

INDICE

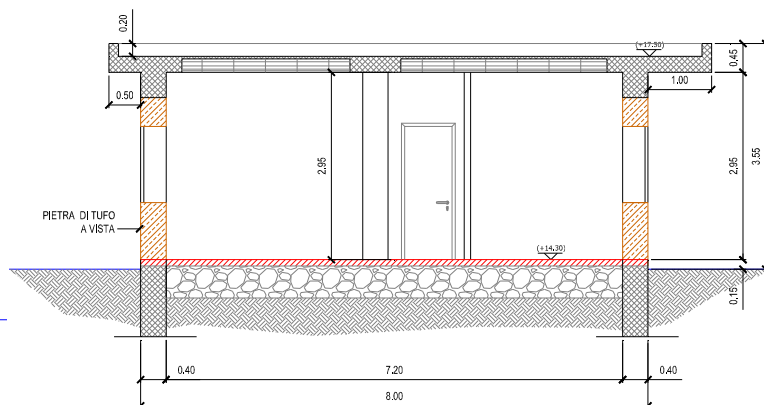
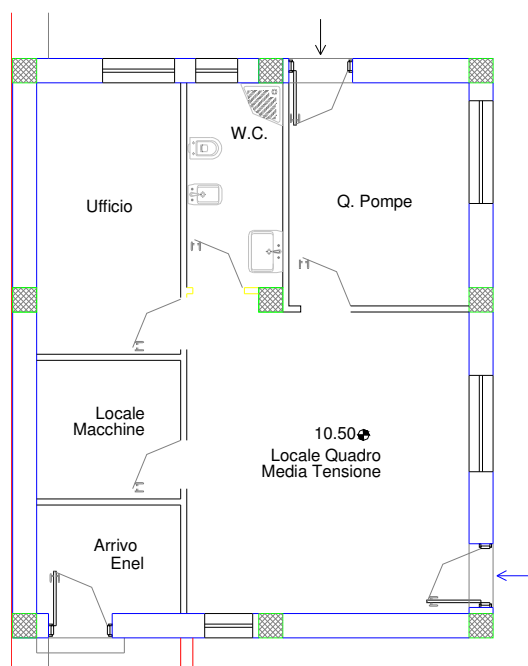
INDICE	1
1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	2
2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3 - SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE.....	4
4 - MODALITA' COSTRUTTIVE.....	4
4.1 – Trave rovescia per corpo uffici.....	5
4.2 – Paratie di e travi su pali	5
4.3 – Fondazione a Platea.....	5
5 - CALCOLO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI	6
5.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita.....	6
5.2 Stato Limite di Danno	7
5.3 Stati Limite di Esercizio	8
6 – PROGETTAZIONE DELLA FONDAZIONE.....	9
6.1 – Modellazione della fondazione di progetto	9
6.2 – Tabulati di calcolo	10
7 - CONCLUSIONI.....	11

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

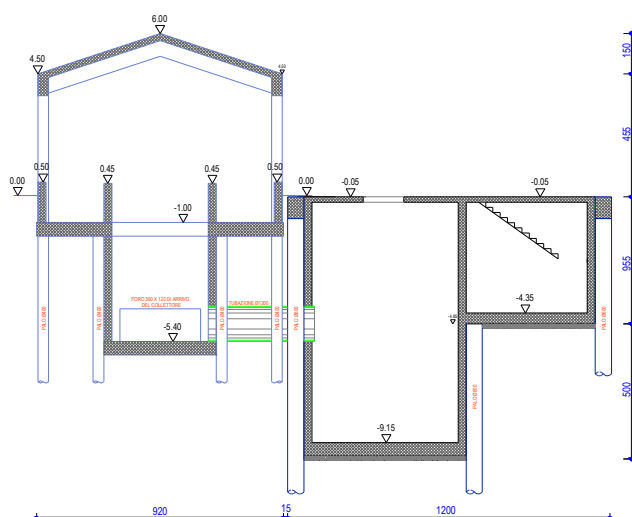
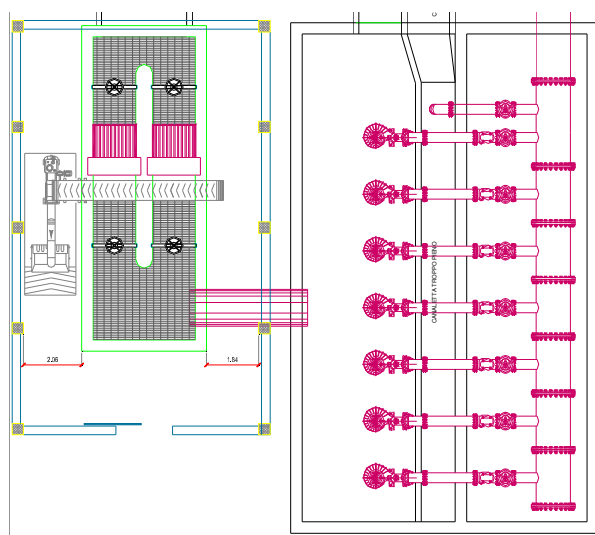
L'opera oggetto della presente relazione consiste in una stazione di sollevamento di liquami; l'impianto presenta tre corpi giuntati di cui uno adibito ad uffici, uno con funzione di grigliatura ed uno destinato all'alloggiamento delle pompe di sollevamento.

