



PROVINCIA DI MATERA

Area Tecnica

*Lavori di adeguamento sismico del Liceo Classico
"Duni" di Matera*

Lotto funzionale -CORPO B

Bando triennale 2018-2020-Edilizia Scolastica -MUTUI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA-ECONOMICA



ELABORATO:

1

DATA:

Giugno 2018

— **Relazione tecnica**

— **Planimetria della zona e piante dell'edificio**



PROGETTO REDATTO DA: *Area Tecnica della Provincia di Matera*

Il progettista

Ing. Michele PONTILLO

Il responsabile del procedimento

Ing. Angela Maria SASSO

Lavori di adeguamento sismico del Liceo Classico "Duni" di Matera - Lotto funzionale corpo B

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA-ECONOMICA

=====

Bando triennale 2018-2020-Edilizia Scolastica -MUTUI

RELAZIONE TECNICA

1.Premessa

L'Ufficio Regimi di Aiuto, Infrastrutture Sportive, Culturali e Ambientali del Dipartimento Politiche di Sviluppo, Lavori, Formazione e Ricerca della Regione Basilicata, in adempimento a quanto disposto dalla Delibera di Giunta Regione n.360 del 30/04/2018, in data 14 maggio 2018, ha pubblicato l'avviso pubblico finalizzato alla redazione del piano triennale 2018-2020 di interventi in materia di edilizia scolastica in attuazione del "Decreto del Ministro dell'Economia e delle Finanze di concerto con il Ministro dell'istruzione dell'Università e della Ricerca e con il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 03-01-2018 pubblicato sul G.U.R.I. del 04.04.2018 n.78".

Detto avviso prevede il finanziamento di interventi straordinari di ristrutturazione, miglioramento, messa in sicurezza, adeguamento sismico, efficientamento energetico di immobili di proprietà pubblica adibiti all'istruzione scolastica statale, nonché la costruzione di nuovi edifici scolastici pubblici e la realizzazione di palestre scolastiche nelle scuole o di interventi volti al miglioramento delle palestre scolastiche esistenti.

I Comuni e le Province della Regione Basilicata possono essere candidare proposte progettuali riguardanti edifici pubblici sia di proprietà che quelli per i quali abbiano l'onere della gestione e manutenzione destinati o da destinare a sede di istruzioni scolastiche statali.

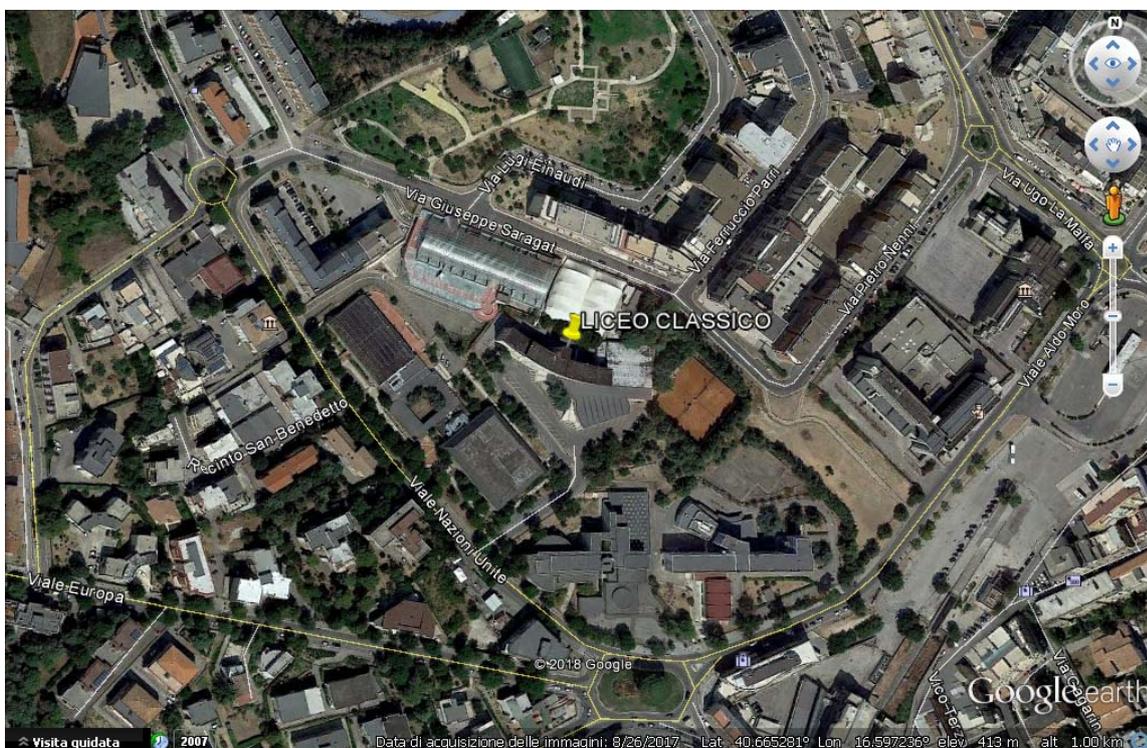
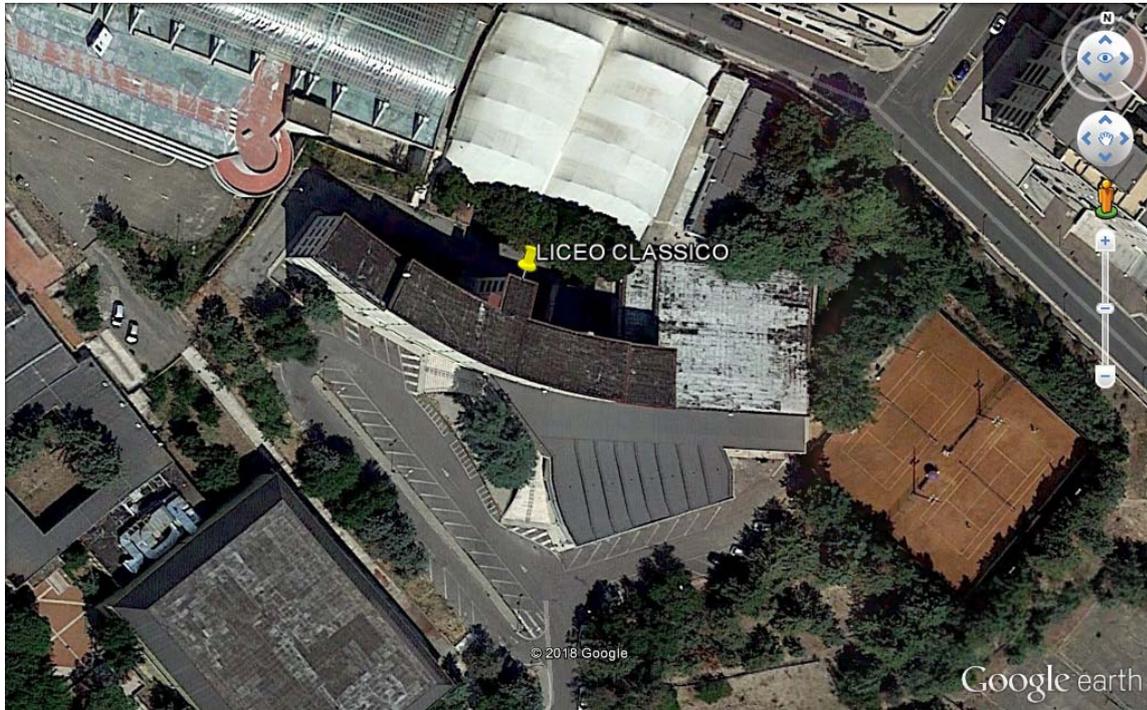
Tra gli edifici pubblici scolastici gestiti dalla Provincia di Matera vi è il Liceo Classico "E. Duni" ubicato in Viale della Nazioni unite di Matera.

Detto edificio scolastico, essendo stato costruito prima degli anni '70, necessita di adeguamento/miglioramento antisismico, oltre che di alcuni lavori necessari per l'acquisizione del certificato di agibilità.

Pertanto, il presente progetto di fattibilità, elaborato nel rispetto del D.Lgs n.50/2016 e dell'art.14 del DPR n.207/2010, ha la finalità di valutare e quantificare la fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico dell'edificio.

2.Descrizione dell'edificio

L'edificio pubblico scolastico oggetto del presente studio riguarda il Liceo Classico "Duni" ed è ubicato all'interno dell'abitato del Comune di Matera in Via delle Nazioni Unite. L'immobile non ricade in aree perimetrale dal PAI (Piano di assesto Idrogeologico) con livelli di pericolosità idrogeologica molto elevata ed elevata.



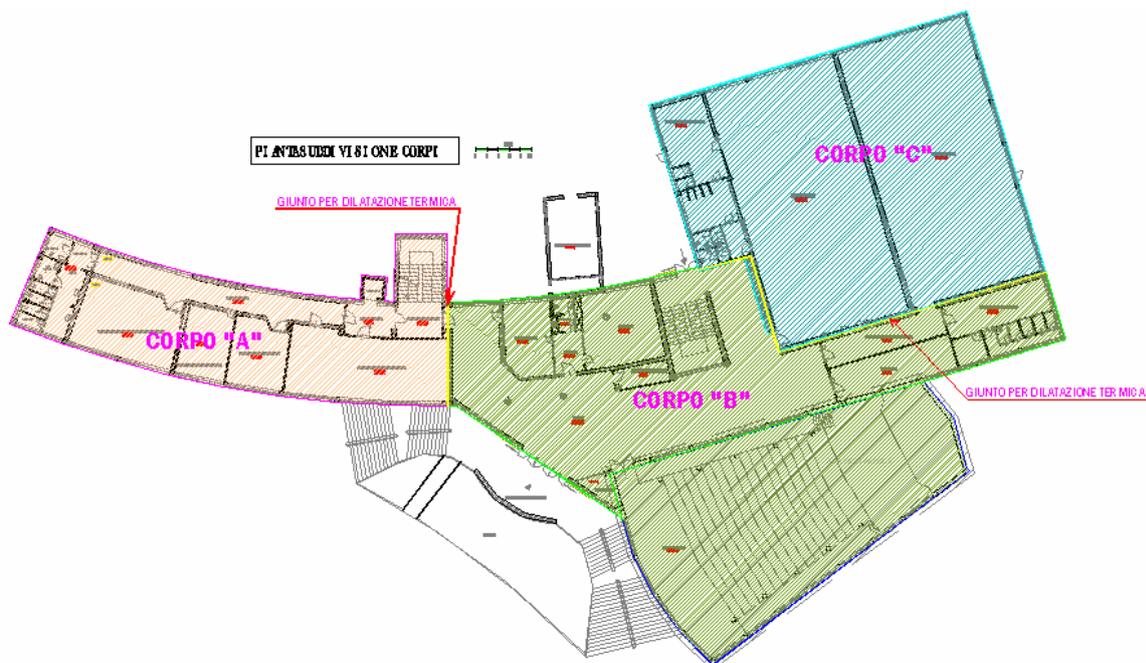
Ortofoto della zona



Planimetria

L'edificio è costituito da tre corpi di fabbrica strutturalmente indipendenti, adiacenti e comunicanti tra loro aventi la disposizione planimetrica di seguito individuata.





Pianta con indicazione corpi di fabbrica

✚ **Corpo A:** con una superficie coperta in pianta di circa 402 mq. è costituito da 6 piani, così suddivisi:

- piano seminterrato con una superficie utile pari a 337,15 mq dove è ubicato il laboratorio di fisica, la sala professori i servizi (w.c., corridoio e scale) ed un'aula pluriuso;
- piano rialzato con una superficie utile pari a 334,21 mq dove è ubicato il laboratorio linguistico, la biblioteca, le segreterie ed i (w.c., corridoio e scale);
- primo piano con una superficie utile pari a 322,18 mq dove sono ubicate 4 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- secondo piano con una superficie utile pari a 321,67 mq dove sono ubicate 5 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- terzo piano con una superficie utile pari a 314,73 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche il laboratorio di informatica ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- quarto piano con una superficie utile pari a 202,673 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale).



🚦 **Corpo B:** con una superficie coperta in pianta di circa 1000 mq. è costituito da 6 piani, così suddivisi:

- piano seminterrato con una superficie utile pari a 825,62 mq dove sono ubicati alcuni locali depositi e vai tecnici al rustico ed è ubicata la biblioteca con servizi;
- piano rialzato con una superficie utile pari a 918,46 mq è costituito dall'atro ingresso principale, la stanza del preside, la segreteria e servizi, il disimpegno e spogliatoio della palestra, un piccolo locale deposito e l'aula magna attualmente non agibile in quanto incompleta di alcune opere.
- primo piano con una superficie utile pari a 251,91 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- secondo piano con una superficie utile pari a 252,03 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- terzo piano con una superficie utile pari a 254,11 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale);
- quarto piano con una superficie utile pari a 173,10 mq dove sono ubicate 3 aule didattiche ed i relativi servizi (w.c., corridoio e scale).



🚧 **Corpo C:** con una superficie coperta in pianta di circa 710 mq che ospita due palestre ed i relativi spogliatoi e w.c.

Il corpo C è stato oggetto di un progetto di adeguamento sismico candidato al bando PON 2018 e quindi non è oggetto del presente studio.

Schema Strutturale

Dalle informazioni assunte e da un sopralluogo visivo è stato possibile accertare quanto segue in merito allo schema strutturale dell'edificio.

Il corpo A con una forma e leggermente curva è costituito da una struttura in conglomerato cementizio armato. Lo schema statico è di tipo classico con sistema portante composto da travi di piano e pilastri rettangolari/quadrati. I telai sono unidirezionali e la struttura è stata eseguita in opera ed i solai sono in c.a. e laterizi a travetti unidirezionali. L'edificio è costituito da complessivi 6 impalcati con orizzontamenti strutturali piani costituiti da solaio in latero-cemento. La fondazione è costituita da plinti rettangolari/quadrati e probabilmente collegati da travi in c.a.

Dall'epoca della costruzioni risulta che il corpo di fabbrica non è mai stato oggetto di alcun intervento di adeguamento/miglioramento sismico.

Il corpo B è costituito da una struttura in conglomerato cementizio armato ed ha una forma irregolare sia in altezza che in pianta. Difatti il corpo centrale del corpo B ha una forma pressochè rettangolare curva simile al corpo A, dove è stata ancorata sia l'aula magna con una struttura anch'essa in c.a ma geometricamente diversa e sia il corpo servizi-spogliatoi delle palestre.

Lo schema statico è di tipo classico con sistema portante composto da travi di piano e pilastri

circolari e rettangolari/quadrati. I telai sono unidirezionali e la struttura è stata eseguita in opera ed i solai sono in c.a. e laterizi a travetti unidirezionali. Il corpo centrale è costituito da complessivi 6 impalcati con orizzontamenti strutturali piani costituiti da solaio in latero-cemento. La fondazione è costituita da plinti rettangolari/quadrati e probabilmente collegati da travi in c.a.

Il corpo aula magna è costituito da un unico impalcato e dalla sottostante gradinata inclinata sorretta da alcuni pilastri circolari. Il corpo servizi-spogliatoi è costituito da due impalcati.

Dall'epoca della costruzioni risulta che il corpo di fabbrica non è mai stato oggetto di alcun intervento di adeguamento/miglioramento sismico ad eccezione di alcune fasciature con fibra di carbonio dei pilastri circolari sottostanti la gradinata dell'aula magna.

Caratteristiche dei Materiali

L'edificio in oggetto non è stato oggetto di studio della vulnerabilità sismica, e pertanto non si conoscono le caratteristiche dei materiali (calcestruzzo e ferro).

In considerazione dell'anno di costruzioni si pensa che sia stato impiegato un acciaio del tipo "liscio" con caratteristiche definite dalla normativa vigente in materia all'epoca della progettazione, precisamente dal Regio Decreto Legge del 16 novembre 1939 n. 2229 "Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice o armato", in particolare dall'art.17 del suddetto decreto il quale definisce le caratteristiche che deve possedere l'armatura per il conglomerato.

