00÷1.200,00 €/pilastro** e dovrà comprendere e compensare l'ancoraggio alla trave e al pilastro esistenti di tutte le armature contro il collasso per punzonamento.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

6.10. Risanamento fenomeni di degrado locale

Nel Report fotografico sono riportate diverse situazioni di degrado locale di alcune strutture.

Risultano più che mai necessari dei lavori di risanamento conservativo.

6.10.1. Esempio di interventi di risanamento

Risanamento di calcestruzzo mediante le seguenti lavorazioni:

- demolizioni di tutte le parti friabili, incoerenti o in fase di distacco
- spazzolatura manuale o meccanica delle armature ossidate con rimozioni di tutte le parti copriferro anche leggermente ammalmorate e sfarinante (oidroscarifica)
- pulizia del sottofondo per eliminare polveri, tracce di olii grassi e disarmanti
- applicazione di malta cementizia anti-corrosiva per il trattamento anticorrosivo e la protezione di ferri di armatura da applicare a pennello dopo accurata spazzolatura, rispettando tutte le prescrizioni previste nelle schede tecniche allegate ai prodotti
- accurato lavaggio della zona di intervento e successivo ripristino volumetrico e strutturale con malta cementizia pronta all'uso per riprese e stuccature a spessore, fibrorinforzata con microfibre sintetiche priva di componenti metallici, tixotropica con elevate caratteristiche meccaniche idonea per ripristini di travi, pilastri ecc. e per ricostruzioni volumetriche su pareti verticali e o pannelli prefabbricati, posto in opera a cazzuola, rispettando tutte le prescrizioni previste nelle schede tecniche allegate al prodotto dal Fornitore.

6.10.2. Esempio di interventi di risanamento

Per gli interventi sopra descritti si stima un costo di circa **100,00÷180,00 €/m²**.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

6.11. Elementi impiantistici

Il mantenimento della funzionalità dei vari reparti delle Piastre "A" e "B" dell'Ospedale relativamente agli impianti, sotto l'aspetto strutturale, non è oggetto della presente verifica.

Si ritiene che per l'elevata complessità che caratterizza l'ospedale, sotto il profilo impiantistico, sia necessaria una Valutazione della Sicurezza specifica.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

7. STIMA SOMMARIA DEI COSTI

La stima preliminare dei costi di intervento è stata condotta per singola Piastra medicale e, separatamente, per gli elementi strutturali e gli elementi non strutturali, come evidenziato nei prospetti che seguono.

Considerando le numerose incertezze insite in tale tipo di valutazioni preliminari, le stime riportano valori mediati calcolati su un "range" minimo/massimo per ogni singolo caso.

Si richiama la circostanza che si tratta di un preventivo di spesa di massima, redatto in assenza di progetto (anche solo preliminare) ed affetto pertanto da un sensibile grado di approssimazione; solo a fronte di una progettazione di livello almeno definitivo si potrà avere una valutazione certa ed affidabile dell'effettivo impegno economico richiesto.

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

STIMA COSTI DI MASSIMA PER INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO											
EDIFICI	CONTROVENTI DISSIPATIVI (EN 1337-9)		SHOCK TRANSMITTER		RINFORZI LOCALI DI PILASTRI E NODI		RINFORZI LOCALI DI TRAVI (flessione / taglio)		RINFORZI LOCALI DI SOLAI		
	m ²	€/m ²	€	N°	€/cd	€	m ²	€/m ²	€	m ²	€/m ²
PIASTRA "A"	19954	295,00	5.886.430,00	30	15.000,00	450.000,00	430	260,00	111.800,00	700	175,00
PIASTRA "B"	11539	295,00	3.404.005,00	18	15.000,00	270.000,00	700	260,00	182.000,00	750	175,00

STIMA COSTI DI MASSIMA PER INTERVENTI DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO											
EDIFICIO	CONSOLIDAMENTO DI SOLAI BISAP		RINFORZO AREE FORI IMPIANTI SU TRAVI		RINFORZO COLLEGAMENTI PANNELLI PREFABBRICATI E PARAPETTI		RINFORZO PARTIZIONI INTERNE (grande specchiatura)		RISANAMENTO FENOMENI DI DEGRADO LOCALE		
	m ²	€/m ²	€	N°	€/cd	€	m ²	€/m ²	€	m ²	€/m ²
PIASTRA "A"	400	170,00	68.000,00	70	1.000,00	70.000,00	1.000,00	60,00	60.000,00	1400	140,00
PIASTRA "B"	300	170,00	51.000,00	45	1.000,00	45.000,00	500,00	60,00	30.000,00	400	140,00

RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE

STIMA COSTI COMPLESSIVA						
EDIFICIO	Piani	Superfici e totale	STRUTTURE PRINCIPALI	INTERVENTI LOCALI E ELEMENTI NON STRUTTURALI	TOTALE CORPO	IMPORTI
	n°	mq	€	€	€/mq	€
PIASTRA "A"	5	19.954,00	6.600.730,00	494.000,00	€ 355,55	€ 7.094.730,00
PIASTRA "B"	4+1	11.539,00	4.007.255,00	250.000,00	€ 368,94	€ 4.257.255,00
						€ 11.351.985,00

Note

- importi per lavori esclusa IVA e/o altri oneri
- gli interventi di adeguamento sugli impianti esulano dalla presente valutazione, oggetto di un altro iter progettuale

Considerando una superficie complessiva in pianta dell'ordine di circa 31.500 mq si ottiene un incidenza media del costo di intervento strutturale dell'ordine di:

$I_{STR} \approx 360 \text{ €/mq}$ (di cui almeno 90% per opere strutturali primarie).

Tali valori sono da considerarsi usuali se raffrontati con interventi di adeguamento sismico analoghi.

**RELAZIONE GENERALE - VULNERABILITÀ SISMICA §8 DM2018
PIASTRE "A" e "B" - OSPEDALE S. POLO – MONFALCONE**

8. ALLEGATI

RELAZIONE ANALISI E MODELLAZIONI PIASTRA "A"
RELAZIONE ANALISI E MODELLAZIONI PIASTRA "B"
ELABORATI GRAFICI (n°6)
REPORT INDAGINI Società IN SITU ago-set 2019
REPORT INDAGINI Società LGT giu-ago 2020
RELAZIONI GEOLOGICHE 2008-2013
REPORT FOTOGRAFICO gen-lug 2020