



REGIONE CAMPANIA GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA

STRUTTURA DI MISSIONE PER LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI STOCCATI IN BALLE LAVORI DI REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO NELLO STIR DI TUFINO (NA)

ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA - LOTTO 1

POR FESR 2014-2020 - ASSE 6 - AZIONE 6.1.3. - PROC. N. 2597/A-SIA/18

CODICE CIG: 7332580C6D - CODICE CUP: B23G17013850006

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

1096-E-S-RT-03	1096	1096-E-S-RT-03	1	DI	53	0
ELABORATO	COM	DOCUMENTO	PAGINE		REV.	

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

CAPOGRUPPO MANDATARIA

MANDANTE

MANDANTE



ICARIA

ICARIA srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Via LA Spezia, 6 - 00182 Roma
Corso Cavour, n. 445 - 05018 Orvieto (TR)
ORDINE degli INGEGNERI
Tel. 0763-340875, fax. 0763-341251
www.icariasrl.it e-mail: info@icariasrl.it

ICARIA s.r.l.
Società di Ingegneria

Lotti Ingegneria Spa

Via del Fiume, n. 14 - 00186 - Roma
Tel. 06-32397322, fax. 0763-341251
C.F./P.IVA 00956841001
e-mail: lotti@lottiassociati.com
PEC: c.lotti@legalmail.it

Quantica
Ingegneria S.r.l.

Quantica Ingegneria S.r.l.

Piazza G.Bovio n°22 - 80133 Napoli
Tel. 081-18779435, fax. 081-2841284
C.F. 08248051214 P.IVA 0812251214
e-mail: segreteria@quanticaingegneria.it
PEC: quantica@arubapec.it



0	SETTEMBRE 2020	EMISSIONE	MR	MS	VR	VR
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

È vietato ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente disegno senza la preventiva autorizzazione

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
1.1.1	Normativa	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	5
2.1	ASSETTO GEOLOGICO GENERALE	5
2.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	6
2.3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	8
3	CRITERI E METODI DI ANALISI DELLE STRUTTURE.....	8
4	CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE	10
4.1	APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI SICUREZZA	10
4.2	CRITERI DI CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO – FONDAZIONE.....	11
4.2.1	Fondazioni superficiali.....	11
4.2.2	Fondazioni profonde.....	13
4.3	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI DIRETTE.....	14
4.4	CRITERI PER IL CALCOLO DELLE SPINTE	15
5	VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO.....	16
6	VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI IN FASE DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA	16
6.1	AVANCORPO LATO EST	17
6.1.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	17
6.2	AVANCORPO LATO OVEST	20
6.2.1	Verifica della capacità portante del palo.....	20
6.3	BIOCELLE	23
6.3.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	23
6.3.2	Verifica dei cedimenti	25
6.4	MATURAZIONE PRIMARIA.....	28
6.4.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	28
6.4.2	Verifica dei cedimenti	30
6.5	MURO MATURAZIONE SECONDARIA E MURO AD “L”	32
6.5.1	Verifiche di scorrimento e ribaltamento	32
6.5.2	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	36
6.6	BASAMENTO SCRUBBER	38
6.6.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	38

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 3 di 53
-----------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.6.2	Verifica dei cedimenti	41
6.7	BASAMENTO LOCALI QE	43
6.7.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	43
6.7.2	Verifica dei cedimenti	46
6.8	BACINO CONTENIMENTO SERBATOI	48
6.8.1	Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione	48
6.8.2	Verifica dei cedimenti	51

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

1 PREMESSA

Il presente documento descrive le caratteristiche del suolo di fondazione e le verifiche geotecniche relative alle strutture di fondazione delle opere civili da realizzarsi nell'ambito dei "**LAVORI DI REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO NELLO STIR DI TUFINO (NA) - ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA IN REGIONE CAMPANIA – LOTTO 1**".

Il presente documento è redatto in conformità al D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni, di seguito N.T.C.) e relativa circolare esplicativa.

1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1.1.1 Normativa

- [NT_1] Legge 05.11.1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [NT_2] Legge 02.02.1974 n°64 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- [NT_3] O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e successive modifiche: “Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione del territorio sismico nazionale”.
- [NT_4] O.P.C.M. n°. 3316: “Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03”.
- [NT_5] D.M. Infrastrutture del 14.01.2008: “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [NT_6] Circolare n° 617/C.S.L.L.P.P del 02.02.2009: “Istruzione per l'applicazione delle ‘Nuove norme tecniche per le costruzioni’ di cui al DM 14 gennaio 2008”.
- [NT_7] D.M. Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- [NT_8] Circolare n° 7/C.S.L.L.P.P del 21.01.2019: “Istruzione per l'applicazione dell' “Aggiornamento delle ‘Nuove norme tecniche per le costruzioni’ di cui al DM 17 gennaio 2018”.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

2.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE

Per l'inquadramento geologico dell'area di intervento si fa riferimento alla Relazione Geologica allegata al progetto esecutivo, della quale si riportano le principali risultanze.

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 5 di 53
-----------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

L'area di intervento si ubica nel Comune di Tufino (NA), presso via Provinciale per Visciano - loc. Schiava, circa 2.0 Km a sud-est del centro abitato, in una zona compresa tra l'Autostrada A16 Napoli-Canosa e la Provinciale per Visciano, all'interno dell'impianto STIR (ex. CDR).

Per quanto riguarda l'assetto geologico generale, l'area di studio si inserisce al margine orientale della Piana Campana, a sud della valle ricompresa tra i monti di Avella e i monti di Valle di Lauro, alla base del rilievo carbonatico di M. Serrone, caratterizzato da successioni di piattaforma carbonatica (calcari) appartenenti all'Unità tettonica dei Monti di Avella (età compresa tra il Giurassico inf. ed il Cretacico sup).

Nello specifico, la successione costituente il substrato geologico dell'area di interesse è identificabile nell'Unità dei Calcari a radiolariti di rilevante spessore della formazione, celata superficialmente dai depositi detritico-colluviali vulcanoclastici dell'Unità di Piano delle Selve. A valle, poco a Nord dell'area di intervento, si individuano infine i depositi alluvionali recenti e attuali della Piana Campana.

I depositi superficiali di copertura del substrato calcareo presenti nell'ambito dell'area di intervento sono costituiti nel complesso da alternanze di terreni detritici e colluviali di taglia sabbioso-limosa e sabbioso-ghiaiosa costituiti principalmente da materiale piroclastico di caduta (ceneri, pomici e scorie) appartenente alle eruzioni flegree e vesuviane e da intercalazioni di paleosuoli con orizzonti ricchi in materia organica di colore scuro. Tale unità risulta essere successiva alle unità pleistoceniche superiori ed attualmente in evoluzione.

Dal punto di vista geomorfologico l'area di intervento si inserisce su un ampio terrazzo con morfologia prevalentemente pianeggiante, nell'ambito di una fascia di raccordo tra versante (M. Serrone a sud) e valle alluvionale (Piana Campana a nord). Allo stato attuale non si evidenziano criticità di ordine geomorfologico in atto, in grado di compromettere l'attuale equilibrio dell'area di intervento. Inoltre, l'area risulta essere esterna ad aree a suscettibilità e rischio da frana.

Dal punto di vista idrogeologico, dall'analisi delle cartografie del rischio idraulico del P.S.A.I. - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale, l'area di studio risulta essere esterna ad aree/fasce di rischio.

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche eseguite in sito non risulta esservi presenza di falda idrica di rilevante importanza, infatti da una ricerca eseguita presso I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) all'interno dell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L. 464/1984), la profondità della falda idrica si attesta a 110.0 m da p.c.

2.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Al fine di definire il modello litotecnico del sottosuolo e la stima dell'azione sismica di sito, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, che hanno previsto l'esecuzione di:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo della profondità di 30.0 m con prelievo di campioni disturbati ed indisturbati e prove S.P.T. in foro;

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 6 di 53
-----------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH;
- n. 1 prospezione geofisica con metodo M.A.S.W;
- n. 1 prospezione geofisica con metodo H.V.S.R.

A partire dall'interpretazione stratigrafica e litotecnica, sono stati individuati n. 4 complessi geotecnici di spessore variabile localmente, le cui caratteristiche geomeccaniche sono riepilogate di seguito:

Complesso C0: *Coltre superficiale antropica e/o vegetale* - Spessore 0.80 m circa da p.c.

Complesso C1: *Sabbia limosa* – spessore variabile da 2.6 a 5.0 m da p.c.

Peso di volume $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$;

Coesione drenata $c'_k = 2 \text{ kPa}$

Angolo di attrito interno $\varphi_k = 24^\circ$

Modulo elastico $E = 30 \text{ MPa}$

Complesso C2: *Sabbia ghiaiosa con limo* - spessore variabile da 1.5 a 2.7 m circa.

Peso di volume $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$;

Coesione drenata $c'_k = 0.5 \text{ kPa}$

Angolo di attrito interno $\varphi_k = 32^\circ$

Modulo elastico $E = 300 \text{ MPa}$

Complesso C3: *Sabbia limosa con ghiaia* – spessore variabile da 2.4 a 3.6 m circa

Peso di volume $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$;

Coesione drenata $c'_k = 0.5 \text{ kPa}$

Angolo di attrito interno $\varphi_k = 32^\circ$

Modulo elastico $E = 300 \text{ MPa}$

Complesso C4: *Clacari fratturati* – fino a 30 m circa da p.c.

Peso di volume $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$;

Coesione non drenata $C_u = 300 \text{ kPa}$

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 7 di 53
-----------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

2.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La definizione dell'azione sismica di sito, è stata determinata facendo riferimento all'interpretazione dei risultati di n.2 prospezioni geofisiche mediante prova tipo M.A.S.W. (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) ed H.V.S.R (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) le cui elaborazioni sono riportate in forma estesa nella relazione geologica allegata al presente progetto esecutivo.

Dalle prove effettuate risulta che il suolo di fondazione è classificabile nella **categoria sismica "B"**.

Secondo quanto previsto dalle N.T.C., poiché l'area di intervento è ubicata in area prevalentemente pianeggiante, questa risulta rientrare in **categoria topografica 'T1'**.

Pertanto l'amplificazione stratigrafica è descritta mediante i coefficienti S_s e S_T che assumono i seguenti valori:

$$S_s = 1.20$$

$$S_T = 1.00 \text{ (categoria T1 - superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenza < 15\%)}$$

3 CRITERI E METODI DI ANALISI DELLE STRUTTURE

Le strutture in progetto vengono analizzate mediante modellazione ad elementi finiti e le verifiche degli elementi sono riportate in appendice.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare i diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Tutti i parametri che definiscono tale caratterizzazione dipendono dalla probabilità di superamento PVR dell'evento sismico nel periodo di riferimento VR.

Per il progetto in essere, in accordo con la committenza, sono stati scelti i seguenti valori dei parametri di progetto relativi alla tipologia e all'uso a cui le strutture sono destinate:

Ubicazione sito

Latitudine: 40.944493°

Longitudine: 14.579694°

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso II (coefficiente d'uso $C_U = 1$)

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni

Gli stati limite rispetto ai quali effettuare le verifiche sono:

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 8 di 53
-----------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

SLO – Stato limite di operatività

SLD – Stato limite di danno

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

SLV – Stato limite di salvaguardia della vita

SLC – Stato limite di collasso

Per gli scopi progettuali l'azione sismica viene definita mediante forme spettrali dipendenti da tre parametri a loro volta funzione della localizzazione geografica del sito e del periodo di ritorno considerato:

a_g – Accelerazione massima orizzontale al sito

F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c – Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso in esame, per un periodo di ritorno pari a 475 anni (relativo allo stato SLV) risulta:

$$a_g = 0.1865 \text{ g}$$

$$F_0 = 2.378$$

$$T^*_c = 0.360 \text{ s}$$

Per maggiori dettagli sulle analisi delle strutture in oggetto si rimanda alla Relazione di calcolo delle strutture, allegata al presente progetto esecutivo.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4 CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE

4.1 APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI SICUREZZA

Le verifiche di carattere geotecnico vengono effettuate seguendo l'Approccio 2 previsto dalla normativa. Secondo tali indicazioni e con riferimento alle colonne delle tabelle successivamente riportate, vengono utilizzati i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Approccio 2: "A1+M1+R3"

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale ⁽¹⁾	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

⁽¹⁾ da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

4.2 CRITERI DI CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO – FONDAZIONE

La verifica allo stato limite ultimo, corrispondente al collasso per carico limite della fondazione, consiste nel controllare che le azioni di progetto, che l'opera trasmette al terreno di fondazione, siano inferiori alla resistenza di progetto del sistema terreno-fondazione.

I criteri di calcolo del carico limite sono riepilogati di seguito.

4.2.1 Fondazioni superficiali

La valutazione della capacità portante del complesso terreno – fondazione viene effettuata, secondo le indicazioni fornite da EC7. Durante le diverse campagne di indagini condotte sull'area la soggiacenza della falda dal piano campagna è sempre risultata superiore ai 4 m. Ciononostante, a vantaggio di sicurezza, le verifiche di portanza sono state condotte considerando il livello della falda a piano campagna, e adottando quindi come peso di volume del terreno quello sommerso.