In particolare essa può essere costituita da acciaio dolce (o omogeneo), o semiduro o duro, in barre tonde. Per l'acciaio dolce (ferro omogeneo) è previsto un carico di rottura a trazione di valore compreso fra 42 e 50 kg/mm²; il limite di snervamento non deve essere inferiore a 23 kg/mm²; l'allungamento a rottura non inferiore al 20% di quello in fase di esercizio.

Per quanto riguarda il calcestruzzo si può ipotizzare una resistenza compresa tra 8-25 N/mm², a cui va aggiunta una avanzata e profonda carbonatazione del calcestruzzo.

Indice di rischio

Non avendo un indice di rischio calcolato secondo le norme vigenti NTC 2018, lo stesso è stato determinato secondo l'allegato A del bando triennale.

Nel caso specifico si hanno i seguenti DATI:

EDIFICIO SCOLASTICO:

LICEO CLASSICO "DUNI"

COMUNE DI

MATERA

VIA	DELLE NAZIONI UNITE	
ATTUALE ZONA SISMICA	3	
ANNO DI PROGETTAZIONE	1965	
ZONA SISMICA ALL'EPOCA DELLA PROGETTAZIONE	nc	
ANNO DI ADEGUAMENTO	///////	
ZONA SISMICA ALL'EPOCA DELL'ADEGUAMENTO	///////	
SISTEMA COSTRUTTIVO	c.a.	
STRUTTURA VERTICALI	a telaio in una direzione	
STRUTTURA ORIZZONTALI	\\\\\\\\\\\\\\\\	
CARENZE	Irregolarità in pianta ed altezza	
LATIDUDINE EST (grd)	40,66605	
LONGITUDINE NORD (grd)	16,59732	
VITA NOMINALE	50 anni	
CLASSE D'USO	III	
CATEGORIA SUOLO	C	
COEFFICIENTE TOPOGRAFICO	1	

RISULTATI:

$a_{g,d}/g =$	0,161
$S_d =$	1,37
$a_{g,c} * S_c / g =$	0,06

Tabella 3

F_r =Fattore riduttivo

0,80

Tabella 4

Pertanto l'indice di rischio è pari a :

$$I_r = (F_r * S_c * a_{g,c} / g) / (S_d * a_{g,d} / g) = \boxed{0,218}$$

Essendo **l'indice di rischio inferiore a 0,60** è confermato che l'edificio necessita di adeguamento sismico, per cui occorre prevedere gli interventi necessari di adeguamento, che di seguito vengono descritti.

3. Interventi di adeguamento

3.1. Norme di Progetto

Per l'adeguamento dei corpi di fabbrica si è fatto riferimento ad entrambe le normative: sismica e di edilizia scolastica vigenti, nonché ai criteri progettuali delle attività che si svolgono nelle scuole medie inferiori con particolare riguardo al contenuto del D.M. 18/12/1975.

Le norme di riferimento per tutte le fasi di progetto sono le seguenti:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018 -Aggiornamento delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”; pubblicato sulla gazzetta ufficiale n.42 del 20/02/2018;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- NUOVA CIRCOLARE per le Norme Tecniche sulle Costruzioni: “Circolare del 2 febbraio 2009 n°617 pubblicato su S.O. n°27 della Gazzetta Ufficiale il 26 febbraio 2008 al n° 47.”
- “Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a., normale e precompresso e per le strutture metalliche” legge 05.11.1971 n.1086.
- REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008)
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno
- Legge 02.02.1974 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche”.
- Leggi Regionali del 29.11.1982 n.40 e del 06.08.1997 n.38.
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50. “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia,

dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”;

- Le Linee guida emesse dall’Autorità Nazionale Anticorruzione fino alla data odierna;
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» per la parte ancora vigente;
- D.L.vo 09.04.2008 n. 81 e s.m.i.: “Attuazione dell’art. 1 della Legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- D.P.R. 3 Luglio 2003 n. 222: “Regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili, in attuazione dell’art. 31, comma 1, della Legge 11 febbraio 1994 n. 109”;
- D.P.R. 6 Giugno 2001 n. 380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”
- D.M. 18/12/1975 n. 18: Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.
- D.M. 26 agosto 1992 Norme di prevenzione incendi per l’edilizia scolastica.
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 1° agosto 2011, n. 151. “Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell’articolo 49, comma 4 -quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122”
- Leggi, Decreti, Regolamenti e Circolari Ministeriali emanate e vigenti alla data di esecuzione dei lavori;
- Leggi, Decreti, Regolamenti e Circolari emanate e vigenti, per i rispettivi ambiti territoriali, nella Regione, Provincia e Comune in cui si eseguono le opere oggetto dell’appalto;
- Normative tecniche di settore e relative a vincoli di qualsiasi natura.

3.2. Interventi di adeguamento sismico

A causa del crescente deterioramento delle infrastrutture frequentemente combinato con il bisogno per il miglioramento strutturale di soddisfare requisiti di progetto più rigidi (specialmente a riguardo dei carichi sismici), l’adeguamento strutturale è diventato sempre più importante e riscuote oggi rilievo considerevole in tutto il mondo.

L’ingegneria sismica è un campo giovane della scienza applicata multidisciplinare, che si è sviluppata negli ultimi cinquanta anni con notevole progresso. Risultati significativi nella sismologia, nella geotecnica e nell’ingegneria strutturale sono stati conseguiti nell’accumulo

dell'ampia conoscenza di base per produrre la sicurezza delle strutture contro i rischi sismici. Questa conoscenza è stata convertita con successo in metodi di analisi, procedure di progetto e tecniche costruttive che sono regolate dalle norme sismiche e dagli standard nei paesi soggetti al sisma.

I terremoti dimostrano la vulnerabilità degli edifici esistenti nelle regioni sismiche i fabbricati pericolosi, più vecchi, sono responsabili della perdita di migliaia di vite, e del significativo danno economico. Gli edifici esistenti sottostandard sono più numerosi dei nuovi fabbricati sicuri nelle regioni urbanizzate esposte al rischio sismico. Pertanto, l'attenzione nell'ingegneria sismica dovrebbe focalizzarsi maggiormente sull'esistente che non sui nuovi fabbricati, per rendere accettabili soluzioni per le società esposte al terremoto. Il recupero sismico è emerso come il principale tema nell'ingegneria sismica ed è diventato un campo di ricerca di spicco nelle nazioni sottoposte a considerevole rischio sismico.

La vulnerabilità di molte strutture esistenti può essere dovuta ai difetti del sistema strutturale e ai dettagli non duttili. Le deficienze comuni nel sistema strutturale sono da imputare a discontinuità di forza e di rigidità; irregolarità di massa verticale e orizzontale; trave forte colonna debole; eccentricità.

Come innanzi specificato, non è stato effettuato in precedenza lo studio della vulnerabilità sismica, e quindi per lo studio di fattibilità in oggetto gli elementi tecnici in possesso possono essere sufficienti per dare un primo giudizio e stimare la somma necessaria per adeguare la struttura.

Prima di procedere alle successive fasi di progettazione (definitiva ed esecutiva), al fine di acquisire ulteriori informazioni sulle strutture dei corpi di fabbrica in questione, occorre procedere ad una campagna di indagini sui materiali che costituiscono le strutture, effettuare delle prove di carico sui solai, al rilievo geometrico e strutturale dell'edificio, all'esecuzione di prove pacometriche e saggi per determinare la quantità di armatura presente al fine di modellare la struttura e, solo successivamente, procedere alla progettazione per l'adeguamento sismico.

L'adeguamento sismico dei corpi di fabbrica A e B dovrà innanzi tutto prevedere interventi che consentano l'incremento dell'ampiezza dei giunti tra i vari corpi di fabbrica che ad oggi risulta di pochi centimetri. Tali interventi consistono nel ricostruire e/o spostare i telai di bordo in modo tale da avere un'adeguata ampiezza dei giunti.

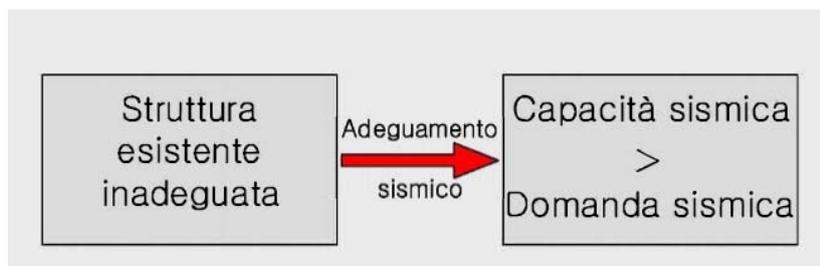
Le strutture esistenti realizzate prima degli anni settanta mostrano normalmente i seguenti dettagli non duttili:

- Inadeguata capacità a taglio della colonna. Questo è dovuto alla mancanza di sufficiente armatura trasversale nelle colonne per offrire resistenza a taglio e confinamento. Le staffe nelle colonne consistono spesso di un solo coppia con un gancio a novanta gradi, e con

passo, nella zona centrale, di 300-450mm:

- Inadeguati giunti di sovrapposizione. La sovrapposizione delle barre di armatura della colonna è localizzata solo sopra il livello di piano per convenienza costruttiva; questa ubicazione è nella regione di momenti massimi e sollecitazioni più alte nella colonna a causa dei carichi laterali. I giunti di sovrapposizione della colonna sono, di solito, progettati in compressione e tipicamente non confinati con staffe con passo breve; ciò può condurre alla rottura dell'ancoraggio delle barre giuntate;
- Inadeguata resistenza a taglio del nodo. Questo è dovuto all'insufficienza o all'assenza di armatura trasversale nella regione nodale. E' più probabile che si rompano per taglio i nodi trave-colonna esterni rispetto a quelli interni che sono confinati dalle quattro travi connesse alla colonna;
- Inadeguato ancoraggio dell'armatura positiva della trave al nodo trave-colonna. Le barre all'interno della trave, negli edifici in oggetto, sono tipicamente interrotte all'interfaccia col pilastro o al più continuate per 150mm nel nodo trave-pilastro. Per effetto del carico laterale, si può avere il pull-out delle barre inferiori;
- Inadeguata resistenza a taglio della trave. Le staffe sono spesso calcolate per il taglio prodotto dai carichi gravitazionali e, quindi, ampiamente distanti. Le cerniere plastiche che si creano agli estremi della trave sono, perciò, poco confinate.

L'adeguamento sismico consiste nella realizzazione di interventi volti a far sì che la capacità della struttura in esame di resistere al terremoto sia almeno pari alla domanda che il moto sismico del suolo produce.



Per strategia di adeguamento sismico si intende generalmente l'approccio base adottato per migliorare la probabile prestazione sismica di un edificio. Si dicono sistemi, invece, le specifiche tecniche che possono adottarsi per realizzare una particolare strategia. Tra le strategie è poi utile distinguere le cosiddette strategie tecniche, volte ad aumentare la capacità dell'edificio di resistere al sisma e/o a ridurre la domanda, dalle strategie di gestione che attengono, invece, più in generale, alle modalità operative e logistiche in cui ciascun intervento può essere implementato e alla gestione, appunto, dell'edificio nel suo complesso.

[3.2.1.Strategie tecniche](#)

Le tecniche più usate tra le strategie di adeguamento sismico sono:

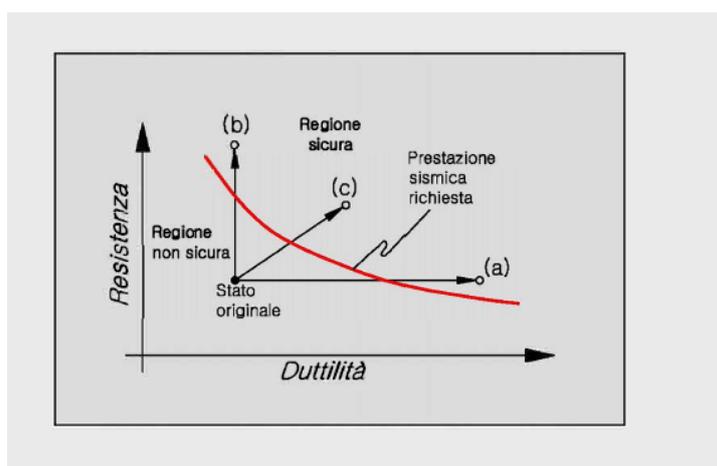
🚧 Tecniche di intervento locale

- Incremento di sezione ed armature
- Rinforzo con incamiciatura d'acciaio
- Rinforzo con materiali fibrorinforzati (FRP)

🚧 • Tecniche di intervento globale

- Inserimento di pareti sismoresistenti in e.a. o prefabbricate. In questo caso, occorre un rinforzo dei plinti di fondazione
- Inserimento di controventi metallici (concentrici o eccentrici) per avere l'irrigidimento dei telai con strutture reticolari metalliche
- Tecniche di protezione sismica (isolamento alla base e dissipazione di energia).

Ciascun intervento di adeguamento volto ad aumentare la capacità sismica può essere, in generale, orientato secondo tre diverse filosofie: come illustrato graficamente, un intervento strutturale può essere teoricamente teso ad aumentare solo la duttilità (a), solo la resistenza (b) o entrambe tali caratteristiche globali dell'edificio (c).



Tecniche di intervento locale

Se dalla valutazione sismica dell'intero edificio, si identificano carenze in alcuni componenti allora si può optare per la loro sola modifica. I singoli elementi esistenti possono essere modificati per migliorare la resistenza sismica e/o la capacità deformativa a livello globale. In tali casi, la trasformazione di membrature scelte può essere ritenuta necessaria per una uniforme e bilanciata distribuzione di piano delle rigidità laterali, o per rimuovere le carenze degli elementi per carichi verticali, o semplicemente per supplire alle misure di miglioramento globale.

Molte tecniche di adeguamento modificano allo stesso tempo, intenzionalmente o inevitabilmente, più di una delle proprietà o parametri caratterizzanti la risposta dei componenti: la rigidità, la resistenza (forza-resistenza), la capacità deformativa, la capacità di dissipare energia. Dal punto di vista applicativo, il cambiamento di elementi verticali (colonne o pareti) per

gli obiettivi dell'adeguamento sismico è più facile di quello degli elementi orizzontali (travi o solai). Inoltre, gli elementi verticali sono molto più critici per la resistenza al terremoto e la stabilità dell'edificio di quelli orizzontali.

Per queste due ragioni, la modifica degli elementi verticali per l'adeguamento sismico è di gran lunga più comune di quella dei componenti orizzontali. In aggiunta, il consolidamento delle componenti orizzontali è più interessante per i carichi gravitazionali che per le azioni sismiche, come spesso avviene quando un cambio di destinazione d'uso incrementa i carichi accidentali di progetto.

[Incremento di sezione e armature: incamiciatura in cemento armato](#)

L'incamiciatura in cemento armato è stata, negli ultimi due o tre decenni, la tecnica maggiormente utilizzata per l'adeguamento sismico degli elementi esistenti. Il suo utilizzo è dovuto a:

- La dimestichezza degli ingegneri e delle imprese costruttrici in tale intervento;
- L'idoneità dell'incamiciatura in c.a. per la riparazione dei seri danni sismici, compreso lo schiacciamento del calcestruzzo, locale o esteso, o addirittura l'instabilizzazione delle barre e la frattura delle staffe;
- La versatilità del rinforzo in c.a. e la sua capacità ad adattarsi a quasi tutte le forme desiderate (si possono inglobare completamente gli elementi esistenti e si riesce a garantire la continuità tra gli elementi);
- La capacità di un'incamiciatura in c.a. di avere, attraverso l'appropriato rinforzo, più effetti sull'elemento: rigidità, resistenza a flessione, rigidità a taglio, capacità deformativa e continuità del rinforzo nell'ancoraggio o nelle zone giuntate.

La molteplice efficacia dell'incamiciatura in c.a. è ciò che la differenzia dalle altre tecniche di rinforzo sismico locale. Questa tipologia di rinforzo può essere applicata a pilastri o pareti (l'intervento su travi è poco frequente) per avere aumento della capacità portante verticale, aumento della resistenza a flessione e/o taglio, aumento della capacità deformativa e miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

L'incamiciatura di pilastri e pareti è fatta tipicamente con un rivestimento di calcestruzzo gettato in situ. Il ringrosso può alloggiare armature longitudinali e trasversali per incrementare la resistenza a flessione e a taglio degli elementi, aumentare la capacità deformativa attraverso il confinamento e l'azione stabilizzante e migliorare la resistenza delle giunture con sovrapposizione insufficiente.

