

Publiacqua

PROGETTO ESECUTIVO

COMUNE DI DICOMANO

Titolo progetto:

Impianto di Fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati

Titolo disegno/elaborato:

Relazione-Opere provvisionali

 INGEGNERIE TOSCANE

Tavola/elaborato	SCALA	P.O.T	PROGETTO N° / ODI
A.5		2015-121	C10003A001
DATA	ARCHIVIO INFORMATICO		
Marzo 2013			

PROGETTISTI

Dott. Ing. Rocco STURCHIO
Dott. Ing. Leonardo Colasurdo

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Leonardo Colasurdo

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

AREA Opere idrauliche e di processo:

- Ing. Simone Boretti
- Geom. Simone Bertaccini
- Ing. Marco Benvenuto

INGEGNERIE TOSCANE s.r.l.
Sede Firenze Via De Sanctis 49
Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488
Progettazione e Lavori

Rev.	Data	Descrizione/Motivo della revisione	REDATTO	CONTROLLATO-APPROVATO
03	26/03/13	Emissione Progetto Esecutivo	BENVENUTO	STURCHIO – COLASURDO
02	17/09/12	Emissione Progetto Definitivo		
01	29/08/12	Emissione Progetto Preliminare		

IMPORTANTE : Proprietà riservata di Publiacqua ; Vietata la Riproduzione e la Diffusione.

Indice

RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA.....	2
Introduzione	2
1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
2. MODELLO GEOTECNICO	4
3. VALORI CARATTERISTICI.....	4
4. ANALISI SISMICA.....	4
Parametri sismici	4
5. CARATTERISTICHE SULLE PALANCOLE.....	5
Palancola tipo Larssen 605	6
Verifiche	8
6. PRESCRIZIONI	12
7. ALLEGATO DI CALCOLO	13

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA

Introduzione

Per l'esecuzione delle opere in oggetto è stato scelto di eseguire uno scavo a larga sezione facendo uso di palancole per la protezione dello scavo evitando in questo modo l'esecuzione di un ampio sbancamento che altererebbe maggiormente l'equilibrio litostatico. Le palancole saranno infisse nel terreno con un sistema a vibrazione previo un presbancamento di circa 50 cm, del piano di campagna eseguito su tutta l'area interessata dall'intervento. L'opera di protezione dello scavo è provvisoria, necessaria esclusivamente in fase di cantiere, perciò le palancole saranno estratte al momento del rinterro degli scavi.

1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

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

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

2. MODELLO GEOTECNICO

Come per quanto concerne il progetto delle vasche anche in questo caso i valori caratteristici dei parametri geotecnica, utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e dei cedimenti, sono stati presi i valori minimi, data la difficoltà di ampliare le indagini.

3. VALORI CARATTERISTICI

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni definiti nella sezione stratigrafica sono i seguenti:

da 0.50 a 10 metri da piano campagna
 peso di volume $y = 2,0 \text{ kg/cm}^3$
 coesione $C = 0 \text{ kg/cm}^2$
 angolo d'attrito $\phi = 21^\circ$
 modulo edometrico $E_{ed} = 80 \text{ kg/cm}^2$

4. ANALISI SISMICA

Parametri sismici

Con le indagini sismiche MASW è stata valutata la propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

In particolare, come evidenziato nella relazione Geologica:

"Anche se il valore calcolato (496 m/s) farebbe classificare il sito in categoria di sottosuolo B, in considerazione del forte contrasto di impedenza sismica documentato dal picco H/V a circa 8 Hz e corrispondente al salto di velocità a 11 metri di profondità, benché le velocità del substrato siano inferiori agli 800 m/sec che caratterizzano un bedrock sismico, si ritiene opportuno e cautelativo iscrivere il terreno di fondazione nella categoria di sottosuolo E."

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Quindi il sito ricade nella *categoria di sottosuolo "E"*, secondo la tabella 3.2 delle NTC 2008.

