






2					
1					
0	28/02/2025	Enser N. Albani	F. Marchi	P. Malerba	Emissione Progetto Definitivo
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)					
INGEGNERIA					
PROGETTAZIONE IMPIANTI ACQUA					
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)					
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER) H199H101			WBS R.2160.11.04.00090 - T.2160.11.04.00025 - T.2160.11.04.00019		CODICE CUP (CUP CODE)
 enser ENSER SRL www.enser.it www.enser.fr			CODICE DOCUMENTO (CODE) H199H101CX00RS0004		N° COMMESSA (JOB N.) 12400705873 - 12000367716
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME) -
 GRUPPO HERA HERA S.p.A. Holding Energia Risorse Ambiente Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 fax 051.287.525 www.gruppohera.it		 HERAtech Società del Gruppo Hera HERAtech s.r.l. Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 www.heratech.it		DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISIONALI	
		SCALA (SCALE) --		N° FOGLIO (SHEET N°) 1	DI (LAST) 38

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	2	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	3	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

INDICE

1	OGGETTO E SCOPO	5
1.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE	6
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
4	CONDIZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE.....	9
4.1	STRATIGRAFIA	9
4.2	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE	10
4.3	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI.....	11
4.4	PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	12
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	13
5.1	ACCIAIO PER PALANCOLE.....	13
6	CRITERI DI VERIFICA.....	14
6.1	COMBINAZIONE DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE	14
6.2	VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE (STR)	15
6.3	VERIFICHE IDRAULICHE (UPL)	17
7	METODOLOGIE DI CALCOLO	19
8	MODELLO DI CALCOLO	20
8.1	CARICHI AGENTI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	21
9	PRINCIPALI RISULTATI DI CALCOLO.....	22
9.1	STRATIGRAFIA DI CALCOLO DA PROVA CPTU4	22
9.2	STRATIGRAFIA DI CALCOLO DA PROVA CPTU5	24
10	VERIFICHE	26
10.1	VERIFICHE IDRAULICHE DI SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO (UPL)	26
10.1.1	STRATIGRAFIA DA CPTU4	27
10.1.2	STRATIGRAFIA DA CPTU5	27
10.2	VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE (STR)	28
10.2.1	STRATIGRAFIA DA CPTU4	29
10.2.2	STRATIGRAFIA DA CPTU5	29
10.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEL CUNEO PASSIVO (GEO).....	29
10.3.1	STRATIGRAFIA DA CPTU4	30
10.3.2	STRATIGRAFIA DA CPTU5	31

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	4	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.4	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE (GEO)	32
10.4.1	STRATIGRAFIA DA CPTU4	33
10.4.2	STRATIGRAFIA DA CPTU5	34
10.5	CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DELLE VERIFICHE	35
11	ESTENSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI ANCHE ALL'AREA DEL NUOVO IMPIANTO TRATTAMENTO BOTTINI CADITOIE (STRATIGRAFIA DA PROVA SCPTU 1)	36
12	CONCLUSIONI	37

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	5	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

1 OGGETTO E SCOPO

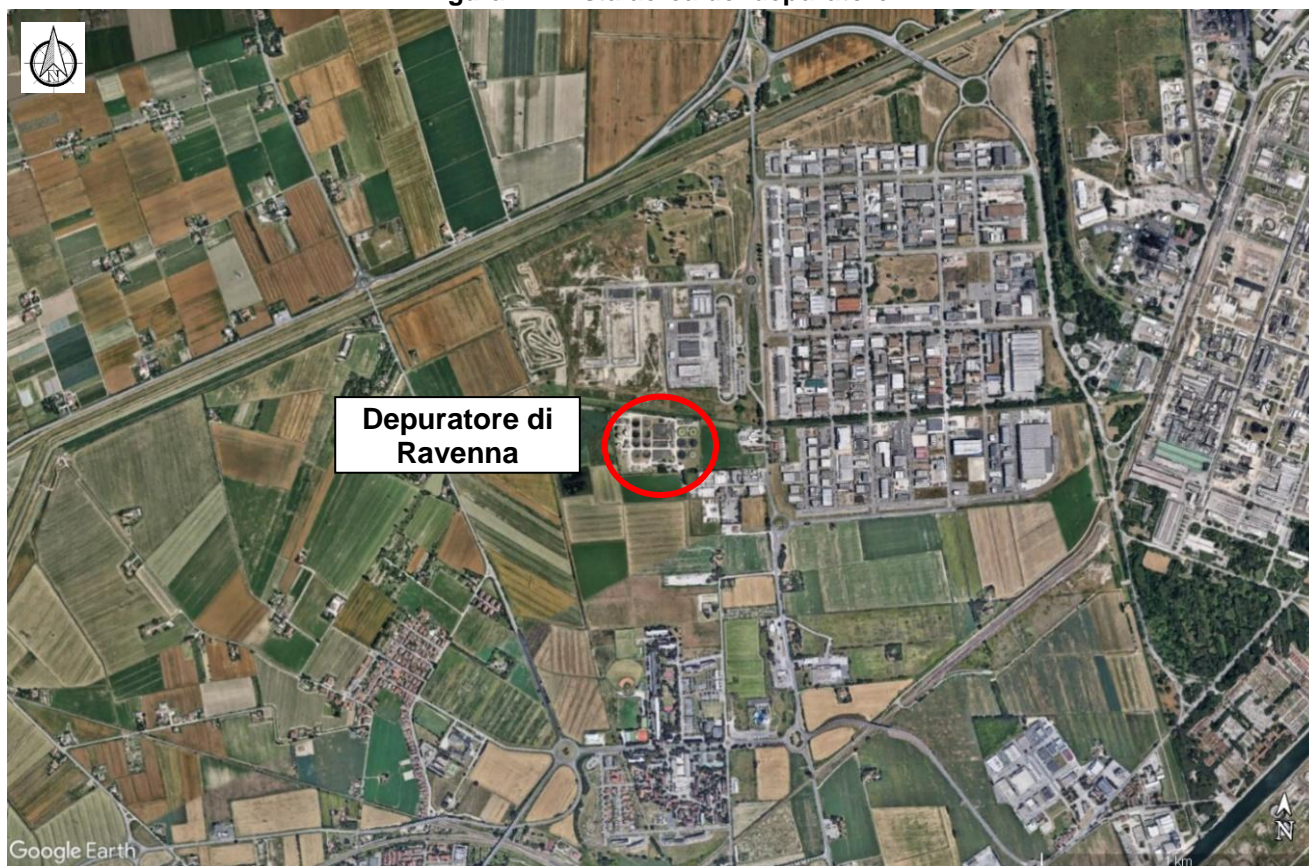
Questa relazione è redatta nell'ambito della fase di progettazione definitiva del 2° stralcio dei lavori di potenziamento e revamping del depuratore di Ravenna (RA), sito in via Romea Nord, 156/e, nell'area industriale di Ravenna. In particolare, questa relazione illustra la verifica dei palancolati provvisoriali per il sostegno degli scavi necessari alla costruzione delle nuove strutture; non è oggetto della presente relazione la verifica del sistema di puntelli eventualmente presenti.

La presente relazione illustra:

- le basi della progettazione, tra cui:
 - i documenti di riferimento;
 - i parametri geotecnici impiegati;
 - le caratteristiche dei materiali strutturali;
- la definizione delle azioni;
- i criteri di verifica;
- il dettaglio dei metodi di calcolo e del software utilizzato;
- la descrizione e i risultati dell'analisi.

Il sito di intervento è di seguito inquadrato a mezzo di foto satellitare.

Figura 1 – Vista aerea del depuratore



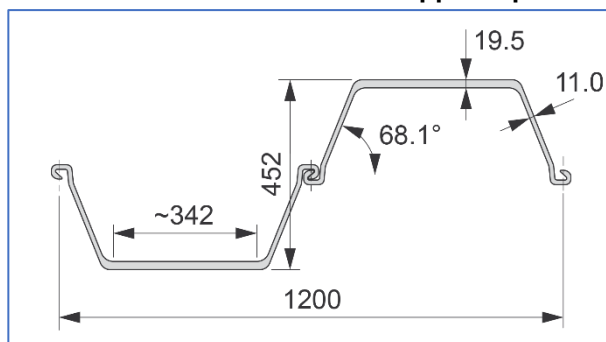
	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	6	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le opere provvisionali per il sostegno degli scavi sono costituite da palancolati metallici a sbalzo o con vincolo sommitale.

Le palancole utilizzate sono di tipo Larssen PU 32 con lunghezza di 16.00m e testa a quota del piano di campagna. La classe di acciaio è S355GP secondo UNI EN 10248-1.

Figura 2 – Sezione trasversale di una coppia di palancole PU32



Queste opere sono soggette ai carichi dati dalla spinta orizzontale dei terreni e dell'acqua di falda, oltre a un sovraccarico di cantiere.

Trattandosi di opere provvisionali, la cui durata di installazione si prevede essere inferiore ai 2 anni, per il progetto non sono soggette a carichi sismici, come da attuali Norme Tecniche per le Costruzioni [Ref. 6] (par. 2.4.1).

Dipendentemente dalla profondità di scavo, i palancolati di scavo possono essere previsti con schema statico a mensola (senza vincolo in sommità) o con l'adozione di un sistema di puntellamento provvisorio. Le verifiche strutturali del sistema di puntellamento non fanno parte del presente documento.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	7	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Gli elaborati progettuali di riferimento sono:

- [Ref. 1] H199H101DG00RG0002 – Relazione geologica;
- [Ref. 2] H199H101CX00RC0001 – Relazione geotecnica;
- [Ref. 3] H199H101CX00RS0001 – Relazione di modellazione sismica;
- [Ref. 4] H199H101CX00RS0003 – Relazione metodologica relativa ai criteri di dimensionamento delle opere civili
- [Ref. 5] Elaborati grafici del Progetto Definitivo.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	8	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il riferimento normativo sul quale si basano le analisi e verifiche effettuate è costituito dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni:

- [Ref. 6] D.M. 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
 [Ref. 7] Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP.