Il corpo uffici presenta una pianta rettangolare con doppia simmetria strutturale di dimensioni pari a 8,0 m x 9,6 m e di altezza pari a 3,35 m fuori terra.

L'impalcato composto da un solaio a travetti precompressi e laterizi e da travi emergenti lungo il perimetro ed a spessore internamente è sorretto da nove pilastri poggianti su travi rovesce.



Il locale griglia ed il locale pompe sono ravvicinati e presentano un giunto sismico di circa 15 cm.



Il locale griglie presenta una copertura a solaio bifalda realizzato con travetti precompressi e laterizio sorretti da travi emergenti che ne costruiscono l'ossatura principale in entrambe le direzioni principali; l'impalcato è sostenuto da dieci pilastri poggianti su travi con pali, la vasca centrale di grigliatura è protetta lungo il perimetro da una paratia di pali da 400 mm di diametro.

Il locale adibito alle pompe è di forma rettangolare ed è interamente interrato, una paratia di pali disposta lungo il perimetro protegge lo scavo da spostamenti del terreno laterale, un locale di comando è posto lateralmente alla vasca con pompe e presenta una quota di fondo superiore. L'impalcato del locale pompe è realizzato con una soletta da 20 cm di spessore poggiante sulle pareti da 30 cm di spessore a loro volta sostenuti dalle platee di fondazione. Le azioni previste sulla struttura sono legate alla destinazione d'uso e sono rappresentate da:

- Ambienti suscettibili di grande affollamento: musei, sale da ballo, palestre, tribune, sale da concerto, palasport, ecc.
(Cat. C3 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $5,0 \text{ kN/m}^2$;
- carichi accidentali per *Balconi, ballatoi e scale comuni*
(Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $4,0 \text{ kN/m}^2$;
- azione della neve;
- azione del vento;
- sisma.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

(G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica" - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

UNI 11104:2004

UNI EN 206-1:2006

UNI EN 197

3 - SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La scelta di adottare fondazioni di tipo diretto per l'edificio uffici ed indiretto costituite da travi e platee su pali scaturisce dalle considerazioni fatte in merito ai carichi sollecitanti ed alle caratteristiche resistenti del terreno, nonché alle interazioni tra le fondazioni di progetto dei diversi corpi di fabbrica.

La scelta di realizzare delle paratie di contenimento sul perimetro delle vasche dei grigliati e delle pompe scaturisce invece dalla necessità di contenere il terreno sia in fase di costruzione che in fase di esercizio poiché da progetto di rileva un discreto salto di quota che raggiunge i 9,5 m in corrispondenza delle vasche di sollevamento.