CATEGORIA SOTTOSUOLO	E
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE	10
PERIODO DI RIFERIMENTO	35
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE Cu	1

In accordo a quanto prescritto al punto 2.4.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni:

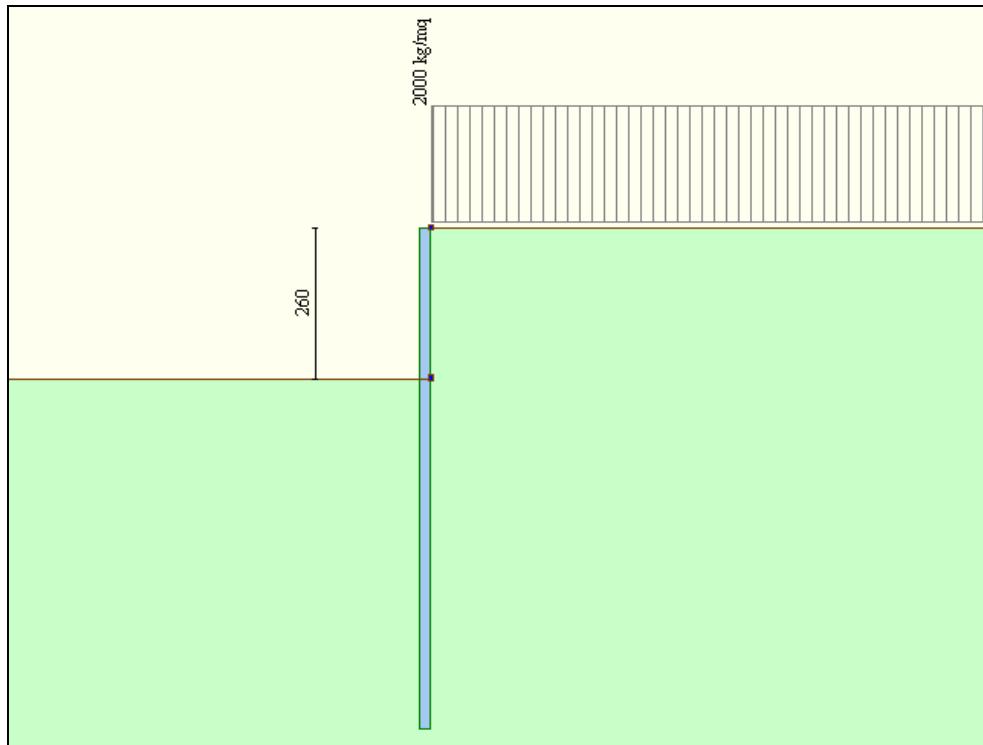
“Le verifiche sismiche di opere provvisorie possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni”

5. CARATTERISTICHE SULLE PALANCOLE

Relativamente alle palancole si è considerato come condizione di calcolo la presenza di mezzi d'opera a monte dello scavo, l'assenza di falda a monte, come da indagini geognostiche, e l'assenza di sisma in accordo al punto 2.4.1 delle NTC08.

Il dislivello di calcolo, tenuto conto del presbancamento è di 2,60 cm. e il carico a monte è di 2 t/m.

INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--------------------	--	----------------------	-------------------------



Schema di calcolo

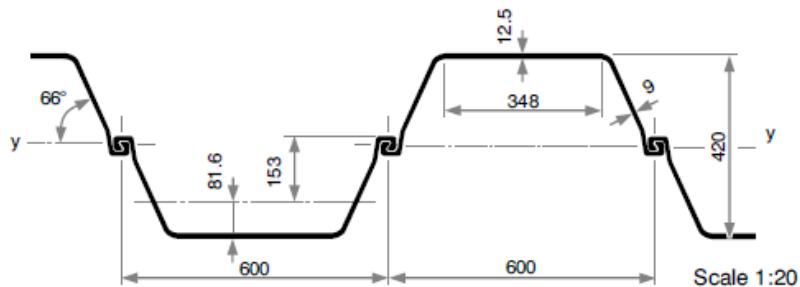
Palancola tipo Larssen 605

Le palancole saranno in acciaio S 240 GP in accordo alle ENV 1993 – 5 , del tipo Larssen 605 e di altezza 9,0 m. con le seguenti caratteristiche fisiche:

LARSEN	Dimensioni				A	Peso		W	J
	B	H	tf	tw		Palancola	Parete	Parete	Parete
Profilo	mm	mm	mm	mm	[cm ² /m]	kg/m	kg/m ²	cm ³ /m	cm ⁴ /m
VL 605	600	410	12.8	9	174.90	82.4	137.3	2006	41127

