



COMUNE DI BAGNOLO MELLA (BS)
Ex Edificio Scolastico in Via Stazione



PROGETTO DI FATTIBILITÀ ECONOMICA E TECNICA INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE, EFFICIENTAMENTO ENERGETICO, ACUSTICO E ADEGUAMENTO SISMICO EX EDIFICIO SCOLASTICO PROPRIETÀ COMUNALE DI VIALE STAZIONE/VIA LOMBARDIA CON RECUPERO SPAZI INTERNI IN OTTEMPERANZA ALLE LINEE GUIDA INDIVIDUATE DAL D.M. 18 DICEMBRE 1975
CUP H61E2000039001 – CIG 866450608

Progettista: Ing. Pocchia Roberto

Roberto Pocchia ingegnere

Il Tecnico
Ing. Pocchia Roberto



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia n. 4009
Sede operativa: Via Vittorio Emanuele II, 36 25030 Coccaglio (BS)
T. 030 642594 F. 030 6846273
C.F.: PCC RRT 76 R 01 H926A - P.I.: 03419100981
PEC: roberto.pocchia@ingpec.eu
Mail: ing.pocchia@libero.it

Fase: Studio di fattibilità

Elaborato: Valutazione della sicurezza

Data prima emissione: 08.03.21

rev.	data	Descrizione	redatto	controllato	approvato
0	08,03,2021	emissione	RP	RP	RP
I	08,02,2022	emissione	RP	RP	RP

INDICE

1	Premessa.....	3
2	Descrizione del manufatto e dello schema strutturale	3
3	Normativa e documentazione tecnica di riferimento	4
4	Caratterizzazione geotecnica e sismicità del sito	5
4.1	Grado di sismicità e moto sismico.....	5
4.2	Masse sismiche.....	6
5	Campagna diagnostica.....	7
5.1	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.....	7
6	Definizione dei carichi di progetto	8
6.1	Solaio primo impalcato.....	8
6.2	Solaio secondo impalcato.....	8
6.3	Solaio sottotetto.....	8
6.4	Solaio copertura	8
7	Modello di calcolo strutturale e verifica pushover.....	9
7.1	Descrizione dei materiali e del loro comportamento	10
7.2	Modello di calcolo	13
7.3	Dettaglio verifiche	18

1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto la valutazione della sicurezza sismica del fabbricato che ambisce ad ottenere un livello di sicurezza pari a quanto previsto dalla norma per un nuovo edificio o per un intervento di miglioramento sismico ammesso per un edificio pubblico al fine di poter inserire l'immobile nel piano di protezione civile come edificio strategico per la gestione dell'emergenza.

Secondo quanto prescritto al capitolo 8.4.3 delle NTC 17/01/2018 apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe IV comportano l'adeguamento sismico del fabbricato, pertanto al fine di individuare gli interventi necessari all'ottenimento di tale risultato è necessario stabilire il livello di vulnerabilità iniziale.



Figura 1 – Vista della scuola

2 Descrizione del manufatto e dello schema strutturale

La costruzione si presenta con un livello seminterrato realizzato con murature in calcestruzzo, due livelli fuori terra realizzati in muratura portante in mattoni pieni ed un sottotetto. I solai sono della tipologia Cirex di spessore 20+3,5 cm e 20 per la copertura.

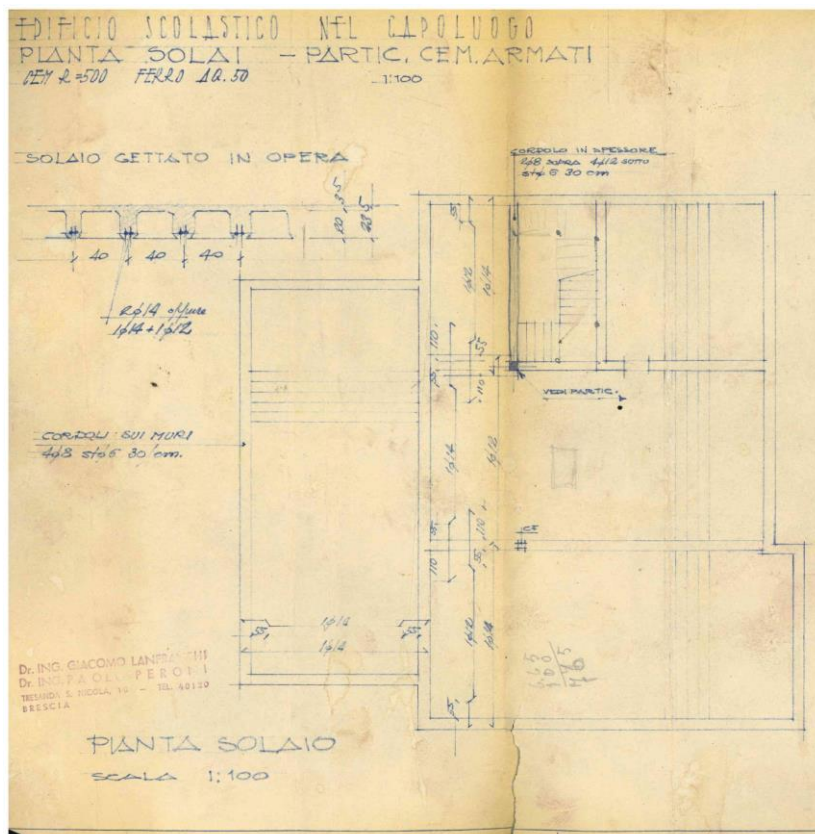


Figura 2 – Stralcio progetto originario solaio

In accordo alla normativa di riferimento, vista la destinazione d'uso della costruzione in oggetto, si è assunto che lo stesso appartenga alla classe d'uso IV ovvero "Costruzioni con funzioni pubbliche strategiche [...]"; la vita nominale VN dell'opera è stata definita maggiore o uguale a 50 anni. Scopo della presente è l'illustrazione dei criteri e delle ipotesi di calcolo adottati, delle verifiche in merito alle condizioni di stabilità dei manufatti.

3 Normativa e documentazione tecnica di riferimento

Per la progettazione strutturale si è fatto riferimento alle seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018, "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 21 gennaio 2019, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018";

4 Caratterizzazione geotecnica e sismicità del sito

Per la caratterizzazione del terreno di fondazione si è fatto riferimento alla relazione geologica del 25/02/2021 a firma del dott. Geol. Corrado Aletti ed in particolare è stata considerata una categoria di sottosuolo C.

4.1 Grado di sismicità e moto sismico

Valutazione della pericolosità sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
12718	10.147	45.389	5.379
12719	10.219	45.390	5.203
12497	10.216	45.440	2.724
12496	10.145	45.439	3.193

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine: Latitudine:

☐ Applica la Risposta Sismica Locale

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	60.21	0.0557	2.455	0.243
SLD	63	100.58	0.0717	2.455	0.260
SLV	10	949.12	0.1838	2.446	0.278
SLC	5	1949.57	0.2378	2.438	0.287

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Passo 3

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.056	1.500	2.455	0.782	0.136	0.407	1.823
SLD	0.072	1.500	2.455	0.887	0.142	0.426	1.887
SLV	0.184	1.430	2.446	1.416	0.148	0.445	2.335
SLC	0.238	1.352	2.438	1.605	0.152	0.455	2.551

Verticale per tutti: 1.000

eta SLO: 1.0 q SLD x: 1.0 q SLD y: 1.0 q SLD z: 1.0 q SLU x: 1.0 q SLU y: 1.0 q SLU z: 1.5 Aiuto...

Smorzamento... 1.0 1.0 <= Esistenti v. fragili

Duttilità
☐ ND - non dissipativa
☒ B - media
☐ A - alta

Regolarità
☒ in pianta
☒ in altezza

Edifici isolati
 2.0 T is
 10.0 s esi

Info...

