

<div><div><b>Finanziato dall'Unione europea</b> NextGenerationEU</div></div>		<b>PNC Fondo complementare al PNRR: Programma "Sicuro, verde e sociale: Riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica" (risorse assegnate alla Campania dal DPCM 15/09/2021)</b>	
<div><div><div><b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b></div></div><div><div><b>ACER Campania</b> Area Informatica e Servizi Generali</div></div></div>		<b>LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA E URBANA (PREU) DI N° 70 ALLOGGI ERP IN CAPUA (CE) ALLA VIA MARTIRI DI NASSIRYA</b> 	
<i>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:</i> Ing. Carmine CRISCI		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>CIG:9569253D60 - CUP: F49J21016970001</b>	
<i>ELABORATO:</i> <b>RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO</b>		<i>ELABORATO N°:</i> <b>PE-DES-STR-01-01</b>	
<i>DATA:</i> <b>FEBBRAIO 2024</b>		<i>REVISIONE N°:</i> <b>01</b>	
<i>SCALA :</i> <b>-</b>			
<div><b>PROGETTISTI RTP:</b><div><div><b>INDIRIZZO:</b> Via Tranagro, 19 Salerno - 84132</div></div><div><div><b>INDIRIZZO:</b> Via Papa Giovanni XXIII n.13/A Santa Caterina Villarmosa (CL)- 93018</div></div></div> <div><b>TECNICI:</b> Ing. Michele Barletta (Amministratore unico Spring Project srl) Ing. Andrea Caprara (Direttore tecnico Spring Project srl) Ing. Francesca Lazzarini Consalvo (Giovane Professionista)  Arch. Giuseppe Maria Ippolito (Amministratore unico Litos Progetti srl) Ing. Piero Lo Duca (Direttore tecnico Litos Progetti srl)</div>		<div><b>TIMBRI:</b><div></div></div>	
<div><b>IMPRESA:</b><div><div><b>Ambra Med srl</b> Riviera di Chiaia, 242 Napoli - 80121</div></div></div>			
Rev.	Data	Descrizione	
<p>Questo documento è stato predisposto da Spring Project srl e Litos Progetti srl e può essere utilizzato esclusivamente per le finalità previste dal contratto in base al quale lo stesso è stato fornito; la riproduzione, la cessione e comunque ogni utilizzo per finalità diverse sono vietati in assenza di preventiva autorizzazione da parte di Spring Project srl e Litos Progetti srl. Il contenuto del documento è protetto dalle norme sul diritto d'autore e la proprietà intellettuale.</p>			

## **Indice generale**

<b>RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO .....</b>	<b>2</b>
• <b>DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....</b>	<b>2</b>
• <b>CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>5</b>
• <b>DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO.....</b>	<b>6</b>
• <b>INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA .....</b>	<b>8</b>
NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018) .....	8
MISURA DELLA SICUREZZA .....	9
MODELLI DI CALCOLO.....	9
• <b>AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....</b>	<b>10</b>
ANALISI DEI CARICHI.....	10
VERIFICA DELLA RINGHIERA .....	11
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI .....	12
DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE.....	13
AZIONE SISMICA .....	14
COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	15
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....	16
VERIFICA GIUNTO SISMICO.....	16
VERIFICA COLLEGAMENTI IN ACCIAIO .....	17
• <b>TOLLERANZE .....</b>	<b>17</b>
• <b>DURABILITÀ.....</b>	<b>18</b>
• <b>PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO.....</b>	<b>18</b>
• <b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>

## **RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

### **• DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**

La presente relazione supporta la descrizione degli interventi strutturali previsti nel progetto esecutivo che ha come oggetto l'intervento di efficientamento energetico e riqualificazione edilizia e urbana (PREU) di 70 alloggi ERP in Capua (CE) in Via Martiri di Nassirja, in adesione al fondo complementare al PNRR: Programma "Sicuro, verde e sociale: riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica".

Il complesso edilizio di residenze popolari è ubicato in zona periferica del comune di Capua, in via Martiri di Nassirya, ed è formato da due fabbricati di tipo "in linea": il primo si sviluppa su cinque piani fuori terra e contiene 50 alloggi per complessivi di circa 3500 mq interni, definito "A", e il secondo su quattro piani fuori terra e contiene 20 alloggi per complessivi di circa 1800 mq interni, definito "B", entrambi con copertura piana e piano terra rialzato senza alcun piano interrato.

L'area di pertinenza è in parte asfaltata, utilizzata a parcheggio, e in parte a verde. Gli edifici sono stati realizzati in forza dei finanziamenti ex L. 513 del 08/08/1977: IBU 015003 14 e IBU 015 003 15.

Ciascun corpo di fabbrica presenta un vano scala che collega gli alloggi per i diversi livelli; gli alloggi planimetricamente si ripetono in modo identico a ciascun piano con metratura di circa 50 mq di superficie utile, come definita all'art. 6 della Delibera Giunta Regionale n°279 del 24/06/2019.

Le finiture, gli infissi interni ed esterni sono tipici dell'edilizia economica e popolare. La superficie utile complessiva ammonta a circa 2.500 mq, mentre il secondo si estende su una superficie in pianta di circa 600 mq e si sviluppa su quattro elevazioni fuori terra. La superficie utile complessiva ammonta a circa 1000 mq.