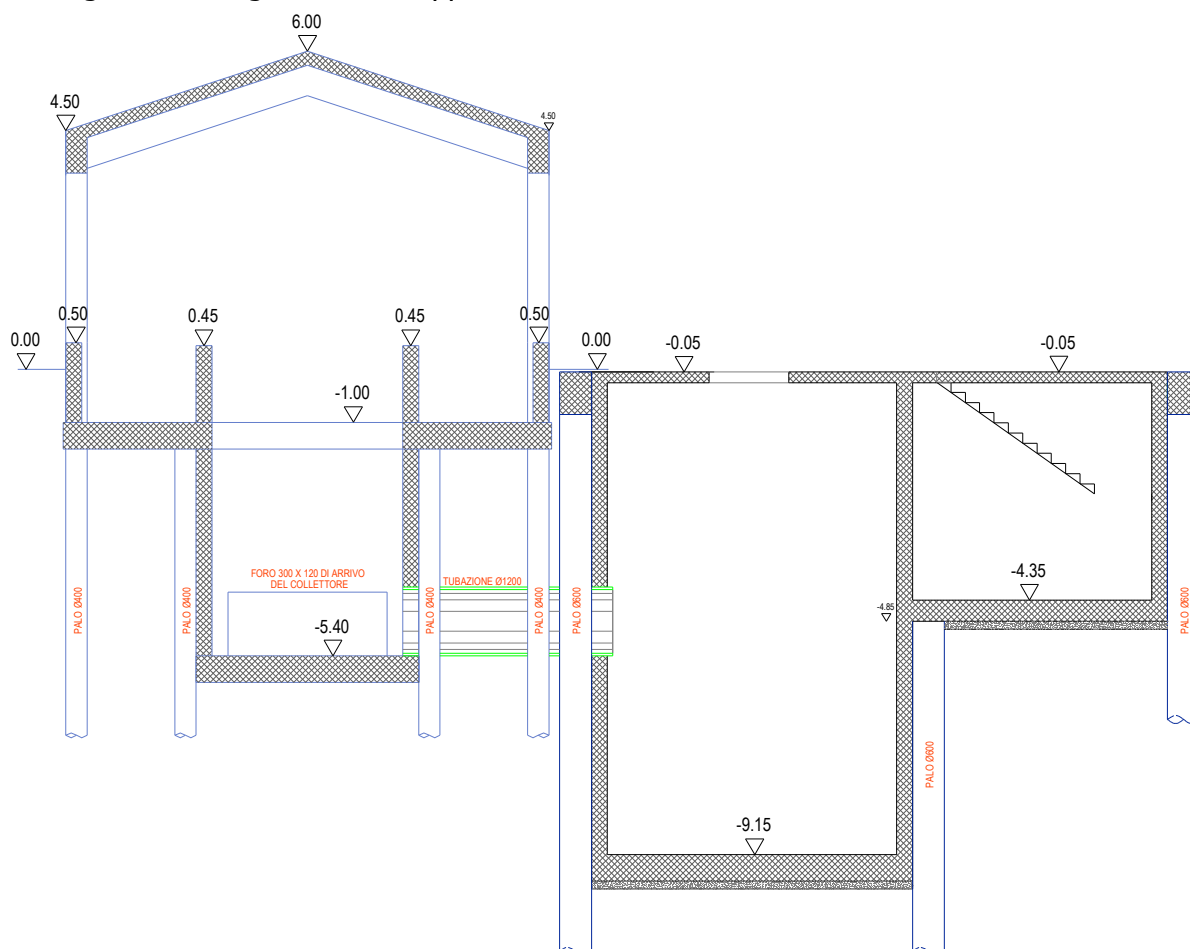
In conclusione nel caso in esame, la struttura di fondazione è costituita da:

- **fondazioni diretta a graticcio di travi per l'edificio uffici**
- **fondazione indiretta con travi e platee su pali e palificate per il corpo grigliati e pompe**

4 - MODALITA' COSTRUTTIVE

Di seguito si illustrano le metodologie di scavo e successiva realizzazione delle opere di fondazione e di sostegno.

La sequenza di realizzazione delle opere di fondazione in merito al corpo grigliato e pompe è illustrata di seguito e risulta indispensabile che sia rispettata durante l'esecuzione dei lavori poiché significativa a garantire un opportuno coefficiente di sicurezza durante le fasi transitorie.



- Fase 1 : scavo di slattamento fino a quota – 1,50
- Fase 2 : realizzazione dei pali da 400 e 600 mm di diametro
- Fase 3 : realizzazione delle travi di coronamento e delle platee poste al di sopra delle paratie
- Fase 4: scavo fino a quota di – 6,00 m e realizzazione delle platee fino a quota – 6.00 m
- Fase 5: scavo fino a quota finale di -9,75 e realizzazione della platea di fondo vasca.

4.1 – Trave rovescia per corpo uffici

Le travi rovesce saranno realizzate secondo gli ordinari metodi della tecnica delle costruzioni secondo il seguente procedendo:

- Scavo di pulizia dello strato superficiale
- Getto di uno strato di 10 cm di spessore di magrone in cls
- Realizzazione delle travi a mezzo di messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura.
- Rinterro delle fondazioni con materiale di progetto.

Lo scavo delle travi presenta un profondità di scavo limitata e pertanto non richiede particolari verifiche da eseguire nelle fasi transitorie.

4.2 – Paratie di e travi su pali

Le paratie di ali e le travi su pali saranno realizzate con la seguente **metodologia**:

- Scavo fino al raggiungimento della quota di prima fondazione
- Trivellazione dei pali
- Realizzazione dei pali mediante calo delle armature metalliche e getto di calcestruzzo.
- Messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura delle platee e delle travi di collegamento.

4.3 – Fondazione a Platea

La fondazione a platea sarà realizzata secondo gli ordinari metodi della tecnica delle costruzioni secondo il seguente procedendo:

- Scavo di pulizia dello strato superficiale dopo la demolizione della pavimentazione dei fabbricati esistenti
- Getto di uno strato di 10 cm di spessore di magrone in cls
- Realizzazione della platea a mezzo di messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura.