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

4.2 Masse sismiche

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

Le combinazioni di calcolo adottate sono riportate nella seguente tabella
 Si sono considerati i seguenti coefficienti:

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli <= 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota <= 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

- $\psi_{2i} = 0.0$ (neve)
- $\psi_{2i} = 0.6$ scuole

I coefficienti di sicurezza dei materiali adottati in sede di dimensionamento e verifica per gli elementi strutturali sono quelli riportati nel D.M. 17/01/2018, "Norme tecniche per le costruzioni".

5 Campagna diagnostica

E' stata condotta una campagna diagnostica dal laboratorio "P&P Imc" grazie alla quale attraverso carotaggi degli elementi in c.a., prelievo di barre d'armatura, indagini pacometriche, endoscopiche e sclerometriche è stato possibile caratterizzare i vari componenti che costituiscono l'edificio.

5.1 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

La valutazione della sicurezza di un edificio esistente, rispetto a quello di un edificio di nuova progettazione, è normalmente affetta da un grado di incertezza diverso. L'impossibilità di risalire o di determinare in situ le effettive caratteristiche meccaniche di tutti i materiali utilizzati porta con sé un valore di incertezza di cui è necessario tenere conto nei calcoli di verifica.

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, vengono individuati i livelli di conoscenza (LC) dei diversi parametri coinvolti nel modello: geometria, dettagli costruttivi e materiali; possono così essere definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza in modo tale da tenere conto delle carenze nella conoscenza dei parametri del modello.

Pertanto nel caso di edifici esistenti si fa riferimento ai fattori di confidenza (FC) che variano a seconda del livello di conoscenza sulla struttura raggiunto, mediante le indagini in situ.

I fattori di confidenza hanno principalmente lo scopo di diminuire la resistenza dei materiali ottenuta dalle prove in situ.

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

Per l'edificio in esame, grazie al rilievo in situ ed alle indagini diagnostiche effettuate si è ottenuta una conoscenza adeguata della geometria degli elementi strutturali principali.

Il livello di conoscenza risulta essere pertanto classificabile come Livello di Conoscenza LC2, ciò comporta la possibilità di condurre le verifiche di sicurezza adottando un fattore di confidenza FC = 1,20.

6 Definizione dei carichi di progetto

6.1 Solaio primo impalcato

	kN/m ²
Carichi permanenti	
Peso proprio solaio	2,50
permanententi G2	3,12
Tot.	5,62
Carichi variabili (Q)	
Cat.C1	3,00

6.2 Solaio secondo impalcato

	kN/m ²
Carichi permanenti	
Peso proprio solaio	2,50
permanententi G2	3,66
Tot.	6,16
Carichi variabili (Q)	
Cat.C1	3,00

6.3 Solaio sottotetto

	kN/m ²
Carichi permanenti	
Peso proprio solaio	2,50
permanententi G2	0,50
Tot.	3,00
Carichi variabili (Q)	
Cat.H	0,50

6.4 Solaio copertura

	kN/m ²
Carichi permanenti	
Peso proprio solaio	2,50
permanententi G2	0,50
Tot.	3,00
Carichi variabili (Q)	
Neve	1,20

7 Modello di calcolo strutturale e verifica pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

7.1 Descrizione dei materiali e del loro comportamento

Comportamento meccanico della muratura

Le proprietà meccaniche del materiale muratura sono definite in modo da individuarne al meglio il comportamento in campo non lineare.

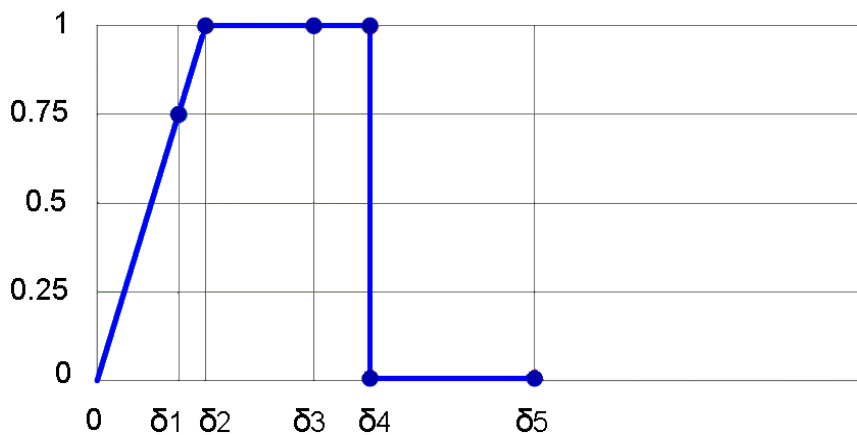
Le caratteristiche principali sono:

- Rigidezza iniziale secondo le caratteristiche elastiche (fessurate) del materiale;
- Redistribuzione delle sollecitazioni interne all'elemento tali da garantire l'equilibrio;
- Settaggio dello stato di danno secondo i parametri globali e locali;
- Degradazione della rigidezza nel ramo plastico;
- Controllo di duttilità mediante la definizione di drift massimo (δu) differenziato secondo quanto previsto nelle normative vigenti a seconda del meccanismo di danneggiamento agente sul pannello
- Eliminazione dell'elemento, al raggiungimento delle condizioni limite senza interruzione dell'analisi.

Il comportamento non lineare si attiva quando un valore di forza raggiunge il suo massimo valore definito come il minimo fra i criteri di resistenza pressoflessione e taglio.

Il comportamento dei maschi murari associati ai meccanismi di taglio e pressoflessione può essere descritto attraverso diversi tratti che rappresentano i progressivi livelli di danno.

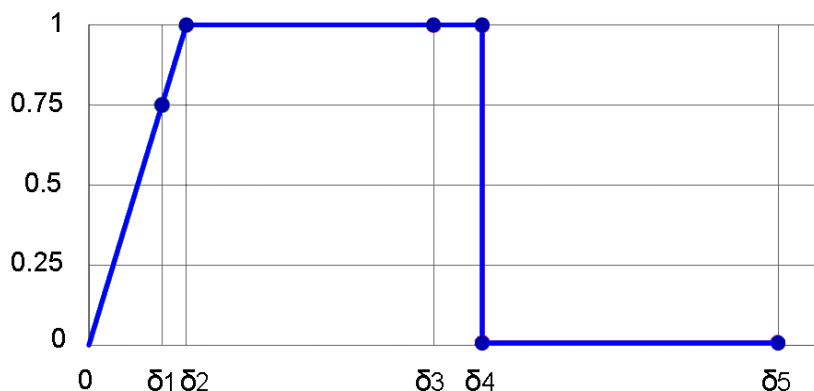
Maschio con meccanismo a taglio



Il comportamento del maschio murario a taglio si può descrivere attraverso i seguenti tratti, rappresentativi dei progressivi livelli di danno relativi al diagramma precedente:

$0 - \delta_1$	elasticità
$\delta_1 - \delta_2$	incipiente di plasticità
$\delta_2 - \delta_3$	plastico per taglio
$\delta_3 - \delta_4$	incipiente rottura per taglio
$\delta_4 - \delta_5$	rottura per taglio
$\delta_5 - \infty$	crisi grave

Maschio con meccanismo a pressoflessione



Il comportamento del maschio murario pressoflessione, invece, si può descrivere attraverso i seguenti tratti:

0 - δ_1	elasticità
δ_1 - δ_2	incipiente di plasticità
δ_2 - δ_3	plastico per pressoflessione
δ_3 - δ_4	incipiente rottura per pressoflessione
δ_4 - δ_5	rottura per pressoflessione
δ_5 - ∞	crisi grave

Alcuni tra questi livelli di rottura sono necessari per descrivere con maggiore cura il progredire della crisi permettendo una più accurata previsione degli interventi e del livello di degrado della muratura:

- Incipiente plasticità: Quando un elemento si trova ancora in campo elastico ma è prossimo alla plasticità
- Incipiente rottura: Quando un elemento è in campo plastico ma è prossimo alla rottura
- Crisi grave: Quando in seguito alla rottura dell'elemento le deformazioni diventano talmente significative da poter generare un crollo locale.

