

COMUNE DI BOLOGNA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL POLO DINAMICO
Via Zacconi, Bologna



PROGETTO ESECUTIVO

IMPORTO DI PROGETTO:	€ 8.500.000,00
PROPRIETÀ:	CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA
Responsabile Unico del Procedimento:	ing. M. Biagetti
Progettista generale ed architettonico	arch. M. D'Oria
Elaborazioni grafiche	ing. F. Casadei
Collaboratori	ing. L. Prandstraller, geom. A. Bolognesi, geom. R. Marchesini
Progetto strutturale	S.A.P. Studio Associato di Progettazione ing. F. Malaguti, ing. P. Parma
Progetto impianti e antincendio	ing. S. Dalmonte

oggetto:

**RELAZIONE GENERALE
RELAZIONE MATERIALI
PIANO DI MANUTENZIONE**

tavola n°: **ST-R 01**

Scala elaborato:

Cod. PBM: 2018EDSCON05

Data: Giugno 2019

Rev: 0/2019

PROGETTO STRUTTURE



S.A.P. Studio Associato di Progettazione
Via Dante, 11 – 40016 – San Giorgio di Piano (BO)
Tel. 051893797 – fax. 0516631032 – e_mail info@studiosap.it

SOMMARIO:

1	PREMESSA	3
2	LOCALIZZAZIONE INTERVENTO	3
3	DESCRIZIONE INTERVENTO	4
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
5	VALUTAZIONE DEI CARICHI AMBIENTALI	10
5.1	CARICO NEVE	10
5.2	CARICO VENTO	11
6	AZIONE SISMICA	12
7	ANALISI DEI CARICHI	17
7.1	SOLAIO DI INTERPIANO ZONA AULE	17
7.2	SOLAIO COPERTURA	18
7.3	SOLAIO ZONA SERVIZI	18
8	VERIFICA DIMENSIONI GIUNTI	19
8.1	VALORI DETERMINATI	19
8.1.1	SPOSTAMENTI TRA US05 E US04	20
8.1.2	SPOSTAMENTI TRA US01 E US04	21
8.1.3	SPOSTAMENTI TRA US01 E US03	21
8.1.4	SPOSTAMENTI TRA US03S E US03L	22
8.1.5	SPOSTAMENTI TRA US01 E US02	22
8.1.6	SPOSTAMENTI TRA US02S E US02L	23
8.2	CONCLUSIONI	24
8.3	SPOSTAMENTI	24
9	RELAZIONE MATERIALI	30
9.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITA' DI MESSA IN OPERA	30
10	PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA	34
10.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA:	34
10.2	MANUALE D'USO:	34
10.3	MANUALE DI MANUTENZIONE:	36
10.4	DICHIARAZIONE E APPROVAZIONE DELLA D.L.	44

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i principali calcoli e considerazioni svolti dagli scriventi per il corretto dimensionamento delle opere strutturali di un edificio ad uso scolastico denominato “*Polo Dinamico*” da realizzarsi presso l’area del Liceo Copernico di Bologna, in Via Zacconi, in zona Fiera. In questa relazione si riportano le valutazioni di carattere generale valide per tutte le unità strutturali che formano il complesso del polo scolastico in oggetto.

2 LOCALIZZAZIONE INTERVENTO

Il progetto del Polo Dinamico sarà inserito nell’ampia area verde a servizio della palestra del liceo Copernico, in posizione sud-ovest del lotto, lungo la via Zacconi da cui potrà avere accesso diretto.

Le immagini di seguito riportate mostrano la localizzazione del sito oggetto di intervento con identificazione delle informazioni catastali e delle coordinate geografiche.



Figura 1: Fotografia aerea dell’area oggetto di intervento e identificazione catastale

L’area oggetto di nuova costruzione è di Proprietà Città metropolitana di Bologna e risulta censita al Nuovo catasto edilizio urbano del Comune di Bologna al Foglio 165 - mappali 421, 158, 159, 184.

Le coordinate geografiche del sito oggetto di nuova costruzione sono:

- Latitudine: 44°,507226;
- Longitudine: 11°,365167.



Figura 2: Fotografia aerea del sito

3 DESCRIZIONE INTERVENTO

Le opere in oggetto presentano come destinazione d'uso quella di edificio scolastico, l'intervento è classificabile come nuova costruzione ai sensi della Normativa vigente (NTC 2018). Le opere possono essere considerate come "opera ordinaria" caratterizzate da una Vita Nominale $VN \geq 50$ anni, mentre relativamente alla Classe d'uso si ritiene di inserirle all'interno della "Classe III" che prevede *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso"*.

L'obiettivo del progetto è di realizzare un edificio scolastico che possa rispondere "dinamicamente" nel tempo, e con poche e semplici modifiche, a diverse esigenze didattiche delle scuole di volta in volta interessate a crescite ed espansioni delle proprie iscrizioni, oppure per sede temporanea per scuole destinate a parziali chiusure per necessità manutentive.

La particolarità della flessibilità è pertanto pensata dalla possibilità di separare le attività sia in senso verticale, che per piano, realizzando così porzioni utilizzabili autonomamente, "unità didattiche" composte da cinque aule e servizi, e multipli.

Questo progetto quindi prevede la realizzazione di "moduli" ripetibili in serie costituiti da due tipologie di "blocchi tipo" assemblabili tra loro, ma autonomi nella dotazione di servizi e impiantistica.

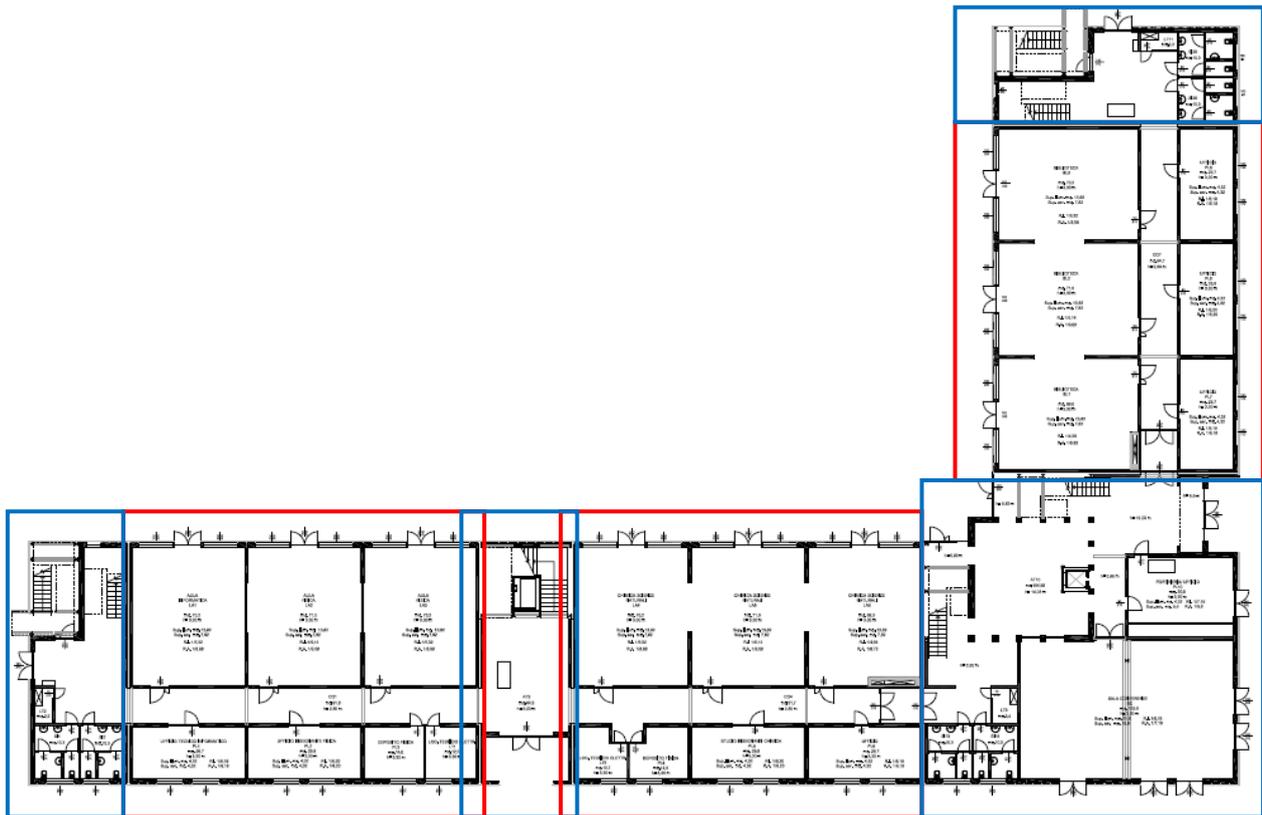


Figura 3: Individuazione moduli: in rosso i blocchi aule e in blu i blocchi servizi

La prima tipologia è un **“blocco aule”** che si sviluppa su tre piani: al piano terra trovano posto tre grandi laboratori con accesso diretto da un portico esterno. La possibilità di accesso dall’esterno garantisce l’utilizzo dello stesso laboratorio ad una o più scuole, ottimizzando così l’utilizzo degli spazi. La flessibilità compositiva permetterebbe comunque, con poca spesa, di poter chiudere il portico e/o utilizzare in tutto o in parte gli spazi per servizi accessori (segreterie, spazi collettivi, ecc....) a seconda delle specifiche necessità del momento.

I piani superiori sono composti da cinque grandi aule dimensionate per accogliere anche 30 studenti, oltre che uno spazio centrale **“open space”** che, tramite chiusure vetrate richiudibili, può essere utilizzato quale ulteriore spazio **“flessibile”** (riunioni, sala professori, ulteriore aula, spazio relax, biblioteca, sala studio, ecc....)

Il **“blocco servizi”** è posizionato alle due estremità del **“blocco aule”** e, a seconda delle configurazioni possibili, può accogliere, oltre ai connettivi verticali (scale + ascensore), i servizi igienici o spazio aperto per altri usi (atrio o locale di servizio). I **“blocchi servizi”** costituiscono anche, tramite appositi filtri areati, le eventuali separazioni tra le varie unità didattiche.

I due blocchi si collegano alternativamente in modo che ogni **“blocco aule”** sia separato da un altro tramite un **“blocco servizi”**.

La particolare conformazione altimetrica dell’area interessata vede un dislivello nella zona centrale di circa 2,50 m. per cui, sfruttando questa particolarità, si potrà accedere direttamente alle aule del piano primo, mentre il piano terra si aprirà verso l’area verde sportiva. Si prevede la costruzione di tre moduli posizionati ad L, due allineati lungo la direttrice stradale ed il terzo perpendicolare, in direzione via Garavaglia. I primi

due moduli costituiranno il primo stralcio assieme al corpo quadrato di collegamento, che verrà utilizzato per le attività di servizio e locali ad uso collettivo, che sarà punto di intersezione della L.

Dal punto di vista strutturale i moduli sopra descritti, che identificano aree simili per funzionalità, si configurano anche come unità strutturali in quanto sono pensati come blocchi separati tra loro da giunti di larghezza 16 cm circa, caratterizzati da continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e da omogeneità di materiali. Di seguito si riporta una planimetria con l'individuazione delle unità strutturali che costituiscono il complesso, e una descrizione per ogni unità tipo.

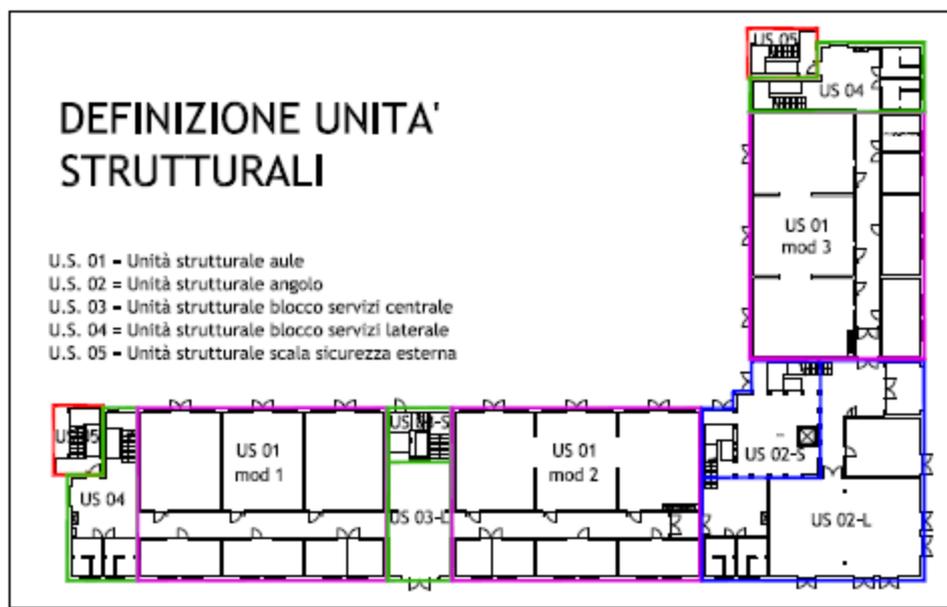


Figura 4: Definizione Unità strutturali

Le unità strutturali sono state progettate analizzandole singolarmente, valutando il possibile martellamento nei giunti tra US adiacenti.

1. US 01 - Modulo Aule

Il modulo aule si sviluppa su tre piano fuori terra, è realizzato interamente mediante strutture verticali portanti in legno con pannelli XLAM e strutture orizzontali sempre in legno ma di tipo lamellare GL32h. La forma dell'edificio è rettangolare e presenta dimensioni in pianta di circa 16 x 23,5 ml a livello di piano terra mentre i piani primo e secondo risultano sporgenti di circa 1,65 ml su entrambi i fronti principali. L'altezza massima dell'edificio è pari a circa 11,20 ml.