LARSEN 605
Section width per D = 1200 mm

	Unit	Per m wall	Single pile	Double pile	Triple pile
Elastic section modulus¹⁾	W_y	cm³	2020	E	2420
	W_z	cm³	—	1420	—
Plastic section modulus¹⁾	W_y	cm³	2260	—	—
	W_z	cm³	—	—	—
Weight		kg/m	139.2	83.5	167.0
Cross sectional area		cm²	176.7	106.0	212.0
Circumference ²⁾		cm	290	200	374
Coating area ³⁾		m²/m	2.90	1.88	3.62
Static moment	S_y	cm³	1130	—	—
Second moment of inertia	I_y	cm⁴	42370	7910	50840
	I_z	cm⁴	—	45350	—
Radius of gyration	i_y	cm	15.50	8.62	15.50
					14.90


Classification according to ENV 1993-5

Steel grade

S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP
2	2	2	2	2	3

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Verifiche

Combinazioni di calcolo:

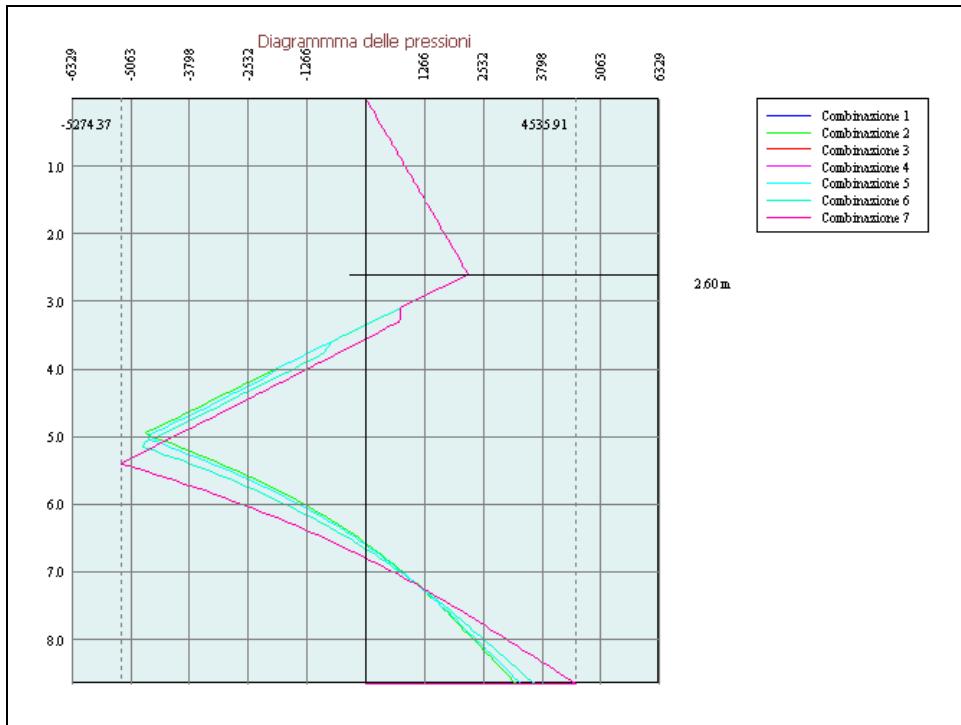
Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale	Tipo
► 1	A1-M1	Assente	..	Sfavorevole
2	A2-M2	Assente	..	Sfavorevole
3	A1-M1	Assente	..	Sfavorevole
4	A2-M2	Assente	..	Sfavorevole
5	SLEQ	Assente	..	Sfavorevole
6	SLEF	Assente	..	Sfavorevole
7	SLER	Assente	..	Sfavorevole

Elimina combinazione	Elimina combinazioni uguali
--------------------------------------	---