L'espressione adottata per il calcolo del carico limite unitario in presenza di sisma è:

$$Q_{lim}/A' = c' N_c b_c s_c i_c z_c + q' N_q b_q s_q i_q z_q + 0.5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma z_\gamma$$

Con i fattori adimensionali:

— Fattori di capacità portante:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 (45^\circ + \varphi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$$

$$N_g = 2 (N_q - 1) \tan \varphi', \text{ dove } \delta \geq \varphi'/2 \text{ (}\delta \text{ attrito fondazione - terreno)}$$

— Inclinazione del piano di posa della fondazione:

$$b_c = b_q - (1 - b_q)/N_c \times \tan \varphi'$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \times \tan \varphi')^2$$

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 11 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

— Forma della fondazione:

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi', \text{ per impronta rettangolare;}$$

$$s_q = 1 + \sin \varphi', \text{ per impronta quadrata o circolare;}$$

$$s_g = 1 \times 0.3 (B'/L'), \text{ per impronta rettangolare;}$$

$$s_g = 0.7, \text{ per impronta quadrata o circolare;}$$

$$s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ per impronta rettangolare, quadrata o circolare;}$$

— Inclinazione del carico:

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \times \tan \varphi';$$

$$i_q = [1 - H / (V + A'c' \cot \varphi')]^m;$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A'c' \cot \varphi')]^{m+1}.$$

dove:

$$m = m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] \text{ con } H \text{ agente in direzione di } B';$$

$$m = m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] \text{ con } H \text{ agente in direzione di } L'.$$

Nel caso in cui la componente orizzontale del carico H agisca in una direzione formante un angolo θ con la direzione di L' , m può essere calcolato come:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta.$$

— Coefficienti correttivi in presenza di sisma:

$$z_c = 1 - 0.32 \tan \varphi';$$

$$z_q = z_\gamma = (1 - k_h / \tan \varphi');$$

I simboli hanno il seguente significato

Q_{lim} Valore del carico limite del complesso fondazione - terreno

$A' = B' \times L'$ Area efficace di progetto della fondazione

B Larghezza della fondazione

B' Larghezza efficace della fondazione

L Lunghezza della fondazione

L' Lunghezza efficace della fondazione

c' Valore della coesione efficace del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione

φ' Valore dell'angolo d'attrito efficace del terreno al di sotto del piano di posa

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 12 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

q Pressione litostatica sul piano di posa della fondazione

α Inclinazione del piano di posa della fondazione rispetto all'orizzontale

V Carico verticale

H Carico orizzontale

4.2.2 Fondazioni profonde

La portanza laterale ultima è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo, delle tensioni tangenziali palo-terreno:

$$Q_L = \int_S \tau_a \cdot dS$$

nelle condizioni drenate la portanza laterale è fornita dall'espressione:

$$Q_L = \pi \cdot D \cdot L \cdot (k \cdot \mu \cdot \sigma'_{vmedia} + \alpha_{c'} \cdot c')$$

con:

k , rapporto fra pressione verticale litostatica e pressione orizzontale

$\phi = \tan \phi'$, coefficiente d'attrito fra palo e terreno

$\alpha_{c'}$, coefficiente riduttivo della coesione drenata dipendente dal valore della stessa.

Nelle condizioni non drenate la portanza laterale è fornita dall'espressione:

$$Q_L = \pi \cdot D \cdot L \cdot \alpha_{cu} \cdot c_u$$

α_{cu} coefficiente riduttivo della coesione non drenata dipendente dal valore della stessa.

Capacità portante alla punta

La capacità portante fornita dalla punta del palo è calcolabile nelle condizioni drenate mediante la relazione:

$$Q_P = (N_q \cdot \sigma'_{vbase} + c' \cdot N_c) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

dove:

σ'_{vbase} = tensione litostatica alla quota della punta del palo;

D = diametro del palo;

N_q = coefficiente di capacità portante ridotto, determinato per un valore di sforzo alla punta corrispondente all'insorgere nel terreno delle prime deformazioni plastiche.

N_c = coefficiente di capacità portante ($N_c = (N_q - 1) \times \text{ctg } \phi'$)

In condizioni non drenate la capacità portante alla punta si determina come:

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 13 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

$$Q_p = (c_u \cdot N_c) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

dove:

D = diametro del palo;

N_c = coefficiente di capacità portante (correntemente N_c = 9)

4.3 CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI DIRETTE

La valutazione dei cedimenti viene condotta facendo ricorso alla teoria dell'elasticità. Discretizzando il terreno in n strati, l'abbassamento di ogni singolo strato può essere calcolato come:

$$\Delta w = \frac{\Delta \sigma'_z}{E} \cdot \Delta z$$

Integrando gli abbassamenti, ovvero sommando il contributo dei singoli strati nel volume significativo di terreno, assunto pari a circa 3 volte l'ingombro massimo dell'impronta di fondazione, si ottiene il cedimento totale.

Per il calcolo delle tensioni indotte alle varie profondità dal carico netto applicato si fa ricorso all'espressione di Boussineq che fornisce l'incremento tensionale in corrispondenza di un angolo di un'area di carico rettangolare:

$$\sigma_z = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan \left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3} \right) + \frac{L \cdot B \cdot z}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

Dove

q - Carico netto

z - Profondità

L, B - Dimensioni dell'area di carico

$$R_1 = (L^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = (B^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = (L^2 + B^2 + z^2)^{0.5}$$

Il cedimento massimo per un'area di carico rettangolare si ottiene al centro della stessa e può essere calcolato come somma dei contributi dei quattro rettangoli in cui la stessa area può essere suddivisa.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4.4 CRITERI PER IL CALCOLO DELLE SPINTE

L'azione del materiale a tergo dei paramenti per unità di superficie può genericamente essere espressa, in funzione del coefficiente di spinta k , del peso per unità di volume, del sovraccarico q e della profondità z dalla superficie:

$$p_t = k \times q + k \times \gamma \times z, \text{ per terreno non immerso in acqua}$$

$$p'_t = k \times q + k \times \gamma' \times z, \text{ per terreno immerso in acqua}$$

La pressione esercitata dall'acqua risulta in funzione della profondità di immersione z :

$$p_w = \gamma_w \times z, \text{ pressione idrostatica}$$

Il coefficiente di spinta per strutture che ammettono movimenti e consentono quindi l'innescarsi della spinta attiva, può essere espresso nella seguente forma:

Condizioni statiche

$$k_A = \frac{\cos^2(\varphi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

Condizioni sismiche

$$k_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \psi - \beta)}{\cos \psi \cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta + \psi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \psi - i)}{\cos(\beta + \delta + \psi) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

La spinta complessiva può essere calcolata mediante la seguente espressione:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 (1 - k_v)$$

γ – Peso per unità di volume del terreno

φ – Angolo d'attrito interno del terreno

δ – Angolo d'attrito fra muro e terreno

i – Inclinazione terrapieno (>0 se antioraria)

$$\psi = \tan^{-1} [k_h / (1 - k_v)]$$

$k_h = \beta_m \times a_{max} / g$ – coefficiente sismico orizzontale

$k_v = \pm k_h / 2$ – coefficiente sismico verticale

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per strutture che non ammettono spostamenti, le spinte statiche possono valutarsi mediante il coefficiente di spinta in quiete:

$$k_0 = 1 - \sin\varphi$$

L'incremento sismico di spinta può essere valutato, secondo la teoria di Wood, con l'espressione:

$$\Delta P_E = \gamma H^2 \frac{a_g}{g} S$$

5 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

La rigidità delle molle, attraverso la quale viene schematizzata l'interazione terreno-struttura, è stata calcolata utilizzando un coefficiente di sottofondo valutato mediante la metodologia di Joseph E. Bowles, che permette di stimare la costante di Winkler verticale per fondazioni superficiali rettangolari sulla base della capacità portante (carico ultimo) della fondazione, calcolata tramite la relazione di Hansen, con la seguente formula:

$$k = 40 \times q_{lim}$$

dove la resistenza ultima del terreno corrisponde ad un cedimento $w = 2.5$ cm, limite per le condizioni di esercizio di una struttura.

In relazione al valore di capacità portante calcolato nei paragrafi successivi, si ottengono i valori della costante di sottofondo impiegati nella modellazione agli elementi finiti degli edifici.

Si rimanda al successivo paragrafo 6 per lo sviluppo dei calcoli del carico limite ed ai tabulati di calcolo per i valori della costante di sottofondo impiegati.

6 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI IN FASE DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

La verifica della capacità portante del complesso terreno fondazione, per le nuove opere strutturali in progetto, viene effettuata confrontando le pressioni esercitate dalla struttura sul terreno con la pressione resistente di progetto, valutata secondo i criteri descritti precedentemente.

Le strutture di fondazione degli edifici in oggetto, tranne per quanto riguarda i pali dell'avancorpo lato ovest, risultano intestate a profondità di circa 0.85-1.00 m, pertanto il suolo di fondazione è costituito dal complesso geotecnico C1 (cfr. §2.2).

I dati di input, i calcoli ed i risultati delle verifiche geotecniche sono riportate nei paragrafi successivi per ciascuna struttura in progetto.

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 16 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.1 AVANCORPO LATO EST

6.1.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	1.50	m	Base
$L =$	1.50	m	Lunghezza
$H =$	0.60	m	Altezza
$D =$	0.70	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_h =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

B' =	1.50	m	Base ridotta
L' =	1.50	m	Lunghezza ridotta
A' =	2.25		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\varphi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	13.30	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

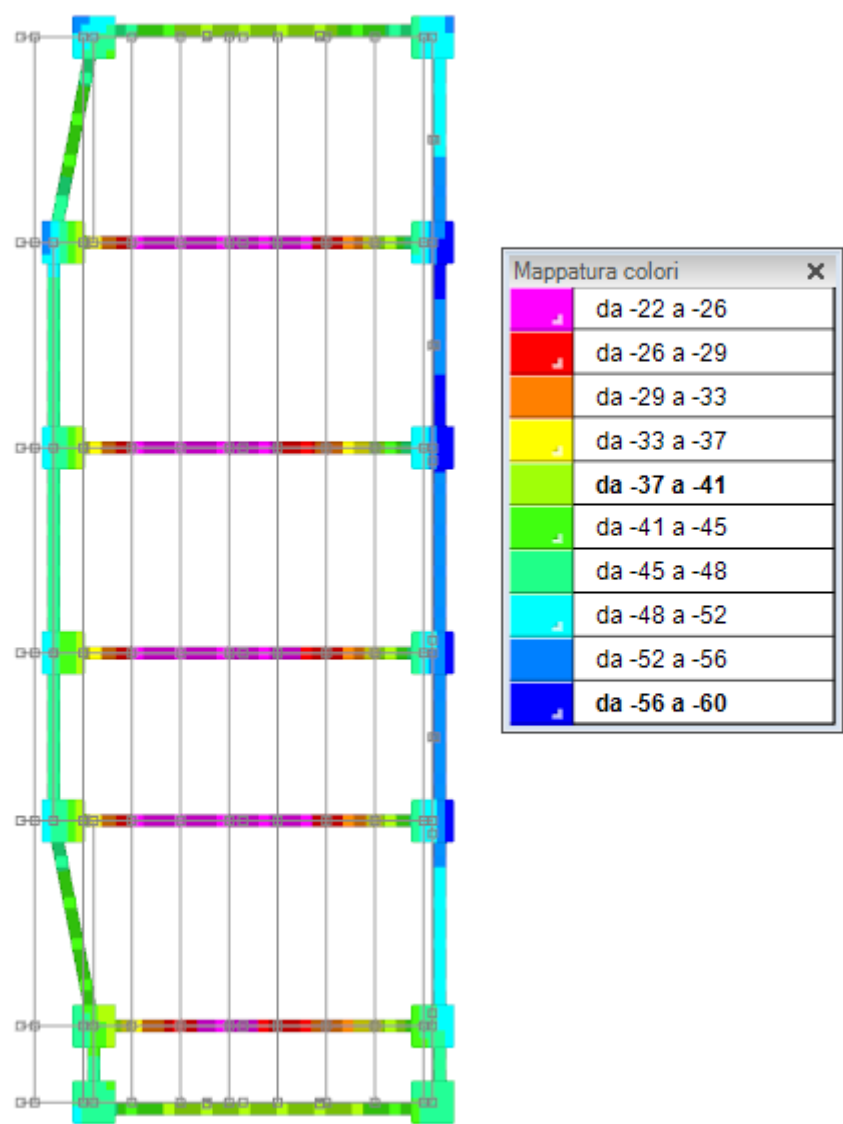
$k =$	0.47	Fattore di profondità
$m_B =$	1.50	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
$m_L =$	1.50	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
$m =$	1.50	Parametro di forma complessivo
$N_c =$	19.32	Fattori di capacità portante
$N_q =$	9.60	
$N_\gamma =$	7.66	
$s_c =$	1.45	Fattori di forma
$s_q =$	1.41	
$s_\gamma =$	0.70	
$b_c =$	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
$b_q =$	1.00	
$b_\gamma =$	1.00	
$i_c =$	1.00	Fattori di inclinazione del carico
$i_q =$	1.00	
$i_\gamma =$	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate ▼