5 - CALCOLO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI

L'intervento consiste nella realizzazione di una platea di fondazione. Pertanto, ai sensi delle N.T.C. 2008 si è proceduto alle seguenti verifiche riportate nei tabulati di calcolo:

- Verifiche allo stato limite di collasso per carico limite e per scorrimento sul piano di posa (§7.11.5.3.1 delle NTC 2008 e §C7.11.5.3.1 della Circ.617)
- Verifica allo stato limite per raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali (§C7.11.5.3.1 delle NTC 2008)
- Verifica allo stato limite di esercizio (§6.4.2.2 delle NTC 2008 e §C6.4.4.2 della Circ.617)

Per l'esecuzione delle suddette verifiche sono state considerate le azioni calcolate secondo le combinazioni di carico illustrate nei paragrafi seguenti

5.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
 - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 14 gennaio 2008;
- ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale,

rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{1k} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
 G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
 P_K rappresenta pretensione e precompressione;
 ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
 Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	ψ_{2i}
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria H – Coperture	0,0
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Variazioni termiche	0,0

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2008, sono state effettuate con l'approccio 2 come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 14 gennaio 2008, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 2.6.II tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "Tabulati di calcolo" in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

5.2 Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
 G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
 P_K rappresenta pretensione e precompressione;

ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
 Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

5.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara $F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$

combinazione frequente $F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$

combinazione quasi permanente $F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$

dove:

G_{Kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;
 P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
 Q_{kl} valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
 Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;
 ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
 ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
 ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a

turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base (Q_{1k} nella formula (1)), con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente" (1), "Frequente" (4) e "Rara" (4).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni rel

ativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

6 – PROGETTAZIONE DELLA FONDAZIONE

Le sollecitazioni sono state calcolate considerando le azioni agenti alla base dei pilastri e la stinta del terreno e delle acque sia in condizioni statiche che dinamiche in assenza e presenza di eccentricità accidentale; inoltre la presenza di azione flettente e taglio alla base dei pilastro determina una eccentricità del carico sui pali che è stata tenuta in conto nella determinazione delle sollecitazioni agenti e nelle verifiche riportate nei tabulati.

Le resistenze di calcolo sono state definite considerando l'inclinazione del palo che nel caso in esame è perfettamente verticale.

La verifiche allo stato limite ultimo per collasso per carico limite verticale ed orizzontale del complesso pali terreno, la verifica allo stato limite ultimo per spostamenti e rotazioni, la verifica allo stato limite di danno sono state condotte nel rispetto della norma par. 7.11.5.3.2.

Inoltre le armature dei pali e della platea sono state definite tenendo conto i valori minimi di normativa e le prescrizioni riportate al paragrafo 7.2.5. della normativa vigente.

Per tutto quanto attiene al progetto e alla verifica delle fondazioni della struttura in oggetto, si rimanda alla "RELAZIONE TECNICA GENERALE – RELAZIONE DI CALCOLO".

6.1 – Modellazione della fondazione di progetto

La fondazione diretta a platea è stata modellata come una piastra su un letto di molle alla Winkler.

Tutti gli elementi di progetto sono stati verificati sia allo stato limite di esercizio che a quello ultimo per flessione, taglio e punzonamento. Al fine delle verifiche delle tensioni di contatto con il terreno è stato considerato come carico ammissibile in condizioni di esercizio ed in condizioni ultime i valori calcolati secondo le indicazioni riportate nella relazione geotecnica; i risultati delle verifiche sono riportati nei tabulati di calcolo.

Si riporta nelle immagini seguenti la sintesi grafica dello stato tensionale presente nella platea di fondazione. Dall'esame dei grafici e dalla lettura del relativo tabulato di calcolo si evince che la struttura di fondazione risulta verificata in ogni sua parte non essendo in alcun punto lo sollecitativo superiore a quello resistente.

Di seguito si riporta lo stato tensionale e gli spostamenti della platea quale involucro degli stati tensionali per le sole combinazioni di carico gravitazionali.

L'indicazione relativa alle singole combinazioni di carico sono riportate nella relazione tecnica generale al paragrafo analisi di carico.

Dal punto di vista della portanza del terreno si osserva che la verifica a carico limite della struttura fondale risulta soddisfatta.

6.2 – Tabulati di calcolo

Le verifiche allo Stato limite ultimo e di esercizio sono riportate nei tabulati di calcolo allegati alla relazione geologica ed alla relazione tecnica generale e di calcolo a cui si rimanda.

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

7 - CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale della struttura hanno dato esito positivo per l'opera di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto dei D.M. Min. LL. PP. 14 Gennaio 2008.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico
Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero