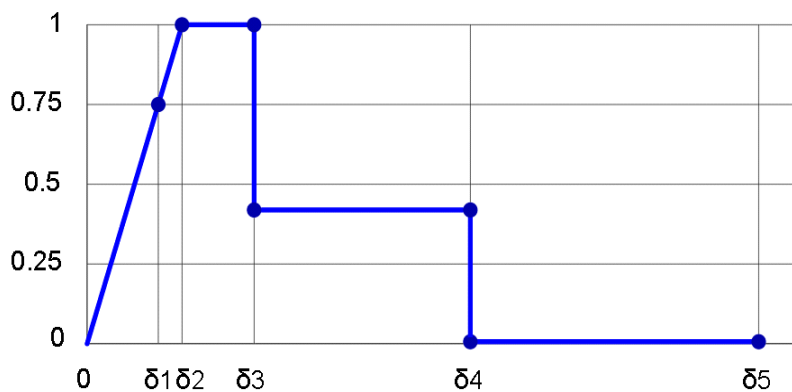
Il software mette a disposizione tre categorie di legame:

- Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)
- Con resistenza pari al valore residuo (Legame bilineare)
- Priva di resistenza residua

Tra queste le categorie di legame utilizzate all'interno del progetto in esame sono:

- Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)

Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)



Questo tipo di legame è definito nella circolare al §C8.7.1.3.1 assumendo:

δ_1 : $0.75 * \delta_2$

δ_2 : deformazione in corrispondenza del limite elastico definito dalla rigidezza e resistenza limite

δ_3 : 0.005

δ_4 : 0.015

δ_5 : $2 * \delta_4$ Questa deformazione rappresenta lo stato di “crisi grave” non direttamente richiesta nella normativa ma utile come avviso per il progettista.

7.2 Modello di calcolo

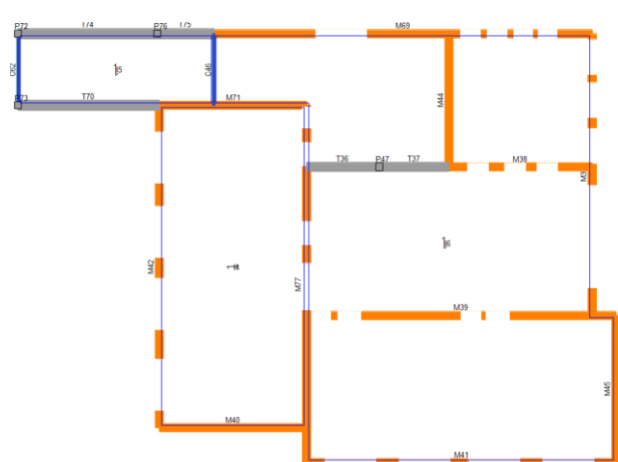
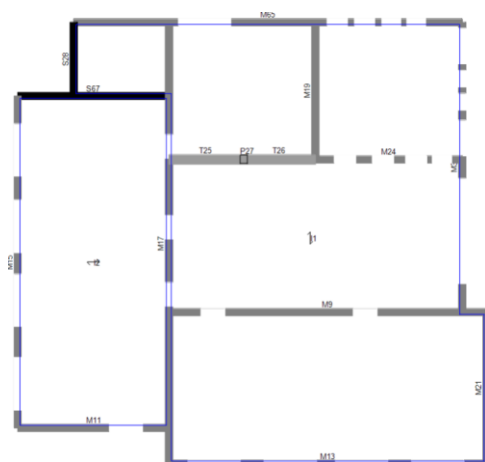


Figura 3 – Pianta livello 1

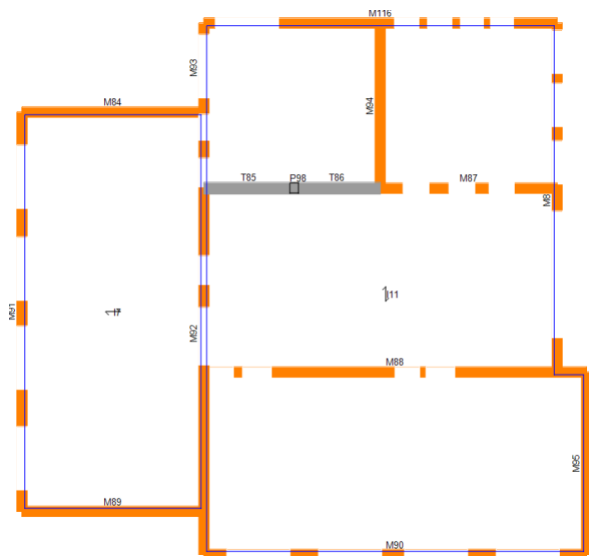


Figura 4 – Pianta livello 2

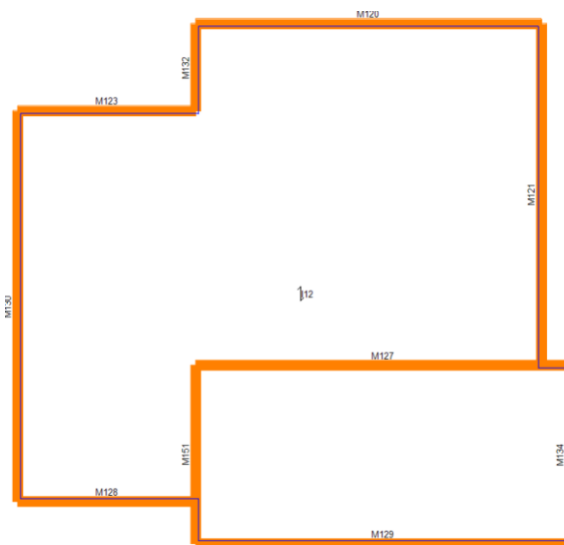


Figura 5 – Pianta livello 3

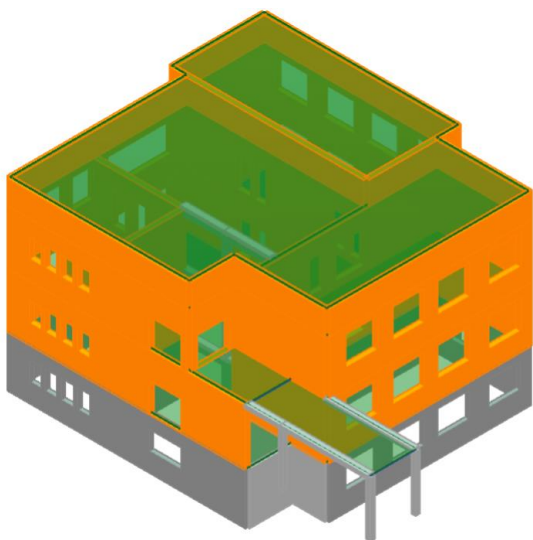


Figura 6 – Pianta livello 4

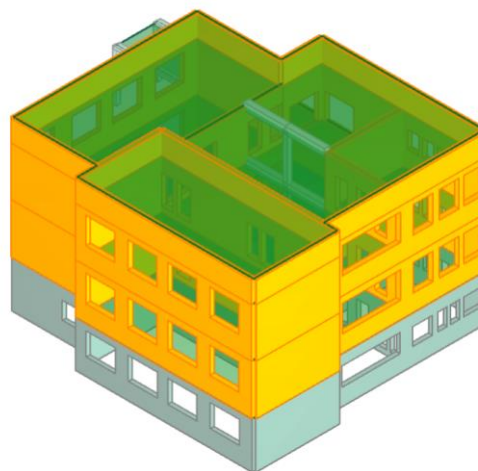


Figura 7 – Render modello

Opportuni svincoli interni hanno permesso che il modello numerico fosse congruente con le assunzioni fatte in sede di scelta dello schema strutturale.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

$$D_{max}^{SLC} \leq D_u^{SLC}$$

D_{max}^{SLC} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

- 1) il valore del taglio di base residuo pari all'80% di quello massimo
- 2) il valore corrispondente al raggiungimento della soglia limite della deformazione angolare a SLC in tutti i maschi murari verticali di qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

$$q^* < 4.0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0.75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3.0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento minore tra:

- 1) quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente definita a partire dallo spostamento ultimo a SLC
- 2) quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari verticali in un qualunque livello di una qualunque parte ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione (e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 0,7500 del taglio di base massimo)

Stato limite di Operatività (SLO):

$$D_{max}^{SLO} \leq D_u^{SLO}$$

D_{max}^{SLO} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di operatività.