Per quanto riguarda i pannelli parete si è optato per pannelli verticali a 5 strati di spessore 40+20+40+20+40 mm per uno spessore di parete pari a 160 mm, di larghezza in modulo pari a 120 cm. Per quanto riguarda gli elementi di collegamento tra i pannelli verticali, quali le porzioni sopra e sotto le aperture, si utilizzano sempre i medesimi pannelli in direzione orizzontale, e quindi con asse della fibratura principale e secondaria ruotato rispetto ai pannelli verticali.

I solai del piano primo e secondo presentano uno spessore di 22 cm e sono costituiti da travi in legno lamellare GL32h di dimensioni 16x100 cm posizionate in orizzontale e collegate tra di loro mediante un collegamento che conferisca al solaio un comportamento di piano rigido. A livello dei solaio di

piano, in corrispondenza dei 4 allineamenti trasversali che delimitano i campi del solaio, in sommità delle pareti, vi sono travi in legno lamellare GL32 h con lo scopo di ridistribuire anche i carichi delle zone a sbalzo; a livello del primo solaio tali travi si estendono per tutta la larghezza dell'edificio. Tali travi risultano con estradosso a filo dell'estradosso del solaio, e ad esso collegate mediante giunti legno-legno e opportunamente collegate con connettori metallici.

Il solaio di copertura presenta le medesime caratteristiche dei solai sottostanti ma ha uno spessore di 18 cm.

Come precedentemente riportato il Polo dinamico è formato da tre blocchi Aule (Mod 1-2-3), praticamente identici dal punto di vista dello schema strutturale a meno di piccole variazioni dimensionali in alcuni pannelli dovuti alla presenza o meno delle zone filtro o alla rotazione in pianta. Per questo motivo si è ritenuto ammissibile studiare un modulo aule tipo, valido per tutti e tre, e si è considerato quello che negli elaborati grafici è identificato come "modulo 1".

2. US 02 - Modulo servizi blocco Angolo

Tale modulo si configura come spazio di collegamento tra le due stecche di edificio ad "L", nonché come luogo in cui si trovano la Sala conferenze e attività di servizio. Tale blocco è al suo interno diviso in due zone, differenti anche dal punto di vista funzionale: una porzione con forma ad "L", a due piani fuori terra, di dimensioni in pianta di circa 20,75 nel lato maggiore della "L" e dalle caratteristiche costruttive uguali a quelle descritte per il blocco aule; ed una pressoché quadrata che ospita due vani scale, un ascensore e un atrio a triplo volume di altezza massima pari a 15 ml. Per la diversità di conformazione geometrica tra le due zone si è optato per dividere l'US in due sotto unità, denominando "US 02-L" la porzione con forma ad "L" che ospita le zone ricettive da realizzare in legno; e "US 02-S" la porzione ospitante le strutture di collegamento che è stata dimensionata con struttura in acciaio.

Le due sotto-unità sono separate tra loro da un giunto di 10 cm.

Per quanto riguarda la parte in legno si richiama la descrizione della tipologia costruttiva riportata al punto 1. per quanto riguarda la tipologia di elementi portanti verticali e orizzontali. Nella zona della sala conferenze, per far fronte ad una luce di solaio elevata si è realizzato un telaio con due profili metallici HEB200, continui in altezza, sui quali, ai piani, mediante travi in legno lamellare GL32h accoppiate, scaricano i solai. Per quanto riguarda la parte metallica, il triplo volume presenta una pianta quadrata, di dimensioni pari a 8,20 ml di lato, all'interno della quale si trova la struttura dell'ascensore, sempre realizzata in carpenteria metallica. I due vani scala, di ingombro in pari a circa 6,20 x 3 ml, risultano in posizione simmetrica rispetto alla diagonale del triplo volume ed esterni alla sagoma di quest'ultimo. L'unico solaio presente risulta essere quello di copertura; quello del triplo-volume risulta a quota maggiore e presenta una tipologia costruttiva differente. I due solai di copertura dei vani scale sono infatti realizzati in legno lamellare GL32h, presentano uno spessore di 18 cm e si vanno a raccordare alla porzione di copertura che interessa la sotto unità in legno, raggiungendo un'altezza massima pari a 11,20 ml. Il coperto del triplo volume è invece realizzato sempre in legno GL32h ma con elementi travi a formare l'orditura principale e secondaria e tavolato in C24 da 4 cm.

3. US 03 - Modulo servizi blocco Centrale

L'US 03 presenta sostanzialmente funzione di collegamento verticale e distribuzione tra i blocchi adiacenti e alla Via Zacconi a livello del primo piano attraverso una passerella in acciaio a struttura indipendente.

Anche in questo caso, come per il blocco Angolo, si è ritenuto opportuno dividere l'US in due sotto unità: una ospitante la scala e l'ascensore progettata in carpenteria metallica e denominata "US 03-S", e una con finzione prettamente distributiva in legno denominata "US 03-L", separate tra loro da un giunto di 11 cm circa.

Per quanto riguarda la parte in legno si richiama la descrizione della tipologia costruttiva riportata al punto 1. per quanto riguarda la tipologia di elementi portanti sia verticali che orizzontali.

Le dimensioni in pianta ricoprono complessivamente una superficie di circa 6 x 16,05 ml e si sviluppano in altezza fino ad una quota massima pari a 11,20 ml.

4. US 04 - Modulo servizi blocco Laterale

Tale modulo si trova alle due estremità del perimetro ad "L" che caratterizza il Polo dinamico, ed ospita un vano scale, un blocco servizi e spazi di collegamento orizzontale con i moduli aule. Di questo modulo ne sono presenti due in tutto il complesso, identici dal punto di vista geometrico e costruttivo ma ruotati e specchiati in pianta, per questo motivo, come per il blocco Aule, se ne è studiato uno come tipo valido per entrambi.

Sul lato Sud si trovano i servizi, mentre su quello Nord si trova la scala, realizzata con struttura metallica.

La forma dell'edificio è rettangolare nella zona dei servizi e dei corridoi e presenta dimensioni in pianta di circa 6,35 x 9,70 ml, mentre la zona della scala presenta un restringimento e quindi presenta un ingombro pari a 2,70 x 6,50 ml. L'altezza massima dell'edificio è pari a circa 11,20 ml. Per quanto riguarda i pannelli parete si è optato per pannelli verticali a 5 strati di spessore 40+20+40+20+40 mm per uno spessore di parete pari a 160 mm, di larghezza in modulo pari a 120 cm. Per quanto riguarda gli elementi di collegamento tra i pannelli verticali, quali le porzioni sopra e sotto le aperture, si utilizzano sempre i medesimi pannelli in direzione orizzontale, e quindi con asse della fibratura principale e secondaria ruotato rispetto ai pannelli verticali.

Nella zona della scala, sul fronte Nord, si è optato per il posizionamento di due pilastri in legno lamellare GL32h di dimensioni 16 x 60 cm, collegati alle quote dei piani intermedi da travi in legno lamellare delle stesse caratteristiche di sezione 16 x 56 cm. Mentre nell'angolo N-O, dove indicato negli elaborati, si trovano pareti verticali in XLAM intere con le relative bucaure.

I solai del piano primo e secondo presentano uno spessore di 22 cm e sono costituiti da travi in legno lamellare GL32h di dimensioni 16x100 cm posizionate in orizzontale e collegate tra di loro mediante un collegamento che conferisca al solaio un comportamento di piano rigido.

Il solaio di copertura presenta le medesime caratteristiche dei solai sottostanti ma ha uno spessore di 18 cm.

5. US 05 - Modulo servizi Scala antincendio

Tale US identifica le due scale antincendio presenti nel Polo dinamico e posizionate alle due estremità del perimetro. La struttura è in acciaio.

Le opere di fondazione sono in conglomerato cementizio armato di tipo superficiale a platea dello spessore di 50 cm.

Oltre alle US sopra descritte che costituiscono l'edificio scolastico di progetto, si riportano all'interno di elaborati specialistici il dimensionamento delle strutture della passerella di ingresso, con funzione di collegamento del Polo dinamico con Via Zacconi, e le strutture per la vasca antincendio.

4 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare n.7 del C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019: "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
3. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
5. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
7. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
8. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
9. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
10. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
11. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
12. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
13. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
14. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
15. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.

16. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
17. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
18. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
19. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
20. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
21. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
22. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
23. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
25. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
26. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
27. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

5 VALUTAZIONE DEI CARICHI AMBIENTALI

In questo paragrafo si procede alla valutazione dei carichi ambientali agenti ed in modo particolare il carico neve ed il carico vento, funzione della localizzazione e delle condizioni geometriche dell'edificio. Prima di passare alla determinazione occorre osservare come l'edificio viene edificato in una zona urbana ma priva, nel primo intorno, di altri edifici, con un'altezza non superiore a 12,00 m (altezza presa a riferimento) con una copertura pressoché piana con una inclinazione dell'ordine di 1-2° (pari a circa il 2% come da progetto). Si considera, in accordo con la classe d'uso III dell'edificio, un periodo di ritorno pari a 75 anni.

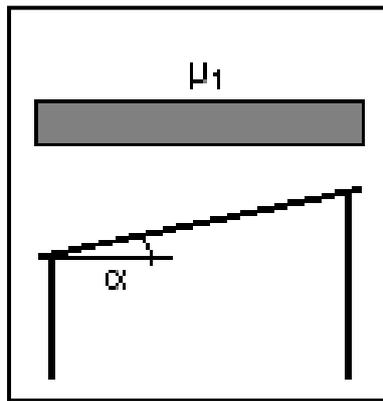
5.1 CARICO NEVE

Facendo riferimento a quanto previsto dalle NTC 2018 si trova che:

- Zona neve: I Mediterranea;
- c_e (coefficiente di esposizione al cento) = 1,00;
- valore caratteristico del carico al suolo pari a $q_{sk} c_e = 1,50$ kN/mq;
- copertura ad una semplice falda con un angolo di inclinazione pari a $\alpha = 3^\circ$;
- $\mu_1 = 0,80 \rightarrow q_1 = 1,20$ kN/mq.

Si riporta lo schema di carico come previsto dalla norma:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL POLO DINAMICO	PROGETTO STRUTTURE
RELAZIONE DI CALCOLO GENERALE	PAG. 10 DI 44



In definitiva il carico caratteristico neve risulta pari a 1,20 kN/mq.

5.2 CARICO VENTO

Facendo riferimento a quanto previsto dalle NTC 2018 si trova che:

- Zona vento: 2;



Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

- Dalla Tab. 3.3.1 si trova che la velocità base della zona $v_{b,0} = 25,0$ m/sec;
- Dalla Tab. 3.3.1 si trova che l'altitudine base della zona $a_0 = 750$ m;
- Altitudine del sito pari a circa $a_s = 54$ m s.l.m.;
- Coefficiente di altitudine $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$;
- Velocità base di riferimento $v_b = v_{b,0} c_a = 25,00$ m/sec;
- Periodo di ritorno: in modo del tutto prudenziale si considera un periodo di ritorno coincidente con quello dell'azione sismica ovvero 75 anni essendo la costruzione in classe d'uso III con coefficiente d'uso pari ad 1,5;
- Coefficiente di ritorno $c_r = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} = 1,023$;
- Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto: $v_r = v_b c_r = 25,59$ m/sec;
- Classe di rugosità del terreno: B (Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive). Tale scelta è dettata dall'ampia zona aperta che contorna la zona interessata malgrado questa sia all'interno di una zona urbanizzata;
- Categoria di esposizione: tipo IV in quanto trattasi di zona d'entroterra posta ad una quota inferiore ai 500 m s.l.m. (la città di Bologna presenta una quota media di circa 50-51 m s.l.m.);
- Con tale classificazione i parametri di riferimento risultano:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL POLO DINAMICO	PROGETTO STRUTTURE
RELAZIONE DI CALCOLO GENERALE	PAG. 11 DI 44

- $k_r = 0,22$;
- $z_0 = 0,30$ m;
- $z_{min} = 8,0$ m.
- la pressione cinetica di riferimento risulta pari a $q_b = 0,41$ kN/mq;
- si considera la quota massima (in eccesso dell'edificio) pari a 12 m da cui i vari coefficienti assumono i rispettivi valori:
 - $c_p = 1,00$;
 - $c_d = 1,00$;
 - $c_e = 1,91$;
 - $c_t = 1,00$;
- pressione del vento: $p_b = q_b \prod_i c_i = 0,78$ kN/mq.

Vista che la quota di riferimento z_{min} risulta pari a 8,0 m si riopera il calcolo considerando la quota di 8 m per determinare il valore da considerare nella parte bassa. Si trova che $c_e = 1,67$ con $p_b = 0,67$ kN/mq. Con tali carichi, facendo le dovute valutazioni del caso, si procederà alla loro applicazione, in termini globali e/o locali, sulla struttura in esame.

6 AZIONE SISMICA

Come previsto dalle NTC 2018 e vista l'importanza della costruzione (o meglio costruzioni) ricadenti in classe d'uso III (al punto 2.4.2 viene riportato come le costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, come ad esempio è riconducibile un edificio ad uso scolastico, ricadono in classe d'uso III), al fine della determinazione dello spettro di risposta, valutato in termini di accelerazione, sia stata eseguita una Risposta Sismica Locale (RSL) attraverso idonei strumenti. L'analisi è stata eseguita, facendo riferimento anche a quanto riportato nella relazione geologica - sismica a firma del Dott. Geol. Alberto Filelfi, in modo monodimensionale reperendo, al contempo, gli spettri relativi a tutti gli stati limite previsti dalla normativa in funzione della probabilità di superamento del rischio atteso. Nello specifico si ricorda la tabella 3.2.1 delle già richiamate NTC 2018 che riporta:

Stati limite	P _{V,R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In funzione di tali percentuali di superamento è possibile calcolare il periodo di ritorno di riferimento con la formula [3.2.0] che riporta $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{V_R})$.