L'incamiciatura in cemento armato delle colonne per incrementare la resistenza a flessione è un conveniente e comodo metodo per convertire il sistema colonna debole-trave forte in una colonna forte-trave debole.

Per provvedere all'adeguato rivestimento della nuova armatura e per permettere l'alloggiamento delle staffe, lo strato di calcestruzzo deve essere almeno 75-100mm. Attorno alle barre longitudinali, si pone una staffatura chiusa perimetrale per provvedere alla resistenza a taglio, a vincolare le barre longitudinali rispetto all'instabilità e confinare il calcestruzzo. Se lo scopo dell'incamiciatura in c.a. è limitato all'incremento della resistenza a taglio e della capacità deformativa dell'elemento, e al rimedio di insufficienze nelle sovrapposizioni senza alcun ampliamento di resistenza a flessione, allora non è necessario che la camicia continui, attraverso il solaio, al piano superiore, ma si deve fermare a circa 10 mm dal solaio. Ai fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

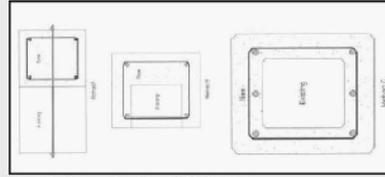
- L'elemento incamiciato si comporta monoliticamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- Si trascura il fatto che il carico assiale è applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento, e si considera che esso agisca sull'intera sezione incamiciata;
- Le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive:
 - si considera come resistenza del calcestruzzo della sezione quella del calcestruzzo dell'incamiciatura, inclusa la parte in cui sono ancorate le armature vecchie e nuove;
 - l'armatura longitudinale della colonna incamiciata è considerata, principalmente, quella della camicia
 - per il confinamento, bisogna considerare solamente le staffe trasversali nella camicia. Per il calcolo della resistenza a taglio, l'armatura trasversale esistente viene considerata solo nel caso di pareti

Tuttavia, questa tipologia di rinforzo ha indubbi svantaggi rispetto alle altre tecniche di rinforzo degli elementi:

- Le dimensioni della sezione subiscono un notevole incremento, che può essere un grave inconveniente nel caso di colonne o pareti in edifici di superficie ridotta;
- E' peggiore di altre tecniche per l'interruzione della fruibilità, la produzione di polveri e macerie

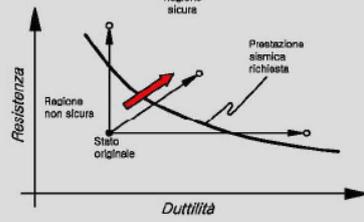


Realizzazione di una incamiciatura in c.a.



Tre metodi di applicazione della strategia

RINFORZO CON INCAMICIATURA IN C.A.



EFFETTI LOCALI:
Incremento rigidezza e resistenza;
eventualmente duttilità.

EFFETTI GLOBALI:
Modifica della risposta sismica. Se applicate ai pilastri, sposta la richiesta plastica verso le travi.

COSTO RELATIVO: basso

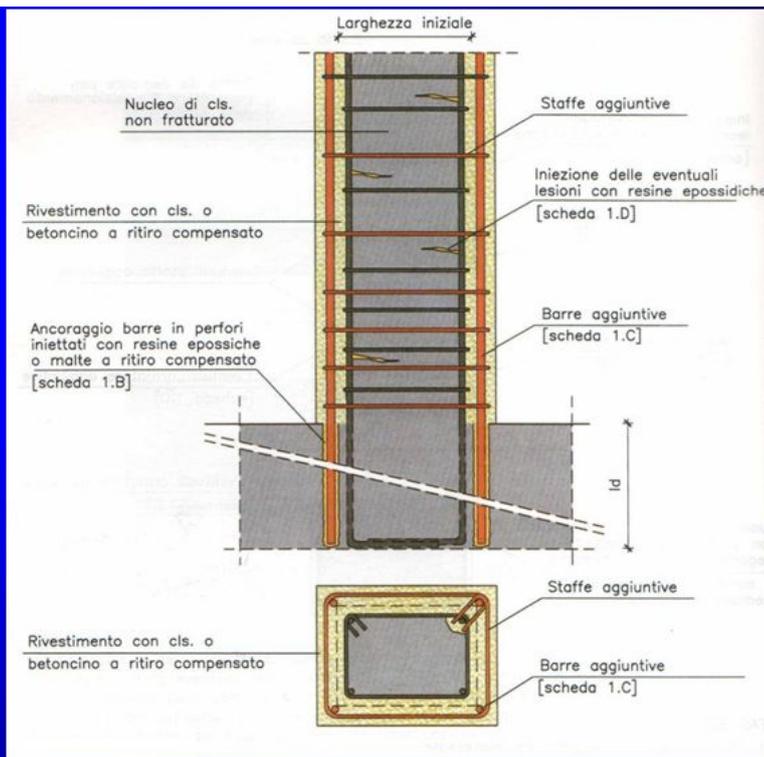
DISTURBO: medio - alto

LIVELLO TECNOLOGICO: basso



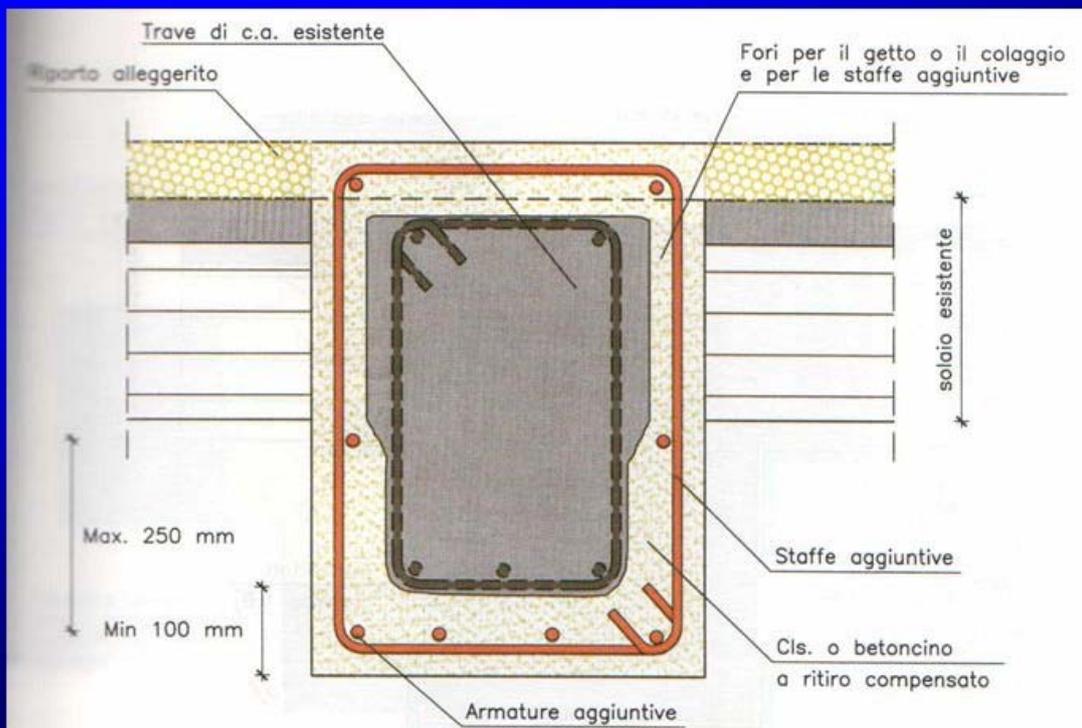
PILASTRI

Incamicatura con nuove armature



TRAVI

Incamicatura totale con nuove armature



[Rinforzo con incamiciatura di acciaio](#)

Anche questo intervento, come il precedente, è in genere eseguito su pilastri e pareti per ottenere l'aumento della resistenza a taglio, l'aumento della capacità deformativa, il miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione, e l'aumento della capacità portante verticale a pressoflessione (confinamento). Si possono avere due tipi di incamiciatura completa, piuttosto rara, e discontinua, costituita da quattro profili angolari collegati da piastre saldate (calastrelli); gli angolari possono essere fissati con resine epossidiche e/o con tasselli metallici, i calastrelli possono essere preriscaldati o presolleccati per conferire al rinforzo un'azione di confinamento.

Il contributo della camicia alla resistenza a taglio può essere considerato aggiuntivo alla resistenza preesistente purchè la camicia rimanga interamente in campo elastico. Tale condizione è necessaria affinché essa limiti l'ampiezza delle fessure e assicuri l'integrità del conglomerato, consentendo il funzionamento del meccanismo resistente dell'elemento preesistente.





Il rinforzo con incamiciatura in acciaio è una tecnica più costosa dell'incamiciatura in c.a.. E' tuttavia, veloce e efficace se c'è bisogno dell'uso immediato della struttura dopo un terremoto dannoso, o dove c'è il rischio di collasso della struttura.

[Rinforzo con materiali fibrorinforzati \(FRP\)](#)

Nel rinforzo delle strutture in c.a. è largamente usata la fasciatura esterna con polimeri fibrorinforzati (FRP). Con la sigla FRP si fa riferimento ai materiali fibrosi a matrice polimerica costituiti da fibre continue in carbonio(CFRP), vetro (GFRP) o aramide (AFRP). Questi abbinano ad una resistenza meccanica superiore a quella degli acciai armonici, la possibilità di raggiungere valori del modulo elastico fino a tre volte quelli degli stessi acciai. Le prime applicazioni sono state fatte per il consolidamento a fronte di azioni non sismiche. Ciononostante, il loro alto rapporto resistenza-peso, l'inattaccabilità alla corrosione e la facilità di applicazione hanno fatto del rinforzo con FRP la scelta di progetto in un numero sempre crescente di interventi di rinforzo sismico, malgrado il costo relativamente alto dei materiali. Il più importante aspetto nel rinforzo sismico con FRP è il rinforzo a taglio e l'incremento di confinamento. La tecnica di intervento consiste sostanzialmente nell'applicazione, per mezzo di resine epossidiche bicomponenti, di nastri in fibre di carbonio (CF) o di vetro (GF) sulle superfici degli elementi strutturali che, per l'applicazione di carichi esterni, subiranno la massima deformazione per trazione del tensore di deformazione. Le prove condotte su modelli e le esperienze acquisite da anni nell'esecuzione di interventi in vera grandezza confermano la validità della tecnica introdotta sia per rinforzi a flessione sia a taglio, nei casi di:

1. Rinforzo a flessione di solette e solai.
2. Rinforzo a flessione di travi.

3. Rinforzo a taglio di travi.
4. Rinforzo a flessione e a pressoflessione di pilastri.
5. Rinforzo a taglio di pilastri.

L'applicazione di elementi resistenti (FRP) nella zona tesa di strutture inflesse comporta in generale tre benefici:

- ➔ Riduzione della freccia in condizioni di servizio;
- ➔ Incremento della capacità portante;
- ➔ Protezione dello stato fessurativo del conglomerato ed incremento di durabilità.

Gli interventi realizzati con FRP garantiscono quattro qualità fondamentali:

- ✳ Leggerezza del rinforzo;
- ✳ Conservazione della forma originaria dell'elemento rinforzato;
- ✳ Rapidità di esecuzione;
- ✳ Elevata durabilità del composito.

L'intervento di adeguamento sismico attraverso FRP deve essere effettuato, però, dopo aver eliminato gli errori grossolani; con tale tecnica, infatti, non si possono risanare le forti irregolarità degli edifici in termini di resistenza e/o rigidità. In quanto selettiva, la strategia di intervento con FRP deve mirare all'eliminazione di tutti i meccanismi di collasso di tipo fragile, di tutti quelli di collasso di piano ("piano soffice"), al miglioramento della capacità deformativa globale della struttura incrementando, ad esempio, la duttilità delle potenziali cerniere plastiche senza variane la posizione. Tra i meccanismi di collasso di tipo fragile si annoverano il taglio, le zone di sovrapposizione, lo svergolamento delle barre longitudinali e le crisi dei nodi. Nel caso di rinforzo a taglio con FRP, sono consentite unicamente le configurazioni ad U o in avvolgimento e i rinforzi la cui direzione di maggior resistenza sia ortogonale all'asse longitudinale dell'elemento.

Nei pannelli dei nodi non confinati, il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione va eseguito tenendo conto del contributo dell'FRP nella direzione delle tensioni principali di trazione e limitando la deformazione massima del rinforzo allo 0,4%. Il rinforzo, comunque, è efficace solo se le estremità sono perfettamente ancorate opportunamente.

I meccanismi di collasso di piano possono attivarsi a seguito della formazione di cerniere plastiche sia in testa che al piede di tutti i pilastri di quel piano: l'intervento deve essere, pertanto, finalizzato ad incrementare in tali zone la resistenza a flessione composta per inibire la formazione delle cerniere. Il confinamento in FRP su elementi presso inflessi consente di incrementare la duttilità ed in misura ridotta la resistenza.

Il comportamento strutturale è condizionato dall'adesione del composito al supporto da rinforzare. L'adesione dipende da molte variabili, tra le quali:

- ✳ Caratteristiche meccaniche e degrado del supporto;

- ✱ Presenza di stati fessurativi preesistenti sul supporto;
- ✱ Caratteristiche meccaniche dei materiali di rinforzo;
- ✱ Geometrie e rigidzze degli elementi che interagiscono (elemento strutturale da rinforzare, resina per l'applicazione, nastri o lamine),
- ✱ Preparazione delle superfici del supporto e dell'elemento di rinforzo;
- ✱ Condizioni ambientali a breve termine ;
- ✱ Condizioni ambientali durante l'intervento;
- ✱ Condizioni ambientali a lungo termine.

E' importante rispettare le lunghezze minime di incollaggio del FRP sulla superficie di applicazione. Una prima indicazione di massima può essere la seguente:

- ✱ lunghezza minima di incollaggio tra strati sovrapposti di FRP: $LR > 200 \text{ mm}$
- ✱ lunghezza minima di incollaggio tra FRP e calcestruzzo: $Lcf > 550 \text{ mm}$

E' importante limitare il numero di strati di FRP incollabili in sovrapposizione. E' stato infatti verificato che, quando ci si avvicina al limite ultimo del materiale, si genera un fenomeno di delaminazione dei vari strati a causa dell'insorgere di tensioni normali alla superficie di incollaggio, crescenti con il numero degli strati e massime all'estremità dell'incollaggio. Normalmente si raccomanda di non sovrapporre più di 10 strati di FRP.





Tecniche di intervento globale

I metodi di intervento globale possono rappresentare una strategia più efficiente in termini di costo rispetto al miglioramento generale dei componenti esistenti, specialmente se si considerano lo sconvolgimento dell'occupazione e la demolizione e la sostituzione dei tramezzi, delle finiture architettoniche e di altri componenti non strutturali.

[Inserimento di pareti sismoresistenti in c.a.](#)

Uno dei più comuni metodi usati per il consolidamento delle strutture esistenti è l'aggiunta di pareti a taglio. Queste sono estremamente efficienti nel controllo degli spostamenti globali laterali, fino a ridurre i danni negli elementi intelaiati. Il più conveniente modo di introdurre le nuove pareti a taglio è inserirle tra gli elementi esistenti. Se la parete occupa l'intera lunghezza della campata, incorpora le travi e le due colonne. Vengono, inoltre, usati, per ridurre il tempo e il disturbo, i pannelli prefabbricati. La completa continuità tra i diversi livelli della parete incrementa la resistenza, mentre il corretto ancoraggio delle barre per delimitare le travi consente grandi deformazioni. E' necessario attaccare con connettori speciali il pannello inserito alle travi e alle colonne esistenti, per ancorare il nuovo elemento nell'intelaiatura esistente. Preferibilmente la nuova parete dovrebbe essere sufficientemente spessa per inglobare le travi e le colonne esistenti. In questo caso devono essere fatti dei buchi nell'impalcato per consentire il passaggio delle armature verticali da un piano all'altro. Sia che la nuova parete incapsuli o meno le travi esistenti, si possono incorporare le colonne esistenti perché normalmente non hanno una capacità deformativa sufficiente, dovuta, ad esempio, alla carenza di confinamento. Il progetto della sezione dei setti è determinato dal valore della rigidezza richiesta. Le pareti aggiunte sono tipicamente progettate come per le nuove strutture, in modo da avere cerniere plastiche a

flessione solo alla loro base.