D_u^{SLO} : Spostamento pari a 0,6670 di quello allo SLD.

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLC} = \frac{PGA_{CLC}}{PGA_{DLC}} ;$$

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

$$\alpha_{SLO} = \frac{PGA_{CLO}}{PGA_{DLO}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLC} : accelerazione di capacità corrispondente a SLC
- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD
- PGA_{CLO} : accelerazione di capacità corrispondente a SLO

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV
- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD
- PGA_{DLO} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLO
- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD
- PGA_{CLO} : accelerazione di capacità corrispondente a SLO

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV

- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD
- PGA_{DLO} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLO

7.3 Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	q* SLC	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	SLV ver.
1	+X	Uniforme	0,0	2,37	1,68	3,15	No	1,84	1,26	2,59	No
2	+X	Forze statiche	0,0	2,96	1,97	3,27	No	2,32	1,48	2,68	No
3	-X	Uniforme	0,0	2,37	1,83	2,54	Sì	1,82	1,37	2,08	Sì
4	-X	Forze statiche	0,0	3,01	2,72	2,61	Sì	2,35	2,04	2,14	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	3,02	2,60	3,45	Sì	2,37	1,95	2,83	Sì
6	+Y	Forze statiche	0,0	3,71	4,69	3,80	Sì	2,94	3,51	3,12	Sì
7	-Y	Uniforme	0,0	2,89	3,20	2,72	Sì	2,26	2,40	2,23	Sì
8	-Y	Forze statiche	0,0	3,59	2,71	3,04	No	2,84	2,03	2,49	No
9	+X	Uniforme	92,5	2,31	1,54	3,22	No	1,79	1,16	2,64	No
10	+X	Uniforme	-92,5	2,46	1,81	3,10	No	1,91	1,36	2,54	No
11	+X	Forze statiche	92,5	2,84	2,09	3,29	No	2,22	1,57	2,70	No
12	+X	Forze statiche	-92,5	3,06	2,09	3,24	No	2,40	1,57	2,65	No
13	-X	Uniforme	92,5	2,29	1,51	2,57	No	1,76	1,13	2,11	No
14	-X	Uniforme	-92,5	2,51	2,29	2,56	Sì	1,94	1,72	2,10	Sì
15	-X	Forze statiche	92,5	2,87	2,04	2,75	No	2,24	1,53	2,26	No
16	-X	Forze statiche	-92,5	3,16	3,40	2,80	Sì	2,48	2,55	2,30	Sì
17	+Y	Uniforme	129,0	2,98	2,35	3,47	Sì	2,34	1,77	2,85	No
18	+Y	Uniforme	-129,0	3,08	2,77	3,45	Sì	2,42	2,08	2,83	Sì
19	+Y	Forze statiche	129,0	3,66	4,31	3,76	Sì	2,91	3,23	3,08	Sì
20	+Y	Forze statiche	-129,0	3,86	4,90	3,85	Sì	3,07	3,67	3,16	Sì
21	-Y	Uniforme	129,0	2,86	2,60	2,81	Sì	2,23	1,95	2,30	Sì
22	-Y	Uniforme	-129,0	2,97	4,24	2,81	Sì	2,32	3,18	2,30	Sì
23	-Y	Forze statiche	129,0	3,52	2,72	3,09	No	2,78	2,04	2,54	No
24	-Y	Forze statiche	-129,0	3,68	2,73	3,01	No	2,91	2,05	2,47	No

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	SLO ver.
1	+X	Uniforme	0,0	0,52	0,47	Sì	0,39	0,31	Sì
2	+X	Forze statiche	0,0	0,75	0,55	No	0,55	0,37	No
3	-X	Uniforme	0,0	0,53	0,62	Sì	0,41	0,42	Sì
4	-X	Forze statiche	0,0	0,77	0,77	Sì	0,59	0,52	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	0,77	0,53	No	0,56	0,35	No
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,06	0,78	No	0,78	0,52	No
7	-Y	Uniforme	0,0	0,72	0,68	Sì	0,55	0,45	Sì
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,99	0,83	Sì	0,76	0,55	No

9	+X	Uniforme	92,5	0,50	0,44	Sì	0,37	0,29	No
10	+X	Uniforme	-92,5	0,55	0,51	Sì	0,41	0,34	Sì
11	+X	Forze statiche	92,5	0,70	0,60	Sì	0,52	0,40	No
12	+X	Forze statiche	-92,5	0,78	0,61	Sì	0,58	0,41	No
13	-X	Uniforme	92,5	0,51	0,58	Sì	0,39	0,39	Sì
14	-X	Uniforme	-92,5	0,58	0,67	Sì	0,45	0,45	Sì
15	-X	Forze statiche	92,5	0,71	0,63	Sì	0,55	0,42	No
16	-X	Forze statiche	-92,5	0,82	0,76	Sì	0,63	0,50	No
17	+Y	Uniforme	129,0	0,76	0,61	Sì	0,55	0,40	No
18	+Y	Uniforme	-129,0	0,80	0,64	Sì	0,58	0,43	No
19	+Y	Forze statiche	129,0	1,04	0,71	No	0,76	0,47	No
20	+Y	Forze statiche	-129,0	1,12	0,83	No	0,83	0,55	No
21	-Y	Uniforme	129,0	0,70	0,64	Sì	0,54	0,42	No
22	-Y	Uniforme	-129,0	0,74	0,78	Sì	0,57	0,52	Sì
23	-Y	Forze statiche	129,0	0,96	0,80	Sì	0,74	0,53	No
24	-Y	Forze statiche	-129,0	1,03	0,86	Sì	0,79	0,58	No

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	α SLC	α SLV	α SLD	α SLO
1	+X	Uniforme	0,0	0,750	0,739	0,938	0,810
2	+X	Forze statiche	0,0	0,704	0,685	0,767	0,662
3	-X	Uniforme	0,0	0,813	0,805	1,167	1,007
4	-X	Forze statiche	0,0	0,919	0,890	1,005	0,867
5	+Y	Uniforme	0,0	0,876	0,844	0,724	0,625
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,052	0,962	0,778	0,672
7	-Y	Uniforme	0,0	1,093	1,055	0,952	0,822
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,775	0,742	0,843	0,728
9	+X	Uniforme	92,5	0,719	0,711	0,920	0,794
10	+X	Uniforme	-92,5	0,773	0,760	0,954	0,823
11	+X	Forze statiche	92,5	0,767	0,746	0,901	0,777
12	+X	Forze statiche	-92,5	0,719	0,697	0,808	0,698
13	-X	Uniforme	92,5	0,719	0,719	1,153	0,995
14	-X	Uniforme	-92,5	0,929	0,910	1,156	0,998
15	-X	Forze statiche	92,5	0,749	0,732	0,900	0,777
16	-X	Forze statiche	-92,5	1,067	1,024	0,922	0,795
17	+Y	Uniforme	129,0	0,813	0,786	0,853	0,736
18	+Y	Uniforme	-129,0	0,910	0,875	0,857	0,740
19	+Y	Forze statiche	129,0	1,064	0,973	0,714	0,616
20	+Y	Forze statiche	-129,0	1,039	0,950	0,769	0,663
21	-Y	Uniforme	129,0	0,924	0,896	0,915	0,789
22	-Y	Uniforme	-129,0	1,374	1,303	1,054	0,910
23	-Y	Forze statiche	129,0	0,794	0,761	0,837	0,722
24	-Y	Forze statiche	-129,0	0,764	0,730	0,844	0,729

Dalla tabella riassuntiva dei risultati sopra riportata si desume che le verifiche risultano non soddisfatte, le analisi più significative sono la n°. 2 e la n°. 24 , rispettivamente per le direzioni X

19/25








ed Y . La scelta di tali analisi come analisi “significative” è fatta in base alla ricerca del minore valore del parametro di vulnerabilità sismica.