Essendo l'edificio in classe d'uso III si ha che $C_U = 1,5$ da cui è immediato valutare i relativi periodi di ritorno partendo dalla vita nominale (V_N). Facendo riferimento alla Circolare 7 del 21 gennaio 2019 si trova che la vita nominale di progetto di un'opera è, convenzionalmente, definita come il numero di anni nel quale l'opera, purché ispezionata e mantenuta come previsto dal progetto, mantiene i livelli prestazionali e svolge le funzioni per la quale è stata progettata. Tale viene assunta pari a 50 anni in quanto, anche se trattasi di una scuola, si ritiene che l'opera rientri in quelle richieste prestazioni ordinarie.

Nella *Figura 5* si riporta il diagramma relativo in cui sono individuate le relative corrispondenze.

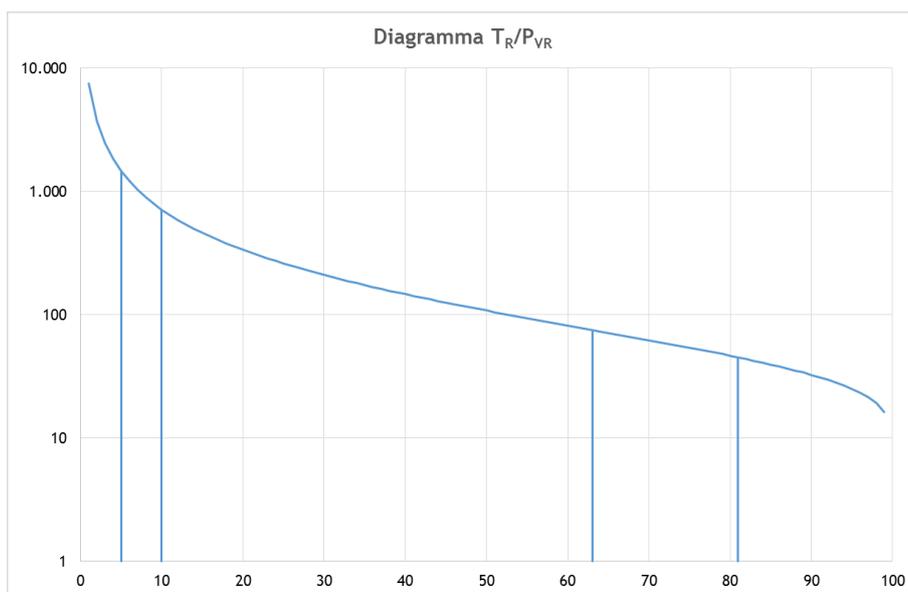


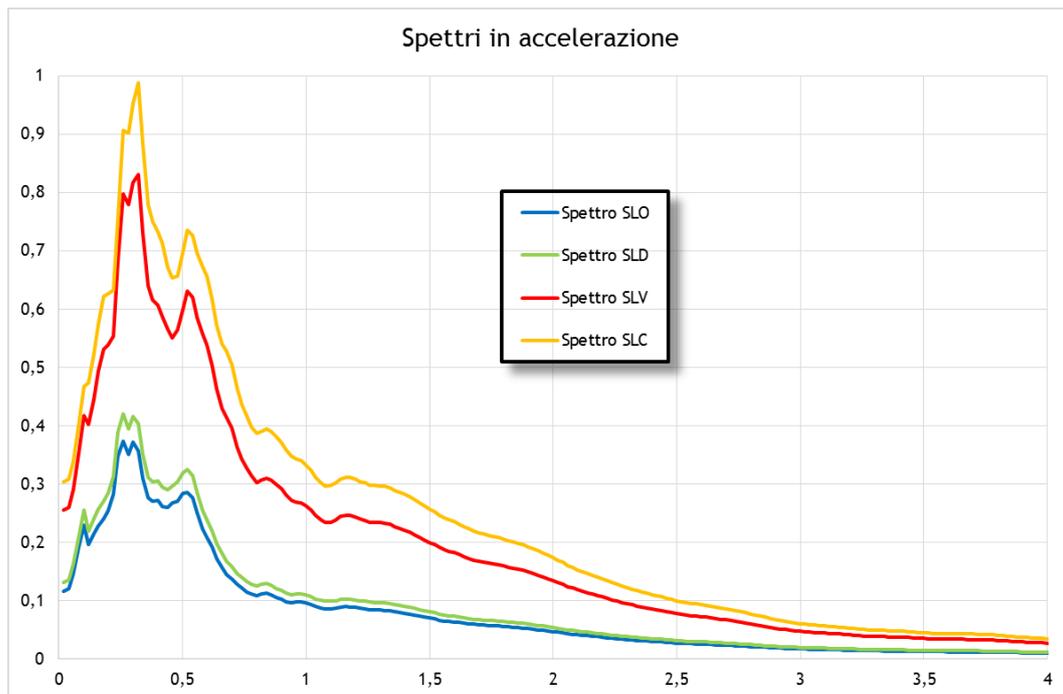
Figura 5: diagramma del periodo di ritorno in funzione della probabilità di superamento dell'evento atteso

Facendo riferimento a quanto riportato sopra si trova che:

Stati limite		$P_{V,R}$	T_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%	45
	SLD	63%	75
Stati limite ultimi	SLV	10%	712
	SLC	5%	1.462

Con tali valori di riferimento si riportano sia gli spettri di normativa, in funzione dello stato limite da considerare, sia gli spettri derivati dalla risposta sismica locale, spettri di tipo elastico su cui si opereranno le relative riduzioni in funzione del coefficiente di comportamento q che verrà ritenuto più corretto per la struttura da esaminare.

Si riporta in termine grafico la sovrapposizione degli spettri, in termini di accelerazione, dei quattro stati limite da esaminare, ovvero SLO (stato limite di operatività), SLD (stato limite di danno), SLV (stato limite di salvaguardia della vita) ed SLC (stato limite di collasso).



Risulta evidente come gli spettri risultano, per forma, molto simili tra loro in quanto tratti da un'analisi 1D e valgono per entrambe le direzioni in piano (x e y).

Per maggiore chiarezza si riportano anche le sovrapposizione dei singoli spettri, nella considerazione dei relativi stati limite da considerare, in funzione di quanto previsto dalla normativa in assenza di valutazione diretta con RSL. Prima di operare tale confronto si valutano i parametri sismici di sito attraverso un programma freeware riscontrabile in Internet denominato EdiLus MS ® della Acca software.

Rimandando a quanto riscontrabile nella *Figura 6*, si vogliono riportare, per maggiore chiarezza, i valori determinati. Le coordinate di sito risultano essere:

- Latitudine: 44° ,507226;
- Longitudine: 11° ,365167.

I parametri sismici vengono riportati in forma tabellare.

Stato limite	T_R	a_g/g	F_o	T^*_c
	[anni]	[#]	[#]	[sec]
Operatività	45	0,064	2,478	0,268
Danno	75	0,079	2,482	0,281
Salvaguardia della vita	712	0,191	2,399	0,312
Prevenzione collasso	1.462	0,241	2,433	0,318

EdiLus-MS
Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"

liceo copernico - bologna

Google 10 m Dati mappa © 2019 | Segnala un errore nella mappa

44.50650113, 11.36637111

Lattitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)

Lattitudine (ED50) Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)

Classe dell'edificio
III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi

Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_d/g [g]	F_0 [g]	T_c^* [s]
Operatività	45	0.064	2.478	0.268
Danno	75	0.079	2.482	0.281
Salvaguardia Vita	712	0.191	2.399	0.312
Prevenzione Collasso	1482	0.241	2.433	0.318

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdiLus-MS](#)

ACCA
ACCA SOFTWARE
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35
P.IVA 01863740647 - E-mail: info@acca.it

Figura 6: localizzazione intervento e parametri sismici

Con questi parametri si costruiscono i diagrammi degli spettri, funzione dello stato limite, e si confrontano con quelli derivati dalla RSL considerando che l'analisi geofisica ha riconosciuto il terreno appartenente alla classe C.

Nel seguito si riportano, per ogni stato limite esaminato, la sovrapposizione dei diagrammi degli spettri ottenuti con i riferimenti normativi (in rosso) e quelli ottenuti attraverso RSL (in blu)

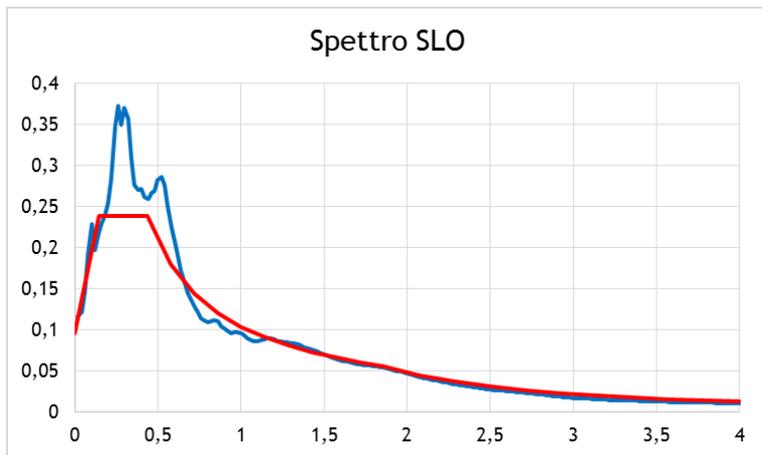


Figura 7: sovrapposizione spettri allo SLO

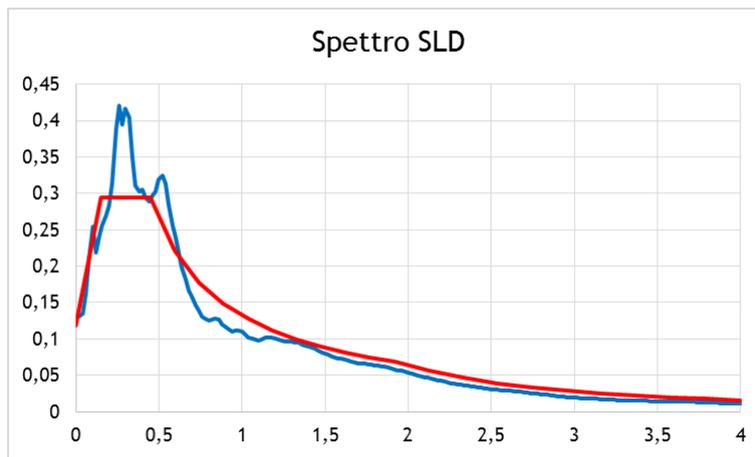


Figura 8: sovrapposizione spettri allo SLD

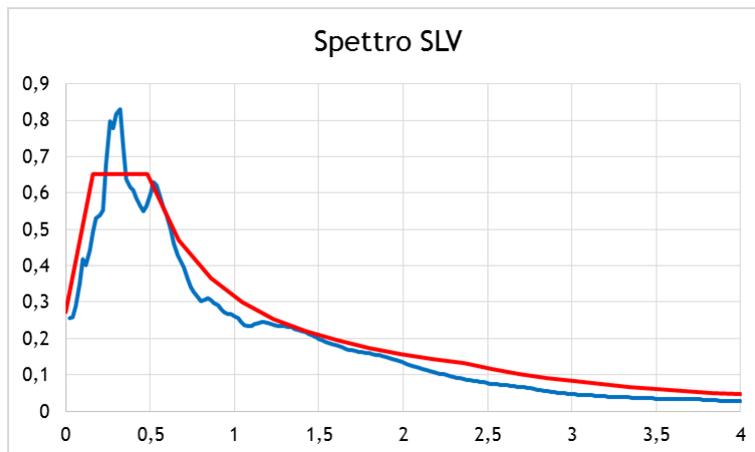


Figura 9: sovrapposizione spettri allo SLV

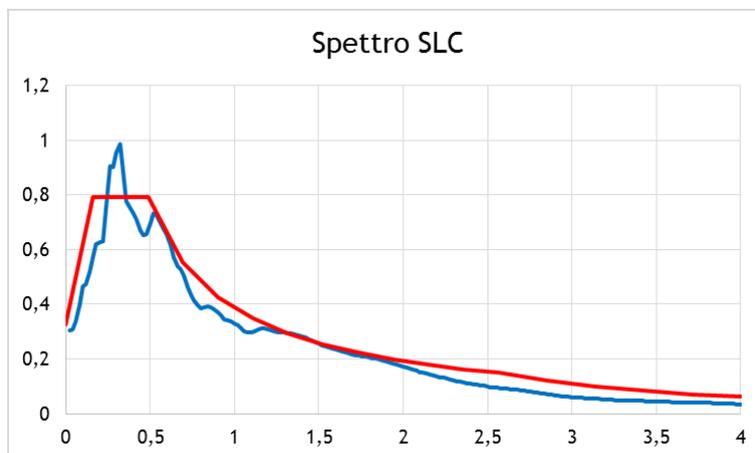


Figura 10: sovrapposizione spettri allo SLC

A prescindere dal fattore di scala, risulta immediato osservare come gli spettri ottenuti attraverso la RSL risultano essere molto simili a quelli di normativa per valori di periodi superiori ad 1-1,5 sec (periodi particolarmente alti) mentre si trovano picchi di amplificazione per periodi tra i 0,2 e 0,3 sec, periodi a cui si attestano la maggior parte degli edifici residenziali di 2-5 piani (si ricorda al proposito come la bibliografia riporta come stima del primo periodo la formula $0,1n$ dove n è il numero dei piani dell'edificio ed anche la formulazione empirica di $0,048 H^{3/4}$ da cui, operando all'inverso, si trovano valori di H compresi tra i 6,5 m ed gli 11,5 m, valori molto prossimi all'altezza dell'edificio in questione).