F.S. =	2.3	Fattore di sicurezza
$q_{LIM} =$	300.221	Pressione limite
$q_{R,D} =$	130.53	Pressione resistente di progetto

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



Per la verifica si ha:

$$p_{\max} = 60 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 130.53 \text{ kN/m}^2, \text{ verifica di portanza soddisfatta.}$$

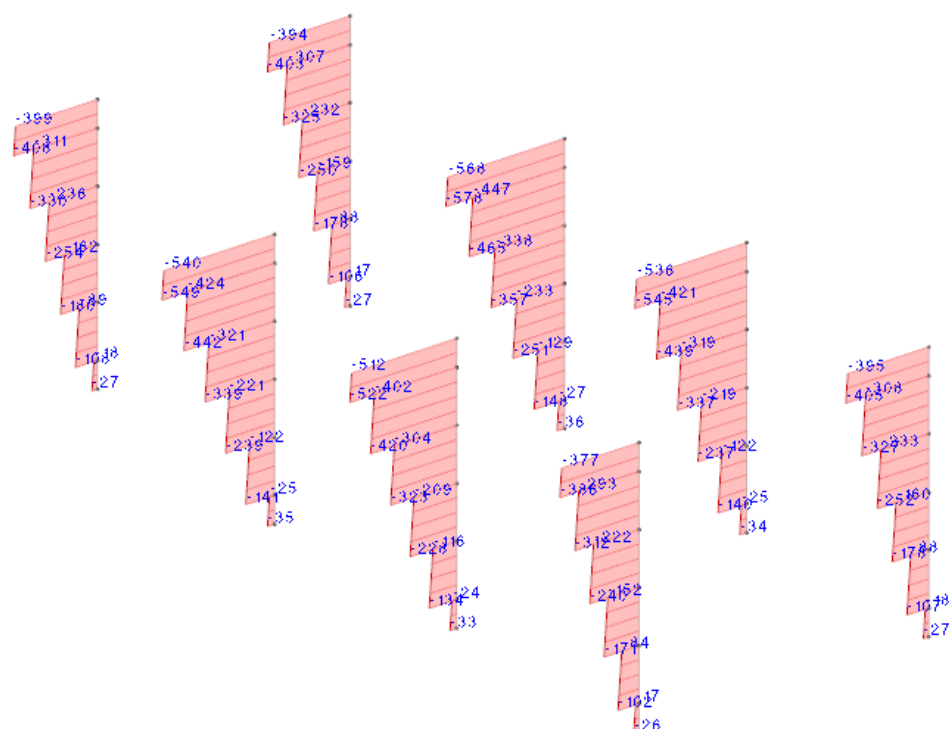
Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.2 AVANCORPO LATO OVEST

6.2.1 Verifica della capacità portante del palo

La verifica della capacità portante del complesso terreno fondazione viene effettuata confrontando i carichi esercitati dalla struttura sul terreno con il carico resistente limite.

I valori dei massimi sforzi di compressione sui pali di fondazione, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente nello schema seguente:



Dall'analisi emergono che i massimi sforzi di compressione sui pali risultano pari a:

$C_{Sd,max} = 568$ kN, massimo sforzo di compressione di progetto sui pali di fondazione

I calcoli per la valutazione della capacità portante del palo, D60, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Coefficienti parziali di sicurezza da applicare alla resistenza del palo

Palo trivellato	Tecnologia di esecuzione
1	Numero di verticali indagate con prove in sito

Coefficienti parziali da applicare alla resistenza caratteristica

$\gamma_{G1, sfav}$	1.3	Carichi permanenti sfavorevoli
$\gamma_{G1, fav}$	1	Carichi permanenti favorevoli

Coefficiente di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica

ξ_0	1.7	Per pali in trazione e pali in compressione
ξ_M	1.7	Per pali in trazione e pali in compressione

Coefficienti parziali di sicurezza da applicare alla resistenza caratteristica dei pali (R3)

γ_b	1.35	Per resistenza alla punta
γ_s	1.15	Per resistenza laterale a compressione
γ_{sl}	1.25	Per resistenza laterale a trazione

Parametri geometrici e di calcolo del palo

☒ Coefficienti per il calcolo della portanza laterale secondo A.G.I.

D	0.6	m	Diametro palo
L	10	m	Lunghezza palo
P_p	70.69	kN	Peso proprio del palo
$P_{p, sfav}$	91.89	kN	Peso proprio di calcolo del palo (contributo sfavorevole)
$P_{p, fav}$	70.69	kN	Peso proprio di calcolo del palo (contributo favorevole)
$\sigma_{v, testa}$	0	kN/m ²	Tensione verticale litostatica alla quota di testa del palo

SONDAGGIO N°1																	Cond. drenate		Cond. non drenate
PORTANZA LATERALE																			
Strato	L ₁ [m]	Z _{sup} [m]	Z _{inf} [m]	γ [kN/m ³]	h_w [m]	ϕ_b [°]	c_k [kN/m ²]	c_{uk} [kN/m ²]	k [-]	$\mu = \tan \phi$ [-]	$k \times \mu$ [-]	α_c [-]	α_{cu} [-]	Condizioni D=Drenate U=Non Drenate	$\sigma_{v, base}$ [kN/m ²]	$\sigma'_{v, base}$ [kN/m ²]	$\sigma'_{v, med}$ [kN/m ²]	R _{s, DR} [kN]	R _{s, UN} [kN]
1	6	0	6	16	0	24	2	0	0.4	0.445	0.178	0.90	0.90	D	96.0	96.0	48.0	117.0	117.0
2	4	6	10	22	0	40	0	0	0.4	0.839	0.336	0.90	0.90	D	184.0	184.0	140.0	354.3	354.3
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.000	0.000	0.90	0.90	D,U	184.0	184.0	184.0	0.0	0.0
																		471.3	471.3
																		R _{s, DR} [kN]	R _{s, UN} [kN]

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

PORTANZA ALLA BASE					
φ_k [°]	c_k [kN/m²]	c_{ult} [kN/m²]	Condizioni D=Drenate U=Non Drenate		
40	0	0	D		

Condizioni drenate			Condizioni non drenate		
N_q [-]	N_c [-]	$\alpha_{v,base}$ [kN/m²]	N_q [-]	N_c [-]	$\alpha_{v,base}$ [kN/m²]
30	34.6	184.0	–	9	184.0

1560.7	1560.7
$R_{b,DR}$ [kN]	$R_{b,UN}$ [kN]

		COND. DRENATE	COND. NON DRENATE	
RESISTENZE DI CALCOLO	$(R_{t,cal})_{media}$	542.0 kN	542.0 kN	Resistenza a trazione di calcolo media
	$(R_{t,cal})_{min}$	542.0 kN	542.0 kN	Resistenza a trazione di calcolo minima
	$(R_{c,cal})_{media}$	1961.4 kN	1961.4 kN	Resistenza a compressione di calcolo media
	$(R_{c,cal})_{min}$	1961.4 kN	1961.4 kN	Resistenza a compressione di calcolo minima
RESISTENZE CARATTERISTICHE	$(R_{t,cal})_{media}/\xi_3$	318.8 kN	318.8 kN	Resistenza a trazione di calcolo media divisa per il coefficiente di correlazione
	$(R_{t,cal})_{min}/\xi_4$	318.8 kN	318.8 kN	Resistenza a trazione di calcolo minima divisa per il coefficiente di correlazione
	$(R_{c,cal})_{media}/\xi_3$	1153.8 kN	1153.8 kN	Resistenza a compressione di calcolo media divisa per il coefficiente di correlazione
	$(R_{c,cal})_{min}/\xi_4$	1153.8 kN	1153.8 kN	Resistenza a compressione di calcolo minima divisa per il coefficiente di correlazione
	P_p/ξ_3	41.6 kN	41.6 kN	Peso proprio diviso per il coefficiente di correlazione ξ_3
	P_p/ξ_4	41.6 kN	41.6 kN	Peso proprio diviso per il coefficiente di correlazione ξ_4
	$R_{t,k}$	318.8 kN	318.8 kN	Resistenza a trazione caratteristica
	$R_{c,k}$	1153.8 kN	1153.8 kN	Resistenza a compressione caratteristica
	$R_{s,t,k}$	277.3 kN	277.3 kN	Resistenza laterale a trazione caratteristica
	$P_{p,t,k}$	41.6 kN	41.6 kN	Peso proprio per resistenza a trazione caratteristica
	$R_{s,c,k}$	277.3 kN	277.3 kN	Resistenza laterale a compressione caratteristica
	$R_{b,c,k}$	918.1 kN	918.1 kN	Resistenza alla base a compressione caratteristica
RESISTENZE DI PROGETTO	$P_{p,c,k}$	41.6 kN	41.6 kN	Peso proprio per resistenza a compressione caratteristica
	$R_{s,t,d}$	221.8 kN	221.8 kN	Resistenza laterale a trazione di progetto
	$R_{s,c,d}$	241.1 kN	241.1 kN	Resistenza laterale a compressione di progetto
	$R_{b,c,d}$	680.1 kN	680.1 kN	Resistenza alla base a compressione di progetto
	$P_{p,t,d}$	70.7 kN	70.7 kN	Peso proprio per resistenza a trazione di progetto
	$P_{p,c,d}$	91.9 kN	91.9 kN	Peso proprio per resistenza a compressione di progetto
	$R_{t,d}$	292.5 kN	292.5 kN	Resistenza a trazione di calcolo
	$R_{c,d}$	829.3 kN	829.3 kN	Resistenza a compressione di calcolo

Per la verifica si ha:

$$N_{max} = 568 \text{ kN/m}^2 < R_{c,d} = 829.3 \text{ kN/m}^2$$

Le resistenze di calcolo a trazione e a compressione dei pali di fondazione risultano superiori ai massimi sforzi sui pali stessi. Pertanto la verifica di portanza si ritiene soddisfatta.

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 22 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.3 BIOCELLE

6.3.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	2.00	m	Base
$L =$	1.00	m	Lunghezza
$H =$	0.40	m	Altezza
$D =$	0.85	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	2.00	m	Base ridotta
$L' =$	1.00	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	2.00		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	16.15	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

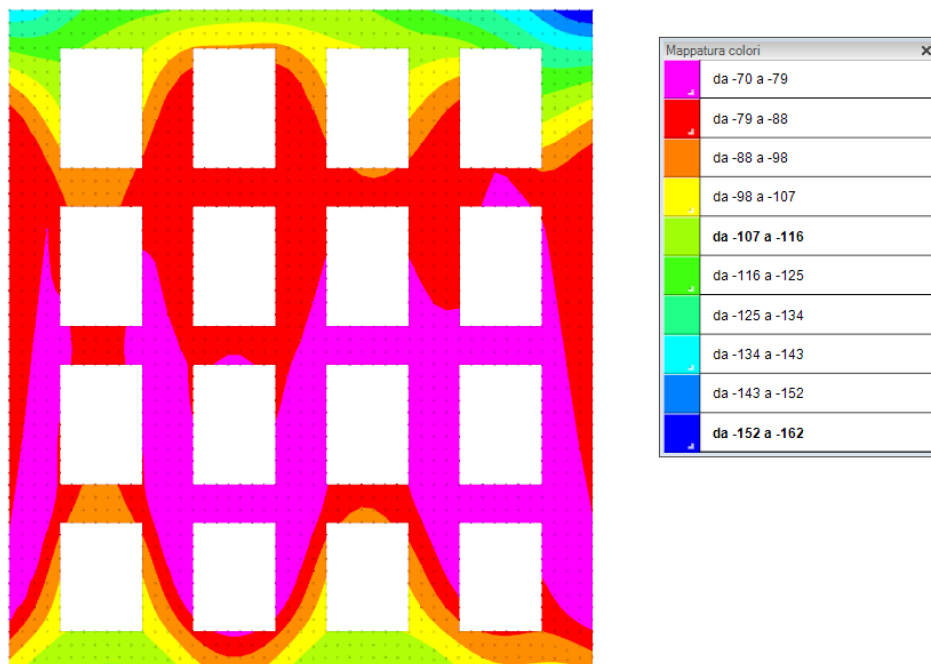
PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

k=	0.43	Fattore di profondità
m _B =	1.33	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
m _L =	1.67	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
m=	1.33	Parametro di forma complessivo
N _c =	19.32	Fattori di capacità portante
N _q =	9.60	
N _γ =	7.66	
s _c =	1.91	Fattori di forma
s _q =	1.81	
s _γ =	0.40	
b _c =	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
b _q =	1.00	
b _γ =	1.00	
i _c =	1.00	Fattori di inclinazione del carico
i _q =	1.00	
i _γ =	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate		
F.S.=	2.3	Fattore di sicurezza
q_{LIM} =	404.030 kN/m²	Pressione limite
$q_{R,D}$ =	175.67 kN/m²	Pressione resistente di progetto
		k= 16161.2 kN/m ³

