



A G E N Z I A D E L D E M A N I O

Direzione Regionale Toscana Umbria
Servizi Tecnici

Gara Europea con procedura aperta, ai sensi dell'art. 60 del D.lgs. 18 aprile 2016 n.50 e ss.mm e ii. per l'affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria relativi alla progettazione di fattibilità tecnico economica, definitiva ed esecutiva, alla direzione lavori, al coordinamento per la sicurezza, oltre alle indagini preliminari per l'**Intervento di completa rifunzionalizzazione dell'immobile demaniale sito in Firenze, denominato Palazzo Buontalenti, da mettere a disposizione dell'Istituto Universitario Europeo quale sede della EUI School of Transnational Governance**", da eseguirsi con metodi di modellazione e gestione informativa e con l'uso di materiali e tecniche a ridotto impatto ambientale, conformi al D.M Ambiente Tutela del Territorio e del Mare 11/10/2017.

DOCUMENTO DI INDIRIZZO ALLA PROGETTAZIONE

Relazione di sintesi – Verifica sismica

*Il presente documento allegato è stato redatto nell'ambito del progetto per:
" Verifica Sismica del Palazzo Buontalenti di via Cavour 57/59, Firenze".*

II RUP

Arch. Michele Lombardi
Agenzia del Demanio
Direzione Regionale Toscana e Umbria

Verifica Sismica del Palazzo Buontalenti, via Cavour 57/59, Firenze

[CIG: 6623292177]

Committente:

**Agenzia del Demanio - Direzione
Regionale Toscana e Umbria**

RUP: geom. Marco Francini

Via Laura n. 64, 50121 Firenze
tel. 055 20071298 - fax 055 2638766

Servizio svolto dal RTP:

Benedetti & Partners

Via T. Secci n. 7, Bologna
tel. 051.727395 - fax 051.0544204
info@benedettiandpartners.it

SB+ srl, Arezzo

Via Rodi n. 9, Arezzo
tel. 0575 354421 - fax 0575 409613
sbpiu@sbpiu.it

Prof. Arch. Loris Macci

Via Paolo Boselli n. 2, Firenze
tel. 055.690847 - fax 055.690847
studioabaco@tin.it

AGA

Via Di Mezzo n. 4/R, Firenze
tel. 0552260051 - fax 0552260051
agacontatti@gmail.com

Elaborato:

T.29

Relazione di sintesi

Data

Aggiornamento

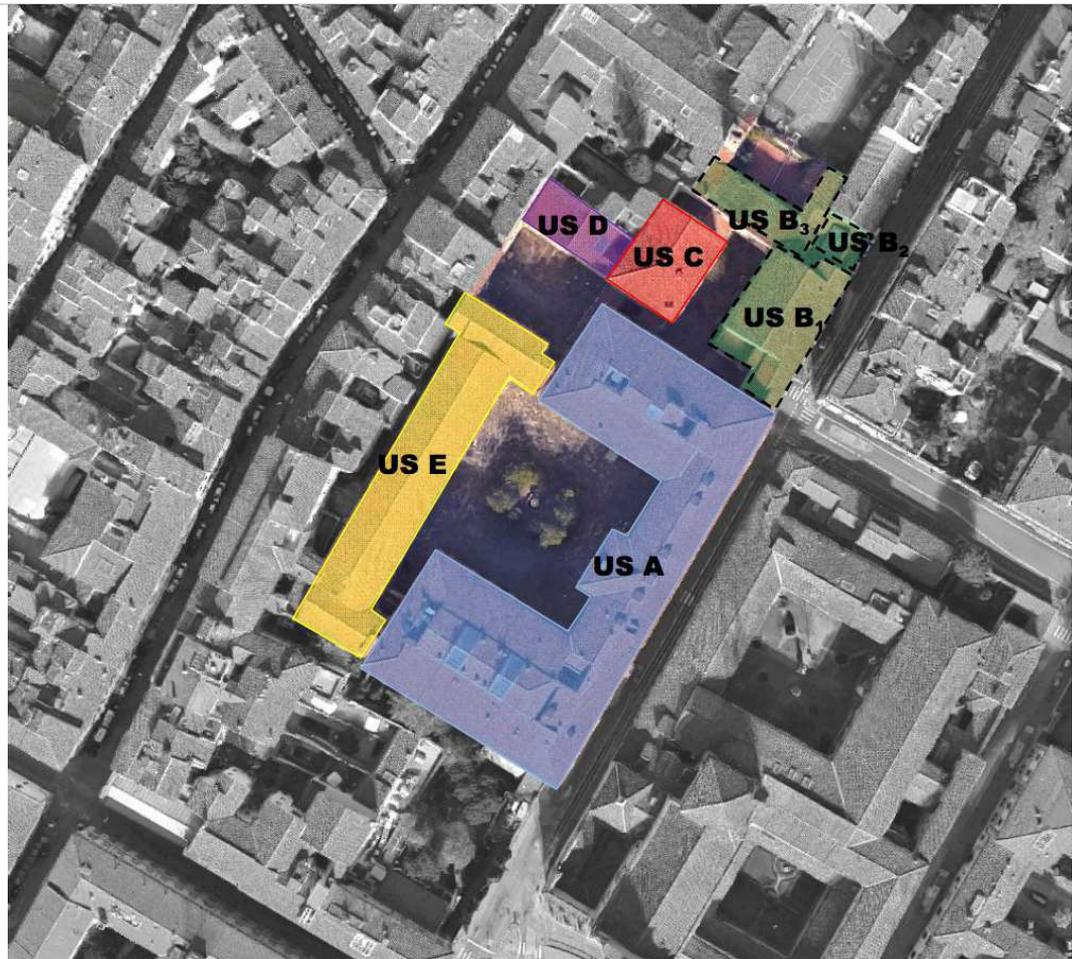
Dicembre 2017

SOMMARIO

A. PREMESSA	1
B. SINTESI DEI RISULTATI E INDICAZIONE DI POSSIBILI INTERVENTI.....	2
C. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	7
C.1 Introduzione di catene.....	7
C.2 Eliminazione dei difetti di tessitura muraria.....	9
C.3 Miglioramento della rigidità degli impalcati	11
C.4 Riparazione delle lesioni	12
C.5 Incremento della resistenza dei paramenti murari	12
D. CONCLUSIONI	15

A. PREMESSA

La presente relazione vuole essere una sintesi ed una descrizione dei risultati ottenuti dalla Verifica di Vulnerabilità condotta sul complesso edilizio che costituisce l'ex Palazzo di Giustizia di Firenze; lo studio è stato svolto individuando ed analizzando le unità strutturali, di seguito indicate.



Individuazione strutture costituenti l'ex Palazzo di Giustizia

B. SINTESI DEI RISULTATI E INDICAZIONE DI POSSIBILI INTERVENTI

Le verifiche di vulnerabilità sismica sono state condotte analizzando i vari corpi di fabbrica sia in termini “globali”, dunque svolgendo una modellazione tridimensionale agli elementi finiti, sia in termini “locali” con verifiche dei cinematismi di varie porzioni murarie di prospetto.

I vari fattori di sicurezza determinati per ciascuna unità strutturale, per entrambe le tipologie di analisi, sono stati ampiamente argomentati nelle relazioni di calcolo e nei relativi allegati; in questa sede non verranno riportati i valori numerici di tali fattori di sicurezza ma indicazioni di tipo qualitativo, in modo da rendere maggiormente comprensibile quanto ottenuto.

In particolare è possibile assumere che:

- nel caso di fattori di sicurezza molto bassi (con valori inferiori allo 0,3) i risultati risultino **gravemente inaccettabili**;
- per valori compresi tra 0,3 e 0,6 i risultati risultino **inaccettabili**;
- per valori compresi tra 0,6 e 0,8 è lecito assumere i risultati **accettabili con riserva** in quanto con esigui interventi è possibile ottenere un livello di sicurezza accettabile;
- nel caso di valori superiori a 0,8 i risultati possono essere considerati **accettabili**.

Tali valutazioni sono state fatte anche sulla base dei Livelli di Sicurezza minimi indicati nelle varie Ordinanze in sede di miglioramento sismico eseguito nei territori che sono stati colpiti dagli eventi sismici degli ultimi anni.