Le pareti, inoltre, hanno capacità a taglio lungo la loro altezza e sono sovradimensionate a flessione sopra la regione della cerniera plastica, per garantire che l'inelasticità o la prematura rottura non abbia luogo altrove nella parete prima della plasticizzazione della cerniera alla base e che la nuova parete rimanga elastica oltre la zona della cerniera plastica. Bisogna assicurare il passaggio delle forze di inerzia dai piani alle nuove pareti a mezzo di elementi connettori. L'applicazione di questa tecnica a un singolo o a più piani danneggiati, può causare rischiose irregolarità di resistenza. Realizzazione di una parete di taglio in e.a. per l'adeguamento sismico di un edificio esistente



Fondazioni dovute all'aggiunta di pareti

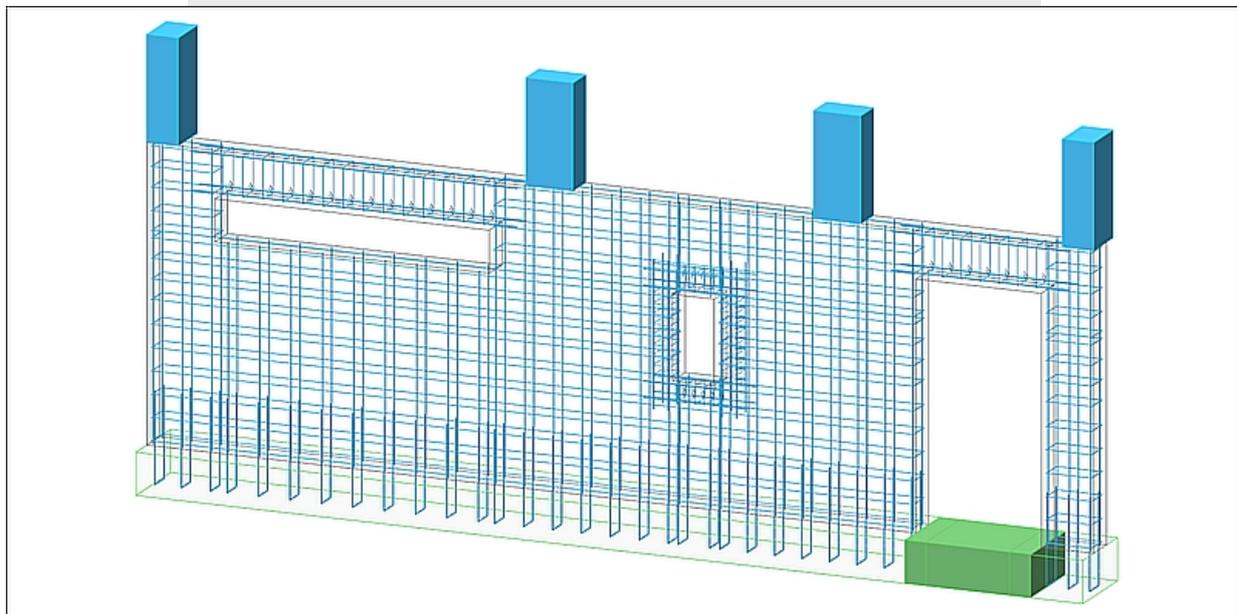
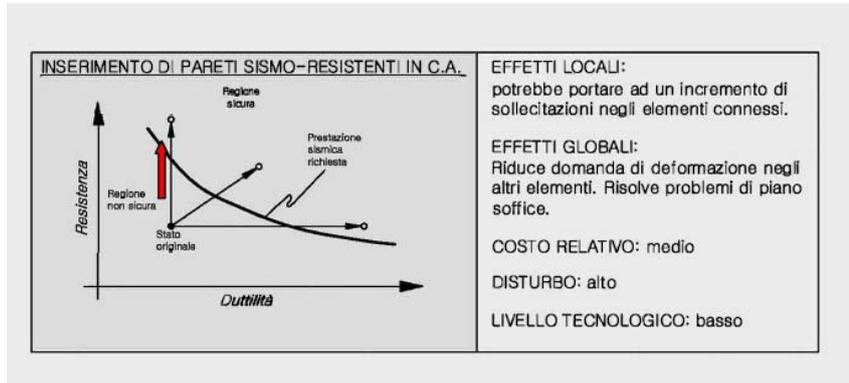
Tutte le nuove pareti dovrebbero normalmente essere provviste di una fondazione. Un serio problema da risolvere è il trasferimento dell'elevato momento ribaltante dalla nuova parete alla fondazione. Così, uno svantaggio dell'inserimento di pareti è la necessità di consolidare le fondazioni per resistere all'incremento di momento. Questo tipo di intervento è solitamente costoso e abbastanza distruttivo fino a rendere l'applicazione delle pareti inusuale per gli edifici senza un adeguato sistema di fondazioni. Sebbene la parete può essere considerata come un elemento rigido che previene la formazione di meccanismi di piano, induce elevate richieste di rotazione sulle travi del sistema, specialmente in quelle in direzione delle pareti. Queste travi possono essere non idonee a resistere a tale domanda, specialmente se non sono adeguate. Per consentire alla parete di comportarsi nel modo per cui è progettata, è necessario ridurre l'altezza e il livello di incastro degli elementi di fondazione.

Ciò può essere ottenuto con uno dei seguenti modi:

- ✳ Incrementando la dimensione in pianta della nuova fondazione, per accrescere il peso e l'impedenza del suolo sottostante e/o per inglobare le fondazioni delle colonne limitrofe e mobilitare i carichi verticali al di sopra dell'innalzamento;
- ✳ Connettendo il nuovo elemento di fondazione a quelli esistenti attraverso travi rigide e forti;
- ✳ Prevedendo micropali o altri ancoraggi tensionali come dispositivi per fissare la nuova

fondazione.

L'implementazione di uno di questi metodi è piuttosto costosa e distruttiva e agisce come un ostacolo contro l'aggiunta di nuove pareti in edifici che non hanno travi di fondazione rigide e resistenti lungo il perimetro, in cui la nuova parete dovrebbe essere convenientemente ancorata.



Inserimento di controventi metallici

L'aggiunta di controventi diagonali all'interno di uno o più piani, in corrispondenza di determinate campate delle travi in c.a. rinforzate, è un efficace sistema di consolidamento globale. Ciò è stato dimostrato praticamente per una serie di edifici in c.a. rinforzati con controventi metallici, i quali hanno resistito, praticamente senza danni strutturali, al terremoto del Michoacan nel 1985. L'impiego dei controventi metallici per le strutture in c.a. può presentare notevoli vantaggi dal punto di vista sia esecutivo che economico. In particolare, tale sistema lascia ampia libertà nella disposizione delle aperture, comporta un modesto incremento del peso complessivo e - se realizzato mediante controventi esterni, minimizza l'incidenza sull'operatività della struttura. Il collegamento tra il telaio in c.a. e i controventi in acciaio può avvenire sia direttamente, sia indirettamente.

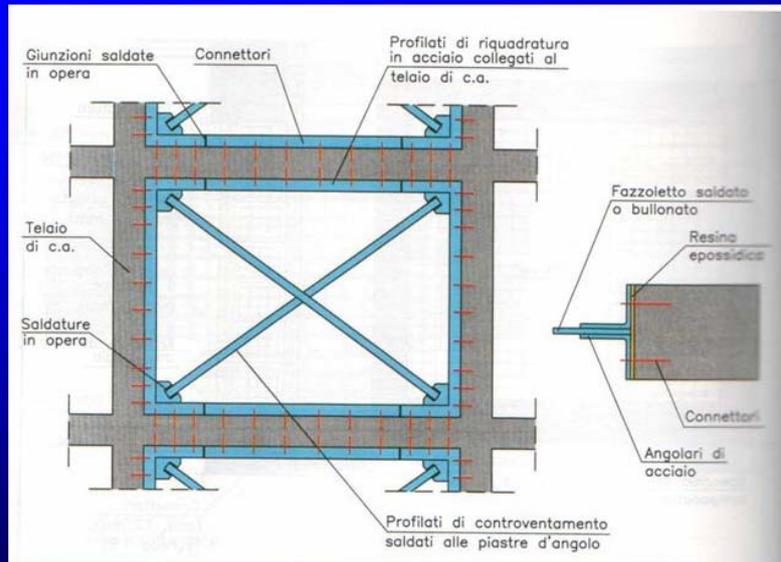
Il sistema di controventamento indiretto richiede la realizzazione di un telaio in acciaio

posizionato all'interno del telaio in c.a. Tale sistema può risultare pertanto costoso dal punto di vista economico, e presentare inoltre difficoltà tecniche dal punto di vista esecutivo. Il sistema di controventamento prevede invece il collegamento diretto dei controventi in acciaio con il telaio in c.a., ma può richiedere il rinforzo locale di travi e colonne preesistenti. Tale sistema può essere realizzato sia con controventi concentrici, sia con controventi eccentrici. In entrambi i casi la progettazione sismo resistente deve essere condotta bilanciando le caratteristiche di rigidezza, resistenza e duttilità globale della struttura. Nel telaio concentrico i bracci dei controventi incontrano la trave in un unico punto centrale. Nel telaio eccentrico i bracci dei controventi incontrano la trave in due punti diversi posti ad una certa distanza, il breve pezzo di trave che collega i due punti è chiamato trave di collegamento, lo scopo della trave di collegamento è quello di fornire duttilità al sistema: con grandi forze sismiche, la trave si distorce dissipando l'energia del terremoto in modo controllato, proteggendo così il resto della struttura.



TELAI

Rinforzo con controventi in acciaio

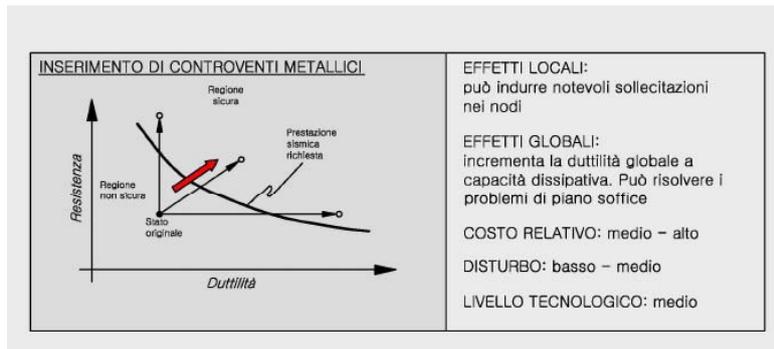


L'impiego dei controventi concentrici consente di incrementare le caratteristiche di rigidità e resistenza, ma la capacità di dissipazione energetica rimane modesta per l'insorgere dell'instabilità nelle aste compresse.

L'uso dei controventi eccentrici consente invece di combinare l'elevata rigidità e resistenza del CBF con l'elevata capacità dissipativa delle strutture intelaiate. Le azioni sono trasferite agli elementi di controventamento attraverso le sollecitazioni flessionale e taglianti che si sviluppano nel link. Tale elemento costituisce un vero e proprio fusibile strutturale in grado di dissipare l'energia sismica in ingresso attraverso cicli isteretici stabili dovuti plasticizzazioni flessione-taglianti. Nel caso di strutture intelaiate in c.a. le travi non possono costituire dei link duttili, mentre è possibile disporre verticalmente dei link corti tra la trave in c.a. ed i controventi. In tal caso il collegamento tra il link e la trave in c.a. può però svolgere un ruolo critico nella trasmissione degli sforzi sotto azioni di tipo sismico. Inoltre le sollecitazioni flessione-taglianti trasmesse dai link possono determinare la necessità di rinforzare le travi in c.a..

Per incrementare lo smorzamento dinamico possono essere usati insieme a controventi dei dispositivi di dissipazione passiva dell'energia. Nel contesto europeo l'applicazione di sistemi aggiuntivi di dissipazione energetica è in genere limitata all'ambito dei ponti. Tuttavia negli ultimi anni un gran numero di studi è stato dedicato all'impiego dei sistemi passivi anche per la protezione sismica degli edifici. L'impiego dei controventi in acciaio all'interno di campate verticalmente allineate rappresenta il sistema più utilizzato. Esso consente infatti di ottenere un notevole incremento della rigidità con un modesto incremento dei pesi. Tale sistema risulta, quindi, particolarmente indicato per strutture esistenti che presentano in genere una eccessiva

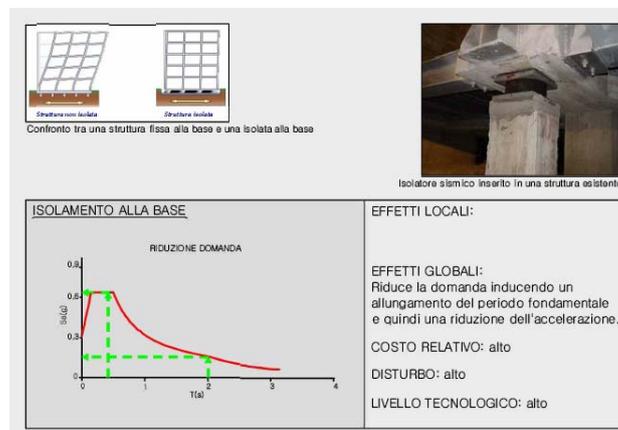
deformabilità laterale. Tuttavia, l'irrigidimento della struttura può presentare alcuni inconvenienti. In primo luogo, lo stato di sollecitazione nei collegamenti tra i controventi e gli elementi strutturali preesistenti risulta in genere molto forte, con la conseguente necessità di predisporre degli interventi locali di rinforzo. L'incremento della rigidità laterale e, quindi, la riduzione dei periodi naturali di vibrazione del sistema può determinare inoltre un notevole incremento delle sollecitazioni sismiche richieste. In alternativa la disposizione dei controventi in maniera discontinua lungo l'altezza consente di calibrare la rigidità e la resistenza ad ogni piano e di migliorare, quindi, le prestazioni sismiche della struttura.



Isolamento alla base

L'applicazione di isolatori alla base si adatta meglio per il miglioramento sismico dei ponti. Per gli edifici esistenti, questa strategia non è efficiente in termini di costo.