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



Per la verifica si ha:

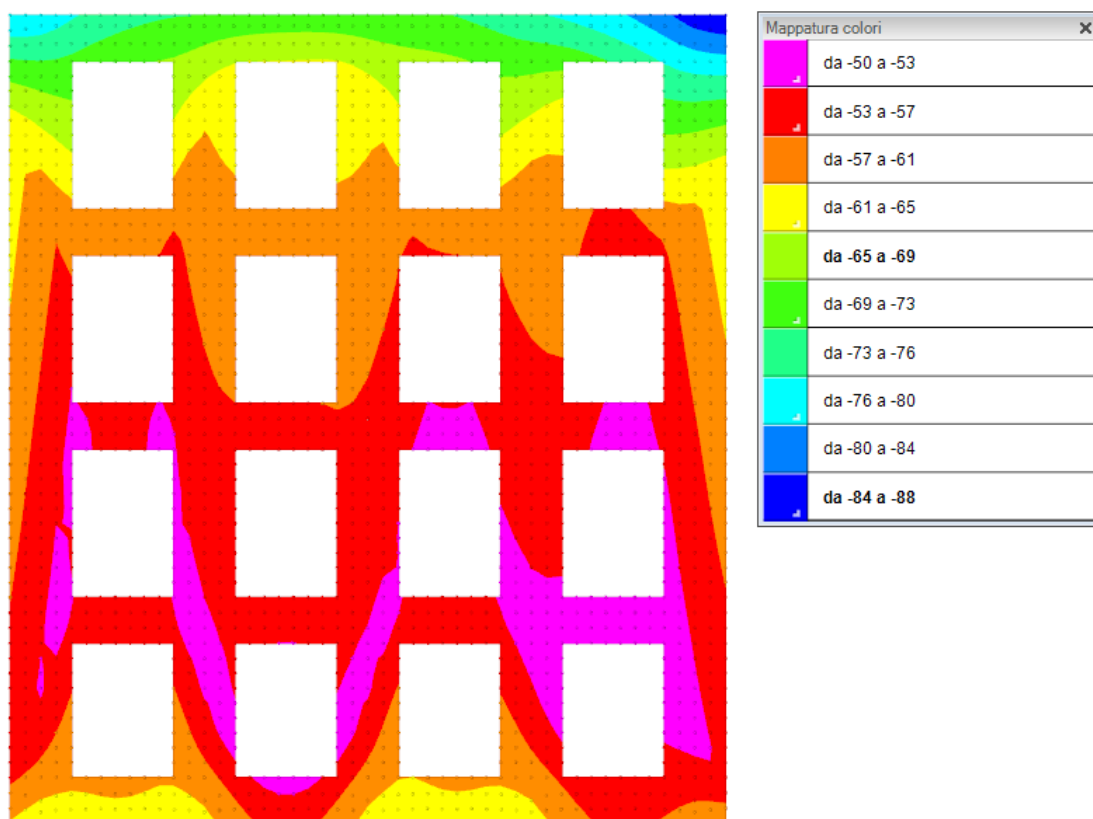
$$p_{\max} = 162.0 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 176 \text{ kN/m}^2, \text{ verifica di portanza soddisfatta.}$$

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 24 di 53
-----------------------------	---	-----------------

6.3.2 Verifica dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato con riferimento al valore caratteristico delle azioni e delle resistenze del terreno (cfr. NTC 2018 - C6.2.3.3).

In tali condizioni le massime pressioni esercitate dalla struttura sul terreno sono rappresentate graficamente di seguito.



La pressione massima in condizioni di esercizio si ottiene in corrispondenza del bordo fondazione:

$$p_{\max,es} = 88.0 \text{ kN/m}^2$$

Lo scavo del terreno, che nei punti di contatto tra fondazione e sottosuolo raggiunge la profondità media di 0.90 m, considerando un peso di volume medio pari a 19.0 kN/m³, produce uno scarico di:

$$\Delta p_{\text{scavo}} = 19.0 \times 0.90 = 17.10 \text{ kN/m}^2$$

Il calcolo dei cedimenti è riepilogato nelle tabelle di seguito riportate.

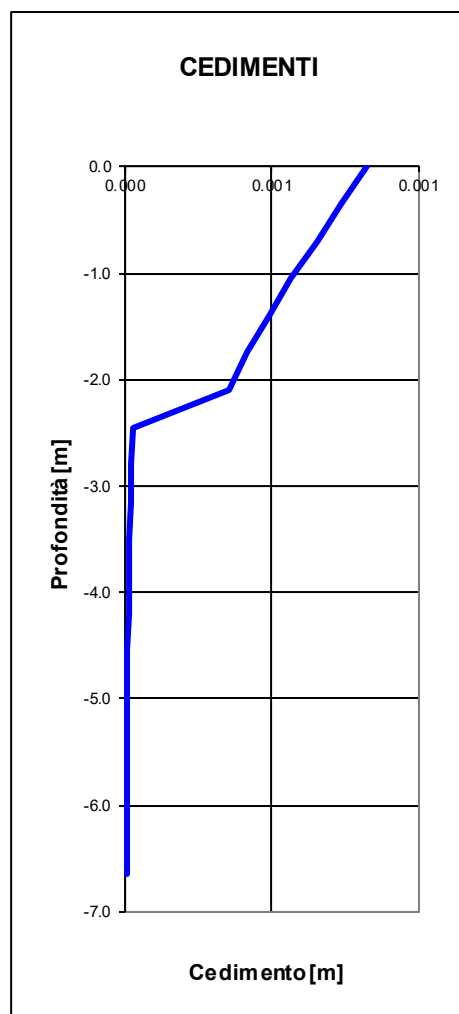
Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO ESECUTIVO
Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA)			
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Dati di carico

B=	2.00 m	Base rettangolo
L=	3.30 m	Altezza rettangolo
q_{tot} =	88 kN/m ²	Sovraccarico lordo
q_{sca} =	17.1 kN/m ²	Scarico tensionale
q=	70.9 kN/m ²	Incremento tensionale netto
S_{ced} =	7 m	Spessore dello strato di terreno per il calcolo del cedimento

Strato [-]	s_i [m]	E_i [kN/m ²]	z_i [m]	$\Delta\sigma$ [kN/m ²]	δ_i [m]
1	0.35	30000	0.00	70.90	0.001
2	0.35	30000	0.35	63.56	0.001
3	0.35	30000	0.70	56.15	0.001
4	0.35	30000	1.05	48.87	0.001
5	0.35	30000	1.40	42.04	0.000
6	0.35	30000	1.75	35.93	0.000
7	0.35	30000	2.10	30.65	0.000
8	0.35	300000	2.45	26.19	0.000
9	0.35	300000	2.80	22.47	0.000
10	0.35	300000	3.15	19.38	0.000
11	0.35	300000	3.50	16.81	0.000
12	0.35	300000	3.85	14.66	0.000
13	0.35	300000	4.20	12.87	0.000
14	0.35	300000	4.55	11.37	0.000
15	0.35	300000	4.90	10.09	0.000
16	0.35	300000	5.25	9.01	0.000
17	0.35	300000	5.60	8.08	0.000
18	0.35	300000	5.95	7.28	0.000
19	0.35	300000	6.30	6.59	0.000
20	0.35	300000	6.65	5.99	0.000

CEDIMENTO TOTALE δ_{tot} = 0.0043 m



Il cedimento assoluto massimo atteso è pertanto pari a:

$w_{max} = 0.43$ cm, cedimento assoluto massimo

Per quanto riguarda il cedimento minimo, individuabile nelle aree a minor pressione, si considera nullo a vantaggio di sicurezza.

Considerata la distanza tra i punti in esame, il valore in percentuale del cedimento relativo è pari a:

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 26 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

$$w_{rel\%} = (w_{max} - w_{min}) / d = 4.3 / 15000 = 0.3 \text{ ‰}$$

Secondo Skempton e Mac Donald ("Geotecnica - Renato Lancellotta - 3a ed.") il massimo valore del cedimento tollerabile per fondazioni isolate è variabile tra 40 mm e 65 mm (per fondazioni su sabbie oppure su argille).

Secondo le indicazioni di Sowers (Geotecnica e tecnica delle fondazioni vol. 2 – Carlo Cestelli Guidi – Ed. Hoepli) per i cedimenti massimi ammissibili delle strutture intelaiate in calcestruzzo armato, in relazione alla loro funzionalità in esercizio, possono essere presi come riferimento i seguenti valori:

$$\Delta_{w,adm} = 2 - 10 \text{ cm, cedimento assoluto ammissibile}$$

$$(\Delta w / d)_{,adm} = 2 - 4 \text{ ‰, cedimento relativo ammissibile}$$

I cedimenti assoluti e differenziali del caso in esame, molto inferiori ai limiti riportati in letteratura, possono essere quindi senz'altro ritenuti accettabili in relazione alla tipologia della struttura ed al suo regime di funzionamento.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.4 MATURAZIONE PRIMARIA

6.4.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	1.50	m	Base
$L =$	1.00	m	Lunghezza
$H =$	0.40	m	Altezza
$D =$	0.85	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	1.50	m	Base ridotta
$L' =$	1.00	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	1.50		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\varphi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	16.15	kN/m²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

File	Doc.	
1096-E-S-RT-03.docx	Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 28 di 53

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

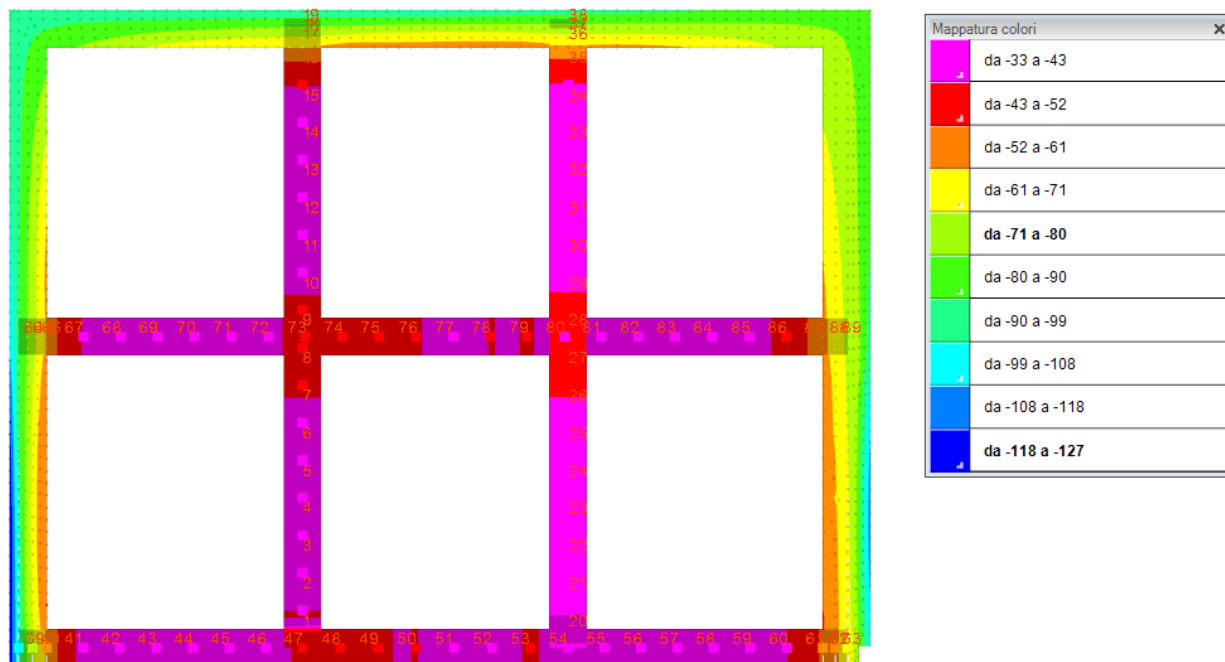
PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

k=	0.57	Fattore di profondità
m _B =	1.40	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
m _L =	1.60	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
m=	1.40	Parametro di forma complessivo
N _c =	19.32	Fattori di capacità portante
N _q =	9.60	
N _γ =	7.66	
s _c =	1.68	Fattori di forma
s _q =	1.61	
s _γ =	0.55	
b _c =	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
b _q =	1.00	
b _γ =	1.00	
i _c =	1.00	Fattori di inclinazione del carico
i _q =	1.00	
i _γ =	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate	
F.S.=	2.3
q _{LIM} =	365.248 kN/m ²
q _{R,D} =	158.80 kN/m ²
Fattore di sicurezza	
Pressione limite	
Pressione resistente di progetto	
k= 14609.91 kN/m ³	

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



Per la verifica si ha:

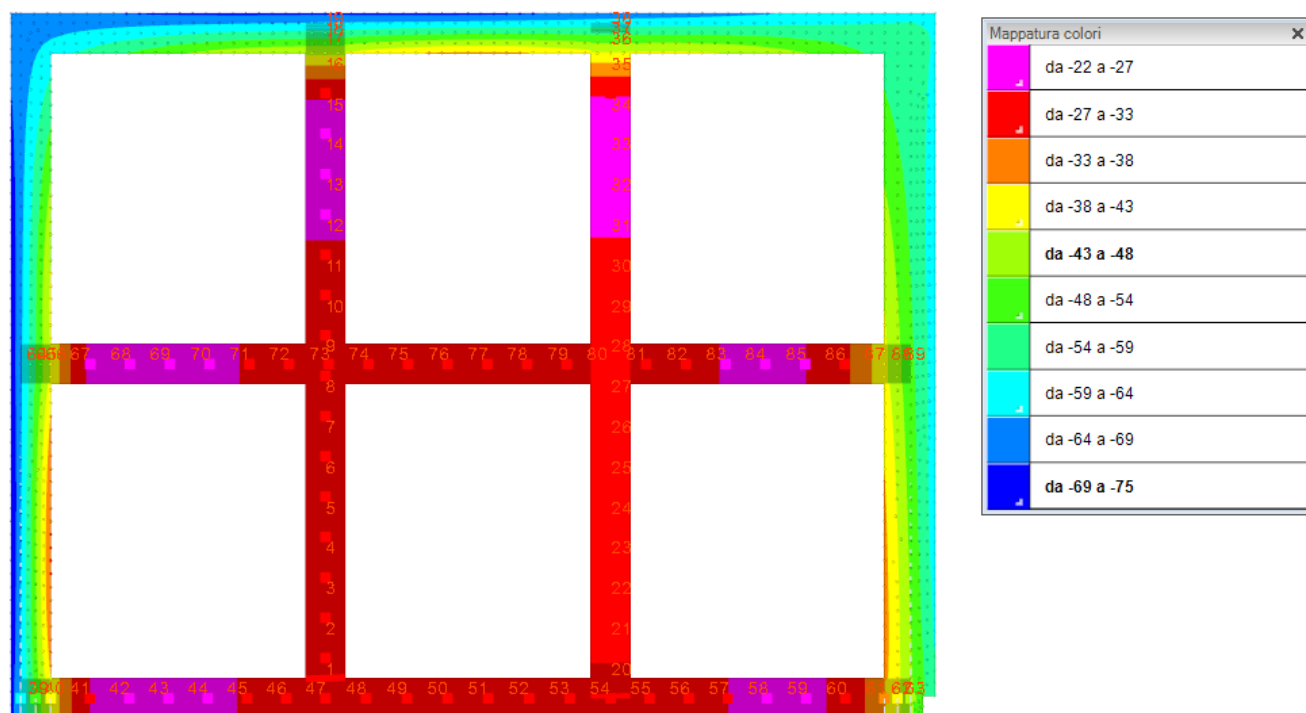
$$p_{\max} = 127.0 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 158 \text{ kN/m}^2, \text{ verifica di portanza soddisfatta.}$$

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 29 di 53
-----------------------------	---	-----------------

6.4.2 Verifica dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato con riferimento al valore caratteristico delle azioni e delle resistenze del terreno (cfr. NTC 2018 - C6.2.3.3).

In tali condizioni le massime pressioni esercitate dalla struttura sul terreno sono rappresentate graficamente di seguito.



La pressione massima in condizioni di si ottiene in corrispondenza del bordo fondazione:

$$p_{\max,es} = 75.0 \text{ kN/m}^2$$

Lo scavo del terreno, che nei punti di contatto tra fondazione e sottosuolo raggiunge la profondità media di 0.90 m, considerando un peso di volume medio pari a 19.0 kN/m^3 , produce uno scarico di:

$$\Delta p_{\text{scavo}} = 19.0 \times 0.90 = 17.10 \text{ kN/m}^2$$

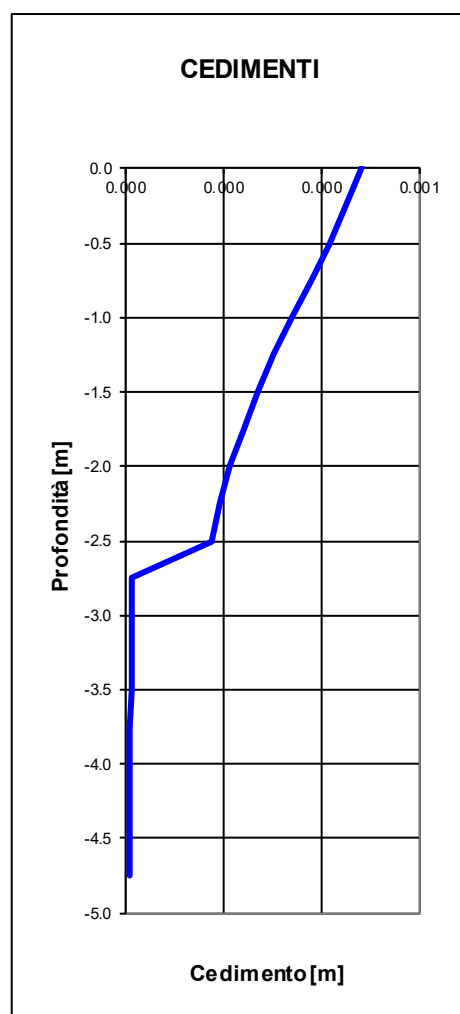
Il calcolo dei cedimenti è riepilogato nelle tabelle di seguito riportate.

Dati di carico

B=	1.50 m	Base rettangolo
L=	9.70 m	Altezza rettangolo
q_{tot} =	75 kN/m ²	Sovraccarico lordo
q_{sca} =	17.1 kN/m ²	Scarico tensionale
q =	57.9 kN/m ²	Incremento tensionale netto
S_{ced} =	5 m	Spessore dello strato di terreno per il calcolo del cedimento

Strato [-]	s_i [m]	E_i [kN/m ²]	z_i [m]	$\Delta\sigma$ [kN/m ²]	δ_i [m]
1	0.25	30000	0.00	57.90	0.000
2	0.25	30000	0.25	54.29	0.000
3	0.25	30000	0.50	50.26	0.000
4	0.25	30000	0.75	45.76	0.000
5	0.25	30000	1.00	41.09	0.000
6	0.25	30000	1.25	36.60	0.000
7	0.25	30000	1.50	32.53	0.000
8	0.25	30000	1.75	28.97	0.000
9	0.25	30000	2.00	25.90	0.000
10	0.25	30000	2.25	23.29	0.000
11	0.25	30000	2.50	21.07	0.000
12	0.25	300000	2.75	19.16	0.000
13	0.25	300000	3.00	17.52	0.000
14	0.25	300000	3.25	16.10	0.000
15	0.25	300000	3.50	14.86	0.000
16	0.25	300000	3.75	13.77	0.000
17	0.25	300000	4.00	12.81	0.000
18	0.25	300000	4.25	11.95	0.000
19	0.25	300000	4.50	11.18	0.000
20	0.25	300000	4.75	10.49	0.000

CEDIMENTO TOTALE $\delta_{tot} = 0.0036$ m



Il cedimento assoluto massimo atteso è pertanto pari a:

$w_{max} = 0.36$ cm, cedimento assoluto massimo

Per quanto riguarda il cedimento minimo, individuabile nelle aree a minor pressione, si considera nullo a vantaggio di sicurezza.

Considerata la distanza tra i punti in esame, il valore in percentuale del cedimento relativo è pari a:

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

$$w_{rel\%} = (w_{max} - w_{min}) / d = 3.6 / 12000 = 0.3 \text{ ‰}$$

Secondo Skempton e Mac Donald ("Geotecnica - Renato Lancellotta - 3a ed.") il massimo valore del cedimento tollerabile per fondazioni isolate è variabile tra 40 mm e 65 mm (per fondazioni su sabbie oppure su argille).

Secondo le indicazioni di Sowers (Geotecnica e tecnica delle fondazioni vol. 2 – Carlo Cestelli Guidi – Ed. Hoepli) per i cedimenti massimi ammissibili delle strutture intelaiate in calcestruzzo armato, in relazione alla loro funzionalità in esercizio, possono essere presi come riferimento i seguenti valori:

$$\Delta_{w,adm} = 2 - 10 \text{ cm, cedimento assoluto ammissibile}$$

$$(\Delta w / d)_{,adm} = 2 - 4 \text{ ‰, cedimento relativo ammissibile}$$

I cedimenti assoluti e differenziali del caso in esame, molto inferiori ai limiti riportati in letteratura, possono essere quindi senz'altro ritenuti accettabili in relazione alla tipologia della struttura ed al suo regime di funzionamento.

6.5 MURO MATURAZIONE SECONDARIA E MURO AD "L"

6.5.1 Verifiche di scorrimento e ribaltamento

Le verifiche di stabilità locale del muro di sostegno sono state eseguite considerando un sovraccarico a tergo del muro pari a 5.00 kN/m², pari al sovraccarico dovuto ai mezzi di carico dei rifiuti.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Parametri di calcolo del terreno

	Condizioni statiche	Condizioni sismiche	Ver. RIB.	
$\gamma =$	6	6	6	kN/m ³
$\phi_0 =$	30.0	30.0	24.8	°
$\delta_0 =$	20.0	20.0	16.2	°
$\delta_{0,d} =$	20.0	20.0	16.2	°

Peso per unità di volume
Angolo d'attrito interno
Angolo d'attrito fra muro e terreno
Angolo d'attrito fra fondazione e terreno

Parametri di calcolo sulla superficie di applicazione della spinta

☒ Considera attrito nel calcolo della spinta (solo per spinta attiva)

	Condizioni statiche	Condizioni sismiche	Ver. RIB.	
$\delta_s =$	20	20	16.2	°
$\psi_s =$	90	90	90	°

Angolo di attrito sulla superficie di applicazione della spinta
Inclinazione superficie di applicazione della spinta (positiva se oraria)

Coefficiente di spinta

Modalità di spinta da parte del terreno

Spinta attiva secondo la teoria di Mononobe-Okabe ▼

	Verifiche geotecniche	Verifiche Ribalamento (RIB)	
$K_s =$	0.297	0.364	Coefficiente di spinta statica
$K_{e+} =$	0.331	0.402	Coefficiente di spinta sismica con accelerazione verticale verso l'alto
$K_{e-} =$	0.333	0.404	Coefficiente di spinta sismica con accelerazione verticale verso il basso

Spinte e bracci d'azione (calcolati rispetto al punto di rotazione O)

Spinta statica

	Ver. RIB.	
$S_A =$	10.31	12.63 kN
$\alpha =$	20	16.2 °
$S_{AH} =$	9.69	12.12 kN
$S_{AV} =$	3.53	3.53 kN
$d_{SAH} =$	1.13	1.13 m
$d_{SAV} =$	1.75	1.75 m

Spinta attiva
Angolo di inclinazione della spinta attiva
Componente orizzontale spinta attiva
Componente verticale spinta attiva
Braccio della componente orizzontale della spinta attiva
Braccio della componente verticale spinta attiva

Spinte dovute al sovraccarico in condizioni statiche

	Ver. RIB.	
$S_{G1} =$	0.00	0.00 kN
$d_{SG1} =$	1.70	1.70 m
$S_{G2} =$	0.00	0.00 kN
$d_{SG2} =$	1.70	1.70 m
$S_Q =$	5.05	6.19 kN
$d_{SQ} =$	1.70	1.70 m

Spinta dovuta al sovraccarico permanente strutturale
Braccio della spinta dovuta al sovraccarico permanente strutturale
Spinta dovuta al sovraccarico permanente non strutturale
Braccio della spinta dovuta al sovraccarico permanente non strutturale
Spinta dovuta al sovraccarico variabile
Braccio della spinta dovuta al sovraccarico variabile

Peso del muro di rinterro e del sovraccarico

	Ver. RIB.	
$W_M =$	40.00	40.00 kN
$d_{WM} =$	0.47	0.47 m
$W_R =$	26.10	26.10 kN
$d_{WR} =$	1.03	1.03 m

Peso del muro
Braccio del peso del muro
Peso del rinterro
Braccio del peso del rinterro

Spinte sismiche

	Ver. RIB.	
$S_{ae,s} =$	11.79	14.32 kN
$S_{as,k} =$	11.24	13.64 kN
$\alpha =$	20.00	16.23 °
$S_{ae,H} =$	11.08	13.75 kN
$S_{ae,V} =$	10.57	13.10 kN
$S_{ae,V} =$	4.03	4.00 kN
$S_{ae,V} =$	3.85	3.81 kN
$d_{Sae,H} =$	1.13	1.13 m
$d_{Sae,V} =$	1.75	1.75 m
$\Delta S_W =$	3.55	3.55 kN
$d_{\Delta SW} =$	1.70	1.70 m
$S_{G1e} =$	0.00	0.00 kN
$S_{G1e} =$	0.00	0.00 kN
$d_{SG1e} =$	1.70	1.70 m
$S_{G2e} =$	0.00	0.00 kN
$S_{G2e} =$	0.00	0.00 kN
$d_{SG2e} =$	1.70	1.70 m
$S_{Qe} =$	5.66	6.87 kN
$S_{Qe} =$	5.66	6.87 kN
$d_{SQe} =$	1.70	1.70 m

Spinta sismica con componente verticale diretta verso l'alto
Spinta sismica con componente verticale diretta verso il basso
Angolo di inclinazione dell'incremento sismico di spinta
Comp. orizz. spinta sismica con componente verticale diretta verso l'alto
Comp. orizz. spinta sismica con componente verticale diretta verso il basso
Comp. vert. spinta sismica con componente verticale diretta verso l'alto
Comp. vert. spinta sismica con componente verticale diretta verso il basso
Braccio della componente orizzontale della spinta sismica
Braccio della componente verticale della spinta sismica
Spinta sismica associata ai pesi di muro e rinterro
Braccio della spinta sismica associata ai pesi di muro e rinterro (appross. ad H/2)
Spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente strutturale con componente verticale diretta verso l'alto
Spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente strutturale con componente verticale diretta verso il basso
Braccio della spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente strutturale
Spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente non strutturale con componente verticale diretta verso l'alto
Spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente non strutturale con componente verticale diretta verso il basso
Braccio della spinta sismica dovuta al sovraccarico permanente non strutturale
Spinta sismica dovuta al sovraccarico variabile con componente verticale diretta verso l'alto
Spinta sismica dovuta al sovraccarico variabile con componente verticale diretta verso il basso
Braccio della spinta sismica dovuta al sovraccarico variabile

File	Doc.	
1096-E-S-RT-03.docx	Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 34 di 53

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Verifiche di sicurezza

Resistenza passiva sul dente di fondazione

$d =$	0.00	m	Lunghezza del dente
$\sigma_m =$	39.79	kN/m ²	Pressione media in fondazione
$k_p =$	3.000		Coefficiente di spinta passiva
$\sigma_{p1} =$	0.00	kN/m ²	Pressione passiva estremità superiore del dente
$\sigma_{p2} =$	0.00	kN/m ²	Pressione passiva estremità inferiore del dente
$R_p =$	0.00	kN	Resistenza passiva

Verifica a scorrimento

	Condizioni statiche	Condizioni sismiche		
		k_y^+	k_y^-	
$F_R =$	20.18	14.63	14.12	kN Forza di scorrimento di progetto
$F_S =$	23.04	21.12	24.90	kN Forza resistente allo scorrimento di progetto
$F.S._i =$	1.14	1.44	1.76	

$F.S. =$	1.14	Verifica soddisfatta	Fattore di sicurezza a scorrimento
----------	------	-----------------------------	------------------------------------

Verifica a ribaltamento

	Condizioni statiche	Condizioni sismiche		
		k_y^+	k_y^-	
$M_R =$	30.90	21.61	20.88	kNm Momento ribaltante di progetto
$M_S =$	46.46	37.22	53.34	kNm Momento stabilizzante di progetto
$F.S._i =$	1.50	1.72	2.55	

$F.S. =$	1.50	Verifica soddisfatta	Fattore di sicurezza a ribaltamento
----------	------	-----------------------------	-------------------------------------

Sollecitazioni in fondazione (bracci calcolati rispetto al centro della fondazione O')

	Condizioni statiche		Condizioni sismiche				
			k_y^+		k_y^-		
	N_{min}	N_{max}	N_{min}	N_{max}	N_{min}	N_{max}	
$M_{R, fon}$	= 27.16	27.16	18.60	18.60	18.01	18.01	kNm
$M_{S, fon}$	= 51.61	51.61	37.16	37.16	53.39	53.39	kNm
N	= 69.63	101.39	63.82	63.82	63.82	63.82	kN
a	= 0.35	0.24	0.29	0.29	0.55	0.55	m
e	= -0.52	-0.63	-0.58	-0.58	-0.32	-0.32	m
M	= -36.48	-64.27	-37.28	-37.28	-20.46	-20.46	kNm
V	= 20.18	20.18	14.63	14.63	14.12	14.12	kN

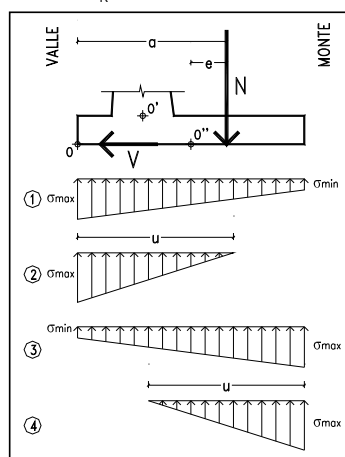
Momento ribaltante per soll. fondazione
Momento stabilizzante per soll. fondazione
Sforzo normale (depurato del sovraccarico)
Distanza retta azione di N da O: $a = (M_S - M_R) / N$
Eccentricità di N (>0 se a destra di O'): $e = a - B/2$
Momento (>0 se orario): $M = Nxe$
Taglio: $V = F_R$

Pressioni in fondazione

	Perm. sfavor.		
$d =$	0.29	m	Estremo di nocciolo
$A =$	1.75	m ²	Area fondazione
$W =$	0.51	m ³	Modulo di resistenza fondazione

Fondazione parzializzata: CASO 2

	Condizioni statiche		Condizioni sismiche				
	N _{min}	N _{max}	k _y ⁺		k _y ⁻		
			N _{min}	N _{max}	N _{min}	N _{max}	
σ _{min} =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kN/m²
σ _{max} =	132.20	280.32	146.25	146.25	76.74	76.74	kN/m²
u =	1.05	0.72	0.87	0.87	1.66	1.66	m
Caso	2	2	2	2	2	2	



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.5.2 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

A partire dalle sollecitazioni in fondazione ottenute dai calcoli per le verifiche di equilibrio (scorrimento e ribaltamento), per le condizioni statiche e sismiche, riportate nella Relazione di calcolo delle strutture, sono state valutate le sollecitazioni alla base della suola di fondazione, per la lunghezza del paramento. Essendo di maggiore estensione, si riportano a vantaggio di sicurezza, le verifiche di capacità portante del complesso terreno-fondazione per il solo muro della maturazione secondaria.

I calcoli di verifica della capacità portante, per ciascuna combinazione considerata (cfr. Relazione di calcolo delle strutture) sono riepilogati nelle tabelle di seguito.

Essendo i fattori di sicurezza tutti superiori al minimo imposto dalla norma (Cfr. Tab. 6.5.I del DM 17/01/2018), la verifica risulta soddisfatta.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

	COMBINAZIONE	1	2	3	4	5	6
AZIONI TESTA FONDAZIONE	F_x [kN]	1436	1436	1041	1041	1004	1004
	F_y [kN]	0	0	0	0	0	0
	F_z [kN]	4954	7214	4541	4541	4541	4541
	M_x [kNm]	0	0	0	0	0	0
	M_y [kNm]	-2595	-4573	-2652	-2652	-1456	-1456
CARATTERISTICHE FONDAZIONE	B [m]	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
	L [m]	71.15	71.15	71.15	71.15	71.15	71.15
	H [m]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	D [m]	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	α [°]	0	0	0	0	0	0
	Considera peso proprio plinto	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	γ_p [kN/m³]	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
AZIONI BASE PLINTO	P_p [kN/m²]	1245.13	1245.13	1245.13	1245.13	1245.13	1245.13
	Considera momenti di trasporto	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	F_{xd} [kN]	1436	1436	1041	1041	1004	1004
	F_{yd} [kN]	0	0	0	0	0	0
	F_{zd} [kN]	6199	8459	5786	5786	5786	5786
	M_{xd} [kNm]	0	0	0	0	0	0
	M_{yd} [kNm]	-2021	-3998	-2236	-2236	-1054	-1054
	V [kN]	6199	8459	5786	5786	5786	5786
	H [kN]	1436	1436	1041	1041	1004	1004
	θ_v [°]	13.04	9.63	10.20	10.20	9.85	9.85
	θ_H [°]	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
	e_x [m]	-0.33	-0.47	-0.39	-0.39	-0.18	-0.18
	e_y [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B' [m]	1.10	0.80	0.98	0.98	1.39	1.39
CAR. FOND. RID.	L' [m]	71.15	71.15	71.15	71.15	71.15	71.15
	A' [m²]	78.12	57.25	69.52	69.52	98.59	98.59
PARAMETRI TERREN	γ [kN/m³]	16	16	16	16	16	16
	ϕ' [°]	24	24	24	24	24	24
	c' [kN/m²]	2	2	2	2	2	2
	c_u [kN/m²]	0	0	0	0	0	0
	γ_r [kN/m³]	19	19	19	19	19	19
	Cond. pressioni interstiziali	D ▼	D ▼	D ▼	D ▼	D ▼	D ▼
PARAMETRI DI PORTANZA (BRINCH-HANSEN)	K_p [-]	2.371	2.371	2.371	2.371	2.371	2.371
	q [kN/m²]	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70
	k [-]	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
	M_b [-]	1.98	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98
	m [-]	1.02	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
	m [-]	1.98	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98
	N_c [-]	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32
	N_q [-]	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60
	N_γ [-]	7.66	7.66	7.66	7.66	7.66	7.66
	s_c [-]	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
	s_q [-]	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01
	s_γ [-]	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99
	b_c [-]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	b_q [-]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	b_γ [-]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	i_c [-]	0.60	0.69	0.68	0.68	0.70	0.70
CARICO LIMIT E FATTORE DI SICUREZZA	i_q [-]	0.61	0.70	0.69	0.69	0.71	0.71
	i_γ [-]	0.48	0.58	0.57	0.57	0.59	0.59
	q_{LIM} [kN/m²]	202	222	225	225	246	246
	Q_{LIM} [kN]	15745	12720	15649	15649	24253	24253
	F.S. _{min} [-]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	F.S. [-]	2.54	1.50	2.70	2.70	4.19	4.19
VERIFICA		OK	OK	OK	OK	OK	OK

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.6 BASAMENTO SCRUBBER

6.6.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

La fondazione ha forma non regolare perciò, cautelativamente, si calcola il carico limite di una fondazione di forma rettangolare di dimensioni 10.0x12.5 m e la si confronta con la massima pressione esercitata sul terreno dalla fondazione reale.

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 38 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	10.00	m	Base
$L =$	12.50	m	Lunghezza
$H =$	0.40	m	Altezza
$D =$	0.40	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	10.00	m	Base ridotta
$L' =$	12.50	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	125.00		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	7.60	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

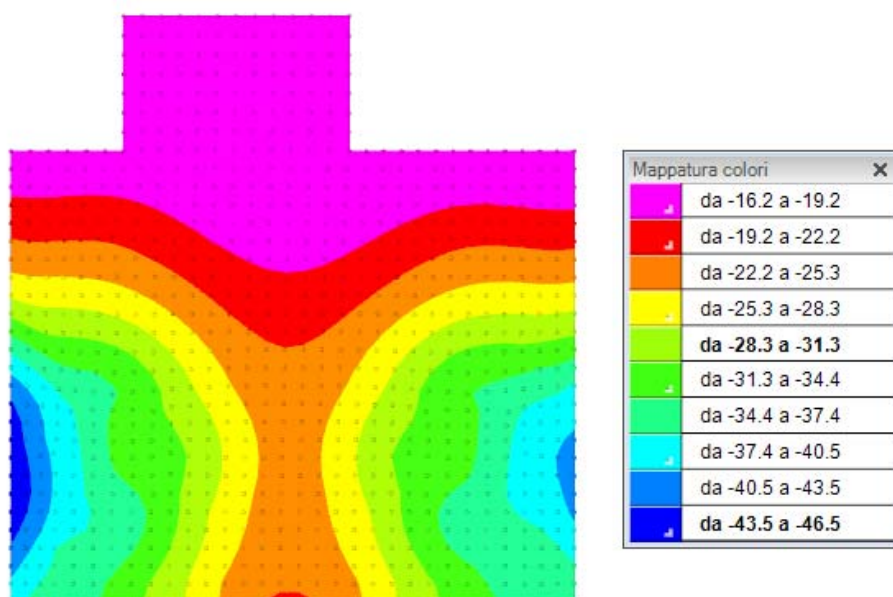
PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

$k =$	0.04	Fattore di profondità
$m_b =$	1.56	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
$m_l =$	1.44	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
$m =$	1.56	Parametro di forma complessivo
$N_c =$	19.32	Fattori di capacità portante
$N_q =$	9.60	
$N_\gamma =$	7.66	
$s_c =$	1.36	Fattori di forma
$s_q =$	1.33	
$s_\gamma =$	0.76	
$b_c =$	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
$b_q =$	1.00	
$b_\gamma =$	1.00	
$i_c =$	1.00	Fattori di inclinazione del carico
$i_q =$	1.00	
$i_\gamma =$	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate		
F.S. =	2.3	Fattore di sicurezza
$q_{LIM} =$	615.205 kN/m ²	Pressione limite
$q_{R,D} =$	267.48 kN/m ²	Pressione resistente di progetto
		$k = 24608.2 \text{ kN/m}^3$

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



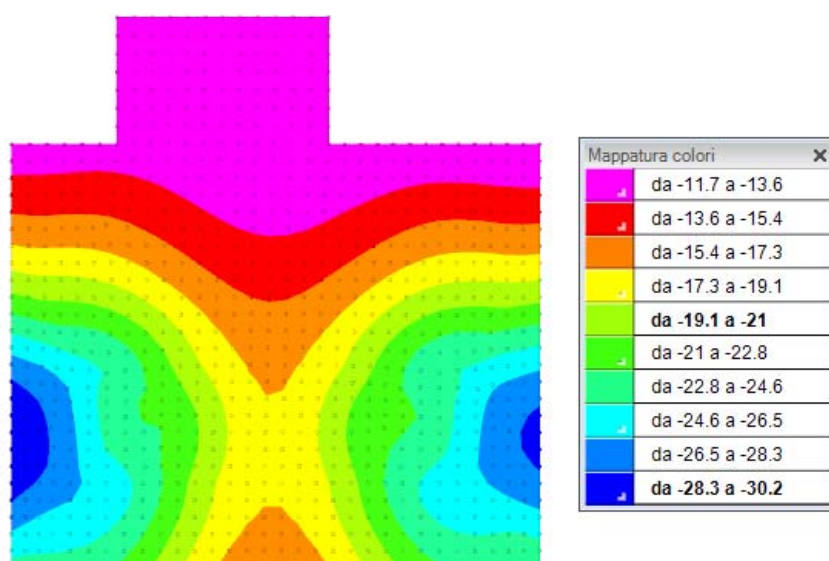
Per la verifica si ha:

$p_{\max} = 47 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 267 \text{ kN/m}^2$, verifica di portanza soddisfatta.