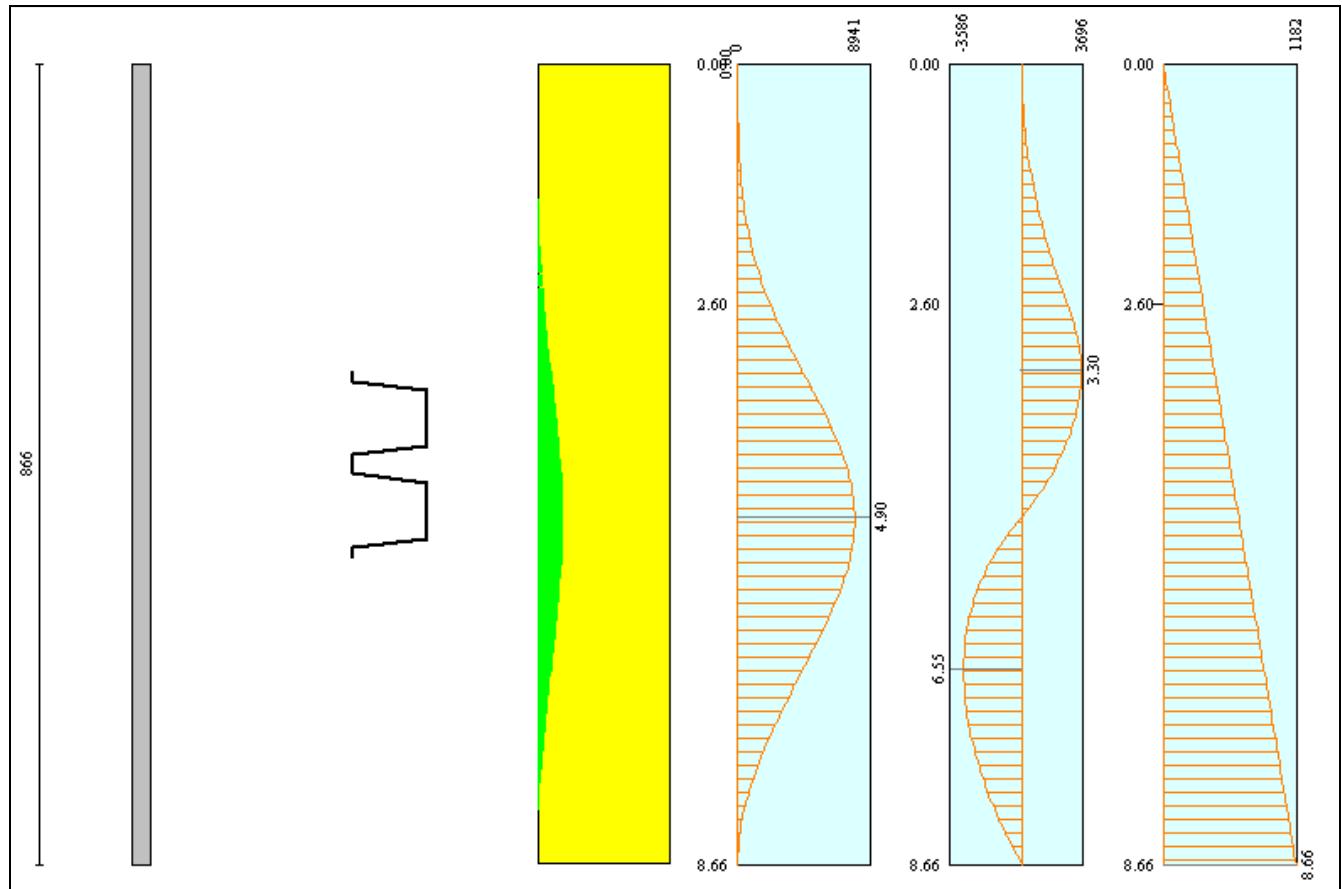
Condizioni della combinazione

N°	Nome cond.	w	γ	w*γ
► 1	Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Spinte sulla palancolata:



Sollecitazioni:



INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--------------------	--	----------------------	-------------------------

Verifiche:

Combinazione 3 [A1-M1]		
Spinta sulla paratia [kg]	3847.1	Y[m]= 2.034
Carichi esterni [kg]	0.0	Y[m]= 0.000
Spinta falda [kg]	...	Y[m]= ...
Resistenza passiva [kg]	-8228.2	Y[m]= 5.222
Controsospinta [kg]	4381.2	Y[m]= 8.022
Sforzo tiranti [kg]	...	Y[m]= ...
Reazioni vincolari [kg]	0.0	Y[m]= 0.00
Reazioni puntoni [kg]	...	Y[m]= ...
Spostamento massimo [cm]	3.147	Y[m]= 0.000
Profondità di infissione [m]		6.056
Punto di nullo [m]		0.955
Punto di inversione [m]	pv	2.803
Centro di rotazione [m]		4.199
Percentuale molle plasticizzate		45.90(20.12)
Fattore sicurezza ribaltamento	1.369 (1.369)	>>
Fattore sicurezza scorrimento	1.951 (1.951)	
Coeff. sicurezza stabilità globale		--
Portanza di punta [kg]		--

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

6. PRESCRIZIONI

La realizzazione dei palancolati provvisori richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità e il mutuo incastro degli elementi costitutivi. L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dal l'appaltatore allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

Il risultato dei calcoli determina uno spostamento della palandola in testa di circa 20 cm. per cui si prescrivono le seguenti linee da seguire in fase di scavo e di esecuzione dell'opera:

- Lo scavo armato dovrà essere eseguito lontano da edifici esistenti, in particolar modo da fabbricati le cui fondazioni abbiano profondità inferiore a 1,50 cm. dal piano campagna.
- Per evitare una deformazione eccessiva i mezzi di cantiere dovranno distare dal bordo scavo almeno 3 m. , altrimenti possono generarsi cedimenti del terreno a monte dello scavo.

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

7. ALLEGATO DI CALCOLO

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- | | |
|----------|---|
| K_{am} | diagramma della spinta attiva agente da monte |
| K_{av} | diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata |
| K_{pm} | diagramma della spinta passiva agente da monte |
| K_{pv} | diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata. |

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} \cdot K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} \cdot K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--------------------	--	----------------------	-------------------------

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W^*C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_f , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifa al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma *PAC*). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{\max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{\max} . Tale pressione p_{\max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali

INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--------------------	--	----------------------	-------------------------

plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--------------------	--	----------------------	-------------------------

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirate o vincolate). Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	2.60	[m]
Profondità di infissione	6.06	[m]
Altezza totale della paratia	8.66	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Area per metro lineare di larghezza	174.00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	41127.00	[cm^4]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	2006.00	[cm^3]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	45712.00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	10.00	0.00	0.00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10.00	-2.60	0.00
2	0.00	-2.60	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione Descrizione del terreno
 γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
 γ_s peso di volume satura del terreno espresso [kg/mc]
 ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
 δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	Terreno 1	1800.00	2000.00	21.00	0.00	0.000
2	Terreno 2	1800.00	2000.00	30.00	0.00	0.000

Descrizione stratigrafia

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in $\text{Kg}/\text{cm}^2/\text{cm}$
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI($^{\circ}$)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	15.00	0.00	1.48	Terreno 1
2	2.00	0.00	5.12	Terreno 2

Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Altro
Tensione di snervamento f_{yk}	4400 [kg/cmq]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 360
Tensione di snervamento f_{yk}	2400 [kg/cmq]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
 Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

F_x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo $X_i = 3.00$ $X_f = 10.00$ $Q_i = 2000$ $Q_f = 2000$

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 3 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1)

x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1)

x 1.00

Combinazione n° 5

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1)

x 0.20

Combinazione n° 6

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1)

x 0.50

Combinazione n° 7

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1)

x 1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	1.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.00
Coesione efficace	γ_c'	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	1.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c'	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza	Tiranti
Laterale	γ_{st} 1.20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 $\xi_3=1.80$ $\xi_4=1.80$

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 52 elementi fuori terra e 121 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	2.60	[m]
Profondità di infissione	6.06	[m]
Altezza totale della paratia	8.66	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	3696	1.98	--	--	--	--	-7282	4.91	3586	7.94
2	[A2-M2]	3696	1.98	--	--	--	--	-7282	4.91	3586	7.94
3	[A1-M1]	3847	2.03	--	--	--	--	-8228	5.22	4381	8.02
4	[A2-M2]	3847	2.03	--	--	--	--	-8228	5.22	4381	8.02
5	[SLEQ]	3696	1.98	--	--	--	--	-7339	4.94	3643	7.95
6	[SLEF]	3696	1.98	--	--	--	--	-7518	5.03	3822	7.97
7	[SLER]	3847	2.03	--	--	--	--	-8228	5.22	4381	8.02