Riportiamo qui di seguito i dettagli delle analisi sopra citate.





Sintesi dei risultati

Legenda risultati







C.A.

	Integro
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura per taglio



Legno

	Integro
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione

Acciaio

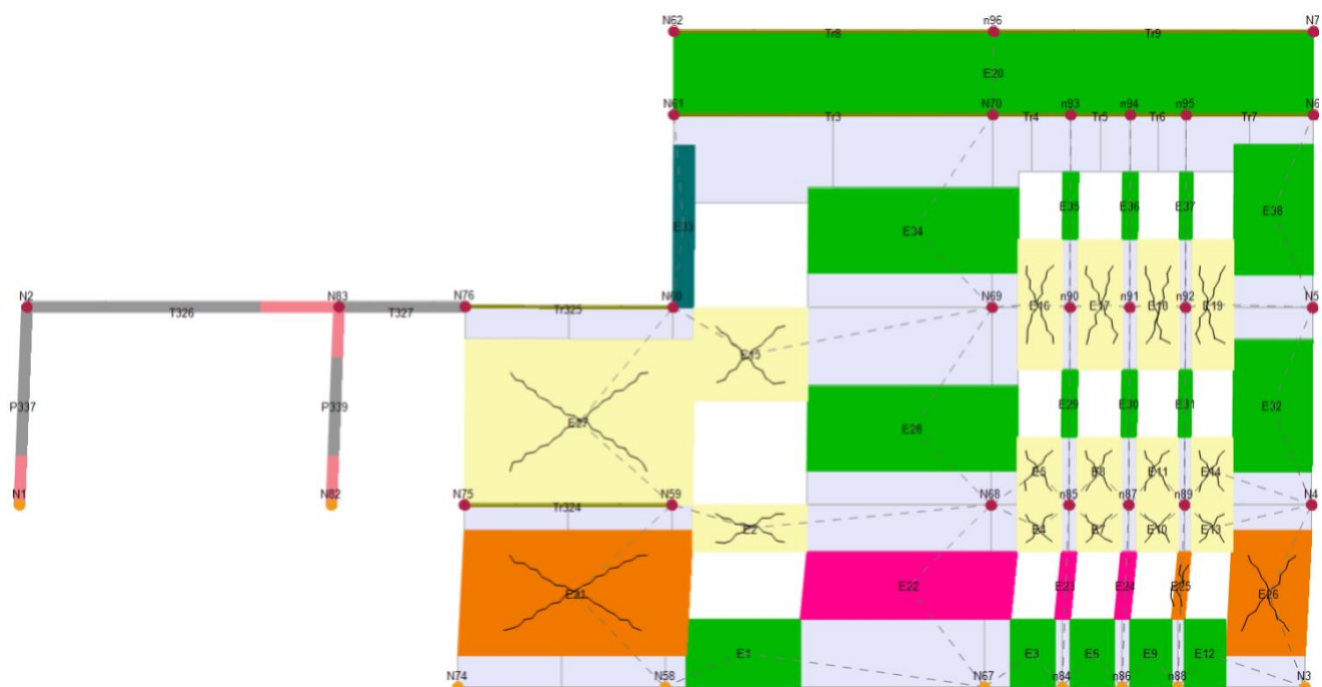
	Integro
	Plastico presso flessione
	Plastico per compressione
	Plastico per trazione
	Elemento non efficace
	Ritorno in fase elastica

Muratura

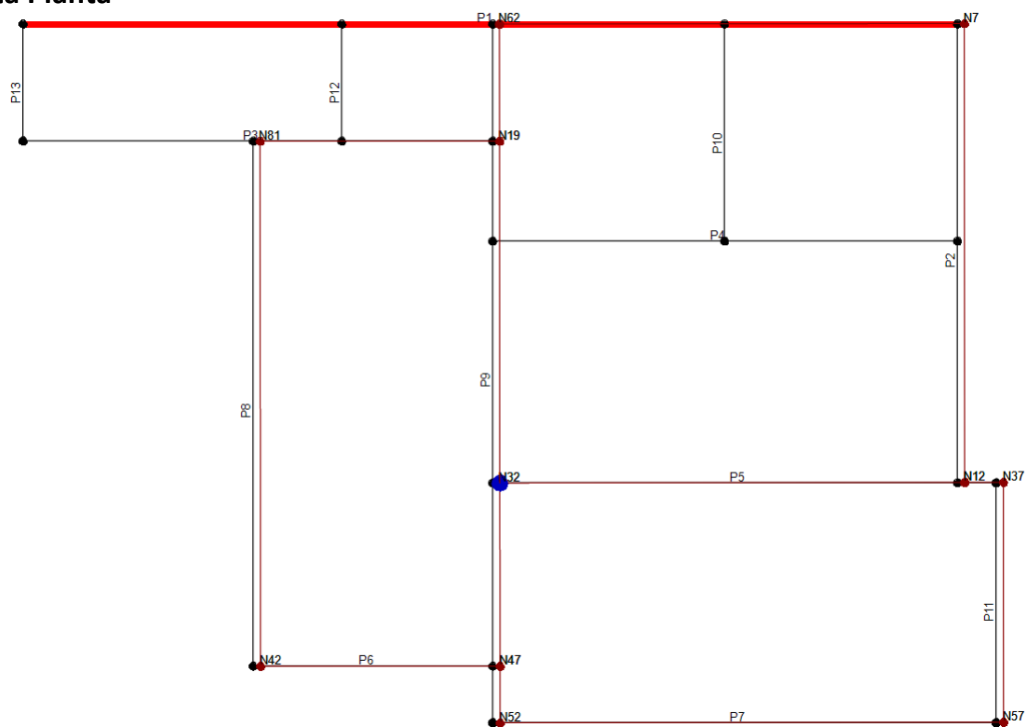
	Integro
	Incipiente plasticità
	Plastico per taglio
	Incipiente rottura per taglio
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Incipiente rottura presso flessione
	Rottura presso flessione
	Crisi grave
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura in fase elastica
	Elemento non efficace

Analisi sismica n. 2 Direzione X

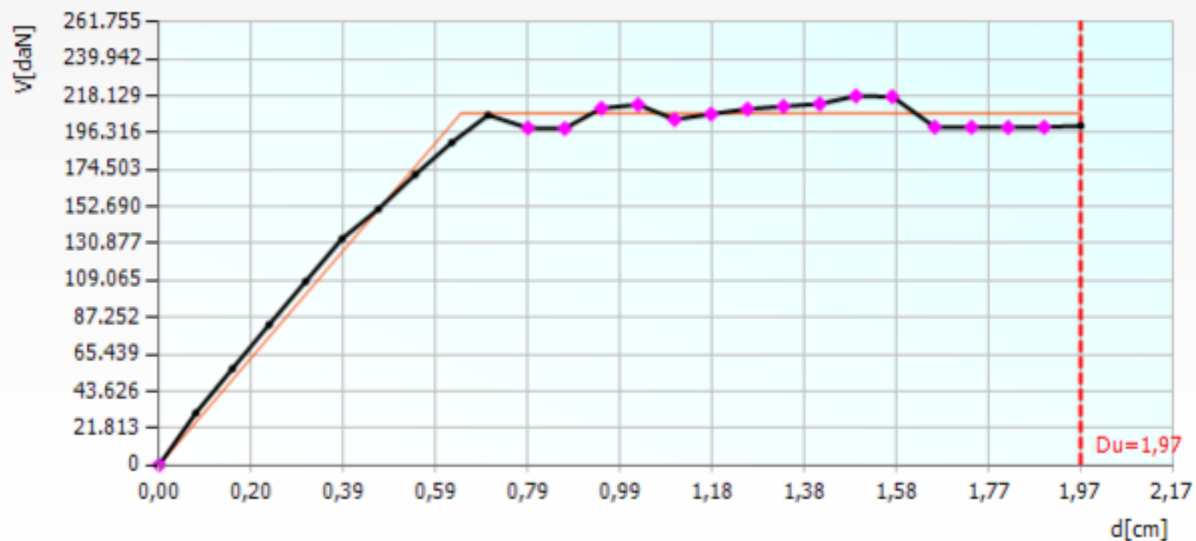
Analisi sismica n. 2 Parete 1 Sottopasso 26