6.6.2 Verifica dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato con riferimento al valore caratteristico delle azioni e delle resistenze del terreno (cfr. NTC 2018 - C6.2.3.3).

In tali condizioni le massime pressioni esercitate dalla struttura sul terreno sono rappresentate graficamente di seguito.



La pressione massima in condizioni di esercizio si ottiene in corrispondenza del bordo fondazione:

$$p_{\max,es} = 30.5 \text{ kN/m}^2$$

Lo scavo del terreno, che nei punti di contatto tra fondazione e sottosuolo raggiunge la profondità media di 0.40 m, considerando un peso di volume medio pari a 19.0 kN/m^3 , produce uno scarico di:

$$\Delta p_{\text{scavo}} = 19.0 \times 0.40 = 7.60 \text{ kN/m}^2$$

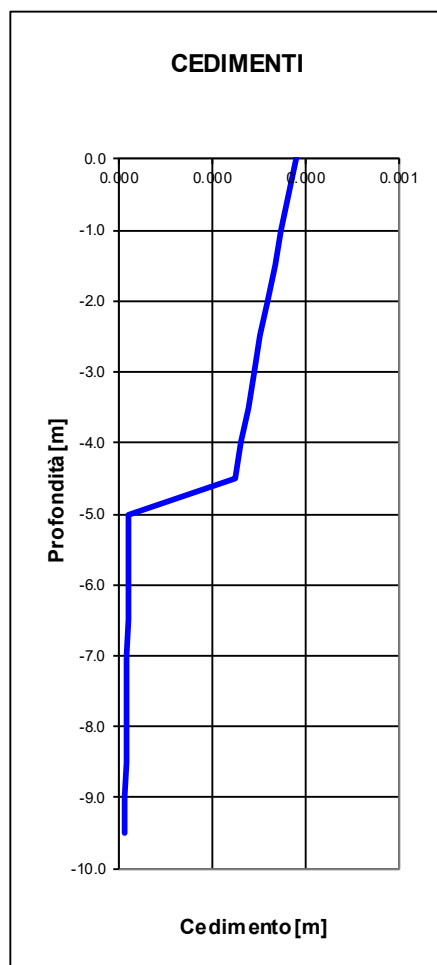
Il calcolo dei cedimenti è riepilogato nelle tabelle di seguito riportate.

Dati di carico

B=	10.00 m	Base rettangolo
L=	12.50 m	Altezza rettangolo
$q_{\text{tot}}=$	30.5 kN/m^2	Sovraccarico lordo
$q_{\text{sca}}=$	7.6 kN/m^2	Scarico tensionale
$q=$	22.9 kN/m^2	Incremento tensionale netto
$S_{\text{ced}}=$	10 m	Spessore dello strato di terreno per il calcolo del cedimento

Strato [-]	s_i [m]	E_i [kN/m^2]	z_i [m]	$\Delta \sigma_i$ [kN/m^2]	δ_i [m]
1	0.50	30000	0.00	22.90	0.000
2	0.50	30000	0.50	21.98	0.000
3	0.50	30000	1.00	21.06	0.000
4	0.50	30000	1.50	20.14	0.000
5	0.50	30000	2.00	19.25	0.000
6	0.50	30000	2.50	18.37	0.000
7	0.50	30000	3.00	17.51	0.000
8	0.50	30000	3.50	16.67	0.000
9	0.50	30000	4.00	15.87	0.000
10	0.50	30000	4.50	15.09	0.000
11	0.50	300000	5.00	14.34	0.000
12	0.50	300000	5.50	13.62	0.000
13	0.50	300000	6.00	12.93	0.000
14	0.50	300000	6.50	12.28	0.000
15	0.50	300000	7.00	11.66	0.000
16	0.50	300000	7.50	11.07	0.000
17	0.50	300000	8.00	10.51	0.000
18	0.50	300000	8.50	9.98	0.000
19	0.50	300000	9.00	9.48	0.000
20	0.50	300000	9.50	9.01	0.000

CEDIMENTO TOTALE $\delta_{\text{tot}} = 0.0033 \text{ m}$



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Il cedimento assoluto massimo atteso è pertanto pari a:

$$w_{\max} = 0.33 \text{ cm, cedimento assoluto massimo}$$

Secondo Sowers (1962) i valori massimi dei cedimenti in relazione alla tipologia di struttura sono i seguenti:

Tabella 16.5 - Valori ammissibili di alcuni parametri di deformazione delle strutture secondo Sowers (1962)

<i>Tipo di movimento</i>	<i>Fattore di limitazione</i>	<i>Valore ammissibile</i>
Cedimento massimo $\rho_{\max}$ (cm)	Collegamento a reti di servizi	15÷30
	Accessibilità	30÷60
	Probabilità di cedimenti differenziali in:	
	a) murature portanti	2,5÷5
	b) strutture intelaiate	5÷10
	c) ciminiera, silos	7,5÷30

Il basamento in esame è la fondazione di due scrubber, strutture assimilabili a quelle di un silos quindi assumendo come valore limite ammissibile:

$$\Delta_{w,adm} = 7.5 \text{ cm, cedimento assoluto ammissibile}$$

La verifica risulta ampiamente soddisfatta.

6.7 BASAMENTO LOCALI QE

6.7.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	10.40	m	Base
$L =$	2.90	m	Lunghezza
$H =$	0.20	m	Altezza
$D =$	0.20	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	10.40	m	Base ridotta
$L' =$	2.90	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	30.16		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	3.80	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

k=	0.02	Fattore di profondità
m _b =	1.22	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
m _l =	1.78	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
m=	1.22	Parametro di forma complessivo
N _c =	19.32	Fattori di capacità portante
N _q =	9.60	
N _γ =	7.66	
s _c =	2.63	Fattori di forma
s _q =	2.46	
s _γ =	-0.08	
b _c =	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
b _q =	1.00	
b _γ =	1.00	
i _c =	1.00	Fattori di inclinazione del carico
i _q =	1.00	
i _γ =	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate

▼

F.S.=

2.3

Fattore di sicurezza

q_{LIM}=

142.941 kN/m²

Pressione limite

q_{R,D}=

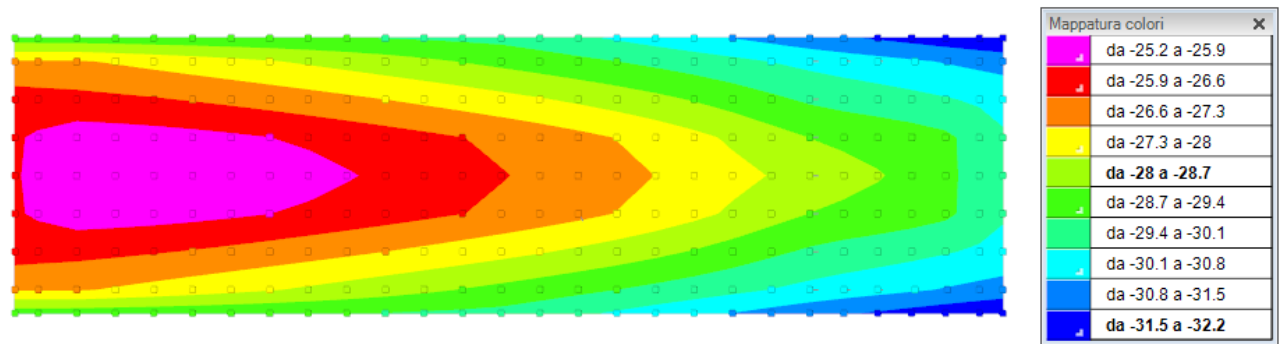
62.15 kN/m²

Pressione resistente di progetto

k=

5717.6 kN/m³

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall’analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



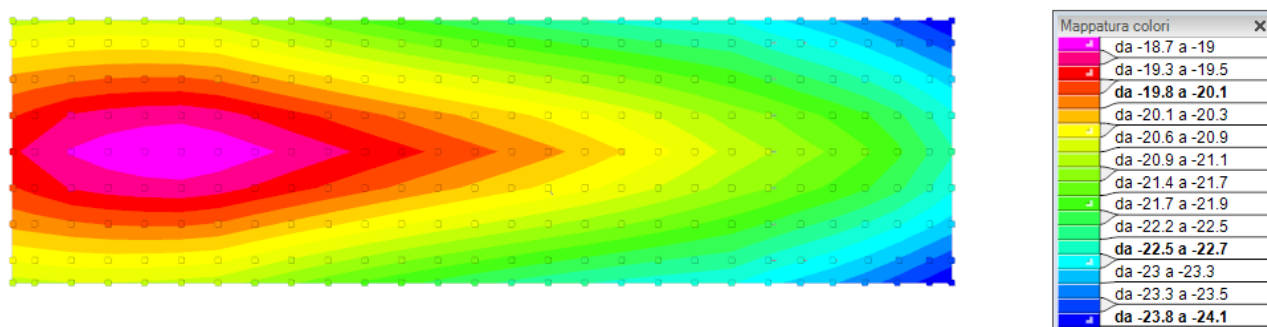
Per la verifica si ha:
 $p_{max} = 32.2 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 62.2 \text{ kN/m}^2$, verifica di portanza soddisfatta.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.7.2 Verifica dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato con riferimento al valore caratteristico delle azioni e delle resistenze del terreno (cfr. NTC 2018 - C6.2.3.3).

In tali condizioni le massime pressioni esercitate dalla struttura sul terreno sono rappresentate graficamente di seguito.



La pressione massima in condizioni di esercizio si ottiene in corrispondenza del bordo fondazione:

$$p_{\max,es} = 24.1 \text{ kN/m}^2$$

Lo scavo del terreno, che nei punti di contatto tra fondazione e sottosuolo raggiunge la profondità media di 0.20 m, considerando un peso di volume medio pari a 19.0 kN/m^3 , produce uno scarico di:

$$\Delta p_{\text{scavo}} = 19.0 \times 0.20 = 3.80 \text{ kN/m}^2$$

Il calcolo dei cedimenti è riepilogato nelle tabelle di seguito riportate.