Entrambi i fabbricati esistenti, risalenti al 1977 e ricadenti in zona sismica 2 (a medio rischio sismico), presentano un sistema strutturale in cemento armato a telaio, con travi e pilastri di dimensioni tipiche al tempo per i fabbricati di tipo economico popolare. I pilastri perimetrali e alcuni interni agli appartamenti sono orientati in direzione trasversale ai fabbricati, mentre i pilastri posizionati nella fascia centrale dei corridoi di accesso agli alloggi, sono orientati in direzione perpendicolare ai precedenti. Le strutture di fondazione sono del tipo profonde costituite da plinti su pali in calcestruzzo armato; gli orizzontamenti di piano sono del tipo latero cementizio con orditure unidirezionali. Il collegamento verticale dei vari piani è garantito da una scala in c.a. a due rampe, posta in posizione sufficientemente baricentrica rispetto all'edificio. Essa è costituita da un gradino a sbalzo e una trave a ginocchio. Dal punto di vista energetico, l'involucro esterno (tompagnatura, infissi, copertura) ha prestazioni scadenti dovute alle tecniche ed ai materiali dell'epoca di costruzione.

Il progetto di riqualificazione degli edifici ACER situato sulla via Martiri di Nassirya diventa un punto attrattore di una strategia più ampia e complessiva, che vede alla scala dell'intervento una serie di azioni di rinnovamento che offrono agli abitanti nuovi modi di vivere e fruire degli spazi aperti, in un contesto fortemente problematico. È un intervento che studia l'esistente, che non chiede agli abitanti di spostarsi dai loro appartamenti durante i lavori, ma si concentra su spazi in aggiunta e su spazi

collettivi. Il progetto prevede la realizzazione di una struttura avvolgente aggiunta alla facciata esistente dell'edificio: un solido innesto modulare, realizzato in acciaio, che offre ad ogni abitazione una superficie aggiuntiva, aperta sul paesaggio circostante. Da qui la proposta progettuale include un nuovo esoscheletro che avvolge perimetralmente gli edifici esistenti. Si tratta di una struttura a telaio in acciaio che permette la creazione di logge a servizio degli appartamenti esistenti e che resta completamente separato dalle strutture esistenti tramite un giunto strutturale di 30 cm opportunamente dimensionato.

Gli esoscheletri che avvolgono i fabbricati esistenti sulle quattro facciate, seguendo in altezza gli interpiani dei fabbricati esistenti, garantendo l'accesso, l'ampliamento e la fruizione ad ogni livello abitativo, sono simili nelle sezioni degli elementi strutturali, di fatti sono formati da una struttura perimetrale costituita da una doppia orditura di pilastri di profili HEA260 e HEA180 in acciaio e travi di collegamento costituite da IPE240, IPE200, HEA140 e IPE120 su cui, in corrispondenza di ogni piano, sono previsti solai leggeri in lamiera grecata collaborante con soletta in c.a.; tale strutture in acciaio giunge in copertura terminando a livello del lastrico solare esistente, sempre con un solaio in lamiera grecata collaborante, permettendo l'installazione, su tale impalcato, di pompe di calore, serbatoi e fotovoltaici avendo considerato idonei carichi.

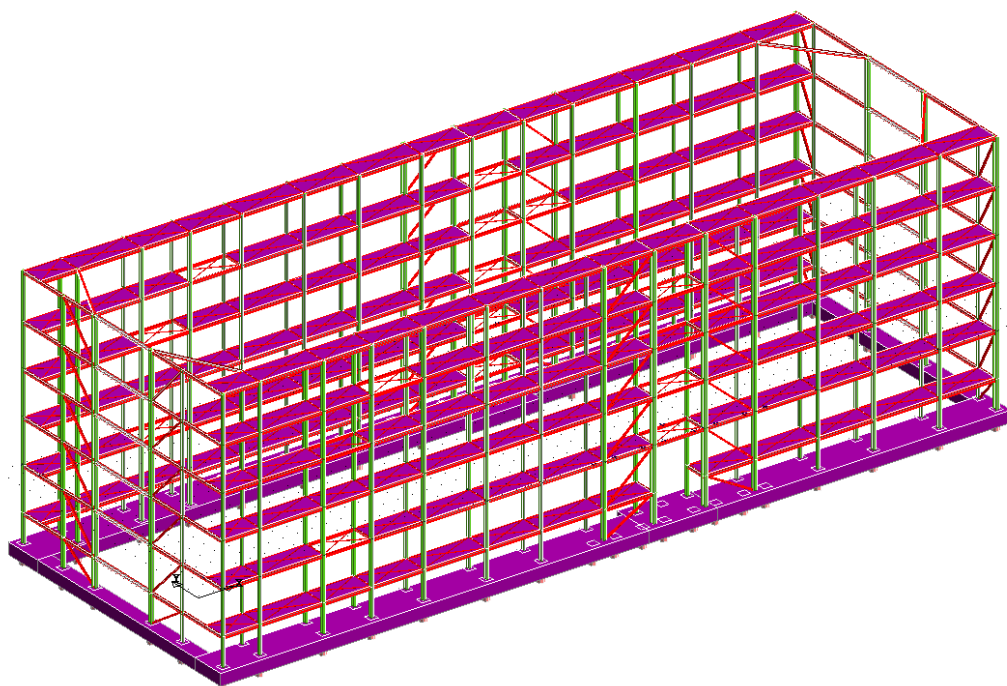
La fruizione degli esoscheletri resta esclusiva ai singoli proprietari, determinando il raggiungimento degli obiettivi prefissati in progetto.

Le strutture in acciaio possiedono un sistema di controventi, composti da un doppio UPN80, che corrono lungo l'intero sviluppo in elevazione a segnare le facciate esterne in determinate campate; tale sistema ha la capacità di resistere alle azioni orizzontali, consentendo di non avere importanti collegamenti tra travi e pilastri (cerniere) e di trasferire le sollecitazioni, attraverso le colonne, alla struttura di fondazione. Le strutture di fondazione sono del tipo profonde, costituite da una platea generale con altezza di 80 cm per il fabbricato A e 60 cm per il fabbricato B, poggianti su pali di fondazione con diametro 50 cm e lunghezza 8,00 mt. Le platee si sviluppano sull'intero perimetro dei relativi fabbricati collegando tutte le colonne in acciaio, distaccandosi dai plinti del fabbricato con un giunto di 5 cm realizzato mediante un foglio di EPS posizionato prima del getto.

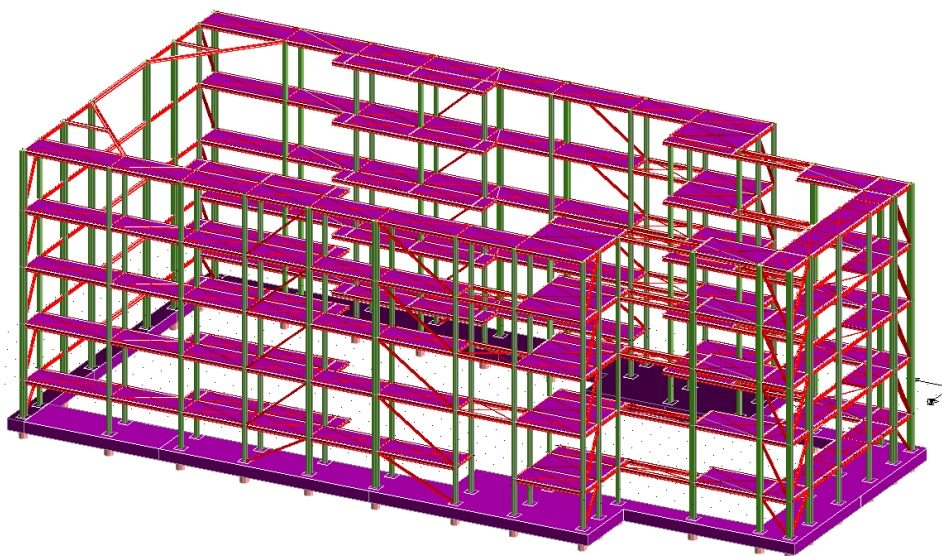
Data la natura dell'intervento ex novo, destinato a non interagire sismicamente con le strutture esistenti, ed in considerazione delle risorse economiche a disposizione, non sono previste interventi sugli elementi portanti dei manufatti in c.a.. Le variazioni alle strutture esistenti si concentrano nella demolizione dei balconi di facciata e della parte perimetrale a sbalzo del solaio di copertura, per far posto alle nuove strutture dell'esoscheletro. Questi interventi, possono essere considerati locali e non peggiorativi in termini di risposta del sistema strutturale esistente dato che interessano porzioni molto limitate e non influenzano in maniera determinante le masse sismiche.

Le demolizioni includono il ripristino delle zone interessate attraverso il taglio delle armature seguite da cicli di trattamento passivante delle armature e del calcestruzzo e utilizzo di malte a ritiro compensato fibrorinforzate per il risanamento del calcestruzzo e il ripristino del copriferro.

La progettazione è avvenuta per mezzo di una modellazione strutturale agli elementi finiti e le verifiche effettuate mediante un programma di calcolo. In particolare, è stata considerata la struttura nelle sue tre dimensioni considerando in tal modo tutti gli effetti derivanti da eccentricità, imposte dalla norma o scaturite dalla posizione del baricentro delle masse e quello delle rigidezze. I pilastri e le travi sono stati modellati con elementi beam (elementi monodimensionali), mentre la platea e le pareti mediante shell (elementi bidimensionali). I solai sono stati considerati, seppur costituiti da una lamiera grecata con soletta in c.a. collaborante, deformabili nel proprio piano. LeOMPagnature costituite da elementi prefabbricati e posti in opera a secco, saranno fissati alla struttura in acciaio degli esoscheletri. Di seguito si riportano i modelli realizzati per l'esoscheletro A e B:



*Modello di calcolo fabbricato A.*



*Modello di calcolo fabbricato B.*

- **CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI**

I materiali impiegati nelle opere di progetto sono:

- Strutture di fondazione e solai: calcestruzzo C25/30;
- Barre di armatura: aderenza migliorata acciaio B450C;
- Acciaio da carpenteria metallica;
- Bulloneria e saldatura;
- Lamiera grecata e connettori;

L'impiego dei materiali per la realizzazione dei manufatti è subordinato alla qualità e alle caratteristiche meccaniche utilizzate nella relazione di calcolo. La loro scelta sarà conforme alle prescrizioni indicate nelle **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI** di cui al D.M. 17/01/2018 - G.U. 42 del 20 febbraio 2018, suppl. ordinario, UNI EN 10025, UNI EN ISO, 1461 UNI EN 10346 e ETA-18/0447.