Per quanto non espressamente riportato nelle NTC si è fatto riferimento a:

- [Ref. 8] UNI EN 1992-1-1:2015 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
 [Ref. 9] UNI EN 1992-4:2018 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo;
 [Ref. 10] UNI EN 1997-1:2005 – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
 [Ref. 11] UNI EN 1993-5:2007 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e palancole;
 [Ref. 12] NA to BS EN 1993-5:2007 – Annesso Nazionale del Regno Unito all'Eurocodice 3 Parte 5.

Nei capitoli che seguono saranno opportunamente segnalati tutti gli eventuali riferimenti a testi o articoli di letteratura tecnica.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	9	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

4 CONDIZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE

La stratigrafia di calcolo e la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono determinati in relazione alla Relazione Geologica [Ref. 1] e alla Relazione Geotecnica [Ref. 2].

Nei paragrafi che seguono sono riportate la stratigrafia e la caratterizzazione meccanica di calcolo.

4.1 STRATIGRAFIA

Nel presente documento vengono considerate due stratigrafie di riferimento, valutate sulla base dei risultati delle seguenti prove geotecniche:

- prova penetrometrica statica con piezocono CPTU4 effettuata il 24 febbraio 2022;
- prova penetrometrica statica con piezocono CPTU5 effettuata il 24 febbraio 2022.


Nelle tabelle che seguono sono descritte le stratigrafie di calcolo; la quota di piano di campagna si riferisce alla quota delle strade che scorrono fra i sedimentatori.

Tabella 1 – Stratigrafia di calcolo da CPTU4

Unità geotecniche	Profondità [m da p.c.]		Spessore strato [m]
	da	a	
Tv / 1a	0.00	1.80	1.80
1b	1.80	9.20	7.40
2	9.20	14.50	5.30
4	14.50	23.70	9.20
5	23.70	29.20	5.50
6	29.20	-	-

Tabella 2 – Stratigrafia di calcolo da CPTU5

Unità geotecniche	Profondità [m da p.c.]		Spessore strato [m]
	da	a	
Tv / 1a	0.00	2.20	2.20
1b	2.20	9.10	6.90
2	9.10	12.20	3.10
3	12.20	12.70	0.50
2	12.70	14.70	2.00
4	14.70	23.70	9.00
5	23.70	30.70	7.00
6	30.70	-	-

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	10	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Breve descrizione delle unità geotecniche:

- Unità TV:** terreno vegetale costituito da limo e limo sabbioso deb. ghiaioso, di colore marrone-beige, da scarsamente a mediamente addensato.
- Unità 1a:** argilla e limo argilloso, di colore da grigio-beige a nera, con resti vegetali e materiale organico, poco consistente.
- Unità 1b:** limo sabbioso, di colore da grigio a nero, localmente con resti vegetali e materiale organico, da sciolto a scarsamente addensato.
- Unità 2:** limo sabbioso, con livelli di sabbia limosa, di colore grigio, con frammenti di gusci di bivalvi, mediamente addensato.
- Unità 3:** limo argilloso di colore grigio, poco consistente.
- Unità 4:** limo argilloso di colore grigio, alternato a livelli decimetrici di limo sabbioso, con locali livelli centimetrici ricchi in sostanza organica, poco consistente.
- Unità 5:** sabbia e sabbia limosa medio-fine di colore grigio-nocciola, mediamente addensata.
- Unità 6:** argilla limosa di colore grigio chiaro, da poco a mediamente consistente.


Nella tabella che segue sono indicate le opere per cui è prevista l'installazione di palancolati provvisori con l'indicazione della stratigrafia di riferimento. In ogni caso fa fede la stratigrafia di riferimento riportata nella Relazione di calcolo delle singole opere.

Tabella 3 – Stratigrafia di riferimento per le opere in progetto

Opera	Stratigrafia di riferimento
Sedimentatori secondari (n.1-2-3) linea 3 Pozzetto per paratoia e pozzetto per valvola clapet (Scarichi di emergenza)	CPTU 4
Grigliatura fine e dissabbiatura-disoleatura Comparto biologico linea 3 Pozzetto collettamento reflui in ingresso Pozzetto collettamento (Scarichi di emergenza)	CPTU 5
Opere interrate nel nuovo impianto bottini e caditoie	SCPTU 1

4.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Come da considerazioni riportate nella sintesi finale della Relazione Geologica [Ref. 1], si assume che il livello della falda freatica coincida con il piano di campagna.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	11	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

4.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI

Nella tabella seguente è riassunto il comportamento (drenato / non drenato) delle diverse unità geotecniche a breve e lungo termine.

Tabella 4 – Caratterizzazione meccanica dei terreni (parametri caratteristici)

Unità	Comportamento a breve termine	Comportamento a lungo termine
Tv/1a	Non drenato	Drenato
1b	Drenato	Drenato
2	Drenato	Drenato
3	Non drenato	Drenato
4	Non drenato	Drenato
5	Drenato	Drenato
6	Non drenato	Drenato

Di seguito sono riportati gli elementi per la caratterizzazione meccanica dei terreni (parametri caratteristici).

Tabella 5 – Caratterizzazione meccanica dei terreni (parametri caratteristici)

Unità	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Tv / 1a*	17.0	25	-	-
Tv / 1a**	17.0	-	23	5
1b	18.0	-	31	-
2	18.0	-	33	-
3*	18.5	30	-	-
3**	18.5	-	25	-
4*	19.5	50	-	-
4**	19.5	-	25	-
5	19.0	-	34	-
6*	19.5	80	-	-
6**	19.5	-	27	-

* Caratteristiche a breve termine - ** Caratteristiche a lungo termine

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	12	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Nella tabella che segue sono riportati i parametri meccanici di resistenza dei terreni avendo applicato il set di coefficienti parziali M2 come da attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (tab. 6.2.II).


Tabella 6 – Caratterizzazione meccanica dei terreni (applicazione del set di coefficienti M2)

Unità	γ_d [kN/m ³]	$c_{u,d}$ [kPa]	ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
Tv / 1a*	17.0	17.85	-	-
Tv / 1a**	17.0	-	18.756	4.00
1b	18.0	-	25.673	-
2	18.0	-	27.453	-
3*	18.5	21.43	-	-
3**	18.5	-	20.457	-
4*	19.5	35.71	-	-
4**	19.5	-	20.457	-
5	19.0	-	28.352	-
6*	19.5	57.14	-	-
6**	19.5	-	22.177	-

* Caratteristiche a breve termine - ** Caratteristiche a lungo termine

4.4 PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Sulla base della Relazione Geologica [Ref. 1] le unità 1A, 3 e 4 (argilla organica e limi argillosi), relativamente al periodo di scavo per la costruzione delle strutture, si possono considerare impermeabili.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	13	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 ACCIAIO PER PALANCOLE

Grado dell'acciaio S355 GP (EN 10248-1):

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 355$ MPa;
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 480$ MPa;
- allungamento minimo $L_0 = 5.5 \cdot \sqrt{S_0} = 22\%$.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	14	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

6 CRITERI DI VERIFICA

Le analisi strutturali e le verifiche sono state svolte in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni [Ref. 6], considerando per le sole azioni statiche gli Stati Limite Ultimi (SLU).

Trattandosi di opere provvisoriale, la cui durata di installazione si prevede essere inferiore ai 2 anni, per il progetto non sono soggette a carichi sismici, come da attuali Norme Tecniche per le Costruzioni [Ref. 6] (par. 2.4.1).

6.1 COMBINAZIONE DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE

Ai fini delle verifiche agli Stati Limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni, in accordo alle NTC 2018 (par. 2.5.3):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata agli Stati Limite Ultimi (SLU)


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

Per le verifiche nei confronti degli SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) delle paratie si adotta l'Approccio 1. Nell'Approccio 1 si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 7. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2.

Tabella 7 – Coefficienti parziali per le azioni per verifiche SLU strutturali (STR) e geotecniche (GEO)

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	15	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 8 – Coefficienti parziali γ_M sui parametri geotecnici

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

I set di coefficienti parziali per le verifiche relative alle paratie sono:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1);
- Combinazione 2 (A2+M2+R1);

dove i coefficienti γ_R relativi alla resistenza globale del sistema assumono valore unitario.

La Combinazione 2 è utilizzata solamente per la verifica di resistenza del cuneo passivo di terreno al di sotto del fondo (verifica di tipo "GEO").

Per la sola verifica di stabilità globale dell'insieme opera terreno è necessario considerare la seguente combinazione:

- Combinazione 2 (A2+M2+R2).

In questo caso il coefficiente γ_R relativo alla resistenza globale del sistema assume un valore di 1.10.

Per le verifiche di tipo UPL (sollevamento del fondo scavo) si rimanda al paragrafo 6.3.

6.2 VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE (STR)

Per la verifica di resistenza strutturale delle palancole deve risultare che il momento sollecitante M_{Ed} , derivante dall'analisi di interazione terreno-struttura con combinazione di carichi SLU, sia non maggiore del momento resistente di progetto M_{Rd} .

Il momento resistente di progetto è definito come segue

$$M_{Rd} = \beta_B \cdot W \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

dove:

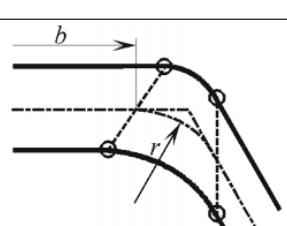
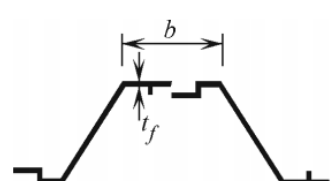
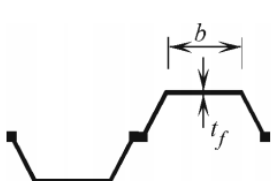
- $W = W_{pl}$ è il modulo di resistenza plastico delle palancole per sezioni ricadenti in classe 1 o 2;
- $W = W_{el}$ è il modulo di resistenza elastico delle palancole per sezioni ricadenti in classe 3;
- f_{yk} è la tensione di snervamento dell'acciaio;
- $\gamma_{M0} = 1.05$ è il fattore di sicurezza parziale sulla resistenza dell'acciaio;

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	16	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

- $\beta_B \leq 1.00$ è il coefficiente che tiene conto del possibile scorrimento in corrispondenza dei gargami fra le palancole.

Per la determinazione della classe della sezione si fa riferimento all'Eurocodice 3 Parte 5 [Ref. 11].

Figura 3 – Classificazione delle sezioni delle palancole secondo l'Eurocodice 3 Parte 5

Classification		Z-profile				U-profile	
							
Class 1		<div>- the same boundaries as for class 2 apply</div> <div>- a rotation check has to be carried out</div>					
Class 2		$\frac{b/t_f}{\epsilon} \leq 45$				$\frac{b/t_f}{\epsilon} \leq 37$	
Class 3		$\frac{b/t_f}{\epsilon} \leq 66$				$\frac{b/t_f}{\epsilon} \leq 49$	
$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	f_y [N/mm ²]	240	270	320	355	390	430
	ϵ	0,99	0,93	0,86	0,81	0,78	0,74
Key: <div><div>b:</div>width of the flat portion of the flange, measured between the corner radii, provided that the ratio r/t_f is not greater than 5,0; otherwise a more precise approach should be used;</div> <div><div>t_f:</div>thickness of the flange for flanges with constant thickness;</div> <div><div>r:</div>midline radius of the corners between the webs and the flanges;</div> <div><div>f_y:</div>yield strength.</div>							
Note: For class 1 cross-sections it should be verified that the plastic rotation provided by the cross-section is not less than the plastic rotation required in the actual design case. Guidance for this verification (rotation check) is given in Annex C.							

Per la determinazione del valore del coefficiente β_B si può fare riferimento all'Annesso Nazionale inglese all'Eurocodice 3 parte 5 [Ref. 12].


	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	17	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 4 – Indicazioni per la determinazione del valore di β_B secondo l'Annesso Nazionale inglese all'EC3-5

Table NA.2 Reduction factors for U shaped sheet piles.							
Type of U-pile unit	Number of structural support levels (see Note 1)	Reduction factors β_B and β_D referred to in 5.2.2 (2); 5.2.2 (9); 5.2.3 (2); 6.4 (3) (see Notes 2, 3, 4, and 5)					
		Highly unfavourable conditions (see Note 6)		Unfavourable conditions (see Note 7)		Favourable conditions (see Note 8)	
		β_B	β_D	β_B	β_D	β_B	β_D
Singles or uncrimped doubles	0	0,40	0,30	0,50	0,35	0,60	0,40
	1	0,55	0,35	0,60	0,40	0,70	0,45
	>1	0,65	0,45	0,70	0,50	0,80	0,55
Crimped or welded doubles	0	0,70	0,60	0,75	0,65	0,80	0,70
	1	0,80	0,70	0,85	0,75	0,95	0,80
	>1	0,90	0,80	0,95	0,85	1,00	0,90

NOTE 1 Any restraint device which leads to the shear force changing from positive to negative or vice versa may be considered as a structural support. The toe of the piles should not be considered as a restraint. The benefit of the restraint should only be taken into account for design situations following installation of the restraint. Restraints may be regarded as structural supports only when designed as such in accordance with relevant standards.

NOTE 2 If interlocks are not treated with sealants or lubricants, the coefficients may be increased by +0,05 (to a maximum value of 1,0).

NOTE 3 The interlocks of single or uncrimped U-piles should be connected after installation by a structural weld (minimum 6 mm fillet) near the top. The minimum length of this weld should be 100 mm for walls with retained heights up to 2,5 m; for greater retained heights, an additional 100 mm of weld should be provided for every additional 1 m of retained height, up to a maximum of 500 mm (applies to retained heights above 6,5 m). Provision of this weld permits the β_B coefficients to be increased by +0,1, 0,15 or 0,2 respectively for highly unfavourable, unfavourable and favourable conditions (to a maximum value of 1,0); and the β_D coefficients likewise by +0,15, 0,2 or 0,25 (to a maximum value of 1,0).

NOTE 4 The enhancement of β values by additional methods may be considered by the designer subject to demonstration, by calculation, testing or by other means, that the appropriate degree of shear force transmission will take place to justify higher coefficients than those values obtained from this table and notes.

NOTE 5 The β_B and β_D coefficients for the entire pile should be selected according to the most unfavourable conditions that apply.

NOTE 6 Highly unfavourable conditions are:

- retaining substantial depths of free water;
- significant presence of very low strength fine soil or very loose coarse soil (as defined in BS EN ISO 14688-1) below formation;
- artificial loosening by pre-augering in fine soil below final excavation level (unless it can be demonstrated by testing or other means, that the pre-augered soil offers friction equivalent to or better than that of a low strength fine soil or loose coarse soil, in which case better conditions may be assumed);
- artificial loosening of fine soil by water jetting at a rate exceeding 240 L/min (see Annex D.2 of BS EN 12063:1999); or
- artificial loosening of coarse soil by water jetting at a rate exceeding 480 litres per minute (see Annex D.2 of BS EN 12063:1999).

NOTE 7 Unfavourable conditions are:

- significant presence of low strength fine soil or loose coarse soil (as defined in BS EN ISO 14688-1) below formation;
- artificial loosening by pre-augering in coarse soil below final excavation level (unless it can be demonstrated by testing or other means, that the pre-augered soil offers friction equivalent to or better than that of a medium dense soil, in which case better conditions may be assumed); or
- artificial loosening of fine soil by water jetting at a rate between 60 L/min and 240 L/min (see Annex D.2 of BS EN 12063:1999) or when coarse soil has been artificially loosened at a rate between 240 L/min and 480 L/min.

NOTE 8 Favourable conditions may be assumed if none of the highly unfavourable or unfavourable conditions apply.

6.3 VERIFICHE IDRAULICHE (UPL)

Per la stabilità al galleggiamento dell'opera completata deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$ sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti $G_{stb,d}$ e delle resistenze R_d :

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

Il valore di progetto dell'azione instabilizzante è dato dalla somma delle azioni permanenti $G_{inst,d}$ e delle azioni variabili $Q_{inst,d}$.

La resistenza del terreno deve essere valutata tenendo in conto i coefficienti relativi ai parametri geotecnici M2.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	18	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

I coefficienti parziali sulle azioni per la verifica di sollevamento del fondo scavo sono indicati nella tabella seguente.

Tabella 9 – Coefficienti parziali sulle azioni per la verifica di sollevamento del fondo scavo.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I.
Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	19	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

7 METODOLOGIE DI CALCOLO

Le analisi strutturali e le verifiche sono state svolte in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, considerando per azioni statiche gli Stati Limite Ultimi (SLU).

Per la descrizione dei software impiegati nelle analisi e nelle verifiche si rimanda alla *Relazione metodologica* [Ref. 4], in particolare:

- per l'analisi dell'interazione terreno struttura, il comportamento del terreno viene schematizzato con modelli non lineari, con il software PAR; si faccia riferimento al par. 7.5 [Ref. 4] per la descrizione del metodo di calcolo e dei parametri di resistenza e deformabilità per le diverse unità geotecniche;
- per la valutazione delle crisi per instabilità dell'ammasso terreno-struttura è stato utilizzato il software "GEOSLOPE"; si faccia riferimento al par. 7.7 [Ref. 4] per la descrizione del metodo di analisi.

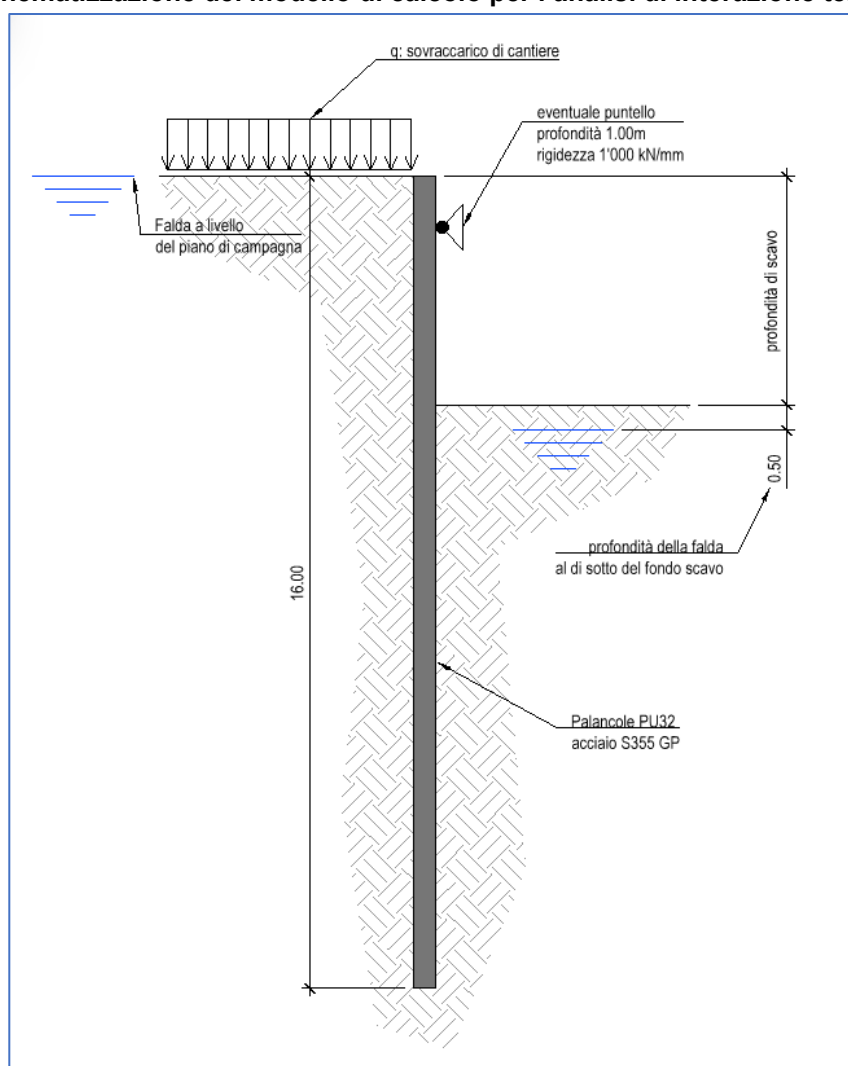
	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	20	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

8 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo per l'analisi di interazione terreno-struttura è schematizzato nella figura che segue.

Durante l'esecuzione dei lavori la profondità degli scavi dovrà essere tenuta sotto controllo con metodi provata affidabilità e non dovrà eccedere i livelli di progetto indicati nel presente paragrafo e negli elaborati grafici come previsto dall'Eurocodice 7 [Ref. 10] al punto 9.3.2.2(3).

Figura 5 – Schematizzazione del modello di calcolo per l'analisi di interazione terreno-struttura



L'analisi viene svolta per metro di paratia.

La rigidezza della paratia inserita nel modello è $EJ = 151'872 \text{ kNm}^2$.

La profondità di scavo viene fatta variare fra 3.60m e 5.20m. La profondità della falda lato scavo è 0.50m sotto il fondo scavo; lato terrapieno la falda si considera coincidente con il piano di campagna.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	21	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Si considera agente un sovraccarico di cantiere q , considerato uniformemente distribuito.

La paratia si considera priva di vincolamento in testa (schema statico a mensola) oppure vincolata con un sistema di puntelli, posti alla profondità di 1.00m e schematizzati con una rigidezza pari a 1'000 kN/mm.


Le fasi considerate nel calcolo sono le seguenti:

1. Scavo e applicazione del sovraccarico di cantiere; comportamento non drenato delle unità coesive 1A – 3 – 4; simulazione di breve termine;
2. Cambio di comportamento “da non drenato” a “drenato”; simulazione di lungo termine.

8.1 CARICHI AGENTI E COMBINAZIONI DI CARICO

Il sovraccarico di cantiere q ha intensità pari a 5 kN/m².

Il coefficiente parziale per la combinazione agli SLU è $\gamma_Q = 1.50$ per le combinazioni in cui si adotta il set di coefficienti parziali A1 e $\gamma_Q = 1.30$ per le combinazioni in cui si adotta il set di coefficienti parziali A2.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	22	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

9 PRINCIPALI RISULTATI DI CALCOLO

Nel presente capitolo sono riportati i principali risultati dell'analisi di interazione terreno-struttura in termini di:

- diagramma del momento flettente, agli SLU, lungo la paratia di palancole;
- spostamento in testa alla paratia, per lo schema di calcolo a sbalzo (carichi non fattorizzati);
- reazione dei contrasti agli SLU, per lo schema di calcolo di paratia vincolata.

Nei diagrammi del momento flettente il momento resistente di progetto della palanca PU32 è individuato come descritto nel par. 10.2.

9.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO DA PROVA CPTU4

Tabella 10 – Spostamenti in testa per paratia a sbalzo – CPTU4

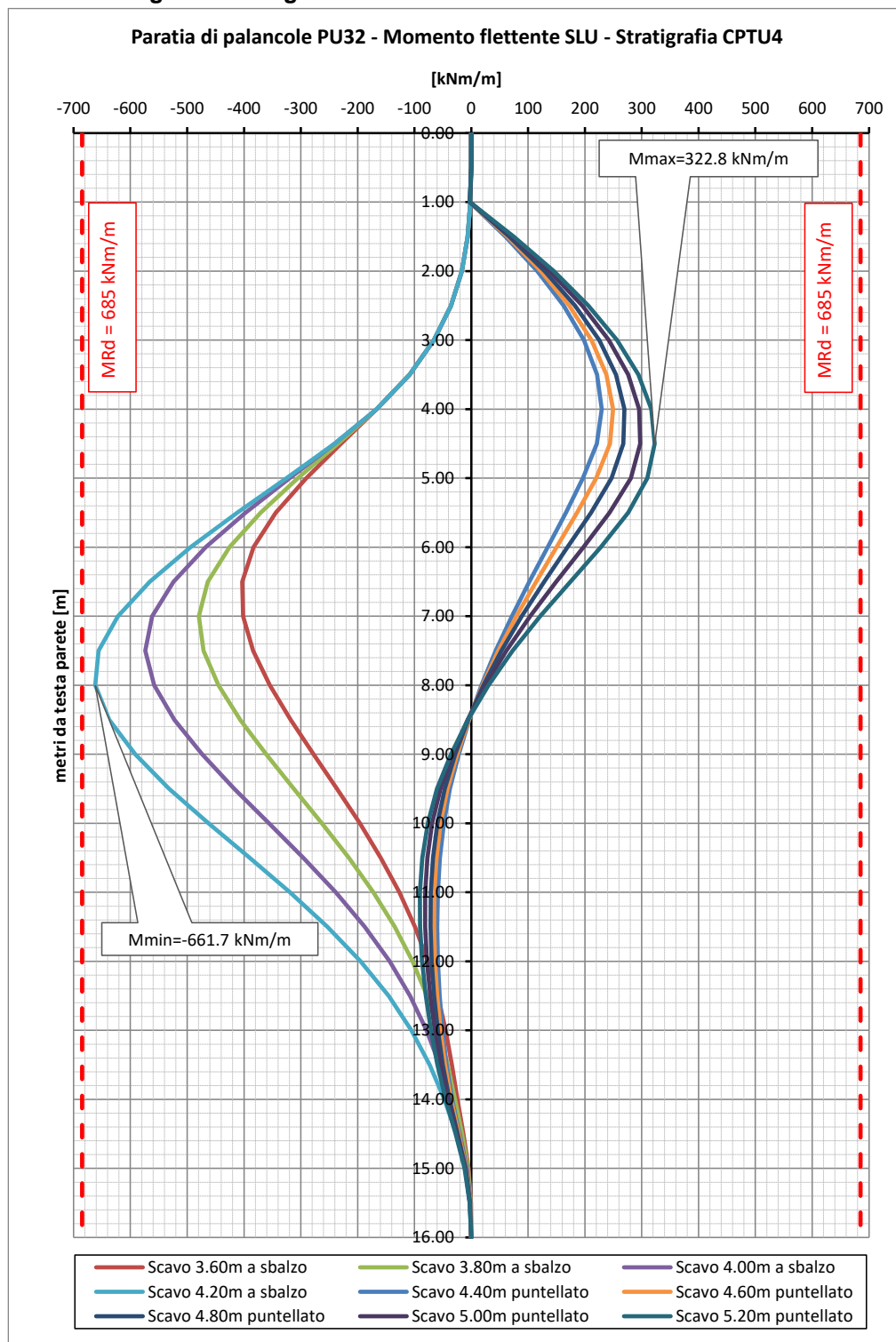
Profondità di scavo	Schema statico	Spostamento in testa
3.60m	a sbalzo	8.5 cm
3.80m	a sbalzo	10.4 cm
4.00m	a sbalzo	13.0 cm
4.20m	a sbalzo	15.7 cm

Tabella 11 – Reazioni dei contrasti agli SLU – CPTU4

Profondità di scavo	Schema statico	Reazione contrasto SLU
4.40m	vincolato in testa	230 kN/m
4.60m	vincolato in testa	250 kN/m
4.80m	vincolato in testa	270 kN/m
5.00m	vincolato in testa	298 kN/m
5.20m	vincolato in testa	323 kN/m

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	23	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 6 – Diagramma del momento flettente SLU – CPTU4



	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	24	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

9.2 STRATIGRAFIA DI CALCOLO DA PROVA CPTU5

Tabella 12 – Spostamenti in testa per paratia a sbalzo – CPTU5

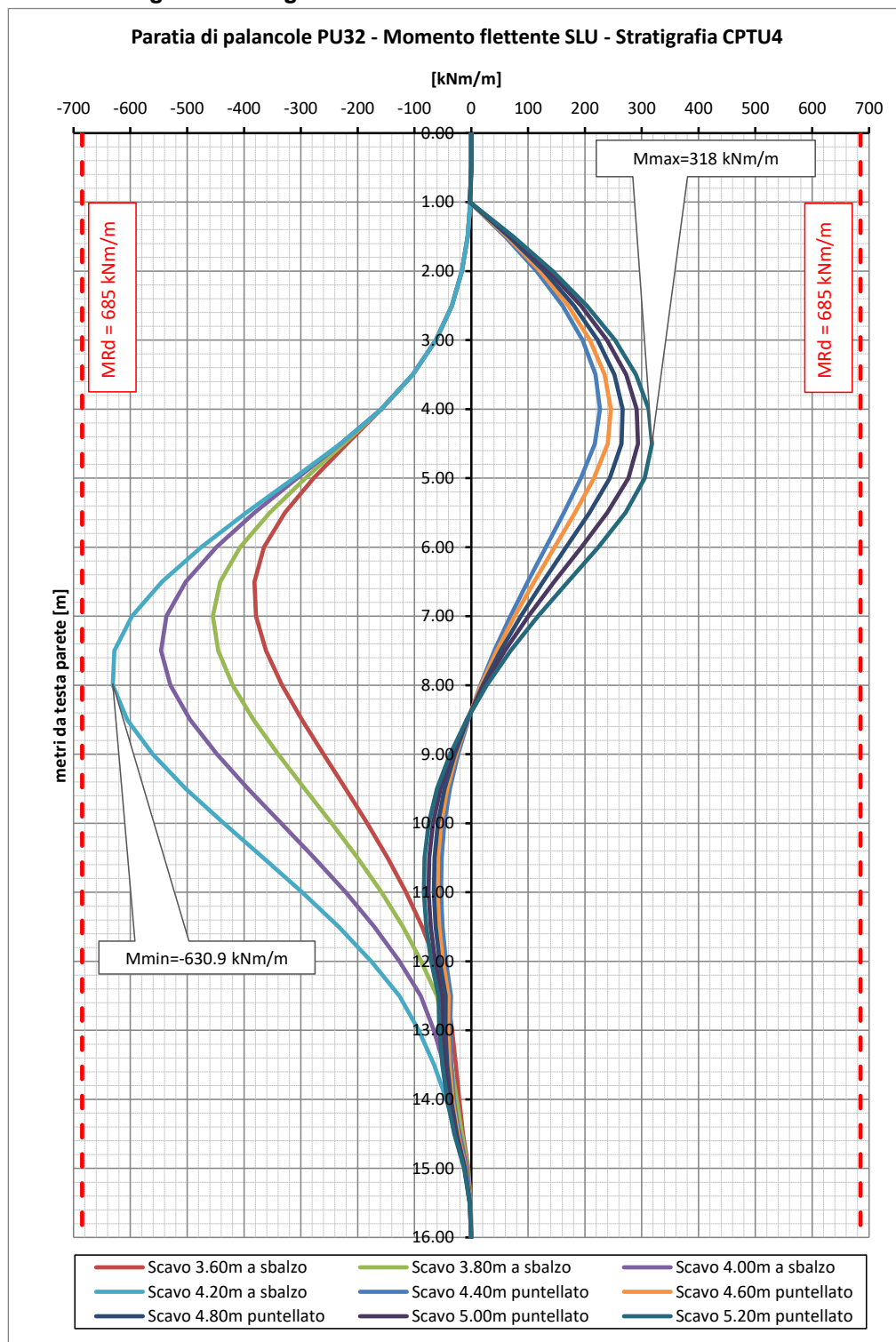
Profondità di scavo	Schema statico	Spostamento in testa
3.60m	a sbalzo	8.0 cm
3.80m	a sbalzo	9.8 cm
4.00m	a sbalzo	12.3 cm
4.20m	a sbalzo	14.9 cm