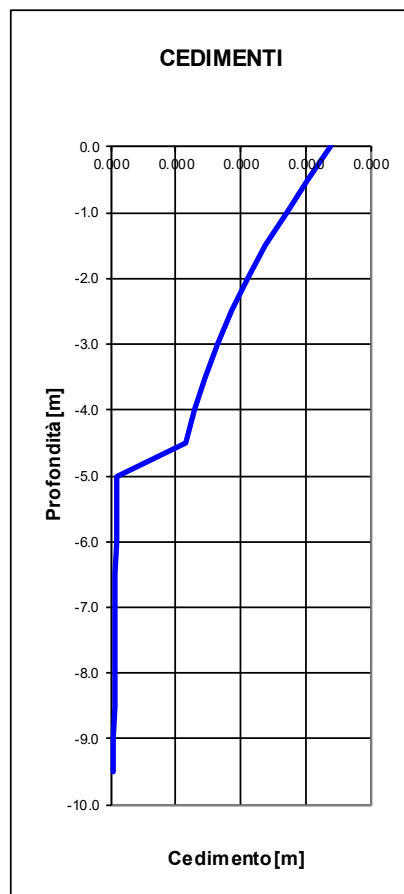
Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Dati di carico

B=	10.40 m	Base rettangolo
L=	2.90 m	Altezza rettangolo
q_{tot} =	24.1 kN/m ²	Sovraccarico lordo
q_{sca} =	3.8 kN/m ²	Scarico tensionale
q=	20.3 kN/m ²	Incremento tensionale netto
S_{ced} =	10 m	Spessore dello strato di terreno per il calcolo del cedimento

Strato [-]	s_i [m]	E_i [kN/m ²]	z_i [m]	$\Delta\sigma_i$ [kN/m ²]	δ_i [m]
1	0.50	30000	0.00	20.30	0.000
2	0.50	30000	0.50	18.25	0.000
3	0.50	30000	1.00	16.25	0.000
4	0.50	30000	1.50	14.36	0.000
5	0.50	30000	2.00	12.63	0.000
6	0.50	30000	2.50	11.11	0.000
7	0.50	30000	3.00	9.80	0.000
8	0.50	30000	3.50	8.68	0.000
9	0.50	30000	4.00	7.73	0.000
10	0.50	30000	4.50	6.92	0.000
11	0.50	300000	5.00	6.22	0.000
12	0.50	300000	5.50	5.62	0.000
13	0.50	300000	6.00	5.10	0.000
14	0.50	300000	6.50	4.65	0.000
15	0.50	300000	7.00	4.25	0.000
16	0.50	300000	7.50	3.90	0.000
17	0.50	300000	8.00	3.59	0.000
18	0.50	300000	8.50	3.31	0.000
19	0.50	300000	9.00	3.06	0.000
20	0.50	300000	9.50	2.84	0.000

CEDIMENTO TOTALE δ_{tot} = 0.0022 m



Il cedimento assoluto massimo atteso è pertanto pari a:

w_{max} = 0.22 cm, cedimento assoluto massimo

Secondo le indicazioni di Sowers (Geotecnica e tecnica delle fondazioni vol. 2 – Carlo Cestelli Guidi – Ed. Hoepli) per i cedimenti massimi ammissibili delle strutture intelaiate in calcestruzzo armato, in relazione alla loro funzionalità in esercizio, possono essere presi come riferimento i seguenti valori:

$\Delta_{w,adm}$ = 2 – 10 cm, cedimento assoluto ammissibile

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 47 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

I cedimenti assoluti del caso in esame, molto inferiori ai limiti riportati in letteratura, possono essere quindi senz'altro ritenuti accettabili in relazione alla tipologia della struttura ed al suo regime di funzionamento.

6.8 BACINO CONTENIMENTO SERBATOI

6.8.1 Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

I calcoli per la valutazione del carico limite di progetto, sono riepilogati nei tabulati di seguito.

Dal momento che la forma della fondazione non è regolare, si sottolinea che la verifica è condotta, a favore di sicurezza, considerando una platea rettangolare di dimensioni 10.4x4.4 m e che se ne trascura l'effettiva profondità del piano di posa. La vasca in oggetto infatti poggia sul manufatto identificato come Plenum 08 perciò nella realtà il meccanismo di collasso si verificherebbe ad una profondità maggiore rispetto a quella verificata.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	10.40	m	Base
$L =$	4.40	m	Lunghezza
$H =$	0.30	m	Altezza
$D =$	0.00	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	0	°	Inclinazione del piano di posa

☐ Considera peso proprio fondazione

$\gamma_p =$	25.00	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_p =$	0.00	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

☐ Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	0.00	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	0.00	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	0.00	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	0.00	kN	Componente verticale del carico
$H =$	0.00	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	0.00	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	90.00	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	0.00	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	0.00	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	10.40	m	Base ridotta
$L' =$	4.40	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	45.76		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	16	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi' =$	24	°	Angolo di attrito
$c' =$	2	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	0	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	19	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_p =$	2.371		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	0.00	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

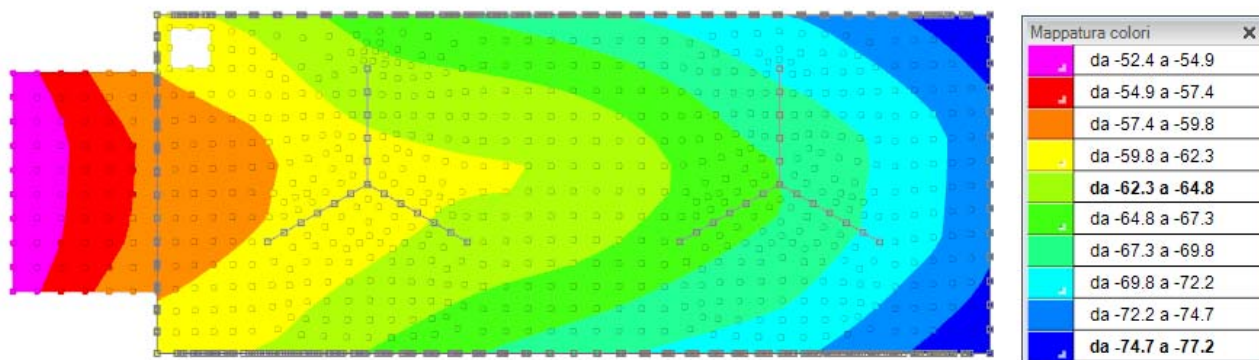
PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

$k=$	0.00	Fattore di profondità
$m_b=$	1.30	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
$m_l=$	1.70	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
$m=$	1.30	Parametro di forma complessivo
$N_c=$	19.32	Fattori di capacità portante
$N_q=$	9.60	
$N_\gamma=$	7.66	
$s_c=$	2.07	Fattori di forma
$s_a=$	1.96	
$s_\gamma=$	0.29	
$b_c=$	1.00	Fattori di inclinazione del piano di posa
$b_a=$	1.00	
$b_\gamma=$	1.00	
$i_c=$	1.00	Fattori di inclinazione del carico
$i_a=$	1.00	
$i_\gamma=$	1.00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate	
F.S.=	2.3
$q_{LIM}=$	265.543 kN/m ²
$q_{R,D}=$	115.45 kN/m ²
Fattore di sicurezza	
Pressione limite	
Pressione resistente di progetto	
$k=$	10621.7 kN/m ³

I valori minimi delle pressioni sul terreno, ottenuti dall'analisi agli elementi finiti, sono riportati graficamente negli schemi seguenti:



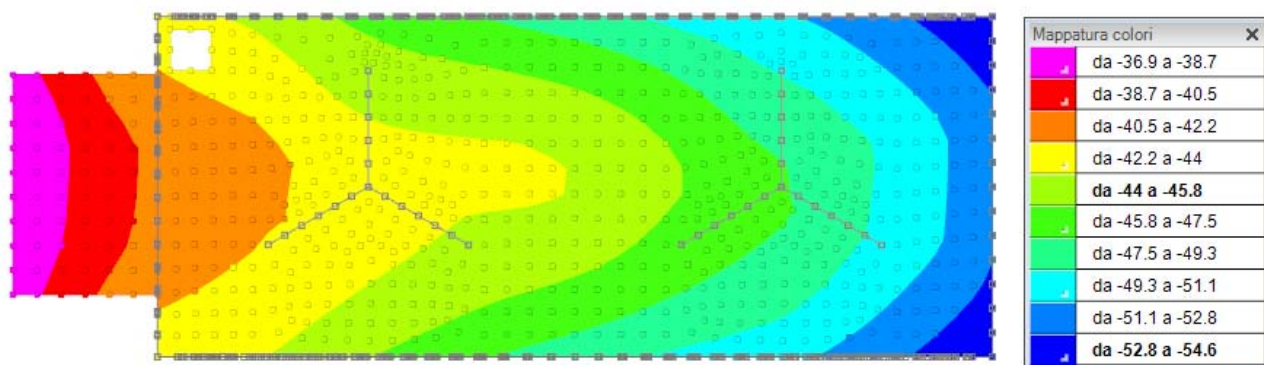
Cautelativamente si assume come valore di pressione quello massimo ottenuto allo spigolo della fondazione quindi per la verifica si ha:

$$p_{\max} = 77.2 \text{ kN/m}^2 < q_{R,D} = 115.45 \text{ kN/m}^2, \text{ verifica di portanza soddisfatta.}$$

6.8.2 Verifica dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato con riferimento al valore caratteristico delle azioni e delle resistenze del terreno (cfr. NTC 2018 - C6.2.3.3).

In tali condizioni le massime pressioni esercitate dalla struttura sul terreno sono rappresentate graficamente di seguito.



La pressione massima in condizioni di esercizio si ottiene in corrispondenza del bordo fondazione:

$$p_{\max,es} = 54.6 \text{ kN/m}^2$$

Dal momento che la vasca poggia sul plenum 08, cautelativamente, si calcolano i cedimenti a partire dal piano di posa di quest'ultimo, posto a quota +137.3.

Come sovraccarico si considera anche il riempimento del manufatto con materiale tipo pietrame ($\gamma=16 \text{ kN/m}^3$):

$$p_{\text{riempimento}} = 24.6 \text{ kN/m}^2$$

Il calcolo del cedimento è riepilogato nella tabella seguente:

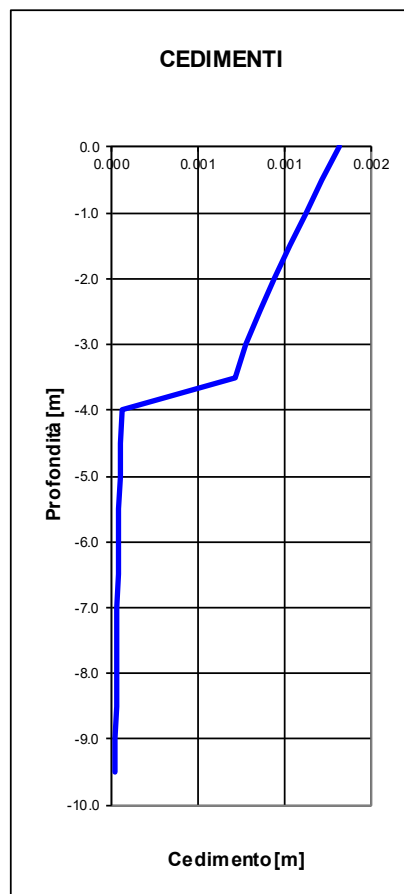
Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO ESECUTIVO
Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA)			
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Dati di carico

B=	10.40 m	Base rettangolo
L=	4.40 m	Altezza rettangolo
q_{tot} =	79.2 kN/m ²	Sovraccarico lordo
q_{sca} =	0.0 kN/m ²	Scarico tensionale
q=	79.2 kN/m ²	Incremento tensionale netto
S_{ced} =	10 m	Spessore dello strato di terreno per il calcolo del cedimento

Strato [-]	s_i [m]	E_i [kN/m ²]	z_i [m]	$\Delta\sigma_i$ [kN/m ²]	δ_i [m]
1	0.50	30000	0.00	79.20	0.001
2	0.50	30000	0.50	73.28	0.001
3	0.50	30000	1.00	67.46	0.001
4	0.50	30000	1.50	61.86	0.001
5	0.50	30000	2.00	56.54	0.001
6	0.50	30000	2.50	51.58	0.001
7	0.50	30000	3.00	47.02	0.001
8	0.50	30000	3.50	42.86	0.001
9	0.50	300000	4.00	39.10	0.000
10	0.50	300000	4.50	35.72	0.000
11	0.50	300000	5.00	32.68	0.000
12	0.50	300000	5.50	29.96	0.000
13	0.50	300000	6.00	27.52	0.000
14	0.50	300000	6.50	25.33	0.000
15	0.50	300000	7.00	23.36	0.000
16	0.50	300000	7.50	21.59	0.000
17	0.50	300000	8.00	20.00	0.000
18	0.50	300000	8.50	18.56	0.000
19	0.50	300000	9.00	17.25	0.000
20	0.50	300000	9.50	16.07	0.000

CEDIMENTO TOTALE δ_{tot} = 0.0085 m



Il cedimento assoluto massimo atteso è pertanto pari a:

w_{max} = 0.85 cm, cedimento assoluto massimo

Secondo Sowers (1962) i valori massimi dei cedimenti in relazione alla tipologia di struttura sono i seguenti:

File 1096-E-S-RT-03.docx	Doc. Relazione geotecnica e sulle fondazioni	Pagina 52 di 53
-----------------------------	---	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 16.5 - Valori ammissibili di alcuni parametri di deformazione delle strutture secondo So-wers (1962)

<i>Tipo di movimento</i>	<i>Fattore di limitazione</i>	<i>Valore ammissibile</i>
Cedimento massimo $\rho_{\max}$ (cm)	Collegamento a reti di servizi	15÷30
	Accessibilità	30÷60
	Probabilità di cedimenti differenziali in:	
	a) murature portanti	2,5÷5
	b) strutture intelaiate	5÷10
	c) ciminiere, silos	7,5÷30

La platea in esame è la fondazione di due serbatoi, strutture assimilabili a quelle di un silos quindi assumendo come valore limite ammissibile:

$$\Delta_{w,adm} = 7.5 - 30 \text{ cm, cedimento assoluto ammissibile}$$

La verifica risulta ampiamente soddisfatta.