Tutti i materiali strutturali devono essere:

**IDENTIFICATI** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili di cui alle NTC 2018;

**QUALIFICATI** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure di cui alle NTC 2018;

**ACCETTATI** dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali, che nel caso delle opere in calcestruzzo, anche l'ampiezza delle fessure. Per quanto riguarda le verifiche a fessurazione si considera che l'edificio sia collocato in ambiente con Condizioni Ambientali Ordinarie. Inoltre, per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

Una fondamentale operazione che deve essere effettuata dopo il getto del calcestruzzo nelle casseforme consiste nella compattazione della massa fluida gettata.

L'obiettivo della compattazione è costipare l'impasto eliminando i vuoti e l'aria inglobata. L'operazione può essere effettuata manualmente oppure può essere eseguita con mezzi meccanici. In questo caso, si utilizzano dei vibratori immersi nella miscela. Funziona provocando il movimento delle particelle, e favorendo così l'espulsione della maggior parte dell'aria occlusa.

L'efficacia dei vibratori immersi dipende da una serie di elementi, tra cui il diametro del dispositivo cilindrico, e poi dalla frequenza e dall'ampiezza della vibrazione. Questi vibratori sono detti anche ad ago e possono essere elettrici o ad aria compressa. Per ottenere la compattazione di tutto il conglomerato, è necessario estrarre e reinserire il vibratore nelle diverse zone del getto. Si può



considerare di ripetere l'operazione circa ogni 50 cm nelle strutture di spessore maggiore di 50 cm o, comunque, a intervalli regolari, pari a circa 15 volte il raggio dell'ago.

Il tempo di vibrazione dipende dalla classe di consistenza del conglomerato, nel caso in oggetto tra i 15 e 20 secondi. La vibrazione deve essere sospesa quando sulla superficie del getto si raccoglie uno strato di pasta di materiali fini e cessa la fuoriuscita di bolle.

In ogni caso questa operazione rimane fondamentale per ottenere un buon manufatto, privo di quei vuoti, spesso nascosti e pertanto più pericolosi, che possono crearsi durante la gettata – talvolta anche per la disposizione delle armature – e che possono risultare molto dannosi per la resistenza meccanica della struttura e per la durabilità della costruzione. Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle NTC2018. Si rimanda alla relazione specialistica per evincere caratteristiche tecniche e dati numerici.

#### • **DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

Nell'area oggetto del presente intervento, si riscontra una sostanziale isotropia verticale ed orizzontale tra le unità litostratigrafiche riconosciute; i terreni di copertura non presentano stati di alterazione.

Non si rileva la presenza di manifestazioni idriche importanti, né dal punto di vista sotterranee né per quello superficiale. L'area, dal punto di vista morfologico, posta ad una quota di circa 27,00 m s.l.m.m., risulta essere completamente pianeggiante, all'atto del rilevamento, condotto dal dott. Geol. Guerino Giarrusso non sono stati evidenziati problemi relativi alla stabilità.

L'individuazione dell'andamento stratigrafico dell'area in esame è stato individuato mediante n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH, per entrambi i siti oggetto di studio, spinte, entrambe, fino alla profondità di 15,00 m dal p.c., per tutte e due profondità di fine prova. Le prove DPSH ubicate in punti significativi dell'area in oggetto e le prove bibliografiche hanno evidenziato la seguente stratigrafia:

da 0.00 a 0.70 m: litotipo 1 con Ncolpi pari a circa 7;

da 0.70 a 1.60 m: litotipo 2 con Ncolpi pari a circa 3;

da 1.60 a 6.80 m: litotipo 3 con Ncolpi pari a circa 9;

da 6.80 a 13.60 m: litotipo 4 con Ncolpi pari a circa 12;

da 13.60 a 15.00 ... m: litotipo 5 con Ncolpi pari a circa 16.

La stessa stratigrafia risulta confermata dalle prove geognostiche ricavate dagli strumenti urbanistici vigenti e da lavori svolti in aree prossime a quella di interesse. La diagrafia del numero dei colpi mostra un incremento non costante con la profondità, a conferma della presenza di depositi incoerenti, a vario grado di addensamento.

Dal punto di vista geologico – strutturale, l'area oggetto di studio non presenta evidenze particolare; infatti, non si riscontrano né aspetti strutturali evidenti, quali faglie, pieghe, ecc., né tantomeno condizioni giaciturali particolari.

Dalle prove effettuate e dai sopralluoghi svolti, non si è riscontrata nemmeno la presenza di intercalazioni tra stati tenaci e deboli, né di distribuzioni particolari di giunti e fratture né superfici di debolezza meccanica e/o di tensioni nel sottosuolo e nelle discontinuità. Quanto appena descritto, risulta essere assente, in quanto particolarità di terreni calcarei e/o rocciosi e noi ci troviamo prettamente in terreni di origine piroclastica e limitatamente alluvionale.

Il bacino idrico della zona oggetto di studio deve considerarsi come porzione dell'enorme bacino delimitato dalle propaggini dell'Appennino e che interessa tutta la pianura Campana con una circolazione idrica che dai massicci carbonatici defluisce verso il mare.

L'alimentazione della falda è dovuta principalmente alle acque provenienti dai complessi carbonatici dell'Appennino Campano, i quali sono tamponati alla base da materiali impermeabili e pertanto riversano i loro flussi idrici nel complesso dei sedimenti alluvionali e piroclastici della piana Campana per poi defluire verso il mare. Apporti idrici supplementari sono dovuti alle acque zenitali di infiltrazione.