7 ANALISI DEI CARICHI

Facendo riferimento alla stratigrafia riportata e fornita dal progetto architettonico, si riporta nel seguito l'analisi dei carichi relativa ai vari solai degni di nota presenti nelle zone autonome e per la precisione si hanno:

- Solaio della zona aule con la piccola variazione delle zone di sbalzo ove risulta presente la coibentazione all'intradosso;
- Solaio di copertura con la presenza dell'impianto fotovoltaico;
- Solaio della zona servizi con presenza di diversa pavimentazione.

Ulteriori stratigrafie saranno analizzate di volta in volta verificando, eventualmente, la loro differenza e implicazioni che ne conseguono.

7.1 SOLAIO DI INTERPIANO ZONA AULE

La stratigrafia, partendo dall'intradosso ove viene posizionato il solaio in legno che sarà lasciato a vista, risulta così costituita:

- Solaio strutturale ligneo realizzato con travi in legno lamellare poste in orizzontale dello spessore complessivo di 22 cm con peso specifico di 5,00 kN/mc: $g_{k1} = 1,10$ kN/mq;
- Lastra in fibrogesso tipo fermacell® dello spessore di 20 mm con peso specifico di 12,00 kN/mc, valore dedotto dalle schede tecniche: $g_{k2,1} = 0,02 \times 12,00 = 0,24$ kN/mq;
- Isolamento in fibra di legno dello spessore di 30 mm con peso specifico di 1,40 kN/mc, valore dedotto dalle schede tecniche: $g_{k2,2} = 0,03 \times 1,40 = 0,04$ kN/mq;
- Isolamento acustico realizzato con Phonestar Tri 15 ® dello spessore di 15 mm con peso, ricavato dalle schede tecniche, pari a $g_{k2,3} = 0,18$ kN/mq;
- Lastra in fibrocemento tipo Aquapanel ® Floor della Knauf dello spessore di 22 mm come sottofondo a secco della pavimentazione dal peso, da scheda tecnica, pari $g_{k2,4} = 0,37$ kN/mq;
- Pavimentazione in linoleum dello spessore di 2-4 mm, in funzione della fornitura, avente un peso, desunto da scheda tecnica per lo spessore di 4 mm, pari a $g_{k2,5} = 0,05$ kN/mq;
- Impiantistica diffusa a livello di intradosso in alcune zone $g_{k2,6} = 0,10$ kN/mq;
- Sovraccarico variabile $q_k = 3,00$ kN/mq.

In definitiva il solaio delle zone in cui risultano presenti le aule presenta la seguente analisi dei carichi:

- $g_{k1} = 1,10$ kN/mq;
- $g_{k2} = 0,24 + 0,04 + 0,18 + 0,37 + 0,05 + 0,10 = 0,98$ kN/mq $\approx 1,00$ kN/mq;
- $q_k = 3,00$ kN/mq.

Nelle zone di sporto, posizionate al piano primo, risulta presente, nella zona intradossale, una coibentazione in lana di roccia dello spessore di 16 cm finita con rasatura dello spessore di circa 5 mm. Tale situazione apporta un'ulteriore voce di carico pari a:

- coibentazione termica in lana di roccia dal peso specifico, dedotto da scheda tecnica, di 0,90 kN/mc per uno spessore di 16 cm: $g_{k2,7} = 0,16 \times 0,90 = 0,14$ kN/mq;

- rasatura della superficie con malta adesiva per uno spessore di 4 mm minimo ad elevata permeabilità al vapore posta in opera con adeguata rete d'armatura che presenta peso, da scheda tecnica, pari a circa 1,5 kg/mq per mm di spessore: $g_{k2,8} = 4 \times 0,015 = 0,06 \text{ kN/mq}$.

Nelle zone di sbalzo, fatto salvo carichi concentrati che verranno valutati in modo puntuale, il carico permanente portato risulta modificato da quanto sopra riportato. L'analisi riporta:

- $g_{k2} = 0,24 + 0,04 + 0,18 + 0,37 + 0,05 + 0,14 + 0,06 + 0,10 = 1,18 \text{ kN/mq} \approx 1,20 \text{ kN/mq}$.

Si può osservare come la variazione del carico risulta modesta.

7.2 SOLAIO COPERTURA

Il solaio di coperto viene realizzato sempre in legno con travi in lamellare poste sdraiate. L'analisi dei carichi, indipendentemente dalla zona considerata (zona aule, servizi,...), risulta sempre la seguente e precisamente quanto riportato nel seguito:

- Solaio strutturale ligneo realizzato con travi in legno lamellare poste in orizzontale dello spessore complessivo di 18 cm con peso specifico di 5,00 kN/mc: $g_{k1} = 0,90 \text{ kN/mq}$;
- Freno a vapore tipo USB Micro Strong della Riwega dello spessore di circa 1 mm dal peso, da scheda tecnica, pari a circa 0,002 kN/mq, pressoché trascurabile;
- Pannello coibente in lana di roccia a doppia densità tipo Durock Energy della Ruckwool di spessore 20 cm con peso specifico, da scheda tecnica, pari 1,50 kN/mc: $g_{k2,1} = 0,2 \times 1,50 = 0,30 \text{ kN/mq}$;
- Membrana traspirante tipo USB Protector GOLD 330 della Riwega dello spessore di circa 0,85 mm dal peso, da scheda tecnica, pari a circa 0,003 kN/mq, pressoché trascurabile;
- Copertura in alluminio 5754 dello spessore di 1 mm tipo Riverclak® 500 dal peso, da scheda tecnica, pari a $g_{k2,2} = 0,04 \text{ kN/mq}$;
- Pannelli fotovoltaici per produzione energia in posto aventi peso medio da indagine su prodotti commerciali pari a circa $g_{k2,3} = 0,15 \text{ kN/mq}$;
- Sovraccarico variabile neve $q_k = 1,20 \text{ kN/mq}$.

In definitiva il solaio di copertura presenta la seguente analisi dei carichi:

- $g_{k1} = 0,90 \text{ kN/mq}$;
- $g_{k2} = 0,30 + 0,04 + 0,15 = 0,49 \text{ kN/mq} \approx 0,50 \text{ kN/mq}$;
- $q_k = 1,20 \text{ kN/mq}$.

7.3 SOLAIO ZONA SERVIZI

Il solaio delle zone adibite a servizi igienici viene realizzato sempre in legno con travi in lamellare poste sdraiate. L'analisi dei carichi, indipendentemente dalla zona considerata (zona aule, servizi,...), risulta sempre la seguente e precisamente quanto riportato nel seguito:

- Solaio strutturale ligneo realizzato con travi in legno lamellare poste in orizzontale dello spessore complessivo di 22 cm con peso specifico di 5,00 kN/mc: $g_{k1} = 1,10 \text{ kN/mq}$;
- Lastra in fibrogesso tipo fermacell® dello spessore di 20 mm con peso specifico di 12,00 kN/mc, valore dedotto dalle schede tecniche: $g_{k2,1} = 0,02 \times 12,00 = 0,24 \text{ kN/mq}$;
- Serpentina riscaldante tipo Tenefloor della ATH.Italia dal peso pressoché trascurabile;

- Massetto per la posa di pavimentazione in gres dello spessore di 3 cm con peso specifico di 22 KN/mc: $g_{k,1} = 0,03 \times 22 = 0,70$ kN/mq;
- Pavimentazione in gres porcellanato: $g_{k,2} = 0,40$ kN/mq;
- Carico per passaggio impiantistica in controsoffitto: $g_{k,3} \approx 1,00$ kN/mq;
- Sovraccarico variabile $q_k = 3,00$ kN/mq.

In definitiva il solaio delle zone adibite a servizi presenta la seguente analisi dei carichi:

- $g_{k1} = 1,10$ kN/mq;
- $g_{k2} = 0,24 + 0,70 + 0,40 + 1,00 = 2,34$ kN/mq $\approx 2,35$ kN/mq;
- $q_k = 3,00$ kN/mq.

8 VERIFICA DIMENSIONI GIUNTI

In questo capitolo si vogliono riportare le verifiche delle dimensioni dei giunti progettati fra le varie unità strutturali in cui l'intero edificio è stato suddiviso vista la sua conformazione e la sua impostazione strutturale.

Nella Figura 11 si riporta, per facilità di lettura, uno schema in cui vengono individuate le varie unità strutturali, alcune delle quali presenti in numero maggiore di uno.

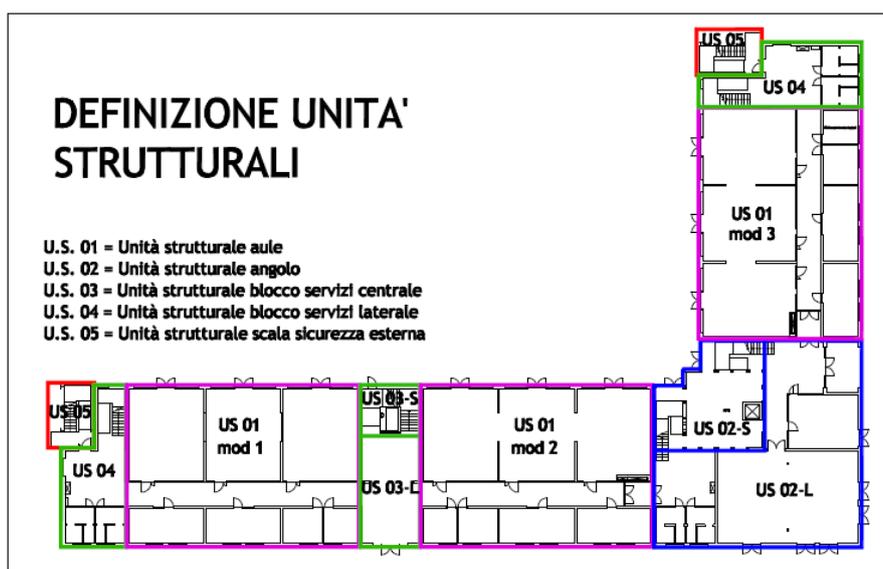


Figura 11: definizione delle unità strutturali

Rimandando ai tabulati di calcolo i valori di dettaglio degli spostamenti attesi nelle varie combinazioni di carico da considerare, nel seguito si riporta una sintesi dei valori massimi valutati allo SLV al fine di verificare l'eventualità di potenziali fenomeni di martellamento. A livello di coordinate cartesiane si considera l'orientamento ordinario x e y a cui si farà riferimento nel seguito.

8.1 VALORI DETERMINATI

La modellazione di tutte le unità strutturali considerate è stata eseguita attraverso un programma di calcolo FEM già più volte menzionato adottando coefficienti di comportamento diversi in funzione degli elementi sismo resistenti e, per la precisione, si è considerato un valore di $q = 1,5$ per le strutture metalliche (vani

scala e doppio volume) e di $q = 2,0$ per quelle in legno con struttura a pannelli a strati incrociati (comunemente denominati X-Lam).

Nella Figura 12 si riportano i valori massimi (in termini assoluti) degli spostamenti ottenuti nella condizione più gravosa allo SLV in entrambe le direzioni del piano.

UNITA' STRUTTURALE	q [#]	Direz.	s_{max} [2SI] [mm]	s_{max} [mm]
U.S. 01	2	X	19,61	39,22
		Y	16,38	32,76
U.S. 02-L	2	X	17,09	34,18
		Y	22,03	44,06
U.S. 02-S	1,5	X	24,95	37,43
		Y	30,59	45,89
U.S. 03-L	2	X	53,01	106,02
		Y	8,93	17,86
U.S. 03-S	1,5	X	23,02	34,53
		Y	6,53	9,80
U.S. 04	2	X	35,64	71,28
		Y	5,91	11,82
U.S. 05	1,5	X	20,45	30,68
		Y	4,41	6,62

Figura 12: valori massimi degli spostamenti in direzione x e y allo SLV

Come si può osservare i valori sono stati riportati sia in termini di valori letti dal programma di calcolo (colonna indicata con s_{max} [2SI]) sia moltiplicati per il relativo coefficiente di comportamento della struttura. I valori di riferimento, quindi, risultano essere quelli dell'ultima colonna dove si ha s_{max} . La condizione peggiore risulta sempre quella dell'opposizione di fase ovvero spostamenti in direzione contrapposta che implicano il massimo avvicinamento o il massimo allontanamento. Vediamo, partendo dalla zona sinistra dell'edificio rappresentato in Figura 11, i valori che si sono ottenuti.

Gli spostamenti massimi, ovviamente, risultano essere presenti in copertura, con valori leggermente inferiori ai piani inferiori.

8.1.1 SPOSTAMENTI TRA US05 E US04

Dai tabulati riportati sopra si può osservare come lo spostamento più significativo risulta essere quello in direzione x da cui si ha:

- δ_x (US04) = $\pm 71,28$ mm;
- δ_x (US05) = $\pm 30,68$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 71,28 + 30,68 = 101,96$ mm da cui il giunto deve avere una dimensione maggiore di 102 mm e permettere uno scorrimento della stessa entità.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US04) = $\pm 11,82$ mm;
- δ_y (US05) = $\pm 6,62$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 11,82 + 6,62 = 18,44$ mm da cui il giunto deve avere una dimensione maggiore di 20 mm e permettere uno scorrimento della stessa entità.

8.1.2 SPOSTAMENTI TRA US01 E US04

Dai tabulati riportati sopra si può osservare come lo spostamento più significativo risulta essere quello in direzione x da cui si ha:

- δ_x (US04) = $\pm 71,28$ mm;
- δ_x (US01) = $\pm 39,22$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 71,28 + 39,22 = 110,50$ mm da cui il giunto deve avere una dimensione maggiore di 111 mm e permettere uno scorrimento della stessa entità.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US04) = $\pm 11,82$ mm;
- δ_y (US01) = $\pm 32,76$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 11,82 + 32,76 = 44,58$ mm da cui le opere secondarie non strutturali devono essere in grado di assorbire una deformazione dell'ordine di ± 50 mm.

8.1.3 SPOSTAMENTI TRA US01 E US03

Le unità strutturali definite come US01 trovano contatto con l'unità US03 attraverso due zone ben distinte e caratterizzate da comportamenti diversi in funzione del materiale base (US03S parte in acciaio e US03L parte in legno). Si controllano in modo separato i due comportamenti.

1. US01 - US03L

La parte più significativa risulta essere quella di collegamento con la parte in legno ove si ha la presenza del corridoio di distribuzione. Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US03L) = $\pm 106,02$ mm;
- δ_x (US01) = $\pm 39,22$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 106,02 + 39,22 = 145,24$ mm da cui il giunto deve avere una dimensione maggiore di 146 mm e permettere uno scorrimento della stessa entità.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US03L) = $\pm 17,86$ mm;
- δ_y (US01) = $\pm 32,76$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 17,86 + 32,76 = 50,62$ mm da cui le opere secondarie non strutturali devono essere in grado di assorbire una deformazione dell'ordine di ± 51 mm.

2. US01 - US03S

In modo analogo si controllano gli spostamenti con la parte in acciaio ove non si hanno alcun punto di collegamento diretto. Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US03S) = $\pm 37,43$ mm;
- δ_x (US01) = $\pm 39,22$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 37,43 + 39,22 = 76,65$ mm da cui il giunto deve avere una dimensione maggiore di 77 mm e permettere uno scorrimento della stessa entità.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US03S) = $\pm 9,80$ mm;
- δ_y (US01) = $\pm 32,76$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 9,80 + 32,76 = 42,56$ mm da cui le opere secondarie non strutturali devono essere in grado di assorbire una deformazione dell'ordine di ± 43 mm.

8.1.4 SPOSTAMENTI TRA US03S E US03L

All'interno della stessa unità strutturale denominata US03 e destinata a servizi, si hanno due zone con diverso comportamento dettate da spostamenti diversi. Come nei casi precedenti si controllano gli spostamenti nelle due direzioni x e y. Si ha:

- δ_x (US03L) = $\pm 106,02$ mm;
- δ_x (US03S) = $\pm 34,53$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 106,02 + 34,53 = 140,55$ mm da cui le due strutture devono avere la possibilità di spostamenti trasversali atti ad assorbire spostamenti per una dimensione maggiore di 141 mm.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US03S) = $\pm 9,80$ mm;
- δ_y (US03L) = $\pm 17,86$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 9,80 + 17,86 = 27,66$ mm da cui occorre predisporre giunto atto ad assorbire una deformazione dell'ordine di ± 28 mm.

8.1.5 SPOSTAMENTI TRA US01 E US02

Anche in questo caso occorre controllare gli spostamenti tra l'unità strutturale 01 e quella d'angolo denominata 02 costituita da due parti in funzione del materiale sismo resistente utilizzato. Il collegamento a livello di passaggio si ha sulla parte in legno mentre su quella in acciaio si solamente una contrapposizione di pareti. Visto il comportamento non perfettamente simmetrico della struttura d'angolo (US02) si controllano gli spostamenti per entrambe le pareti in cui le strutture si affacciano.

3. US01 - US02L PARTE LONGITUDINALE

Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US01) = $\pm 39,22$ mm.
- δ_x (US02L) = $\pm 34,18$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{x,max} = 39,22 + 34,18 = 73,40$ mm.

Gli spostamenti in direzione y risultano:

- δ_y (US01) = $\pm 32,76$ mm.
- δ_y (US02L) = $\pm 44,06$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{y,max} = 32,76 + 44,06 = 76,82$ mm.

4. **US01 - US02L PARTE TRASVERSALE**

Gli spostamenti in direzione y risultano:

- δ_y (US01) = $\pm 39,22$ mm.
- δ_y (US02L) = $\pm 44,06$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{x,max} = 39,22 + 44,06 = 83,28$ mm.

Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US01) = $\pm 32,76$ mm.
- δ_x (US02L) = $\pm 34,18$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{y,max} = 32,76 + 34,18 = 66,94$ mm.

5. **US01 - US02S PARTE LONGITUDINALE**

Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US01) = $\pm 39,22$ mm.
- δ_x (US02S) = $\pm 37,43$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{x,max} = 39,22 + 37,43 = 76,65$ mm.

Gli spostamenti in direzione y risultano:

- δ_y (US01) = $\pm 32,76$ mm.
- δ_y (US02S) = $\pm 45,89$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{y,max} = 32,76 + 45,89 = 78,65$ mm.

6. **US01 - US02S PARTE TRASVERSALE**

Gli spostamenti in direzione y risultano:

- δ_y (US01) = $\pm 39,22$ mm.
- δ_y (US02S) = $\pm 45,89$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{x,max} = 39,22 + 45,89 = 85,11$ mm.

Gli spostamenti in direzione x risultano:

- δ_x (US01) = $\pm 32,76$ mm.
- δ_x (US02S) = $\pm 37,43$ mm.

Lo spostamento massimo risulta pari a $\delta_{y,max} = 32,76 + 37,43 = 70,19$ mm.

8.1.6 SPOSTAMENTI TRA US02S E US02L

All'interno della stessa unità strutturale denominata US02 posta a cerniera delle due parti dell'edificio, si hanno due zone con diverso comportamento dettate da spostamenti diversi. Come nei casi precedenti si controllano gli spostamenti nelle due direzioni x e y. Si ha:

- δ_x (US02L) = $\pm 34,18$ mm;
- δ_x (US02S) = $\pm 37,43$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{x,max} = 34,18 + 37,43 = 71,61$ mm.

In modo analogo si controllano gli spostamenti nella direzione y da cui:

- δ_y (US02S) = $\pm 45,89$ mm;

- δ_y (US02L) = $\pm 44,06$ mm.

Gli spostamenti massimi, in avvicinamento o in allontanamento, risultano pari a $\delta_{y,max} = 45,89 + 44,06 = 89,95$ mm da cui occorre predisporre giunto atto ad assorbire una deformazione dell'ordine di ± 90 mm.

8.2 CONCLUSIONI

Nel punto precedente si sono calcolati, a livello della copertura, gli spostamenti massimi che le varie unità strutturali attigue possono compiere. Il comportamento è dettato da una direzione longitudinale rispetto alla zona di affaccio e da un direzione trasversale. Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa in cui, in funzione delle unità strutturali da considerare, si riportano i valori degli spostamenti da considerare al fine del dimensionamento del giunto di carattere sismico atto ad evitare problemi di martellamento.

US	US	d_{long}	d_{trasv}
[#]	[#]	[mm]	[mm]
05	04	$\pm 18,44$	$\pm 101,96$
04	01	$\pm 110,50$	$\pm 44,58$
01	03L	$\pm 145,24$	$\pm 50,62$
01	03S	$\pm 76,65$	$\pm 42,56$
03S	03L	$\pm 27,66$	$\pm 140,55$
01	02L	$\pm 83,28$	$\pm 76,82$
01	02S	$\pm 85,11$	$\pm 78,65$
02L	02S	$\pm 71,61$	$\pm 89,95$

A livello di spostamenti in direzione longitudinale si osserva un valore massimo pari a 145,24 mm valore inferiore a 160 mm, dimensione del giunto assunto tra tutte le unità strutturali adiacenti. Con tale valore non si hanno problematiche di martellamento tra le varie unità strutturali considerate.

8.3 SPOSTAMENTI

Al fine di dare supporto numerico a quanto riportato nei punti precedenti si riportano anche i grafici con gli spostamenti massimi in direzione x ed in direzione y relativamente alle unità strutturali considerate.