Tabella 13 – Reazioni dei contrasti agli SLU – CPTU5

Profondità di scavo	Schema statico	Reazione contrasto SLU
4.40m	vincolato in testa	227 kN/m
4.60m	vincolato in testa	246 kN/m
4.80m	vincolato in testa	267 kN/m
5.00m	vincolato in testa	294 kN/m
5.20m	vincolato in testa	318 kN/m

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	25	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Figura 7 – Diagramma del momento flettente SLU – CPTU5



	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	26	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10 VERIFICHE

10.1 VERIFICHE IDRAULICHE DI SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO (UPL)

Per la stabilità al galleggiamento dell'opera completata deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$ sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti $G_{stb,d}$ e delle resistenze R_d :

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$


Il valore di progetto dell'azione instabilizzante è dato dalla somma delle azioni permanenti $G_{inst,d}$ e delle azioni variabili $Q_{inst,d}$.

Nelle verifiche riportate nei paragrafi seguenti la resistenza del terreno R_d viene cautelativamente trascurata.

Sulla base della Relazione Geologica [Ref. 1] le unità che, relativamente al periodo di scavo per la costruzione delle strutture, si possono considerare impermeabili sono 1A, 3 e 4 (argilla organica e limi argillosi).

Sulla base della profondità della falda, considerata coincidente con la quota di piano campagna, e dell'approfondimento del piede della paratia (16.00m dal piano campagna, situato all'interno di uno strato impermeabile), si possono valutare le azioni instabilizzanti:

- azione instabilizzante (sottospinta idraulica) $V_{inst} = \gamma_w \cdot \Delta H_w = 10.0 \cdot (16.00 - 0.00) = 160 \text{ kPa}$;
- valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d} = 1.10 \cdot 160 = 176 \text{ kPa}$.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	27	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.1.1 STRATIGRAFIA DA CPTU4

L'azione stabilizzante dovuta al peso del terreno non scavato viene valutata per le diverse profondità di scavo; i risultati sono riassunti nella tabella che segue.

Tabella 14 – Verifiche idrauliche di sollevamento del fondo scavo – CPTU4

Profondità di scavo	Azione stabilizzante caratteristica G_{stb}	Azione stabilizzante di progetto $G_{stb,d}$		Azione instabilizzante di progetto $V_{inst,d}$
3.60m	225.45 kPa	202.90 kPa	>	176.00 kPa
3.80m	221.85 kPa	199.66 kPa	>	176.00 kPa
4.00m	218.25 kPa	196.42 kPa	>	176.00 kPa
4.20m	214.65 kPa	193.18 kPa	>	176.00 kPa
4.40m	211.05 kPa	189.94 kPa	>	176.00 kPa
4.60m	207.45 kPa	186.70 kPa	>	176.00 kPa
4.80m	203.85 kPa	183.46 kPa	>	176.00 kPa
5.00m	200.25 kPa	180.22 kPa	>	176.00 kPa
5.20m	196.65 kPa	176.98 kPa	>	176.00 kPa
5.40m	193.05 kPa	173.74 kPa	<	176.00 kPa

La verifica idraulica di sollevamento del fondo scavo è soddisfatta per scavi di profondità fino a 5.20m per cui si ha $G_{stb,d} > V_{inst,d}$.

10.1.2 STRATIGRAFIA DA CPTU5

L'azione stabilizzante dovuta al peso del terreno non scavato viene valutata per le diverse profondità di scavo; i risultati sono riassunti nella tabella che segue.

Tabella 15 – Verifiche idrauliche di sollevamento del fondo scavo – CPTU5

Profondità di scavo	Azione stabilizzante caratteristica G_{stb}	Azione stabilizzante di progetto $G_{stb,d}$		Azione instabilizzante di progetto $V_{inst,d}$
3.60m	225.40 kPa	202.86 kPa	>	176.00 kPa
3.80m	221.80 kPa	199.62 kPa	>	176.00 kPa
4.00m	218.20 kPa	196.38 kPa	>	176.00 kPa
4.20m	214.60 kPa	193.14 kPa	>	176.00 kPa
4.40m	211.00 kPa	189.90 kPa	>	176.00 kPa
4.60m	207.40 kPa	186.66 kPa	>	176.00 kPa
4.80m	203.80 kPa	183.42 kPa	>	176.00 kPa
5.00m	200.20 kPa	180.18 kPa	>	176.00 kPa
5.20m	196.60 kPa	176.94 kPa	>	176.00 kPa
5.40m	193.00 kPa	173.70 kPa	<	176.00 kPa

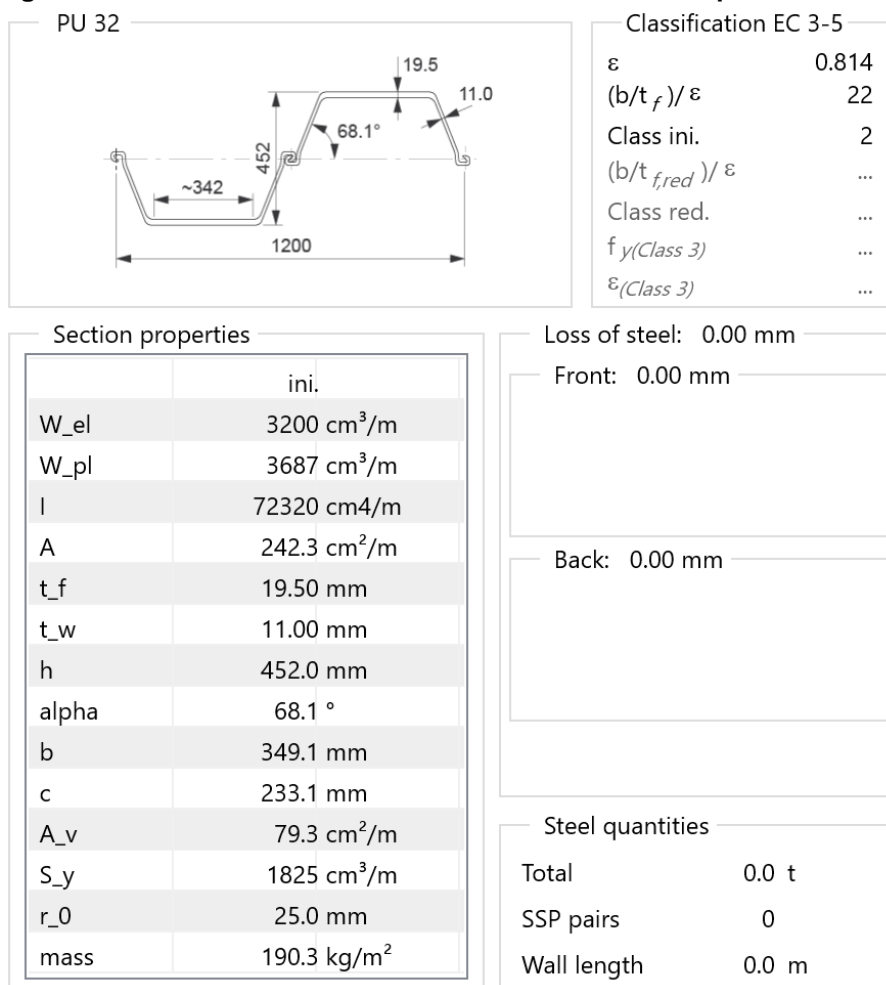
La verifica idraulica di sollevamento del fondo scavo è soddisfatta per scavi di profondità fino a 5.20m per cui si ha $G_{stb,d} > V_{inst,d}$.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	28	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.2 VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE (STR)

La resistenza strutturale delle palancole PU32 è calcolata come descritto nel paragrafo 6.2.

Figura 8 – Caratteristiche inerziali e classificazione della palanca PU32




Il grado di acciaio delle palancole è S355 GP.

La sezione delle palancole PU32 ricade in classe 2 con fa riferimento all'Eurocodice 3 Parte 5 [Ref. 11], quindi è possibile considerare per il calcolo della resistenza il modulo di resistenza plastico W_{pl}.

Sulla base delle indicazioni fornite nell'Annesso Nazionale inglese all'Eurocodice 3 parte 5 [Ref. 12] e delle condizioni di utilizzo delle palancole si assume il valore $\beta_B=0.55$.

Il momento resistente di progetto risulta essere

$$M_{Rd} = \beta_B \cdot W_{pl} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0.55 \cdot 3687 \cdot \frac{355}{1.05} \cdot 10^{-3} = 685 \text{ kNm/m}$$

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	29	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.2.1 STRATIGRAFIA DA CPTU4

Nella tabella che segue è riportato il risultato della verifica di resistenza strutturale, nel caso di paratia a sbalzo e paratia vincolata in testa, per la stratigrafia di calcolo derivata dalla CPTU4.

Tabella 16 – Verifica di resistenza strutturale della palancola PU32 – CPTU4

Profondità di scavo	Schema statico	Momento sollecitante agli SLU M_{Ed}	Momento resistente M_{Rd}
4.20m	a sbalzo	662 kNm/m	685 kNm/m
5.20m	vincolato in testa	323 kNm/m	685 kNm/m

Dal momento che in tutti i casi il momento sollecitante agli SLU M_{Ed} è inferiore al momento resistente M_{Rd} la verifica di resistenza strutturale è soddisfatta.

10.2.2 STRATIGRAFIA DA CPTU5

Nella tabella che segue è riportato il risultato della verifica di resistenza strutturale, nel caso di paratia a sbalzo e paratia vincolata in testa, per la stratigrafia di calcolo derivata dalla CPTU5.