Al fine di schematizzare e rendere più semplice l'interpretazione del modello idrogeologico dell'area sono stati raggruppati i vari materiali rinvenuti da sondaggi meccanici ed elettrici in base alle loro caratteristiche di permeabilità relativa e del ruolo che ciascun di essi ha in seno alle diverse strutture idrogeologiche. Queste formazioni sono state ordinate in base alla permeabilità crescente:

- formazione delle cineriti sottili ed argillificate a bassa permeabilità per porosità;
- formazione litoide del tufo coerente a bassa permeabilità per porosità e permeabilità secondaria elevata per fratturazione, ma limitata nello spazio;
- formazione delle sabbie vulcaniche grossolane, livelli pomicei, permeabilità elevata per porosità.

I succitati complessi stanno tra loro in contatto stratigrafico, con giaciture orizzontali, e pertanto, non esiste un tampone laterale e cioè spiega la presenza di una prima quota piezometrica, che si incontra nelle terebrazioni, in media, a circa 11,00 m dal p.c., relativamente all'area oggetto di indagine. Successivamente sono state condotte ulteriori indagini in foro con piezometri a tubo aperto che hanno individuato la falda a circa 9,50 mt.

Dalle indagini geognostiche effettuate e dai dati recepiti dalla bibliografia, è stato possibile stilare le seguenti stratigrafie e ricavare le annesse sezioni geologiche, allegate alla presente relazione, al fine di raggiungere una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

In sintesi, siamo in presenza di un'area caratterizzata da depositi piroclastici e, limitatamente, alluvionale, a consistenza sabbio – limosa, più limosi con l'aumentare della profondità, da poco a mediamente compatti.

Il quadro riassuntivo dei parametri geotecnici attribuiti ai terreni individuati, desunti dalle prove in situ e dalla bibliografia, è il seguente:



Unità litologiche	Spessore	Eel (kg/cm <sup>2</sup> ) Apollonia	Eed (kg/cm <sup>2</sup> ) Stroud e Butler (1975)	$\gamma_n$ (t/mc)	$\gamma_s$ (t/mc)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> ) Terzaghi - Peck	$\phi$ (°gradi) Meyerhof 1956	Vs (m/sec)
Litotipo 1: terreno vegetale e/o di riporto	0.00 – 0.70	104.75	48.06	1.96	2.07	0.68	23	234
Litotipo 2: sabbia limosa di colore grigiastro poco compatta.	0.70 – 1.60	51.45	23.60	1.76	1.88	0.32	22	234
Litotipo 3: sabbia limosa di colore grigiastro, da poco a mediamente compatta.	1.60 – 6.80	137.70	63.18	2.05	2.25	0.93	24	252
Litotipo 4: limo sabbioso di colore grigiastro, da poco a mediamente compatta.	6.80 – 13.60	175.55	87.92	2.09	2.30	1.21	25	299
Litotipo 5: limo sabbioso di colore grigiastro, mediamente compatta.	13.60 – 15.00 ...	240.50	110.34	2.11	2.20	1.62	26	353

- Eel (Mpa) = modulo elastico – Young;
- Eed (Mpa) = modulo edometrico;
- $\gamma_n$  (KN/mc) = peso unità di volume;
- $\gamma_s$  (KN/mc) = peso unità di volume saturo;
- Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata;
- $\phi$  (° gradi) = angolo di attrito;
- Vs (m/sec) = velocità onde di taglio.

La tipologia di fondazione scelta anche in funzione delle caratteristiche dell'opera è del tipo profonda, costituita da una platea su pali con lunghezza di 8,00 metri, per cui i terreni su cui attesta la punta sono di natura limo sabbioso di colore grigiastro mediamente compatta.

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche del sito è stata condotta una prova con indagine M.A.S.W.. Dalle indagini condotte sul sito la categoria di suolo risulta essere C e una categoria topografica T1. In altre parole, dalla elaborazione della prova M.A.S.W. eseguita, si è definita una  $V_{s30}$  pari a 353 m/s, valore di poco inferiore al limite superiore (360 m/s) della categoria di sottosuolo "C". Per i valori specifici delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni si rimanda agli elaborati relativi.

## • INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;

Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

### REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- 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 1995-1 – Costruzioni in legno

UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

### MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo. Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale. Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali. Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura. La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni. In particolare, si è verificata:

la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare, di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli;

la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

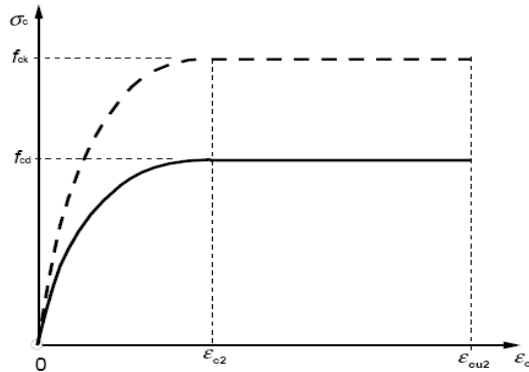
### MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è