Sulla base di quanto sopra esposto si riportano nella tabella sottostante i risultati ottenuti per ciascuna delle due analisi, la “globale” e la “locale”.

	RISULTATI	
U.S.	Analisi Globale	Analisi Locale
A	INACCETTABILE	GRAVEMENTE INACCETTABILE
B1	INACCETTABILE	GRAVEMENTE INACCETTABILE
B2	ACCETTABILE	ACCETTABILE
B3	-	INACCETTABILE
C	ACCETTABILE CON RISERVA	INACCETTABILE
D	ACCETTABILE CON RISERVA	INACCETTABILE
E	ACCETTABILE CON RISERVA	GRAVEMENTE INACCETTABILE

Come si può osservare i risultati peggiori si sono ottenuti per i cinematismi locali, cioè per il possibile ribaltamento di porzioni delle facciate.

Scopo degli interventi di consolidamento locali con finalità di miglioramento sismico è quello di portare tutti i valori dell'indice di vulnerabilità nel campo di valutazione "ACCETTABILE CON RISERVA", ovvero con livello di protezione superiore al 60%. Si può stimare che interventi di miglioramento locali che prendano in esame le seguenti criticità, siano in grado di elevare il grado di protezione nei confronti di meccanismi locali di circa il 30 – 40%:

- a) Introduzione di catene o di solette di contrasto ai piani atte a ridurre le sollecitazioni delle pareti esterne fuori dal proprio piano;
- b) introduzione di cerchiature delle aperture prive di architravi;
- c) realizzazione di un cordolo in corrispondenza della linea di gronda del tetto.

Si ritiene che tali misure incrementino anche il margine di sicurezza nei confronti del comportamento sismico globale, ma non in modo sostanziale. Per questo ultimo risultato gli interventi più importanti sono intesi a garantire la resistenza a taglio e a flessione delle pareti. In definitiva, per tali sollecitazioni risultano rilevanti:

- d) eliminazione di difetti di connessione negli spigoli di giunzione tra pareti ortogonali e nei tamponamenti di vani preesistenti;
- e) eliminazione di cavità e nicchie quali armadi e canne fumarie;

- f) irrigidimento degli impalcati nel proprio piano ad esempio realizzando nuovi assiti ortogonali sopra a quelli esistenti, o solette in calcestruzzo alleggerito;
- g) effettuazione di iniezioni e diatoni di connessione trasversale nelle pareti con rilevante sforzo assiale o composte da più paramenti;
- h) sostituzione degli intonaci non affrescati e di bassa qualità con nuovi intonaci strutturali armati con rete di fibra di vetro.

Dovendo instaurare una scala di priorità basata sul rapporto costo / efficienza delle varie soluzioni di miglioramento, risulta assodato da anni di attività svolta nelle aree Aquilana e Emiliano-Romagnola, che interventi intesi a produrre un rilevante comportamento scatolare del complesso murario sono quelli di massima efficienza.

Una scala di priorità possibile potrebbe essere:

- I) inserimento di catene in vista;
- II) realizzazione di cordolo perimetrale del tetto e irrigidimento dei solai;
- III) eliminazione di cavità e consolidamento delle giunzioni tra pareti;
- IV) cucì-scucì delle lesioni e ripristino di una corretta tessitura muraria;
- V) rinforzo con cerchiatura delle aperture e consolidamento con iniezioni e diatoni delle pareti più sollecitate;
- VI) esecuzione di armature FRP di rinforzo a taglio e flessione di pareti e volte.

I punti I) e II) e il consolidamento dei martelli murari possono eliminare quasi completamente le vulnerabilità locali delle pareti esterne fuori dal loro piano, e quindi comportano l'incremento di sicurezza indicato in precedenza.

Per quanto attiene alle vulnerabilità globali, da un lato esse sono meno critiche nelle verifiche condotte sul complesso monumentale, dall'altro comportano costi

nettamente superiori con un'efficienza più bassa.