Tabella 17 – Verifica di resistenza strutturale della palancola PU32 – CPTU5

Profondità di scavo	Schema statico	Momento sollecitante agli SLU M_{Ed}	Momento resistente M_{Rd}
4.20m	a sbalzo	631 kNm/m	685 kNm/m
5.20m	vincolato in testa	318 kNm/m	685 kNm/m

Dal momento che in tutti i casi il momento sollecitante agli SLU M_{Ed} è inferiore al momento resistente M_{Rd} la verifica di resistenza strutturale è soddisfatta.

10.3 VERIFICHE DI RESISTENZA DEL CUNEO PASSIVO (GEO)

In questo paragrafo sono riportati i risultati della verifica di resistenza del cuneo passivo al piede della paratia allo SLU; la resistenza del cuneo passivo è essenziale per evitare la rotazione attorno a un punto durante gli scavi.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	30	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.3.1 STRATIGRAFIA DA CPTU4

Il rapporto fra la spinta del terreno di progetto e la resistenza passiva di progetto lato scavo è 1.67. Essendo il valore di tale rapporto superiore all'unità, la verifica è soddisfatta.

I dettagli del calcolo sono di seguito riportati.

Figura 9 – Dettagli del calcolo del coefficiente di sicurezza al cuneo passivo – CPTU4

CPTU4 - Scavo a sbalzo 4.20m - Combinazione 1				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	26.40	26.40	6.60	6.60
5.00	55.63	55.63	27.11	27.11
5.50	75.00	75.00	59.77	59.77
6.00	94.38	94.38	102.11	102.11
6.50	113.76	113.76	154.15	154.15
7.00	133.13	133.13	215.87	215.87
7.50	152.51	152.51	287.28	287.28
8.00	159.00	171.88	365.16	368.38
8.50	133.54	191.26	438.29	459.16
9.00	110.68	210.64	499.35	559.64
9.50	98.64	254.41	551.68	675.90
10.00	80.05	275.81	596.35	808.45
10.50	66.12	297.22	632.89	951.71
11.00	56.56	318.62	663.56	1105.67
11.50	51.03	340.02	690.46	1270.33
12.00	49.22	361.42	715.52	1445.69
12.50	50.59	382.82	740.47	1631.75
13.00	54.64	404.22	766.78	1828.51
13.50	60.92	425.63	795.67	2035.97
14.00	69.02	447.03	828.16	2254.14
14.50	95.80	337.50	869.36	2450.27
15.00	121.35	211.73	923.65	2587.58
15.50	130.09	216.55	986.51	2694.65
16.00	139.16	221.38	1053.82	2804.13

Coeff. di amplificazione da applicare alla spinta mobilitata → 1.30

Coeff. di sicurezza = 2.05

CPTU4 - Scavo puntellato 5.20m - Combinazione 1				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	26.40	26.40	6.60	6.60
6.00	55.60	55.60	27.10	27.10
6.50	74.95	74.95	59.74	59.74
7.00	90.58	94.29	101.12	102.05
7.50	94.84	113.63	147.48	154.03
8.00	96.76	132.97	195.38	215.68
8.50	97.30	152.31	243.89	287.00
9.00	96.75	171.65	292.40	367.99
9.50	103.87	211.41	342.56	463.75
10.00	101.06	232.81	393.79	574.81
10.50	98.32	254.22	443.64	696.57
11.00	95.80	275.62	492.17	829.03
11.50	93.76	297.02	539.56	972.19
12.00	92.60	318.42	586.15	1126.05
12.50	92.45	339.82	632.41	1290.61
13.00	93.37	361.22	678.86	1465.87
13.50	95.37	382.63	726.05	1651.83
14.00	98.42	404.03	774.50	1848.49
14.50	110.01	312.00	826.60	2027.50
15.00	123.91	203.77	885.08	2156.44
15.50	130.40	208.64	948.66	2259.55
16.00	136.97	213.52	1015.50	2365.09

Coeff. di amplificazione da applicare alla spinta mobilitata → 1.30

Coeff. di sicurezza = 1.79

CPTU4 - Scavo a sbalzo 4.20m - Combinazione 2				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	19.20	19.20	4.80	4.80
5.00	40.55	40.55	19.74	19.74
5.50	54.81	54.81	43.58	43.58
6.00	69.06	69.06	74.55	74.55
6.50	83.31	83.31	112.64	112.64
7.00	97.57	97.57	157.86	157.86
7.50	111.82	111.82	210.21	210.21
8.00	126.08	126.08	269.68	269.68
8.50	140.33	140.33	336.28	336.28
9.00	154.58	154.58	410.01	410.01
9.50	186.12	186.12	495.19	495.19
10.00	201.84	201.84	592.18	592.18
10.50	172.38	217.56	685.73	697.03
11.00	130.89	233.28	761.55	809.74
11.50	98.15	249.00	818.81	930.31
12.00	74.12	264.72	861.88	1058.74
12.50	57.95	280.44	894.89	1195.03
13.00	48.53	296.16	921.51	1339.18
13.50	44.60	311.88	944.80	1491.19
14.00	44.88	327.59	967.17	1651.05
14.50	74.81	258.00	997.09	1797.45
15.00	107.50	177.63	1042.67	1906.36
15.50	114.00	182.36	1098.04	1996.36
16.00	120.74	187.09	1156.73	2088.72

Coeff. di sicurezza = 1.81

CPTU4 - Scavo puntellato 5.20m - Combinazione 2				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	19.20	19.20	4.80	4.80
6.00	40.60	40.60	19.75	19.75
6.50	54.92	54.92	43.63	43.63
7.00	69.25	69.25	74.67	74.67
7.50	83.58	83.58	112.88	112.88
8.00	97.90	97.90	158.25	158.25
8.50	112.23	112.23	210.78	210.78
9.00	120.49	126.56	268.96	270.48
9.50	128.26	155.12	331.15	340.90
10.00	122.49	170.84	393.84	422.39
10.50	116.76	186.56	453.65	511.74
11.00	111.33	202.28	510.67	608.95
11.50	106.53	218.00	565.14	714.02
12.00	102.89	233.72	617.49	826.95
12.50	100.49	249.44	668.34	947.74
13.00	99.39	265.16	718.31	1076.39
13.50	99.52	280.88	768.04	1212.90
14.00	100.78	296.59	818.11	1357.27
14.50	110.42	238.50	870.91	1491.04
15.00	123.45	169.52	929.38	1593.05
15.50	129.20	174.23	992.54	1678.98
16.00	134.98	178.99	1058.59	1767.29

Coeff. di sicurezza = 1.67

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	31	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.3.2 STRATIGRAFIA DA CPTU5

Il rapporto fra la spinta del terreno di progetto e la resistenza passiva di progetto lato scavo è 1.62. Essendo il valore di tale rapporto superiore all'unità, la verifica è soddisfatta.

I dettagli del calcolo sono di seguito riportati.

Figura 10 – Dettagli del calcolo del coefficiente di sicurezza al cuneo passivo – CPTU5

CPTU5 - Scavo a sbalzo 4.20m - Combinazione 1				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	26.40	26.40	6.60	6.60
5.00	55.62	55.62	27.11	27.11
5.50	74.98	74.98	59.76	59.76
6.00	94.34	94.34	102.09	102.09
6.50	113.70	113.70	154.10	154.10
7.00	133.07	133.07	215.79	215.79
7.50	152.43	152.43	287.16	287.16
8.00	150.34	171.79	362.86	368.22
8.50	127.32	191.15	432.27	458.95
9.00	106.76	210.51	490.79	559.37
9.50	95.62	253.71	541.39	675.42
10.00	79.42	275.14	585.15	807.64
10.50	67.11	296.57	621.78	950.56
11.00	58.95	318.00	653.29	1104.21
11.50	54.60	339.43	681.68	1268.56
12.00	53.57	360.86	708.72	1443.64
12.50	88.22	143.56	744.17	1569.74
13.00	59.37	405.45	781.07	1706.99
13.50	65.17	426.91	812.20	1915.08
14.00	72.56	448.38	846.64	2133.91
14.50	81.24	469.84	885.09	2363.46
15.00	122.02	211.79	935.90	2533.87
15.50	130.46	216.59	999.02	2640.96
16.00	139.19	221.39	1066.43	2750.46

Coeff. di amplificazione da applicare alla spinta mobilitata → 1.30

Coeff. di sicurezza = 1.98

CPTU5 - Scavo puntellato 5.20m - Combinazione 1				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	26.40	26.40	6.60	6.60
6.00	55.68	55.68	27.12	27.12
6.50	75.15	75.15	59.83	59.83
7.00	90.49	94.62	101.24	102.27
7.50	94.89	114.09	147.58	154.45
8.00	97.20	133.56	195.61	216.36
8.50	98.21	153.03	244.46	288.01
9.00	98.22	172.50	293.57	369.39
9.50	105.86	210.84	344.59	465.23
10.00	103.60	232.43	396.95	576.04
10.50	101.39	254.02	448.20	697.66
11.00	99.64	275.61	498.46	830.06
11.50	98.52	297.20	548.00	973.27
12.00	98.14	318.80	597.16	1127.27
12.50	95.87	135.42	645.66	1240.82
13.00	99.61	362.45	694.53	1365.29
13.50	101.40	383.91	744.79	1551.88
14.00	104.02	405.38	796.14	1749.20
14.50	107.42	426.84	849.00	1957.26
15.00	125.42	203.79	907.21	2114.91
15.50	131.54	208.59	971.45	2218.01
16.00	137.71	213.39	1038.76	2323.50