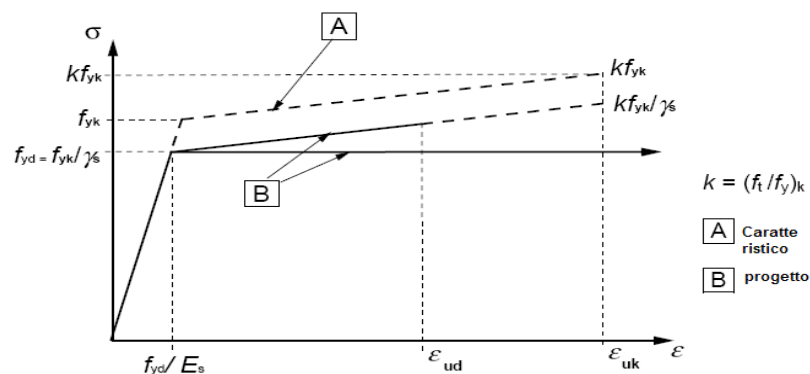
stata utilizzata come norma di dettaglio.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate. Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore  $\epsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

## • AZIONI SULLA COSTRUZIONE

### ANALISI DEI CARICHI

Il peso proprio delle strutture, quali platee, in tal caso anche solai, travi e pilastri, viene determinato in automatico dal programma di calcolo utilizzato per la modellazione e la verifica, mentre, balconi, scale e tompagni sono determinati mediante un'apposita analisi dei carichi. In particolare, viene determinato il carico non strutturale, ovvero il peso proprio di tutti i carichi portati che non influenzano le resistenze. Di seguito si riporta l'analisi dei carichi:

PLATEA DI FONDAZIONE		
Vespai-cupolex	0,10	kN/mq
Soletta in c.a. sp. = 5 cm (sovastante)	4,00	kN/mq
Massetto e pavimento	0,90	kN/mq
<b>Totale</b>	<b>5,00</b>	<b>kN/mq</b>
<b>Carico di esercizio (C – Amb. suscett. di affollamento)</b>	<b>4,00</b>	<b>kN/mq</b>

<b>SOLAI IN LAMIERA GRECATA E SOLETTA IN C.A.</b>		
Lamiera grecata 55/P600	0,15	kN/mq
Soletta in c.a. sp. = 5 cm (sup. lamiera)	1,95	kN/mq
<b>Totale</b>	<b>2,10</b>	<b>kN/mq</b>
<b>Massetto e pavimento</b>	<b>0,70</b>	<b>kN/mq</b>
<b>Carico di esercizio (C – Amb. suscett. di affollamento)</b>	<b>4,00</b>	<b>kN/mq</b>

<b>SOLAI IN COPERTURA CON FOTOVOLTAICO</b>		
<b>Struttura di ombreggiamento</b>	<b>0,15</b>	<b>kN/mq</b>
Sottostruttura per fotovoltaico	0,15	kN/mq
Pannello fotovoltaico	0,45	kN/mq
<b>Totale</b>	<b>0,60</b>	<b>kN/mq</b>
<b>Carico di esercizio (H – coperture non praticabile)</b>	<b>0,00</b>	<b>kN/mq</b>

### VERIFICA DELLA RINGHIERA

La ringhiera in acciaio, posizionata su ogni impalcato e sulle scale, è realizzata mediante montati principali 70x5 mm saldati alla trave di base mediante due cordoni di saldatura di lunghezza 10 cm e gola 5 mm; il corrimano è a 1,05 mt dall'estradosso della trave sottostante.

Ai sensi del §3.1.4 delle NTC 2018 viene applicata un'azione orizzontale linearmente distribuita al corrimano F producendo un'azione flettente e tagliante sul montante principale:

<i>Azione orizzontale CAT. C - NTC2018</i>	H =	2,00	KN/m
<i>Comb.ai sensi del 2.5.3 NTC2018</i>	F =	3,00	KN/m
<i>Interasse principale</i>	i =	0,90	m
<i>Altezza corrimano</i>	H =	1,05	m
<i>Azione di taglio</i>	V <sub>sd</sub> =	3,00	KN
<i>Momento flettente</i>	M <sub>sd</sub> =	2,84	KNm
<i>Numero cordoni saldatura</i>	n =	2,00	
<i>Altezza saldatura</i>	l <sub>s</sub> =	10,00	cm
<i>Gola saldatura</i>	a =	0,50	cm
<i>Momento resistente saldatura</i>	W <sub>s</sub> =	16,67	cm <sup>3</sup>

### **VERIFICA BULLONATURA**

<i>Interasse bulloni</i>	i <sub>b</sub> =	7,00	cm
<i>Numero bulloni</i>	n <sub>b</sub> =	2,00	
<i>Azione sul singolo bullone</i>	F <sub>b</sub> =	20,31	KN
<i>Area bullone M12</i>	A <sub>res</sub> =	0,84	
<i>Diametro bullone</i>	d =	12	mm
<i>Diametro foro</i>	do =	13	mm
	γ <sub>M0</sub> =	1,05	
	γ <sub>M2</sub> =	1,25	
<i>Tensione di snervamento acciaio</i>	f <sub>yk</sub> =	23,5	KN/cm <sup>2</sup>
<i>Tensione di rottura acciaio</i>	f <sub>tk</sub> =	36	KN/cm <sup>2</sup>
<i>Tensione di snervamento bullone</i>	f <sub>yb</sub> =	64	KN/cm <sup>2</sup>
<i>Tensione di rottura bullone</i>	f <sub>tb</sub> =	80	KN/cm <sup>2</sup>

	$F_{v,Rd} =$	32	KN
<i>Verifica a taglio</i>	$F_{v,Rd} > F_b$	Soddisfatta	
<i>Spessore del piatto</i>	$s =$	0,5	cm
	$e_1 =$	25	mm
	$e_2 =$	25	mm
	$k_{min} =$	2,50	
	$\alpha_{min} =$	0,64	
	$F_{b,Rd} =$	28	KN
<i>Verifica a rifollamento</i>	$F_{b,Rd} > F_b$	Soddisfatta	