Effettuando interventi locali e procrastinando il sistematico svolgimento di interventi a tutto campo si riduce un po' il tempo di ritorno di eventi sismici che possono produrre gravi danni nel fabbricato, ma si ottiene una protezione efficace nei confronti di sismi di minore intensità. Tuttavia è da considerare che l'edificio pur essendo in essere nella sua forma attuale da più di 100 anni, non presenta evidenti segni di riparazione di danni provocati in precedenza da eventi sismici.

Tutto considerato, sembra possibile concludere che il Demanio potrebbe sviluppare un'azione in più fasi che porti ad un progressivo utilizzo del fabbricato con stralci di lavori via via più costosi ma meno efficienti. Ovviamente già il primo stralcio, se correttamente impostato, produrrà un sostanziale miglioramento della sicurezza con costi di ragionevole entità.

Il probabile costo di miglioramento strutturale fino ad un livello di protezione compreso tra 0,6 e 0,8 sia locale che globale, può essere assunto pari a 300 €/m² escludendo tutte le lavorazioni architettoniche connesse agli interventi strutturali (ovvero rimozione di pavimenti, impianti, infissi, rifacimento di pavimenti, impianti, infissi, intonaci, tinteggiature, ecc), che sono da computare a parte.

Si può supporre che il primo stralcio relativo all'eliminazione dei difetti locali contabilizzi circa 100 €/m² e comporti un incremento di circa il 50% del livello di sicurezza da raggiungere. Il successivo stralcio inteso a sanare il comportamento globale sarà approssimativamente di costo doppio e realizzerà un incremento di miglioramento dimezzato rispetto al precedente.

Valutando quindi il risultato in termini sintetici delle due fasi si hanno le seguenti matrici di evoluzione della sicurezza strutturale:

	RISULTATI DOPO IL PRIMO STRALCIO	
U.S.	Analisi Globale	Analisi Locale
A	INACCETTABILE	ACCETTABILE CON RISERVA
B1	INACCETTABILE	ACCETTABILE CON RISERVA
B2	ACCETTABILE	ACCETTABILE
B3	-	ACCETTABILE CON RISERVA
C	ACCETTABILE CON RISERVA	ACCETTABILE CON RISERVA
D	ACCETTABILE CON RISERVA	ACCETTABILE CON RISERVA
E	ACCETTABILE CON RISERVA	ACCETTABILE CON RISERVA

E ovviamente dopo il secondo stralcio, si avranno miglioramenti più diffusi, con adeguamento per le parti più elementari e semplici, mentre i due edifici più complessi probabilmente non raggiungeranno il perfetto adeguamento.

	RISULTATI DOPO IL SECONDO STRALCIO	
U.S.	Analisi Globale	Analisi Locale
A	ACCETTABILE CON RISERVA	ACCETTABILE CON RISERVA
B1	ACCETTABILE	ACCETTABILE
B2	ACCETTABILE	ACCETTABILE
B3	-	ACCETTABILE
C	ACCETTABILE	ACCETTABILE
D	ACCETTABILE	ACCETTABILE
E	ACCETTABILE CON RISERVA	ACCETTABILE CON RISERVA

Si deve comunque considerare che la campagna di prove ha evidenziato una notevole resistenza a taglio delle murature anche se la malta appare caratterizzata da un certo invecchiamento e deterioramento. Tale resistenza di base unita ad una regolarizzazione dell'apparecchio murario potrebbe certamente portare a resistenze globali del tutto in linea con le richieste di normativa.

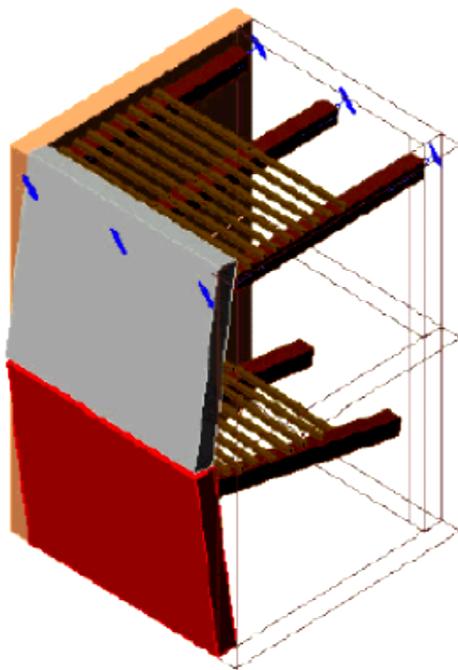
Sulla base di quanto indicato in precedenza vengono date in questa sede indicazioni di possibili interventi attraverso i quali è possibile ottenere un miglioramento delle strutture.

C. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

C.1 Introduzione di catene

Il principale intervento che si può estendere su tutte le unità strutturali è quello dell'introduzione di catene in sommità e/o in corrispondenza dei vari piani, tali da presidiare i meccanismi dei ribaltamenti locali. L'intervento generalmente risulta di facile esecuzione e relativamente economico, ma soprattutto efficace; l'introduzione di tali incatenamenti permette di innalzare la sicurezza relativa ai meccanismi di danno locali al di sopra dei coefficienti di protezione nei confronti di meccanismi di danno globali, che a questo punto diventano quelli di riferimento.

In base ai risultati ottenuti dalle analisi svolte per le diverse unità strutturali, si intende in questa sede disporre una sorta di traccia degli interventi prioritari per le diverse unità strutturali che hanno mostrato maggiori criticità.

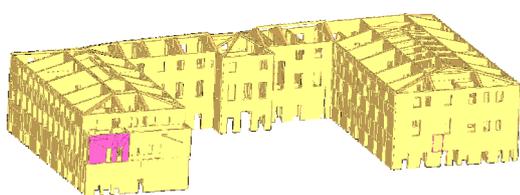


Vista di un meccanismo di spinta e di possibili inserimenti di catene nella soletta di piano e sotto il solaio stesso

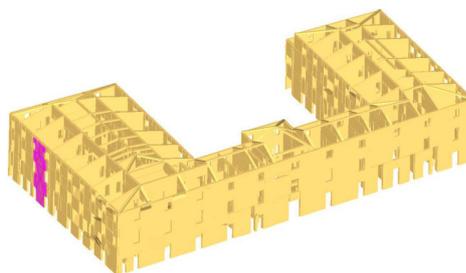
In primo luogo si propone di intervenire mediante la messa in opera di catene in corrispondenza dell'unità strutturale B1, a bloccare il meccanismo di ribaltamento monolitico in corrispondenza della parete 13 (la quale risulta di ridotto spessore ed in falso) ed in corrispondenza della parete 3.

A seguire i fattori di sicurezza più bassi legati ai meccanismi locali sono emersi per l'unità strutturale A, per la quale si propongono degli incatenamenti in corrispondenza della parete 6 e della parete 1, e dell'unità E, per i quali si propongono degli incatenamenti in corrispondenza della parete 3.

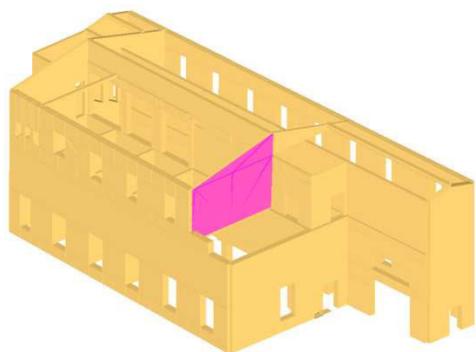
Valori maggiori ma comunque inaccettabili si hanno per le unità strutturali D e B3 e C in cui si propongono la messa in opera di catene in corrispondenza rispettivamente della parete 1 per le Unità D e B3 e parete 6 per la C. Si riportano nelle immagini sottostanti il posizionamento delle pareti per le diverse unità strutturali.