Coeff. di amplificazione da applicare alla spinta mobilitata → 1.30

Coeff. di sicurezza = 1.72

CPTU5 - Scavo a sbalzo 4.20m - Combinazione 2				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	19.20	19.20	4.80	4.80
5.00	40.61	40.61	19.75	19.75
5.50	54.96	54.96	43.65	43.65
6.00	69.31	69.31	74.71	74.71
6.50	83.66	83.66	112.96	112.96
7.00	98.01	98.01	158.37	158.37
7.50	112.36	112.36	210.97	210.97
8.00	126.72	126.72	270.74	270.74
8.50	141.07	141.07	337.68	337.68
9.00	155.42	155.42	411.81	411.81
9.50	186.28	186.28	497.23	497.23
10.00	200.10	202.03	594.31	594.31
10.50	155.58	217.78	682.75	699.26
11.00	119.27	233.52	751.46	812.09
11.50	91.26	249.27	804.09	932.78
12.00	71.05	265.02	844.67	1061.36
12.50	88.88	123.42	884.65	1158.47
13.00	50.45	297.08	919.48	1263.59
13.50	47.81	312.74	944.05	1416.05
14.00	48.90	328.39	968.23	1576.33
14.50	52.65	344.05	993.61	1744.44
15.00	109.42	177.79	1034.13	1874.90
15.50	116.13	182.59	1090.52	1964.99
16.00	123.09	187.39	1150.32	2057.49

Coeff. di sicurezza = 1.79

CPTU5 - Scavo puntellato 5.20m - Combinazione 2				
prof.	pressione mobilitata lato scavo	pressione passiva lato scavo	spinta lato scavo	resistenza passiva lato scavo
m	kPa	kPa	kN/m	kN/m
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	19.20	19.20	4.80	4.80
6.00	40.58	40.58	19.75	19.75
6.50	54.89	54.89	43.61	43.61
7.00	69.20	69.20	74.64	74.64
7.50	83.50	83.50	112.81	112.81
8.00	97.81	97.81	158.14	158.14
8.50	112.12	112.12	210.62	210.62
9.00	121.07	126.42	268.92	270.26
9.50	129.21	155.16	331.49	340.65
10.00	124.03	170.74	394.80	422.13
10.50	118.81	186.32	455.51	511.39
11.00	114.19	201.91	513.76	608.45
11.50	110.45	217.49	569.92	713.30
12.00	107.74	233.08	624.47	825.94
12.50	97.85	115.42	675.86	913.07
13.00	105.35	266.08	726.66	1008.44
13.50	105.51	281.74	779.38	1145.40
14.00	106.62	297.39	832.41	1290.18
14.50	108.54	313.05	886.20	1442.79
15.00	125.27	169.52	944.65	1563.43
15.50	130.78	174.25	1008.67	1649.37
16.00	136.29	179.16	1075.43	1737.73

Coeff. di sicurezza = 1.62

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	32	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE (GEO)

Per la verifica di stabilità globale dell'insieme opera terreno è necessario considerare la seguente combinazione

- Combinazione 2 (A2+M2+R2).

In questo caso il coefficiente γ_R relativo alla resistenza globale del sistema assume un valore di 1.10.


Per quanto riguarda la verifica agli SLU, un carico uniformemente distribuito pari a 5kPa è considerato agente sul terrapieno a tergo del diaframma; il coefficiente parziale applicato al carico è $\gamma_Q = 1.30$.

La resistenza a taglio della paratia nel modello di analisi di stabilità globale è 100 kN/m; il valore assunto a modello è ampiamente cautelativo, considerato che la resistenza a taglio plastica delle palancole è superiore a 1500 kN/m secondo l'approccio dell'Eurocodice 3 Parte 5 [Ref. 11].

A favore di sicurezza è stato modellato il comportamento sia drenato sia non drenato per le unità geotecniche coesive 1a, 3 e 4.

La profondità di scavo considerata è di 5.20 metri, pari alla massima profondità per cui risultano soddisfatte le verifiche UPL di stabilità del fondo scavo.

Il modello di calcolo è esteso per 25 metri a monte e 25 metri a valle della paratia.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	33	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.4.1 STRATIGRAFIA DA CPTU4

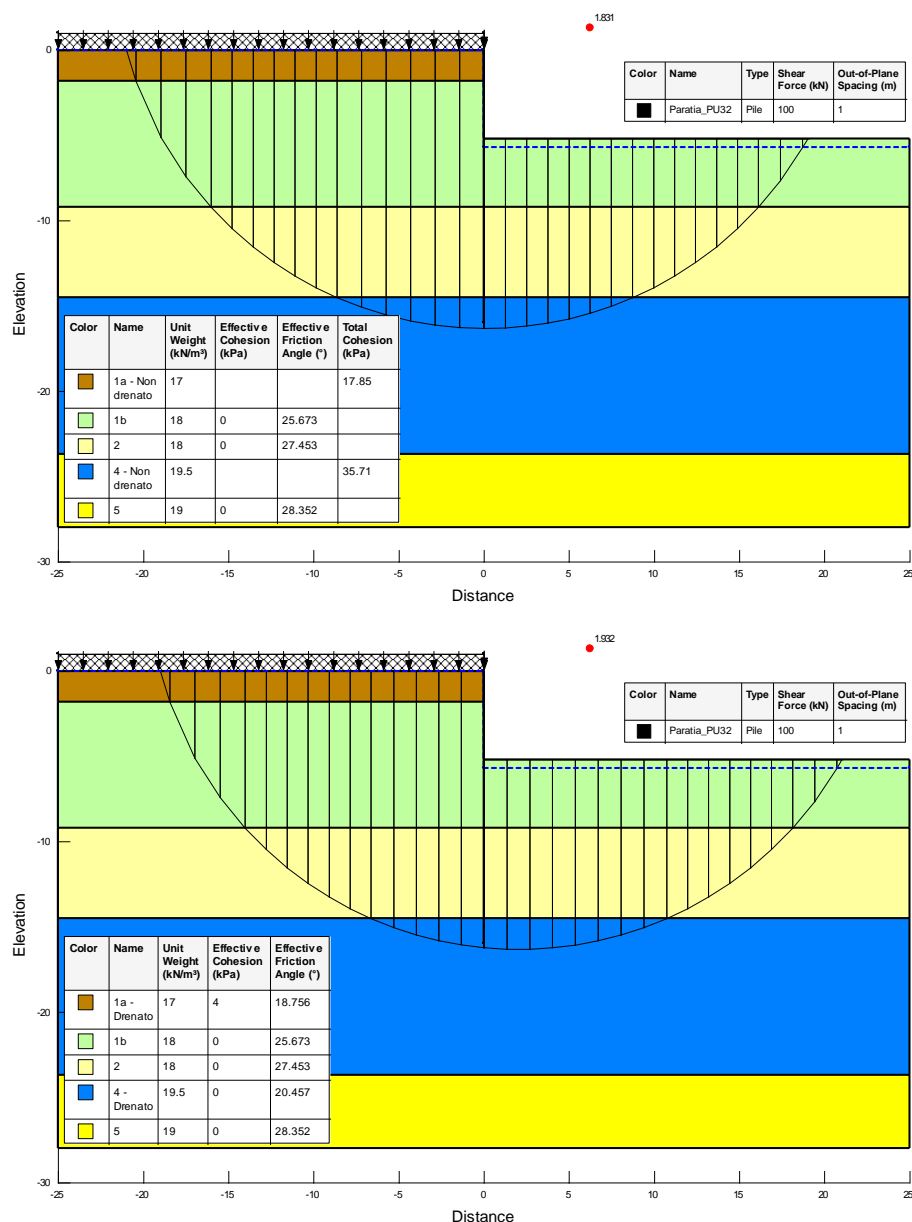
Dall'analisi di stabilità globale sono stati ottenuti i seguenti fattori di sicurezza:

- comportamento non drenato delle unità coesive: $FS = 1.831$;
- comportamento drenato delle unità coesive: $FS = 1.932$.

Dal momento che i fattori di sicurezza ottenuti risultano superiori al coefficiente $\gamma_R = 1.10$ richiesto dalla normativa, le verifiche risultano soddisfatte.

Di seguito sono riportate le superfici di scorrimento da cui derivano i fattori di sicurezza più bassi.

Figura 11 – Dettagli del calcolo del fattore di sicurezza per le verifiche di stabilità globale – CPTU4



	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	34	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.4.2 STRATIGRAFIA DA CPTU5

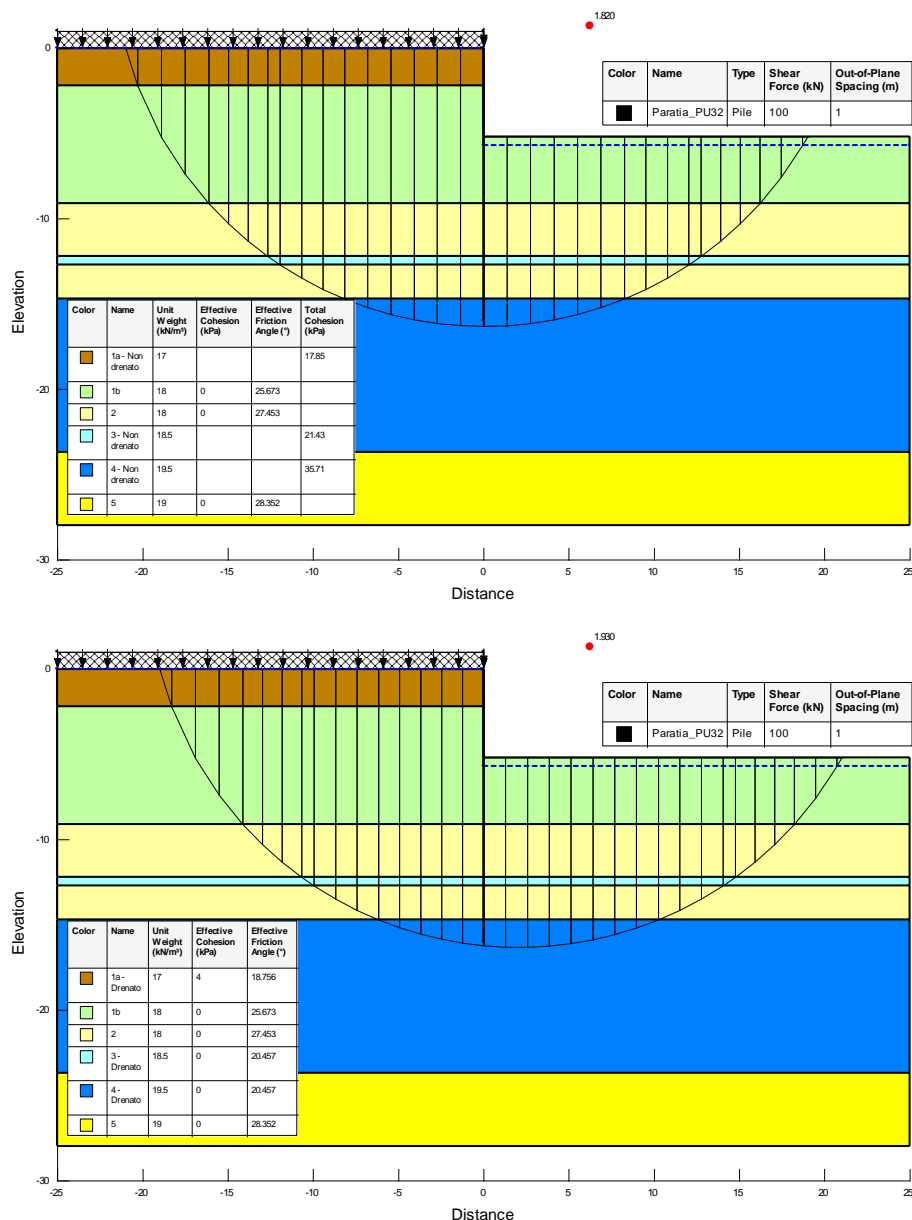
Dall'analisi di stabilità globale sono stati ottenuti i seguenti fattori di sicurezza:


- comportamento non drenato delle unità coesive: $FS = 1.820$;
- comportamento drenato delle unità coesive: $FS = 1.930$.