### VERIFICA SALDATURA

	$\sigma_{\perp} =$	17,01	KN/cm <sup>2</sup>
	$\tau_{\parallel} =$	0,30	KN/cm <sup>2</sup>
	$\beta_1 =$	0,85	
	$\beta_2 =$	1,00	
	$f_{yk} =$	23,50	KN/cm <sup>2</sup>
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} < \beta_1 f_{yk}$		Soddisfatta	
$\sigma_{\perp} < \beta_2 f_{yk}$		Soddisfatta	

### AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- *Stato Limite di Operatività (S.L.O.)*
- *Stato Limite di Danno (S.L.D.)*

Gli stati limite ultimi sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)*
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)*

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite PVR :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale dell'opera 50 anni;
- Classe d'Uso del fabbricato III;
- Categoria del Suolo C;
- Coefficiente Topografico  $T_1$ ;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione rispettivamente 41,10275 e 14,22738.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

#### DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Categ.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b>			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b>			
	Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento.</b>			
	Cat. C1 – Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 – Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 – Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sporte relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b>			
	Cat. D1 – Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 – Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie	5,00	5,00	2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b>			
	Cat. E1 – Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	> 6,00	6,00	1,00*
	Cat. E2 – Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	-	-	-
F – G	<b>Rimesse e parcheggi.</b>			
	Cat. F – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso	-	-	-
H	<b>Coperture e sottotetti.</b>			
	Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 – Coperture praticabili	Secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 – Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	-	-	-
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. Quelli utilizzati per le strutture in oggetto sono riportati in seguito e nei tabulati di calcolo relativi.

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO										
Car. N.ro	Peso Strut kg/mq	Perman. NONstru kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO
1	210	60	400	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3		Terrazzo praticabile
3	0	500	400	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3		Fondazione
4	5	65	50	0	Categ. H	0,0	0,0	0,0		Calpestio copertura
5	0	180	400	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3		Impalcato a terrazzo
7	0	70	500	48	CopNeve<1k	0,5	0,2	0,0		Copertura con impianti

### AZIONE SISMICA

L'area oggetto di interesse ricade all'interno del territorio comunale di Capua, lo stesso, ai sensi della delibera n. 5447 del 7 novembre 2002, con la quale la Giunta Regionale della Campania ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale, presenta un grado di sismicità media, il comune risulta essere di II categoria; in merito agli effetti cosismici non risultano esservi evidenze dirette. L'opera di progetto è stata verificata alle azioni sismiche attese in sito e si rimanda ai tabulati di calcolo che illustrano le caratteristiche sismiche del sito, i metodi ed esplica il valore numerico di verifica. Di seguito si riportano, per sintesi, le caratteristiche sismiche:

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
DATI GENERALI DI STRUTTURA			
Massima dimens. dir. X (m)	54,80 (A) - 41,65 (B)	Altezza edificio (m)	17,10 (A) - 14,10 (B)
Massima dimens. dir. Y (m)	20,05 (A) - 21,30 (B)	Differenza temperatura(°C)	15
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	III Cu=1.5
Longitudine Est (Grd)	14,22738	Latitudine Nord (Grd)	41,10275
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Acciaio	Sistema Costruttivo Dir.2	Acciaio
Regolarita' in Altezza	NO(KR=.8)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	SI	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	75,00
Accelerazione Ag/g	0,06	Periodo T'c (sec.)	0,34
Fo	2,45	Fv	0,83
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,17
Periodo TC (sec.)	0,51	Periodo TD (sec.)	1,85
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	712,00
Accelerazione Ag/g	0,13	Periodo T'c (sec.)	0,44
Fo	2,59	Fv	1,28
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,49	Periodo TB (sec.)	0,20
Periodo TC (sec.)	0,61	Periodo TD (sec.)	2,13
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.C.			
Probabilita' Pvr	0,05	Periodo di Ritorno Anni	1462,00
Accelerazione Ag/g	0,16	Periodo T'c (sec.)	0,47
Fo	2,67	Fv	1,45
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,44	Periodo TB (sec.)	0,21
Periodo TC (sec.)	0,64	Periodo TD (sec.)	2,25
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 1			



Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1	NON dissip. 1,20	Sotto-Sistema Strutturale Fattore di comportam 'q'	Intelaiat 1,50
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 2			
Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1	NON dissip. 1,30	Sotto-Sistema Strutturale Fattore di comportam 'q'	Intelaiat 1,50
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per carpenteria	1,05	Verif.Instabilita' acciaio:	1,05
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Livello conoscenza	NUOVA COSTRUZIONE		

### COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- *Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);*
- *Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili;*
- *Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);*
- *Combinazione quasi permanente (S.L.E.), impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);*
- *Combinazione sismica, E (v. § 3.2 form. 2.5.5);*

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ . Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I. Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2008. Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17). I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I.. La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme. Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali. La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva. La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

## COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	$\psi_0$	$\psi$	$\psi$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (quota $\leq 1000$ ms.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (quota $> 1000$ ms.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