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei punttoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
3	[A1-M1]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
5	[SLEQ]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
6	[SLEF]	0	0.00	--	--	--	--	--	--
7	[SLER]	0	0.00	--	--	--	--	--	--

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
 P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
 C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
 MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
 R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

1	[A1-M1]	3.35	4.95	6.58	39.34	16.25
2	[A2-M2]	3.35	4.95	6.58	39.34	16.25
3	[A1-M1]	3.56	5.40	6.80	45.90	20.12
4	[A2-M2]	3.56	5.40	6.80	45.90	20.12
5	[SLEQ]	3.35	5.00	6.61	40.16	16.64
6	[SLEF]	3.35	5.15	6.67	41.80	17.52
7	[SLER]	3.56	5.40	6.80	45.90	20.12

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espresso in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	8941	4.90	3696	3.30	1182	8.66	MAX
--	--	0	0.00	-3586	6.55	0	0.00	MIN
2	[A2-M2]	8941	4.90	3696	3.30	1182	8.66	MAX
--	--	0	0.00	-3586	6.55	0	0.00	MIN
3	[A1-M1]	10078	5.20	3847	3.55	1182	8.66	MAX
--	--	0	8.66	-4381	6.75	0	0.00	MIN
4	[A2-M2]	10078	5.20	3847	3.55	1182	8.66	MAX
--	--	0	8.66	-4381	6.75	0	0.00	MIN
5	[SLEQ]	9007	4.95	3696	3.30	1182	8.66	MAX
--	--	0	0.00	-3643	6.60	0	0.00	MIN
6	[SLEF]	9252	5.05	3696	3.30	1182	8.66	MAX
--	--	0	8.66	-3822	6.65	0	0.00	MIN
7	[SLER]	10078	5.20	3847	3.55	1182	8.66	MAX
--	--	0	8.66	-4381	6.75	0	0.00	MIN

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	----------------------	-------------------------

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
1	[A1-M1]	2.4193	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.2194	8.66	0.0000	0.00	MIN
2	[A2-M2]	2.4193	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.2194	8.66	0.0000	0.00	MIN
3	[A1-M1]	3.1474	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.3064	8.66	0.0000	0.00	MIN
4	[A2-M2]	3.1474	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.3064	8.66	0.0000	0.00	MIN
5	[SLEQ]	2.4769	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.2264	8.66	0.0000	0.00	MIN
6	[SLEF]	2.6408	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.2462	8.66	0.0000	0.00	MIN
7	[SLER]	3.1474	0.00	0.0014	0.00	MAX
--	--	-0.3064	8.66	0.0000	0.00	MIN

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
 Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n^o	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
$(X_c; Y_c)$	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
$(X_v; Y_v)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
$(X_m; Y_m)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n^o	Tipo	(X_c, Y_c)	R	(X_v, Y_v)	(X_m, Y_m)	FS
2	[A2-M2]	(-0.87; 0.00)	8.70	(-9.17; -2.58)	(7.83; 0.00)	2.89
4	[A2-M2]	(-0.87; 0.87)	9.56	(-9.79; -2.57)	(8.67; 0.00)	2.19

Combinazione n° 4

Numero di strisce 50

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N^o numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espresso in [m]
L sviluppo della base della striscia espresso in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresso in [kg]

Caratteristiche delle strisce

N^o	W	$\alpha(^o)$	$W \sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	251.16	-66.22	-229.84	0.90	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
2	735.21	-61.27	-644.69	0.75	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
3	1133.05	-57.01	-950.39	0.67	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
4	1473.29	-53.20	-1179.77	0.61	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
5	1770.84	-49.71	-1350.78	0.56	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
6	2034.72	-46.45	-1474.81	0.53	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
7	2270.86	-43.38	-1559.79	0.50	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
8	2483.46	-40.46	-1611.59	0.48	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
9	2675.56	-37.66	-1634.75	0.46	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
10	2849.50	-34.96	-1632.93	0.44	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
11	3007.08	-32.35	-1609.18	0.43	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
12	3149.74	-29.82	-1566.06	0.42	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
13	3278.63	-27.34	-1505.80	0.41	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
14	3394.70	-24.92	-1430.37	0.40	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
15	3498.73	-22.55	-1341.52	0.39	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
16	3591.35	-20.21	-1240.85	0.39	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
17	3673.11	-17.91	-1129.81	0.38	21.00	0.000	0.000	(0; 0)