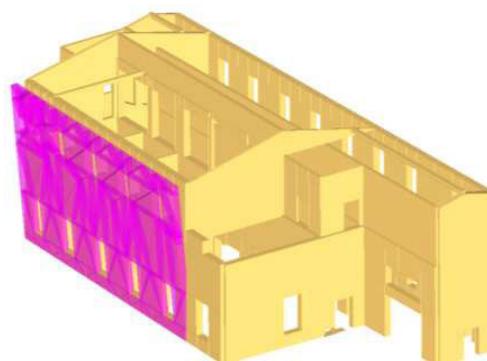
Meccanismo di ribaltamento della parete 6 del blocco A



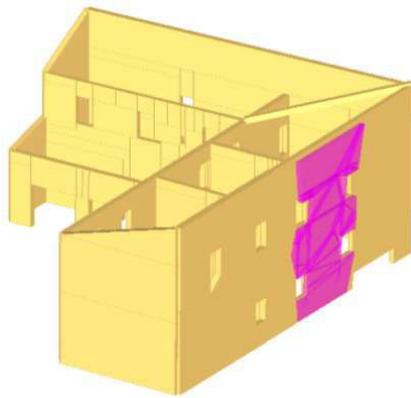
Meccanismo di ribaltamento della parete 3 del blocco A



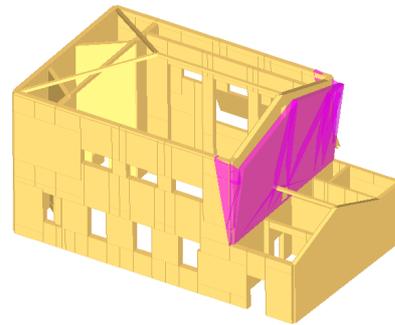
Meccanismo di ribaltamento della parete 13 del blocco B1



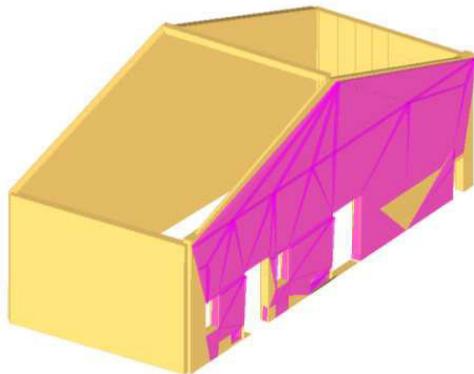
Meccanismo di ribaltamento della parete 3 del blocco B1



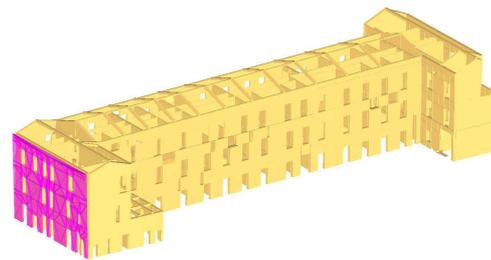
Meccanismo di ribaltamento della parete 1 del blocco B3



Meccanismo di ribaltamento della parete 6 del blocco C



Meccanismo di ribaltamento della parete 1 del blocco D



Meccanismo di ribaltamento della parete 3 del blocco E

C.2 Eliminazione dei difetti di tessitura muraria

Successivamente, in particolar modo in corrispondenza dell'unità A in cui è emerso in alcune zone un quadro fessurativo diffuso, si propone la risarcitura di tali fessure mediante tecniche tradizionali quali scuci - cucì nel caso siano interessate dalla lesione anche i mattoni, o mediante iniezioni, nel caso l'elemento fessurato risulti esclusivamente la malta.



Vista di un rifacimento di vano tamponato con connessioni a taglio



Vista di tubi di iniezione per consolidamenti murari

Si è potuto rilevare che molte fessure sono sorte in corrispondenza precedenti aperture malamente tamponate, o per la presenza di cavedi e/o canne fumarie che, se non utilizzate, possono essere chiuse mediante realizzazione di una muratura efficacemente ammortata. Le zone su cui intervenire risultano numerose in particolar modo in corrispondenza dell'unità A, a causa dei numerosi rimaneggiamenti che la struttura a subito nel corso della storia.

È possibile inoltre ottenere un miglioramento sismico della struttura andando ad incrementare le caratteristiche meccaniche dei paramenti murari con l'impiego di iniezioni di malte a base di calce, in particolar modo in corrispondenza di quei paramenti realizzati in pietra, di spessore notevole e con un'alta percentuale di vuoti. In corrispondenza invece delle murature in mattoni pieni ad una testa caratterizzate da un'elevata snellezza, l'incremento di spessore mediante il raddoppio della parete stessa può risolvere le problematiche statiche emerse in particolar modo nelle unità strutturali A ed E.