Deformata Pianta



Curva Pushover (analisi n. 2)



Vulnerabilità Sismica

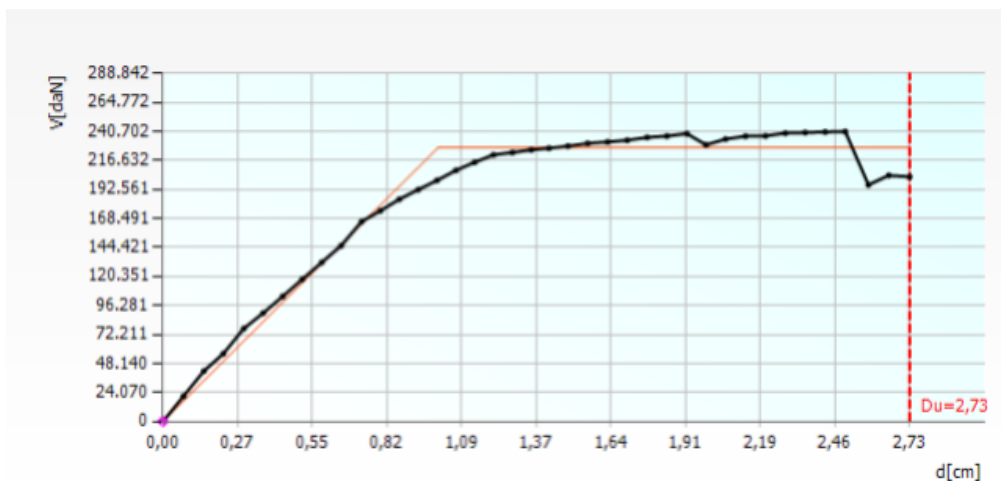
	TRc						TR=cost			
	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s ²]	PGA C (TR) [m/s ²]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s ²]	α PGA
SLC	611	1950	0,3133	2,3318	1,5264	2,44	0,28	0,6546	1,6405	0,7035
SLV	333	949	0,3509	1,8011	1,1968	2,43	0,27	0,6645	1,2329	0,6845
SLD	59	101	0,5842	0,7044	0,5405	2,45	0,24	0,7674	0,5405	0,7674
SLO	< 30	60	< 0,5000	0,5445	0,3787	2,47	0,21	0,6955	0,3605	0,6622

I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

Analisi sismica n. 24 Direzione Y

Analisi sismica n. 24 Parete 9 Sottopasso 39





Vulnerabilità Sismica

	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s ²]	PGA C (TR) [m/s ²]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s ²]	α PGA
SLC	793	1950	0,4067	2,3318	1,6834	2,44	0,28	0,7219	1,7804	0,7635
SLV	390	949	0,4110	1,8011	1,2782	2,43	0,27	0,7097	1,3150	0,7301
SLD	71	101	0,7030	0,7044	0,5886	2,47	0,25	0,8357	0,5947	0,8444
SLO	33	60	0,5500	0,5445	0,3983	2,46	0,21	0,7315	0,3967	0,7286

I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

Conclusioni

Analisi sismica n. 2 Direzione X

Analisi sismica n. 24 Direzione Y

Stato limite	α PGA (TR)	α TR	α PGA (TR)	α TR
SLC	0,6546	0,3133	0,7219	0,4067

(*) Tutti i valori di α_{TR} sono da ritenersi calcolati come $\alpha_{TR}=TR_C/TR_D$ (privi di qualsiasi esponente correttivo).