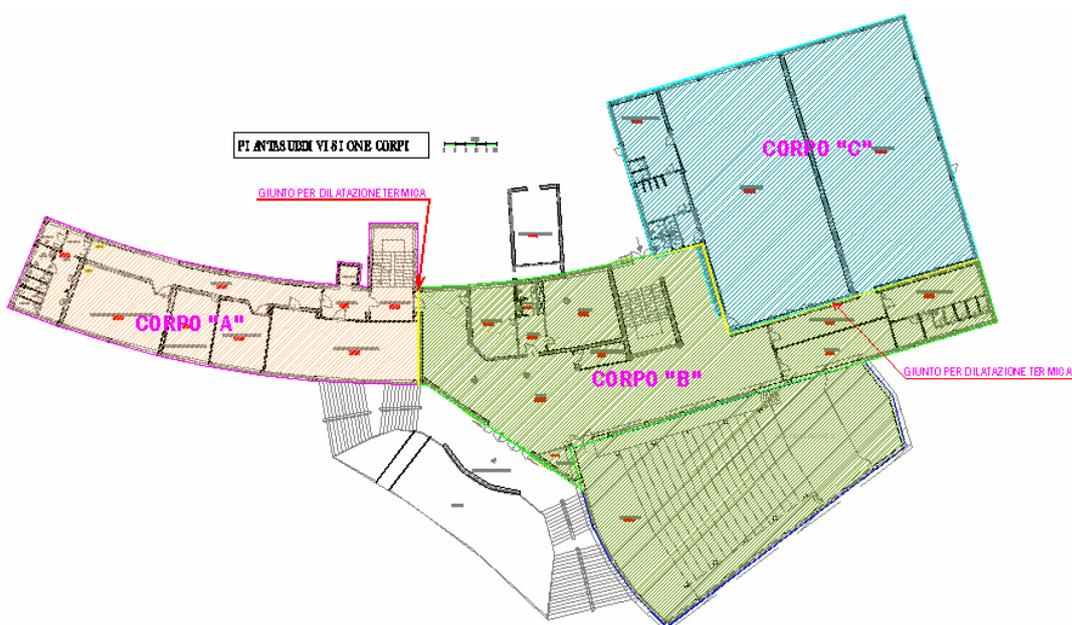
Gli isolatori alla base richiedono un doppio sistema di fondazione, cioè una fondazione per la sovrastruttura al di sopra dei congegni di isolamento e un'altra per l'intera struttura al di sotto del sistema di isolamento. Malgrado ciò, l'isolamento alla base può offrire non solo la sicurezza all'edificio ai suoi occupanti sotto terremoti molto forti e rari, ma anche protezione del contenuto dell'edificio sotto qualsiasi evento sismico. Pertanto, per edifici con richieste importanti di rimanere operativi durante il terremoto di progetto, o per essere disponibili per l'immediata occupazione dopo, l'isolamento può essere la strategia più efficiente in termini di costo. In ogni caso, l'isolamento alla base è una tecnica sofisticata e complessa e la sua applicazione richiede non solo esperienza specializzata, ma anche possibilmente, pari revisione del progetto.



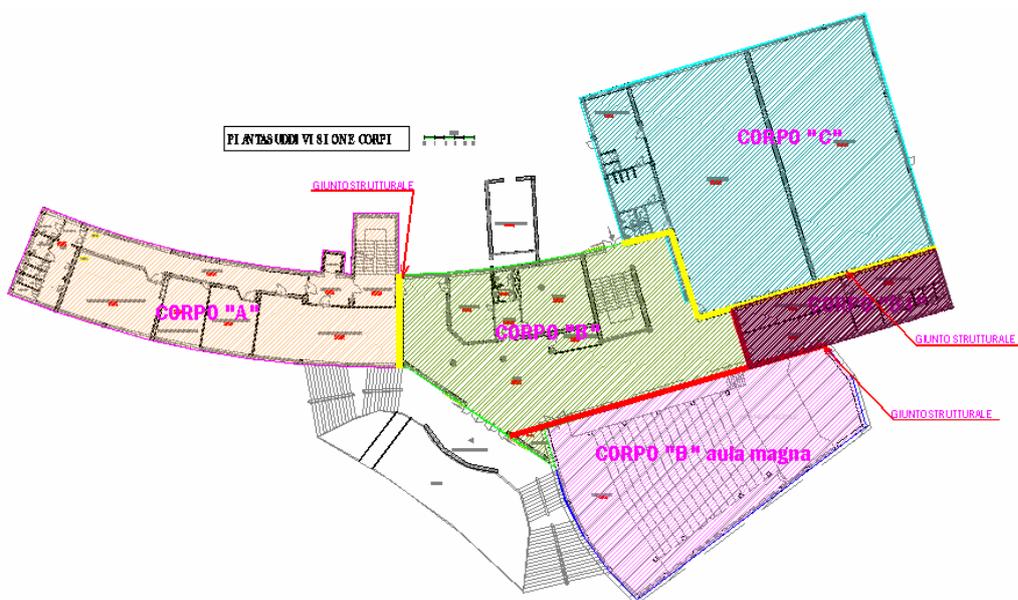
Sulla base del predimensionamento effettuato nel presente progetto di fattibilità, ed in considerazione delle limitate informazioni disponibile in questa fase si ritiene di utilizzare come tecnica per l'adeguamento sismico, l'incremento di sezione e armature con incamicatura in cemento armato e il rinforzo con materiali fibrorinforzati (FRP).

La tecnica definitiva più appropriata da utilizzare per l'adeguamento sismico sarà stabilita in seguito sia all'ottenimento dei risultati delle prove effettuate sulla strutture e sia alla modellazione definitiva delle strutture, che a determineranno la tecnica più idonea.

Inoltre, poiché il corpo B ha una forma irregolare in altezza ed in pianta, per migliorare il comportamento delle strutture si dovrà realizzare un giunto strutturale tra il corpo aule-uffici ed il corpo aula magna per regolarizzare la stessa:



Stato di fatto



Ipotesi di intervento

Di seguito si riporta una stima sommaria dei costi per l'adeguamento sismico dei suddetti corpi di fabbrica utilizzando come parametri i costi sostenuti dalla Provincia di Matera per adeguare un similare edificio scolastico che presenta cioè eguali problematiche sismiche, che risale allo stesso periodo di costruzione dell'edificio in oggetto e presenta eguali tipologia e modalità costruttive (strutture intelaiate).

4. Interventi di progetto

Nel presente progetto ha la finalità principale prevedere le lavorazioni necessarie all'adeguamento sismico dell'edificio in questione, nonché le lavorazioni necessarie per l'adeguamento dello stesso alla normativa antincendio, all'eliminazione delle barriere architettoniche, messa in sicurezza degli elementi non strutturali, all'adeguamento degli impianti tecnologici ed all'efficientamento energetico, alla sicurezza dello stabile, il tutto finalizzato anche all'ottenimento dell'agibilità e funzionalità dell'edificio scolastico in questione.

Pertanto, i lavori previsti riguardano:

- ✿ *Opere strutturali per l'adeguamento sismico sopra descritte, la cui tecnica da utilizzare sarà stabilita in seguito sia all'ottenimento dei risultati delle prove effettuate sulla struttura e sia alla modellazione della stessa;*
- ✿ *opere di scavi, demolizioni e rimozioni correlate ai suddetti lavori strutturali;*
- ✿ *trasporto e conferimento del materiale in apposte discariche*
- ✿ *opere di finitura strettamente conseguenti alle suddette opere strutturali, quali i ripristini delle murature e tramezzature, delle pavimentazioni, degli intonaci e rivestimenti, il ripristino e /o rifacimento delle coperture, pitturazioni, ecc..;*
- ✿ *opere di adeguamento impianto antincendio;*
- ✿ *altre opere di adeguamento igienico-funzionale finalizzate all'agibilità (impiantistica, rimozione barriere architettoniche, igienico-sanitarie, ecc..)*
- ✿ *altri lavori diversi da quelli precedenti, quali il ripristino della sistemazione esterna conseguenti ai lavori strutturali);*
- ✿ *lavori per l'efficientamento energetico al fine di ottenere una classe energetica post intervento (classe non inferiore alla A1);*
- ✿ *oneri per la sicurezza diretti ed indiretti.*

Nelle fasi successive di progettazione (definitivo ed esecutivo) la documentazione progettuale dovrà contenere delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali che comportano il rispetto dei criteri di sostenibilità energetica e ambientale, (criteri Ambientali Minimi definiti dall'art.34 del D.Lgs n.50/2016).

Le opere previste sono conformi agli strumenti urbanistici, in quanto trattasi di adeguamento antisismico di una costruzione esistente.

5. Calcolo sommario della spesa

Il presente calcolo sommario della spesa per l'adeguamento sismico dei corpi di fabbrica A e B , viene effettuato per comparazione, ossia calcolando il costo al mq (superficie lorda) ed al mc (vuoto per pieno) di un edificio scolastico di struttura portante simile, di cui recentemente la Provincia di Matera ha effettuato i lavori di adeguamento sismico. Si precisa che l'edificio risale pressoché allo stesso anno di costruzione e mostrava una situazione statica pressoché simile.

In ogni caso, a tale costo calcolato, in seguito si sono apportati i dovuti incrementi o decrementi per tener conto sia delle differenti condizioni di vetustà in cui versano le strutture, gli impianti e le rifiniture, sia delle variazioni di prezzo che nel frattempo si sono avute e sia della zona sismica su cui ricade l'edificio.

L'edificio in questione, assunto come elemento di comparazione, è l'istituto professionale statale (IPSAR) ubicato nell'abitato di Ferrandina, classificato zona sismica 2, mentre l'edificio in oggetto ricade nell'abitato del Comune di Matera, classificato zona sismica 3.

Il calcolo della spesa di cui sopra è individuata dalle seguenti voci:

A) COSTO DELL'OPERA. Comprende la spesa per la esecuzione di tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare l'Opera realizzata "chiavi in mano", completa di ogni parte, di tutti gli impianti, degli allacciamenti alle reti dei servizi pubblici, dei collaudi, di tutte le certificazioni ed autorizzazioni varie all'uso, funzionante, usabile e agibile.

Il costo dell'opera è determinato con metodo sintetico, applicando costi parametrici - desunti da interventi simili per caratteristiche tipologiche, tecnologiche, strutturali e distributive - individuati per le Opere Fabbricato Scolastico che comprende gli spazi per le attività didattiche (aule normali, aule speciali e laboratori), spazi per le attività complementari (uffici, atrio, percorsi interni, servizi igienici) e lavori di ripristino per la sistemazioni esterna e viabilità interna di accesso all'istituto scolastico.

Per la realizzazione degli interventi di adeguamento sismico di cui al presente studio, sinteticamente sono raggruppabili nelle seguenti voci :

-  **Demolizioni, rimozioni e scavi**- Opere di scavo per fondazioni, rilevati e rinterrì, rimozione di infissi, parte di impianti, pezzi igienici, demolizioni di tramezzi, tompagnature, pavimenti, intonaci ed impermeabilizzazione;
-  **Strutture e consolidamento** - Opere in fondazioni e nuove e/o consolidamenti di strutture in elevazione in c.a.(travi e pilastri) e dei solai;
-  **Opere edili per ricostruzione/riparazione** - Vespai, massetti, Opere Murarie, Opere di impermeabilizzazione, isolanti, pavimenti e rivestimenti,, intonaci, verniciature, scale, isolanti, tinteggiature e verniciature, controsoffitti, finiture ed elementi bagni, finiture

pareti-soffitti, opere lattoniere e opere in ferro;

- ✚ **Serramenti** – Eventuali sostituzioni e/o adeguamento di serramenti esterni ed interni, infissi antincendio, opere sistemi oscuranti/antiabbagliamento;
- ✚ **Ripristino e/o adeguamento impianti** – Impianto elettrico: per f.m. 220/380V, per illuminazione interna (normale, d'emergenza e di segnalazione) e per illuminazione esterna; impianto termico di riscaldamento - raffrescamento; Impianto idrico sanitario; Impianto di scarico acque nere, usate, e meteoriche; Impianto idrico antincendio; Impianti per la distribuzione e l'utilizzazione di gas compreso opere di ventilazione ed aspirazione; Impianto automatico di rilevazione e segnalazione incendi; Impianto segnalazione remota stato pompe antincendio; Impianto di diffusione sonora ad altoparlanti; Impianto di segnalazione e chiamata; Impianto di segnalazione acustica cambio ora; Impianto telefonico; Impianto televisivo satellitare; Impianto antintrusione; Impianto per trasmissione dati, cablaggio strutturato; Impianto di terra e di protezione dai fulmini;
- ✚ **Costi Cantiere** e costi per la sicurezza
- ✚ **Ripristino sistemazione esterna** – Opere di scavo, rilevati e rinterrati, fondazioni, massetti, aree pavimentate e costi per la sicurezza

B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE: Comprende gli oneri IVA, le spese tecniche per la progettazione, esecuzione, collaudi, sicurezza, ecc., le spese per indagini e prove sulla struttura esistente, le spese per lavori in economia e gli imprevisti. Dette somme sono state stimate con un'incidenza compresa tra il 24 ed il 27%.

Di seguito si riportano le spese sostenute per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico IPSAR di Ferrandina.

EDIFICIO ASSUNTO COME COMPARAZIONE PER L'ADEGUAMENTO SISMICO

Adeguamento sismico IPSAR FERRANDINA (MT)

Importo dei progetti complessivi eseguiti ed in corso d'esecuzione per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico (escludendo alcune opere non necessarie per l'edificio in oggetto)

TABELLA DEI COSTI E PERCENTUALI D'INCIDENZA			
Cod.	Descrizione dell'opera	costi in €.	% incidenza
S	Incidenza sicurezza	€ 51.000,00	3,490%
01	Demolizione e ricostruzione	€ 181.824,00	12,441%

02	Interventi strutturali	€ 290.300,00	19,863%
03	Scavi, trasporti e conferimenti	€ 4.000,00	0,274%
04	Pali e micropali (fondazioni)	€ 32.000,00	2,189%
05	Tiranti	€ -	0,000%
06	Murature e tramezzi	€ 47.000,00	3,216%
07	Interventi di copertura	€ 150.000,00	10,263%
08	Facciata esterna e grondaie	€ 34.300,00	2,347%
09	Intonaco interno	€ 115.000,00	7,868%
10	Pavimenti, massetti e rivestimenti	€ 155.000,00	10,605%
11	Tinteggiature esterne	€ 46.000,00	3,147%
12	Tinteggiature interne	€ 66.000,00	4,516%
13	Infissi interni	€ 42.000,00	2,874%
14	Infissi esterni	€ 20.000,00	1,368%
15	Controsoffitti	€ 6.600,00	0,452%
16	Impianto elettrico	€ 86.000,00	5,884%
17	Impianto idrico-sanitario	€ 44.500,00	3,045%
18	Impianto termico	€ 77.000,00	5,268%
19	Impianto gas	€ 10.000,00	0,684%
20	Antincendio	€ 3.000,00	0,205%
21	Ascensore	€ -	0,000%
22	Impianto solare-termico	€ -	0,000%
23	Scala emergenza	€ -	0,000%
24	Altro	€ -	0,000%
COSTO TOTALE		€ 1.461.524,00	100,000%

IMPORTO LAVORI	€ 1.461.524,00
SOMME A DISPOSIZIONE	25,00% € 365.381,00
TOTALE IMPORTO	€ 1.826.905,00

CORPO DI FABBRICA IPSAR FERRANDINA		superficie lorda	altezza	volume
		(mq)	(m)	(mc)
	<i>piano seminterrato</i>	520,00	3,30	1716,00

	Piano terra	570,00	3,50	1995,00
	Primo piano	480,00	4,00	1920,00
	TOTALE	1570,00		5631,00

S	SUPERFICIE LORDA TOTALE	mq		1570,00
V	VOLUME LORDO TOTALE	mc		5631,00
Ct	COSTO STIMATO	€	€	1.826.905,00
C1=Ct/S	COSTO DI COMPARAZIONE STIMATO €/MQ			1163,63
C2=Ct/V	COSTO DI COMPARAZIONE STIMATO €/MC			324,44

Liceo Classico "Duni" di Matera

ADEGUAMENTO SISMICO corpi A-B

Stima sommaria (lavori e somme a disposizione) calcolata sul VOLUME E SUPERFICIE AL LORDO DELLE MURATURE DELL'EDIFICIO

COSTO STIMATO PER STRUTTURE SIMILARI	€/MQ	1163,63
COSTO STIMATO PER STRUTTURE SIMILARI	€/MC	324,44

AL SUDETTI COSTI OCCORRE APPORTARE ALCUNE VARIAZIONI DI SEGUITO ESPLICITATE:

La struttura in oggetto presenta visivamente una migliore situazione strutturale, impiantistica ed opere di

- 1) completamento, ed è ubicata in una zona sismica 3 (mentre l'edificio preso come comparazione ricade in una zona sismica 2) per cui i suddetti costi vengono ridotti del 10%
- 2) Per il piano seminterrato del corpo B i suddetti costi vengono ulteriormente ridotti del 20% in quanto sono al rustico e destinati a deposito
Poichè le opere dell'edificio assunto come comparazione sono state progettate con prezzi antecedenti al
- 3) prezzario vigente edizione 2017, e considerato che tali prezzi hanno subito una diminuzione pari a circa il 10%,

per cui i costi unitari sono i seguenti

Per i corpi A e B	Cu=	€	1.163,63	x	0,90x0,90	€	942,54	€/MQ
	Cu=	€	324,44	x	0,90x0,90	€	262,79	€/MC
Per il corpo B piano seminterrato	Cu=	€	1.163,63	x	0,90x0,90x0,80	€	754,03	€/MQ
	Cu=	€	324,44	x	0,90x0,90x0,80	€	210,24	€/MC