Vista di cerchiatura di finestra



Vista di cerchiatura di porta

C.3 Miglioramento della rigidità degli impalcati

Per quanto riguarda gli orizzontamenti sono emerse delle criticità a livello statico, a causa, in alcuni casi, di luci importanti, ed in altri casi per effetto di carichi portati molto elevati. In quest'ultimo caso, laddove sono emersi dai sondaggi massetti non strutturali di spessori rilevanti, è possibile migliorare il comportamento dell'orizzontamento, effettuando l'alleggerimento del solaio mediante eliminazione del massetto, che viene sostituito ad esempio con materiali alleggeriti. In questa maniera oltre ridurre le sollecitazioni in corrispondenza degli elementi portanti del solaio, si ridurranno le masse in gioco, e quindi le forze sismiche.



Rinforzo di trave di legno mediante nuova sezione e connettori



Rinforzo di volta con Fibre in materiali compositi e frenelli e sostituzione del riempimento

C.4 Riparazione delle lesioni

Come precedentemente indicato è emerso un quadro fessurativo diffuso in alcune porzioni dell'unità strutturale A, a causa dei numerosi rimaneggiamenti che la struttura ha subito; l'intervento di risarcitura delle lesioni può essere realizzato mediante iniezioni e/o scuci cucii; tale intervento può essere realizzato anche in corrispondenza delle zone in cui sono presenti cavedi, canne fumarie e aperture precedenti che sono state malamente tamponate.