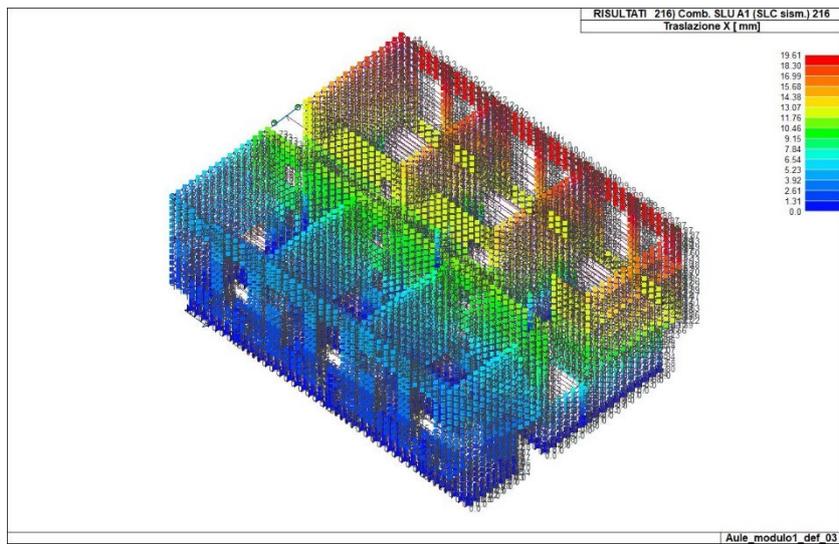


Figura 13 - US01 - spostamenti max. dir. X

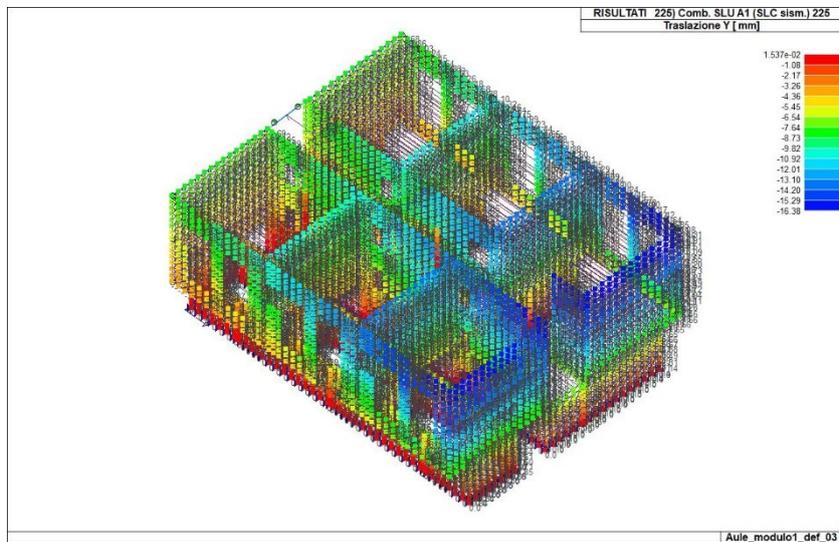


Figura 14 - US01 - spostamenti max. dir. Y

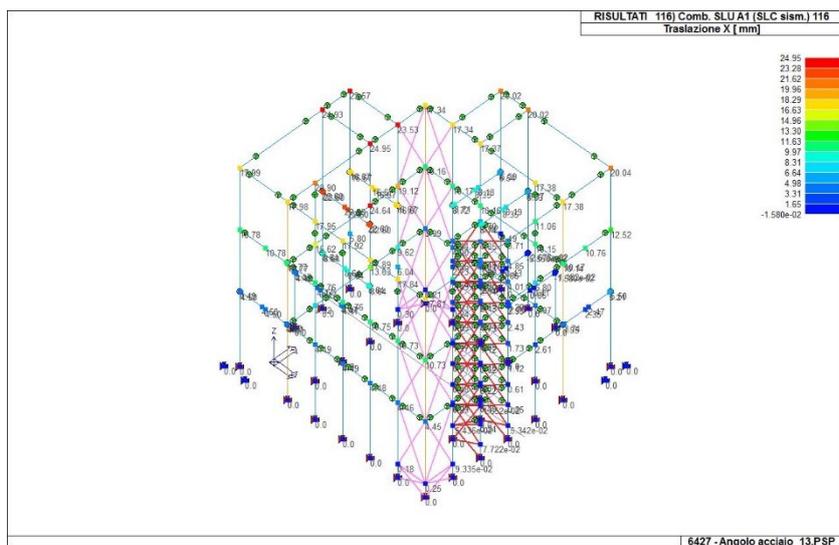


Figura 15: US02S - spostamenti max. dir. X

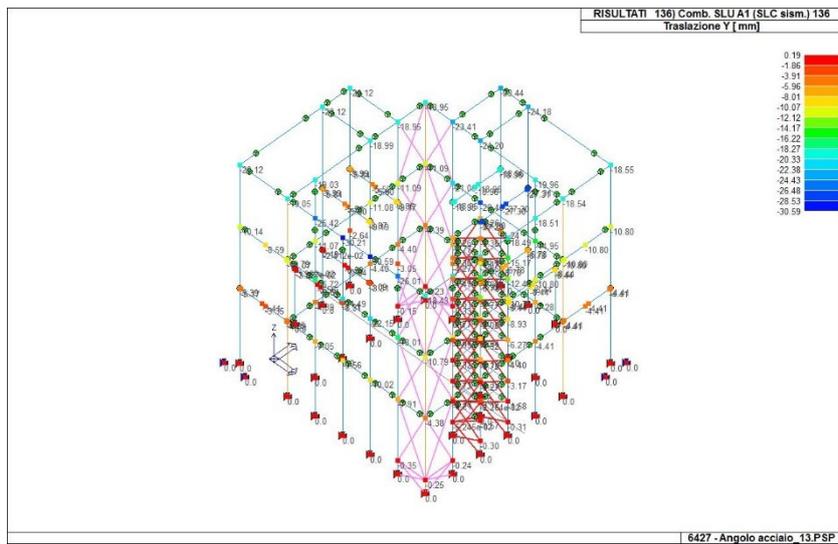


Figura 16: US02S - spostamenti max. dir. Y

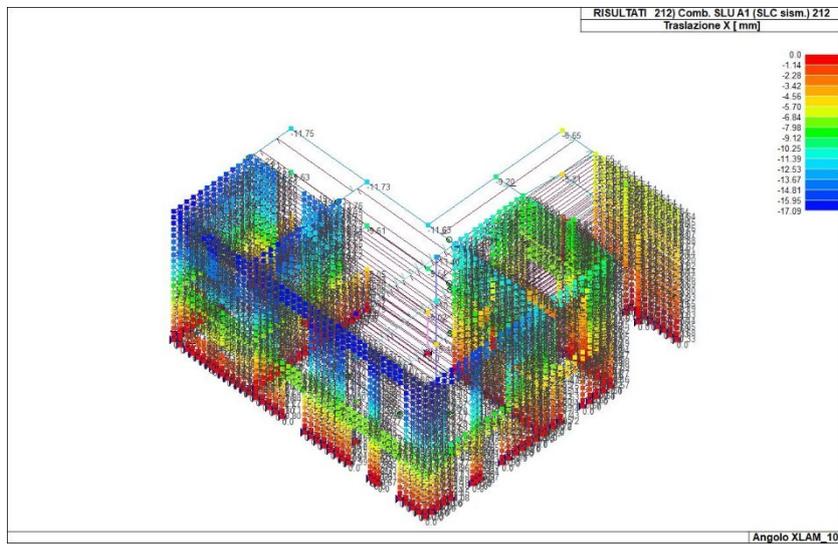


Figura 17: US02L - spostamenti max. dir. X

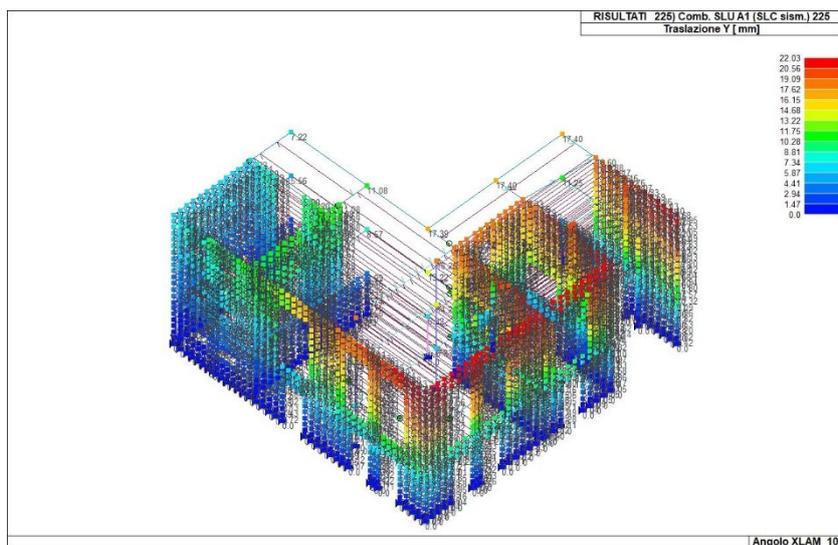


Figura 18: US02L - spostamenti max. dir. Y

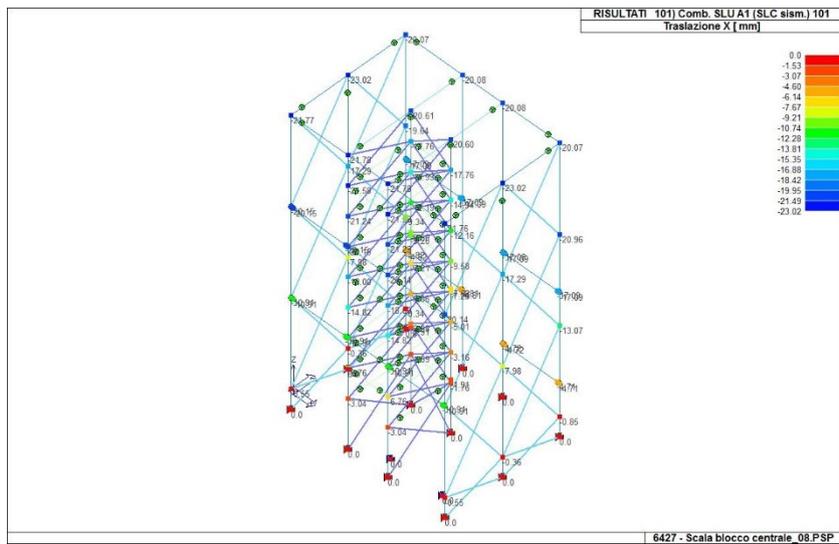


Figura 19: US03S - spostamenti max. dir. X

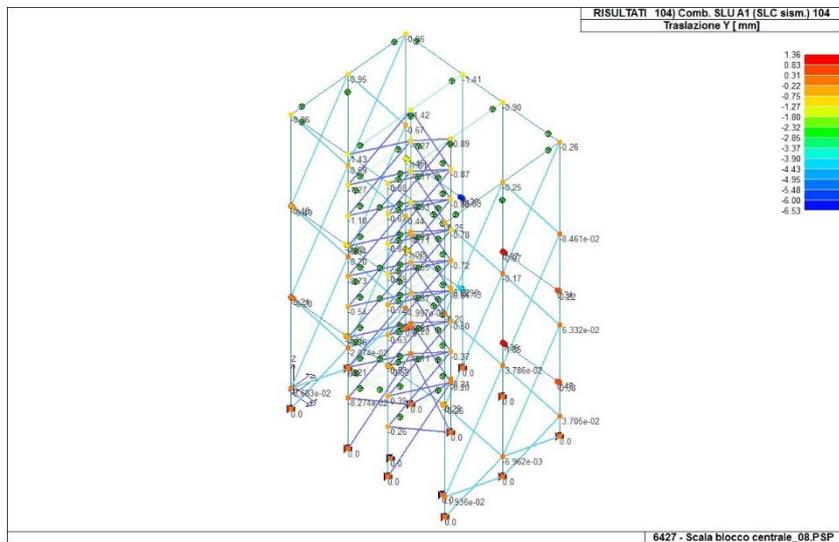


Figura 20: US03S - spostamenti max. dir. Y

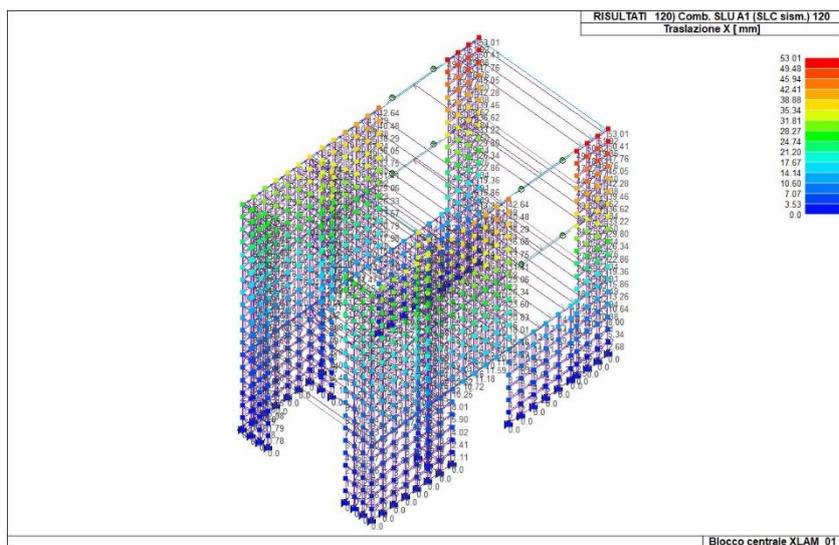


Figura 21: US03L - spostamenti max. dir. X

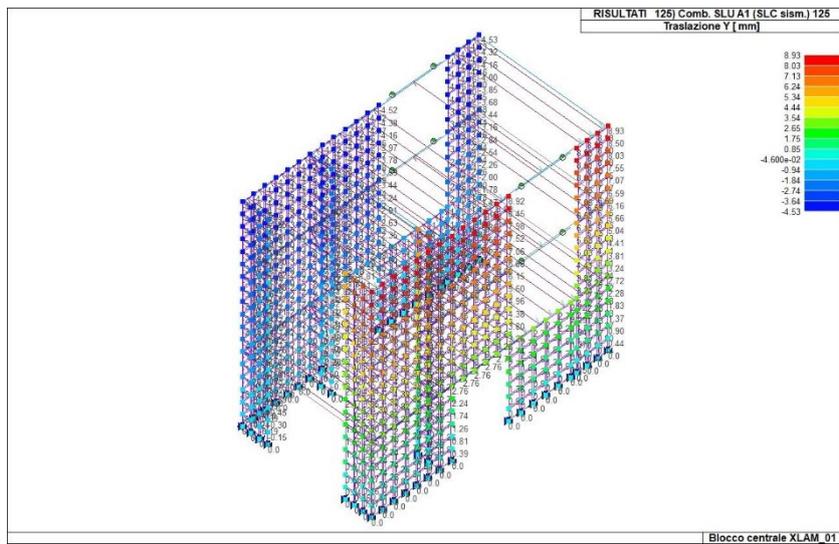


Figura 22: US03L - spostamenti max. dir. Y

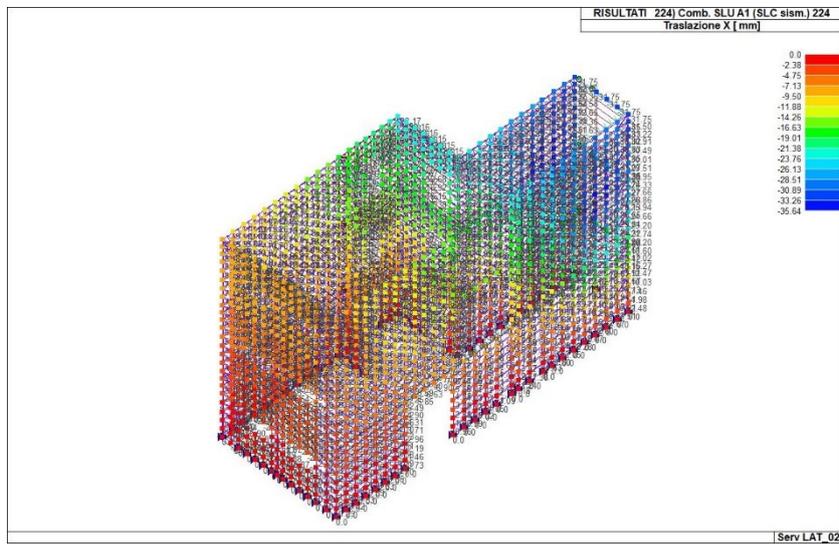


Figura 23: US04 - spostamenti max. dir. X

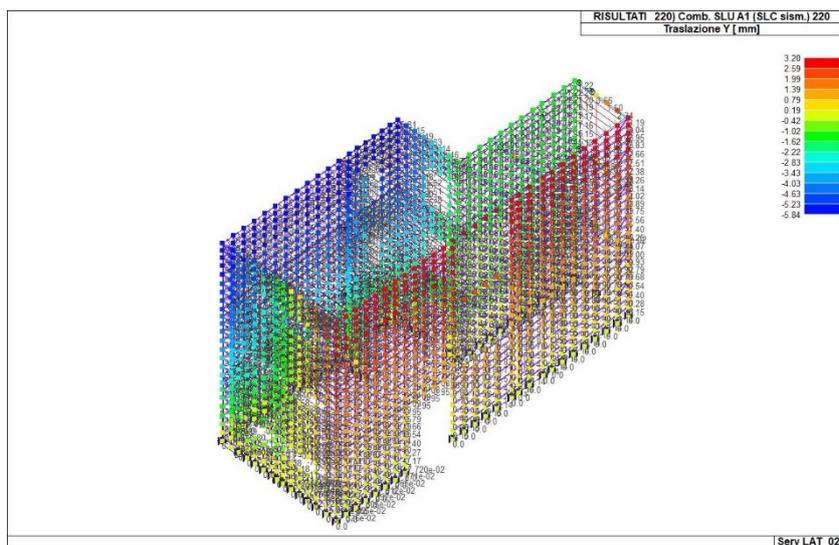


Figura 24: US04 - spostamenti max. dir. Y

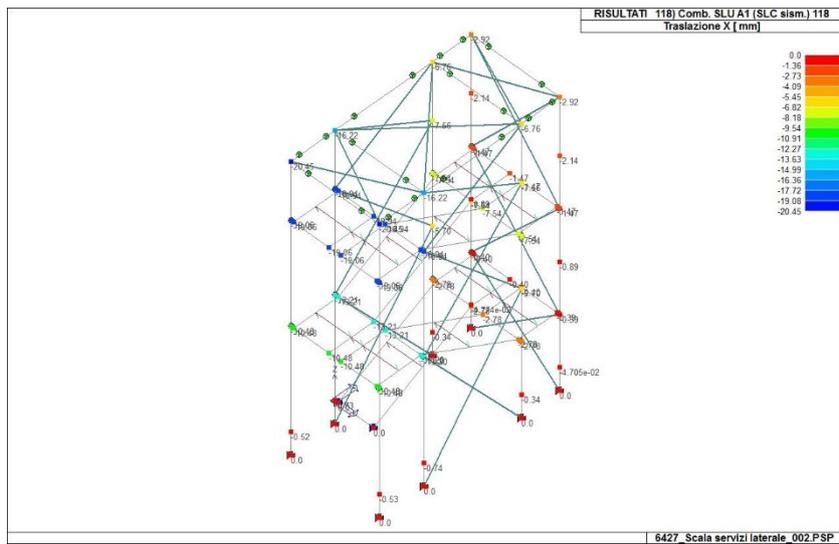


Figura 25: US05 - spostamenti max. dir. X

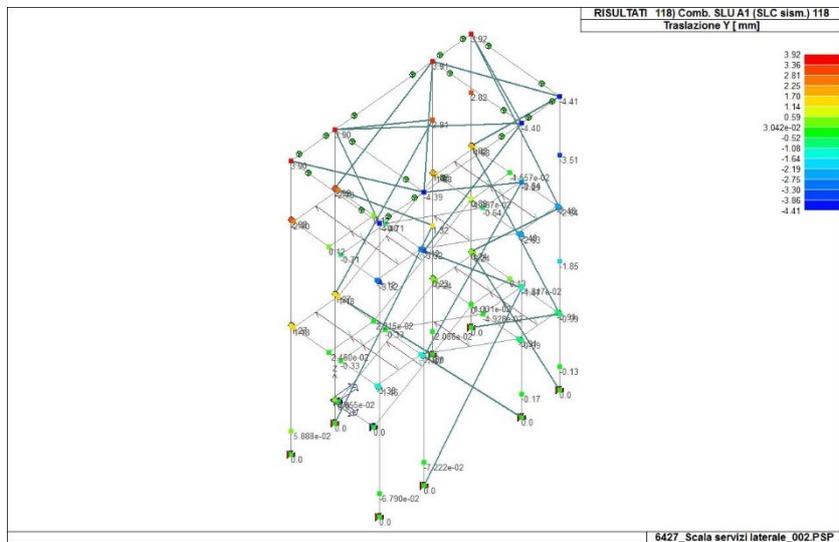


Figura 26: US05 - spostamenti max. dir. y

9 RELAZIONE MATERIALI

9.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITA' DI MESSA IN OPERA

Di seguito vengono riportati i materiali da impiegare nella realizzazione dell'edificio con alcune caratteristiche e modalità per la loro messa in opera.

CONGLOMERATO CEMENTIZIO con le seguenti caratteristiche:

CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FONDAZIONE

- Definizione:	C 25/30
- Resistenza a compressione: per provini cubici	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
per provini cilindrici	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = 33 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione: media a trazione assiale	$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$
media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 3,1 \text{ N/mm}^2$
caratteristica per frattile 0,05	$f_{ctk} = 1,8 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza:	$f_{bk} = 4,05 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di Elasticità:	$E_{cm} = 31.447 \text{ N/mm}^2$
- Dimensione massima dell'aggregato:	22 mm
- Classe di esposizione:	XC2
- Classe di consistenza:	S3
- Contenuto massimo di cloruri:	0,4%
- Peso specifico del calcestruzzo:	$\gamma_{cls} = 24,0 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico del calcestruzzo armato:	$\gamma_{ca} = 25,0 \text{ kN/m}^3$
- Coeff. Poisson:	$\nu = 0,2$
- Dilatazione termica:	$\alpha = 1,00E-005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER ELEVAZIONE

- Definizione:	C 25/30
- Resistenza a compressione: per provini cubici	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
per provini cilindrici	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = 33 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione: media a trazione assiale	$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$
media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 3,1 \text{ N/mm}^2$
caratteristica per frattile 0,05	$f_{ctk} = 1,8 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza:	$f_{bk} = 4,05 \text{ N/mm}^2$

- Modulo di Elasticità:	$E_{cm} = 31.447 \text{ N/mm}^2$
- Dimensione massima dell'aggregato:	16 mm
- Classe di esposizione:	XC1
- Classe di consistenza:	S4
- Contenuto massimo di cloruri:	0,4%
- Peso specifico del calcestruzzo:	$\gamma_{cls} = 24,0 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico del calcestruzzo armato:	$\gamma_{ca} = 25,0 \text{ kN/m}^3$
- Coeff. Poisson:	$\nu = 0,2$
- Dilatazione termica:	$\alpha = 1,00E-005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Per quanto riguarda il calcestruzzo si ricorda che:

- Il materiale dovrà giungere in cantiere provvisto delle certificazioni previste dalla Normativa vigente e dai Documenti di Trasporto;
- Il calcestruzzo preconfezionato dovrà essere fornito da impianto dotato delle certificazioni in materia;
- Dovranno essere prelevati i cubetti nella misura prevista dalla Normativa vigente e schiacciati tra il 28° ed il 45° giorno;
- In caso di temperatura inferiore ai 4°C si dovranno sospendere i getti ovvero eseguirli con aggiunta di acceleranti previa autorizzazione della D.L.

Per quanto riguarda i singoli elementi della miscela del conglomerato cementizio si ha:

CEMENTO: sono utilizzati cementi Portland tipo 32,5 o 42,5 conforme alla Norma UNI-EN 197-1.

SABBIA e GHIAIA: aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle Norme UNI-EN 12620 e 8520-2. La composizione granulometrica della miscela è determinata dal fuso di Fuller, privilegiando le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo.

ACQUA: l'acqua d'impasto è conforme alla Norma UNI-EN 1008

ADDITIVI: fluidificanti e superfluidificanti in percentuale inferiore al 1% in peso del cemento secondo le disposizioni della Ditta produttrice ed in accordo con la Norma UNI-EN 934-2. Nel confezionamento del calcestruzzo si fa riferimento alla Norma UNI 9858.

DURABILITA': Nei riguardi della durabilità della struttura si fa riferimento a quanto previsto dal Prospetto 1 della Norma UNI EN 206-1 e relative istruzioni complementari UNI 11104 (marzo 2004).

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO AD ADERENZA MIGLIORATA con le seguenti caratteristiche:

BARRE E RETI ELETTRORALDATE

- Definizione:	B450 C
- Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza:	$f_{bk} = 5,76 \text{ N/mm}^2$
- Densità:	$\rho = 78,50 \text{ kN/mm}^3$
- Modulo di Elasticità:	$E_{acc} = 206.000 \text{ N/mm}^2$

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL POLO DINAMICO	PROGETTO STRUTTURE
RELAZIONE DI CALCOLO GENERALE	PAG. 31 DI 44