CORPO DI FABBRICA "A"								
CORPO DI FABBRICA	superfici e lorda	costo unitario	COSTO TOTALE 1	altezza	volume	costo unitario	COSTO TOTALE 2	COSTO TOTALE (media tra totale 1 e 2)
	(mq)	€/mq	euro	(m)	(mc)	€/mc	euro	euro
A <i>piano seminterrato</i>	402,00	942,54	378.902,42	3,30	1326,60	262,79	348.622,53	363.762,48
A <i>piano rialzato</i>	402,00	942,54	378.902,42	3,30	1326,60	262,79	348.622,53	363.762,48
A <i>primo piano</i>	402,00	942,54	378.902,42	3,30	1326,60	262,79	348.622,53	363.762,48
A <i>secondo piano</i>	402,00	942,54	378.902,42	3,30	1326,60	262,79	348.622,53	363.762,48
A <i>terzo piano</i>	402,00	942,54	378.902,42	3,30	1326,60	262,79	348.622,53	363.762,48
A <i>quarto piano</i>	265,00	942,54	249.773,99	3,30	874,50	262,79	229.813,36	239.793,67
TOTALE	2275,00		2.144.286,11		7507,50		1.972.926,00	2.058.606,06
TOTALE COSTO PER ADEGUAMENTO SISMICO (compreso somme a disposizione)								€ 2.058.606,06

CORPO DI FABBRICA "B"								
CORPO DI FABBRICA	superfici e lorda	costo unitario	COSTO TOTALE 1	altezza	volume	costo unitario	COSTO TOTALE 2	COSTO TOTALE (media tra totale 1 e 2)
	(mq)	€/mq	euro	(m)	(mc)	€/mc	euro	euro
B <i>piano seminterrato</i>	875,00	754,03	659.780,34	4,00	3500,00	210,24	735.823,22	697.801,78
B <i>piano rialzato</i>	1018,00	942,54	959.509,12	3,30	3359,40	262,79	882.830,19	921.169,65
B <i>primo piano</i>	280,00	942,54	263.912,14	3,30	924,00	262,79	242.821,66	253.366,90
B <i>secondo piano</i>	280,00	942,54	263.912,14	3,30	924,00	262,79	242.821,66	253.366,90
B <i>terzo piano</i>	280,00	942,54	263.912,14	3,30	924,00	262,79	242.821,66	253.366,90
B <i>Piano terra</i>	187,00	754,03	141.004,48	3,30	617,10	262,79	162.170,18	151.587,33
TOTALE	2920,00		2.552.030,36		10248,50		2.509.288,57	2.530.659,46
TOTALE COSTO PER ADEGUAMENTO SISMICO (compreso somme a disposizione)								€ 2.530.659,46

Poiché l'importo complessivo per l'adeguamento sismico dei due corpi di fabbrica supera la somma di euro 2.500.000,00, e ai sensi dell'avviso del piano triennale il contributo massimo concedibile per la tipologia a3) non può essere superiore al suddetto importo, lo studio di fattibilità viene effettuato solo per il corpo B, in quanto la provincia non dispone di somme per cofinanziare l'intero intervento.

In allegato alla presente relazione viene riportato il computo metrico estimativo del corpo B necessario a determinare l'importo dell'intervento ed a definire le categorie all'art.4 punto 9 del bando.

6. Calcolo delle superfici utili del corpo B

SUPERFICI UTILE DELL'EDIFICIO RIPORTATE NELLA SCHEDA 10 DELL'ANAGRAFE EDILIZIA SCOLASTICA
(superficie totale dell'edificio)

Piano	corpo	superficie utile (mq)
seminterrato		1341,00
terra		2103,00
primo		2072,00
secondo		2072,00
terzo		2072,00
quarto		569,00
TOTALE mq		10 229,00

CALCOLO DELLE SUPERFICI NETTE DELL'EDIFICIO

La superficie netta di seguito riportata è stata misurata al netto delle tamponature esterne e delle partizioni interne.

Piano	corpo	locale	superficie utile (mq)
seminterrato	B	Serbatoio idrico	61,00
seminterrato	B	Deposito	37,64
seminterrato	B	Deposito	231,80
seminterrato	B	vano scala	37,84
seminterrato	B	vano tecnico	40,34
seminterrato	B	biblioteca	138,00
seminterrato	B	deposito aula magna	279,00
		parziale 1	825,62
rialzato	B	atrio	285,10
rialzato	B	segretario	28,50
rialzato	B	attesa	10,00
rialzato	B	w.c.	5,60
rialzato	B	preside	48,90
rialzato	B	box coll. scol.	9,22
rialzato	B	disimpegno pal. B	27,69
rialzato	B	Spogliatoi palestre	50,08

rialzato	B	archivio	35,37
rialzato	B	aula magna	418,00
		parziale 2	918,46
1° piano	B	aula 1.1	42,04
1° piano	B	aula 2.1	42,53
1° piano	B	aula 3.1	43,65
1° piano	B	corridoio 2	34,29
1° piano	B	corridoio 3	12,50
1° piano	B	scala	38,20
1° piano	B	w.c.	38,70
		parziale 3	251,91
2° piano	B	aula 1.2	42,05
2° piano	B	aula 2.2	42,51
2° piano	B	aula 3.2	43,80
2° piano	B	corridoio 2	34,27
2° piano	B	corridoio 3	12,50
2° piano	B	scala	38,20
2° piano	B	w.c.	38,70
		parziale 4	252,03
3° piano	B	aula 1.3	43,35
3° piano	B	aula 2.3	42,82
3° piano	B	aula 3.3	43,80
3° piano	B	corridoio 2	34,74
3° piano	B	corridoio 3	12,50
3° piano	B	scala	38,20
3° piano	B	w.c.	38,70
		parziale 5	254,11
4° piano	B	aula	29,78
4° piano	B	aula	28,49
4° piano	B	aula 1.4	44,00
4° piano	B	corridoio 2	33,33

4° piano	B	corridoio 3	10,50
4° piano	B	w.c.	27,00
		parziale 6	173,10
		TOTALE SUPERFICIE UTILE	2 675,23

7.Cronoprogramma delle fasi attuative

In considerazione delle caratteristiche e tipologia degli interventi previsti nel presente studio e dei vincoli e dell'attuale normativa vigente, i tempi di attuazione per l'intervento di che trattasi sono seguito riportati:

CRONOPROGRAMMA FASE ATTUATIVA (CORPO B)	
FASE DELL'INTERVENTO	durata delle fase (giorni)
Progetto di fattibilità	
Comunicazione concessione finanziamento	
affidamento progetto definitivo	30
esecuzione indagini e prove sui materiali	30
elaborazione progetto definitivo	90
acquisizione pareri	20
approvazione progetto definitivo	10
elaborazione progetto esecutivo	70
approvazione progetto esecutivo	10
perfezionamento finanziamento	10
gara ed affidamento lavori	70
Stipula del contratto	30
Consegna lavori	10
Esecuzione lavori	380
Collaudo lavori	80
Chiusura intervento	30
Durata progressiva (giorni)	0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450

8.Conclusioni e quadro economico

Da quanto sopra descritto e calcolato, si può concludere che, pur essendoci la necessità di adeguare simicamente l'intero edificio, in considerazione che il contributo massimo concedibile è pari a euro 2.500.000,00, viene candidato al bando in oggetto il solo corpo B.

La spesa complessiva stimata è pari a circa euro 2.500.000,00, di cui €2.000.521,34 per lavori ed oneri di sicurezza ed €499.478,66 per somme a disposizione, ed il progetto presenta il seguente quadro economico:

Voci	Importo €.
A-LAVORI	
A1-A Opere strutturali, compreso le demolizioni correlate	€ 780 203,32
A1-B Opere di finitura strettamente conseguenti alle opere strutturali	€ 788 281,76
A1-C Opere di adeguamento impianto antincendio	€ 20 005,21
A1-D Altre opere di adeguamento igieinico-funzionale finalizzate all'agibilità	€ 297 712,10
A1-E Lavorazioni diverse da quelle precedenti	€ 54 303,29

A2	Oneri per la sicurezza	€	60 015,64
	TOTALE LAVORI (A)	€	2 000 521,34
B-SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE PER:			
1)	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€	30 000,00
2)	Allacciamenti ai pubblici servizi	€	-
3)	Imprevisti sui lavori	€	30 000,00
4)	Acquisizione e/o espropriazioni di aree o immobili e pertinenti indennizzi	€	-
5)	Adeguamento di cui all'art.106, comma 1 lett. A del codice (revisione prezzi)	€	-
6)	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€	-
7)	Spese di cui all'articolo 24, comma 4 del codice	€	-
8)	Spese connesse all'attuazione e gestione dell'appalto, di cui:		
	a) Rilievi, accertamenti e indagini, comprese le eventuali prove di laboratorio per materiali (spese per accertamenti di laboratorio), di cui all'art. 16, comma 1, lett. b), punto 11 del D.P.R. n° 207/2010	€	25 000,00
	b) Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità, liquidazione e assistenza ai collaudi	€	100 000,00
	c) Importo relativo all'incentivo di cui all'art.113 del codice, nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente	€	20 000,00
	d) Spese per attività tecnico amministrative connesse alla progettazione, di supporto al r.u.p. e di verifica e validazione	€	10 000,00
	e) Eventuali spese per commissioni giudicatrici	€	10 000,00
	f) Spese per collaudi (collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici)	€	20 000,00
	g) I.V.A. sulle spese connesse all'attuazione e gestione dell'appalto (a-b-d-e)	€	36 300,00
	Totale "Spese connesse all'attuazione e gestione dell'appalto" (a+b+c+d+e+f+g)	€	221 300,00
9)	I.V.A. sui lavori al 10%	€	200 052,13
10)	I.V.A. sulle altre voci delle somme a disposizione della stazione appaltante	€	13 200,00
11)	Eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge	€	4 926,53
	Totale "Somme a disposizione" (Somma da 1 a 11)	€	499 478,66
C - FORNITURE E SERVIZI FUNZIONALI ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA			
1)	Forniture	€	-
	di cui Eventuali arredi scolastici		
2)	IVA sulle forniture		

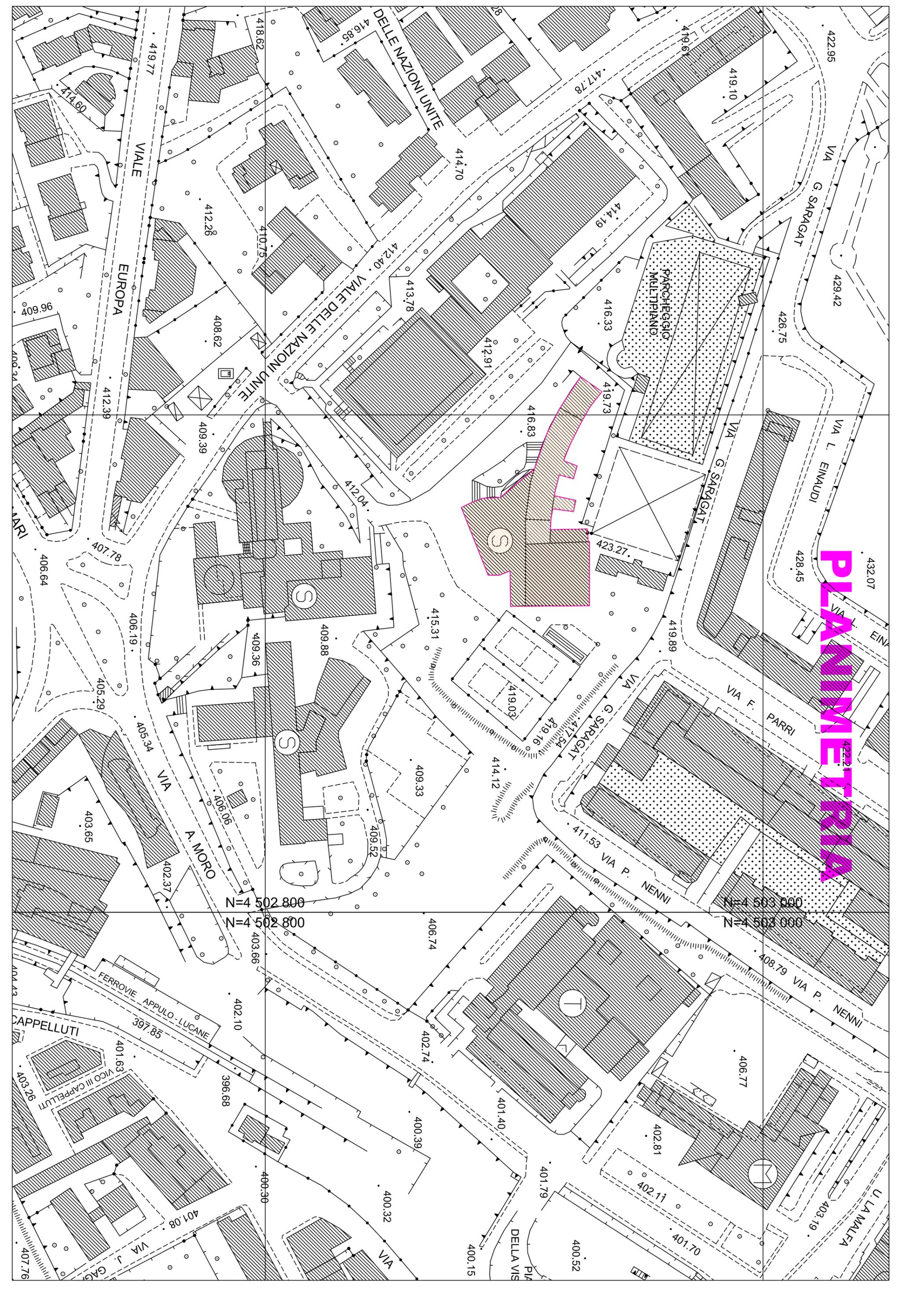
Totale "Forniture" (Somma da 1 a 2)	€	-
COSTO COMPLESSIVO PROGETTO (A+B+C)	€	2 500 000,00

IMPORTO CONTRIBUTO RICHiesto € 2 500 000,00

IMPORTO CONTRIBUTO RICHiesto UNITARIO (€/MQ)