Vista di collegamento locale di lesioni con strisce di FRP

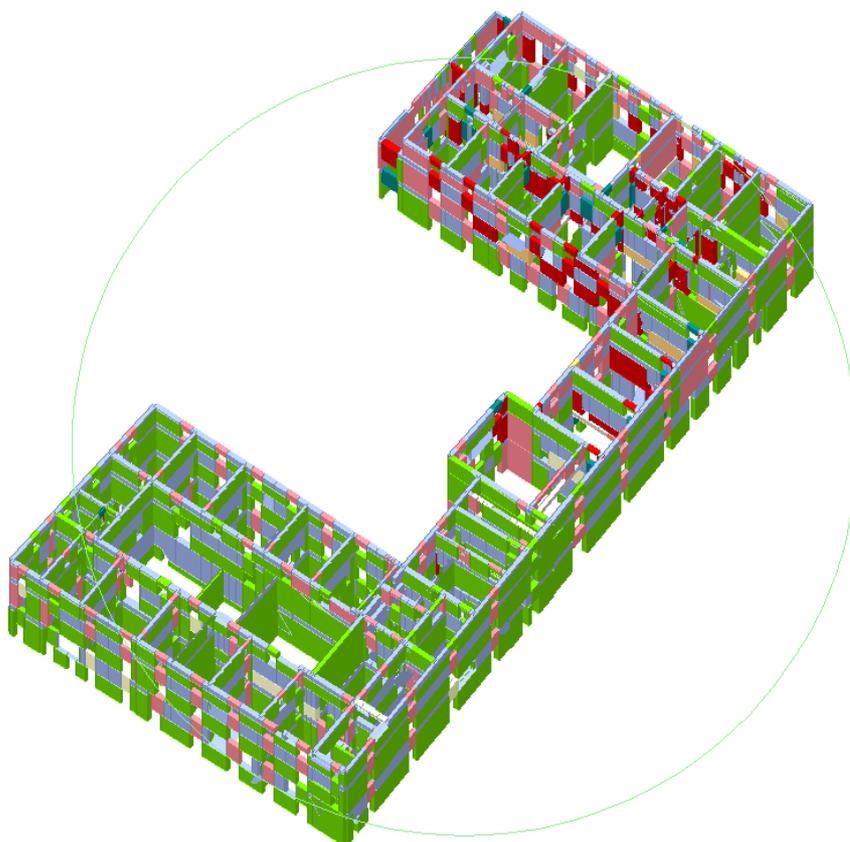


Ristilatura locale a cavallo di lesioni con barre di FRP

C.5 Incremento della resistenza dei paramenti murari

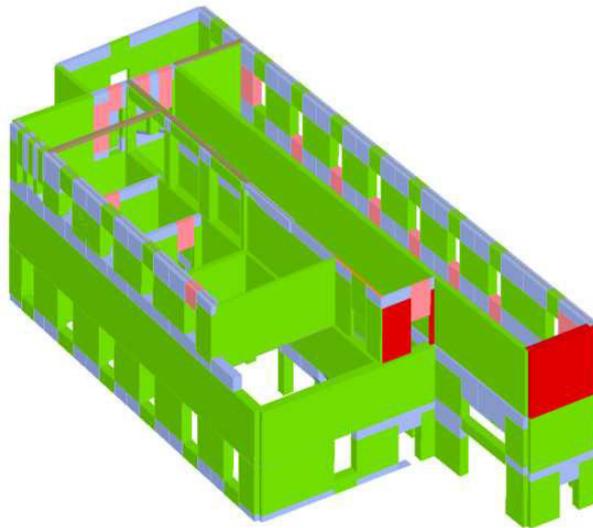
Da un punto di vista del comportamento globale della struttura maggiori criticità sono emerse in corrispondenza delle unità strutturale A, e B1, in cui i fattori di sicurezza si ritengono inaccettabili.

Per l'unità strutturale A l'analisi globale ha messo in evidenza come le due estremità del fabbricato, più lontane dal centro delle rigidità, siano le parti più vulnerabili al sisma; andrà inoltre posta particolare attenzione alle pareti in falso presenti che, soprattutto nell'ala Nord, sono spesso di elevato spessore e caricate da solai.



Individuazione pareti maggiormente vulnerabili (U.S. A)

Per l'unità strutturale B1 le maggiori criticità sono emerse all'ultimo livello per le pareti 04 e 05 in direzione Y a causa del loro esiguo spessore (12.0 cm) e della parete 13, che oltre ad essere ad un'unica testa, è in falso sul solaio di interpiano.



Individuazione pareti maggiormente vulnerabili (U.S. B1)

I principali interventi che possono essere realizzati per il rinforzo delle murature sono l'iniezione di malte a base di calce, in corrispondenza di quei paramenti realizzati in sasso e l'incremento di spessore mediante il raddoppio della parete in corrispondenza delle pareti in muratura di laterizio, ad una testa, sulle quali gravano i solai di interpiano.

D. CONCLUSIONI

Con la presente relazione di sintesi si sono esplicitate in modo discorsivo le considerazioni che emergono in forma numerica dalle analisi svolte per il complesso Monumentale Palazzo Buontalenti.

Il raggiungimento di un livello di protezione sismica compreso tra il 60% e l'80% dell'adeguamento alla norma vigente, potrebbe consentire l'effettivo utilizzo dell'immobile per una gran parte di usi tra quelli che il Demanio vorrà decidere di realizzarvi.

Per tale incremento di capacità strutturale, possono essere indicati da 100 a 300 €/m², ai quali devono essere aggiunti i costi per gli interventi architettonici. Nel primo più importante stralcio dei lavori dovrebbero essere almeno previsti lavori per metà di tali importi. Ovviamente ogni stralcio può prendere in esame una o più delle unità funzionali che sono presenti al complesso monumentale, ma non parti frazionarie di ciascuna unità, perché in questo caso le analisi svolte perderebbero di significato.

Le resistenze determinate sperimentalmente per i materiali sono in significativo eccesso rispetto a quelle previste dalla normativa vigente e quindi, nel caso che fossero sanati i difetti locali di tessitura e di organizzazione del solido murario, il complesso potrebbe contare su ampi margini di resistenza rispetto al sisma.

Sono stati presentati esempi di lavorazioni campione che possono essere utilmente poste in essere per ottenere quella regolarizzazione strutturale che consente di fare affidamento su di un comportamento scatolare.

Sperando con questo di avere chiarito in modo testuale il risultato del lavoro svolto siamo a rimettere in conclusione il mandato ricevuto.