Dal momento che i fattori di sicurezza ottenuti risultano superiori al coefficiente $\gamma_R = 1.10$ richiesto dalla normativa, le verifiche risultano soddisfatte.

Di seguito sono riportate le superfici di scorrimento da cui derivano i fattori di sicurezza più bassi.

Figura 12 – Dettagli del calcolo del fattore di sicurezza per le verifiche di stabilità globale – CPTU5



	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	35	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

10.5 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DELLE VERIFICHE

Sulla base dei risultati delle verifiche, riportati ai paragrafi 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4, si possono fare le seguenti considerazioni:

- la massima profondità di scavo deve essere limitata a 5.20m da piano campagna a causa della verifica di stabilità di fondo scavo (verifica di tipo UPL), qualora si adottino palancole di lunghezza pari a 16m e sia garantita la tenuta idraulica della paratia lungo tutto lo sviluppo della stessa;
- la profondità massima che può essere sostenuta con palancole PU32 in acciaio S355 GP senza sistemi di puntellamento è 4.20m; tale limite è legato alla verifica di resistenza strutturale delle palancole; si noti che per tale profondità di scavo si possono avere movimenti in testa alle palancole dell'ordine dei 15cm;
- nel caso si adotti un sistema di puntellamento provvisorio, è necessario che anche esso soddisfi le verifiche di resistenza strutturale, sulla base della geometria dello scavo e degli elementi strutturali, dei profili metallici scelti per i puntelli e per le travi di ripartizione, delle unioni e dei vincoli.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	36	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

11 ESTENSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI ANCHE ALL'AREA DEL NUOVO IMPIANTO TRATTAMENTO BOTTINI CADITOIE (STRATIGRAFIA DA PROVA SCPTU 1)

Sono previsti scavi sostenuti da palancolati metallici anche nell'area dove sorgerà il nuovo impianto trattamento bottini e caditoie. La stratigrafia di riferimento è valutata sulla base dei risultati della prova penetrometrica statica con piezocono sismico SCPTU1, effettuata il 24 febbraio 2022, e tenendo in considerazione le previste operazioni di bonifica e costruzione di nuovo rilevato carrabile.

Tabella 18 – Stratigrafia di calcolo per area nuovo impianto trattamento bottini e caditoie

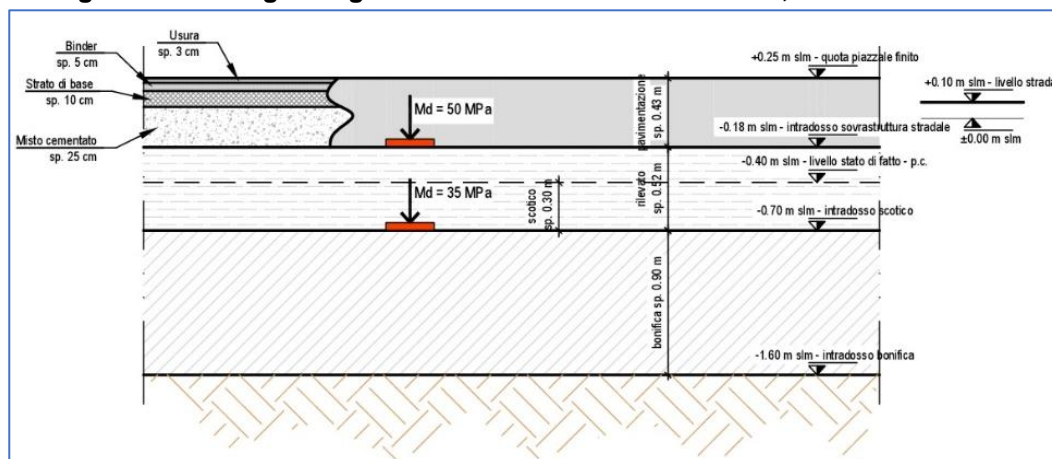
Unità geotecniche	Profondità [m da p.c.]		Spessore strato [m]
	da	a	
Sovrastuttura stradale - Rilevato - Bonifica	0.00	1.85	1.85
Tv / 1a	1.85	3.25	1.50
1b	3.25	8.55	5.30
2	8.55	11.65	3.10
3	11.65	12.55	0.90
2	12.55	15.15	2.60
4	15.15	24.25	9.10
5	24.25	29.65	5.40
6	29.65	-	-

Per la descrizione delle unità geotecniche si può fare riferimento al par. 4.1.


Nella Figura 13 è mostrato il dettaglio degli strati della sovrastruttura stradale, del rilevato e dello strato di bonifica; tali strati presentano proprietà meccaniche di gran lunga migliori rispetto al terreno naturale (gli strati della sovrastruttura stradale sono legati a bitume o cemento).

Nella parte sottostante la bonifica la stratigrafia nell'area dove sorgerà il nuovo impianto trattamento bottini e caditoie è del tutto simile a quelle analizzate (si vedano la Tabella 1 e la Tabella 2).

Figura 13 - Dettaglio degli strati di sovrastruttura stradale, rilevato e bonifica



Sulla base delle considerazioni sopra esposte è ragionevole estendere i risultati ottenuti, riassunti al par. 10.5, anche all'area del nuovo impianto trattamento bottini e caditoie.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	37	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

12 CONCLUSIONI

Questa relazione è redatta nell'ambito della fase di progettazione definitiva del 2° stralcio dei lavori di potenziamento e revamping del depuratore di Ravenna (RA), sito in via Romea Nord, 156/e, nell'area industriale di Ravenna. In particolare, questa relazione illustra la verifica dei palancolati provvisoriali per il sostegno degli scavi necessari alla costruzione delle nuove strutture; non è oggetto della presente relazione la verifica del sistema di puntelli eventualmente presenti.

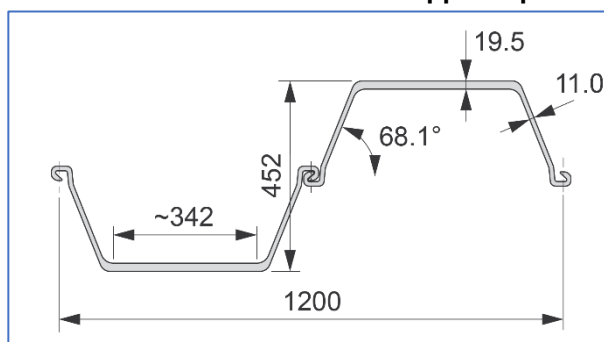
La presente relazione illustra:

- le basi della progettazione, tra cui:
 - i documenti di riferimento;
 - i parametri geotecnici impiegati;
 - le caratteristiche dei materiali strutturali;
- la definizione delle azioni;
- i criteri di verifica;
- il dettaglio dei metodi di calcolo e del software utilizzato;
- la descrizione e i risultati dell'analisi.

Le opere provvisoriali per il sostegno degli scavi sono costituite da palancolati metallici a sbalzo o con vincolo sommitale.

Le palancole utilizzate sono di tipo Larssen PU 32 con lunghezza di 16.00m e testa a quota del piano di campagna. La classe di acciaio è S355GP secondo UNI EN 10248-1.


Figura 14 – Sezione trasversale di una coppia di palancole PU32



Queste opere sono soggette ai carichi dati dalla spinta orizzontale dei terreni e dell'acqua di falda, oltre a un sovraccarico di cantiere.

Trattandosi di opere provvisoriali, la cui durata di installazione si prevede essere inferiore ai 2 anni, per il progetto non sono soggette a carichi sismici, come da attuali Norme Tecniche per le Costruzioni [Ref. 6] (par. 2.4.1).

Dipendentemente dalla profondità di scavo, i palancolati di scavo possono essere previsti con schema statico a mensola (senza vincolo in sommità) o con l'adozione di un sistema di puntellamento provvisorio.

	RELAZIONE DI CALCOLO DEI PALANCOLATI PROVVISORIALI				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 12000367716	-	0	38	38
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					

Le verifiche strutturali del sistema di puntellamento non fanno parte del presente documento.

Sulla base dei risultati delle analisi effettuate e delle verifiche previste dalle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni:

- la massima profondità di scavo deve essere limitata a 5.20m da piano campagna a causa della verifica di stabilità di fondo scavo (verifica di tipo UPL), qualora si adottino palancole di lunghezza pari a 16m e sia garantita la tenuta idraulica della paratia lungo tutto lo sviluppo della stessa;
- la profondità massima che può essere sostenuta senza sistemi di puntellamento è 4.20m; tale limite è legato alla verifica di resistenza strutturale delle palancole; si noti che per tale profondità di scavo si possono avere movimenti in testa alle palancole dell'ordine dei 15cm;
- nel caso si adotti un sistema di puntellamento provvisorio, è necessario che anche esso soddisfi le verifiche di resistenza strutturale, sulla base della geometria dello scavo e degli elementi strutturali, dei profili metallici scelti per i puntelli e per le travi di ripartizione, delle unioni e dei vincoli.