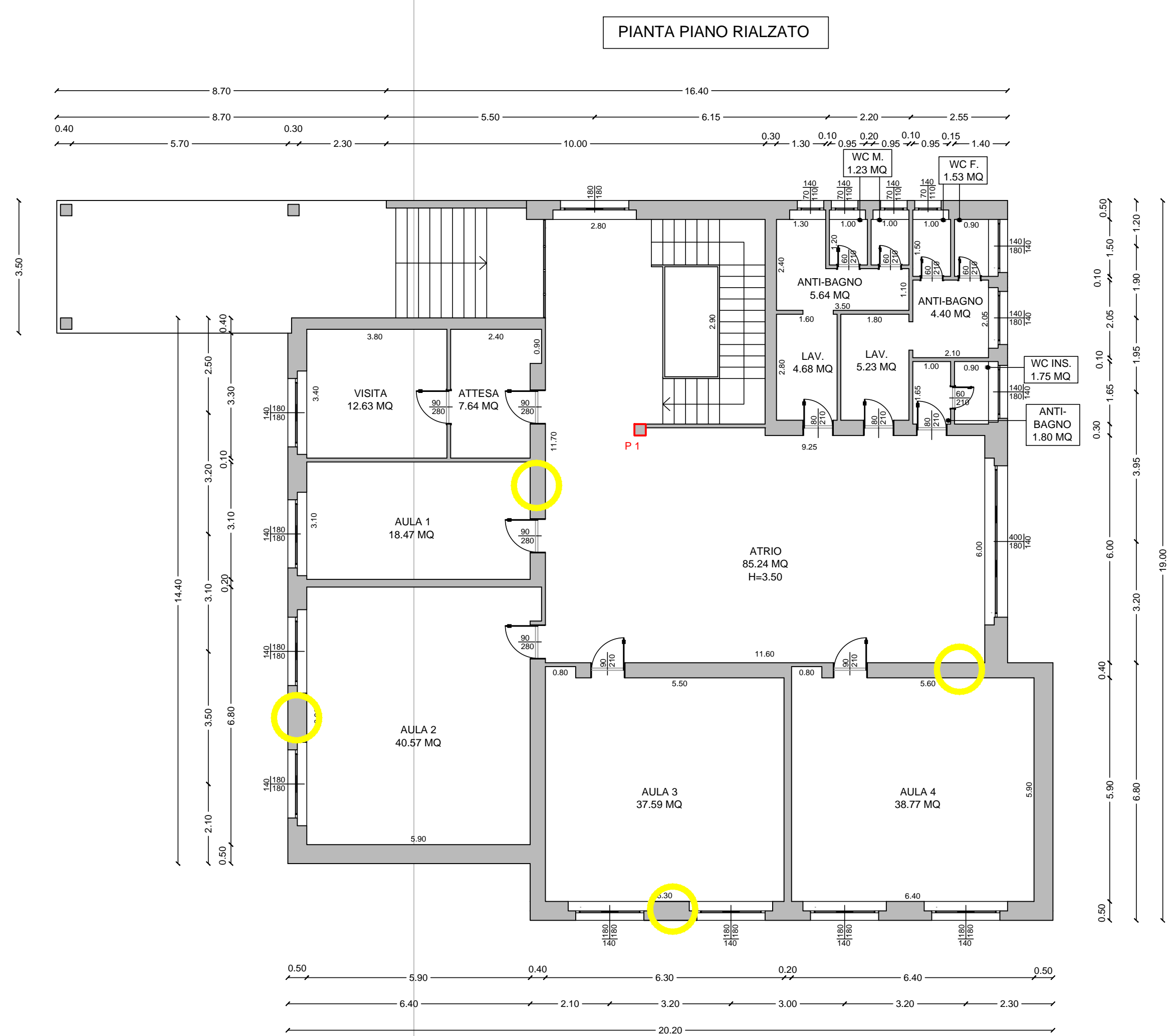
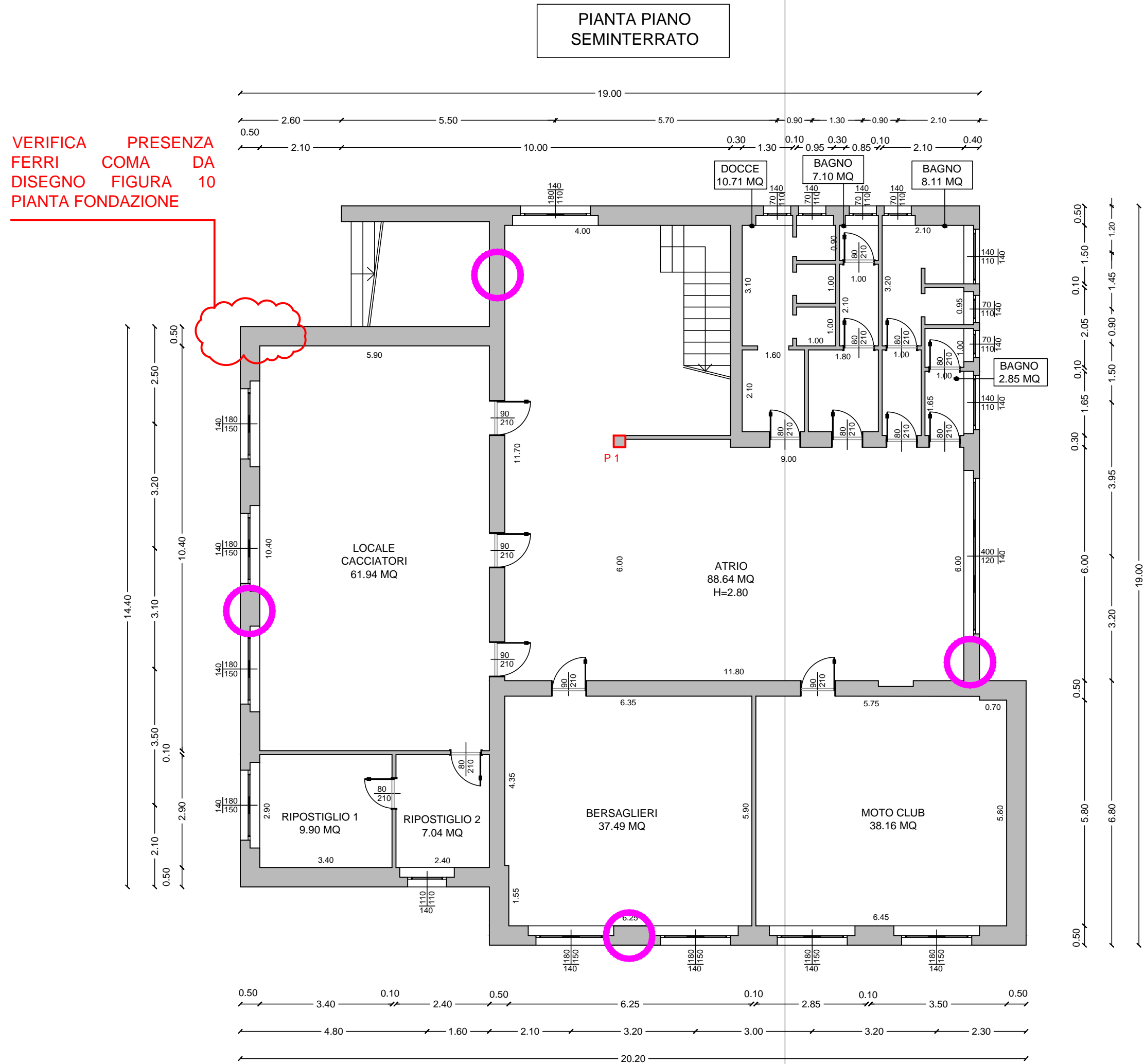
In base alla tipologia di edificio si assume $\zeta_{E_lim}= 0,800$

Come previsto dalla circolare al punto C8.4.3, “nel caso di semplici variazioni di classe e/o destinazione d’uso che comportino incrementi dei carichi in fondazione superiori al 10% è ammesso

un valore minimo $\zeta_E = 0,8$. E' assimilabile a tale situazione anche l'adeguamento sismico deciso dal proprietario a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione della sicurezza ...", è stato assunto come valore di verifica $\zeta_E = 0,8$.

La verifica non risulta superata, la condizione più gravosa si ha in corrispondenza della direzione [X] del sisma.