€ 934,50 < €1.000,00

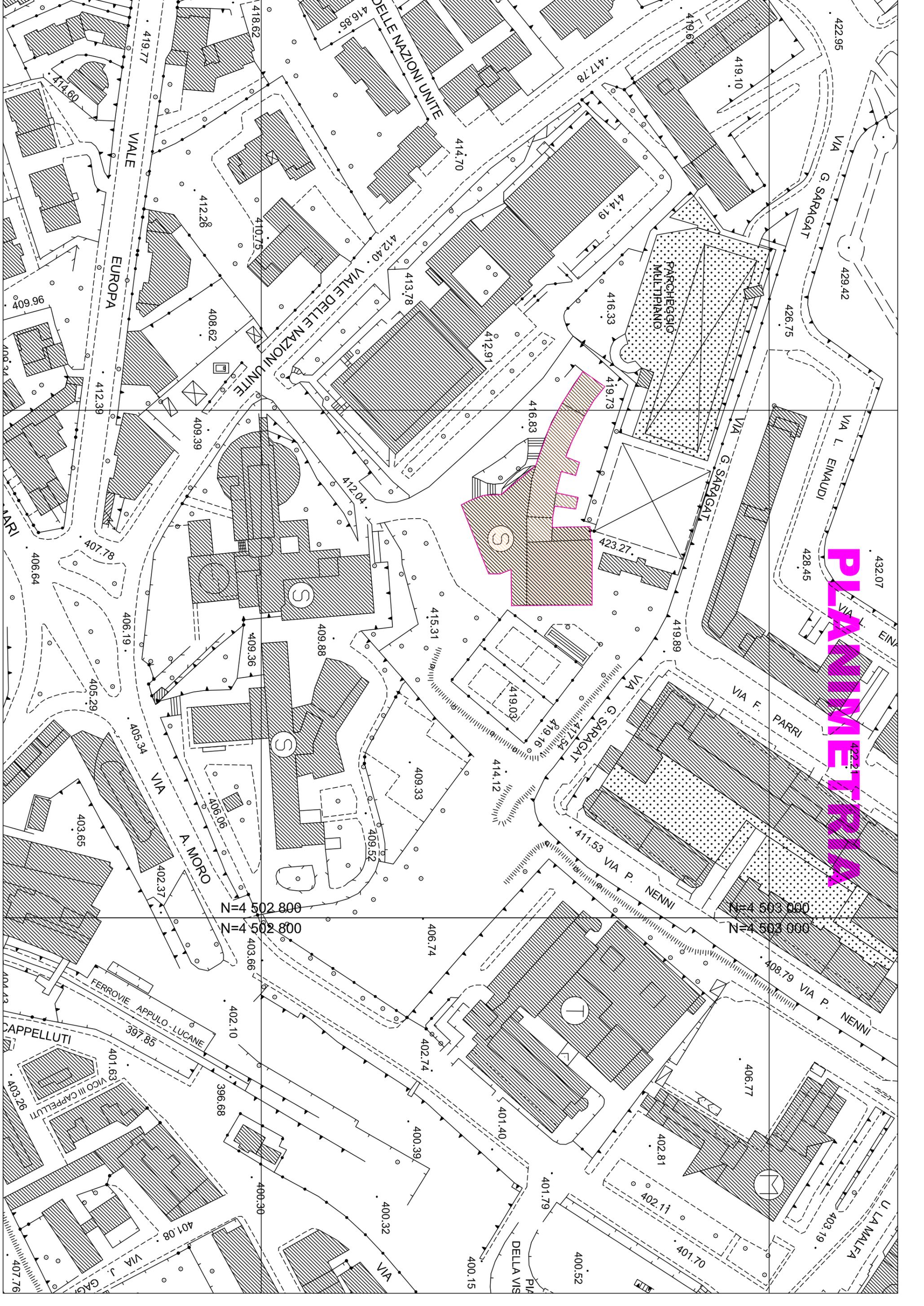
INFERIORE A QUELLO MAX CONCEDIBILE PER LA TIPOLOGIA a3)



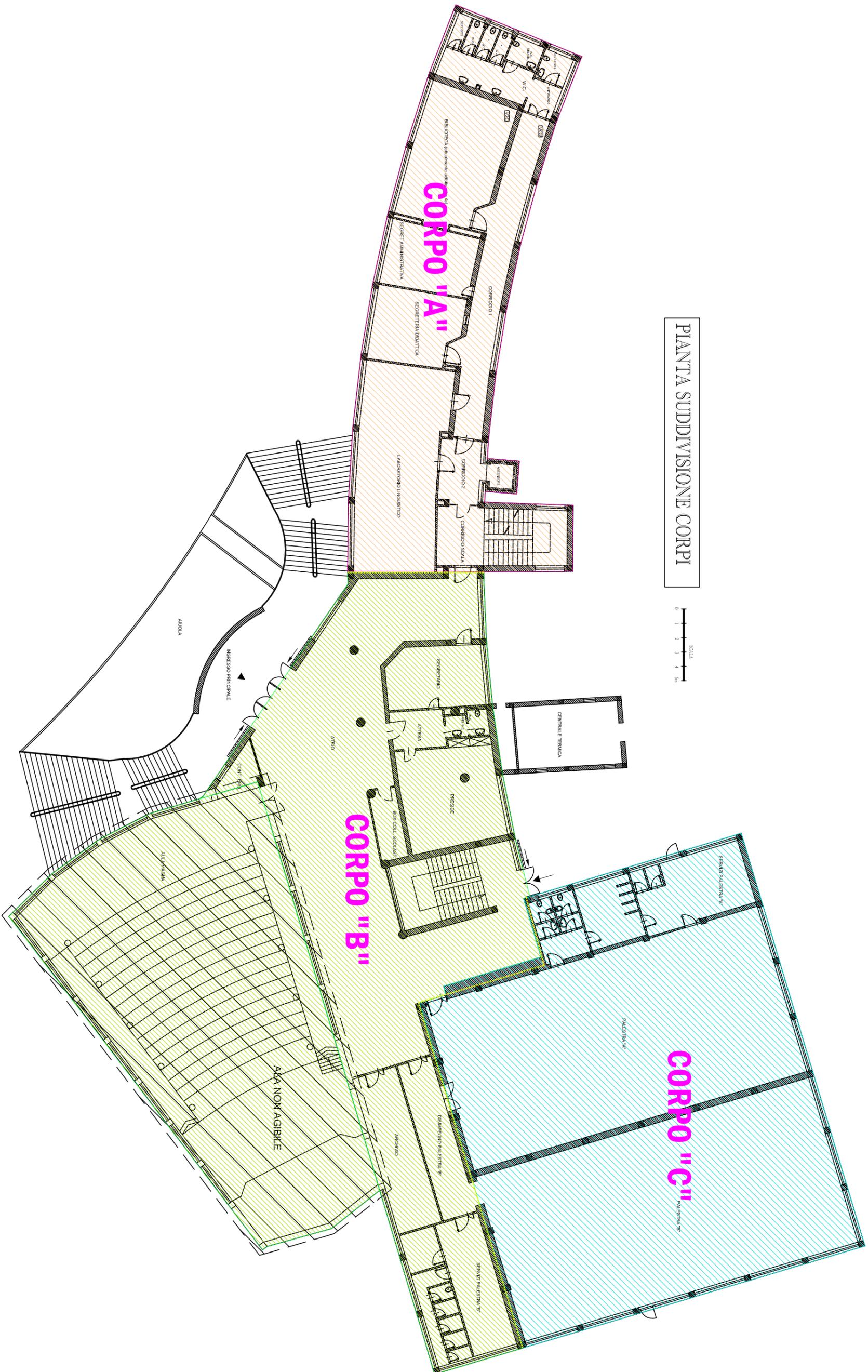
PLANIMETRIA

N=4 502 800
N=4 502 800

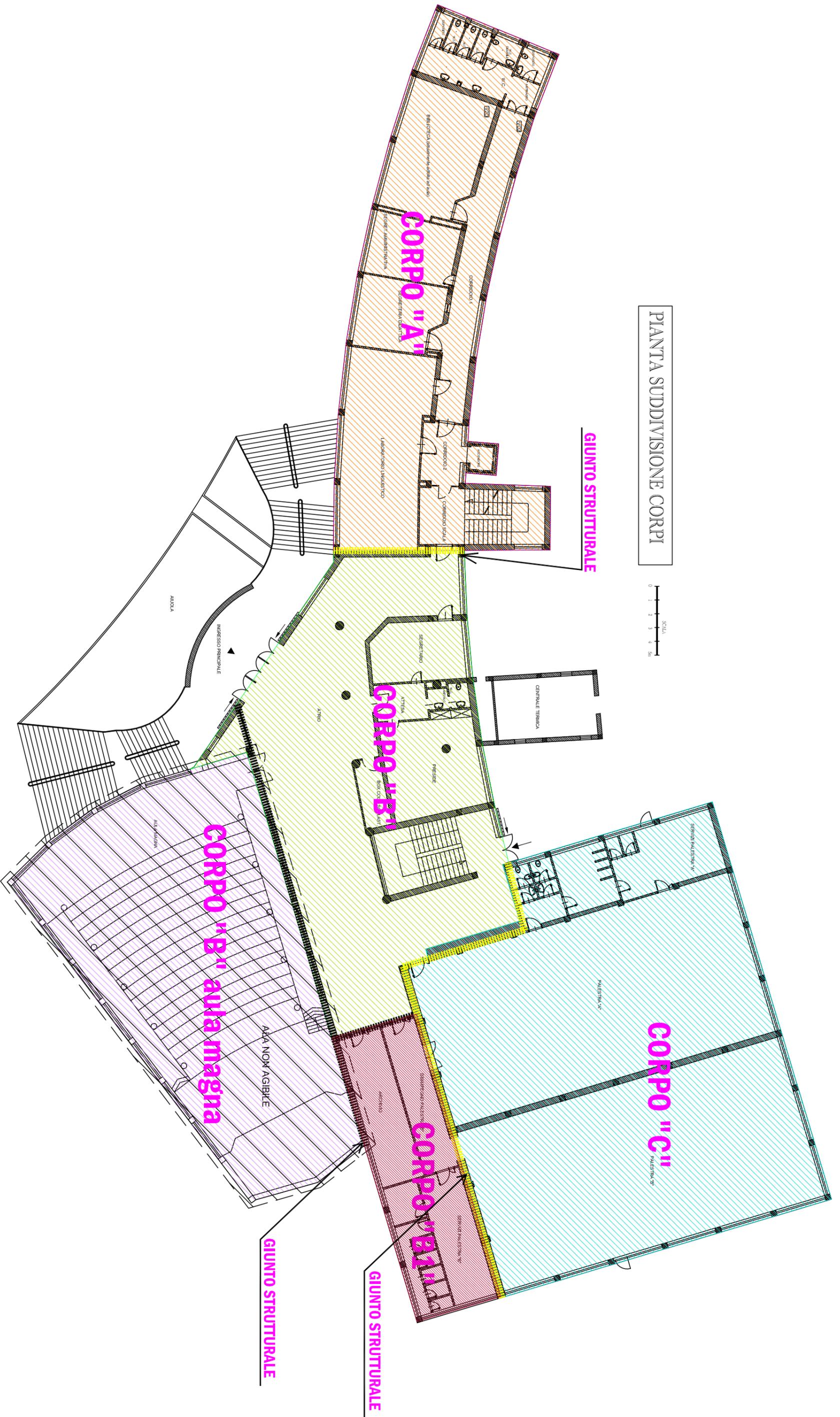
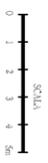
N=4 503 000
N=4 503 000



PIANTA SUDDIVISIONE CORPI



PIANTA SUDDIVISIONE CORPI



CORPO "A"

CORPO "B"

CORPO "B1"

CORPO "C"

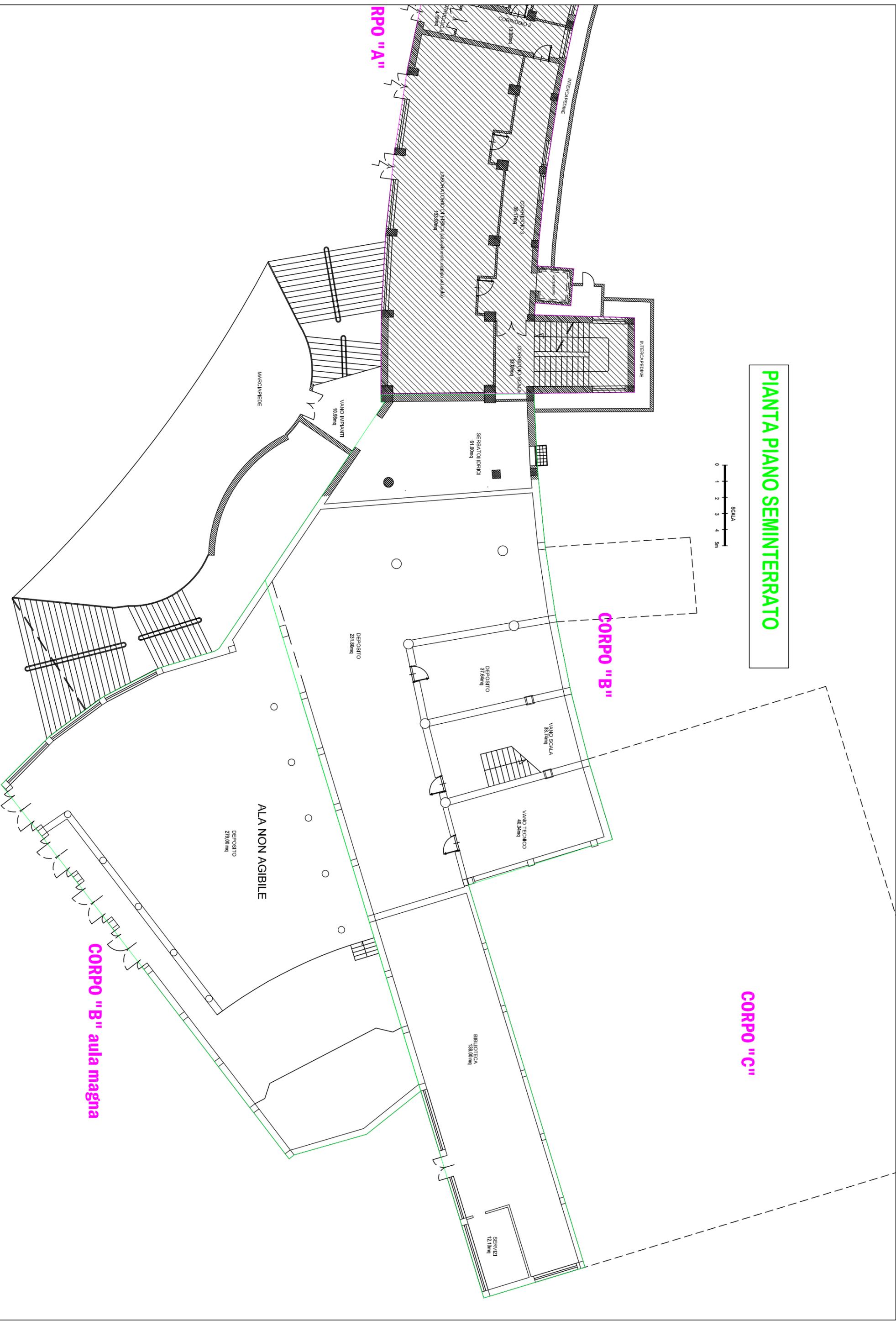
GIUNTO STRUTTURALE

GIUNTO STRUTTURALE

GIUNTO STRUTTURALE

CORPO "B" aula magna

PIANTA PIANO SEMINTERRATO



RPO "A"

CORPO "B"

CORPO "C"