L'acciaio sarà accettato dalla Direzione dei Lavori solo se munito di certificato di origine dello stabilimento di Trasformazione; le armature dovranno essere accompagnate da tre spezzoni di 1 ml cadauno per ciascuno dei diametri utilizzati. Le barre non dovranno presentare eccessive corrosioni, ossidazioni o difetti superficiali, né dovranno essere ricoperte da sostanze che possono ridurre l'aderenza al conglomerato (grassi, oli, terra, fango,...), e pertanto i fasci dei vari diametri dovranno essere scaricati ed accatastati in un luogo asciutto. Inoltre, prima della messa in opera, che avverrà tramite il posizionamento di distanziatori di materiale adeguato, si dovrà provvedere alla loro pulizia. Le caratteristiche meccaniche minime dovranno essere:

$f_{y,nom} \geq 450,00 \text{ MPa}$ e $f_{t,nom} \geq 540,00 \text{ MPa}$ ed inoltre:

$f_{yk} \geq f_{y,nom}$ con un frattile del 5%;

$f_{tk} \geq f_{t,nom}$ con un frattile del 5%;

$(f_t/f_y)_k \geq 1,15$ ed $\leq 1,35$ con un frattile del 10%;

$f_{yk}/f_{y,nom} \leq 1,25$ con un frattile del 10%;

allungamento $(A_{gt})_k \geq 7,5\%$ con un frattile del 10%.

ACCIAIO PER PROFILI: Classe S275

Snervamento: $f_{y,k} \geq 275 \text{ N/mm}^2$

Rottura: $f_{t,k} \geq 430 \text{ N/mm}^2$

BULLONI PER COLLEGAMENTI: Classe 8.8 o come indicato negli elaborati grafici

PANNELLI XLAM

Pannelli in legno tipo C24 secondo UNI EN 338/2016

Pannelli verticali $s = 160 \text{ mm}$ a 5 strati: 40+20+40+20+40 mm

$f_{Rk} = 1,2 \text{ N/mm}^2$ (Resistenza a taglio per rotolamento)

(Le caratteristiche geometriche e meccaniche utilizzate per il dimensionamento strutturale sono state desunte da documento ETA di un produttore specifico esistente sul mercato).

LEGNO LAMELLARE GL32h

Massa volumica:

$\rho_k = 550 \text{ kg/m}^3$

- Flessione

$f_{m,g,k} = 32,0 \text{ N/mm}^2$;

- Trazione

$f_{t,0,g,k} = 25,6 \text{ N/mm}^2$;

$f_{t,90,g,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$;

- Compressione

$f_{c,0,g,k} = 32,0 \text{ N/mm}^2$;

$f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$;

- Taglio

$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$;

- Modulo di elasticità

$E_{0,g,mean} = 14.200,0 \text{ N/mm}^2$;

$E_{0,g,05} = 11.800,0 \text{ N/mm}^2$;

$E_{90,g,mean} = 300,0 \text{ N/mm}^2$;

$E_{90,g,05} = 250,0 \text{ N/mm}^2$;

- Modulo a taglio

$$G_{g,mean} = 650,0 \text{ N/mm}^2;$$

$$G_{g,05} = 540,0 \text{ N/mm}^2;$$

- Densità

$$\rho_{g,k} = 440,0 \text{ kg/m}^3;$$

$$\rho_{g,mean} = 490,0 \text{ kg/m}^3.$$

10 PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi i sensi dell'art. 38 del D.P.R. n° 207/2010 in:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione comprensivo del programma di manutenzione.

10.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA:

L'intervento prevede la realizzazione di un edificio ad uso scolastico denominato Polo dinamico, da realizzarsi nell'area dell'attuale Liceo Copernico in zona Fiera a Bologna.

Tipologia costruttiva: elementi portanti verticali in legno mediante pareti di pannelli XLAM oppure con struttura in acciaio, solai di piano e di copertura in legno lamellare e fondazioni a platea.

Destinazione d'uso: edificio scolastico.

10.2 MANUALE D'USO:

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, con particolare riferimento alle parti che possono generare rischi per un uso scorretto. Il manuale d'uso contiene informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell'intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità di uso corretto.

Struttura n. 1 - Platea di fondazione

Descrizione:

Strutture di fondazione organizzate con soletta poste a diretto contatto con il terreno.

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Modalità d'uso corretto:

Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

Struttura n. 2 - Strutture in legno:

Descrizione:

Le strutture oggetto del piano di manutenzione identificate come "struttura 2" sono: pareti in XLAM, travi e pilastri in legno lamellare, copertura inclinata in legno lamellare.

Tutti gli elementi strutturali sono previsti in legno massiccio con classe di resistenza C24 e legno lamellare con classe di resistenza a GL32h.

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Modalità d'uso corretto:

Modalità d'uso corretto	NON ridurre le sezioni resistenti con fori o intagli. Mantenere i carichi e le sollecitazioni nei limiti di quanto indicato nella relazione strutturale. Porre attenzione alle condizioni degli elementi metallici di giunzione, che devono essere protetti mediante zincatura. Porre attenzione a tutti gli elementi lignei strutturali, che devono essere adeguatamente protetti dagli agenti atmosferici e dall'umidità, anche durante le fasi di cantiere.
Eventuale dismissione	Accertarsi che il materiale sia ripulito da materiali di classi diverse, stoccarlo in appositi contenitori e richiedere intervento di ditte specializzate per lo smaltimento.
Gestione dopo eventi meteorici di elevata intensità (piogge e vento forte)	Ispezione a cura dell'utente, eventualmente coadiuvato da tecnico specializzato; controllo globale di tutti gli elementi strutturali e verifica della tenuta del manto di copertura.
Gestione emergenze in caso di urti, sisma e incendi	Ispezione a cura del progettista strutturale, eventualmente coadiuvato dal Tecnologo del legno; controllo puntuale di tutti gli elementi e delle connessioni, delle sezioni residue (in caso di incendio), valutazione degli interventi di consolidamento o sostituzione per garantire la stabilità delle strutture.

Struttura n. 3 - Pilastrini in acciaio

Descrizione:

Strutture verticali portanti realizzate in profili metallici

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Modalità d'uso corretto:

Trasferire le sollecitazioni statiche e sismiche trasmesse dai piani della sovrastruttura al piano di fondazione.

Struttura n. 4 - Travi in acciaio

Descrizione:

Strutture orizzontali o inclinate che trasferiscono i carichi dei solai a pilastrini o pareti

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Modalità d'uso corretto:

Trasferire i carichi alle strutture verticali.

10.3 MANUALE DI MANUTENZIONE:

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti dell'intervento. Esso contiene il livello minimo accettabile delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente e quelle che non lo sono.