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

18	3744.44	-15.64	-1009.77	0.38	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
19	3805.72	-13.40	-881.98	0.37	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
20	3857.25	-11.18	-747.66	0.37	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
21	3899.28	-8.97	-607.95	0.37	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
22	3931.99	-6.78	-463.96	0.37	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
23	3955.54	-4.59	-316.75	0.36	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
24	3970.03	-2.42	-167.38	0.36	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
25	3975.52	-0.24	-16.87	0.36	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
26	3972.04	1.93	133.76	0.36	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
27	3959.57	4.11	283.48	0.36	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
28	5855.85	6.33	645.67	0.38	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
29	5822.34	8.61	871.45	0.38	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
30	5778.41	10.90	1092.62	0.38	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
31	5723.82	13.21	1307.90	0.39	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
32	5658.32	15.54	1515.96	0.39	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
33	5581.54	17.90	1715.38	0.40	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
34	5493.05	20.29	1904.71	0.40	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
35	5420.33	22.72	2093.14	0.41	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
36	6032.29	25.19	2567.24	0.42	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
37	5905.11	27.71	2745.90	0.43	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
38	5763.39	30.29	2907.20	0.44	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
39	5605.97	32.95	3048.80	0.45	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
40	5431.45	35.68	3168.04	0.46	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
41	5238.05	38.51	3261.77	0.48	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
42	5023.51	41.46	3326.29	0.50	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
43	4784.86	44.55	3357.01	0.53	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
44	4518.10	47.82	3348.12	0.56	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
45	4217.62	51.31	3291.93	0.60	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
46	3875.09	55.09	3177.66	0.66	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
47	3477.16	59.27	2988.91	0.74	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
48	2999.65	64.06	2697.47	0.86	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
49	2387.27	69.94	2242.38	1.10	21.00	0.000	0.000	(0; 0)
50	1395.51	78.75	1368.68	1.93	21.00	0.000	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 192331.08$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 28756.20$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 63094.06$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$ [kg]

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Descrizione armatura caratteristiche sezione

Area della sezione	174.00	cm ²
Inerzia della sezione	41127.00	cm ⁴
Modulo di resistenza	2006.00	cm ³
Fattore di taglio	1.20	

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kg]
T _r	taglio resistente espresso in [kg]
FS _T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipos	Y	M	M _u	FS
1	[A1-M1]	4.90	5259	45712	5.11
2	[A2-M2]	4.90	5259	45712	5.11
3	[A1-M1]	5.20	5929	45712	4.54
4	[A2-M2]	5.20	5929	45712	4.54

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione normale nell'armatura, espressa in [kg/cmq]
τ_f	tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [kg/cmq]
σ_{id}	tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3 \tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [kg/cmq]

n°	Tipos	σ_{fe}	$Y(\sigma_{fe})$	σ_{ft}	$Y(\sigma_{ft})$	σ_{id}	$Y(\sigma_{id})$	τ_f	$Y(\tau_f)$
5	[SLEQ]	452.88	4.95	6.55	8.61	452.88	4.95	25.49	3.30
6	[SLEF]	465.17	5.05	6.53	8.61	465.17	5.05	26.36	6.65
7	[SLER]	506.50	5.20	6.47	8.61	506.50	5.20	30.22	6.75

 INGEGNERIE TOSCANE	PROGETTO ESECUTIVO Impianto di fitodepurazione reflui fognari Località Piandrati Comune di Dicomano (FI)	Redatto Benvenuto	Controllato Sturchio
--	--	----------------------	-------------------------

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratia
Versione	10.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	PUBLIACQUA S.P.A.
Licenza	AIU024586

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Il progettista