CORPO "B" aula magna

ALA NON AGIBILE

DEPOSITO 279,00mq

DEPOSITO 231,80mq

BIBLIOTECA 138,00mq

SERVIZIO 12,30mq

VANO TECNICO 40,30mq

VANO SCALA 38,70mq

DEPOSITO 37,60mq

SERVIZIO D'INIZIA 61,00mq

CORRIDORO SCALA 34,00mq

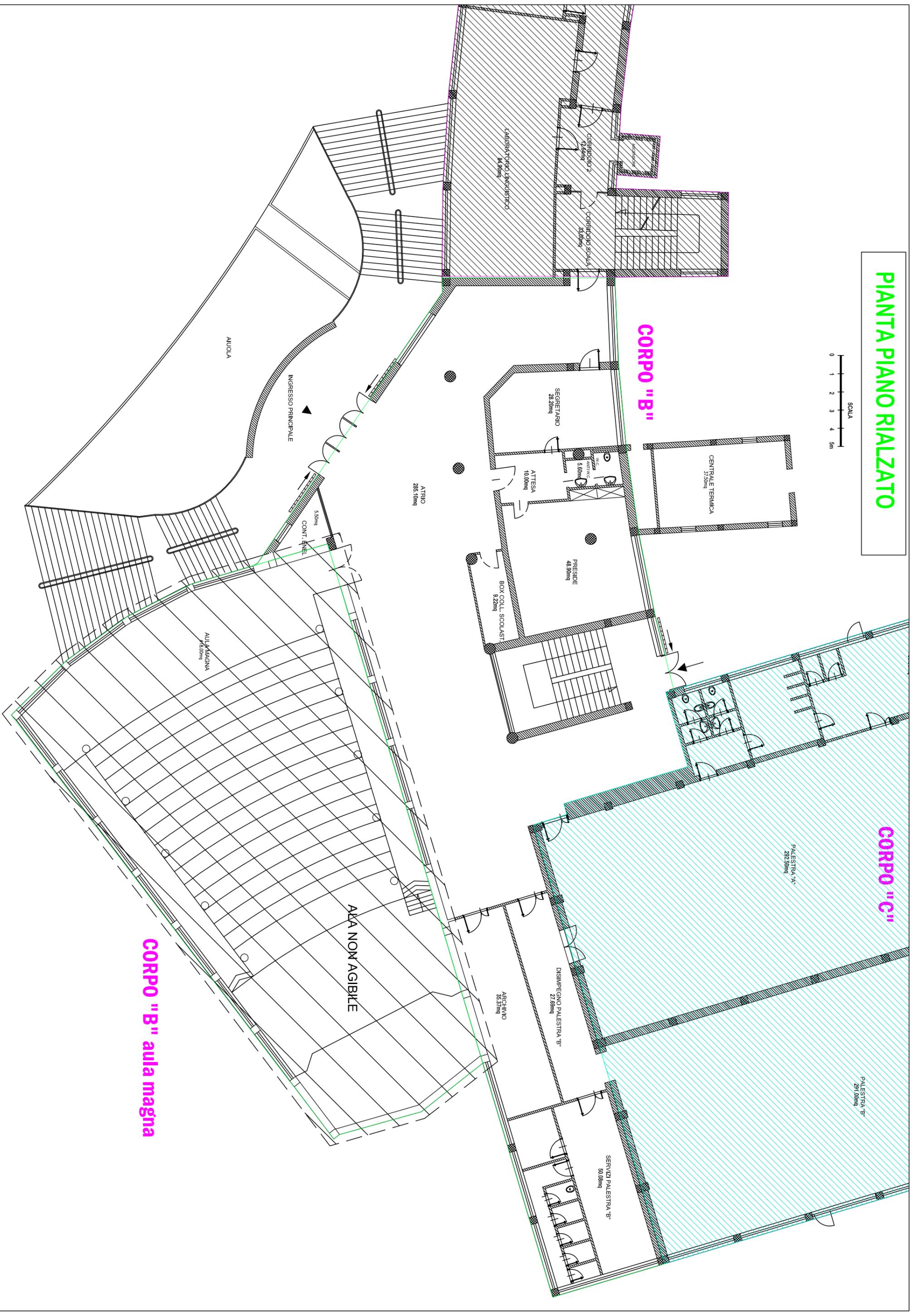
CORRIDORO 3 58,70mq

CORRIDORO 2 10,00mq

VANO LUBRIFICANTI 81,80mq

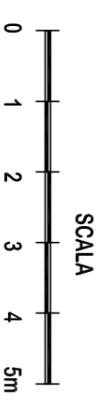
VARCO SCARPEDE

PIANTA PIANO RIALZATO

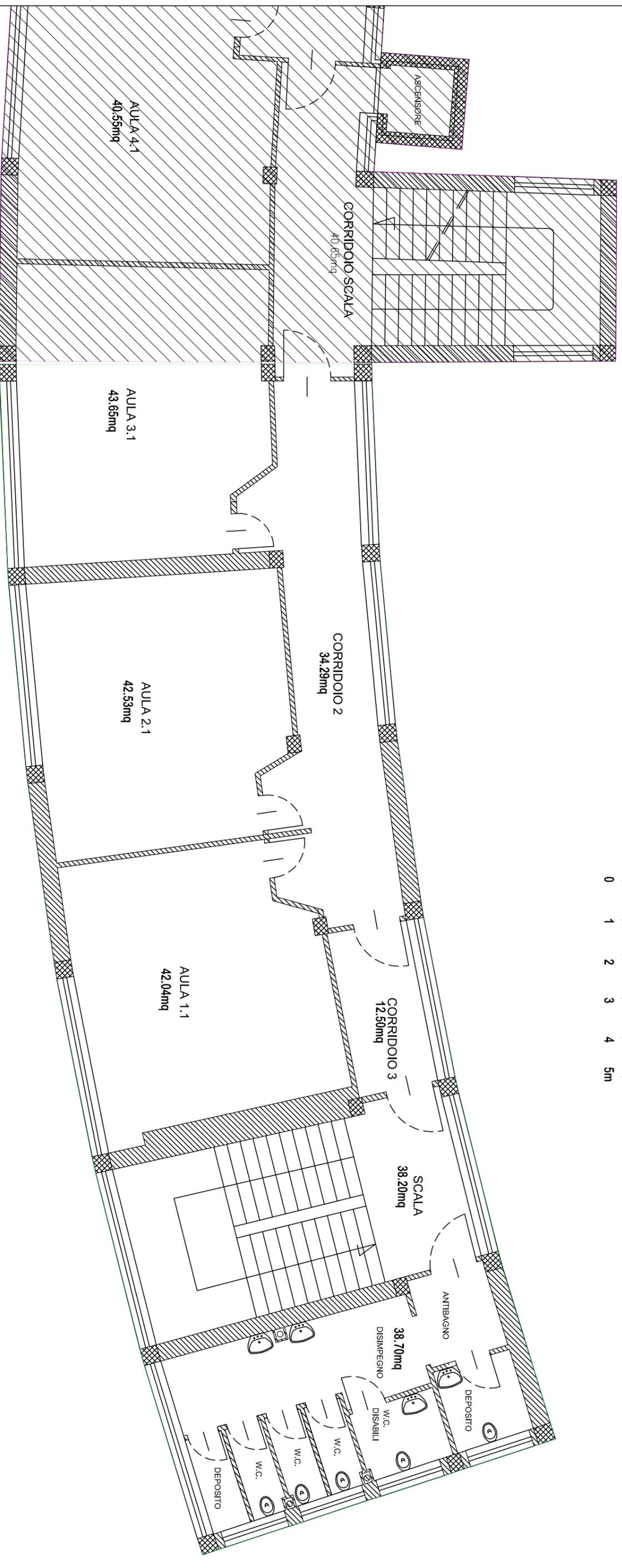


CORPO "B" aula magna

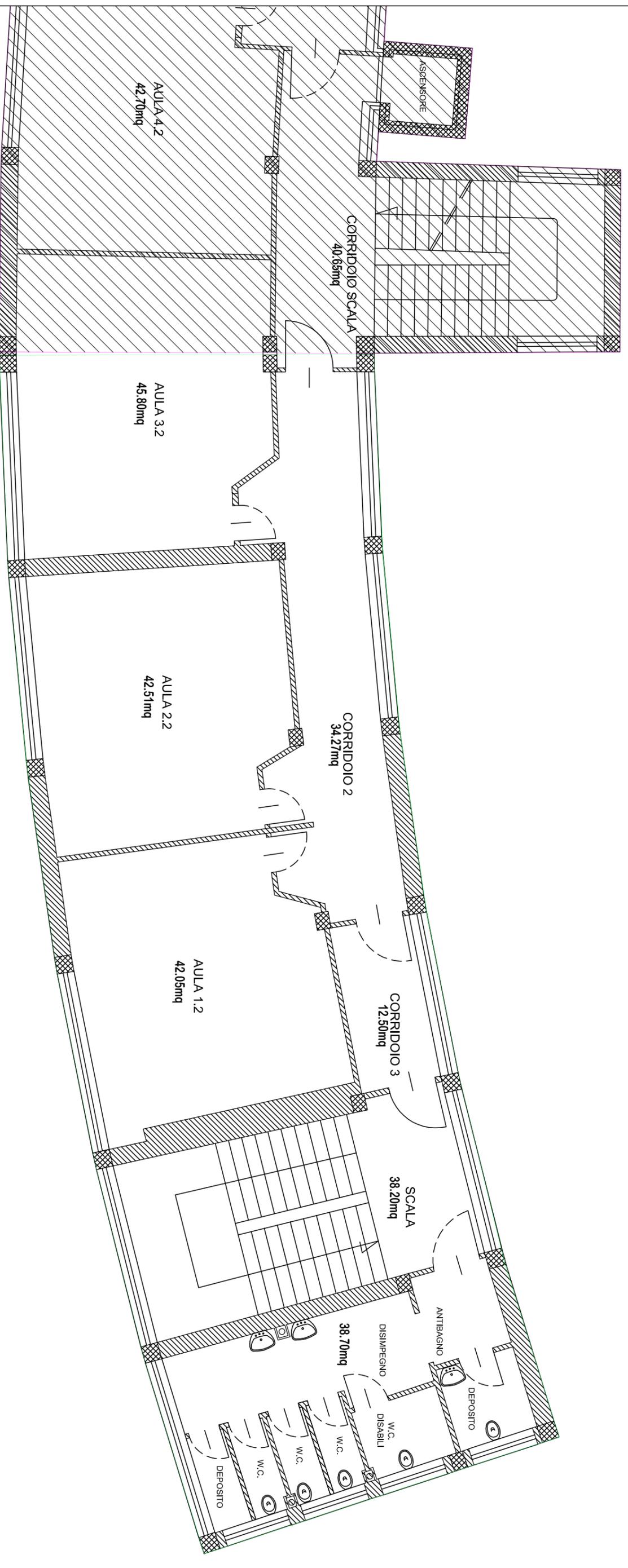
PIANTA PRIMO PIANO



CORPO "B"

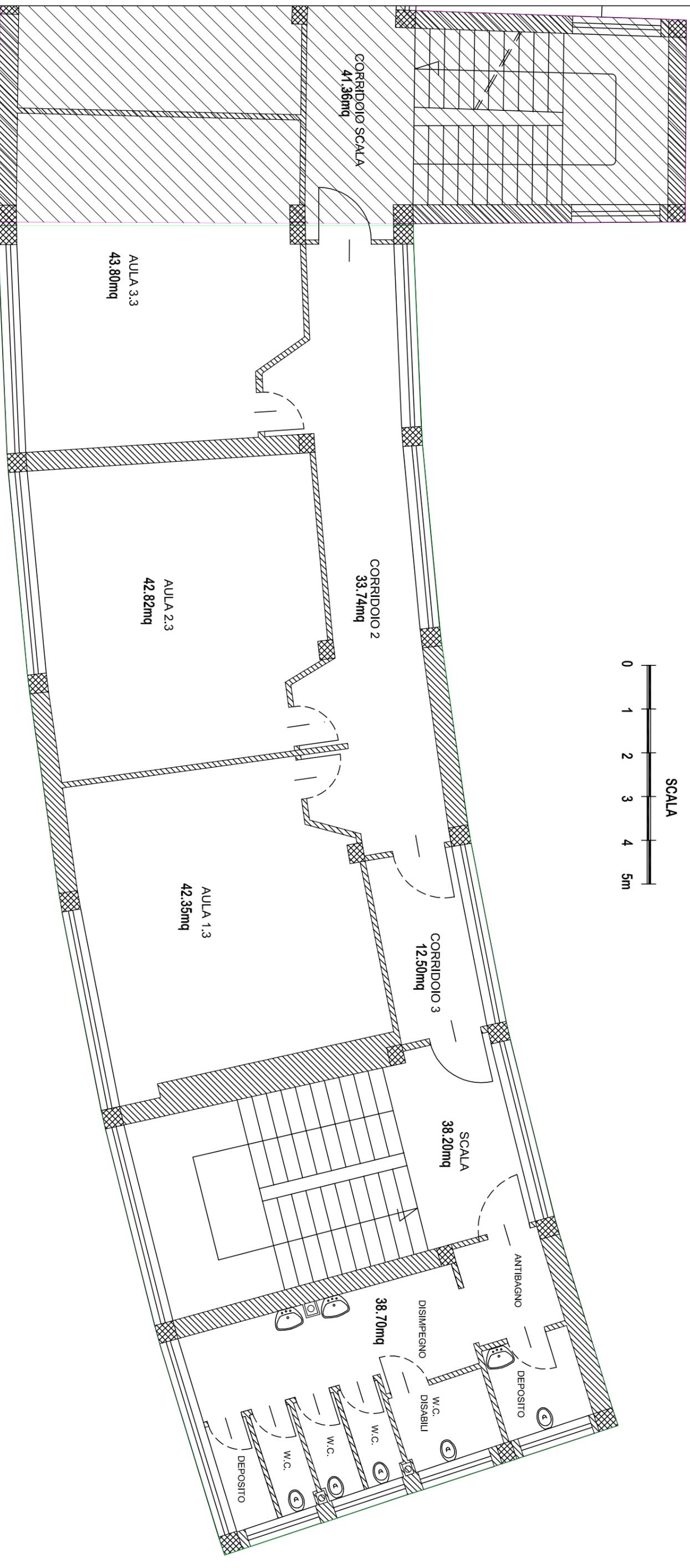


PIANTA SECONDO PIANO



CORPO "B"

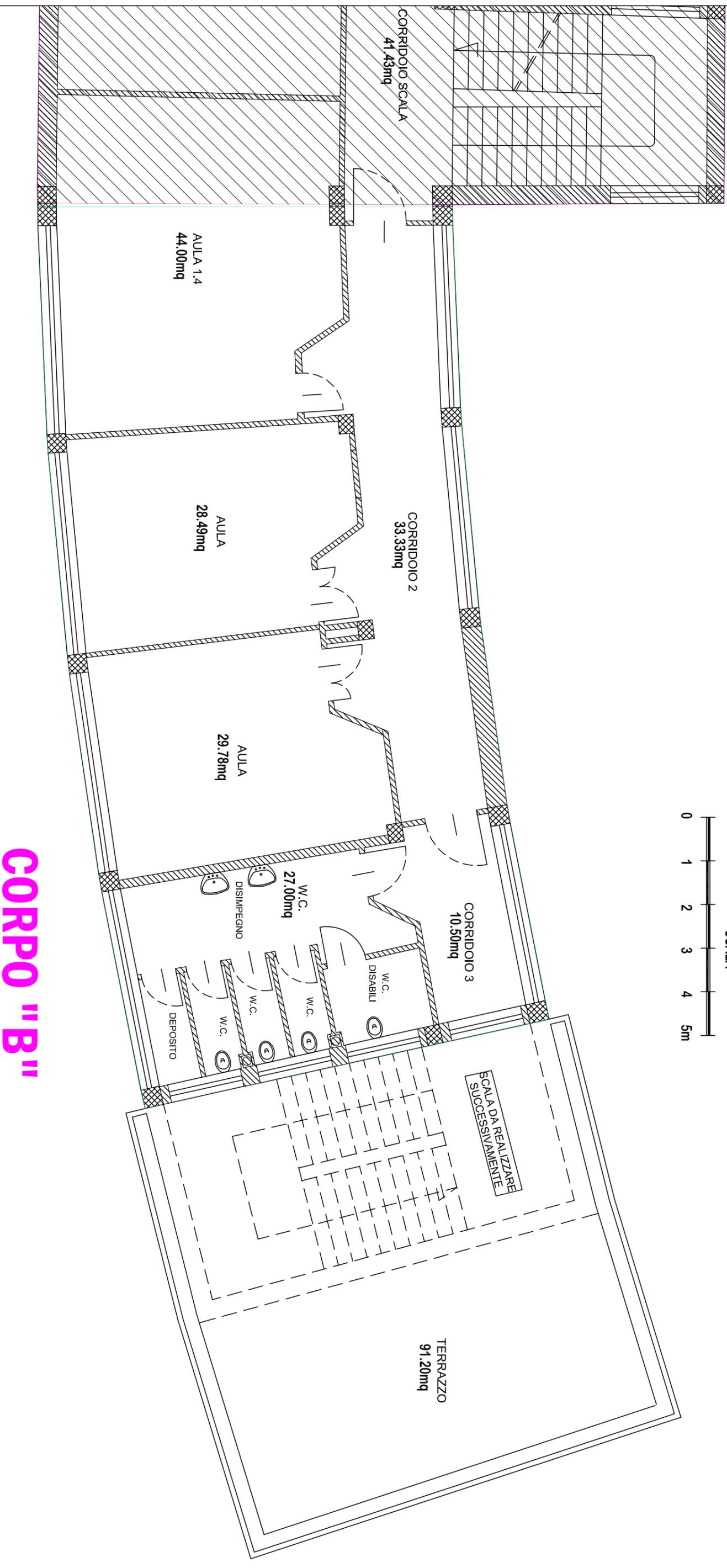
PIANTA TERZO PIANO



CORPO "B"

PIANTA QUARTO PIANO

SCALA



CORPO "B"