Il programma di manutenzione fissa delle manutenzioni e dei controlli da eseguire in seguito a scadenze preventivamente fissate.

Struttura n. 1 - Platea di fondazione

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Livello minimo delle prestazioni:

Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili:

Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo:

Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore:

Ogni 5 anni, effettuato dall'utente

Tipo di intervento:

Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore:

Quando necessario, effettuato da personale specializzato

Struttura n. 2 - Strutture in legno:

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo:

Sono considerate risorse necessarie per l'intervento manutentivo:

- La possibilità di accedere e poter visionare la struttura in tutte le sue parti (previa eventuale rimozione di elementi non strutturali).
- La possibilità di poter effettuare analisi mediante strumentazione specifica ed adatta alla situazione, nei casi in cui non sia possibile visionare direttamente gli elementi e nei casi specifici descritti in seguito.
- La possibilità di potersi affidare a tecnici e manodopera specializzata, nei casi specifici descritti in

seguito

Livello minimo delle prestazioni:

Si individuano i seguenti livelli prestazionali:

- **Estetico:** inteso come la capacità del materiale di mantenere inalterato l'aspetto esteriore; problematiche di questo livello possono essere riscontrate, analizzate ed affrontate anche dall'utente, ma si consiglia sempre di sentire il parere di un tecnico prima di operare.
- **Funzionale:** inteso come la capacità del materiale o del componente di garantire l'efficienza ed il funzionamento previsti in progetto; problematiche di questo livello sono normalmente riscontrate dall'utente, che deve informare un tecnico per analizzare a dovere la situazione. Gli interventi sono normalmente svolti da personale specializzato.
- **Strutturale (resistenza meccanica):** inteso come la capacità del materiale di rimanere integro e garantire la stabilità sotto l'azione delle sollecitazioni previste in progetto; problematiche di natura strutturale richiedono il tempestivo intervento del progettista strutturale, che deve valutare la sicurezza della struttura o delle sue parti. Gli interventi devono essere svolti da personale specializzato.

Anomalie riscontrabili:

Il seguente elenco contiene le più comuni anomalie riscontrabili per una struttura in legno del tipo in oggetto:

Descrizione	Deposito superficiale
Livello	Estetico/Funzionale
Indizi	Accumulo di materiali estranei di varia natura
Cause	Polvere e residui organici, inquinamento atmosferico, assenza di elementi di protezione
Effetti	Aspetto degradato, mancata garanzia di igiene e asetticità
Intervento	Pulizia con modalità idonee

Descrizione	Degrado rivestimento superficiale legno
Livello	Estetico
Indizi	Macchie, azzurramento, diminuzione consistenza strato di protezione superficiale
Cause	Umidità, infiltrazioni di acqua, cause accidentali, mancata manutenzione
Effetti	Aspetto degradato, possibili lesioni, erosione materiale
Intervento	Ripristino dello stato di protezione

Descrizione	Fessurazioni in direzione delle fibre
Livello	Estetico/Funzionale
Indizi	Presenza di fessure di qualche mm di spessore lungo la direzione delle fibre
Cause	Variazioni di umidità, cause accidentali
Effetti	Rigonfiamenti, fessurazioni più accentuate

Intervento	Controllo nel tempo dello stato delle fessurazioni, eventuale chiusura con stucchi appositi (solo per estetica)
-------------------	---

Descrizione	Fessurazioni in direzione perpendicolare alle fibre
Livello	Estetico/Funzionale
Indizi	Presenza di fessure in direzione ortogonale alle fibre
Cause	Presenza di carichi o sollecitazioni superiori a quelli previsti
Effetti	Sfibratura, inflessione visibile, distacchi, lesioni.
Intervento	Informare il progettista strutturale o un tecnico specializzato, analisi della situazione con successivi possibili interventi di natura strutturali.

Descrizione	Delaminazione
Livello	Estetico/Funzionale/Strutturale
Indizi	Fessurazioni in corrispondenza della linea di incollaggio tra le lamelle degli elementi in legno lamellare
Cause	Variazioni umidità, non corretta essiccazione, problemi di incollaggi
Effetti	Distacco delle lamelle, riduzione resistenza strutturale
Intervento	Informare un tecnico specializzato, valutazione dell'entità dell'anomalia (una leggera fessurazione del legno può apparire anche in caso di variazioni dell'umidità del legno piuttosto ridotte, sono piuttosto frequenti e non pongono di regola nessun problema nemmeno dal punto di vista estetico), eventuali successivi interventi strutturali.

Descrizione	Degrado materico legno
Livello	Funzionale/Strutturale
Indizi	Presenza di funghi, larve insetto, sfibratura, distacco di porzioni di materiale ligneo, carbonizzazione dopo incendio
Cause	Infiltrazioni acqua, funghi ed insetti, incendio
Effetti	Deformazioni, diminuzione delle sezioni resistenti
Intervento	Controllo da parte di un tecnico specializzato o del progettista strutturale, successiva rimozione delle cause e ripristino porzioni ammalorate; in casi estremi sostituzione degli elementi strutturali.

Descrizione	Corrosione degli elementi metallici
Livello	Funzionale/Strutturale
Indizi	Degrado estetico con evidenze di un processo chimico che coinvolge gli elementi metallici di connessioni
Cause	Fattori ambientali o climatici, cattiva manutenzione, cause accidentali
Effetti	Formazione ruggine, indebolimento sezione resistente degli elementi metallici di connessione
Intervento	A seconda del grado di corrosione: dalla semplice rimozione e protezione con idoneo prodotto passivante, alla sostituzione dell'elemento di connessione

Descrizione	Umidità riscontrata sul rivestimento delle pareti
Livello	Funzionale/Strutturale
Indizi	Macchie di umidità, incrostazioni dell'intonaco, muffe
Cause	Infiltrazioni di acqua, risalita capillare, tassi di umidità elevati, mancata ventilazione dei locali.
Effetti	Formazione di condensa all'interno delle pareti, formazione di condensa superficiale, conseguente degrado materico.
Intervento	Verifica da parte di un tecnico specializzato, ispezione mediante strumentazione adeguata (ad es. termo-camera), successiva rimozione delle cause o eventuali interventi di natura strutturale.

Manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente:

Il seguente elenco contiene le manutenzioni che possono essere eseguite direttamente dall'utente:

Descrizione	Modalità di esecuzione	Frequenza
Pulizia depositi superficiali	Asportazione polvere e lavaggio con acqua e detergenti neutri.	6/12 mesi
Ripristino del rivestimento superficiale	Asportazione delle incrostazioni, carteggiatura, riverniciatura con idoneo impregnante ed eventuale mano di finitura.	Da 1 a 10 anni (Controllo ogni anno)
Stuccatura delle fessurazioni	Solo per anomalie a livello estetico, chiusura fessurazioni mediante idonei stucchi e paste per il legno, successiva verniciatura.	All'occorrenza
Controllo generale degli elementi	Verifica dell'aspetto e del grado di consistenza degli elementi lignei e delle connessioni metalliche.	12 mesi; dopo evento eccezionale

Manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato:

Il seguente elenco contiene le manutenzioni che devono essere eseguite solamente da personale specializzato:

Descrizione	Modalità di esecuzione	Frequenza
Controllo delle connessioni	Controllo dello stato delle connessioni e del serraggio di elementi bullonati.	Min. 5 Anni; dopo evento eccezionale
Controllo degli elementi lignei	Verifica delle condizioni, delle deformazioni e dell'eventuale danneggiamento degli elementi lignei.	Min. 5 Anni; dopo evento eccezionale
Ripristino e sostituzione elementi non strutturali	Rinnovo parziale o totale dell'elemento per il quale si è rilevato uno stato di eccessivo degrado o il danneggiamento	All'occorrenza, su parere tecnico specializzato
Ripristino e sostituzione elementi strutturali	Rinnovo parziale o totale dell'elemento per il quale si è rilevata eccessiva deformazione o danneggiamenti	All'occorrenza, su decisione del progettista strutturale.

Programma di manutenzione:

Secondo quanto riportato all'art.38 del D.P.R.207/2010: Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

Sono da attuare le seguenti specifiche, per livello di prestazione:

- Livello estetico: l'intervento è a discrezione dell'utente, che comunque ha il compito di controllare l'evoluzione delle anomalie e l'eventuale passaggio ad un livello di prestazione differente.
- Livello funzionale: la funzionalità della struttura è subordinata all'intervento; in questi casi le tempistiche possono variare a seconda delle esigenze. Sono tuttavia necessari controlli da parte di tecnici specializzati per verificare l'eventuale presenza di anomalie a livello strutturale.
- Livello strutturale (resistenza meccanica): si richiede un intervento immediato ad opera del progettista strutturale e di personale specializzato.

La seguente tabella riporta i controlli da effettuare per gli elementi della struttura in oggetto, da parte dell'utente (U) o di tecnici specializzati (TS):

Elemento	Verifiche e controlli	U/TS
Rivestimento copertura, lattoneria, elementi non strutturali	Controllo visivo di: integrità, alterazione cromatica e corretto posizionamento degli elementi	U
	Controllo di eventuali cedimenti e rotture	U
	Controllo delle connessioni alla struttura	U/TS
	Controllo delle giunzioni tra i pezzi di lattoneria	U/TS
	Controllo posizionamento scossaline e raccordi con altri elementi (es. velux, torrini)	U/TS
Elementi della struttura in legno	Controllo visivo alterazioni cromatiche	U
	Controllo degrado rivestimento superficiale	U

	Controllo infiltrazioni acqua e macchie di umidità	U
	Controllo fessurazioni citate al punto 3.6	U
	Controllo visivo struttura per verificare la presenza altre anomalie citate al punto 3.6	U/TS
	Controllo visivo cedimenti e deformazioni	U/TS
	Verifica condizioni materiale in zone critiche (appoggi nei muri, ecc.)	TS
	Verifica puntuale struttura a seguito di eventi eccezionali (sisma, incendi, trombe d'aria, ecc.)	TS
Elementi metallici della struttura	Controllo connessioni metalliche a vista	U/TS
	Verifica connessioni metalliche in genere	TS
	Verifica serraggio connessioni bullonate	TS
	Verifica puntuale struttura a seguito di eventi eccezionali (sisma, incendi, trombe d'aria, ecc.)	TS

La seguente tabella riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene:

Elemento	Periodicità controllo utente (CU), controllo tecnico specializzato (CTS) e intervento programmato (I)					
	12 mesi	2 anni	5 anni	10 anni	20 anni	Evento eccez.
Rivestimento (tegole, piastrelle)	CU		CTS		I*	CU
						CTS
Lattoneria	CU		CTS	I*	I*	CU
						CTS
Altri elementi non strutturali	CU		CTS	I*		CU
						CTS
Legno strutturale interno	CU		CTS	I		CTS
Legno strutt esterno protetto, impregnazione cl 2	CU	I	CTS			CTS
Legno strutt esterno protetto, impregnazione cl 3	CU		CTS			CTS
			I			
Legno strutt esterno non protetto, impregnazione cl 3	CU	CTS				CTS
	CTS	I				
Connessioni metalliche a vista protette	CU	CTS				CTS
		I				
Connessioni metalliche a vista non protette	CU	CTS				CTS
	CTS	I				
Connessioni in genere			CTS			CTS

* per alcuni materiali le periodicità di sostituzione/intervento programmato dipendono dalle garanzie e dalle prescrizioni del produttore.

NOTE: gli interventi programmati per il legno strutturale sono intesi come sola manutenzione del rivestimento superficiale (impregnante e finitura), gli interventi necessari a seguito del riscontro delle anomalie non hanno scadenze temporali fissate. Per classe di impregnazione si intende un rivestimento superficiale che garantisca la protezione dell'elemento ligneo per la classe di utilizzo indicata (classi da 1 a 5).

Dopo ogni evento eccezionale (sisma, incendio, trombe d'aria, ecc.) è fortemente consigliata una verifica puntuale della struttura ad opera di tecnici specializzati.

Struttura n. 3 - Pilastri in acciaio

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Livello minimo delle prestazioni:

Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con acciaio conforme alle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili:

Bolle o screpolature dello strato protettivo con pericolo di corrosione.

Tipo di controllo:

Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore:

Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento:

Applicazione di prodotti antiruggine e ripristino dello strato protettivo.

Periodicità degli interventi e operatore:

Quando necessario, effettuato da personale specializzato

Struttura n. 4 - Travi in acciaio**Collocazione:**

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole disegni esecutivi

Livello minimo delle prestazioni:

Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con acciaio conforme alle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili:

Bolle o screpolature dello strato protettivo con pericolo di corrosione.

Tipo di controllo:

Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore:

Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento:

Applicazione di prodotti antiruggine e ripristino dello strato protettivo.

Periodicità degli interventi e operatore:

Quando necessario, effettuato da personale specializzato

10.4 DICHIARAZIONE E APPROVAZIONE DELLA D.L.

Secondo quanto riportato all'art. 38 del D.P.R. 207/2010, in conformità a quanto disposto all'articolo 15, comma 4, il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione, in considerazione delle scelte effettuate dall'esecutore in sede di realizzazione dei lavori e delle eventuali varianti approvate dal direttore dei lavori, che ne ha verificato validità e rispondenza alle prescrizioni contrattuali, sono sottoposte a cura del direttore dei lavori medesimo al necessario aggiornamento, al fine di rendere disponibili, all'atto della consegna delle opere ultimate, tutte le informazioni necessarie sulle modalità per la relativa manutenzione e gestione di tutte le sue parti.

San Giorgio di Piano, lì 18 Giugno 2019

Ing. Francesca Malaguti

Ing. Paolo Parma