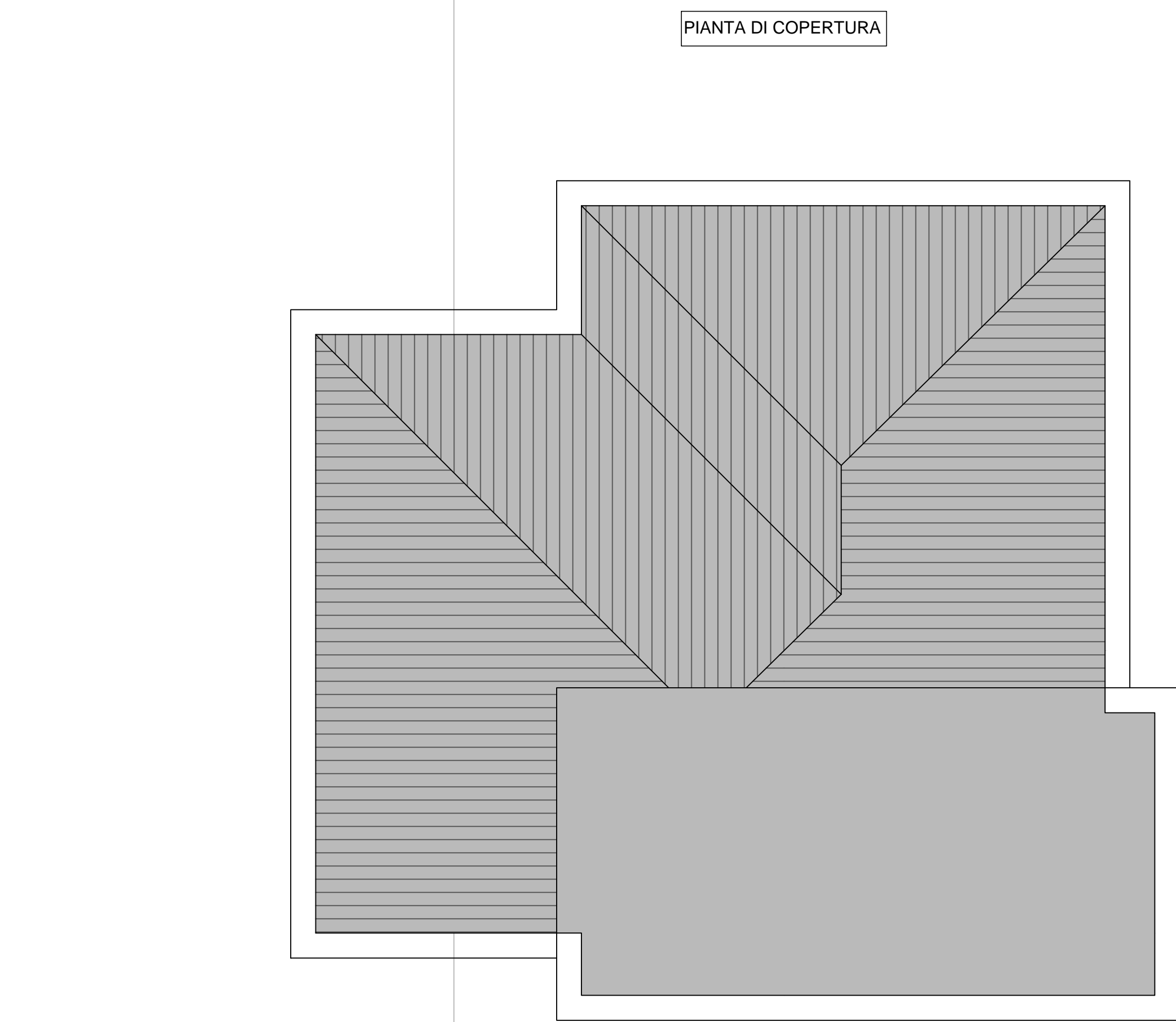
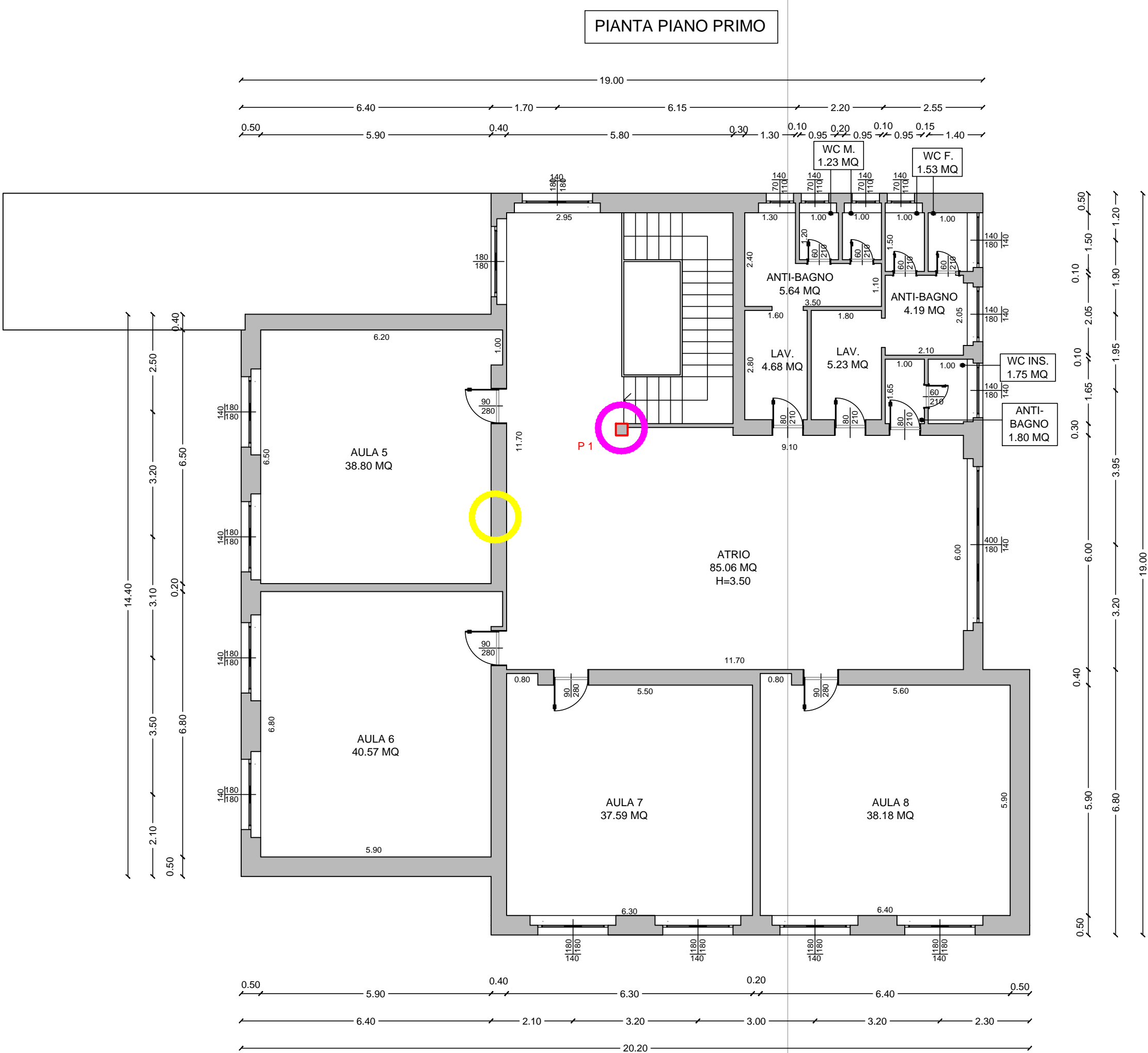
IL PROGETTISTA
ING. POCCHIA ROBERTO



CAROTAGGIO Ø 100 H=1,50 DA PAVIMENTO O
RICOSTRUZIONE PRECISA DELLA STRATIGRAFIA

CAROTAGGIO Ø 100 H=1,50 DA PAVIMENTO O
RICOSTRUZIONE PRECISA DELLA STRATIGRAFIA

Armature:
- prelievo barre acciaio min 3 spezzoni dalle travi del sottotetto (come da tavola originale);
- verifica presenza ferri in n.° e Ø (come da tavola originale) per il pilastro P1 al piano terra, piano primo e al piano seminterrato;
- una verifica per piano armature travetti solai per n.° e Ø con determinazione dello spessore totale del solaio e verifica della presenza della cappa superiore con il relativo spessore; se possibile eseguire un carotaggio Ø 100 passante



PROGETTISTA ING. ROBERTO POCCHIA Via IV Novembre, 29 Rudiano (BS) - 25030 T +39 030 642594 Fax +39 030 6846273 ing.pocchia@libero.it C.F. PCC RRT 76 R01 H926A P.IVA 03419100981	COMMITTENTE  COMUNE DI BAGNOLO MELLA Via IV Novembre, 2 25021 Bagnolo Mella (BS)								
									
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ ECONOMICA E TECNICA INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE, EFFICIENTAMENTO ENERGETICO, ACUSTICO E ADEGUAMENTO SISMICO EX EDIFICIO SCOLASTICO PROPRIETÀ COMUNALE DI VIALE STAZIONE/VIA LOMBARDIA CON RECUPERO SPAZZI INTERNI IN OTTEMPERANZA ALLE LINEE GUIDA INDIVIDUATE DAL D.M. 18 DICEMBRE 1975 CUP H61E2000039001 - CIG 866450608 Viale stazione/Via Lombardia, 2 - 25021 Bagnolo Mella (BS)								
TIMBRO E FIRMA 	 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia n. 4009 Sede operativa: Via Vittorio Emanuele II, 36 25030 Coccaio (BS) T. 030 642594 F. 030 6846273 C.F. PCC RRT 76 R 01 H926A - P.I. 03419100981 PEC: roberto.pocchia@ingepcc.eu Mail: ing.pocchia@libero.it								
TITOLO ELABORATO STATO DI FATTO - PIANTE PIANO SEMINTERRATO, RIALZATO, PRIMO E COPERTURA - SCHEMA PROVE PER CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI									
<table><tr><td>01</td><td>08/02/2022</td><td>SECONDA EMISSIONE</td><td>ING. POCCHIA ROBERTO</td></tr><tr><td>00</td><td>08/03/2021</td><td>PRIMA EMISSIONE</td><td>ING. POCCHIA ROBERTO</td></tr></table>		01	08/02/2022	SECONDA EMISSIONE	ING. POCCHIA ROBERTO	00	08/03/2021	PRIMA EMISSIONE	ING. POCCHIA ROBERTO
01	08/02/2022	SECONDA EMISSIONE	ING. POCCHIA ROBERTO						
00	08/03/2021	PRIMA EMISSIONE	ING. POCCHIA ROBERTO						
REV.	DATA	OGGETTO EDIZIONE	DIS.						
TAVOLA N. V		REV:	SCALA :						
STATO DI FATTO - PIANTE		00	1:100						

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto del proprietario. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.