## VERIFICA GIUNTO SISMICO

Con l'obiettivo di evitare il fenomeno del martellamento, tra la nuova struttura in acciaio e quella in calcestruzzo armato esistente, ai sensi del § 7.2.1 delle NTC2018 di determinano gli spostamenti massimi per lo SLV, calcolati per ciascuna costruzione. In particolare, lo spostamento massimo per l'esoscheletro in acciaio è determinato mediante un calcolo analitico effettuato mediante un'analisi dinamica lineare su un modello agli elementi finiti, mentre per gli edifici esistenti è stimato in 1/100 della sua altezza, misurata dallo spicco della fondazione, moltiplicata per  $a_g S/g$ . In generale in funzione delle caratteristiche sismiche del sito si ha:

$$a_g/g = 0,13$$

$$F_0 = 2,59$$

$$S_T = T_1 = 1,0$$

$$S = S_S \times S_T = 1,7 - 0,6 F_0 a_g/g \times S_T = 1,49$$

### **Per cui il fabbricato A:**

Spostamento esoscheletro in acciaio :  $\delta_{\text{nuovo}} = 143,16$  mm (vedi tabulato di calcolo pag. 400)

$$\text{Spostamento fabbricato A : } \delta_{\text{esis\_A}} = \frac{H_A}{100} \times \frac{a_g}{g} \times S = \frac{1830}{100} \times 0,13 \times 1,49 = 35,44 \text{ mm}$$

$$\text{Spostamento totale : } \delta_{\text{tot}} = \delta_{\text{nuovo}} + \delta_{\text{esis\_A}} = 143,16 + 35,44 = 178,6 \text{ mm}$$

### **Per cui il fabbricato B:**

Spostamento esoscheletro in acciaio :  $\delta_{\text{nuovo}} = 99,60 \text{ mm}$  (vedi tabulato di calcolo pag. 417)

Spostamento fabbricato A :  $\delta_{\text{esis\_B}} = \frac{H_B}{100} \times \frac{a_g}{g} \times S = \frac{1530}{100} \times 0,13 \times 1,49 = 29,63 \text{ mm}$

Spostamento totale :  $\delta_{\text{tot}} = \delta_{\text{nuovo}} + \delta_{\text{esis\_A}} = 99,60 + 29,63 = 129,23 \text{ mm}$

Il giunto sismico di 300 mm viene determinato non solo in funzione degli spostamenti teorici determinati in precedenza, bensì anche in relazione al tipo di collegamento adottato alla base delle colonne, alle eventuali imperfezioni geometriche presenti e alle condizioni di adattamento in sito da dover affrontare in fase esecutiva.

### **VERIFICA COLLEGAMENTI IN ACCIAIO**

Le unioni tra le colonne e le travi in acciaio o tra le colonne e le opere in c.a. di fondazione sono state progettate e verificate ai sensi del §4.2.8 delle NTC2018. In particolare, per entrambe le strutture, fabbricato A e B, sono state assegnate delle sotto-strutture costituite dai telai di travi e pilastri in acciaio, rappresentati graficamente sulle tavole relative ai telai e nelle carpenterie; ogni sotto struttura (telaio) possiede i collegamenti di unione, bullonati e/o saldati, come riportati graficamente nelle **PE-GRA-STR-08-00 - COLLEGAMENTI DETTAGLI COSTRUTTIVI - FABB.A** e **PE-GRA-STR-15-00 - COLLEGAMENTI DETTAGLI COSTRUTTIVI - FABB.B**. Le verifiche delle sotto-strutture e quindi dei relativi collegamenti sono riportate nei rispettivi tabulati di calcolo **PE-DES-STR-06-00-Tabulati di calcolo\_Fabbricato A** e **PE-DES-STR-09-00-Tabulati di calcolo\_Fabbricato B**, così come tutte le sollecitazioni agenti derivanti dalle combinazioni di carico previste dalle NTC2018.

#### **• TOLLERANZE**

Nei calcoli si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro -5 mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni  $\leq 150 \text{ mm}$   $\pm 5 \text{ mm}$

Per dimensioni  $\leq 400 \text{ mm}$   $\pm 15 \text{ mm}$

Per dimensioni  $\geq 2500 \text{ mm}$   $\pm 30 \text{ mm}$

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

- **DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre, per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

- **PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

- **CONCLUSIONI.**

Il progetto di efficientamento energetico e riqualificazione edilizia e urbana (PREU) di 70 alloggi ERP in Capua (CE) in Via Martiri di Nassirja prevede la realizzazione di due esoscheletri in acciaio da realizzare sui prospetti di altrettanti fabbricati; l'obiettivo principe di tali opere è quello di ampliare, rifunzionalizzare gli spazi, privati e collettivi, e fornire un nuovo volto agli spazi esterni, potenziando i servizi e ricercando principi di connessione collettiva e di rigenerazione. Le strutture sono state progettate in acciaio mediante telai di pilastri e travi con un sistema di controventi sia verticali che orizzontali, i solai sono in lamiera grecata con soletta in c.a. collaborante presenti ad ogni interpiano dei fabbricati, consentendo la comunicazione tra gli ambienti nuovi ed esistenti. In copertura sono previsti piani calpestabili dedicati per lo più ad impianti. Le fondazioni sono del tipo profonde costituite da una platea generale su pali trivellati in c.a. con diametro di 50 cm e lunghezza 8,00 mt.

In conclusione, le strutture progettate secondo le direttive imposte sia in termini di carichi, azioni sismiche e dettagli costruttivi, risultano verificate e soddisfano tutti i requisiti richiesti dalle NTC 2018 e circolare n.7 del 21/01/2019; i livelli di sicurezza raggiunti sono soddisfacenti e ogni dettaglio costruttivo è stato curato in ogni sua parte rispettando i dettami del capitolo 7.